



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

KELIŲ KATEDRA

Mindaugas Jatautas

**GELEŽINKELIO SKIRSTOMOJO KALNELIO DARBO EFEKTYVUMO
DIDINIMO GALIMYBĖS**

**POSSIBILITIES FOR THE IMPROVEMENT OF WORKING EFFICIENCY
OF THE RAILWAY HUMPS**

Baigiamasis magistro darbas

Civilinės inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H20002

Kelių specializacija

Statybos inžinerija studijų kryptis

Vilnius, 2014

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

KELIŲ KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

Virgaudas Puodžiukas

(Vardas, pavardė)

(Data)

Mindaugas Jatautas

GELEŽINKELIO SKIRSTOMOJO KALNELIO DARBO EFEKTYVUMO
DIDINIMO GALIMYBĖS

POSSIBILITIES FOR THE IMPROVEMENT OF WORKING EFFICIENCY
OF THE RAILWAY HUMP

Baigiamasis magistro darbas

Civilinė inžinerija, valstybinis kodas 621H20002

Kelių specializacija

Statybos inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

doc. dr. Igoris Podagėlis

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Lietuvių kalbos konsultantas lekt. Regina Žukienė

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2014

ANOTACIJA

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

VG TU Aplinkos inžinerijos fakultetas

KELIŲ KATEDRA

Civilinės inžinerijos studijų programos baigiamasis magistro darbas

Geležinkelio skirstomojo kalnelio darbo efektyvumo didinimo galimybės

Autorius: Mindaugas Jatautas

Vadovas: doc. dr. Igoris Podagėlis

Kalba – lietuvių

Anotacija

Baigiamojo magistro darbo tema: „Geležinkelio skirstomojo kalnelio darbo efektyvumo didinimo galimybės“. Šiame darbe nagrinėjamas skirstomasis kalnelis ir jo įrengimai. Darbo tikslas – atlikti geležinkelio skirstomojo kalnelio veikimo parametrų analizę ir nustatyti rodiklius, darančius įtaką kalnelio darbui, bei pateikti pasiūlymus efektyvumo didinimui. Baigiamajame darbe atlikta skirstomojo kalnelio pagrindinių elementų analizė, nustatytos veikiančios pasipriešinimo jėgos, apskaičiuoti išilginio profilio parametrai, kalnelio aukštis, stabdymo galingumai stabdymo pozicijose ir atlikus modeliavimą, nustatytos šių parametrų įtakos darbo efektyvumui. Darbo pabaigoje pateikiamos išvados ir rekomendacijos.

Baigiamojo darbo apimtis – 70 p. teksto be priedų, 22 iliustracijos, 22 lentelės, 42 literatūros ir informacijos šaltiniai. Atskirai pridedami darbo priedai.

Reikšminiai žodžiai: skirstomasis kalnelis, efektyvumas, mechanizuoti, automatizuoti skirstomųjų kalnelių įrenginiai, išilginis profilis, kalnelio aukštis, vagonų stabdikliai, energijų aukščių suminė.

ANNOTATION

Vilnius Gediminas Technical University
VGTU Environmental Engineering Faculty
ROAD DEPARTMENT

Master Thesis of the Civil Engineering Study Program

Possibilities for the Improvement of Working Efficiency of the Railway Hump

Author: Mindaugas Jatautas

Supervisor: doc. dr. Igoris Podagėlis

Language: English

Annotation

The theme of the Master's thesis is: "Possibilities for the Improvement of Working Efficiency of the Railway Hump". The railway hump and its equipment are analysed. The main goal of this work is to perform the parameter analysis of the railway hump and to measure the indicators which influence the railway hump. Afterwards, suggestions of efficiency improvement are given. Master's thesis contains the main analysis of the railway hump elements, establishment of the opposing forces, longitudinal profile parameters calculation, the high of the railway hump and locking power in the braking position. After modelling, the influence parameters of the work efficiency are indicated.

Conclusions and recommendations are given in the end of the paper. The size of the Master's thesis: 70 pages without annexes, 22 illustrations, 22 tables, 42 literature and informational sources. The annexes are attached in the end of the paper.

Keywords: railway hump, efficiency, mechanize, automated railway hump equipment, longitudinal profile, hump high, carriage brakes, total sum of the energy highs.

Vilniaus Gedimino technikos universiteto egzaminų
sesijų ir baigiamųjų darbų rengimo bei gynimo
organizavimo tvarkos aprašo 2011–2012 m. m.
2 priedas

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Mindaugas Jatautas VGTU1067691

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

(Fakultetas)

Civilinė inžinerija Kmf-12 gr.

(Studijų programa, akademinė grupė)

**BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SĄŽININGUMO DEKLARACIJA**

2014 m. _____ gegužės 27 d. _____

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Geležinkelio skirstomojo kalnelio darbo efektyvumo didinimo galimybės“ patvirtintas 2012 m. lapkričio 8 d. dekanų potvarkiu Nr. 346ap, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Mano darbo vadovas doc. dr. Igoris Podagėlis.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).

(Parašas)

MINDAUGAS JATAUTAS

(Vardas ir pavardė)

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	7
LENTELIŲ SĄRAŠAS	9
IVADAS.....	10
INFORMACIJOS ŠALTINIŲ APŽVALGA	12
1. GELEŽINKELIŲ VAIDMUO TRANSPORTO SISTEMOJE	13
1.1. Transporto sistema.....	13
1.2. Geležinkelių transportas.....	13
1.3. Nacionalinė darnaus vystymosi strategija.....	16
1.4. LR teritorijos bendrasis planas	17
2. SKIRSTYMO STOTYS IR SKIRSTOMIEJI KALNELIAI	19
2.1. Skirstymo stotys	19
2.1.1. Pagrindinių Lietuvos skirstymo stočių analizė.....	23
2.2. Skirstomasis kalnelis	24
2.2.1. Skirstomųjų kalnelių ir jų savybių klasifikacija.....	25
2.2.2. Pagrindiniai skirstomojo kalnelio elementai bei jų paskirtis	27
2.2.3. Mechanizuotų, automatizuotų skirstomųjų kalnelių įrenginiai	29
2.2.4. Reikalavimai krovinių paskirstymo parkui	31
3. TYRIMO OBJEKTAS IR METODIKA	32
3.1. Objekto apžvalga.....	32
3.1.1. Skirstomojo kalnelio plano sudarymas.....	35
3.2. Tyrimo metodika	36
3.2.1. Jėgos, veikiančios vagonus riedančius nuo skirstomojo kalnelio	36
3.2.2. Skirstomojo kalnelio aukštis.....	40
3.2.3. Nuokalnės ruožo išilginis profilis.....	42
3.2.4. Stabdymo pozicijų galingumo nustatymas	Error! Bookmark not defined.
3.2.5. Skirstomojo kalnelio pajėgumo nustatymas	48
4. TYRIMŲ REZULTATAI IR DUOMENŲ ANALIZĖ	53
4.1. Tyrimų rezultatai	53
4.2. Duomenų modeliavimas ir analizė	57
4.2.1. Kelio ilgis ir jo įtaka	57
4.2.2. Skirstomojo kalnelio aukštis	58
4.2.3. Išilginiai profiliai ir vagonų stabdikliai.....	59

4.2.4. Greičiai ir skirstomųjų kalnelių pajėgumai	63
4.3. Pasiūlymai skirstomojo kalnelio įrengimui	65
IŠVADOS	66
REKOMENDACIJOS	67
LITERATŪRA	68
PRIEDAI	70

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.2.1 pav. Keleivių vežimas geležinkeliais Lietuvoje	14
1.3 pav. Krovinių vežimas geležinkeliais Lietuvoje	15
1.4.1 pav. Tarptautiniai geležinkelių transporto koridoriai Lietuvos teritorijoje.....	18
2.1.1 pav. Vienkalnių skirstymo sotčių su nuosekliai išdėstytais kėlynais schema.....	21
2.1.2 pav. Vienkalnės skirstymo stoties su įvairiai išdėstytais kėlynais schema.....	22
2.1.3 pav. Dvikalnės skirstymo stoties schema.....	22
2.2 pav. Skirstomasis kalnelis ir skirstymo keliai	25
2.2.2 pav. Kėlynų schema (a), skirstymo stoties planas ir išilginis profilis (b).....	28
2.2.3 pav. Vagonų stabdikliai.....	30
3.1.1.1 pav. Principinė vagonų stabdiklių įrengimo schema	35
3.1.1.2 pav. Abipusio ieško įrengimo schema	35
3.2.1.1. pav. Jėgos, veikiančios vagonus, riedančius nuo skirstomojo kalnelio	36
3.2.3.1 pav. Schema kalnelio aukščiui ir viršūnės išilginiam profiliui apskaičiuoti	42
4.1.1 pav. Pasipriešinimo jėgos, veikiančios riedančias atkabas nuo mažo galingumo skirstomojo kalnelio	53
4.1.2 pav. Pasipriešinimo jėgos, veikiančios riedančias atkabas nuo didelio galingumo skirstomojo kalnelio	53
4.1.3 pav. Išilginiai nuolydžiai	55
4.2.1 pav. Pasipriešinimo jėgų priklausomybė nuo kelio ilgio	57
4.2.2 pav. Kalnelio aukščio priklausomybė nuo kelio ilgio.....	58
4.2.3.1 pav. KV-3 tipo vagonų stabdiklių galingumai skirtingose stabdymo pozicijose	61
4.2.3.2 pav. KNP-5 tipo vagonų stabdiklių galingumai skirtingose stabdymo pozicijose.....	61
4.2.3.3 pav. VZP-5 tipo vagonų stabdiklių galingumai skirtingose stabdymo pozicijose	62
4.2.3.4 pav. VZPG-5 tipo vagonų standiklių galingumai skirtingose stabdymo pozicijose.....	62

LENTELIŲ SĄRAŠAS

2.1 lentelė. Skirstymo stoties atvykimo kelyno kelių skaičius	20
2.1.1 lentelė. Skirstymo stočių aikštelių ilgiai	23
2.2.1 lentelė. Skirstomųjų kalnelių esminės charakteristikos	26
3.1.1 lentelė. Vagonų stabdiklių, naudojamų skirstomajame kalnelyje, techniniai parametrai	34
3.2.1.1 lentelė. Pasirpriešinimo jėgų dydžiai priklausomai nuo vagono svorio kategorijos	37
3.2.1.2 lentelė. Vidutiniai atkabų greičiai skirstomojo kalnelio ruožuose	38
3.2.1.3 lentelė. Oro pasipriešinimo koeficiento C_x reikšmės vienam vagonui	38
3.2.2.1 lentelė. Atkabų greičiai leidžiantis nuo skirstomojo kalnelio	41
3.2.3.1 lentelė. Leidžiami nuokalnės ruožo išilginiai profiliai	42
3.2.4.1 lentelė. Pagrindinės vagonų stabdiklių techninės charakteristikos	45
3.2.5.1 lentelė. Laiko normos sąstatui užstumti ant kalnelio, atsižvelgiant į stūmimo pusreio ilgį	49
3.2.5.2 lentelė. Sąstato išformavimo per kalnelį greitis, atsižvelgiant į vagonų skaičių atkaboje	49
4.1.1 lentelė. Mažo galingumo skirstomojo kalnelio išilginio profilio parametrai „sudėtingam“ keliui Nr. 1	54
4.1.2 lentelė. Didelio galingumo skirstomojo kalnelio išilginio profilio parametrai „sudėtingam“ keliui Nr. 1	54
4.1.3 lentelė. Mažo galingumo skirstomojo kalnelio darbo technologinis grafikas	56
4.1.4 lentelė. Didelio galingumo skirstomojo kalnelio darbo technologinis grafikas	56
4.2.1 lentelė. Kleio ilgiai ir pasipriešinimo jėgos	57
4.2.2 lentelė. Kalnelio aukštis ir jį veikiantys rodikliai	58
4.2.3.1 lentelė. Skirstomojo kalnelio aukščio nustatymas	59
4.2.3.2 lentelė. Vagonų stabdikliai ir jų galingumai esant skirtingiems kelio profilams	60
4.2.4 lentelė. Palyginamoji greičių ir skirstomųjų kalnelių pajėgumų lentelė	62

IVADAS

Tarkime, kad visas transportas sustoja dienai arba keliolikai valandų. Tuomet nesunku įsivaizduoti, kas atsitiktų su kitomis ūkio šakomis. Transportas – tarsi kraujagyslės žmogaus kūne, joms užsikimšus nutrūksta gyvybė. Ūkyje sustoja gamyba, nutrūksta prekybiniai santykiai, sutrinka paslaugų sfera ir pan. Taigi transporto reikšmė bet kurios šakos ekonomikai yra neįkainojama, ji dar labiau didėja vykstant pasaulinei ekonomikos globalizacijai, kai šalis, atskiras įmonės, esančias skirtinguose kontinentuose, jungia prekybiniai ryšiai. Šiandien visame pasaulyje kalbama apie bendrą transporto sistemą, apimančią visų rūšių transportą, o vežimų leksikone atsirado sąvoka *multimodaliniai vežimai* (kai kroviniai transportuoti naudojamas kelių rūšių transportas, pvz., geležinkeliai, automobiliai, vandens transportas) [6].

Transporto sistemos plėtrai yra skiriama gana daug lėšų. Šiuo metu veikia speciali Transporto infrastruktūros poreikių įvertinimo (TINA) programa. Šioje programoje pagrindinę vietą užima dar 1994 m. Antrojoje Europos transporto ministrų konferencijoje (Kretoje) nustatyti prioritetiniai Centrinės ir Rytų Europos transporto koridoriai. Jie, kaip parodė laikas, yra geras pagrindas infrastruktūrai kurti ir efektyvus būdas, užtikrinantis gerą susisiekimą visoje Europoje.

Darbo aktualumas. Geležinkeliai – viena iš sausumos transporto rūšių, išsiskirianti pakankamai sudėtinga infrastruktūra, valdymu, griežtais reikalavimais saugiam bei nenutrūkstamam eismui užtikrinti. Šio transporto rūšiai plėtoti reikia daugelio įvairiausių sričių specialistų, kad būtų garantuotas efektyvus visų grandžių darbas.

Didžiausią pelną geležinkeliui teikia krovinių gabenimas. Todėl AB „Lietuvos Geležinkeliai“ ir Lietuvai, kaip tranzitinei valstybei, tarp Vakarų Europos ir Rytų valstybių, yra svarbu užtikrinti saugų bei greitą ir patikimą krovinių vežimą. Lietuvoje krovinių vagonai rūšiuojami septyniuose stotyse, o iš jų keturiose įrengti mechanizuoti skirstymo kalneliai. Skirstomasis kalnelis atlieka pagrindinį vaidmenį krovinių vagonų parke. Nuo jo darbo efektyvumo priklauso traukinių suformavimo ar išformavimo laikas.

Darbo objektas – skirstomasis kalnelis. Skirstomasis kalnelis – tai įrenginys skirtas sąstatui suformuoti arba jį išformuoti. Pagrindiniai įrengimai: energiją tiekiantys įrengimai, automatiniai įrengimai, telemechaniniai ir ryšių prietaisai, jungiantys mechaninius įrenginius bei užtikrinantys automatinį procesus.

Darbo tikslas – atlikus skirstomojo kalnelio veikimo parametrų analizę, nustatyti rodiklius, darančius įtaką kalnelio darbui bei pateikti pasiūlymus efektyvumo didinimui.

Numatytam darbo tikslui pasiekti keliama **uždaviniai**:

1. Atlikti skirstomojo kalnelio pagrindinių elementų analizę;

2. Nustatyti veikiančias dinamines jėgas (jėgos, kurios veikia vagoną besileidžiantį nuo skirstomojo kalnelio; jėgos veikiančios vagono atkabinimą ir jo leidimąsi nuo skirstomojo kalnelio). Apskaičiuoti veikiančias, riedančius vagonus nuo skirstomojo kalnelio, pasipriešinimo jėgas;
3. Nustatyti krovinių paskirstymo parko sprendimus, turinčius įtakos skirstomojo kalnelio darbo našumui;
4. Apskaičiuoti ir nustatyti skirstomojo kalnelio aukščio įtaką darbo efektyvumui;
5. Apskaičiuoti ir nustatyti išilginio profilio parametrus, jo įtaką skirstomojo kalnelio darbo efektyvumui;
6. Apskaičiuoti reikiamus stabdymo galingumus stabdymo pozicijose ir nustatyti vagonų stabdiklių įtaką skirstomojo kalnelio darbo efektyvumui;
7. Apskaičiuoti mažo ir didelio galingumo skirstomųjų kalnelių pajėgumus pagal užsiduotus parametrus. Nustatyti, kokie parametrai įtakoja skirstomojo kalnelio pajėgumą.

INFORMACIJOS ŠALTINIŲ APŽVALGA

Rašant darbą buvo remtasi vadovėliais, AB „Lietuvos geležinkeliai“ instrukcijomis, teisiniais aktais ir kt. šaltiniais. Svarbiausi būtų šie:

Techninių manevravimo normų apskaičiavimo instrukcija 183/E. Vilnius: Gelspa, 2003.

Pagal šią instrukciją yra apskaičiuotos manevravimo darbų trukmės išformuojant, formuojant ir perstatant sąstatus stoties keliuose.

Geležinkelio stočių projektavimo taisyklės 15/LG. Patvirtinta 2004 m. gegužės 5 d. įsakymų Nr. 3-250/D1-249. Vilnius, 2004.

Taisyklės nustato reikalavimus, kurių turi būti laikomasi projektuojant naujas ir rekonstruojant esamas 1520 mm pločio vėžės geležinkelio stotis Lietuvos Respublikos teritorijoje tose geležinkelių linijose, kuriose nustatyti maksimalūs traukinių greičiai.

Правдина Н. В., Шубко В. Г. Железнодорожные станции и узлы. Учебное пособие. Москва, 2005.

Knygoje pateikiami praktiniai skaičiavimo pavyzdžiai – užduotys: jungiamųjų kelių ilgiai, skirstomojo kalnelio parametrai, techniniai-ekonominiai skaičiavimai geležinkelio stotyse ir mazguose.

Савченко И. Е., Акулиничев В. М. Железнодорожные станции и узлы. Москва, 1992.

Knygoje nagrinėjami geležinkelio mazgų ir stočių įrenginiai bei konstrukcijos, jų elementų techninis darbas. Pateikiami šių įrenginių teoriniai skaičiavimai bei metodai, taikomi projektuojant naujas ar rekonstruojant esamas geležinkelio stotis ir mazgus.

Сотников И. Б. Эксплуатация железных дорог. Москва, 1990.

Knygoje pateikiami praktiniai pavyzdžiai, kurie geležinkelio inžinieriams gali padėti išspręsti daugelį klausimų. Manevravimo darbo organizavimas kaupiamajame kelyne ir skirstymo kalnelyje. Kelių specializacijos parinkimas, grupinių traukinių formavimo būdas.

Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Transportas: Technologija, ekonomika, aplinka, sveikata. Vilnius, 2003.

Knygoje nagrinėjami krovinių, keleivių vežimų technologijų, gerinančių antžeminio transporto eksploatavimą, transporto senėjimo teoriniai klausimai. Analizuojamos infrastruktūros plėtojimo tendencijos, tranzitinio transporto įtaka eismo intensyvumui ir šalies ekonomikos plėtrai, saugus eismas keliuose, transporto sistemos aplinkosauginis įvertinimas.

1. GELEŽINKELIŲ VAIDMUO TRANSPORTO SISTEMOJE

1.1. Transporto sistema

Transporto sistemą sudaro: transporto sistemos tinklas; transporto priemonių srautai tinkle; krovinių arba keleivių srautai tinkle; terminalų pajėgumas ir sąveikaujančių transporto rūšių kiekis terminaluose.

Tačiau transporto sistemą reikėtų skirstyti pagal skirtingus komponentus:

- Transporto sistemos funkciniai komponentai;
- Transporto sistemos fiziniai komponentai.

Transporto sistema pagal funkcinis komponentus sudaryta iš tokių transporto šakų: biotransporto, geležinkelių, automobilių, jūrų, vidaus vandens, oro, miesto elektrinio ir vamzdynų.

Kiekviena transporto rūšis turi keturis pagrindinius komponentus, arba esmines sudedamąsias dalis. Tai keliai, terminalai, traukos priemonės ir talpyklos, kuriose gabenama. Keliai ir terminalai sudaro transporto infrastruktūrą.

Autoriai A. Baublys ir A. Vasilis Vasiliauskas transporto sistemą siūlo analizuoti kaip didžiąją sistemą: „*Didžioji sistema – sudėtinga (didelio masto) valdomoji sistema susidedanti iš posistemų, kuriuos jungia veikimo tikslas. Ji apima žmones, mašinas, gamtą su jų medžiaginiaisiais, energiniais, informaciniais ryšiais. Didžiųjų sistemų teorinius klausimus sprendžia sistemų teorija; planavimo, projektavimo, konstravimo, eksploatacijos – sistemų technika*“ [2].

Tokios sistemos esmę apibrėžia žmogaus, mašinos ir aplinkos derinys, hierarchija, plėtros tolygumas ir jų tikslo bendrumas. Prie pagrindinių tokių sistemų savybių galima priskirti: vystymasis laiko tėkmėje pagal nustatytus ribojimus, aibė netiesinių priklausomybių, parametrų ir poveikių charakterio tikimybe, grįžtamuoju ryšiu, funkcionavimo patikimumu.

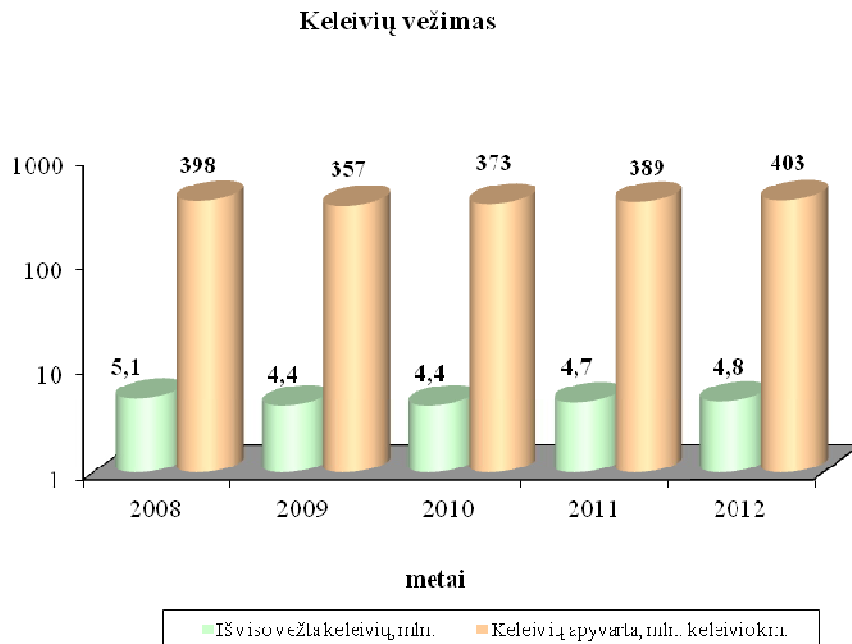
1.2. Geležinkelių transportas

Geležinkelių transportui priklauso bendro naudojimo geležinkeliai, geležinkelių atšakos, riedmenys, traukos priemonės, ryšių, signalizacijos ir energijos tiekimo įrenginiai, stotys ir kiti inžinerijos statiniai geležinkelių transportui aptarnauti.

Prieš keliasdešimt metų bent jau Europoje buvo manoma, kad geležinkeliai kaip transporto rūšis jau nueina į praeitį ir juos visiškai pakeis automobilių transportas. Tačiau, kaip matyti iš didelių investicijų į geležinkelių transportą, požiūris radikaliai keičiasi. Geležinkeliai bendroje transporto sistemoje užima vis reikšmingesnę vietą. Taip yra todėl, kad geležinkeliais gabenant

krovinius ir keleivius 1 kWh atlieka vidutiniškai 10 kartų daugiau naudingojo darbo, palyginti su automobiliais. Tai reiškia, kad tiek pat kartų mažiau sudeginama degalų, į aplinką su degimo produktais išmetama mažiau kenksmingųjų medžiagų, o tai labai svarbu oro taršai, kuri, plečiantis pramonei, tampa vis aktualesnė. Taigi, geležinkelis yra pigiausias ir ekologiškai švariausias transportas, kuris ateityje bus viena svarbiausių transporto rūšių. Organizuojant šaudyklinius traukinius, kurie kerta daugelio valstybių sienas be griežtos muitinės kontrolės, pasiekiamas didesnis vidutinis maršrutinis greitis, negu vežant krovinius automobiliais.

Taigi geležinkelių transportas metams bėgant vis labiau įsitvirtina bendroje transporto sistemoje, o greitieji keleiviniai traukiniai, kursuojantys mažesniu kaip 1000 km atstumu, jau konkuruoja su oro transportu.

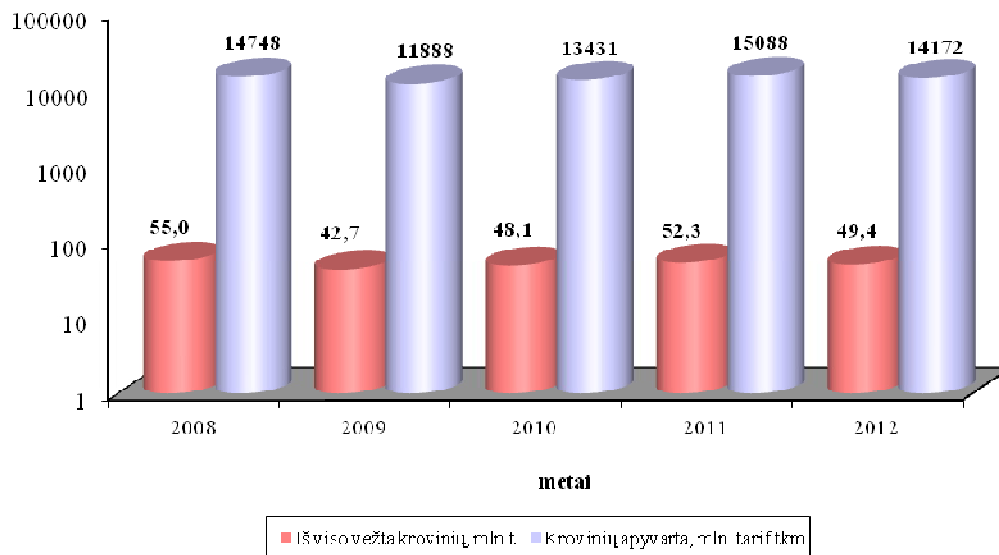


1.2.1. pav. Keleivių vežimas geležinkeliais Lietuvoje [Šaltinis: Lietuvos statistikos departamentas]

Keleivių vežimo srutai geležinkeliais Lietuvoje pastaraisiais metais išlieka daugmaž pastovūs, netgi paskutiniaisiais t.y. 2011 ir 2012 m. jis padidėjo.

Gamybos veiklos sumažėjimas, sukeltas Vidurio ir Rytų Europos šalių ekonominių reformų, paveikė ir Lietuvos geležinkelius. Tačiau vėlesniais metais, kaip ir daugelyje Europos šalių, Lietuvos geležinkeliais gabenamų krovinių kiekiai padidėja arba sumažėja, tai priklauso nuo visos Europos ekonominių sąlygų. Diagramoje pateiktas gabenamų krovinių kitimas pastaraisiais metais.

Krovinių vežimas



1.2.2. pav. Krovinių vežimas geležinkeliais Lietuvoje [Šaltinis: Lietuvos statistikos departamentas]

Dabartinis geležinkelių tinklo tankumas, t.y. 26 km/1000 kv. km, leistų gabenti iki 50 mln. t krovinių per metus, tačiau šio masto negalima pasiekti dėl nepatenkinamos geležinkelių infrastruktūros būklės: būtina remontuoti bėgius, modernizuoti signalizavimo ir telekomunikacijų sistemas.

Geležinkelio infrastruktūros atnaujinimo, rekonstravimo ir gerinimo, eismo saugumo geležinkelio pervažose didinimo projektai yra ypač svarbūs, kad būtų galima garantuoti reguliarių ir saugų eismą traukiniais ir padidinti jų judėjimo greitį. Tobulinant keleivių vežimą ir gerinant aptarnavimo kokybę, turi būti rekonstruojami traukinių keleivių terminalai, atnaujinama geležinkelių infrastruktūra, keleivinis geležinkelio transportas pritaikomas neigaliesiems. Kad geležinkelio transportas taptų saugesnis ir mažėtų oro tarša, numatoma įdiegti naują geležinkelio riedmenų priežiūros ir kontrolės sistemą.

Geležinkelių transporto infrastruktūros projektai, kuriems gali būti teikiama parama, turės atitikti sąveikumą reglamentuojančių ES direktyvų nuostatas.

Siekiant plėtoti vandens ir sausumos transporto tarpusavio sąveiką, skatinti krovinių gabenimą geležinkeliais ir laivais, bus rekonstruojami Klaipėdos valstybiniame jūrų uoste esantys geležinkeliai.

Geležinkelių transporto sektoriaus plėtros tikslas – integracija į Europos geležinkelių tinklą ir transporto paslaugų rinką. Pagal Geležinkelių transporto kodeksą geležinkelių transporto sektoriui

buvo sukurtos teisinės sąlygos rinkai liberalizuoti – taip bus skatinamas veiksmingos konkurencijos atsiradimas. Siekiant atgaivinti geležinkelius ES, buvo priimtas teisės aktų paketas. Jame nustatyti reikalavimai restruktūrizuoti geležinkelius bei įdiegti rinkos principus geležinkelių transporto sektoriuje. Perkeliant šiuos teisės aktus į Lietuvos teisę, 1996 m. buvo pradėtas Lietuvos geležinkelių restruktūrizavimo procesas, kuris turėjo įtakos ir finansų bei ekonomikos, užimtumo, organizacinio ir funkcinio pertvarkymo sritims. Siekiant sukurti aiškos atsakomybės ir komercinės veiklos verslo padalinius (keleivinį, krovinį, infrastruktūros, traukos ir riedmenų remonto sektorius), buvo laipsniškai pertvarkyta Lietuvos geležinkelių struktūra. Restruktūrizavimo metu tobulinamos įkurtų padalinių finansinės apskaitos sistemos, rengiama mokesčių už naudojimąsi infrastruktūra sistema bei atskiriama pagalbinių įmonių veikla. Šiuo metu rengiamasi galutiniam geležinkelių restruktūrizavimo etapui. Svarbiausi geležinkelių transporto restruktūrizacijos tikslai – atskirti infrastruktūros ir eksploatacinės veiklos valdymą, visų rūšių veiklos apskaitas, sumažinti valstybės įtaką geležinkelių transporto komercinei-ūkinei veiklai, suteikti galimybių naudotis geležinkelių infrastruktūra visiems vežėjams, sukurti orientuotą į rinką tarifų politiką, nustatyti ekonomiškai pagrįstą infrastruktūros apmokestinimą ir plėtros finansavimo principus.

1.3. Nacionalinė darnaus vystymosi strategija

Pastaraisiais 20 metų visame pasaulyje, ne išimtis ir Lietuvoje, vis daugiau dėmesio skiriama darniam vystymuisi. Tai yra siekiama užtikrinti vystymąsi, tenkinantį žmonių gerovę dabartyje nesumažinant žmonių gerovės galimybių ateityje. Tarptautinių organizacijų ir institucijų pastangomis 1980 m. buvo parengtas ir paskelbtas svarbus dokumentas – Pasaulio apsaugos strategija, kuri praktiškai padėjo pamatus Darnaus vystymosi strategijai. Šiuo dokumentu buvo deklaruota, kad vystymasis ir apsauga nėra prieštaringi dalykai, o racionalus gamtos išteklių naudojimas yra neatskiriama ne tik ekonominio vystymosi, bet ir gamtos apsaugos dalis. Faktiškai darnaus vystymosi koncepcijos pagrindą sudaro trys lygiaverčiai komponentai – aplinkos apsauga, ekonominė plėtra ir socialinis vystymasis.

Pagrindinis Lietuvos darnaus vystymosi siekis formuluojamas taip: *“Pagal ekonominio ir socialinio vystymosi bei išteklių naudojimo efektyvumo rodiklius iki 2020 metų pasiekti dabartinę ES vidurkį, pagal aplinkos taršos rodiklius – neviršyti ES leistinių normatyvų, laikytis tarptautinių konvencijų, ribojančių aplinkos teršimą ir indėlį į globalinę klimato kaitą reguliavimu”* [10].

Lietuvos lengvųjų automobilių parką sudaro senesni nei 10 metų automobiliai, kurių išmetamų į orą teršalų kiekis yra sąlyginai didelis. Vietiniams krovinių pervežimams vis dar daugiausia naudojami seni Rytų gamybos automobiliai, kurie itin neefektyviai naudoja degalus, stipriai teršia aplinką ir kelia didelį triukšmą. Sparčiausiai vystosi taršiausios transporto rūšys, o mažesnį poveikį

aplinkai darančios transporto rūšys (geležinkelis, vidaus vandens transportas) ne tik neplėtojamas, bet pamažu nyksta [10].

Nacionalinės darnaus vystymosi strategijos projekte išvelgiamos su transportu susijusios problemos egzistuojančios Lietuvoje. Pastebima, kad mažai dėmesio buvo skiriama aplinkai draugiškam transportui, tarp jų ir geležinkelis. Šiuo darbu yra siekiama atitikti keliamus reikalavimus bei prisidėti įgyvendinant darnaus vystymosi strategijoje nubrėžtus tikslus, kuriuose numatyta, kad vykstant eurointegracijos procesams, susidarys galimybės spartesnei kelių bei aplinkelių plėtrai, geležinkelių modernizavimui, spartesnei geležinkelių tinklo, įskaitant europinio tipo vėžes, plėtrai. Platesnis geležinkelio panaudojimas, ypač kroviniams pervežti, sudarys galimybes žymiai sumažinti transporto sektoriaus teršiančių medžiagų emisiją į orą ir jų neigiamą poveikį [10].

1.4. LR teritorijos bendrasis planas

Lietuvos Respublikos teritorijos bendrajame plane yra nusakytos valstybės, kaip daugialypės socialinės, ekonominės ir ekologinės sistemos, ateities gairės ir išskirti prioritetai.

Lietuvos Respublikos teritorijos bendrasis planas. 2004 m.: *“Šiame dokumente nusakytos valstybės, kaip daugialypės socialinės, ekonominės ir ekologinės sistemos, ateities gairės ir išskirti prioritetai. <...> Patvirtintas Lietuvos Respublikos teritorijos bendrasis planas yra pagrindinis planavimo dokumentas, reglamentuojantis šalies teritorijos naudojimo ir tvarkymo ilgalaikę strategiją“* [Lietuvos Respublikos teritorijos bendrasis planas. 8p.].

Šiuo dokumentu turi remtis ūkio šakų plėtros strategijos, kiti rengiami strateginiai planai bei programos. Taip pat atsižvelgiant į Bendrojo plano nuostatas yra rengiamas ir Nacionalinis plėtros planas. Bendrojo plano sprendiniai galioja visam planavimo laikotarpiui (iki 2020 m.), tačiau jie gali būti koreguojami ar papildomi operatyvinio planavimo priemonėmis.

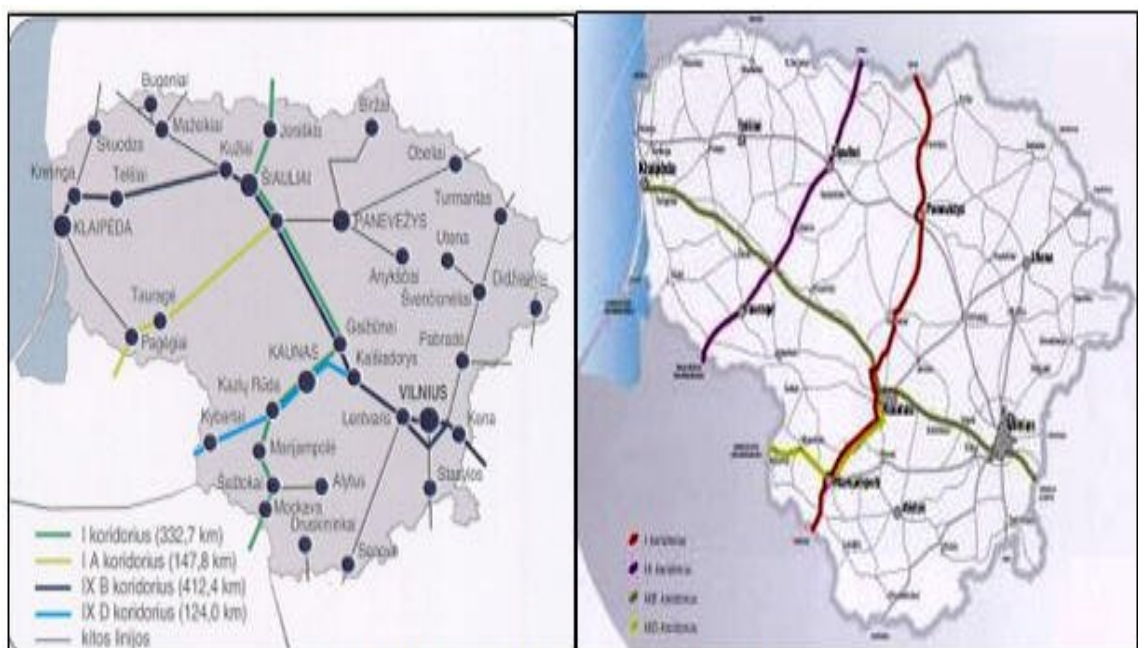
Lietuvos geležinkelių infrastruktūra (įskaitant ir geležinkelio stotis), jos būklė ir patrauklumas yra labai svarbi Lietuvai, kadangi tai yra strateginis objektas. Naujų stočių statyba ar modernizavimas turi būti atsižvelgiamas į LR teritorijos bendrąjį planą, kuriame numatyta:

- Plėtojant regionų ekonominį potencialą, padidinti geležinkelio tinkle tankumą ir užžiedinti pasienio geležinkelio tinklą;
- Transeuropinio IX B Vakarų-Rytų geležinkelio koridoriaus pagrindu formuoti svarbiausią Lietuvos urbanistinę ašį;
- Geresniam susisiekimui su Lenkija ir pietvakariniu Alytaus regionu būtina atstatyti Vilniaus krypties geležinkelį suaktyvinant senojo geležinkelio iš Sankt Peterburgo į Varšuvą panaudojimą;

- Naujai formuojamą transeuropinį standartinės europinės vėžės geležinkelio I koridorių Rail Baltica (viena svarbiausių priemonių integruojantis į europos geležinkelių tinklą) numatoma pratęsti iki Lietuvos sostinės – Vilniaus, pagerinant susisiekimą Vilniaus – Kauno metropolinėje jungtyje;
- Svarbiausios geležinkelio pasienio tarnybos ir muitinės siūlomos Kenos, Turmanto, Joniškio, Pagėgių, Draugystės, Pajuostės, Šeštokų ir Kybartų stotyse.

Stočių plėtra ir modernizavimas:

- Kenos pasienio perdavimo stoties rekonstrukcija;
- Vaidotų, Radviliškio, Klaipėdos, Draugystės skirstymo stočių modernizavimas;
- Vilniaus, Klaipėdos, Šiaulių, Kauno keleivių stočių rekonstrukcija;
- Kybartų pasienio perdavimo stoties rekonstrukcija.



1.4.1 pav. Tarptautiniai geležinkelių transporto koridoriai Lietuvos teritorijoje

1.4.1 pav. matyti tarptautiniai geležinkelių transporto koridoriai, kuriais per Lietuvos teritoriją susisiekiama su kaimyninėmis šalimis. I koridorius – Latvija-Lenkija; I A – atšaka nuo I koridoriaus į Kaliningradą; IX B – Klaipėda-Baltarusija; IX D – atšaka nuo IX B į Kaliningradą.

2. SKIRSTYMO STOTYS IR SKIRSTOMIEJI KALNELIAI

2.1. Skirstymo stotys

Skirstymo stotys, tai tokios stotys, kurių pagrindinė paskirtis yra vagonų skirstymas pagal vežimo kryptis bei traukinių iš šių vagonų formavimas, techninė ir komercinė vagonų ir sąstatų apžiūra bei ranga, tranzitinių traukinių ranga. Dažniausiai tranzitiniai traukiniai praleidžiami, bet prireikus yra vykdoma jų techninė apžiūra, vagonai remontuojami. Taip pat šiose stotyse gali būti keičiami lokomotyvai ir brigados, skirstomi kroviniai, formuojami rinktiniai vagonai su konteneriais ir smulkiomis siuntomis, atliekami krovos darbai bei lokomotyvų techninė priežiūra ir paranga. Skirstymo stotys yra pagrindinis atramos taškas organizuojant vagonų srautus. Nuo sėkmingo bei nepertraukiamo stočių darbo priklauso viso geležinkelio darbas.

Skirstymo stotys, atsižvelgiant į paskirtį, kurią jos atlieka organizuojant vagonų srautus, skirstomos į:

- Pagrindines;
- Rajonines;
- Pagalbines.

Pagrindinė pagrindinių stočių užduotis – tiesioginių traukinių, vykstančių tolimaisiais maršrutais, kitaip tariant – ekonomiškai tikslingų maršrutų formavimas. Tokie traukiniai turėtų važiuoti pro kelias skirstymo stotis neperdirbti. Ekonominis tikslingumas nustatomas atsižvelgiant į išlaidas, skirtas vagonams perdirbti tarpinėse skirstymo stotyse, bei vagonų kaupimo laiką kaupiamuosiuose kelynuose. Pagrindinės skirstymo stotys perdirba apie 3–4 tūkst. vagonų per parą, tačiau atskirose stotyse šis skaičius gali siekti 6,5–7,5 tūkst. vagonų per parą.

Rajoninėse skirstymo stotyse formuojami traukiniai, vykstantys į ruožo stotis, kurios išdėstytos tarp dviejų tinklinių skirstymo stočių. Į tokias stotis skirtingiems gavėjams atvyksta palyginti nedideli vagonų srautai [2].

Pagalbinės skirstymo stotys aptarnauja vietinės reikšmės vagonų parką. Didelė dalis pagalbinių skirstymo stočių aptarnauja gavybos ir perdirbimo pramonės įmones, taip pat jūrų ir ypač didelius upių uostus. Nors šių stočių galimybės ribotos, jos yra labai reikšmingos, kadangi krovinių panašumas suteikia galimybių formuoti didelių nuotolių maršrutus [2].

Atsižvelgiant į įrenginius, kurie įrengti skirstymo stotyse, jos gali būti su skirstomuoju kalneliu arba be jo.

Kai kuriose skirstymo stotyse keičiama tiesioginių traukinių masė (atkabinamos ir prikabinamos vagonų grupės) ir performuojamas sąstatas (keičiamos atskiros vagonų grupės).

Traukiniai, kuriuos reikia performuoti, priimami į atvykimo kelynus atlikti sąstatų techninę ir komercinę apžiūrą. Sąstatai ruošiami varyti į kalnelį ar skirstymo kelią išformuoti. Sąstato išformavimo tikslas – vagonus išdėstyti kaupiamojo kelyno keliuose, atsižvelgiant į paskirties stotis, į kurias toliau vyks vagonai pagal formavimo planą. Išformavus keletą sąstatų, kaupiamojo kelyno keliuose susikaupia vagonai, vykstantys į tas pačias stotis [2].

Skirstymo stotyse yra įrengti keliai bei įrenginiai, reikalingi vagonų srautams tvarkyti. Keliai, skirti traukiniams atvykti ir išvykti, vagonams skirstyti bei kaupiti, yra sujungti į kelynus. Kelynuose atliekami traukinių, vagonų ir lokomotyvų techninės bei komercinės operacijos, numatytos stoties technologiniame procese. Kelynai būna tiesioginiai, atvykimo, išvykimo, atvykimo ir išvykimo, kaupiamieji ir kaupiamieji ir išvykimo ir kt. Skirstymo stotyse yra įrengti kalneliai arba skirstymo keliai.

Vadovaujantis Geležinkelio stočių projektavimo taisyklėmis kaupiamųjų kelių skaičius skirstymo stotyse nustatomas atsižvelgiant į formuojamų traukinių krypčių skaičių, kiekvienos krypties vagonų skaičių per parą (įskaitant tuščius vagonus), kelių ilgį bei traukinio formavimo technologiją. Jeigu vienos krypties vagonų yra daugiau kaip 200, jai reikia skirti 2 kaupiamuosius kelius. Kelių skaičius kitiems poreikiams nustatomas atsižvelgiant į vietines sąlygas.

Kaupiamąjį kelyną reikia projektuoti iš kelių sekcijų (atšakynų) su skirtingo ilgio keliais, atsižvelgiant į krypčių skaičių bei traukinių sandarą (grupiniai, rinktiniai, ruožo ir kt.).

2.1 lentelė. Skirstymo stoties atvykimo kelyno kelių skaičius (Šaltinis: Geležinkelio stočių projektavimo taisyklės)

Prekinių traukinių skaičius per parą	Kelių skaičius (be lokomotyvų ir skirstymo kelių), esant kalnelio apkrovai iki:			Prekinių traukinių skaičius per parą	Kelių skaičius (be lokomotyvų ir skirstymo kelių) esant kalnelio apkrovai iki:		
	70 %	85 %	95 %		70 %	85 %	95 %
Iki 36	3	4	4	85–96	6–7	7–8	8–9
37–48	3–4	4–5	4–5	97–108	7	8–9	9–10
49–60	4–5	5–6	5–6	109–120	7–8	9–10	10–11
61–72	5	6	6–7	121–132	8–9	10–11	11–12
73–84	5–6	6–7	7–8				

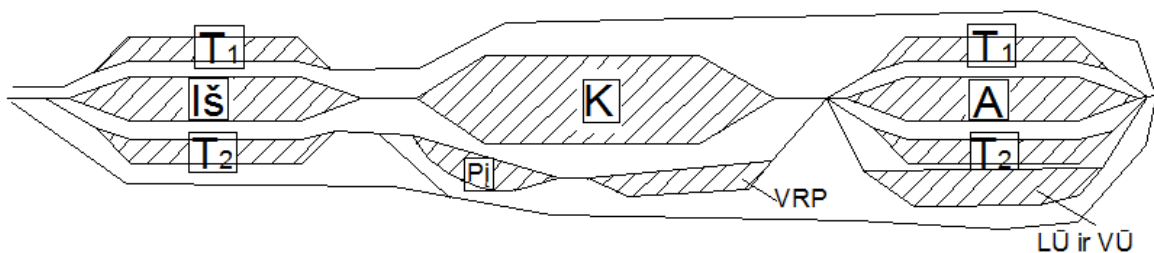
Jei skirstymo stoties prieigose keleivinių traukinių skaičius per parą didesnis kaip 25, atvykimo kelyne 2.1 lentelėje nurodytas kelių skaičius didinamas vienetu. Išvykimo kelių skaičius turi atitikti nurodytus 2.1 lentelės paskutinės skilties (esant kalnelio apkrovai 95 %) skaičių.

Išvykimo kelynuose kelių skaičius turi atitikti nurodytus 2.1 lentelės paskutinės skilties (esant kalnelio apkrovai iki 95 %) skaičių.

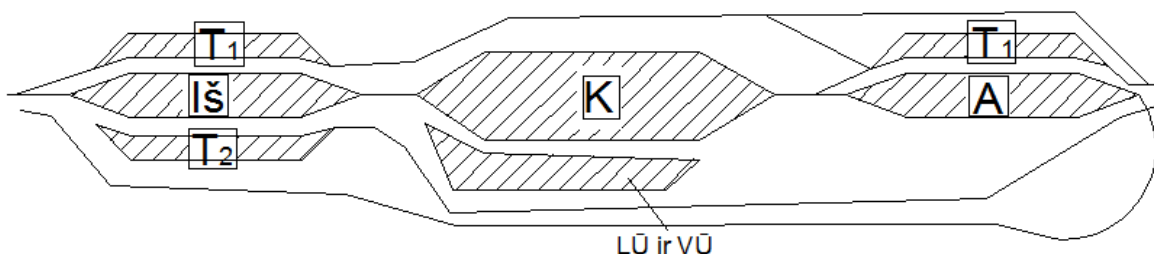
Skirstymo stočių skirstomuosius kompleksus, užtikrinančius nenutrūkstamą stočių darbą, sudaro:

- Atvykimo, skirstymo, išvykimo, tranzitiniai, kaupiamieji kelynai;
- Skirstymo įrenginiai (automatizuoti, mechanizuoti ir nemechanizuoti skirstomieji kalneliai ir įprasto bei specialaus profilio skirstomieji kalneliai);
- Lokomotyvų ir vagonų depai, lokomotyvų parangos punktai;
- Krovininiai įrenginiai;
- Keleiviniai įrenginiai;
- Eismo, signalizacijos ir ryšių, lokomotyvų, vagonų ir kitų ūkio tarnybų techniniai statiniai;
- Traukos pastotės ir elektros tiekimo ruožai;
- Kelininkų bei signalizacijos ir ryšių tarnybų ūkiai;
- Sandėliai, rezervuarai ir kiti.

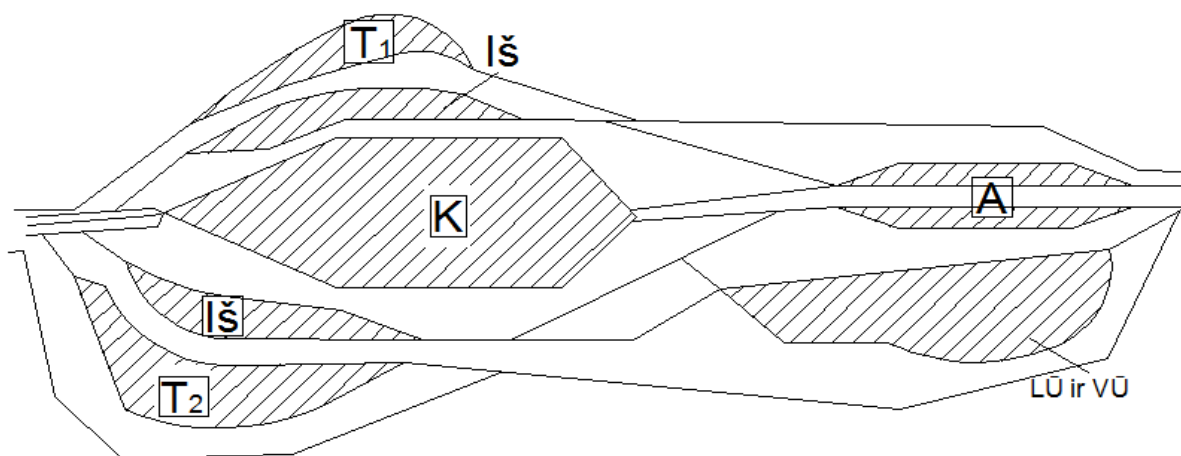
I schema



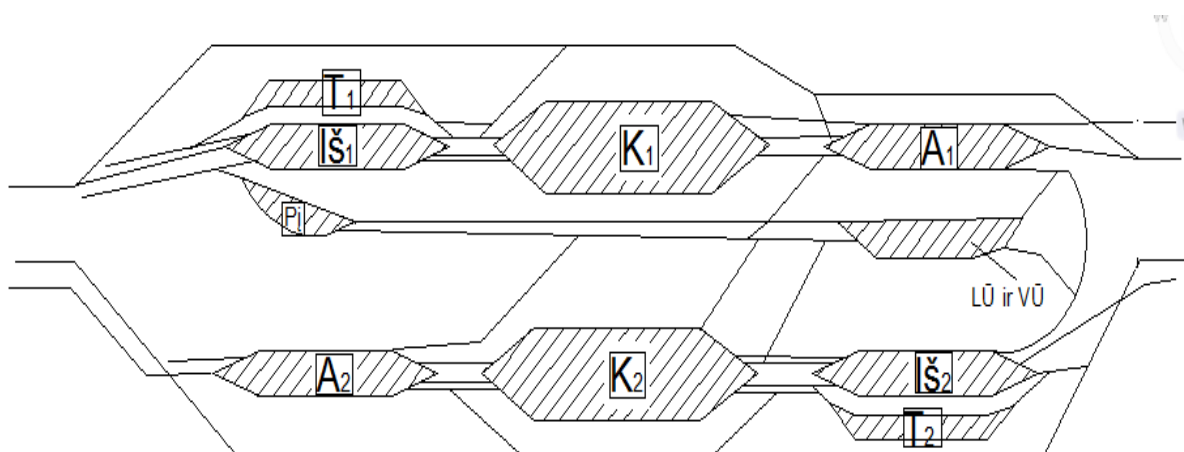
II schema



2.1.1 pav. Vienkalnių skirstymo stočių su nuosekliai išdėstytais pagrindiniais kelnais schemas (Sudaryta autoriaus)



2.1.2 pav. Vienkalnės skirstymo stoties su įvairiai išdėstytais kelymais schema (Sudaryta autoriaus)



2.1.3 pav. Dvikalnės skirstymo stoties schema (Sudaryta autoriaus)

PASTABA. 2.1.1 - 2.1.3 pav. sutartiniai žymėjimai:

- A - traukinių atvykimo kelynai,
- K - kaupiamieji kelynai,
- Iš - traukinių išvykimo kelynai,
- T - tranzitiniai kelynai,
- Pl - parangos įrenginiai,
- LŪ, VŪ - lokomotyvų ir vagonų ūkiai,
- VRP - atkabintų vagonų einamojo remonto punktai.

Skirstymo stotyse būna vienpusis ar dvipusis skirstomųjų įrenginių kompleksas. Taip pat viena nuo kitos skiriasi kai kuriais techniniais sprendimais, atsižvelgiant į vietines sąlygas.

Atsižvelgiant į kelynų išdėstymo tvarką, išskiriamos trys skirstymo stočių rūšys: su nuosekliu, lygiagrečiu arba kombinuotu kelynų išdėstymu. Vienkalnėms skirstymo stotims su

vidutinio pajėgumo kalneliais rekomenduojama nuoseklaus kelynų išdėstymo schema (2.1.1 pav. I schema). Jeigu naujos arba rekonstruojamos stoties projekte yra numatytas didelio pajėgumo kalnelio įrengimas, rekomenduojama 2.1.1 pav. II schema. Dvikalnės skirstymo stoties schema pavaizduota 2.1.3 paveiksle. Ši schema gali būti naudojama iš karto įrengiant dvikalnę skirstymo stotį arba plečiant vienkalinę stotį.

2.1.1. Pagrindinių Lietuvos skirstymo stočių analizė

Didelis dėmesys turi būti skirtas aikštelei, kurioje bus išdėstyta stotis, charakteristikoms. Dažniausiai Lietuvoje skirstymo stotys išdėstytos 6–6,5 km ilgio aikštelėse, kurių didžiausias nuolydis nukreiptas skirstymo parkų link, o aikštelių plotis priklauso nuo to, ar stotis yra viapusė, ar dvipusė. Vienpusės skirstymo stotys yra išdėstytos 350–400 m pločio aikštelėse, o dvipusės stotys – 600–700 m pločio aikštelėse. Skirstymo stočių plotai svyruoja: viapusių – nuo 2,100 tūkst. m² iki 2,600 tūkst. m², dvipusių – nuo 3,600 tūkst. m² iki 4,500 tūkst. m² [2].

Tačiau skirstymo stoties aikštelės plotis ir ilgis priklauso nuo įrengtų kelių ilgio bei nuo stoties išdėstymo schemos, dėl to kai kurių stočių aikštelių ilgiai gali kisti (žr. 2.1.1 lentelę).

2.1.1 lentelė. Skirstymo stočių aikštelių ilgiai (Šaltinis: A. Baublys, A. V. Vasiliauskas „Transporto infrastruktūra“)

Stotis	Stoties aikštelės ilgis, kai naudingasis kelio ilgis yra, m			Apytikslis stoties aikštelės ilgis, kai kaupiamajame kelyne įrengti 48 keliai
	1250	1050	850	
Vienpusė stotis su nuosekliai išdėstytais kelynais	6500	6000	5400	300 – 350
Vienpusė stotis su mišriai išdėstytais kelynais	4500	4100	3700	350 – 400
Dvipusė stotis su nuosekliai išdėstytais kelynais	6700	6100	5500	600 – 700

Kalbant apie skirstymo stočių tipus ir galingumą, visų pirma atsižvelgiama į tai, kiek vagonų per parą gali perdirbti skirstymo stotis, o paskui į kaupiamųjų kelių skaičių. Didelio galingumo skirstymo stotys, tokios kaip Radviliškio ir Vaidotų, gali perdirbti daugiau nei 5 tūkst. vagonų per parą, kaupiamųjų kelių šiose stotyse yra 30 ir daugiau. Vidutinio galingumo skirstymo stotys per parą perdirba nuo 2 tūkst. iki 5 tūkst. vagonų, o kaupiamųjų kelių ilgis svyruoja nuo 17 iki 30. Prie

tokių skirstymo stočių Lietuvoje galima priskirti Bugenių, Klaipėdos „Draugystės“ ir Panerių geležinkelio stotis. Kybartų, Vilniaus ir Šeštokų geležinkelio stotys priskiriamos prie mažo galingumo skirstymo stočių, galinčių per parą perdirbti nuo 250 iki 2000 vagonų. Kaupiamųjų kelių skaičius šiose stotyse neviršija šešiolikos.

Norėdami sužinoti, kiek vagonų gali perdirbti skirstymo stotis, būtina išmanyti stoties technologinį procesą, t.y. kiek laiko trunka nuolatinės operacijos, susijusios su vagonų tvarkymu, kiek laiko trunka vagonų parengimas išformuoti ir pats išformavimas, o kalbant apie sutvarkytų traukinių skaičių reikia žinoti ir sąstato vagonų skaičių.

Lietuvoje kiekviena skirstymo stotis turi savo technologinį procesą, pavyzdžiui, Bugenių ir Vaidotų geležinkelio stotyse atvykusio traukinio vagonų apžiūrai skirtos 2 minutės vienam vagonui, Radviliškio stotyje – 1,5 minutės, Klaipėdos ir „Draugystės“ stotyse – 3 minutės.

Atsižvelgiant į stoties technologinį procesą, tai pat galima numatyti, kiek vagonų per parą galės tvarkyti stotis, nors ir tai yra numatyta stoties technologiniame procese.

Tačiau Lietuvos geležinkelių stočių galingumas išnaudojamas ne visas. Tai susiję su darbų kiekio mažėjimu dėl sunkiosios pramonės gamybos nuosmukio Rusijoje ir kitose NVS šalyse (pagrindiniai krovinių tiekėjai). Nuo 1995 metų stočių galingumas ėmė didėti ir 2002 metais pasiekė didžiausią per pastarąjį dešimtmetį. Šią situaciją lėmė sparčiai auganti prekyba su Europos Sąjungos šalimis, tolygus geležinkelių modernizavimas.

2.2. Skirstomasis kalnelis

Šiuolaikinis skirstomasis kalnelis susideda iš kelio įrenginių komplekso, energiją teikiančių įrengimų, automatinių įrengimų, telemechaninių ir ryšių prietaisų, jungiančių mechaninius įrenginius ir užtikrina automatinius procesus bei traukinių valdymą.

Priklausomai nuo vagonų ir kelių, į kuriuos vagonai turi būti paskirstyti, skirstomieji kalneliai gali būti didelio, vidutinio ir mažo pajėgumo. Skirstomojo kalnelio pajėgumas paaiškėja išnagrinėjus techninius, ekonominius paskaičiavimus, kurie priklauso nuo krovinių pervežimo apimtys, reikalingų paskirstymo kelių skaičiaus bei kalnelio struktūros.

Šiuolaikiniai skirstomieji kalneliai aprūpinami vagonų stabdikliais, kalnelio automatinių prietaisų centralizacijos įrenginiais (pagrindinis dėmesys sutelkiamas į jungiamuosius elementus), automatinio greičio valdymo nuleidžiant sąstatus įrenginiais, kartu su sisteminiu uždaviniu automatinio greičio mažinimui ir nuotoliniu valdymu kalnelio lokomotyvams [15].

Nedidelio galingumo kalnelio pirmajame eksploatacijos periode centralizuotas automatinio reguliavimo įrenginys gali būti pakeistas elektrine, jungiamąja strėle. O vietoje vagonų stabdiklių –

nedidelis stabdymo mechanizmas, distancinio valdymo trinkelį pakėlimo-nuleidimo prietaisas. Nuo skirstomojo kalnelio galingumo priklauso judėjimo, nuleidimo bei apėjimo kelių, stabdymo pozicijų skaičius, sureguliuotas greitis ir paleidimo režimas, bei būtinas techninis aprūpinimas, užtikrinantis sklandų visų išvardintų elementų veikimo procesą.

Skirstomuosiuose kalneliuose vagonų srautų tvarkymui pagreitinti įrengta automatinė vagonų stabdymo reguliavimo sistema, kuri stabdo vagonus pirmojoje stabdymo pozicijoje ir padeda sudaryti intervalus tarp atkabų, bei automatinė kalnelio centralizacija, padedanti išformuoti sąstatą remiantis iš anksto sudarytu planu. Be to, ant skirstomojo kalnelio yra įrengti manevriniai šviesoforai.



2.2 pav. Skirstomasis kalnelis ir skirstymo keliai

2.2.1. Skirstomųjų kalnelių ir jų savybių klasifikacija

Kaip jau minėta ankstesniame poskyryje, skirstomieji kalneliai yra skirstomi į tris grupes, atsižvelgiant į vagonų ir kelių:

- Didelio pajėgumo skirstomasis kalnelis;
- Vidutinio pajėgumo skirstomasis kalnelis;
- Mažo pajėgumo skirstomasis kalnelis.

Šių skirstomųjų kalnelių esminės charakteristikos yra pateiktos 2.2.1 lentelėje.

2.2.1 lentelė. Skirstomųjų kalnelių esminės charakteristikos (Sudaryta autoriaus)

Charakteristika	Mažo pajėgumo skirstomasis kalnelis	Vidutinio pajėgumo skirstomasis kalnelis	Didelio pajėgumo skirstomasis kalnelis
Vagono paskirstymo jėga	sunkio jėga	sunkio jėga	sunkio jėga
Vagonų paskirstymo pajėgumai (vag/parą)	250 – 2000	2000 – 5000	5000 ir daugiau
Paskirstymo kelių skaičius	iki 16	17 – 20	30 ir daugiau
Įvažiuojančių kelių skaičius	1	2	3 – 5
Nuleidžiamųjų kelių skaičius	1	1 – 2	3
Apvažiuojamųjų kelių skaičius	1	1	2
Stabdymo pozicijų skaičius	1	2	3
Atstumas nuo ribinio stulpelio žymeklio padėties skirstomojo iešmo iki atskaitos taško (m)	50	80	100
Greitėjimo kampas (nuo kalnelio nuolydžio %)	< 25	35 – 55	40 – 55
Nusileidimo greitis (km/h)	3,5	5	5
Sąstato išformavimo pobūdis	nuoseklusis	nuoseklusis	lygiagretusis
Techninis aprūpinimas	ΓAIQ arba ЭИ vagonų stabdiklis vienoje pozicijoje (TW-5F)*	ΓAIQ A3CP vagonų stabdikliai dviejose pozicijose (TW-5F)*	APC ΓAIQ A3CP ТГЛ vagonų stabdikliai visose pozicijose (TW-4E)*

*Vagonų stabdikliai naudojami Vaidotų geležinkelio stotyje

Kaip matyti iš 2.2.1 lentelės, skirstomojo kalnelio pajėgumą geriausiai nusako paskirstytų vagonų skaičius per parą, kuris svyruoja nuo 250-2000 (mažo pajėgumo) iki 5000 ir daugiau (didelio pajėgumo). Tokie parametrai kaip kelių skaičius, atstumai nuo skirstomojo iešmo iki atskaitos taško, išformavimo pobūdis ar vagonų stabdikliai yra tik atitinkamų pajėgumų skirstomųjų kalnelių charakteristikos.

2.2.2. Pagrindiniai skirstomojo kalnelio elementai bei jų paskirtis

Šiuolaikinį skirstomąjį kalnelį sudaro kelios elementų grupės – dalys:

- Judamoji (užslenkamoji);
- Perkeliančioji;
- Nuleidžiamoji.

Užslenkamosios dalies paskirtį galima būtų apibrėžti kaip tą proceso etapą, kuriame vagonai užstumiami ant kalnelio viršūnės ir paruošiami išskirstymui. Užslenkamojoje dalyje yra atvykimo kelias, kuris jungia kalnelio viršūnę su vagonų priėmimo dalimi, o esant lygiagrečiam išdėstymui priėmimo ir skirstymo, su kalnelio ištempimu. Kalnelio elementas, kuriuo sujungta judamasis kelias ir nusileidimo greitintojas, besileidžiančios dalies, vadinamas, perkėla. O viršūnės kampo vertikaloji linija, besiliečianti su greitėjimo nuokrypiu ir horizontaliaja tiesiąja, einančia per kalnelio perkėlą, vadinama kalnelio viršūne.

Įrengiant kalnelį su dviem ar daugiau judėjimo kelių, galima vienu metu atlikti dvi operacijas – išformuoti du sąstatus. Kalnelio viršūnė projektuojama laikantis nuostatų, kad darbai bus atliekami žiemos sąlygomis (orientuojamasi į blogiausias įmanomas meteorologines sąlygas). Kalnelio elementas, kuris leidžia atkabinti vagonus nuo sąstato ir juos greitai ir saugiai paleisti riedėti kitais keliais, vadinamas nuleidžiamąja dalimi. Ši dalis paprastai yra tarp kalnelio viršūnės ir skaičiuojamojo taško, kuris priklausomai nuo kalnelio galingumo yra nutolęs 100, 80 arba 50 metrų nuo ribinio stulpelio atskaitomojo kelio. Nuleidžiamajoje dalyje taip pat įrengiami stabdžiai, kuriais reguliuojama atkabinimo greitis.

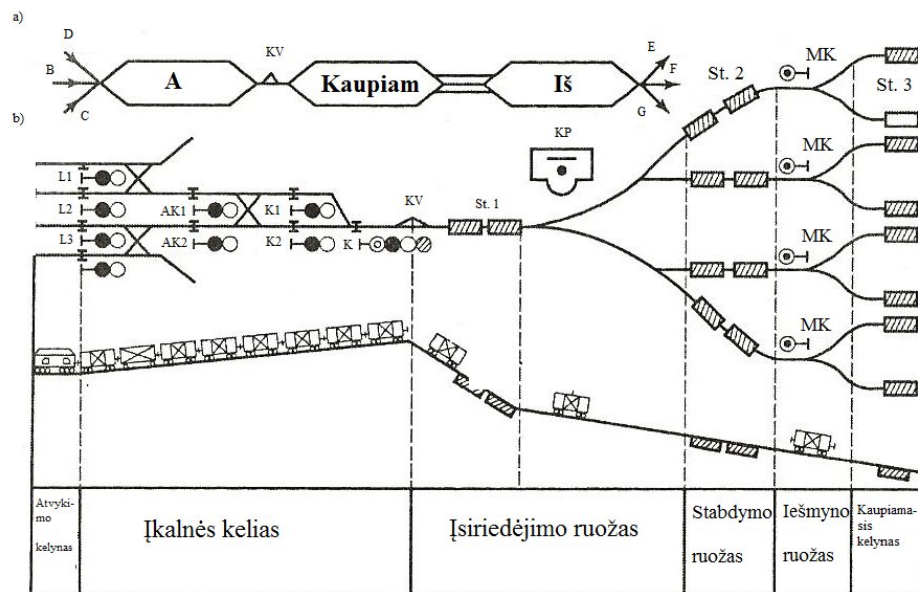
Užslenkamajai skirstomojo kalnelio daliai keliami reikalavimai:

1. Turi būti užtikrintas sąstato pajudėjimas iš vietos esant bet kokiai jo padėčiai.
2. Turi užtikrinti specialių prietaisų vagonų atkabinimui sąlygas, kad sąstatas galėtų judėti bet koku greičiu.

Kiekvienas skirstomasis kalnelis charakterizuojamas šiais parametrais:

1. Skaičiuojamasis kalnelio ilgis – atstumas nuo kalnelio viršūnės iki skaičiuojamojo taško.
2. Kalnelio aukštis – kalnelio viršūnės ir skaičiuojamojo taško aukščio skirtumas.
3. Stabdymo įrenginių pajėgumas – stabdymo įrenginių suminis arba slopinamasis energetinis aukštis.
4. Kalnelio perdirbimo pajėgumas – maksimalus per parą nuleidžiamų nuo kalnelio vagonų skaičius.

Be nurodytų parametru, kad saugiai būtų išformuojami sąstatai, projektuojant skirstomąjį kalnelį įvertinami intervalai tarp vagonų atkabinimo prie įvairių iešmų ir stabdiklių.



2.2.2 pav. Kelių schema (a), skirstymo stoties planas ir išilginis profilis (b). Čia: **A** – atvykimo kelynas; **KV** – skirstymo kalnelio viršus (ketera); **Kaupiam.** – kaupiamasis kelynas; **Iš** – išvykimo kelynas; **KP** – kalnelio postas; **St.1, St.2, St.3** – stabdymo įrenginių pozicijos; **MK** – manevriniai kalnelio šviesoforai; **L** – išleidžiamieji šviesoforai; **K** – kalnelio šviesoforai; **AK** – antriniai kalnelio šviesoforai.

Visi skirstomieji kalneliai sudaryti iš greitėjimo ir stabdymo ruožų bei iešmynų:

- Greitėjimo ruožuose atkabinti vagonai pasiekia didžiausią skirstymo greitį. Nestabdomas vagonas gali įriedėti į kaupimo kelią ir apgadinti kelyje jau stovintį vagoną.
- Kitas ruožas, išdėstytas už greitėjimo ruožo, skirtas vagonams pristabdyti ir vadinamas stabdymo ruožu.
- Automatizuotame kalnelyje pristabdoma vagonų stabdikliais.
- Mechanizuotame kalnelyje vagonai pristabdomi iš dalies stabdikliais, iš dalies ratstabdžiais, be to, mechanizuoti kalneliai turi automatinius ratstabdžių numetiklius. Beveik visose skirstymo stotyse naudojami suslėgtuoju oru valdomi KV-3-62M tipo vagonų stabdikliai, kuriuos valdymo pultu valdo manevruotojas. Jis stabdo pirmoje stabdymo pozicijoje, antroje stabdymo pozicijoje skirstomus vagonus pristabdo ratstabdininkai ratstabdžiais.
- Iešmynuose yra išdėstyti iešmai, vedantys į kaupiamuosius kelius.

2.2.3. Mechanizuotų, automatizuotų skirstomųjų kalnelių įrenginiai

Traukinių sąstatų formavimo ir išformavimo mechanizavimas ir automatizavimas labai svarbus siekiant padidinti stoties darbuotojų darbo našumą, sumažinti kiekvieno vagono apyvartos, skirstymo sąnaudas, taip pat sudaryti saugias darbo sąlygas. Mechanizuojant skirstomuosius kalnelius turi būti numatyti tokie įrenginiai:

- Automatinė kalnelio iešmų ir signalų centralizacija su programiniais sąstatų skirstymo valdymo įrenginiais;
- Vagonų stabdikliai, sniego nuo iešmų nupūtimo arba tirpdymo įrenginiai;
- Ryšio įrenginiai.

Automatizuotų skirstomųjų kalnelių valdymo sistemą sudaro šie pagrindiniai posistemai:

- Automatinė atkabų riedėjimo greičio reguliavimo;
- Automatinio skirstymo greičio nustatymo;
- Kalnelio lokomotyvo nuotolinio valdymo; automatinė kalnelio iešmų ir signalų centralizacija (AKC) [6].

Automatinė atkabų riedėjimo greičio reguliavimo sistema valdo vagonų stabdiklius taip, kad atkabų riedėjimo greitis po stabdymo pozicijos neviršytų nustatytų ribų. Mechanizuotųjų ir automatizuotųjų skirstomųjų kalnelių įrenginiai gali būti papildyti ALS (automatinė lokomotyvų signalizacija) įrenginiais arba kalnelio lokomotyvų nuotolinio valdymo sistemos kompleksu su automatiškai nustatomu skirstymo greičiu.

Automatinė greičio nustatymo sistema skaičiuoja kiekvienos vagonų atkabos greitį. Remiantis gautais rezultatais valdomas kalnelio šviesoforais, nustatyto greičio signalai perduodami į kalnelio lokomotyvo nuotolinio valdymo sistemą. Kalnelio lokomotyvo nuotolinio valdymo įrenginiai automatiškai valdo lokomotyvą, taip užtikrindami skirtingą atskirų atkabų greitį (šiuo metu šią funkciją atlieka mašinistas).

Automatiškai nustatyto maršruto iešmai perjungiami automatizuoto kalnelio iešmų ir signalų centralizacijos įrenginiais.

Automatizuoto kalnelio centralizacijos sistema gali veikti dviem režimais – maršrutiniu ir programiniu.

Maršrutinio režimo atveju vagonų atkabos maršrutai nustatomi kiekvienai atkabai tiesiogiai prieš skirstymą nuo kalnelio; programinio režimo atveju, prieš skirstant traukinio vagonus nuo kalnelio, vagonai kaupiami kaupiamuosiuose keliuose, sudaromi išankstiniai viso traukinio būsimų atkabų maršrutai.

Skirstant vagonus maršrutiniu būdu, operatorius kiekvienai eilinei atkabai maršrutą nustato nuspausdamas atitinkamo maršruto mygtuką. Valdydamas programiniu būdu, operatorius

nuspaudžia kelių maršrutų mygtukus, taip iš anksto nustatydamas maršrutų skaičių, kurie paskui automatiškai vykdomi pervedant atitinkamus iešmus prieš kiekvieną vagonų atkabą, kai ji rieda nuo kalnelio [6].

Programiniu režimu operatorius, skirstydamas vagonus, gali pakeisti valdymo užduotį, t. y. keisti maršrutus, sudaryti naujus ar atkeisti senus.

Nustatyto maršruto iešmai pervedami riedančiomis vagonų atkabomis, kai jos nuosekliai veikia bėgių grandines, pedalus ir kitokią aparatūrą.

Vagonai skirstomuosiuose kalneliuose gali būti skirstomi pagal vagonų krovinių dokumentus (traukinio lapą). Tokiu atveju operatorius sudaro atitinkamą vagonų maršrutų skirstymo programą, kuri sutartiniais žymėjimais vaizduojama stoties švieslentėje arba iš meniu išrenkant maršruto pradžios ir pabaigos taškus ir tai fiksuojant pelytės klavišu [12].

Taigi operatorius gali maršrutų skirstymo programą patikrinti ir atitinkamai pakoreguoti. Vagonai skirstymo proceso metu komandos kiekvienos atkabos iešmų maršrutui perduodamos AKC vykdyti.

Vagonai ir atkabos skirstomuosiuose kalneliuose stabdomi vagonų stabdikliais. Stabdymo įrenginių galingumas turi užtikrinti vagonų skirstymą išformuojant sąstatus nustatytu greičiu. Mechanizuotuose skirstomuosiuose kalneliuose paprastai yra dvi stabdymo pozicijos, įrengtos prieš atitinkamus kalnelio iešmus.

Automatizuojant skirstomuosius kalnelius, įrengiamos trys stabdymo pozicijos. Trečioji stabdymo pozicija įrengiama kiekviename skirstymo kalnelio parko kelyje.



2.2.3 pav. Vagonų stabdikliai

2.2.4. Reikalavimai krovinių paskirstymo parkui

Pagrindiniai reikalavimai krovinių paskirstymo parkui:

1. Trumpiausias skirstomasis kelias.
2. Projektuoti taip, kad vagonus judančius tuo keliu veiktų kaip įmanoma mažesnės pasipriešinimo jėgos.

Projektuojant skirstymo kalnelius reikia užtikrinti tokias 5 sąlygas:

1. Judėjimo saugumas.
2. Reikalingas stoties praleidžiamumas.
3. Projekto kompleksiskumas (gamta, gamtos apsauga).
4. Ekonominis atsipirkimas.
5. Tolesnis stoties tobulėjimas.

Galima išskirti tokius 3 skirstomojo kalnelio projektavimo etapus:

1. Skirstymo kalnelio parametrų analitinis skaičiavimas ir mastelinis jo plano sudarymas.
2. Skirstymo kalnelio aukščio skaičiavimas ir nusileidimo profilio projektavimas bei stabdymo pozicijų galingumo skaičiavimas.
3. Skirstymo kalnelio profilio patikrinimas ir jo perdirbimo apimties nustatymas.

Atsižvelgiant į minėtus reikalavimus, padidėja skirstomojo kalnelio našumas, juo gali pravažiuoti daugiau traukinių sąstatų ir sumažėja išlaidos statybai ir eksploatacijai bei stabdikliams, kai sumažinamas kalnelio aukštis. Projektuojant krovinių paskirstymo parką, svarbu dar iki skirstomojo kalnelio aukščių apskaičiavimo ir stabdiklių numatymo, nustatyti stabdymo vietas. Reikia neužmiršti, kad negalima trumpinti stabdymo kalnelio pakilimo nuotolio nuo viršūnės iki pirmojo iešmo, nes tai gali sukelti vagonų griūtis nuo bėgių arba pirmojo stabdiklio, esančio tarp kalnelio viršūnės ir pirmojo iešmo. Šie atstumai svarbūs išformuojant sąstatus ir jie negali būti trumpesni nei apskaičiuota.

Skirstomojo kalnelio prieigose yra šie konstrukciniai elementai: iešmai, vagonų lėtikliai, matavimo priemonių barai (kai kalnelis automatizuotas).

3. TYRIMO OBJEKTAS IR METODIKA

3.1. Objekto apžvalga

Šio darbo tiriamasis objektas yra geležinkelio stoties skirstomasis kalnelis.

Kalnelio charakteristika:

Centriniame iešmyne įrengtas skirstomasis kalnelis su vienu įkalnės ir vienu nuokalnės keliais.

Vagonų kaupimui ir išvykimui iš viso skirti 12 kelių:

Keliai Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. Kelių talpumas sutartiniais vagonais:

- kelyje Nr. 1 – 66 vagonai (naudingasis kelio ilgis – 982 m);
- kelyje Nr. 2 – 63 vagonai (naudingasis kelio ilgis – 968 m);
- kelyje Nr. 3 – 63 vagonai (naudingasis kelio ilgis – 961 m);
- kelyje Nr. 4 – 60 vagonų (naudingasis kelio ilgis – 946 m);
- kelyje Nr. 5 – 61 vagonas (naudingasis kelio ilgis – 952 m);
- kelyje Nr. 6 – 61 vagonas (naudingasis kelio ilgis – 953 m);
- kelyje Nr. 7 – 59 vagonai (naudingasis kelio ilgis – 934 m);
- kelyje Nr. 8 – 60 vagonų (naudingasis kelio ilgis – 955 m);
- kelyje Nr. 9 – 62 vagonai (naudingasis kelio ilgis – 965 m);
- kelyje Nr. 10 – 60 vagonų (naudingasis kelio ilgis – 978 m);
- kelyje Nr. 11 – 65 vagonai (naudingasis kelio ilgis – 981 m);
- kelyje Nr. 12 – 63 vagonai (naudingasis kelio ilgis – 969 m).

Įkalnio kelias – vienas: Centrinio iešmyno kelias Nr. 25 – skirstymo.

Kaupiamųjų kelių lyginiame iešmyne įrengta stoties budėtojo valdoma maršrutinė-rėlinė iešmų ir signalų centralizacija (MRC).

Pagrindinis kalnelio signalizacijos įrenginių (SI) valdymo ir kontrolės aparatas yra skirstomojo kalnelio švieslentinis pultas, kuriame įrengta kalnelio kelių išplanavimo schema, valdymo mygtukai ir rankenėlės, kontrolės lemputės ir akutės, pulto šviesoforai. Kalnelio iešmyne įrengta elektrinė iešmų ir signalų centralizacija, kurią valdo manevrų tvarkdarys.

Skirstomajame kalnelyje dirba tik vienas manevrinis lokomotyvas. Darbui naudojamas manevrinis lokomotyvas TEM TMH-013. Tai šešių ašių šilumvežis, kurio vienos ašies apkrova lygi 21 tonai ir su elektrine kintamosios-nuolatinės srovės galios pavara. Lokomotyvas skirtas sunkiam manevravimo darbui geležinkeliuose, kurių vėžės plotis 1520 mm. Lokomotyvo maksimalus konstrukcinis greitis 100 km/h. Sumontuotas vidaus degimo variklis CATERPILLAR 3512C išvysto 1550 kW galingumą.

Kalnelyje įrengti automatinės lokomotyvo signalizacijos (ALS) įrenginiai ir manevrų radijo ryšio įrenginiai.

Signalizacijos įrenginiai:

1. Skirstymo kalnelyje įrengta elektrinė iešmų ir signalų centralizacija, kurios įrenginiai individualiai valdomi švieslentinio pulto perjungimo rankenėlėmis (komutatoriais) ir mygtukais.
2. Skirstymo ir manevrų maršrutams parengti yra naudojami simetriniai 1/6 kryžmėženkliai iešmai bei nesimetriniai 1/9 kryžmėženkliai iešmai, kuriuose įrengtos SPG tipo greitaeigės elektros pavaros, perjungiančios iešmus per 0,5–0,6 sekundės.
3. Riedančių atkabų buvimo vietos nustatymui ir iešmų perjungimo po jomis išvengimui yra naudojamos bėgių grandinės. Kai vagonai trumpalaikiai nešuntuoja bėgių grandinių arba rieda per iešmus ilgieji vagonai, kurių atstumas tarp vidinių ratų yra didesnis už iešmo izoliuotąjį ruožą, papildomai įrengti fotoelektriniai įrenginiai.
4. Sąstatų skirstymui, manevrinių sąstatų ir lokomotyvų eismui kalnelio zonoje reguliuoti naudojami kalnelio **K**, jo antriniai **AK**, **AK1** ir manevrų **MK**, **MK1**, **MK2**, **MK3**, **MK4**, **MK5**, **MK6**, **MK7**, **MK70** šviesoforai.
5. Kalnelio šviesoforo **K** ir jo antrinių **AK**, **AK1** signalai taip pat informuoja lokomotyvo mašinistą apie sąstato stūmimo į kalnelį greitį:
 - greitai (7 km/h) – šviečiant žaliai žiburiui;
 - vidutiniškai (5 km/h) – šviečiant geltonam ir žaliai žiburiui kartu;
 - lėtai (3 km/h) – šviečiant geltonam žiburiui.

Valdymo pultas:

Pagrindinis kalnelio signalizacijos įrenginių valdymo ir kontrolės aparatas yra skirstomojo kalnelio švieslentinis pultas, kuriame įrengta kalnelio kelių išplanavimo schema, valdymo mygtukai ir rankenėlės, kontrolės lemputės ir akutės, pulto šviesoforai. Šviesos schemas akučių lemputės signalizuoja apie iešmų ir beiešmų izoliuotųjų ruožų, fotoelektrinių įrenginių tvarkingumą, iešmų padėties kontrolę. Maršrutų parengimą. Šio pulto prietaisais parengiami sąstatų skirstymo ir manevrų maršrutai, individualiai perjungiami iešmai, kontroliuojamas SI veikimas.

Iešmai:

1. Visus į elektrinę kalnelio signalizaciją įjungtus iešmus galima perjungti tik individualiuoju būdu.

- Individualiuoju būdu iešmai perjungiami švieslentinio pulto šviesos schemoje įmontuotais dviejų padėčių komutatoriais, pasukus jų rankenėles atitinkamomis kryptimis. Pliusinė iešmų padėtis pažymėta rodykle, kurioje nurodytas iešmo numeris.
- Iešmus galima perjungti tik tada, kai riedmenimis neužimti jų izoliuotieji ruožai (smailės). Tačiau iešmo persijungimo metu riedmenims įvažiavus į jo izoliuotąjį ruožą, iešmas baigiamas perjungti iki galo.
- Skirstomojo kalnelio pulte yra ampermetras (indikatorius), kuris rodo iešmo perjungimo metu variklio naudojamą srovę, fiksuoja iešmo perjungimo pradžią ir pabaigą, elektros pavaros sankabos veikimą.

Vagonų stabdikliai:

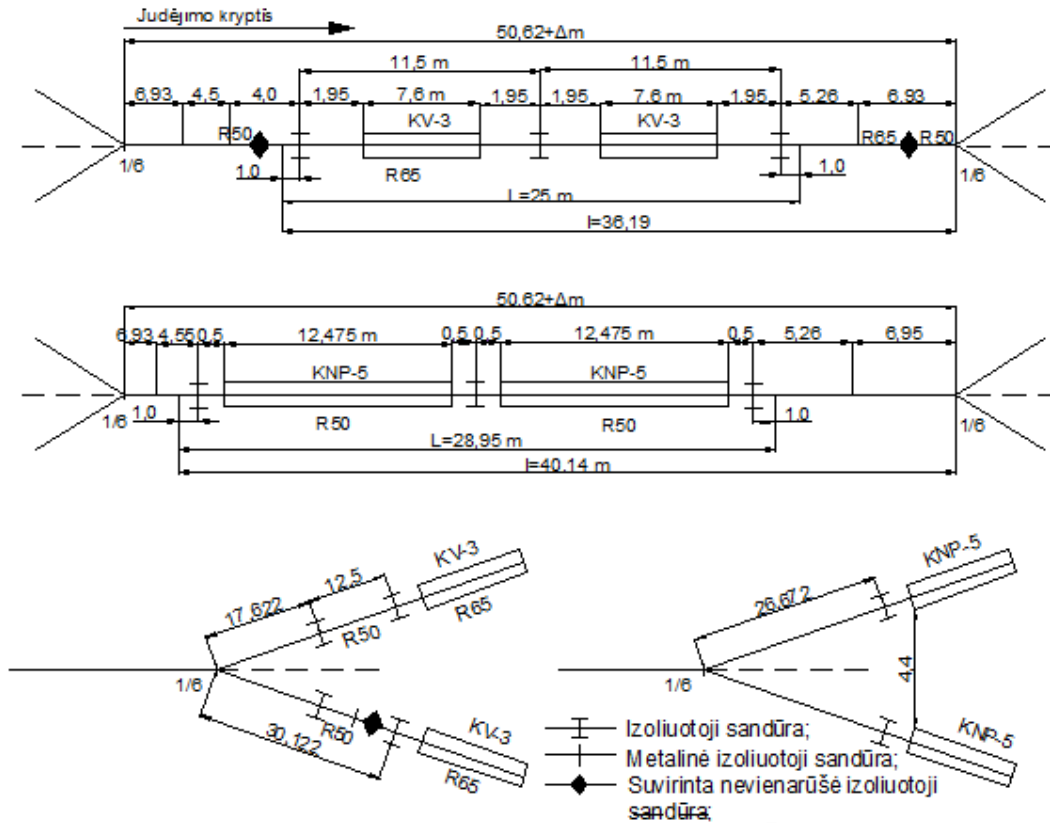
3.1.1 lentelė. Vagonų stabdiklių, naudojamų skirstomajame kalnelyje, techniniai parametrai

Rodikliai	I stabdymo pozicija	II stabdymo pozicija	III stabdymo pozicija
Stabdiklio tipas	KV – 3	KNP – 5	KNP – 5
Stabdiklių kiekis	2	2	1
Svoris (be bėgių ir pabėgių), t	33,0	34,8	34,8
Ilgis, m	7,6	12,475	12,475
Ilgis palei bėgius, m	11,50	13,475	13,475
Konstrukcijos plotis, m	3,8	3,9	3,9
Montavimo gylis nuo bėgių galvutės, m	1,1	0,9	0,9
Laikas, per kurį suspaudžiami stabdikliai, s	1,0	0,8	0,8
Laikas, per kurį atleidžiami stabdikliai, s	0,7	1,2	1,2
Leidžiamas įvažiavimo greitis, m/s	7	7	7
Reikalingas oro kiekis vienai operacijai, m ³	1,7	1,5	1,5
Bėgių tipas	R65	R50	R50

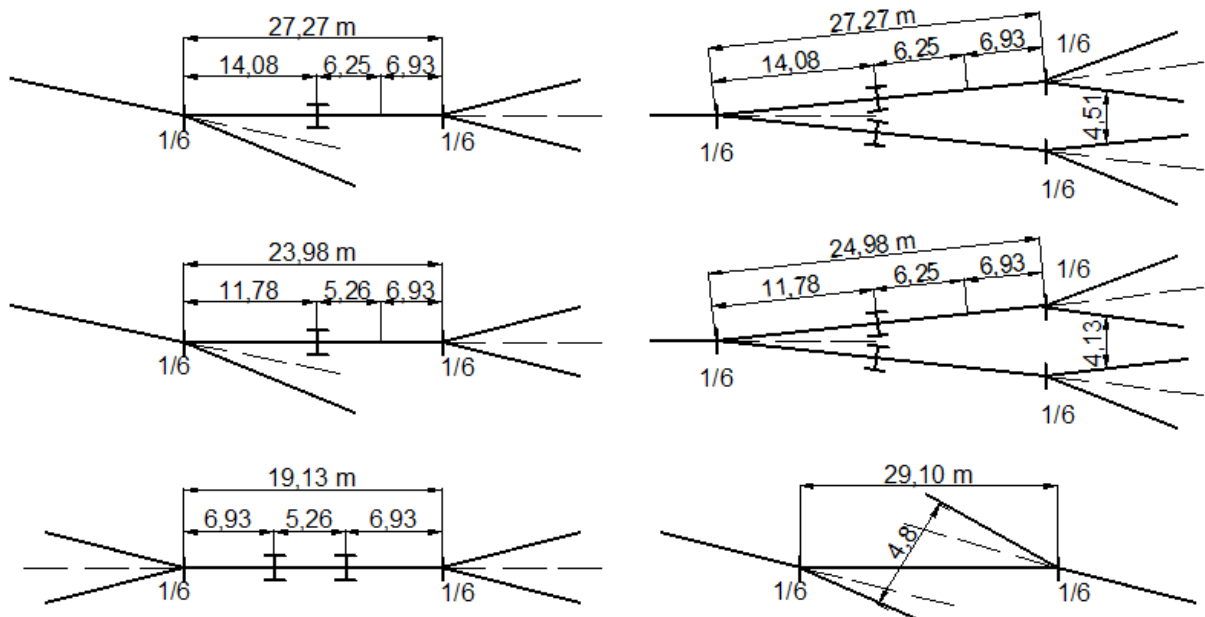
3.1.1 lentelėje pateikti vagonų stabdikliai, kurie yra suprojektuoti skirstomajame kalnelyje (žr. Priedas 1), bei jų techniniai parametrai yra naudojami skaičiavimuose. Skaičiavimai pateikti 2 priede.

3.1.1. Skirstomojo kalnelio plano sudarymas

Skirstomojo kalnelio planas pateiktas 1 priede.



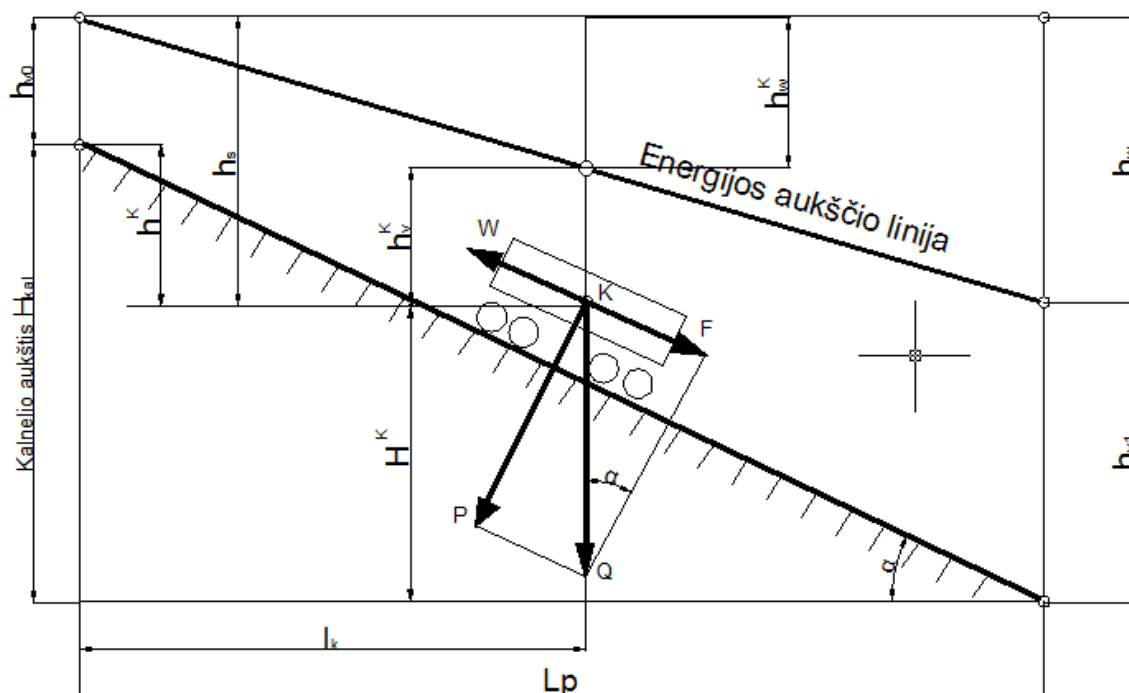
3.1.1.1 pav. Principinė vagonų stabdiklių įrengimo schema (Sudaryta autoriaus)



3.1.1.2 pav. Abipusio ieško įrengimo schema (Sudaryta autoriaus)

3.2. Tyrimo metodika

3.2.1. Jėgos, veikiančios vagonus riedančius nuo skirstomojo kalnelio



3.2.1.1 pav. Jėgos, veikiančios vagonus, riedančius nuo skirstomojo kalnelio (Sudaryta autoriaus)

Kai vagonas rieda žemyn pasvirusia plokštuma, jį veikia tokios jėgos:

- Sunkio jėga Q ;
- Pasipriešinimo jėga W ;
- Traukos jėga F ;
- Sunkio jėga, veikianti į pasvirusią plokštumą P .

Taigi iš 3.2.1.1 pav. matyti, kad:

$$P = Q \cos \alpha \quad (1)$$

$$F = Q \sin \alpha \quad (2)$$

Visos pasipriešinimo jėgos apskaičiuojamos:

$$W = S q g' [L(w_0 + w_{av}) + 0,23v^2 \alpha_p^0 \cdot 10^{-3} + 0,56v^2 n \cdot 10^{-3}], \quad (3)$$

$\sum q$ – atkabų svoris, t;

g' – sunkio jėgos pagreitis, atsižvelgiant į besisukančių vagono dalių inerciją, m/s^2 ;

L – visas iešmo ilgis, m;

W_0 – trinties jėgos koeficientas;

W_{av} – pasipriešinimo jėgos nuo oro temperatūros ir vėjo, koeficientas;

v – judėjimo greitis ruože, m/s;

α_p^0 – posūkio kampas;

n – iešmų skaičius ruože;

Skaičiavimams tiek mažo pajėgumo, tiek didelio pajėgumo skirstomiesiems kalneliams, pasirenkamas vienas dengtas 4 ašių vagonas, kurio masė 22 tonos, skerspjūvio plotas 9,7 m².

Vidutinė pasipriešinimo jėga w_o judančiam vagonui, priklauso nuo vagono svorio kategorijos. Pagal 3.2.1.1 lentelę lengvųjų vagonų (L) iki 28 tonų pasipriešinimo jėgos koeficientas $w_o=1,75$.

3.2.1.1 lentelė. Pasipriešinimo jėgų dydžiai priklausomai nuo vagono svorio kategorijos [18]

Vagono svorio kategorija	Svoris, t	Vidutinis pasipriešinimo jėgos koeficientas w_o	Vidutinis kvadratinis pasipriešinimo jėgos koeficientas σ_{w_o}
Lengvieji (L)	Iki 28	1,75	0,67
Vidutiniai lengvieji (VL)	28 – 44	1,54	0,59
Vidutiniai (V)	44 – 60	1,40	0,50
Vidutiniai sunkieji (VS)	60 – 72	1,25	0,38
Sunkieji (S)	daugiau kaip 72	1,23	0,35

Apskaičiuojama lauko temperatūra nepalankiomis žiemos sąlygomis:

$$t^0 = \bar{t}^0 + 0,3\tau(t_{\min}^0 - \bar{t}^0), \quad (4)$$

$\bar{t}^0$ - vidutinė žiemos oro temperatūra (Lietuvoje vidutinė žiemos oro temperatūra -5 °C);

τ – standartinis nuokrypis priimamas: didelio pajėgumo ir vidutinio pajėgumo kalneliui – 2,5; mažo pajėgumo – 2,0.

$t_{\min}^0$ - minimali žiemos oro temperatūra (priimama -25 °C);

Riedančio vagono greitis v_a , kai kampas $\alpha < 30^\circ$, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$v_a = v \pm v_v; \alpha = \beta / 2 \quad (5)$$

v – vidutinis vagono greitis mažo pajėgumo skirstomajame kalnelyje;

Vidutinis vagono greitis didelio pajėgumo skirstomajame kalnelyje;

v_v – vėjo greitis (3,5 m/s);

β – kampas tarp vėjo krypties ir ruožo ašies, pagal kurią rieda vagonas ($\beta=10^\circ$).

3.2.1.2 lentelė. Vidutiniai atkabų greičiai skirstomojo kalnelio ruožuose [18]

Skirstomojo kalnelio ruožai	Didelio pajėgumo skirstomasis kalnelis	Vidutino pajėgumo skirstomasis kalnelis	Mažo pajėgumo skirstomasis kalnelis
Nuo KV iki I SP	4,2	4,0	3,5
Nuo I SP iki II SP	5,5	5,0	4,0
Nuo II SP iki III SP	5,0	4,0	3,0
Nuo III SP iki AT	2,0	2,0	1,4

KV – skirstomojo kalnelio viršūnė;

SP – stabdymo pozicija;

AT – atskaitos taškas.

Pasipriešinimo jėgos koeficientas dėl oro temperatūros ir vėjo apskaičiuojamas:

$$w_{av} = \frac{17,8 \cdot C_x \cdot S}{[273 + t^0] \cdot q} \cdot v_a^2, \quad (6)$$

C_x – oro pasipriešinimo koeficientas, skaičiuojamas vienam vagonui ($C_x=1,64$) pagal 3.2.1.3 lentelę;

S – riedančio vagono skerspjūvio plotas ($S=9,7 \text{ m}^2$);

q – vagono svoris ($q=22 \text{ t}$);

t^0 - oro temperatūra, °C;

3.2.1.3 lentelė. Oro pasipriešinimo koeficiento C_x reikšmės vienam vagonui [18]

Vagono rūšis	Ašių skaičius	Skerspjūvio plotas $S, \text{ m}^2$	Kampas tarp santykinio greičio vektoriaus ir atkabos judėjimo krypties, laipsniais						
			0^0	10^0	20^0	30^0	50^0	70^0	90^0
			Koeficiento C_x reikšmės						
Pusvagonis	4	8,5	1,36	1,68	1,83	1,76	1,11	0,43	0,1
Dengtas	4	9,7	1,12	1,46	1,64	1,58	0,92	0,29	0,1
Pusvagonis	8	10,7	1,56	1,95	2,09	2,03	1,15	0,4	0,15

Skaičiuojamųjų ruožų ilgiai (žr. Priedas 1):

$$l_1 = 17,5 + 12,5 + 6,25 + 6,93 + 36,06 + 6,93 + 3 = 89,17 \text{ m};$$

$$l_2 = 25 + \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 200 \cdot 9,78^0}{360^0} + 8,3 + 11,78 + \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 200 \cdot 1,83^0}{360^0} + 3 = 88,58 \text{ m};$$

$$l_3 = 28,97 + 4,26 + 6,93 + 11,78 + \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 200 \cdot 1,63^0}{360^0} + 11,78 + 8,5 + \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 200 \cdot 1,5^0}{360^0} + 6,93 + 22,5 + \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 140 \cdot 24,21^0}{360^0} = 171,7m;$$

$$l_4 = 15,48 + 50 = 65,48 \text{ m};$$

$$L_k = 89,17 + 88,58 + 171,7 + 65,48 = 414,93 \text{ m}.$$

Pasipriešinimo jėgos dėl iešmų, kreivių, sniego ir šalčio:

Tiek didelio, tiek mažo galingumo skirstomajam kalnелиui skaičiavimai atliekami „sudėtingam“ keliui. Visų kitų kelių duomenys bei rezultatai pateikti 3 priede (3.1 lentelė ir 3.2 lentelė). Skaičiavimai atliekami „sudėtingam“ keliui, kuris yra nr. 1.

Pasipriešinimo jėgos (w_{ies}) dėl iešmų koeficientas:

$$w_{ies} = 0,56v^2 \cdot 10^{-3}, \quad (7)$$

v – vidutinis atkabos judėjimo greitis ruože, m/s.

Vidutinis atkabos judėjimo greitis ruože apskaičiuojamas:

$$v = \frac{L_k}{T} = \frac{L_k}{\frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2} + \frac{l_3}{v_3} + \frac{l_4}{v_4}}, \quad (8)$$

l_i – i-tojo kelio ruožo ilgis, m;

L_k – visas skaičiuojamasis kelio ilgis, m.

Pasipriešinimo jėgos (w_{ies}) dėl iešmų koeficientas, priklausomai nuo iešmų skaičiaus maršrute:

$$w_{ies} = 0,56v^2 \cdot n_{ies} \cdot 10^{-3}, \quad (9)$$

n_{ies} – iešmų skaičius maršrute.

Pasipriešinimo jėgos (w_{kr}) dėl kreivių koeficientas apskaičiuojamas:

$$w_{kr} = 0,23v^2 \cdot \alpha_{kr} \cdot 10^{-3}, \quad (10)$$

α_{kr} - posūkio kampas kreivėse ir (arba) iešmuose. Iešmuose $\alpha_{kr} = 4,7312^0$

Pasipriešinimo jėgos koeficientas (w_s) dėl sniego ir šalčio priimama 1,0.

Visų pasipriešinimo jėgų suma:

Tiek mažo, tiek didelio galingumo skirstomajam kalneliui duomenys pateikti 4 priede (4.1 lentelė ir 4.2 lentelė). Skaičiavimai atliekami tik „sudėtingam“ keliui nr. 1.

Pagrindinis pasipriešinimo jėgos darbas:

$$h_{w0} = L_k \cdot w_0 \cdot 10^{-3}, \quad (11)$$

W_0 – pasipriešinimo jėgos koeficientas ($w_0=1,75$) pagal 3.2.1.1 lentelę.

Pasipriešinimo jėgos darbas nuo oro temperatūros ir vėjo:

$$h_{wav} = L_k \cdot w_{av} \cdot 10^{-3}, \quad (12)$$

w_{av} – pasipriešinimo jėgos koeficientas dėl oro temperatūros ir vėjo.

Pasipriešinimo jėgos darbas dėl sniego ir šalčio:

$$h_{ws} = L_k \cdot w_s \cdot 10^{-3}, \quad (13)$$

w_s – pasipriešinimo jėgos koeficientas dėl sniego ir šalčio.

Pasipriešinimo jėgos darbas dėl iešmų, priklausomai nuo iešmų skaičiaus maršrute:

$$h_{wies} = w_{ies} = 0,56 \cdot v^2 \cdot n_{ies} \cdot 10^{-3}, \quad (14)$$

Pasipriešinimo jėgos darbas dėl kreivių:

$$h_{wkr} = w_{kr} = 0,23 \cdot v^2 \cdot \alpha_{kr} \cdot 10^{-3}, \quad (15)$$

Visų pasipriešinimo jėgų darbo suma:

$$W = h_{w0} + h_{wav} + h_{ws} + h_{wies} + h_{wkr}. \quad (16)$$

3.2.2. Skirstomojo kalnelio aukštis

Skirstomojo kalnelio aukštis apskaičiuojamas pagal „sudėtingąjį“ kaupimo kelią. Kaip „sudėtingas“ kaupimo kelias įvertinamas tas kelias, kuriame visos pasipriešinimo jėgos, veikiančios riedančias atkabas, yra didžiausios.

$$H_{kal} = n_{\beta} \left[L_k \cdot w_0 + \sum_{i=1}^k (l_i w_{avi} + w_{iesi} \cdot n_{iesi} + w_{kri} \cdot \alpha_{kri}) \right] \cdot 10^{-3} + L_k \cdot w_s \cdot 10^{-3} - \frac{v_0^2}{2g}, \quad (17)$$

n_{β} - koeficientas, įvertinantis visus energijos nuostolius (1,5 – mažo galingumo kalnelis; 1,75 – didelio galingumo kalnelis);

L_k – „sudėtingo“ kelio ilgis, m;

k – skaičiuojamųjų ruožų skaičius ($k=4$) žr. Priedas 1;
 l_i – i-tojo ruožo ilgis, m;
 $n_{ieši}$ – iešmų skaičius „sudėtingo“ kelio i-jame ruože;
 α_{kri} - visų posūkio kampų ir kreivių suma “sudėtingo“ kelio i-jame ruože;
 v_o – atkabos nuleidimo greitis ($v_o=1,2$ m/s - mažo galingumo skirstomajam kalneliui; $v_o=1,7$ m/s - didelio galingumo skirstomajam kalneliui) pagal 3.2.2.1 lentelę;

3.2.2.1 lentelė. Atkabų greičiai leidžiantis nuo skirstomojo kalnelio [18]

Skirstomojo kalnelio rūšis			Skačiuojamųjų riedmenų derinys	Nusileidimo greitis, v_o , m/s
Padidėjusio galingumo skirstomasis kalnelis			LB-LG-LB	1,7
Didelio galingumo skirstomasis kalnelis			LB-LG-LB	1,7
Vidutinio galingumo skirstomasis kalnelis			LB-G-LB	1,4
Mažo galingumo skirstomasis kalnelis	Su stabdymo pozicijomis nusileidimo ruože	mechanizuotas	LB-G-LB	1,2
		nemechanizuotas	LB-G-LB	1,0
	Be stabdymo pozicijų nusileidimo ruože		LB-G-LB	0,8

LB – labai blogas riedmuo;

LG – labai geras riedmuo;

G – geras riedmuo.

Koeficientas, įvertinantis besisukančių vagono dalių inerciją:

$$\gamma = \frac{0,42 \cdot n}{q}, \quad (18)$$

n – ašių skaičius;

q – vagono svoris, t.

Sunkio jėgos pagreitis, atsižvelgiant į besisukančių vagono dalių inerciją, apskaičiuojamas:

$$g' = \frac{g}{1 + \gamma}, \quad (19)$$

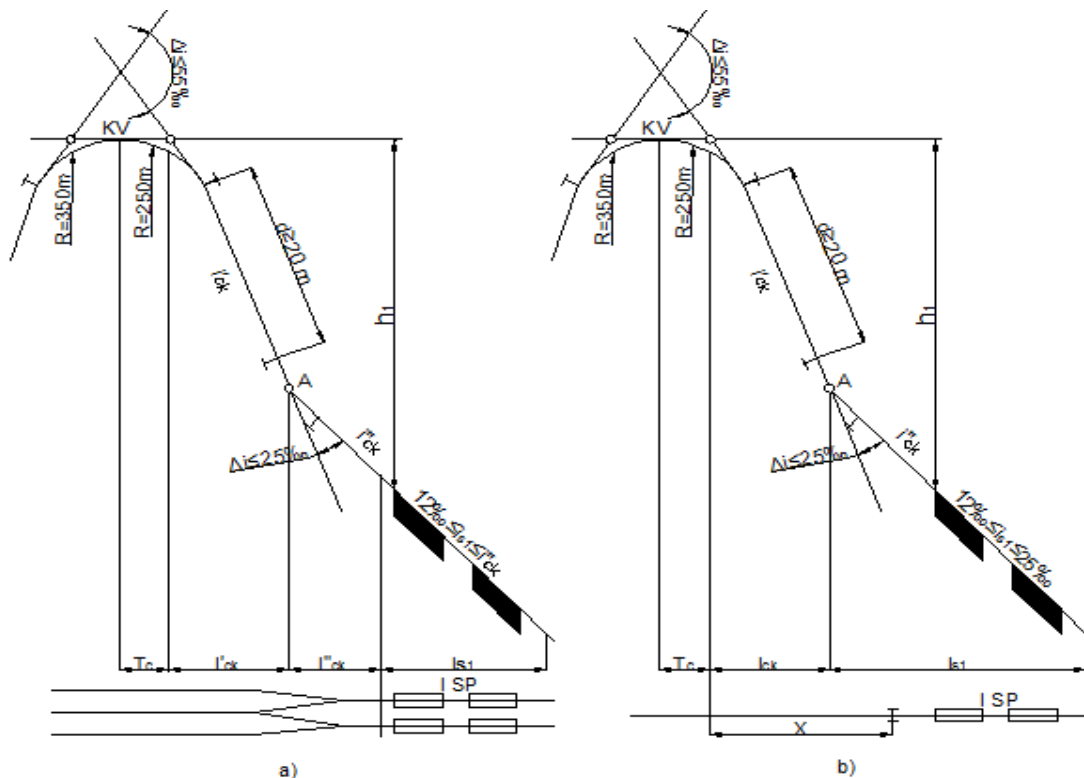
g – laisvojo kritimo pagreitis ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

3.2.3. Nuokalnės ruožo išilginis profilis

3.2.3.1 lentelė. Leidžiami nuokalnės ruožo išilginiai profiliai [17]

Skačiuojamasis ruožas	Žymėjimas	Leidžiamas dydis	Papildomos sąlygos
Pirmasis įsiriedėjimo	i_{ck1}	Iki 50 ‰	$i_{ck1} - i_{ck2} \leq 25 \text{ ‰}$
Antrasis įsiriedėjimo	i_{ck2}	Nuo i_{s1} iki i_{ck1}	-
I SP nuolydis	i_{s1}	Nuo 12 ‰ iki i_{ck2}	-
Tarpinis	i_{tarp}	Nuo i_{s2} iki i_{s1}	-
II SP nuolydis	i_{s2}	Ne mažiau kaip 7 ‰	Kur vyrauja dideli šalčiai ne mažiau kaip 10 ‰
Nuolydis nuo iešmyno iki III SP	i_c	1 – 2 ‰	Leidžiama iki 2,5 ‰
III SP nuolydis	i_{s3}	Kreivėse iki 2 ‰ Tiesėse iki 1,5 ‰	-
Kaupiamųjų kelių nuolydis nuo III SP iki skačiuojamojo taško	i_{kk}	0,6 ‰	-

Visi išilginiai profiliai ir skačiuojamųjų ruožų aukščiai tiek didelio, tiek mažo galingumo skirstomiesiems kalneliams, suvesti į 5.1 ir 5.2 lenteles 5 priede.



3.2.3.1 pav. Schema skirstomojo kalnelio aukščiui ir viršūnės išilginiam profiliui apskaičiuoti (Sudaryta autoriaus)

- a) kai pirmoji stabdymo pozicija už pirmojo iešmo;
 b) kai pirmoji stabdymo pozicija prieš pirmąjį iešmą.

Maksimalus pirmojo skaičiuojamojo ruožo nuolydis:

$$i_{ck}^{\max} = \frac{(v_{\max}^2 - v_0^2)}{2 \cdot g_{LG} \cdot L_1} + W_0^{LG} + \frac{0,56 \cdot v^2 \cdot n_{ieš} + 0,23 \cdot v^2 \cdot \alpha_{ki}^0}{L_1}, \quad (22)$$

$v_{\max}$ - maksimalus leidžiamas greitis prieš vagonų stabdiklius (pagal 3.2.4.1 lentelę) m/s;

v_0 - atkabinos nusileidimo greitis m/s;

W_0^{LG} - “labai gero” riedmens pasipriešinimo jėgos koeficientas;

α_{ki}^0 - posūkio kampas kreivėse ir (arba) iešmuose;

L_1 – pirmojo ruožo ilgis, m.

Pirmojo ruožo aukštis:

$$h_{ck} = L_1 \cdot i_{ck}^{\max} \cdot 10^{-3} \quad (23)$$

Pirmojo įsiriedėjimo ruožo nuolydis:

$$i_{ck1} = \frac{h_{ck} - (h_{c1} + h_{c2}) + \Delta i \cdot l_{ck2} \cdot 10^{-3}}{(l_{ck1} + l_{ck2}) \cdot 10^{-3}}, \quad (24)$$

h_{c1}, h_{c2} - atkarpų, jungiančių kalnelio viršūnę su pirmuoju įsiriedėjimo ruožu, ilgiai, m;

l_{ck1} - pirmojo įsiriedėjimo ruožo ilgis, m;

l_{ck2} - antrojo įsiriedėjimo ruožo ilgis, m;

Δi - nuolydžių skirtumas ($\Delta i \leq 25 \text{ ‰}$).

Antrojo įsiriedėjimo ruožo nuolydis:

$$i_{ck2} = \frac{h_{ck} - (h_{c1} + h_{c2} + h_{ck1}^{\max})}{l_{ck2} \cdot 10^{-3}}, \quad (25)$$

$h_{ck1}^{\max}$ - didžiausias leistinas pirmojo įsiriedėjimo ruožo aukštis, m;

Tarpinio ruožo, tarp I SP ir II SP, nuolydis:

$$i_{tarp} = \frac{H_{kal} - (h_{c1} + h_{c2} + h_{ck1} + h_{ck2} + h_{s1} + h_{s2} + h_c + h_{kk1} + h_{s3} + h_{kk2})}{l_{tarp} \cdot 10^{-3}}, \quad (26)$$

h_{ck1} - pirmojo įsiriedėjimo ruožo aukštis, m;

h_{ck2} - antrojo įsiriadėjimo ruožo aukštis, m;

h_{s1} - pirmosios stabdymo pozicijos aukštis, m;

h_{s2} - antrosios stabdymo pozicijos aukštis, m;

h_c - iešmyno ruožo aukštis, m;

h_{kk1} - kaupimo kelių pirmojo ruožo aukštis, m;

h_{s3} - trečiosios stabdymo pozicijos aukštis, m;

h_{kk2} - kaupimo kelių antrojo ruožo aukštis, m;

l_{tarp} - tarpinio ruožo ilgis, m;

3.2.4. Stabdymo pozicijų galingumo nustatymas

3.2.4.1 lentelė. Pagrindinės vagonų stabdiklių techninės charakteristikos

Rodikliai	Vagonų stabdiklio tipas																
	Kalnelio													Kaupiamojo kelyno			
	KV-3	KNP-5	T-50	VZPG		VZP		KZ		NK114				RNZ-	RNZ-	PNZ-	PG3
				5	3	5	3	5	3	5	4	3	3	3	2M	1	
Svoris (be bėgių ir pabėgių), t	33,0	34,8	20,6	23,0	13,0	22,0	17,0	28,0	17,0	26,3	21,9	16,7	18,7	6,5	7,3	4,4	3,5
Ilgis , m	7,6	12,475	12,48	12,475	7,9	12,475	7,9	12,475	7,9	12,475	10,20	7,925	7,925	3,6	3,6	3,6	2,7
Ilgis palei bėgius, m	11,50	13,475	13,475	13,475	11,50	13,475	11,50	13,475	11,50	13,475	11,20	11,50	11,50	6,25	6,25	6,25	6,25
Konstrukcijos plotis, m	3,8	3,9	3,54	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	4,84	4,84	4,84	4,84
Montavimo gylis nuo bėgių galvutės, m	1,1	0,9	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	0,5	0,5	0,36
Skaičiuojamasis energinis aukštis	1,0	1,2	0,65	1,3	1,0	1,35	1,0	1,5	1,1	2,2	1,9	1,6	1,6	0,35	0,45	0,3	0,22
Laikas, per kurį suspaudžiami stabdikliai , s	1,0	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,2
Laikas, per kurį atleidžiami stabdikliai , s	0,7	1,2	1,0	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,2
Leidžiamas įvažiavimo greitis, m/s	7	7	6	8	8	8,5	8,5	8,5	8,5	9	9	9	9	6	6	6	6
Reikalingas oro kiekis vienai operacijai, m³	1,7	1,5	1,0	0,4	0,6	0,7	0,9	1,3	1,0	1,1	0,95	0,8	0,8	0,25	0,2	0,4	-
Bėgių tipas	R65	R50	R43	R50	R50	R65	R65	R65	R65	R65	R65	R65	R65	R50	R65	R65	R65

Stabdymo pozicijos galingumas turi būti toks, kad pristabdytų „labai gerą“ riedmenį iki tokio greičio, jog jis neviršytų leistino sekančiai stabdymo pozicijai. Skaičiavimai atliekami „sudėtingam“ keliui.

Energinis aukštis:

$$h_{0(\max)} = \frac{v_{0(\max)}^2}{2g_{LG}}, \quad (27)$$

$v_{0(\max)}$ - nuleidimo greitis, m/s;

Reikalingas bendras stabdymo pozicijų galingumas (be stabdymo pozicijų kaupimo keliuose):

$$H_{SG} = k_u (H_{kal} + h_{0(\max)} - h_w^{LG} - H_{pr}), \quad (28)$$

H_{kal} – skirstomojo kalnelio aukštis, m;

k_u – 1,20-1,25, kai yra dvi stabdymo pozicijos; 1,50-2,0, kai viena stabdymo pozicija;

$h_{0(\max)}$ - energinis aukštis, m energ. a.;

h_w^{LG} - energijos aukščio praradimas, riedant palankiomis sąlygomis ruože, nuo kalnelio viršūnės iki stabdymo pozicijos pabaigos, m;

H_{pr} - profilio aukštis ties stabdymo pozicijos pabaiga, m.

Energijos aukščio praradimas, riedant palankiomis sąlygomis ruože, nuo kalnelio viršūnės iki II stabdymo pozicijos pabaigos:

$$h_w^{LG} = [l \cdot w_0^{LG} + \sum_{i=1}^n (0,56 \cdot v_i^2 \cdot n_i + 0,23 \cdot v_i^2 \Sigma \alpha_{kri})] \cdot 10^{-3}, \quad (29)$$

l – atstumas nuo kalnelio viršūnės iki II stabdymo pozicijos pabaigos, m;

w_0^{LG} - pasipriešinimo jėga, veikianti “labai gerą” riedmenį (0,5);

n_i – iešmų skaičius i-tame ruože;

$\Sigma \alpha_{kri}$ - posūkio kampų suma ruožuose.

Minimali vieno vagono stabdiklio jėga I stabdymo pozicijoje:

$$h_{S(\min)}' = H_{kal} + h_{0(\max)} - h_{wkv-tarp}^{LG} - h_S^{\max} - H_{pr}, \quad (30)$$

$h_S^{\max}$ - energinis aukštis ties vagono stabdikliu, m energ. a.;

$h_{wkv-tarp}^{LG}$ – energijos aukščio praradimas, riedant palankiomis sąlygomis ruože, nuo kalnelio viršūnės iki II stabdymo pozicijos pradžios, m energ. a.

Bendras I stabdymo pozicijos galingumas:

$$h'_S = 2h'_{S(\min)}, \quad (31)$$

Energinis aukštis ties vagono stabdikliu:

$$h_S^{\max} = \frac{v_{\max}^2}{2g'_{LG}}, \quad (32)$$

$v_{\max}^2$ – maksimalus leidžiamas greitis prie stabdiklio, m/s.

Bendra minimali II stabdymo pozicijos galia:

$$h''_{S(\min)} = h_S^{\max} + l_{s2}(i_{s2} - w_0^{LG}), \quad (33)$$

l_{s2} – II stabdymo pozicijos ilgis, m;

i_{s2} – antrosios stabdymo pozicijos nuolydis.

Greitis, kuriuo “labai geras” riedmuo pasiekia II stabdymo poziciją ir kurį stabdikliai gali visiškai sustabdyti:

$$v_{leist} = \sqrt{2g'_{LG}[h''_{SL} - l_{s2}(i_{s2} - w_0^{LG}) \cdot 10^{-3}]}, \quad (34)$$

h''_{SL} – II stabdymo pozicijos disponuojama galia, m energ. a.

Išvažiavimo greitis iš I stabdymo pozicijos:

$$v_{i51} = \sqrt{v_{leist}^2 - 2g'_{LG} \cdot l_{tarp} \cdot (i_{tarp} - w_0^{LG} - w_{tarp}) \cdot 10^{-3}}, \quad (35)$$

l_{tarp} – tarpinio ruožo tarp I SP ir II SP ilgis, m;

i_{tarp} – tarpinio ruožo tarp I SP ir II SP nuolydis;

w_{tarp} – pasipriešinimo jėgos koeficientas dėl kreivių ir iešmų tarpiniame ruože tarp I SP ir II SP.

Pasipriešinimo jėga dėl kreivių ir iešmų tarpiniame ruože tarp I SP ir II SP:

$$w_{tarp} = \frac{0,56 \cdot v^2 \cdot n_{ies} + 0,23 \cdot v^2 \cdot \alpha_{kr}^0}{l_{tarp}}, \quad (36)$$

Riedmens įvažiavimo greitis į I stabdymo poziciją:

$$v_{iv1} = \sqrt{v_{i51}^2 + 2g'_{LG}[h'_{SL} - l_{s1}(i_{s1} - w_0^{LG}) \cdot 10^{-3}]}, \quad (37)$$

h'_{SL} – I stabdymo pozicijos disponuojama galia, m energ. a.;

l_{s1} – I stabdymo pozicijos ilgis, m;

i_{s1} – I stabdymo pozicijos nuolydis.

Jeigu $v_{iv1} = v_{max}$, t.y. maksimaliam leistinam greičiui pagal stabdiklio tipą, tai „labai gero“ riedmens nuleidimo greitis lygus įvertintam skaičiavimuose. Jeigu $v_{iv1} > v_{max}$, tai reikia įvertinti, kad $v_{iv1} = v_{max}$ ir reikalaujami dydžiai I stabdymo pozicijoje bus:

$$h'_{ss} = \frac{v_{max}^2 - v_{is1}^2}{2g'_{LG}} + l_1(i_{s1} - w_0^{LG}) \cdot 10^{-3}, \quad (38)$$

Reikalinga minimali III stabdymo pozicijos galia:

$$h'''_{S(min)} = \frac{(v_{ivs3}^{LG})^2 - (v_{iss3}^{LG})^2}{2g'_{LG}} + l_{s3}(i_{s3} - w_0^{LG}) \cdot 10^{-3}, \quad (39)$$

v_{ivs3}^{LG} – ”labai gero” riedmens įvažiavimo į III SP greitis, m/s;

v_{iss3}^{LG} – ”labai gero” riedmens išvažiavimo iš III SP greitis, m/s;

l_{s3} – III stabdymo pozicijos ilgis, m;

i_{s3} – III stabdymo pozicijos nuolydis;

”Labai gero” riedmens išvažiavimo iš III SP greitis:

$$v_{iss3}^{LG} = \sqrt{v_s^2 - 2g'_{LG} \cdot l_{kk2} \cdot (i_{kk2} - w_0^{LG}) \cdot 10^{-3}}, \quad (40)$$

v_s – leistinas vagonų susidūrimo greitis 1,4 m/s;

l_{kk2} – atstumas nuo III stabdymo pozicijos iki atskaitos taško, m;

i_{kk2} – ruožo, nuo III stabdymo pozicijos iki atskaitos taško, nuolydis.

3.2.5. Skirstomojo kalnelio pajėgumo nustatymas

Skirstomojo kalnelio pajėgumas skaičiuojamas pagal formulę:

$$B = \frac{\alpha \cdot 1440 - \sum T}{T_{isf}} \cdot m, \text{ (vag/parą)} \quad (41)$$

Čia:

α – koeficientas įvertinantis galimas darbo pertraukas (0,97);

$\sum T$ – laikas, kurio metu vykdomas nuolatinis darbas (traukinių formavimas, sąstatų išleidimas, kalnelio įrenginių priežiūra);

T_{isf} – vieno sąstato išformavimo trukmė;

m – vidutinis sąstato vagonų skaičius (50).

3.2.5.1 lentelė. Laiko normos sąstatui užstumti ant kalnelio (min), atsižvelgiant į stūmimo pusreio ilgį (m) [3]

$l_{už}$	$t_{už}$	$l_{už}$	$t_{už}$	$l_{už}$	$t_{už}$
50 – 60	1,417	201 – 210	2,437	351 – 360	3,457
61 – 70	1,485	211 – 220	2,506	361 – 370	3,525
71 – 80	1,553	221 – 230	2,573	371 – 380	3,593
81 – 90	1,621	231 – 240	2,641	381 – 390	3,661
91 – 100	1,689	241 – 250	2,709	391 – 400	3,729
101 – 110	1,757	251 – 260	2,777	401 – 410	3,797
111 – 120	1,825	261 – 270	2,845	411 – 420	3,865
121 – 130	1,893	271 – 280	2,913	421 – 430	3,933
131 – 140	1,961	281 – 290	2,981	431 – 440	4,001
141 – 150	2,029	291 – 300	3,049	441 – 450	4,069
151 – 160	2,097	301 – 310	3,117	451 – 460	4,137
161 – 170	2,165	311 – 320	3,185	461 – 470	4,205
171 – 180	2,233	321 – 330	3,253	471 – 480	4,273
181 – 190	2,301	331 – 340	3,321	481 – 490	4,341
191 – 200	2,369	341 – 350	3,389	491 – 500	4,409

3.2.5.2 lentelė. Sąstato išformavimo per kalnelį greitis, atsižvelgiant į vagonų skaičių atkaboje, km/h [3]

$\frac{m}{g_a}$	Leistinasis skirstymo greitis per kalnelį		$\frac{m}{g_a}$	Leistinasis skirstymo greitis per kalnelį	
	mechanizuotąjį	nemechanizuotąjį		mechanizuotąjį	nemechanizuotąjį
nuo 5			1,90	5,66	3,93
			1,85	5,60	3,88
			1,80	5,55	3,84
5,00	7,08	5,58	1,75	5,50	3,81
4,60	6,95	5,40	1,70	5,45	3,78
4,20	6,85	5,24	1,65	5,40	3,75
3,90	6,75	5,08	1,60	5,35	3,72
3,60	6,65	4,95	1,55	5,30	3,69
3,40	6,55	4,84	1,50	5,25	3,66
3,20	6,45	4,73	1,45	5,21	3,63
3,00	6,36	4,63	1,40	5,17	3,60
2,80	6,27	4,53	1,35	5,13	3,57
2,60	6,18	4,44	1,30	5,10	3,54
2,50	6,09	4,35	1,25	5,07	3,52
2,40	6,01	4,26	1,20	5,05	3,50
2,30	5,93	4,18	1,15	5,04	3,48
2,20	5,86	4,11	1,10	5,03	3,46
2,10	5,79	4,04	1,05	5,02	3,45
2,00	5,72	3,98	1,00	5,01	3,44

Sąstatų išformavimo trukmė.

Sąstatų išformavimo trukmė apskaičiuojama pagal formulę:

$$T_{i\dot{s}f.} = t_v + t_{u\dot{z}.} + t_{for} + t_{sus}, \quad (42)$$

Čia:

t_v – lokomotyvo važiavimo prie sąstato trukmė, min;

$t_{u\dot{z}.}$ – sąstato užstūmimo iš atvykimo kelyno į kalnelį trukmė, min;

t_{for} – sąstato išformavimo per kalnelį trukmė, min;

t_{sus} – kaupiamąjo kelyno keliuose esančių vagonų iš kalnelio pusės sustūmimo trukmė, min.

Vidutinis vagonų skaičius atkaboje:

$$\frac{m}{g_a}, \quad (43)$$

g_a – vidutinis atkabų skaičius. Išanalizavus Vilniaus geležinkelio stoties ir Vaidotų geležinkelio stoties atvykstančių traukinių lapus nustatyta, kad mažo galingumo skirstomajam kalneliui (Vilniaus stotis) g_a priimamas 5, o didelio galingumo skirstomajam kalneliui (Vaidotų stotis) – 11.

Laikas manevriniui šilumvežiui nuvažiuoti į atvykimo kelyną prie sąstato nustatomas atsižvelgiant į pusreigio ilgį pagal formulę:

$$t_v = 0,06 \cdot (l'_v + l''_v) / v_{vid}, \text{ min} \quad (44)$$

Čia: l'_v, l''_v – pusreisių ilgiai, atitinkamai nuo kalnelio viršūnės už atvykimo kelyno iešmyno ir atgal prie sąstato galo, m;

v_{vid} – vidutinis manevrinio lokomotyvo važiavimo greitis, km/h.

Laikas, reikalingas sąstatui užstumti iš atvykimo kelyno į kalnelį, nustatomas pagal 3.2.5.1 lentelę arba apskaičiuojamas pagal formulę:

$$t_{u\dot{z}.} = 0,06 \cdot l_{u\dot{z}.} / v_{u\dot{z}.}, \text{ min} \quad (45)$$

Čia: $l_{u\dot{z}.}$ – ilgis nuo kalnelio viršūnės iki vidutinio atvykimo kelyno kelių riboženklių arba iki skirstymo kelio iešmo, m;

$v_{u\dot{z}.}$ – sąstato stūmimo į skirstymo kalnelį vidutinis greitis, km/h.

Sąstato išformavimo per kalnelį laikas (manevriniu lokomotyvu) nustatomas pagal formulę:

$$t_{for} = \frac{0,06 \cdot l_{vag} \cdot m}{v_{for}} \cdot \left(1 - \frac{1}{2 \cdot g_a}\right), \text{ min} \quad (46) \quad \text{arba} \quad t_{for} = \frac{0,06 \cdot l_{vag} \cdot m}{v_{for}}, \text{ min} \quad (47)$$

Čia: $l_{vag.}$ – vieno vagono sutartinis ilgis (14 m);

m – vagonų skaičius sąstate;

g_a – atkabų skaičius sąstate.

v_{for} – vidutinis skaičiuotino sąstato išformavimo greitis (km/h), kuris gali būti nustatomas pagal 3.2.5.2 lentelę.

Kaupiamojo kelyno keliuose esantiems vagonams iš kalnelio pusės sustumti reikalingas laikas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$t_{sus} = 0,06 \cdot m, \text{ min} \quad (48)$$

Koeficientas 0,06 nusako lokomotyvo minutes, reikalingas nustumti vieną vagoną, nuleistą nuo kalnelio.

Baigiamasis sąstatų formavimas per kalnelį.

Tam tikrais atvejais daromi baigiamieji sąstatų formavimo manevrai, tai yra: apsauginių vagonų pastatymas, autosankabos ašių nesutapimo pašalinimas, pakartotinis formavimas ir vagonų grupių sujungimas.

Baigiamojo sąstatų formavimo per kalnelį technologinis laikas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$T_{fp} = 1,73 \cdot 0,18m'; \quad (49)$$

Čia:

m' – vidutinis paros skirstomųjų vagonų skaičius, tenkantis vienam suformuotam sąstatui.

Nustatomas pagal nepertraukiamą trijų parų stebėjimo aritmetinį vidurkį.

Rinktinio traukinio ir vietinių vagonų į rajonus sąstatų formavimas:

Per viename kelyje sukauptų kelių krypties vagonų sąstato formavimo baigiamuosius manevrus vagonai išskirstomi, o po to surenkami pagal formavimo planą ir TNN reikalavimus.

Technologinis laikas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$T_{form}'' = T_{i\check{s}f} + T_{sur}, \quad (50)$$

Čia:

$T_{i\check{s}f}$ – pakartotino vagonų skirstymo trukmė;

T_{sur} – vagonų surinkimo, atsižvelgiant į numatytą darbo eiliškumą tarpstotėje ar rajone, trukmė;

Sąstatų išformavimo trukmė apskaičiuojama pagal 42 formulę:

$$T_{i\check{s}f} = t_v + t_{u\check{z}} + t_{for} + t_{sus},$$

Vidutinis maksimalus formuojamo sąstato vagonų skaičius – 50 vagonų.

Laikas, reikalingas sąstatui užstumti iš atvykimo kelyno į kalnelį, apskaičiuojamas pagal 44 formulę:

$$t_v = 0,06 \cdot (l_v' + l_v'') / v_{vid}, \text{ min.}$$

Laikas, reikalingas sąstatui užstumti iš atvykimo kelyno į kalnelį, apskaičiuojamas pagal 45 formulę:

$$t_{už} = 0,06 \cdot l_{už} / v_{už}, \text{ min.}$$

Sąstato išformavimo per kalnelį laikas (manevrinis lokomotyvu) nustatomas pagal 46 arba 47 formulę:

$$t_{for} = \frac{0,06 \cdot l_{vag} \cdot m}{v_{for}} \cdot \left(1 - \frac{1}{2 \cdot g_a}\right), \text{ min} \quad \text{arba} \quad t_{for} = \frac{0,06 \cdot l_{vag} \cdot m}{v_{for}}, \text{ min.}$$

Kaupiamojo kelyno keliuose esantiems vagonams iš kalnelio pusės sustumti reikalingas laikas apskaičiuojamas pagal 48 formulę:

$$t_{sus} = 0,06 \cdot m, \text{ min.}$$

Laikas, per kurį surenkami vagonai iš skirstingų kelių, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$T_{sur} = 1,8 \cdot p + 0,3 \cdot m_{sur} \quad (51)$$

Čia:

p – kelių, iš kurių vagonai po skirstymo surenkami, skaičius $p=k-1$;

m_{sur} – surenkamų iš tų kelių vagonų skaičius;

Surenkamų vagonų skaičius apskaičiuojamas pagal formulę:

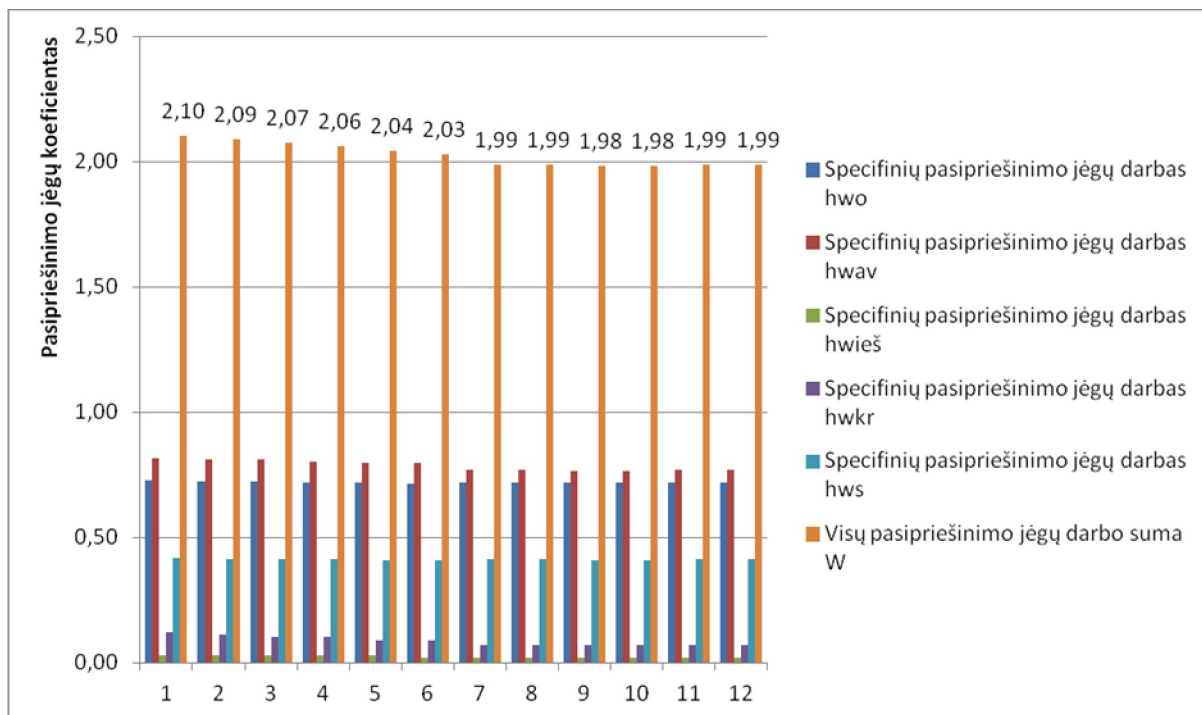
$$m_{sur} = m(k-1) / k, \text{ kur} \quad (52)$$

k – vidutinis tarpinių stočių skaičius.

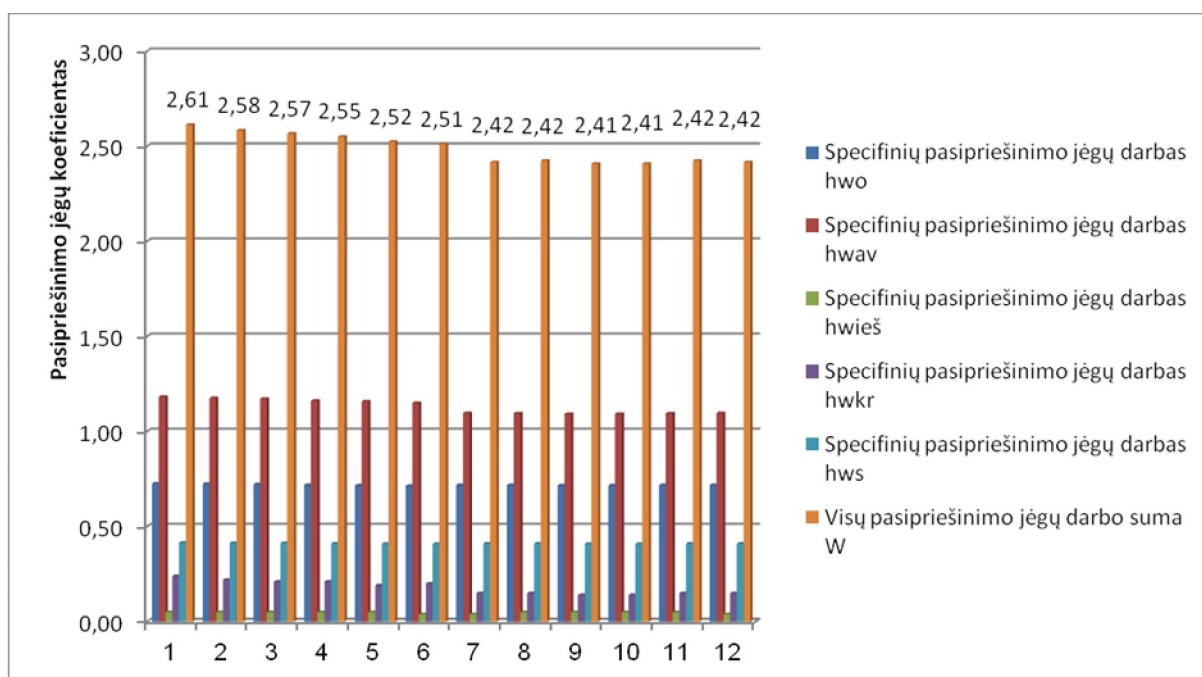
4. TYRIMŲ REZULTATAI IR DUOMENŲ ANALIZĖ

4.1. Tyrimų rezultatai

Pasipriešinimo jėgos, veikiančios riedančias atkabas nuo skirstomojo kalnelio



4.1.1. pav. Pasipriešinimo jėgos, veikiančios riedančias atkabas nuo mažo galingumo skirstomojo kalnelio



4.1.2 pav. Pasipriešinimo jėgos, veikiančios riedančias atkabas nuo didelio galingumo skirstomojo kalnelio

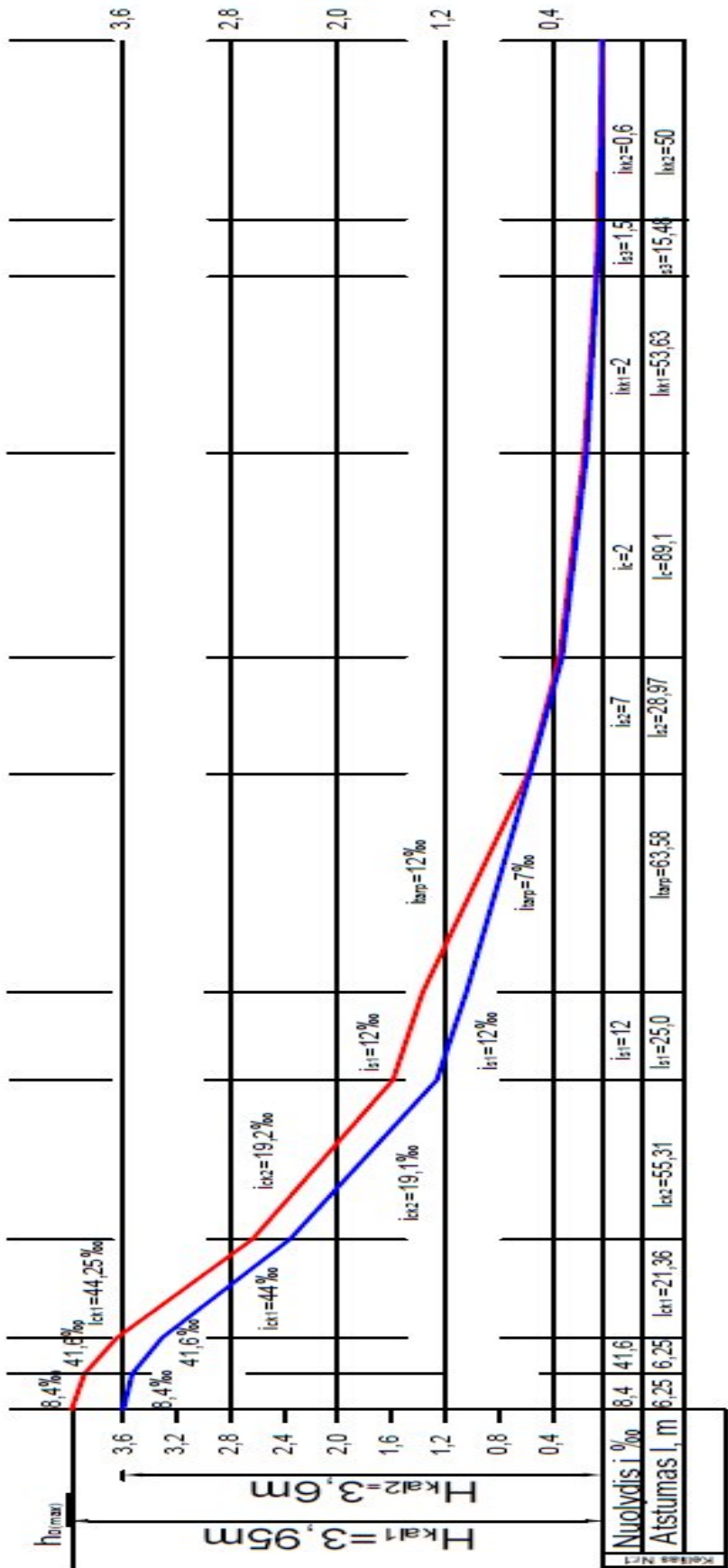
Skirstomojo kalnelio ir kaupiamojo kelyno išilginio profilio parametrai

4.1.1 lentelė. Mažo galingumo skirstomojo kalnelio išilginio profilio parametrai „sudėtingam“ keliui Nr. 1

Ruožo ilgis l_j , m	Nuolydis i_j , ‰	Profilio aukštis $h_j=l_j*i_j*10^{-3}$, m	Bendras profilio aukštis, m
$l_{c1}=6,25$	$i_{c1}=8,4$	$h_{c1} = 0,05$	0,05
$l_{c2}=6,25$	$i_{c1}=41,6$	$h_{c2} = 0,26$	0,31
$l_{ck1}=21,36$	$i_{ck1}^{\max} = 47$ $i'_{ck1} = 44$	$h_{ck1}^{\max} = 1,00$ $h'_{ck1} = 0,94$	1,25
$l_{ck2}=55,31$	$i_{ck2} = 18,08$ $i'_{ck2} = 19,1$	$h'_{ck2} = 1,06$	2,31
$l_{s1}=25$	$i_{s1}^{\min} = 12$	$h_{s1}^{\min} = 0,30$	2,61
$l_{tarp}=63,58$	$i_{tarp}^{\min} = 7$	$h_{tarp}^{\min} = 0,45$	3,06
$l_{s2}=28,97$	$i_{s2}^{\min} = 7$	$h_{s2}^{\min} = 0,20$	3,26
$l_c=89,1$	$i_c = 2$	$h_c = 0,18$	3,44
$l_{kk1}=53,63$	$i_{kk1} = 2$	$h_{kk1} = 0,11$	3,55
$l_{s3}=15,48$	$i_{s3} = 1,5$	$h_{s3} = 0,02$	3,57
$l_{kk2}=50$	$i_{kk2} = 0,6$	$h_{kk2} = 0,03$	3,6

4.1.2 lentelė. Didelio galingumo skirstomojo kalnelio išilginio profilio parametrai „sudėtingam“ keliui Nr. 1

Ruožo ilgis l_j , m	Nuolydis i_j , ‰	Profilio aukštis $h_j=l_j*i_j*10^{-3}$, m	Bendras profilio aukštis, m
$l_{c1}=6,25$	$i_{c1}=8,4$	$h_{c1} = 0,05$	0,05
$l_{c2}=6,25$	$i_{c1}=41,6$	$h_{c2} = 0,26$	0,31
$l_{ck1}=21,36$	$i_{ck1}^{\max} = 47$ $i'_{ck1} = 44,25$	$h_{ck1}^{\max} = 1,00$ $h'_{ck1} = 0,95$	1,26
$l_{ck2}=55,31$	$i_{ck2} = 18,26$ $i'_{ck2} = 19,2$	$h'_{ck2} = 1,06$	2,32
$l_{s1}=25$	$i_{s1}^{\min} = 12$	$h_{s1}^{\min} = 0,30$	2,62
$l_{tarp}=63,58$	$i_{tarp} = 12$	$h_{tarp} = 0,79$	3,41
$l_{s2}=28,97$	$i_{s2}^{\min} = 7$	$h_{s2}^{\min} = 0,20$	3,61
$l_c=89,1$	$i_c = 2$	$h_c = 0,18$	3,79
$l_{kk1}=53,63$	$i_{kk1} = 2$	$h_{kk1} = 0,11$	3,90
$l_{s3}=15,48$	$i_{s3} = 1,5$	$h_{s3} = 0,02$	3,92
$l_{kk2}=50$	$i_{kk2} = 0,6$	$h_{kk2} = 0,03$	3,95



4.1.3 pav. Išilginiai nuolydžiai.

PASTABA. Raudona - didelio galingumo skirstomasis kalnelis
Mėlyna - mažo galingumo skirstomasis kalnelis

Skirstomųjų kalnelių darbo technologiniai grafikai

4.1.3 lentelė. Mažo galingumo skirstomojo kalnelio darbo technologinis grafikas

Eil. Nr.	Operacijos pavadinimas	Laikas, min.								
		Trukmė, min.	5	10	15	20	25	30	35	40
1.	Lokomotyvo važiavimas, t_v	4,40	■							
2.	Sąstato stūmimas, $t_{už}$	5,04		■						
3.	Sąstato išformavimas, t_{for}	9,7			■	■	■			
4.	Vagonų sustūmimas	3					■			
Iš viso:		22,14	■	■	■	■	■			
Kalnelio intervalas (t_k)		22,14	Vidutinis vieno 50 vagonų sąstato išformavimo laikas							

4.1.4 lentelė. Didelio galingumo skirstomojo kalnelio darbo technologinis grafikas

Eil. Nr.	Operacijos pavadinimas	Laikas, min.								
		Trukmė, min.	5	10	15	20	25	30	35	40
1.	Lokomotyvo važiavimas, t_v	4,40	■							
2.	Sąstato stūmimas, $t_{už}$	5,04		■						
3.	Sąstato išformavimas, t_{for}	6,86			■	■				
4.	Vagonų sustūmimas	3				■				
Iš viso:		19,3	■	■	■	■				
Kalnelio intervalas (t_k)		19,3	Vidutinis vieno 50 vagonų sąstato išformavimo laikas							

Skirstomojo kalnelio darbo technologiniai grafikai parengti atsižvelgiant į tai, kad sąstatus išformuoja vienas lokomotyvas.

4.2. Duomenų modeliavimas ir analizė

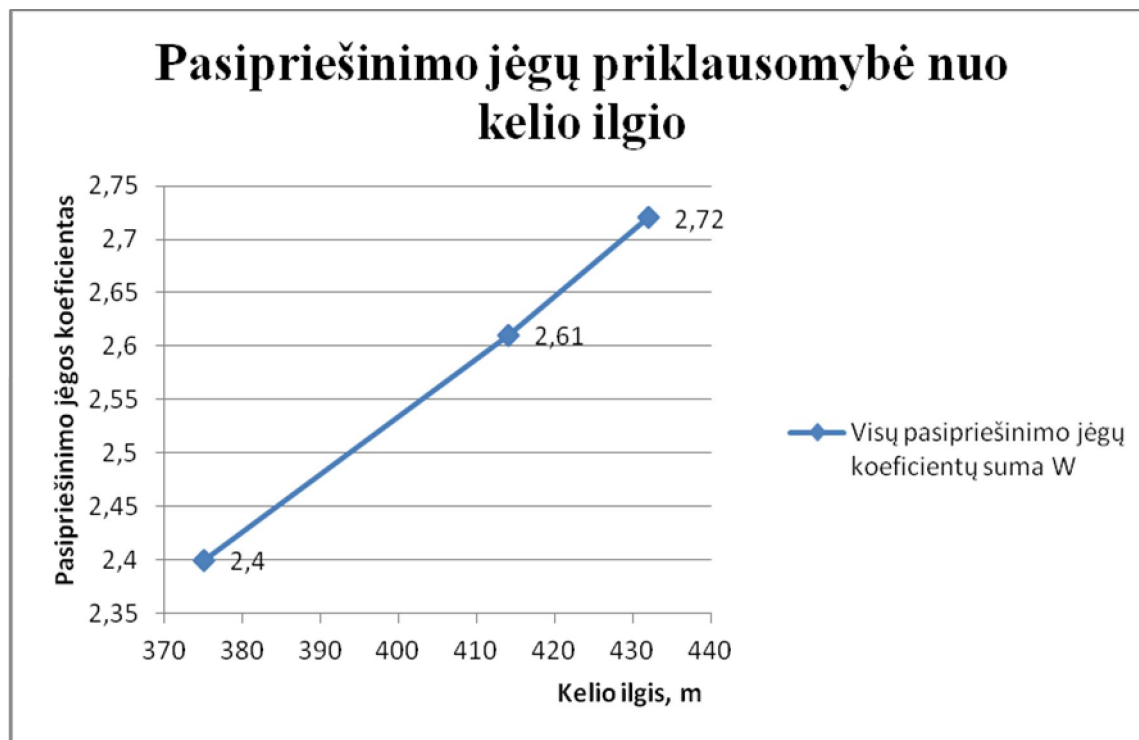
Atlikus skaičiavimus ir gavus rezultatus, papildomai atliekamas duomenų modeliavimas. Keičiami tam tikri parametrai (kelio ilgis, vagonų stabdiklių tipai, kalnelio aukštis) ir gaunami rezultatai, kurie tarpusavyje yra palyginami ir analizuojami. Taip gaunamos priklausomybės bei parametrai, turintys didžiausią įtaką skirstomojo kalnelio darbo efektyvumui. Skaičiavimai atliekami naudojantis 3 skyriuje aprašyta metodika. Visos skaičiavimų lentelės pateikiamos prieduose. Skaičiavimai atliekami priimant vienodas sąlygas.

4.2.1. Kelio ilgis ir jo įtaka

Modeliavimui pasirenkami trys skirtingi kelio ilgiai nuo kalnelio viršūnės iki skaičiuojamojo taško. Skaičiavimai atliekami tik „sudėtingam“ keliui.

4.2.1 lentelė. Kelio ilgiai ir pasipriešinimo jėgos

Tyrimo Nr.	Kelio ilgis, m	Visų pasipriešinimo jėgų koeficientų (W) suma
1	375,56	2,40
2	414,93	2,61
3	432,66	2,72



4.2.1 pav. Pasipriešinimo jėgų priklausomybė nuo kelio ilgio

Kaip matyti 4.2.1 pav. pavaizduotoje diagramoje, kelio ilgis turi įtaką pasipriešinimo jėgoms. Kuo didesnis kelio ilgis, tuo didesnis pasipriešinimo jėgos dydis. Pasipriešinimo jėga tuo didesnė,

kuo didesnis ir tuo keliu riedančio vagono greitis. Ilgėjant atstumui, didėja ir greitis. Taigi, kuo didesnis kelio ilgis, tuo didesnis bendras greitis ir didesnė pasipriešinimo jėga riedančiam vagonui.

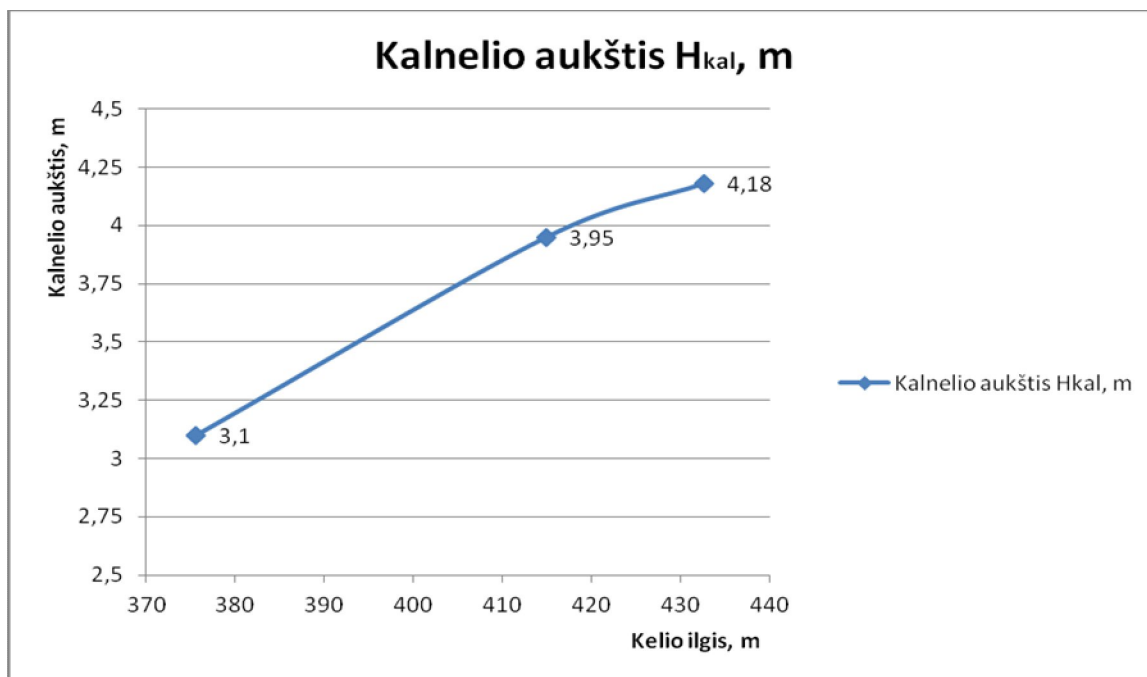
4.2.2. Skirstomojo kalnelio aukštis

Skirstomojo kalnelio aukščiui apskaičiuoti visais atvejais naudojama 17 formulė. Toliau pateiktoje 4.2.2 lentelėje yra nurodomi pagrindiniai kintamieji, turintys įtakos kalnelio aukščiui.

4.2.2 lentelė. Kalnelio aukštis ir jį veikiantys rodikliai

Kelio ilgis, m	Pasipriešinimo jėgų koeficientų (W) suma	Atkabos nuleidimo greitis v_o , m/s	Kalnelio aukštis H_{kal} , m
375,56	2,40	1,7	3,1
414,93	2,61	1,7	3,95
432,66	2,72	1,7	4,18

Kadangi ankstesniame skyrelyje 4.2.1 „Kelio ilgis ir jo įtaka“ buvo nagrinėjama priklausomybė tarp kelio ilgio ir pasipriešinimo jėgų darbo, tai dabar modeliuojama priklausomybė tik tarp kelio ilgio ir kalnelio aukščio.



4.2.2 pav. Kalnelio aukščio priklausomybė nuo kelio ilgio

Kalnelio aukštis priklauso nuo pasipriešinimo jėgų, nes tai sukelia didesnę pasipriešinimą riedančiam vagonui, taip pat atkabos nuleidimo greičio, kuris šiuo atveju įvertinamas 1,7 m/s

(didelio galingumo kalnelis) bei nuo „sudėtingojo“ kelio ilgio. Kelio ilgis yra tiesiogiai susijęs su pasipriešinimo jėgų atliekamu darbu. Taigi, kuo didesnis kelio ilgis, tuo didesnės pasipriešinimo jėgos veikia tame kelyje. Tam, kad jas įveiktų riedantis vagonas, reikalingas didesnis kalnelio aukštis. Kalnelio aukščio priklausomybė nuo kelio ilgio pavaizduota 4.2.2 pav.

4.2.3. Išilginiai profiliai ir vagonų stabdikliai

Sudarant skirstomojo kalnelio išilginį profilį, skaičiuojami ruožų aukščiai, t.y. kokiam lygyje yra tam tikras ruožas, įvertinant, kad skaičiuojamasis taškas (ST) yra nulinėje padėtyje. Atskirų ruožų leidžiami nuolydžiai yra 3.2.3.1 lentelėje. Didžiausias nuolydis yra nuo kalnelio viršūnės iki pirmosios stabdymo pozicijos tam, kad suteikti riedančioms atkaboms pakankamą pagreitį.

Apskaičiuotasis kalnelio aukštis turi užtikrinti reikalaujamus minimalius nuolydžius išilginiam profiliui. Tam yra skaičiuojami ruožų aukščiai. Tais atvejais, kai anksčiau apskaičiuotas skirstomojo kalnelio aukštis yra per mažas, susumavus visus ruožų aukščius gaunamas reikalingas kalnelio aukštis, kuris užtikrina minimalius reikalavimus išilginiam profiliui.

4.2.3.1 lentelė. Skirstomojo kalnelio aukščio nustatymas

Kelio ilgis, m	Apskaičiuotasis kalnelio aukštis, m	Skaičiuojamų ruožų aukščių suma, m	Reikalingas kalnelio aukštis, m	Aukščių skirtumas, m
375,56	2,61	3,1	3,1	0,49
414,93	3,95	3,95	3,95	-
432,66	4,18	4,18	4,18	-

Kai kuriais atvejais, kaip ir 4.2.3.1 lentelėje, apskaičiuotas kalnelio aukštis yra per mažas, kad užtikrinti minimalius išilginio profilio reikalavimus. Lentelėje matyti, kad konkrečiu atveju aukščių skirtumas buvo 0,49 m. Tam įtakos turi ir pasirinkti vagonų stabdikliai, tiksliau jų ilgis matuojant palei bėgius. Kadangi vagonų stabdiklių pasirinkimas yra nemažas, o jų ilgiai skirtingi, tai įtakoja ruožų ilgius, kuriuose jie yra. Nuo ruožo ilgio priklauso ir nuolydis, o tai nulemia ir skaičiuojamojo ruožo aukštį.

Taigi, nuo vagono stabdiklių parametrų priklauso ir ruožų ilgiai bei aukščiai, kurie tiesiogiai veikia skirstomojo kalnelio aukštį.

Vagonų stabdiklių parinkimas taip pat lemia ir stabdymo pozicijų galingumą. Tai yra labai svarbu, nes stabdymo pozicijų galingumas turi užtikrinti tokią stabdymo jėgą, kad vagonas į sekančią stabdymo poziciją įvažiuotų ne greičiau nei leidžiama ir užtikrintų ne didesnę kaip 1,4 m/s

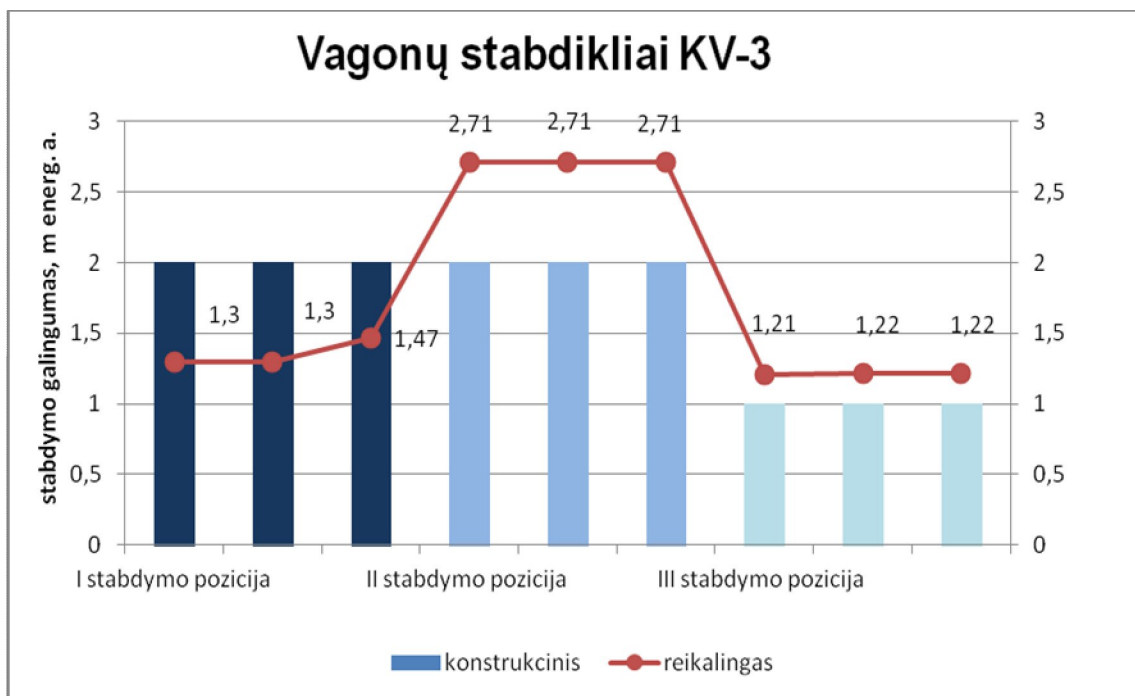
greitį susiduriant vagonams kaupiamajame kelyje. 4.2.3.2 lentelėje pateikiami įvairios vagonų stabdiklių kombinacijos ir jų stabdymo galingumas prie skirtingų kelio profilių. Skaičiavimuose įvertinama, kad I ir II stabdymo pozicijose įrengiama po du vagono stabdiklius, o III stabdymo pozicijoje – vienas vagono stabdiklis.

4.2.3.2 lentelė. Vagonų stabdikliai ir jų galingumai esant skirtingiems kelio profiliams

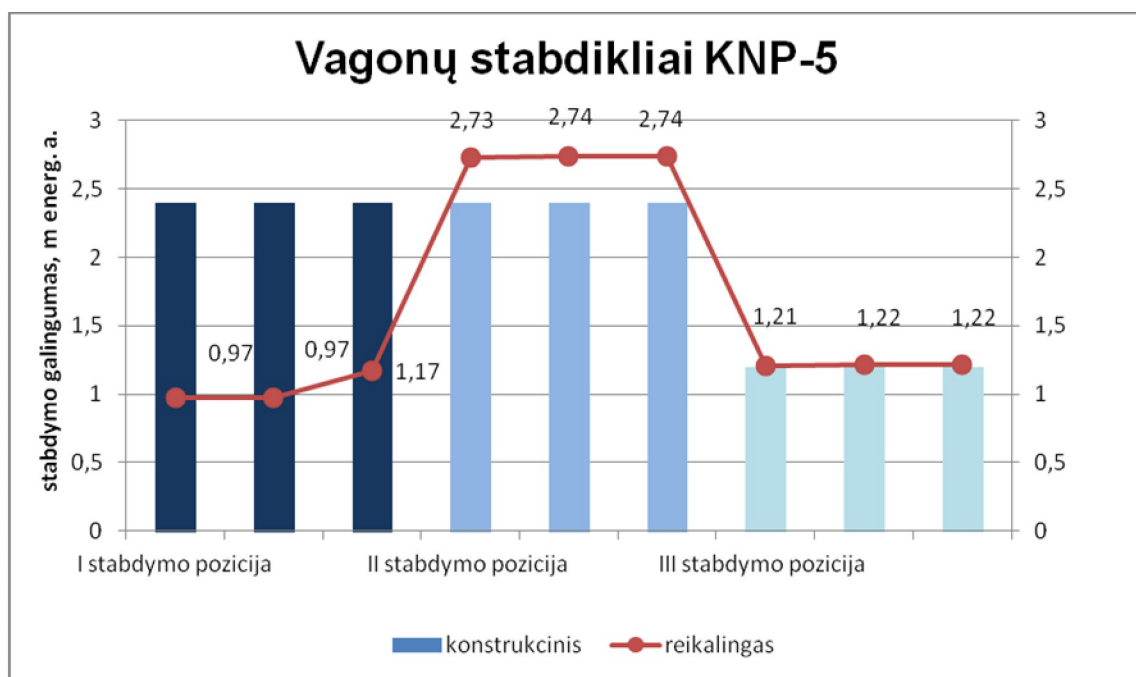
RODIKLIAI								
Kelio ilgis, m	Kalneli o aukštis , m	I stabdymo pozicijos galingumas		II stabdymo pozicijos galingumas		III stabdymo pozicijos galingumas		Stabdymo galingum o rodiklis +/-
		konstrukci nis	reikalingas	konstrukci nis	reikalingas	konstrukci nis	reikalingas	
Vagonų stabdiklis KV-3								
375,56	3,1	2,0	1,3	2,0	2,71	1,0	1,21	-0,22
414,93	3,95	2,0	1,3	2,0	2,71	1,0	1,22	-0,23
432,66	4,18	2,0	1,47	2,0	2,71	1,0	1,22	-0,40
Vagonų stabdiklis KNP-5								
375,56	3,1	2,4	0,97	2,4	2,73	1,2	1,21	+1,09
414,93	3,95	2,4	0,97	2,4	2,74	1,2	1,22	+1,07
432,66	4,18	2,4	1,17	2,4	2,74	1,2	1,22	+0,87
Vagonų stabdiklis VZP-5								
375,56	3,1	2,7	1,88	2,7	3,94	1,35	1,21	+0,28
414,93	3,95	2,7	1,88	2,7	3,94	1,35	1,22	+0,27
432,66	4,18	2,7	2,08	2,7	3,94	1,35	1,22	+0,07
Vagonų stabdiklis VZPG-5								
375,56	3,1	2,6	1,55	2,6	3,51	1,3	1,21	+0,23
414,93	3,95	2,6	1,55	2,6	3,51	1,3	1,22	+0,22
432,66	4,18	2,6	1,75	2,6	3,52	1,3	1,22	+0,01

Modeliuojant pasirinkti keturi skirtingi vagonų stabdiklių tipai: KV-3, KNP-5, VZP-5 ir VZPG-5, kurių techniniai parametrai taip pat yra skirtingi. Jų rodikliai yra pateikti 3.2.4.1 lentelėje. Kaip matyti iš 4.2.3.2 lentelės KV-3 tipo vagonų stabdikliai prie esamų kelio ilgių bei skirstomųjų kalnelių aukščių pagal +/- rodiklį neužtikrina pakankamo stabdymo galingumo, ką rado paskutinis stulpelis. Tačiau, tai nereiškia, kad KV-3 neužtikrina pakankamos stabdymo galios, nes skaičiuojant realiai panaudojamas bendras suminis I ir II stabdymo pozicijų stabdymo galingumas. Konkrečiu,

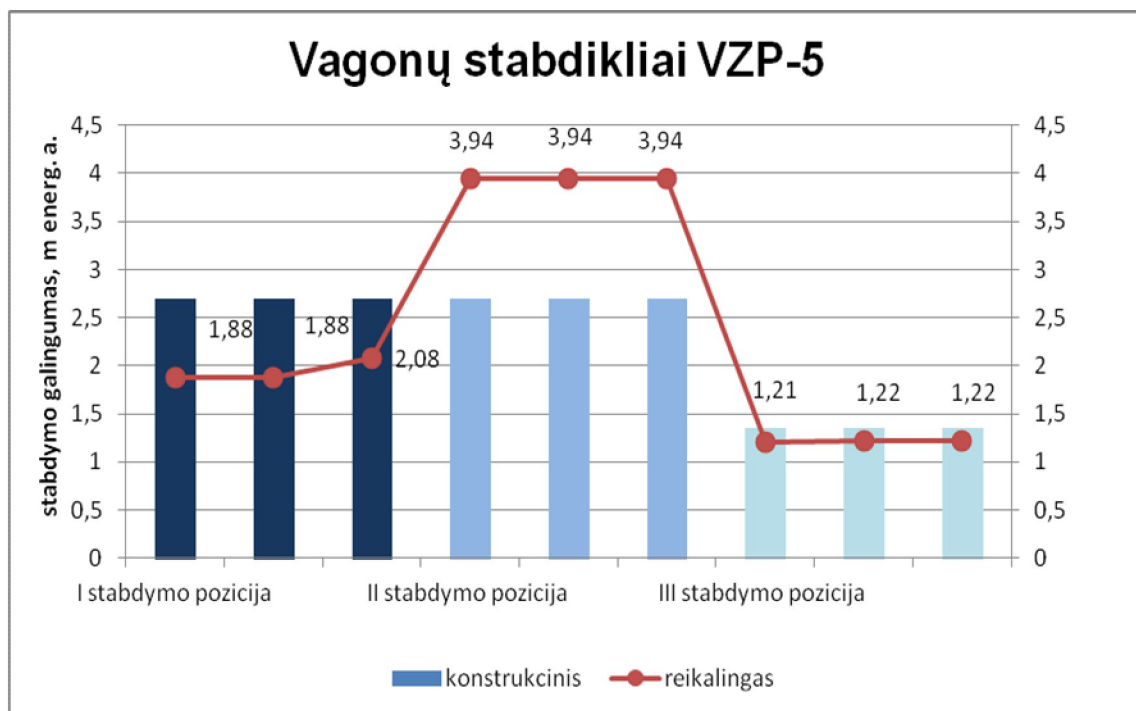
šiuo atveju, esant kelio ilgiui 375,56 m ir kalnelio aukščiui 3,1 m, bendras suminis I ir II stabdymo pozicijos stabdymo galingumas yra 4,0 ($2 \cdot 1,0 + 2 \cdot 1,0 = 4,0$, nes iš viso 4 vagonų stabdikliai, kurių galingumas po 1,0), o reikalingas – 3,41. Visais kitais atvejais, kaip matyti iš lentelės, pasirinkti vagonų stabdikliai užtikrina pakankamą stabdymo galingumą.



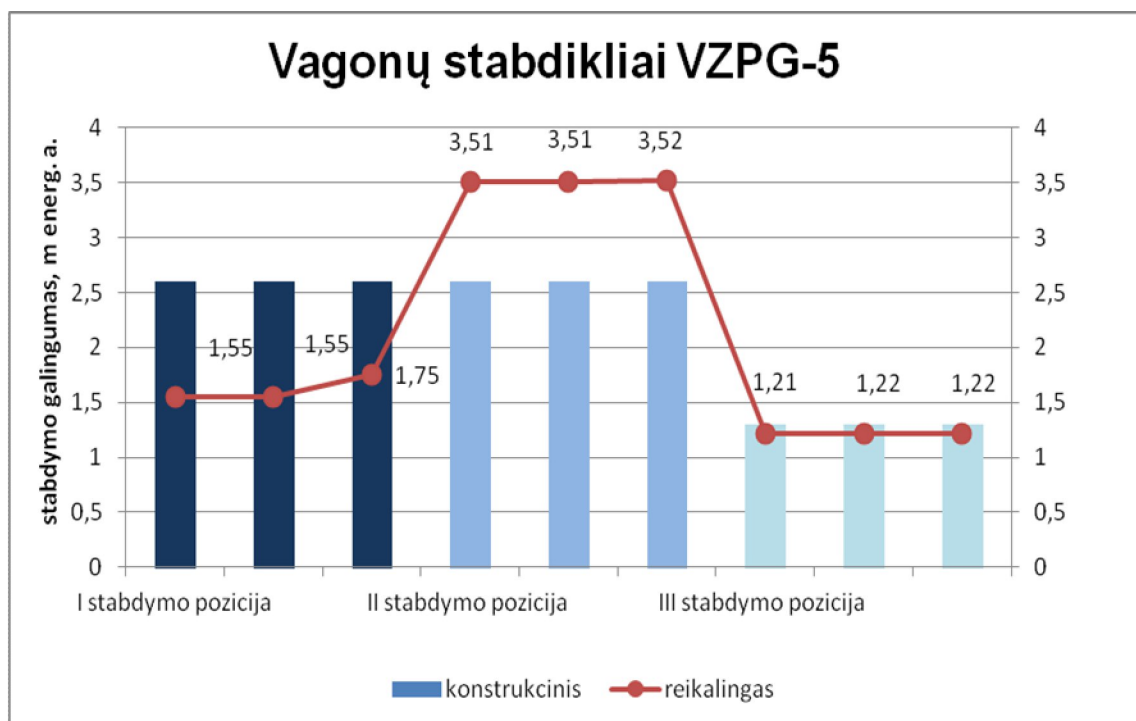
4.2.3.1. pav. KV-3 tipo vagonų stabdiklių galingumai skirtingose stabdymo pozicijose



4.2.3.2. pav. KNP-5 tipo vagonų stabdiklių galingumai skirtingose stabdymo pozicijose



4.2.3.3. pav. VZP-5 tipo vagonų stabdiklių galingumai skirtingose stabdymo pozicijose



4.2.3.4. pav. VZPG-5 tipo vagonų stabdiklių galingumai skirtingose stabdymo pozicijose

Vagonų stabdiklių pasirinkimą lemia kelio ilgis, kalnelio aukštis, išilginis profilis. Kuo aukštesnis skirstomasis kalnelis ir didesni nuolydžiai, tuo vagono greitis bus didesnis, o tai turi

įtakos vagonų stabdikliams, nes kiekvienam yra skirtingas leidžiamas įvažiavimo greitis. Taip pat tai atsiliepia ir reikalingam stabdymo galingumui, kuris skiriasi priklausomai nuo vagono stabdiklio tipo. Taigi, vagonų stabdiklių tipą ir jų skaičių nulemia reikalingas stabdymo galingumas, kurį lemia kelio ilgis, kalnelio aukštis bei išilginis profilis.

4.2.4. Greičiai ir skirstomųjų kalnelių pajėgumai

4.2.4 lentelėje, kuri pateikta kitame puslapyje, yra palyginami išformavimo greičiai bei skirstomojo kalnelio pajėgumai. Palyginimui pasirinkti šiame darbe apskaičiuoti mažo bei didelio galingumo skirstomieji kalneliai; skirstomieji kalneliai apskaičiuoti remiantis normomis, kurios pateiktos „Techninių manevravimo normų apskaičiavimo instrukcija“ ir realiai egzistuojantys bei funkcionuojantys Vilniaus geležinkelio stoties (mažo galingumo) ir Vaidotų geležinkelio stoties skirstomieji kalneliai (didelio galingumo).

Vilniaus ir Vaidotų geležinkelio stočių knygoje pateikiami skaičiavimai esant atitinkamai 10 ir 60 vagonų sąstatai, kuris yra išformuojamas. Pateiktoje 4.2.4 lentelėje šis skaičius perskaiciuojamas į 50 vagonų. Taip pat lentelėje pateikti greičiai apskaičiuojami neatsižvelgiant į atkabų skaičių.

Tokie parametrai, kaip lokomotyvo važiavimas prie sąstato, sąstato stūmimas, matuojami minutėmis, priklauso nuo kelio ilgio, kurį lokomotyvui reikia nuvažiuoti, o vėliau ir užstumti sąstatą ant skirstomojo kalnelio. Išformavimo laikui įtakos turi išformavimo greitis, kuris, kaip matyti iš 4.2.4 lentelės, teoriškai yra didesnis nei realiai. Bendrą skirstomojo kalnelio laiko intervalą sudaro: lokomotyvo važiavimas prie sąstato, sąstato stūmimas, sąstato išformavimas ir vagonų sustūmimas. Taigi, skirstomojo kalnelio pajėgumą tiesiogiai veikia kelio ilgis, išformavimo greitis. Kuo didesnis atstumas, tuo ilgiau užtrunka lokomotyvo važiavimas prie sąstato, o išformavimo greitis bus didesnis, jei kalnelio aukštis bus didesnis. Vagonų stabdikliai turi taip pat didelę įtaką išformavimo laikui, tačiau šiuose skaičiavimuose tai neatsispindi.

4.2.4 lentelė. Palyginamoji greičių ir skirstomųjų kalnelių pajėgumų lentelė

Skaičiuojamasis dydis	Skaičiuojamasis		Norminis		Faktinis			
	Mažo galingumo kalnelis	Didelio galingumo kalnelis	Mažo galingumo kalnelis	Didelio galingumo kalnelis	Vilniaus geležinkelio stotis		Vaidotų geležinkelio stotis	
	mechanizuotas	mechanizuotas	mechanizuotas	mechanizuotas	Nemechanizuotas		automatizuotas	
Vagonų sk. sąstate m_s	50	50	50	50	10	50	60	50
Išformavimo greitis V_{for} , km/h	4,32	6,12	5,01	5,01	1,5	1,5	3,0	3,0
Atkabų skaičius g_a^*	5	11	5	11	2	10	11	11
Lokomotyvo važiavimas t_v , min	4,40	4,40	4,40	4,40	1,36	1,36	5,12	5,12
Sąstato stūmimas $t_{už}$, min	5,04	5,04	5,04	5,04	4,44	4,44	5,78	5,78
Sąstato išformavimas t_{for} , min	9,7	6,86	7,86	7,56	5,6	28,0	16,04	13,3
Vagonų sustūmimas t_{sus} , min	3,0	3,0	3,0	3,0	0,84	3,0	3,6	3,0
Kalnelio intervalas T_k , min	22,14	19,3	20,3	20,0	12,24	36,8	30,54	27,2
Kalnelio pajėgumas B vag/parą	2531	2932	2779	2824	849	1513	2829	2833

*formavimo greičiai apskaičiuojami neatsižvelgiant į atkabų skaičių.

4.3 Pasiūlymai skirstomojo kalnelio įrengimui

Visų pirma buvo išanalizuoti visi skirstomojo kalnelio veikimo principai ir įrenginiai, nuo kurių priklauso kalnelio darbas. Pasinaudojus 3 skyriuje išdėstyta skaičiavimo metodika, buvo atlikti skaičiavimai mažo ir didelio galingumo skirstomiesiems kalneliams, kurių schemas pateiktos 1 priede. Vėliau buvo atliktas skirstomųjų kalnelių įvairių parametrų (kelio ilgis, kalnelio aukštis, išilginiai nuolydžiai, vagonų stabdikliai) modeliavimas, keičiant jų dydžius ir vėliau tarpusavyje palyginant. Išanalizavus gautus duomenis, pateikiami pasiūlymai skirstomojo kalnelio darbo efektyvumo didinimui:

- Siekiant išvengti pasipriešinimo jėgų, atsirandančių dėl iešmų ir kreivių, pagrindiniai kaupiamieji keliai (kur formuojami rinktiniai, grafikiniai traukiniai), turi būti tuose maršrutuose, kuriuose yra mažiausiai iešmų ir kelias yra tiesiausias;
- Skirstomojo kalnelio aukščio priklausomybė nuo pasipriešinimo jėgų paaiškinama tuo, jog įveikti didesnes pasipriešinimo jėgas reikia didesnio greičio, kuris įgyjamas paaukštinus kalnelį. Taip pat kartu proporcingai turi būti didinamas ir kelio ilgis, užtikrinantis didesnę vidutinę viso ruožo greitį.
- Sąstatų išformavimo laiką padeda sutrumpinti galingesni šilumvežiai, kurie ypatingai aktualūs tose skirstymo stotyse, kur atvyksta ilgi ir sunkūs traukinių sąstatai. Tam puikiai tinka modifikuotas manevrinis šilumvežis TEM TMH-013. Taip užtikrinamas didesnis greitis ir sutrumpinamas važiavimo ir sąstato užstumimo laikas;

Naujausios technologijos, kurios taip pat padidina darbo našumą, užtikrina saugumą, sumažina vagonų apyvartos sąnaudas, šiuo metu gali būti panaudotos tokios:

Automatinė atkabų riedėjimo greičio reguliavimo sistema valdo vagonų stabdiklius taip, kad atkabų riedėjimo greitis po stabdymo pozicijos neviršytų nustatytų ribų. Mechanizuotųjų ir automatizuotųjų skirstomųjų kalnelių įrenginiai gali būti papildyti ALS (automatinė lokomotyvų signalizacija) įrenginiais arba kalnelio lokomotyvų nuotolinio valdymo sistemos kompleksu su automatiškai nustatomu skirstymo greičiu.

Automatinė greičio nustatymo sistema skaičiuoja kiekvienos vagonų atkabos greitį. Remiantis gautais rezultatais valdomas kalnelio šviesoforais, nustatyto greičio signalai perduodami į kalnelio lokomotyvo nuotolinio valdymo sistemą. Kalnelio lokomotyvo nuotolinio valdymo įrenginiai automatiškai valdo lokomotyvą, taip užtikrindami skirtingą atskirų atkabų greitį (šiuo metu šią funkciją atlieka mašinistas).

Vėjo greičio nustatymo sistema skirta nustatyti tuo metu vyraujančio vėjo kryptį bei greitį, kurio pagalba kompiuteris automatiškai parenka leidžiamą vagonų nuleidimo greitį.

Automatinė kalnelio iešmų ir signalų centralizacija (AKC).

IŠVADOS

1. Kalnelio kelio ilgis yra svarbiausias veiksnys, veikiantis kitus parametrus, ir kuo didesnis jo ilgis, tuo didesnės pasipriešinimo jėgos veikia riedančius vagonus nuo skirstomojo kalnelio. Projektuojant reikia siekti kuo trumpesnio skirstomojo kelio ilgio, kurį vagonai nuvažiuoja iki skaičiuojamojo taško. Taip sutrumpinamas atkabų riedėjimo laikas į kaupiamuosius kelius. Optimalus santykis tarp kelio ilgio ir kalnelio aukščio 1:105.
2. Besileidžiantį nuo skirstomojo kalnelio vagoną veikia: išorės aplinka (klimatinės sąlygos) - $W_{av}=59\div 61$ %; iešmų skaičius - $W_{ies}=1\div 2$ %; kreivės - $W_{kr}=2\div 3$ %; vagono tipas bei svoris - $W_o=34\div 36$ %. Siekiant sumažinti pasipriešinimo jėgų, atsirandančių dėl iešmų ir kreivių, pagrindiniai kaupiamieji keliai (kur formuojami rinktiniai, grafikiniai traukiniai), turi būti tuose maršrutuose, kuriuose yra mažiausiai iešmų ir kelias yra tiesiausias.
3. Projektuojant kalnelius svarbu dar iki jo aukščio apskaičiavimo ir stabdiklių numatymo, nustatyti stabdymo vietas. Negalima trumpinti stabdymo kalnelio pakilimo nuotolio nuo viršūnės iki pirmojo iešmo, nes tai gali sukelti vagonų griūtis nuo bėgių arba pirmojo stabdiklio, esančio tarp kalnelio viršūnės ir pirmojo iešmo. Šie atstumai svarbūs išformuojant sąstatus ir jie negali būti trumpesni nei apskaičiuota.
4. Optimalus skirstomojo kalnelio aukščio parinkimas siejamas su kelio ilgiu. Optimalu, kai aukštis sudaro 0,95 % kelio ilgio. Taip užtikrinamas ir atkabų riedėjimo greitis ir sumažinamos statybos išlaidos skirstomojo kalnelio įrengimui.
5. Prieš projektuojant vagonų stabdiklius, reikia iš anksto plane numatyti stabdymo pozicijas. Pagrindiniai vagonų stabdiklių parametrai, į kuriuos reikia atsižvelgti, yra jų ilgis bei stabdymo galingumas. Norint pasiekti didžiausią efektyvumą, racionalu įrengti po du vagonų stabdiklius I ir II stabdymo pozicijose, o III stabdymo pozicijoje įrengti vieną vagonų stabdiklį.
6. Nustatyta, kad išformavimo greitis, teoriškai priimamas skaičiavimuose yra didesnis nei realiai ir skiriasi net apie 3 m/s. Todėl turi būti įvestas atsargos koeficientas, įvertinantis greičių skirtumus.

REKOMENDACIJOS

- Projektuojant skirstymo kalnelius turi būti užtikrintos tokios sąlygos:
 - **Judėjimo saugumas.** Reikia siekti kuo mažesnio kelių ilgių, tačiau turi būti išlaikomi minimalūs atstumai, reglamentuoti projektavimo taisyklėse, kad nebūtų vagonų griūčių nuo bėgių;
 - **Reikalingas stoties praleidžiamumas.** Pirmiausia turi būti atsižvelgiama į traukinių grafiką ir skirstomasis kalnelis turi būti tokio pajėgumo, kad sugebėtų perdirbti tiek vagonų per parą, kad nesusidarytų prastovos;
 - **Ekonominis atsipirkimas.** Skirstomojo kalnelio galingumas turi atitikti traukinių grafike ir stoties technologiniame plane numatytus traukinių perdirbimo skaičius.
 - **Tolesnis stoties tobulėjimas.** Turi būti paliekamas rezervas didinti kaupiamųjų kelių skaičiui, bei kelių ilginimui, jei ateityje išaugtų darbų apimtys.
- Siekiant padidinti skirstomojo kalnelio darbo efektyvumą bei našumą siūloma įrengti naujausias technologijas, kurios palengvintų ir optimizuotų visą vagonų skirstymo procesą. Vagonų srautų tvarkymui pagreitinti įrengiama automatinė vagonų stabdymo reguliavimo sistema, kuri stabdo vagonus pirmojoje stabdymo pozicijoje ir padeda sudaryti intervalus tarp atkabų, bei automatinė kalnelio centralizacija, padedanti išformuoti sąstatą remiantis iš anksto sudarytu planu. Rekomenduojama naudotis informacinės kalnelio švieslentės. Jos automatizuotai skaičiuoja per skirstomąjį kalnelį riedančius vagonus bei informuoja traukinių derintoją apie sąstato išformavimo seką. Tai daugiau pagalbinės priemonės, palengvinančios darbuotojų darbą, tačiau taip pat galinčios duoti akivaizdžių rezultatų.
- Vagonų stabdikliai yra vienas svarbiausių įrenginių skirstomojame kalnelyje ir jų parinkimas lemia visą darbo efektyvumą. Renkantis vagonų stabdiklius reikia atsižvelgti į reikalingus stabdymo galingumus atskirose stabdymo pozicijose, kalnelio aukštį bei išilginį profilį. Taip pat svarbu parinkti tinkamą stabdiklių skaičių, kad užtikrinti stabdymo efektyvumą bei ekonomišką statybos išlaidas. Skirtingose stabdymo pozicijose galima įrengti skirtingus vagonų stabdiklius ir modeliuojant pasiekti didžiausią tiek technologinį tiek ekonominį efektyvumą.

LITERATŪRA

1. Baublys A. Krovinių vežimai geležinkelių, vandens ir oro transportu. Vilnius: Technika, 1995. 381 p.
2. Baublys A., Vasilis Vasiliauskas A. Transporto infrastruktūra. Vilnius: Technika, 2011. 304 p.
3. Lietuvos Geležinkeliai. 183/E Techninių manevravimo normų apskaičiavimo instrukcija. Patvirtinta 2002 m. gruodžio 17 d. įsakymu Nr. Į-525.
4. Lietuvos geležinkelių internetinė svetainė. [žiūrėta 2014-02-10]. Prieiga per internetą: <http://www.litrail.lt/>.
5. Lietuvos statistikos departamentas. [žiūrėta 2014-01-09]. Prieiga per internetą: <http://osp.stat.gov.lt/temines-lenteles31>.
6. Lingaitis L. P. et al. Geležinkeliai. Bendrasis kursas. Vilnius: Technika, 2009. 278 p.
7. LR Aplinkos ministerija. Lietuvos Respublikos teritorijos bendrasis planas. 2004.
8. LR Susisiekimo ministerija. Geležinkelio stočių projektavimo taisyklės. Patvirtinta LR aplinkos ministro ir susisiekimo ministro 2004 m. gegužės 5 d. įsakymu Nr. 3-250/D1-249.
9. LR Susisiekimo ministerija. Techninio geležinkelio naudojimo nuostatai. Patvirtinta LR susisiekimo ministro 1996 m. rugsėjo 20 d. įsakymu Nr. 297.
10. LR Vyriausybė. Nacionalinė darnaus vystymosi strategija. Patvirtinta LR Vyriausybės 2003 m. rugsėjo 11 d. nutarimu Nr. 1160.
11. Sakalauskas K. Geležinkelių projektavimas. Vilnius: Technika, 2012. 176 p.
12. Vaidotų geležinkelio stoties knyga. Vilnius, 2009.
13. Vilniaus geležinkelio stoties knyga. Vilnius, 2010.
14. Астахов П. Н. Сопротивление движению железнодорожного подвижного состава. Сб. науч. тр. ВНИИЖТ. М.: Транспорт, 1966 г. вып. 311. 178 с.
15. Бакумов Э. В. Рациональные сферы применения вспомогательных сортировочных устройств на сортировочной станции. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. М.: 1986 г. 22 с.
16. Бессоненко С. А. Теория расчета сортировочных климатических зон. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва, 2010 г. 48 с.
17. Болотный В. Я. Совершенствование схем и технологии работы железно-дорожных станций. М.: Транспорт, 1986 г. 280 с.
18. Грунтов П. С. Расчет путевого развития сортировочных станций. Гомель: БелИИЖТ. 1975 г. 39 с.
19. Грунтов П. С. Схемы сортировочных станций увеличенной производительности. Гомель: БелИИЖТ. 1972 г. 38 с.
20. Захаров И. Е. Методика оценки параметрической надежности вагонных замедлителей. Совершенствование технических устройств и технологии управления процессом расформирования составов на сортировочных горках. Днепропетровск: 1986 г.
21. Иванкова Л. Н., Иванков А. Н. Расчет и проектирование сортировочных горок большой и средней мощности. Учебное пособие. Иркутск: ИрГУПС, 2009 г. 106 с.
22. Инструкция по проектированию станций и узлов на железных дорогах: ССР: ВСН 56-78/СССР. Минтрансстрой, МПС. М.: Транспорт. 1978 г. 175 с.
23. Интеграция расцепляющих роботов в процессе расформирования составов на сортировочной горке. Железные дороги мира. М.: 1997 г. №11. 48-52 с.

24. Каретников А. Д., Сотников Е. А., Роль научно-технического прогресса повышении эффективности работы сортировочных станций. Железнодорожный транспорт. М.: 1977 г. № 8. 28-32 с.
25. Механизация и автоматизация работы сортировочных горок. [žiūrėta 2013-11-20]. Prieiga per internetą: http://edu.dvgups.ru/METDOC/GDTRAN/YAT/AT/AV_TEL/METHOD/KOLODEZNAYA/frame/2_7.htm#_Toc222211067.
26. Механизация сортировочных горок. Железнодорожный транспорт. серия "Автоматика и связь" М.: 1986. вып.1.
27. Муха Ю. А. Исследование технологических режимов регулирования скорости роспуска составов на сортировочной горке. Сб.науч. ст. ДИИТа. Днепропетровск: 1975 г. вып. 168/9.
28. Муха Ю. А., Тишков Л. Б., Шейкин В. П. и др. Пособие по применению Правил и норм проектирования сортировочных устройств. М.: Транспорт, 1994. 220 с.
29. Правдина Н. В., Шубко В. Г. Железнодорожные станции и узлы. Учебное пособие. Москва „Транспорт“, 2005 г. 501 с.
30. Савченко И. Е., Акулиничеву В. М. Железнодорожные станции и узлы. Москва „Транспорт“, 1992 г. 480 с.
31. Система НТ-1 регулирования скорости скатывания отцепов на сортировочной горке (ПНР). Железнодорожный транспорт за рубежом. 1989. сер. 3. вып. 6. с. 18-21.
32. Современные вагонные замедлители. Железные дороги мира.- М.: 1998. №3. с. 49-52.
33. Сотников Е. А. Интенсификация работы сортировочных станций. М.: Транспорт, 1979 г. 238 с.
34. Сотников Е. А., Садовнича Я. А., Шейкин В. И. Совершенствование обслуживания и повышение надежности вагонных замедлителей. М.: Транспорт. 1973 г. 48 с.
35. Сотников И. Б. Эксплуатация железных дорог: в примерах и задачах. Москва „Транспорт“, 1990 г. 231 с.
36. Технология работы сортировочной горки. [žiūrėta 2013-11-10]. Prieiga per internetą: <http://ist311.narod.ru/tema8/index.htm#2>.
37. Федотов Н. И. Проектирование сортировочных горок. Новосибирск: 1981 г. 84 с.
38. Фонарев Н. М. Автоматизация процесса расформирования составов на сортировочных горках. М.: Транспорт. 1971 г. 272 с.
39. Цуканов П. П., Скалов К. Ю. Устройство пути и станции. Москва „Транспорт“, 1976 г. 488 с.
40. Шейкин В. П. Эксплуатация и механизация сортировочных горок. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. М.: ВНИ-ИЖТ. 1988 г.
41. Шипулин А. П. Некоторые вопросы проектирования и механизации сортировочных устройств малой мощности на железнодорожных станциях. Харьков, 1963 г.
42. Ющенко Н. Р. Графический метод построения кривых скоростей и ремни скатывания вагонов с горки. Сб. науч. тр. Труды Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта. Днепропетровск, 1951 г. 1-й вып. 21 с. 27-86.

PRIEDAI