

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Vilimas GINTALAS

PROJEKTINIŲ SPRENDINIŲ
KOKYBĖS GERINIMO GALIMYBĖS
ŽVYRKELIŲ REKONSTRUKCIJOS
PROJEKTUOSE

DAKTARO DISERTACIJA

TECHNOLOGIJOS MOKSLAI,
STATYBOS INŽINERIJA (02T)



LEIDYKLA
Vilnius TECHNIKA 2010

Disertacija rengta 2004–2010 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.

Mokslinis vadovas

prof. dr. Donatas ČYGAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas,
technologijos mokslai, statybos inžinerija – 02T).

<http://leidykla.vgtu.lt>

VGTU leidyklos TECHNIKA 1721–M mokslo literatūros knyga

ISBN 978-9955-28-538-0

© VGTU leidykla TECHNIKA, 2010

© Gintalas, V., 2010

El. paštas: vilimas.gintalas@keliolinija.lt

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Vilimas GINTALAS

POSSIBILITIES FOR THE IMPROVEMENT
OF THE QUALITY OF DESIGN SOLUTIONS
IN THE GRAVEL ROAD
RECONSTRUCTION PROJECTS

DOCTORAL DISSERTATION

TECHNOLOGICAL SCIENCES,
CIVIL ENGINEERING (02T)



LEIDYKLA
Vilnius TECHNIKA 2010

Doctoral dissertation was prepared at Vilnius Gediminas Technical University in 2004–2010.

Scientific Supervisor

Prof Dr Donatas ČYGAS (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Civil Engineering – 02T).

Reziumė

Disertacijoje nagrinėjami kelio trasos projektavimo dėsningumai, projektiniai sprendiniai žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose ir jų sąsajos su automobilių kelių projektavimo normų nuostatomis. Disertacijos tikslas – pasiūlyti metodus kelio trasos projektinių sprendinių kokybei gerinti.

Disertacijoje sprendžiami šie uždaviniai: nustatyti kelio trasos projektinių sprendinių sąsajas su automobilių kelių projektavimo normų nuostatomis, įvertinti esamos kelio trasos geometrinius parametrus numatomuose rekonstruoti žvyrkeliuose, atlikti lyginamuosius avaringumo tyrimus, įvertinti kelio trasos projektinių sprendinių kokybę žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose, pateikti rekomendacijas Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normų nuostatomis tobulinti.

Disertaciją sudaro įvadas, 5 skyriai, bendrosios išvados ir rekomendacijos bei priedai.

Įvadiniamame skyriuje aptariama tiriamoji problema, darbo aktualumas, aprašomas tyrimų objektas, formuluojamas darbo tikslas ir uždaviniai, mokslinis darbo naujumas, praktinė darbo rezultatų reikšmė, ginamieji teiginiai.

Pirmasis skyrius skirtas Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės kelių tinklo plėtros ir žvyrkelių rekonstrukcijos patirties analizei.

Antrasis skyrius skirtas automobilių kelių projektavimo normų nuostatų, reglamentuojančių kelio trasos projektavimą, analizei. Remiantis užsienio šalių patirtimi, pateiktos rekomendacijos Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normoms patikslinti ir papildyti.

Trečiajame skyriuje aptariama eksperimentinių tyrimų metodika, skirta esamos kelio trasos kokybei žvyrkeliuose tirti, avaringumui analizuoti ir projektinių sprendinių kokybei vertinti.

Ketvirtajame skyriuje pateikiami eksperimentinių tyrimų metu gauti rezultatai – esamos kelio trasos kokybė ir numatoma trasos koregavimo apimtis rengiant žvyrkelių rekonstrukcijos projektus, avaringumo rodikliai žvyrkeliuose iki ir po rekonstrukcijos, kelio trasos sprendinių kokybės įvertinimas jau parengtuose žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose.

Penktajame skyriuje pateikiama visų atliktų tyrimų rezultatų apžvalga.

Disertacijos tema paskelbti 6 moksliniai straipsniai: trys – periodiniame mokslo žurnale, įtrauktame į Thomson ISI Web of Science sąrašą ir trys – recenzuojamose tarptautinių konferencijų medžiagose. Disertacijos tema perskaityti 3 pranešimai Lietuvos ir kitų šalių mokslinėse konferencijose.

Abstract

The dissertation studies regularities for the design of road alignment, design solutions in the gravel road reconstruction projects and their links with the requirements of road design standards. The aim of the dissertation – to suggest methods for improving the quality of design solutions.

The following tasks are solved in the dissertation: to determine the links of design solutions of road alignment with the requirements of road design standards, to evaluate geometric parameters of the existing road alignment on the gravel roads to be reconstructed, to carry out comparative investigations of accident rate, to determine the quality of design solutions of road alignment in the gravel road reconstruction projects and to give recommendations for improving the requirements of the road design standards of the Republic of Lithuania.

The dissertation consists of introduction, five chapters, general conclusions, recommendations and addenda.

General characteristic of the dissertation describes the studied problem, topicality of the work, the object of research, formulates the aim and tasks of the work, scientific novelty, practical value of results and the defended propositions of the work.

Chapter 1 gives the analysis of experience in developing the road network of national significance of the Republic of Lithuania and reconstructing gravel roads.

Chapter 2 gives the analysis of requirements of road design standards regulating a design of road alignment. Based on the experience of foreign countries recommendations are given for correcting and supplementing the road design standards of the Republic of Lithuania.

Chapter 3 describes methodology of experimental investigations developed for the investigation of the quality of existing alignment of gravel roads, analysis of accident rate and evaluation of the quality of design solutions.

Chapter 4 gives the results of experimental investigations – the quality of the existing road alignment and the planned volume of its correction in course of preparation of the gravel road reconstruction projects, accident indices of gravel roads before and after reconstruction, determination of the quality of road alignment solutions in the already prepared gravel road reconstruction projects.

Chapter 5 presents the review of results of all the conducted investigations.

6 scientific articles have been published on the topic of the dissertation: 3 in a periodical scientific journal included into the list of Thomson ISI Web of Science and 3 – in the reviewed conference proceedings. 3 presentations were made on the topic of the dissertation in the scientific conferences in Lithuania and other countries.

Sąvokos

Šiame darbe vartojamos sąvokos

85 procentų greitis – greitis, kuriuo netrukdomai važiuoja 85 % automobilių, esant normalioms eismo sąlygoms ir švariai bei šlapiai kelio dangai.

Automobilis – bet kokia motorinė transporto priemonė, skirta važiuoti keliu ir vežti krovinius ir (ar) keleivius arba vilkti kitas transporto priemones. Automobiliams priskiriami ir troleibusai, t.y. nebėginės elektrinės transporto priemonės, kurioms energija tiekama elektros laidais. Automobiliams nepriskiriami motociklai, traktoriai ir savaeigės mašinos.

Avaringas ruožas – kelio ruožas, kuriame avaringumo rodikliai dar nepasiekė ribinių reikšmių, tačiau reikia imtis prevencinių priemonių, kad jame neatsirastų „juodoji dėmė“.

Eismo įvykis – įvykis kelyje, viešose arba privačiose teritorijose, kurio metu, dalyvaujant judančiai transporto priemonei, žuvo ar buvo sužeista žmonių, sugadinta ar apgadinata bent viena transporto priemonė, kroviny, kelias, jo statiniai ar bet koks kitas įvykio vietoje buvęs turtas.

Eismo patogumo (kokybės) lygis – kokybinė eismo būklė, kai nusistovi charakteringos eismo sąlygos.

Eismo saugumas – kelių eismo ypatybių visuma, rodanti, kiek eismo dalyviai yra apsaugoti nuo eismo įvykių ir jų padarinių.

Horizontalioji kreivė – kelios trasos plano elementas, naudojamas trasos posūkių suapvalinimui.

Išgaubta vertikaloji kreivė – kreivė, naudojama kelio išilginio profilio lūžiams suapvalinti reljefo įdubų vietose.

Išgaubta vertikaloji kreivė – kreivė, naudojama kelio išilginio profilio lūžiams suapvalinti reljefo iškilumų vietose.

Išilginio profilio lūžio kampas – dviejų gretimų išilginio profilio tiesių nuolydžių skirtumas.

„Juodoji dėmė“ – kelio ruožas, kuriame avaringumo rodikliai viršijo ribines reikšmes ir kuriame reikia nedelsiant imtis priemonių saugaus eismo situacijai gerinti.

Kelias – eismui skirta ir naudojama žemės arba statinio paviršiaus juosta per visą jos plotį, įskaitant važiuojamąją dalį, sankryžas, šaligatvius, kelkraščius, pėsčiųjų ir dviračių takus, skiriamąsias juostas.

Kelio ašis – sąlyginė erdvinė linija, išilgai kurios matuojamas kelio ilgis. Dažniausiai sutampa su važiuojamosios dalies simetrijos ašimi.

Kelio išilginis profilis – vertikalusis pjūvis išilgai kelio trasos.

Kelio trasa – kelio ašies padėtis vietovėje. Kelio trasos elementai yra tiesės ir horizontaliosios bei vertikaliosios kreivės.

Kelio trasos planas – kelio trasos horizontalioji projekcija.

Leidžiamas greitis – greitis, kurį nustato Kelių eismo taisyklės.

Projektinis greitis – techniniu ir ekonominiu požiūriu pagrįstas greitis, nustatomas kelio projektavimo reikmėms, atsižvelgiant į kelio kategoriją ir paskirtį, kelio tiesimo (rekonstravimo) sąlygas.

Trasos posūkio kampas – kampas trasos plane tarp dviejų gretimų tiesių krypčių.

Važiuojamoji dalis – kelio dalis, skirta važiuoti transporto priemonėms.

Vingiutumas – trasos posūkio kampų absoliučių reikšmių sumos ir kelio ruožo ilgio santykis.

Viržas – kelio atkarpa, kurios danga turi vienšlaitį nuolydį, nukreiptą į kreivės centrą. Rengiamas dėl važiavimo patogumo, automobilio stabilumo ir eismo saugos kreivėse.

Žymėjimai

Simboliai

a – automobilio pagreitis;
 a_0 – išcentrinės jėgos pagreitis;
 A – eismo įvykių skaičius per metus;
 AK – avaringumo koeficientas;
 AN – eismo įvykių kaštai;
 AT – eismo įvykių tankis;
 CCR_s – vingiuotumas;
 e – važiuojamosios dalies skersinis nuolydis;
 F_L – aerodinaminio pasipriešinimo jėga;
 F_R – skersinė jėga;
 f_R – skersinės jėgos koeficientas;
 f_{RA} – priimtinas skersinės jėgos koeficientas;
 f_{RD} – realios skersinės jėgos koeficientas;
 f_T – išilginio sankibumo koeficientas;

g – laisvojo kritimo pagreitis;
 H_V – vertikaliosios kreivės viršūnės aukštis;
 h_1 – vairuotojo akies auštis virš važiuojamosios dalies;
 h_2 – kliūtis, kurią laiku turi pastebėti vairuotojas, aukštis;
 i – kelio išilginis nuolydis;
 L – horizontaliosios kreivės ilgis;
 L_V – vertikaliosios kreivės ilgis;
 Q – automobilio svorio jėga;
 R – kreivės spindulys;
 R_{min} – mažiausias kreivės spindulys;
 S_S – sustojimo matomumas;
 S_1 – suvokimo atstumas;
 S_2 – stabdymo kelias;
 TL – tiesės ilgis;
 t_R – vairuotojo reakcijos laikas;
 V – automobilio važiavimo greitis;
 V_{85} – 85 procentų greitis;
 V_P – projektinis greitis;
 V_L – leidžiamas greitis;
 γ – trasos posūkio kampas, išilginio profilio lūžio kampas.

Santrumpos

APEI – autotransporto priemonių eksploatacijos išlaidos;
 DTM – skaitmeninis vietovės modelis (*Digital Terrain Model*);
 ESK – eismo saugumo kriterijus;
 GPS – visuotinė padėties nustatymo sistema (*Global Positioning System*);
 LKS 94 – 1994 metų Lietuvos valstybinė koordinačių sistema;
 ORT10 – skaitmeninis ortofotografinis žemėlapis;
 PVI – poligono viršūnė;
 RTK – kinematinis realiajame laike duomenų kaupimas GPS prietaisais (*Real Time Kinematic*);
 VMPEI – vidutinis metinis paros eismo intensyvumas;
 VVAK – vidutinė eismo įvykio kaina.

Turinys

IVADAS	1
Problemos formulavimas.....	1
Darbo aktualumas.....	2
Tyrimų objektas.....	3
Darbo tikslas.....	3
Darbo uždaviniai	3
Tyrimų metodika	3
Darbo mokslinis naujumas ir jo reikšmė	4
Darbo rezultatų praktinė reikšmė	4
Ginamieji teiginiai	5
Darbo rezultatų aprobavimas.....	5
Disertacijos struktūra.....	5
 1. LIETUVOS RESPUBLIKOS ŽVYRKELIŲ TINKLAS IR JO PLĖTROS ANALIZĖ	 7
1.1. Lietuvos kelių tinklas	7
1.2. 2002–2015 metų Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros programos analizė.....	9
1.3. Žvyrkelių asfaltavimo programos ir jos įgyvendinimo patirties analizė.....	11
1.4. Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normų reikalavimai kelio trasai ir jų peržiūros poreikis.....	14
1.5. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas.....	17

2. LIETUVOS RESPUBLIKOS IR UŽSIENIO ŠALIŲ AUTOMOBILIŲ KELIŲ PROJEKTAVIMO NORMŲ ANALIZĖ	19
2.1. Automobilų kelių projektavimo normų reikalavimų kelio trasos sprendiniams analizė	19
2.1.1. Kelių kategorijos ir projektavimo reikmėms naudojami greičiai	20
2.1.2. Horizontaliųjų kreivių spinduliai	21
2.1.3. Vertikaliųjų kreivių spinduliai	26
2.2. Nuoseklios ir saugios kelio trasos projektavimas dviejų eismo juostų keliuose	35
2.2.1. Reikalavimai kelio trasos elementų suderinamumui automobilių kelių projektavimo normose	35
2.2.2. Vingiuotumo sąvoka	37
2.2.3. Kelio trasos elementų įtaka avaringumui ir automobilių važiavimo greičiui, projekcinio greičio nustatymas	39
2.2.4. Tiesės eismo saugumo analizėje	42
2.2.5. Eismo saugumo kriterijų ir eismo saugumo modulio sąvokos	43
2.2.6. Horizontaliųjų kreivių spindulių ir tiesių ilgių derinimas	46
2.3. Antrojo skyriaus išvados	50
3. EKSPERIMENTINIŲ TYRIMŲ METODIKA	53
3.1. Kelio trasos plano žvyrkeliuose tyrimo metodika	53
3.2. Žvyrkelių išilginio profilio tyrimo metodika	56
3.3. Avaringumo žvyrkeliuose tyrimo metodika	58
3.4. Kelio trasos projektinių sprendinių kokybės vertinimo metodika	60
3.5. Žemės paėmimo kelio juostai apimtės prognozės metodika	62
3.6. Trečiojo skyriaus išvados	64
4. EKSPERIMENTINIŲ TYRIMŲ REZULTATAI	67
4.1. Kelio trasos plano žvyrkeliuose tyrimo rezultatai	67
4.2. Žvyrkelių išilginio profilio tyrimo rezultatai	71
4.3. Avaringumo žvyrkeliuose iki ir po rekonstrukcijos tyrimo rezultatai	75
4.4. Kelio trasos sprendinių kokybės žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose vertinimo rezultatai	78
4.5. Žemės paėmimo kelio juostai apimtės prognozė	81
4.6. Ketvirtąjo skyriaus išvados	85
5. TYRIMŲ REZULTATŲ APIBENDRINIMAS	89
BENDROSIOS IŠVADOS	97
LITERATŪRA IR ŠALTINIAI	99
AUTORIAUS PUBLIKACIJOS DISERTACIJOS TEMA	105

PRIEDAI.....	107
1 priedas. Ilgiausių tiesių intarpų tarp horizontaliųjų kreivių nustatymo lentelės	109
2 priedas. Kelio trasos plano žvyrkeliuose tyrimo medžiaga	114
3 priedas. Žvyrkelių išilginio profilio tyrimo medžiaga	151
4 priedas. Avaringumo žvyrkeliuose iki ir po rekonstrukcijos tyrimo medžiaga ...	252
5 priedas. Kelio trasos sprendinių kokybės žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose tyrimo medžiaga	259
6 priedas. Galimo žemės paėmimo kelio juostai apimties tyrimo medžiaga	278

Contents

INTRODUCTION	1
Formulation of the problem.....	1
Topicality of the work	2
The object of research	3
The aim of the work	3
The tasks of the work	3
Methodology of research.....	3
Scientific novelty and the value of work	4
Practical value of the results.....	4
Defended propositions.....	5
Approval of the results of work.....	5
The scope of the dissertation	5
1. GRAVEL ROAD NETWORK OF THE REPUBLIC OF LITHUANIA AND ANALYSIS OF ITS DEVELOPMENT	7
1.1. The road network of Lithuania	7
1.2. Analysis of the road maintenance and development programme of the roads of national significance of the Republic of Lithuania for 2002–2015.....	9
1.3. Gravel Roads Paving Programme and the experience of its implementation....	11
1.4. Requirements of the road design standards of the Republic of Lithuania for road alignment and the need for their revision	14
1.5. Conclusions of Chapter 1 and formulation of the tasks of dissertation	17

2. ANALYSIS OF THE ROAD DESIGN STANDARDS OF THE REPUBLIC OF LITHUANIA AND FOREIGN COUNTRIES	19
2.1. Analysis of the requirements of road design standards for the solutions of road alignment	19
2.1.1. Road categories and speeds used for design needs	20
2.1.2. The radii of horizontal curves	21
2.1.3. The radii of vertical curves	26
2.2. Design of smooth and safe route on the two-lane roads	35
2.2.1. Requirements for the compatibility of the elements of road alignment in road design standards	35
2.2.2. The concept of the Curvature Change Rate.....	37
2.2.3. The effect of route elements on the accident rate and vehicle speed, determination of design speed.....	39
2.2.4. Tangents in the traffic safety analysis	42
2.2.5. The concept of traffic safety criteria and traffic safety module	43
2.2.6. Coordination of the radii of horizontal curves and the lengths of tangents.....	46
2.3. Conclusions of Chapter 2	50
3. METHODOLOGY OF EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS	53
3.1. Methodology for the investigation of horizontal alignment of gravel roads	53
3.2. Methodology for the investigation of vertical alignment of gravel roads.....	56
3.3. Methodology for the investigation of accident rate	58
3.4. Methodology for the evaluation of the quality of design solutions of road alignment	60
3.5. Methodology for predicting the volume of taking of land for the right-of-way	62
3.6. Conclusions of Chapter 3	64
4. RESULTS OF EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS	67
4.1. Results of investigating the horizontal alignment of gravel roads.....	67
4.2. Results of investigating the vertical alignment of gravel roads.....	71
4.3. Results of investigating the accident rate of gravel roads before and after reconstruction.....	75
4.4. Results of the evaluation of the quality of road alignment solutions in the gravel road reconstruction projects	78
4.5. Forecast for the volume of taking of land for the right-of-way	81
4.6. Conclusions of Chapter 4	85
5. GENERALIZATION OF INVESTIGATION RESULTS	89
GENERAL CONCLUSIONS	97
LIST OF LITERATURE AND PUBLICATIONS	99

LIST OF PUBLISHED WORKS ON THE TOPIC OF THE DISSERTATION.....	105
ADDENDA.....	107
Addendum 1. Tables for the determination of the longest tangents between horizontal curves	109
Addendum 2. Material for the investigation of horizontal alignment of gravel roads	114
Addendum 3. Material for the investigation of vertical alignment of gravel roads	151
Addendum 4. Material for the investigation of accident rate of gravel roads before and after reconstruction	252
Addendum 5. Material for the investigation of the quality of road alignment solutions in the gravel road reconstruction projects.....	259
Addendum 6. Material for the investigation of the volume of possible taking of land for the right-of-way.....	278

Ivadas

Problemos formulavimas

Lietuvos automobilių kelių direkcija, įgyvendindama Valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros, Saugaus eismo gerinimo keliuose bei Valstybinę saugaus eismo automobilių keliais 2005–2010 metų programas, siekia pagerinti saugaus eismo sąlygas Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose (LR susisiekimo ... 2001; LR Vyriausybės... 2005; LR Vyriausybės... 2007). Svarbi Valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros programos dalis yra Žvyrkelių asfaltavimo programa, pradėta įgyvendinti 1998 metais. Pagrindinis Žvyrkelių asfaltavimo programos tikslas – siekiant sumažinti socialinius ir ekonominius skirtumus regionuose, rekonstruoti žemesnių kategorijų valstybinės reikšmės kelių, pašalinti šiuo metu esančias kelių tinklo plėtros disproporcijas.

Nepaisant didelių investicijų į valstybinės reikšmės kelių tinklo plėtrą ir eismo saugumo gerinimą, avaringumas Lietuvos Respublikoje iki šiol buvo vienas iš didžiausių Europos Sąjungoje. Tai leidžia daryti prielaidą, kad ne visos kelių tinklo tobulinimui taikomos priemonės yra pakankamai efektyvios, tarp jų ir automobilių kelių rekonstrukcijos projektų sprendiniai.

Ypač didelį susirūpinimą kelia žvyrkelių rekonstrukcijos projektų sprendiniai, kurie gali būti netinkami eismo saugumo požiūriu, nes šiuo metu Lietuvoje itin dažnai taikoma praktika, kad projektinė kelio ašis rekonstruojamuose žvyr-

kelių ruožuose kuo mažiau nukryptų nuo esamos ašies. Tokios žvyrkelių rekonstrukcijos praktikos pagrindinė motyvacija – rekonstrukcijos darbų kainos mažinimas žemės paėmimo projektinei kelio juostai išlaidų sąskaita. Kita svarbi priežastis, dėl kurios susiklostė dabartiniu metu taikoma žemesnių kategorijų kelių, tarp jų ir žvyrkelių, rekonstrukcijos praktika, yra liberalios Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normos, leidžiančios itin laisvai interpretuoti jų nuostatų laikymąsi.

Lietuvoje pavojingoms atkarpoms automobilių keliuose nustatyti naudojama „Avaringų ruožų nustatymo valstybinės reikšmės keliuose metodika“ (LR susisiekimo ... 2004), kuri nuolatos tobulinama, siūlomos naujos inžinerinės saugaus eismo gerinimo ir eismo įvykių prevencijos priemonės (Ratkevičiūtė 2009). Tačiau ši metodika turi esminį trūkumą – ji pagrįsta eismo įvykių apskaita (avaringas ruožas arba „juodoji dėmė“ nustatomi tik tada, kai avaringumo rodikliai pasiekia ribines reikšmes tam tikrame kelio ruože). Europos Sąjungos šalyse jau taikoma projektavimo metodika, suteikianti galimybę dar projektavimo stadijoje nustatyti potencialiai pavojingas kelio atkarpas, ateityje galinčias tapti avaringais ruožais arba „juodosiomis dėmėmis“. Nors šios metodikos privalumai yra akivaizdūs, ja iki šiol nėra paremtos Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normų nuostatos.

Darbo aktualumas

Paskutinį dešimtmetį Lietuvoje taikoma praktika – rekonstruojant žemesnių kategorijų kelius, ypač žvyrkelius, kuo mažiau nukrypti nuo esamos kelio ašies – prieštarauja visuotinai priimtoms automobilių kelių projektavimo tradicijoms. Tai leidžia daryti prielaidą, kad šios praktikos motyvacija gali būti nepakankamai pagrįsta tiek techniniu, tiek ekonominiu požiūriu.

Iš kitos pusės, ankstesnėms ir dabartinėms Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normoms būdinga ne tik tai, kad jos leidžia itin laisvai interpretuoti jose nustatytus reikalavimus, bet ir pagrindinių reikalavimų kelio trasos sprendiniams kitimas. Tad galima teigti, kad dabar galiojančiose Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normose gali būti netikslumų, kuriuos būtina koreguoti. Be to, dabartinės projektavimo normas būtina papildyti naujomis nuostatomis, leidžiančiomis nustatyti netinkamai eismo saugumo požiūriu suprojektuotas kelio atkarpas ir ištaisyti kelio trasos projektinių sprendinių klaidas dar projektavimo stadijoje.

Tyrimų objektas

Darbo tyrimų objektas – kelio trasos projektavimo dėsningumai, projektiniai sprendiniai žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose ir jų sąsajos su automobilių kelių projektavimo normų nuostatomis.

Darbo tikslas

Šio darbo tikslas – nustatyti kelio trasos projektavimo dėsningumus, jų sąsajas su automobilių kelių projektavimo normų nuostatomis ir pasiūlyti metodus projektinių sprendinių kokybei gerinti.

Darbo uždaviniai

Darbo tikslui pasiekti darbe reikia spręsti šiuos uždavinius:

1. Atlikti automobilių kelių projektavimo normų nuostatų, reglamentuojančių kelio trasos sprendinius, analizę ir pateikti pasiūlymus šioms nuostatomis tobulinti.
2. Įvertinti esamos kelio trasos kokybę ir galimo trasos plano ir išilginio profilio koregavimo apimtį numatomuose rekonstruoti žvyrkelių ruožuose.
3. Atlikti avaringumo tyrimą rekonstruotuose žvyrkelių ruožuose, lyginant avaringumą iki ir po rekonstrukcijos.
4. Įvertinti kelio trasos projektinių sprendinių kokybę žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose.
5. Įvertinti žemės paėmimo kelio juostai apimtį tuo atveju, kai žvyrkelių rekonstrukcijos projektai būtų rengiami pagal projektavimo normų reikalavimus.
6. Įvertinti Lietuvoje taikomos praktikos – rekonstruojant žvyrkelius kuo mažiau nukrypti nuo esamos kelio trasos – pagrįstumą.

Tyrimų metodika

Siekiant nustatyti galimus netikslumus Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normų nuostatose, reglamentuojančiose kelio trasos sprendinius, ir

pateikti pasiūlymus šių nuostatų koregavimui ir papildymui, atlikti tyrimai taikant lyginamosios analizės metodą. Naudojant darbo rengimo metu sukurtą metodiką atlikti trys eksperimentiniai tyrimai:

- kelio trasos plano žvyrkeliuose tyrimas;
- žvyrkelių išilginio profilio tyrimas;
- žemės paėmimo kelio juostai apimties prognozė.

Statistiniai metodai pritaikyti tiriant avaringumą žvyrkeliuose iki ir po rekonstrukcijos. Projektinių sprendinių žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose kokybės vertinimo eksperimentiniams tyrimams pritaikyta eismo saugumo kriterijų metodika.

Darbo mokslinis naujumas ir jo reikšmė

Rengiant disertaciją, buvo gauti šie statybos inžinerijos mokslui nauji rezultatai:

1. Automobilių kelių projektavimo normų nuostatomis, reglamentuojančioms kelio trasos sprendinius, tobulinti bei kelių rekonstrukcijos projektų sprendinių kokybei gerinti pritaikyta nauja projektavimo metodika, pagal kurią kelio trasa nagrinėjama kaip nuosekli tarpusavyje susijusių elementų seka.
2. Esamos kelio trasos geometriniai parametrai Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės kelių tinklo žvyrkeliuose.
3. Kelio trasos sprendinių kokybės įvertinimas žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose.
4. Avaringumo pokyčiai žvyrkeliuose iki ir po rekonstrukcijos.

Darbo rezultatų praktinė reikšmė

Praktinis darbe atliktų tyrimų rezultatų panaudojimas leistų pagerinti projektinių sprendinių kokybę, rengiant žemesnių kategorijų užmiesčio kelių rekonstrukcijos projektus:

- Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normos būtų patobulintos ir užtikrintų geometriškai sklandžios ir saugios kelio trasos projektinius sprendinius;
- eismo saugumo kriterijų metodikos taikymas leistų dar projektavimo stadijoje nustatyti ir pašalinti potencialiai pavojingas atkarpas keliuose.

Ginamieji teiginiai

1. Būtina tobulinti Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normų nuostatas, įvertinant kelio trasos projektavimo dėsningumus ir projektinių sprendinių kokybę kelių rekonstrukcijos projektuose.
2. Rengiant žvyrkelių rekonstrukcijos projektus, neturi būti ribojama galimybė nukrypti nuo esamos kelio ašies.

Darbo rezultatų aprobavimas

Disertacijos tema išspausdinti šeši moksliniai straipsniai: trys – periodiniame mokslo žurnale, įtrauktame į Thomson ISI Web of Science sąrašą (Gintalas *et al.* 2007a; Gintalas *et al.* 2007b; Gintalas *et al.* 2008), ir trys – recenzuojamose tarptautinių konferencijų medžiagose (Gintalas *et al.* 2005a; Gintalas *et al.* 2005b; Vitkienė *et al.* 2008).

Disertacijoje atliktų tyrimų rezultatai buvo paskelbti trijose mokslinėse konferencijose Lietuvoje ir užsienyje:

- tarptautinėje konferencijoje „*International Symposium on Highway Geometric Design*“ 2005 m. Čikagoje, JAV;
- tarptautinėje konferencijoje „*Environmental Engineering*“ 2005 m. Vilniuje;
- tarptautinėje konferencijoje „*Environmental Engineering*“ 2008 m. Vilniuje.

Disertacijos struktūra

Disertaciją sudaro įvadas ir penki skyriai, pateikti 6 priedai.

Darbo apimtis – 107 puslapiai, neskaitant priedų (jie pateikti elektroninėje laikmenoje), tekste naudota 51 numeruota formulė, 51 paveikslas ir 18 lentelių.

Lietuvos Respublikos žvyrkelių tinklas ir jo plėtros analizė

Šiame skyriuje pateikiami duomenys apie Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės kelių tinklą, analizuojama valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros programa, žvyrkelių rekonstrukcijos patirtis, formuluojamas darbo tikslas ir uždaviniai.

1.1. Lietuvos kelių tinklas

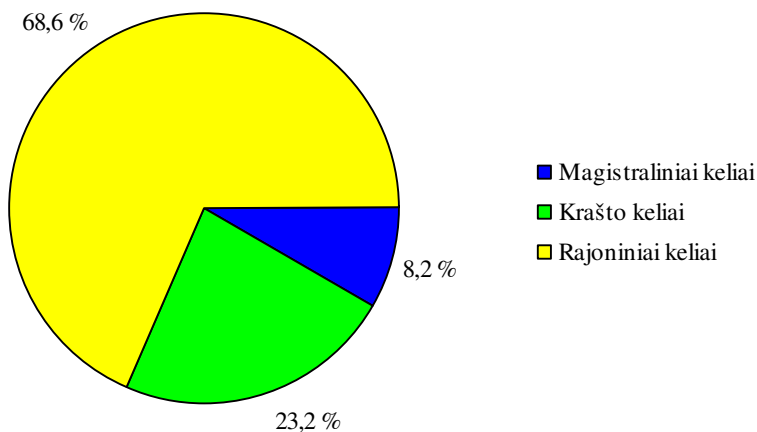
Automobilių keliai – viena reikšmingiausių sričių, turinčių didžiulės įtakos ekonomikos, tarptautinių mainų, turizmo, kultūros santykių plėtrai. Ypač tai aktualu dabar, kai plečiantis Europos Sąjungai atsiveria sienos, gausėja partnerystės ryšių ir bendrų projektų.

Magistraliniai keliai – pagrindiniai Lietuvos keliai, kuriais vyksta intensyviausias transporto priemonių eismas. Jiems priskiriami ir visi į Europos tarptautinių kelių tinklą įtraukti valstybinės reikšmės keliai.

Krašto keliai – tie keliai, kuriais vyksta intensyvus transporto priemonių eismas tarp Lietuvos Respublikos teritorijos administracinių vienetų centrų, taip pat tranzitinio ir turistinio transporto priemonių eismas.

Rajoniniai keliai – keliai, naudojami Lietuvos Respublikos teritorijos administracinių vienetų teritorijose esančių juridinių ir fizinių asmenų susisiekimo reikmėms ir jungiantys miestų ir kaimų gyvenamąsias vietas su krašto kelių tinklu. Šie keliai sudaro didžiausią kelių tinklo dalį.

Lietuva turi išplėtotą kelių tinklą, kurio ilgis siekia apie 70 tūkst. km. 2009 m. sausio 1 d. duomenimis Lietuvos Respublikoje buvo 21 320,232 km valstybinės reikšmės automobilių kelių, iš jų 1748,456 km (8,2 %) magistralinių, 4946,472 km (23,2 %) krašto ir 14 625,304 km (68,6 %) rajoninių kelių (Lietuvos automobilių ... 2009). Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės automobilių kelių ir jų dangų pasiskirstymas pateiktas 1.1–1.2 paveiksluose ir 1.1 lentelėje.



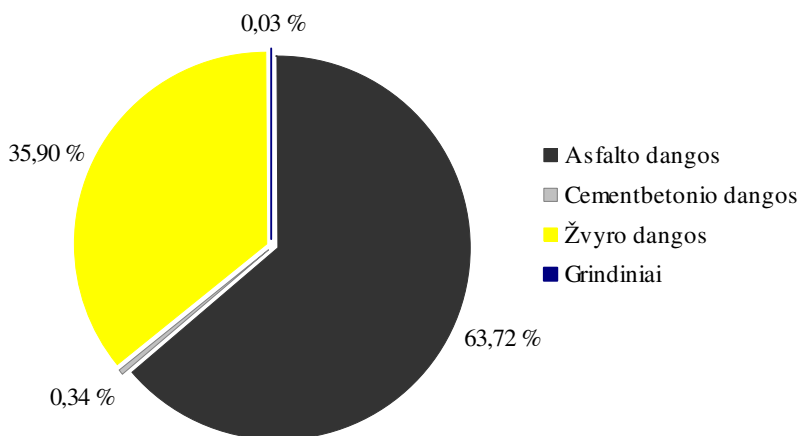
1.1 pav. Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės automobilių kelių tinklas

Fig. 1.1. The road network of national significance of the Republic of Lithuania

Tūkstančiui Lietuvos gyventojų tenka 6,36 km, o tūkstančiui kvadratinį kilometrą teritorijos – 326,53 km valstybinės reikšmės kelių. 64,1 % valstybinės reikšmės kelių tinklo ilgio sudaro keliai su asfalto arba jam prilygstančia danga, 35,9 % – žvyrkeliai. Valstybinės reikšmės kelių su patobulinta danga tinklas Lietuvoje šiuo metu išvystytas geriau negu kaimyninėse Baltijos šalyse (Estijoje žvyrkeliai sudaro apie 40 % valstybinės reikšmės kelių tinklo, Latvijoje – net 59 %) (Lietuvos automobilių ... 2009; Latvian State ... 2009; Estonian Road ... 2009), tačiau kelių su patobulinta danga tinklas Lietuvoje iki šiol nėra tolygiai išplėtotas.

1.1 lentelė. Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės automobilių keliai ir jų dangos
Table 1.1. The roads of national significance of the Republic of Lithuania and their pavements

Dangos tipas	Valstybinės reikšmės keliai, km			
	Magistraliniai	Krašto	Rajoniniai	Iš viso
Asfalto dangos	1675,876	4946,472	6963,501	13585,849
Cementbetonio dangos	72,200		1,340	73,540
Žvyro dangos			7653,457	7653,457
Grindiniai	0,380		7,006	7,386
Iš viso	1748,456	4946,472	14625,304	21320,232



1.2 pav. Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės automobilių kelių dangos

Fig. 1.2. Types of pavement on the road network of national significance of the Republic of Lithuania

1.2. 2002–2015 metų Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros programos analizė

Valstybinės reikšmės kelių priežiūra ir plėtra vykdoma pagal 2002–2015 metų Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros programą, parengtą valstybės įmonės „Transporto ir kelių tyrimo institutas“ ir patvirtintą Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerijos (2002–2015 metų ... 2001).

Rengiant 2002–2015 metų Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros programą, buvo išnagrinėta šalies automobilių kelių tinklo struktūra, techninė ir fizinė kelių būklė, kelių tiesimo ir taisymo darbų raida, automobilių kelių finansavimo kitimas, poreikis ir galimybės, kiti veiksniai, nulemiantys automobilių kelių tinklo būklę.

Sudarant programą, automobilių kelių tinklas buvo vertinamas pagal du kriterijus:

- kelių tinklo tobulinimo;
- teritorijų planavimo bei regioninės plėtros.

Pagrindinis programos tikslas – tolygiai išplėtoti kelių tinklą regionuose ir taip sumažinti socialinius bei ekonominius skirtumus. Programa parengta išanalizavus Lietuvos automobilių kelių direkcijos atskirų skyrių perspektyvinius planus, kuriais remiantis nustatytas finansavimo poreikis ir sudaryti automobilių kelių tinklo tobulinamų objektų sąrašai. Remiantis surinktais iš regioninių kelių įmonių duomenimis apie kelių plėtros, dangos stiprinimo ir atstatymo poreikį, savivaldybių duomenimis apie kelių plėtros poreikį teritorijų planavimo ir regioninės plėtros požiūriu, naudojantis kelių duomenų banko informacija, Lietuvos automobilių kelių informacinėje sistemoje LAKIS sukauptais duomenimis ir anksčiau parengtais projektais, parinkti papildomi objektai.

Programoje numatyta tobulinti Lietuvos Respublikos kelių tinklą, atsižvelgiant į augančius visuomenės poreikius, gerinti tranzito sąlygas, siekti, kad eismas keliuose taptų patogesnis ir saugesnis. Stengtasi suderinti kelių tobulinimo poreikį ir finansavimo galimybes, planuota, kad kelių sektoriaus finansavimas per artimiausius 14 metų didės proporcingai BVP augimui, t. y. apie 4,4 % per metus.

Pagal Kelių priežiūros ir plėtros programos finansavimo įstatymą (LR kelių ... 2002) programos pagrindiniai finansavimo šaltiniai yra šie:

- atskaitymai nuo pajamų;
- dalis akcizo pajamų, gautų už realizuotą benziną, dyzelinius degalus bei energetinius produktus, pagamintus iš biologinės kilmės medžiagų ir skirtus naudoti kaip variklių degalus, bei už realizuotas automobilių suskystintas dujas;
- mokestis už Lietuvos Respublikoje registruotas krovinines transporto priemones;
- Lietuvos Respublikoje, Europos Sąjungos ir kitose šalyse registruotų transporto priemonių savininkų arba valdytojų naudotojo mokestis.

2002–2015 metų Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės kelių tinklo priežiūros ir plėtros programa suskirstyta į šiuos įgyvendinimo laikotarpius:

- 2002–2005 metai;
- 2006–2010 metai;
- 2011–2015 metai;

- po 2015 metų.

Programa sudaryta šioms darbo grupėms:

- nuolatinės kelių priežiūros;
- periodinio kelių ir tiltų remonto, dangos atstatymo ir stiprinimo;
- eismo saugumo gerinimo priemonių;
- asfalto arba kito tipo patobulintos dangos žvyrkeliuose įrengimo;
- kelių ir kelio statinių rekonstrukcijos;
- naujų kelių tiesimo, kelio statinių statybos;
- kitų darbų (projektavimo, mokslinių tyrimų ir t. t.).

Rekonstruojant, modernizuojant ir plėtojant kelių infrastruktūrą, siekiama sukurti šiuolaikinę bei subalansuotą transporto sistemą, savo techniniais parametrais, sauga ir teikiamų paslaugų kokybe prilygstančią ES šalių lygiui, leidžiančią verslo sektoriui sėkmingai plėtoti veiklą ir esant minimalioms laiko sąnaudoms pasiekti kelionės tikslą. Subalansuota šiuolaikinė transporto sistema sudarytų galimybę efektyviau naudoti transporto priemones, gerinti krovinių ir keleivių pervežimo paslaugų kokybę, mažinti neigiamą poveikį aplinkai.

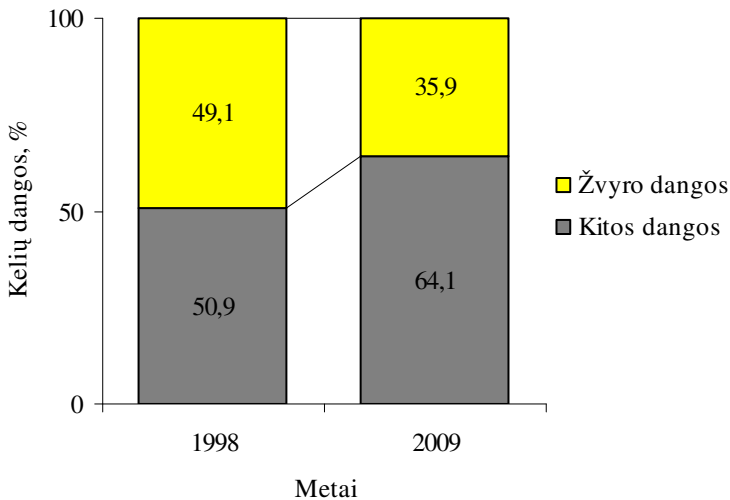
1.3. Žvyrkelių asfaltavimo programos ir jos įgyvendinimo patirties analizė

Žvyrkelių asfaltavimo programa, pradėta įgyvendinti 1998 metais, yra svarbi 2002–2015 metų Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros programos dalis. Žvyrkelių asfaltavimo programos tikslai yra šie:

- padidinti kelių su patobulinta danga tinklo tankumą ir pašalinti šiuo metu esančias kelių tinklo išplėtojimo disproporcijas;
- pagerinti susisiekimą tarp gyvenviečių ir žemės ūkio bei administracinių centrų;
- sumažinti valstybinės reikšmės kelių priežiūros sąnaudas;
- sumažinti autotransporto priemonių eksploatacijos išlaidas (APEI) ir sutrumpinti kelionės laiką;
- sumažinti neigiamą poveikį aplinkai.

Greičiausiai žvyro danga dėvosi intensyviausio eismo ruožuose. Daugelyje žvyrkelių eismo srautai yra nedideli – 200–300 aut./parą, tačiau buvo žvyrkelių, kuriuose vidutinis metinis paros eismo intensyvumas (VMPEI) siekė 1400 aut./parą. Žvyrkelių ruožuose, kuriuose didžiausias eismo intensyvumas, dangos būklė paprastai būna prasčiausia. Žvyro danga sparčiai suyra tuose ruožuose, kur ji nusidėvėjusi ir nebeapsaugo kelio konstrukcijos nuo transporto apkrovos bei aplinkos poveikio. Tokiems keliams prižiūrėti kelius prižiūrinčios organizacijos priverstos eikvoti daugiau lėšų, o kelio naudotojai patiria didžiausius autotransporto priemonių eksploatacijos ir kelionės laiko nuostolius.

Igyvendinant žvyrkelių asfaltavimo programą 1998–2009 metais, žvyrkelių dalis Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose sumažėjo nuo 49,1 % iki 35,9 % (1.3 pav.) (Lietuvos automobilių ... 2009), tačiau esama padėtis kol kas išlieka nepatenkinama – nuostoliai, patiriami dėl nepakankamai išplėto kelių su patobulinta danga tinklo, viršija 70 mln. litų per metus. 2002–2015 metų valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros programos tikslas – pasiekti, kad žvyrkelių dalis Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose sumažėtų iki 30 %.



1.3 pav. Kelių su žvyro danga dalies mažėjimas Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose

Fig. 1.3. Decrease in the part of gravel roads on the roads of national significance

Žvyrkelių asfaltavimo programos įgyvendinimo patirtis atskleidė rimtų trūkumų, svarbiausias iš jų – programos įgyvendinimo skubotumas siekiant, kad laikotarpis nuo projektavimo darbų pradžios iki žvyrkelio rekonstrukcijos darbų pabaigos sudarytų ne daugiau kaip 1–2 metus. Toks trumpas laikotarpis įmanomas tik tais atvejais, kai esamo žvyrkelio trasa nėra koreguojama arba koreguojama nežymiai – tik tiek, kad projektinė žemės sankasa tilptų esamoje kelio juostoje. Jei ši sąlyga tenkinama, nėra būtina teritorijų planavimo įstatymo numatyta tvarka (LR teritorijų ... 1995) parengti specialųjį planą ir paimti žemę visuomenės poreikiams (projektinei kelio juostai).



1.4 pav. Skubotų projektinių sprendinių pavyzdžiai
Fig. 1.4. Examples of hasty design solutions

1.4 paveiksle pateikti įgyvendintų kelio trasos projektinių sprendinių pavyzdžiai, kai žvyrkelio rekonstrukcijos projektas buvo parengtas, siekiant kuo mažiau nukrypti nuo esamos kelio ašies. Akivaizdžiai matomi šių sprendinių trūkumai:

- mažo spindulio horizontaliosios kreivės ilgų tiesių ruožų pabaigoje;
- daug viena po kitos einančių netinkamai suprojektuotų horizontaliųjų kreivių (maži spinduliai, nesuprojektuotos pereinamosios kreivės);
- deformuotas kelio trasos vaizdas, klaidinantis vairuotojus.

Manoma, kad tokie projektiniai sprendiniai žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose yra priimtini, ir tai jau tapo nusistovėjusia žvyrkelių asfaltavimo programos įgyvendinimo praktika, kuri motyvuojama išlaidų mažinimu, kai projektinei juostai nėra išperkama žemė, ir projektų įgyvendinimas nėra nukeliamas vėlesniems metams.

Kaimyninėse Baltijos šalyse patobulintos dangos įrengimo žvyrkeliuose procesas vyksta kiek kitaip – žvyrkelių rekonstrukcijos projektai rengiami laikantis automobilių kelių projektavimo normų reikalavimų kelio trasos sprendi-

niams, ir, esant reikalui, išperkant žemę projektinei kelio juostai. Eismo saugumo keliuose programa, įgyvendinama Latvijoje nuo 2000 metų (Ceļu satiksmes ... 2006), numato ne tik kelių rekonstrukcijos projektų auditą, bet ir rekonstruotų ruožų (įgyvendintų projektų) monitoringą. Ši nuostata taikoma tiek valstybinės, tiek vietinės reikšmės keliams.

Vertinant žvyrkelių asfaltavimo programos įgyvendinimo efektyvumą naudojamos ir kaštų analizės metodai (Žvyrkelių asfaltavimo ... 2006b), iki šiol nebuvo atsižvelgiama į avaringumo pokyčius. Įgyvendintų žvyrkelių rekonstrukcijos projektų monitoringas dar tik pradedamas, todėl dabartinės žvyrkelių asfaltavimo programos įgyvendinimo praktikos pagrindumas ir pasekmės kol kas nėra objektyviai įvertintos.

Lyginant su kitomis Europos Sąjungos šalimis, avaringumo rodikliai Lietuvoje yra vieni blogiausių. Lietuva pagal žuvusiųjų skaičių, tenkantį 1 mln. gyventojų, pirmauja tarp ES šalių (European Commission ... 2009). Saugaus eismo užtikrinimas automobilių keliuose yra vienas svarbiausių šių dienų uždavinių, todėl labai svarbu išvengti eismo sąlygų pablogėjimo rekonstruojamuose žvyrkeliuose.

1.4. Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normų reikalavimai kelio trasai ir jų peržiūros poreikis

Iki 1996 metų Lietuvos Respublikoje automobilių kelių projektavimo darbai buvo reglamentuojami SSRS Statybos normų ir taisyklių SNiP 2.05.02-85.

Pirmasis lietuviškas automobilių kelių projektavimą reglamentuojantis leidinys yra Lietuvos Respublikos statybos ir urbanistikos ministro ir Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 1996 metų balandžio 2 dienos įsakymu Nr. 42/121 patvirtintos „Automobilių kelių projektavimo normos ir taisyklės PNT-K 95“. Jas sudarant buvo pasinaudota Vokietijos Federacinės Respublikos patirtimi automobilių kelių projektavimo srityje. Didžioji dalis PNT-K 95 nuostatų buvo perimta iš VFR automobilių kelių projektavimo normų RAS-L, sudėrinus šias nuostatas su Lietuvos Respublikos teisės aktais ir norminiais dokumentais.

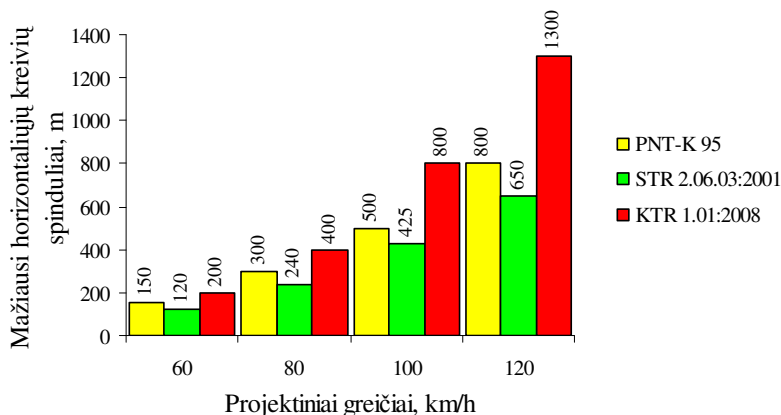
Nuo 2002 metų vasario 2 dienos įsigaliojo Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 2001 metų gruodžio 18 dienos įsakymu Nr. 603/456 patvirtintas Statybos techninis reglamentas STR 2.06.03:2001 „Automobilių keliai“. Kai kurios reglamento nuostatos netrukus buvo iš esmės peržiūrėtos – aplinkos ministro ir susisiekimo ministro 2002 metų

gruodžio 5 dienos įsakymu Nr. 619/3–570 patvirtintas Statybos techninio reglamento STR 2.06.03:2001 „Automobilių keliai“ pakeitimas.

Šiuo metu Lietuvos Respublikoje visų nuosavybės formų kelių už gyvenamųjų vietovių ribų tiesimo, rekonstravimo ir remonto projektavimo techninius reikalavimus nustato Kelių techninis reglamentas KTR 1.01:2008 „Automobilių keliai“, patvirtintas Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2008 metų sausio 9 dienos įsakymu Nr. D1–11/3–3.

Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normos buvo peržiūrimos ir keičiamos kas 6–7 metus, dažniau negu užsienio šalių projektavimo normos arba standartai (pvz. Rusijos, Vokietijos, Latvijos). Be to, lyginant tarpusavyje Lietuvoje galiojusias ir dabar galiojančias automobilių kelių projektavimo normas, galima pastebėti, kad iš esmės keitėsi kelio trasos projektavimą reglamentuojančios nuostatos:

- automobilių kelių skirstymas į kategorijas;
- projektavimo reikmėms naudojami greičiai ir jų reikšmės;
- reikalavimai kelio trasos plano ir išilginio profilio projektavimui;
- kitos nuostatos, darančios įtaką kelio trasos projektinių sprendinių kokybei.



1.5 pav. Horizontaliųjų kreivių spinduliai Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normose

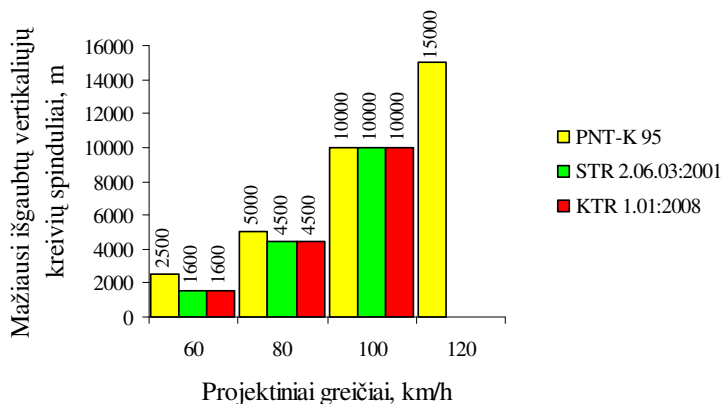
Fig. 1.5. Radii of horizontal curves in the road design standards of the Republic of Lithuania

Vienas iš pagrindinių kelio trasos plano projektavimo reikalavimų yra mažiausi leistini horizontaliųjų kreivių spinduliai. Mažiausių leistinų horizontaliųjų kreivių spindulių reikšmių, nustatytų įvairiu metu Lietuvoje galiojusių projektavimo normų, palyginimas pateiktas 1.5 paveiksle. Lyginant su ankstesnėmis pro-

jektavimo normomis, dabar galiojančiame KTR 1.01:2008 nurodytos gerokai didesnės horizontaliųjų kreivių spindulių reikšmės.

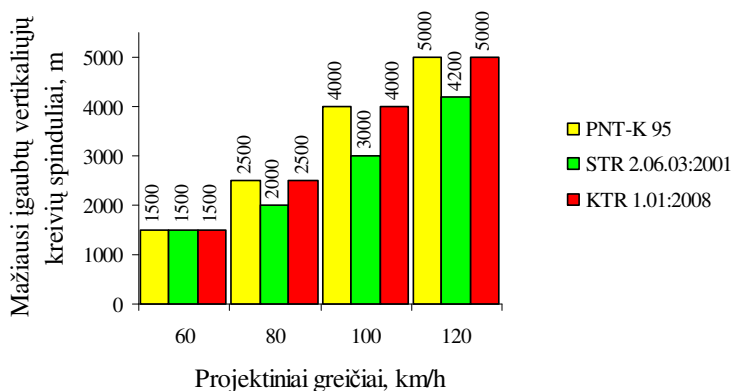
Kelio išilginio profilio projektavimo reikalavimus nulemia:

- didžiausi leistini išilginiai nuolydžiai;
- mažiausi leistini vertikaliųjų kreivių spinduliai.



1.6 pav. Išgaubtų vertikaliųjų kreivių spinduliai Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normose

Fig. 1.6. Radii of crest vertical curves according to the road design standards of the Republic of Lithuania



1.7 pav. Įgaubtų vertikaliųjų kreivių spinduliai Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normose

Fig. 1.7. Radii of sag vertical curves according to the road design standards of the Republic of Lithuania

Vertikaliųjų kreivių spinduliai yra neatskiriama susiję su ribinėmis matavimo atstumų reikšmėmis, kurios Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normose išliko nepakitusios. Tačiau projektavimo normose nurodytos vertikaliųjų kreivių spindulių reikšmės pastebimai keitėsi (1.6–1.7 pav.).

Toks esminių kelio trasos projektavimo reikalavimų nepastovumas leidžia daryti prielaidą, kad šie reikalavimai ankstesnėse arba dabar galiojančiose automobilių kelių projektavimo normose buvo arba yra nepakankamai pagrįsti.

Tarp kitų nuostatų, nulėmusių kelio trasos sprendinius, būtina paminėti leistinus nukrypimus nuo reikalavimų, kurie Lietuvos Respublikos automobilių projektavimo normose taip pat keitėsi:

- „Automobilių kelių projektavimo normose ir taisyklėse PNT-K 95“ buvo leidžiama, esant techniniam ir ekonominiam pagrindimui, III ir IV kategorijos kelių rekonstrukcijos projektuose taikyti viena kategorija žemesnius parametrus;
- Statybos techniniame reglamente STR 2.06.03:2001 „Automobilių keliai“ buvo nurodyta riboti automobilių važiavimo greitį tais atvejais, kai kelio trasos projektiniai sprendiniai netenkinio reglamento nuostatų;
- dabar galiojančiame Kelių techniniame reglamente KTR 1.01:2008 „Automobilių keliai“ teigiama, kad, techniniu ir ekonominiu požiūriais pagrindus, ne tik leidžiama nukrypti nuo reglamento nuostatų, bet ir būtina iš pagrindų patikrinti, ar nuoseklus reglamento reikalavimų taikymas neturės neigiamų pasekmių.

Galima teigti, kad automobilių kelių projektavimo normų Lietuvoje kiekviena redakcija sudarė vis didesnes jų nuostatų interpretavimo galimybes. Be to, dabar galiojantis KTR 1.01:2008 privažiavimo paskirtį turintiems keliams (tarp kurių yra ir žvyrkeliai) priskiria minimalų eismo kokybės lygį ir todėl tam tikra prasme įteisina dabartinę žemesnių kategorijų kelių, ypač žvyrkelių, rekonstrukcijos projektų rengimo praktiką. Šiuo požiūriu KTR 1.01:2008 pastebimai skiriasi nuo užsienio šalių automobilių kelių projektavimo normų arba standartų, kuriuose apie leistinus nukrypimus nuo šiuose dokumentuose išdėstytų reikalavimų apskritai nekalbama arba tokie nukrypimai traktuojami kaip ypatingi atvejai ir konfliktinės situacijos.

1.5. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas

Žvyrkelių asfaltavimo programos įgyvendinimo metu nusistovėjusi ir Lietuvos automobilių kelių projektavimo normose tam tikra prasme įteisinta praktika – rekonstruojant žvyrkelius kuo mažiau nukrypti nuo esamos kelio ašies – iki šiol neturi mokslinio pagrindimo. Be to, Lietuvos Respublikos automobilių kelių

projektavimo normose dalis reikalavimų kelio trasos projektiniams sprendiniams laikui bėgant buvo iš esmės keičiami.

Visa tai leidžia daryti šias prielaidas:

- Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normose yra netikslumų ir prieštaravimų;
- žvyrkelių rekonstrukcijos projektų sprendiniai nėra pakankami motyvuoti ir neužtikrina saugaus eismo rekonstravus šiuos kelius.

Norint atsakyti į klausimą, ar šios prielaidos yra teisingos, darbe reikia spręsti šiuos uždavinius:

1. Nustatyti Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normų nuostatų, reglamentuojančių kelio trasos projektavimą, galimus netikslumus ir prieštaravimus.
2. Pateikti pasiūlymus Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normoms koreguoti ir papildyti.
3. Įvertinti esamos kelio trasos kokybę numatomuose rekonstruoti žvyrkelių ruožuose.
4. Atlikti avaringumo tyrimą rekonstruotuose žvyrkelių ruožuose, lyginant avaringumą iki ir po rekonstrukcijos.
5. Įvertinti kelio trasos projektinių sprendinių kokybę žvyrkelių rekonstrukcijos techniniuose projektuose.
6. Įvertinti galimas žemės paėmimo kelio juostai išlaidas tuo atveju, kai žvyrkelių rekonstrukcijos projektai būtų rengiami pagal projektavimo normų reikalavimus.
7. Įvertinti Lietuvoje taikomos praktikos – rekonstruojant žvyrkelius kuo mažiau nukrypti nuo esamos kelio trasos – pagrįstumą techniniu ir ekonominiu požiūriu.

Lietuvos Respublikos ir užsienio šalių automobilių kelių projektavimo normų analizė

Skyriuje analizuojamos Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normų nuostatos, reglamentuojančios kelio trasos projektinius sprendinius, remiantis automobilių kelių projektavimo teorija ir analogiškais užsienio šalių projektavimo normų arba standartų nuostatomis. Skyriuje taip pat pateikiama automobilių kelių projektavimo metodikos, nagrinėjančios kelio trasą kaip nuoseklią tarpusavyje susijusių elementų seką, analizė ir pritaikymo galimybės Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normoms papildyti.

Skyriaus tematika paskelbti trys autoriaus straipsniai (Gintalas *et al.* 2005a; Gintalas *et al.* 2007a; Gintalas *et al.* 2008).

2.1. Automobilių kelių projektavimo normų reikalavimų kelio trasos sprendiniams analizė

Kelio trasos sprendinius nulemia šie vienas nuo kito priklausantys veiksniai:

- esama arba projektinė kelio kategorija;

- projektinis greitis;
- leistini horizontaliųjų kreivių spinduliai ir tiesių intarpų tarp kreivių ilgiai;
- leistini išilginiai nuolydžiai ir vertikalinių kreivių spinduliai;
- kiti veiksniai.

2.1.1. Kelių kategorijos ir projektavimo reikmėms naudojami greičiai

Automobilių keliai skirstomi į kategorijas pagal parametrus, eismo sąlygas ir eismo intensyvumą. Europos Sąjungos šalyse taip pat naudojama automobilių kelių kategorijų grupės sąvoka. Paprastai vienai kategorijų grupei priskiriami užmiesčio keliai, kiti – keliai gyvenamosiose vietovėse ir jų prieigose. Darbe nagrinėjami reikalavimai kelio trasos sprendiniams užmiesčio keliuose, kurių didelę dalį Lietuvoje iki šiol sudaro žvyrkeliai.

Kelių klasifikacija pagal kategorijas Lietuvos Respublikos automobilių kelių normose laikui bėgant keitėsi. Šiuo metu Lietuvoje valstybinės reikšmės keliai skirstomi į AM (automagistrales) ir I–V kategorijos kelių (KTR 1.01:2008 papildomai numatyta žemiausių parametrų Va kategorija), vietinės reikšmės keliai į I_v–III_v kategorijos kelių. „Automobilių kelių projektavimo normose ir taisyklėse PNT-K 95“ buvo naudojamos kelių kategorijų grupės, tačiau dabar šios klasifikacijos atsisakyta.

Kelio projektavimo reikmėms naudojami šie greičiai:

- leidžiamas greitis V_L ;
- projektinis greitis V_P ;
- 85 procentų greitis V_{85} ;
- 50 procentų greitis V_{50} ir kiti greičiai (Highway link ... 2009).

Leidžiamą greitį V_L nustato Kelių eismo taisyklės (Kelių eismo ... 2008).

Projektinis greitis V_P yra techniniu ir ekonominiu požiūriu pagrįstas greitis, kuris nustatomas, atsižvelgiant į kelio kategoriją, paskirtį ir projektinį eismo kokybės lygį, kelio tiesimo (rekonstravimo) sąlygas. Projektinis greitis nulemia kelio trasos sprendinius ir kitus projektuojamo kelio parametrus.

Užsienio šalių automobilių kelių projektavimo normose paprastai reikalaujama siekti, kad projektinis greitis V_P būtų ne mažesnis už leidžiamą greitį V_L . Projektiniam greičiui nustatyti naudojama formulė

$$V_P = V_{85} - \Delta V, \quad (2.1)$$

čia: V_{85} – 85 procentų greitis; ΔV – skirtumas tarp greičių V_P ir V_{85} , nurodantis leistinus realaus automobilių važiavimo greičio svyravimus kelyje.

Kaip matyti (2.1) formulėje, automobilių kelių projektavimo normose yra labai svarbi 85 procentų greičio sąvoka. V_{85} yra greitis, kurio neviršija 85 %

lengvųjų automobilių, esant normalioms eismo sąlygoms ir švariai bei šlapiai kelio dangai. Skaičiuojamuoju atveju pasirinkta būtent švari ir šlapia kelio danga, nes įvairiais tyrimais nustatyta (Lamm *et al.* 1971b; Lamm *et al.* 1990b; Thoma 1994), kad, važiuojant šlapia danga, daug dažniau tenka atlikti pavojingus manevrus, galinčius baigtis eismo įvykiais.

85 procentų greitis nusako realų automobilių greitį (angl. *operating speed*) esamame arba projektuojamame kelyje. Greitį V_{85} galima išmatuoti arba nustatyti skaičiavimais, naudojant tam tikrą metodiką (Lamm *et al.* 1993b; Lamm *et al.* 1995a; Lamm *et al.* 1995b).

Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normose nustatytas kitoks požiūris į projektavimo reikmės naudojamus greičius. Dabar galiojančiame Kelių techniniame reglamente KTR 1.01:2008 „Automobilių keliai“ teigiama, kad eismo organizavimo bei kelių projektavimo reikmės nustatomi projektinis greitis V_P ir leidžiamas greitis V_L , tačiau nenurodoma, kokia metodika vadovaujantis, nustatomas projektinis greitis V_P . Minėtame reglamente yra nuostata, leidžianti žemesnės kategorijos keliuose naudoti projekcinio greičio V_P reikšmes, mažesnes už leidžiamą greitį V_L , tačiau nenustatyti atvejai, kada tai pateisinama. 85 procentų greičio V_{85} sąvoka buvo naudojama tik „Automobilių kelių projektavimo normose ir taisyklėse PNT-K 95“, dabar galiojančiame KTR 1.01:2008 ši sąvoka nepateikiama.

Projekcinio greičio reikšmės Lietuvos Respublikos automobilių kelių normose yra nurodytos pagal kelio kategoriją, be to, šios reikšmės laikui bėgant pastebimai keitėsi (2.1 lentelė).

2.1 lentelė. Projektiniai greičiai Lietuvos Respublikos automobilių kelių normose

Table 2.1. Design speeds in the road standards of the Republic of Lithuania

Kelio kategorija		AM	I	II	III	IV	V
Projektinis greitis V_P , km/h	PNT-K 95	140/120	120/100	100/90	90/80	80/60	60/40
	STR 2.06.03:2001	140/120	120/100	100/90	90/80	80/60	60/40
	KTR 1.01:2008	130/110	110/100	90	90	90	70

Išanalizavus 2.1 lentelę, galima teigti, kad dabar galiojančiame Kelių techniniame reglamente KTR 1.01:2008 „Automobilių keliai“ projekcinio greičio V_P reikšmės žemesnių kategorijų keliams (III–IV) yra padidintos ir labiau susietos su leidžiamu greičiu V_L , tačiau tai negalioja žemiausios V (ir Va) kategorijos keliams, sudarantiems didžiausią valstybinės reikšmės automobilių kelių tinklo dalį.

2.1.2. Horizontaliųjų kreivių spinduliai

Automobilis, važiuojantis horizontaliąja kreive, yra veikiamas išcentrinės jėgos. Išcentrinė jėga sumažina automobilio stabilumą šoniniam slydimui ir apvirtimui,

sukelia nemalonius pojūčius vairuotojui ir keleiviams. Dėl išcentrinės jėgos poveikio deformuojasi ir sparčiau dyla padangos, didėja kuro sąnaudos. Tamsiu paros metu automobilio važiavimą kreivėmis apsunkina dar ir tai, kad kelias apšviečiamas mažesniu atstumu negu tiesiuose ruožuose.

Visų paminėtų veiksnių neigiama įtaka tuo didesnė, kuo mažesnis horizontaliosios kreivės spindulys. Todėl saugus, patogus ir ekonomiškąs automobilų eismas yra įmanomas tik tada, kai projektuojamos pakankamai didelių spindulių horizontaliosios kreivės.

Automobilių kelių projektavimo patirtis rodo, kad mažiausias projektuojamų horizontaliųjų kreivių spindulys turi būti tiesiogiai proporcingas projekcinio greičio kvadratai ir apskaičiuojamas formule (Бабков *et al.* 1970; Бабков 1983; Кудрявцев *et al.* 1973)

$$R_{\min} = \frac{V_p^2}{g(f_R \pm e)}, \quad (2.2)$$

čia: V_p – projektinis greitis; g – laisvojo kritimo pagreitis; f_R – skersinės jėgos koeficientas; e – važiuojamosios dalies skersinis nuolydis.

Naudojant automobilių kelių projektavimo praktikoje įprastus mato vienetų, gaunama formulė (Васильев *et al.* 1990)

$$R_{\min} = \frac{V_p^2}{127 \cdot (f_R \pm e)} = \frac{0,00787 \cdot V_p^2}{f_R \pm e}, \quad (2.3)$$

čia: $R_{\min}$ – mažiausias horizontaliosios kreivės spindulys, m; V_p – projektinis greitis, km/h.

Dėl kintamo skersinio nuolydžio e ženklų (2.3) formulėje galimi du skaičiavimo atvejai:

$$R_{\min} = \frac{V_p^2}{127 \cdot (f_R - e)}, \text{ kai važiuojamoji dalis dvišlaitė; } \quad (2.3a)$$

$$R_{\min} = \frac{V_p^2}{127 \cdot (f_R + e)}, \text{ kai įrengiamas viražas. } \quad (2.3b)$$

Nustatant mažiausią horizontaliųjų kreivių spindulį, sudėtingiausia yra teisingai parinkti skersinės jėgos koeficiento f_R reikšmę.

Skersinės jėgos koeficientas yra dviejų jėgų santykis (Бабков *et al.* 1970)

$$f_R = \frac{F_R}{Q}, \quad (2.4)$$

čia: F_R – skersinė jėga, veikianti automobilį horizontaliojoje kreivėje; Q – automobilio svorio jėga.

Skersinės jėgos koeficientas f_R reikšmė nustatoma, atsižvelgiant į šiuos veiksnius:

- automobilio stabilumą apvirtimui;
- automobilio stabilumą šoniniam slydimui;
- važiavimo patogumą vairuotojui ir keleiviams;
- autotransporto priemonių eksploatacinių išlaidų (toliau – APEI) pastovumą.

Skačiuojamuoju atveju pasirinkta švari ir šlapia danga (Lamm *et al.* 1971a; Lamm *et al.* 1990b; Thoma 1994). Užtikrinti saugų automobilių eismą dideliais greičiais, esant užterštai arba apledijusiai dangai, praktiškai neįmanoma ne tik horizontaliosiose kreivėse, bet ir tiesiuose ruožuose.

XX amžiuje visame pasaulyje buvo atliekami tyrimai, kurių tikslas buvo nustatyti leistinas skersinės jėgos koeficiento reikšmes, užtikrinančias automobilio stabilumo, vairavimo ir kelionės patogumo, APEI pastovumo reikalavimus. SSRS naudotos leistinos skersinės jėgos koeficiento reikšmės pateikiamos 2.2 lentelėje (Ба́ков *et al.* 1970).

Skersinės jėgos koeficiento tyrimai buvo atliekami ir Lietuvoje (Видугирис 1954). Tiriant skersinės jėgos poveikį keleiviams, buvo nustatyta:

- $f_R \leq 0,10$ – keleiviai nejaučia, kad važiuoja horizontaliąja kreive;
- $f_R = 0,15$ – keleiviai jaučia išcentrinę jėgą;
- $f_R = 0,20$ – keleiviai jaučiasi nepatogiai;
- $f_R \geq 0,25$ – keleiviai jaučiasi itin nepatogiai, įvažiuojant į horizontaliąją kreivę jaučiamas smūgis.

2.2 lentelė. Leistinos skersinės jėgos koeficiento f_R reikšmės esant švariai ir šlapiai dangai

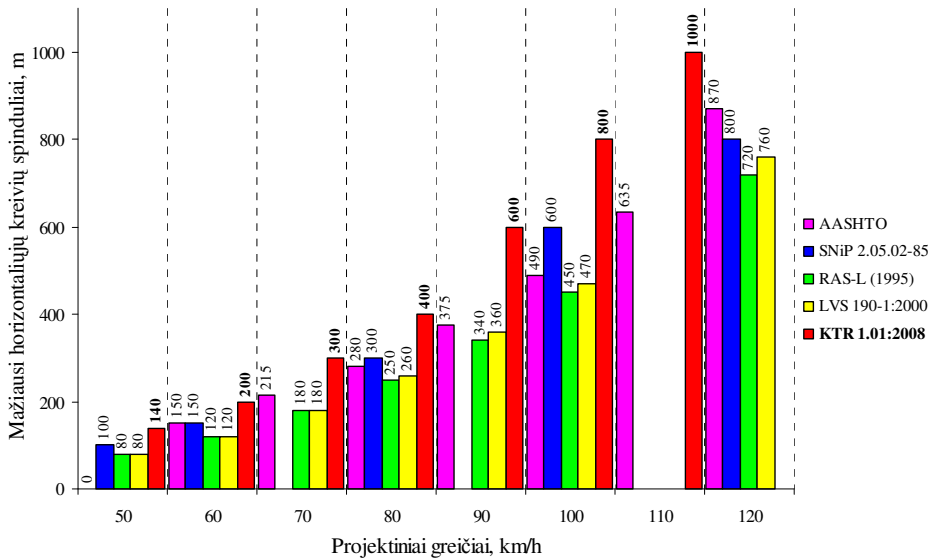
Table 2.2. The permissible values of side friction factor f_R for clean and wet pavement

Reikalavimai	f_R
Stabilumas apvirtimui	0,60
Stabilumas šoniniam slydimui	0,20
Važiavimo patogumas vairuotojui ir keleiviams	0,15
APEI pastovumas	0,10

Šiuolaikinėse automobilių kelių projektavimo normose pagrindiniu veiksniumi nustatant leistiną skersinės jėgos koeficiento f_R reikšmę laikomas stabilumas šoniniam slydimui (dinaminis stabilumas kreivėse). Didėjant projektiniam greičiui, keliams ir didesni reikalavimai dinaminiam stabilumui kreivėse – leistina skersinės jėgos koeficiento reikšmė mažėja. Atsižvelgiant į vietines sąlygas ir automobilių kelių projektavimo patirtį, įvairių šalių automobilių projektavimo normose nurodant mažiausius horizontaliųjų spindulių naudojamos skirtingos

skersinio jėgos koeficiento reikšmės, todėl skiriasi ir horizontalių kreivių spindulių reikšmės (2.1 pav.).

Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normose nustatyti mažiausi horizontalių kreivių spinduliai yra gerokai didesni už nustatytus užsienio šalyse (AASHTO 1994; Guidelines for ... 1995; LVS 190-1:2000; Строительные нормы ... 1987).



2.1 pav. Mažiausių horizontalių kreivių spindulių, nurodytų įvairių šalių projektavimo normose, palyginimas

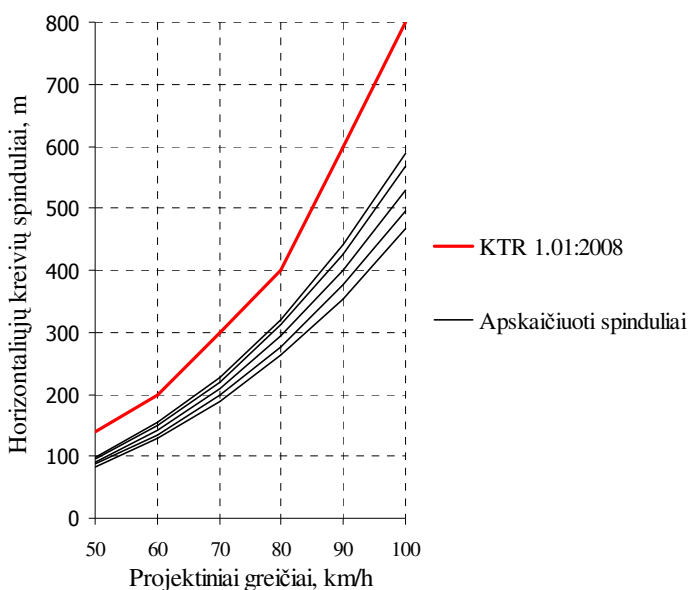
Fig. 2.1. Comparison of the minimum radii of horizontal curves set by the design standards in various countries

Praėjusio amžiaus aštuntame dešimtmetyje Vakarų Europos šalyse ir JAV buvo pradėti tyrimai (Lamm *et al.* 1970), kurių tikslas – gauti patikimas skersinio jėgos koeficiento f_R reikšmės, užtikrinančias automobilio stabilumą šoniniam slydimui. Tyrimų rezultatai buvo panaudoti tobulinant įvairių šalių automobilių kelių projektavimo normas. Vėlesnių tyrimų metu (Lamm 1984; Lamm *et al.* 1989; Lamm *et al.* 1990b; Lamm *et al.* 1992; Lamm *et al.* 1995a; Lamm 1995c; Lamm *et al.* 1996), apibendrinant penkių šalių – JAV, Vokietijos, Prancūzijos, Švedijos ir Šveicarijos (AASHTO 1994; Guidelines for ... 1984; Instruction sur ... 1975; Standard Specifications ... 1986; Highway Design ... 1991) – automobilių kelių projektavimų normų reikalavimus, buvo sudaryta bendroji skersinio jėgos koeficiento f_R regresinė lygtis

$$f_R = 0,27 - 2,19 \cdot 10^{-3} \cdot V_p + 5,79 \cdot 10^{-6} \cdot V_p^2, \quad (2.5)$$

čia V_p – projektinis greitis, km/h.

Naudojant skersinio jėgos koeficiento f_R reikšmes, apskaičiuotas (2.5) lygtimi, ir važiuojamosios dalies skersinio nuolydžio viraže reikšmes nuo 2,5 iki 6,0 %, atlikti skaičiavimai (2.3b) formule ir gautos horizontaliųjų kreivių spindulių reikšmės, mažesnės už nurodytas Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normose (2.2 pav.). Darant prielaidą, kad naujai įrengtų dangų savybės Lietuvoje apytikriai atitinka Vakarų Europos šalių ir JAV vidurkį, galima teigti, kad mažiausios horizontaliųjų kreivių spindulių reikšmės Kelių techniniame reglamente KTR 1.01:2008 „Automobilių keliai“ nurodytos taikant nepagrįstus atsargos koeficientus.



2.2 pav. Apskaičiuotų mažiausių horizontaliųjų kreivių spindulių palyginimas su nurodytais KTR 1.01:2008

Fig. 2.2. Comparison of the calculated radii of horizontal curves to those set by KTR 1.01:2008

Rekomenduojama Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normose nurodyti mažiausius horizontaliųjų kreivių spindulius, apskaičiuotus (2.3b) formule, naudojant joje (2.5) lygtį atitinkančias skersinės jėgos koeficiento reikšmes ir mažiausią (nepalankiausią) važiuojamosios dalies skersinio nuolydžio viraže reikšmę $e = 2,5 \%$ (2.3 lentelė).

2.3 lentelė. Rekomenduojami skersinės jėgos koeficientai ir mažiausi horizontaliųjų kreivių spinduliai

Table 2.3. The recommended values of side friction factor and minimum radii of horizontal curves

Projektinis greitis V_p , km/h	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Skersinės jėgos koeficientas f_R	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
Apskaičiuotas spindulys	31	58	98	154	227	321	440	588	767	981	1230
Rekomenduojamas spindulys	35	65	105	160	230	325	445	595	770	985	1235

2.1.3. Vertikaliųjų kreivių spinduliai

Automobilių keliuose turi būti užtikrintas matomumas – kelio atkarpa prieš automobilį, kurioje vairuotojas turi matyti kelią, kad pastebėjęs kliūtį spėtų:

- suvokti pavojų;
- kliūtį apvažiuoti arba prieš ją sustoti.

Pagal matomumo automobilių keliuose nustatymo modelius įvertinamos transporto eismo sąlygos, automobilių ir kliūčių kelyje išsidėstymas. Visus šiuos modelius galima dalinti į dvi grupes:

- modeliai, kuriais remiantis nagrinėjamas sustojimo matomumas – kelio atkarpa, reikalinga vairuotojui, važiuojančiam tam tikru greičiu, sustoti prieš važiuojamojoje dalyje pastebėtą kliūtį arba priešpriešinę transporto priemonę;
- modeliai, kuriais remiantis nagrinėjamas aplenkimo matomumas – kelio atkarpa, reikalinga vairuotojui, važiuojančiam tam tikru greičiu, apvažiuoti važiuojamojoje dalyje pastebėtą kliūtį arba saugiai aplenkti, išvažiuojant į priešpriešinio eismo juostą, ta pačia kryptimi važiuojančią transporto priemonę.

Dabar galiojančiose Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normose nustatyta, kad sustojimo ir aplenkimo matomumas turi būti garantuotas automobiliams, važiuojantiems projektiniu greičiu V_p . Užsienio šalių automobilio kelių projektavimo normos abu matomumus dažniausiai sieja su 85 procentų greičiu V_{85} . Pagrindinis, nulemiantis kelio išilginio profilio sprendinius, yra sustojimo matomumo modelis. Aplenkimo matomumas visais atvejais yra didesnis už sustojimo. Rengiant kelių rekonstrukcijos projektus dažniausiai nėra galimybės užtikrinti aplenkimo matomumą visame rekonstruojamame ruože.

KTR 1.01:2008 nustatyti šie reikalavimai matomumo atstumo nustatymo modeliams:

- lengvojo automobilio vairuotojo akių aukštis virš važiuojamosios dalies – 1,0 m;
- krovinio automobilio vairuotojo akių aukštis virš važiuojamosios dalies – 2,0 m;

- priešpriešinės transporto priemonės aukštis virš važiuojamosios dalies – 1,0 m;
- kliūtis aukštis virš važiuojamosios dalies – 0,15 m.

Dabar Lietuvoje galiojančiuose kelių priežiūros normatyvuose numatyti gana ilgi leistini terminai pašalinti dangos defektams žemesnių kategorijų keliuose. Todėl reglamento KTR 1.01:2008 nuostatos, reikalaujančios visuose keliuose užtikrinti 0,15 m aukščio kliūtis, bet ne važiuojamosios dalies paviršiaus matumą, taikymas žemesnių kategorijų keliams yra abejotinas.

Reikalingas sustojimo matomumas nustatomas pagal modelį, aprašomą formule (Lamm 1973)

$$S_s = S_1 + S_2, \quad (2.6)$$

čia: S_s – sustojimo matomumas, m; S_1 – suvokimo atstumas, m; S_2 – stabdymo kelias, m.

Suvokimo atstumas S_1 ir stabdymo kelias S_2 apskaičiuojami formulėmis

$$S_1 = V_1 \cdot t_R, \quad (2.7)$$

$$S_2 = \frac{1}{g} \int_{V_1}^{V_0} \frac{V}{f_T(V) + i/100 + F_L/Q} dV, \quad (2.8)$$

čia: t_R – vairuotojo reakcijos laikas (Wilson *et al.* 1989) (paprastai priimama $t_R = 2$ s); g – laisvojo kritimo pagreitis; V_1 – greitis stabdymo pradžioje; V_0 – greitis stabdymo pabaigoje; f_T – išilginio sankibumo koeficientas; i – kelio išilginis nuolydis; F_L – aerodinaminio pasipriešinimo jėga; Q – automobilio svorio jėga.

(2.8) formulėje labai svarbus dydis yra išilginio sankibumo koeficientas f_T . Vakarų Europoje atliktų tyrimų metu (Lamm *et al.* 1989; Lamm *et al.* 1990b; Lamm *et al.* 1992; Lamm 1994; Lamm *et al.* 1995a; Lamm 1995c; Lamm *et al.* 1996), apibendrinant Vakarų Europos šalių ir JAV automobilių kelių projektavimų normų reikalavimus, buvo sudaryta bendroji išilginio sankibumo koeficiento f_T regresinė lygtis

$$f_T = 0,59 - 4,85 \cdot 10^{-3} \cdot V_p + 1,51 \cdot 10^{-5} \cdot V_p^2, \quad (2.9a)$$

Labai panaši regresinė lygtis buvo gauta JAV atliktų tyrimų metu (Harwood *et al.* 1995)

$$f_T = 0,58 - 4,92 \cdot 10^{-3} \cdot V_p + 1,81 \cdot 10^{-5} \cdot V_p^2. \quad (2.9b)$$

Naudojant sankibumo koeficiento f_T reikšmę, išreikštą (2.9a) lygtimi, įvertinant šiuolaikinių automobilių aerodinamines savybes (Durth *et al.* 1993) ir lai-

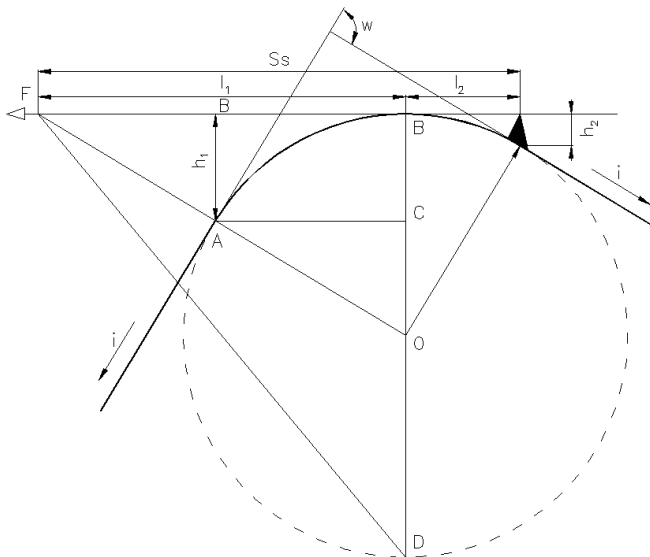
kant, kad automobilis stabdomas nuo greičio $V = V_p$ iki visiško sustojimo, gaunamas toks (2.8) integralo sprendinys:

$$S_2 = 223,2 \cdot \ln \left(\frac{1,76 \cdot 10^{-5} \cdot V_p^2 - 4,85 \cdot 10^{-3} \cdot V_p + i/100 + 0,59}{0,59 + i/100} \right) +$$

$$+ \frac{2,19}{\sqrt{1,81 \cdot 10^{-5} + 7,05 \cdot 10^{-5} \cdot i/100}} \times$$

$$\times \arctg \frac{V_p \cdot \sqrt{1,81 \cdot 10^{-5} + 7,05 \cdot 10^{-5} \cdot i/100}}{1,18 + 2 \cdot i/100 - 4,85 \cdot 10^{-3} \cdot V_p}, \quad (2.10)$$

čia: V_p – projektinis greitis, km/h; i – vidutinis išilginis nuolydis stabdymo kelyje, %.



2.3 pav. Išgaubtos vertikaliosios kreivės spindulio, tenkinant pakankamo matomumo sąlygą, nustatymo schema

Fig. 2.3. The scheme for the determination of the radius of crest vertical curve meeting the requirement for sufficient visibility

Siekiant užtikrinti reikiamą matomumą, kelio išilginio profilio lūžiuose turi būti projektuojamos pakankamai didelio spindulio vertikaliosios kreivės. Lietuvoje automobilių kelių išilginio profilio projektavimui naudojamos parabolinės kreivės, apibūdinamos formule (Хавкин *et al.* 1966; Бабков *et al.* 1970)

$$H = H_v + \frac{L_v^2}{2 \cdot R}, \quad (2.11)$$

čia: H – tam tikro vertikaliosios kreivės taško aukštis; H_V – vertikaliosios kreivės viršūnės aukštis; L_V – tam tikro taško horizontalusis atstumas iki kreivės viršūnės; R – vertikaliosios kreivės spindulio algebrinė reikšmė.

Atsižvelgiant į pakankamą kelio važiuojamosios dalies arba priešpriešinės transporto priemonės matomumą, nustatomas mažiausias išgaubtų vertikalųjų kreivių spindulys (2.3 pav.). 2.3 paveiksle pažymėta:

h_1 – vairuotojo akies aukštis virš važiuojamosios dalies;

h_2 – kliūtis, kurią laiku turi pastebėti vairuotojas, aukštis.

Aukščių h_1 ir h_2 reikšmės paprastai nurodomos automobilių kelių projektavimo normose.

Nustatant mažiausią išgaubtų vertikalųjų kreivių spindulį, galimi du atvejai:

$$- S_s \leq L_V ;$$

$$- S_s > L_V ,$$

čia: S_s – reikalingas sustojimo matomumas; L_V – vertikaliosios kreivės ilgis.

Nepalankesniu $S_s \leq L_V$ atveju gaunama, kad mažiausias išgaubtų vertikalųjų kreivių spindulys nustatomas formule (Хавкин *et al.* 1966; Бабков *et al.* 1970)

$$R_{\min} = \frac{S_s^2}{2 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2} . \quad (2.12)$$

Kai susitinka du vienodu greičiu priešpriešiais važiuojantys automobiliai ir $h_1 = h_2$, gaunama

$$R_{\min} = \frac{S_s^2}{8 \cdot h_1} . \quad (2.13)$$

Tenkinant pakankamo važiuojamosios dalies paviršiaus matomumo sąlygą, t. y. kai $h_2 = 0$,

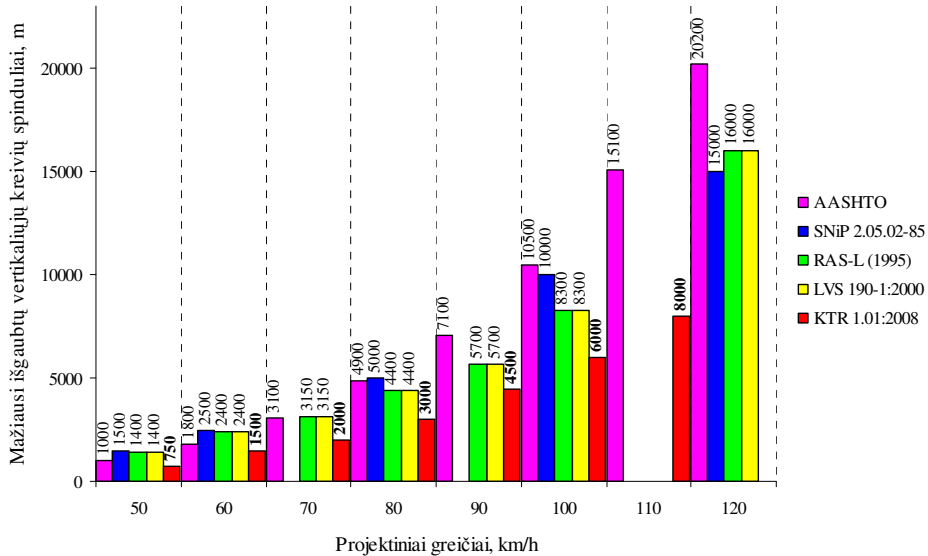
$$R_{\min} = \frac{S_s^2}{2 \cdot h_1} . \quad (2.14)$$

Tenkinant Kelių techniniame reglamente KTR 1.01:2008 nurodytos 0,15 m aukščio kliūtis matomumą ($h_2 = 0,15$), mažiausias išgaubtų vertikalųjų kreivių spindulys nustatomas formule

$$R_{\min} = \frac{S_s^2}{2 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{0,15})^2} . \quad (2.15)$$

Įvairių šalių automobilių kelių projektavimo normose, nurodant mažiausius išgaubtų vertikalųjų kreivių spindulius, naudojamos skirtingos matomumo atstumų reikšmės, todėl normose nustatytos spindulių reikšmės skiriasi (2.4 pav.).

Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normose nustatyti išgaubtų vertikalųjų kreivių spinduliai yra akivaizdžiai mažesni už nustatytus užsienio šalyse.



2.4 pav. Mažiausių išgaubtų vertikalųjų kreivių spindulių, nurodytų įvairių šalių projektavimo normose, palyginimas

Fig. 2.4. Comparison of the minimum radii of crest vertical curves set by the design standards in various countries

Nustatant mažiausius išgaubtų vertikalųjų kreivių spindulius, siekiama patenkinti keletą skirtingų reikalavimų (AASHTO 1994):

- sustojimo matomumą tamsiu paros metu;
- reikalingą važiavimo komfortą;
- tinkamą vandens nuleidimą;
- landšaftinio kelių projektavimo principus (Smith *et al.* 1994).

Nustatant išgaubtos vertikaliosios kreivės spindulį, būtina atsižvelgti į tai, kad tamsiu paros metu automobilio žibintai turi apšviesti kelio paviršių atstumu, ne mažesniu už matomumo atstumą. Tenkinant šią sąlygą, mažiausias išgaubtų vertikalųjų kreivių spindulys gali būti nustatomas (2.16) (Бафков *et al.* 1970; Palšaitis *et al.* 1999) arba (2.17) (Robinson *et al.* 2004) formule

$$R_{\min} = \frac{S_s^2}{2 \cdot \left(h_z + S_s \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \right)}, \quad (2.16)$$

$$R_{\min} = \frac{S_s^2}{2 \cdot (h_z + S_s \cdot \operatorname{tg} \alpha)}, \quad (2.17)$$

čia: S_s – sustojimo matomumas; h_z – automobilio žibintų centro aukštis virš važiuojamosios dalies; α – žibintų skleidžiamo šviesos spindulių pluošto pasiskleidimo vertikalioje plokštumoje kampas.

(2.17) formulėje rekomenduojama naudoti šias reikšmes:

$$h_z = 0,6 \text{ m};$$

$$\alpha = 1^\circ.$$

Kad būtų tenkinami važiavimo komforto reikalavimai, įgaubtose vertikaliosiose kreivėse turi būti ribojama išcentrinė jėga, nes priešingu atveju gali būti pavojingai perkrauti automobilio amortizatoriai, nepatogiai jaustis vairuotojas ir keleiviai. Išcentrinės jėgos pagreitis išreiškiamas formule (Бабков *et al.* 1970)

$$a_0 = \frac{V^2}{R}, \quad (2.18)$$

čia: V – automobilio važiavimo greitis; R – įgaubtos vertikaliosios kreivės spindulys.

Todėl mažiausias įgaubtų vertikaliųjų kreivių spindulys gali būti apskaičiuojamas pagal projekcinį greitį ir leistiną išcentrinės jėgos pagreitį:

$$R_{\min} = \frac{V_p^2}{a_0}. \quad (2.19)$$

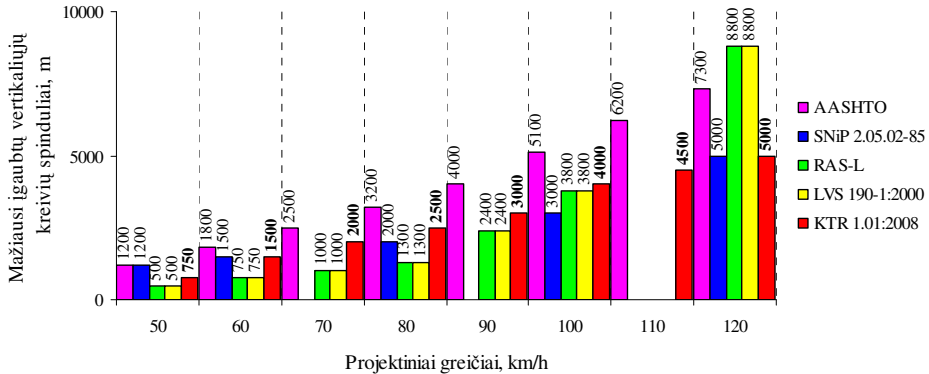
Leistinasis išcentrinės jėgos pagreitis a_0 , tenkinant automobilio amortizatorių perkrovos ir vairuotojo bei keleivių važiavimo patogumo reikalavimus, turi būti ne didesnis kaip $0,3\text{--}0,5 \text{ m/s}^2$ (Highway link ... 2009; Guidelines for ... 1995). Nustatant mažiausius įgaubtų vertikaliųjų kreivių spindulius, gali būti naudojamos kintamos pagreičio a_0 reikšmės (Durth *et al.* 1986), kurios mažėja, didėjant projekciniam greičiui V_p .

Siekiant užtikrinti tinkamą vandens nuleidimą žemesnėse vietose, įgaubtų vertikaliųjų kreivių spinduliai turi būti parenkami taip, kad kelio ruožai su išilginiu nuolydžiu, mažesniu kaip $0,3\text{--}0,5 \%$, būtų kuo trumpesni.

Vadovaujantis landšaftinio kelių projektavimo principais siekiama, kad įgaubtų vertikaliųjų kreivių spinduliai nebūtų mažesni už gretimų išgaubtų vertikalinių kreivių spindulius daugiau kaip 2 kartus. Priešingu atveju kelyje nepavyksta išvengti vizualių deformacijų – kelio trasa atrodo neestetiška ir gali klaidinti vairuotojus.

Pasaulyje iki šiol nėra bendros nuomonės, kuriems reikalavimams teikti pirmenybę, nustatant mažiausius įgaubtų vertikaliųjų kreivių spindulius automobilių kelių projektavimo normose. Dėl šios priežasties įvairių šalių normose šių

spindulių reikšmės taip pat skiriasi (2.5 pav.). Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normose nustatyti įgaubtų vertikalųjų kreivių spinduliai apytikriai atitinka užsienio šalių vidurkį, tačiau tik tais atvejais, kai projektinis greitis $V_p \leq 100$ km/h.



2.5 pav. Mažiausių įgaubtų vertikalųjų kreivių spindulių, nurodytų įvairių šalių projektavimo normose, palyginimas

Fig. 2.5. Comparison of the minimum radii of sag vertical curves set by the design standards in various countries

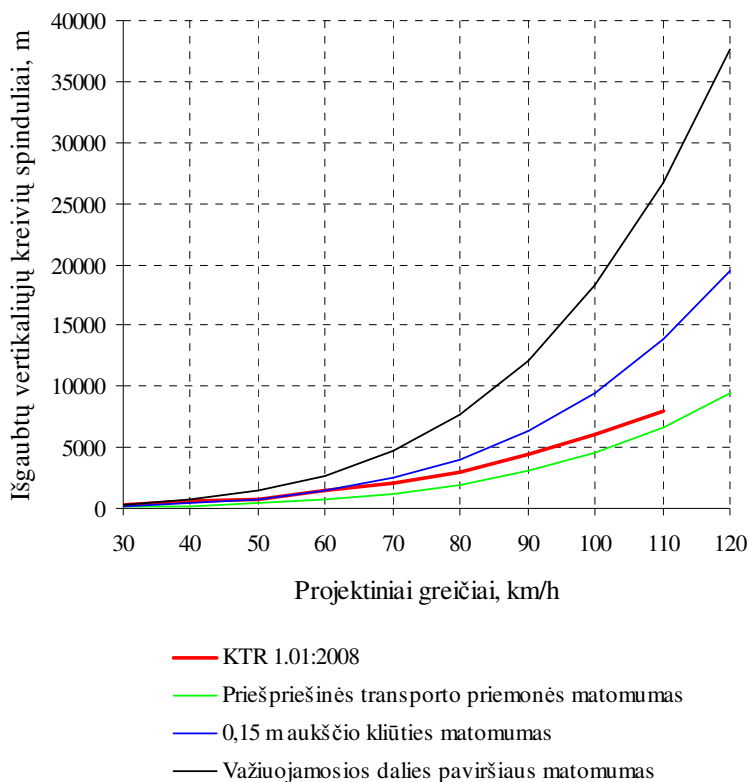
Siekiant patikrinti, ar dabartinėse Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normose KTR 1.01:2008 nurodytos vertikalųjų kreivių spindulių reikšmės yra teoriškai pagrįstos, darbe atlikti šių spindulių skaičiavimai.

Išgaubtų vertikalųjų kreivių spinduliai apskaičiuoti sustojimo matomumo modeliui pagal KTR 1.01:2008 reikalavimus. Kadangi nuostata užtikrinti tik 0,15 m aukščio kliūtis važiuojamojoje dalyje matomumą yra abejotina, papildomai atlikti skaičiavimai atvejui, kai reikia užtikrinti važiuojamosios dalies paviršiaus matomumą. Išgaubtų vertikalųjų kreivių spinduliai apskaičiuoti (2.13)–(2.15) formulėmis, naudojant sustojimo matomumo reikšmes, apskaičiuotas (2.6), (2.7) ir (2.10) formulėmis.

Apskaičiuotus išgaubtų vertikalųjų kreivių spindulius lyginant su nurodytais KTR 1.01:2008 (2.7 pav.), galima teigti, kad:

- mažiausi išgaubtų vertikalųjų kreivių spinduliai su tam tikra atsarga tenkina sustojimo matomumo reikalavimus tik priešpriešinės transporto priemonės atveju (kai $h_2 = h_1$);
- 0,15 m aukščio kliūtis važiuojamojoje dalyje pakankamas matomumas pagal reglamente nurodytus išgaubtų vertikalųjų kreivių spindulius garantuojamas tik projektinio greičio reikšmėms $V_p \leq 60$ km/h;
- važiuojamosios dalies paviršiaus pakankamam matomumui užtikrinti KTR 1.01:2008 nurodyti išgaubtų vertikalųjų kreivių spinduliai yra per maži visiems projektiniams greičiams.

Taip pat nustatyta, kad sustojimo matomumo reikšmės, apskaičiuotos (2.6), (2.7) ir (2.10) formulėmis, atitinka nurodytas KTR 1.01:2008 nomogramose. Tad galima teigti, kad dabartinėse Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normose yra viena kitai prieštaraujančių nuostatų.

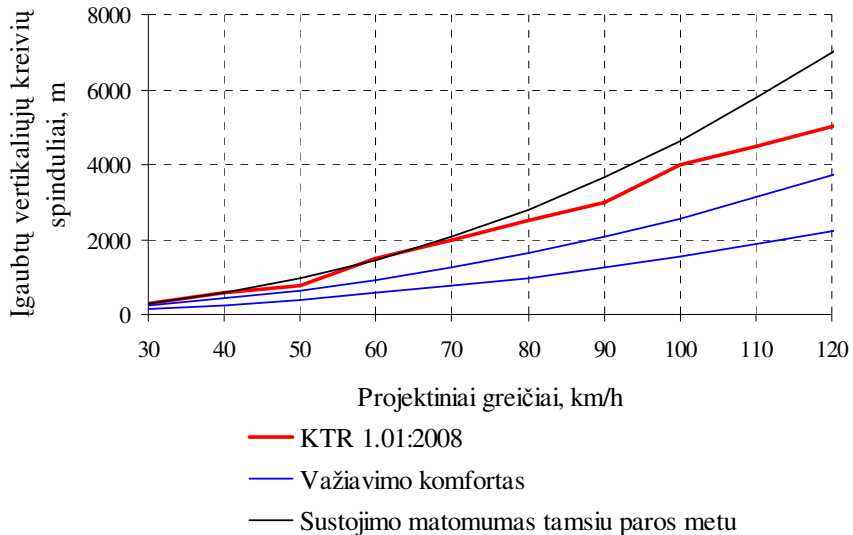


2.6 pav. Apskaičiuotų išgaubtų vertikalųjų kreivių spindulių palyginimas su nurodytais KTR 1.01:2008

Fig. 2.6. Comparison of the calculated radii of crest vertical curves to those set by KTR 1.01:2008

Išgaubtų vertikalųjų kreivių spinduliai apskaičiuoti tenkinant šiuos reikalavimus (2.7 pav.):

- sustojimo matomumo tamsiu paros metu – (2.17) formule;
- važiavimo komforto – (2.19) formule, kai išcentrinės jėgos pagreitis $a_0 = 0,3 \text{ m/s}^2$ ir $a_0 = 0,5 \text{ m/s}^2$.



2.7 pav. Apskaičiuotų įgaubtų vertikalųjų kreivių spindulių palyginimas su nurodytais KTR 1.01:2008

Fig. 2.7. Comparison of the calculated radii of sag vertical curves to those set by KTR 1.01:2008

Apskaičiuotus įgaubtų vertikalųjų kreivių spindulius lyginant su nurodytais KTR 1.01:2008 (2.7 pav.), galima teigti, kad:

- mažiausi įgaubtų vertikalųjų kreivių spinduliai su tam tikra atsarga tenkina važiavimo komforto reikalavimus;
- sustojimo matomumo tamsiu paros metu reikalavimai tenkinami atsitiktinėms projektinio greičio reikšmėms.

Kadangi dabar galiojančiame Kelių techniniame reglamente KTR 1.01:2008 nurodyti mažiausi vertikalųjų kreivių spinduliai daugeliu atveju yra mažesni už apskaičiuotus, todėl yra keistini.

Rekomenduojami KTR 1.01:2008 pakeitimai (2.4 lentelė):

- išgaubtoms vertikaliosioms kreivėms naudoti spindulių reikšmės, užtikrinančias kelio paviršiaus arba 0,15 m aukščio kliūtis virš važiuojamosios dalies matomumą; pasirenkant matomumo schemą, atsižvelgti į esamą arba perspektyvinį kelio priežiūros lygį (Kelių priežiūros ... 2005);
- įgaubtoms vertikaliosioms kreivėms naudoti spindulių reikšmės, užtikrinančias sustojimo matomumą tamsiu paros metu.

2.4 lentelė. Rekomenduojami mažiausi vertikalųjų kreivių spinduliai**Table 2.4.** The recommended minimum radii of vertical curves

Projektinis greitis V_p , km/h			30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
Vertikaliųjų kreivių spinduliai, m	išgaubtų	$h_2 = 0,15$	apskaičiuoti	165	382	770	1419	2449	4014	6300	9513	13865	19548	26703
			rekomenduojami	200	450	800	1450	2500	4050	6350	9550	13900	19600	26750
		$h_2 = 0$	apskaičiuoti	317	734	1481	2731	4714	7726	12125	18308			
			rekomenduojami	350	800	1550	2800	4750	7800	12150	18350			
	įgaubtų		apskaičiuoti	305	579	956	1445	2054	2789	3654	4647	5760	6983	8294
			rekomenduojami	350	650	1000	1500	2100	2850	3700	4700	5800	7050	8350

2.2. Nuoseklos ir saugios kelio trasos projektavimas dviejų eismo juostų keliuose

Rengiant kelių tiesimo arba rekonstrukcijos projektus, svarbu ne tik tinkamai suprojektuoti atskirus trasos elementus, bet ir tinkamai juos suderinti tarpusavyje. 1970 metais Vakarų Europoje ir JAV pradėtų tyrimų metu buvo nustatyta, kad dviejų eismo juostų užmiesčio keliuose įvykstančių eismo įvykių pagrindinė priežastis yra staigūs greičio pokyčiai tarp atskirų kelio trasos elementų. Todėl buvo nuspręsta, kad būtina sukurti objektyvią ir patikimą projektavimo metodiką, kuri leistų išvengti staigių greičio pokyčių ir garantuotų efektyvius kelio trasos projektinius sprendinius.

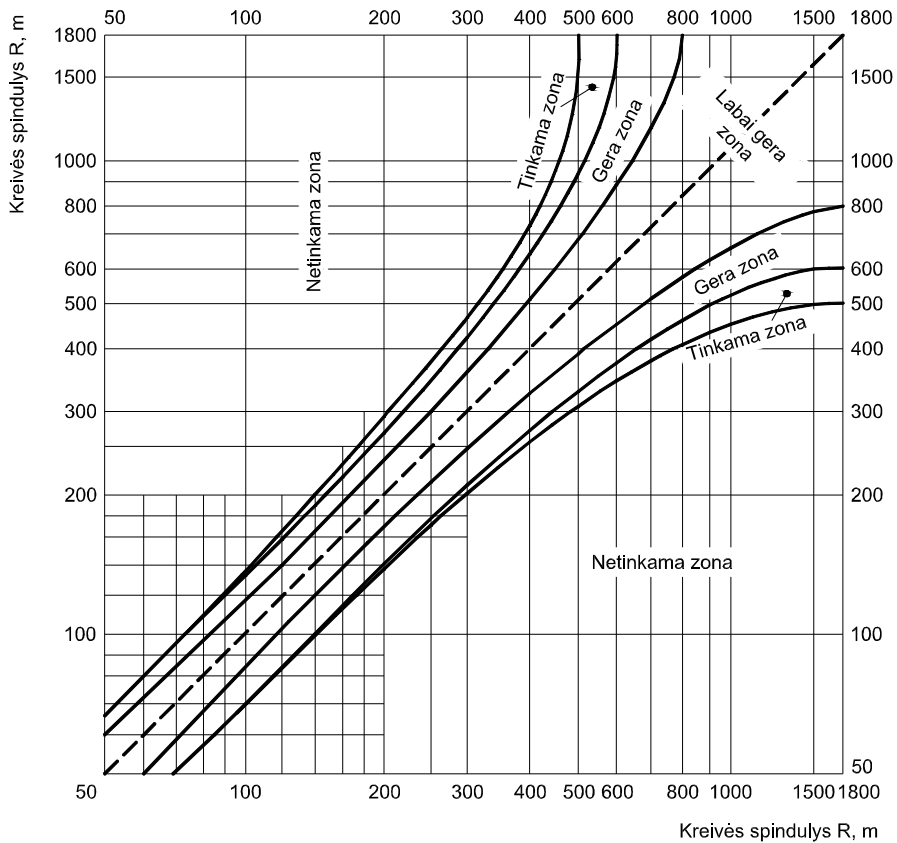
2.2.1. Reikalavimai kelio trasos elementų suderinamumui automobilių kelių projektavimo normose

Siekiant užtikrinti nuoseklos ir saugios kelio trasos sprendinius, automobilių kelių projektavimo normose nurodomi šie reikalavimai:

- gretimų horizontaliųjų kreivių spindulių suderinamumo;
- horizontaliųjų kreivių spindulių ir tiesių intarpų tarp kreivių ilgių suderinamumo;
- visos kelio trasos geometriniam sklandumui.

Gretimų horizontaliųjų kreivių spinduliams tinkamai parinkti paprastai pateikiamos detalios spindulių suderinamumo nomogramos (2.8 pav.), kurios įvairių šalių projektavimo normose beveik nesiskiria.

Horizontaliųjų kreivių spindulių ir tiesių intarpų ilgių tarp kreivių suderinamumo reikalavimai paprastai pateikiami lentelėse, analogiškose 2.5 lentelei. Įvairių šalių projektavimo normose skiriasi tik nurodytų horizontaliųjų kreivių spindulių ir tiesių intarpų ilgių tarp kreivių reikšmės. Galima pastebėti, kad reikalavimai kreivių spindulių ir tiesių intarpų ilgių suderinamumui nėra tokie išsamūs kaip gretimų horizontaliųjų kreivių spindulių, ir tai yra tam tikras automobilių kelių projektavimo normų trūkumas.



2.8 pav. Horizontaliųjų kreivių spindulių derinimo nomogramos pagal KTR 1.01:2008

Fig. 2.8. Nomograms for the coordination of the radii of horizontal curves according to KTR 1.01:2008

Visos kelio trasos geometriniam sklandumui užtikrinti, automobilių kelių projektavimo normos reikalauja vadovautis nuoseklumo principu:

- projektinis greitis V_P turi būti numatomas pastovus kiek galima ilgesniuose kelio ruožuose;
- jei keičiantis vietovės sąlygoms atskiruose kelio trasos segmentuose reikia naudoti skirtingas projekcinio greičio V_P reikšmes, turi būti numatomi pereinamieji ruožai, kuriuose trasos elementų parametrai keičiasi sklandžiai.

2.5 lentelė. Horizontaliųjų kreivių spindulių ir tiesių ilgių derinimas pagal KTR 1.01:2008

Table 2.5. Coordination of the radii of horizontal curves and the lengths of tangents according to KTR 1.01:2008

Kelių kategorijos	Tiesaus intarpo tarp kreivių ilgis L , m	Mažiausias apskritiminės kreivės spindulys R , m
AM, I, II, IIa	$L \geq 600$	$R > 600$
	$L < 600$	$R > L$
Ia, III, IV, V	$L \geq 500$	$R > 500$
	$L < 500$	$R > L$
Va, Iv–IIIv	Nereglamentuojami	

Dabartinėse Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normose apie nuoseklumo principą užsimenama, tačiau nėra rekomendacijų, kaip šį principą taikyti rengiant kelių rekonstrukcijos arba tiesimo projektus.

2.2.2. Vingiuotumo sąvoka

Vakarų Europos šalyse ir JAV žemesnių kategorijų keliuose atlikti tyrimai, apėmę įvairius kelio trasos geometrinius parametrus, parodė, kad geriausiai ryšį tarp realaus važiavimo greičio ir avaringumo parodo vingiuotumas CCR_s (angl. *Curvature Change Rate of single curve*) (Lamm *et al.* 2007). Taip pat buvo nustatyta, kad visi kiti ištirti geometriniai parametrai lemiamos įtakos avaringumui neturi.

Vingiuotumo sąvoka taikoma tiek atskiram kelio trasos elementui (horizontaliajai kreivei), tiek visai kelio trasei apibūdinti. Horizontaliosios kreivės vingiuotumas – tai trasos posūkio kampo ir kreivės ilgio santykis. Kelio trasos vingiuotumas – tai trasos posūkio kampų absoliučių reikšmių sumos ir kelio ruožo ilgio santykis.

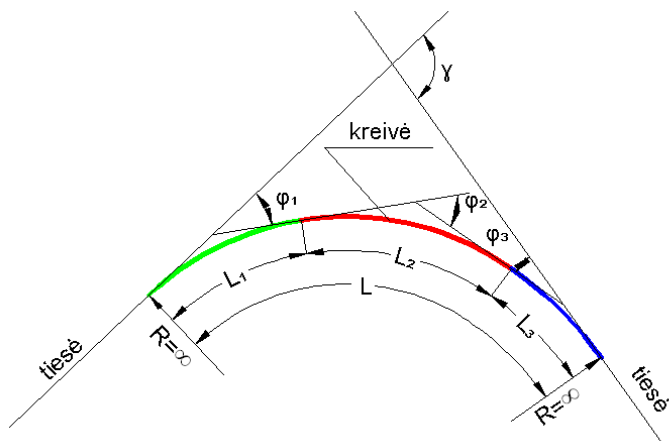
Bendruoju atveju horizontaliosios kreivės vingiuotumas apskaičiuojamas formulėmis

$$CCR_s = \frac{\frac{L_{P1}}{2R} + \frac{L_A}{R} + \frac{L_{P2}}{2R}}{L} \cdot \frac{200}{\pi} \cdot 10^3 = \frac{|\gamma| \cdot 63700}{L}, \text{ gon/km}, \quad (2.20)$$

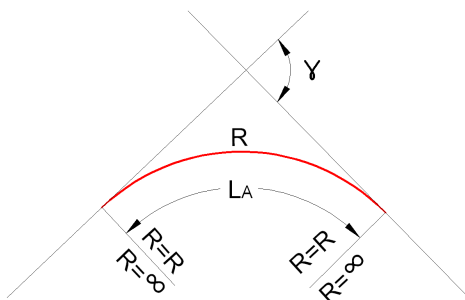
$$CCR_s = \frac{\frac{L_{P1}}{2R} + \frac{L_A}{R} + \frac{L_{P2}}{2R}}{L} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 10^3 = \frac{|\gamma| \cdot 57330}{L}, \text{ deg/km}, \quad (2.21)$$

čia: $L = L_{P1} + L_A + L_{P2}$ – bendras kreivės ilgis, m; L_A – apskritiminės kreivės ilgis, m; R – apskritiminės kreivės spindulys, m; L_{P1} , L_{P2} – pirmosios ir antrosios pereinamųjų kreivių ilgiai, m; γ – trasos posūkio kampas, gon arba deg.

Vingiuotumo CCR_S apskaičiavimo atvejai pateikiami 2.9–2.11 paveiksluose.

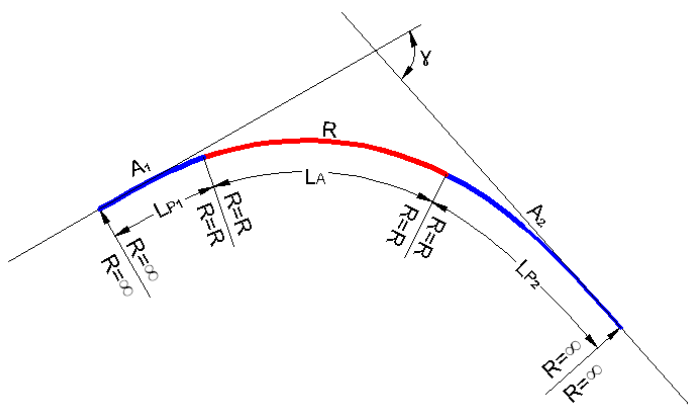


2.9 pav. Bendras CCR_S apskaičiavimo atvejis
Fig. 2.9. Calculation of the general CCR_S



2.10 pav. CCR_S apskaičiavimas apskritiminei kreivei
Fig. 2.10. Calculation of CCR_S for a circular curve

$$CCR_S = \frac{\frac{L_A}{R} \cdot 63700}{L_A}, \text{ gon/km}, \quad (2.22a)$$



2.11 pav. CCR_s apskaičiavimas, kai pereinamosios kreivės yra skirtingo ilgio

Fig. 2.11. Calculation of CCR_s when the transition curves are of different length

$$CCR_s = \frac{\left(\frac{L_{P1}}{2R} + \frac{L_{P2}}{2R} + \frac{L_A}{R} \right) \cdot 63700}{L}, \text{ gon/km}, \quad (2.22b)$$

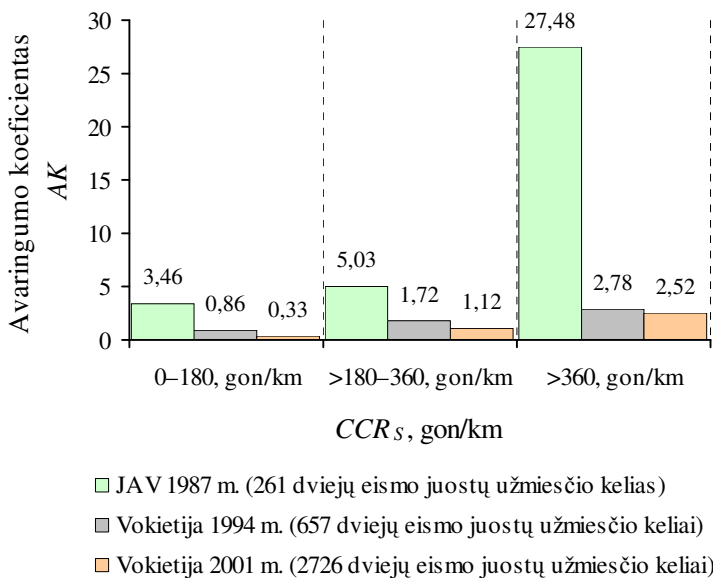
2.2.3. Kelio trasos elementų įtaka avaringumui ir automobilių važiavimo greičiui, projektinio greičio nustatymas

Vokietijos Federacinės Respublikos ir JAV eismo įvykių duomenų bazių duomenys rodo, kad eismo įvykių rizika yra mažiausia horizontaliosiose kreivėse, kurių spinduliai yra didesni už 350 m, o vingiuotumas CCR_s kinta nuo 0 iki 180 gon/km (Ruscher 2001). Kai kreivių spinduliai yra nuo 350 iki 175 m, vingiuotumas nuo 180 iki 360 gon/km, eismo įvykių rizika padidėja nuo dviejų iki trijų kartų. Kreivėse, kurių spinduliai mažesni už 175 m, o vingiuotumas CCR_s didesnis už 360 gon/km, eismo įvykių rizika padidėja nuo keturių iki penkių kartų (2.12 pav.).

Pasaulinės kelių asociacijos leidiniuose (PIARC 2003) teigiama, kad:

- horizontaliosiose kreivėse eismo įvykiai nuo 1,5 iki 4 kartų dažnesni negu tiesiuose ruožuose, didžiausia eismo įvykių dalis tenka horizontaliosioms kreivėms, kurių spinduliai mažesni kaip 400 m;
- horizontaliosiose kreivėse įvyksta nuo 25 % iki 30 % visų eismo įvykių, kuriuose žūsta žmonės;
- apie 60 % visų eismo įvykių, įvykstančių horizontaliose kreivėse, yra vieno automobilio nuvažiavimas nuo kelio;

- eismo įvykiai dažniausiai vyksta horizontaliųjų kreivių pradžioje arba pabaigoje;
- užmiesčio keliai, suprojektuoti tenkinant projektavimo normų nustatytas mažiausias kelio kaip erdvinės linijos geometrinių parametru reikšmes, yra nesaugūs.



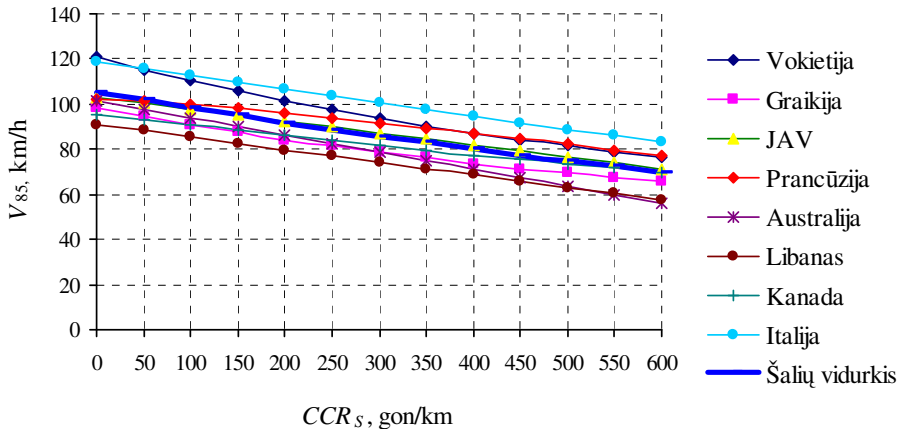
2.12 pav. Eismo įvykių pasiskirstymas pagal CCR_s reikšmes Vokietijoje ir JAV
Fig. 2.12. Distribution of road accidents by the CCR_s values in Germany and USA

Eismo įvykių dažnis horizontaliosiose kreivėse priklauso ne tik nuo kreivės geometrinių parametru (spindulio, posūkio kampo, skersinio nuolydžio), bet ir nuo gretimų kelio trasos elementu. Galima teigti, kad vienodo spindulio horizontaliosios kreivės yra skirtingai saugios – tai priklauso nuo to, kiek kelio plano elementai yra suderinti tarpusavyje.

Didžioji eismo įvykiu dalis užmiesčio keliuose įvyksta dėl tinkamai tarpusavyje nesuderintu kelio trasos plano elementu ir per didelio automobiliu važiavimo greičio, todėl greitis yra svarbiausias kriterijus, vertinant kelio plano elementu geometrinių parametru suderinamumo lygmenį.

Daugelyje pasaulio šaliu atliktu tyrimu (Lamm *et al.* 1995b; Lamm *et al.* 1987a; Lamm *et al.* 1987b; Ottesen *et al.* 1994; Technical Recommendation...1994; McLean 1978; Coueiri *et al.* 1995; McLean *et al.* 1995; Morrall *et al.* 1994) metu buvo nustatyta, kaip greitis V_{85} yra susijęs su kelio trasos kokybe,

aprašoma vingiuotumu CCR_S (2.13 pav.). Šių tyrimų pagrindu sudarytos atskirų šalių ir bendroji pasaulio šalių greičio V_{85} regresinės lygtys.



2.13 pav. Greičio V_{85} priklausomybė nuo vingiuotumo CCR_S

Fig. 2.13. Dependency of the operating speed V_{85} for the parameter CCR_S

Yra šie bendrosios pasaulio šalių greičio V_{85} regresinės lygties atvejai:

- kai kelio išilginis nuolydis $i \leq 6\%$ ir vingiuotumas $CCR_S \leq 1600$ gon/km

$$V_{85} = 105,31 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot CCR_S^2 - 0,071 \cdot CCR_S ; \quad (2.23)$$

- kai kelio išilginis nuolydis $i > 6\%$ ir vingiuotumas $CCR_S > 1600$ gon/km

$$V_{85} = 86 - 3,24 \cdot 10^{-9} \cdot CCR_S^3 + 1,61 \cdot 10^{-5} \cdot CCR_S^2 - 4,26 \cdot 10^{-2} \cdot CCR_S , \quad (2.24)$$

čia CCR_S – bendrasis esamos arba projektinės kelio trasos vingiuotumas.

Bendrasis esamos arba projektinės kelio trasos vingiuotumas nustatomas formule

$$CCR_S = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (CCR_{Si} \cdot L_i)}{\sum_{i=1}^{i=n} L_i} , \quad (2.25)$$

čia: CCR_S – bendrasis kelio trasos vingiuotumas, gon/km; CCR_{Si} – vingiuotumas i -tojoje kreivėje, gon/km; L_i – i -tosios kreivės ilgis, m.

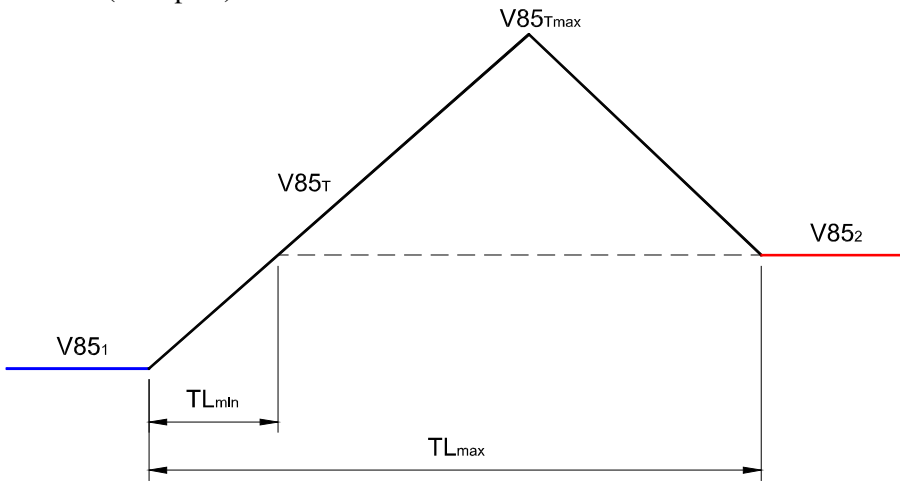
Žinant esamo kelio bendrąjį kelio vingiuotumą, bendrosiomis pasaulio šalių greičio V_{85} regresinėmis (2.23) arba (2.24) lygtimis galima apskaičiuoti greitį V_{85} . Projektinį greitį V_p galima nustatyti (2.1) formule pagal greitį V_{85} .

2.2.4. Tiesės eismo saugumo analizė

Rekonstruojant arba tiesiant naujus kelius, būtina tinkamai suprojektuoti kelio trasos plano tiesės. Eismo saugumo požiūriu tiesės skirstomos į dvi grupes:

- nepriklausomos (ilgos ir vidutinio ilgio tiesės), turinčios įtakos avaringumo lygmeniui kelyje, nes automobilių važiavimo greitis jose gali būti žymiai didesnis nei gretimose horizontaliosiose kreivėse;
- priklausomos (trumpos tiesės).

Tiesės skirstomos į nepriklausomas ir priklausomas pagal greitį V_{85} , kuris gali būti pasiektas automobiliui važiuojant tiese ir gretimomis horizontaliosiomis kreivėmis (2.14 pav.).



2.14 pav. Greičių ir ilgių nustatymo schema tiesėje

Fig. 2.14. The scheme for the determination of speeds and lengths in tangent

Paaškinimai: V_{85_1} , V_{85_2} – greičiai V_{85} pirmojoje ir antrojoje kreivėse; $V_{85_{Tmax}}$ – didžiausias greitis tiesėje; V_{85_T} – greitis tiesėje (gali pasiekti reikšmę $V_{85_{Tmax}}$); TL – tiesės ilgis; TL_{min} – atstumas, reikalingas greičiui V_{85_2} pasiekti; TL_{max} – atstumas, reikalingas greičiui $V_{85_{Tmax}}$ pasiekti.

Kai $TL \geq TL_{max}$, tiesė yra nepriklausoma (ilga), į ją atsižvelgiama, tiesės ilgis pakankamas, kad automobilis pasiektų didžiausią greitį $V_{85_{Tmax}}$, tiesė ir kreivės yra tiesiogiai susijusios – automobilio važiavimo greitis kreivėse priklauso nuo greičio tiesėje:

$$TL_{max} = \frac{V_{85_{Tmax}}^2 - V_{85_1}^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot a} + \frac{V_{85_{Tmax}}^2 - V_{85_2}^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot a} = \frac{2 \cdot V_{85_{Tmax}}^2 - V_{85_1}^2 - V_{85_2}^2}{22,03}, \quad (2.25)$$

čia a – automobilio pagreitis $0,85 \text{ m/s}^2$.

Kai $TL_{\min} \leq TL \leq TL_{\max}$, tiesė yra nepriklausoma (vidutinio ilgio), į ją atsižvelgiama, nors tiesės ilgis nėra pakankamas, kad automobilis pasiektų didžiausią greitį $V_{85_{T_{\max}}}$, tiesė ir kreivės yra tiesiogiai susijusios – automobilio važiavimo greitis kreivėse priklauso nuo greičio tiesėje, kuris šiuo atveju apskaičiuojamas formule

$$V_{85_T} = \sqrt{\frac{V_{85_1^2} + V_{85_2^2} + 2 \cdot 3,6^2 \cdot a \cdot TL}{2}} = \sqrt{\frac{V_{85_1^2} + V_{85_2^2} + 22,03 \cdot TL}{2}}. \quad (2.26)$$

Kai $TL \leq TL_{\min}$, tiesė yra priklausoma (trumpa), ir į ją neatsižvelgiama, pirmoji ir antroji kreivė yra tiesiogiai susijusios – automobilio važiavimo greitis antroje kreivėje priklauso nuo greičio pirmojoje kreivėje:

$$TL_{\min} = \frac{|V_{85_1^2} - V_{85_2^2}|}{2 \cdot 3,6^2 \cdot a} = \frac{|V_{85_1^2} - V_{85_2^2}|}{22,03}. \quad (2.27)$$

2.2.5. Eismo saugumo kriterijų ir eismo saugumo modulio sąvokos

Automobilių kelių projektavimo metodika, kurioje kelio trasa nagrinėjama kaip nuosekli tarpusavyje susijusių elementų seka pagrįsta kiekybiniais kriterijais, vadinamais eismo saugumo kriterijais:

- **pirmasis** kriterijus – projektinio greičio V_P pastovumas (2.6 lentelė);
- **antrasis** kriterijus – greičio V_{85} pastovumas (2.7 lentelė);
- **trečiasis** kriterijus – dinaminis stabilumas kreivėse (2.8 lentelė).

Projektinio greičio V_P pastovumas reiškia tai, kad projektinis greitis turi būti pastovus kiek įmanoma ilgesniuose kelio ruožuose. Projektinio greičio pastovumas yra geras, kai skirtumas tarp greičio V_{85} ir projektinio greičio V_P neviršija 10 km/h.

2.6 lentelė. Projektinių sprendinių klasifikacija pagal pirmąjį eismo saugumo kriterijų
Table 2.6. Classification of design solutions by the traffic safety criterion I

Suprojektuota	Ženklas	Greičių skirtumas, km/h	CCR_S , gon/km
Gera	+	$ V_{85_i} - V_P \leq 10$	$ CCR_{S_i} - CCR_S \leq 180$
Patenkinamai	0	$10 < V_{85_i} - V_P \leq 20$	$180 < CCR_{S_i} - CCR_S \leq 360$
Prastai	–	$ V_{85_i} - V_P > 20$	$ CCR_{S_i} - CCR_S > 360$

Greičio V_{85} pastovumas – greitis V_{85} turi būti pastovus tarp dviejų gretimų kelio trasos elementų (tarp dviejų gretimų horizontaliųjų kreivių arba tarp tiesės

ir kreivės). Greičio V_{85} pastovumas yra geras, kai greičių V_{85} skirtumas dviejuose gretimuose kelio trasos plano elementuose neviršija 10 km/h.

2.7 lentelė. Projektinių sprendinių klasifikacija pagal antrąjį eismo saugumo kriterijų
Table 2.7. Classification of design solutions by the traffic safety criterion II

Suprojektuota	Ženklas	Greičių skirtumas, km/h	CCR _s , gon/km
Gera	+	$ V_{85_i} - V_{85_{i+1}} \leq 10$	$ CCR_{Si} - CCR_{Si+1} \leq 180$
Patenkinamai	0	$10 < V_{85_i} - V_{85_{i+1}} \leq 20$	$180 < CCR_{Si} - CCR_{Si+1} \leq 360$
Prastai	-	$ V_{85_i} - V_{85_{i+1}} > 20$	$ CCR_{Si} - CCR_{Si+1} > 360$

Dinaminis stabilumas kreivėse – tai automobilių važiavimo stabilumo ir ekonomiško kriterijus. Dinaminio stabilumo kreivėse kriterijus paremtas projekcinio (priimtino) skersinės jėgos koeficiento f_{RA} (angl. *assumed side friction*) ir realios skersinės jėgos koeficiento f_{RD} (angl. *demanded side friction*) palyginimu.

Projektinis (priimtinas) skersinės jėgos koeficientas f_{RA} yra susietas su projekciniu greičiu V_P ir apskaičiuojamas formule

$$f_{RA} = \frac{V_P^2}{127 \cdot R} - e, \quad (2.28)$$

čia: R – horizontaliosios kreivės spindulys; e – važiuojamosios dalies skersinis nuolydis virazė.

Realios skersinės jėgos koeficientas f_{RD} yra susietas su 85 procentų greičiu V_{85} (realiu važiavimo greičiu):

$$f_{RD} = \frac{V_{85}^2}{127 \cdot R} - e. \quad (2.29)$$

Skirtumas tarp projekcinio (priimtino) skersinės jėgos koeficiento f_{RA} ir realios skersinės jėgos koeficiento f_{RD} , nustatantis „prastą“ ruožą, lygus $-0,04$.

2.8 lentelė. Projektinių sprendinių klasifikacija pagal trečiąjį eismo saugumo kriterijų
Table 2.8. Classification of design solutions by the traffic safety criterion III

Suprojektuota	Ženklas	Skersinės jėgos koeficientų skirtumas	CCR _s , gon/km
Gera	+	$f_{RA} - f_{RD} \geq +0,01$	$ CCR_{Si} \leq 180$
Patenkinamai	0	$-0,04 < f_{RA} - f_{RD} \leq 0,01$	$180 < CCR_{Si} \leq 360$
Prastai	-	$f_{RA} - f_{RD} < +0,01$	$ CCR_{Si} > 360$

Eismo saugumo kriterijai nustatomi:

- **pirmasis** – atskirai kiekvienam trasos elementui (kreivei arba nepriklausomai tiesei);
- **antrasis** – dviem vienas po kito einantiems trasos elementams (nepriklausomai tiesei ir kreivei arba dviem kreivėms);
- **trečiasis** – atskirai kiekvienai kreivei.

Eismo saugumo kriterijų nustatymo algoritmai (Lamm *et al.* 2007) pateikiami 2.15–2.17 paveiksluose.

Bendrai kelio trasos saugumo analizei visi trys kriterijai sujungiami į vieną sistemą – eismo saugumo modulį. Modulyje išskiriami projektiniai lygmenys (2.9 lentelė):

- **geras** projektinis lygmuo – svorio koeficientas +1, kelio trasos atkarpai korekcija nereikalinga;
- **pakankamas** projektinis lygmuo – svorio koeficientas 0, kelio trasos atkarpai rekomenduojamos inžinerinės eismo saugumo gerinimo priemonės;
- **pavojingas** projektinis lygmuo – svorio koeficientas –1, kelio trasos atkarpa būtina koreguoti.

2.9 lentelė. Projektinių lygmenų klasifikacija

Table 2.9. Classification of design levels

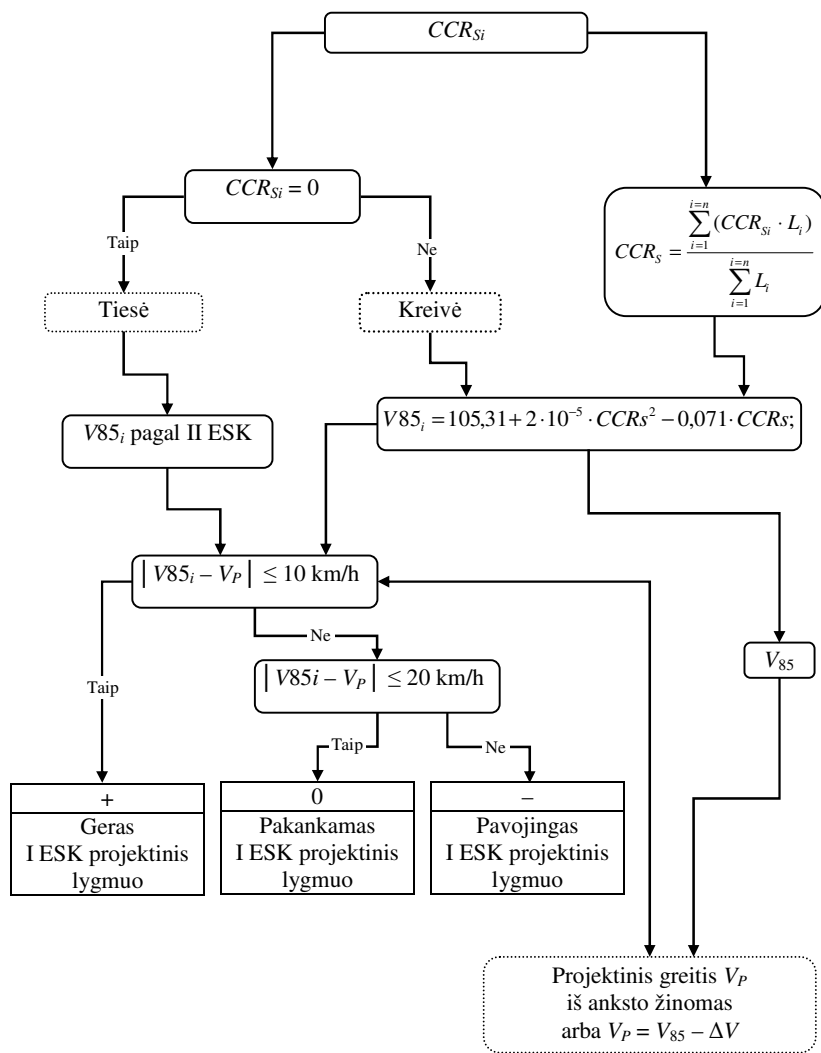
Eismo saugumo kriterijai	Projektiniai lygmenys		
	Geras (+)	Pakankamas (0)	Pavojingas (–)
	leistini skirtumai $ CCR_{Si} - CCR_{Si+1} \leq 180$	toleruojami skirtumai $180 \leq CCR_{Si} - CCR_{Si+1} \leq 360$	neleistini skirtumai $ CCR_{Si} - CCR_{Si+1} > 360$
Pirmasis	$ V85_i - V_p \leq 10$	$10 < V85_i - V_p \leq 20$	$ V85_i - V_p > 20$
Antrasis	$ V85_i - V85_{i+1} \leq 10$	$10 < V85_i - V85_{i+1} \leq 20$	$ V85_i - V85_{i+1} > 20$
Trečiasis	$f_{RA} - f_{RD} \geq +0,01$	$-0,04 \leq f_{RA} - f_{RD} < +0,01$	$f_{RA} - f_{RD} < -0,04$

Projektiniai lygmenys nustatomi abiem važiavimo kryptims, apskaičiuojamas jų aritmetinis vidurkis ir pagal 2.10 lentelėje nurodytas ribas atliekamas galutinis vertinimas.

2.10 lentelė. Eismo saugumo modulio projektinių lygmenų ribos

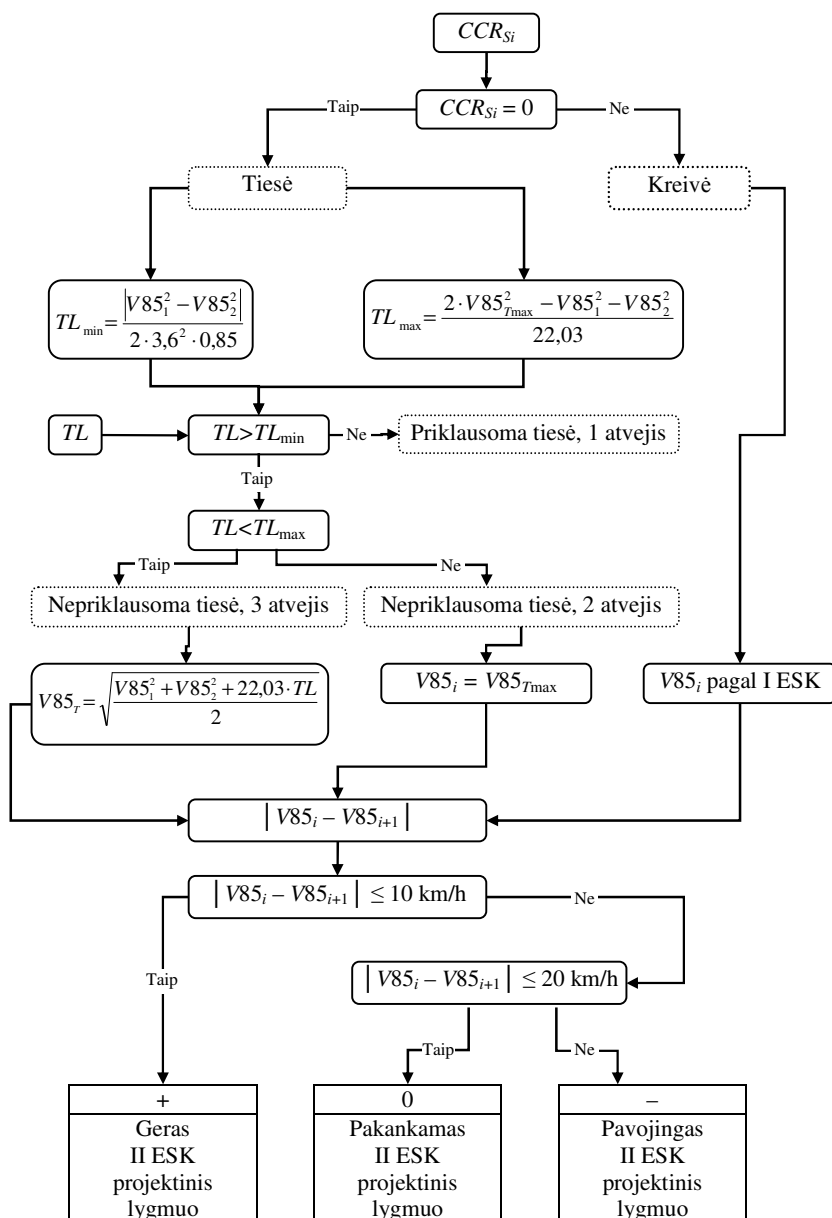
Table 2.10. The limits for the design levels of traffic safety module

Eismo saugumo modulio projektiniai lygmenys
$x \geq 0,5 \rightarrow$ Geras (+)
$-0,5 < x < 0,5 \rightarrow$ Pakankamas (0)
$x \leq -0,5 \rightarrow$ Pavojingas (–)



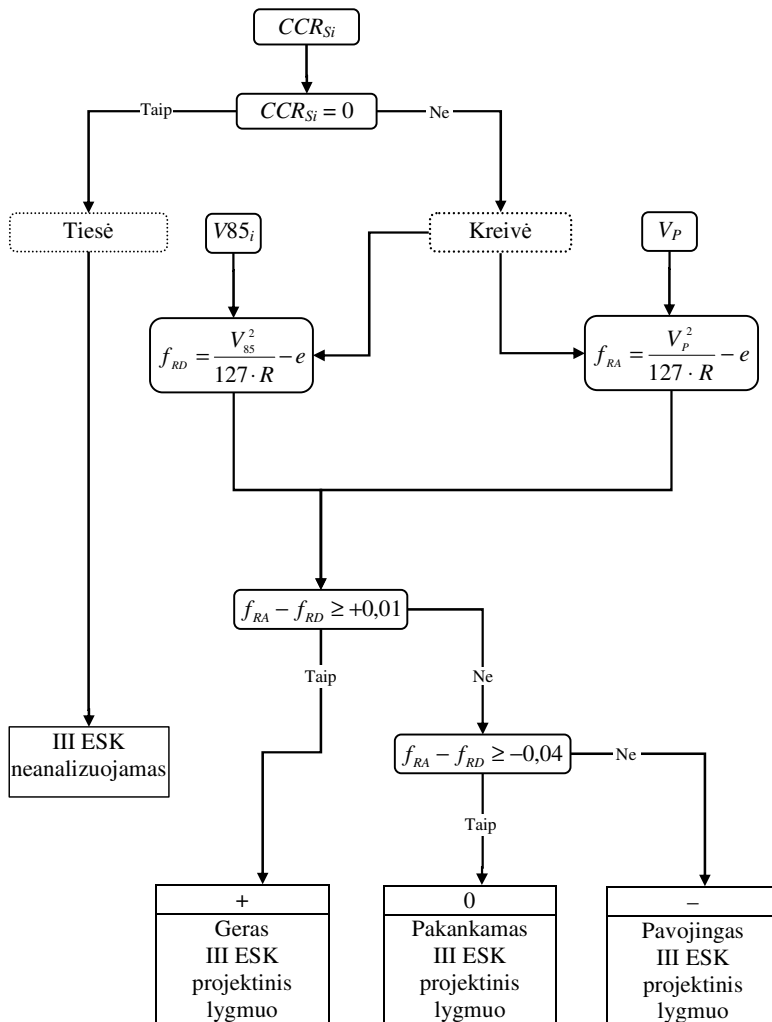
2.15 pav. Pirmojo eismo saugumo kriterijaus projektinio lygmens nustatymo algoritmas

Fig. 2.15. Algorithm for the determination of design level of the traffic safety criterion I



2.16 pav. Antrojo eismo saugumo kriterijaus projektinio lygmens nustatymo algoritmas

Fig. 2.16. Algorithm for the determination of design level of the traffic safety criterion II



2.17 pav. Trečiojo eismo saugumo kriterijaus projektinio lygmens nustatymo algoritmas

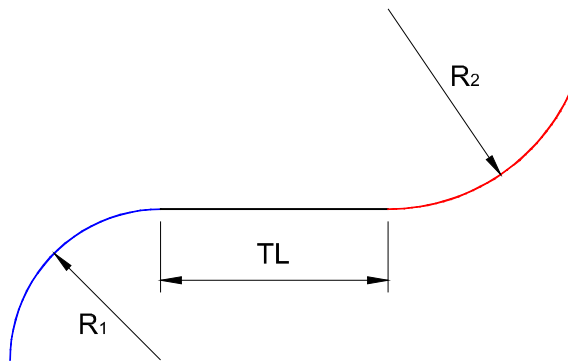
Fig. 2.17. Algorithm for the determination of design level of the traffic safety criterion III

2.2.6. Horizontaliųjų kreivių spindulių ir tiesių ilgių derinimas

Kaip jau minėta 2.2.1 skirsnyje, reikalavimai horizontaliųjų kreivių spindulių ir tiesių intarpų ilgių tarp jų suderinamumui automobilių kelių projektavimo normose nėra pakankamai išsamūs. Siekiant pateikti detalesnes kelio trasos elementų suderinamumo rekomendacijas, darbe išspręstas 85 procentų greičio V_{85} horizontaliosiose kreivėse ir tiesėje tarp jų modeliavimo uždavinys (2.18 pav.).

Uždavinio formulavimas – rasti didžiausią tiesės ilgį TL , kai duota:

- horizontaliųjų kreivių spinduliai R_1, R_2 ;
- leistinas greičių V_{85} horizontaliosiose kreivėse ir tiesėje skirtumas ΔV_{85} .



2.18 pav. Trasos plano elementų derinimo uždavinio schema

Fig. 2.18. The scheme for solving a problem of compatibility of road plan elements

Uždavinio sprendimas:

- greičiai horizontaliosiose kreivėse

$$V_{85_i} = 105,31 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot CCR_{Si}^2 - 0,071 \cdot CCR_{Si}; \quad (2.30)$$

- greitis tiesėje

$$V_{85_T} = \min \left(\frac{\min(V_{85_1}, V_{85_2}) + \Delta V_{85}}{105,31} \right); \quad (2.31)$$

- tiesės ilgis

$$TL = \frac{2 \cdot V_{85_T}^2 - V_{85_1}^2 - V_{85_2}^2}{22,03}. \quad (2.32)$$

Sujungiant (2.30)–(2.32) formules, gaunama galutinė tiesės ilgio išraiška

$$\begin{aligned}
 TL = \min & \left(\frac{105,31 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot \left(\frac{63700}{\min(R_1, R_2)} \right)^2 - 0,071 \cdot \frac{63700}{\min(R_1, R_2)} + \Delta V_{85}}{105,31} \right) - \\
 & - 1006,8 - \frac{2,9895 \cdot 10^8}{R_1^4} + \frac{3,3321 \cdot 10^7}{R_1^3} - \frac{1,7044 \cdot 10^6}{R_1^2} + \frac{43240}{R_1} - \\
 & - 1006,8 - \frac{2,9895 \cdot 10^8}{R_2^4} + \frac{3,3321 \cdot 10^7}{R_2^3} - \frac{1,7044 \cdot 10^6}{R_2^2} + \frac{43240}{R_2}.
 \end{aligned} \quad (2.33)$$

Papildomai tikrinama, ar gauta TL reikšmė atitinka vidutinio ilgio tiesę, t.y. ar tenkinama sąlyga $TL_{\min} < TL < TL_{\max}$. Trumpą arba ilgą tiesę atitinkančios TL reikšmės atmetamos, nes abiem šiais atvejais tiesės ilgis eismo saugumui įtakos neturi:

- kai $TL \leq TL_{\min}$ (trumpa tiesė), kreivės yra tiesiogiai susijusios – automobilio važiavimo greitis vienoje kreivėje priklauso nuo greičio kitoje;
- kai $TL \geq TL_{\max}$ (ilga tiesė), tiesės ilgis pakankamas, kad automobilis pasiektų didžiausią greitį $V_{85_{T_{\max}}} = 105,31$ km/h, tačiau toks rezultatas gaunamas tik tais atvejais, kai greta tiesės yra pakankamai didelių spindulių horizontaliosios kreivės.

Galutinis uždavinio sprendimo rezultatas – rekomenduojamų ilgiausių tiesių tarpų tarp mažo spindulio horizontaliųjų kreivių lentelės numatytam eismo saugumo modulio projekciniam lygmeniui (pavyzdys pateikiamas 5 skyriuje).

2.3. Antrojo skyriaus išvados

1. Analizuojant mažiausius horizontaliųjų ir vertikalųjų kreivių spindulius, nurodytus Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normose, galima teigti, kad:

- horizontaliųjų kreivių spindulių reikšmės nurodytos, taikant nepagrįstus atsargos koeficientus;
- projektavimo normose yra viena kitai prieštaraujančių nuostatų – nurodyti vertikalųjų kreivių spinduliai netenkina matomumo reikalavimų;
- mažiausi išgaubtų vertikalųjų kreivių spinduliai su tam tikra atsarga tenkina sustojimo matomumo reikalavimus tik priešpriešinės transporto priemonės atveju;
- 0,15 m aukščio kliūtis važiuojamojoje dalyje pakankamas matomumas pagal nurodytus išgaubtų vertikalųjų kreivių spindulius užtikrinamas tik projekcinio greičio reikšmėms $V_p \leq 60$ km/h;

- važiuojamosios dalies paviršiaus pakankamam matomumui užtikrinti projektavimo normose nurodyti išgaubtų vertikaliųjų kreivių spinduliai yra per maži visoms projektinio greičio reikšmėms;
 - mažiausi įgaubtų vertikaliųjų kreivių spinduliai su tam tikra atsarga tenkina važiavimo komforto reikalavimus, tačiau sustojimo matomumo tamsiu paros metu reikalavimai tenkinami tik atsitiktinėms projektinio greičio reikšmėms.
2. Kiti pastebėti Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normų trūkumai:
- žemesnių kategorijų kelių rekonstrukcijos (tiesimo) projektuose leidžiama taikyti projektinio greičio V_p reikšmes, mažesnes už leidžiamą greitį V_L , tačiau nereikalaujama šias reikšmes pagrįsti;
 - nenurodyta, kokia metodika vadovaujantis nustatomas projektinis greitis V_p ;
 - nėra greičio V_{85} sąvokos, kuria remiamasi daugelio užsienio šalių automobilių kelių projektavimo normose;
 - rekomendacijos horizontaliųjų kreivių spindulių reikšmėms, atsižvelgiant į tiesaus intarpo tarp kreivių ilgį, yra nepakankamai išsamios.
3. Rekomenduojami Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normų pakeitimai ir papildymai:
- projektavimo normose nurodyti darbe rekomenduojamas horizontaliųjų ir vertikaliųjų kreivių spindulių reikšmės;
 - pateikti greičio V_{85} , vingiuotumo, eismo saugumo kriterijų ir eismo saugumo modulio bei jo projektinių lygmenų sąvokas;
 - projektavimo normas papildyti teiginiu, leidžiančiu taikyti projektinio greičio V_p reikšmes, mažesnes už leidžiamą greitį V_L , tik tais atvejais, kai tai pagrįsta skaičiavimais, pateikti projektinio greičio V_p pagrindimo metodiką;
 - pateikti patikslintas rekomendacijas, leidžiančias tinkamai tarpusavyje suderinti horizontaliųjų kreivių spindulius ir tiesių intarpų tarp kreivių ilgius.

Eksperimentinių tyrimų metodika

Skyriuje aprašoma darbo rengimo metu sukurta bei pritaikyta metodika šiems eksperimentiniams tyrimams atlikti:

- kelio trasos plano žvyrkeliuose tyrimui;
- žvyrkelių išilginio profilio tyrimui;
- avaringumo žvyrkeliuose tyrimui;
- projektinių sprendinių žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose kokybės vertinimui;
- žemės paėmimo kelio juostai apimčiai prognozuoti.

Skyriaus tematika paskelbti penki autoriaus straipsniai (Gintalas *et al.* 2005b; Gintalas *et al.* 2007a; Gintalas *et al.* 2007b; Gintalas *et al.* 2008; Vitkienė *et al.* 2008).

3.1. Kelio trasos plano žvyrkeliuose tyrimo metodika

Labai svarbus kelio tiesimo arba rekonstrukcijos projekto parengimo etapas yra trasos plano projektavimas. Priimant kelio trasos plano projektinius sprendinius žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose, susiduriama su šiuo metu taikomos žvyrkelių rekonstrukcijos praktikos nuostata kuo mažiau nukrypti nuo esamos kelio ašies. Siekiant įvertinti šios praktikos galimas neigiamas pasekmes buvo atliktas esamos kelio trasos plano tyrimas numatomuose rekonstruoti VI „Telšių regiono

keliai“ veiklos zonos žvyrkeliuose. Šio tyrimo pagrindinis tikslas – išmatuoti horizontaliųjų kreivių spindulius žvyrkeliuose ir nustatyti taisytinų horizontaliųjų kreivių dalį.

Tyrimas buvo atliekamas naudojantis skaitmeninio ortofotografinio žemėlapiu ORT10 duomenimis (3.1 pav.). Objektų padėties nustatymo paklaidos skaitmeniniame ortofotografiniame žemėlapyje ORT10 yra ne didesnės kaip 0,5–1,5 m, žemėlapiu tikslumą įtakoja aerofotovaizdų kokybės svyravimai ir ortogonalinės projekcijos deformacijų skirtumai lygioje ir kalvotoje vietovėse.

Kelio trasos plano tyrimo eiga:

- kelio trasos vektorizavimas programa AutoCAD;
- kelio trasą vaizduojančio AutoCAD linijinio objekto (polyline) suskaidymas į tiesių atkarpas ir apskritimų lankus, kelio trasos posūkio taškų (kampų viršūnių) padėties nustatymas ir koordinacių nuskaitymas;
- posūkio kampų, tiesių ir kreivių žiniaraščių sudarymas ir analizė.

Analizuojant posūkio kampų, tiesių ir kreivių žiniaraščius, išskirta:

- horizontaliosios kreivės, kurių spinduliai ne didesni kaip 230 m (mažiausias rekomenduojamas kreivių spindulys, kai projektinis greitis $V_p = 70$ km/h);
- horizontaliosios kreivės, kurių spinduliai ne didesni kaip 445 m (mažiausias rekomenduojamas kreivių spindulys, kai projektinis greitis $V_p = 90$ km/h);
- netaisyklingos sudėtinės arba atvirkštinės horizontaliosios kreivės.

Tyrimo naudojantis ORT10 duomenimis metodikos privalumai:

- kelio ašies padėtis nustatoma valstybinėje koordinacių sistemoje LKS 94;
- matavimo paklaidoms neturi įtakos tiriamo ruožo ilgis;
- skaitmeninio ortofotografinio žemėlapiu ORT10 tikslumas yra pakankamas, kad būtų nustatyti visi kelio trasą sudarantys elementai (tiesės ir horizontaliosios kreivės), išmatuoti jų ilgiai ir horizontaliųjų kreivių spinduliai;
- tyrimo metu sukauptus duomenis galima importuoti į bet kurią automatizuoto kelių projektavimo arba geografinę informacinę sistemą (Paršeliūnas 2001).

Tyrimo naudojantis ORT10 duomenimis metodikos trūkumai:

- kelio ašies arba kitų objektų padėtį nustatant monovektorizavimo būdu mišku apaugusiose arba užstatytose teritorijose paklaidos yra didesnės negu atviroje vietovėje;
- reikia atsižvelgti į LKS 94 koordinacių sistemos projekcijos mastelį (Zakarevičius 1996);
- kelio trasos posūkio kampai ir horizontaliųjų kreivių spinduliai nustatomi su didesne paklaida, kai kelio kryptis kinta mažu kampu.



3.1 pav. Kelio trasos plano tyrimo naudojantis skaitmeniniu ortofotografiniu žemėlapiu ORT10 iliustracija

Fig. 3.1. Illustration of methodology for the investigation of horizontal alignment by using the ortophotographical map ORT10

Nors kelio trasos plano tyrimo metodika turi tam tikrų trūkumų, jie nėra reikšmingi. Tai buvo nustatyta lyginant tyrimo metu sukauptus duomenis su vėliau atliktų inžinerinių geodezinių tyrinėjimų medžiaga – kelio ašies padėtis, nustatyta skaitmeniniame ortofotografiniame žemėlapyje ORT10 ir topografinėje nuotraukoje, skyrėsi ne daugiau kaip 0,5–1,5 m, t. y. paklaidos neviršijo ORT10 tikslumo.

3.2. Žvyrkelių išilginio profilio tyrimo metodika

Priimant išilginio profilio projektinius sprendinius žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose, susiduriama su problemomis, analogiškoms kelio trasos plano sprendiniams. Žvyrkelių išilginio profilio tyrimas buvo atliktas numatomuose rekonstruoti VI „Telšių regiono keliai“ veiklos zonos žvyrkeliuose. Šio tyrimo pagrindinis tikslas – išmatuoti vertikaliųjų kreivių spindulius žvyrkeliuose ir nustatyti taisytinų vertikaliųjų kreivių dalį.

Siekiant gauti kuo tikslesnius tyrimo rezultatus buvo nuspręsta:

- tyrimą atlikti valstybinėje LKS 94 koordinacių ir Baltijos aukščių sistemoje;
- nustatant kelio važiuojamosios dalies padėtį ir aukštį taikyti GPS (vizuotinės padėties nustatymo sistemos) technologijas.

Iš galimų duomenų kaupimo GPS prietaisais metodų – statinio, kinematinio ir RTK (angl. *Real Time Kinematic*) arba kinematinio realiajame laike – žvyrkelių išilginio profilio tyrimams buvo pasirinktas RTK metodas, kurio tikslumas:

- horizontaliai padėčiai: $\pm 10 \text{ mm} + 0,5 \text{ mm/km}$;
- vertikalčiai padėčiai: $\pm 20 \text{ mm} + 1 \text{ mm/km}$.

Tyrimas buvo atliktas naudojant prietaisus *Trimble 5700 GPS* ir *Trimble 5800 GPS*.

Bazinė stotis *Trimble 5700 GPS* buvo pastatyta taške, kurio koordinatės ir aukštis žinomi. Palydovų siunčiami signalai buvo fiksuojami sinchroniškai su nešiojamu imtuvu (roveriu) *Trimble 5800 GPS*, dekoduojami ir kaupiami duomenų bazėje.

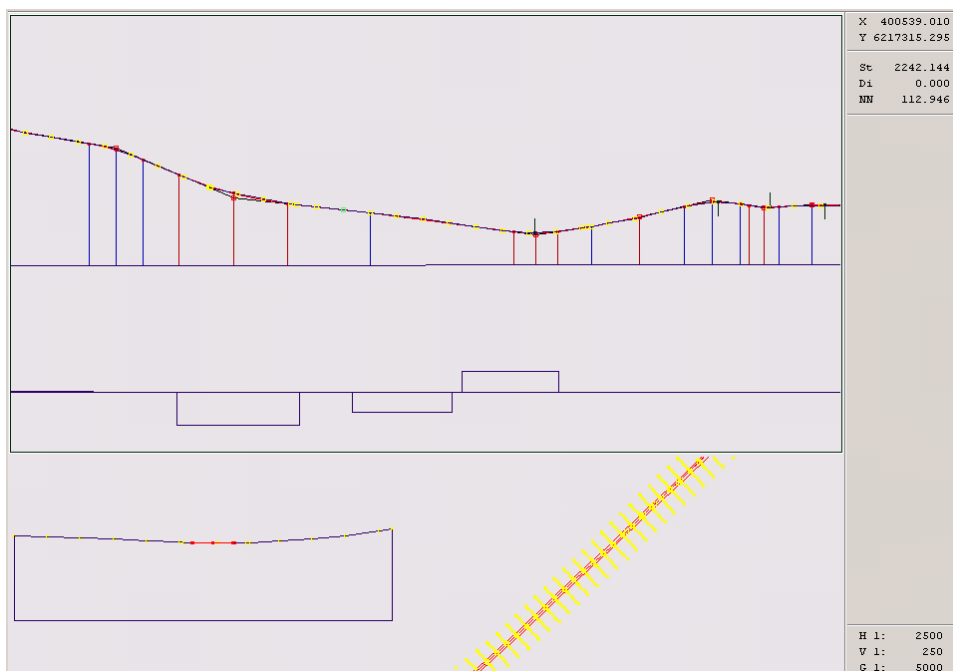
Roveris buvo tvirtinamas prie automobilio ir išmatuojamas prietaiso aukštis virš važiuojamosios kelio dalies. Važiuojant tiriamais kelių ruožais 50–60 km/h greičiu, palydovų signalai buvo fiksuojami kas 1 s, t. y. vidutiniškai kas 15 m, ir tokiu būdu buvo nustatytos kelio važiuojamosios dalies paviršiaus trimatės koordinatės automobilio judėjimo trajektorijoje.

Matavimų rezultatai buvo patikslinti, naudojantis programa *Trimble Geomatics Office*.

Naudoto metodo trūkumas yra tas, kad dėl nepakankamo matomų palydovų skaičiaus gauti nepakankamai tikslūs duomenys matavimų ruožuose, esančiuose

užstatytose arba mišku apaugusiose teritorijose. Dėl šios priežasties dalį matavimų teko atmesti.

Kitame etape buvo sprendžiamas uždavinys, kurį galima įvardyti kaip triačių taškų sekų, atitinkančių esamo kelio dangos paviršių, pakeitimą į projektavimo praktikoje taikomų kelio išilginio profilio elementų – pastovaus nuolydžio tiesių ir vertikalųjų kreivių – sekas. Kitaip sakant, kiekvienam ištirtam ruožui buvo projektuojamas išilginis profilis, stengiantis minimaliai nukrypti nuo esamos padėties. Uždaviniui spręsti buvo panaudota automatizuoto kelių projektavimo sistema VESTRA CAD, sukurta Vokietijos Federacinėje Respublikoje (3.2 pav.).



3.2 pav. Kelio esamo išilginio profilio modeliavimas sistemoje VESTRA CAD

Fig. 3.2. Modelling of the existing vertical alignment in the system VESTRA CAD

Naudojant sistemos VESTRA CAD įrankius, uždavinys buvo sprendžiamas tokia tvarka:

- sudaromas skaitmeninis vietovės modelis (DTM);
- aprašomas kelio trasos planas;
- projektuojamas kelio išilginio profilis.

Buvo sudaromas supaprastintas (menamas) skaitmeninis vietovės modelis (DTM), t. y. laikoma, kad kelio ir vietovės paviršius skersine kryptimi nekinta. Kelio trasos planas sistemoje buvo aprašomas importuojant kelio trasos plano tyrimo metu sukauptus duomenis.

Išilginio profilio projektavimas sistemoje VESTRA CAD atliekamas viršūnių (PVI) metodu, t. y. projekcinė linija užduodama poligono viršūnėmis (PVI). Kiekvienai viršūnei (PVI) galima priskirti parabolinę vertikaliją kreivę, aprašomą vienu iš šių parametru:

- fiksuotu spinduliu;
- fiksuotu tangentės ilgiu;
- tašku, per kurį turi eiti vertikalioji kreivė.

Atliekant tyrimą, buvo pasirinktas tradicinis (leidžiantis pasiekti didžiausią našumą) vertikalijų kreivių aprašymo fiksuotais spinduliais metodas.

Tyrimo metu gautų rezultatų analizei buvo panaudotos sistemos VESTRA CAD generuojamos ataskaitos, kuriose kelio išilginis profilis buvo pateiktas kaip išilginio profilio elementų (tiesių ir vertikalijų kreivių) seka.

3.3. Avaringumo žvyrkeliuose tyrimo metodika

Avaringumo žvyrkeliuose tyrimo pagrindinis tikslas – palyginti avaringumo rodiklius rekonstruotuose žvyrkelių ruožuose iki ir po rekonstrukcijos. Tyrimo imties ruožuose taip pat buvo analizuojama kelio trasos plano sprendinių kokybė, analizės rezultatai pateikiami 4.4 skirsnyje.

Avaringumo žvyrkeliuose tyrimą sudaro šie etapai:

- informacijos apie eismo įvykius surinkimas rekonstruotuose žvyrkelių ruožuose laikotarpiu, apimančiu tam tikrą metų iki ir po rekonstrukcijos skaičių;
- avaringumo rodiklių iki ir po rekonstrukcijos palyginimas tiriamuose ruožuose;
- nuostolių dėl eismo įvykių padarinių ekonominis vertinimas.

Tyrimui atlikti reikalingus duomenis pateikė:

- VĮ „Transporto ir kelių tyrimo institutas“ (Valstybinės reikšmės ... 2007);
- Lietuvos policijos eismo priežiūros tarnyba;
- VĮ „Klaipėdos regiono keliai“;
- VĮ „Tauragės regiono keliai“;
- VĮ „Telšių regiono keliai“.

Eismo įvykiai Lietuvoje skirstomi į 2 pagrindines grupes:

- įskaitiniai – eismo įvykiai, kuriose žmonės žuvo arba buvo sužeisti;

- techniniai – eismo įvykiai, kuriose buvo padaryta materialinė žala (apgadintos transporto priemonės ir t. t.), tačiau žmonės nenukentėjo arba patyrė tik lengvas traumas ir sužeistais nelaikomi.

Įskaitiniai eismo įvykiai papildomai gali būti skirstomi pagal pasekmes:

- eismo įvykiai, kuriuose žuvo žmonės;
- eismo įvykiai, kuriuose sužeisti žmonės.

Eismo įvykiai pagal jų pobūdį skirstomi į 7 rūšis (Lietuvos policijos ... 2007; Lietuvos automobilių ... 2009):

1. Susidūrimas – eismo įvykis, kurio metu judančios motorinės transporto priemonės susidūrė tarpusavyje. Šiai rūšiai taip pat priskiriami judančių transporto priemonių susidūrimai su stovinčiomis. Pagrindiniai susidūrimų tipai:

- priešpriešiniai;
- šoniniai;
- galiniai.

2. Susidūrimas su dviračiu – eismo įvykis, kurio metu judanti motorinė transporto priemonė arba mopedas susidūrė su judančiu dviračiu arba mopedu.

3. Užvažiavimas ant pėsčiojo – eismo įvykis, kurio metu judanti motorinė transporto priemonė arba mopedas užvažiavo ant žmogaus arba žmogus atsitrenkė į judančią motorinę transporto priemonę arba mopedą.

4. Užvažiavimas ant kliūties – eismo įvykis, kurio metu motorinė transporto priemonė užvažiavo ant kliūties arba į ją atsitrenkė (važiuojamojoje dalyje arba nuvažiavusi nuo kelio).

5. Apvirtimas (kelio važiuojamojoje dalyje arba nuvažiavus nuo kelio) – eismo įvykis, kurio metu motorinė transporto priemonė apvirto. Šiai eismo įvykių rūšiai nepriskiriami apvirtimai, prieš tai įvykus kitos rūšies eismo įvykiui.

6. Susidūrimas su stovinčia transporto priemone – eismo įvykis, kurio metu judanti transporto priemonė atsitrenkė į stovinčią transporto priemonę.

7. Kiti – eismo įvykiai, kurie nepriskiriami anksčiau išvardintoms rūšims:

- užvažiavimas ant gyvūno;
- krovinio arba keleivio iškritimas iš judančios motorinės transporto priemonės;
- kiti.

Kelio ruožo avaringumo laipsniui nustatyti naudojami šie rodikliai (LR susisiekimo ... 2004):

- avaringumo koeficientas AK ;
- eismo įvykių tankis AT .

Avaringumo koeficientas rodo eismo įvykių skaičių per metus, tenkanti 1 milijonui automobilių, nuvažiuojančių nagrinėjamo kelio ruožo kilometrui:

$$AK = \frac{A \cdot 10^6}{365 \cdot VMPEI \cdot L \cdot n}, \quad (3.1)$$

čia: A – eismo įvykių skaičius nagrinėjamame kelio ruože per n metų; L – nagrinėjamo kelio ruožo ilgis, km; VMPEI – vidutinis metinis paros eismo intensyvumas nagrinėjamame kelio ruože, aut./parą;

Eismo įvykių tankis parodo eismo įvykių skaičių per metus, tenkantį 1 km ilgio kelio ruožui:

$$AT = \frac{A}{L \cdot n} . \quad (3.2)$$

Eismo įvykių padariniams įvertinti naudojamas rodiklis – eismo įvykių kaštai:

$$AN = \frac{AK \cdot L \cdot VMPEI \cdot 365}{10^6} \cdot VVAK , \text{ Lt}, \quad (3.3)$$

čia: AK – avaringumo koeficientas nagrinėjamame kelio ruože; L – nagrinėjamo kelio ruožo ilgis, km; VMPEI – vidutinis metinis paros eismo intensyvumas nagrinėjamame kelio ruože, aut./parą; VVAK – vidutinė vieno eismo įvykio kaina nagrinėjamame ruože, Lt.

Vidutinė viename eismo įvykyje patiriama žala 2006 metų kainomis buvo (Automobilių kelių ... 2006):

- eismo įvykyje, kuriame žuvo žmonės – 1715 870 Lt;
- eismo įvykyje, kuriame sužeisti žmonės – 155 805 Lt;
- techniniame eismo įvykyje – 4947 Lt.

3.4. Kelio trasos projektinių sprendinių kokybės vertinimo metodika

Analizuojant kelio trasos projektinių sprendinių kokybę žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose atlikti šie tyrimai:

- kelio trasos plano sprendinių atitikties projektavimo normų reikalavimams vertinimas;
- potencialiai pavojingų atkarpų nustatymas.

Vertinant kelio trasos plano sprendinių atitiktį projektavimo normų reikalavimams buvo siekiama nustatyti, kokia dalis horizontaliųjų kreivių suprojektuotos netinkamai. Joms buvo priskirtos šios horizontaliosios kreivės:

- kurių spinduliai mažesni nei reikalaujama projektavimo normose, galiojusiose projekto rengimo metu;
- kreivės su netinkamai suprojektuotomis pereinamosiomis kreivėmis.

Nustatant potencialiai pavojingas atkarpas, kurios gali atsirasti įgyvendintuose žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose, kiekvienas tiriamas ruožas buvo suskirstytas į atkarpas taip, kad viena atkarpa atitiktų vieną kelio trasos plano elementą. Tyrimas buvo atliekamas šiais etapais:

- remiantis eismo saugumo kriterijais nustatytos potencialiai pavojingos atkarpos tiriamuose ruožuose;
- surinkti duomenys apie eismo įvykius tiriamuose ruožuose;
- nustatyta statistinė priklausomybė tarp eismo įvykių tiriamuose ruožuose ir potencialiai pavojingų atkarpų.

Potencialiai pavojingų atkarpų tiriamuose ruožuose nustatymas buvo atliekamas tokia tvarka:

- nustatytas vingiuotumas CCR_s atskiriems tiriamojo ruožo projektinės trasos elementams (2.20)–(2.22) formulėmis;
- nustatytas bendrasis projektinės kelio trasos vingiuotumas (2.25) formule;
- nustatytas kiekvieno tiriamojo ruožo V_{85} greitis naudojantis bendrosiomis pasaulio šalių regresinėmis lygtimis (2.23) arba (2.24);
- atlikta projektinės kelio trasos analizė remiantis trimis eismo saugumo kriterijais pagal greičio V_{85} jose reikšmes, kiekvienam kriterijui nustatant projektinį lygmenį pagal atskirą algoritmą (2.15–2.17 pav.);
- nustatytas eismo saugumo modulio projektinis lygmuo kiekvienai atkarpa, sumuojant nustatytus eismo saugumo kriterijų projektinius lygmenis ir apskaičiuojant vidutinę reikšmę;
- nustatyta pavojinga atkarpa pagal gautą pavojingą eismo saugumo modulio projektinį lygmenį.

Pavojingos atkarpos buvo nustatomos abiemis eismo kryptims.

Duomenys apie eismo įvykius tiriamuose ruožuose buvo gauti iš VĮ „Transporto ir kelių tyrimo institutas“ duomenų bazės, kurioje tyrimų atlikimo metu buvo kaupiami duomenys tik apie įskaitinius eismo įvykius. Dėl šios priežasties techniniai eismo įvykiai tiriamuose ruožuose nebuvo įvertinti. Be to, duomenys apie eismo įvykių vietas nėra pakankamai tikslūs, nes Lietuvos policijos eismo priežiūros tarnyba eismo įvykių vietų registravimui nenaudojo GPS imtuvų.

Statistinė priklausomybė tarp eismo įvykių tiriamuose ruožuose ir pavojingų atkarpų, apibrėžtų eismo saugumo kriterijais, buvo nustatyta, naudojant Spirmeno ranginį koreliacijos koeficientą, kuris ryšio stiprumui tarp dviejų kintamųjų įvertinti naudoja ne pačias kintamųjų reikšmes, o jų rangus. Teigiamo Spirmeno koreliacijos koeficiento reikšmė rodo tiesioginę kintamųjų priklausomybę.

Analizei buvo sudarytos dvi nepriklausomos imtys:

- kriterijų;
- eismo įvykių.

Kriterijų imtis sudaryta taip:

- atkarpoms, kuriose eismo saugumo modulio projektinis lygmuo geras arba pakankamas, priskiriant 0;
- nustatytoms pavojingoms atkarpoms priskiriant 1.

Eismo įvykių imtis sudaryta taip:

- atkarpoms, kuriose neužregistruota eismo įvykių, priskiriant 0;
- atkarpoms, kuriose užregistruoti eismo įvykiai, priskiriant 1;
- eismo įvykiai sankryžose ignoruoti.

Spirmeno koreliacijos koeficiento reikšmė buvo nustatyta, naudojant programą STATISTICA.

3.5. Žemės paėmimo kelio juostai apimties prognozės metodika

Teritorijų planavimas – kraštovarkos reguliavimo procesas ir procedūros teritorijų ir žemės naudojimo tikslinei paskirčiai, prioritetams, aplinkosaugos, paminklosaugos ir kitoms sąlygoms nustatyti, žemės, vandens, miškų fondo, gyvenamųjų vietovių, gamybos bei infrastruktūros sistemai formuoti, gyventojų užimtumui reguliuoti, fizinių ir juridinių asmenų veiklos teritorijoje plėtojimo teisėms nustatyti.

Teritorijų planavimas susideda iš bendrojo, specialiojo ir detalaus planavimo.

Specialusis planavimas – tai vienos arba keleto veiklos sričių ir žemės naudmenų plėtros bei tvarkymo programų, sąlygų ir sprendinių parengimas. Specialiojo planavimo objektai gali būti infrastruktūrų sistemos bei jų dalys, tarp jų ir automobilių keliai.

Rekonstruojant automobilių kelius, gali susidaryti šios situacijos:

- koreguojamas kelio planas (pasikeičia kelio ašies padėtis);
- padidėja kelio juostos plotis.

Kelio juostos plotis gali padidėti dėl šių priežasčių:

- platinama žemės sankasa;
- koreguojamas išilginis profilis – padidėja pylimų aukščiai arba iškasų gyliai;
- tvarkoma vandens nuleidimo sistema.

Visais šiais anksčiau išvardintais atvejais, remiantis teritorijų planavimo įstatymu, būtina parengti specialųjį planą.

Specialiojo planavimo procesą sudaro:

- tyrimai, analizė, prognozė, prireikus inventorizacija, veiklos tikslų parengimas ir aprobavimas;
- specialiojo planavimo dokumento sprendinių parengimas, derinimas ir tvirtinimas, viešasis svarstymas, sprendinių socialinių ir ekonominių pasekmių, poveikio aplinkai vertinimas.

Lyginant su kitomis Europos Sąjungos šalimis, specialiojo plano parengimo, tvirtinimo ir įgyvendinimo procesas Lietuvoje yra vienas gremėzdiškiausių ir komplikuočiausių.

Tyrimo tikslai:

- nustatyti galimo žemės paėmimo kelio juostai apimtį rengiant žvyrkelių rekonstrukcijos techninius projektus pagal projektavimo normų reikalavimus;
- nustatyti, ar nuostata rekonstruojant žemesnių kategorijų kelius, tarp jų ir žvyrkelius, kuo mažiau nukrypti nuo esamos kelio trasos, motyvuojant didelėmis žemės paėmimo kelio juostai išlaidomis, yra pakankamai pagrįsta.

Tiriamies žvyrkelių ruožams buvo suprojektuotas vieną iš galimų projektinės kelio trasos variantų. Projektavimo darbai atlikti, naudojant automatizuoto kelių projektavimo sistemą VESTRA CAD.

Prognozuojamos žemės paėmimo kelio juostai apimtis nustatyta pagal projektinės kelio ašies poslinkius esamos žvyrkelio ašies atžvilgiu darant prielaidą, kad paaimamos žemės plotai apytikriai atitiktų figūrų, apribotų projektine ir esama kelio ašimis, plotus.

Skaiciuojant šiuos plotus, taip pat atsižvelgta į skaitmeninio ortofotografinio žemėlapiu ORT10 tikslumą, kuris yra 0,5–1,5 m. Vertinant prognozuojamą žemės paėmimo kelio juostai apimtį, laikoma, kad papildomai paimti žemės kelio juostai reikėtų šiais atvejais:

- $dL > 1,5$ m;
- $A > 100$ m²;

čia: dL – projektinės kelio ašies poslinkis esamos ašies atžvilgiu; A – figūros, apribotos esamos ir projektinės ašies, plotas.

Žemės sklypų, kurių ribas tektų koreguoti dėl kelio ašies poslinkio, skaičius nustatytas grafiškai susiejant sklypų ribų atvaizdus, saugomus VĮ „Registrų centras“ duomenų bazėje, su figūromis (plotais), apribotomis projektinės ir esamos kelio ašies.

Žemės paėmimo visuomenės poreikiams išlaidas sudaro:

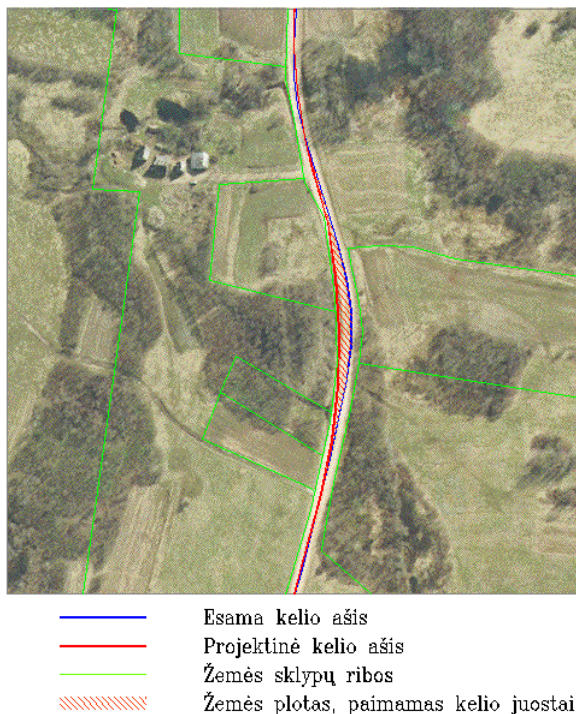
- specialaus plano parengimo išlaidos;
- nekilnojamo turto kadastro darbų išlaidos;
- žemės sklypų išpirkimo išlaidos;
- kompensacijos žemės savininkams už laikiną žemės nuomą (iki 3 metų).

Nekilnojamo turto kadastro darbų išlaidas sudaro:

- išlaidos, skirtos nekilnojamojo turto kadastriniams matavimams;
- išlaidos, skirtos nekilnojamajam turtui ir teisėms į jį registruoti.

Atlyginimas už nekilnojamojo turto kadastro darbus apskaičiuojamas sutarčių pagrindu ir priklauso nuo objekto dydžio ir darbų atlikimo termino.

Prognozuojamos žemės paėmimo kelio juostai išlaidos darbe apskaičiuotos pagal jau įgyvendintų žvyrkelių rekonstrukcijos projektų šių išlaidų aritmetinį vidurkį.



3.3 pav. Galimo žemės paėmimo kelio juostai apimtys nustatymo metodikos iliustracija

Fig. 3.3. Illustration of methodology for the determination of the volume of possible taking of land for the right-of-way

3.6. Trečiojo skyriaus išvados

1. Kelio trasos plano žvyrkeliuose tyrimo metodika leidžia gauti rezultatus, kurių tikslumas yra pakankamas tyrimo tikslui pasiekti. Metodiką rekomenduojama taikyti rengiant kelių rekonstrukcijos projektus – ji suteikia galimybę matematiškai aprašyti esamą kelio trasą ir nustatyti projektinį greitį V_p dar iki kelio inžinerinių geodezinių tyrinėjimų pradžios.
2. Žvyrkelių išilginio profilio tyrimo metodika taip pat leidžia gauti pakankamo tikslumo rezultatus. Šią metodiką galima pritaikyti projektavimo reikmėms – kelio išilginis profilis išmatuojamas minimaliomis sąnaudomis, matavimų duomenis galima panaudoti ankstyvosiose projektavimo stadijose.

3. Darbe išnagrinėta ir tyrimams pritaikyta eismo saugumo kriterijų metodika leidžia įvertinti kelio trasos sprendinių kokybę ir aptikti esmines šių sprendinių klaidas dar rengiant projektą.
4. Galimo žemės paėmimo kelio juostai nustatymo metodikos tikslumas buvo pakankamas tyrimo tikslams pasiekti. Metodiką taip pat būtų galima pritaikyti projektavimo reikmėms – sudarant rekonstruojamų objektų sąrašus, projektų techniniam ir ekonominiam pagrindimui.

Eksperimentinių tyrimų rezultatai

Skyriuje pateikiami šių eksperimentinių tyrimų rezultatai:

- kelio trasos plano žvyrkeliuose tyrimo;
- žvyrkelių išilginio profilio tyrimo;
- avaringumo žvyrkeliuose tyrimo;
- projektinių sprendinių žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose kokybės vertinimo ir projekcinio greičio parinkimo klaidų nustatymo;
- žemės paėmimo kelio juostai apimties prognozės.

Skyriaus tematika paskelbti keturi autoriaus straipsniai (Gintalas *et al.* 2005b; Gintalas *et al.* 2007a; Gintalas *et al.* 2007b; Gintalas *et al.* 2008).

4.1. Kelio trasos plano žvyrkeliuose tyrimo rezultatai

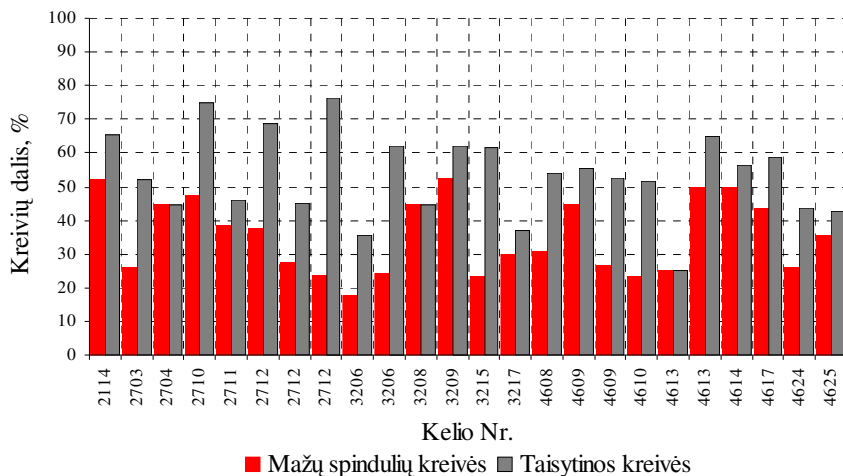
Kelio trasos plano tyrimui, naudojantis skaitmeniniu ortofotografiniu žemėlapiu ORT10, buvo pasirinkti žvyrkelių ruožai, esantys 2002–2015 metų Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros programos sąrašuose.

Kelio trasos plano tyrimas atliktas VĮ „Telšių regiono keliai“ veiklos zonos 38 ruožuose, kurių bendras ilgis yra 182,60 km. 14 ištirtų kelio ruožų žemės sankasa buvo įrengta pagal parengtus projektus, kurių kelio planas tenkino projektavimo normų reikalavimus. Šių ruožų bendras ilgis yra 70,70 km (38,7 %

visų ištirtų ruožų ilgio). Kitiems 24 ruožams, kurių bendras ilgis yra 111,90 km (61,3 % visų ištirtų ruožų ilgio), sudaryti posūkio kampų, tiesių ir kreivių žinia-raščiai, kurių analizės rezultatai pateikiami 4.1–4.2 paveiksluose.

Atlikus kelio trasos plano tyrimą nustatyta, kad:

- horizontaliosios kreivės, kurių spinduliai mažesni už rekomenduojamus leistinus projektiniam greičiui $V_p = 70$ km/h, vidutiniškai sudaro 31,2 % visų horizontaliųjų kreivių arba 9,1 % viso ruožų ilgio (4.1 pav.);
- horizontaliosios kreivės, kurių spinduliai mažesni už rekomenduojamus leistinus projektiniam greičiui $V_p = 90$ km/h, vidutiniškai sudaro 53,6 % visų horizontaliųjų kreivių arba 17,7 % viso ruožų ilgio (4.2 pav.);
- horizontaliosios kreivės, sudarančios netaisyklingas sudėtines arba atvirkštines kreives, vidutiniškai sudaro 49,2 % visų horizontaliųjų kreivių arba 18,7 % viso ruožų ilgio.

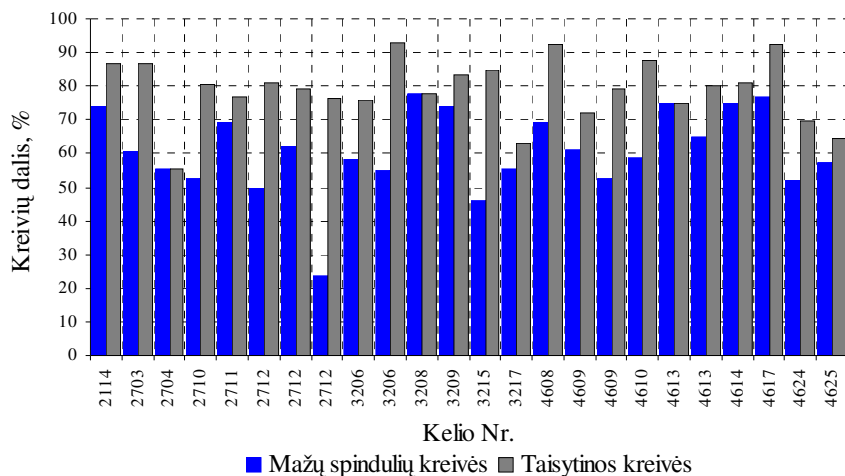


4.1 pav. Taisytinų horizontaliųjų kreivių pasiskirstymas, kai $V_p = 70$ km/h

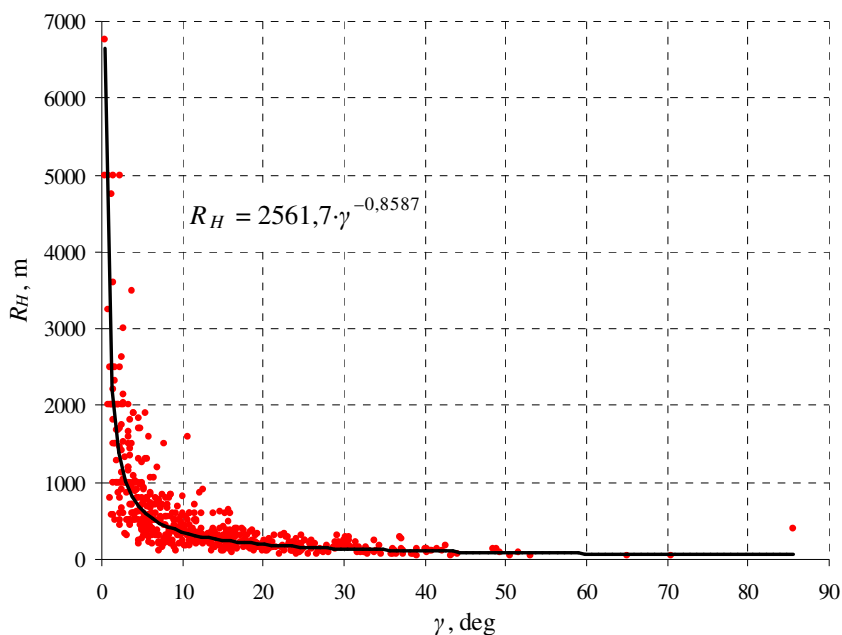
Fig. 4.1. Distribution of horizontal curves to be corrected when $V_p = 70$ km/h

Visos horizontaliosios kreivės, kurių spinduliai yra mažesni už rekomenduojamus leistinus pasirinktam projektiniam greičiui ir netaisyklingos sudėtines arba atvirkštines kreivės priskirtos taisytinoms:

- taisytinės horizontaliosios kreivės projektiniam greičiui $V_p = 70$ km/h vidutiniškai sudaro 55,6 % visų horizontaliųjų kreivių arba 18,6 % viso ruožų ilgio (4.1 pav.);
- taisytinės horizontaliosios kreivės projektiniam greičiui $V_p = 90$ km/h vidutiniškai sudaro 77,9 % visų horizontaliųjų kreivių arba 27,2 % viso ruožų ilgio (4.2 pav.).



4.2 pav. Taisytinų horizontaliųjų kreivių pasiskirstymas, kai $V_p = 90$ km/h
Fig. 4.2. Distribution of horizontal curves to be corrected when $V_p = 90$ km/h



4.3 pav. Horizontaliųjų kreivių spindulių priklausomybės nuo trasos posūkio kampų grafikas $R_H = f(\gamma)$
Fig. 4.3. The graph of dependency of horizontal curves radii on the turning angles of the route $R_H = f(\gamma)$

Programa *Microsoft Excel* sudarytas kelio trasos posūkio kampų γ ir horizontaliųjų kreivių spindulių R_H reikšmių grafikas (4.3 pav.) rodo, kad atsitiktiniai dydžiai γ ir R gali būti susiję priklausomybe:

$$R_H = k \cdot \gamma^n, \quad (4.1)$$

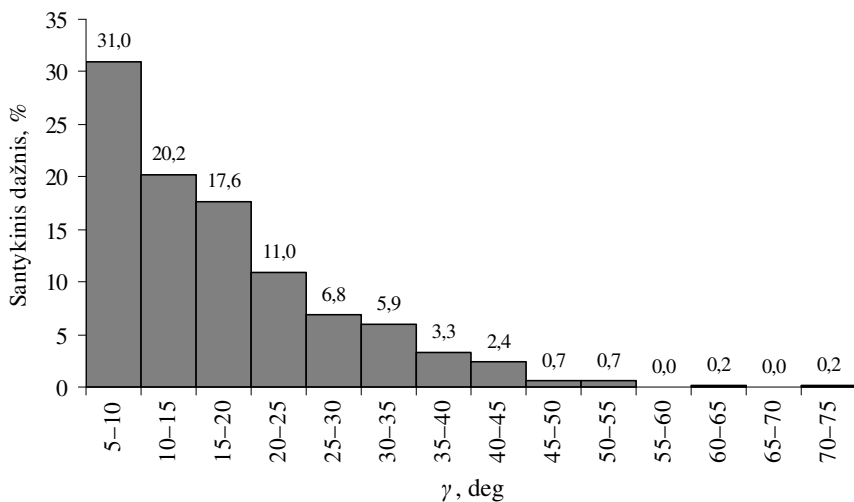
čia k, n – rodiklinės funkcijos koeficientai.

Detalesnė trasos posūkio kampų ir horizontaliųjų kreivių spindulių ištirtuose ruožuose statistinė analizė atlikta, naudojant programą STATGRAPHICS (Дюк 1997).

Kaip jau minėta 3 skyriuje, atlikto tyrimo metodika negali garantuoti pakankamo trasos posūkio kampų ir horizontaliųjų kreivių spindulių nustatymo tikslumo, kai kelio kryptis kinta mažu kampu. Todėl, atliekant tolesnę analizę, nuspręsta ignoruoti visas horizontaliąsias kreives, kai trasos posūkio kampas mažesnis kaip 5° .

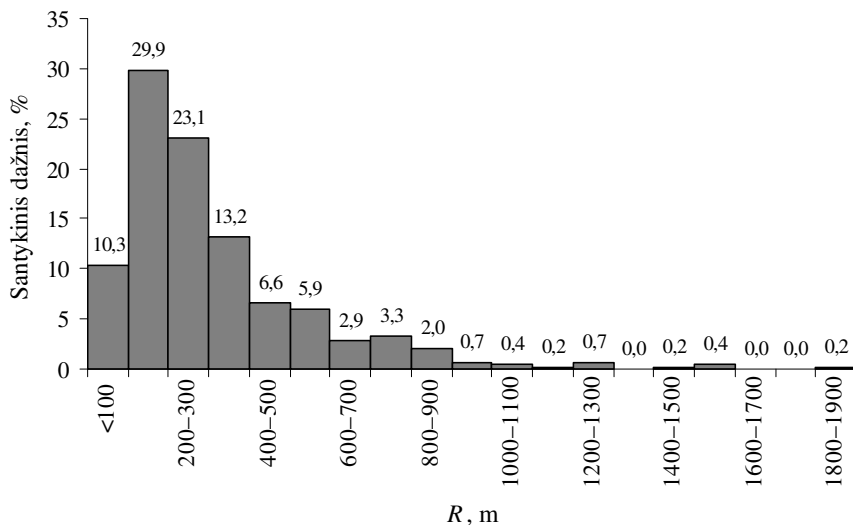
Taikant programos STATGRAPHICS statistines ir grafines funkcijas, atlikta:

- vieno kintamojo statistinė analizė atsitiktiniams dydžiams γ ir R (4.4 ir 4.5 pav);
- atsitiktinių dydžių γ ir R koreliacinė analizė.



4.4 pav. Trasos posūkio kampų γ santykinio dažnio histograma

Fig. 4.4. Histogram of a relative frequency of the route's turning angles γ



4.5 pav. Horizontaliųjų kreivių spindulių R santykinio dažnio histograma

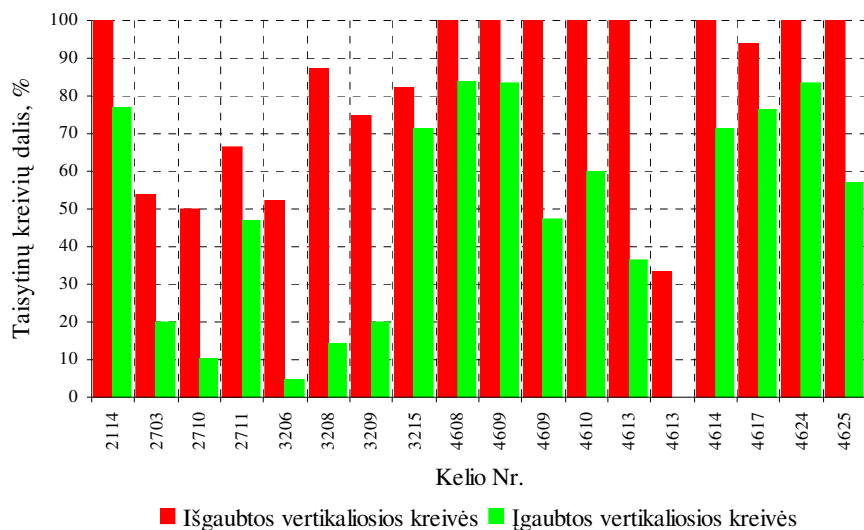
Fig. 4.5. Histogram of a relative frequency of the radii of horizontal curves R

Atlikus standartinę polinominės regresijos procedūrą, nustatyta, kad žvyrkeliuose horizontaliųjų kreivių spinduliai R_H ir trasos posūkio kampai γ yra tarpusavyje susiję priklausomybe, kurią galima aprašyti 2 eilės polinomu:

$$R_H = 738,5 - 33,64 \cdot \gamma + 0,413 \cdot \gamma^2. \quad (4.2)$$

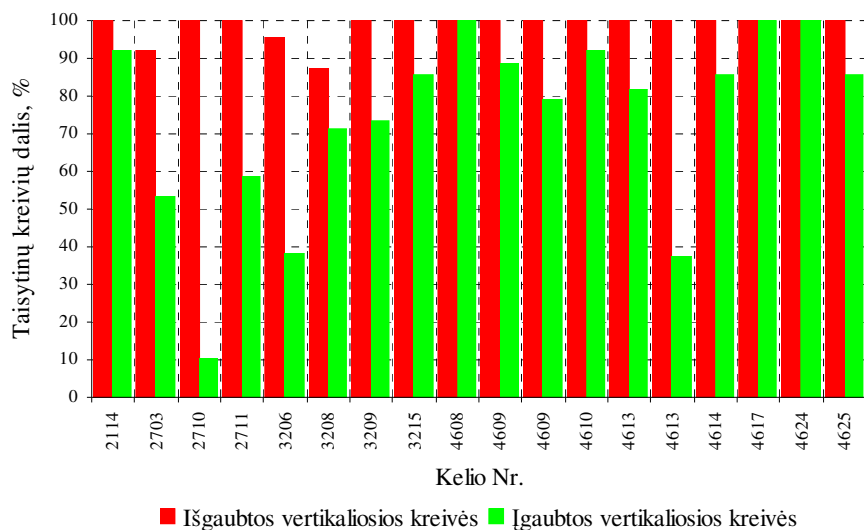
4.2. Žvyrkelių išilginio profilio tyrimo rezultatai

Išilginio profilio tyrimas atliktas VI „Telšių regiono keliai“ veiklos zonos 22 žvyrkelių ruožuose, kurie yra 2002–2015 metų Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros programos sąrašuose. Išilginio profilio matavimai atlikti 21 ruože (bendras ilgis 103,15 km), dėl nepakankamo tikslumo atmesti 4 ruožai (20,60 km) ir 1 ruože pasinaudota anksčiau atliktų inžinerinių geodezinių tyrinėjimų medžiaga (4,26 km). Išilginio profilio modeliavimas atliktas 18 ruožų (86,82 km) – sudaryti kelio išilginio profilio elementų, atitinkančių esamą padėtį, žiniaraščiai, kurių analizės rezultatai pateikiami 4.6–4.7 paveiksluose.



4.6 pav. Taisytinų vertikaliųjų kreivių pasiskirstymas, kai $V_p = 70$ km/h

Fig. 4.6. Distribution of vertical curves to be corrected when $V_p = 70$ km/h



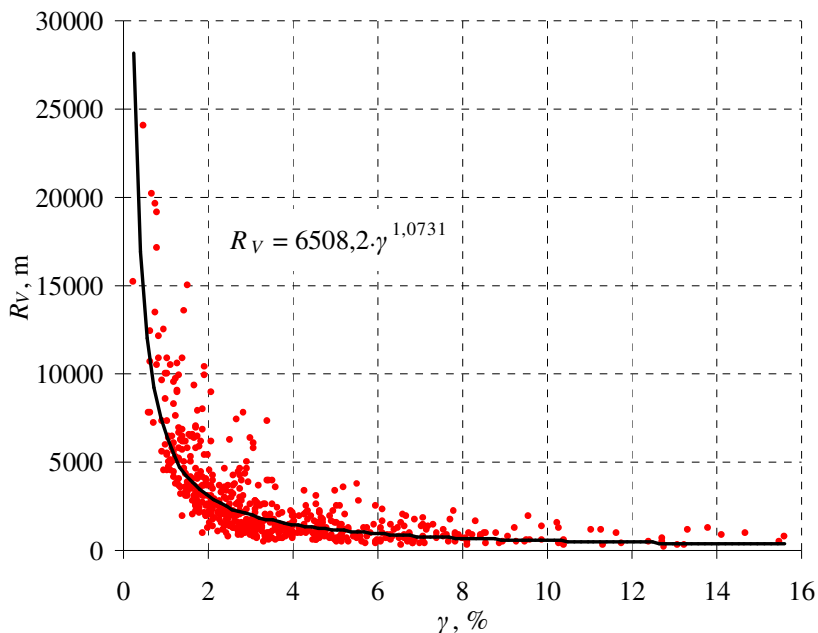
4.7 pav. Taisytinų vertikaliųjų kreivių pasiskirstymas, kai $V_p = 90$ km/h

Fig. 4.7. Distribution of vertical curves to be corrected when $V_p = 90$ km/h

Atlikus VI „Telšių regiono keliai“ veiklos zonos žvyrkelių ruožų išilginio profilio tyrimą, nustatyta, kad:

- išgaubtos vertikaliosios kreivės, kurių spinduliai mažesni už rekomenduojamus leistinus projektiniam greičiui $V_P = 70$ km/h, sudaro 84,2 % visų išgaubtų vertikalinių kreivių arba 14,4 % viso ruožų ilgio;
- išgaubtos vertikaliosios kreivės, kurių spinduliai mažesni už rekomenduojamus leistinus projektiniam greičiui $V_P = 90$ km/h, sudaro 98,9 % visų išgaubtų vertikalinių kreivių arba 18,6 % viso ruožų ilgio;
- įgaubtos vertikaliosios kreivės, kurių spinduliai mažesni už rekomenduojamus leistinus projektiniam greičiui $V_P = 70$ km/h, sudaro 52,6 % visų įgaubtų vertikalinių kreivių arba 10,8 % viso ruožų ilgio;
- įgaubtos vertikaliosios kreivės, kurių spinduliai mažesni už rekomenduojamus leistinus projektiniam greičiui $V_P = 90$ km/h, sudaro 76,6 % visų įgaubtų vertikalinių kreivių arba 17,0 % viso ruožų ilgio.

Visos vertikaliosios kreivės, kurių spinduliai yra mažesni už leistinus pasirinktam projektiniam greičiui, yra taisytinos.



4.8 pav. Vertikalinių kreivių spindulių priklausomybės nuo išilginio profilio lūžio kampų grafikas $R_v = f(\gamma)$

Fig. 4.8. The graph of dependency of vertical curves radii on the refraction angles of vertical alignment $R_v = f(\gamma)$

Programa *Microsoft Excel* sudarytas kelio išilginio profilio lūžio kampų γ ir vertikaliųjų kreivių spindulių R_V reikšmių grafikas (4.8 pav.) rodo, kad atsitiktiniai dydžiai γ ir R_V gali būti susiję priklausomybe:

$$R_V = k \cdot \gamma^n, \quad (4.3)$$

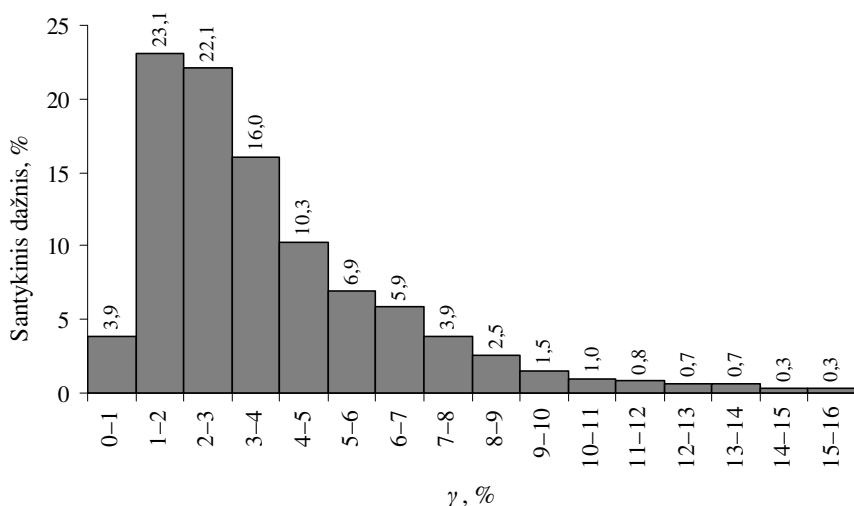
čia k, n – rodiklinės funkcijos koeficientai.

Detalesnė išilginio profilio lūžio kampų ir vertikaliųjų kreivių spindulių iš-tirtuose ruožuose statistinė analizė atlikta naudojant programą STATGRA-PHICS.

Atlikto tyrimo metu pastebėta, kad tose vietose, kuriose kelio išilginis nuo-lydis kinta mažiau kaip 0,5 %, vertikaliųjų kreivių nėra arba jų ilgis mažesnis už atstumą tarp 3 gretimų išmatuotų taškų. Todėl, atliekant statistinę analizę, nu-spręsta ignoruoti visus kelio išilginio profilio lūžio kampus be aiškiai matomų vertikaliųjų kreivių.

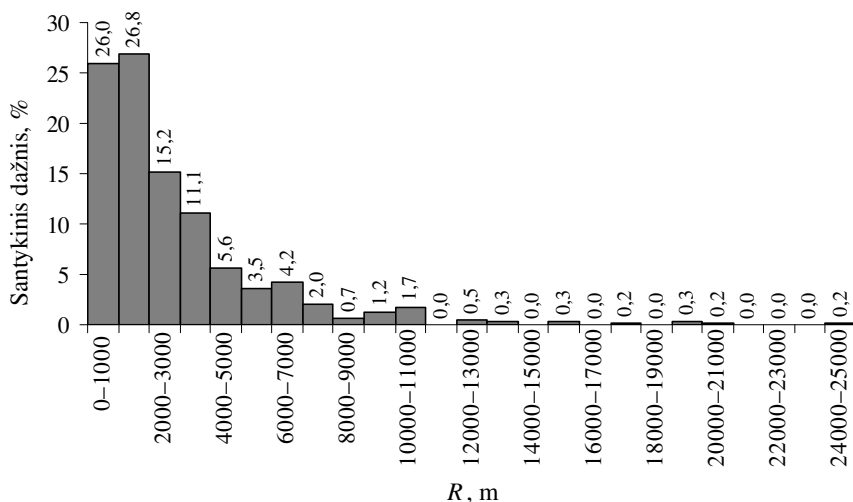
Atlikus standartinę polinominės regresijos procedūrą, nustatyta, kad žvyрке-liuose vertikaliųjų kreivių spinduliai R_V ir išilginio profilio tiesių lūžio kampai γ žvyrkeliuose yra tarpusavyje susiję priklausomybe, kurią galima aprašyti 7 eilės polinomu:

$$R_V = 25235 - 26346 \cdot \gamma^1 + 12444 \cdot \gamma^2 - 3134 \cdot \gamma^3 + 446,4 \cdot \gamma^4 - 35,9 \cdot \gamma^5 + 1,51 \cdot \gamma^6 - 0,026 \cdot \gamma^7. \quad (4.4)$$



4.9 pav. Išilginio profilio lūžio kampų γ santykinio dažnio histograma

Fig. 4.9. Histogram of a relative frequency of refraction angles of the vertical alignment γ



4.10 pav. Vertikaliųjų kreivių spindulių R santykinio dažnio histograma
Fig. 4.10. Histogram of a relative frequency of the radii R of vertical curves

4.3. Avaringumo žvyrkeliuose iki ir po rekonstrukcijos tyrimo rezultatai

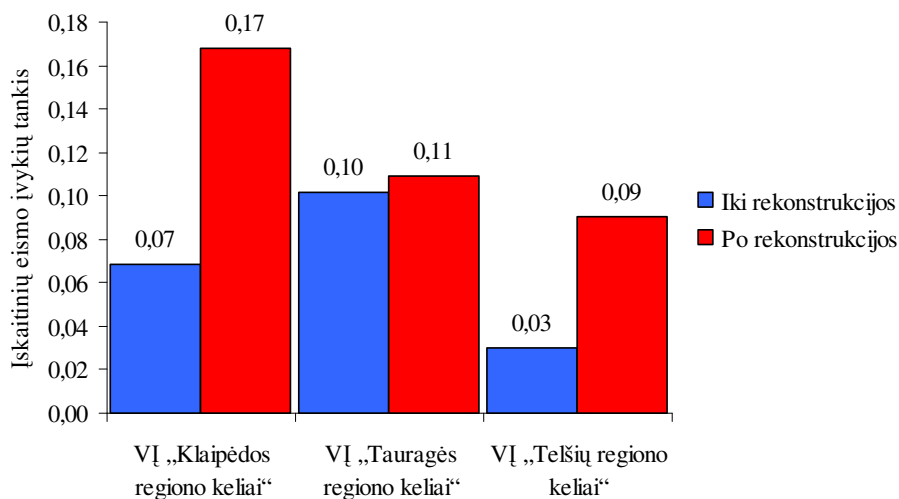
Tyrimo imtį sudaro 2000–2005 metais rekonstruoti žvyrkelių ruožai, įgyvendinant Žvyrkelių asfaltavimo programą Vakarų Lietuvoje – VI „Klaipėdos regiono keliai“, VI „Tauragės regiono keliai“ ir VI „Telšių regiono keliai“ veiklos zonoje. Informacija apie eismo įvykius šiuose ruožuose apima 1997–2006 metus.

Avaringumo tyrimas atliktas 53 rekonstruotuose žvyrkelių ruožuose, kurių bendras ilgis yra 204,88 km. Šiuose ruožuose 1997–2006 metais užfiksuoti 199 įskaitiniai eismo įvykiai, iš jų 76 – iki rekonstrukcijos, 123 – po rekonstrukcijos. Be to, ištirtuose ruožuose po rekonstrukcijos buvo užfiksuoti 2 avaringi ruožai ir 2 „juodosios dėmės“ (Kelių dangų ... 2006a). 4.1 lentelėje pateikti duomenys apie ištirtų kelio ruožų skaičių, ilgį bei juose užfiksuotų įskaitinių eismo įvykių skaičių iki ir po rekonstrukcijos.

4.1 lentelė. Avaringumo tyrimų imtis ir eismo įvykių pasiskirstymas**Table 4.1.** The sample of accident rate investigations and distribution of road accidents

Veiklos zona	Ištirti ruožai		Įskaitinių eismo įvykių skaičius, vnt.	
	skaičius, vnt.	ilgis, km	iki rekonstrukcijos	po rekonstrukcijos
VĮ „Klaipėdos regiono keliai“	22	86,83	35	70
VĮ „Tauragės regiono keliai“	12	53,36	28	25
VĮ „Telšių regiono keliai“	19	64,69	13	28
Iš viso	53	204,88	76	123

4.11 paveiksle pateiktas įskaitinių eismo įvykių tankio kitimas iki ir po rekonstrukcijos. Labiausiai įskaitinių eismo įvykių tankis padidėjo VĮ „Telšių regiono keliai“ veiklos zonoje rekonstruotuose ruožuose – 3 kartus. VĮ „Klaipėdos regiono keliai“ veiklos zonoje rekonstruotuose ruožuose įskaitinių eismo įvykių tankis padidėjo 2,4 karto, VĮ „Tauragės regiono keliai“ veiklos zonoje rekonstruotuose ruožuose – 1,1 karto.

**4.11 pav.** Įskaitinių eismo įvykių tankio iki ir po rekonstrukcijos palyginimas**Fig. 4.11.** Comparison of the accident density for fatal and injury accidents before and after reconstruction

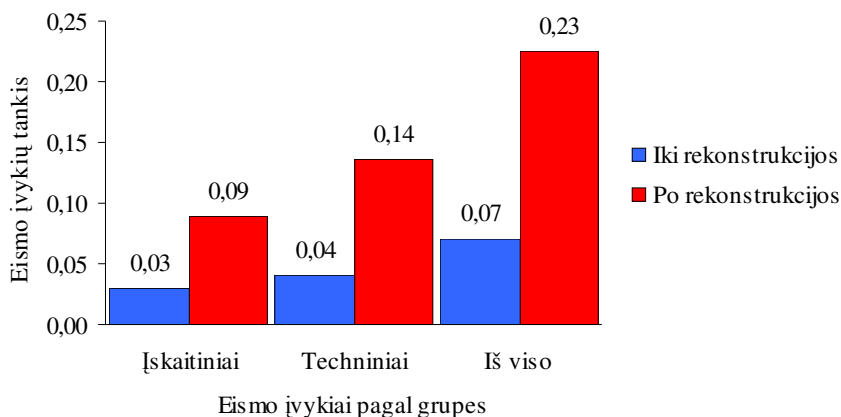
VĮ „Telšių regiono keliai“ veiklos zonoje atlikta išsamesnė avaringumo analizė, įvertinant abiejų grupių eismo įvykius – įskaitinius ir techninius. 4.2 lentelėje pateikti duomenys apie eismo įvykius pagal jų grupes (įskaitiniai arba techniniai), užfiksuotus VĮ „Telšių regiono keliai“ tirtuose kelio ruožuose iki ir po rekonstrukcijos. 4.12 paveiksle pateikti duomenys apie eismo įvykių tankį pagal jų grupes iki ir po rekonstrukcijos. Nustatyta, kad po rekonstrukcijos VĮ „Telšių

regiono keliai“ veiklos zonoje abiejų grupių eismo įvykių tankis padidėjo 2,7 karto.

4.2 lentelė. Eismo įvykių pasiskirstymas pagal grupes VĮ „Telšių regiono keliai“ veiklos zonoje

Table 4.2. Distribution of road accidents by their type on the roads under the supervision of SE Telšių regiono keliai

Eismo įvykių grupė	Eismo įvykių skaičius	
	iki rekonstrukcijos	po rekonstrukcijos
Įskaitiniai	13	28
Techniniai	10	34
Iš viso	23	62



4.12 pav. Eismo įvykių tankio iki ir po rekonstrukcijos palyginimas VĮ „Telšių regiono keliai“ veiklos zonoje

Fig. 4.12. Comparison of the accident density before and after reconstruction on the roads under the supervision of SE Telšių regiono keliai

Eismo įvykių kaštai – valstybės patiriama žala dėl eismo įvykių padarinių – ištirtuose žvyrkelių asfaltavimo programos ruožuose Vakarų Lietuvoje (VĮ „Klaipėdos regiono keliai“, VĮ „Tauragės regiono keliai“ ir VĮ „Telšių regiono keliai“ veiklos zonose) apskaičiuoti (3.1)–(3.3) formulėmis. Nustatyta, kad eismo įvykių kaštai kelio ruožuose po jų rekonstrukcijos sudaro daugiau kaip 19 mln. Lt per metus, skaičiuojant 2006 metų kainomis (4.3 lentelė).

4.3 lentelė. Eismo įvykių kaštai ištirtuose ruožuose

Table 4.3. Accident costs of the investigated road sections

Veiklos zona	Ištirtų ruožų ilgis, km	Eismo įvykių skaičius	Eismo įvykių skaičius per metus A	Žuvusiųjų eismo įvykiuose skaičius	Sužeistųjų eismo įvykiuose skaičius	Eismo įvykių kaštai AN, Lt
VI „Klaipėdos regiono keliai“	86,83	70	14,59	40	44	14324556
VI „Tauragės regiono keliai“	53,36	25	5,82	6	30	3053508
VI „Telšių regiono keliai“	64,69	28	5,85	2	35	1749720
Iš viso	204,88	123	26,26	48	109	19127784
Iš viso, 1 km		0,60	0,13	0,23	0,53	93361

4.4. Kelio trasos sprendinių kokybės žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose vertinimo rezultatai

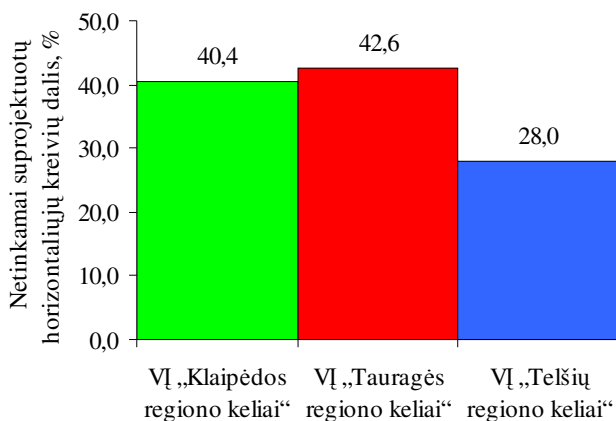
Kelio trasos plano sprendinių atitiktis projektavimo normų reikalavimams vertinimas atliktas avaringumo tyrimo imties ruožuose – išnagrinėti 53 žvyrkelių rekonstrukcijos techniniai projektai, parengti ruožams, kurių bendras ilgis yra 204,88 km Nustatyta, kad 14 žvyrkelių rekonstrukcijos projektų (26,4 % visų projektų) buvo parengti, nepateikiant kelio trasos plano sprendinių (4.4 lentelė).

4.4 lentelė. Bendras žvyrkelių rekonstrukcijos projektų kokybės įvertinimas

Table 4.4. General evaluation of the quality of gravel road reconstruction projects

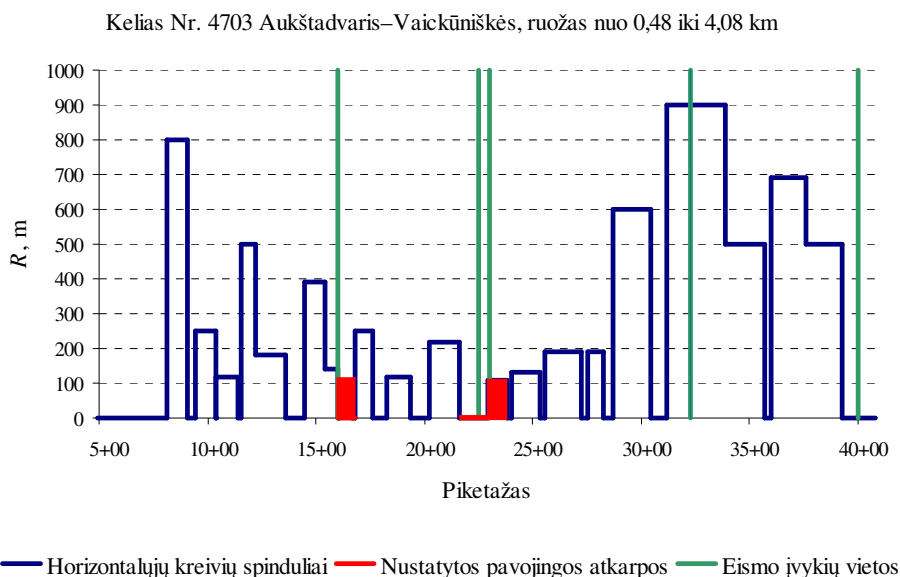
Veiklos zona	Ruožai, kuriuose kelio trasos plano sprendiniai							
	buvo pateikti				nebuvo pateikti			
	vnt.	dalis, %	ilgis, km	dalis, %	vnt.	dalis, %	ilgis, km	dalis, %
VI „Klaipėdos regiono keliai“	10	45,5	38,72	44,6	12	54,5	48,11	55,4
VI „Tauragės regiono keliai“	10	83,3	44,58	83,5	2	16,7	8,78	16,5
VI „Telšių regiono keliai“	19	100,0	64,69	100,0				
Iš viso:	39	73,6	147,99	72,2	14	26,4	56,89	27,8

39 žvyrkelių rekonstrukcijos projektai (73,6 % visų projektų) buvo visiškai sukomplektuoti, tačiau kelio trasos plano sprendinių kokybė prasta – vidutiniškai 34,9 % horizontaliųjų kreivių buvo suprojektuotos netinkamai (4.13 pav.).



4.13 pav. Netinkamai suprojektuotų horizontaliųjų kreivių pasiskirstymas žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose

Fig. 4.13. Distribution of improperly designed horizontal curves in gravel road reconstruction projects



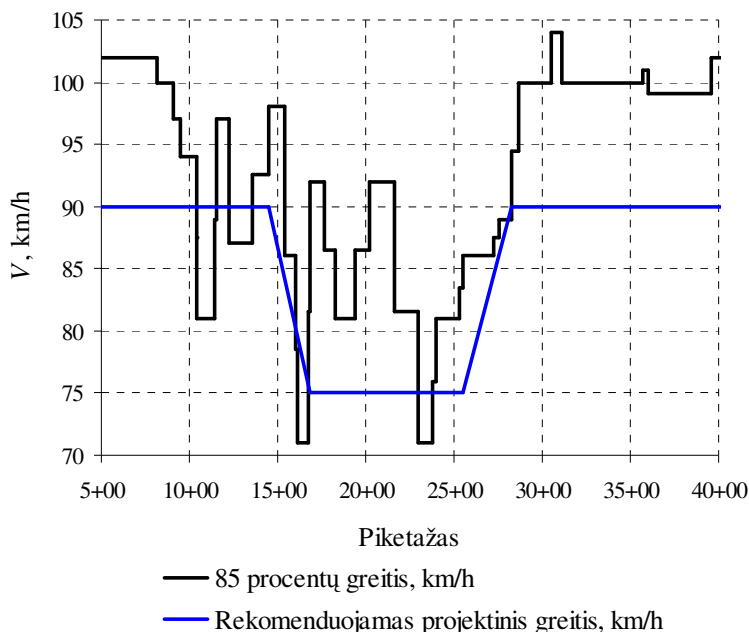
4.14 pav. Nustatytų pavojingų atkarpų ir eismo įvykių vietų pasiskirstymas ištirtame ruože

Fig. 4.14. Distribution of the identified dangerous segments and accident locations on the investigated road section

Potencialiai pavojingų atkarpų nustatymo tyrimas atliktas 8 žvyrkelių ruožuose, kurių bendras ilgis yra 39,26 km. Tyrimui atlikti taip pat pasinaudota parengtais žvyrkelių rekonstrukcijos techniniais projektais.

Ištirtuose ruožuose užregistruotas 21 eismo įvykis, 11 – nustatytose pavojingose kelio atkarpose. Tarp nustatytų pavojingų atkarpų ir įskaitinių eismo įvykių tiriamuose ruožuose gauta vidutinė teigiama (0,5–0,7) koreliacija – 0,69 ($p < \alpha$, kai $\alpha = 0,01$), kur p – stebimasis reikšmingumo lygmuo, α – pasirinktas reikšmingumo lygmuo. Statistinės analizės rezultatai leidžia teigti, kad nustatytos pavojingos atkarpos yra susijusios su realiais eismo įvykiais (Čekanavičius *et al.* 2001). Nustatytų pavojingų atkarpų atitikimo realiems eismo įvykiams pavyzdys pateiktas 4.14 paveiksle.

Tyrimo metu taip pat nustatyta, kad rengiant visų ištirtų ruožų rekonstrukcijos projektus buvo neteisingai pasirinktos projekcinio greičio V_p reikšmės. Vadovaujantis projektų rengimo metu galiojusiomis projektavimo normomis, buvo pasirinkta reikšmė $V_p = 60$ km/h, kai turėjo būti pasirenkama $V_p = 70$ –90 km/h. Kai kurių ruožų trasoje buvo tikslinga išskirti segmentus, numatant juose skirtingas projekcinio greičio reikšmes, ir tarpines atkarpas, kuriose projekcinio greičio reikšmė yra kintama (pavyzdys pateikiamas 4.15 pav.).



4.15 pav. Greičių pasiskirstymas ištirtame ruože

Fig. 4.15. Distribution of speeds on the investigated road section

4.5. Žemės paėmimo kelio juostai apimties prognozė

Žemės paėmimo kelio juostai apimties prognozės tyrimas atliktas VI „Telšių regiono keliai“ veiklos zonos žvyrkelių ruožuose, kurie yra 2002–2015 metų Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros programos sąrašuose, iš viso ištirti 22 kelio ruožai.

Tyrimo metu nustatyta, kad 2 ruožuose projektinė kelio ašis nuo esamos ašies nukryptų nežymiai, todėl papildomai paimti žemės kelio juostai šiuose ruožuose nereikėtų. Likusiuose 20 ruožų kelio trasos plano koregavimo (kelio ašies ir kelio juostos poslinkių) ilgis sudarytų 8,16 km, paimamos kelio juostai žemės plotas – 3,45 ha, sklypų, kurių ribas tektų koreguoti dėl žemės paėmimo, skaičius – 79 vnt.

Nustatyta, kad tarp kelio trasos plano koregavimo ir kelio juostai paimamos žemės ploto yra tiesinė priklausomybė (4.16 pav.), kuri gali būti išreikšta lygtimi

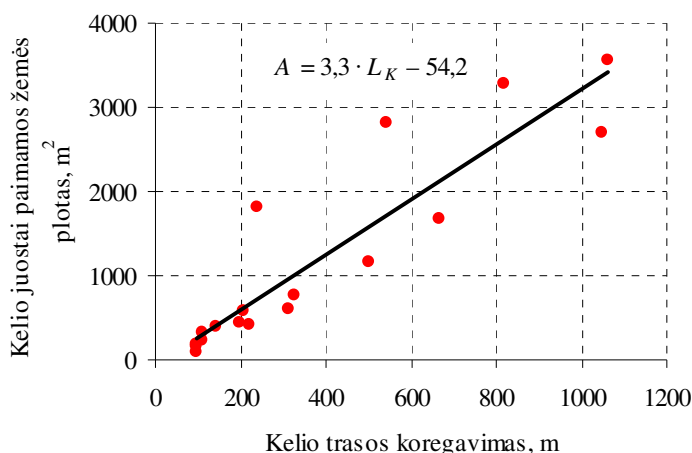
$$A = j \cdot L_K + k, \quad (4.5)$$

čia: A – kelio juostai paimamos žemės plotas, m^2 ; L_K – ruožo, kuriame projektinė kelio ašis pasislenka esamos ašies atžvilgiu ilgis, m; j , k – tiesinės lygties koeficientai.

Tyrimo metu gautos šios koeficientų reikšmės:

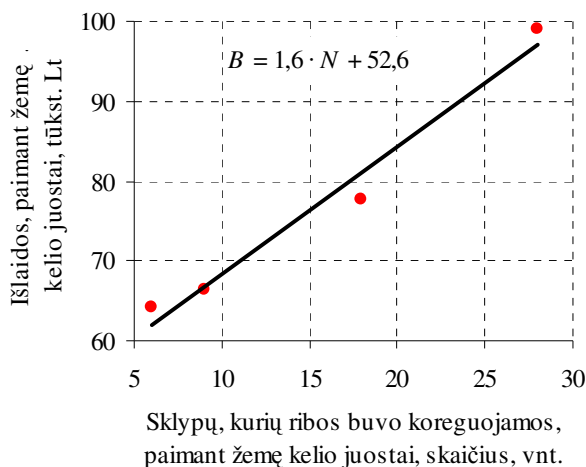
$$j = 3,3;$$

$$k = -54,2.$$



4.16 pav. Kelio juostai paimamų žemės plotų priklausomybė nuo kelio trasos koregavimo

Fig. 4.16. Dependency of the land areas to be taken for the right-of-way on the corrections to the road



4.17 pav. Žemės paėmimo kelio juostai išlaidų priklausomybė nuo sklypų, kurių ribas reikia koreguoti, skaičiaus

Fig. 4.17. Dependency of the total costs of the taking of land for the right-of-way on the number of land plots the boundaries of which must be corrected

Tyrimo metu nustatyta, kad yra tiesinė priklausomybė tarp žemės paėmimo kelio juostai išlaidų ir sklypų, kurių ribas reikia koreguoti dėl žemės paėmimo, skaičiaus (4.17 pav.), kuri gali būti aprašyta lygtimi

$$B = m \cdot N + n, \quad (4.6)$$

čia: B – žemės paėmimo kelio juostai išlaidos, tūkst. Lt; N – sklypų, kurių ribas reikia koreguoti paimant žemę kelio juostai, skaičius, vnt.; m , n – tiesinės lygties koeficientai.

Tyrimo metu gautos šios koeficientų reikšmės VĮ „Telšių regiono keliai“ veiklos zonai:

$$m = 1,6;$$

$$n = 52,6.$$

Prognozuojamos žemės paėmimo kelio juostai išlaidos apskaičiuotos (4.6) formule, naudojant koeficientų reikšmes, gautas tyrimo metu. Siekiant gauti tikslesnę prognozuojamą reikšmę, formulė buvo papildyta nariu, įvertinančiu kompensacijas žemės savininkams. Todėl prognozuojamos žemės paėmimo kelio juostai išlaidos apskaičiuotos formule:

$$B = (1,6 \cdot N + 52,6) + K \cdot A, \quad (4.7)$$

čia: B – žemės paėmimo kelio juostai išlaidos, tūkst. Lt; N – sklypų, kurių ribas reikėtų koreguoti, paimant žemę, skaičius, vnt.; K – kompensacijos, nustatytos

pagal VI „Registrų centras“ žemės verčių žemėlapi, Lt/ha; A – kelio juostai paimamos žemės plotas, ha.

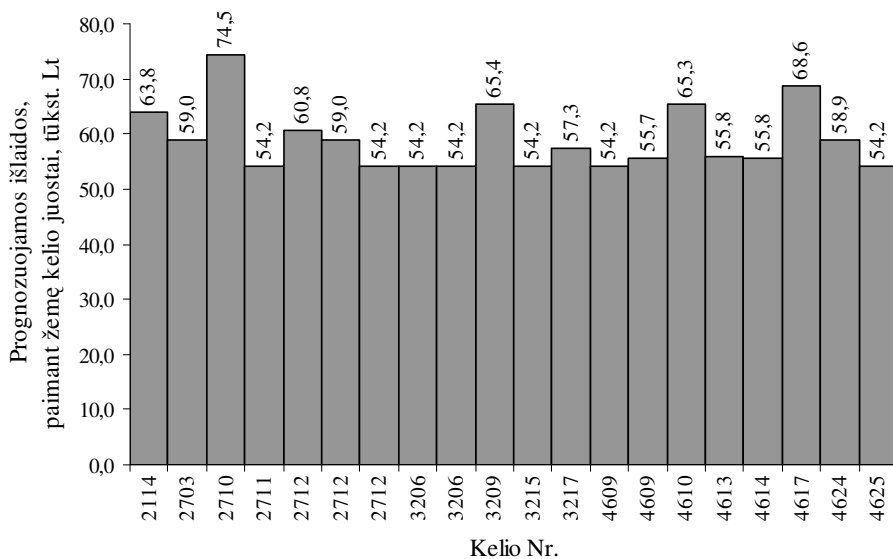
Žemės paėmimo kelio juostai išlaidas galima suskirstyti į dvi grupes:

- specialaus plano parengimo ir nekilnojamo turto kadastro darbams;
- kompensacijos žemės savininkams.

Tyrimo metu nustatyta, kad:

- žemės paėmimo kelio juostai išlaidos vidutiniškai sudarytų 58,96 tūkst. Lt vienam kelio ruožui arba apie 2,7 % nuo skaičiuojamosios asfalto dangos įrengimo kainos;
- prognozuojamos žemės paėmimo kelio juostai išlaidos 20 ištirtų kelio ruožų, esančių VI „Telšių regiono keliai“ veiklos zonoje, sudarytų iš viso 1179,2 tūkst. Lt, iš jų – kompensacijos žemės savininkams – 2,67 tūkst. Lt arba 0,2 % visų išlaidų.

4.18 paveiksle pateiktas prognozuojamų žemės paėmimo kelio juostai išlaidų pasiskirstymas ištirtuose ruožuose. Skaičiavimai atlikti 2006 metų kainomis.



4.18 pav. Prognozuojamų išlaidų, paimant žemę kelio juostai, pasiskirstymas žvyrkeliuose

Fig. 4.18. Distribution of the predicted total costs due to the taking of land for the right-of-way on the gravel roads

Nustatyta, kad žemės paėmimo kelio juostai išlaidos, tenkančios 1 km rekonstruojamo žvyrkelio, yra susijusios su rekonstruojamo ruožo ilgiu priklausomybe (4.19 pav.), kuri gali būti aprašyta rodikline funkcija

$$B_s = m \cdot L^n, \quad (4.8)$$

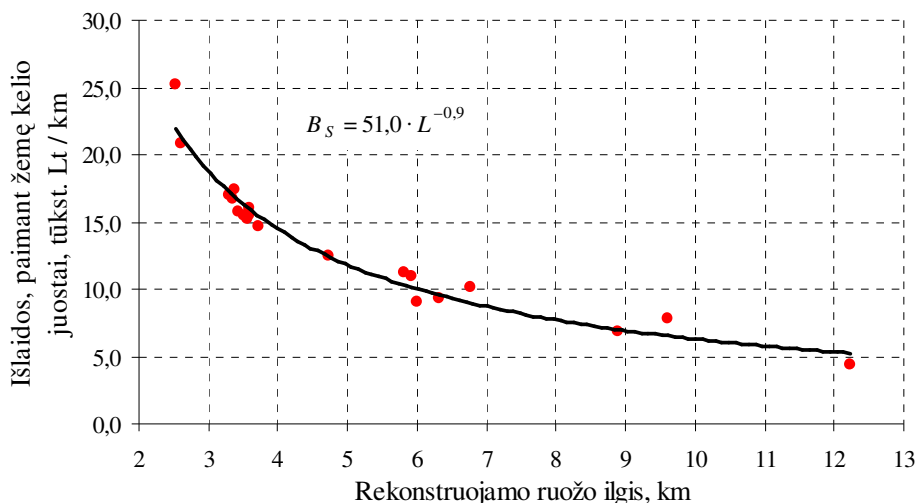
čia: B_s – žemės paėmimo kelio juostai išlaidos, tenkančios 1 km, tūkst. Lt; L – rekonstruojamo kelio ruožo ilgis, km; m, n – rodiklinės funkcijos koeficientai.

Tyrimo metu gautos šios koeficientų reikšmės VĮ „Telšių regiono keliai“ veiklos zonai:

$$m = 51,0;$$

$$n = -0,9.$$

Nustatyta, kad žemės paėmimo kelio juostai išlaidų dalis nuo skaičiuojamosios asfalto dangos įrengimo kainos būtų tuo mažesnė, kuo didesnis rekonstruojamo ruožo ilgis.



4.19 pav. Žemės paėmimo kelio juostai išlaidų, tenkančių 1 km rekonstruojamo žvyrkelio, priklausomybė nuo rekonstruojamo ruožo ilgio

Fig. 4.19. Dependency of the total costs due to the taking of land for the right-of-way per 1 km of gravel road to be reconstructed on the length of the road section to be reconstructed

Be to, nustatyta, kad žemės paėmimo kelio juostai išlaidų ir skaičiuojamosios asfalto dangos įrengimo kainos santykis taip pat susijęs su rekonstruojamo ruožo ilgiu priklausomybe (4.20 pav.), kuri gali būti aprašyta analogiška rodikline funkcija

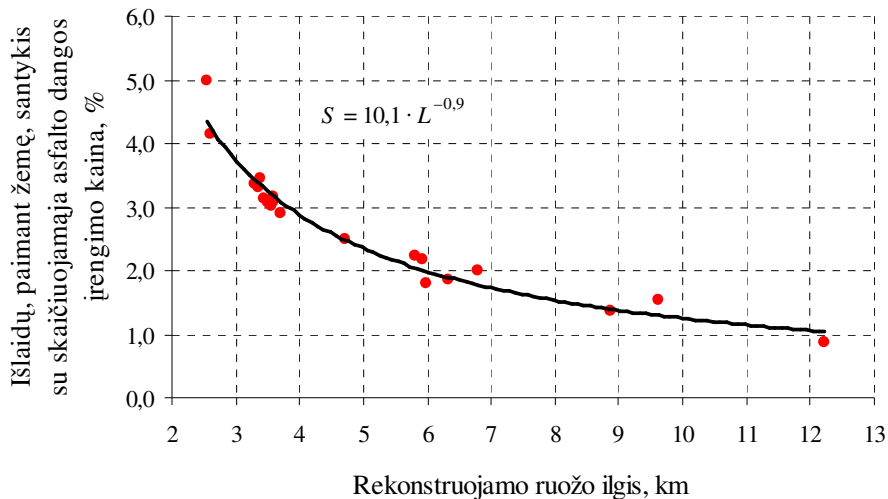
$$S = m \cdot L^n, \quad (4.9)$$

čia: S – žemės paėmimo kelio juostai išlaidų santykis su skaičiuojamąja asfalto dangos įrengimo kaina, %; L – rekonstruojamo kelio ruožo ilgis, km; m, n – rodiklinės funkcijos koeficientai.

Tyrimo metu gautos šios koeficientų reikšmės VI „Telšių regiono keliai“ veiklos zonai:

$$m = 10,1;$$

$$n = -0,9.$$



4.20 pav. Žemės paėmimo kelio juostai išlaidų ir skaičiuojamosios asfalto dangos įrengimo kainos santykio priklausomybė nuo rekonstruojamo ruožo ilgio

Fig. 4.20. Dependency of the ratio between the total costs due to the taking of land for the right-of-way and the cost of laying asphalt pavement on the length of the road section to be reconstructed

4.6. Ketvirtojo skyriaus išvados

1. Kelio trasos plano žvyrkeliuose tyrimo metu nustatyta, kad:
 - horizontaliosios kreivės, kurių spinduliai mažesni už rekomenduojamus leistinus, sudaro 31,2 % visų horizontaliųjų kreivių ištirtuose ruožuose projektiniam greičiui $V_P = 70$ km/h ir 53,6 % – projektiniam greičiui $V_P = 90$ km/h;
 - 55,6 % horizontaliųjų kreivių yra taisytinės projektiniam greičiui $V_P = 70$ km/h ir 77,9 % – projektiniam greičiui $V_P = 90$ km/h, tai atitinkamai sudaro nuo 18,6 iki 27,2 % viso ištirtų ruožų ilgio.
2. Žvyrkelių išilginio profilio tyrimo metu nustatyta, kad:
 - išgaubtos vertikaliosios kreivės, kurių spinduliai mažesni už rekomenduojamus leistinus, sudaro 84,2 % visų išgaubtų vertikalųjų kreivių projektiniam greičiui $V_P = 70$ km/h ir 98,9 % – projektiniam greičiui $V_P = 90$ km/h;

- įgaubtos vertikaliosios kreivės, kurių spinduliai mažesni už rekomenduojamus leistinus, sudaro 52,6 % visų įgaubtų vertikalijų kreivių projektiniam greičiui $V_p = 70$ km/h ir 76,6 % – projektiniam greičiui $V_p = 90$ km/h;
- taisytinos vertikaliosios kreivės projektiniam greičiui $V_p = 70$ km/h sudaro 67,5 % visų vertikalijų kreivių arba 25,1 % viso ruožų ilgio;
- taisytinos vertikaliosios kreivės projektiniam greičiui $V_p = 90$ km/h sudaro 87,2 % visų vertikalijų kreivių arba 35,7 % viso ruožų ilgio.

3. Atlikus avaringumo tyrimą 53 rekonstruotuose žvyrkelių ruožuose Vakarų Lietuvoje nustatyta, kad po rekonstrukcijos įskaitinių eismo įvykių tankis padidėjo:

- VĮ „Klaipėdos regiono keliai“ veiklos zonoje – 2,5 karto;
- VĮ „Tauragės regiono keliai“ veiklos zonoje – 1,1 karto;
- VĮ „Telšių regiono keliai“ veiklos zonoje – 3 kartus;
- vidutiniškai Vakarų Lietuvoje – 2 kartus.

Įskaitinių eismo įvykių kaštai, tenkantys 1 km rekonstruoto žvyrkelio, tyrimo imties ruožuose sudaro 93,3 tūkst. Lt per metus.

Atlikus VĮ „Telšių regiono keliai“ veiklos zonos rekonstruotuose kelio ruožuose abiejų grupių (įskaitinių ir techninių) eismo įvykių analizę, nustatyta, kad po rekonstrukcijos eismo įvykių tankis padidėjo 2,7 karto.

Avaringumo tyrimo rezultatai leidžia teigti, kad žvyrkelių rekonstrukcijos projektų sprendiniai yra netinkami eismo saugumo požiūriu – rekonstruotuose žvyrkelių ruožuose avaringumas gerokai padidėja.

4. Remiantis žvyrkelių rekonstrukcijos techninių projektų sprendinių kokybės analize, galima teigti, kad:

- rengiant žvyrkelių rekonstrukcijos projektus nesilaikoma projektavimo normų reikalavimų trasos plano sprendiniams – apytikriai trečdalis horizontaliųjų kreivių yra netinkamai suprojektuotos;
- trasos plano elementai tinkamai nederinami tarpusavyje – ištirtuose ruožuose ne mažiau kaip 5 % bendro ruožo ilgio sudaro potencialiai pavojingos atkarpos;
- apie 50 % įskaitinių eismo įvykių užregistruota atkarpose, kurios nustatytos kaip potencialiai pavojingos, taip pat gauta teigiama koreliacija tarp pavojingų kelio atkarpų ir eismo įvykių.

5. Prognozuojamos išlaidos dėl žemės paėmimo kelio juostai, tenkančios vienam rekonstruojamam žvyrkelio ruožui VĮ „Telšių regiono keliai“ veiklos zonoje, vidutiniškai sudaro 58,96 tūkst. Lt, skaičiuojant 2006 metų kainomis.

6. Žemės plotas, paimamas kelio juostai, yra tiesiogiai proporcingas koreguojamos trasos ilgiui. Žemės paėmimo kelio juostai išlaidos yra tiesiogiai proporcingos sklypų, kurių ribas reikia koreguoti dėl kelio ašies (kelio juostos) poslinkio, skaičiui.

7. Prognozuojamos žemės paėmimo kelio juostai išlaidos sudaro nedidelę skaičiuojamosios asfalto dangos įrengimo kainos dalį (vidutiniškai 2,7 %) ir ši dalis pastebimai mažėja, didėjant rekonstruojamo ruožo ilgiui. Todėl rekomenduojama rekonstruoti kuo ilgesnius žvyrkelių ruožus ir, jei numatyta kelią rekonstruoti etapais, reikia siekti, kad šių etapų skaičius būtų kuo mažesnis.

8. Kompensacijos savininkams (fiziniais ar juridiniais asmenimis) už pa-imamą iš jų žemę sudaro nereikšmingą (0,2 % VĮ „Telšių regiono keliai“ veiklos zonoje) dalį nuo visų žemės paėmimo kelio juostai išlaidų.

Tyrimų rezultatų apibendrinimas

Šiame skyriuje pateikta visų disertacijos rengimo metu atliktų tyrimų rezultatų apžvalga.

Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normų nuostatų, reglamentuojančių kelio trasos projektavimą, analizė leidžia teigti, kad šiose nuostatose yra netikslumų ir trūkumų:

- horizontaliųjų kreivių spindulių reikšmės nurodytos, taikant nepagrįstus atsargos koeficientus;
- mažiausi išgaubtų vertikaliųjų kreivių spinduliai su tam tikra atsarga tenkina sustojimo matomumo reikalavimus tik priešpriešinės transporto priemonės atveju;
- 0,15 m aukščio kliūtis važiuojamojoje dalyje pakankamas matomumas pagal nurodytus išgaubtų vertikaliųjų kreivių spindulius užtikrinamas tik projektinio greičio reikšmėms $V_p \leq 60$ km/h;
- važiuojamosios dalies paviršiaus pakankamam matomumui užtikrinti projektavimo normose nurodyti išgaubtų vertikaliųjų kreivių spinduliai yra per maži visoms projektinio greičio reikšmėms;
- mažiausi išgaubtų vertikaliųjų kreivių spinduliai su tam tikra atsarga tenkina važiavimo komforto reikalavimus, tačiau sustojimo matomumo tamsiu paros metu reikalavimai tenkinami tik atsitiktinėms projektinio greičio reikšmėms (5.3 pav.);

- žemesnių kategorijų kelių rekonstrukcijos (tiesimo) projektuose leidžiama taikyti projekcinio greičio V_p reikšmes, mažesnes už leidžiamą greitį V_L , tačiau nereikalaujama šių reikšmių pagrįsti;
- nenustatyta projekcinio greičio V_p parinkimo metodika, kas sudaro sąlygas projektiniams sprendiniams parinkti nepagrįstą projekcinį greitį V_p ;
- nėra greičio V_{85} sąvokos, kuria remiamasi daugelio užsienio šalių automobilių kelių projektavimo normose;
- rekomendacijos horizontaliųjų kreivių spindulių reikšmėms, atsižvelgiant į tiesaus intarpo tarp kreivių ilgį, yra nepakankamai išsamios.

Galima teigti, kad taikant dabartines automobilių kelių projektavimo nuostatas, išlieka rizika, kad bus rengiami nekokybiški saugaus eismo požiūriu žvyrkelių rekonstrukcijos projektai. Eksperimentinių tyrimų rezultatai rodo, kad tokie nekokybiški projektai sudaro didelę jau parengtų projektų dalį ir tokia tendencija gali išlikti ateityje.

Siekiant pagerinti kelio trasos sprendinių kokybę kelių rekonstrukcijos arba tiesimo projektuose, rekomenduojama Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normose pakeisti horizontaliųjų ir vertikalųjų kreivių spindulius (5.1 lentelė).

5.1 lentelė. Rekomenduojami mažiausi horizontaliųjų ir vertikalųjų kreivių spinduliai
Table 5.1. The recommended minimum radii of horizontal and vertical curves

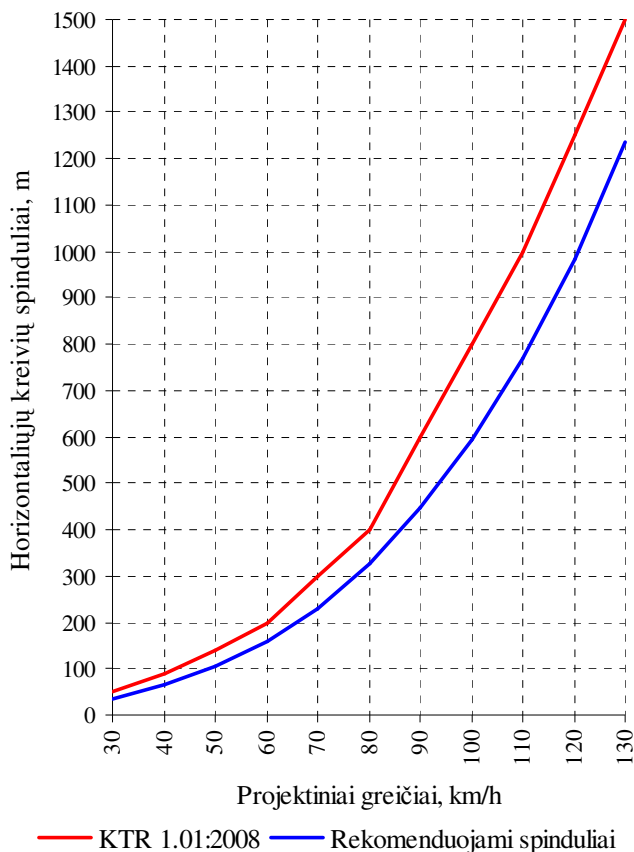
Projekcinis greitis V_p , km/h			30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Horizontaliųjų kreivių spinduliai			35	65	105	160	230	325	445	595	770	985	1235
Vertikalųjų kreivių spinduliai, m	išgaubtų	$h_2 = 0,15$	200	450	800	1450	2500	4050	6350	9550	13900	19600	26750
		$h_2 = 0$	350	800	1550	2800	4750	7800	12150	18350			
	įgaubtų		350	650	1000	1500	2100	2850	3700	4700	5800	7050	8350

Rekomenduojama projektavimo normose išgaubtų vertikalųjų kreivių spindulius pateikti šioms atvejams:

- 0,15 m aukščio kliūtis virš važiuojamosios dalies matomumui užtikrinti ($h_2 = 0,15$);
- važiuojamosios dalies paviršiaus matomumui užtikrinti ($h_2 = 0$).

Važiuojamosios dalies paviršiaus matomumą rekomenduojama užtikrinti, rengiant žemesnių kategorijų kelių rekonstrukcijos arba tiesimo projektus.

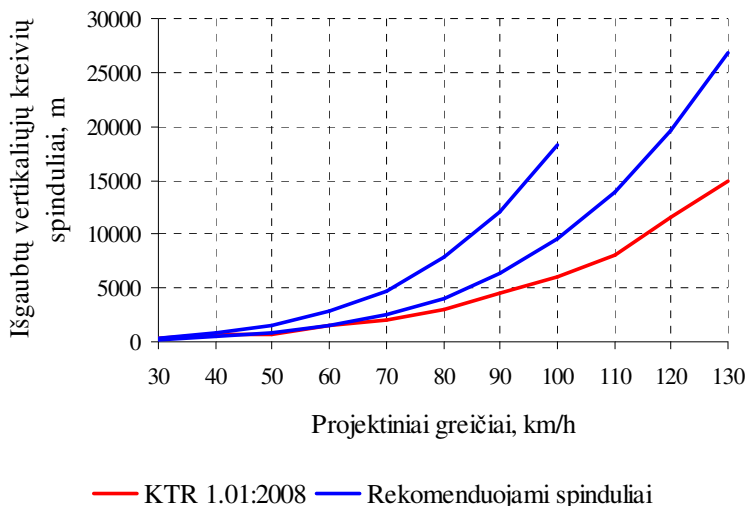
Rekomenduojamų horizontaliųjų ir vertikalųjų kreivių spindulių palyginimas su nurodytais dabartinėse automobilių kelių projektavimo normose pateiktas 5.1–5.3 paveiksluose.



5.1 pav. Rekomenduojami mažiausi horizontalių kreivių spinduliai
Fig. 5.1. The minimum recommended radii of horizontal curves

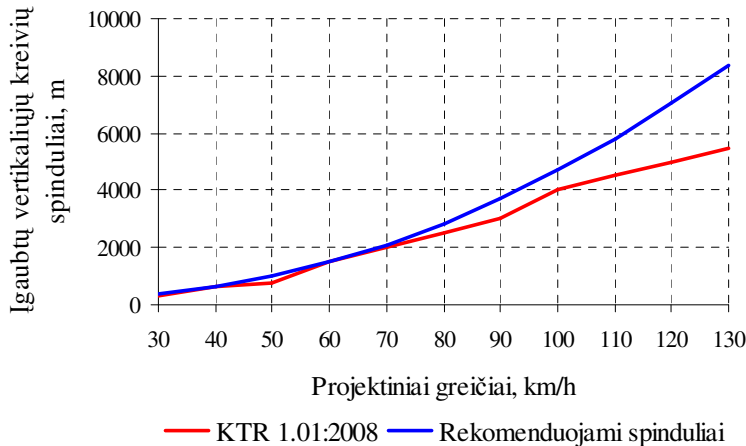
Kiti rekomenduojami Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normų pakeitimai ir papildymai:

- pateikti 85 procentų greičio V_{85} , vingiuotumo, eismo saugumo kriterijų ir eismo saugumo modulio bei jo projektinių lygmenų sąvokas;
- projektavimo normas papildyti nuostata, leidžiančia taikyti projekcinio greičio V_P reikšmes, mažesnes už leidžiamą greitį V_L , tik tais atvejais, kai tai pagrįsta skaičiavimais, ir pateikti metodiką projekcinio greičio V_P pagrindimui;
- pateikti patikslintas rekomendacijas, leidžiančias tinkamai suderinti tarpusavyje horizontalių kreivių spindulius ir tiesių intarpų tarp kreivių ilgius (5.2 lentelė).



5.2 pav. Rekomenduojami mažiausi išgaubtų vertikalųjų kreivių spinduliai

Fig. 5.2. The recommended minimum radii of crest vertical curves



5.3 pav. Rekomenduojami mažiausi įgaubtų vertikalųjų kreivių spinduliai

Fig. 5.3. The recommended minimum radii of sag vertical curves

Siekiant pateikti patikslintas rekomendacijas horizontaliųjų kreivių spindulių ir tiesių ilgiams derinti, buvo išspręstas uždavinys modeliuojant automobilių važiavimo greičius horizontaliosiose kreivėse ir tarp jų esančioje tiesėje. Uždavinio sprendinys išreiškiamas (2.33) formule

$$TL = \min \left(105,31 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot \left(\frac{63700}{\min(R_1, R_2)} \right)^2 - 0,071 \cdot \frac{63700}{\min(R_1, R_2)} + \Delta V_{85} \right) -$$

$$- 1006,8 - \frac{2,9895 \cdot 10^8}{R_1^4} + \frac{3,3321 \cdot 10^7}{R_1^3} - \frac{1,7044 \cdot 10^6}{R_1^2} + \frac{43240}{R_1} -$$

$$- 1006,8 - \frac{2,9895 \cdot 10^8}{R_2^4} + \frac{3,3321 \cdot 10^7}{R_2^3} - \frac{1,7044 \cdot 10^6}{R_2^2} + \frac{43240}{R_2},$$

čia: TL – didžiausias tiesės ilgis, tenkinantis modeliavimo sąlygas; R_1, R_2 – horizontaliųjų kreivių spinduliai; ΔV_{85} – numatytas leistinas greičių V_{85} horizontaliosiose kreivėse ir tiesėje skirtumas.

Uždavinio sprendiniai – ilgiausi tiesūs intarpai tarp kreivių, tenkinantys gero eismo saugumo modulio projekcinio lygmens užtikrinimo sąlygą, pateikiami 5.2 lentelėje.

Kelio trasos plano tyrimo žvyrkeliuose rezultatai rodo, kad:

- taisytinos horizontaliosios kreivės projekciniam greičiui $V_p = 70$ km/h vidutiniškai sudaro 55,6 % visų horizontaliųjų kreivių arba 18,6 % viso ruožų ilgio;
- taisytinos horizontaliosios kreivės projekciniam greičiui $V_p = 90$ km/h, vidutiniškai sudaro 77,9 % visų vertikaliųjų kreivių arba 27,2 % viso ruožų ilgio.

Žvyrkelių išilginio profilio tyrimo rezultatai rodo, kad:

- taisytinos vertikaliosios kreivės projekciniam greičiui $V_p = 70$ km/h, vidutiniškai sudaro 67,5 % visų vertikaliųjų kreivių arba 25,1 % viso ruožų ilgio;
- taisytinos vertikaliosios kreivės projekciniam greičiui $V_p = 90$ km/h, vidutiniškai sudaro 87,2 % visų vertikaliųjų kreivių arba 35,7 % viso ruožų ilgio.

Žvyrkelių trasos plano ir išilginio profilio tyrimų rezultatų statistinė analizė leidžia teigti, kad horizontaliųjų (vertikaliųjų) kreivių spinduliai yra susiję su trasos posūkio (išilginio profilio tiesių lūžio) kampais priklausomybėmis, aprašomomis polinomu

$$R = a_0 + a_1 \cdot \gamma^1 + a_2 \cdot \gamma^2 + \dots + a_n \cdot \gamma^n, \quad (5.1)$$

čia: R – horizontaliųjų (vertikaliųjų) kreivių spinduliai; γ – trasos posūkio (išilginio profilio tiesių lūžio) kampai; a_i – polinomo koeficientai.

Horizontaliosioms ir vertikaliosioms kreivėms skiriasi tik tyrimų metu gautas polinomo laipsnis ir koeficientai (4.2 ir 4.4 formulės).

5.2 lentelė. Rekomenduojami ilgiausi tiesūs tarpai tarp mažo spindulio horizontaliųjų kreivių

Table 5.2. The recommended maximum tangents between horizontal curves of small radius

R_1/R_2	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500					
100	133	116	100	86	74																																									
110	116	138	122	108	96	84	74																																							
120	100	122	142	128	116	104	94	84	75																																					
130	86	108	128	146	133	122	111	102	93	85	78																																			
140	74	96	116	133	149	138	127	118	109	101	93	87	80																																	
150	64	84	104	122	138	152	143	132	123	115	108	101	95	89	83	78																														
160	54	74	94	111	127	145	155	145	136	128	121	114	108	102	96	91	86	82	78																											
170	44	64	84	102	118	132	145	157	148	140	133	126	120	114	108	103	98	94	89	85	82																									
180	34	54	75	93	109	123	136	148	159	151	144	137	130	125	119	114	109	105	100	96	93	89	86	82																						
190	24	44	64	81	105	128	141	151	161	154	147	140	135	129	124	119	115	110	106	103	99	96	92	89	87	84	81																			
200	14	34	54	78	93	108	121	133	144	154	163	156	150	144	138	133	128	124	120	116	112	108	105	102	99	96	93	90	88	86	83															
210	4	24	44	68	87	101	115	128	147	156	165	158	152	147	142	137	132	128	124	120	116	112	108	105	102	99	96	93	90	88	86	83														
220		14	34	58	80	95	108	120	130	140	150	158	166	160	155	149	145	140	136	132	128	124	121	118	115	112	109	107	104	102	100	97	95	94	92	90	88	86	85	83						
230			24	48	72	89	103	114	125	135	144	153	162	167	162	157	152	147	143	139	135	132	128	125	122	119	117	114	112	109	107	105	103	101	99	97	95	94	92	90	89					
240				34	58	76	93	108	119	128	137	145	152	159	165	167	166	162	158	154	151	147	144	141	138	136	133	131	128	126	124	122	120	118	116	114	112	110	108	107	106	104	102	100	99	97
250					44	68	86	101	115	124	132	140	147	154	160	166	172	168	164	160	156	153	150	147	144	141	139	136	134	131	129	127	125	123	121	119	117	115	113	111	109	108				
260						54	78	94	109	119	128	136	143	150	156	162	168	173	169	165	162	158	155	152	149	146	144	141	139	137	135	133	132	130	128	127	125	123	121	119	117	115	113			
270							64	88	103	114	123	132	140	147	154	160	166	172	168	164	160	156	153	150	147	144	141	139	137	135	133	132	130	128	127	125	123	121	119	117	115	113	111	109	108	
280								74	98	110	119	128	136	143	150	156	162	168	173	169	165	162	158	155	152	149	146	144	141	139	137	135	133	132	130	128	127	125	123	121	119	117	115	113	111	
290									84	96	106	115	124	132	139	146	152	158	164	169	174	179	184	189	194	199	204	209	214	219	224	229	234	239	244	249	254	259	264	269	274	279	284	289		
300										94	103	112	120	128	135	142	148	154	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	
310											104	112	120	128	135	142	148	154	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	
320												114	122	130	137	144	151	158	164	170	176	182	188	194	200	206	212	218	224	230	236	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	302	308	314		
330													124	132	140	148	156	164	172	180	188	196	204	212	220	228	236	244	252	260	268	276	284	292	300	308	316	324	332	340	348	356	364			
340														134	142	150	158	166	174	182	190	198	206	214	222	230	238	246	254	262	270	278	286	294	302	310	318	326	334	342	350	358	366	374		
350															144	152	160	168	176	184	192	200	208	216	224	232	240	248	256	264	272	280	288	296	304	312	320	328	336	344	352	360	368	376		
360																154	162	170	178	186	194	202	210	218	226	234	242	250	258	266	274	282	290	298	306	314	322	330	338	346	354	362	370	378		
370																	164	172	180	188	196	204	212	220	228	236	244	252	260	268	276	284	292	300	308	316	324	332	340	348	356	364	372	380		
380																		174	182	190	198	206	214	222	230	238	246	254	262	270	278	286	294	302	310	318	326	334	342	350	358	366	374	382		
390																			184	192	200	208	216	224	232	240	248	256	264	272	280	288	296	304	312	320	328	336	344	352	360	368	376	384		
400																				194	202	210	218	226	234	242	250	258	266	274	282	290	298	306	314	322	330	338	346	354	362	370	378	386		
410																					204	212	220	228	236	244	252	260	268	276	284	292	300	308	316	324	332	340	348	356	364	372	380	388		
420																						214	222	230	238	246	254	262	270	278	286	294	302	310	318	326	334	342	350	358	366	374	382	390		
430																							224	232	240	248	256	264	272	280	288	296	304	312	320	328	336	344	352	360	368	376	384	392		
440																								234	242	250	258	266	274	282	290	298	306	314	322	330	338	346	354	362	370	378	386	394		
450																									244	252	260	268	276	284	292	300	308	316	324	332	340	348	356	364	372	380	388	396		
460																										254	262	270	278	286	294	302	310	318	326	334	342	350	358	366	374	382	390	398		
470																											264	272	280	288	296	304	312	320	328	336	344	352	360	368	376	384	392	400		
480																												274	282	290	298	306	314	322	330	338	346	354	362	370	378	386	394	402		
490																													284	292	300	308	316	324	332	340	348	356	364	372	380	388	396	404		
500																														294	302	310	318	326	334	342	350	358								

Ištyrus avaringumą 53 rekonstruotuose žvyrkelių ruožuose Vakarų Lietuvoje, nustatyta, kad po rekonstrukcijos įskaitinių eismo įvykių tankis padidėjo:

- VĮ „Klaipėdos regiono keliai“ veiklos zonoje – 2,5 karto;
- VĮ „Tauragės regiono keliai“ veiklos zonoje – 1,1 karto;
- VĮ „Telšių regiono keliai“ veiklos zonoje – 3 kartus;
- vidutiniškai Vakarų Lietuvoje – 2 kartus.

Išanalizavus VĮ „Telšių regiono keliai“ veiklos zonos rekonstruotuose kelio ruožuose abiejų grupių (įskaitinių ir techninių) eismo įvykių, nustatyta, kad po rekonstrukcijos eismo įvykių tankis padidėjo 2,7 karto.

Įskaitinių eismo įvykių kaštai, tenkantys 1 km rekonstruoto žvyrkelio, tyrimų imties ruožuose sudaro 93,3 tūkst. Lt per metus, skaičiuojant 2006 metų kainomis.

Avaringumo tyrimo rezultatai leidžia teigti, kad kelio trasos sprendiniai žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose yra netinkami eismo saugumo požiūriu.

Remiantis žvyrkelių rekonstrukcijos techninių projektų sprendinių kokybės analize, galima teigti, kad:

- rengiant žvyrkelių rekonstrukcijos projektus, nesilaikoma projektavimo normų reikalavimų trasos plano sprendiniams – apytikriai trečdalis horizontaliųjų kreivių yra netinkamai suprojektuotos;
- trasos plano elementai tinkamai nederinami tarpusavyje – ištirtuose ruožuose ne mažiau kaip 5 % bendro ilgio sudaro potencialiai pavojingos atkarpos;
- apie 50 % įskaitinių eismo įvykių užregistruota atkarpose, kurios nustatytos kaip potencialiai pavojingos, taip pat gauta teigiama koreliacija tarp pavojingų kelio atkarpų ir eismo įvykių.

Galimo žemės paėmimo kelio juostai apimčių tyrimo rezultatai rodo, kad:

- žemės plotai, paimami kelio juostai, yra tiesiogiai proporcingi koreguojamos kelios trasos dalies ilgiui;
- prognozuojamos žemės paėmimo kelio juostai išlaidos, tenkančios vienam rekonstruojamam žvyrkelio ruožui VĮ „Telšių regiono keliai“ veiklos zonoje, vidutiniškai yra apie 59 tūkst. Lt, skaičiuojant 2006 metų kainomis;
- prognozuojamos žemės paėmimo kelio juostai išlaidos sudaro nedidelę skaičiuojamosios asfalto dangos įrengimo kainos dalį (vidutiniškai 2,7 %), ir ši dalis pastebimai mažėja, didėjant rekonstruojamo ruožo ilgiui – rekomenduojama rekonstruoti žvyrkelius kuo ilgesniais ruožais, ir, jei numatyta kelią rekonstruoti etapais, reikia siekti, kad šių etapų skaičius būtų kuo mažesnis;
- žemės paėmimo kelio juostai išlaidos yra tiesiogiai proporcingos sklypų, kurių ribas reikia koreguoti dėl kelio ašies (kelio juostos) poslinkio, skaičiui, tačiau kompensacijos savininkams (fiziniams arba juridiniams asmenims) už paimamą iš jų žemę sudaro nereikšmingą visų išlaidų, paimant žemę kelio juostai, dalį.

Bendrosios išvados

1. Analizuojant kelio trasos projektinių sprendinių dėsningumus ir jų sąsajas su automobilių kelių projektavimo normų nuostatomis, nustatyta, kad dabartinėse Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo nuostatose yra netikslumų ir trūkumų. Kelio trasos projektavimui taikant šias nuostatas, išliks didelė rizika, kad bus rengiami saugaus eismo požiūriu nekokybiški kelių rekonstrukcijos projektai, ypač žemesnių kategorijų keliuose.

2. Žvyrkelių trasos plano ir išilginio profilio tyrimai rodo, kad esamos trasos kokybė žvyrkeliuose yra bloga – 56–78 % horizontaliųjų kreivių ir 68–87 % vertikalinių kreivių yra taisytinos.

3. Atlikus lyginamuosius avaringumo tyrimus rekonstruotuose žvyrkelių ruožuose nustatyta, kad:

- po rekonstrukcijos avaringumas (eismo įvykių tankis) žvyrkeliuose padidėja iki 3 kartų;
- eismo įvykių kaštai, tenkantys 1 km rekonstruoto žvyrkelio, ištirtuose ruožuose yra apie 93 tūkst. Lt per metus (2006 metų kainomis).

4. Remiantis darbe atlikta žvyrkelių rekonstrukcijos techninių projektų sprendinių kokybės analize, galima teigti, kad:

- projekcinio greičio V_p reikšmės parenkamos neteisingai;
- nesilaikoma reikalavimų kelio trasos plano sprendiniams – apytikriai trečdalis horizontaliųjų kreivių yra netinkamai suprojektuotos;

- trasos plano elementai tinkamai nederinami tarpusavyje – ne mažiau kaip 5 % bendro rekonstruotų ruožų ilgio sudaro potencialiai pavojingos atkarpos.

5. Paimant žemę kelio juostai, vienam rekonstruojamam žvyrkelio ruožui tenkančios prognozuojamos išlaidos vidutiniškai yra apie 59 tūkst. Lt (VĮ „Telių regiono keliai“ veiklos zonoje 2006 metų kainomis). Jos sudaro nežymią kelio rekonstrukcijos darbų skaičiuojamosios kainos dalį, kuri pastebimai mažėja, didėjant rekonstruojamo ruožo ilgiui. Todėl rekomenduojama rekonstruoti kuo ilgesnius žvyrkelių ruožus.

6. Kasmetiniai nuostoliai, patiriami dėl eismo įvykių netinkamai rekonstruotuose žvyrkelių ruožuose, yra didesni už vienkartinės išlaidas, paimant žemę projektinei kelio juostai. Tad galima teigti, kad šiuo metu Lietuvoje taikoma praktika, kad projektinė kelio ašis rekonstruojamuose žvyrkelių ruožuose kuo mažiau nukryptų nuo esamos ašies, yra nepagrįsta techniniu ir ekonominiu požiūriu.

7. Rekomenduojami Lietuvos Respublikos automobilių kelių projektavimo normų nuostatų pataisymai ir papildymai:

- mažiausius horizontaliųjų ir vertikalųjų kreivių spindulius pakeisti darbe pasiūlytomis spindulių reikšmėmis;
- pateikti darbe pasiūlytas patikslintas rekomendacijas horizontaliųjų kreivių spindulių ir tiesių intarpų ilgių tarp kreivių suderinamumui;
- projektavimo normas papildyti 85 procentų greičio, kelio trasos vingiuotumo, eismo saugumo kriterijų ir eismo saugumo modulio bei jo projektinių lygmenų sąvokomis;
- pakeisti reikalavimus projektinio greičio nustatymui – nurodyti, kad projektinio greičio reikšmė, mažesnė už leidžiamą greitį, turi būti pagrindžiama skaičiavimais.

Literatūra ir šaltiniai

AASHTO. American Association of State Highway Officials. 1994. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington, D. C.

Ceļu satiksmes drošības direkcija. 2006. *Ceļu satiksmes drošības programma 2007.–2013. gadam* [Eismo saugumo keliuose programa 2007–2013 metams]. Rīga.

Čekanavičius, V.; Murauskas, G. 2001. *Statistika ir jos taikymai*. Vilnius.

Durth, W.; Beys-Kammarokos, G. 1986. *Comparison of the Guidelines for Road Design in the Countries of the European Community*: Research Contract “Project Road Safety” of the Commission of the European Community. Darmstadt.

Durth, W.; Lippold, C. 1993. *Adjustment of the German Design Guidelines for the Alignment to Newer Design Guidelines*: Research Contract of the Federal Minister of Transportation. Darmstadt.

Estonian Road Administration [interaktyvus]. 2009 [žiūrėta 2009 m. spalio 15 d.]. Prieiga per internetą: <www.mnt.ee>.

European Commission, Transport [interaktyvus]. 2009 [žiūrėta 2009 m. spalio 25 d.]. Prieiga per internetą: <http://ec.europa.eu/transport/road_safety/>.

German Road and Transportation Research Association. 1984. *Guidelines for the Design of Roads (RAS)*. Part: Alignment (RAS-L), Section I: Elements of the Alignment (RAS-L-1). Cologne.

German Road and Transportation Research Association. 1995. *Guidelines for the Design of Roads (RAS)*. Part: Alignment (RAS-L). Cologne.

Harwood, D. W.; Fambro, D. B.; Fishburn, B.; Joubert, H.; Lamm, R.; Psarianos, B. 1995. International Sight Distance Design Practices, in *Proc. of the International Symposium on Highway Geometric Design Practices*, Transportation Research Board, Boston.

Highway link design. Design manual for roads and bridges [interaktyvus]. 2009 [žiūrėta 2009 m. spalio 28 d.]. Prieiga per internetą:

<www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/vol6/section1>

Kelių techninis reglamentas KTR 1.01:2008 „Automobilių keliai“. Vilnius, 2008.

Krammes, R. A.; Garnham, M. A. 1995. Review Alignment Design Policies Worldwide, in *Proc. of the International Symposium on Highway Geometric Design Practices*, Transportation Research Board, Boston.

Lamm, R. 1973. *Driving Dynamics and Road Characteristics – A Contribution for Highway Design with Special Consideration of Operating Speeds*: Publications of the Institute for Highway and Railroad Engineering, vol. 11. Karlsruhe.

Lamm, R. 1984. Driving Dynamics Considerations: A Comparison of German and American Friction Coefficients Highway Design, *Transportation Research Record* 960: 13–20.

Lamm, R. 1995c. Highway Geometric Design with Special Emphasis on Traffic Safety-Based on International Research and the New Greek Guidelines for the Design of Highway Facilities, Part: Alignment, in *Proceedings of the First Greek Congress of Highway Engineering*, October 4–7, 1995. Larisa.

Lamm, R.; Beck, A.; Rusher, T.; Mailaender, T. 2007. *How to Make Two-Lane Rural Roads Safer*. Southampton, Boston.

Lamm, R., Choueiri, E. M. 1987a. *A Design Procedure to Determine Critical Dissimilarities in Horizontal Alignment and Enhance Traffic Safety by Appropriate Low-Cost or High-Cost Projects*: Report to the National Science Foundation, Washington.

Lamm, R., Choueiri, E. M. 1987b. *Rural Roads Speed Inconsistencies Design Methods*: Research Report for the State University of New York. New York.

Lamm, R.; Choueiri, E. M.; Goyal, P. B.; Mailaender T. 1989. An Attempt to Develop Reliable Friction Factors vs. Speed for Design Purposes. A Case Study Based on Actual Pavement Friction Inventories, in *Proc. of the Forty-Third Annual Ohio Transportation Engineering Conference*, Ohio, 168–189.

Lamm, R.; Choueiri, E. M.; Goyal, P. B.; Mailaender T. 1990a. Design Friction Factors of Different Countries Versus Actual Pavement Friction Inventories, *Transportation Research Record* 1260: 135–146.

Lamm, R.; Choueiri, E. M.; Mailaender T. 1990b. Comparison of Operating Speeds on Dry and Wet Pavements of Two-Lane Rural Highways, *Transportation Research Record* 1280: 199–207.

Lamm, R.; Choueiri, E. M.; Psarianos B.; Soilemezoglou G. 1995a. A Practical Safety Approach to Highway Geometric Design, International Case Studies: Germany, Greece, Lebanon, and the U. S. A. in *International Symposium on Highway Geometric Design Practices*, Transportation Research Board, Boston.

Lamm, R.; Herring, H. E. 1970. The Side-Friction Factor in Relation to Speed. *Road and Interstate*, vol. 11. Germany, 435–443.

Lamm, R.; Herring, H. E. 1971a. A New Proposal for the Design of Radii of Curve and Superelevation Rates on Rural Highway. *Road and Interstate* 2: 62–65.

Lamm, R.; Mailaender T.; Steffen, H.; Choueiri, E. M. 1992. Side Friction in International Road Design and Possible Impacts of Traffic Safety, *Road and Construction* 5: 6–25.

Lamm, R.; Mailaender T.; Steffen, H.; Choueiri, E. M. 1993. Safety Evaluation Process for Modern Highway Geometric Design on Two-Lane Rural Roads, in *Research Report V for CTI Engineering Co. Ltd.*, Tokyo; Karlsruhe.

Lamm, R.; Psarianos B.; Drymatlitou, D.; Soilemezoglou G. 1995b. *Guidelines for the Design of Highway Facilities*, Vol. 3. Athens.

Lamm, R.; Psarianos B.; Soilemezoglou G.; Kanellaidis, G. 1996. Driving Dynamic Aspects and Related Safety Issues for Modern Geometric Design of Non Built-Up Roads, *Transportation Research Record* 1523: 34–45.

Lamm, R.; Schlichter, H. G. 1971b. Driving Behavior under Different Weather and Daylight Conditions, *Road and Construction* 12: 873–877.

Latvian State Roads [interaktyvus]. 2009 [žiūrėta 2009 m. spalio 15 d.]. Prieiga per internetą: <www.lvceli.lv>.

Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos. 2005. *Kelių priežiūros vadovas*. I dalis: „Automobilių kelių priežiūros normatyvai“ KPV PN-05. Vilnius. 56 p.

Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos. 2006. *Automobilių kelių investicijų vadovas*. VĮ "Transporto ir kelių tyrimo institutas". Kaunas. 87 p.

Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos [interaktyvus]. 2009 [žiūrėta 2009 m. spalio 30 d.]. Prieiga per internetą: <www.lra.lt>.

Lietuvos policijos generalinio komisaro 2007 m. spalio mėn. 23 d. įsakymas Nr. 5–V–706 „Dėl eismo įvykių apskaitos aprašo ir eismo įvykio kortelių pildymo taisyklių patvirtinimo“.

LR kelių įstatymas. *Valstybės žinios* 1995–05–26: 44–1076.

LR kelių priežiūros ir plėtros programos finansavimo įstatymas. *Valstybės žinios* 2001–12–30: 112.

LR saugaus eismo automobilių keliais įstatymas. *Valstybės žinios* 2000–10–12: VIII–2043.

LR susisiekimo ministerija. 2001. *2002–2015 metų Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros programa*. II tomas. Aprašomoji dalis. VĮ „Transporto ir kelių tyrimo institutas“. Kaunas. 82 p.

LR susisiekimo ministro 2004 m. liepos mėn. 22 d. įsakymas Nr. 3–390 „Avaringų ruožų nustatymo valstybinės reikšmės keliuose metodika“.

LR teritorijų planavimo įstatymas. *Valstybės žinios* 1995–12–30: 107–2391.

LR Vyriausybės 2002–12–11 nutarimas Nr. 1920 „Kelių eismo taisyklės“. Aktuali redakcija 2008–07–16, Nr. 768, *Valstybės žinios* 2008–08–02: 88–3530.

LR Vyriausybės 2005–07–08 nutarimas Nr. 759 „Valstybinė saugaus eismo automobilių keliais 2005–2010 metų programa“. 2005, *Valstybės žinios* 2005–07–12: 84–3117.

LR Vyriausybės 2007–10–31 nutarimas Nr. 1171 „Saugaus eismo gerinimo keliuose programa“. 2007, *Valstybės žinios* 2007–11–10: 115–4706.

LVS 190-1:2000 *Ceļa trase*. VSIA Latvijas Standarts. Rīga, 2000.

Mc Lean, J. R. 1978. *Speeds on Curves: Regression Analysis*: Internal Report 200–3, ARRB (Australian Road Research Board), Melbourne.

Mc Lean, J. R.; Morrall, J. F. 1995. Changes in Horizontal Alignment Design Standards in Australia and Canada, in *Proc. of the International Symposium on Highway Geometric Design Practices*, Boston.

Ministère de l'Équipement et du Logement. 1975. *Instruction sur les Conditions Techniques D'Aménagement des Routes Nationales*. Paris

Morrall, J. F.; Talarico, R. S. 1994. Side Friction Demanded and Margins of Safety on Horizontal Curves, *Transportation Research Record*, vol. 1435.

Ottesen, J. L.; Krammes, R. A. 1994. Speed Profile Model for a U. S. Operating-Speed-Based Consistency Evaluation Procedure, *Transportation Research Board*, Washington.

Palšaitis, E.; Vidugiris, L. 1999. *Automobilių kelių projektavimas: teorija ir praktika*. Vilnius [i.e. Kaunas]: Kelprojektas. 437 p. ISBN 9986915104.

Paršeliūnas, E. 2001. *Geoinformacinės sistemos. Technologija*. Vilnius: Technika. 229 p.

PIARC. 2003. *Road Safety Manual*. Ministry of Transport Quebec, 602 p.

PNT-K 95 Automobilių kelių projektavimo normos ir taisyklės. Vilnius, 1996.

Ratkevičiūtė, K. 2009. *Eismo saugumo gerinimo priemonių pagrindimo modelis Lietuvos automobilių keliams*: daktaro disertacija. Vilnius.

Robinson, R.; Thagesen B. 2004. *Road Engineering for Development*. London and New York: Spon Press. 514 p. ISBN 0–203–34045–0.

Ruscher, T. 2001. *Evaluation of the Safety Concept of the Institute for Highway and Railroad Engineering (ISE) with the Actual Accident Situation for a Broad Data Basic*. Karlsruhe.

Smith, B. L.; Lamm, R. 1994. Coordination of Horizontal and Vertical Alignment whit Regard to Highway Esthetics, *Transportation Research Record* 1445: 73–85.

Statybos techninis reglamentas STR 2.06.03:2001 „Automobilių keliai“. Vilnius, 2001.

Swedish National Road Administration. 1986. *Standard Specifications for Geometric Design of Rural Roads*. Borlaenge.

Swiss Association of Road Specialists. 1991. *Highway Design, Fundamentals, Speed as a Design Element*. Zuerich.

Technical Recommendations for the General Design and Geometry of Roads. 1994. Bagneux Cedex.

Thoma, J. 1994. Speed Behavior and Risks for Different Road Conditions, Weekdays and Daytimes, *Technical Journals for Traffic Safety* 1: 7–11.

VĮ „Transporto ir kelių tyrimo institutas“. 1995. *Nuostolių dėl eismo įvykių skaičiavimo metodika*. Kaunas. 20 p.

VĮ „Transporto ir kelių tyrimo institutas“. 2006a. *Kelių dangų specialieji tyrimai ir „juoduųjų dėmių“ analizė valstybinės reikšmės keliuose. :Juoduųjų dėmių“ ir avaringų ruožų nustatymas valstybinės reikšmės keliuose pagal 2002-2005 metų įskaitinius eismo įvykius: tiriamojo darbo ataskaita*. Kaunas. 5 tomas. 15 p.

VĮ „Transporto ir kelių tyrimo institutas“. 2006b. *Žvyrkelių asfaltavimo programa 2006–2008 metais: tiriamojo darbo ataskaita*. Kaunas.

VĮ „Transporto ir kelių tyrimo institutas“. 2007. *Valstybinės reikšmės kelių eismo intensyvumo duomenų kaupimas ir atnaujinimas: tiriamojo darbo ataskaita*. Kaunas. 2 tomas. 65 p.

Wilson, F. R.; Sinclair, J. A.; Bisson, B. G. 1989. *Evaluation of Driver/Vehicle Accident Reaction Times*. New Brunswick.

Zakarevičius, A. 1996. *Lietuvos geodezinių tinklų sistemos ir jų ryšiai*. Vilnius: Technika. 200 p.

Бабков, В. Ф. 1983. *Автомобильные дороги*. Москва: Транспорт. 280 с.

Бабков, В. Ф.; Андреев, О. В.; Замахаев, М. С. 1970. *Проектирование автомобильных дорог*. Москва: Транспорт. 400 с.

Васильев, А. П.; Сиденко, В. М. 1990. *Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения*. Москва: Транспорт. 304 с.

Видуگیرис, Л. П. 1954. *Некоторые вопросы проектирования горизонтальных кривых при реконструкции автомобильных дорог: диссертация на соискание степени кандидата технических наук*. Москва.

Дюк, В. 1997. *Обработка данных на ПК в примерах..* Санкт-Петербург: Питер Паблишинг. 231 с.

Кудрявцев, М. Н.; Каганович, В. Е. 1973. *Изыскания и проектирование автомобильных дорог*. Москва: Транспорт. 398 с.

Строительные нормы и правила. "Автомобильные дороги" СНиП 2.05.02.-85 [Statybos normos ir taisyklės „Automobilių keliai“]. Государственный комитет СССР по делам строительства. Москва, 1987.

Хавкин, К. А.; Дашевский, Л. Н. 1966. *Проектирование продольного профиля автомобильных дорог*. Москва: Транспорт. 237 с.

Autoriaus publikacijos disertacijos tema

Straipsniai recenzuojamuose mokslo žurnaluose

Gintalas, V.; Čygas, D.; Žilionienė, D.; Puodžiukas, V. 2007a. Longitudinal profile of the objects included in the Gravel roads paving program of Lithuania, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 2(2): 53–59. ISSN 1822–427X print. (Thomson ISI Web of Science).

Gintalas, V.; Čygas, D.; Žilionienė, D.; Puodžiukas, V.; Lašinytė, A. 2007b. Research and evaluation of the effect of taking the land for public needs on the cost of gravel road reconstruction, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 2(4): 165–171. ISSN 1822–427X print. (Thomson ISI Web of Science).

Gintalas, V.; Žilionienė, D.; Dimaitis, M.; Lukošaitis, T.; Lipnevičiūtė, K.; Vitkienė, J. 2008. Analysis of design solutions in the objects of Gravel roads paving program in terms of traffic safety, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 3(2): 93–100. ISSN 1822–427X print. (Thomson ISI Web of Science).

Straipsniai kituose leidiniuose

Gintalas, V.; Žilionienė, D.; Čygas, D.; Juzėnas, A. 2005a. Design of Lithuanian rural highways from the aspect of sustainable road network development, in *The 3rd International Symposium on Highway Geometric Design*, June 29–July 1, 2005, Chicago – USA, 18 p. Compendium of papers CD-ROM.

Gintalas, V.; Čygas, D.; Žilionienė, D.; Puodžiukas, V. 2005b. Problems of road plan designing when implementing Paving of gravel roads program in Lithuania, in *The 6th International Conference “Environmental Engineering”. Selected papers*, 2005 May 26–27, Vilnius, 691–694. ISBN 9986–05–851–1. (Thomson ISI Proceedings).

Vitkienė, J.; Puodžiukas, V.; Žilionienė, D.; Gintalas, V. 2008. Analysis of the computer aided design models for roads, in *The 7th International Conference “Environmental Engineering”. Selected papers*, 2008 May 22–23, Vilnius, 1242–1246. ISBN 978–9955–28–265–5. (Thomson ISI Proceedings).

Priedai

Priedai pateikiami elektroninėje laikmenoje.

1 priedas. Ilgiausių tiesių intarpų tarp horizontaliųjų kreivių nustatymo lentelės

2 priedas. Kelio trasos plano žvyrkeliuose tyrimo medžiaga

3 priedas. Žvyrkelių išilginio profilio tyrimo medžiaga

4 priedas. Avaringumo žvyrkeliuose iki ir po rekonstrukcijos tyrimo medžiaga

5 priedas. Kelio trasos sprendinių kokybės žvyrkelių rekonstrukcijos projektuose tyrimo medžiaga

6 priedas. Galimo žemės paėmimo kelio juostai apimties tyrimo medžiaga

Vilimas GINTALAS

PROJEKTINIŲ SPRENDINIŲ KOKYBĖS GERINIMO GALIMYBĖS
ŽVYRKELIŲ REKONSTRUKCIJOS PROJEKTUOSE

Daktaro disertacija

Technologijos mokslai,
statybos inžinerija (02T)

Vilimas GINTALAS

POSSIBILITIES FOR THE IMPROVEMENT OF THE QUALITY
OF DESIGN SOLUTIONS IN THE GRAVEL ROAD RECONSTRUCTION PROJECTS

Doctoral Dissertation

Technological Sciences,
Civil Engineering (02T)

2010 01 18. 10,5 sp. I. Tiražas 20 egz.
Vilniaus Gedimino technikos universiteto
leidykla „Technika“,
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius,
<http://leidykla.vgtu.lt>
Spausdino UAB „Baltijos kopija“,
Kareivių g. 13B, 09109 Vilnius
<http://www.kopija.lt>