VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Lina JUKNEVIČIŪTĖ-ŽILINSKIENĖ

LIETUVOS KLIMATO ĮTAKOS KELIŲ TIESYBAI VERTINIMO METODIKA IR KLIMATINIS RAJONAVIMAS

DAKTARO DISERTACIJA

TECHNOLOGIJOS MOKSLAI,
STATYBOS INŽINERIJA (02T)

VGTU
LEIDYKLA
Vilnius TECHNIKA 2009

Disertacija rengta 2004–2009 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.

Mokslinis vadovas

Prof. dr. Alfredas Laurinavičius (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, statybos inžinerija – 02T).

VGTU leidyklos TECHNIKA 1683-M mokslo literatūros knyga
http://leidykla.vgtu.lt

ISBN 978-9955-28-510-6

© VGTU leidykla TECHNIKA, 2009
© Lina Juknevičiūtė-Žilinskienė, 2009
linaj@ap.vgtu.lt

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Lina JUKNEVIČIŪTĖ-ŽILINSKIENĖ

METHODOLOGY FOR THE EVALUATION OF THE EFFECT OF THE CLIMATE OF LITHUANIA ON ROAD CONSTRUCTION AND CLIMATIC REGIONING

DOCTORAL DISSERTATION

TECHNOLOGICAL SCIENCES,
CIVIL ENGINEERING (02T)

VGTU
LEIDYKLA
Vilnius TECHNIKA 2009

Doctoral dissertation was prepared at Vilnius Gediminas Technical University in 2004–2009.

Scientific Supervisor

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

Reziumė

Disertacijoje nagrinėjamos klimato veiksnių įtakos automobilių kelių tiesybai problemos. Pagrindiniai tyrimo objektai yra klimatiniai veiksniai, darantys įtaką automobilių kelių tiesybai, kelių oro sąlygų informacinės sistemos (KOSIS) ir Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos (LHMT) duomenys. Šie objektai yra svarbūs teritorijos klimatiniam rajonavimui, kuris leidžia tinkamai projektuoti, tiesti ir prižiūrėti kelius. Pagrindinis disertacijos tikslas – sudaryti Lietuvos Respublikos teritorijos klimatinį rajonavimą automobilių kelių tiesybos požiūriu.

Darbe sprendžiami keli pagrindiniai uždaviniai: kitų šalių teritorijų rajonavimo metodikos kelių tiesybos požiūriu; LHMT stočių ir KOSIS fiksuojamų parametrų apžvalga, analizė ir palyginimas; pagrindinių klimatinių veiksnių, darančių įtaką kelių tiesybai, žemėlapių sudarymas. Uždaviniai formuluojami, atsižvelgiant į permainingą mūsų šalies klimatą bei klimato veiksnius, turinčius didelę įtaką automobilių keliams.

Disertaciją sudaro įvadas, keturi skyriai, rezultatų apibendrinimas, naudotos literatūros ir autorės publikacijų disertacijos tema sąrašai bei priedai.

Įvadiniame skyriuje aptariama tiriamoji problema, aktualumas, aprašomas tyrimų objektas, formuluojamas darbo tikslas ir uždaviniai, aprašoma tyrimų metodika, mokslinis darbo naujumas, praktinė darbo rezultatų reikšmė, ginamieji teiginiai. Įvado pabaigoje pristatomos disertacijos tema autorės paskelbtos publikacijos ir skaityti pranešimai konferencijose.

Pirmame skyriuje analizuojami mokslininkų, kurių dėka vystėsi klimatologijos mokslas, atlikti tyrimai, susiję su klimatu, jo kaita, klimatiniu rajonavimu. Apžvelgiamas Lietuvos klimatas ir jo veiksnių įtaka automobilių kelių tiesybai.

Antrame skyriuje atlikta klimatinio rajonavimo metodų analizė. Išnagrinėti klimato veiksniai, darantys įtaką kelių projektavimui, tiesimui, taisymui ir priežiūrai.

Trečiame skyriuje buvo atlikta LHMT daugiamečių (1961–1990 m.) ir KOSIS (1999–2008 m.) duomenų analizė ir palyginimas.

Ketvirtame skyriuje pateikiami teminiai žemėlapiai, sudaryti iš KOSIS duomenų, naudingų ir informatyvių vartotojams, o ypač kelių organizacijoms bei tarnyboms. Įvertinamas rajonavimo galimybių pritaikymas kelių tiesybos požiūriu.

Disertacijos tema paskelbti 7 straipsniai: du – mokslo žurnale, referuojamame Mokslinės informacijos instituto (ISI) duomenų bazėje, įtrauktame į Thomson ISI Web of Science sąrašą, trys – konferencijų medžiagose, referuotose Thomson ISI Proceedings duomenų bazėje, vienas – recenzuojamame tarptautinių konferencijų leidinyje bei vienas – mokslo populiarinimo leidinyje. Disertacijos tema perskaityti 5 pranešimai Lietuvos ir kitų šalių konferencijose

Abstract

The dissertation studies the problems of the effect of climatic factors on the construction of roads. The main research objects are the climatic factors affecting road construction and the currently used data of the Lithuanian Hydrometeorological Service (LHS) and the Road Weather Information System (RWIS). The main aim of the dissertation is to make a climatic regioning of the territory of the Republic of Lithuania from the point of view of road construction.

The main tasks solved in this work are as follows: data recording methods used in LHS stations and RWIS, review, analysis and comparison of the parameters of this data; creation of maps of climatic factors affecting road construction. The tasks were formulated with the consideration of variable climate of ours country and the climatic factors having a large effect on the roads. The dissertation consists introduction, four chapters, general conclusions, list of references, list of author's publications on the topic of the dissertation and appendices.

General characteristic of the dissertation discusses the topicality of the studied problem and the object of research, formulates the aim and tasks, describes research methodology, scientific novelty, practical value of results and the defended propositions of the work. At the end the author's publications and conference presentations on the topic of the dissertation are presented as well as the structure of dissertation.

Chapter 1 gives the analysis of researches carried out by the scientists - developers of the science of climatology related to climate and its change and climatic regioning. The climate of Lithuania is described and the effect of climatic factors on road construction.

Chapter 2 presents the analysis of climatic regioning methods, studies the climatic factors having the largest effect on road design, construction, repair and maintenance.

Chapter 3 makes the analysis, evaluation and comparison of multi-year data of LHS (1961–1990) and RWIS (1999–2008).

Chapter 4 presents examples of the subject maps made of the basis of RWIS data which is useful and informative for the users, especially for the road organizations and services. The regioning possibilities are evaluated from the point of view of road construction.

7 scientific articles were published on the topic of the dissertation: two – in a scientific journal abstracted in the Database of the Institute of Scientific Information (ISI) and included into the list of ISI Web of Science, three – in the conference proceedings abstracted in the Thomson ISI Proceedings Database, one – in the reviewed proceedings of international conferences and one – in a science popularization publication. On the topic of the dissertation 5 presentations were made in the conferences held in Lithuania and other countries.

Sąvokos

Izopletos ir izolinijos – tam tikras skaitines vertes turinčių linijų rinkiniai, vaizduojantys absoliučią ir santykinę padėtį bei tam tikrų elementų vietą ir gradientą.

Kelio dangos paviršiaus temperatūra – temperatūra tam tikrame dangos paviršiaus taške.

Oro temperatūra (pagal KOSIS) – temperatūra, esanti dviejų metrų virš kelio paviršiaus aukštyje.

Rasos taškas (pagal KOSIS) – tai temperatūra, kuriai esant santykinė drėgmė yra 100 %.

Sniego dangos storis – atstumas tarp žemės paviršiaus ir sniego dangos paviršiaus.

Teminiai žemėlapiai – žemėlapiai, kurių pagrindiniai turinio elementai rodo pasirinktojo kartografuoti gamtos ar visuomenės reiškinio ryšius su vietovės geografiniais elementais. Klimatiniuose žemėlapiuose vaizduojami kartografuojamosios teritorijos klimato ypatumai, klimatą lemiantys veiksniai.

Užšalimo taškas (pagal KOSIS) – temperatūra, kai drėgmė/vanduo sušąla į ledą ant kelio dangos paviršiaus.

Užšalimo taško temperatūra (pagal KOSIS) – temperatūra duomenų nuskaitymo metu, kuriai esant ant kelio dangos paviršiaus susidarys ledas.

Žymėjimai

Santrumpos

DB – duomenų bazė;

DBVS – duomenų bazių valdymo sistema;

EIS – eismo informacinės sistemos;

GFROST – įšalo gylis;

GIS – geografinė informacinė sistema;

GPRS (*General Packet Radio Service*) – GSM mobiliojo ryšio technologija, skirta duomenims perduoti GSM tinkluose. Ši technologija naudoja tuos pačius išteklius kaip ir balso telefonija, tačiau taikomas visiškai kitas signalo perdavimo būdas. GPRS palaiko IP ir PPP protokolus, kurie padeda mobiliojo telefono naudotojams dirbti internete ar perduoti el. pašto pranešimus;

GSM (*Groupe Spécial Mobile*) – globalus mobiliųjų telefonų ryšio standartas;

KOSIS (RWIS – *Road Weather Information System*) – kelių oro sąlygų informacinė sistema;

KT – kelių tarnyba;

LAKD – Lietuvos automobilių kelių direkcija;

LHMT – Lietuvos Hidrometeorologijos tarnyba;

MS Access – duomenų bazių ir jų sudarymo programa;

SMS – stacionarioji meteorologijos stotis;

VGL – vidutinis Grinvičo laikas;

VMPEI – vidutinis metinis paros eismo intensyvumas;

PMO – Pasaulinė meteorologijos organizacija.

Turinys

ĮVADAS 1
Tiriamoji problema 1
Darbo aktualumas 2
Tyrimų objektas 2
Darbo tikslas 2
Darbo uždaviniai 3
Tyrimų metodika 3
Darbo mokslinis naujumas ir jo reikšmė 4
Darbo rezultatų praktinė reikšmė 4
Ginamieji teiginiai 4
Darbo rezultatų aprobavimas 5
Disertacijos struktūra 5

1. LIETUVOS KLIMATO TYRIMŲ APŽVALGA 7
1.1. Klimato tyrimų apžvalga 7
1.2. Lietuvos klimatą formuojantys veiksniai ir procesai 12
1.2.1. Geografinė Lietuvos padėtis 12
1.2.2. Vietiniai klimato veiksniai 17
1.2.3. Orų režimo analizė 24
1.3. Klimato įtakos automobilių keliams apžvalga 33
1.4. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas 39

2. LIETUVOS KLIMATINIO RAJONAVIMO TEORINIS PAGRINDIMAS..... 41
2.1. Klimatinio rajonavimo metodų analizė 41
2.2. Lietuvos teritorijos klimatinis rajonavimas 48
2.3. Klimato veiksnių įtakos automobilių kelių tiesybai analizė 50
2.3.1. Klimato veiksnių vertinimas projektuojant kelius 50
2.3.2. Klimato veiksnių vertinimas tiesiant kelius..... 55
2.3.3. Klimato veiksnių vertinimas prižiūrint kelius 56
2.4. Antrojo skyriaus išvados 60

3. LIETUVOS TERITORIJOS RAJONAVIMO PAGRINDIMO TYRIMAI IR REZULTATŲ VERTINIMAS..... 61
3.1. Tyrimų metodai 61
3.1.1. Hidrometeorologijos stotys..... 65
3.1.2. Kelių oro sąlygų informacinė sistema 67
3.2. Meteorologijos stočių duomenų analizė 71
3.3. Kelių oro sąlygų informacinės sistemos stotelių duomenų analizė 78
3.3.1. Kelių oro sąlygų informacinės sistemos 1999–2008 metų duomenų analizė 78
3.3.2. Kelių oro sąlygų informacinės sistemos duomenų peržiūrėjimo galimybės 87
3.4. Trečiojo skyriaus išvados 89

4. TYRIMO DUOMENŲ TEORINIS IR PRAKTINIS TAIKYMAS PROJEKTUOJANT, TIESIANT IR PRIŽIŪRINT LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIUS..... 91
4.1. Kelių oro sąlygų informacinės sistemos duomenų taikymo galimybės..... 91
4.1.1. Duomenų kaupimas 91
4.1.2. Kelių oro sąlygų informacinės sistemos duomenų bazės struktūra ... 94
4.2. Lietuvos teritorijos rajonavimas kelių projektavimo ir tiesimo požiūriu.....102
4.3. Lietuvos teritorijos rajonavimas kelių priežiūros požiūriu 104
4.4. Rajonavimo metodų įgyvendinimo galimybių tyrimai kelių tiesyboje.....110
4.5. Ketvirtojo skyriaus išvados 113

BENDROSIOS IŠVADOS 115

LITERATŪROS SĄRAŠAS 117

AUTORIAUS MOKSLINIŲ PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS 125

PRIEDAI (Elektroninėje laikmenoje) 127
A priedas. Klimato klasifikacija 129
B priedas. Klimatinio rajonavimo metodai 135
C priedas. Lietuvos Hidrometeorologijos tarnybos ir Kelių oro sąlygų informacinės sistemos duomenys 147
D priedas. Lietuvos teritorijos rajonavimas kelių tiesybos požiūriu 218

Contents

INTRODUCTION.....1
The investigated problem.....1
Importance of the thesis.....2
The object of research.....2
The goal of the thesis.....2
The tasks of the thesis.....3
Research methodology.....3
Importance of scientific novelty.....4
Practical significance of achieved results.....4
The defended statements.....4
Approval of the results.....5
Dissertation structure.....5

1. REVIEW OF RESEARCH OF THE CLIMATE OF LITHUANIA.....7
1.1. Review of research of the climate.....7
1.2. Factors and processes forming the climate of Lithuania.....12
1.2.1. Geographical location of Lithuania.....12
1.2.2. Local climatic factors.....17
1.2.3. Regime of weather analysis.....24
1.3. Review of the effect of climate on motor roads.....33
1.4. Conclusions for chapter 1 and allocating tasks for the dissertation.....39

2. THEORETICAL SUBSTANTIATION FOR THE CLIMATIC REGIONING OF LITHUANIA 41
2.1. Analysis of climatic regioning methods 41
2.2. Climatic regioning of the territory of Lithuania 48
2.3. Analysis of the effect of climatic factors on road construction 50
2.3.1. Evaluation of climatic factors in road design 50
2.3.2. Evaluation of climatic factors in road construction 55
2.3.3. Evaluation of climatic factors in road maintenance 56
2.4. Conclusions for chapter 2 60

3. RESEARCH IN THE SUBSTANTIATION OF THE TERRITORIAL REGIONING AND EVALUATION OF RESULTS 61
3.1. Research methods 61
3.1.1. Hydrometeorological stations 65
3.1.2. Road weather information system 67
3.2. Data analysis of meteorological stations 71
3.3. Data analysis of Road weather information system stations 78
3.3.1. Analysis of 1999–2008 data Road weather information system 78
3.3.2. Possibilities for Road weather information system data review 87
3.4. Conclusions for chapter 3 89

4. THEORETICAL AND PRACTICAL USE OF RESEARCH DATA FOR DESIGNING, CONSTRUCTING AND MAINTAINING ROADS IN LITHUANIA 91
4.1. Possibilities of practices of Road weather information system data 91
4.1.1. Data accumulation 91
4.1.2. Structure of Road weather information system database 94
4.2. Regioning of the territory of Lithuania from the point of view of road design and construction 102
4.3. Regioning of the territory of Lithuania from the point of view of road maintenance 104
4.4. Research of possibilities for the implementation of regioning methods in road construction 110
4.5. Conclusions for chapter 4 113

GENERAL CONCLUSIONS 115

REFERENCES 117

LIST OF THE AUTHOR'S SCIENTIFIC PUBLICATIONS ON THE TOPIC OF DISSERTATION 125

ANNEXES (IN ELECTRONIC MEDIUM)..... 127
Annex A. Climate classification..... 129
Annex B. Methods of climatic regioning 135
Annex C. Lithuanian Hydrometeorological service and Road weather information system data 147
Annex D. Regioning of the territory of Lithuania from the point of view of road construction 218

Įvadas

Tiriamoji problema

Lietuva priklauso šalims, kurios jaučia didelę klimato sąlygų įtaką kelių projektavimui, tiesimui, taisymui ir priežiūrai. Automobilių kelius, be transporto priemonių apkrovų, nuolat veikia daugybė klimato veiksnių. Tokios oro sąlygos, kaip oro temperatūros skirtumai vasarą ir žiemą, vėjas, sniegas, pūga su plikledžio apraiškomis, ne tik keičia kelio dangos būklę, bet ir neigiamai veikia automobilio darbą, vairuotojo būseną. Mūsų šalyje 3–4 mėnesius per metus oro temperatūra laikosi žemiau 0 °C. Ilgiausiai šis laikotarpis trunka Rytų Lietuvoje, o trumpiausiai – Pajūryje. Vidutiniškai jau lapkričio antroje pusėje susidaro pirmoji sniego danga ir išsilaiko iki kovo vidurio. Žiemą Lietuvoje dažni atlydžiai, temperatūra per parą svyruoja apie nulį, didelė lijundros, plikledžio, rūko tikimybė. Nepaisant didelės orų kaitos, pastebimi tam tikri dėsningumai, būdingi regionams. Pačius bendriausius Lietuvos klimato bruožus lemia vietos geografinė platuma, saulės radiacija, atmosferos cirkuliacija ir šių veiksnių sąveika su žemės paviršiumi. Iš vietinių geografinių sąlygų, formuojančių Lietuvos klimatą, reikšmingiausias yra žemynų, vandenyno ir jūrų pasiskirstymas (Bukantis 1994).

Visa Rytų Europos teritorija pagal hidroterminio režimo dėsningumus skirstoma į penkias kelių klimato zonas, Lietuvos teritorija priskirta antrai kelių klimatinei zonai, tačiau projektuojant, tiesiant ar prižiūrint kelius reikėtų atsižvelgti ne

tik į vidutinius visai Lietuvai klimato rodiklius, bet ir detaliai išnagrinėti artimiausių tam keliui meteorologinių stočių bei kelių oro sąlygų informacinės sistemos duomenis. Pagal būdingiausias oro sąlygų charakteristikas Lietuvos teritorija surajonuota į rajonus ir parajonių, šis klimatinis rajonavimas labiau geografinis. Šių rajonų nesieja vienas ar kitas klimatinis rodiklis, todėl bandymas Lietuvos teritoriją rajonuoti pagal klimatinius veiksnius kelių tiesybos požiūriu yra pageidautina.

Darbo aktualumas

Klimato, ar kitaip – orų sąlygų, prognozė – svarbi informacija daugelio šalių kelių organizacijoms, kelių priežiūros tarnyboms bei vartotojams (Snow and ice databook 2006).

Kelių tiesybai svarbūs klimatiniai rodikliai yra oro temperatūra ir jos perėjimų per 0 °C skaičius, grunto įšalo gylis, kritulių kiekis, jų intensyvumas, pūgų skaičius ir jų trukmė, duomenys apie lijundras.

Šis mokslinis darbas tiesiogiai susijęs su LHMT ir KOSIS fiksuojamais klimatiniais rodikliais.

Įvertinant visus klimato ypatumus, darbo problema išskiriama tokiais punktais:

- nustatyti, ar Lietuvos teritorijos klimato skirtumai turi įtakos kelių tiesimo, taisymo ir priežiūros darbams;
- ar Lietuvai pakanka šiuo metu įteisintos vienos klimatinės zonos.

Atsakius į šiuos klausimus, nustatyti klimatinių veiksnių pasiskirstymą Lietuvos teritorijoje ir pasiūlyti jos rajonavimą kelių projektavimo, tiesimo ir priežiūros požiūriu. Reikalingi išsamūs klimatinių sąlygų tyrimai bei nuoseklios pagal jų rezultatus atliekamos analizės ne tik visos šalies, bet ir atskirų regionų mastu. Būtina kompleksiškai įvertinti esamą situaciją nagrinėjamoje Lietuvos dalyje, tiksliai parodysiančią klimatinio rajonavimo teikiamą naudą.

Tyrimų objektas

Tyrimų objektas – klimatiniai veiksniai, darantys įtaką automobilių kelių tiesybai. Eksperimentinis objektas – KOSIS (1999–2008 m.) ir LHMT (1961–1990 m.) fiksuojami parametrai.

Darbo tikslas

Šio darbo mokslinis tikslas – Lietuvos Respublikos teritorijos klimatinis rajonavimas automobilių kelių tiesybos požiūriu.

Darbo uždaviniai

Darbo tikslui pasiekti darbe reikia spręsti šiuos uždavinius:

1. Išanalizuoti ir įvertinti užsienio šalių patirtį rajonuojant teritoriją kelių tiesybos požiūriu.
2. Atlikti Hidrometeorologijos tarnybos stočių ir KOSIS fiksuojamų duomenų parametrų analizę bei palyginimą.
3. Nustatyti didžiausius ir mažiausius įšalo gylius bei oro ir kelio dangos paviršiaus temperatūras.
4. Sudaryti įšalo gylių rajonus (žemėlapius) atsižvelgiant į įtakojančius veiksnius.
5. Sudaryti vėjų stiprumo ir krypties žemėlapius.
6. Sudaryti užšalimo ir atšilimo ciklų (perėjimų per 0 °C) žemėlapius, atsižvelgiant į įtakojančius veiksnius.
7. Nustatyti atskirų veiksnių (pūgų, sniego storio, lijundrų) įtaką kelių priežiūros organizavimui šaltuoju metu išvedant klimatinius koeficientus.
8. Įvertinus klimato veiksnius projektuojant, tiesiant ir prižiūrint kelius, pasiūlyti Lietuvos rajonavimo įgyvendinimo galimybes kelių tiesybos požiūriu.

Tyrimų metodika

Siekiant įgyvendinti darbo tikslą, taikyti tokie tyrimo metodai, kaip statistinė analizė (aprašomoji statistika), duomenų lyginimas, grupavimas, detalizavimas, apibendrinimas ir grafinis jų atvaizdavimas taikant paviršiaus interpoliavimo metodą – *krigingo* metodą.

Buvo atlikta Lietuvos ir kitose užsienio šalyse taikomų klimatinio rajonavimo metodikų analizė. Statistiniai ir lyginamosios analizės metodai taikyti analizuojant klimato veiksnių duomenis, gautus iš LHMT ir KOSIS. Išanalizuoti dau-

giamečiai (1961–1990 m.) LHMT ir 1999–2008 m. KOSIS stočių grunto įšalo, oro temperatūros, vėjo ir kt. duomenys.

Didžiuliam kiekiui duomenų apdoroti buvo pasirinkta duomenų bazių valdymo sistema *MS Access*. Meteorologinių stotelių duomenys papildyti stotelių koordinatėmis, perskaičiuotomis iš elipsoidinių į plokštumines, tokia informacija leido pažymėti stoteles geografinėse informacinėse sistemose (GIS) ir, pasitelkus AutoCad Civil 3D programą, kurti teminius Lietuvos žemėlapius.

Darbo mokslinis naujumas ir jo reikšmė

Pirmą kartą atliekamas rajonavimas kelių tiesybos požiūriu, pasitelkiant KOSIS fiksuojamų duomenų parametrus bei įvertinant svarbiausius veiksnius: įšalo gylį, oro temperatūrą, užšalimo ir atšilimo ciklus bei vėjo greitį ir kryptį.

Klimatinio rajonavimo požiūriu atskiras teritorijas galima charakterizuoti turint ne mažiau kaip 7 metų istorinius klimato rodiklius. KOSIS duomenis fiksuoja jau nuo 1999 m., tai klimatinį kelių rajonavimą pagal skirtingus klimato veiksnius daryti yra tikslinga ir galima gauti patikimus rezultatus.

Mokslo darbe atlikus klimatinių veiksnių analizę siūloma įvesti klimatinį koeficientą atskiroms zonoms, į kurį atsižvelgus būtų galima tikslinti darbų kiekius bei kelių tarnyboms skiriamas lėšas kelių priežiūrai žiemą. Šis koeficientas priklausytų nuo sniego dangos storio, dienų su lijundra ir pūgomis skaičiaus, pūgų trukmės. Be to, atsižvelgiant į šalčio poveikio pasiskirstymo zonų žemėlapį, siūloma tikslinti dangų konstrukcijos storio parinkimą.

Darbo rezultatų praktinė reikšmė

Šios disertacijos tema aktuali kelių organizacijoms ir tarnyboms bei komunalininkams praktiniu aspektu. Atlikta analizė ir gauti rezultatai padės lengviau spręsti kelių projektavimo, tiesimo, taisymo ir priežiūros klausimus Lietuvoje, įvertinant klimato veiksnių įtaką.

Ginamieji teiginiai

1. Lietuvos teritorijos klimato nevienalytiškumas vertinamas kelių tiesybos požiūriu.
2. Klimato veiksniai, turintys įtaką kelių projektavimui, tiesimui ir priežiūrai.

3. Turimi KOSIS duomenys papildo ir patikslina LHMT duomenis, be to KOSIS duomenų pagrindu sudaromas tikslesnis (įšalo gylio, dangos paviršiaus užšalimo/atšilimo ciklų, vėjo greičio ir krypties, oro temperatūros) rajonavimas, kuris palengvina kelius projektuojančių, tiesiančių, taisančių ir prižiūrinčių įmonių veiklą.
4. Lietuvos klimatinis rajonavimas pagal klimato parametrus, darančius įtaką kelių tiesybos procesams.
5. Siūloma įvesti klimatinį koeficientą, kurį taikant būtų galima vertinti priežiūros darbų kiekius ir tikslinti sąnaudas žiemą.

Darbo rezultatų aprobavimas

Disertacijos tema yra atspausdinti 7 straipsniai: du – mokslo žurnale, referuojamame Mokslinės informacijos instituto (ISI) duomenų bazėje, įtrauktame į Thomson ISI Web of Science sąrašą (Laurinavičius *at al.* 2007; Laurinavičius ir Juknevičiūtė 2008a), trys – konferencijų medžiagose, referuotose Thomson ISI Proceedings duomenų bazėje (Čygas *at al.* 2004, Laurinavičius *at al.* 2005; Laurinavičius ir Juknevičiūtė 2008b), vienas – recenzuojamame tarptautinių konferencijų leidinyje (Laurinavičius ir Juknevičiūtė 2008c) bei vienas – mokslo populiarinimo leidinyje (Laurinavičius *at al.* 2008). Disertacijos tema perskaityti 4 pranešimai Lietuvos bei kitų šalių konferencijose.

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

- VIII Tarptautinėje konferencijoje „*Modern Building Materials, Structures and Techniques*“ 2004 m. Vilniuje;
- VI Tarptautinėje konferencijoje „*Environmental Engineering*“ 2005 m. Vilniuje;
- VII Tarptautinėje konferencijoje „*Environmental Engineering*“ 2008 m. Vilniuje;
- Tarptautinėje konferencijoje „*Наука – образованию, производству, экономике*“ 2008 m., Minske, Baltarusijoje;
- XXVII Tarptautinėje Baltijos kelių konferencijoje, 2009 m., Rygoje, Latvijoje.

Disertacijos struktūra

Disertaciją sudaro įvadas, keturi skyriai ir rezultatų apibendrinimas. Taip pat yra keturi priedai.

Darbo apimtis yra 127 puslapiai, neskaitant priedų, tekste panaudotos 27 numeruotos formulės, 74 paveikslai ir 5 lentelės. Rašant disertaciją buvo panaudota 131 literatūros šaltinis.

1

Lietuvos klimato tyrimų apžvalga

Skyriuje analizuojami mokslininkų, kurių dėka vystėsi klimatologijos mokslas, atlikti tyrimai, susiję su klimatu, jo kaita bei klimatiniu rajonavimu. Taip pat apžvelgiamas Lietuvos klimatas ir jo veiksnių įtaka automobilių kelių tiesybai.

Skyriaus tematika paskelbti penki autoriaus straipsniai (Laurinavičius *et al.* 2007; Laurinavičius, Juknevičiūtė 2008a, Čygas *et al.* 2004, Laurinavičius *et al.* 2005; Laurinavičius, Juknevičiūtė 2008b).

1.1. Klimato tyrimų apžvalga

Klimatas – tai daugiametis orų režimas konkrečiame regione, šalyje. Ši sąvoka kilusi iš graikų žodžio *κλίμα*, ji vartojama ilgesnio laiko periodo orams apibendrinti. Vietovės klimatas dar gali būti apibūdinamas kaip jai būdingų meteorologinių reiškinių (Saulės radiacija (Saulės spinduliuotė), oro ir dirvožemio temperatūra bei drėgnumas, debesuotumas, atmosferos slėgis, vėjo greitis ir kryptis, kritulių kiekis, jų pobūdis ir pan.) ir rodiklių visuma arba kaip orų „vidurkis“. Klimatą, jo kaitą ir priežastis tyrinėja *klimatologija*.

Jau XVII a. antroje pusėje Galilėjui ir jo mokiniams išradus termometrą, barometrą bei lietmatį, atsirado galimybė atlikti instrumentinius stebėjimus.

Apie 1820 m. G. V. Brandes‘o (Vokietija) dėka atsirado pirmieji sinoptiniai žemėlapiai. 1849 m. Rusijoje (Sankt Peterburge) buvo įkurtas pirmasis pasaulyje mokslinis klimatologijos centras – Vyriausioji geofizikos observatorija. Vėliau ir kitose šalyse kūrėsi nacionaliniai meteorologijos centrai, kurie rūpinosi naujų meteorologijos stočių steigimu, stebėjimų ir duomenų apdorojimo metodika. Klimatinių žemėlapių pradininkas – vokiečių mokslininkas A. Humboltas (XIX a. pradžia). Berhausas 1845 m. sudarė pirmąjį pasaulio kritulių žemėlapį, W. Ferrelas (JAV) 1859 m. sukūrė bendrosios atmosferos cirkuliacijos teorijos pagrindus, pirmąją vėjų rožę 1870 m. sudarė L. Brault (Prancūzija). XIX a. pabaigoje kuriantis meteorologijos stotims ir kaupiantis informacijai apie klimatą, pasirodė pirmieji darbai, kuriuose pateikiamos klimato klasifikacijos (1872 m. Grizenbach‘o, 1874 m. A. de Candolle‘io, 1884 m. A. Supan‘o, 1892 m. Hult‘o, 1900 m. W. Köppen‘o). XIX a. pabaigoje išėjo dvi knygos: austrų meteorologo J. Hanno „Klimatologijos vadovas“ (1883) ir rusų klimatologo A. Vojeikovo „Žemės rutulio ir ypač Rusijos klimatai“ (1884). 1884 m. A. Vojeikovas ir W. Köppenas pasiūlė Žemės rutulį skirstyti temperatūros juostomis remiantis gamtiniais veiksniais – taip klimatologija žengė didelį žingsnį pirmyn (Bukantis 1994, Леонович 2005).

XX a. sudaromi pasaulio ir atskirų šalių klimato atlasai bei žinynai, kuriamos naujos klimato klasifikacijos, tobulinama meteorologinių duomenų apdorojimo metodika. Būdingiausi klimatiniai žemėlapiai: šviesos ir šilumos išteklių (Saulės radiacijos, oro ir dirvožemių temperatūrų), kritulių ir drėgmės (kritulių, sniego dangos storio, oro ir dirvožemio drėgnumo), vėjų ir nepalankių meteorologinių sąlygų (vėjų greičių ir krypčių, uraganų, sausrų, rūkų, pūgų, lijundrų). 1930–1936 m. W. Köppenas ir R. Geigeris parašė 5 tomų veikalą „Handbuch der Klimatologie“ („Klimatologijos vadovas“). W. Köppenas, kurdamas savo klasifikaciją, rėmėsi ne tik klimato rodikliais (temperatūros ir kritulių sezonine kaita), bet ir atsižvelgė į augalijos zoniškumą bei botaninių provincijų ribas. Savo klasifikaciją W. Köppenas tobulino 1900–1936 m., joje išskiriamos 5 klimato juostos ir 12 klimato tipų. Vėliau R. Geigeris šią klimato klasifikaciją patikslino ir papildė. Iki šių dienų W. Köppen‘o ir R. Geiger‘io klimato klasifikacijų laikoma viena tobuliausių. Ji tobulinama ir pildoma iki šių dienų. Mokslininkų M. Kottek‘o, J. Grieser‘io, C. Beck‘o, B. Rudolf‘o, F. Rubel‘io (World Map...2007) atnaujintas 2006 m. pasaulio žemėlapis pagal Köppen‘o ir Geiger‘io klimato klasifikaciją parodytas A priede.

Nuo 1960 m. ankstesni prognozavimo metodai, remiantis klimato veiksnių stebėjimais ir skaičiavimo metodais, visiškai pasikeitė, be to, mokslininkai ištyrė, kad, be orų prognozės, orų masės yra reikšmingos kitų klimato veiksnių ir procesų stebėjimams Žemės paviršiuje. Geografinį oro masių skirstymą į tipus naudojo Šveicarijos klimatologas D. H. Brunnschweiler ir rusų geografas bei klimatologas B. Alisovas (Хромов, Мамонтова 1974).

Senovės Graikijoje klimato sąvoka buvo vartojama pasauliui suskirstyti į *klimato zonas* ne tik pagal panašius orus, bet ir pagal atstumą nuo pusiaujo (platumas). Dabartiniai skirstymai pagrįsti *klimato regionais*, ypač remiantis temperatūros ir kritulių duomenimis, nes skirstymas vien pagal platumas neparemtas skirtingų reljefo formų (kalnų, kalnų grandinių, didelių ežerų, jūrų ir upių) įtaka klimatui.

Šiuo metu taikomi klimato klasifikavimo būdai skiriasi nedaug, tačiau dauguma jų grindžiami Köppen'o klimato klasifikacijos principu.

Paprastai klasifikuojama pagal šiuos kriterijus:

- Pagal platumas:
  - atogrąžų (tropinis) klimatas: karštas, be didelių oro temperatūros skirtumų tarp metų laikų; pusiaujo regionuose;
  - vidutinių platumų: vidutinės temperatūros, tradiciniai keturi metų laikai (pavasaris, vasara, ruduo, žiema);
  - poliarinis klimatas: šaltas, ilgos žiemos, ryškus sezoniškumas.
- Pagal temperatūrą ir kritulių kiekį bei periodiškumą.

Regionai taip pat skirstomi priklausomai nuo to, ar klimatas žemyninis (ryškus kontrastas tarp žiemos ir vasaros), ar jūrinis (dėl vandenynų temperatūra švelnesnė, tačiau būdingi drėgnesni orai nei žemyniniame).

Keturi metų laikai kaip sezonai (daugiausia pagal temperatūras) traktuojami tik vidutinėse platumose, kituose regionuose sezonai skirstomi pagal kritulius į sausąjį ir drėgnąjį.

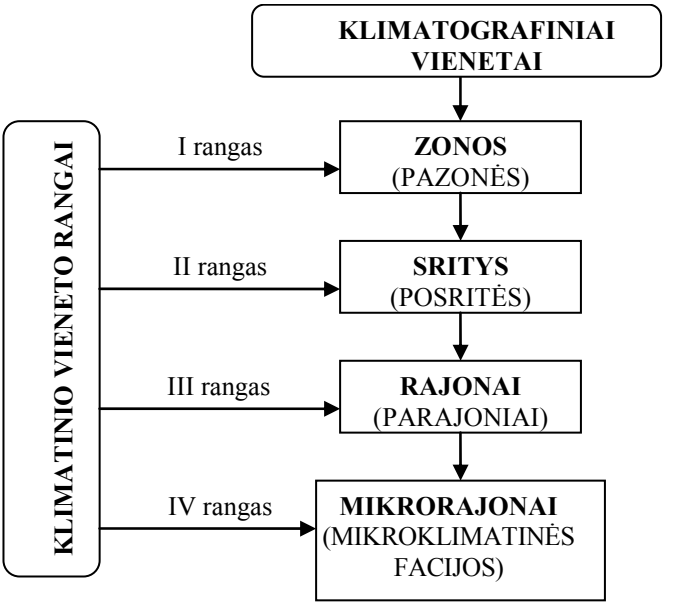
XX a. pabaigoje aktualiu uždaviniu tapo klimato monitoringas ir ypač žmogaus poveikio klimatui įvertinimas. Klimato sistemos reakcija į įvairių veiksnių (gamtinių ir antropogeninių) poveikį remiantis matematinės statistikos, termodinamikos ir hidrodinamikos dėsniais aprašoma šiuolaikiniuose trimačiuose globalinio ir regioninio klimato modeliuose (Bukantis 2007). Klimato modeliais tiriami klimato sistemoje vykstančių procesų sąveikos mechanizmai, geologinės praeities klimatas, apskaičiuojama klimato būklės keitimosi kryptis ir pobūdis bei pan.

Klimatą lemiančių veiksnių gali būti labai daug ir jų tarpusavio sąveika sudėtinga, todėl didesnių regionų ar globalinį klimatą tiksliai yra sunku prognozuoti.

Klimato klasifikacija – Žemės rutulio dalijimas į klimatografinius vienetus, turinčius panašių klimato elementų ir jų kompleksų savybių, siekiant išanalizuoti klimato susidarymą bei jo ryšį su landšafto elementais. *Klimato rajonavimas* – klimatografinių vienetų išskyrimas atsižvelgiant į taikomuosius poreikius.

Pasaulyje laikomasi įvairių klimatinio rajonavimo principų. Rajonuojama ne tik pagal atskirus meteorologinius elementus, bet ir pagal jų kompleksus. Kuriamos bendros teorinės klimatografinės schemos, taip pat atliekamas ir taikomojo pobūdžio klimatinis rajonavimas. Klasifikavimo ir rajonavimo metodikų yra labai daug, o dėl didžiulės žmogaus ūkinės veiklos sričių, veikiamų klimato, įvairovės ir dėl įvairaus klimato poveikio kitiems geografinės sferos komponentams negali būti bendros klimatinio rajonavimo schemos, kuri atitiktų įvairių veiklos šakų ir gamtos

mokslų sričių reikalavimus. Sprendžiant teorinius klimatologinius uždavinius, taikomas genetinis klimatinio rajonavimo principas, reikalaujantis daugiau ar mažiau klimato kilmės bendrumo. Remiantis tokiu rajonavimo principu išskiriamieji klimatografiniai vienetai pateikti 1.1 paveiksle.



1.1 pav. Genetinis klimatinio rajonavimo principas
Fig 1.1. Genetic principle of climatic regioning

Išskiriant smulkius vienetus – rajonus (ir parajonius) – pirmaeilę svarbą įgauna tokie paklotinio paviršiaus sandaros ypatumai, kaip stambių vandens telkinių kontinento viduje artumas, reljefo formų pobūdis ir ekspozicija, miškų masyvų ir bemiškių teritorijų kaita, paklotinio paviršiaus spalva bei drėgnumas. Jie sukelia vietinius radiacijos balanso (radiacinis balansas lygus sugertosios radiacijos ir efektyviojo žemės paviršiaus išspinduliavimo skirtumui) sudedamųjų dalių pokyčius ir atmosferos cirkuliacijos procesus, dažniausia apimančius tik atmosferos paribio sluoksnį. Išskiriant žemiausio rango klimatografinius vienetus – mikrorajonus (ir mikroklimatines facijas) – kriterijumi esti meteorologinių elementų skirtumai, susidarantys elementariuose paklotinio paviršiaus vienetuose ir pasireiškiantys tik pačioje susidarymo vietoje (Bukantis 1994).

Klimatinio vieneto rangas nėra tiksli teritorijos ploto funkcija. Rangas labiau priklauso nuo areale pasireiškiančių klimato veiksnių reikšmingumo, o tai savo ruožtu įvertinama pagal veiksnio suformuojamus meteorologinių elementų nuo-

krypius. Anot Bukančio (1994), daugelis klimato rajonavimo ir klasifikavimo schemų grindžiamos išskirtiniame areale vykstančių klimato reiškinių horizontalaus ir vertikalaus mastelio kriterijumi. Kadangi klimatinio vieneto rangas nėra tiksli jo ploto funkcija, todėl gretimų rangų ribos persidengia. Klimatografinių vienetų klasifikavimo eilė, sudaryta atsižvelgiant į šiuo metu pasaulyje nusistovėjusias pažiūras šiuo klausimu, pateikta A priede.

Klimatas apibūdinamas vidutinėmis daugiametėmis, ekstremaliomis bei tikimybinėmis klimato elementų ir jų kompleksų reikšmėmis: Saulės spinduliuotės, energijos balanso, atmosferos slėgio, debesuotumo, oro ir dirvožemio temperatūros bei drėgnumo, kritulių, sniego dangos, vėjo krypties ir greičio, atmosferos reiškinių (rūko, šalnų, pūgų, lijundrų ir kt.). Pasaulinė meteorologijos organizacija (toliau – PMO) (World Meteorological Organization...2007) rekomenduoja ne trumpesnio kaip 30 metų laikotarpio klimato normas. Klimato norma – vidutinė laikotarpio reikšmė, apskaičiuota iš vienarūšių, palyginti ilgo laikotarpio apimančio mažiausiai tris nuoseklius dešimtmečius, duomenų. Visose šalyse skaičiuojamos 1961–1990 m. vidutinis meteorologinių elementų reikšmės, kurias galima lyginti tarpusavyje.

Klimato rodikliai naudojami statistikai, tyrimams, siekiant suprasti ir modeliuoti klimatą.

Meteorologiniai matavimai Lietuvoje

Pirmųjų Lietuvoje veikusių meteorologijos stočių duomenys buvo naudojami tik teritorijos klimatui aprašyti, o XX a. daug svarbiau tapo praktiškai ir operatyviai naudoti meteorologinę informaciją, susijusią ir su padidėjusiu meteorologinių matavimų poreikiu. Meteorologinių matavimų tinklas nuolat kito: dalis matavimo punktų veikė tik epizodiškai, būta ir tokių, kuriuose matavimai truko vos kelerius metus, be to, keitėsi matavimų programos bei terminai. Pirmieji reguliarūs instrumentiniai meteorologiniai (oro temperatūra Farenheito laipsniais) matavimai Lietuvoje pradėti 1770 m. (duomenys išlikę nuo 1777 m.) Vilniaus universiteto Astronomijos observatorijoje, profesoriaus M. Počobuto (Vaitekūnas ir Valančienė 2004) iniciatyva, šiek tiek vėliau – vėjo krypties, kritulių (nuo 1887 m.) ir kitų rodiklių matavimai. Nuo 1892 m. sukuriamas meteorologinių matavimų tinklas. Šiuo laikotarpiu dabartinėje Lietuvos teritorijoje veikė 12 meteorologijos stočių, o nuo 1898 m. Lietuvos teritorijoje veikė 21 meteorologijos stotis. 1923 m. įkuriama Nacionalinės hidrometeorologijos tarnyba. Nuo 1944 m. Lietuvos hidrometeorologijos valdyba atsiskyrė nuo TSRS valstybinio hidrometeorologijos komiteto (Ščemeliovas 1970). Lietuvoje klimatiniai žemėlapiai sistemingai sudarinėjami nuo 1959 metų.

Šiandien vienam meteorologinių matavimų punktui tenka 973 km^2 (panašiai kaip XX a. 5-ojo dešimtmečio viduryje). Remiantis PMO rekomendacijomis, Lietuvoje turėtų veikti apie 650 kritulių matavimo punktų ir 26 meteorologijos

stotys. Tuomet vidutinis vieno matavimo punkto reprezentuojamas plotas būtų apie 96 km^2 (Informacija apie meteorologinių matavimų tinklą...2001). Lietuvos meteorologijos stočių tinklas yra rečiausias tarp Pabaltijo valstybių. Latvijoje veikia 22 meteorologijos stotys ir 60 postų (vienam punktui tenka 788 km^2), Estijoje meteorologiniai matavimai vykdomi 58 punktuose (vienam tenka 780 km^2).

Apie 200 metų kauptus duomenis apibendrino daug mokslininkų. Parašyta daug mokslinių darbų, knygų, kuriose aprašomi Lietuvos klimatą formuojantys veiksniai, gvildenami teritoriniai atskirų meteorologinių elementų ypatumai, klimato svyravimai. Yra išleisti ir iki šiol leidžiami pagrindinių meteorologinių elementų ir reiškinių Lietuvos klimato žinynai. Atlikta nemažai taikomojo pobūdžio profesoriaus A. Bukančio (išleista knyga „Lietuvos klimatas, 1994 m.), ir meteorologų E. Rimkaus (2007), J. Kažio (2006, 2007) ir kt. klimato tyrimų. Yra išleisti pagrindinių meteorologinių elementų ir reiškinių Lietuvos klimato žinynai. Atlikta nemažai taikomojo pobūdžio klimato tyrimų (daugiausia žemės ūkio darbams).

Vystantis ūkiui, atsirado būtinybė dar atidžiau tirti klimato procesus, todėl pradėjo intensyviai plėtotis daug taikomosios klimatologijos krypčių: aviacijos, medicininė, statybos, kelių ir kitos klimatologijos.

1.2. Lietuvos klimatą formuojantys veiksniai ir procesai

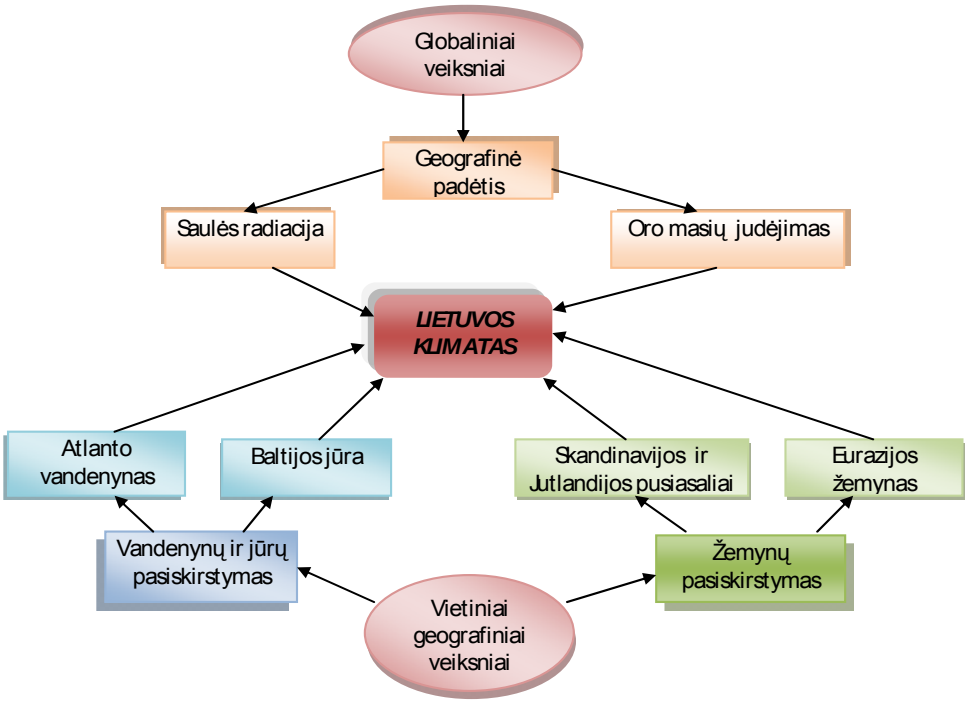
1.2.1. Geografinė Lietuvos padėtis

Lietuvos klimatui daugiausia įtakos turi geografinė teritorijos padėtis, Saulės radiacija, oro masių judėjimas, žemės paviršiaus formos.

Lietuvos klimatas formuojasi veikiant globaliniams klimatodaros (zoniniams) veiksniams bei vietinėms geografinėms sąlygoms (1.2 pav.).

Lietuva yra rytinėje Baltijos jūros pakrantėje, daugiau kaip už 1000 km nuo Atlanto vandenyno, Nemuno baseine, vidutinėje šiluminėje Šiaurės pusrutulio juostoje. Gamtiniu požiūriu Lietuva yra vakariniame Rytų Europos lygumos pakraštyje, o kartografiniu atžvilgiu – Vidurio Europos valstybė. Teritorijos nuotolis nuo pusiaujo ir Šiaurės ašigalio daugiausia lemia bendrosios Saulės radiacijos prietaką – per metus Lietuva jos gauna vidutiniškai 360 kJ/cm^2 (Bukantis 1994).

Pastoviausias Lietuvos klimatą formuojantis veiksnys yra ***Saulės radiacija*** (Saulės spinduliuotė), kurios gaunamas kiekis priklauso nuo geografinės platumos. Vienas kvadratinis metras Lietuvos žemės paviršiaus per metus gauna vidutiniškai 3560 MJ Saulės šilumos (du kartus daugiau negu Šiaurės ašigalyje, tačiau du kartus mažiau negu ties pusiauju).

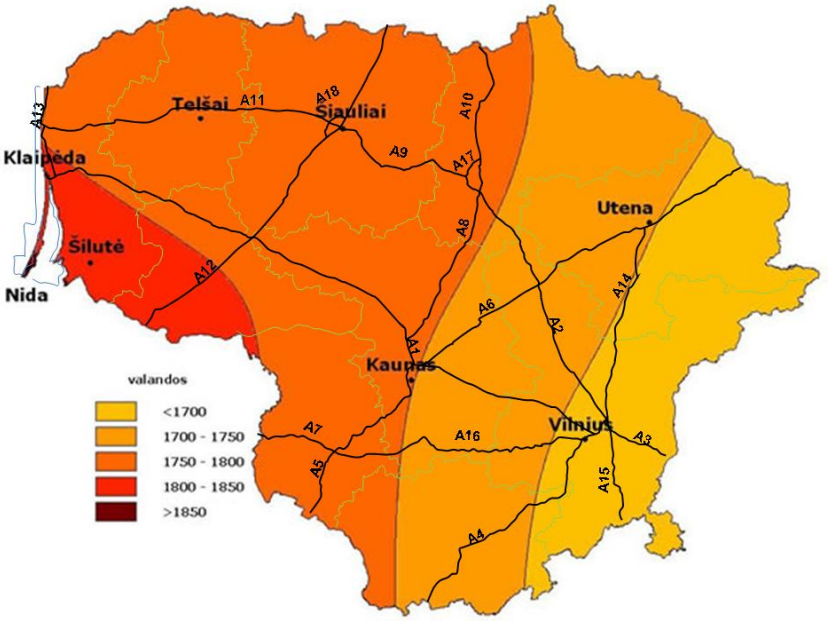


1.2 pav. Globaliniai ir vietiniai veiksniai, veikiantys Lietuvos klimatą
Fig. 1.2. Global and local factors affecting the climate of Lithuania

Įvairiose Lietuvos vietose į žemės paviršių patenka nevienodas Saulės radiacijos kiekis. Daugiausia jos gauna Kuršių nerija ir pietvakarinė Lietuvos dalis (apie 3690 MJ/m^2 per metus), mažiausiai (apie 3520 MJ/m^2 per metus) – Žemaičių aukštuma, šiaurinė Lietuvos dalis, Vilniaus apylinkės. Didesnioji Lietuvos dalis Saulės radiacijos per metus gauna 3570–3620 MJ/m^2 (1.3 pav.).

Daugiausia Saulės radiacijos (maždaug 50 % per metus gaunamo jos kiekio) žemės paviršius gauna vasarą. Rudens ir žiemos mėnesiais jos gaunama mažiausiai. Pagal gaunamą Saulės radiacijos kiekį Lietuvoje turėtų būti kur kas šalčiau, bet papildomos šilumos dar atneša oro masės.

Lietuvos klimatas priklauso ir nuo atmosferos cirkuliacijos: ciklonines ir anticiklonines darinių dažnumo, oro masių advekcijos (advekcija – oro masių pernaša horizontalia kryptimi) bei vertikalaus oro judėjimo. Lietuvos orus ir klimatą daugiausia lemia vidutinių platumų oro masės, ateinančios iš Atlanto vandenyno (jūrinis oras) ir Rytų Europos lygumos (žemyninis oras).



1.3 pav. Vidutinė metinė Saulės spindėjimo trukmė. Klimato norma, 1961–1990 m. (Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba...2009)
Fig. 1.3. Average annual sunshine duration. Climate norm, 1961–1990

Vidutinių platumų oro masės per metus vyrauja vidutiniškai 80 % (beveik po lygiai jūrinių ir žemyninių). Taigi antrasis globalinis veiksnys – tai vyraujanti *vakarinė oro masių pernaša vidutinėse platumose*. Jūrines vidutinių platumų oro mases į Lietuvą atneša ciklonai, o žemynines vidutinių platumų oro masės iš Rytų į Lietuvą dažniausiai atslenka su anticiklonais (Bukantis 1994, Vaitekūnas 1998).

Iš vietinių geografinių (azoninių) sąlygų, formuojančių Lietuvos klimatą, reikšmingiausias yra *žemynų, vandenyno ir jūros pasiskirstymas*. Nors Lietuva – pajūrio kraštas, tačiau klimatas nėra tipiškai jūrinis. Iš vakarų į rytus didėja klimato kontinentalumas: auga temperatūros ir paros amplitudė, oras sausėja, mažėja kritulių. Oro temperatūros kitimas iš vakarų į rytus – tai klimato meridianiškumo požymis. Šaltuoju metų laiku meridianiškumas ypač išauga, nes tuomet oro temperatūra labiau negu šiltuoju metų laiku priklauso nuo atmosferos cirkuliacijos, t.y. nuo to, kiek toli į kontinentą prasiskverbia šiltas ir drėgnas Atlanto oras. Svarbesniu vasaros klimato veiksniu tampa radiacinis žemės ir atmosferos įšilimas.

Baltijos jūros įtaka pasireiškia siaurame 30–100 km pločio kranto ruože: sumažėja metinė oro temperatūros amplitudė; žiemą padidėja žemutinis debesuo-

tumas, oro drėgnumas ir rūkų skaičius, vėliau susidaro sniego danga. Baltijos jūros pakrantėje vyksta svarbūs dinaminiai oro srauto pasikeitimai.

Lietuvos klimatą veikia jūrinės ir žemyninės oro masės, tad jis įvardijamas kaip vidutinių platumų pereinamojo iš jūrinio į žemyninį tipo klimatas.

Kartais į Lietuvos teritoriją įsiveržiantis arktinis ar subtropinis oras, sukelia temperatūros ir vėjų krypčių bei stiprumo svyravimus. Didžiausią poveikį oro temperatūrai ir jos pasiskirstymui Lietuvos teritorijoje turi Atlanto vandenynas ir atstumas nuo Baltijos jūros. Dėl šildančio jūros poveikio žiemos pajūryje šiltesnės, vėsesni pavasariai, ilgas ir šiltas ruduo.

Atslinkusios oro masės lemia skirtingus orus (1.1 lentelė).

1.1 lentelė. Lietuvos klimatą formuojančių oro masių savybės (Vaitekūnas ir Valančienė 2004)
Table 1.1. Properties of air masses forming the climate of Lithuania

Oro masė	Iš kur atslenka	Savybės, orai	Trukmė per metus
Arktinė jūrinė	Iš Arkties vandenyno	Šalta. Žiemą atneša didelių šalčių, sniego. Pavasarį ir rudenį lemia šalnas.	13 %
Arktinė žemyninė	Iš šiaurės rytų Europos	Sausa ir šalta. Atneša labai didelių šalčių. Šalies teritoriją dažniausia pasiekia žiemą.	5 %
Vidutinių platumų jūrinė	Iš šiaurės rytų Atlanto	Žiemą palyginti šilta ir drėgna. Lemia apsiniaukusius orus, sukelia atlydžių, atneša lietaus ir šlapdribos. Vasara drėgna, tačiau palyginti vėsi. Atneša daug lietaus, neretai sukelia audrų.	42 %
Vidutinių platumų žemyninė	Iš rytų Europos ir vakarų Azijos	Sausa. Žiemą atneša saulėtų orų ir šalčių, vasarą – karštų, saulėtų orų be kritulių.	38 %
Atogrąžų jūrinė	Iš vidurio Atlanto, Viduržemio jūros	Šilta ir drėgna. Žiemą sukelia staigių atšilimų.	0,5 %
Atogrąžų žemyninė	Iš šiaurės Afrikos, pietvakarių Azijos	Karšta ir sausa. Vasarą atneša smarkių karščių, rudenį – saulėtų, malonių ir šiltų orų („bobų vasara“).	1,5 %

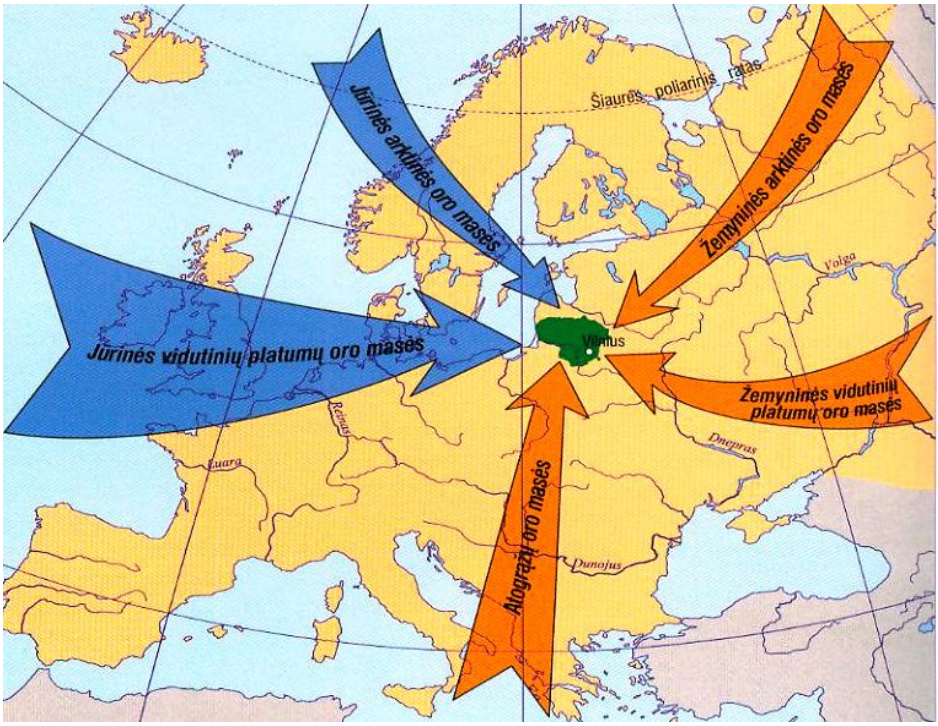
Atmosferos cirkuliaciją Lietuvoje formuoja šie pagrindiniai slėgio centrai:

- Šiaurės Atlanto (Islandijos) žemo slėgio sritis;

- Azorų aukšto slėgio sritis;
- Azijos (Sibiro) aukšto slėgio sritis.

Lietuvos teritoriją per metus ciklonai veikia vidutiniškai 221 dieną, o anticiklonai – 144 dienas.

Jūrines vidutinių platumų oro mases į Lietuvą atneša ciklonai – milžiniški oro sūkuriai, kurių centre yra žemas slėgis. Slinkdami iš vakarų į rytus, ciklonai perneša oro mases, sukelia orų permainas: keičiasi oro temperatūra, drėgnumas, didėja debesuotumas (1.4 pav.). Vasarą ciklonai atneša lietingus ir vėsius orus, o žiemą – kritulius ir teigiamą arba artimą nuliui temperatūrą. Ciklonams įsiveržus į Lietuvą iš Arkties vandenyno, oras atšąla, ima pūsti žvarbūs vėjai.



1.4 pav. Į Lietuvą atslenkančių oro masių schema (Žemė. Geografijos atlasas 2007)
Fig. 1.4. The scheme of air masses drifting to Lithuania

Žemyninės vidutinių platumų oro masės iš Rytų Europos lygumos į Lietuvą dažniausiai atslenka su anticiklonais – aukštesnio slėgio oro masių sūkuriais. Vasarą anticiklonai atneša giedrą, sausą, šiltą, kartais net karštą orą, o žiemą – šaltą ir sausą (Vaitekūnas ir Valančienė 2004).

1.2.2. Vietiniai klimato veiksniai

Lietuvos klimatui taip pat turi įtakos vietiniai klimato veiksniai, formuojantys mezo- ir mikromasto vietinių klimato elementų kitimus bei jų teritorinį pasiskirstymą. Pagrindiniai vietiniai klimato veiksniai yra šie: *reljefo formos, teritorinis vidaus vandenų pasiskirstymas, gruntai ir dirvožemiai, augalija ir kiti.*

Mikroklimatiniai teritorijos ypatumai formuojasi veikiami vieno arba dviejų vyraujančių vietinių veiksnių. Remdamasis šia aplinkybe, K. Kaušyla (Bukantis 1994) sudarė Lietuvos rajonavimo schemą pagal vyraujantį mikroklimatinį faktorių. Nustatyta, jog 39 % teritorijos pagrindinis veiksnys yra dirvožemis ir hidrogeologinės sąlygos, 24 % – reljefas ir tik 10 % – miškas. 27 % teritorijos mikroklimatinių skirtumų atsiranda dėl dviejų priežasčių (18 % – dėl reljefo ir dirvožemio, 9 % – dėl miško ir dirvožemio). Ežerų įtaka jaučiama 10 % teritorijos, bet nė viename regione ji nėra svarbiausia.

Klimato veiksnio priklausymas globalinių ir vietinių veiksnių kategorijai dar nerodo jo reikšmingumo. Dažnai dėl vietinių geografinių sąlygų atsirandantys klimato skirtumai būna ryškesni už formuojamus globalinių veiksnių. Toliau kiekvienas klimato veiksnys analizuojamas plačiau.

Lietuvos reljefas

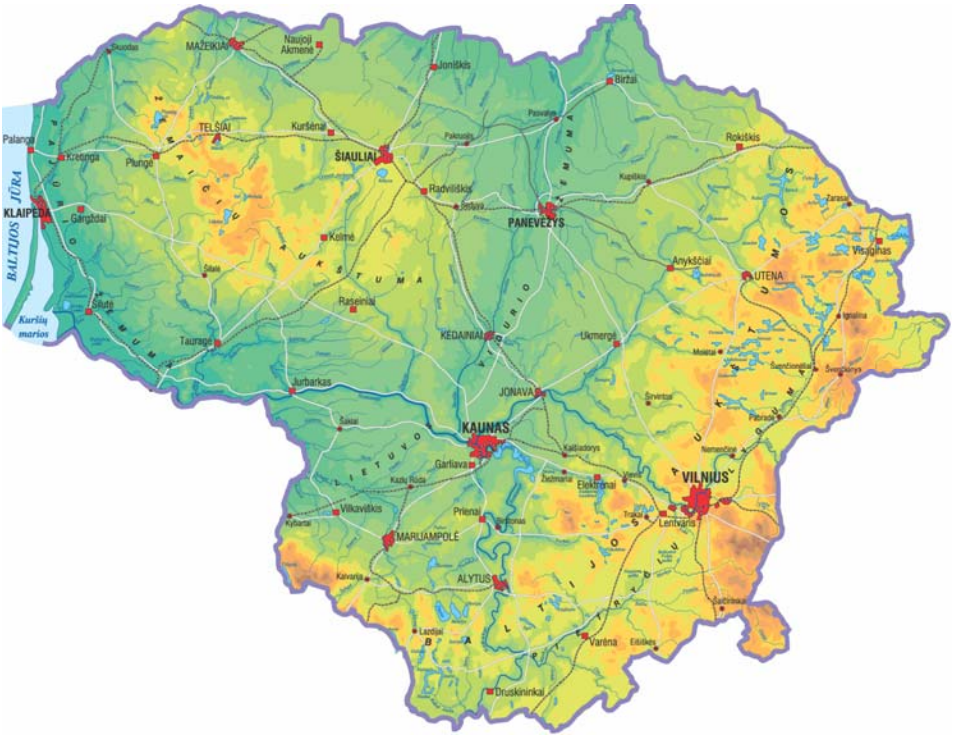
Lietuvos, kaip ir visos Baltijos regiono rytinės dalies, reljefui būdinga meridianinės arba submeridianinės krypties žemumų ir aukštumų kaita.

Baltijos pajūriu tęsiasi siaura Pajūrio žemuma (1.5 pav.), kuri Nemuno slėniu susisiekia su didžiausia šalyje Vidurio žemuma (50–80 m absoliutinio aukščio). Į šiaurės vakarus nuo jos yra Ventos vidurupio žemuma.

Lietuvos ir Baltarusijos pasieniu tęsiasi Pietryčių lyguma. Beveik du trečdaliai šalies teritorijos yra žemumos, likusi dalis – aukštumos. Į rytus nuo Pajūrio žemumos yra Žemaičių aukštuma, iškylanti vidutiniškai iki 150–200 m aukščio, o rytinėje ir pietinėje Lietuvos dalyse puslankiu iš šiaurės rytų į pietvakarius nutįsusios Baltijos (Pietryčių) aukštumos: Aukštaičių, Dzūkų ir Sūduvos. Prie Aukštaičių aukštumos iš pietryčių šliejasi Švenčionių aukštuma, o iš Baltarusijos teritorijos į Lietuvą įsiterpia Ašmenos aukštuma (Vaitekūnas 1998).

Klimatiniu požiūriu svarbiausi reljefo parametrai yra *absoliutinis ir santykinis vietovės aukštis*, kalvų išsidėstymo orientacija. Reljefo formas, kartu su augalijos danga ir vandens objektais, paliečia visus šilumos, drėgmės ir masės apykaitos procesus požemio ore: skirtingai sugeria ir atspindi Saulės radiaciją, deformuoja oro srautą, perskirsto vandens balanso sudedamąsias dalis. *Aukštumos išsiskiria* žemesnėmis vidutinėmis temperatūromis (0,2–0,5 ^{o}C), didesniu kritulių kiekiu priešvėjinėje pusėje, mažesniu debesų apatinės ribos aukščiu, daž-

nesniais rūkais, intensyvesne konvekcija. Didelиuose miškų masyvuose 10 % mažesnis albedas, o radiacijos balansas padidėja 20 %. Tai paklotinio paviršiaus įtakos pasireiškimas mezoklimatiniu aspektu.



1.5 pav. Lietuvos reljefas (Lietuvos reljefas...2009)
Fig. 1.5. Relief of Lithuania

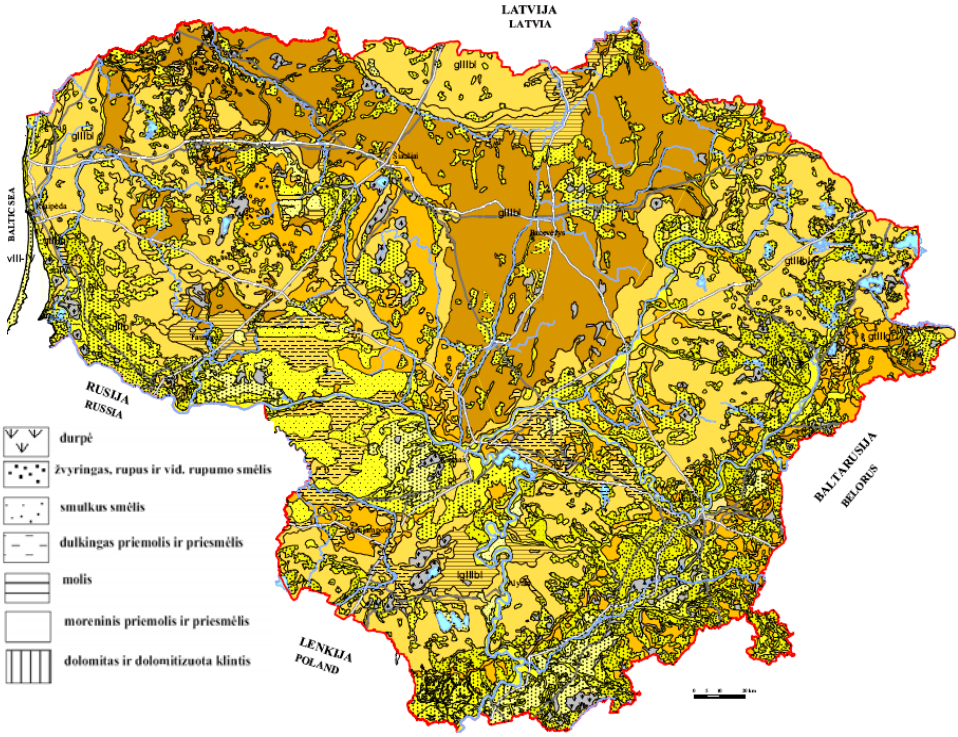
Aukštumos taip pat turi įtakos Baltijos jūros klimatinio poveikio plitimui gilyn į sausumą. Žemaičių, Suvalkų aukštumos, esančios arčiausiai jūros, yra kliūtis minėtam poveikiui tiek vasarą, tiek žiemą. Vykstant jūrinio oro advekcijai, aukštumos skatina turbulentinį oro maišymąsi ir greitina terminę požemio oro transformaciją, todėl apytikrė Baltijos jūros mezoklimatinės įtakos riba eina vakariniais Žemaičių ir Suvalkų aukštumų šlaitais, o tarp jų plytinčias Karšuvos ir Šešupės žemumas juosia iš rytų. Tai patvirtina ir įvairių klimato parametrų teritorinis pasiskirstymas (Bukantis 1994).

Lietuvos reljefas, kuris savaip lemia vėjus, oro temperatūrą, kritulių kiekį, turi įtakos Lietuvos klimatiniam rajonavimui.

Lietuvos gruntai

Maždaug prieš 10–13 tūkstančių metų pasibaigus paskutiniam (Valdajaus) ledynui, pradėjo formuotis dauguma dirvožemių/gruntų. Tik Lietuvos pietrytinėje dalyje yra daug senesnių, paskutinio apledėjimo nepaveiktų dirvožemių (Vaitekūnas 1998). Iš dirvodarinių uolienų susidariusi mineralinė dirvožemio dalis labai skirtinga – yra skiriami molio, priemolio, priesmėlio ir smėlio gruntai.

Didžiausią (56 %) Lietuvos teritorijos dalį sudaro moreninės nuogulos (1.6 pav. ir A priedas). Pagal mechaninę sudėtį – tai lengvi ir vidutinio sunkumo priemoliai. Vidurio žemumoje, rečiau kitose vietose, gruntai daugiausia susidarė iš moreninių priesmėlių. Šių nuogulų vidutinis storis yra 8,6 m. Limnoglacialinės nuogulos susiklostė prieledyniniuose patvenktinuose ežeruose ir sudaro apie 18 % teritorijos. Didžiausi jų plotai yra pietinėje, pietvakarinėje, centrinėje ir šiaurinėje Lietuvos dalyse (apie Šakius, Jurbarką, Joniškėlį, Pasvalį, Kaišiadoris).



1.6 pav. Lietuvos inžinerinis geologinis žemėlapis (Lietuvos žemės gelmių raida ir ištekliai 2004)

Fig. 1.6. Engineer-geological map of Lithuania

Tai įvairaus sunkumo priemoliai ir moliai, rečiau priesmėliai, smėliai. Dažnai plonas limnoglacialinių nuogulų sluoksnis dengia moreną, o tarpe tarp jų slūgso smėlingas ar žvyringas sluoksnis. Šių nuogulų storis kinta nuo 2 iki 18 m, o vidutiniškai sudaro 3–7 m. Aukštesnėse reljefo vietose, daugiausia Baltijos aukštumose, paplitę labai sunkūs limnoglacialiniai moliai, kurių nemaži plotai yra Utenos, Ignalinos, Telšių ir Zarasų rajonuose.

Tekantis ledynų tirpsmo vanduo suklostė fliuvioglacialines nuogulas, iš šių uolienų susidarę gruntai užima 14 % Lietuvos teritorijos. Daugiausia jų yra Pietryčių smėlėtoje lygumoje ir Baltijos aukštumose, Molėtų, Vilniaus, Trakų ir kitose apylinkėse. Žemaičių aukštumoje ir Vidurio žemumoje šių uolienų yra mažiau. Šios nuogulos – tai smėliai ir žvyras, rečiau priesmėliai. Lietuvoje yra nemažai plotų, kuriuose moreną dengia plonas būtent šių nuogulų sluoksnis (Pranaitis ir Sidauga 1979). Šių nuogulų storis yra labai įvairus ir kinta nuo 1–10 iki 30–40 m. Kai kuriose Lietuvos teritorijos vietose taip pat paplitusios aliuvinės, deliuvinės ir organogeninės nuogulos. Lietuvos teritorijoje išskirta 30 inžinerinių geologinių rajonų su tipiniais inžineriniais geologiniais pjūviais. Pagal inžinerinių geologinių sąlygų sudėtingumą, juose paplitusias įvairias inžinerines geologines gruntų grupes ir fizikines bei mechanines savybes Lietuvoje galima išskirti šešias inžinerinių geologinių rajonų grupes. Rajonai, kurių inžinerinės geologinės sąlygos palankiausios masinei statybai, išsidėstę pietrytinėje ir vidurio Lietuvos dalyje. Silpniausi ir blogiausios kokybės (dėl karstinių procesų ir reiškinių paplitimo) gruntai paplitę Šiaurytinėje Lietuvos teritorijos dalyje (apie Biržus) (Lietuvos inžinerinio geologinio žemėlapio įskaitmeninimas...1997).

Lietuvos hidrologija

Paviršiniai vandenys ir jų ištekliai. Lietuvos teritorija, esanti didesnio drėgnumo zonoje, pasižymi tankiu ir labai sudėtingu hidrografiniu tinklu (A priedas). Lietuvoje kritulių kiekis gerokai viršija išgarinamą drėgmės kiekį. Vidutinis upių tinklo tankumas, įskaitant ir dirbtines vandens tėkmes, lygus 0,99 km/km^2. Lietuvos Vidurio žemumoje, padengtoje vandeniui nepralaidžiais priemolio gruntais, upių tinklo tankumas padidėja iki 1,45 km/km^2, o Pietryčių smėlėtoje lygumoje, kurioje kritulių vandenys lengvai susigeria į podirvį, upių tinklo tankumas sumažėja iki 0,45 km/km^2. Respublikos vandens baseiną apibūdina tokie rodikliai: krituliai, išgaravimas, nuotėkis, nuotėkio koeficientas. Vidutiniai metiniai vandens ištekliai yra 26,1 km^3, iš kurių 15,3 km^3 – nuotėkis iš respublikos teritorijos ir 10,8 m^3 – tranzitinis nuotėkis. Dėl nevienodo vidutinio metinio kritulių kiekio bei skirtingo išgaravimo atskiruose Lietuvos regionuose susidaro dideli daugiamečio nuotėkio skirtumai.

Lietuvos upės nėra vandeningos, jas maitina tirpstančio sniego, lietaus ir gruntiniai vandenys. Vakarų Lietuvos upes daugiausia papildo lietaus vandenys, Pietryčių Lietuvos – gruntiniai, Vidurio Lietuvos – lietaus ir sniego vandenys,

todėl šios upės vasarą pastebimai nusenka, o žiemą iššąla. Daugumai Lietuvos upių būdingi dideli pavasariniai potvyniai bei gruntinių vandenų palaikomi žemi vasaros ir žiemos lygiai. Po liūčių pasitaikantys poplūdžiai paprastai neviršija pavasarinio potvynio lygio, išskyrus šalies vakarinės dalies upes, kurioms būdingi poplūdžiai su staigiais vandens lygio pakilimais ištisus metus, o rudens ir žiemos poplūdžiai gali būti didesni už pavasarinius. Rytų Lietuvos upėms būdingi mažesni pavasariniai potvyniai, nedideli vasaros poplūdžiai ir vandeningesnis žemiausias lygis (Ežerų maitinimas ir vandens apytaka...2008).

Ežerai sudaro 1,5 % visos šalies teritorijos. Ežerai pasiskirstę labai nevienodai. Dauguma jų susitelkę kalvotame moreniniame Baltijos kalvyne, ypač Aukštaičių aukštumoje. Ežeringiausias yra Žeimenos baseinas, palyginti mažai ežeringa yra Žemaičių aukštuma, o kai kurios Vidurio žemumos ir Ašmenos aukštumos dalys yra visai be ežerų (Vandens išteklių ataskaitos...2008).

Ežerus maitina upės, požemio ir paviršiaus nuotėkio vandenys bei krituliai, bet kartu šie ežerai reguliuoja ir per juos tekančių upių nuotėkį. Lietuvos ežerai su upėmis sudaro sudėtingą vidaus vandenų tinklą. Dauguma didesniųjų Lietuvos ežerų yra pratakieji. Vandens apytaka juose vyksta intensyviausiai, jiems būdingi gana dideli sezoniniai vandens lygio svyravimai, susiję su pavasariniais upių potvyniais.

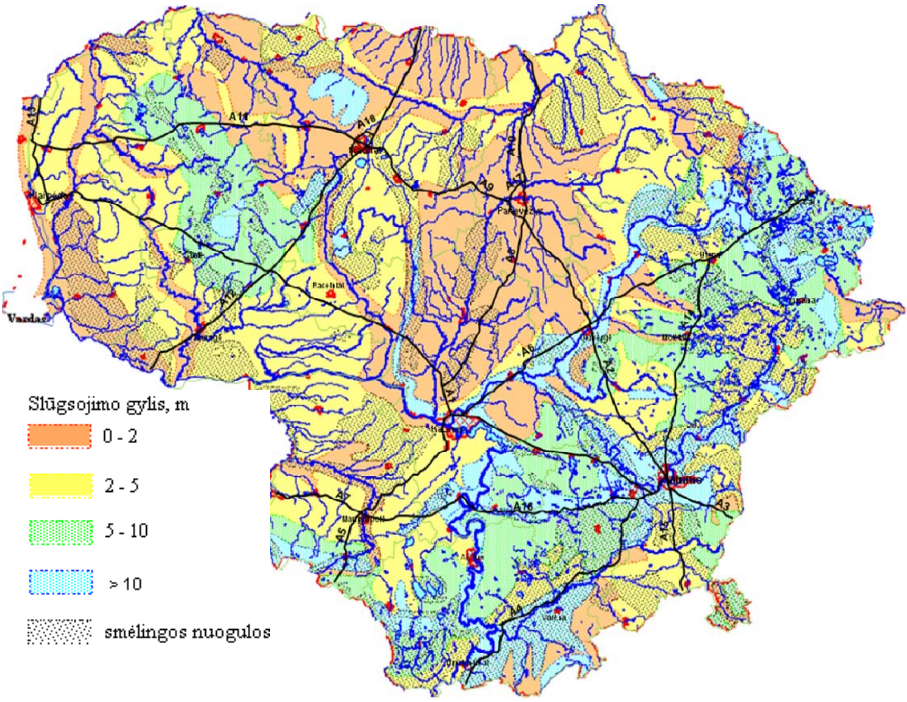
Gruntiniai vandenys. Gruntiniais vandenimis yra vadinami požeminiai vandenys, susikaupę žemiau dirvožemio vandenų, virš pirmojo vandeniui nelaidaus uolienų sluoksnio. Nors Lietuvoje jie slūgso palyginti negiliai, vidutiniškai nuo 3 iki 10 m, tačiau aukštesnėse vietose gruntiniai vandenys gali būti susikaupę ir giliau – 20–30 m gylyje.

Lietuvos teritorija pagal gruntinių vandenų zonas priklauso aukštų šiaurės gruntinių vandenų zonai. Pagal formavimosi sąlygas gruntiniai vandenys priskiriami išplovimo gruntinių vandenų tipui ir dažniausiai maitinami, infiltruojantis kritulių, sniego tirpsmo vandenims (Pranaitis ir Sidauga 1979).

Gruntinio vandens režimui turi įtakos tokie gamtiniai veiksniai, kaip geologinė rajono sandara, geomorfologinė padėtis, klimatinės, hidrologinės sąlygos ir kt. Pagal gamtinius veiksnius ir sąlygas, turinčius įtakos šiam režimui, yra sudarytas Lietuvos teritorijos rajonavimas (1.7 pav.) (Požeminio vandens monitoringas Lietuvoje (1946–1996)...1996).

Pagal gruntinio vandens mitybos atmosferos krituliais pobūdį ir trukmę Lietuvos teritorijoje išskirtos dvi labai skirtingos provincijos: ištisinės metinės mitybos, apimanti tik siaurą Pajūrio žemumos juostą, ir sezoninės – likusi teritorijos dalis.

Gamtiniai sezoniniai gruntinio vandens lygio svyravimai Lietuvos teritorijoje yra tokie: Pajūrio žemumoje išskiriamos dvi sezoninių lygio svyravimų fazės: rudens – žiemos – pavasario lygio kilimo ir vasaros sezono – žemėjimo. Sezoninės mitybos provincijoje, vandeniui slūgstant iki 5 metrų gylyje, išskiriamos keturios sezoninių lygio svyravimų fazės.



1.7 pav. Gruntinio vandens slūgsojimo gyliai
Fig. 1.7. Ground water laying depths

Žemiausiai vanduo būna žiemą, o aukščiausiai – pavasarį. Po aukščiausių lygių pavasarį eina lėtas vasaros – rudens sezono lygių žemėjimas, po kurio vyksta nedidelis lygio kilimas rudens – žiemos sezone. Kai vanduo yra giliau nei 5 metrai, išskiriamos tik dvi jo lygio svyravimų fazės: kilimas pavasarį ir po jo einantis tolydus lygio žemėjimas.

Sezonines, metines ir daugiametes gruntinio vandens lygio svyravimų amplitudes lemia aeracijos zonos storis, litologinė vandeningųjų uolienų sudėtis bei ryšys su paviršiniu vandens telkiniu. Kai aeracijos zonos sudėtis tokia pati, lygių svyravimus lemia infiltracinės mitybos režimas, o slūgstant vandeniui tame pačiame gylyje – aeracijos zonos ir litologinė vandeningųjų uolienų sudėtis. Pagal tai išskirti du hidrogeologiniai rajonai – smėlingų ir molingų darinių. Daugiametė amplitudė (tarp ekstremalių daugiamečių lygių) svyruoja 3–8 metrus (Požeminio vandens monitoringas Lietuvoje (1946–1996)...1996).

Valstybinio monitoringo duomenys rodo (Lietuvos požeminės hidrosferos monitoringas1995–2008), kad būdingiausias ilgamečio gruntinio vandens lygio svyravimų ciklas yra maždaug 30 metų, jo trukmė, didėjant gruntinio vandens slūgsojimo gyliui, taip pat ilgėja. Ciklą sudaro dvi vandens lygio kitimo fazės: kilimo (maždaug iki 1981–1984 m.) ir lygio žemėjimo. Ši fazė didesnėje Lietuvos teritorijos dalyje tebetrunka. Nustatyta, kad, didėjant gruntinio vandens slūgsojimo gyliui, gruntinio vandens lygio žemėjimo fazė pailgėja dvejais–ketveriais metais. Minimalus metinis gruntinio vandens lygis (giliausias) daugumoje postų nustatytas 1969 m. (ciklo pradžia), o maksimalus, kai vanduo slūgsojo arčiausiai žemės paviršiaus, 1981–1982 m. Praktiškai nuo 1981–1982 m. gruntinio vandens paviršius žemėja, t. y. turime daugiametę lygio žemėjimo fazę. Vidutinė vandens paviršiaus lygio kilimo fazės trukmė šalyje – 12–15 metų, o vandens paviršiaus žemėjimo fazė trunka ilgiau, kai kuriuose rajonuose net iki 22 metų.

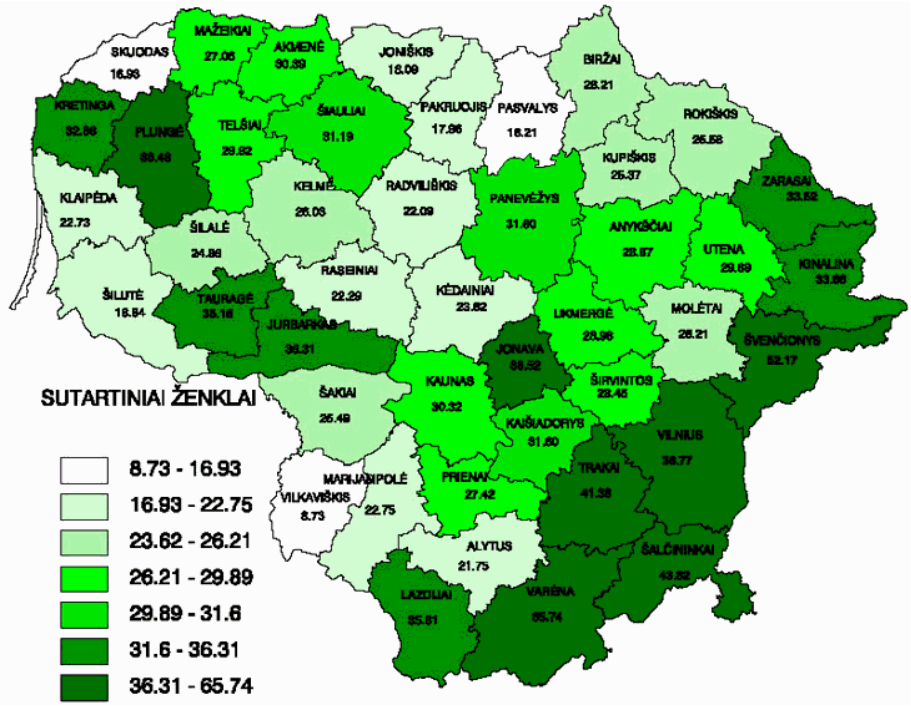
Rajonuose, kuriuose aeracijos zonos storis neviršija dviejų metrų, lygio žemėjimo fazė baigėsi 1996–1997 m. Kai aeracijos zonos storis didesnis nei 5 m, lygio žemėjimo fazė dar nesibaigė. Esant 30 metų ciklui, kartu reiškiasi trumpesni ketverių–penkerių, septynerių metų svyravimo periodai ir išsiskiria vandeningų ir nevandeningų metų laikotarpiai.

Iš ilgamečių gruntinio vandens lygio svyravimų išsiskiria trys būdingi gruntinio vandens lygio svyravimų laikotarpiai: 1963–1977 metų, 1977–1995 metų ir nuo 1995 metų. Pirmasis (1963–1977 metų) ir trečiasis (nuo 1995 metų) laikotarpiai apibūdinami kaip nevandeningi, nes to meto vidutinis metinis gruntinio vandens lygis yra žemesnis už daugiametį. Nuo 1977 iki 1994–1995 metų vidutinis metinis lygis yra aukštesnis už daugiametį ir todėl laikotarpis apibūdinamas kaip vandeningas (Lietuvos požeminės hidrosferos monitoringas 1995–2008).

Lietuvos augalija (miškai)

Lietuvos miškai užima beveik trečdalį (apie 31 %) viso šalies ploto, arba apie 2,13 mln. ha. Pagal K. Kaušylos (Bukantis 1994) Lietuvos rajonavimo schemą miškai Lietuvos teritorijos mikroklimatą formuoja 10 %. Šalies miškų įvairovę lemia ne tik žmonių ūkinė veikla, bet ir gamtiniai veiksniai – reljefas, klimatas, dirvožemiai ir kt.

Miškingiausi plotai yra Lietuvos pietryčiuose bei Kretingos ir Plungės rajonuose (36,31–65,74 %) (1.8 pav.). Mažiausi miškų plotai yra Skuodo (16,93 %), Pasvalio (16,21 %) ir Vilkaviškio (8,73 %) rajonuose. Miškinguose rajonuose gruntas įšąla ne taip giliai kaip atvirose vietose.



1.8 pav. Lietuvos administracinių rajonų miškingumas (%) (FAO projektas...1998)
Fig. 1.8. Woodedness (%) of administrative regions of Lithuania

1.2.3. Orų režimo analizė

Kadangi klimatas apibūdinamas kaip daugiametis orų režimas konkrečiame regione, šalyje ar vietovėje, tai pagrindiniai veiksniai, apibūdinantys orų režimą, yra oro ir dirvos temperatūra, krituliai, vėjas, rūkas ir kt.

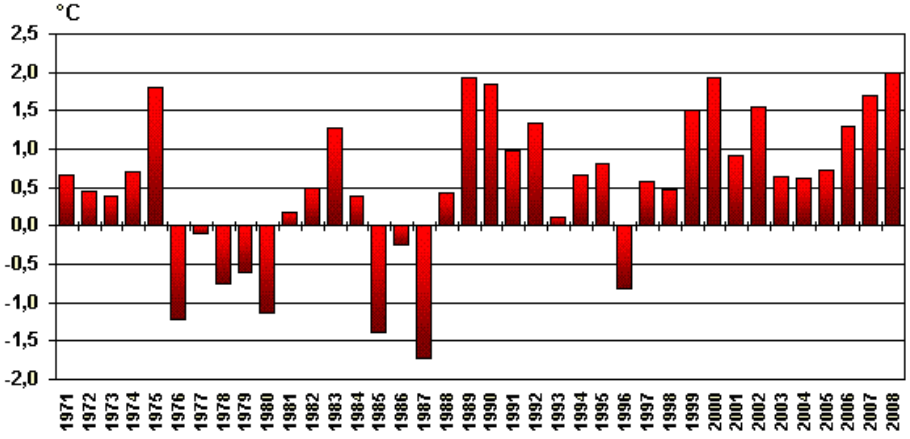
Oro temperatūra labiausiai priklauso nuo Saulės radiacijos kiekio. Beveik visa Lietuvos teritorija gauna vienodą jos kiekį (tarp šiaurines ir pietines dalies yra tik apie 170 MJ/m^2 skirtumas), tačiau temperatūros skiriasi gana ryškiai. Tai priklauso ir nuo kitų veiksnių: vietovės aukščio virš jūros lygio, geografinės padėties, nevienodai įšylančios ir atvėstančios jūros ir sausumos. Didžiausią poveikį oro temperatūrai ir jos pasiskirstymui teritorijoje turi Atlanto vandenynas ir atstumas nuo jūros. Šildantis Baltijos jūros poveikis itin ryškus rudenį ir žiemą pajūryje iki Žemaičių aukštumos.

Vasaros ir žiemos (liepos ir sausio mėnesių) temperatūros skirtumai ne tokie ryškūs pajūryje, ryškesni – rytuose. Rytų Lietuvos klimatas labiau žemy-

ninis: vasaros karštesnės, žiemos šaltesnės. Šalčiausia būna Rytų Lietuvos aukštumų daubose, o karščiausia – smėlėtojoje Pietryčių Lietuvoje (Lietuvos klimatas... 2009). Vidutinė daugiametė (1778–2000 m.) oro temperatūra Lietuvoje lygi 6,2 ºC (Lietuvos požeminės hidrosferos monitoringas 2006). Vidutinis temperatūros skirtumas tarp šilčiausio liepos ir šalčiausio sausio mėnesių siekia 21,8 ºC. Karštos dienos, kai temperatūra pakyla daugiau nei 25 °C, galimos nuo balandžio iki rugsėjo mėnesio, tačiau didžiausia jų tikimybė – liepos mėnesį. Pajūrio ruože tokių karštų dienų per metus būna 11–12, o tolstant į rytus ir klimatui tampant labiau žemyniniam, jų skaičius didėja: Žemaičių aukštumoje siekia 20, likusioje teritorijoje – 25–29. Daugiausia karštų dienų (30) užregistruojama Varėnos meteorologijos stotyje. Karštomis dienomis būna mažas santykinis oro drėgnumas (20–50 %), dažniausiai pučia silpnas, iki 6 m/s, pietryčių ir pietų vėjas. Žemiausiai oro temperatūra nukrinta saulei tekant, o aukščiausiai pakyla 14–16 val. Saulei patekėjus temperatūra greitai kyla, bet likus iki temperatūros maksimumo 3–4 val. kilimas sulėtėja. Pasiekusi aukščiausią tašką, temperatūra 2–3 val. krinta lėtai, paskui intensyviai naktį, artėjant temperatūros minimumui, kritimas vėl sulėtėja (Klimato žinynas. Vėjas...1996).

Jau dešimtmetį (1.9 pav.) oro temperatūra keletą laipsnių (nuo 0,5 iki 2,0 °C) aukštesnė negu norminė (1961–1990 m.).

Šalčiausia: sausio mėnesio rekordas –40,5 °C 1940-01-17 Varėnoje; absoliutus šalčio rekordas –42,9 °C 1956-02-01 Utenoje. Karščiausia buvo +37 °C 1959 m. Varėnoje; +37,5 °C – Zarasuose.



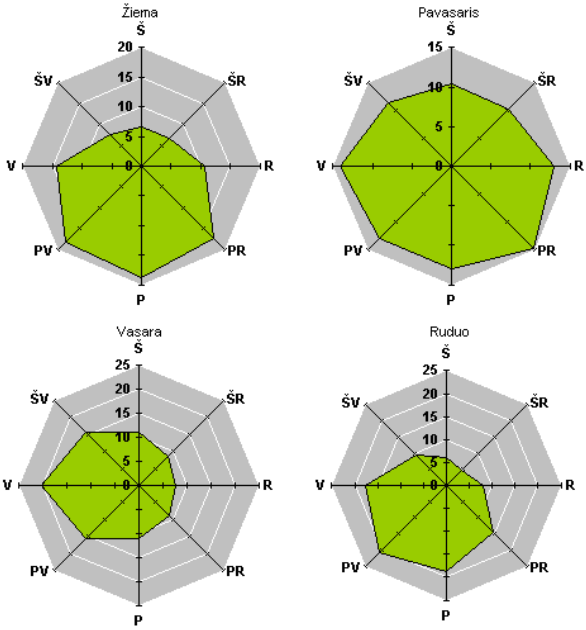
1.9 pav. Metinės oro temperatūros nuokrypiai nuo normos Lietuvoje (Lietuvos Hidrometeorologijos tarnyba...2009)

Fig. 1.9. Deviations of mean air temperature from the norm in Lithuania

Vėjas – tai oro judėjimas horizontalia kryptimi, kurį sukelia slėgio skirtumai. Vėjo rodikliai yra kryptis ir greitis. Lietuva palyginti silpnų vėjų šalis. Lietuvoje vyrauja vidutinio stiprumo vakarų (V), pietvakarių (PV) ir šiaurės vakarų (ŠV) vėjai. Baltijos pakrantėje dažnesni vakarų vėjai. Žemaitijoje labiau išryškėja pietvakarių vėjai, kurie dažniausiai pučia ir Biržuose, Panevėžyje, Utenoje, Kybartuose, Lazdijuose. Vilniuje vyrauja pietų (P) ir pietvakarių vėjai.

Vėjo greičiui didžiausią įtaką turi atmosferos cirkuliacija ir fizinės geografinės vietovės sąlygos, ypač jos atvirumas vyraujantiems vėjams. Lietuvoje visais metų laikais stipriausi vėjai pučia pajūryje ir Kuršių nerijoje, o silpniausias – pietrytinėje respublikos dalyje.

Vyraujančių vėjų kryptį rodo vėjų rožė (1.10 pav.) (Hidrometeorologijos tarnyba...2009).



1.10 pav. Sezoninis vėjo krypčių pasikartojimas (%). Lietuva, 1961–1990 m.
Fig. 1.10. Seasonal recurrence of wind directions (%). Lithuania, 1961–1990

Žiemą šalčiausia būna pučiant Š, ŠR, R vėjams ir esant štiliui, o pučiant PV, V vėjams – net 50 % atvejų temperatūra būna aukštesnė už 0 °C. Balandžio mėnesį, esant ŠV–Š krypties pernašai, naktimis (30 % atvejų) temperatūra nukrinta žemiau nulio, o dienomis retai pakyla daugiau nei 10 °C. Šiltą orą pavasarį atneša pietų ir pietryčių vėjai: dieną vyrauja 10–15 °C temperatūra (pakyla iki 20–25 °C), o nak-

tį – 0–10 °C. Vasarą vėsą atneša V, ŠV, Š vėjai: naktimis oro temperatūra 70–80% atvejų būna žemesnė už 15 °C, o dienomis – dažniausiai 17–22 °C. Karsčiausi orai būna pučiant R, PR, P vėjui: apie 35 % atvejų temperatūra dienomis pakyla per 25 °C, o kartais net daugiau nei 30 °C, naktimis temperatūra dažniausiai būna 15–20 °C. Rudenį šalčiausi Š ir ŠR vėjai, o šiltųjų vėjų kryptis, vėstant sausumai, keičiasi: rugsėjį šilčiausias oras atslenka iš PR, P, o lapkritį – iš V, PV.

Vyraujanti vėjo kryptis per metus keičiasi. Rudenį ir žiemą daugiausia pučia PV, P ir PR vėjai, vasarą dažnesni V ir ŠV (1.10 pav.) (Klimato žinynas. Vėjas...1996).

Kartais pasitaiko pavojingų, stipresnių kaip 15 m/s vėjų: pajūryje tokių dienų būna vidutiniškai 40–50 (kai kuriais metais net 70), kitur – 10–30. Vidutiniškai kartą per 20 metų vėjo greitis pajūryje gali sustiprėti iki 26–29 m/s, o kartą per 30 metų – net 30 m/s ir daugiau. Itin stiprūs uraganai pajūryje siautė 1951, 1956, 1967, 1993, 1999, 2005 (vėjo greitis gūsiuose siekė net 35–40 m/s) (Klimato žinynas 2000; Stichinių meteorologinių reiškinių apžvalga 2002).

Krituliai – tai skysto ar kieto pavidalo vanduo, iškrintantis iš atmosferos ir nusėdantis ant žemės paviršiaus ar daiktų. Krituliai iškrinta lietaus dulksnos, sniego šlapdribos, sniego ir ledo kruopų, krušos pavidalu.

Kritulių kiekiu vadinamas vandens sluoksnis, kuris susidarytų ant horizontalaus ir nepralaidaus paviršiaus.

Kritulių kiekis, jų pasiskirstymas priklauso nuo įvairių veiksnių: oro masių pernašų, ciklonų ir anticiklonų judėjimo, jūros artumo, paviršiaus, augalijos, netgi žmogaus ūkinės veiklos (dideliuose miestuose kritulių iškrinta daugiau negu jų apylinkėse, nes ore viršum miesto yra daugiau dulkių, suodžių, dūmų, kurie kondensuoja drėgmę).

Lietuvoje per metus vidutiniškai iškrinta 620–700 mm kritulių (t. y. 40–44 km^3 vandens), tačiau jų pasiskirstymas teritorijoje netolygus – svyruoja nuo 500mm iki 900 mm. Dalis jų, patekę ant žemės paviršiaus, nuteka į žemesnes vietas, upes ir ežerus, susigeria į dirvą, įsisunkia į gruntinius ir gilesnių sluoksnių vandenis. Nuo žemės paviršiaus per metus išgaruoja apie 445 mm iškritusių kritulių, vadinasi, jų iškrinta daugiau negu gali išgaruoti (tai priklauso nuo oro temperatūros). Taigi Lietuva yra drėgmės pertekliaus zonoje. Dėl to lygios ir nelabai nuotakios vietos perdrėksta, jas reikia sausinti. Tačiau dėl netolygaus kritulių pasiskirstymo vasarą kai kur žemę reikia ir laistyti.

Nors Lietuvos paviršiaus aukščių skirtumai nedideli, kalvose kritulių iškrinta daugiau. Nuo jūros atslinkę debesys daugiausia kritulių (800–900 mm per metus) palieka priešvėjiniuose pietvakariniuose ir vakariniuose Žemaičių aukštumos šlaituose. Pajūryje (Šilalės r.) kritulių iškrinta daugiau nei kur nors kitur Lietuvoje – vidutiniškai 902 mm per metus. Pavėjiniuose aukštumų šlaituose ir lygumose

kritulių būna beveik trečdaliu mažiau. Mažiausiai jų (apie 550 mm per metus) – šiaurrytinėje Žemaičių aukštumos pašlaitėje.

Maždaug 50 % dienų per metus Lietuvoje lyja arba sninga. 75 % metinio kritulių kiekio iškrinta šiltuoju metų laiku. Rytų ir Pietryčių Lietuvoje daugiausia lyja vasaros pradžioje (birželio–liepos mėnesiais), o Vakarų ir Šiaurės vakarų Lietuvoje lietingiausias yra rugpjūtis (Žemaičių aukštumoje iškrinta 90–100 mm). Pajūryje daugiausia kritulių iškrinta rugsėjo mėnesį (80–90 mm).

Sausi periodai, kai 5–9 dienas iš eiles neiškrinta kritulių, pasitaiko dažniausia gegužės mėnesį (9–12 kartų per 10 metų), o rečiausiai – gruodžio mėnesį – vidutiniškai 4 kartus per 10 metų.

Šiltuoju metų laiku pasitaiko dar vienas pavojingas meteorologinis reiškinys – kruša. Ledo gabaliukų skersmuo dažniausiai būna 2–5 mm, bet kartais siekia 20 mm ir daugiau. Didesnėje Lietuvos dalyje per metus būna 1–2 dienos su kruša, o šiaurinėje dalyje krušos vidutiniškai pasitaiko kas antri metai.

Kiti krituliai, iškrintantys ***sniego*** pavidalu, suformuoja sniego dangą. Sniego danga žiemos metu yra svarbus klimato veiksnys, nes atspindi 60–90 % Saulės radiacijos. Taip pat mažas sniego šiluminis laidumas stabdo šilumos apykaitą tarp oro bei dirvos ir sulaiko šilumą, kuri susikaupia dirvoje rudenį (Lietuvos klimato žinynas. Krituliai...1991).

Pastoviausia ir storiausia (vidutiniškai 30–40 cm) sniego danga susidaro Rytų Lietuvoje. Čia ji ilgiausiai ir išsilaiko – apie 90 dienų. Didesniojoje Lietuvos dalyje sniego danga būna 20–30 cm storio. Ploniausia ji esti pajūryje – iki 15 cm. Ten ji susidaro ne kasmet, išsilaiko vidutiniškai 40–50 dienų.

Krituliai gali sukelti ir stichinių nelaimių. Gausus sniegas užneša kelius, sutrikdo transporto eismą, įlaužia pastatų stogus.

Rūkas susidaro vandens garams kondensuojantis arti žemės paviršiaus. Rūku vadiname ore esančių vandens lašelių arba ledo kristalų visumą, dėl kurios matomumo nuotolis tampa mažesnis už 1 km. Kai matomumas būna nuo 1 iki 10 km, ši vandens lašelių ir ledo kristalų visuma vadinama rūkana. Ore temperatūros kitimas yra svarbiausia priežastis, dėl kurios ore esantys vandens garai ima kondensuotis. Priklausomai nuo atvėsimo priežasčių skiriami radiaciniai, advekciniai ir šlaitų rūkai.

Radiaciniai rūkai dažniausi šiltuoju metų laiku: jie susidaro naktį, o išsisklaido saulei patekėjus, kai oro temperatūra tampa laipsniu aukštesnė už rūko susidarymo pradžios temperatūrą.

Advekciniai rūkai būdingi šaltajam pusmečiui. Tokių rūkų tipui priklauso ir pakrančių rūkai, susidarantys sausumoje, kai vėjas pučia nuo jūros. Pakrančių rūkai Baltijos pajūryje daugiausia susidaro vasaros pabaigoje, rudenį ir žiemą.

Rūkų skaičius gali labai skirtis netgi nedidelėje teritorijoje. Paskutinių dešimtmečių stebėjimai (Lietuvos Hidrometeorologijos tarnyba...2009) parodė, kad

rūkų dažnumas ir jų trukmė miestuose, turinčiuose pusę milijono ir daugiau gyventojų, yra maždaug du kartus mažesni negu apylinkėse. Rūkų sumažėja dėl to, kad miestuose egzistuoja šilumos salos, tad naktį oras dažnai atvėsta nepakankamai ir nepasiekiama rasos taškas.

Rečiausiai rūkai susidaro gegužės–liepos mėnesiais (pajūryje – rugpjūčio mėnesį), o dažniausiai – lapkričio–kovo mėnesiais (pajūryje – kovo–gegužės mėnesiais). Rūkų trukmė per mėnesį ilgiausia ten, kur jie dažniausiai susidaro, t. y. vakariniuose aukštumų šlaituose. Žemaičių aukštumoje per metus rūkai tvyro iš viso net 600–650 valandų, Rytų Lietuvoje – 400–500 valandų, kitur – 350–380 valandų (iš to skaičiaus 70 % valandų tenka spalio–kovo mėnesiams). Vasarą 70–80 % rūko tvyro trumpiau nei 4 valandas.

Kitas labai svarbus veiksnys – ***grunto temperatūra ir įšalas***, kuris priklauso ne tik nuo temperatūrą veikiančių veiksnių, bet ir nuo grunto tipo bei mechaninės sudėties, drėgnumo, šiluminių savybių, gruntinio vandens slūgsojimo gylio, augalijos ir sniego dangos. Lyginant su oro temperatūra, dirvos paviršius vasarą vidutiniškai 3–6 °C šiltesnis, o žiemą keliomis dešimtosiomis laipsnio dalimis šaltesnis.

Saulės šiluma, pasiekusi dirvos paviršių, gilyn sklinda dėl molekulinio šilumos laidumo. Šilumos srautas Q kokiame nors gylyje z yra proporcingas vertikaliam temperatūros gradientui – dT/dz:

$$Q = -\lambda \frac{dT}{dz}. \tag{1.1}$$

Proporcingumo koeficientas λ vadinamas dirvožemio šilumos laidumo koeficientu. Jo vienetai – $\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m} \cdot {}^{\circ}\mathrm{C}}$.

Kai temperatūra gilėjant mažėja, šilumos srautas krypsta gilyn į gruntą ($Q > 0$), o kai temperatūra gilėjant didėja, šilumos srautas nukreiptas iš gilumos į grunto paviršių ($Q < 0$) (Juknevičiūtė ir Laurinavičius 2008).

Grunto šilumos laidumas priklauso nuo jos mechaninės sudėties, purumo ir drėgnumo. Koeficiento λ reikšmės įvairiose terpėse pateiktos 1.2 lentelėje. Taigi daugėjant grunte oro porų, dirvos šiluminis laidumas mažėja, o didėjant drėgnumui – didėja. Šiuo atveju šiluminis laidumas sustiprėja dėl dviejų priežasčių: pirma, tarp sudrėkusių grunto dalelių pagerėja kontaktas, antra, vanduo išstumia iš porų orą, kurio šiluminis laidumas apie 22 kartus mažesnis negu vandens.

1.2 lentelė. Įvairių terpių šilumos laidumo koeficientai (λ) (Bukantis 2004)
Table 1.2. Coefficient of heat conductivity of various media (λ)

Terpė	**Terpės pobūdis**	$\lambda\left(\frac{\text{kW}}{\text{m}\cdot{}^\circ\text{C}}\right)$
Gruntas		
priesmėlis	sausas	0,300
	drėgnas	2,200
priemolis	sausas	0,250
	drėgnas	1,580
durpžemis	sausas	0,060
	drėgnas	0,500
Sniegas	šviežias	0,080
	senas	0,420
Vanduo	ramus, 4 °C	0,570
Oras	ramus, 10 °C	0,025

Dirvožemyje, kurio šilumos laidumas didelis, paviršiaus temperatūros svyravimai sukelia tokių svyravimų ir gilesniuose grunto sluoksniuose, dėl to, esant vienodam paviršiaus radiacijos balansui, šilumai laidžių dirvožemių terminis režimas bus ne toks ekstremalus kaip šilumai nelaidžiuose dirvožemiuose: dieną įšilęs storas dirvos sluoksnis sukaups daugiau šilumos ir iš dalies kompensuos naktinį atvėsinimą. Sausuose puriuose gruntuose (jie blogai praleidžia šilumą) šilumos apykaita vyksta daug plonesniame paviršiniame sluoksnyje, todėl jiems būdingos didesnės paros temperatūros amplitudės. Pavyzdžiui, smėlingų Pietryčių Lietuvos dirvožemių (be augalijos) paviršius liepos mėnesio dienomis įšyla vidutiniškai iki 38 °C, o naktį atvėsta iki 11–12 °C. Žemaičių aukštumose, kurioje vyrauja drėgnesni priemolio gruntai, temperatūros paros amplitudė dirvos paviršiuje 4–5 °C mažesnė. Vasarą priesmėlio gruntuose, 0,2 m gylyje, temperatūros paros amplitudė siekia 4–5 °C, o priemoliuose ji neviršija 3 °C.

Momentinė grunto temperatūra, esant teigiamam radiacijos balansui, gilėjant mažėja (dieną), o kai radiacijos balansas neigiamas – gilėjant auga (naktį). Šiltuoju metų laiku 5 cm gylyje grunto temperatūra pakyla aukščiausiai apie 17–18 val. (1–2 val. vėliau negu paviršiuje), o 20 cm gylyje – 20–21 val. Paros temperatūros svyravimai daugelyje gruntų apima sluoksnį iki 0,70–0,80 m gylio.

Metinė temperatūros amplitudė gilėjant mažėja nuo 18 °C 0,2 m gylyje iki 7–8 °C 3,2 m gylyje. Smėlingų gruntų paviršinis sluoksnis pavasarį įšyla greičiau, bet rudenį greičiau ir atvėsta, todėl spalio mėnesį temperatūra priesmėliuose ir priemoliuose jau mažai skiriasi.

Gilėjant grunto temperatūros maksimumas ir minimumas vėluoja. Šis vėlavimas tiesiog proporcingas gyliui. Kokia įvairių gylių dirvožemio temperatūra bet kuriuo metų laiku, geriausiai parodo temperatūros izopletos. *Izopletos ir izolinijos* – tai tam tikras skaitines vertes turinčių linijų rinkiniai, vaizduojantys absoliučią ir santykinę padėtį bei tam tikrų elementų vietą ir gradientą. Izopletos vaizduoja santykines vertes (pvz. tankį) (Robinson *at al.* 1995). Jeigu dirvos paviršiuje aukščiausia temperatūra būna liepos mėnesį, tai 3 m gylyje – rugsėjo mėnesį, žemiausia - atitinkamai sausio ir balandžio mėnesiais. Temperatūros kitimo metinė banga prasiskverbia iki 14-20 m gylio. Giliau temperatūra nesikeičia ištisus metus.

Reikšmingą įtaką grunto temperatūrai turi sniego danga. Sniegas yra geras šilumos izoliatorius, todėl gruntas po jo danga ne taip atvėsta ir mažiau įšąla. Žiemos pradžioje, nukritus vidutinei paros oro temperatūrai žemiau –(0,5–1,5) °C, iš šiaurės rytų į pietvakarius nuo gruodžio 5 iki 25 dienos (tai vidutinės daugiametės datos) plinta dirvos įšalas.

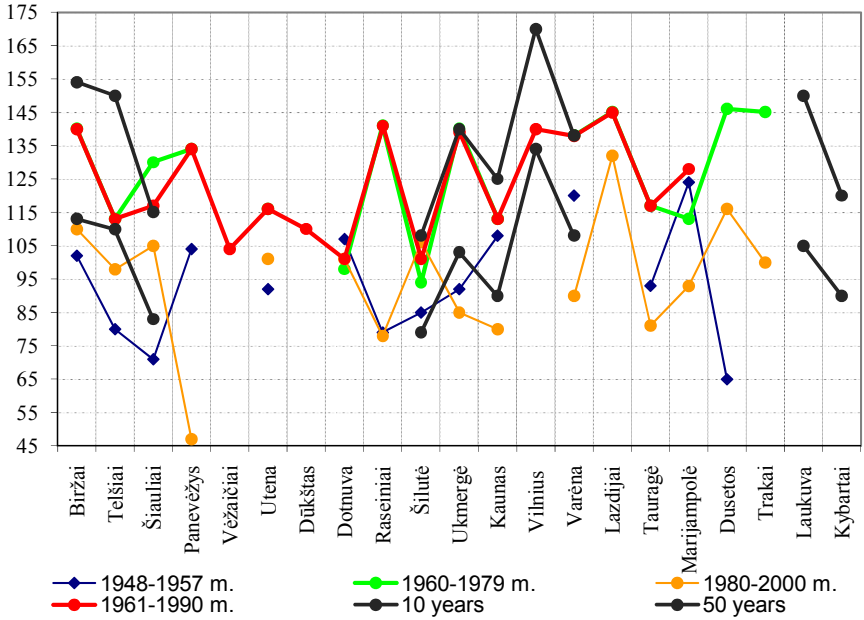
Atvirose vietose gruntas įšąla giliau negu miške. Jeigu gruntinis vanduo slūgso negiliai, kapiliarinė drėgmė gerai pasiekia dirvožemį ir augaliją. Dėl to negilus gruntinių vandenų slūgsojimas vasarą vėsina dirvožemį, o žiemą, atvirkščiai, šildo ir neleidžia pašalui skverbtis gilyn.

Mažiausias grunto įšalo gylis būna Žemaičių aukštumose, nes ten susiformuoja storiausia sniego danga (25–30 cm). Giliausiai dirva įšąla Pietų Lietuvoje, kurioje vyrauja sausi smėlingi dirvožemiai, giliai slūgso gruntiniai vandenys, o sniego dangos storis būna apie 5 cm mažesnis negu Žemaičių aukštumose. Vidurio Lietuvos žemumoje dirvos įšalo gylį daugiausia lemia sniego danga, kurios storis paprastai neviršija 20–25 cm, dėl to čia dirva palyginti giliai įšąla. Didžiausią gylį įšalas pasiekia žiemos pabaigoje (vasario–kovo mėn.). Priklausomai nuo meteorologinių žiemos sąlygų įšalo gylis įvairiais metais labai svyruoja. Itin rūsčiomis žiemomis (1953–1954, 1968–1969, 1986–1987 m.) dirva įšąla iki 1–1,5 m. Šiltomis ir besniegėmis žiemomis įšalo gali iš viso nebūti (1989–1990 m.) arba jis būna negilus (10–20 cm) ir nepastovus (1952–1953, 1974–1975, 1988–1989 m.) (Taminskas *ir kt.* 2006). Po sniego danga dirvos temperatūra gana pastovi, retai nukrinta žemiau –10 °C.

Nuo XX a. 7-ojo dešimtmečio žiemos ir pavasario sezonai vėl atšilo. Buvo užregistruotas unikalus klimato reiškinys – net septynios iš eilės šiltos žiemos (1988/1989–1994/1995). Tokio ilgo anomaliai šiltų žiemų laikotarpio Baltijos regione pastaruosius du šimtmečius dar nebuvo.

Lyginant iki 1957 m. matuotą didžiausią įšalo gylį su vėlesniais hidrometeorologijos tarnybos matavimais, didžiausias įšalo gylis beveik visoje Lietuvoje buvo nustatytas 1960–1979 m. (1.11 pav.). Tais metais didžiausias įšalas nustatytas Biržų, Raseinių, Ukmergės, Lazdijų, Dusetų ir Trakų apylinkėse. Šiose trijose

paskutinėse apylinkėse vyrauja moreninis priemolio ir priesmėlio su žvyru ir žvyringu smėliu gruntai.



1.11 pav. Įvairiais laikotarpiais skirtinguose šaltiniuose išmatuotas didžiausias įšalo gylis (Laurinavičius ir Juknevičiūtė 2008)

Fig. 1.11. Maximum depth of frozen ground measured in various periods in different sources

Ypač mažas įšalas buvo 1980–2000 m. 1960–1979 m., palyginti su 1948–1957 m., didžiausias įšalo gylis vidutiniškai padidėjo apie 27 cm, o 1980–2000 m. jis sumažėjo maždaug 6 cm. Lyginant paskutinių dviejų XX a. dešimtmečių didžiausią įšalo gylį su 1960–1979 metų, matyti, kad įšalo gylis sumažėjo apie 33 cm. Galima teigti, kad 5–6 dešimtmečiais maksimalus įšalas buvo labai panašus į įšalo gylį, nustatytą per paskutinius du XX a. dešimtmečius.

Šalnų pradžios datos rudenį ir jų pabaigos datos pavasarį priklauso nuo fizinių geografinių vietovės sąlygų. Reljefo įdubimuose, į kuriuos suteka šaltas oras, miško aikštelėse šalnos rudenį prasideda 7–10 dienų anksčiau, o pavasarį baigiasi 3–5 dienomis vėliau. Kalvų ir takoskyrų viršūnėse, lygumų pakilumose, viršutinėse slėnių terasose minimalios dirvos ir oro temperatūros nuo išmatuotų lygioje ir atviroje vietoje vidutiniškai nukrypsta +(1–2) °C, todėl ten šalnos 2–5 dienomis prasideda vėliau, o baigiasi anksčiau (Klimato žinynas...2000).

1.3. Klimato įtakos automobilių keliams apžvalga

Lietuva priklauso šalims, kurios jaučia didelę klimato sąlygų įtaką kelių projektavimui, tiesimui ir taisymui. Klimato sąlygos – tai temperatūros kitimo amplitudė ir greitis, temperatūros maksimumai ir minimumai, krituliai, vėjo kryptis ir greitis, sniego dangos storis, įšalo gylis.

Automobilių kelius, be transporto priemonių krūvio, nuolat veikia daugybė klimato veiksnių. Projektuojant, tiesiant, taisant, prižiūrint ir eksploatuojant automobilių kelius labai svarbu atsižvelgti į kraštovaizdį, hidrogeologinius vietovės ypatumus bei klimatines ir oro sąlygas. Dar projektavimo etape turėtų būti išnagrinėti būsimojo kelio aplinkos ir oro sąlygų ypatumai toje vietovėje: pvz., vėjo kryptis ir stiprumas turi įtakos rajono mikroklimatui ir jame esančiai ekologinei situacijai. „Vėjų rožė“ turi įtakos kelio trasos parinkimui, sniegą sulaikančių ir dekoratyvinių želdinių sodinimo vietoms.

Klimato sąlygos dažnai riboja ir lemia kelių tiesimo darbų sezono trukmę arba reikalauja specialių apsaugos priemonių, kurios gali užtikrinti reikalaujamą darbų kokybę. Papildomos apsaugos priemonės dažnai apsunkina ir pabrangina darbų atlikimą.

Klimatiniai veiksniai dar labiau veikia eksploatuojant ir prižiūrint automobilių kelius:

- rūkas, lietus, sniegas, pūga blogina matomumą kelyje;
- sniego sąnašos ant kelio didina automobilio pasipriešinimą riedėjimui, apsunkina transporto priemonių eismą, o kartais gali kelius padaryti nepravažiuojamus;
- susidarius plikledžiui ir esant drėgnai dangai, sumažėja sukibties koeficientas, o tai kelia pavojų eismo dalyviams;
- paros ir sezoniniai temperatūros svyravimai (šalčio ir atšilimo ciklai) skatina kelio dangos deformacijų susidarymą ir blogina žemės sankasos būklę.

Temperatūros pokyčiai kelio konstrukcijoje sudaro specifinį šiluminį režimą, kuris skiriasi nuo aplinkinės vietovės šiluminio režimo. Kelio konstrukcijoje vykstantys šilumos mainai yra sudėtingi difuziniai procesai, susiję su drėgmės mainais žemės sankasoje ir dangos konstrukcijoje. Kelio konstrukcijos temperatūra, sąveikaudama su kitais veiksniais (drėgme, transporto eismu) gali pakenkti kelio konstrukcijos stabilumui (Васильев, Сиденко 1990). Temperatūra yra vienas iš veiksnių, skatinančių žiemos iškylų susidarymą kelio konstrukcijoje, kada deformuojama žemės sankasa arba net ir danga, be to, tiek aukštoje, tiek žemoje temperatūroje pasikeičia deformacinės kelio dangos medžiagų savybės.

Pagrindiniu asfalto, kaip kelių statybinės medžiagos, trūkumu yra didelė jo savybių priklausomybė nuo temperatūros. Didėjant temperatūrai, mažėja bitumo,

esančio asfalto mišinyje, klampa, o tai susilpnina ir ryšius tarp mineralinių medžiagų bei sumažina asfalto stiprumą.

Temperatūrai mažėjant vyksta atvirkštinis procesas: didėja bitumo klampa, kartu didėja ir asfalto stiprumas. Stiprumo kaita nuo temperatūros pokyčio yra gana didelė, ir tai labai pablogina asfalto dangų darbo sąlygas. Keičiantis stiprumui, keičiasi ir deformacinės asfalto dangos savybės. Asfalto dangų darbo sąlygos reikalauja, kad aukštose aplinkos temperatūrose danga būtų gana atspari plastinių deformacijų susidarymui (Čygas *at al.* 2004, Laurinavičius *at al.* 2005), o žemose temperatūrose išliktų tampri. Dažniausiai pasireiškiančios asfalto dangos deformacijos karštuoju metu periodu yra vėžės ir bangos. Tokios deformacijos dažniausia atsiranda visuomeninio transporto sustojimo vietose, prieš sankryžas, taip pat automobilių keliuose, kuriuose vyksta sunkaus krovininio transporto eismas.

Didelę reikšmę turi asfalto dangos savybės kaupti atsirandančias deformacijas nuo pasikartojančių apkrovų. Galimybės atsirasti plastinėms deformacijoms didėja didinant apkrovą į asfalto dangą ir esant mažiausiam dangos pastovumui karštuoju metu periodu. Tokiu atveju esant intensyviam krovininio transporto eismui per visą karštąjį periodą, gali susikaupti deformacijų. Esant nepakankamai stabiliai kelio dangai, tokiomis sąlygomis atsiranda ribinės poslinkio deformacijos. Šios deformacijos dažniausiai pastebimos pirmaisiais dangos eksploatavimo metais.

Vilniaus Gedimino technikos universiteto Kelių katedros Automobilių kelių mokslo laboratorijos atliktų tyrimų rezultatai rodo (Čygas *at al.* 2005), kad plastinio pobūdžio deformacijos (vėžės ir bangos) miestų gatvių ir automobilių kelių asfalto dangose dažniausia susidaro viršutiniame asfalto sluoksnyje, kai dangos temperatūra siekia nuo 30 °C iki 60 °C.

Kelių oro sąlygų informacinėje sistemoje kaupiamų duomenų analizė rodo, kad žiemos mėnesiais esant oro temperatūrai apie –30 °C, kelio dangos paviršius atšąla iki –22 °C. Vasaros sezonu oro temperatūrai esant 25–30 °C, kelio dangos paviršius įkaista iki 40–50 °C.

Nors bitumo kiekis asfalto mišiniuose dažniausiai sudaro nuo 5 % iki 7 % mišinio mineralinės dalies, tačiau jis yra labai svarbus užtikrinant dangos stiprumą bei ilgaamžiškumą, todėl keliams tiesti bei taisyti naudojami bitumai turi turėti tam tikrų struktūrinių ir mechaninių savybių esant plačiam temperatūrų intervalui, pasižymėti geromis kohezinėmis ir adhezinėmis savybėmis, būti termiškai pastovūs aukštose temperatūrose, išsaugoti savo deformacines ir plastines savybes žemoje aplinkos temperatūroje, būti atsparūs senėjimui veikiant įvairiems klimato veiksniams bei automobilių transporto eismui.

Asfalto pastovumas ir plastiškumas labiausiai kinta aplinkos temperatūrai didėjant nuo 20 iki 40 °C. Toliau didėjant aplinkos temperatūrai, šių savybių kitimas stabilizuojasi.

Temperatūra yra taip pat viena iš pagrindinių informacijos dalių, ypač žiemą, reikalingų eksploatuojant kelius. Temperatūrų grafikai, įvertinus visus temperatū-

rą veikiančius veiksnius, gali būti panaudoti kelių konstrukcijos temperatūros, o tiksliau – būklės, prognozei.

Lietuvos keliai iki 6 mėnesių per metus yra eksploatuojami žiemos sąlygomis. Žiemos sezonu eismo sąlygos pasunkėja dėl šių priežasčių:

- kelias pasidengia ledo plėvele, susiformuoja plikledis;
- iškritęs sniegas apsunkina eismo sąlygas;
- susidarę sniego liežuviai sumažina matomumą;
- pailgėja tamsus paros laikas.

Autotransporto eismui keliais didžiausią pavojų sukelia plikledis, padengiantis kelio dangą. Plikledžio metu kelio danga padengiama plonu, iki 1 mm storio, ledo sluoksniu. Plikledis susidaro tada, kai ant dangos nusėda ir užšąla susikondensavę vandens garai bei lietaus lašeliai lijundros metu. Šio proceso metu kelio dangos ir automobilių padangų sukibimo koeficientas sumažėja iki 0,08–0,15. Ledo plėvelė ant kelio dangos paprastai susidaro 1–3 mm storio, o prispausto sniego ir ledo balta matinė pluta būna iki 10 mm storio. Ledo tankis svyruoja nuo 0,7 iki 0,9 g/cm^3, o matinės plutos – 0,5–0,7 g/cm^3 (Palšaitis 1990).

Nemažą kliūtį eismui sudaro ir iškritęs sniegas. Neigiamas sniego poveikis eismui priklauso nuo iškritusio sniego kiekio, sniego ar pūgos intensyvumo ir pasikartojančio dažnio, aplinkos temperatūros, vėjo greičio ir krypties bei keliu vykstančio eismo intensyvumo. Visi šie veiksniai glaudžiai tarpusavyje susiję ir gali kartotis įvairiais variantais.

Lygus puraus sniego sluoksnis ant kelio dangos susidaro sningant be vėjo. Tokio puraus sniego tankis svyruoja nuo 0,06 iki 0,20 g/cm^3. Priklausomai nuo drėgmės kiekio, sniegas gali buti sausas, drėgnas ar šlapias. Iškritus tokiems krituliams, transporto priemonių padangų sukibimo koeficientas su sniegu padengta kelio danga sumažėja iki 0,2 mm ir kartu padidėja stabdymo kelio ilgis.

Lietuvoje dažniausiai vieno snigimo metu keliai padengiami nuo 1 iki 5 cm storio sniego sluoksniu, tačiau būna ir tokių atvejų, kai vieno snigimo metu kelio danga pasidengia 15 cm ir kartais didesniu sniego storiu. Per žiemos sezoną gali pasitaikyti pūgų, kurių metu sniego pusnys iškasose ir kitose vietose siekia iki 1,5 m.

Susidariusios sniego dangos ant kelio būklė nėra pastovi – ji dėl anksčiau minėtų veiksnių įtakos nuolat kinta. Tik iškritęs sniegas yra labai purus. Pradinis jo tankis siekia apie 0,2 g/cm^3. Veikiant temperatūrai ir transporto priemonių ratams, sniegas tankėja. Ypač greitai sniegas tankėja, kai aplinkos temperatūra artėja prie 0 °C. Tankėdamas sniegas stiprėja ir jo tankis didėja iki 0,5–0,6 g/cm. Tankėjančio sniego pasipriešinimas valymo mechanizmams didėja, o jeigu sutankėjęs sniegas virsta ledu, jo pasipriešinimas padidėja 30 kartų (Palšaitis 1990).

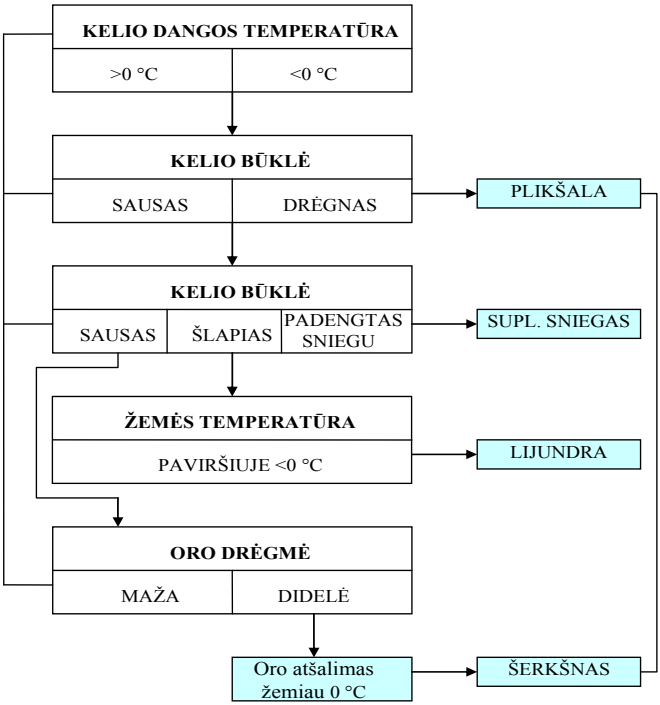
Tankėdamas sniegas keičia kelio dangų priežiūros sąlygas: smarkiai sumažėja kelio dangos ir automobilio padangų sukibimo koeficientas ir labai padidėja pasipriešinimas riedėjimui. Dėl nenuvalyto sniego automobilių vairuotojams la-

bai padidėja automobilių eksploatacinės ir kelionės laiko gaišaties išlaidos. Vairuotojai priversti mažinti greitį, kad dėl mažo su kelio danga sukibimo koeficiento galėtų laiku sustabdyti automobilį.

Slidumui keliuose susidaryti įtakos turi šie veiksniai:

- kelio važiuojamosios dalies temperatūra, tipas, būklė;
- krituliai, jų rūšis ir kiekis;
- debesuotumas;
- vėjo greitis ir kryptis;
- temperatūrų skirtumas važiuojamosios dalies paviršiuje ir oro sluoksnyje prie pat dangos paviršiaus.

Šių išvardintų veiksnių sąveiką galima supaprastintai atvaizduoti schema, kuri pavaizduota 1.12 paveiksle.



1.12 pav. Veiksniai, darantys įtaką slidumui keliuose
Fig. 1.12. Factors making the effect on road slipperiness

Užsienio šalių mokslininkų tyrimai (Elvik, Myusen 2000) parodo, kaip didėja eismo įvykio rizika, esant slidžiai arba padengtai sniegu kelio dangai.

1.3 lentelė. Eismo įvykio rizikos laipsnio priklausomybė nuo dangos būklės
Table 1.3. Dependency of accident risk degree on pavement condition

Kelio dangos būklė	Santykinis rizikos laipsnis
Sausa, švari	1,0
Drėgna, švari	1,3
Danga, padegta prispaustu sniego sluoksniu	1,5
Danga, padengta ledu	4,4

Iš 1.3 lentelės matyti, kad rizikos laipsnis patekti į eismo avariją, esant slidžiai ir padengtai sniegu kelio dangai, yra 1,5–4,5 karto didesnis negu esant sausai kelio dangai.

Pagal tai, kaip vyksta apledėjimo procesas, skiriamos trys jo rūšys: plikšala, ledas, apledėjęs sniegas. Visi šie veiksniai gali veikti pavieniui ar keli iš karto, todėl jų poveikį nustatyti sudėtinga.

Ledo susidarymo greitis priklauso nuo vandens plėvelės storio, neigiamos oro temperatūros, vėjo greičio ir dangos konstrukcijos šiluminės varžos. Ledo susidarymo laiką galima apskaičiuoti pagal formulę (Васильев, Сиденко 1990):

$$T = \frac{a \cdot h_S \cdot R}{t_0 \cdot K_V}, \tag{1.2}$$

čia T – ledo susidarymo greitis; a – koeficientas, įvertinantis hidrofobines dangos savybes; h_S – ledo storis, cm; R – kelio dangos konstrukcijos šiluminio laidumo koeficientas; K_V – koeficientas, įvertinantis vėjo greitį; t_0 – neigiama oro temperatūra, °C.

Esant nepalankiems oro sąlygų periodams, vyksta savotiškas viso kelio, kaip statinio, darbo patikimumo, jo projekto, tiesimo darbų ir priežiūros kokybės patikrinimas.

Praktiškai žengiant kiekvieną automobilių kelio projektavimo, tiesimo ir priežiūros žingsnį, reikia atsižvelgti į klimato veiksnius.

Lietuvoje klimatinių veiksnių įtakos keliams tematiką palietė A. I. Tamaševičius. Jis nagrinėjo hidrogeologinių sąlygų įtaką automobilių kelių sankasai Lietuvoje. Savo darbe (Тамашевичус 1955) akcentuoja, kad esant permainingam (nuo jūrinio iki kontinentinio) Lietuvos klimatui, turinčiam daug regioninių išskirtinumų, Lietuvos Respublika negali būti priskirta II klimatinei zonai pagal bendrą kelių ir klimatinį rajonavimą. Būtina išskirti Pabaltijį atskira pazone.

A. I. Tamaševičius kaip pagrindinį sankasos drėkinimo šaltinį įvardija gruntinius vandenis, kurie Lietuvos teritorijoje slūgso gana negiliai. Pasak autoriaus, Lietuvos sąlygomis drėgmės kaupimasis sankasoje neatitinka II kelių – klimatinės zonai būdingų duomenų.

S. Lukošiūnas, taikydamas inžinerinius skaičiavimo teorinius ir analizinius įšalimo gylių prognozavimo metodus, pateikė grunto ir dangų konstrukcijų įšalimo gylių bei klimatinio koeficiento nustatymo metodiką (Lukošiūnas *et al.* 1961).

Klimatinis koeficientas α_0 priklauso nuo sankasos įšalimo gylio z bei šalčio trukmės T_{sk} (šaltų dienų, kurių temperatūra yra žemesnė negu 0 °C, skaičiaus). Šis koeficientas nustatomas pagal formulę:

$$\alpha_0 = \frac{z^2}{2T_{sk}}, \tag{1.3}$$

čia T_{sk} – skaičiuojamasis šaltų dienų skaičius, nustatomas iš izolinijų žemėlapio bei formule $T_{sk} = \beta_1 T_v$, čia β_1 – koeficientas, įvertinantis šaltų dienų skaičiaus kartojimosi per tam tikrą laikotarpį tikimybę. Tikimybėms $P(T_{sk})$ = 0,05; 0,10 ir 0,20 atitinkamai imamas β = 1,18; 1,25 ir 1,35; z – grunto įšalimo gylis konkrečioje vietoje, randamas pagal (1.2) formulę:

$$z = \sqrt{\frac{48\lambda_g J_{sk}}{q_g}}, \tag{1.4}$$

čia λ_g – sušalusio grunto šilumos laidumo koeficientas, kkal/m^{3}h deg, nustatomas pagal standartus; J_{sk}, J_v – skaičiuojamasis ir vidutinis šalčio laipsnių – parų skaičiai, nustatomi iš sudarytų izolinijų žemėlapių bei formule $J_{sk} = \beta J_v$, čia β – koeficientas, įvertinantis laipsnių – parų skaičiaus kartojimo per tam tikrą laikotarpį tikimybę. Tikimybėms $P(J_{sk})$ = 0,05; 0,10 ir 0,20 atitinkamai β = 1,40; 1,70 ir 1,94.

1995 m. išleista RSN 156-94 „Statybinė klimatologija“, kurioje pateikti klimatiniai duomenys, naudojami projektuojant pastatus, konstrukcijas, šildymo ir vėdinimo, kondicionavimo sistemas, vandentiekius, elektros linijas ir kt.

1.4. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas

1. Jau nuo XX a. 5-ojo dešimtmečio įtvirtinama nuostata, kad kelių tiesyba negali egzistuoti neįvertinus klimato veiksnių, todėl daugiau dėmesio buvo pradėta skirti atskirų klimato elementų ir jų poveikio tyrimams, vertinimui bei prognozėms.
2. Nevienodą oro temperatūros pasiskirstymą Lietuvos teritorijoje lemia vietos geografinė platuma, saulės radiacija, atmosferos cirkuliacija ir šių veiksnių sąveika su žemės paviršiumi. Didžiausią poveikį oro temperatūrai ir jos pasiskirstymui Lietuvos teritorijoje turi Atlanto vandenynas ir atstumas nuo jūros. Dėl šildančio jūros poveikio žiemos pajūryje daug šiltesnės, vėsesni pavasariai. Atlanto vandenyno poveikis jaučiamas visoje Lietuvoje, kurios klimatas yra daug šiltesnis už tų pačių geografinių platumų kontinentinių rajonų klimatą.
3. Kritulių kiekio skirtumai įvairiose Lietuvos rajonuose gana ryškūs. Žiemos sezono metu (lapkritis–kovas) pajūryje (Vėžaičiuose) iškrenta dvigubai daugiau kritulių (338 mm) negu pietinėje Lietuvos dalyje (Lazdijuose) – 172 mm.
4. Vienas iš svarbesnių klimatą apibūdinančių veiksnių ypač žiemą yra grunto įšalas. Mažiausias grunto įšalo gylis būna Lietuvos vakaruose, nes ten susiformuoja storiausia sniego danga (25-30 cm). Giliausiai dirva įšąla Pietų Lietuvoje, kur vyrauja sausi smėlingi dirvožemiai, giliai slūgso gruntiniai vandenys, o sniego dangos storis būna apie 5 cm mažesnis negu vakarų Lietuvoje. Didžiausią gylį įšalas pasiekia žiemos pabaigoje (vasario-kovo mėn.).
5. Kelių priežiūros žiemą požiūriu svarbūs yra duomenys apie sniego dangos storį: ploniausia sniego danga susidaro Klaipėdoje, o Vilniuje, Laukuvoje, Dūkšte ir Kybartuose ji būna dvigubai storesnė. Vilniaus rajone sniego danga vidutiniškai būna 1,5 karto storesnė negu Ukmergės rajone, netgi kaimyniniame Varėnos rajone sniego danga 1,4 karto storesnė negu Lazdijų rajone.

   Įvertinus visus šiuos minėtus klimato skirtumus, kyla tokie klausimai:
   - ar šie klimato skirtumai turi įtakos kelių tiesimo, taisymo ir priežiūros darbams;
   - ar Lietuvai pakanka šiuo metu naudojamos vienos klimatinės zonos.

Norint atsakyti į šiuos klausimus, formuluojami šie **uždaviniai:**

- išanalizuoti ir įvertinti užsienio šalių patirtį rajonuojant teritoriją kelių tiesybos požiūriu;
- atlikti Hidrometeorologijos tarnybos stočių ir KOSIS fiksuojamų duomenų parametrų analizę bei palyginimą;
- nustatyti didžiausius ir mažiausius įšalo gylius bei oro ir kelio dangos paviršiaus temperatūras;

- sudaryti įšalo gylių rajonus (žemėlapius) atsižvelgiant į įtakojančius veiksnius;
- sudaryti vėjų stiprumo ir krypties žemėlapius;
- sudaryti užšalimo ir atšilimo ciklų (perėjimų per 0 °C) žemėlapius, atsižvelgiant į įtakojančius veiksnius;
- nustatyti atskirų veiksnių (pūgų, sniego storio, lijundrų) įtaką kelių priežiūros organizavimui šaltuoju metu išvedant klimatinius koeficientus;
- įvertinus klimato veiksnius projektuojant, tiesiant ir prižiūrint kelius, pasiūlyti Lietuvos rajonavimo įgyvendinimo galimybes kelių tiesybos požiūriu.

2

Lietuvos klimatinio rajonavimo teorinis pagrindimas

Šiame skyriuje atlikta klimatinio rajonavimo metodų analizė. Išnagrinėti klimato veiksniai, darantys įtaką kelių projektavimui, tiesimui, taisymui ir priežiūrai.

Skyriaus tematika paskelbti trys autoriaus straipsniai (Laurinavičius ir Juknevičiūtė 2008a, Laurinavičius ir Juknevičiūtė 2008c, Laurinavičius *at al.* 2008).

2.1. Klimatinio rajonavimo metodų analizė

Pasaulyje yra daug ir įvairių klimatinio rajonavimo principų. Rajonuojama ne tik pagal atskirus meteorologinius elementus, bet ir pagal jų kompleksus (Laurinavičius, Juknevičiūtė 2008). Kuriamos bendros teorinės klimatografinės schemos, taip pat atliekamas ir taikomojo pobūdžio klimatinis rajonavimas. Esant didžiulei žmogaus ūkinės veiklos sričių, veikiamų klimato, įvairovei, taip pat dėl įvairiopo klimato poveikio kitiems geografinės sferos komponentams, negali būti bendros klimatinio rajonavimo schemos, kuri atitiktų įvairių veiklos sektorių ir gamtos mokslų sričių reikalavimus.

Klimato, ar kitaip – orų sąlygų, prognozė – labai svarbi informacija visoms užsienio šalių kelių organizacijoms, kelių priežiūros tarnyboms ir pan. Eksploatuojant automobilių kelius, priežiūros tarnybos bei vairuotojai susiduria

su daugybe įvairiausių meteorologinių veiksnių, kurie blogina važiavimo kokybę, mažina eismo saugumą ir neretai sudaro avarinę būseną.

Analizuojant didžiausią įtaką eismo dalyviui darančių meteorologinių veiksnių atsiradimo tikimybę, pirmiausia reikėtų išskirti žiemos metų laiką, kai blogos ir ypač blogos eismo sąlygos gali susidaryti veikiant šiems veiksniams – pūgai, plikledžiui, sniegui, rūkui, vėjui, žemai temperatūrai ir dideliam oro drėgnumui atskirai ir jų junginiams. Rudenį ir pavasarį prastos važiavimo sąlygos gali būti esant plikledžiui, lietui, rūkui, vėjui, oro temperatūros kaitai ir dideliam drėgnumui. Vasarą eismo sąlygas apsunkina lietus, rūkas, vėjas bei aukšta oro temperatūra (Васильев, Сиденко 1990).

Plikledis ir sniegas, dažniausiai pasireiškiantys žiemą, keliuose sudaro ypač sunkias eismo sąlygas eismo dalyviams, todėl reikia imtis skubių ir operatyvių priežiūros veiksmų. Nuo to, kaip organizuojami kelių priežiūros darbai, priklauso eismo saugumo, aplinkos neigiamo poveikio kaina. Norint efektyviai vykdyti priežiūrą, reikia išplėtoti efektyvias priežiūros darbų strategijas ir metodus. Visa tai galima įgyvendinti išnagrinėjus, kaip su tokiomis problemomis kovoja ir kokius kelių priežiūros metodus taiko kitos šalys, siekdamos rasti optimalius variantus mažomis išlaidomis ir kuo mažesniu poveikiu aplinkai.

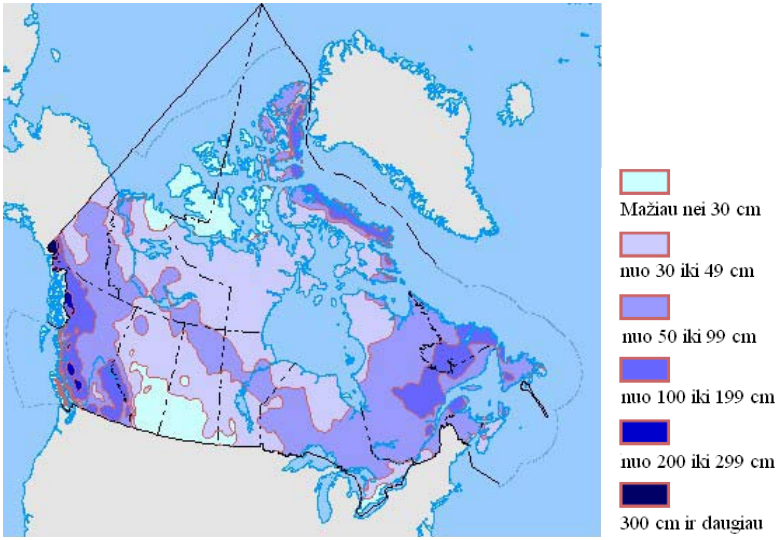
Projektuodamos, tiesdamos ir prižiūrėdamos automobilių kelius kaimyninės šalys, pavyzdžiui, Baltarusija (Леонович 2005), pirmiausia įvertina metinę kritulių sumą ir jų pasiskirstymą kiekvieną mėnesį, oro temperatūros metinį režimą, sniego pakloto formavimosi režimą, vėjo stiprumą bei kryptį, įšalo gylio gruntuose režimą. Didžiajai Britanijai svarbiausi klimato veiksniai yra oro temperatūra, krituliai ir vėjas. Švedijoje (Eriksson, Lindqvist 2001) ypač daug dėmesio skiria informacijai apie kelių klimatines sąlygas žiemą (krituliai >0 mm, oro temperatūra >0 °C, kelio paviršiaus temperatūra ≤0 °C).

Dauguma užsienio šalių kelių organizacijų naudojasi meteorologijos tarnybų sudarytais žemėlapiais iš daugiamečių duomenų. 1961–1990 m. laikotarpio klimatinio rajonavimo žemėlapiais naudojasi Vokietija (Schönwiese and Janoschitz 2005), Islandija, Danija, Suomija, Norvegija, Švedija (Tveito *et al.* 2001), Slovėnija, Kanada, 1971–2000 m. laikotarpio klimatinio rajonavimo žemėlapiais (žr. B priedą) naudojasi Didžioji Britanija ir Suomija.

Baltarusijos Respublikoje sprendžiant bendruosius kelių projektavimo klausimus klimato elementai nustatomi remiantis priimtu kelių rajonavimu (Leonovich 2006). Baltarusijos teritorija padalinta į tris zonas (B priedas): šiaurės, vidurio, pietų, atsižvelgiant į gruntinių vandenų slūgsojimo gylį, oro temperatūras, kritulių kiekį ir garavimo procesus, grunto įšalimo gylį. I zona apibūdinama kaip vidutinio šiltumo ir drėgna, II – šilta, vidutinio drėgnumo, III – šilta, nepastoviai drėgna. Visos trys sritys dar skirstomos į 6 posričius ir 19 rajonų.

Kai kuriose šalyse (D. Britanija, Skandinavijos šalys) sukurti internetiniai puslapiai, kuriuose, pažymėjus norimą laikotarpį (pvz., mėnesį, ketvirtį, metus ir

t.t.), norimą klimatinį veiksnį (pvz., oro temperatūrą, kritulius, vėją) parodo tos šalies klimatinį žemėlapį pagal pateiktą užklausą. Šiomis internetinėmis prieigomis gali naudotis bet kuris žmogus. Vis dėlto daugiausia dėmesio dauguma šalių kelininkų sutelkia į žiemos periodą, kai oro sąlygos ypač blogos. Tam tikslui Kanados teritorija papildomai rajonuojama į 6 rajonus (2.1 pav.) pagal vidutinį didžiausią sniego storį iš 18 žiemų duomenų (1979–1997 m.).

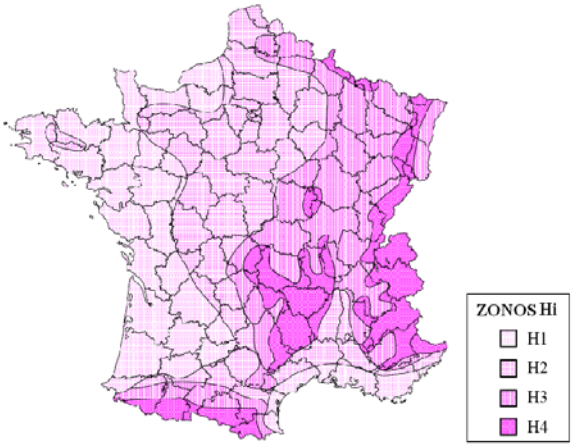


2.1 pav. Kanados rajonavimas pagal sniego storį žiemą (Snow and ice databook 2006)
Fig. 2.1. Regioning of Canada according to the depth of snow in winter

Prancūzijos teritorija rajonuojama pagal koeficientą ***H*** (2.2 pav.):

- jei $n1 + n2 + n3 < 10$; ***H*1**: švelni žiema;
- jei $10 < n1 + n2 + n3 < 30$; ***H*2**: nesunki žiema;
- jei $30 < n1 + n2 + n3 < 50$; ***H*3**: gana sunki žiema;
- jei $50 < n1 + n2 + n3$; ***H*4**: sunki žiema;
- jei $90 < n1 + n2 + n3$; ***H*5**: labai sunki žiema (kalnų keliams su vėju ir daug snigimo).

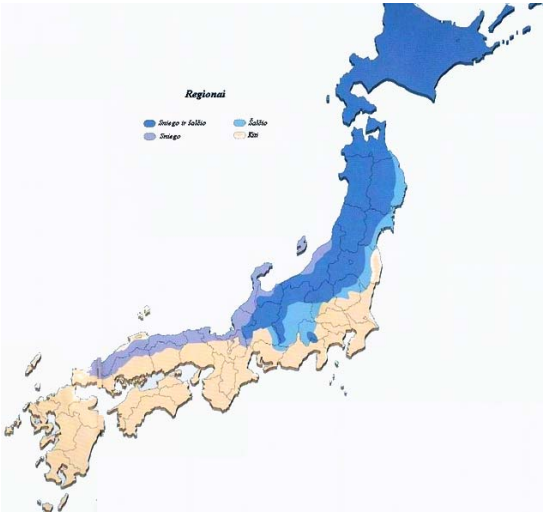
čia $n1$ – dienų skaičius, kai sninga palyginti nedaug ir tai nesukelia nemalonumų kelyje; $n2$ – dienų skaičius esant plikledžiui ir krituliams skysčio pavidalu; $n3$ – dienų skaičius esant plikledžiui ar sniegui be kritulių kelyje.



2.2 pav. Prancūzijos klimatinis rajonavimas žiemą (Snow and ice databook 2006)
Fig. 2.2. Climatic regioning of France in winter

Japonija savo teritoriją skirsto į keturis žiemos regionus (2.3 pav.):

- šalčio ir sniego;
- sniego, kai didžiausias vidutinis sniego dangos storis daugiau nei 50 cm;
- šalčio, kai vidutinė mėnesinė temperatūra sausį 0 ^{o}C ir mažesnė;
- regionai su kitomis meteorologinėmis ypatybėmis.

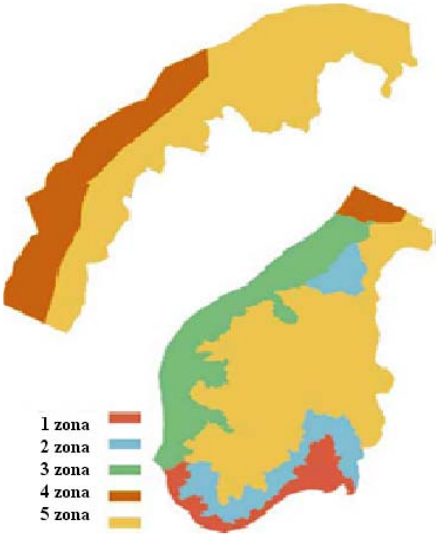


2.3 pav. Japonijos rajonavimas (Website of the Road Bureau...2009)
Fig. 2.3. Regioning of Japan

Norvegija žiemos periodu savo teritoriją rajonuoja į penkias zonas (2.4 pav.), kurios apibūdinamos 2.1 lentelėje pateiktais parametrais.

2.1 lentelė. Klimatiniai parametrai skirtingose zonose
Table 2.1. Climatic parameters in different zones

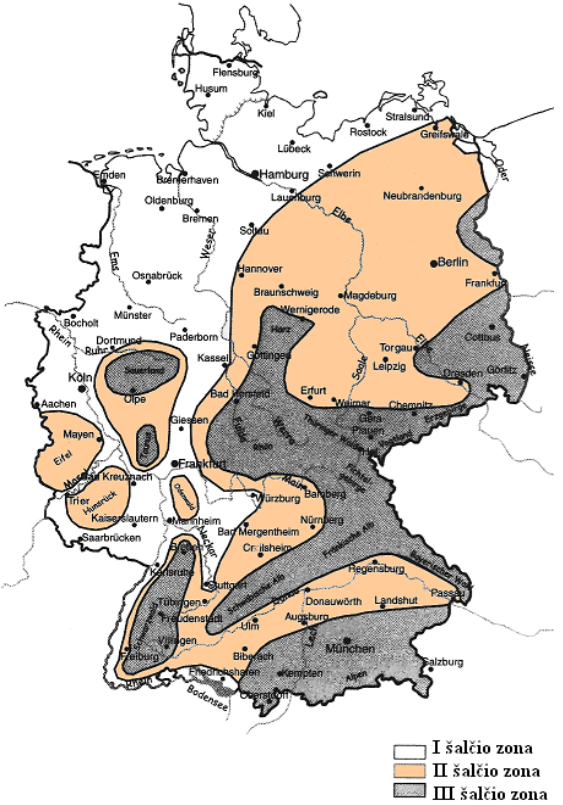
Klimatiniai parametrai	**Klimato zonos**				
	1 zona	**2 zona**	**3 zona**	**4 zona**	**5 zona**
Žiemos trukmė, dienomis	152	173	157	206	201
Sniego dangos storis, cm	41	55	41	63	72
Sniegas, mm	158	225	258	332	248
Lietus, mm	830	734	1632	860	603
Vidutinė sausio temperatūra, °C	–3	–6	0,7	–3,3	–7,8
Vidutinė kovo temperatūra, °C	1,1	–1,4	2,6	–1,6	–3,3



2.4 pav. Norvegijos rajonavimas žiemos periodu (The Norwegian Meteorological Institute...2009)
Fig. 2.4. Regioning of Norway in winter

Vokietijos teritorija žiemą rajonuojama pagal šalčio indeksą (2.5 pav.) (Velske *et al.* 1998). I šalčio poveikio zona išskiriama, kai šalčio indeksas iki

490 °C; II šalčio poveikio zona, kai šalčio indeksas yra nuo 490 °C iki 580 °C, daugiau nei 580 °C – III šalčio zona.



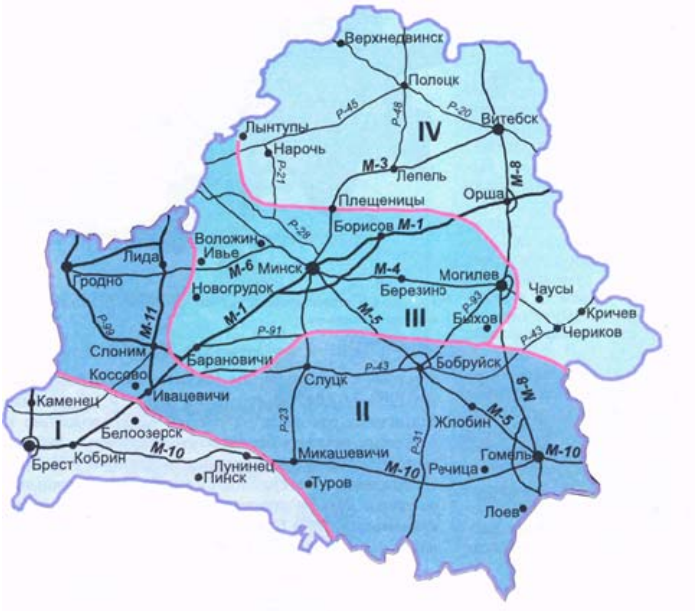
2.5 pav. Vokietijos rajonavimas pagal šalčio poveikį (Velske *et al.* 1998; Mentlein 2007)
Fig. 2.5. Regioning of Germany according to the impact of cold

Šis Vokietijos rajonavimas į šalčio zonas naudojamas nustatant šalčiui atsparų dangos konstrukcijos storį. Dangos storis tikslinamas dydžiu, kuris yra lygus keturių kriterijų algebrinei sumai (Mentlein 2007):

$$\textit{Storio didinimas arba mažinimas} = A + B + C + D, \qquad (2.1)$$

čia A – šalčio poveikio kriterijus, B – kelio dangos viršaus aukščio kriterijus, C – vandens poveikio kriterijus, D – zonos prie dangos (šoninės juostos, dviračių ir pėsčiųjų takų) kriterijus.

Daugelio šalių keliuose įrengtos kelių oro sąlygų informacinės sistemos stotelės, kurios fiksuoja ir teikia reikalingus duomenis, tačiau dažniausia analizuojamos veiksnių reikšmės, gautos žiemos metu. Didžiausios priežiūros išlaidos atitenka žiemos priežiūros tarnyboms, todėl kiekviena šalis stengiasi tas išlaidas paskirstyti racionaliai. Tokios šalys, kaip Švedija, Suomija, Norvegija ir Lenkija (Thornes *at al.* 2005), KOSIS tinklą išvysčiusios gana gerai, įrengta labai daug stotelių su kameromis ir davikliais, kurie fiksuoja plikledį, temperatūriniai grafikai kompiuteriuose parodo dangos būklę kiekviename kelyje tą pačią minutę.



2.6 pav. Baltarusijos teritorijos rajonavimas pagal apsaugos nuo plikledžio sąlygas automobilių keliuose

Fig. 2.6. Regioning of the territory of Belarus according to the anti-glazed frost conditions of roads

Kaimyninė šalis – Baltarusijos Respublika – surajonuota į keturis rajonus pagal tai, kokios tame rajone yra apsaugos nuo plikledžio keliuose sąlygos (2.6 pav.). I rajone plikledis pasireiškia apie 15 kartų per žiemą, II – apie 20 kartų, III – apie 25 kartus, o IV daugiau nei 25 kartus.

Nemažai šalių (Danija, Norvegija, Švedija, Šveicarija, D. Britanija, JAV (NCHR...2004) naudoja arba bando įdiegti žiemos indeksą (*ŽI*), kuris nurodo, kokį optimalų druskos/smėlio kiekį pagal žiemos oro sąlygų blogumą skirti atskiram rajonui, apygardai, grafystei ir pan.

2.2. Klimatinis Lietuvos teritorijos rajonavimas

Anksčiau, TSRS laikais, visa Lietuvos teritorija buvo priskirta antrai kelių klimatinei zonai (B priedas), kurią charakterizuoja intensyvus grunto drėkinimas, dėl didelio kritulių kiekio, mažo išgaravimo ir negiliai slūgstančio gruntinio vandens. Projektuojant, tiesiant ar prižiūrint kelius reikėtų atsižvelgti ne tik į vidutinius visai Lietuvai priskirtus klimato rodiklius, bet ir detaliai išnagrinėti artimiausių tam keliui meteorologinių stočių bei kelių oro sąlygų informacinės sistemos duomenis.

Pagal Köppeno ir Geigerio klimato klasifikaciją Lietuva priklauso klimato zonai, kuriai būdingos sniegingos žiemos, gana drėgnas ir šiltas oras, šiltos vasaros (ryškus kontrastas tarp žiemos ir vasaros) (Beck *et al* 2006).

Pirmąjį klimatinį Lietuvos teritorijos rajonavimą atliko šio amžiaus pradžioje lenkų mokslininkas E. Romeris savo veikale „Lenkijos fizinė geografija“. Jis Lietuvos teritoriją dalijo į keturis klimatinius rajonus:

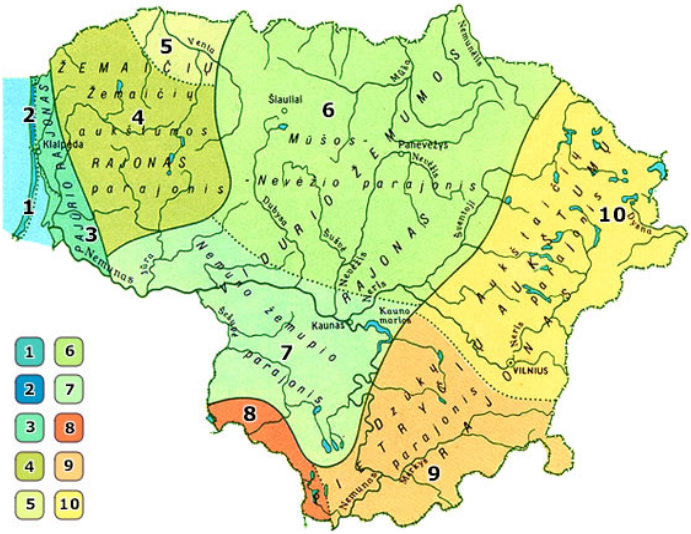
1) Baltijos pajūrį;
2) ežeringąją plynaukštę (Žemaičių aukštumą);
3) didžiųjų lygumų juostą (Vidurio Lietuvos žemumą);
4) kontinentinę sritį (Rytų Lietuvą).

Tai buvo gana tobulas Lietuvos klimatinis rajonavimas, nes vėliau, 1957 m., A. Griciūtės, K. Kaušylos, B. Styros ir V. Ščemeliovo sudaryta Lietuvos klimatinio rajonavimo schema nuo E. Romerio varianto nedaug besiskyrė. Pagal B. Alisovo (Waugh 2002, Burinskienė *at al.* 2003) klasifikaciją Lietuva priklauso Atlanto kontinentinės miškų srities pietvakariniam posričiui. Tik Baltijos pajūrio klimato rajonas artimesnis Vakarų Europos klimatui ir gali būti priskirtas atskiram Pietinės Baltijos klimato posričiui. Atsižvelgiant į klimato ypatybes, skiriami Pajūrio, žemaičių, Vidurio žemumos ir Pietryčių aukštumų klimatiniai rajonai ir Kuršių nerijos, Jūros pakrantės, Pajūrio žemumos, Žemaičių aukštumos, Ventos vidurupio žemumos, Mūšos ir Nevėžio, Nemuno žemupio, Sūduvos, Dzūkų, Aukštaičių parajoniai.

Su B. Alisovo genetine klimatų klasifikacija susietą Lietuvos klimatinio rajonavimo schemą, kuri pateikta 2.7 paveiksle, sudarė K. Kaušyla.

Lietuvos klimatinių rajonų ir parajonių ypatybės ir skirtumai pateikti B priede.

Nuo bendrų teritorijos klimato sąlygų labiausiai skiriasi Baltijos Pajūrio rajonas. Ryškūs jūrinio klimato bruožai čia yra analogiški Latvijos, Kaliningrado srities ir Lenkijos pajūriams. Savo analogus už Lietuvos teritorijos ribų turi ir kiti klimatiniai rajonai. Vidurio žemumos rajonas panašus į Vidurio Latvijos, ypač Žiemgalos žemumos, klimato sąlygas. Pietryčių aukštumų rajono klimatas būdingas ir gretimoms Baltarusijos sritims (Bukantis 1994).



2.7 pav. Lietuvos rajonavimas pagal klimatą (anot K. Kaušylos)
Fig. 2.7. Regioning of Lithuania according to the climate

Šis klimatinis rajonavimas labiau geografinis (Laurinavičius, Juknevičiūtė 2008), turintis būdingiausių oro sąlygų charakteristikų Lietuvos teritorijoje. Šių rajonų nesieja vienas ar kitas klimatinis rodiklis, pvz., temperatūra, sniego danga, krituliai, vėjas ir t. t., todėl bandymas Lietuvos teritoriją suskirstyti pagal klimatinius veiksnius kelių tiesybos požiūriu yra pageidautinas.

Nagrinėjant atskirų mikroklimatą formuojančių veiksnių įtaką, sunku susidaryti bendrą vaizdą apie skirtingose vietovėse dominuojančius veiksnius, kurie sukuria individualų tos vietovės klimatą. Šiam uždaviniui įgyvendinti buvo sudarytas mikroklimatinis žemėlapis pagal dominuojantį vieną arba kelis dominuojančius veiksnius. Pagal dominuojantį veiksnį 39 % teritorijos didžiausią įtaką turi grunto struktūra ir hidrogeologiniai rodikliai, reljefo poveikis dominuoja 24 %, miškai ir ežerai mikroklimatą formuoja teritorijose po 10 %. Likusioje 27 % teritorijos dalyje dominuojantys veiksniai yra reljefas ir grunto struktūra (18 %) bei miškai ir grunto savybės (9 %).

Rajonavimas, įvertinant vyraujančius klimatodaros veiksnius, nėra vienintelis mikroklimatinio teritorijos smulkiu masteliu būdas. Rajonuoti galima atsižvelgiant ir į mikroklimato teritorinį kintamumą. Jis yra įvertinamas pagal meteorologinių elementų teritorinio kintamumo dažnio rodiklį D:

$$D = K(m_x, m_n)/L, \tag{2.2}$$

čia $K(m_x, m_n)$ – meteorologinių elementų teigiamų ir neigiamų nuokrypių (m_x, m_n) porų skaičius; L – linijos, kertančios arealus su skirtingais meteorologinių elementų nuokrypiais, ilgis (paprastai 1 arba 10 km).

Rajonai, kuriuose vyrauja $D \geq 2$, vadinami labai kontrastingo mikroklimato rajonais, kai $1 < D < 2$ – kontrastingo mikroklimato, kai $0{,}2 \leq D \leq 1$ – mažai kontrastingo, o kai $D < 0{,}2$ – monotoniško klimato. Labai kontrastingas ir kontrastingas mikroklimatas būna raižyto reljefo zonose, mažo bei monotoniško kontrastingumo mikroklimatas būdingas lygumoms, kuriose beveik nėra miškų arba kuriose yra susidarę dideli miškų masyvai.

Lietuvos teritorija rajonuojama ir pasitelkus visų veikiančių ir veikusių meteorologijos stočių bei postų ilgamečius duomenis, kurie saugomi Hidrometeorologijos tarnyboje. Mėnesių, dešimtadienių oro temperatūros, kritulių, vėjo krypties, vėjo greičio, rožių, sniego dangos storio ir kt. žemėlapiams sudaryti duomenys perskaičiuojami vienodam 1961–1990 m. laikotarpiui, aišku, prireikus galima pasirinkti metus ar laikotarpį (Lietuvos klimato žinynas. Oro temperatūra 1992; Lietuvos klimato žinynas. Krituliai 1991; Klimato žinynas. Vėjas 1996). Teminiai žemėlapiai gana tiksliai parodo pasirinktų veiksnių kitimo teritorijoje dėsningumus. Taikant interpoliacijos tarp izolinijų metodą, šiuose žemėlapiuose galima nustatyti reikšmes ir toms vietovėms, kuriose nebuvo stebėjimų. Tokius žemėlapius papildžius Kelių oro sąlygų informacinės sistemos fiksuojamais duomenimis, gaunami gana tikslūs žemėlapiai visiems vartotojams, tačiau ypač aktualius žemėlapius kelininkams, kur pavaizduotas plikledis, įšalo gylis, kelių užpustymai ir pan. bei jų kaita, trukmė, galime sudaryti tik iš KOSIS duomenų.

2.3. Klimato veiksnių įtakos automobilių kelių tiesybai analizė

2.3.1. Klimato veiksnių vertinimas projektuojant kelius

Dar projektavimo etapu turėtų būti išsamiai išnagrinėtos būsimo kelio darbo sąlygos. Būtina atsižvelgti ne tik į projektuojamo kelio kategoriją, prognozuojamą automobilių intensyvumą, bet ir į aplinkos, oro sąlygų poveikį būsimam keliui. Projektuojant turi būti numatytas normalus ir saugus transporto eismas per visą kelio eksploatavimo periodą, įskaitant ir periodus su nepalankiomis oro sąlygomis. Projektuojant kelio žemės sankasą, dangą ir kelio statinius, reikia atsižvelgti ne tik į vidutinius visai Lietuvai būdingus to rajono, kuriame projektuojamas kelias, klimato veiksnius. Būtina gana detaliai išnagrinėti meteorologinių stočių, artimiausių projektuojamam keliui, duomenis.

Didžiausią reikšmę projektuojant automobilių kelius turi šie klimato elementai:

1) grunto įšalo gylis, įšalimo ir atšilimo ciklai;
2) oro temperatūra: didžiausia, mažiausia ir vidutinė kiekvieno mėnesio temperatūra;
3) krituliai, jų kiekio pasiskirstymas per metus, intensyvumas, lietaus trukmė ir dažnis;
4) vėjas, jo stiprumas ir kryptis; šie duomenys ypač svarbūs žiemą, kai būna pūga, gali būti užpustomi keliai;
5) sniego dangos formavimosi režimas, trukmė, susidarymo ir išnykimo data, pūgos dažnumas ir pan.;
6) dangos paviršiaus ir kitų sluoksnių temperatūra;
7) rūkas.

Kiekvienas iš visų šių elementų yra savaip svarbūs projektuotojui.

Projektuojant kelius būtina atsižvelgti į vietovės mikroklimatą, kurį formuoja vietinės gamtinės sąlygos. Daubose būna paros temperatūros svyravimų, o pavasario šalnos baigiasi vėliau negu kalvose. Miškuose yra mažesnės oro ir dirvos temperatūros svyravimų amplitudės negu atvirose vietovėse. Be to, miškingoje teritorijoje – žemesnė temperatūra, nei atvirose, todėl kelio žemės sankasa čia džiūsta lėčiau.

Parenkant kelio trasą svarbu atsižvelgti į vyraujančių vėjų kryptį. Nuo jos atsiranda galimybė susidaryti ant kelio užnešamo sniego sluoksniui, kuri priklauso nuo kelio skersinio profilio ir nuo sniego kiekio, atnešamo iš aplinkinių vietovių. Sniego atnešimo ir nunešimo balanso formulė:

$$Q = Q_1 - Q_2, \tag{2.3}$$

čia Q_1 – sniego atnešimas ant kelio iš vėjuoto lauko; Q_2 – sniego nunešimas pavėjui nuo kelio.

Naudingiau kelio trasos vietą parinkti taip, kad baseinai, iš kurių atpučiamas sniegas, būtų kuo mažesnio ploto ir būtų apsodinti sniegą sulaikančia augmenija. Kelio ruožai, esantys iškasose, dažniausiai labiau užpustomi sniegu.

Projektuojant kelio statinius būtina įvertinti vėjo sukeliamas apkrovas, o tam būtini duomenys apie vėjo greitį ir kryptį. Vėjo apkrovos būna labai didelės, vėjo jėgą Q, veikiančią plotą F, galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$Q = \frac{\rho \cdot F \cdot v^2}{2}, \tag{2.4}$$

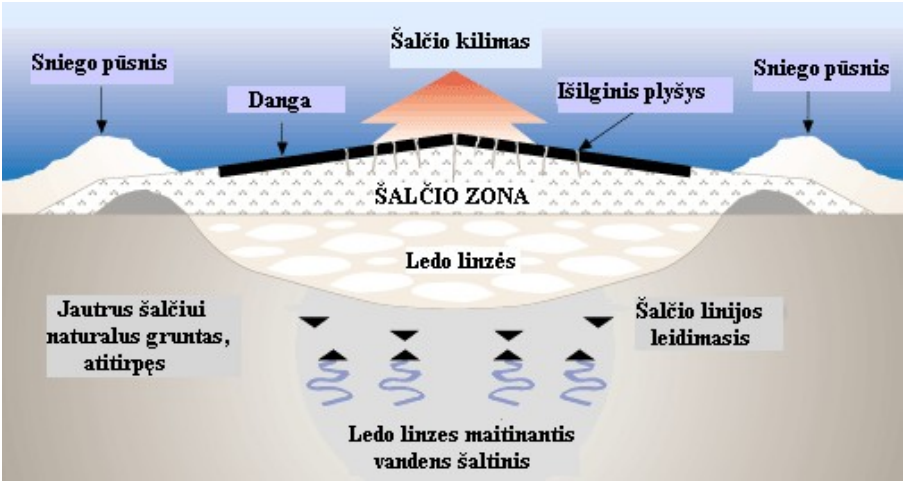
čia Q – vėjo jėga, N; ρ – oro tankis, kg/m^3; F – veikiamas plotas, m^2; v – vėjo greitis, m/s.

Numatant priemones, apsaugančias kelią nuo užpustymo, reikia žinoti sniego, kritulių, pūgų režimą, nuolatinės sniego dangos susidarymo ir ištirpimo datas, sniego dangos mėnesinius storius, pūgų dažnumą ir jų intensyvumą. Duomenys apie sniego dangos storį būtini ir projektuojant sankasos aukštį.

Nustatant vandens pralaidų diametrus bei apskaičiuojant kitų vandens nuleidimo sistemos elementų parametrus, reikia žinoti galimą paviršinio vandens debitą. Šiam debitui apskaičiuoti būtini metiniai duomenys apie kritulių kiekį bei jų pasiskirstymą pagal mėnesį, lietaus intensyvumą, trukmę ir dažnį. Drenažo gylis lengviau parenkamas žinant grunto įšalo gylį.

Projektuojant šalčiui atsparius ir hidroizoliacinius sluoksnius, būtina žinoti įšalo gylį, sankasos ir hidroterminį režimą, oro temperatūros bei saulės radiacijos įtaką dangos paviršiaus įkaitimui. ***Didžiausią įtaką dangoms turi neigiama temperatūra, jos poveikis (2.8 pav.) gali būti išreiškiamas apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio storiu.*** Šio sluoksnio storis priklauso nuo grunto jautrio šalčiui.

Šalčio intensyvumui aprašyti gali būti naudojamas šalčio indeksas *FI* (Tighe *at al.* 2007). Šalčio indeksas apibūdinamas parų, kai temperatūra buvo neigiama, vidutine suma.



2.8 pav. Įšalo poveikio kelio konstrukcijai schema
Fig. 2.8. The scheme of the impact of frozen ground on road structure

$$FI = \sum_{i=1}^{n} (0 - T_i)\,, \tag{2.5}$$

čia *FI* – šalčio indeksas, ºC; T_i – vidutinė i-tosios paros temperatūra, °C; *n* – dienų skaičius metuose, kai vidutinė paros temperatūra būna neigiama (<0°C).

Vidutinė dienos temperatūra *T* nustatoma iš matavimų:

$$T = \frac{T_9 + T_{14} + 2T_{21}}{4}, \tag{2.6}$$

čia T_9 – oro temperatūra 9 val.; T_{14} – oro temperatūra 14 val.; T_{21} – oro temperatūra 21 val.

Šalčio indeksą kaip ir atlydžio indeksą (*TI* – angl. *Thawing Index*) (Tighe *et al.* 2007) galima apskaičiuoti naudojant KOSIS duomenis (oro ir kelio paviršiaus temperatūras):

$$TI = -T_{ref}, \tag{2.7}$$

čia *TI* – atlydžio indeksas, išreiškiamas dienomis su tam tikra temperatūra, ºC; T_{ref} – apskaičiuota temperatūra, ºC.

$$T_{ref} = \overline{T_{Air}} - \overline{T_{Sfc}} \cdot \frac{\sum (T_{Sfc_i} - \overline{T_{Sfc}}) \cdot (T_{Air_i} - \overline{T_{Air}})}{\sum (T_{Sfc_i} - \overline{T_{Sfc}})^2}, \tag{2.8}$$

$$\overline{T_{Air}} = \sum_{i=1}^{N} T_{Air_i}, \tag{2.9}$$

$$\overline{T_{Sfc}} = \sum_{i=1}^{N} T_{Sfc_i}, \tag{2.10}$$

čia N – taškų (vietų) skaičius, naudojamas linijinės regresijos analizėje; T_{Air_i} – oro temperatūros reikšmė konkrečioje vietoje *i*-tąją dieną; T_{Sfc_i} – paviršiaus temperatūros reikšmė konkrečioje vietoje *i*-tąją dieną.

Atlydžio indeksas apibūdina didėjančios oro temperatūros įtaką kelio paviršiui. Atlydžio indeksas naudojamas, kad būtų galima atsekti pavasario atodrėkio trukmę keliuose.

Dangos konstrukcijos storis turi užtikrinti ne tik pakankamą atsparumą šalčiui, bet ir pakankamą atsparumą šalčiui.

Rajonuose, kuriuose kelio konstrukcija įrengiama ant šalčiui jautrios sankasos, projektuojant kelio dangos konstrukciją turi būti nustatytas mažiausias šalčiui atsparios kelio dangos konstrukcijos storis.

Pagrindiniai veiksniai, nulemiantys sankasos ir kelio dangos konstrukcijos reikiamą atsparumą šalčiui, yra:

- Nejautrių arba mažai jautrių šalčiui gruntų naudojimas viršutinei sankasos daliai, esančioje peršalimo zonoje, įrengti.
- Kelio konstrukcijos reikiamo iškėlimo virš gruntinio ar paviršinio vandens lygio užtikrinimas.
- Apsauginių šalčiui atsparių sluoksnių, kurių medžiagos tūris nesikeičia veikiant šalčiui ir drėgmei, įrengimas. Arba šilumą izoliuojančių medžiagų, kurios sulaiko šalčio skverbimąsi į žemiau esančius sluoksnius ir sumažina žemės sankasos įšalo gylį, panaudojimas.
- Drenuojančių arba izoliuojančių sluoksnių įrengimas.

Kelio dangos konstrukcijos atsparumo šalčiui skaičiavimai atliekami charakteringiems kelio ruožams arba jų grupėms, kuriuose panašios gruntinės ir hidrologinės sąlygos, panašus žemės sankasos drėkinimo pobūdis, o danga yra tokia pati. Kelio dangos konstrukcija atspari šalčiui, jeigu išpildoma sąlyga:

$$l_{išk} \leq l_{leist}, \tag{2.11}$$

čia $l_{išk}$ –sankasos grunto laukiamoji (projektinė) iškyla šąlant, cm; l_{leist} – leistinoji dangos iškyla šąlant, cm.

Leistinoji l_{leist} dangos konstrukcijos (dangos) iškyla šąlant žiemą yra tokia: monolitinei betono dangai – 3 cm, surenkamų elementų betono dangai ir asfalto dangai – 4 cm, patobulintajai dangai – 6 cm, nerišliai dangai – 10 cm.

Pagal drėkinimo pobūdį 1-ojo ir 2-ojo tipo vietovėse, kuriose gruntinis vanduo yra giliai, laukiamoji (projektinė) iškyla nustatoma formule:

$$l_{išk} = k_i \cdot z_š, \tag{2.12}$$

čia $z_š$ – didžiausias įšalo gylis, nustatomas pagal grunto įšalo žemėlapius, pridedant 50 cm dėl kelio didesnio negu aplinkos įšalo, dėl nuo kelio valomo sniego, sankasa įrengiama virš žemės paviršiaus, cm; k_i – grunto iškylos koeficientas.

Kai apskaičiuotoji iškyla viršija leistiną, dangos konstrukcijoje turi būti numatytas papildomas sluoksnis iš šalčiui atsparių medžiagų (smėlio, žvyro, skaldos), kuriose nesusidaro iškylos. Šis sluoksnis lyg pakeičia tam tikrą įšalusio

grunto sluoksnį, kuriame iškyla z_o susidaro didesnė, negu leistinoji. Šio papildomo sluoksnio storis nustatomas pagal formulę:

$$[l] = \frac{z_š \cdot k_i}{100} - \frac{z_o \cdot k_i}{100}. \qquad (2.13)$$

Kelio dangos ir šalčiui atsparių medžiagų sluoksnio šilumos laidumas dažniausiai skiriasi nuo sankasos grunto šilumos laidumo, todėl apibūdinant dangos atsparumą šalčiui nustatomas šio sluoksnio ekvivalentinis storis:

$$H_š = h_1 \cdot \varepsilon_1 + h_2 \cdot \varepsilon_2 + h_3 \cdot \varepsilon_3 + ...; \qquad (2.14)$$

čia $H_š$ – stabilių medžiagų sluoksnių ekvivalentinis storis, cm; h_1, h_2, $h_3 ... h_n$ – dangos konstrukcijos sluoksnių storiai, cm; $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, ...\varepsilon_n$ – dangos konstrukcijos sluoksnių medžiagos šilumos laidumo ekvivalentai.

Gruntų klasės pagal jautrį šalčiui skirstomos į nejautrius (F1), mažai, vidutiniškai jautrius (F2) ir labai jautrius (F3) (B priedas). Kai F1 jautrio šalčiui klasės gruntai, esantys po dangos konstrukcija, slūgso virš F2 ar F3 klasės gruntų, tuomet galima nerengti apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio. Kai F1 klasės gruntų sluoksnio storis mažesnis, ir kartu su dangos konstrukcija nepasiekiamas reikalingas atsparumas šalčiui, tuomet nustatoma giliau slūgstančių F2 ar F3 klasės gruntų įtaka mažiausiam šalčiui atsparios dangos konstrukcijos storiui. Atsparumas šalčiui turi būti pasiektas pakeičiant gruntus, įrengiant apsauginį šalčiui atsparų sluoksnį ar papildomą sluoksnį iš šalčiui nejautrių medžiagų.

Šalčiui atsparios dangos konstrukcijos pakankamas storis turi užtikrinti transporto eismo apkrovų pasiskirstymą ir apsaugoti dangą nuo susidarančių deformacijų dėl šalčio ir atšilimo poveikio.

Esant vietinėm sąlygom nevienodom, tikslinga dėl statybinių ir techninių priežasčių šalčiui atsparių dangos konstrukcijos sluoksnių storius ilgesnėse kelio atkarpose numatyti tokius pačius. Pradiniai duomenys F2 ir F3 jautrio šalčiui klasių gruntams pagal dangos konstrukcijos klases šalčiui atsparios dangos konstrukcijos mažiausiam storiui nustatyti nurodyti B priede.

2.3.2. Klimato veiksnių vertinimas tiesiant kelius

Pagrindiniai klimato veiksniai, tiesiant kelius yra krituliai, oro temperatūra, drėgmė, vėjo greitis ir kryptis, tačiau šių veiksnių atskiru metų periodu pagal svarbą eiliškumas skiriasi.

Įvairių pagrindo sluoksnių įrengimo darbai turi būti atliekami nežemesnėje oro temperatūroje, negu nurodyta norminiuose dokumentuose. Ši temperatūra turi priklausyti ir nuo naudojamų rišamųjų medžiagų kilmės. Rengiant pagrindo sluoksnius iš grunto ir neorganinių rišamųjų medžiagų mišinių, reikia reglamentuoti, priklausomai nuo oro temperatūros ir galimų kritulių, šių mišinių drėgnį. Oro temperatūra turi įtakos ir tokių mišinių sutankinimo trukmei. Kelio dangos ir pagrindo sluoksniai, naudojant organines rišamąsias medžiagas, turi būti rengiami sausu oru ir ne žemesnėje temperatūroje, negu nurodyta temperatūra normatyvuose. Klojant asfalto mišinį drėgnu oru, neįmanoma pasiekti reikiamo klojamo sluoksnio sukibimo su pagrindu ar apatiniu sluoksniu, o tai blogina dangos kokybę. Taip pat turi būti reglamentuota įvairių mišinių, o ypač griežtai – klojamo asfalto mišinio temperatūra. Karštieji ir šaltieji mišiniai klojami pavasarį ir vasarą, kai oro temperatūra ne žemesnė kaip 5 ºC, o rudenį – kai oro temperatūra ne žemesnė kaip 10 ºC. Šiltieji mišiniai klojami, kai oro temperatūra ne žemesnė kaip -10 ºC.

Priklausomai nuo oro temperatūros, vėjo greičio ir vietovės pobūdžio reikia reglamentuoti klotuvu paklojamo asfalto mišinio ruožo ilgį. Tai užtikrintų kokybiškesnes išilgines siūles.

Asfalto dangos mišinio aušinimo intensyvumas priklauso ne tik nuo technologinių asfalto savybių, sluoksnio storio ir sutankinimo laipsnio, bet ir nuo oro temperatūros bei vėjo greičio. Vidutiniškai nesutankinto mišinio aušinimo intensyvumas – 5–6 ºC/min., sutankinto mišinio aušimo intensyvumas – 1–15 ºC/min. Dangų paviršiaus apdorojimo darbai taip pat priklauso nuo temperatūros.

Kelio ženklinimo darbai taip pat priklauso nuo aplinkos temperatūros ir santykinės oro drėgmės.

Iš trumpai aprašytų tiesimo ir taisymo darbų galima sudaryti klimato veiksnių eiliškumą pagal svarbą tiesiant ir taisant kelius:

1) oro temperatūra;
2) oro drėgnumas;
3) vėjo greitis.

Vis dėlto visuose kelių tiesimo ir taisymo darbuose svarbiausia yra oro temperatūra, nuo jos priklauso daugelis kitų klimatinių parametrų.

2.3.3. Klimato veiksnių vertinimas prižiūrint kelius

Važinėdami automobilių keliais vairuotojai susiduria su daugybe įvairiausių meteorologinių veiksnių, kurie blogina važiavimo kokybę ir neretai sudaro avarinę situaciją.

Analizuojant didžiausią įtaką eismo dalyviui turinčių meteorologinių veiksnių atsiradimo tikimybę, pirmiausia reikėtų išskirti žiemos laiką, kai blogos ir ypač blogos eismo sąlygos gali susidaryti dėl septynių meteorologinių veiksnių

poveikio (pūgos, plikledžio, sniego, rūko, vėjo, žemos temperatūros ir didelio oro drėgnumo) (2.9 pav.) atskirai ir jų derinių. Rudenį ir pavasarį prastos važiavimo sąlygos gali susidaryti veikiant šiems šešiems veiksniams: plikledžiui, lietui, rūkui, vėjui, oro temperatūros kaitai ir dideliam drėgnumui). Vasarą tik keturi meteorologiniai veiksniai gali apsunkinti eismo sąlygas: lietus, rūkas, vėjas, aukšta oro temperatūra.

Klimatinės sąlygos (lietus, sniegas, plikšala, lijundra) gali sumažinti rato sukibimo su danga koeficientą iki 10 kartų. Matomumas priklauso ne tik nuo stebimo objekto geometrinių parametrų, bet ir nuo meteorologinių veiksnių: rūko, kritulių intensyvumo, oro drėgmės ir skaidrumo. Šiuo metu, nustatant matomumą, atsižvelgiama tik į geometrinius kelio parametrus.

Automobilių kelių priežiūra tiek technologiniu, tiek organizaciniu požiūriu visiškai priklauso nuo oro sąlygų. Lietingomis dienomis reikia stebėti, kaip funkcionuoja vandens nuleidimo sistema, kokia kelkraščių ir sankasos būklė. Sningant reikia valyti kelius, esant lijundroms – juos barstyti. Sausu ir karštu oru reikia mažinti žvyrkelių dulkėjimą. Esant didelei saulės radiacijai, sumažėja asfalto dangų stiprumas, į paviršių gali išplaukti bitumas.

2.9 pav. Meteorologinių veiksnių įtaka eksploatuojant ir prižiūrint kelius visais metų laikais
Fig. 2.9. Effect of meteorological factors on the use and maintenance of roads in all seasons

Meteorologiniai veiksniai veikia automobilio ar jų srauto važiavimo greitį, nulemia kelio dangos būklę ir daro įtaką vairuotojų reakcijai į aplinką:

- važiuojant naktį, lyjant, sningant, siaučiant pūgai ar esant rūkui, važiavimo greitis sumažėja, nes sumažėja matomumas ir vairuotojui sunkiau teisingai įvertinti situaciją kelyje;
- šlapia, apledėjusi ar apsnigta kelio danga turi gerokai mažesnį sukibimo koeficientą, dėl to sumažėja eismo saugumas, eismo dalyviams sunkiau manevruoti, be to, apsnigta kelio danga padidina pasipriešinimą riedėjimui, o tai didina kuro sąnaudas ir sumažina automobilio greitį;
- iškritus sniegui pakinta faktinis važiuojamosios dalies plotis: dažnai susidaro tik trys provėžos ir tai apsunkina automobilių galimybę prasilenkti;
- stiprus vėjas turi įtakos automobilio greičiui ir stabilumui;
- aplinkos oro temperatūra turi įtakos kelio dangos būklei, variklio temperatūriniam režimui, vairuotojo savijautai ir visa tai veikia važiavimo greitį.

Kelių priežiūra žiemą priklauso nuo žiemos trukmės, sniego dangos storio, pūgų režimo ypatumų, vėjo krypties, oro temperatūros ir t. t. Organizaciniu požiūriu kelių priežiūrą žiemą lemia pastovios sniego dangos atsiradimo ir ištirpimo datos.

Kaip jau buvo minėta 2.1 skyriuje, žiemos priežiūros organizaciniams uždaviniams spręsti kai kurios šalys naudoja žiemos indeksus (*ŽI*). Danija naudoja tam tikrą *ŽI* (V_i), apibrėžiantį žiemos sunkumą, susietą su kelių priežiūros palaikymu žiemą (Kirk 1998):

$$Vi = \sum_{1.october}^{1.maj} V_{day} \,, \tag{2.15}$$

$$V_{day} = a \cdot (b + c + d + e) + a \,, \tag{2.16}$$

čia a – dienos, kai kelių temperatūra žemesnė nei +0,5 ºC; b – dienos, kai kelių temperatūra žemesnė nei 0 ºC; c – dienos, kai kelių temperatūra kinta iš ±0,5 ºC į 0 ºC; d – dienos, kai prisninga daugiau nei 1 cm; e – dienos, kai yra sniego sąnašos.

Norvegijoje *ŽI* (NORIKS) (Mahle and Rogstad 2002) sistema yra įgyvendinta dviejuose rajonuose, tačiau iki šiol šis indeksas dar reguliuojamas ir teorija lyginama su tikrais duomenimis. Žiemos indeksas išskaičiuojamas iš vidutinių (1971–2000 m.) žiemos duomenų, kai atvejų skaičiai per pasirinktą laikotarpį (savaitę, mėnesį) yra sumuojami:

$$ŽI = \Sigma(TemperatūrosKilimas + TemperatūrosKritimas + Krituliai + SniegoSąnašos). \tag{2.17}$$

JAV kai kurių valstijų transporto departamentai taip pat naudojasi žiemos indeksais (Goodwin 2003), pavyzdžiui, Indianos transporto departamentas taiko *ŽI* (*WI*) visoms keturioms valstijos klimato zonoms. Jį apibūdina septyni klimato veiksniai:

$$ŽI = \Sigma\ 0{,}71839 \cdot Šaltis + 16{,}87634 \cdot Lijundra + 12{,}90112 \cdot SniegoSąnašos - 0{,}32281 \cdot Sniegas + 25{,}72981 \cdot SniegoDangosStoris + 3{,}23541 \cdot Audra - 2{,}80668 \cdot VidutinėTemperatūra. \quad (2.18)$$

Vašingtono transporto departamentas (Snow and ice databook 2006) naudoja šalčio indeksą, kuris yra žiemos indeksas be kritulių sniego pavidalu veiksnio. Viskonsinas taiko *ŽI* (*WI*), kurį apibūdina penki klimato veiksniai: snigimo atvejai (*SE*), lijundros atvejai (*FR*), sniego kiekis (*AMT*), audros trukmė (*DUR*) ir atvejai, kai yra suplūktas sniegas ir šerkšnas (*INC*):

$$WI = 10 \cdot \frac{SE}{63} + 5{,}9 \cdot \frac{FR}{21} + 8{,}5 \cdot \frac{ATM}{314} + 9{,}4 \cdot \frac{DUR}{1125} + 9{,}2 \cdot \frac{INC}{50}. \quad (2.19)$$

Hidroterminis sankasos režimas priklauso nuo temperatūros, grunto ir kelio dangos savybių, gruntinio vandens lygio ir t. t. Vidutiniškai gruntas įšąla 3–6 cm/parą greičiu. Viršutinis grunto sluoksnis atšyla 4 cm/parą greičiu, o įšalo apačioje – 0,6–0,7 cm/parą greičiu. Įšalo gylis priklauso nuo neigiamos temperatūros dydžio ir jos stabilumo pirmoje žiemos pusėje, sniego dangos storio ir grunto savybių. Po kelio danga gruntai įšąla giliau nei šalia esančiose sniegu padengtose vietose. Sankasos hidroterminis režimas, įšalo gylis, atšilimo ir pralaidumo ypatumai nusako planuojamos kovos su iškilomis priemones. Kelio konstrukcija nuolat drėkinama, džiovinama, šildoma, šaldoma, tokių procesų kaita vadinama hidroterminiu režimu. Blogiausios kelio eksploatacijos sąlygos yra, kai oro temperatūra pereina iš teigiamos į neigiamą, ir atvirkščiai. Kai temperatūra pereina per 0 ºC, tai ypač neigiamai veikia automobilių kelių dangą. Esant labai permainingoms temperatūroms, labiau poringa asfalto danga suyra.

Nukritus temperatūrai, asfalto dangoje esanti drėgmė sušąla, padidėja jos tūris, todėl danga pradeda trupėti, atsiranda įtrūkių.

Asfalto dangų plyšių ir duobių taisymo pavasarį temperatūra turėtų būti taip pat reglamentuojama. Klimatiniai veiksniai nulemia ir kelio želdinių priežiūros darbus.

2.4. Antrojo skyriaus išvados

1. Pasaulyje yra daug ir įvairių klimatinio rajonavimo principų. Rajonuojama ne tik pagal atskirus meteorologinius elementus, bet ir pagal jų kompleksus, atliekamas taikomojo pobūdžio klimatinis rajonavimas. Dėl didžiulės žmogaus ūkinės veiklos sričių, veikiamų klimato, įvairovės ir dėl įvairiopo klimato poveikio kitiems geografinės sferos komponentams negali būti bendros klimatinio rajonavimo schemos, kuri atitiktų įvairių veiklos šakų reikalavimus.

2. Daugelio šalių kelininkai naudojasi meteorologijos tarnybų sudarytais žemėlapiais iš daugiamečių duomenų. 1961–1990 metų klimatinio rajonavimo žemėlapiais naudojasi Vokietija, Islandija, Danija, Suomija, Norvegija, Švedija, Slovėnija, Kanada, 1971–2000 metų klimatinio rajonavimo žemėlapiais naudojasi Didžioji Britanija ir Suomija. Daugumos kitų šalių kelių tarnybos daugiausia dėmesio sutelkia į žiemos periodą, kai oro sąlygos ypač blogos.

3. Anksčiau visa Lietuvos teritorija buvo priskirta antrai kelių klimatinei zonai. Geografiniu požiūriu Lietuva papildomai surajonuota pagal būdingiausias oro sąlygų charakteristikas, kur rajonų nesieja vienas ar kitas klimatinis rodiklis. Projektuojant, tiesiant ar prižiūrint kelius reikėtų atsižvelgti ne tik į vidutinius visos Lietuvos klimato rodiklius, bet ir detaliai išnagrinėti artimiausių tam keliui LHMT bei KOSIS duomenis.

4. Didžiausią reikšmę projektuojant automobilių kelius turi šie klimato elementai: grunto įšalo gylis, įšalimo ir atšilimo ciklai, oro temperatūra, krituliai, jų kiekio pasiskirstymas per metus, intensyvumas, vėjas, jo stiprumas ir kryptis. Šie duomenys ypač svarbūs žiemą, kai būna pūga ir gali būti užpustomi keliai, sniego dangos formavimosi režimas, trukmė, susidarymo ir išnykimo data, pūgų dažnumas ir pan., dangos paviršiaus ir kitų sluoksnių temperatūra, rūkas.

5. Pagrindiniai klimato veiksniai, tiesiant kelius, yra oro temperatūra, drėgmė, vėjo greitis ir kryptis, tačiau šių veiksnių atskiru metų periodu pagal svarbą eiliškumas skiriasi. Kelių priežiūra žiemą priklauso nuo žiemos trukmės, sniego dangos storio, pūgų režimo ypatumų, vėjo krypties, oro temperatūros ir t. t.

6. Automobilių kelių tiesyba tiek technologiniu, tiek organizaciniu požiūriu labai priklauso nuo oro sąlygų: lietingomis dienomis reikia stebėti, kaip funkcionuoja vandens nuleidimo sistema, kokia kelkraščių ir sankasos būklė. Sningant reikia valyti kelius, esant lijundroms – juos barstyti. Sausu ir karštu oru reikia mažinti žvyrkelių dulkėjimą. Esant didelei saulės radiacijai, sumažėja asfalto dangų stiprumas, į paviršių gali išplaukti bitumas.

3

Lietuvos teritorijos rajonavimo pagrindimo tyrimai ir rezultatų vertinimas

Trečiame disertacijos skyriuje atlikta Hidrometeorologijos tarnybos ir Kelių oro sąlygų informacinės sistemos tyrimų metodų analizė bei LHMT daugiamečių (1961–1990 m.) ir KOSIS (1999–2008 m.) duomenų analizė bei vertinimas.

Skyriaus tematika paskelbti trys autoriaus straipsniai (Laurinavičius *et al.* 2007; Laurinavičius, Juknevičiūtė 2008a; Laurinavičius, Juknevičiūtė 2008c).

3.1. Tyrimų metodai

Klimatinė informacija, kuria remiantis skaičiuojami klimato parametrai, įvairūs kiekybiniai rodikliai yra gaunami iš įvairių šaltinių. Pirminė meteorologinė informacija yra meteorologijos stočių stebėjimų duomenys, kita meteorologinė informacija, ypač svarbi kelių projektavimui, tiesimui, priežiūrai ir eksploatacijai, yra gaunama iš kelių oro sąlygų informacinės sistemos. Tolesnio klimatinės informacijos apdorojimo pagrindas – sudaromos meteorologinių stebėjimų duomenų lentelės. Skaičiuojamos vidutinės paros, mėnesio ir metinės meteorologinių elementų reikšmės.

Duomenims kaupti pirmiausia pasirenkama duomenų bazė. Informacinių technologijų naudojimo galimybės (valdant duomenų bazes ir pan.) didina priimamų sprendimų kelių tiesyboje efektyvumą (Zavadskas *at al.* 2001). Pastaruoju metu populiariausios duomenų bazės, kuriose duomenys organizuojami pagal reliacinį modelį – tai reliacinės duomenų bazės (Zavadskas *at al.* 1999). Reliacinė duomenų bazė – tai tokia duomenų visuma kurioje informacija saugoma dvimatėse lentelėse.

Kiekviena lentelė susideda iš eilučių (dar vadinamų įrašais arba kortežais (record)) ir stulpelių (dar vadinamų laukais arba atributais (field)). Eilutėse yra duomenys apie pateiktus lentelėje faktus (vieno tipo objektus). Stulpelių ir eilučių susikirtimuose yra konkrečios saugomų lentelėje duomenų reikšmės (laukų reikšmės).

Reliacinėse DB kiekviena lentelė pasižymi tokiomis savybėmis:

- Visi įrašai yra vienodai organizuoti, turi tą pačią struktūrą. Visuose įrašuose yra tiek pat laukų, o laukai yra vienarūšiai, t.y. atskiro lauko reikšmės yra vieno tipo, tačiau skirtinguose laukuose gali būti skirtingų tipų duomenys;
- Lentelėje negali būti tuščių įrašų, taip pat identiškų įrašų, t.y. įrašų su pasikartojančiais duomenimis, nors atskiri duomenų elementai gali būti tušti arba pasikartojantys;
- Įrašų ir laukų išdėstymo tvarka lentelėje nėra svarbi. Atliekant duomenų apdorojimo operacijas lentelės eilutės ir stulpeliai gali būti peržiūrimi bei tvarkomi bet kuria tvarka, nepriklausomai nuo jų informacinio turinio.

Kiekvienai lentelei suteikiamas vardas. Lentelės vardas turėtų atspindėti atitinkamo realaus informacinio objekto pavadinimą, o laukų vardai – to objekto atributų pavadinimus.

Lentelėms nustatomi raktai, t.y. laukai ar laukų grupės, kurių įgyjamos reikšmės yra nepasikartojančios, taigi, šios reikšmės vienareikšmiškai identifikuoja tų lentelių įrašus. Lentelės gali turėti po kelis raktus, iš kurių konkrečiu momentu faktiškai naudojamas tik vienas – pirminis raktas (*primary key*). Jei pirminį raktą sudaro keli laukai, jis vadinamas sudėtiniu pirminiu raktu (*composite primary key*).

Į reliacinių DB sudėtį įeinančios lentelės tarpusavyje susiejamos.

Ryšį tarp atskirų lentelių nustato bendri, sutampantys tų lentelių laukai, kurie dar vadinami siejančiais laukais (išoriniu raktu). Taip susietų lentelių visuma ir apibrėžia reliacinį modelį.

Surinkta duomenų aibė apdorojama statistiškai. Statistika – tai ne paprastas skaičiavimas, o sistemingas ir tikslingas požymių, reiškinių ir daiktų žymėjimas skaitmenimis, atsižvelgiant į tam tikras jų ypatybes. Yra trys pagrindiniai statistikos darbo etapai:

- statistinis stebėjimas;
- duomenų sumavimas;
- statistinė analizė.

Statistinis stebėjimas gali būti ištisinis ir dalinis. Ištisinis statistinis stebėjimas apima visus be išimties stebimos visumos vienetus, kurie registruojami be jokių praleidimų. Šitaip surinkta medžiaga vėliau klasifikuojama ir analizuojama.

Visus tokio tyrimo etapus tiria ir nagrinėja taikomosios statistikos dalis, vadinama aprašomoji statistika (Martišius, Kėdaitis 2003; Martišius, Kėdaitis 2004). Aprašomosios statistikos tyrimo objektas yra statistinių metodų ir procedūrų visuma, orientuota į generalinių visumų tyrimą. Procesų aprašymas – bene svarbiausias aprašomosios statistikos tikslas. Jam pasiekti taikoma daugybė įvairių statistinių metodų ir procedūrų: grupavimas, vidurkiai, indeksai, koreliacija ir regresinė analizė, kiti daugiamatės statistinės analizės metodai (Čekanavičius, Murauskas 2000). Aprašomoji statistika – tai duomenų sisteminimo ir grafinio vaizdavimo metodai. Aprašomosios statistikos metodų taikymas yra labai svarbus statistinio uždavinio sprendimo etapas. Dažnai išsamus surinktos informacijos aprašymas ir duomenų grafikai leidžia daryti pagrįstas išvadas apie visos populiacijos nagrinėjamas savybes.

Taikomosios statistikos teorija iš esmės yra matematiniais, dažniausia tikimybiniais skaičiavimais grindžiama statistinė masinių procesų ir reiškinių tyrimų metodologija. Ji jungia tikimybių ir matematinės statistikos teorijas su konkrečių masinių procesų empiriniais statistiniais skaičiavimais, įrodymais ir samprotavimais (Čekanavičius, Murauskas 2004).

Statistinę duomenų analizę galima atlikti įvairiai: tiek naudojant specialias programas statistiniams skaičiavimams atlikti (Statistica, Epi Info 2000; Stadia, SPSS), tiek naudoti esamus kompiuterio resursus, t. y. naudoti *MS Windows* galimybes. Meteorologinių lentelių, mėnraščių ir metraščių duomenys rodo pirmąjį apdorojimo lygį.

- Pirmasis duomenų apdorojimo lygis – metai, mėnuo.
- Antrasis duomenų apdorojimo lygis – penkmetis.
- Trečiasis duomenų apdorojimo lygis – 30 metų laikotarpio klimato normos, patvirtintas Pasaulinės meteorologijos organizacijos (PMO). Visose šalyse skaičiuojamas 1961–1990 m. vidutinis meteorologinių elementų reikšmės, kurias galima lyginti tarpusavyje.

Ketvirtasis klimatinės informacijos lygis apima erdvinį klimato duomenų apibendrinimą: žemėlapių sudarymą, teritorijos rajonavimą. Žemėlapių sudarymui pasitelkiama **interpoliavimo metodu.** Geostatistinis paviršiaus modeliavimas – santykinai nauja paviršiaus modeliavimo šaka. Čia taikomi ne tik sudėtingi paviršiaus modeliavimo algoritmai, bet ir statistiniai matavimo duomenų apdorojimo metodai. Geostatistiniai uždaviniai ypatingi tuo, kad pradiniai matavimo rezultatai yra tarpiniai tarp grynai atsitiktinių ir grynai determinuotų dydžių.

Sprendžiant geostatistinius uždavinius tenka naudotis regionalizuotais duomenimis, kurių stochastinės savybės yra teritorijos geografinės padėties funkcijos. Interpoliacija – tai toks procesas, kai iš turimų aplinkinių reikšmių nustatomos apytikslės paviršiaus reikšmės tose vietose, kur nėra matavimų taškų. Interpoliacija naudojama taškiniams duomenims konvertuoti į ištisinį paviršiaus modelį. Interpoliuojama, kai:

• atskiri paviršiaus modeliai yra skirtingos skiriamosios gebos, ir, norint juos palyginti, reikia pakeisti tinklinio modelio ląstelių dydį arba orientaciją, pavyzdžiui, skenuotų duomenų (vaizdai iš palydovo, aerofotografijos) konvertavimas, transformavimas į kitą koordinačių sistemą, skenuotų vaizdų mozaikos sujungimas į vientisą vaizdą;

• ištisinis paviršiaus modelis perskaičiuojamas iš vieno duomenų modelio į kitą, pavyzdžiui, vaizdų mozaikos perskaičiavimas į kitą mozaiką arba nereguliarus trikampių tinklo perskaičiavimas į stačiakampių tinklinį modelį;

• turimi duomenys ne visiškai padengia vyraujantį paviršių, tuomet trūkstamos teritorijos paviršius apskaičiuojamas naudojantis jau turimais duomenimis.

Interpoliavimo metodai, skirti stačiakampių tinklo modelio paviršiui rasti iš netaisyklingai išsidėsčiusių pradinių duomenų taškų, gali būti globalūs ir vietiniai. Globalios paviršiaus interpoliavimo procedūros apskaičiuoja vieną funkciją, aprašančią visą modeliuojamą paviršių. Vietinio paviršiaus interpoliavimo procedūros veikia atvirkščiai – vertina paviršių pagal vienas po kito esančius tinklo susikirtimo taškus, skaičiavimams naudojant tik artimiausių taškų reikšmes.

Vietiniais interpoliavimo metodais vadinami tokie metodai, kurie paviršiaus reikšmėms apskaičiuoti naudoja artimiausius duomenų taškus. Paviršiaus interpoliavimas susideda iš šių etapų:

• analizuojamos teritorijos dydžio apie interpoliuojamą tašką radimas;

• artimiausių duomenų taškų suradimas;

• matematinio modelio pasirinkimas paviršiaus reikšmei apskaičiuoti pagal turimą ribotą aplinkinių taškų skaičių;

• skaitmeninio reljefo modelio paviršiaus reikšmės radimas.

Dažniausiai naudojami šie interpoliavimo metodai: krigingo, svorio, splaino ir daugianario. Iš visų šių metodų, sudarant teminius žemėlapius, buvo pasirinktas krigingo metodas.

Krigingo metodas – tai toks interpoliavimo metodas, kai nežinomos taškų reikšmės apskaičiuojamos matematiniu variogramų modeliu. Variograma – parametrinė funkcija, naudojama nustatant gretimų taškų koreliaciją (statistinę priklausomybę). Variograma surandami optimaliausi erdviniai sprendimai, nustatomi bendriausi struktūrinio pavaizdavimo ypatumai, įvertinami objektų matmenys ir padėtis. Variograma rodo ribas teritorijų, kuriose išmatuoti dydžiai turi apibrėžto diapazono reikšmes. Variogramų privalumas – paprastas matema-

tinis realizavimas. Su *krigingu* susijusios procedūros apima matavimų klaidų bei netikslumų įvertinimus.

Nepalanki *krigingo* savybė – sudėtingas skaičiavimas. Reikia išspręsti dideles lygčių sistemas kiekvienai *krigingo* metodu skaičiuojamai tinklinio modelio ląstelei, todėl, modeliuojant reljefą *krigingo* metodu, reikia daugiau kompiuterio resursų negu interpoliuojant kitais reljefo modeliavimo metodais. Be to, reikia skirti daug dėmesio išankstinei duomenų analizei, variogramos formai ir gretimų zonų dydžiui nustatyti. Modeliuojant paviršių *krigingo* metodu rezultatai, skirti paviršiui sudaryti, generuojami pagal pradinių duomenų reikšmes. Atsitiktinės pradinių duomenų paklaidos eliminuojamos atitinkamomis procedūromis. Paprastasis *krigingas* naudoja modelį, išreikštą formule (Kumetaitienė 2006):

$$H(s) = \mu \pm \varepsilon(s), \tag{3.1}$$

čia $H(s)$ – s taško aukščio reikšmė; μ – nežinomo aukščio vidurkio reikšmė; $\varepsilon(s)$ – nepriklausoma atsitiktinė paklaida.

Vidurkis apskaičiuojamas iš aplinkinių žinomų taškų reikšmių.

3.1.1. Meteorologijos stotys

1770 m. prasidėjo pirmieji meteorologiniai instrumentiniai stebėjimai Vilniaus universiteto astronomijos observatorijoje. Kadangi kitose Lietuvos vietose meteorologiniai stebėjimai pradėti daug vėliau, paskutinių dviejų šimtmečių temperatūros svyravimai Lietuvoje nagrinėjami pagal Vilniuje atliktus ir atliekamus stebėjimus. Kitose Lietuvos vietose išmatuota temperatūra su Vilniaus temperatūra glaudžiai koreliuoja – r = 0,96–0,98.

Klimato norma – vidutinė laikotarpio reikšmė, apskaičiuota iš vienarūšių, palyginti ilgo laikotarpio, apimančio mažiausiai tris nuoseklius dešimtmečius, duomenų.

Standartinės klimato normos – vidutinės klimatinių duomenų reikšmės, apskaičiuotos nuosekliems trisdešimties metų laikotarpiams: 1901-01-01–1930-12-31, 1931-01-01–1960-12-31, 1961-01-01–1990-12-31, 1991-01-01–2020-12-31 ir t. t.

Šiuo metu Lietuvoje veikia 21 meteorologijos stotis ir 32 postai (3.1 pav.), atliekami standartiniai stebėjimai pagal bendrą programą: 03, 06, 09, 12, 15, 18 ir 21 h vidutiniu Grinvičo laiku. Stebimi oro temperatūros ir drėgnumo, kritulių, debesuotumo, atmosferos slėgio, vėjo, saulės spinduliavimo rodikliai, atmosferos reiškiniai, sniego danga bei dirvos temperatūra (Statybinė klimatologija 1995). Meteorologinė aikštelė Šiauliuose parodyta 3.2 paveiksle.

3.1 pav. Hidrometeorologijos tarnybos stebėjimo stočių tinklas (Hidrometeorologijos tarnybos stebėjimo stočių tinklas 2009)
Fig. 3.1. Network of observation stations of the Lithuanian Hydrometeorological Service

3.2 pav. Meteorologinė aikštelė Šiauliuose
Fig. 3.2. Meteorological ground in Šiauliai

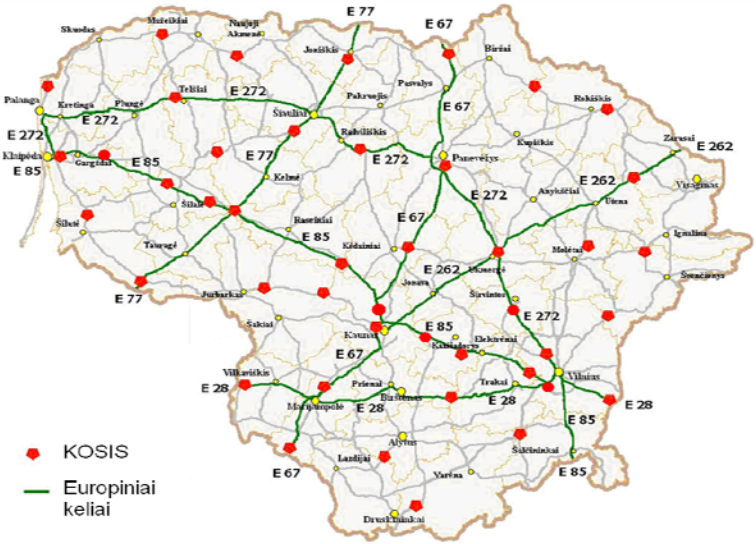
Kritulių stebėjimai pradėti 1887 m. Vilniuje. Buvo nustatomas kiekis kritulių, iškritusių per tam tikrą laikotarpį: metus, mėnesį ar dieną. Pirmieji reguliarūs

lietaus intensyvumo matavimai (Grušaitė 2009, Rimeika 2000) pradėti Kaune ir Telšiuose – 1924 m.

Įšalo gylis Lietuvoje pradėtas matuoti 1923–1924 m., tačiau matavimai buvo daromi kartą per mėnesį, iškertant sušalusio grunto monolitus iki neįšalusio grunto ribos. Aišku, tokie matavimai buvo sudėtingi ir netikslūs. Nuo 1955–1957 metų įšalo gylis pradėtas matuoti A. Danilino pašalomačiu (C priedas). Maždaug nuo 2000 metų grunto įšalo matavimai atliekami 21 vietovėje: Biržuose, Rokiškyje, Utenoje, Ukmergėje, Panevėžyje, Dotnuvoje, Šiauliuose, Radviliškyje, Raseiniuose, Telšiuose, Tauragėje, Šilutėje, Vėžaičiuose, Kaune, Trakuose, Vilniuje, Švenčionyse, Kybartuose, Marijampolėje, Varėnoje ir Lazdijuose (Masaitytė ir Rimkus 2002).

3.1.2. Kelių oro sąlygų informacinė sistema

Automobilių kelių projektavimas, tiesimas, taisymas bei priežiūra negali būti planuojami neįvertinus klimatinių sąlygų bei veiksnių, darančių įtaką šioms sąlygoms. Tokiu tikslu nuo 1999 metų Lietuvos magistraliniuose ir krašto keliuose buvo pradėta rengti Kelių oro sąlygų informacinė sistema, kurios pagrindą sudaro automobilių keliuose įrengiamos meteorologinės stotelės (3.3 pav.).



3.3 pav. KOSIS stotelių išdėstymas (Laurinavičius *et al.* 2008)
Fig. 3.3. Distribution of RWIS stations

KOSIS – tai kompiuterizuota sistema, kuri automatiškai registruoja automobilių kelių dangos fizinius parametrus bei meteorologines sąlygas keliuose ir atitinkamai informuoja apie važiavimo sąlygas. KOSIS galima išmatuoti oro temperatūrą, oro santykinę drėgmę, rasos taško temperatūrą, kritulių skaičių, kritulių kiekį ir tipą, kelio dangos paviršiaus temperatūrą, dangos konstrukcijos temperatūrą 7, 20, 50, 80, 110 ir 130 cm gyliuose, vėjo kryptį ir greitį, matomumą, užšalimo galimybę/būseną, duomenis suskirstant pagal datą, laiką ir stoteles. Labai svarbu žinoti šių parametrų išvestinę charakteristiką – kelio dangos konstrukcijos temperatūros įvairiuose gyliuose perėjimo per 0 ^{o}C ciklų skaičių bei bendrą įšalo gylį. Visi gaunami duomenys kaupiami ir apdorojami LR susisiekimo ministerijos Automobilių kelių direkcijos duomenų bazėje, kuri iš KOSIS duomenimis papildoma kelis kartus per metus.

Šiuo metu veikia 48 meteorologinės stotelės (Laurinavičius *et al.* 2008).

Vietų parinkimas KOSIS stotelėms išdėstyti

Vidutinio klimato juostoje meteorologinės sąlygos sudaro svarbią dalį informacijos, kuri reikalinga norint valdyti ir kontroliuoti transportą intensyvaus eismo keliuose ir transporto mazguose, laiku ir kokybiškai vykdyti kelių priežiūros žiemą darbus.

Kelio inžinerijos darbuotojai ir meteorologai jau seniai bendradarbiauja siekdami užtikrinti kelių peržiūra žiemą ir palaikyti kiek galima saugesnes eismo sąlygas keliuose. Kokybiškesnė oro prognozė ne tik leidžia sutaupyti kelio priežiūros sąnaudas. Sudėtingų oro sąlygų keliuose prognozės sistemų naudojimas kelio priežiūros departamentuose kai kuriose Europos šalyse (pvz., Švedijoje, Suomijoje, Didžiojoje Britanijoje ir kt.) suveikė kaip katalizatorius racionalizuojant kelio priežiūros procedūras. Šiose šalyse informacija apie oro sąlygas keliuose teikiama skubios pagalbos ir komunalinėms tarnyboms bei plačiajai visuomenei.

Stacionariųjų meteorologijos stočių (SMS) pakelėse rodmenys sudaro tik fragmentinį oro sąlygų vaizdą. Kita vertus, optimaliai išdėstyti SMS įmanoma tik gerai žinant mikroklimatinius kelio ypatumus.

Šaltomis žiemos naktimis, vyraujant giedriems arba mažai debesuotiems bei nevėjuotiems orams, kelio paviršiaus temperatūra nedideliame kelių dešimčių kvadratinių kilometrų plote gali kisti daugiau 10 °C. Tai reiškia, kad kai kurios kelios atkarpos gali likti neapšalusios, kai daugumos kelio ruožų paviršiaus temperatūra nukrito žemiau 0 °C. Prognozę, kaip ilgai ir kiek laipsnių žemiau 0 °C atšals kelio paviršius, vidutiniškai visame regione gali sudaryti sinoptikai, tačiau tokiose prognozėse nebūna nurodyti konkrečiuose kelio ruožuose susidarantys kelio dangos temperatūros skirtumai. Todėl riboti plotai, kuriuose kelio paviršiaus temperatūra valandai ar daugiau gali nukristi iki 0 °C, yra didesnė problema negu kelio atkarpos, kuriose paviršius temperatūra gerokai žemiau 0 °C. Ieškant tinkamų vietų SMS, būtina rasti tokius kelio taškus, kuriose pirmiausia pasireiš-

kia nepalankios meteorologinės sąlygos. Tam tikslui naudojama mobili meteorologinė aparatūra (MMA), leidžianti sudaryti meteorologinių parametrų (oro ir kelio paviršiaus temperatūros ir santykinės oro drėgmės) pjūvius išilgai kelio trasų (Laurinavičius *at al.* 2005). Stočių išdėstymo vietoms parinkti sudaromi specialūs temperatūriniai grafikai.

Temperatūriniai grafikai – tai grafinė ir skaitmeninė informacija, apibūdinanti kelio paviršiaus temperatūros kitimą išilgai matuojamosios kelio atkarpos šaltojo metų laikotarpio naktimis.

Šie grafikai padeda optimaliai išdėstyti SMS ir tokiu būdu atpigina visą sistemą. Naudojant temperatūrinius grafikus, interpoliacijos būdu randami temperatūriniai kelio parametrai tarp SMS. Temperatūriniai grafikai papildo SMS teikiamą informaciją, iš jų galima gauti bet kurio trasos taško terminius parametrus ir sudaryti analitinius kelio temperatūrinės būsenos modelius žiemos sezonu. Temperatūriniai grafikai parodo tik santykinius kelio dangos minimalios temperatūros skirtumus įvairiuose kelio ruožuose. Jie naudingiausi ten, kur žiemą minimalios oro temperatūros artimos 0 °C.

Kuriant stacionarų meteorologijos stočių tinklą, priklausomai nuo kelių tankumo ir mikroklimatinių skirtumų rajone, paprastai viena SMS įrengiama maždaug 250 km^2 plote.

Tikslinga SMS būtų įrengti įvairaus mikroklimato vietose, siekiant išvengti per daug optimistinių ar pesimistinių rezultatų. Pvz., jeigu SMS išdėstyti tik šaltuose taškuose, susidaro pesimistinis kelio oro sąlygų rajone vaizdas.

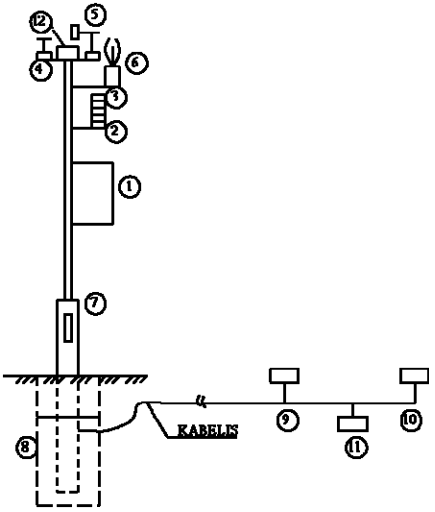
KOSIS matavimo stoties sudedamosios dalys

3.4 pav. KOSIS stotelė
Fig. 3.4. Station of RWIS

Kelių oro sąlygų informacinės sistemos (KOSIS) (3.4 pav.) funkcinę struktūrą sudaro:

- matavimo stotys, išdėstytos pagrindiniuose automobilių keliuose;
- GSM ryšio posistemis tarp matavimo stočių ir pagrindinio kompiuterio;
- pagrindinis sistemos kompiuteris, į kurį patenka iš matavimo stočių gaunama informacija;
- regioninės darbo stotys, kuriose prieinama vartotojams reikalinga informacija, apdorota ir pateikta pagrindinio kompiuterio;
- keičiamieji kelio ženklai, valdomi iš VĮ „Automagistralė“ arba pagrindinio kompiuterio.

Ryšys tarp pagrindinio kompiuterio ir regionų darbo stočių vyksta KOSI sistemos naudojamu vidiniu tinklu. Pagrindinis sistemos kompiuteris yra LAKD (Lietuvos automobilių kelių direkcija) patalpose.



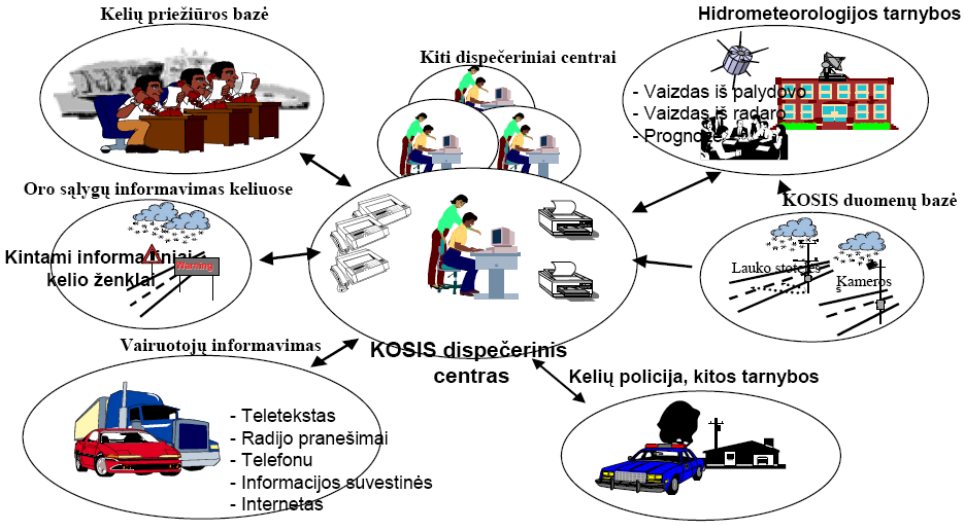
Eksplikacija:
1. Aparatūros blokas
2. Daviklis santykinei oro drėgmei matuoti
3. Daviklis oro temperatūrai matuoti
4. Daviklis vėjo greičiui matuoti
5. Daviklis vėjo krypčiai matuoti
6. Daviklis kritulių kiekiui, jų pobūdžiui ir intensyvumui matuoti
7. Metalinė atrama
8. Betoninis pamatas
9. Daviklis dangos paviršiaus temperatūrai matuoti
10. Pasyvus dangos būklės daviklis FP 2000 (prieš tai buvo daviklis kelio dangos paviršiaus užšalimo taškui matuoti)
11. Daviklis apatinių dangos sluoksnių temperatūrai matuoti
12. Daviklis matomumui matuoti
13. Video kamera
14. Nuotoliniai davikliai

3.5 pav. KOSIS matavimo stoties sudedamosios dalys
Fig. 3.5. Component parts of RWIS measuring stations

Automatinės matavimo stotys yra pagrindinis KOSIS elementas, nes jos pateikia visą sistemai reikalingą informaciją. Matavimo stotis GMS – tai švedų bendrovės Enator Telub AB pagaminta stotis. Ši stotis patikimai funkcionuoja be vidinio arba išorinio aparatūros šildymo visomis oro sąlygomis, kai oro temperatūra yra tarp –50 °C ir +50 °C bei santykinis oro drėgnumas nuo 0 iki 100 %. Stoties davikliai montuojami ant stiebo nuo 3 iki 6 m aukštyje. Į stacionarios matavimo stoties komplektą (3.5 pav.) įeina daug daviklių pagrindiniams klimato parametrams fiksuoti.

Plačiau apie KOSIS matavimo stoties sudedamąsias dalis ir jų veikimo principus aprašyta C priede.

KOSIS funkcionavimo schema



3.6 pav. KOSIS principine schema (LAKD KOSIS...2005)
Fig. 3.6. The principle scheme of RWIS

Regioninėse kelių įmonėse funkcionuoja darbo stotys, per kurias šių įmonių operatoriai stebi savo regiono kelių būklę. Pagrindinis sistemos valdymo kompiuteris su atitinkama programine įranga ir kelios darbo stotys, reikalingos sistemai valdyti, jos darbo kontrolei ir šalies kelių tinklui stebėti, priklauso Lietuvos automobilių kelių direkcijai.

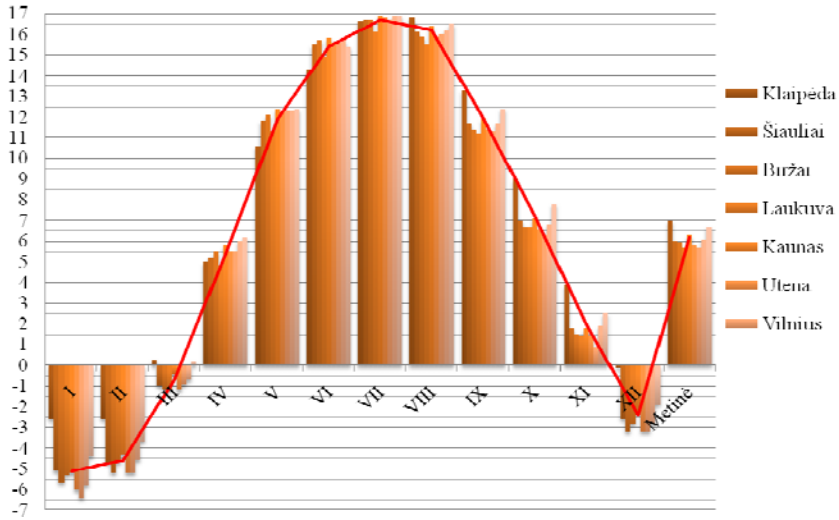
Sistemos funkcionavimą turi užtikrinti tokios darbo grupės: analizės, perspektyvinės plėtros ir operatyviosios kontrolės poskyris, kelių temperatūrinių grafikų grupė, matavimo stočių ir keičiamųjų kelio ženklų remonto bei techninės priežiūros padalinys.

3.2. Meteorologijos stočių duomenų analizė

Meteorologijos stotyse stebėjimai atliekami ir į Hidrometeorologijos tarnybą perduodami 8 kartus per parą 21, 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 val. vidutiniu Grinvičo laiku (VGL). Pirmas paros stebėjimų laikas yra 21 val. VGL (23 val. žiemos vietos

laiku). Visi duomenys surašomi orų žemėlapyje meteorologinėms prognozėms pateikti LAKD šaltuoju metų laiku (lapkritis–kovas), penkis kartus per parą gali gauti artimiausių 6 ir 12 valandų oro prognozę. Temperatūra ir vėjas apibūdinami kiekybiniais terminais. Krituliams ir reiškiniams apibūdinti naudojami kokybiniai terminai – lijundra, pūga, pustymas, sniegas ir kt.

Oro temperatūra

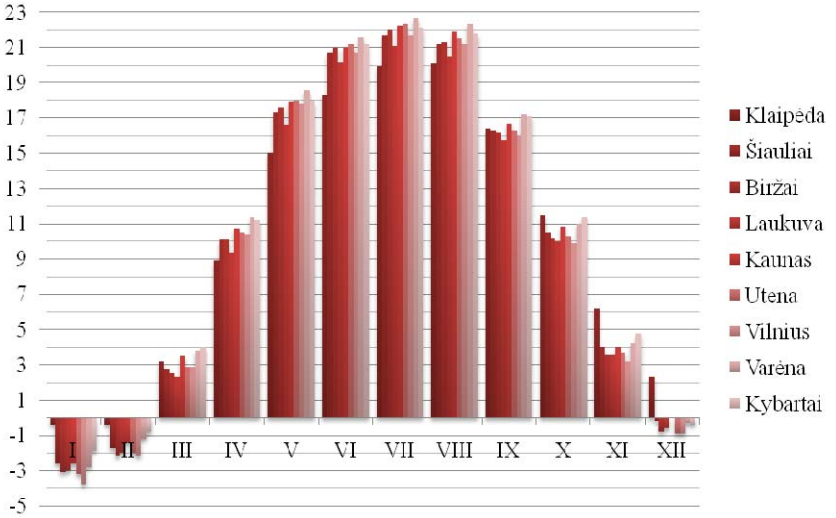


3.7 pav. Vidutinė oro temperatūra 1961–1990 m., °C
Fig. 3.7. Mean air temperature**,** 1961–1990, °C

Šilčiausias mėnuo Lietuvoje yra liepa, o pajūryje ir Kuršių nerijoje – rugpjūtis. Beveik visoje Lietuvoje, išskyrus pajūrį, šalčiausias yra sausis (3.7 pav.). Pajūryje šalčiausias yra vasaris. Šilčiausio (liepos) mėnesio vidutinė temperatūra svyruoja nuo +16 °C Žemaičių aukštumoje iki +18 °C Lietuvos pietuose, o šalčiausio (sausio) mėnesio – nuo –3 °C pajūryje iki –6,5 °C Rytų Lietuvoje (būdingiausias žiemos šaltis – nuo –5 iki –10 °C).

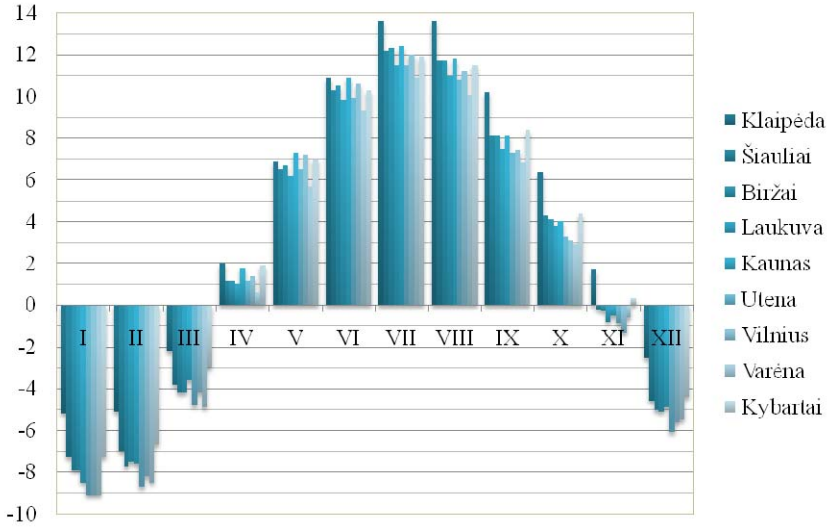
Paskutiniaisiais metais oro temperatūra apie porą laipsnių aukštesnė negu norminė (C priedas), tik gegužės, birželio ir rugpjūčio mėnesiais temperatūra buvo panaši į norminę.

Vidutinė aukščiausia oro temperatūra (3.8 pav.) vasarą būna liepos–rugpjūčio mėnesiais. Lietuvos pajūryje vos daugiau nei 20 °C pakyla rugpjūty, o likusioje Lietuvos dalyje vidutinė aukščiausia temperatūra fiksuojama liepą: pietinėje ir rytinėje Lietuvos dalyse nuo 22,3 °C kinta iki 22,7 °C.



3.8 pav. Vidutinė aukščiausia oro temperatūra 1961–1990 m., °C
Fig. 3.8. Mean maximum air temperature, 1961–1990, °C

Vidutinė žemiausia oro temperatūra (3.9 pav.) nuo –5 °C iki –9 °C pasiskirsto nuo Lietuvos vakarinės dalies prie pietrytinės dalies sausio mėnesį. Šiaurinėje Lietuvos dalyje vidutinė žemiausia temperatūra užfiksuota apie –8 °C.



3.9 pav. Vidutinė žemiausia oro temperatūra 1961–1990 m., °C
Fig. 3.9. Mean minimum air temperature, 1961–1990, °C

Vidutinė oro temperatūra pereina žemiau 0 °C jau nuo lapkričio pabaigos (C priedas) visoje Lietuvos teritorijoje, išskyrus vakarinę Lietuvos dalį, kurioje minusinė paros temperatūra dažniausia pasireiškia gruodžio pradžioje. Vidutinės paros oro temperatūros kilimas (aukščiau 0 °C) slenka nuo Lietuvos pajūrio kovo viduryje į Lietuvos rytus kovo pabaigoje.

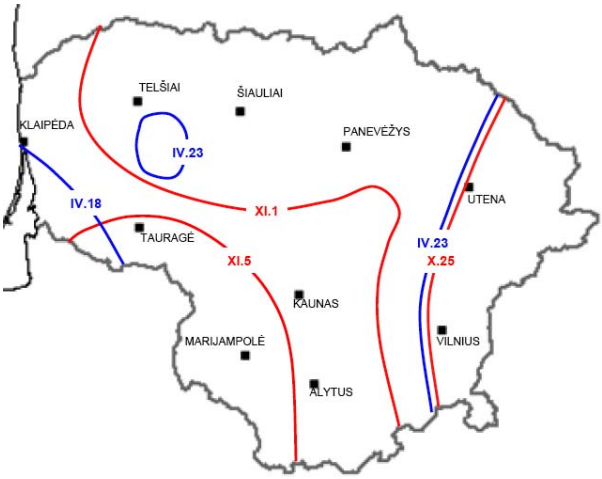
Krituliai

Lietingiausia Lietuvoje yra liepa ir rugpjūtis (79–77 mm), rytinėje respublikos dalyje – birželis, o pajūryje – rugsėjis. Mažiausiai kritulių iškrinta vasario, kovo (33–36 mm) mėnesiais (C priedas). Šių metų birželio ir liepos kritulių kiekis viršijo norminį virš 20 mm.

Sniego danga

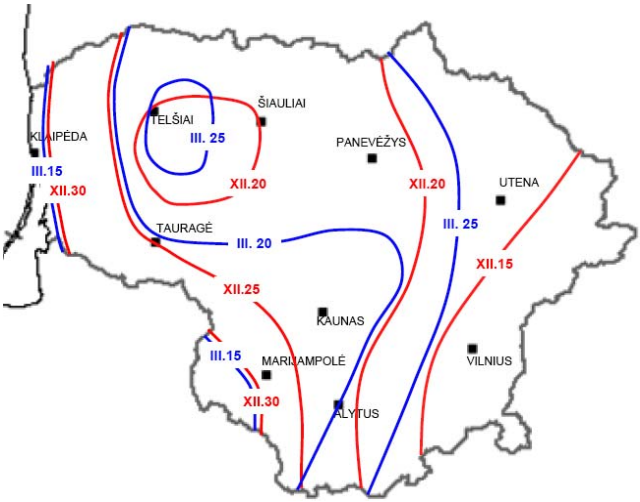
Apie 70 % pirmasis ir paskutinis sniegas iškrinta vienu metu visoje Lietuvos teritorijoje.

Vidutiniškai pirmasis sniegas pasirodo spalio pabaigoje rytinėje Lietuvos dalyje (3.10 pav.), lapkričio pradžioje – likusioje Lietuvos teritorijoje, o paskutinio sniego iškritimo data būna balandžio pabaigoje visoje Lietuvoje.



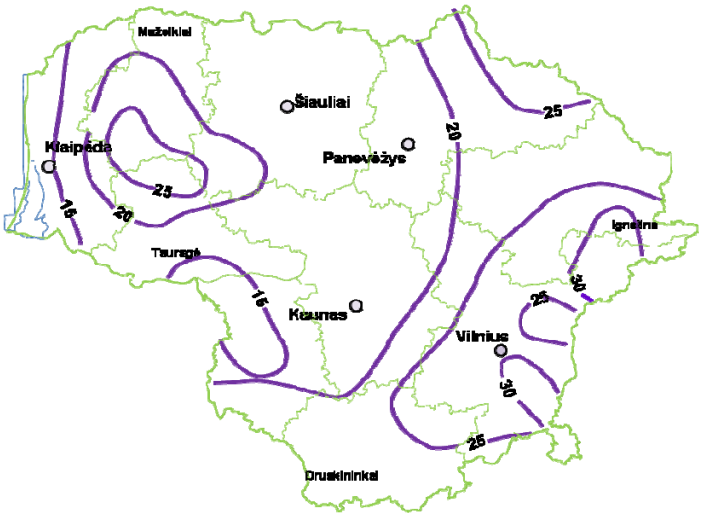
3.10 pav. Vidutinės pirmojo ir paskutinio sniego iškritimo datos (Kažys 2006)
Fig. 3.10. Average dates of the first and the last snowfall

Vidutiniškai pastovi sniego danga (3.11 pav.) susidaro nuo gruodžio 15 d. Lietuvos rytuose iki gruodžio 30 d. pietinėje Lietuvos dalyje. Pastovios sniego dangos išnykimo data dažniausiai būna kovo viduryje pajūryje, o likusioje Lietuvos dalyje – kovo pabaigoje.



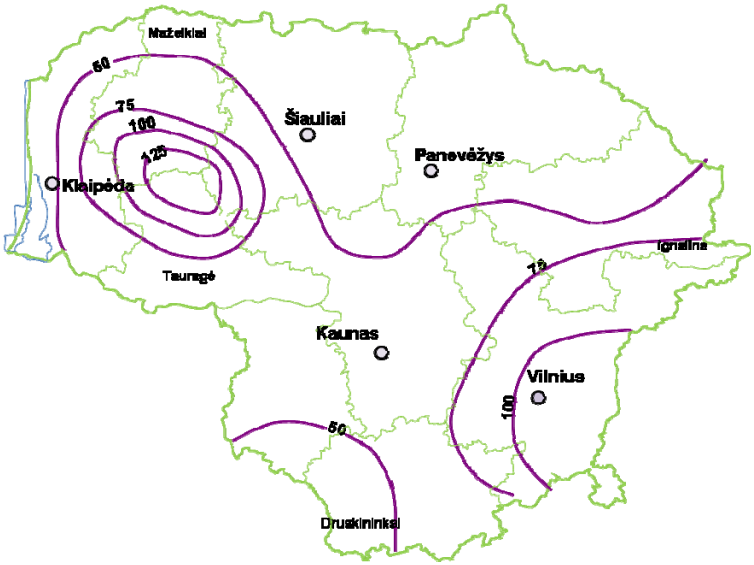
3.11 pav. Vidutinės pastovios sniego dangos susidarymo (raudona linija) ir išnykimo (mėlyna linija) datos (Kažys 2006)
Fig. 3.11. Dates of the average stable snow cover formation (red line) and disappearance (blue line)

Didžiausias sniego dangos storis Lietuvos teritorijoje (3.12 pav.) kinta nuo 10 cm Lietuvos pajūryje iki 35 cm rytinėje Lietuvos dalyje.



3.12 pav. Didžiausias sniego dangos storis, cm
Fig. 3.12. Maximum thickness of snow cover, cm

Pūga



3.13 pav. Vidutinė pūgų trukmė per metus, valandomis
Fig. 3.13. Average duration of snowstorms per year, hours

Lietuvoje pūgų trukmė kinta nuo 50 iki 125 valandų per metus. Trumpiausiai pūga pasireiškia (iki 50 val.) Lietuvos pajūryje, šiaurinėje bei pietinėje (apie Lazdijus) dalyse, ilgiausiai – nuo 125 val. – vakarinėje Lietuvos dalyje (3.13 pav.).

Lijundra

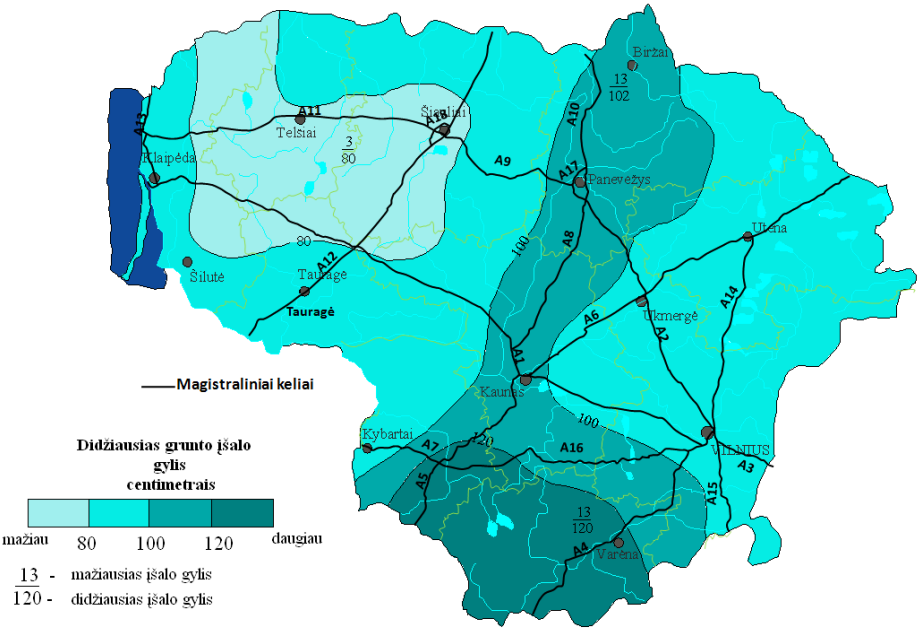
Lietuvoje palankios sąlygos lijundrai susidaryti (didelis santykinis oro drėgnumas ir dažni temperatūros svyravimai, dažni šiltieji atmosferos frontai šaltuoju metų laiku). Lijundros atvejų užfiksuojama nuo spalio iki balandžio mėnesių. Dažniausiai lijundra pasireiškia vakarinėje Lietuvos dalyje. Vienos lijundros trukmė paprastai neviršija 12 valandų, tačiau pasitaiko atvejų, kai ji trunka net kelias paras (C priedas).

Grunto įšalas

Lietuvos rajonavimo žemėlapis pagal įšalo susidarymo datą ir trukmę (C priedas) rodo, kad Lietuvoje pirmojo įšalo pasirodymo data būna lapkričio mėnesio pirmąjį ir antrąjį dešimtadienį su 120–131 dienų įšalo trukme. Pastovusis įšalas susidaro gruodžio mėnesio pirmąjį ir antrąjį dešimtadienį. (Taminskas ir Švedas 2005).

Pavasarį, vidutiniškai balandžio pirmame dešimtadienyje, įšalas išeina. Anksčiausiai dirvos atitirpsta pajūryje ir pietvakariuose, vėliausiai – šiaurės rytuose. Kai pavasaris labai šaltas, o įšalas būna gilus, dirvos atitirpsta tik balandžio pabaigoje. Didžiausią gylį įšalas pasiekia žiemos pabaigoje (vasario–kovo mėn.).

Esant tiek daug dirvos įšalimą įtakojančių veiksnių, susiformuoja labai margas didžiausio įšalimo gylio žemėlapis (3.14 pav.).



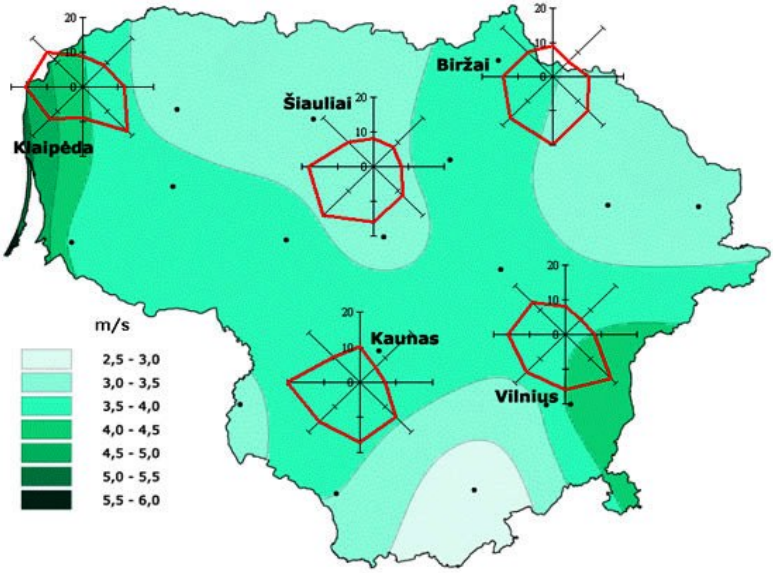
3.14 pav. Didžiausias ir mažiausias grunto įšalimo gylis centimetrais (Juknevičiūtė, Laurinavičius 2008)

Fig. 5.14. Maximum and minimum depth of frozen ground in centimetres

Mažiausias grunto įšalo gylis būna Žemaičių aukštumose (apie 80 cm). Giliausiai dirva įšąla Pietų Lietuvoje, Vidurio Lietuvos žemumoje dirva palyginti taip pat giliai įšąla (nuo 100 iki 120 cm).

Vėjas

Stipriausi vėjai pučia lapkritį–sausį (pajūryje – 6–7 m/s, kitur – 3–5 m/s), o silpniausi – gegužės–rugsėjo mėn. (pajūryje – 4–5 m/s, kitur – 2–3 m/s).



3.15 pav. Vidutinis metinis vėjo greitis ir vyraujančios vėjo kryptys. Klimato norma, 1961–1990 m.
Fig. 3.15. Average annual wind speed and prevailing wind directions

Vidutinis vėjo greitis pagal daugiamečių stebėjimų normas (1961–1990 m.) (3.15 pav.) didžiausias (5,5 m/s ir didesnis) būna Lietuvos pajūryje, mažiausias (mažesnis nei 3 m/s) – pietinėje Lietuvos dalyje. Visoje Lietuvos teritorijoje dažniausiai pasireiškia vakarų, pietvakarių vėjai, pietrytinėje Lietuvos dalyje – pietryčių vėjas (C priedas).

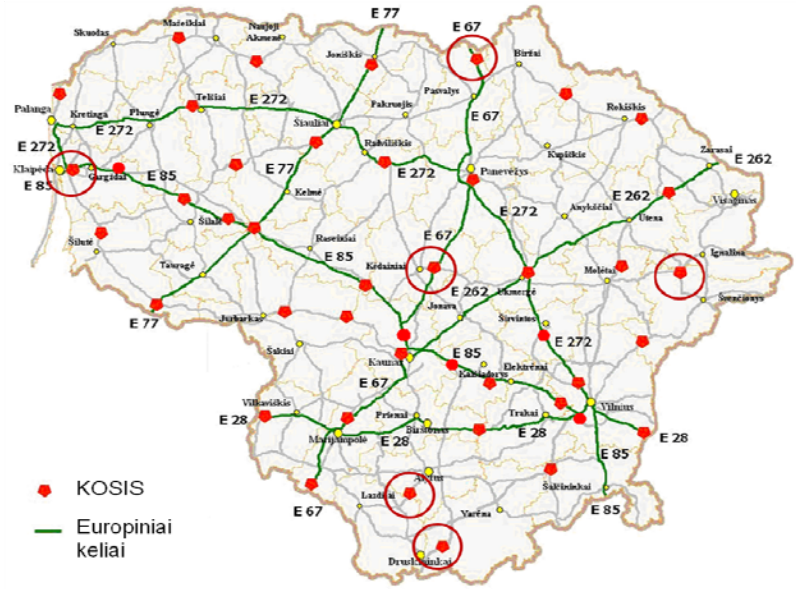
Vėjas, kurio greitis didėja iki 15 m/s ir daugiau, jau vadinamas pavojingu meteorologiniu reiškiniu. Vidurio ir rytų Lietuvoje su tokiu stipriu vėju dienų vidutiniškai būna 5–9, o pajūryje – net 30–35 dienos per metus.

3.3. Kelių oro sąlygų informacinės sistemos stotelių duomenų analizė

3.3.1. Kelių oro sąlygų informacinės sistemos 1999–2008 metų duomenų analizė

KOSIS matavimo stočių yra 48 (C priedas). Visų turimų duomenų, kuriuos jos fiksuoja ir kurių dabar DB yra apie 5 milijonus, analizuoti yra netikslinga. Nagrinėti

buvo pasirinkti duomenys iš 5 stočių (3.16 pav.), kurios įrengtos nuo 1998 metų (išskyrus Seirijų st.) ir yra skirtingose Lietuvos vietose, pvz. Klaipėdos st. (pajūris, vakarų Lietuva), Šėtos st. (vidurio Lietuva), Saločių st. (šiaurės Lietuva), Pabradės st. (rytų Lietuva) ir Seirijų st. (pietinė Lietuvos dalis). Kadangi Seirijų stotelė nefiksuoja įšalo gylių, papildomai buvo pasirinkta pietinėje Lietuvos dalyje stovinti Druskininkų stotelė, kuri fiksuoja įšalo duomenis nuo 2003 metų.

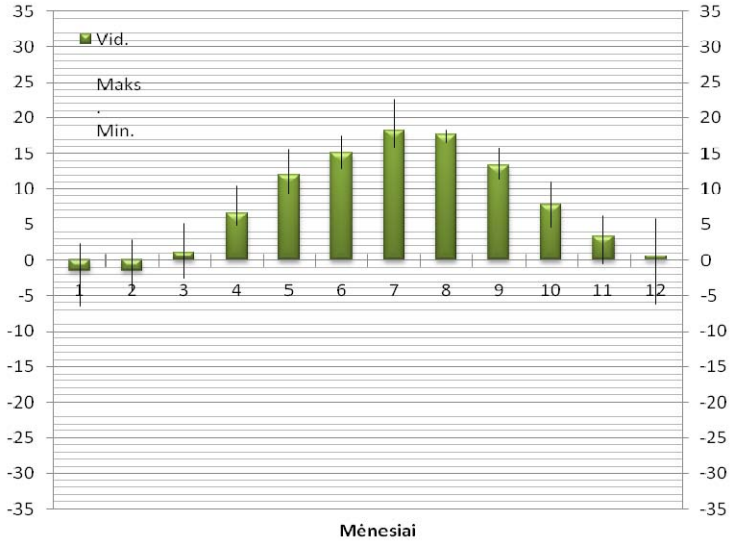


3.16 pav. Pasirinktos KOSIS stotelės skirtingose Lietuvos vietose
Fig. 3.16. RWIS stations selected in different locations of Lithuania

Statistiškai apdorojami oro, kelio dangos paviršiaus temperatūrų, įšalo gylio, kelio dangos užšalimų ciklų skaičiaus ir vėjo greičio bei krypties duomenys. Papildomų: Didžiulio ež., Aukščiausios magistralės vietos (AMV) ir Druskininkų, stotelių statistiškai apdorotų duomenų rezultatai pateikti C priede.

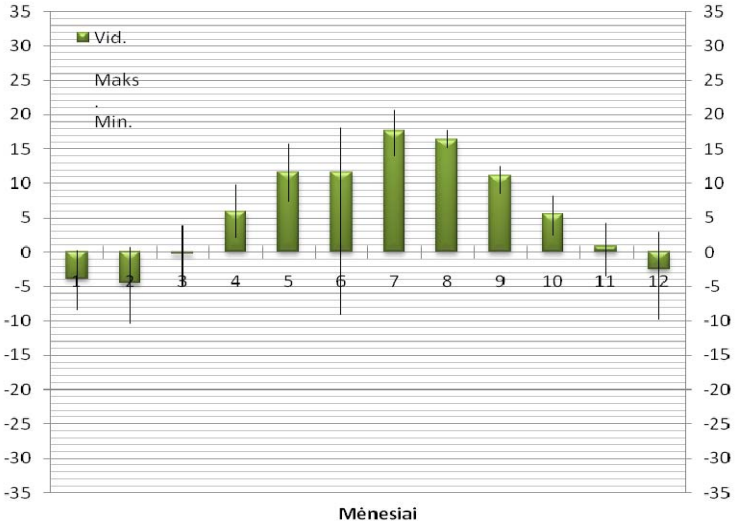
Oro temperatūra

Pažvelgus į statistinę skirtingų metų mėnesių vidurkių analizę per 9 metus (1999-05-21–2008-10-01) aukščiausia vidutinė oro temperatūra (nuo 22–23 ºC) būna liepos mėnesį – pajūryje (3.17 pav.) ir vidurio Lietuvos dalyje (C priedas), šiaurinėje ir pietinėje dalyse (C priedas) – apie 21 ºC, o rytinėje Lietuvos dalyje (3.18 pav.) apie 22 ºC.



3.17 pav. Vidutinė oro temperatūra Klaipėdos st.
Fig. 3.17. Mean air temperature in Klaipėda station

Žemiausia vidutinė oro temperatūra užfiksuota gruodį rytų (–10 ºC) ir pietų (–(7–8) ºC) Lietuvoje, sausį (apie –7 ºC) Klaipėdoje ir (–(7–8) ºC) Lietuvos viduryje, o vasarį Lietuvos šiaurėje – nuo –7 iki –8 ºC.



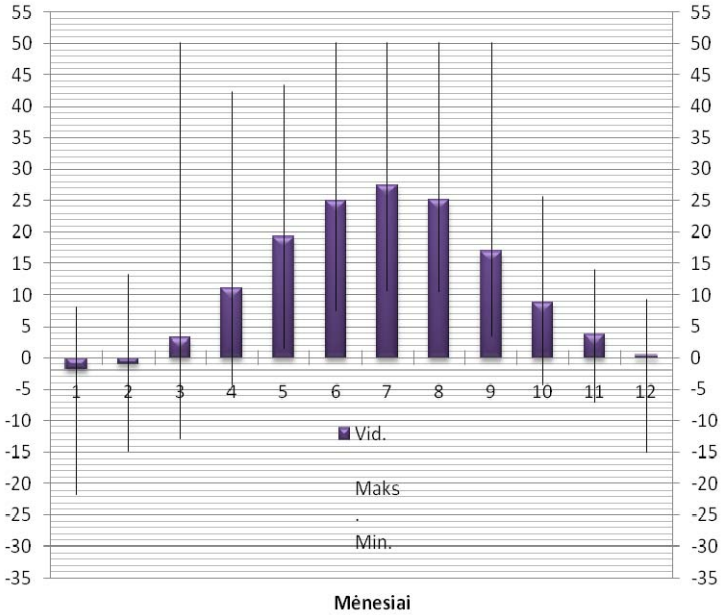
3.18 pav. Vidutinė oro temperatūra Pabradės st.
Fig. 3.18. Mean air temperature in Pabradės station

Dangos paviršiaus temperatūra

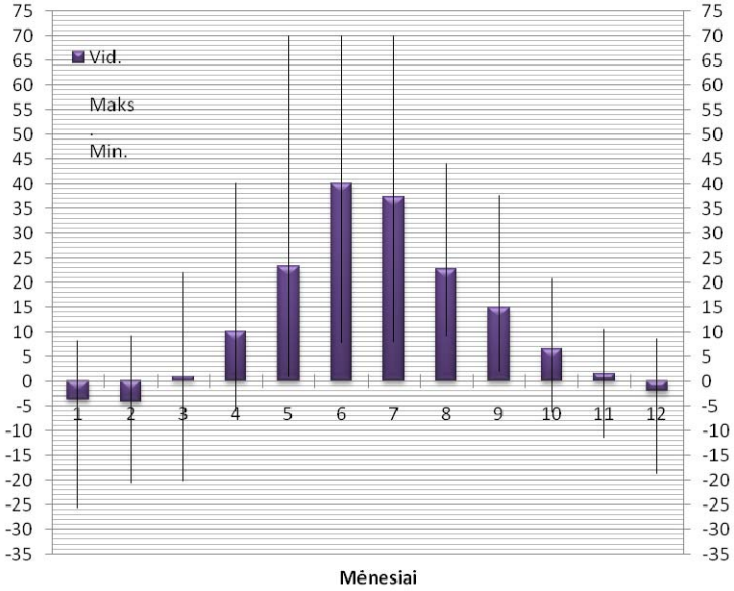
Aukščiausia vidutinė dangos paviršiaus temperatūra (nuo 40 °C iki 50 °C) užfiksuota visoje Lietuvos teritorijoje, tačiau skirtingais mėnesiais. Rytų Lietuvoje davikliai užfiksavo net 70 ºC dangos paviršiaus temperatūrą (3.20 pav.).

Žemiausia vidutinė dangos paviršiaus temperatūra svyruoja nuo –7 °C iki –8°C gruodžio mėnesį Lietuvos šiaurinėje (C priedas) bei pietinėje (3.21 pav.) dalyse, –6 °C sausį Lietuvos pajūryje (3.19 pav.) ir –9 °C vasarį – rytų/pietryčių (3.20 pav.) Lietuvoje.

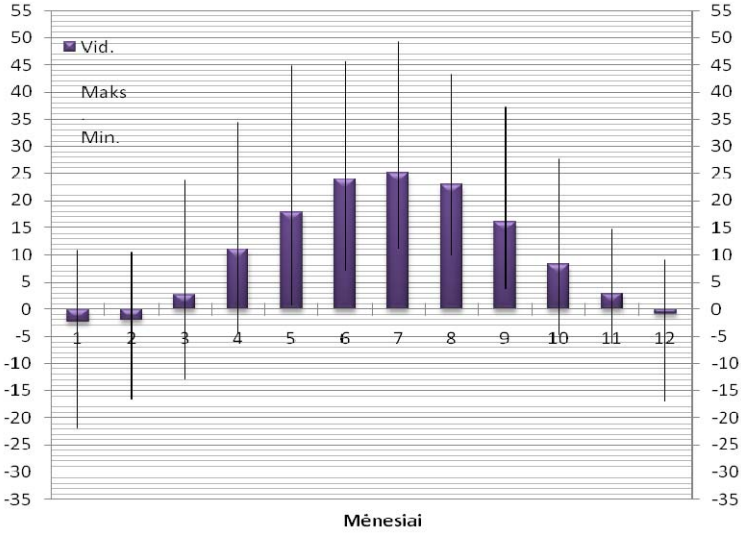
Nuo 40 °C iki 50 °C dangos paviršiaus temperatūra Klaipėdoje ir pietinėje Lietuvos dalyje (Druskininkų st.) užfiksuota 05, 06, 07, 08, 09 mėnesiais, vidurio Lietuvoje (Šėtos st.) – 04, 05, 06, 07, 08 mėnesiais, šiaurinėje Lietuvos dalyje (Saločių st.) – tik 09 ir 10 mėnesiais, rytų Lietuvoje (Pabradės st.) 70 °C dangos paviršiaus temperatūrą užfiksavo 05, 06, 07 mėnesiais, truputį žemesnę (40–50 °C) – balandį ir rugpjūtį (C priedas).



3.19 pav. Vidutinė dangos paviršiaus temperatūra Klaipėdos st.
Fig. 3.19. Mean temperature of pavement surface in Klaipėda station



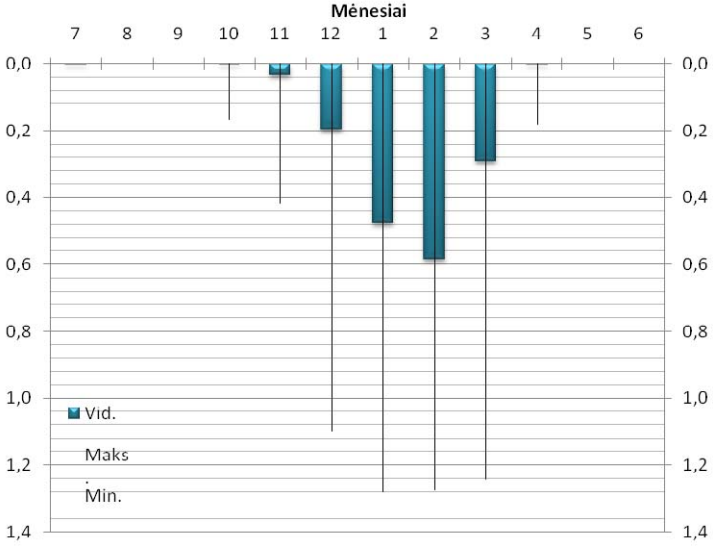
3.20 pav. Vidutinė dangos paviršiaus temperatūra Pabradės st.
Fig. 3.20. Mean temperature of pavement surface in Pabradės station



3.21 pav. Vidutinė dangos paviršiaus temperatūra Seirijų st.
Fig. 3.21. Mean temperature of pavement surface in Seirijų station

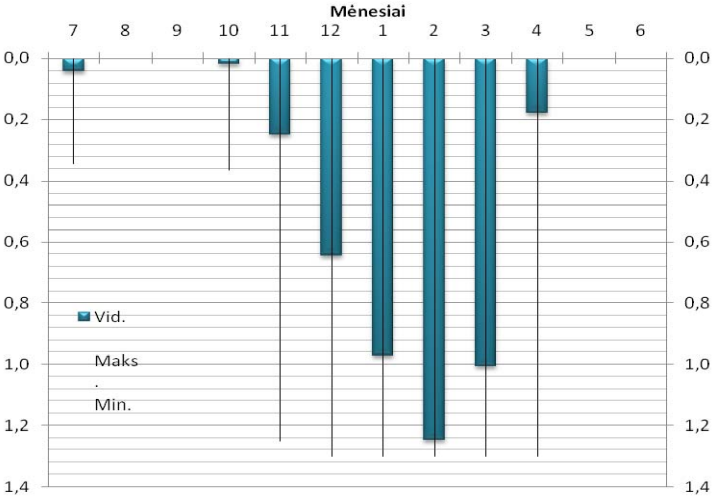
Įšalo gylis

Iš duomenų (3.22–3.24 pav.) matyti, kad įšalas Lietuvos keliuose prasideda spalio mėnesį rytinėje Lietuvos dalyje, lapkritį įšalas išplinta visoje likusioje Lietuvos teritorijoje, o išeina kovo mėnesį Lietuvos vakarinėje, vidurio ir pietinėje dalyse, šiaurinėje ir rytinėje – balandį.



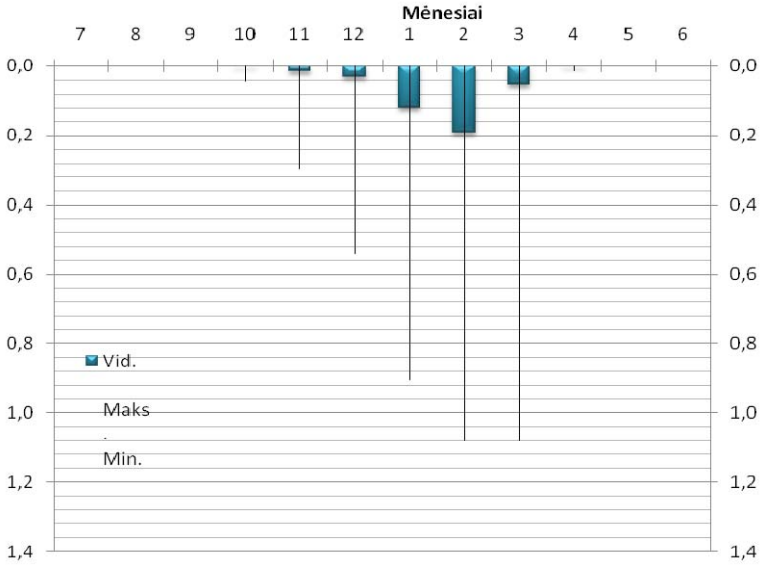
3.22 pav. Vidutinis įšalo gylis Klaipėdos st.

Fig. 3.22. Average depth of frozen ground in Klaipėda station



3.23 pav. Vidutinis įšalo gylis Pabradės st.

Fig. 3.23. Average depth of frozen ground in Pabradės station



3.24 pav. Vidutinis įšalo gylis Druskininkų st.
Fig. 3.24. Average depth of frozen ground in Druskininkų station

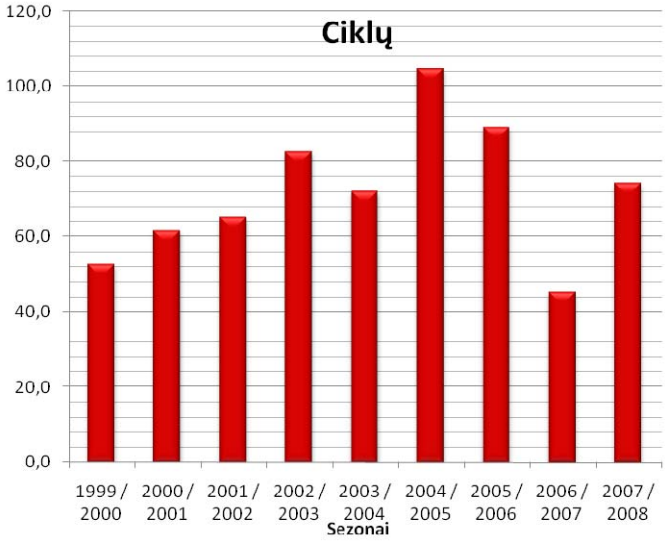
Vidutinis įšalo gylis nuo 0,2 m iki 0,8 m slenka iš pietų link vakarų ir apima dalį vidurio Lietuvos, nuo 0,8 m iki 1,25 m įšalo gylis pasiskirsto nuo šiaurės į rytus. Per devynerius metus giliausias įšalo gylis (apie 1,3 m) užfiksuotas visoje Lietuvoje, išskyrus pietinę dalį – iki 1,08 m (C priedas).

Vietoj Seirijų st. buvo pasirinkti Druskininkų st. duomenys, nes Seirijų stotelėje įšalo gylis nefiksuojamas.

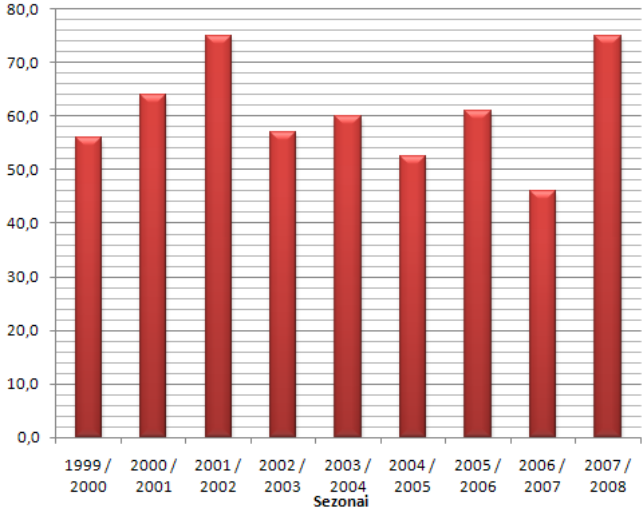
Kelio dangos paviršiaus užšalimų ciklų skaičius šaltaisiais sezonais

Kelio dangos užšalimas pagal išanalizuotus duomenis anksčiausiai gali pasireikšti spalio mėnesį, o vėliausiai – balandį visoje Lietuvos teritorijoje (C priedas).

Mažiausia kelio dangos užšalimo ciklų (3.25, 3.26 pav. ir C priedas) šaltaisiais metų sezonais visoje Lietuvos teritorijoje užfiksuota 2006–2007 m. (nuo 45 iki 57 kartų), daugiausia – 2004–2005 m. (nuo 85 iki 118 kartų), išskyrus rytinę Lietuvos dalį (Pabradės st.), kurioje daugiausia tokių ciklų užfiksuota 2007–2008 m. (75 kartai).



3.25 pav. Kelio dangos paviršiaus užšalimų ciklų skaičius Klaipėdos st.
Fig. 3.25. Number of freezing cycles of road pavement surface in Klaipėda station

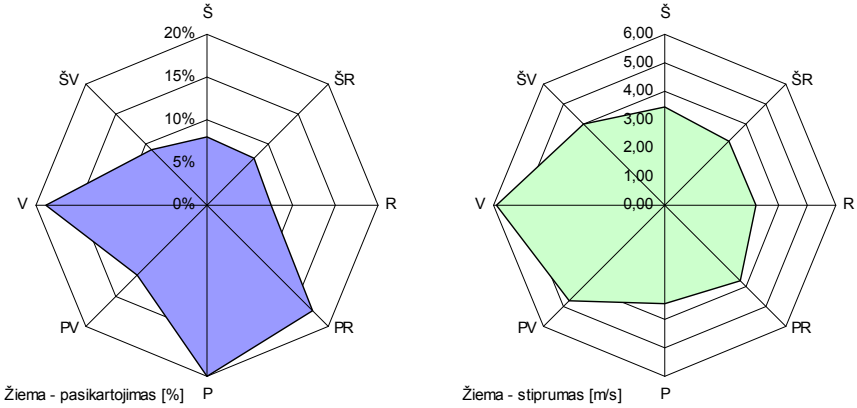


3.26 pav. Kelio dangos paviršiaus užšalimų ciklų skaičius Pabradės st.
Fig. 3.26. Number of freezing cycles of road pavement surface in Pabradės station

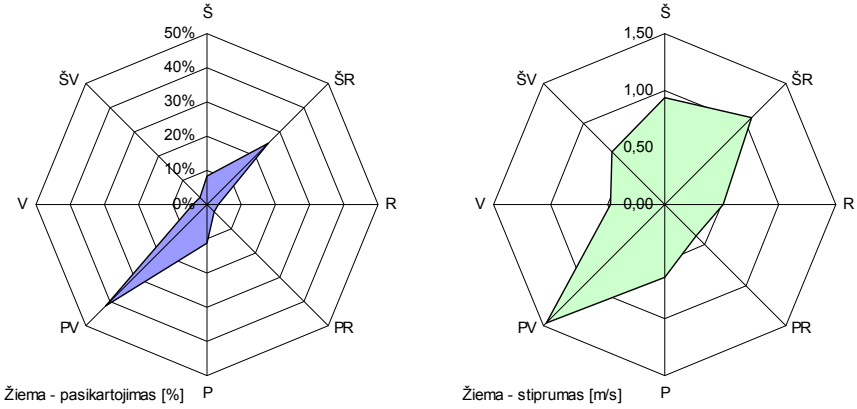
Vidutiniškai per devynerius metus dangos užšalimo ciklų skaičius svyruoja nuo 60 iki 80 kartų, kur mažiausiai tokių atvejų pasireiškia rytų Lietuvoje, daugiausia – šiaurės (Saločių st.) ir vidurio (Šėtos st.) Lietuvos dalyse.

Daugiausia tokių užšalimo ciklų būna vasario ir kovo mėnesį – nuo 17 iki 20 kartų.

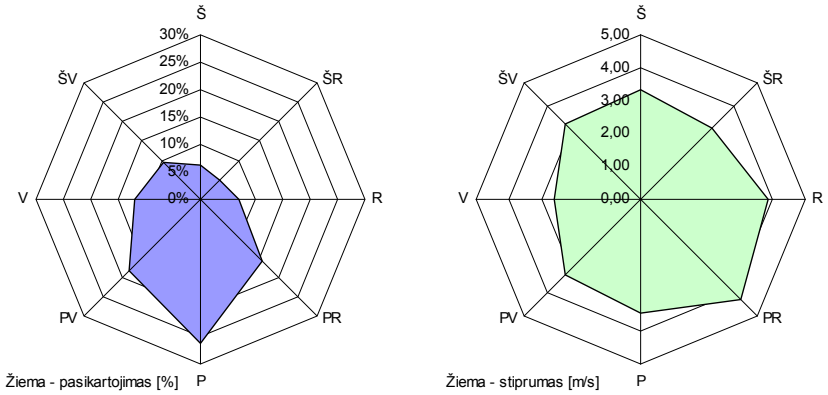
Vėjas, jo stiprumas ir kryptis



3.27 pav. „Vėjų rožės“ Klaipėdos st.
Fig. 3.27. Wind roses in Klaipėda station



3.28 pav. „Vėjų rožės“ Pabradės st.
Fig. 3.28. Wind roses in Pabradės station



3.29 pav. „Vėjų rožės“ Saločių st.
Fig. 3.29. Wind roses in Saločių station

Šaltuoju sezono metu pajūryje ir vidurio Lietuvoje (Šėtos st.) dažniausiai pučia pietų, vakarų ir pietryčių vėjas (3.27 pav.), Lietuvos rytinėje (Pabradės st.) dalyje – pietvakarių ir šiaurės rytų vėjas, pietinėje (Seirijų st.) ir šiaurinėje (Saločių st.) dalyse dažniausiai užfiksuojamas pietų ir pietryčių vėjas.

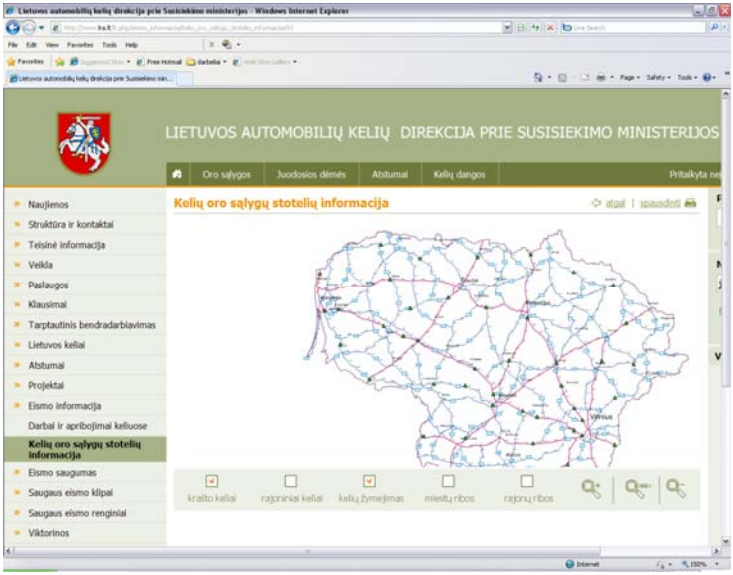
3.3.2. Kelių oro sąlygų informacinės sistemos duomenų peržiūrėjimo galimybės

Šiuo metu KOSIS duomenis galima peržiūrėti dviem būdais, iš kurių vartotojas gali pasirinkti atsižvelgdamas į kompiuterinio tinklo ir kompiuterio galimybes:

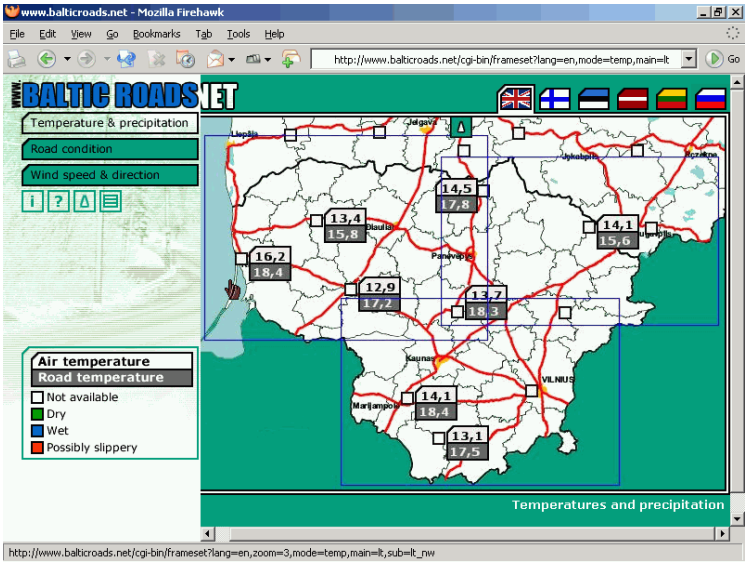
1) Lietuvos automobilių kelių direkcijos (LAKD) internetiniame puslapyje http://www.lra.lt. Čia reikia įeiti į Eismo informacijos skyrių. Duomenys peržiūrimi naudojant žemėlapį arba lenteles (3.30 pav.).

2) Internetiniame puslapyje http://www.balticroads.net/, kuriame šią paslaugą kartu teikia Suomijos, Estijos, Latvijos bei Lietuvos kelių direkcijos. Keturios šalys suvienijo savo jėgas, kad sukurtų bendrą internetinę sąveiką – Baltijos šalyse efektyviau keistis ir perduoti egzistuojančius KOSIS duomenis transporto sektoriui bei kitiems kelių naudotojams (3.31 pav.).

Pagrindinis internetinės sąveikos tikslas – pateikti tikslius duomenis apie esamas oro sąlygas keliuose tiek transporto sistemai, tiek vairuotojams, o kartais ir kitomis sritimis besidomintiems žmonėms – buriuotojams, banglenčių mėgėjams. Taip pagerinamas ne tik eismo saugumas, bet ir teikiamos geresnės transporto paslaugos. Minėtų šalių kelių direkcijų bendradarbiavimas gerina KOSIS informacijos naudojimą vykdant kelių priežiūros darbus. Šis bendradarbiavimas taip pat apima ir KOSIS informacijos naudojimo mokymus kiekvienos šalies kelių tarnyboms.



3.30 pav. KOSIS duomenų peržiūrėjimas LAKD internetiniame puslapyje naudojant žemėlapį
Fig. 3.30. RWIS data review on the LRA web site using the map



3.31 pav. Keturių Baltijos šalių KOSIS duomenų peržiūra
Fig. 3.31. Review of RWIS data of four Baltic countries

Galimybės plėsti internetines paslaugas yra neribotos. Naudojant interneto ryšį, informaciją iš KOSIS lauko stočių galima pasiekti pasienio punktuose, degalinėse. Įmanoma šiuos duomenis perduoti per vietines radijo stotis, TV tekstų teikėjus. Norima šią internetinę sąveiką Baltijos jūros regione plėsti, kad ji apimtų ir kaimynines šalis: Švediją, Lenkiją, Rusijos Sankt Peterburgo sritį ir kt.

Baltijos KOSIS internetinė sąveika pateikia tokius kelių oro sąlygų duomenis: kelio paviršiaus ir oro temperatūrą, kritulių tipą, kelio dangos būklę, vėjo greitį ir kryptį, rasos taško temperatūrą bei santykinę drėgmę. Žiemą šie duomenys yra ne senesni kaip 30 min., o vasarą – 2 val. Be to, vasarą kai kurios stotelės gali būti net išjungtos.

3.4. Trečiojo skyriaus išvados

1. Pirminę meteorologinę informaciją sudaro Hidrometeorologijos tarnybos (LHMT) stočių ilgamečių stebėjimų duomenys. Kita meteorologinė informacija, ypač svarbi kelių tiesybai, yra gaunama iš kelių oro sąlygų informacinės sistemos (KOSIS). Iš KOSIS gaunami duomenys palengvina kelius prižiūrinčių įmonių veiklą – suteikia informaciją apie kelių būklę, padeda geriau ir ekonomiškiau prižiūrėti kelius, valdyti eismo įvykių, gamtos stichijų sukeltas nepalankias eismo dalyviams situacijas, užtikrina saugesnį eismą valstybinės reikšmės keliais, ypač šaltuoju metų laiku.

2. 1998 m. įkurta KOSIS papildo ir patikslina daugelį metų egzistuojantį LHMT stočių tinklą. Be tiesiogiai fiksuojamų klimatinių parametrų, yra labai svarbu žinoti šių parametrų daugiamečių verčių išvestines charakteristikas – dangos paviršiaus temperatūros perėjimo per 0 °C metinį ciklų skaičių, didžiausią įšalo gylį, vidutinę oro temperatūrą šaltųjų ir šaltųjų sezonų metu, vėjo krypčių ir stiprumo rožes atskiruose šalies regionuose ir kt. Šie duomenys yra reprezentatyvūs, nes apima 10 metų laikotarpį.

3. Statistiškai apdorojus ir išanalizavus LHMT ir KOSIS duomenis, pastebimi rezultatų klimatiniai skirtumai, tokie rezultatai gaunami dėl KOSIS ir LHMT skirtingų stacionariųjų meteorologijos stotelių (SMS) buvimo (parinkimo) vietų ir dėl to, kad LHMT duomenys apima 30 metų laikotarpį, o KOSIS tik 9 metus. KOSIS stotelės įrengtos įvairaus mikroklimato vietose, šalia kelio, siekiant išvengti per daug optimistinių ar pesimistinių rezultatų.

4. Remiantis LHMT duomenimis, aukščiausia vidutinė mėnesio temperatūra vos daugiau nei 20 °C pakyla vakarinėje Lietuvos dalyje rugpjūčio mėnesį, o likusioje Lietuvos dalyje fiksuojama liepą: pietinėje ir rytinėje Lietuvos dalyse temperatūra kinta nuo 22 °C iki 23 °C. Pagal KOSIS duomenis aukščiausia vidutinė oro temperatūra yra liepos mėnesį – vakarinėje ir vidu-

rio Lietuvos dalyse nuo 22–23 ºC, šiaurėje ir pietinėje dalyse – apie 21 ºC, o rytinėje Lietuvos dalyje – apie 22 ºC.

5. Vidutinė žemiausia oro temperatūra (nuo –5 °C iki –9 °C) pagal LHMT duomenis pasiskirsto nuo vakarinės Lietuvos dalies link pietrytinės dalies sausio mėnesį. Šiaurinėje Lietuvos dalyje vid. žemiausia temperatūra užfiksuota apie –8 °C. Pagal KOSIS žemiausia vidutinė oro temperatūra užfiksuota gruodį rytų (–10 ºC) ir pietų (–(7–8) ºC) Lietuvoje, sausį (apie –7 ºC) Klaipėdoje ir (–(7–8) ºC) Lietuvos viduryje, o vasarį Lietuvos šiaurėje – nuo –7 iki –8 ºC.

6. Dangos temperatūra labai priklauso nuo oro temperatūros – kuo oro temperatūra aukštesnė, atitinkamai dangos temperatūra taip pat kyla. Aukščiausios vidutinės dangos paviršiaus temperatūros reikšmės (40–50 ºC) užfiksuotos visoje Lietuvoje, tačiau skirtingais mėnesiais Rytų Lietuvoje davikliai užfiksavo net 70 ºC dangos paviršiaus temperatūrą.

7. Vidutinė oro temperatūra pereina žemiau 0 °C jau nuo lapkričio pabaigos visoje Lietuvos teritorijoje, išskyrus vakarinę Lietuvos dalį, kurioje minusinė paros temperatūra dažniausiai pasireiškia gruodžio pradžioje. Vidutinės paros oro temperatūros kilimas (aukščiau 0 °C) slenka nuo Lietuvos pajūrio – kovo viduryje į Lietuvos rytus – kovo pabaigoje.

8. Mažiausiai kelio dangos paviršiaus užšalimo ciklų šaltaisiais metų sezonais visoje Lietuvos teritorijoje užfiksuota 2006–2007 metais (nuo 45 iki 57 kartų), daugiausia – 2004–2005 metais (nuo 85 iki 118 kartų). Vidutiniškai šių ciklų skaičius svyruoja nuo 60 iki 80 kartų, kur mažiausiai tokie atvejai pasireiškia rytų Lietuvoje, daugiausia – šiaurės ir vidurio Lietuvos dalyse.

9. Iš LHMT duomenų matyti, kad tolstant nuo jūros Lietuvos teritorijoje grunto įšalimo gylis didėja: jis kinta nuo 0,8 iki 1,2 m. Didžiausias įšalimo gylis (1,2 m ir daugiau) apima pietinę Lietuvos dalį. Remiantis KOSIS duomenimis nustatyta, kad vidutinis įšalo gylis nuo 0,2 m iki 0,8 m slenka iš pietų link vakarų ir apima dalį vidurio Lietuvos, nuo 0,8 m iki 1,25 m įšalo gylis pasiskirsto nuo šiaurės į rytus. Kitokius nei dirvoje įšalimo gylius Lietuvos automobilių keliuose gali lemti kitokie gruntai, kurie dažniausiai būna maišomi technologinio proceso metu įrengiant sankasą, bei sniego valymas nuo kelio.

4

Tyrimo duomenų teorinis ir praktinis taikymas projektuojant, tiesiant ir prižiūrint Lietuvos automobilių kelius

Šiame skyriuje pateikiami teminiai žemėlapiai, sudaryti iš KOSIS duomenų, kurie naudingi ir informatyvūs vartotojams, o ypač kelių organizacijoms bei tarnyboms. Vertinamos rajonavimo metodų įgyvendinimo galimybės kelių tiesyboje.

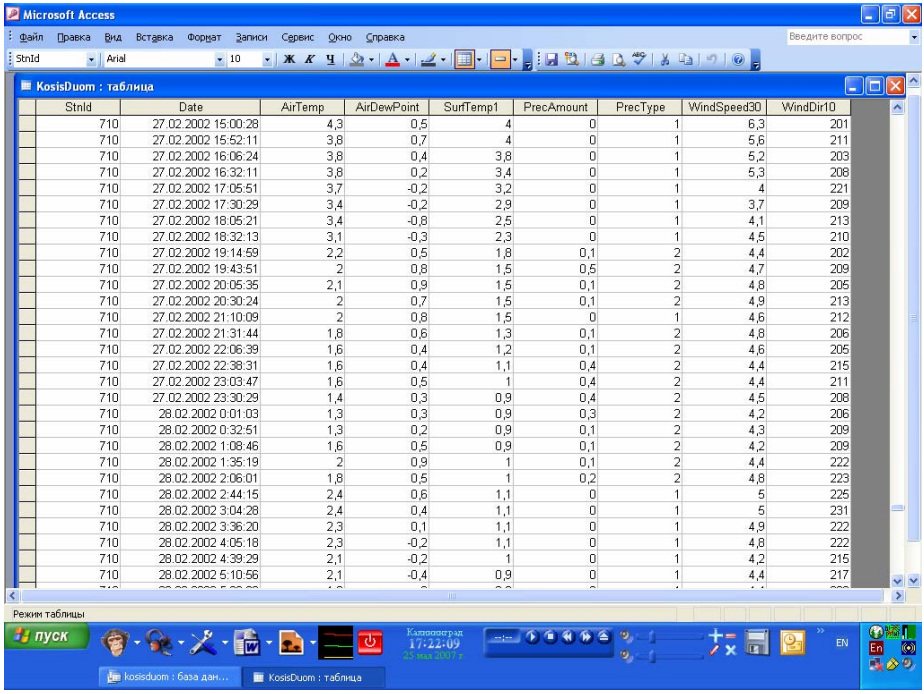
Skyriaus tematika paskelbti trys autoriaus straipsniai (Laurinavičius, Juknevičiūtė 2008a; Laurinavičius, Juknevičiūtė 2008b; Laurinavičius, Juknevičiūtė 2008c).

4.1. Kelių oro sąlygų informacinės sistemos duomenų taikymo galimybės

4.1.1. Duomenų kaupimas

Įvairių parametrų matavimai sistemoje KOSIS atliekami nuo 1999 m. gegužės mėn. 21 d. Dėl didelio duomenų kiekio vienintelis realus būdas juos apdoroti –

naudotis kuria nors duomenų bazių valdymo sistema (DBVS). Dėl populiarumo, prieinamumo ir patogumo šiam tikslui buvo pasirinkta *MS Access* (4.1 pav.).



StnId	Date	AirTemp	AirDewPoint	SurfTemp1	PrecAmount	PrecType	WindSpeed30	WindDir10
710	27.02.2002 15:00:28	4,3	0,5	4	0	1	6,3	201
710	27.02.2002 15:52:11	3,8	0,7	4	0	1	5,6	211
710	27.02.2002 16:06:24	3,8	0,4	3,8	0	1	5,2	203
710	27.02.2002 16:32:11	3,8	0,2	3,4	0	1	5,3	208
710	27.02.2002 17:05:51	3,7	-0,2	3,2	0	1	4	221
710	27.02.2002 17:30:29	3,4	-0,2	2,9	0	1	3,7	209
710	27.02.2002 18:05:21	3,4	-0,8	2,5	0	1	4,1	213
710	27.02.2002 18:32:13	3,1	-0,3	2,3	0	1	4,5	210
710	27.02.2002 19:14:59	2,2	0,5	1,8	0,1	2	4,4	202
710	27.02.2002 19:43:51	2	0,8	1,5	0,5	2	4,7	209
710	27.02.2002 20:05:35	2,1	0,9	1,5	0,1	2	4,8	205
710	27.02.2002 20:30:24	2	0,7	1,5	0,1	2	4,9	213
710	27.02.2002 21:10:09	2	0,8	1,5	0	1	4,6	212
710	27.02.2002 21:31:44	1,8	0,6	1,3	0,1	2	4,8	206
710	27.02.2002 22:06:39	1,6	0,4	1,2	0,1	2	4,6	205
710	27.02.2002 22:38:31	1,6	0,4	1,1	0,4	2	4,4	215
710	27.02.2002 23:03:47	1,6	0,5	1	0,4	2	4,4	211
710	27.02.2002 23:30:29	1,4	0,3	0,9	0,4	2	4,5	208
710	28.02.2002 0:01:03	1,3	0,3	0,9	0,3	2	4,2	206
710	28.02.2002 0:32:51	1,3	0,2	0,9	0,1	2	4,3	209
710	28.02.2002 1:08:46	1,6	0,5	0,9	0,1	2	4,2	209
710	28.02.2002 1:35:19	2	0,9	1	0,1	2	4,4	222
710	28.02.2002 2:06:01	1,8	0,5	1	0,2	2	4,8	223
710	28.02.2002 2:44:15	2,4	0,6	1,1	0	1	5	225
710	28.02.2002 3:04:28	2,4	0,4	1,1	0	1	5	231
710	28.02.2002 3:36:20	2,3	0,1	1,1	0	1	4,9	222
710	28.02.2002 4:05:18	2,3	-0,2	1,1	0	1	4,8	222
710	28.02.2002 4:39:29	2,1	-0,2	1	0	1	4,2	215
710	28.02.2002 5:10:56	2,1	-0,4	0,9	0	1	4,4	217

4.1 pav. KOSIS duomenys *MS Access*
Fig. 4.1. Data of RWIS in *MS Access*

Šios duomenų bazės kūrimo tikslas – turėti galimybę atlikti didelės apimties duomenų analizę ir nustatyti statistines įvairių parametrų bei jų derinių charakteristikas, tam tikrus dėsningumus, tendencijas ir priklausomybes. Tokios duomenų bazės funkcionavimas leidžia optimizuoti didelį duomenų kiekį, geriau prognozuoti būsimas oro sąlygas Lietuvos automobilių keliuose, gauti įvairius išvestinius rodiklius, kuriuos galima naudoti projektuojant, tiesiant, taisant ir prižiūrint kelius. Duomenų bazę papildantys naujausi duomenys leidžia charakterizuoti atskiras Lietuvos teritorijas klimatinio rajonavimo aspektu. Meteorologinių stotelių duomenys yra papildyti stotelių koordinatėmis, perskaičiuotomis iš elipsoidinių į plokštumines. Tokia informacija leidžia pažymėti stoteles geografinėse informacinėse sistemose ir kurti teminius Lietuvos žemėlapius. Siekiant gauti kitų stotelių, kito laikotarpio ir (arba) kitų parametrų duomenis, grafikus ar žemėlapius, buvusius galima nesunkiai modifikuoti.

Klimatinio rajonavimo požiūriu atskiras teritorijas galima charakterizuoti turint ne mažiau kaip 7 metų istorinius klimato rodiklius. Norint tiksliai rajonuoti automobilių kelių tinklą, būtina papildyti sukurtą duomenų bazę naujausiais 2008 metų duomenimis. Taip pat būtina tobulinti sukurtą duomenų bazę, siekiant gauti kuo daugiau naudingos informacijos, reikalingos keliams projektuoti, tiesti, taisyti ir prižiūrėti.

Pagrindiniai KOSIS duomenų bazės papildymai yra šie:

1) 2003 m. VGTU autorių kolektyvo (Čygas *at al.* 2006) sukurta duomenų bazė papildoma naujausiais duomenimis. Kaip ir ankstesniais metais, įkėlus naujus duomenis, patikrinama, ar juose nėra neaprašytų kodų (pvz., neegzistuojančių stotelių numerių, kritulių tipų ir pan.), o klaidos kodai (duomenys, kurių vertės mažesnės, nei –99) pakeistos tuščiomis vertėmis (*Null*). Tokios vertės toliau nebeįtraukiamos į statistinius skaičiavimus. Papildomai buvo patikrintos kiekvieno parametro verčių ribos. Duomenys, kurių vertės nepatenka į numatytas ribas (kiekvienam parametrui nustatomos atskiros), laikomi klaidomis ir taip pat yra pašalinami pirminio duomenų apdorojimo metu.
2) Patobulintos anksčiau sukurtos ir papildomai sukurtos naujos užklausos.
3) Paruošti užklausų, formuojančių kryžmines lenteles, pavyzdžiai.
4) Paruošti tiesioginio grafikų generavimo pačioje DBVS aplinkoje pavyzdžiai (dažniausiai vartojamiems grafikams kurti nebereikia eksportuoti duomenų į kitas programas).
5) Meteorologinių stotelių duomenys papildyti stotelių koordinatėmis, perskaičiuotomis iš elipsoidinių į plokštumines. Ši informacija leidžia pažymėti stoteles geografinėse informacinėse sistemose ir kurti teminius Lietuvos žemėlapius. Tokiuose žemėlapiuose galima pavaizduoti vieno ar kito stotelėse išmatuoto parametro verčių pasiskirstymą Lietuvos teritorijoje.
6) Teminių žemėlapių kūrimo galimybė pademonstruota sudarant vidutinio kelio dangos užšalimo ciklų skaičiaus, įšalo gylių, oro temperatūros ir kt. žemėlapius (žr. 4.2 skyrių) (vaizduojamo parametro izolinijų tinklas sudaromas atskira programa (AutoCad Civil 3D), tai nėra šios DBVS funkcija).
7) Sukurti maksimalaus įšalo gylio ir užšalimo ciklų skaičiaus nustatymo algoritmai. Jie skirti optimizuoti dideliam duomenų kiekiui, be to, įvertina duomenų grandinės trūkius. Maksimalaus įšalo gylio nustatymo algoritme taikomi interpoliacijos matematiniai metodai. Šių matematinių metodų algoritmai yra realizuoti kaip papildomos *MC Access* funkcijos, parašytos universalia programavimo kalba *Visual Basic* (*Visual Basic for Applications*), todėl prireikus, galima jas perkelti į kitas duomenų bazių valdymo sistemas.

Pateikiami užklausų ir grafikų pavyzdžiai vaizduojami konkrečioje stotelėje, konkrečiu laikotarpiu išmatuotos atskirų parametrų vertės. Siekiant gauti kitų stotelių, kito laikotarpio ir (arba) kitų parametrų duomenis ar grafikus, šiuos pavyzdžius galima nesunkiai modifikuoti.

4.1.2. KOSIS duomenų bazės struktūra

Duomenys iš KOSIS gaunami paprastais tekstiniais ASCII formato failais. Jie struktūrizuoti CSV būdu (angl. *comma separated values* – kableliais atskirtos vertės). Tai leidžia juos nesunkiai įkelti į duomenų bazių valdymo sistemą.

#Stoteles : Table

StNr	StnId	Numeris	Stotelės_pavadinim	x	y	Longitude	Latitude
1	10	1.1	Seirijai	6016107,42	492511,344	2388,5	5428,2
2	20	1.2	Pirčiupiai	6028767,777	562346,412	2496	5439,2
3	30	1.3	Druskininkai	5991405,434	509427,439	2414,4	5406
4	100	11.1	Didžiulio ežeras	6061474,647	568800,549	2506,7	5468,5
5	110	11.2	Bačkonys	6074319,676	533367,83	2451,9	5480,4
6	120	11.3	Gynėvė	6120681,141	474675,656	2360,2	5522,1
7	130	11.4	Kryžkalnis	6149231,5	416349,801	2267,7	5547,1
8	140	11.5	Aukščiausia magis	6153266,051	404167,169	2248,3	5550,5
9	150	11.6	Klaipėda	6177892,937	327613,796	2125,7	5570,5
10	160	11.7	Ukmergė	6126456,485	550012,809	2478,7	5527,1
11	170	11.9	Kvedarna	6162919,92	382682,781	2213,9	5558,7
12	210	10.1	Medininkai	6048761,663	607740,653	2566,6	5456,4
13	320	4.1	Puskelniai	6052435,796	461301,734	2340,1	5460,7
14	330	4.2	Kalvarija	6023873,727	446169,798	2317,2	5434,9

VViS : Table

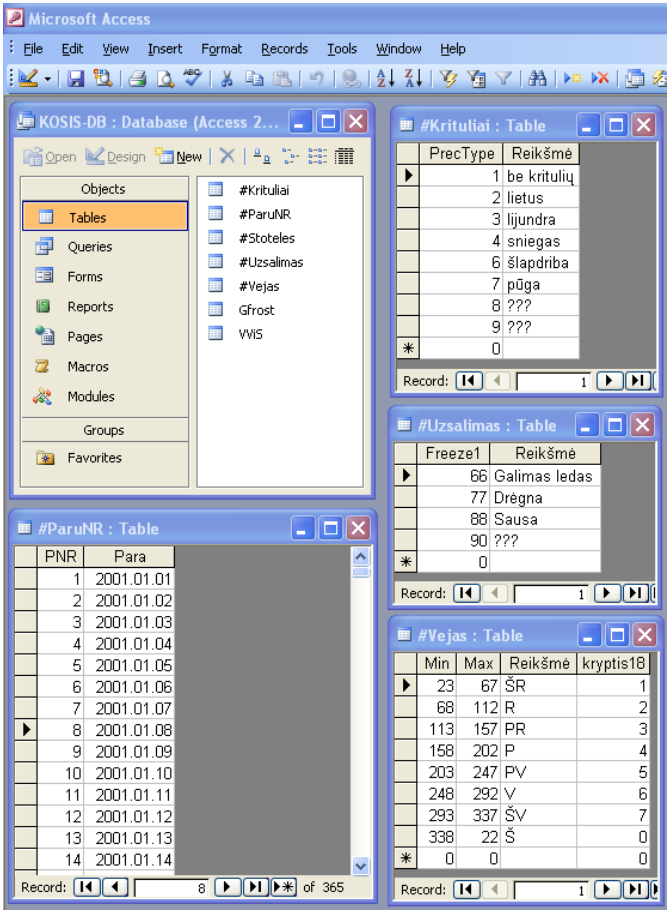
ID	StnId	DateR	AirTemp	AirHumidity	AirDewPoint	PrecCount	PrecSize	PrecAmount	PrecType	SurfTemp1	Surf
11765275	10	2000.09.07 13:30:00	13,7	47,35	4,25			2	2	23,05	
11765276	10	2000.09.07 14:00:00	14,8	44,1	4,7			0,4	2	25,9	
11765277	10	2000.09.07 14:30:00	14,2	49,4	5,1			0	1	24,7	
11765278	10	2000.09.07 15:00:00	14,5	50,8	5,7			0	1	24,2	
11765279	10	2000.09.07 15:30:00	14,5	49	5,3			0	1	23,8	
11765280	10	2000.09.07 16:00:00	13,4	51,4	4,7			0	1	21,3	
11765281	10	2000.09.07 16:30:00	14	48,2	4,7			0	1	22,2	
11765282	10	2000.09.07 17:00:00	13,4	51,8	4,8			0	1	21	
11765286	10	2000.09.07 19:00:00	9,9	67,1	4,4			0	1	15,3	
11765290	10	2000.09.07 21:00:00	6	88,5	4,5			0	1	11,9	
11765294	10	2000.09.07 23:00:00	5,7	90	4,4			0	1	10,3	
11765298	10	2000.09.08 01:00:00	4,8	95,1	4,2			0	1	9	
11765302	10	2000.09.08 03:00:00	4,3	96,5	3,9			0	1	8,3	
11765308	10	2000.09.08 06:00:00	2,8	97,4	2,5			0	1	7,3	
11765310	10	2000.09.08 07:00:00	4,8	93	3,9			0	1	8,7	
11765314	10	2000.09.08 09:00:00	10,5	74,4	6,4			0	1	14	
11765318	10	2000.09.08 11:00:00	14,2	52,7	5,8			0	1	24,1	

Record: 1

4.2 pav. Pagrindinės duomenų lentelės (#Stotelės, VViS)
Fig. 4.2. Main tables of data ((#Station, VViS)

Bazėje duomenys įkeliami į iš anksto sukurtas lenteles ((#Stotelės, VViS) (4.2 pav.), kurių laukai yra tam tikro duomenų tipo: stotelių pavadinimai, numeriai, koordinatės, tose stotelėse matuojamų parametrų reikšmės, užfiksuotas tam tikru laiku.

Be šių lentelių duomenų, bazėje dar yra kelios pagalbinės lentelės, kuriose aprašytos meteorologinės stotelės, kritulių tipai, užšalimo būsenos ir vėjo krypties kodai (#Krituliai, #Uzsalimas ir #Vejas). Pagalbinės duomenų lentelės pavaizduotos 4.3–4.7 paveiksluose bei grafinės ataskaitos – 4.8–4.12 paveiksluose.

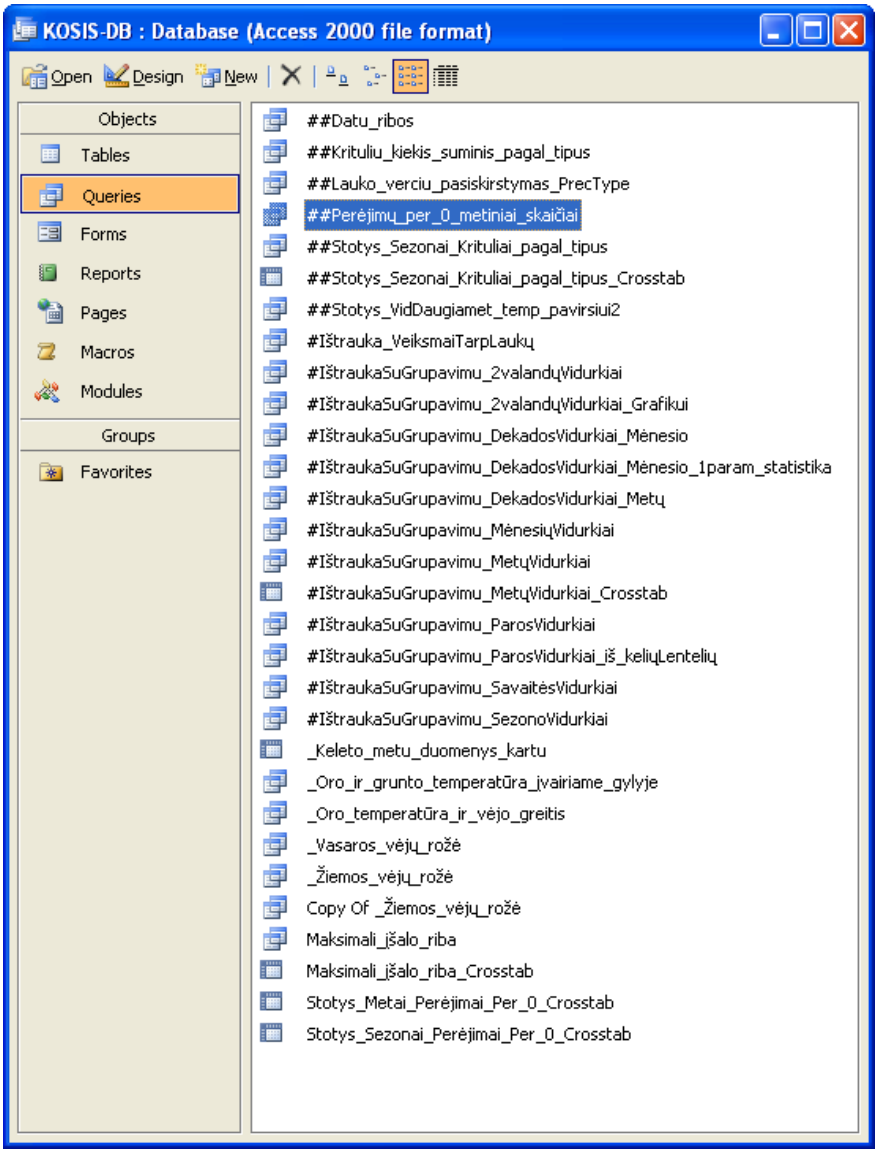


4.3 pav. Pagrindinis KOSIS-DB langas ir pagalbinės lentelės (#Krituliai, #Uzsalimas, Vejas ir #ParuNr)

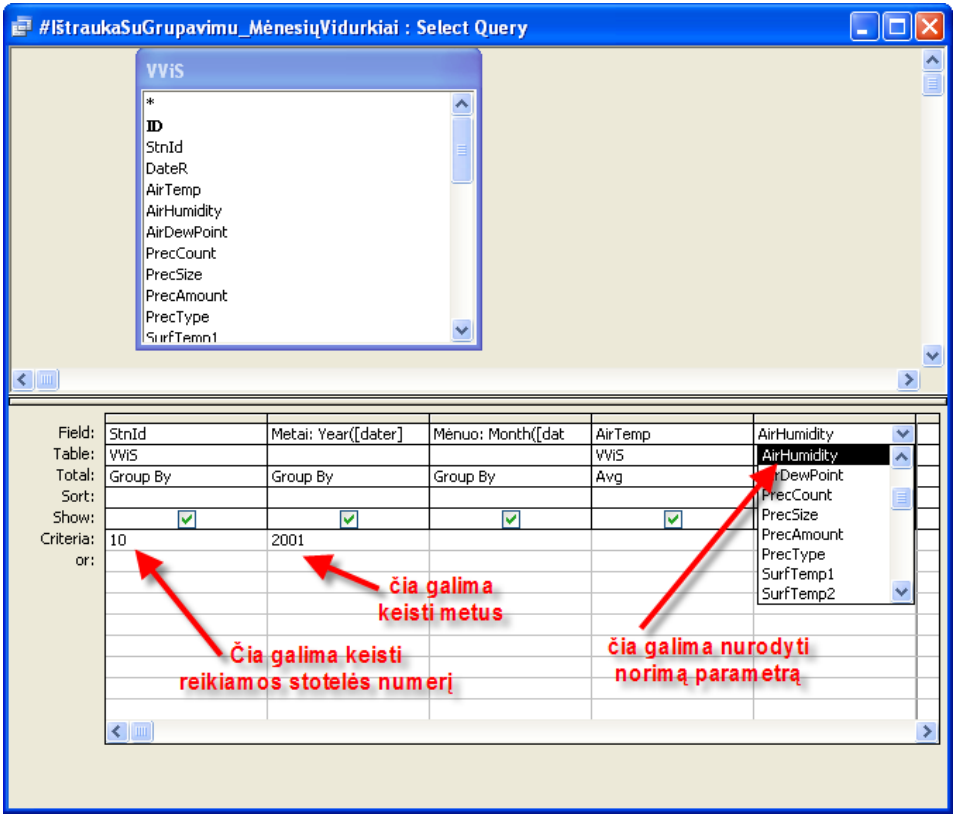
Fig. 4.3. The main RWIS-DB window and auxiliary tables (#Precipitation, #Freezing, Wind and #ParuNo)

Užklausos

Visos sukurtos duomenų bazės užklausos parodytos 4.4 paveiksle. Užklausos gali būti kuriamos pagal poreikį.



4.4 pav. Užklausų langas, kuriame pateiktos visos duomenų bazės užklausos
Fig. 4.4. Request window giving all the requests of the database



4.5 pav. Užklausos #IštraukaSuGrupavimu_MėnesiųVidurkiai rezultatai ir užklausos redagavimo langas

Fig. 4.5. Results of #ExtractWithGrouping_MontlyAverages requests and a request correction window

Užklausos redagavimo lange (4.5 pav.) nurodyta kriterijų eilutė, kurioje galima redaguoti užklausos reikšmes ir parametrus.

Užklausos (4.6 pav.) apie vėjo kryptį rezultatai, naudojami vėjų krypčių, temperatūrų ir vėjo stiprumo žvaigždiniams grafikams (rožėms) sudaryti (šie grafikai sudaromi *MS Excel* terpėje). Užklausos Maksimali_įšalo_riba (4.7 pav.) rezultatai pateikia grunto temperatūrą skirtinguose gyliuose bei didžiausią įšalo gylį pasirinktoje stotelėje pasirinktais metais. Iš šių duomenų galima sudarinėti įšalo gylių grafikus atskirose stotelėse tam tikro laikotarpio, lyginti juos ir analizuoti pokyčius.

_Vasaros_vėjų_rožė : Select Query

WindDir18	CountOfWindDir	AvgOfAirTemp	AvgOfWindSpeed30
0	273	10,4	2,34
1	144	11,4	0,88
2	238	11,0	0,94
3	416	11,4	2,10
4	325	12,4	2,56
5	240	12,3	2,50
6	322	14,0	2,20
7	364	10,9	1,71

Record: 1 of 8

_Žiemos_vėjų_rožė : Select Query

WindDir18	CountOfWindDir	AvgOfAirTemp	AvgOfWindSpeed30
0	514	-3,4	1,90
1	206	-3,0	1,13
2	340	-0,2	1,35
3	1540	0,9	2,45
4	1372	1,6	2,70
5	867	1,2	2,60
6	907	0,3	2,33
7	685	-1,7	1,39

Record: 1 of 8

4.6 pav. Užklausos _Vasaros_vėjų_rožė ir _Žiemos_vėjų_rožė rezultatai
Fig. 4.6. Results of _Summer_wind_rose and _Winter_wind_rose requests

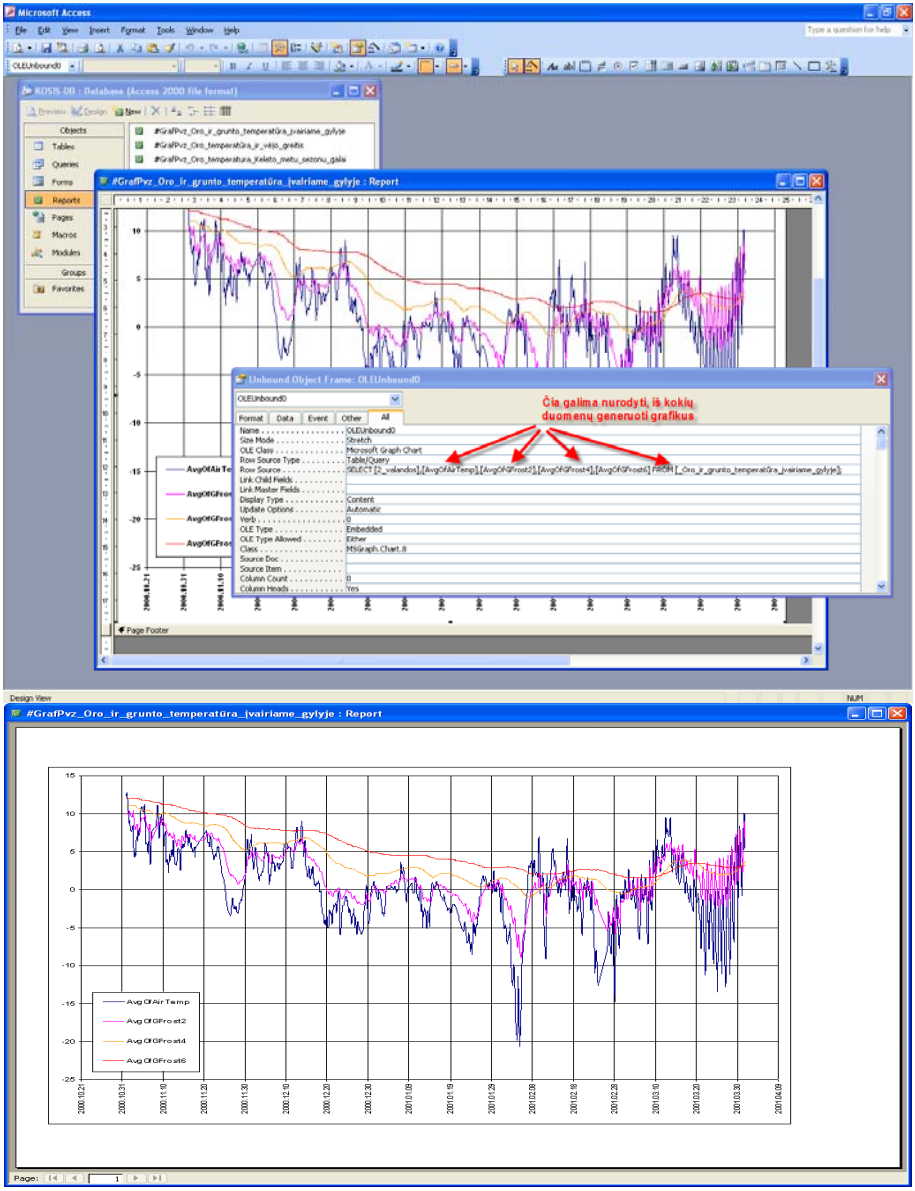
Maksimali_įšalo_riba : Select Query

ID	StnId	DateR	SurfTemp1	GFrost1	GFrost2	GFrost3	GFrost4	GFrost5	GFrost6	IR4
81857021	140	2005.12.01 22:30:00	-5,6	-3,6	-1,3	2,8	3,1	5,4	6,5	0,295
81857022	140	2005.12.01 23:00:00	-4,9	-3,7	-1,4	2,8	3,1	5,4	6,5	0,300
81857023	140	2005.12.01 23:30:00	-4	-3,4	-1,5	2,8	3,1	5,4	6,5	0,305
81857024	140	2005.12.02	-3,7	-3,2	-1,5	2,7	3,1	5,4	6,5	0,307
81857025	140	2005.12.02 00:30:00	-3,7	-2,9	-1,5	2,7	3,1	5,4	6,5	0,307
81857026	140	2005.12.02 01:00:00	-3,7	-2,9	-1,5	2,7	3,1	5,4	6,5	0,307
81857027	140	2005.12.02 01:30:00	-3,7	-2,7	-1,4	2,7	3,1	5,4	6,5	0,302
81857028	140	2005.12.02 02:00:00	-3,5	-2,7	-1,4	2,7	3,1	5,4	6,5	0,302
81857029	140	2005.12.02 02:30:00	-3,4	-2,6	-1,4	2,6	3,1	5,4	6,5	0,305
81857030	140	2005.12.02 03:00:00	-3,2	-2,4	-1,4	2,6	3,1	5,4	6,5	0,305
81857031	140	2005.12.02 03:30:00	-3,1	-2,4	-1,4	2,6	3,1	5,4	6,5	0,305
81857032	140	2005.12.02 04:00:00	-2,9	-2,3	-1,3	2,6	3,1	5,4	6,5	0,300
81857033	140	2005.12.02 04:30:00	-2,9	-2,2	-1,3	2,6	3,1	5,4	6,5	0,300
81857034	140	2005.12.02 05:00:00	-2,9	-2,1	-1,3	2,6	3,1	5,4	6,5	0,300
81857035	140	2005.12.02 05:30:00	-2,7	-2,1	-1,3	2,6	3	5,4	6,5	0,300
81857036	140	2005.12.02 06:00:00	-2,7	-2	-1,3	2,5	3	5,4	6,5	0,303

Record: 1872549 of 1872549

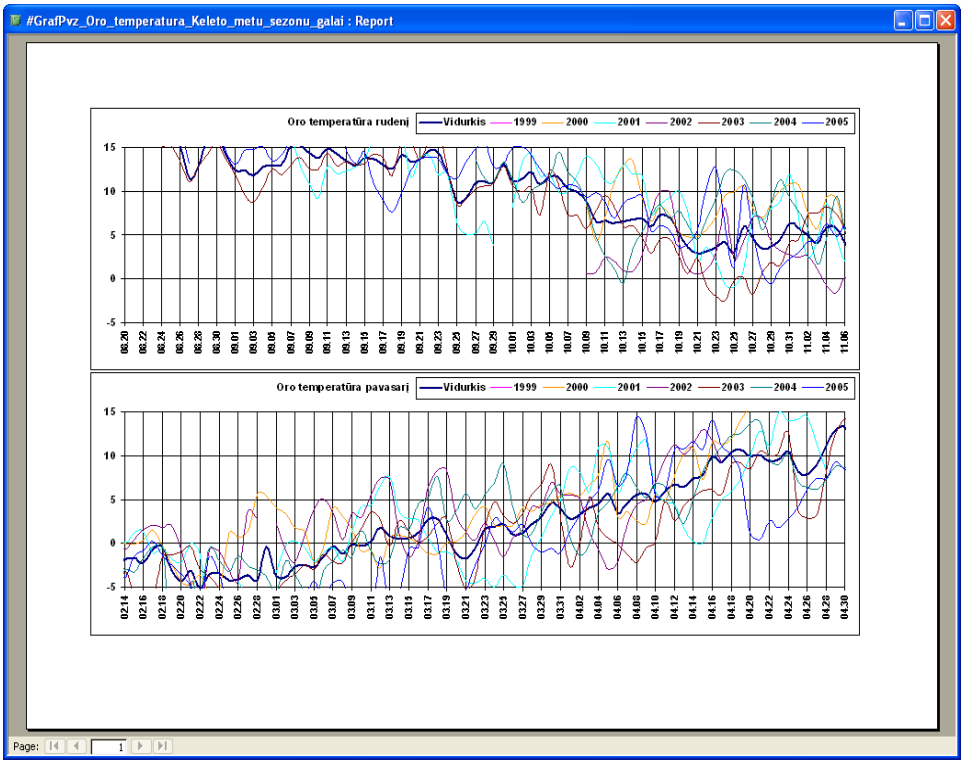
4.7 pav. Užklausos Maksimali_įšalo_riba rezultatai
Fig. 4.7. Results of Maximum_frozenground_limit request

Grafinės ataskaitos



4.8 pav. Grafinės ataskaitos #GrafPvz_Oro_ir_grunto_temperatūra_įvairiame_gylyje rezultatai
Fig. 4.8. Results of #GrafPvz_Air_and_Soil_temperature_different_depth graphical report

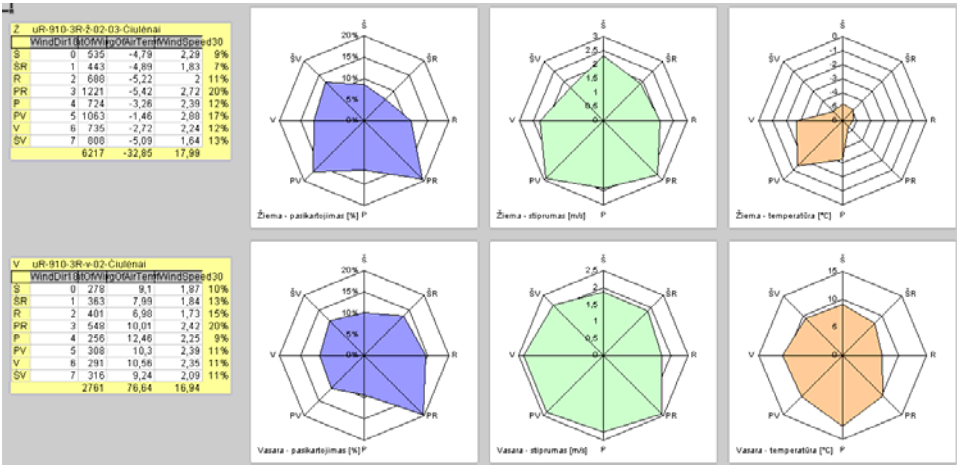
Iš sudarytų užklausų gaunamos grafinės ataskaitos, kurios sukuriamos *MS Excel* terpėje. Duomenų bazės ataskaitų lange nurodoma, iš kokių duomenų generuoti grafikus. Grafike (4.8 pav.) vaizduojamos oro ir grunto įvairiuose gyliuose temperatūros. Grafinės ataskaitos rezultatai apie oro temperatūrą pasirinktais metais pavaizduoti 4.9 paveiksle.



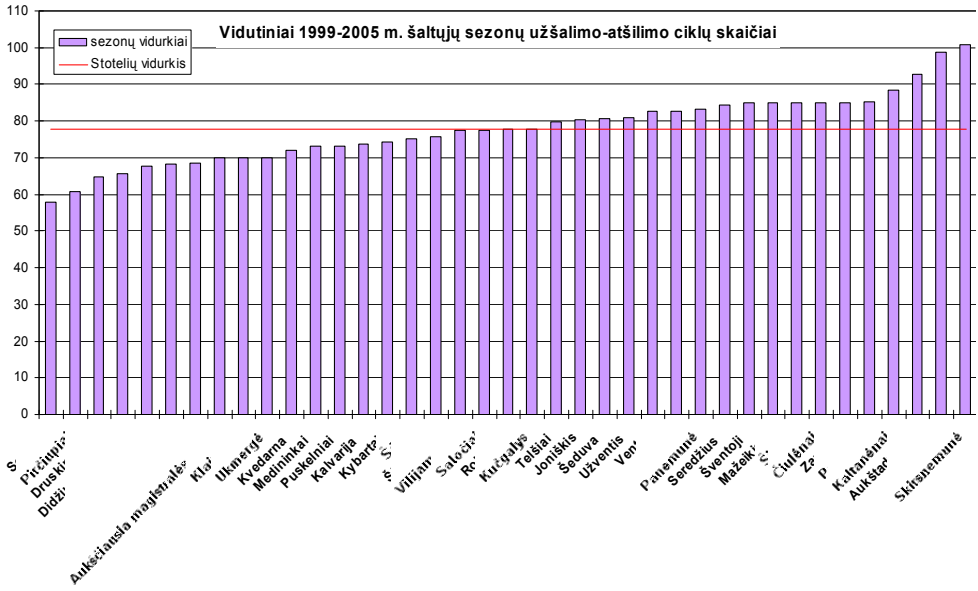
4.9 pav. Grafinės ataskaitos #GrafPvz_Oro_temperatura_Keleto_metu_sezonu_galai rezultatai
Fig. 4.9. Results of #GrafPvz_Air_temperature_Several_year_seazons_ends graphical report

Vėjų rožių grafikų pavyzdys Čiulėnų stotelėje (4.10 pav.), gautas naudojant užklausų _Vasaros_vėjų_rožė ir _Žiemos_vėjų_rožė duomenis.

Vidutiniai kelio dangos užšalimo ir atšilimo ciklų skaičių KOSIS stotelėse grafikai (4.11 pav.) gaunami naudojant KOSIS-DB užklausos Stotys_Sezonai_Perėjimai_Per_0_Crosstab duomenis.

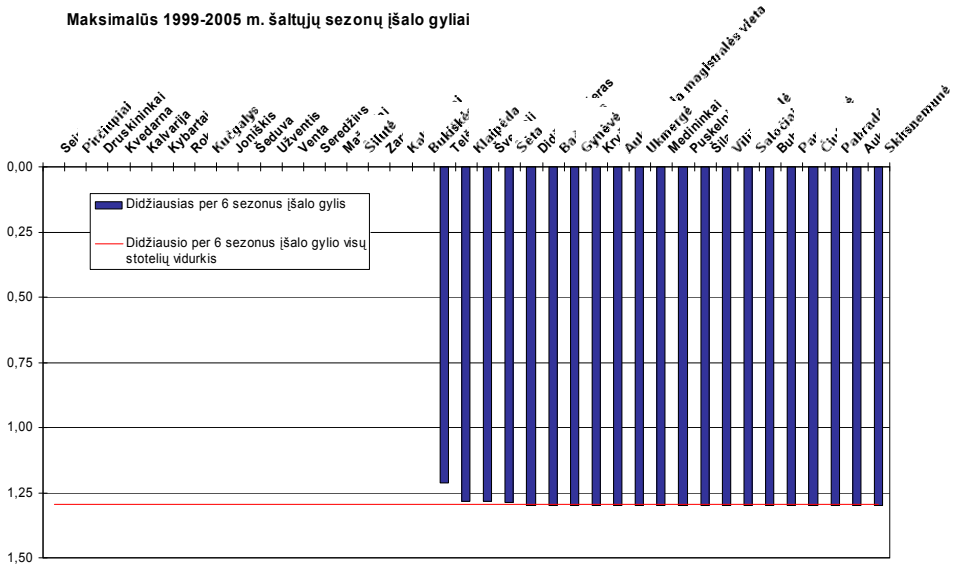


4.10 pav. Vėjų rožių grafikų pavyzdys
Fig. 4.10. Example of wind rose plots



4.11 pav. Vidutiniai kelio dangos užšalimo ir atšilimo ciklų skaičiai KOSIS stotelėse
Fig. 4.11. Average numbers of road pavement freezing and thawing cycles in RWIS stations

Didžiausio įšalo gylio verčių grafikas (4.12 pav.) KOSIS stotelėse sudarytas *MS Excel* terpėje naudojant KOSIS-DB užklausos Maksimali_įšalo_riba_Crosstab duomenis.

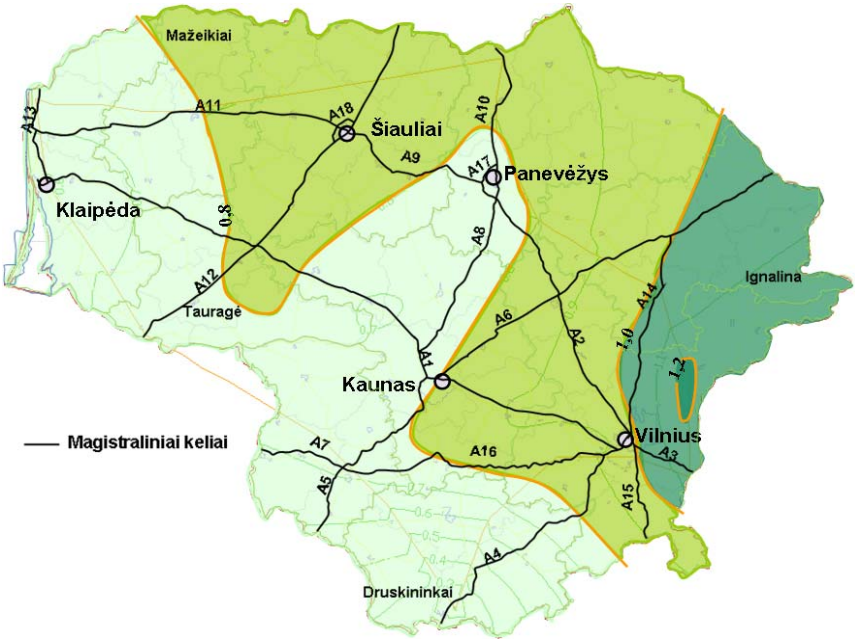


4.12 pav. Maksimalios įšalo gylio vertės KOSIS stotelėse
Fig. 4.12. Values of maximum depth of frozen ground in RWIS stations

4.2. Lietuvos teritorijos rajonavimas kelių projektavimo ir tiesimo požiūriu

Temperatūra – vienas pagrindinių veiksnių, darančių įtaką automobilių kelių projektavimui. Šalčio poveikis yra svarbus inžinerinių tinklų, kelių ir kitų miesto statinių projektavimui, statybai ir eksploatacijai. Nuo neigiamos oro temperatūros priklauso grunto įšalo gylis. Formuodamasis ir nykdamas įšalas keičia grunto struktūrą, turi poveikį paviršinių ir požeminių vandenų apykaitai ir pan., todėl įšalo gylio kaitos tyrimai bei analizė svarbi tiek teoriniu, tiek praktiniu požiūriu. Grunto temperatūra ir įšalimo gylis priklauso nuo klimato veiksnių, dirvožemio tipo bei mechaninės sudėties, drėgnumo, augalijos ir sniego dangos.

Projektuojant ir rekonstruojant kelią svarbu žinoti, kaip įšalo gyliai pasiskirsto Lietuvos teritorijoje. Atsižvelgiant į galimus grunto įšalimo gylius, galima tinkamai parinkti kelio dangos konstrukcijos storį, ypač didelį dėmesį reikia skirti projektuojant ar rekonstruojant apsauginį šalčiui atsparų sluoksnį. Per devynerius metus 1,3 m įšalo gylis bent po kartą buvo užfiksuotas praktiškai visose KOSIS stotelėse. Taikant didžiausio įšalo gylio nustatymo interpoliacijos (Krigingo) metodą Lietuvos teritorija rajonuojama į 4 zonas, kai įšalo gylis yra iki 0,8 m, nuo 0,8 iki 1,0 m, nuo 1,0 iki 1,2 m bei daugiau nei 1,2 m. (4.13 pav.).



4.13 pav. Didžiausio įšalo gylio pasiskirstymas Lietuvos teritorijoje pagal KOSIS
Fig. 4.13. Distribution of maximum depth of frozen ground within the territory of Lithuania based on RWIS

Pagal KOSIS didžiausio (1,0–1,3 m) įšalo gylio zona apima labai mažą rytinę Lietuvos teritorijos dalį, įšalo gylis nuo 0,8 iki 1,0 m slenka iš Lietuvos šiaurinės dalies, apimdamas dalį Žemaičių Aukštumos (apie Šiaulius, Kelmę, Raseinius), į Lietuvos pietrytinę dalį. Mažiausio įšalo gylio zona (mažiau nei 0,8 m) apima pajūrį, vakarinę, vidurinę ir pietinę Lietuvos dalis.

Įšalimo gyliams Lietuvos automobilių keliuose turi įtakos sniego valymas, kai sniegas valomas, paviršiai įšąla giliau ir atvirkščiai.

Projektuojant naują kelio konstrukciją tikslinga naudotis ne tik KOSIS grunto įšalo gylių žemėlapiu, bet ir Hidrometeorologijos tarnybos stočių duomenimis. LHMT stotelės įšalo gylį matuoja laukuose, o KOSIS fiksuoja grunto įšalo reikšmes kelio konstrukcijoje, tačiau kelių sankasos gruntai dažniausiai neatitinka tos vietovės gruntų savybių, nes jie yra sumaišyti technologinio proceso metu įrengiant sankasą. Tame pačiame kelyje gali pasitaikyti įvairių gruntų, turinčių skirtingų charakteristikų.

4.3. Lietuvos teritorijos rajonavimas kelių priežiūros požiūriu

Klimatinės sąlygos turi didelę reikšmę kelių būklei žiemos sezono metu. Automobilių kelių būklė žiemą turi būti tokia, kad transporto priemonės galėtų važiuoti saugiai normaliais greičiais per visą šaltąjį sezoną. Automobilių kelių priežiūros požiūriu reikšmingiausias veiksnys žiemą – sniegas. Ne mažiau reikšmingos yra ir pūgos. Apsaugoti kelią nuo klimatinių veiksnių arba per labai trumpą laiko tarpą pašalinti ant dangos susikaupusį sniego, ledo sluoksnį sudėtinga, tačiau yra nemažai realių galimybių, naudojant šiuolaikišką valymo ir barstymo techniką įvykdyti pagrindinius kelio dangų priežiūrai žiemą keliamus reikalavimus. Žiemos periodu kelių tarnybos ruošiasi iš anksto, sudaromas priežiūros darbų planas. Planas ruošiamas kruopščiai, atsižvelgiant į buvusius žiemos sezonų patirtį ir įvertintus tų sezonų trūkumus, paskaičiuojamas reikalingas medžiagų ir mechanizmų poreikis. Atlikta analizė rodo, kad kiekvienam rajonui būtų galima priskirti klimatinį koeficientą k_i, kuriuo remiantis būtų vertinami darbų kiekiai ir tikslinamos žiemos tarnybai skirtos lėšos. Šis koeficientas priklausytų nuo sniego dangos storio, lijundrų bei pūgų trukmės. Koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$k_i = \frac{a_i}{a_v}, \tag{4.1}$$

čia a_v – įvertinamos charakteristikos vidutinė reikšmė; a_i – įvertinamos charakteristikos reikšmė konkrečiame rajone (zonoje).

Randama kiekvienos įvertinamos charakteristikos vidutinė reikšmė a_v:

$$a_v = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i}{n}, \tag{4.2}$$

čia n – skaičiuojamųjų rajonų (zonų) skaičius.

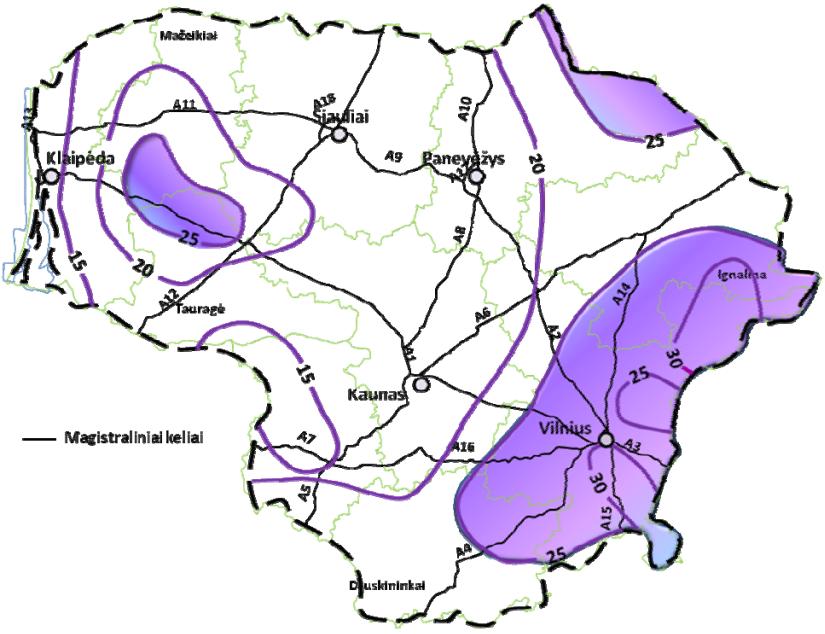
Šio klimato koeficiento reikšmės gali būti mažesnės ir didesnės už vienetą. Pagal tą pačią sistemą nustatomas šių charakteristikų koeficientas:

- sniego dangos storio;

- lijundros trukmės, valandomis;
- pūgų trukmės, valandomis.

Galima išvesti bendrą visų charakteristikų klimatinį koeficientą ir kiekvienos atskirai, nes kiekvienos charakteristikos įtaka priežiūros tarnyboms šaltuoju metu nėra vienareikšmė ir ją svarbu nustatyti.

Šie koeficientai padėtų tiksliau įvertini skirstomas lėšas: jeigu rajone klimatinis koeficientas yra didesnis už 1, sąlygos sunkesnės ir lėšų siūloma skirti daugiau. Sniego dangos vidutinio storio koeficiento, kurio reikšmė didesnė už 1, pasiskirstymo zonos pavaizduotos 4.14 paveiksle, vidutinės pūgų trukmės (valandomis) per metus koeficiento pasiskirstymo zonos – 4.15 paveiksle, o vidutinės lijundros trukmės (valandomis) per metus koeficiento pasiskirstymo zonos – 4.16 paveiksle.

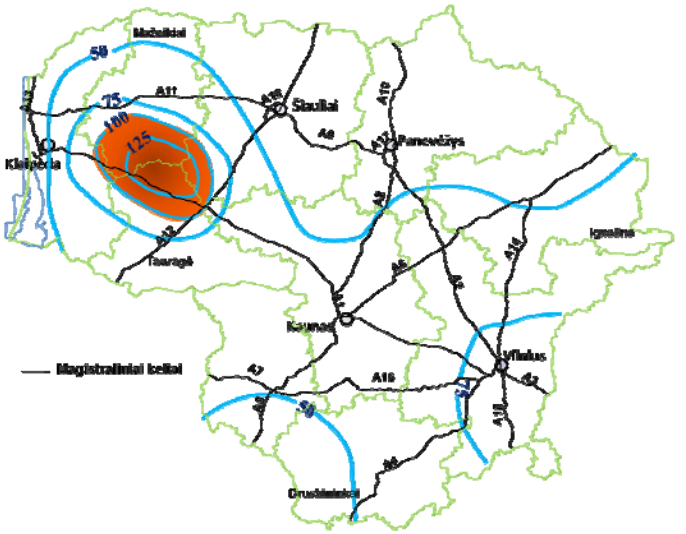


4.14 pav. Pasiskirstymo zonos, kai sniego dangos vidutinio storio koeficientas didesnis už 1

Fig. 4.14. Distribution zones, as coefficient of the average thickness of snow cover higher than 1

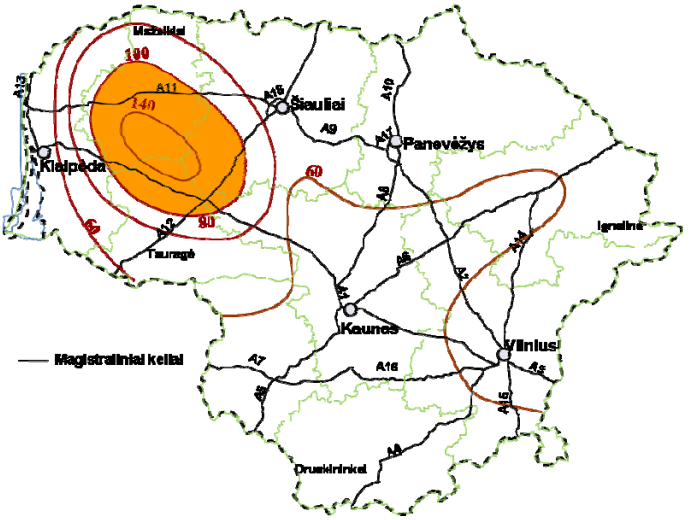
Pagal pūgos (4.15 pav.) ir lijundros (4.16 pav.) klimatinių koeficientų pasiskirstymo zonų žemėlapius galima teigti, kad daugiausia lėšų priežiūrai siūloma skirti Žemaičių Aukštumoje esantiems automobilių keliams. Visa likusi Lietuvos teritorija rečiau patiria pūgų ir lijundros pasireiškimus (D priedas).

Žemėlapiai, kai sniego storio, lijundros ir pūgos trukmių koeficientai lygūs arba mažesni už 1, pavaizduoti D priede.



4.15 pav. Pasiskirstymo zonos, kai vidutinės pūgų trukmės (valandomis) per metus koeficientas didesnis už 1

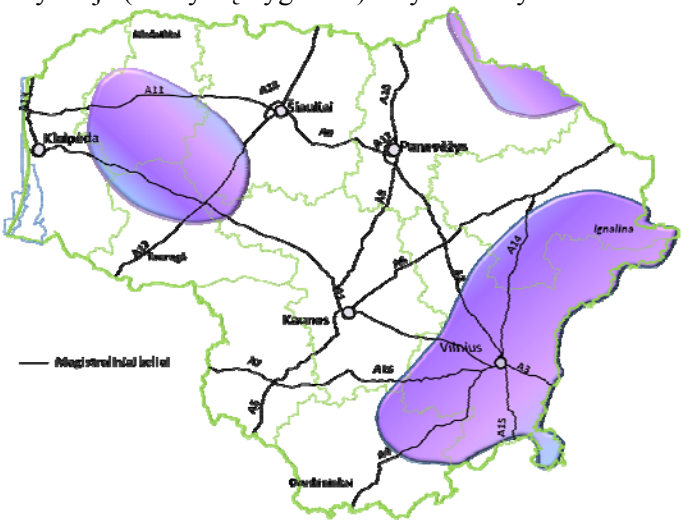
Fig. 4.15. Distribution zones, as coefficient of the average annual duration of snowstorms (in hours) higher than 1



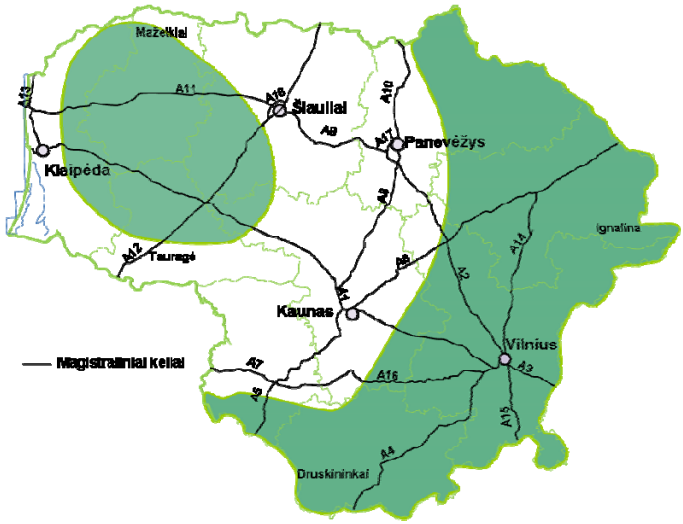
4.16 pav. Pasiskirstymo zonos, kai vidutinės lijundros trukmės (valandomis) per metus koeficientas didesnis už 1

Fig. 4.16. Distribution zones, as coefficient of the average annual duration of freezing rain (in hours) higher than 1

Apskaičiavus Lietuvos teritorijos klimatinius koeficientus (sniego dangos storio; lijundros trukmės, valandomis; pūgų trukmės, valandomis), galima išvesti bendrą visų charakteristikų klimatinį koeficientą. Pagal bendrą koeficientą iš žemėlapyje pažymėtų zonų (4.17 pav.) matosi, kad daugiausia priežiūros reikalauja Lietuvos Žemaičių Aukštumoje (apie Telšius, Šilalę ir Kelmę), šiaurinėje (apie Biržus) ir pietrytinėje (Pietryčių Lygumos) dalyse esantys automobilių keliai.



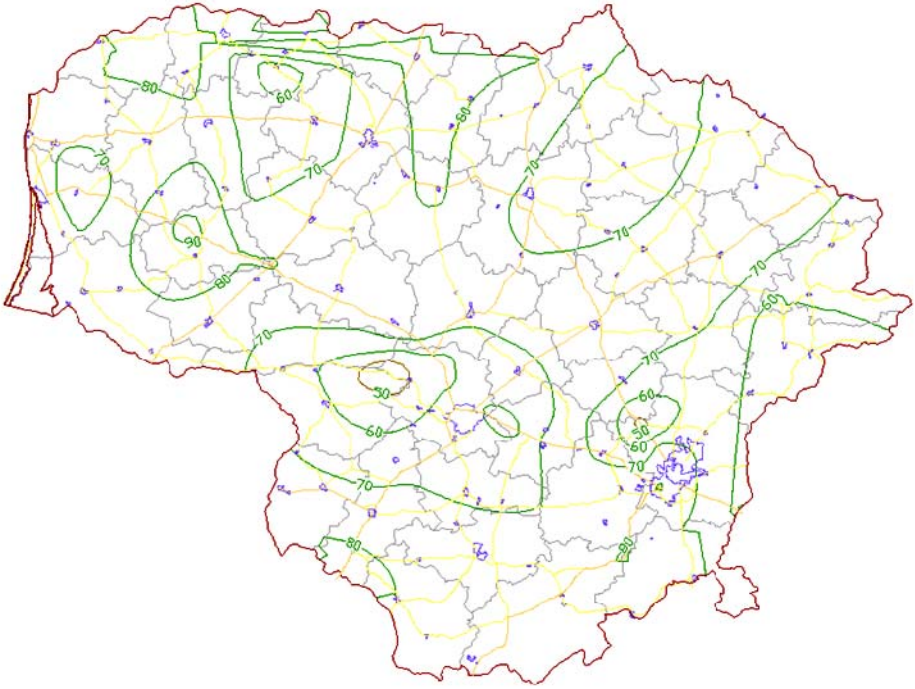
4.17 pav. Bendras visų veiksnių žemėlapis, kai klimatinis koeficientas didesnis už 1
Fig. 4.17. General map of all factors when the climatic coefficient is higher than 1



4.18 pav. Bendras visų veiksnių žemėlapis, kai klimatinis koeficientas didesnis ir lygus 1
Fig. 4.18. General map of all factors when the climatic coefficient is higher and equal to 1

Pagal KOSIS vidutinius 1999–2008 m. šaltųjų sezonų duomenis sudaromas kelio dangos paviršiaus užšalimo/atšilimo ciklų skaičiaus žemėlapis (4.19 pav.).

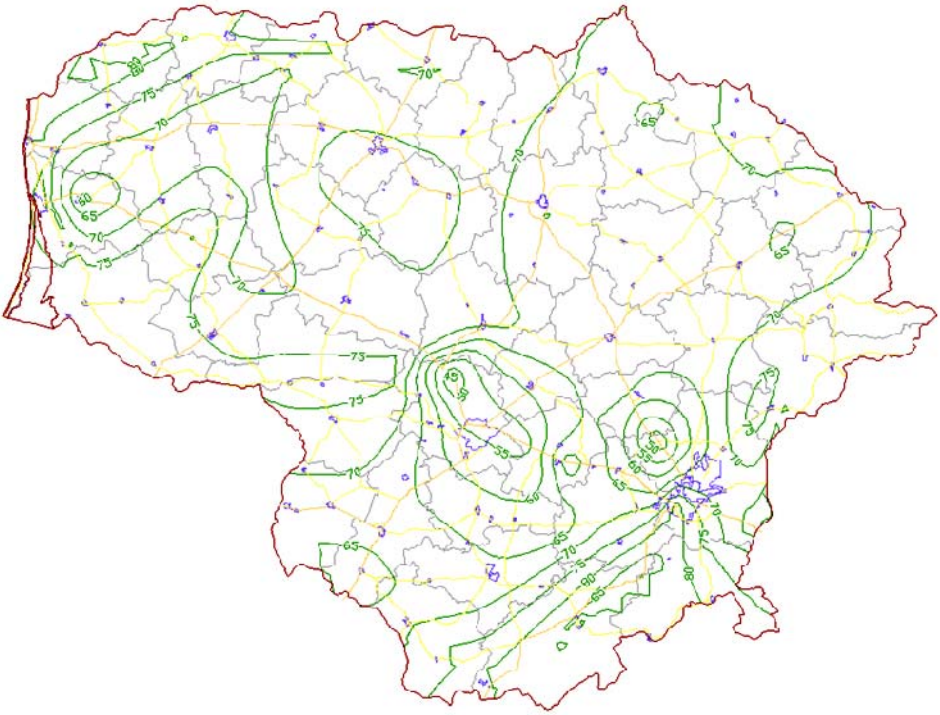
Daugiausiai (80–90 ciklų) užšalimo/atšilimo ciklų pasireiškia Žemaičių Aukštumoje ir šiaurinėje Lietuvos dalyje, mažiausiai (50–60 ciklų) – Vidurio Žemumos apatinėje ir Lietuvos pietrytinėje (apie Vilnių) dalyse.



4.19 pav. Kelio dangos paviršiaus užšalimo ciklų skaičiaus žemėlapis
Fig. 4.19. The map of the number of pavement surface freezing cycles

Sudaryto Lietuvos Respublikos kelio dangos paviršiaus užšalimo ciklų skaičiaus žemėlapį (4.19 pav.) patogu naudoti prognozuojant dangų konstrukcijose susidarančius defektus.

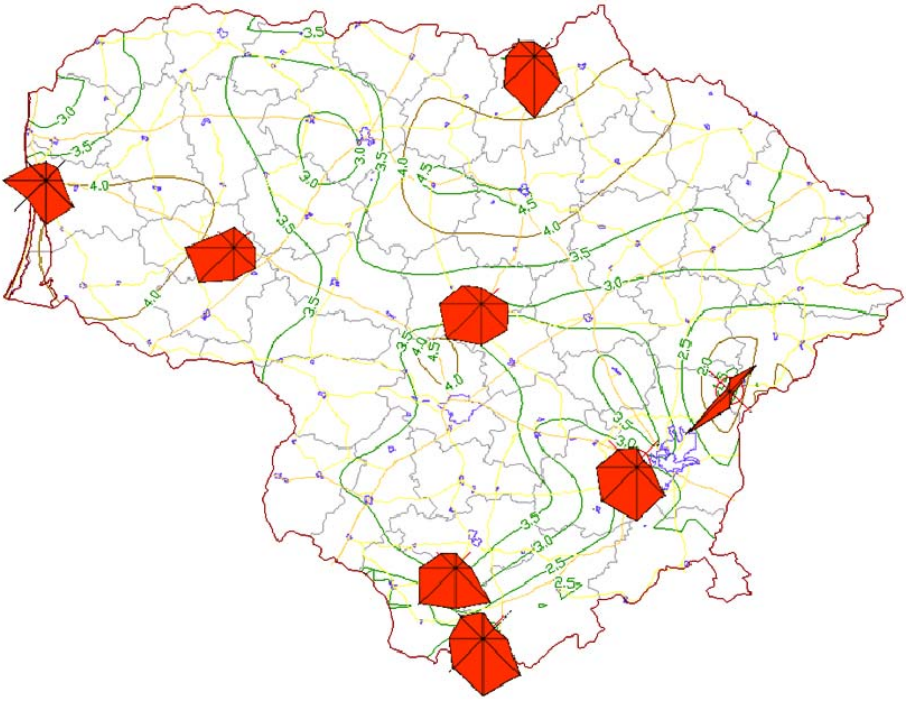
Oro temperatūros perėjimų per 0 °C ciklų skaičiaus žemėlapis (4.20 pav.), sudarytas pagal vidutinius 1999-2008 m. šaltųjų sezonų duomenis, rodo, kad tokių ciklų skaičius šaltųjų sezonų metu kinta nuo 45 kartų vidurio Lietuvoje iki 85 kartų pietinėje dalyje.



4.20 pav. Oro temperatūros perėjimų per 0 °C ciklų skaičiaus žemėlapis
Fig. 4.20. The map of the number of transitions of air temperature over 0 °C

Vėjų stiprumas ir pasikartojimo dažnumas ir kryptis įtakoja automobilių kelių priežiūros žiemą darbus. Vėjo ir sniego derinys apsunkina transporto eismą arba visai jį sustabdo. Nuo to, kiek smarkiai pustomi keliai ir, kokia intensyvi žiema, priklauso kelių priežiūros tarnybų materialinių ir energetinių išteklių sunaudojimas. Dar kelio projektavimo stadijoje svarbu žinoti apie vėjo kryptį, greitį ir stiprumą tame regione, kur bus projektuojamas kelias. Atviroje vietovėje tiesiamo kelio projekte turi būti numatytos patikimos apsaugos nuo užpustymo priemonės.

Sudarytas vidutinio vėjų greičio ir krypties žemėlapis (4.21 pav.), naudojant 1999–2008 m. šaltųjų sezonų duomenis, rodo, kad stipriausias vėjas (4,0–4,5 m/s) dažniau pasitaiko Lietuvos šiaurinėje ir vidurio dalyse, silpniausias vėjas aptinkamas pietryčių Lietuvoje. Pagal KOSIS duomenis šaltuoju metu visoje Lietuvoje vyrauja vakarų, pietvakarių, pietų bei pietryčių vėjas, tik pietrytinėje dalyje dažniau pasitaiko šiaurės rytų vėjas.



4.21 pav. Vidutinio vėjo greičio žemėlapis, su vėjų rožėmis
Fig. 4.21. The map of the average wind speed with wind roses

Duomenų kaupimas ir analizė apie vyraujančius vėjus yra būtina sąlyga, norint sėkmingai apsaugoti automobilių kelius nu užpustymo sniegu žiemos periodo metu. KOSIS duomenų pagalba sukurtas vėjo krypties ir greičio „rožių“ žemėlapis (4.23 pav.), padės prognozuoti galimus užpustomų kelių ruožus atskiruose Lietuvos rajonuose. Užpustomuose kelio ruožuose apsaugai nuo užpustymo AM ir I–III kategorijų keliuose reikia naudoti apsauginius želdinius arba pernešamus skydus.

4.4. Rajonavimo metodų įgyvendinimo galimybių tyrimai kelių tiesyboje

Šalčiui atsparios dangos konstrukcijos pakankamas storis turi užtikrinti transporto eismo apkrovų pasiskirstymą ir apsaugoti dangą nuo susidarančių deformacijų dėl šalčio ir atšilimo poveikio. Jei neatlikti specialūs tyrimai ar nėra darbo patir-

ties šalčiui atsparios dangos konstrukcijos mažiausiam storiui nustatyti, tada šis storis bet kuriai dangos konstrukcijos klasei apskaičiuojamas atsižvelgiant į:

– sankasos gruntų jautrį šalčiui, kurį apibūdina gruntų klasifikacija (pagal ST 188710638.06:2004);

– nustatomą sluoksnio storio tikslinimą (pagal KPT SDK 07:2008 7 lentelę).

Kai vietinės sąlygos yra nevienodos, tikslinga dėl statybinių ir techninių priežasčių šalčiui atsparių dangos konstrukcijos sluoksnių storius ilgesnėse kelio atkarpose numatyti tokius pačius.

Tokie metodai šalčiui atsparios dangos konstrukcijos storiui nustatyti negalioja dangoms, kurioms dėl šalčio poveikio ribojama tam tikra leidžiama bendroji automobilio masė.

Mažiausio dangos konstrukcijos storio nustatymas

Nustatant mažiausią šalčiui atsparios dangos konstrukcijos storį, pagal KPT SDK 07:2008 7 lentelę (D priedas), reikia atsižvelgti į kelio išilginį profilį, dangos nuolydžius bei kelkraščių zoną, taip pat naudojimo trukmę. Nustatant mažiausią šalčiui atsparios dangos konstrukcijos storį, pagal KPT SDK 07:2008 nurodoma, kad reikia atsižvelgti į šalčio poveikį dangai, kurį reikia įvertinti pasitelkiant ilgametę patirtį ir kitus vietinius duomenis, tačiau pagal tų pačių projektavimo taisyklių 7 lentelę dangos storis tikslinamas dydžiu, kuris yra lygus simbolių verčių algebrinei sumai (4.3 formulė), tačiau šalčio poveikis neįvertintas.

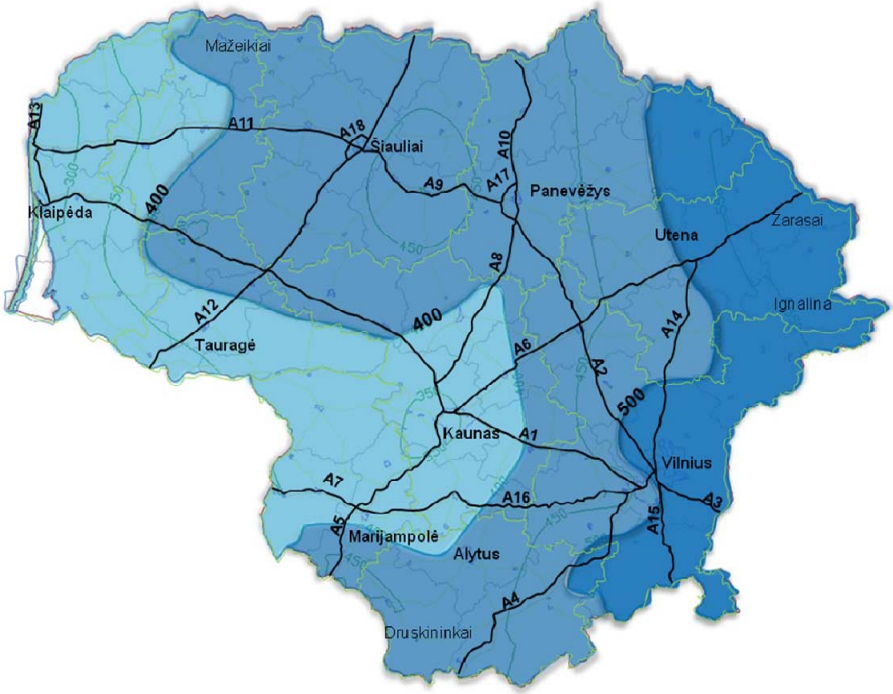
$$\textit{Storio didinimas arba mažinimas} = A + B + C, \tag{4.3}$$

čia A – kelio dangos viršaus aukščio kriterijus, B – vandens poveikio kriterijus, C – zonos prie dangos kriterijus.

Lietuvos klimatinėmis sąlygomis šalčio poveikis dažnai nulemia konstrukcijos storį. Nustatant šalčiui atsparios dangos konstrukcijos sluoksnio storį būtina įvertinti šalčio poveikį dangai, todėl į (4.3) formulę tikslinga įvesti šalčio poveikio kriterijų D:

$$\textit{Storio didinimas arba mažinimas} = A + B + C + D.$$

Sudarytas žemėlapis (4.22 pav.) pagal šalčio indeksą *FI* vaizduoja tris šalčio poveikio zonas, atitinkamai pagal šias šalčio zonas siūloma papildomai patikslinti apsauginį šalčiui atsparų sluoksnio storį (4.1 lentelė).



4.22 pav. Rajonavimas pagal šalčio poveikį
Fig. 4.22. Regioning according to the impact of cold

I šalčio poveikio zona išskiriama, kai šalčio indeksas iki –400 ºC; II šalčio poveikio zona, kai šalčio indeksas yra nuo –400 ºC iki –500 ºC, daugiau nei –500 ºC – III šalčio poveikio zona. Atsižvelgiant į šalčio poveikio žemėlapį siūlomas dangos konstrukcijos storio tikslinimas (žr. 4.1 lentelę).

4.1 lentelė. Storio tikslinimas atsižvelgiant į šalčio poveikį kelio konstrukcijai
Table 4.1. Correction of thickness taking into consideration the impact of cold on road structure

Kriterijus	Zonos	Storis
Šalčio poveikis	I zona	± 0 cm
	II zona	+ 5 cm
	III zona	+ 10 cm

4.5. Ketvirtojo skyriaus išvados

1. Esant dideliam KOSIS duomenų kiekiui, juos apdoroti buvo pasirinkta DBVS *MS Access*. Šiuo metu DB yra virš 5 mln. duomenų, DBVS nustatyta duomenų filtravimo funkcija, kurios dėka, duomenys, kurių vertės nepatenka į nustatytas ribas, laikomi klaidomis ir pašalinami pirminio duomenų apdorojimo metu. KOSIS stotelių duomenis papildžius jų koordinatėmis ir apdorojus *AutoCad Civil 3D*, gaunami teminiai žemėlapiai, kuriuose vaizduojamas pasirinkto parametro verčių pasiskirstymas Lietuvos teritorijoje.

2. Sudaryti teminiai (įšalo gylio, kelio dangos paviršiaus užšalimo ciklų, vėjo krypties ir greičio, oro temperatūros, perėjimų per 0 °C ciklų skaičiaus) žemėlapiai gana tiksliai parodo pasirinktų veiksnių kitimo teritorijoje dėsningumus. Taikant interpoliacijos tarp izolinijų metodą, šiuose žemėlapiuose galima nustatyti reikšmes ir toms vietovėms, kuriose nebuvo stebėjimų.

3. Siekiant geriau apsaugoti Lietuvos automobilių kelius nuo užpustomo sniego žiemos sezono metu, prognozuojant galimus užpustomų kelių ruožus, rekomenduojame naudotis KOSIS DB sukuriamomis vėjo krypties ir greičio „rožėmis“ atskiruose Lietuvos rajonuose. Sudaryto Lietuvos Respublikos kelio dangos paviršiaus užšalimo ciklų skaičiaus žemėlapio duomenis rekomenduojame naudoti prognozuojant dangų konstrukcijose susidarančius defektus. Lijundros, pūgos trukmės, sniego dangos storio žemėlapius tikslinga naudoti klimatinių koeficientų išvedimui kiekvienam rajonui.

4. Pagal KOSIS grunto įšalo žemėlapį Lietuvą rajonuoti siūloma į keturias zonas, kai įšalo gylis yra iki 0,8 m, iki 1,0 m, iki 1,2 m ir daugiau nei 1,2 m.

5. Atsižvelgiant į šalčio poveikį dangos konstrukcijai, projektuojant ir rekonstruojant kelią, reikėtų atitinkamai parinkti kelio dangos konstrukcijos storį. Norint patikslinti dangos konstrukcijos sluoksnio storio parinkimą, siūlome naudotis žemėlapiu, kuriame nurodytos šalčio poveikio zonos, ir pagal kurį siūloma esant II šalčio poveikio zonai dangos konstrukcijos storį didinti 5 cm, esant III – 10 cm.

6. Klimatiniai koeficientai padėtų tiksliau vertini skirstomas lėšas: jeigu rajone (zonoje) klimatinis koeficientas yra didesnis už 1, sąlygos sunkesnės ir priežiūros kaštai didesni, ir atvirkščiai. Apskaičiuotas klimatinis koeficientas rodo, kad daugiau priežiūros šaltuoju sezonų metu reikalauja Žemaičių Aukštumos (Telšių apskr. vidurio ir pietinė dalys, Šiaulių apskr. pietvakarinė dalis ir Tauragės apskr. šiaurinė dalis), pietrytinės (beveik visa Vilniaus apskr., Alytaus apskr. šiaurės rytų dalis, Utenos apskr. pietrytinė dalis) bei nedidelės šiaurinės dalių (Panevėžio apskr. šiaurinė dalis) zonose esantys automobilių keliai.

Bendrosios išvados

1. Atlikta mokslinės literatūros klimato tyrimų tema analizė leidžia teigti, kad vystantis ekonomikai, atsirado būtinybė plėtotis taikomojo pobūdžio klimatologijos kryptims: aviacijos, kelių ir kt. Apžvelgus mūsų šalies, kuri yra pajūrio kraštas, tačiau klimatas nėra tipiškai jūrinis, klimato ypatumus, pastebima daug regioninių išskirtinumų, todėl galima teigti, kad Lietuvai neužtenka būti priskirtai II klimatinei zonai pagal bendrą Rytų Europos klimatinį ir kelių rajonavimą, siūloma sudaryti Lietuvos rajonavimą kelių tiesybos požiūriu.

2. Atlikus teritorijų rajonavimo metodų apžvalgą galima teigti, kad kitose šalyse taikomi rajonavimo metodai turi savo specifiką dėl kiekvienos šalies klimatinių ypatumų ir skirtingų oro rėžimo sąlygų. Daugelio šalių kelių organizacijos ir tarnybos, spręsdamos kelių tiesybos uždavinius, remiasi meteorologijos tarnybų sudarytais žemėlapiais iš daugiamečių duomenų. Šalys, kurių oro sąlygos šaltojo sezono metu kelia daug problemų keliuose, priežiūros darbams organizuoti sudaro atskirus žemėlapius iš aktualių kiekvienai šaliai klimato veiksnių.

3. Atlikta klimato veiksnių įtakos kelių tiesybai analizė rodo, kad dar projektavimo stadijoje turi būti išsamiai išnagrinėtos klimato sąlygos būsimo kelio vietovėje. Projektuojant kelio dangos konstrukciją, būtina atsižvelgti ne tik į vidutinius visai Lietuvai, bet ir tam rajonui, kuriame projektuojamas kelias, būdingus klimato veiksnius. Projektuojant kelio dangos konstrukciją, ypač apsauginį šalčiui atsparų sluoksnį, svarbu išanalizuoti ne tik vietinio grunto rūšį, gruntinio

vandens slūgsojimo gylį, bet ir žinoti neigiamos oro temperatūros dydį bei trukmę bei įšalo gylį toje vietovėje.

4. Esant dideliam sukauptam KOSIS duomenų kiekiui, juos apdoroti buvo pasirinkta DBVS *MS Access*. Šios duomenų bazės terpėje buvo sukurta KOSIS DB paprogramė, kuri leidžia susisteminti duomenis, gauti įvairius išvestinius rodiklius, atlikti tiesioginį grafinį duomenų generavimą pačioje DBVS aplinkoje.

5. Sudarytais iš KOSIS duomenų teminiais žemėlapiais gali naudotis visi vartotojai, tačiau kelių tarnyboms, atliekančioms kelių tiesybos darbus, jie yra ypač aktualūs: įšalo gylio, kelio dangos paviršiaus užšalimo ciklų žemėlapių duomenis rekomenduotina naudoti prognozuojant dangos konstrukcijoje susidarančius defektus; vėjo krypties ir greičio žemėlapius – prognozuojant galimus užpustomų kelių ruožus; oro temperatūros žemėlapius – organizuojant tiesimo darbus ir pan.

6. Pasiūlytas žemėlapis su šalčio poveikio zonomis siekiant patikslinti KPT SDK 07 projektavimo taisyklėse dangų konstrukcijos sluoksnio storį projektuojant ar rekonstruojant kelią.

7. Pasiūlytas (-i) klimatinis (-iai) koeficientas (-ai) (sniego dangos storio, lijundros ir pūgų trukmės, valandomis), pagal kurį (-iuos) būtų galima tikslinti priežiūros darbų kiekius bei sąnaudas žiemą. Toji zona, kurioje klimatinio koeficiento vertė didesnė už 1, rodo, kad joje nepalankios kelių priežiūrai oro sąlygos pasitaiko dažniau.

Literatūros sąrašas

Amšiejus, J.; Dirgėlienė, N.; Norkus, A.; Žilionienė, D. 2009. Evaluation of soil trength parameters via triaxial testing by height versus dameter ratio of sample, *The Baltic journal of road and Bridge Engineering,* 2(4): 55–60. DOI: 10.3846/1822-427X.2009.4.54-60.

Baïz, S.; Tighe, S. L.; Haas, C. T.; Mills, B.; Perchanok, M. 2007. *Development and calibration of frost and thaw depth predictors for use in variable load restrictions desicion-making on flexible low-volume roads.* Department of Civil and Environmental Engineering, University of Waterloo. Canada. 20 p.

Bakštys, A. 2006. *Statistika ir tikimybė*: vadovėlis aukštųjų mokyklų studentams. Vilnius. 188 p.

Baltijos jūros regiono šalių kelių oro sąlygos [žiūrėta 2009-09-26]. Prieiga per internetą: <www.balticroads.net>.

Beck, C.; Grieser, J.; Kottek, M.; Rubel, F.; Rudolf, B. 2006. Characterizing Global Climate Change by means of Köppen Climate Classification, *Klimastatusbericht*, 139–149.

Bukantis, A. 1994. *Lietuvos klimatas*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla. 196 p.

Bukantis, A. *Klimatologija_1* [žiūrėta 2007-06-22]. Prieiga per internetą: <www.hkk.gf.vu.lt/nauja/studentams/klimatologija/K_1.pdf>.

Bukantis, A.; Valiuškevičienė, L. 2003. Paros oro temperatūros svyravimai apie 0 °C Lietuvoje. Statistinė klimatinė analizė. Klimatologija. *Geografijos metraštis*, 36 (1). 13 p.

Burinskienė, M.; Jakovlevas-Mateckis, K.; Adomavičius, V.; Juškevičius, P.; Klibavičius, A.; Narbutis, B.; Paliulis, G.; Rimkus, A.; Šliogeris, J. 2003. *Miestotvarka*. Vilnius: Technika. 400 p. ISBN 9986-05-614-4.

Cilsius, G. 2006. Informacinė sistema padės Lietuvos keliams. *Lietuvos keliai*, 2: 40–43. ISSN 1392–8678.

Cilsius, G. 2009. Intelektualinių transporto sistemų diegimas. *Lietuvos keliai*, 1: 56–60. ISSN 1392–8678.

Čekanavičius, V.; Murauskas, G. 2004. *Statistika ir jos taikymas II.* Vilnius: TEV. 272 p.

Čygas, D.; Laurinavičius, A.; Čiuprinskas, K. 2005. *Kelių oro sąlygų informacinės sistemos fiksuojamų duomenų apdorojimas, analizė ir taikymas.* Mokslo darbo ataskaita. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. 91 p.

Danijos kelių direkcija [žiūrėta 2009-02-18]. Prieiga per internetą: <http://www.vejdirektoratet.dk/ vejdirektoratet.asp?page=company&objno=11>.

Draveniece, A. 2006. *Oceanic and continental air masses over Latvia:* summary of doktoral thesis. Riga. 24 p. [žiūrėta 2008-02-15]. Prieiga per internetą: <www3.acadlib.lv/greydoc/Dravenieces_disertacija/ Draveniece_ang.doc>.

Elvik, R.; Myusen, A. B. 2001. *2000. Handbook of Road Safety.* Oslo, Copenhagen. 773 p.

Eriksson, M.; Lindqvist, S. 2001. *Regional influence on road slipperiness during winter precipitation events.* Göteborg University. Sweden. 8 p.

Estijos kelių direkcija [žiūrėta 2008-07-08]. Prieiga per internetą: <http://www.vejdirektoratet.dk/ vejdirektoratet.asp?page=company&objno=11>.

Ežerų maitinimas ir vandens apytaka. *Kompiuterinė enciklopedija* [žiūrėta 2008-04-11]. Prieiga per internetą: <http://enci.sviesa.lt/lt.php/straipsniai/ zeme/ezerai/maitinimas_ir_ vandens_apytaka>.

FAO projektas TCP/LIT/6613. 1998. Valstybinis žemėtvarkos institutas [žiūrėta 2008-03-06]. Prieiga per internetą: <http://www.zum.lt/Resources/Internet_senas/lithuan/Map/060303.gif>.

Federal Highway Administration. 2003. Weather in the Infostructure. Cambridge Systematics. 26 p. [žiūrėta 2007-03-23]. Prieiga per internetą: <http://ops.fhwa.dot.gov/ Weather/best_practices/ WeatherInInfostructure2003.pdf>.

Goodwin, L. 2003. *Best Practices for Road Weather Management*, Version 2.0, prepared for the FHWA Road Weather Management Program by Mitretek Systems. 130 p.

Grušaitė, V. 2009. Erdvinė kritulių kiekio sklaida Lietuvoje, *Mokslas – Lietuvos ateitis*. 1(4): 10–14. ISSN 2029-2252.

Informacija apie meteorologinių matavimų tinklą. 2001. Vilnius: Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba.

Jin, J.; Parker, S.T.; Ran, B. 2008. Road Weather Information System Data Archiving and Access Tools in the WisTransPortal. *Prepared for the 87th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington, D.C. 24 p.

Kažys, J. 2006. *Meteorologinių sąlygų poveikis eismo saugumui Lietuvoje*: daktaro disertacijos santrauka. Vilnius: VU leidykla. 26 p.

Kelių oro sąlygų informacijos sistema. I etapas. Sistemos bendrasis projektas. Kaunas: Kelprojektas, 1998. 40 p.

Kelių oro sąlygų informacijos sistema (KOSIS). Kaunas, 1998. 69 p.

Kirk, Jørgen Sand. 1998. Danish winter index. *The 9 th International Road Weather Conference*, 15–17 March 1998, Lulea, Sweden, *SIRWEC proceedings*. Earth Sciences Centre, Goteborg University. Swedish National Road Administration. 285 p.

Klimato žinynas. Stichiniai meteorologiniai reiškiniai 1961–1995 m. 2000. Vilnius. 474 p.

Klimato žinynas. Vėjas. 1961–1990 m. 1996. Vilnius: Lietuvos hidrometeorologijos valdyba. 171 p.

KTR 1.01:2008. Automobilių keliai. 2008. Vilnius. 33 p.

Kumetaitienė, A. 2006. Skaitmeninio reljefo modelio sudarymas skirtingais geostatistiniais reljefo modeliavimo metodais, *Geografija* 42(1): 28–32. ISSN 1392-1096.

LAKD KOSIS: dabartis ir perspektyvos – situacijos apžvalga, naujovės. 2005.

Lenkijos kelių direkcija [žiūrėta 2009-07-16]. Prieiga per internetą: <http://www.gddkia.gov.pl/>.

Leonovich, I.; Čygas, D. 2006. Road Climatology: Determination of Calculated Values of Meteorological Characteristics. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 1(4): 167–175.

Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos [žiūrėta 2009-09-10]. Prieiga per internetą <www.lra.lt>.

Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos generalinio direktoriaus 2008 m. sausio 21 d. įsakymas Nr. V-7 „ Dėl automobilių kelių standartizuotų dangų konstrukcijų projektavimo taisyklių KPT SDK 07 patvirtinimo“. *Valstybės žinios*, 2008-02-07, Nr. 16-569.

Lietuvos ežerai ir jų raida [žiūrėta: 2008-04-11]. Prieiga per internetą: <http://enci.sviesa.lt/lt.php/straipsniai>.

Lietuvos gamtinė aplinka: būklė, procesai, tendencijos. 1994. Vilnius: Aplinkos apsaugos ministerija. 114 p.

Lietuvos geologijos tarnyba [žiūrėta 2008-06-05]. Prieiga per internetą: <www.lgt.lt>.

Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos [žiūrėta 2009-09-25]. Prieiga per internetą: <www.meteo.lt>.

Lietuvos inžinerinio geologinio žemėlapio M 1:500 000 įskaitmeninimas. 1997. Aiškinamasis raštas. Lietuvos geologijos tarnyba prie Statybos ir urbanistikos ministerijos. Vilnius. 53 p.

Lietuvos klimatas [žiūrėta 2009-08-07]. Prieiga per internetą: <http://www.orai.lt/lt/idomybes>.

Lietuvos klimato žinynas. Krituliai. 1991. Vilnius: Lietuvos hidrometeorologijos valdyba. 122 p.

Lietuvos klimato žinynas. Oro temperatūra. 1992. Vilnius: Lietuvos hidrometeorologijos valdyba. 139 p.

Lietuvos požeminės hidrosferos monitoringas 1995: informacinis biuletenis. 1996. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba. 78 p.

Lietuvos požeminės hidrosferos monitoringas 1996: 1997. informacinis biuletenis. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba. 94 p.

Lietuvos požeminės hidrosferos monitoringas 1997: informacinis biuletenis. 1998. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba. 120 p.

Lietuvos požeminės hidrosferos monitoringas 1998: informacinis biuletenis. 1999. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba. 149 p.

Lietuvos požeminės hidrosferos monitoringas 1999: informacinis biuletenis. 2000. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba. 153 p.

Lietuvos požeminės hidrosferos monitoringas 2000: informacinis biuletenis. 2001. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba. 89 p.

Lietuvos požeminės hidrosferos monitoringas 2001: informacinis biuletenis. 2002. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba. 104 p.

Lietuvos požeminės hidrosferos monitoringas 2002: informacinis biuletenis. 2003. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba. 92 p.

Lietuvos požeminės hidrosferos monitoringas 2003: informacinis biuletenis. 2004. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba. 86 p.

Lietuvos požeminės hidrosferos monitoringas 2004: informacinis biuletenis. 2005. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba. 81 p. ISSN 1392-1606.

*Lietuvos požeminės hidrosferos monitoringas 20*06: informacinis biuletenis. 2007. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba. 61 p. ISSN 1392-1606.

Lietuvos požeminės hidrosferos monitoringas 2007: informacinis biuletenis. 2008. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba. 70 p. ISSN 1392-1606.

Lietuvos reljefas. Lietuvos geografijos mokytojų asociacija [žiūrėta 2009-05-19]. Prieiga per internetą: <www.geografija.lt/index.asp?DL=L&TopicID=186>.

Lietuvos žemės gelmių raida ir ištekliai. Žemėlapių atlasas. 2004. Geologijos ir geografijos institutas. Vilniaus universitetas. Vilnius.

LST 1331: 2002. Automobilių kelių gruntai. Klasifikacija. 14 p.

LST 1333: 1994. Mineralinės automobilių kelių medžiagos. Bendrieji nurodymai. Terminai ir apibrėžimai. Klasifikacija. 16 p.

Lukošiūnas, S.; Palšaitis, E.; Tamaševičius, A. 1961. *Žemės darbai statyboje*. Vilnius. 164 p.

Lietuvos Respublikos vandenys. 1994. GDB 200. Vilnius: GIS Centras.

Mahle, A.H.; Rogstad, G. 2002. *NORIKS – a winter index for Norwegian conditions*. Norwegian Public Roads Administrations. 7 p.

Mayes, J.; Hughes, K. 2004. *Understanding Weather*. Oxford University Press, USA. 188 p.

Martišius, S.A.; Kėdaitis, V. 2003. *Statistika I.* Vilnius: VU. 341 p.

Martišius, S.A.; Kėdaitis, V. 2004. *Statistika II.* Vilnius: VU. 306 p.

Masaitytė, M.; Rimkus, E. 2002. Meteorological measurements in Lithuania during 1777–2002, *The Geographical Yearbook* XXXV(1–2): 307–320.

Mentlein, H. 2007. *Pflaster atlas. Planung, Konstruktion und Herstellung 2.* Auflage. 208 p.

Metinės oro temperatūros nuokrypiai nuo normos Lietuvoje [žiūrėta 2009-08-07]. Prieiga per internetą: <www.meteo.lt/klim_lt_klimatas.php?tipas=oro_temp>.

NCHRP. 2004. Guidelines for Snow and Ice Control Materials and Methods, *Description for Project Transportation Research Board*: 6–13.

Norvegijos kelių direkcija [žiūrėta 2009-03-03]. Prieiga per internetą: <http://www.vegvesen.no/>.

Palšaitis, E.; Vidugiris, L. 1999. *Automobilių kelių projektavimas*. Vilnius. 437 p.

Palšaitis, E. 1990. *Automobilių kelių žiemos tarnybos problemos*. Vilnius. 53 p.

Pavement Performance Data. Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering. 2007. 14 p.

Požeminio vandens monitoringas Lietuvoje (1946–1996). 1996. Lietuvos geologijos tarnyba. Vilnius. 90 p.

Pranaitis, V.; Sidauga, B. 1979. *Inžinerinė geologija*. Vilnius: Mokslas. 284 p.

*Research for Mobil*ty. 1995. Swedish Road and Transport Research Institute. Linkoping.

Rimeika, M. 2000. Lietaus charakteristikos Lietuvoje: intensyvumas, trukmė, pasikartojimas, *Geografijos metraštis* 33: 41–49.

Rimkus, E.; Kažys, J.; Junevičiūtė, J.; Stonevičius, E. 2007. Lietuvos klimato pokyčių XXI a. prognozė, *Geografija* 43(2): 37–47. ISSN 1392-1096.

Roads in Japan. Website of the Road Bureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport [žiūrėta 2008-03-10]. Prieiga per internetą: <www.mlit.go.jp/road>.

Robinson, A. H.; Morrison, J. L.; Muehrcke, P. C.; Kimerling, A. J.; Guptill, S. C. 1995. *Elements of Cartography*. 6th Ed. New York–Chichester.

RSN 156-94. 1995. Statybinė klimatologija. Lietuvos Respublikos statybos ir urbanistikos ministerija. Vilnius. 135 p.

RStO 01. 2001. Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, Ausgabe. Bekanntmachung der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern vom 02.10.2002, Gz IID9-43415-005/96.

Scanning and Assessment Survey. 1994. Sweden, Finland, Norway. Minnesota Department of Transport.

Schwartz, M. D. 1991. An integrated approach to air mass classification in the North Central United States, *Professional Geographer* 43 (1): 77–91.

Schönwiese, Ch. D.; Janoschitz, R. 2005. *Klima–Trendatlas Deutschland 1901–2000.* Berichte des instituts für Atmosphäre und umwelt der universität Frankfurt/Main. No. 4. 63 p.

СниП 2.05.02-85. 1986. Автомобильные дороги. Строительные нормы и правила. Москва. 56 с.

Snow and ice databook. 2006. PIARC Technical Committee 3.4 Winter Maintenance. Edition 2006. 197.

Snow and Ice Control. 1993. Minnesota Department of Transport.

Statybos rekomendacijos R 33- 01. Automobilių kelių žemės sankasa. Pirmasis leidimas. 2001. Vilnius. 124 p.

ST 1887110638.06: 2004. Automobilių kelių žemės sankasos įrengimas. 2004. Vilnius. 108 p.

Suomijos kelių direkcija [žiūrėta 2009-04-23]. Prieiga per internetą: <http://www.tiehallinto.fi>.

Ščemeliovas, V. 1970. Meteorologija Lietuvoje iki 1940 m., *Hidrometeorologiniai straipsniai* 2: 5–11.

Šimkus, J. 1984. *Gruntų mechanika, pagrindai ir pamatai*. Vilnius: Mokslas. 271 p.

Švedijos kelių direkcija žiūrėta [2009-05-20]. Prieiga per internetą: <http://www.vv.se/>.

Taminskas, J.; Švedas, K.; Konstantinova, J. 2005. Sezoninio įšalo trukmė Lietuvoje, *Geografijos metraštis* 38: 19–29.

Taminskas, J.; Švedas, K.; Švedienė, I. 2006. Sezoninio įšalo gylio kaita Lietuvoje, *Geografijos metraštis* 39(1): 15–24. ISSN 0132-3156.

Thornes, J. E.; Cavan, G.; Chapman, L. 2005. XRWIS: the use of geomatics to predict winterroad surface temperatures in Poland, *Meteorol. Appl.* 12: 83–90.

Tighe, S.L.; Mills, B.; Haas, C.T.; Baiz, S. 2007. *Using Road Weather Information Systems (RWIS) to Control Load Restrictions on Gravel and Surface-Treated Highways*. Ontario. 127 p.

The Norwegian Meteorological Institute is situated in Oslo, Bergen and Tromsø [žiūrėta 2009-07-14]. Prieiga per internetą: <http://www.met.no>.

Tveito, O.E.; Førland, E.J.; Alexandersson, H.; Drebs, A.; Jónsson, T.; Tuomenvirta, H.; Vaarby Laursen, E. 2001. *Nordic climate maps. DNMI* – Report No. 06/01 Klima. Norwegian meteorological institute. 29 p.

Tveito, O.E.; Førland, E.; Heino, R.; Hanssen-Bauer, I.; Alexandersson, H.; Dahlström, B.; Drebs, A.; Kern-Hansen, C.; Jónsson, T.; Vaarby Laursen, E.; Westman, Y. 2000. *Nordic temperature maps*. DNMI – Report No. 09/00 Klima. Norwegian meteorological institute. 55 p.

Vaitekūnas, S.; Valančienė, E. 2004. *Lietuvos geografija*. Vilnius.

Vaitekūnas, S. *Lietuvos geografija*. 1998. Vilnius: Alma littera. 215 p.

Vandens išteklių ataskaitos Nr. 15. FAO, Roma, 1997. 149 p. [žiūrėta 2008-04-15]. Prieiga per internetą: <www.zum.lt/resources/internet_senas/Lithuan/Html/1101.htm>.

Velske, S.; Mentllein, H.; Eymmaun, P. 1998. *Srassenbautechnik. Werner Verlag, Düseldorf.* 286 p.

Velske, S.; Mentllein, H.; Eymmaun, P. 1998. *Srassenbautechnik*. Werner Verlag, Düseldorf. 286 p.

Vidutinė metinė saulės spindėjimo trukmė [žiūrėta 2009-06-15]. Prieiga per internetą: <www.meteo.lt/klim_lt_klimatas.php?tipas=saule>.

Vidutinis metinis vėjo greitis ir vyraujančios vėjo kryptys [žiūrėta 2009-08-07]. Prieiga per internetą: <www.meteo.lt/klim_lt_klimatas.php?tipas=vejas>.

Waugh, D. 2002. *Geografija*. *Integruotas kursas. I dalis*. Alma littera.

Website of the Road Bureau. Ministry of Land. Infrastructure and Transport [žiūrėta 2009-02-25]. Prieiga per internetą: <http://www.mlit.go.jp/road>.

Winter Road Maintenance Methods in Finland. 1995. Finnish National Road Administration. Helsinki.

Witzany, J; Zigler, R. 2007. The analysis of non-stress effects on historical stone bridge structures (monitoring, theoretical analysis, maintenance), *Journal of Civil Engineering and Management International research and Achievements* 13(2): 157–167.

World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Department of Natural Sciences University of Veterinary Medicine Vienna [žiūrėta 2007-04-10]. Prieiga per internetą: <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/>.

World Meteorological Organization [žiūrėta 2007-05-23]. Prieiga per internetą: <http://www.wmo.ch/pages/ index_en.html>.

Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Banaitienė, N. 2001. *Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė.* Vilnius: Technika. 380 p.

Zavadskas, E. K.; Simanauskas, L.; Kazlauskas, A. 1999. *Sprendimų paramos sistemos statyboje.* Vilnius: Technika. 236 p.

Žilionienė, D. 2003. *Renovation of gravel roads from the aspect of sustainable development of road network*: summary of doctoral thesis. Vilnius: Technika. 37 p.

Васильев, А.П.; Сиденко, В.М. *Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения.* Москва, 1990. 301 с.

Глазачева, Л. И. 1988. Долговременные тренды в колебаниях речного стока, температуры воздуха в Прибалтике и атмосферной циркуляции в Европейско-Атлантическом секторе, в кн. *Режимообразующие факторы, гидрометеорологические и гидрохимические процессы в морях СССР.* Ленинград, 227–241.

Леонович, И. И. 2005. *Дорожная климатология*: учебник. Минск: БНТУ. 485 с.

Отраслевые дорожные нормы ОДН 218.046-01. 2001. *Проектирование нежестких дорожных одежд.* Государственная служба дорожного хозяйства министерства транспорта Российской федерации, Москва. 146 с.

СниП 2.05.02-85. 1986. Автомобильные дороги. Строительные нормы и правила. Москва. 56 с.

Тамашевичус, А.И. 1955. *Влияние некоторых гидрогеологических условий на устойчивость грунтов земляного полотна дорог Литовский ССР*. Вильнюс. 17 с.

Хромов, С. П.; Мамонтова, Л. И. 1974. *Метеорологический словарь*. 569 с.

2000 metų stichinių meteorologinių reiškinių apžvalga. 2001. Vilnius: Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba. 15 p.

2001 metų stichinių meteorologinių reiškinių apžvalga. 2002. Vilnius: Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba. 14 p.

2000 m. hidrometeorologinės sąlygos. 2001. Vilnius: Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba. 28 p.

2001 m. hidrometeorologinės sąlygos. 2002. Vilnius: Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba. 32 p.

Autoriaus publikacijos disertacijos tema

Straipsniai recenzuojamuose mokslo žurnaluose

Laurinavičius, A.; Čygas, D.; Čiuprinskas, K.; Juknevičiūtė, L. 2007. Data analysis and evaluation of road weather information system integrated in Lithuania, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 2(1): 6–12. ISSN 1822-427X (Thomson ISI Web of Science).

Laurinavičius, A.; Juknevičiūtė, L. 2008a. Analysis and evaluation of depth of frozen ground affected by road climatic conditions, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 3(4): 226–232. DOI: 10.3846/1822-427X.2008.3.226-232 (Thomson ISI Web of Science).

Straipsniai kituose leidiniuose

Čygas, D.; Laurinavičius, A.; Juknevičiūtė, L.; Vaitkus, A. 2004. Investigations of Pavement Structure of Public Transport Stops on Vilnius City Streets, in *Proceedings of 8 th International Conference „Modern Building Materials, Structures and Techniques“*. Vilnius, 186–192. ISBN 9986-05-757-4 (Thomson ISI Proceedings).

Laurinavičius, A.; Čygas, D.; Juknevičiūtė, L. 2005. Geometric Parameters of Public Transport Stops and their Influence on Asphalt Pavement, in *6th International Conference*

"Environmental Engineering", Vol 2. Vilnius, 738–743. ISBN 9986-05-851-1 (Thomson ISI Proceedings).

Laurinavičius, A.; Juknevičiūtė, L. 2008b. Analysis of the Change in the Depth of Frozen Ground in different Soils under Lithuanian Conditions, in *7th International Conference "Environmental Engineering",* Vol 3. Vilnius, 1160–1161. ISBN 978-9955-28-265-5 (Thomson ISI Proceedings).

Laurinavičius, A.; Juknevičiūtė, L. 2008c. Информационная система дорожно-погодных условий Литвы и результаты измерений. *Материалы 6-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике»*, Минск, 97–101. ISBN 977-985-525-037-2.

Laurinavičius, A.; Juknevičiūtė, L.; Čygas, D. 2008. Дорожная климатология в Литве, *Автомобильные дороги и мосты*: научно-технический журнал 2: 38–41.

Priedai

A priedas. Klimato klasifikacija
B priedas. Klimatinio rajonavimo metodai
C priedas. Lietuvos Hidrometeorologijos tarnybos ir Kelių oro sąlygų informacinės sistemos duomenys
D priedas. Lietuvos teritorijos rajonavimas kelių tiesybos požiūriu

Lina JUKNEVIČIŪTĖ-ŽILINSKIENĖ

linaj@vgtu.lt

LIETUVOS KLIMATO ĮTAKOS KELIŲ TIESYBAI VERTINIMO METODIKA
IR KLIMATINIS RAJONAVIMAS

Daktaro disertacija

Technologijos mokslai,
statybos inžinerija (02T)

METHODOLOGY FOR THE EVALUATION OF THE EFFECT OF THE CLIMATE
OF LITHUANIA ON ROAD CONSTRUCTION AND CLIMATIC REGIONING

Doctoral Dissertation

Technological Sciences,
Civil Engineering (02T)

2009 11 09. 13,25 sp. l. 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