



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

KELIŲ KATEDRA

Arina Minkevič

**INTELEKTINIŲ TRANSPORTO SISTEMŲ, NAUDOJAMŲ ŽIEMOS KELIŲ
PRIEŽIŪRAI, ANALIZĖ IR VERTINIMAS**

**THE ANALYSIS AND EVALUATION OF INTELLIGENT TRANSPORT
SYSTEMS USED FOR WINTER ROAD MAINTENANCE**

Baigiamasis magistro darbas

Kelių eismo saugumo inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H22001

Statybos inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2014

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

KELIŲ KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

Virgaudas Puodžiukas

(Vardas, pavardė)

(Data)

Arina Minkevič

**INTELEKTINIŲ TRANSPORTO SISTEMŲ, NAUDOJAMŲ ŽIEMOS KELIŲ
PRIEŽIŪRAI, ANALIZĖ IR VERTINIMAS**

**THE ANALYSIS AND EVALUATION OF INTELLIGENT TRANSPORT
SYSTEMS USED FOR WINTER ROAD MAINTENANCE**

Baigiamasis magistro darbas

Kelių eismo saugumo inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H22001

Statybos inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

prof. dr. Alfredas Laurinavičius

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

(Parašas)

(Data)

Lietuvių kalbos konsultantas lekt. Regina Žukienė

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

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2014

Vilniaus Gedimino technikos universitetas Aplinkos inžinerijos fakultetas Kelių katedra	ISBN _____ ISSN _____ Egz. sk. Data-.....-.....
---	--

Antrosios pakopos studijų Kelių eismo saugumo inžinerijos programos magistro baigiamasis darbas 4
Pavadinimas Intelektinių transporto sistemų, naudojamų žiemos kelių priežiūrai, analizė ir vertinimas
Autorius Arina Minkevič
Vadovas prof. dr. Alfredas Laurinavičius

Kalba:
 lietuvių

Anotacija Baigiamajame magistro darbe yra nagrinėjamos Lietuvoje žiemos metu naudojamos intelektinės transporto sistemos. Didžiausias dėmesys yra skiriamas KOSIS trūkumo – nesugebėjimo prognozuoti – pašalinimui. Darbo tikslas yra išsiaiškinti, ar yra galimybė, pasinaudojus minėtos sistemos teikiama duomenimis, prognozuoti kritulių pradžios laiką VĮ „Vilniaus regiono kelių“ prižiūriuose keliuose. Darbo aktualumui atskleisti yra aptarta kritulių prognozės svarba tiek eismo dalyviams tiek kelių priežiūros įmonėms ypač šaltuoju metų laiku. Tikslui pasiekti yra aprašoma tyrimo metodika, kurios pagrindą sudaro vėjo, nešančio kritulių debesis, greitis. Greičiui apskaičiuoti yra pateikiami teoriniai pagrindai, padedantys pasirinkti atitinkamus parametrus šio dydžio nustatymui. Žinant debesų judėjimo greitį yra parengtos prognozės, kurių rezultatai gretinami su realiai užfiksuotais laiko intervalais. Atlikus tyrimą yra nustatyta, kokių spindulių yra tikslinga atlikti tokias prognozes ir kokiam laikotarpiui galima prognozuoti. Darbą sudaro 6 dalys: įvadas, literatūros apžvalga, Lietuvoje naudojamos intelektualios transporto sistemos kelių priežiūroje žiemą, klimatinų sąlygų prognozavimo tyrimas, išvados ir pasiūlymai, literatūros sąrašas. Darbo apimtis – 71 p. teksto be priedų, 35 iliustracijos, 13 lentelės, 29 bibliografiniai šaltiniai. Atskirai pridedami darbo priedai.
--

Prasminiai žodžiai: ITS, KOSIS, kritulių prognozė, kelių priežiūra žiemą

Vilnius Gediminas Technical University Faculty of Environmental Engineering Department of Roads	ISBN _____ ISSN _____ Copies No. Date-.....-.....						
Master Degree Studies Roads Traffic Safety Engineering study programme Master Graduation Thesis 4 <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%;">Title</td> <td>The Analysis and Evaluation of Intelligent Transport Systems Used for Winter Road Maintenance</td> </tr> <tr> <td>Author</td> <td>Arina Minkevič</td> </tr> <tr> <td>Academic supervisor</td> <td>Prof Dr Alfredas Laurinavičius</td> </tr> </table> Thesis language: Lithuanian		Title	The Analysis and Evaluation of Intelligent Transport Systems Used for Winter Road Maintenance	Author	Arina Minkevič	Academic supervisor	Prof Dr Alfredas Laurinavičius
Title	The Analysis and Evaluation of Intelligent Transport Systems Used for Winter Road Maintenance						
Author	Arina Minkevič						
Academic supervisor	Prof Dr Alfredas Laurinavičius						
Annotation In this master thesis there are analysed intelligent transport systems used for winter road maintenance in Lithuania. The main attention is paid to Road Weather Information system. The aim of this thesis is to find out the possibility of forecasting the precipitation start time in Vilnius region using Road Weather stations information. All stations are located within a 200 km radius to the southwest of Vilnius region. At first there is a disputed importance of precipitation forecasting to drivers and road maintenance personnel especially during the winter season. In order to achieve the aim of this thesis, there are described forecasting method based on the wind speed. Also there is a theory that explains how to select basic parameters to calculate the wind speed. There are some forecasts made in this paperwork and their results are compared with real data. It helps to find out which stations are useful for further forecasting and what is the longest time of forecasting. The thesis includes 6 parts: introduction, survey of literature, Road Weather Information systems used for winter road maintenance in Lithuania, the research of weather forecasting, conclusions and suggestions, references. Pages - 71 p . text, 35 figures . , 13 tables . , 39 bibliographic sources . All appendixes are separately attached							
Keywords: ITS, RWIS, Precipitation Forecasting, Winter Road Maintenance							

TURINYS

IVADAS.....	12
1. LITERATŪROS APŽVALGA.....	13
1.1. Meteorologinių sąlygų įtaka eismo saugumui.....	13
1.2. Intelektinės transporto sistemos ir jų įtaka eismo saugumui.....	16
1.3. Informacijos savalaikiškumo įtaka eismo saugumui	16
1.4. Darbo tikslas ir uždaviniai	18
2. LIETUVOJE NAUDOJAMOS INTELEKTINĖS TRANSPORTO SISTEMOS KELIŲ PRIEŽIŪROJE ŽEIMĄ	19
2.1. Krituliai ir juos lemiantys veiksniai	19
2.2. Lietuvos klimatas	25
2.2.1. Krituliai	26
2.2.2. Vėjas.....	27
2.3. ITS Lietuvoje – esama situacija ir planai.....	27
2.4. Kelių šiluminis kartografavimas	30
2.4.1. Kelių šiluminio kartografavimo planavimas.....	30
2.4.2. Naudojama įranga	31
2.4.3. Būtinios oro sąlygos matavimams atlikti	31
2.4.4. Tyrimo eiga	32
2.4.5. Duomenų analizė.....	32
2.5. Kelių oro sąlygų informacinė sistema ir eismo informacijos centras	33
2.5.1. Žiemos priežiūros valdymo sistemos (WSMS) kilmė	34
2.5.2. Lietuvoje veikianti kelių oro sąlygų informacinė sistema	35
2.5.3. Kelių oro sąlygų informacinės sistemos stotelių surenkamos informacijos pateikimas kelių priežiūros tarnyboms.....	38

2.5.4. Kelių oro sąlygų informacinės sistemos stotelių surenkamos informacijos pateikimas vairuotojams. Eismo informacijos centras.....	43
2.6. Mobilūs slidumo matuokliai	46
2.7 Lietuvoje naudojamų ITS apžvalgos išvados.....	49
3. KLIMATINIŲ SĄLYGŲ PROGNOZAVIMO TYRIMAS	50
3.1. Tyrimo metodika.....	50
3.2. Šių metų vasario 10 dienos tyrimas	52
3.3. Tyrimo rezultatai ir jų analizė	61
3.4. Tyrimo išvados.....	64
4. TYRIMO REZULTATŲ PRITAIKYMAS PRAKTIKOJE.....	65
4.1. Kelių priežiūros tarnybų atstovams parengta prognozavimo skaičiuoklė.....	65
4.2. Prognozės rezultatų pritaikomumas	66
4.3. Tyrimo rezultatų pritaikymo išvados	67
IŠVADOS IR PASIŪLYMAI.....	68
LITERATŪRA.....	69
PRIEDAI	Error! Bookmark not defined.
A priedas. Nagrinėjamos KOS stotelės.....	Error! Bookmark not defined.
B priedas. KOS stotelių duomenys tyrimui	Error! Bookmark not defined.
C priedas. Nuoseklūs kritulių frontų judėjimai	Error! Bookmark not defined.
D priedas. Šiurkštumo koeficiento β reikšmės.....	Error! Bookmark not defined.
E priedas. Atstumai tarp stotelių	Error! Bookmark not defined.
F priedas. Kritulių prognozavimas	Error! Bookmark not defined.

Paveikslų sąrašas

1. pav. VĮ „Vilniaus regiono keliai“ privalomų kelių priežiūros darbų finansavimas (parengta autoriaus).....	12
1.1 pav. TAV koeficiento priklausomybė nuo meteorologinių reiškinių trukmės (parengta autoriaus).....	14
1.2 pav. Įskaitinių eismo įvykių, žuvusių bei sužeistų eismo dalyvių pasiskirstymas pagal metų laikus (parengta autoriaus).....	15
2.1 pav. Koriolio jėgos poveikis įvairiose Žemės rutulio vietose (Rimkus 2011).....	23
2.2 pav. KOSIS stočių tinklas Lietuvoje (parengta autoriaus).....	29
2.3 pav. „Šiluminiai antspaudai“ (Vaisala).....	33
2.4 pav. KOSIS funkcionavimo schema (LAKD KOSIS 2000).....	36
2.5 pav. KOS stotelė (LAKD 2009).....	37
2.6 pav. Pagrindinė informacija (KOSIS aplikacija).....	38
2.7 pav. Informacija langelyje greta simbolio ir iššokančiame informacijos lange (KOSIS aplikacija).....	39
2.8 pav. Bendras teritorijos vaizdas (KOSIS aplikacija).....	40
2.9 pav. KOS duomenų lentelė (KOSIS aplikacija).....	40
2.10 pav. KOS duomenų Grafikai (KOSIS aplikacija).....	41
2.11 pav. Kameros (KOSIS aplikacija).....	41
2.12 pav. Automobilių srautų skaitiklis (KOSIS aplikacija).....	42
2.13 pav. Perspėjimų vaizdavimas (KOSIS aplikacija).....	42
2.14 pav. Informacijos sklaida per eismo informacijos centrą (Cilcius 2013).....	43
2.15 pav. Informacija apie kelių oro sąlygas (Eismo informacijos centras).....	44
2.16 pav. Eismo intensyvumo duomenys (Eismo informacijos centras).....	44
2.17 pav. Vaizdo kamerų teikiama informacija (Eismo informacijos centras).....	45
2.18 pav. Kintamos informacijos ženklai (Eismo informacijos centras).....	45
2.19 pav. Apribojimai keliuose (Eismo informacijos centras).....	46
2.20 pav. VĮ „Alytaus regiono keliai“ 2012 m. vasario 21 d. atliktos rytinės patrulinės apžiūros metu išmatuotų sukibimo koeficientų rezultatai. Raudona spalva rodo nepakankamą sukibimo koeficientą (Skrodenis ir kiti 2012).....	47
2.21 pav. Mobilus optinis kelio dangos būklės matavimo prietaisas RCM 411, pritvirtintas prie automobilio kablo (Miškinis 2013).....	48

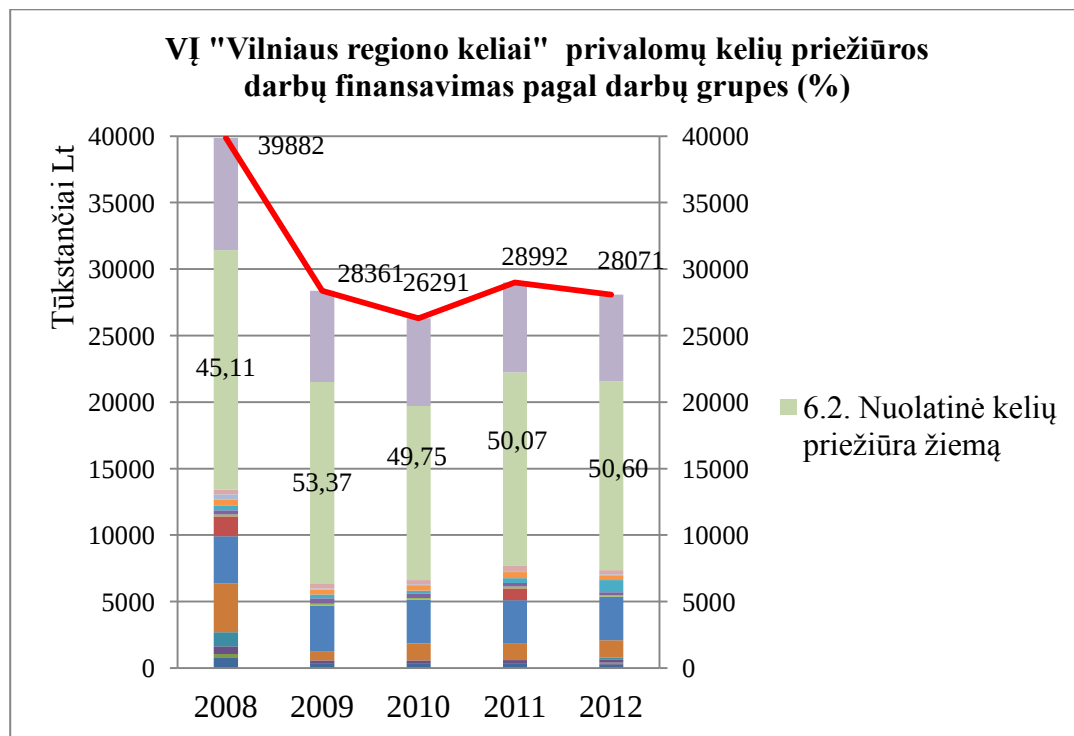
2.22 pav. Kairėje RSM 411 vartotojo sąsajos rodomas sukibimo koeficiento kitimas (0,5), dešinėje – μ Tec išmatuotas sukibimo koeficientas (0,44). Rodyklė vaizduoja nustatytą dangos būklę (sniegą) (Skrodenis ir kiti 2012).....	49
3.1 pav. Nagrinėtos KOS stotelės (parengta autoriaus).....	50
3.2 pav. Tyrimo atlikimo schema (parengta autoriaus).....	51
3.3 pav. Kritulių judėjimas (parengta autoriaus).....	61
3.4 pav. KOS stotelių, kuriose buvo užfiksuota nuoseklaus kritulių fronto pradžia, pasiskirstymas (parengta autoriaus).....	62
3.5 pav. KOS stotelėje užfiksuoto kritulių fronto atslinkimo tikimybė iki Vilniaus apskrities (parengta autoriaus).....	62
3.6 pav. Prognozių paklaidos KOS stotelėje „Eišiškės“ (parengta autoriaus).....	63
3.7 pav. Prognozių paklaidos KOS stotelėje „Aukštadvaris“ (parengta autoriaus).....	63
3.8 pav. Prognozių paklaidos KOS stotelėje „Pirčiupiai“ (parengta autoriaus).....	64
4.1 pav. Debesies judėjimo greitis, m/s (parengta autoriaus).....	65
4.2 pav. Laikas per kurį krituliai pasiekia vis kitą stotelę (parengta autoriaus).....	66

Lentelių sąrašas

2.1 lentelė. Debesų klasifikacija (Rimkus 2005).....	20
2.2 lentelė. Vėjo kryptis (Rimkus 2011).....	21
2.3 lentelė. Vėjo greičio matavimo vienetai (parengta autoriaus).....	22
2.4 lentelė. Šiurkštumo koeficiento reikšmės (Petrauskas ir kiti 2001).....	24
2.5 lentelė. Žiemos priežiūros valdymo sistemų vystymasis (Mr. Hobbs <i>ir kiti</i> 2012).....	34
3.1 lentelė. Prognozės iš „Kalinowo“ stotelės (parengta autoriaus).....	54
3.2 lentelė. Prognozės iš „Bialobrezgi“ stotelės (parengta autoriaus).....	55
3.3 lentelė. Prognozės iš „Druskininkai“ stotelės (parengta autoriaus).....	56
3.4 lentelė. Prognozės iš „Seirijai“ stotelės (parengta autoriaus).....	57
3.5 lentelė. Prognozės iš „Kampai“ stotelės (parengta autoriaus).....	58
3.6 lentelė. Prognozės iš „Pivašiūnai“ stotelės (parengta autoriaus).....	59
3.7 lentelė. Prognozės iš „Pabehninkai“ stotelės (parengta autoriaus).....	60
3.8 lentelė. Šių metų vasario 10 dienos prognozavimo paklaidos (parengta autoriaus)	60

IVADAS

Valstybinės reikšmės kelių priežiūra žiemą turi užtikrinti atitinkamą kelių pravažiuojamumą, atsižvelgiant į jiems priskirtus kelių priežiūros lygius, ir saugų eismą. Nors priežiūros lygiai vis žemėja ir normatyvų reikalavimai tampa vis mažesni, tačiau ir jiems įgyvendinti, priežiūros įmonės sunaudoja didžiąją dalį savo metinio finansavimo (1 pav.)



1. pav. VĮ „Vilniaus regiono keliai“ privalomų kelių priežiūros darbų finansavimas (parengta autoriaus)

Iš grafiko matyti, kad pusė gaunamų lėšų yra skiriama nuolatinei kelių priežiūrai žiemą. Vienas iš būdų, kuriuo būtų įmanoma sumažinti žiemos priežiūros sąnaudas, nepakenkiant darbų kokybei, yra intelektinių transporto sistemų (toliau ITS) naudojimas. Šios sistemos dažnai yra suprantamos kaip informacinių ir ryšio technologijų taikymas, siekiant spręsti įvairias transporto problemas (Paulauskas ir kiti 2011).

Šiame baigiamajame magistro darbe yra nagrinėjamos Lietuvoje įdiegtos intelektinės transporto sistemos ir jų įtaka, siekiant optimizuoti žiemos priežiūros darbus bei užtikrinti saugų eismą keliuose.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Meteorologinių sąlygų įtaka eismo saugumui

Meteorologinės sąlygos turi didelę įtaką eismo saugumui. Tai įrodė ir J. Kažio bei jo kolegų atliktas eismo įvykių skaičiaus priklausomybės nuo meteorologinių sąlygų tyrimas Vilniaus mieste. Tyrėjai nustatė, kad per 2001-2002 metų laikotarpį, daugiau nei ketvirtadalis (26%) eismo įvykių įvyko būtent esant nepalankioms oro sąlygoms. Didžioji dalis šių eismo įvykių įvyko šaltuoju metų laiku (lapkričio — kovo mėnesiais).

Pagal poveikį eismo saugumui, mokslininkai pavojingus meteorologinius reiškinius suskirstė taip:

1. turintys įtakos matomumui: krituliai (lietus, sniegas, šlapdriba, kruša), rūkas, pūga;
2. turintys tiesioginės įtakos kelio dangos pokyčiams: liūndra, plikledis, krituliai, pūga;
3. turintys įtakos transporto priemonių stabilumui kelyje: stiprus vėjas. (Kažys ir kiti 2004).

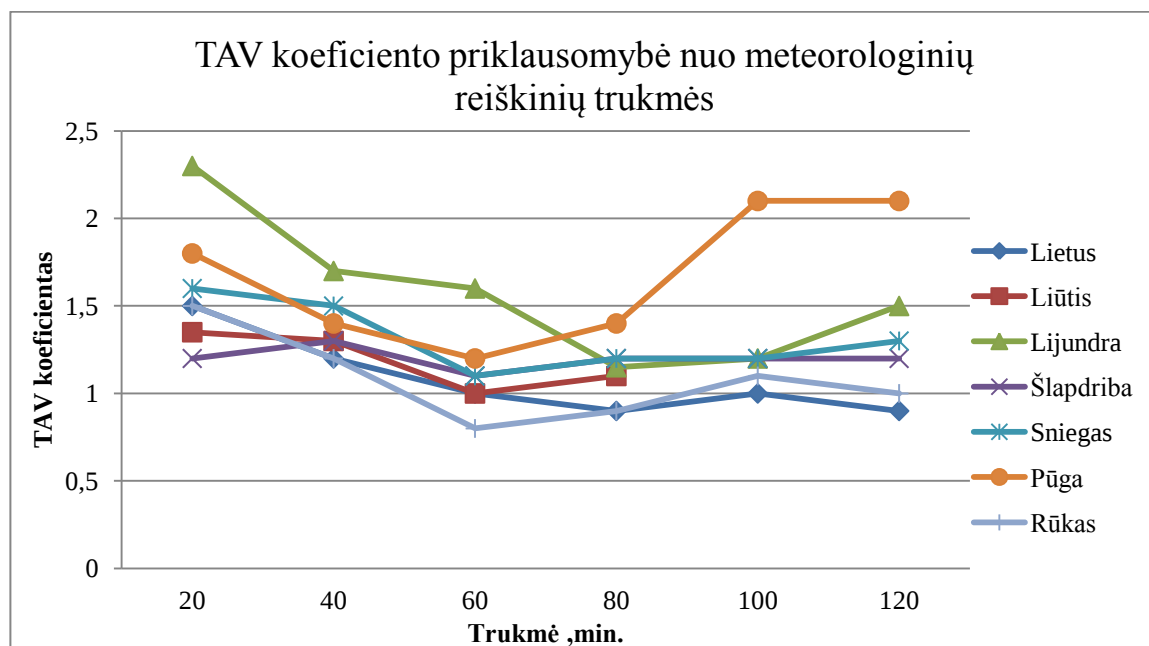
Minėto tyrimo metu buvo analizuojamas lietaus, liūties, liūndros, šlapdribos, sniego, pūgos ir rūko poveikis avaringumui. Vertinimas buvo pagrįstas TAV (Traffic Accident Volume) koeficiento skaičiavimu kiekvienam reiškiniui kas 20 min.

Apskaičiuojamas koeficientas parodo santykį tarp eismo įvykių, įvykusių esant nepalankioms ir palankioms oro sąlygoms, skaičiaus.

$$TAV = \frac{\sum TA}{\sum BAV},$$

čia: TA (Traffic accident) – eismo įvykių, įvykstančių per 20 min., esant atitinkamam reiškiniui, skaičius; BAV (Background traffic Accident Volume) – eismo įvykių, įvykstančių per 20 min., esant palankioms oro sąlygoms, skaičius.

Tyrimo rezultatai pateikiami grafike (1.1 pav.)



1.1 pav. TAV koeficiento priklausomybė nuo meteorologinių reiškinių trukmės (parengta autoriaus)

Grafike galima išskirti tris fazes: 1-oji — pirmosios 20 min., per kurias įvyksta daugiausiai eismo įvykių, 2-oji — laikotarpis tarp 40 ir 80 min. po reiškinių pradžios, per kurias įvyksta mažiausiai eismo įvykių ir 3-oji — laikotarpis tarp 100 ir 120 min. nuo reiškinių pradžios, per kurias avaringumas vėl padidėja.

Pirmosios fazės avaringumas paaiškinamas tuo, kad vairuotojų psichofiziologinės savybės dar nebūna prisitaikiusios prie pasikeitusių vairavimo sąlygų ir jie negeba pasirinkti saugaus važiavimo greičio bei įvertinti kitų aplinkos faktorių. Antrosios fazės avaringumo sumažėjimas parodo, kad po 40 min. nuo reiškinių pradžios vairuotojų psichofiziologinės savybės jau būna prisitaikiusios prie pablogėjusių vairavimo sąlygų ir vairuotojai yra dėmesingesni. Esant trečiajai fazei, avaringumo padidėjimą sąlygoja kelio danga, kuri, veikiant atitinkamiems meteorologiniams reiškiniams, tampa šlapia bei slidi.

Svarbu yra tai, kad visų reiškinių TAV koeficiento reikšmė bent vienos fazės laikotarpiu yra didesnė už 1, tai įrodo, kad tiek lietus, tiek liūtis, tiek ir kiti minėti meteorologiniai reiškiniai turi neigiamą įtaką eismo saugumui. Didžiausias avaringumas yra fiksuojamas esant pūgai (TAV vidurkis — 1,667) ir lijundrai (TAV vidurkis — 1,575) (Kažys ir kiti 2004).

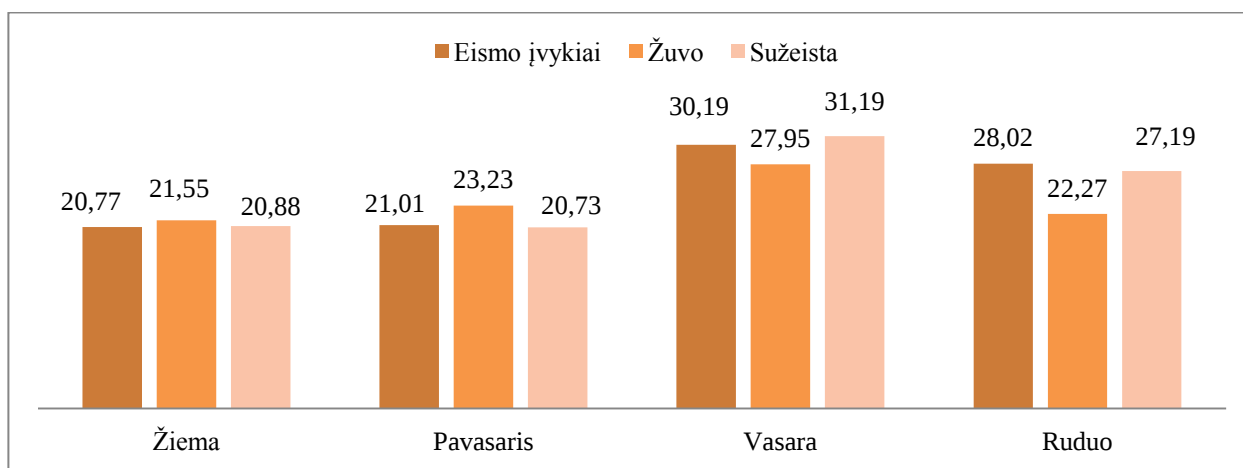
Kitų šalių mokslininkai taip pat nustatė, kad, lyjant lietuvi, eismo įvykių padažnėja 50—100 %. Tuo tarpu sniego poveikis yra dar didesnis, tačiau pasekmės nėra tokios skaudžios. To priežastis — mažesnis transporto priemonių greitis. Didžiausia eismo įvykių tikimybė nustatyta esant lijundrai ir šlapdribai, o ypač didelė tikimybė yra iškritus pirmam sniegui (Andrey ir kiti 2001).

Apie pūgos įtaką eismo saugumui greitkeluose 2000-aisiais metais ataskaitą su kolegomis parengė K. K. Knapas. Šiame darbe, aprašant oro sąlygų įtaką eismo saugumui, pritariama aukščiau išdėstytų mokslininkų nuomonei, kad šaltuoju metų laiku avaringumas yra didžiausias (K.K. Knapp 2000). Tai patvirtina ir kelių Švedijoje atliktų tyrimų rezultatai, kurių metu buvo nustatyta, jog, esant slidžiai ar apsnigčiai kelio dangai, eismo įvykių, kurių metu buvo sunkiai sužeisti eismo dalyviai, skaičius yra keletą kartų didesnis nei esant sausai kelio dangai. Tokiai išvadai pritarė ir mokslininkų pora Perry'as bei Symonsas, kurie, atlikdami savo tyrimą, nustatė, kad eismo įvykių, su sunkiomis ar net mirtinomis pasekmėmis, skaičius snieguotomis dienomis išauga 25 % (Perry ir kiti 2003).

Mokslininkai iš Kvebeto atliko avaringumo tyrimą siekdami išsiaiškinti kaip pasiskirsto eismo įvykiai vasaros ir žiemos laikotarpiais. Atlikus darbą buvo nustatyta, kad žiemos metu įvyksta daugiau techninių eismo įvykių, tuo tarpu įskaitinių eismo įvykių daugiau įvyksta vasarą.

1977 FHWA (Federal Highway Administration – Federalinė greitkelių valdyba) atlikta studija patvirtino šias išvadas įrodydama, kad įskaitinių eismo įvykių skaičius yra mažesnis tose šalyse, kuriose žiemos metu iškrenta daugiau sniego.

Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos skelbiama eismo įvykių statistika patvirtina teiginį, kad Lietuvoje, kaip ir daugelyje šalių, kuriose žiemos metu iškrinta daug sniego, žiemą įvyksta mažiausiai įskaitinių eismo įvykių, žūna ir būna sužeista mažiausiai eismo dalyvių nei kitais metų laikais (1.2 pav.) (LAKD 2013).



1.2 pav. Įskaitinių eismo įvykių, žuvusių bei sužeistų eismo dalyvių pasiskirstymas pagal metų laikus (parengta autoriaus)

1.2. Intelektinės transporto sistemos ir jų įtaka eismo saugumui

Intelektinių sistemų veikimo pagrindas yra duomenų kaupimas iš aplinkoje esančių daviklių, jų apdorojimas, susistemėjimas ir paskleidimas vartotojams. Šios sistemos yra suprantamos kaip prevencinė eismo saugumo gerinimo priemonė ir skirstomos į:

- diegiamas transporto priemonėse;
- diegiamas kelio aplinkoje.

Transporto priemonėse diegiamas sistemas nagrinėjo Jurijus Zaranka, Roberts Pečeliūnas bei Zenonas Bogdanovičius. Jie teigė, kad siekiant užtikrinti saugų eismą keliuose, šiuolaikinėse kelių transporto priemonėse plačiai naudojami įrenginiai (priemonės), padedantys vairuotojui patikimai vairuoti automobilį ir palengvinantys pasekmes įvykius eismo įvykiui.

Viena iš tokių priemonių yra ISA (*Intelligent speed adaption system*) – automatinė greičio palaikymo sistema. Tai priemonė kuri, nustčiusi pavojingą kliūtį kelyje, automatiškai stabdo transporto priemonę ir neleidžia jai pavojingai priartėti prie užfiksuoto objekto. Yra nustatyta, kad visose transporto priemonėse sumontavus šią įrangą, žuvusiųjų skaičius sumažėtų 50 %.

Taikant *Seat belt reminder* įrangą, kuri primena apie privalomą saugos diržų naudojimą, galima užtikrinti saugos diržų naudojimą automobiliuose. Tai padėtų sumažinti aukų skaičių apie 15 %.

Kita efektyvi priemonė yra įrangą, neleidžianti vairuoti esant neblaiviams – *Alco lock*. Tyrimų rezultatai parodė, kad naudojant šią įrangą žuvusiųjų skaičių galima sumažinti apie 10 %, t. y. tiek, kiek vidutiniškai žūsta žmonių dėl neblaivių vairuotojų kaltės (Zaranka ir kiti 2009).

Kelio aplinkoje diegiamos intelektinės transporto sistemos yra KOSIS. Šių sistemų efektyvumo pagrindas yra laiku suteikta aktuali informacija apie kelio dangos būklę tiek vairuotojams tiek kelius prižiūrinčioms įmonėms. Diegiant šią sistemą Lietuvoje, buvo tikimasi, kad po projekto įgyvendinimo žuvusiųjų ir sužeistųjų turėtų sumažėti 5 %. Tačiau kaip teigia Gintaras Cilcius, „Analizuojant duomenis buvo apskaičiuota, kad įrengus KOS automatines stoteles ir dėl to pagerėjus kelių priežiūrai žiemos metu, avaringumo rodikliai magistraliniuose keliuose sumažėjo: eismo įvykių — 7 %, žuvusiųjų — 18 %, sužeistųjų — 15 %.“ (balsas.lt).

1.3. Informacijos savalaikiškumo įtaka eismo saugumui

Laiku informuojant transporto priemonių vairuotojus bei atitinkamas tarnybas apie pavojingus meteorologinius reiškinius, galima išvengti dalies eismo įvykių bei sumažinti žmonių aukų skaičių,

taip pat sutaupyti nemažai lėšų, skirtų kelių priežiūrai, sveikatos apsaugos sistemai ir t.t. (Perry ir kiti 2003; Polutikof 1991).

Kanadoje atlikus vairuotojų viešą apklausą buvo nustatyta, kad vairuotojams aktualiausia yra informacija apie matomumą ir kelio dangos būklę realiu laiku. Tokią operatyvią informacijos sklaidą gali užtikrinti tik intelektinės transporto sistemos (ITS), kurios geba skleisti informaciją per kintamos informacijos ženklus, radijo stotis, o greitai laiku ir per navigacines sistemas.

Jean Andrey, atlikdamas tyrimą „Informacija apie oro sąlygas ir eismo saugumas“, pritarė, kad realiu laiku teikiama informacija turi teigiamą įtaką eismo saugumui. Savo darbe mokslininkas išskyrė tris laikotarpius, kurių metu vairuotojai domisi oro ir eismo sąlygomis, tai:

- metai ar keli mėnesiai prieš kelionę;
- prieš pat kelionę;
- kelionės metu (Andrey ir kiti 2001).

Aktualiausia informacija yra gauta kelionės metu, nes ji padeda vairuotojams pasirinkti saugų važiavimo greitį, kadangi yra susijusi su oro sąlygomis, turinčiomis įtaką transporto priemonės valdymui. Žinant, kad greitis yra pagrindinė eismo įvykių priežastis, toks vairuotojų informavimas mažina eismo įvykių skaičių, dėl ko gerėja eismo saugumas. (Novikienė 2009)

Komunikate „Kuriama saugi Europos kelių eismo erdvė. 2011–2020 m. kelių eismo saugos politikos kryptys“³¹ taip pat pripažįstama, kad „Pritaikius pažangiąsias transporto sistemas (pavyzdžiui, įdiegus avarijų nustatymo ir eismo priežiūros sistemas, kuriomis kelių eismo dalyviams realiuoju laiku būtų teikiama informacija), būtų galima labai pagerinti eismo saugą.“ (Briuselis 2011).

Teigiamai informacijos savalaikiškumo įtakai eismo saugumui pritaria ir Danilo Valerio su kolegomis. Savo darbe jie mini, kad tik ITS pagalba informacija realiu laiku gali būti teikiama iš automobilio į automobilį arba iš aplinkos į automobilį. Ir tai yra traktuojama kaip prevencinė priemonė, skirta eismo įvykių bei sužeitų ar žuvusių eismo dalyvių skaičiui mažinti (Valerio ir kiti 2010).

Didelę įtaką eismo saugumui turi ir transporto priemonių spūstys. Jos neigiamai veikia vairuotojo emocinę būseną ir skatina vairuotojus nepaisyti saugaus eismo principų bei atlikti neleistinus manevrus, siekiant sumažinti laiko gaištį. Todėl yra būtina vairuotojus informuoti iš anksto apie susidariusias spūstis ir pasiūlyti jiems alternatyvų maršrutą (Wu C. H. ir kiti 2003.). Taip ne tik sutrumpės numatytos kelionės laikas, bet ir sumažės rizika įvykti eismo įvykiui.

Informacijos savalaikiškumas yra svarbus ne tik vairuotojams, bet ir kelius prižiūrinčioms tarnyboms, ypač šaltuoju metų laiku. Tačiau šioms tarnyboms aktualesnė yra informacija ne

realiu laiku, o prognozuojami duomenys, kuriais remiantis būtų galima planuoti kelių priežiūros darbus.

1.4. Darbo tikslas ir uždaviniai

Atlikus literatūros apžvalgą buvo nustatyta, kad meteorologinės sąlygos turi didelę įtaką eismo saugumui. Ypatingai neigiamai šį rodiklį veikia lijundra, pūga, šlapdriba bei pirmas iškritęs sniegas. Nors šaltajam metų laikui būdingi meteorologiniai reiškiniai Lietuvoje turi įtakos techninių eismo įvykių skaičiaus augimui, o įskaitinių eismo įvykių skaičius mažėja, tačiau šie įvykiai vis dar išlieka aktualūs, siekiant įgyvendinti „Vision O“ politiką.

Šiai dienai Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose yra įrengta nemažai saugų eismą gerinančių priemonių, kurių veiksmingumą atspindi ženkliai pagerėjusi eismo įvykių statistika. Tačiau tikėtina, kad perteklinis tokių priemonių skaičius gali pradėti neigiamai veikti avaringumo rodiklius, todėl dabar pagrindinė eismo saugumo gerinimo priemonė turėtų būti švietėjiška veikla ir savalaikis eismo dalyvių bei kelius prižiūrinčių tarnybų informavimas.

Savalaikį duomenų perdavimą gali užtikrinti įvairios ITS įdiegtos transporto priemonėse bei kelio aplinkoje. Didžiausias savalaikės informacijos perdavimo efektyvumas bus pasiektas, kai veiks stipri „protingos transporto priemonės“ ir „protingos infrastruktūros“ sąsaja.

Šio darbo **tikslas** yra nustatyti ar yra galimybė prognozuoti kritulių pradžios laiką, fiksuojamą VĮ „Vilniaus regiono keliai“ priklausančiose KOS stotelėse, stebint aplinkines KOS stoteles. Šiam tikslui pasiekti yra iškeliami tokie **uždaviniai**:

- išanalizuoti šaltajam metų laikui būdingus meteorologinius reiškinius;
- apžvelgti Lietuvos klimatą;
- aprašyti Lietuvoje taikomas ITS žiemos kelių priežiūroje;
- atlikti tyrimą, nustatant prognozėms parengti aktualias KOS stoteles;
- pateikti tyrimo išvadas, ir pasiūlymus.

2. LIETUVOJE NAUDOJAMOS INTELEKTINĖS TRANSPORTO SISTEMOS KELIŲ PRIEŽIŪROJE ŽEIMĄ

Kelių priežiūra žiemą vidutinio bei Šiauresnio klimato šalyse, kur iškrenta nemažai kritulių, reikalauja milžiniškų resursų. Todėl kiekvienos kelius prižiūrinčios įmonės tikslas yra minimizuoti rutininės žiemos priežiūros išlaidas, tuo pačiu įvykdant visus kelių priežiūros normatyvus.

Tai gali būti pasiekama tik tobulinant esamas ir kuriant naujas technologijas, į kurias investavus sumažėtų kelių priežiūros išlaidos bei eismo įvykių skaičius, tolygiai būtų paskirstytas darbo krūvis žiemos metu.

2.1. Krituliai ir juos lemiantys veiksniai

Krituliai tai kietos arba skystos būsenos vanduo, krentantis iš debesų ant žemės paviršiaus. Jie kristi pradeda kai dalis debesies elementų pasidaro per sunkūs ir oro pasipriešinimas bei aukštyneigiai oro srautai nebegali jų išlaikyti sukibusios būsenos. Paklotinį paviršių krituliai pasiekia tik tuo atveju, jei ledo kristalai ar vandens lašeliai nespėja išgaruoti pakeliui. Tik didesni nei 0,01 cm skersmens lašeliai neišgaruoja ir pasiekia žemę.

Pagal formą krituliai yra skirstomi į šias rūšis:

- lietus — skystos būsenos vandens lašeliai, kurių dydis yra 0,5 — 3 mm. Lašelių kritimo greitis siekia 8 — 10 m/s;
- dulksna — skystos būsenos vandens lašeliai 0,05 — 0,5 mm skersmens. Tai mažo intensyvumo ir lengvai pernešami horizontalia kryptimi krituliai;
- snygis — kietos būsenos krituliai, sudaryti iš ledo kristalų (snaigių). Snaigių skersmuo gali siekti kelis milimetrus. Krisdamos jos gali jungtis tarpusavyje ir sudaryti sniego dribsnius iki keliolikos centimetrų skersmens;
- šlapdriba arba sniegas su lietumi — skystos ir kietos būsenos krituliai, susidarantys kai prie paklotinio paviršiaus oro temperatūra yra artima ar kiek didesnė negu 0 °C
- sniego granulės — kietos būsenos krituliai, susidarantys esant neigiamai, artimai 0 °C, oro temperatūrai;
- sniego gūdai — kietos būsenos krituliai, kurių skersmuo mažesnis negu 1 mm;
- ledo adatos — kietos būsenos krituliai, krentantys žiemą esant dideliems šalčiams;

- ledo kapsulės — ledo kristalai, kurie krisdami patenka į teigiamos temperatūros sluoksnį ir jame ištirpsta, o vėliau patekę į neigiamos temperatūros sluoksnį sušąla į 1 — 3 mm dydžio ledo kamuolėlius;
- lijdundra — ledo kristalai, kurie krisdami patenka į teigiamos temperatūros sluoksnį ir jame ištirpsta, o apatiniame atmosferos sluoksnyje nespėja vėl sušalti. Tokios būsenos lašeliai patekę ant paviršių, kurių temperatūra yra neigiama, prišąla ir suformuoja ledo sluoksnį;
- kruša – kietos būsenos krituliai sudaryti iš netaisyklingos formos ledo gabaliukų, kurių dydis daugiau nei keli milimetrai. Tai vasaros sezonui būdingi krituliai (Rimkus 2011).

Krituliai žemės paviršių pasiekia krisdami iš debesų, tačiau ne visi debesys atneša kritulius. Debesų klasifikacija pateikiama lentelėje (2.1 lentelė).

2.1 lentelė. Debesų klasifikacija (Rimkus 2005)

Kritulių klasifikacija pagal aukštį	Debesų klasifikacija pagal išorinį vaizdą	Apatinės debesų ribos aukštis (km)	Kritulių tikimybė ir pobūdis
Viršutinio aukšto	Plunksniniai (Ci)	7-10 km	Neiškrinta
	Plunksniniai kamuoliniai (Cc)	6-8 km	Žemės paviršiaus nepasiekia
	Plunksniniai sluoksniniai (Cs)	6-8 km	Neiškrinta
Vidurinio aukšto	Aukštieji kamuoliniai (Ac)	2-6 km	Žemės paviršiaus nepasiekia
	Aukštieji sluoksniniai (As)	3-5 km	Žiemą iškrenta sniegas, o vasarą krituliai paklotinį paviršių pasiekia retai
Apatinio aukšto	Sluoksniniai lietaus (Ns)	0,1-0,7 km	Ištisinis lietus arba sniegas, šlapdriba
	Sluoksniniai kamuoliniai (Sc)	0,6-1,5 km	Labai retai iškrinta mažo intensyvumo ir negausūs krituliai
	Sluoksniniai (St)	0,1-0,7	Labai retai iškrinta mažo intensyvumo ir negausūs krituliai, dulksna
Apatinio aukšto	Kamuoliniai (Cu)	0,8-1,5 km	Labai retai iškrinta mažo intensyvumo ir negausūs krituliai, trumpalaikiai lietus
	Lietaus kamuoliniai (Cb)	0,4-1,0 km	Liūtinis lietus arba sniegas

Iš 2.1. lentelės matyt, kad didžioji dalis kritulių krenta iš apatinio aukšto debesų, esančių iki 2 km aukštyje nuo Žemės paviršiaus. Nedidelė kritulių dalis paklotinį paviršių pasiekia krisdami iš aukštųjų sluoksniinių debesų, esančių kiek aukščiau nei 2 km nuo Žemės paviršiaus.

Susiformavę debesys atmosferoje juda veikiami vėjo ir taip perneša kritulius bei įvairias chemines medžiagas iš vieno Žemės rajonų į kitus.

Vėjas - tai oro judėjimas žemės paviršiaus atžvilgiu, kai oras juda iš aukšto slėgio atmosferos srities į žemą. Tai yra vektorinis dydis turintis kryptį ir greitį (Rimkus 2011).

Vėjo kryptis yra suprantama kaip taško, iš kurio pučia vėjas, azimutas. Meteorologijoje yra išskiriamos 16 vėjo krypčių, kurios gali būti išreiškiamos nurodant horizonto, iš kurio pučia vėjas, kryptį arba nurodant kampą, kurį sudaro vėjo kryptis su dienovidiniu (azimutą) (2.2 lentelė).

2.2 lentelė. Vėjo kryptis (Rimkus 2011)

Krypties rumbas	Žymėjimas	Azimuto intervalas (laipsniais)
Šiaurės	Š	349 — 11
Šiaurės — šiaurės rytų	ŠŠR	12 — 33
Šiaurės rytų	ŠR	34 — 56
Rytų — šiaurės rytų	RŠR	57 — 78
Rytų	R	79 — 101
Rytų — pietryčių	RPR	102 — 123
Pietryčių	PR	124 — 146
Pietų — pietryčių	PPR	147 — 168
Pietų	P	169 — 191
Pietų — pietvakarių	PPV	192 — 213
Pietvakarių	PV	214 — 236
Vakarų — pietvakarių	VPV	237 — 258
Vakarų	V	259 — 281
Vakarų — šiaurės vakarų	VŠV	282 — 303
Šiaurės vakarų	ŠV	304 — 326
Šiaurės — šiaurės vakarių	ŠŠV	327 — 348

Vėjo greitis tai atstumas, kurį vėjas įveikia per tam tikrą laiko vienetą. Lietuvoje vėjas matuojamas m/s, tačiau pasaulyje šis dydis gali būti išreikštas įvairiais mato vienetais. Pagrindiniai iš jų yra: metrai per sekundę (m/s), kilometrai per valandą (km/val), mylios per valandą (mph) bei mazgai (2.3 lentelė).

2.3 lentelė. Vėjo greičio matavimo vienetai (parengta autoriaus)

m/s	km/val	mazgai	mph
1	3,60	1,97	2,24
2	7,20	3,94	4,48
3	10,80	5,91	6,72
4	14,40	7,88	8,96
5	18,00	9,85	11,20
6	21,60	11,82	13,44
7	25,20	13,79	15,68
8	28,80	15,76	17,92
9	32,40	17,73	20,16
10	36,00	19,70	22,40

Dėl paklotinio paviršiaus netolygumo, judantis oras susiduria su kliūtimis, kurios, priklausomai nuo jų pobūdžio, vėjo krypties ir greičio bei atmosferos būklės, turi įtakos nagrinėjamiems oro judėjimo parametrams. Aplenkdamas kliūtis, vėjas prieš jas susilpnėja, o kliūties šonuose ir virš jos greitis išauga, nes būtent tose vietose padidėja slėgis ir tankėja srauto linijos. Iš karto už kliūties vėjo greitis yra mažesnis, tolstant nuo jos — pradeda augti. Kuo vėjas stipresnis, tuo didesnis ir kliūties poveikis. Prie žemės paviršiaus esantį vėją susilpnina miško masyvai. Jų įtaka pasireiškia 50 — 100 m iki miškų ir 100 — 500 m už jų.

Pagal Izaoko Niutono dėsnį žinoma, kad jeigu kūno neveikia jokia jėga, tai jis juda tiesiai ir tolygiai arba yra rimties būsenos. Kadangi vėjas yra netolygiai judantis oras, vadinasi jis yra veikiamas tam tikrų jėgų. Yra išskiriamos šios, horizontalia kryptimi vėją veikiančios, jėgos:

- barinio gradiento jėga;
- Koriolio jėga;
- išcentrinė jėga;
- trinties jėga.

Barinio gradiento jėga

Tai jėga, susijusi su slėgio kitimu ir suteikianti vėjui pagreitį. Meteorologijoje yra vertinama tik horizontali šios jėgos dedamoji, kadangi oras horizontalia kryptimi juda žymiai greičiau nei vertikalia. Horizontalus barinis gradientas — vektorius, kuris yra nukreiptas statmenai izobarų slėgio mažėjimo kryptimi ir lygus slėgio pokyčiui, tenkančiam ilgio vienetui.

$$G = \frac{-dp}{dn} \text{ [Pa/km]},$$

čia: dp — slėgio pokytis; dn — ilgis.

Kuo didesnis barinis gradientas, tuo didesnis yra suteikiamas pagreitis. Norint nustatyti jėgą, kuria šis vektorius veikia masės vienetą, gradientas yra dalinamas ir oro tankio.

Jeigu orą veiktų tik barinio gradiento jėga, tuomet vėjas judėtų tolygiai greitėjančiai ir vėjo stiprumo augimui nebūtų ribų (Rimkus 2011).

Koriolio jėga

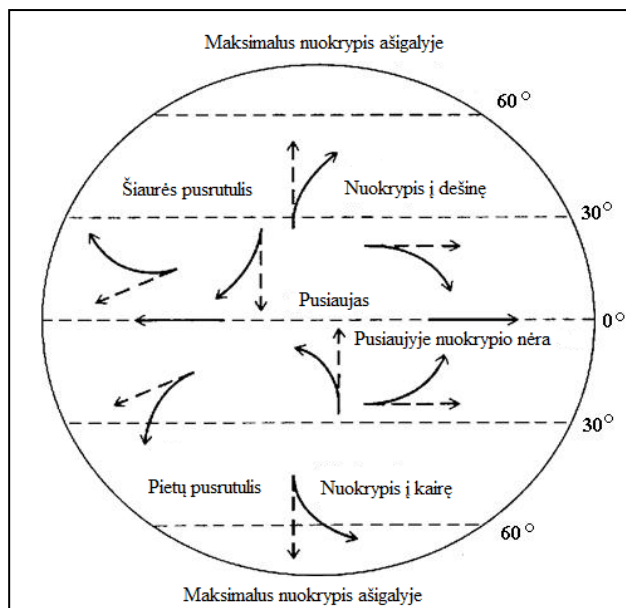
Ši jėga neturi jokios įtakos vėjo judėjimo greičiui. Ji tik keičia jo kryptį. Taip yra dėl to, kad pati žemė sukasi aplink savo ašį kampiniu greičiu ω ir oras sukasi kartu su ja. Gaunasi, kad koordinatų sistema, kurios atžvilgiu yra stebimas judantis oras irgi juda ir pats oro judėjimas nukrypsta nuo pirminės krypties stebėtojo atžvilgiu.

Nagrinėjant horizontalų oro judėjimą yra vertinama tik horizontali Koriolio jėgos dedamoji A , apskaičiuojama pagal formulę:

$$A = 2v\omega \sin \varphi,$$

čia: v — vėjo greitis; ω — kampinis Žemės judėjimo greitis; φ — platumas.

Jėgos poveikis įvairiose Žemės rutulio vietos pavaizduotas 2.1 pav. (Rimkus 2011).



2.1 pav. Koriolio jėgos poveikis įvairiose Žemės rutulio vietose (Rimkus 2011)

Išcentrinė jėga

Minėta jėga judantį orą pradeda veikti tuo atveju, jei izobaros tam tikroje lauko dalyje nėra tiesios linijos. Ši jėga visada yra nukreipiama į išorę trajektorijos išgaubimo kryptimi, o jos dydis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C = \frac{v^2}{r},$$

čia: v — vėjo greitis; r — judančio oro trajektorijos spindulys. Tai parodo, kad kuo greičiau juda oras labai kreiva trajektorija (mažas spindulys) tuo didesnė išcentrinė jėga jį veikia. Ši jėga pasireiškia ciklonuose ir anticiklonuose (Rimkus 2011).

Trinties jėga

Trinties jėga veikia neaukštai virš paklotinio paviršiaus judantį oro srautą. Ji lėtina vėją suteikdama jam neigiamą pagreitį bei keičia jo judėjimo kryptį.

Kaip ir bet kurios dujos, oras pasižymi klampumu. Būtent dėl jo, trinties jėgos poveikis, kuris yra didžiausias ties paklotiniu paviršiumi, juntamas ir didesniame aukštyje. Trinties jėga pasireiškia kai virš žemės paviršiaus tekantis oras užkliūna už įvairių reljefo nelygumų ir lėtėja. Veikiant turbulencijai sulėtėjusios oro dalelės maišosi, kyla į viršų, o vietoj jų atsiranda greitai judančios dalelės, kurios taip pat pradeda lėtėti dėl kontakto su paklotiniu paviršiumi. Tad vėjo greičio sumažėjimas dėl trinties į Žemės paviršių priklauso nuo paviršiaus šiurkštumo, vėjo greičio ir turbulencijos stiprumo (Rimkus 2011).

Trinties sluoksnis, kuriame jaučiamas oro dalelių lėtėjimas, gali apimti nuo kelių šimtų metrų iki poros kilometrų. Tačiau kuo aukščiau, tuo tas trinties poveikis yra mažesnis. Vėjo greitį bet kuriame aukštyje galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta, \quad (1)$$

čia: v_1 — žinomas vėjo greitis (m/s) aukštyje H_1 (m), H — aukštis (m), kuriame apskaičiuojamas vėjo greitis, β — šiurkštumo koeficientas, priklausantis nuo žemės paviršiaus pobūdžio (2.4 lentelė) (Hidrometeorologijos tarnyba).

2.4 lentelė. Šiurkštumo koeficiento reikšmės (Petrauskas ir kiti 2001)

Paviršiaus tipas	β
Vandens paviršius	0,01
Visiškai atvira vietovė su lygiu paviršiumi, pvz. keliai, aerodromai, ganyklos ir t.t.	0,077
Atvira, retomis kalvomis apsupta žemės ūkio vietovė be tvorų ir medžių su retai pasitaikančiais pastatais	0,12
Tarp laukų įsiterpusi kaimo vietovė su namais ir sodais, užimanti maždaug 0,125 km ² plotą	0,145

2.4 lentelės tęsinys

Tarp laukų įsiterpusi kaimo vietovė su namais ir sodais užimanti maždaug 0,25 km ² plotą	0,16
Tarp laukų įsiterpusi kaimo vietovė su namais ir sodais, užimanti maždaug 1 km ² plotą	0,2
Kaimo gyvenvietė, nedideli miesteliai, sodai ir miškai	0,28
Dideli miestai su aukštais pastatais	0,375
Dideli miestai su aukštais pastatais ir dangoraižiais	0,46

Trinties jėga keičia ne tik vėjo greitį bet ir jo kryptį nes mažėjant greičiui mažėja ir Koriolio jėga. Taip yra dėl to kad, esant tolygiam ir tiesiaieigiam vėjo judėjimui, atsiradusi trinties jėga yra priešinga vėjo kryptčiai, Koriolio jėga lieka statmena vėjo kryptčiai. Kad barinis gradientas galėtų atsverti šias dvi jėgas, jis turi būti priešingos krypties tačiau to paties dydžio kaip ir tų jėgų atstojamoji. Rezultate gaunasi kad barinis gradientas nebelieka vienoje tiesėje su Koriolio jėga ir su vėjo kryptimi sudaro nestatų, o smailų kampą. Dėl šios priežasties vėjas pradeda pūsti ne pagal izobaras o jas kirsdamas. Atsiradus kreivaeigiam judėjimui pasireiškia ir išcentrinė jėga.

2.2. Lietuvos klimatas

Pagal pasaulio klimato klasifikaciją, didžiojoje Lietuvos teritorijos dalyje vyrauja vidutiniškai šaltas klimatas su gausiu sniegu žiemą. Paties šalčiausio mėnesio vidutinė oro temperatūra yra žemesnė nei -3 °C, o paties šilčiausio — nepakyla aukščiau 22 °C. Tokia temperatūra yra būdinga vidutinei Rytų Europos daliai.

Tuo tarpu Vakarinio Lietuvos pakraščio ir Kuršių Nerijos klimatas nusakomas kaip vidutiniškai šiltas. Čia vidutinė šalčiausio mėnesio oro temperatūra viršija -3 °C. Šis klimato tipas yra vyraujantis Vakarų Europoje (I. Leonovič ir kiti 2014).

Lietuvos klimatas yra veikiamas zoninių (globalių) ir azoninių (vietinių) veiksmu. Zoniniai veiksniai — tai Lietuvos teritorijos geografinė padėtis bei vyraujančios oro masės iš vakarų. Šalis yra išsidėsčiusi vidutinio klimato juostos šiaurinėje dalyje, tarp 53°54' ir 56°27' šiaurės platumos. Teritorijos padėtis t.y. nuotolis nuo Pusiaujo (apie 6100 km) ir Šiaurės ašigalio (apie 3900) kelia saulės aukštį virš horizonto, dienos trukmę ir bendrosios Saulės spinduliuotės prietaką. Didžiausias saulės aukštis virš horizonto būna birželio 22 dieną. Tuomet ir dienos trukmė būna ilgiausia (daigiau

nei 17 valandų). Tuo tarpu mažiausias aukštis būna gruodžio 22 diena, kai diena tetrunka vos 7 valandas. Bendrosios saulės spinduliuotės Lietuva gauna dvigubai mažiau nei pusiaujo sritys. Didžioji dalis spinduliuotės yra gaunama birželio mėnesį, o mažoji — gruodį.

Lietuvos klimatą veikiantys azoniniai veiksniai tai aplinkui esantys sausumos plotai, vandenynų ir jūrų išsidėstymas, reljefas, dirvožemio savybės bei paklotinio paviršiaus dangos.

Iš Vakarų Lietuvą supa Baltijos jūra, Atlanto vandenyno ekvatorijos ir nedideli sausumos plotai. Tuo tarpu šalies Rytuose kelis tūkstančius kilometrų tęsiasi Euroazijos žemynas. Būtent dėl to Lietuvos teritorijoje, nors tai yra pajūrio kraštas, klimatas nėra tipišškai jūrinis. Iš vakarų į rytus didėja klimato kontinentalumas t.y. auga temperatūros metinė paros amplitudė, oras tampa sausesnis ir mažėja kritulių. (Bukantis *ir kiti* 2008)

2.2.1. Krituliai

Lietuvoje vidutiniškai per metus iškrinta 675 mm kritulių, o tai yra 44 km³ vandens. Pagal šį kiekį, šalies teritorija yra perteklinio drėkinimo zonoje, nes nevisas kritulių kiekis gali išgaruoti.

Kritulių pasiskirstymą Lietuvoje lemia reljefas, šlaitų padėtis vyraujančių oro masių atžvilgiu (priešvėjiniuose šlaituose kritulių kiekis didesnis nei pavėjiniuose) bei nuotolis nuo jūros (kuo toliau nuo jūros, tuo kritulių kiekis mažesnis). Šie veiksniai turi didžiausią įtaką ir todėl vidutinis metinis kritulių kiekis Lietuvoje svyruoja nuo 901 mm (Pajūrio poste Šilalės rajone) iki 520 mm (Pakruojo poste). Be šių veiksnių, kritulių pasiskirstymą lemia ir stambūs vandens telkiniai (dėl sumažėjusios vėjo trinties į paklotinį paviršių kritulių sumažėja 10 — 15 %), ir miškai (dėl padidėjusios trinties ir stipresnio garavimo skystų kritulių padaugėja 5 — 10 %).

Pagal fizinę sudėtį Lietuvoje vyrauja skystieji krituliai (72 — 77 %) antroje vietoje — mišrieji (13 — 19 %) ir mažiausiai — kietieji (6 — 9 %). Mažiausiai kritulių iškrinta sausio – kovo mėnesiais, o daugiausiai birželio – rugpjūčio mėnesiais. Iš viso Lietuvoje vidutiniškai būna 1300-1000 valandų su krituliais.

Šaltajam metų laikui būdingas pavojingas meteorologinis reiškiny — lijundra ir lijundros apnašos. Spalio — balandžio mėnesiais vidutiniškai būna 9 — 19 dienų su lijundra (daugiausiai aukštumose ir Šiaurės Lietuvoje). Vienos lijundros trukmė dažniausiai neviršija 12 valandų, vėjo greitis siekia 2 — 5 m/s (6 — 9 m/s pajūryje). Dažniausiai pasitaikanti vėjo kryptis — pietvakarių (30 — 60 %). Dar vienas meteorologinis reiškiny, būdingas šaltajam sezonui — šerkšnas. Šerkšnotų dienų šalyje per metus būna 9 — 23 (daugiausia — pietų Lietuvoje, mažiausiai — pajūryje) (I. Leonovič *ir kiti* 2014).

2.2.2. Vėjas

Lietuvos klimatui būdingą įvairovę lemia ir atmosferos cirkuliacijos procesai. Per šalį nuolat slenka žemo ir aukšto atmosferos slėgio sūkuriai, kurie nulemia kaip pasiskirstys šiluma bei drėgmė. Minėti sūkuriai yra ciklonai ir anticiklonai.

Ciklonas — atmosferos darinys kuriame vyrauja žemas slėgis ir vėjas sukasi prieš laikrodžio rodyklę (Šiaurės pusrutulyje) link ciklono centro. Esant tokiems sūkuriams, dėl horizontalaus vėjų susiliejo, oras ciklono centre kyla, vėsta ir ore esantys vandens garai kondensuojasi virsdami krituliais. Vidutinis ciklonų judėjimo greitis yra 30 — 40 km/val. t.y. 8 — 11 m/s. Vyraujančios ciklonų kryptys atskirais metų laikais yra skirtingos. Žiemą šie sūkuriai dažniausiai atslenka iš Islandijos rajono bei Norvegų ir Barenco jūrų, tuo tarpu vasarą — nuo Britų salyno.

Anticiklonas – priešingas atmosferos darinys ciklonui. Čia vyrauja aukštas atmosferos slėgis ir anticiklono centre esantis oras leidžiasi žemyn bei juda pagal laikrodžio rodyklę. Tokie anticiklonai dažniausiai lemia ramius orus ir mažą kritulių tikimybę. Didžioji dalis anticiklonų atslenka iš vakarų t.y. iš Atlanto vandenyno per Vakarų Europą arba iš Norvegų bei Barenco jūrų per Skandinaviją.

Iš viso per metus Lietuvos orus formuoja vidutiniškai 57 ciklonai ir 47 anticiklonai. Cikloninė situacija be pertraukos gali trukti 30 — 40 valandų, o anticikloninė nuo 25 iki 30 valandų (I. Leonovič ir kiti 2014).

Rudenį ir žiemą šalyje vyrauja pietvakarių ir pietų vėjai. Jų pasikartojimas siekia po 20 — 25 %. Pavasarėjant vėjo kryptis tampa vis labiau nepastovesnė ir tik pavasario pabaigoje dažniau pradeda pūsti šiaurės vakarų, vakarų vėjai, kurie vyrauja ir vasarą.

Vidutinis metinis vėjo greitis Baltijos jūros pakrantėje svyruoja nuo 5,5 iki 6,0 m/s, o tolstant nuo jūros jis sumažėja iki 2,9 — 3,5 m/s. Šaltuoju metų laiku dėl atslenkančių ciklonų vėjo greičiai yra 1 — 2m/s didesni negu vasarą. Per parą didžiausi vėjo greičiai paprastai būna 12 — 18 val., o mažiausi nuo vidurnakčio iki 6 val. (I. Leonovič ir kiti 2014).

2.3. ITS Lietuvoje – esama situacija ir planai

Lietuvoje ITS dažniausiai yra suprantamas kaip infrastruktūra (davikliai, serveriai, kompiuterinė ir programinė įranga), tačiau tai yra paviršutiniškas nagrinėjamų sistemų suvokimas. Iš tikro ITS yra prietaisų ir ryšių visuma, kuri, pasinaudodama neprikaištingai veikiančiu duomenų surinkimo tinklu, teikia inovacines paslaugas, susijusias su įvairiomis transporto rūšimis, su eismo valdymu bei su aktualios informacijos pateikimu vartotojams (Paulauskas ir kiti 2011).

Viena iš Lietuvoje taikomų žiemos kelių priežiūros intelektinių transporto sistemų yra Kelių oro sąlygų informacinė sistema (KOSIS). Svarbiausias šios sistemos tikslas yra žiemos metu iš anksto įspėti vairuotojus ir kelius prižiūrinčias tarnybas apie važiuojamosios kelio dalies būklę.

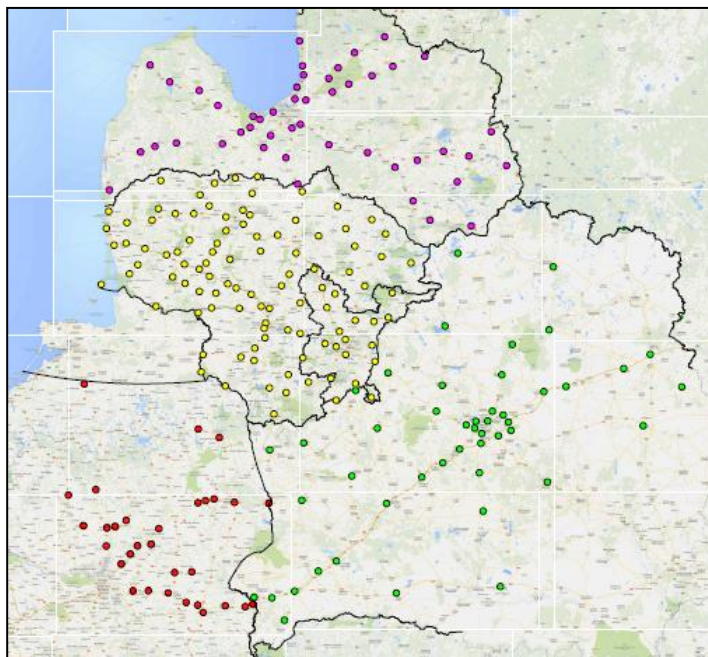
Lietuvoje KOSIS buvo pradėta diegti 1999 metais. Kadangi pagrindinis sistemos elementas yra KOS stotelė tai per pirmuosius metus valstybinės reikšmės magistraliniuose bei krašto keliuose jų atsirado 20. Laikui bėgant stotelių tinklas plėtėsi ir iki 2004 metų jų skaičius išaugo 95 % (39 stotelės) (Laurinavičius ir kiti 2006).

Rengiant ilgąmetes strategijas, dėmesys intelektinių transporto sistemų panaudojimui automobilių kelių sektoriuje pamažu augo. 2002 metais patvirtintoje Lietuvos ūkio (ekonomikos) plėtros iki 2015 metų ilgalaikėje strategijoje Lietuvos transporto ir tranzito plėtros strategija buvo kaip atskiras fragmentas, kuriame informacinių orų ir eismo valdymo sistemų diegimas buvo minimas kaip priemonė, numatoma įgyvendinti 2004 — 2010 metų laikotarpyje. Daugiau nebuvo numatytos jokios ITS (Paulauskas ir kiti 2011).

2005 metų birželio 23 dieną minėtą strategiją pakeitė „Ilgalaikė (iki 2025 metų) Lietuvos transporto sistemos plėtros strategija“. Šiame dokumente informacinių technologijų ir intelektinių transporto sistemų plėtra yra numatyta kaip viena svarbiausių transporto politikos krypčių. Deja šių sistemų plėtra nėra orientuota į KOSIS tobulinimą ar kitos sistemos, padedančios atlikti žiemos kelių priežiūrą, diegimą. Šioje strategijoje didesnis dėmesys yra skiriamas sunkiasvoriam transportui, keleiviniam transportui tiek miestuose tiek užmiesčiuose, koordinuotam eismo valdymui didmiesčiuose bei sistemingam tikslingos informacijos rinkimui, apdorojimui bei pateikimui vartotojams. KOSIS šioje strategijoje yra tik maža sudedamoji dalis plėtojamos ir tobulinamos vieningos eismo informacinės sistemos (EIS) (Paulauskas ir kiti 2011).

2008 metais, atsižvelgiant į pasikeitusią Europos Sąjungos politiką, buvo parengtos rekomendacijos „Ilgalaikės (iki 2030 metų) Lietuvos susisiekimo sistemos plėtros strategijos gairės rengti“. Čia skiriamas dar didesnis dėmesys intelektinių transporto sistemų diegimui. Anksčiau minėtas plėtros sritis papildoma ITS diegimas automobiliuose, greičio kontrolė, diegiant stacionarius greičio matuoklius, transporto registravimas bei sekimas. ITS, orientuotų žiemos kelių priežiūroje, plėtra nenumatyta (Paulauskas ir kiti 2011).

Nors aprašytose strategijose KOSIS tobulinimas nebuvo aktyviai skatinamas, tačiau, šiuo metu, kelių oro sąlygų informacinių stotelių tinklą sudaro 121 stotelė įrengta valstybinės reikšmės krašto ir magistraliniuose keliuose. Ateityje tokių stočių skaičius turėtų siekti 200 vienetų. Rajoniniuose keliuose stotelių įrengimas nenumatomas. Svarbu yra tai, kad Lietuvoje KOS stotelių tinklas yra tankiausias lyginant su kaimyninėmis šalimis (2.2 pav.).



2.2 pav. KOSIS stočių tinklas Lietuvoje (parengta autoriaus)

KOSIS tobulinimas neapsiriboja tik stotelių įrengimu. Šių metų pradžioje Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos paskelbė viešųjų pirkimų konkursą dėl kelio dangos paviršiaus temperatūros ir būklės prognozavimo modelio, kurio sukūrimas ir įdiegimas turėtų pagerinti žiemos kelių priežiūros efektyvumą.

Šiomis dienomis, vykdant kelių priežiūrą žiemos metu, kelių priežiūros specialistai naudoja informaciją iš eismo informacinių sistemų bei iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos. Siekiant kad žiemos kelių priežiūra būtų ne tik efektyvi, bet ir optimali, turi būti automatizuotai vykdomas kelio dangos būklės prognozavimas, pasitelkiant skaitmeninį prognozavimo modelį, kuris turėtų būti integruotas į KOS ir kitas aplikacijas bei turėtų dalyvauti eismo informacinėse sistemose formuojant rekomendacijas ir perspėjimus dėl kelių priežiūros.

Tinkamam modeliui sukurti visų pirma turės būti atliktas kelių šiluminis kartografavimas, nes prognozuojant svarbu žinoti kelio konstrukcijos šiluminės savybes. Taip pat turės būti atlikta kelio dangos paviršiaus temperatūros ir būklės prognozės modelių apžvalga ir, pasinaudojus apžvalgos išvadomis, turės būti parinktas tinkamiausias modelis Lietuvos sąlygoms. Be to, turės būti parengti kelių priežiūros scenarijai bei rekomendacijos dėl kelių priežiūros pagal minėtus scenarijus, taip sukuriant modelio veikimo algoritmą (LAKD prie Susisiekimo ministerijos 2014).

2.4. Kelių šiluminis kartografavimas

Informacija apie kelio dangos paviršiaus temperatūros pokyčius yra aktuali tiek kelių inžinieriams, tiek kelių valdytojams, tiek ir eiliniams vartotojams. Būtent šios žinios padeda suvokti kur ir kada ant kelio važiuojamosios dalies gali susidaryti ledas.

Kelių valdytojai šią informaciją taiko sudarinėdami kelių barstymo ir valymo grafikus, nustatydami šių darbų atlikimo būtinybę. Kelių inžinieriai duomenis apie kelio dangos paviršiaus temperatūrą naudoja siekdami parinkti optimalų kelių oro sąlygas stebinčių prietaisų skaičių bei jų įrengimo vietas. Tai padeda pagerinti kelių priežiūros darbų efektyvumą kartu sumažinant kelių priežiūros išlaidas.

Ledo susidarymo tikimybė priklauso nuo to, kiek šilumos kelio paviršius absorbuoja ir kiek išspinduliuoja į aplinką. Ši šilumos apykaita priklauso nuo daugelio aplinkos ir meteorologinių faktorių, tokių kaip:

- vyraujančios oro sąlygos;
- kelio aplinka ir užstatymas. Tai kelią supanti augmenija, pastatai ir kiti statiniai, tokie kaip tuneliai, viadukai ir t.t. Kuo daugiau elementų supa kelią, tuo storesnę „paklodę“ turi kelio dangos paviršius ir todėl yra išsaugoma daugiau šilumos. Priešingu atveju, kai kelio aplinkoje nėra jį gaubiančių elementų, šiluma išgaruoja.
- aukštis (kuo aukščiau yra kelias, tuo žemesnė jo paviršiaus temperatūra);
- atstumas iki pajūrio ir didelių vandens telkinių;
- šiltnamio efektas miesto teritorijoje;
- iškasos ir pylimai;
- kelio konstrukcija (viršutinio sluoksnio medžiaga ir konstrukcijos gylis);
- eismo intensyvumas ir eismo sudėtis.

Todėl kelio dangos paviršiaus temperatūra gali žymiai skirtis ne tik laiko bet ir pačios vietos atžvilgiu. Skirtumas gali siekti net iki 10 — 18 °C. Būtent kelių šiluminis kartografavimas ir yra priemonė, skirta nustatyti kelio dangos paviršiaus gebėjimą absorbuoti ar išspinduliuoti šilumą bet kuriame kelio taške. Tyrimo rezultatas — terminis kelių žemėlapis (Vaisala).

2.4.1. Kelių šiluminio kartografavimo planavimas

Prieš pradėdant kelių šiluminį kartografavimą, yra nagrinėjamas valstybinės reikšmės magistralinių ir krašto kelių tinklas. Visų pirma, tinkas yra padalinamas į tokius pogrupius, kuriuos būtų galima nužymėti per vieną naktį. Tuomet pogrupiai dar yra skaidomi į maršrutus, kurių

kiekvienas gali būti atskirai nagrinėjamas ir tiriamas pakartotinai. Svarbi nuostata skaidant kelių tinklą yra ta, kad keliai turintys 2+1 eismo juostą yra tiriami tik viena kryptimi, o 2+2 — abiem kryptimis. Sudaryti maršrutai yra derinami su užsakovu ir esant reikalui gali būti atliekami bandomieji tyrimai.

2.4.2. Naudojama įranga

Kelių šiluminis kartografavimas yra atliekamas pasitelkiant specialią įrangą, valdomą apmokyto kvalifikuoto personalo. Minėta įranga yra lengvai montuojama prie bet kokios transporto priemonės todėl tyrimams nereikalingi specializuoti automobiliai.

Pačią įrangą sudaro:

- infraraudonųjų spindulių termometras. Šis prietaisas turi būti montuojamas transporto priemonės apačioje, kuo toliau nuo įvairių šilumos šaltinių, tam kad būtų išvengta aplinkos veiksnių poveikio rodmenims. Taip pat svarbu termometrą įmontuoti taip, kad aplink sensorių būtų sudaryta pastovi temperatūra. Prietaisas fiksuoja temperatūrą nuo -40 °C iki +40 °C su 0,2 °C paklaida;
- GPS registratorius su antena. Naudojamas registratorius geba atlikti nemažiau kaip 10 skaičiavimų per sekundę. Tai leidžia transporto priemonei judėti įprastu greičiu ir fiksuoti duomenis maždaug kas 2 metrus. Registratorius dirba WGS84 koordinatų sistemoje;
- duomenų kaupiklis. Šis kaupiklis registruoja duomenis ne rečiau kaip 10 kartų per sekundę. Yra fiksuojami duomenys apie ilgumą, platumą, altitudę ir infraraudonųjų spindulių termometro rodomą temperatūrą. Informacija kaupiama excel formatu ir vėliau pakartotinai analizuojama.

2.4.3. Būtinoms oro sąlygoms matavimams atlikti

Atsikartojant toms pačioms oro sąlygoms, kelio dangos paviršiaus temperatūra yra tokia pati. Vadinas, kiekvienoms oro sąlygoms galime priskirti atitinkamą kelio dangos paviršiaus temperatūrą. Tačiau tam, kad būtų įmanoma žinoti, kokia dangos paviršiaus temperatūra yra esant bet kokiam orui, matavimai atliekami vyraujant šioms trimis oro sąlygoms:

- kai dangus naktį yra giedras ir vyrauja silpnas vėjelis, arba jo iš viso nėra. Esant tokioms oro sąlygoms kelio dangos paviršius greičiu atvėsta ir yra fiksuojamas didžiausias temperatūros pokytis t.y. gaunama žemiausia kelio dangos paviršiaus temperatūra;
- kai dangus naktį debesuotas ir vyrauja vidutinio stiprumo vėjas. Esant tokioms sąlygoms didelis debesuotumas veikia kaip antklodė, neleidžianti išspinduliuoti šilumos nuo kelio

dangos paviršiaus, o vėjas skatina oro sluoksnių maišymąsi. Tokiu atveju yra fiksuojamas mažiausias kelio dangos paviršiaus temperatūros pokytis;

- tarpinis variantas, kuomet yra vidutinis arba aukštas debesų aukštis ir vyrauja vidutinio stiprumo vėjas. Tokiu atveju kelio dangos paviršiaus temperatūros pokytis bus didesnis nei esant labai debesuotai nakčiai ir vyraujant vidutinio stiprumo vėjui, tačiau žymiai mažesnis nei esant giedrai ir nevėjuotai nakčiai.

Idealiu atveju tyrimai turi būti atlikti vyraujant visoms trimis oro sąlygoms, tačiau dažniausiai yra taikomos tik pirmos dvi. Todėl, planuojant atlikti šiuos matavimus, nuolat yra stebimos orų prognozės ir vadovaujamaši ilgamete ekspertų patirtimi, siekiant nepraleisti nė vienos matavimams tinkamos progos.

2.4.4. Tyrimo eiga

Prieš pradėdant tirti kiekvieną ruožą, personalo atstovas užfiksuoja šiuos rodiklius:

- ✓ oro sąlygos:
 - debesuotumas (0-8 Oktas);
 - debesų aukštis (žemas / vidutinis / aukštas);
 - vėjo kryptis (Š. / P. / R. / V. / ŠR. / ŠV. / PR. / PV.);
 - vėjo greitis (ramu / silpnas / vidutinis / stiprus).
- ✓ kelio paviršius (sausas / šlapias / drėgnas / apledėjęs / apšerkšnijęs / pabarstytas / padengtas sniego sluoksniu);
- ✓ matumumas (geras / vidutinis / prastas);
- ✓ eismas (nėra / neintensyvus / vidutinio intensyvumo / intensyvus).

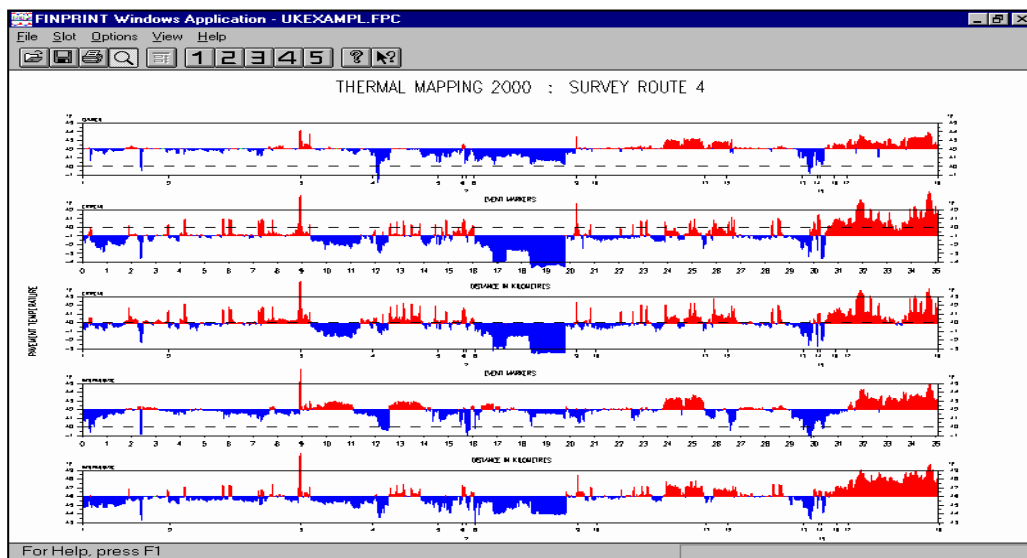
Kuomet visi pradiniai duomenys yra užfiksuoti, yra įjungiamas įranga ir transporto priemonė pradeda judėti. Viso tyrimo metu personalas stebi analizuojamąjį kelio atkarpą ir į diktofoną įrašo kelio važiuojamojoje dalyje pasitaikančius netikėtumus, tokius kaip balos, rūko juostos, ledo plotai, dėl kurių gali išsikreipti fiksuojamų parametrų duomenys.

Surinkta informacija nedelsiant yra perduodama patikrinimui, kad būtų užtikrinta gera duomenų kokybė ir kad šie duomenys būtų teisingi bei tinkami tolimesniam darbui su jais. Duomenų patikrinimai yra atliekami pasitelkiant Google Earth (ar atitinkamą GIS sistemą) ir ilgametę patirtį. Aptikus bent menkiausius neatitikimus, tyrimas yra atliekamas iš naujo. Tyrimų baigtį nustatyti yra gana sudėtinga, nes nežinia kuomet bus surinkti visi tinkamos kokybės ir teisingi duomenys.

2.4.5. Duomenų analizė

Iš karto po to, kai visi surinkti duomenys yra teisingi ir jų kokybė yra patenkinama — atliekama turimų duomenų analizė. Įgyvendinant šį kartografavimo etapą, personalas turi turėti

prieigą prie regiono meteorologijos stočių saugomų duomenų, kad būtų žinomos oro sąlygos matavimo metu. Duomenų analizės rezultatas – grafikas, vaizduojantis užfiksuotus važiuojamosios kelio dalies paviršiaus „šiluminius antspaudus“ (2.3 pav.).



2.3 pav. „Šiluminiai antspaudai“ (Vaisala)

Pasinaudojant sudarytais algoritmais, gauti „šiluminiai antspaudai“ yra konvertuojami GIS sistemoje sudarant nagrinėjamo kelio ar kelių tinklo žemėlapi, kuriame kelio dangos paviršiaus temperatūros pokytis yra atvaizduojamas spalvine gama. Taip galima nustatyti kelio dangos paviršiaus temperatūrą bet kuriame kelio taške.

Kuomet yra sąsaja tarp terminio kelių žemėlapi ir kelių tinkle įrengtų meteorologinių stočių ar KOS stotelių, kelio dangos temperatūra bet kuriame taške yra nustatoma automatiškai. Tai atlieka programinė įranga, pasitelkdama gaunamus duomenimis apie oro sąlygas ir žinodama, kaip temperatūra kinta išilgai kelio (Vaisala).

2.5. Kelių oro sąlygų informacinė sistema ir eismo informacijos centras

Kelių oro sąlygų informacinės sistemos tai kompiuterizuotos sistemos, gebančios automatiškai registruoti automobilių kelių dangos fizinius parametrus, meteorologines sąlygas keliuose, matavimo bei eismo intensyvumo parametrus. Šių sistemų pagrindinis tikslas yra iš anksto įspėti apie slidžią kelio dangą (I. Leonovič ir kiti 2014).

2.5.1. Žiemos priežiūros valdymo sistemos (WSMS) kilmė

Žiemos priežiūros valdymo sistemų naudojimo pradžia yra datuojama 1980 metais, kuomet atsirado pirmosios kelių oro sąlygų informacinės sistemos (KOSIS). Šios sistemos gebėjo rinkti duomenis iš tuomet įdiegtų įrenginių, tačiau nesugebėjo jų apdoroti. Todėl didžiulis duomenų kiekis per trumpą laiko tarpą ir esant įtemptoms darbo sąlygoms turėdavo būti asmeniškai apdorojamas meistro ar kito, už kelių priežiūrą atsakingo, specialisto bei priimti atitinkami sprendimai. Didelis ir nesusistemintas duomenų keikis, gautas įdiegus šią sistemą, nepalengvino, o priešingai — apsunkino žiemos kelių priežiūrą. Veikiant šiai sistemai, atsakingas asmuo labiau sutelkdavo dėmesį į duomenų analizavimą o ne į tinkamą kelių priežiūros darbų atlikimą. Toks gautas rezultatas skatino specialistus tobulinti sistemą, kad ji padėtų priimti tinkamus kelių priežiūros sprendimus, o ne apkrautų papildomais duomenimis. Detalus sistemos vystymasis yra pateiktas 2.5 lentelėje (Mr. Hobbs *ir kiti* 2012)

2.5 lentelė. Žiemos priežiūros valdymo sistemų vystymasis (Mr. Hobbs *ir kiti* 2012)

Laikotarpis	Informacija
1980	Pirminių kelių oro sąlygų informacinių sistemų technologijų diegimas siekiant surinkti informaciją apie eismo sąlygas
1980	Apledėjimų nustatymo sistemos diegimas. Šios sistemos teikiama informacija niekuo nesiskyrė nuo KOSIS teikiamų duomenų. Tačiau pastaroji atkreipdavo vartotojų dėmesį į apledėjimo reiškinių. Trūkumas — sistema sureaguodavo kai ledas jau būdavo susidaręs ant važiuojamosios dalies.
1980	Apledėjimų prognozavimo sistemos diegimas. Sistemos prognozės buvo atliekamos tokių technologijų kaip šiluminiai žemėlapiai pagrindu.

2.5 lentelės tęsinys

1990	Pažangesnė KOSIS, atliekanti tokias pat funkcijas kaip ir pirmoji, tačiau turinti patobulintas sudedamąsias dalis ir ryšių kanalus. Todėl ji gebėjo tiekti detalesnę, išsamesnę bei tikslesnę informaciją.
1999 ir vėliau	Tobulesnė KOSI versija, gebanti apdoroti gautus duomenis ir teiki rekomendacijas atsižvelgiant į praeityje priimtus sprendimus esant tokioms pačioms oro ir eismo sąlygoms. Sistema apjungiama su kitomis integruotomis sistemomis, apimančiomis visą priežiūros valdymą. Trūkumas — riboti įvesties duomenys.
2000 ir vėliau	Pasinaudojus technologijų tobulėjimu į vieną KOSIS apjungiamos sistemos, gebančios ne tik apdoroti duomenis ir teikti rekomendacijas, bet ir kaupti nagrinėjamus duomenis.

2.5.2. Lietuvoje veikianti kelių oro sąlygų informacinė sistema

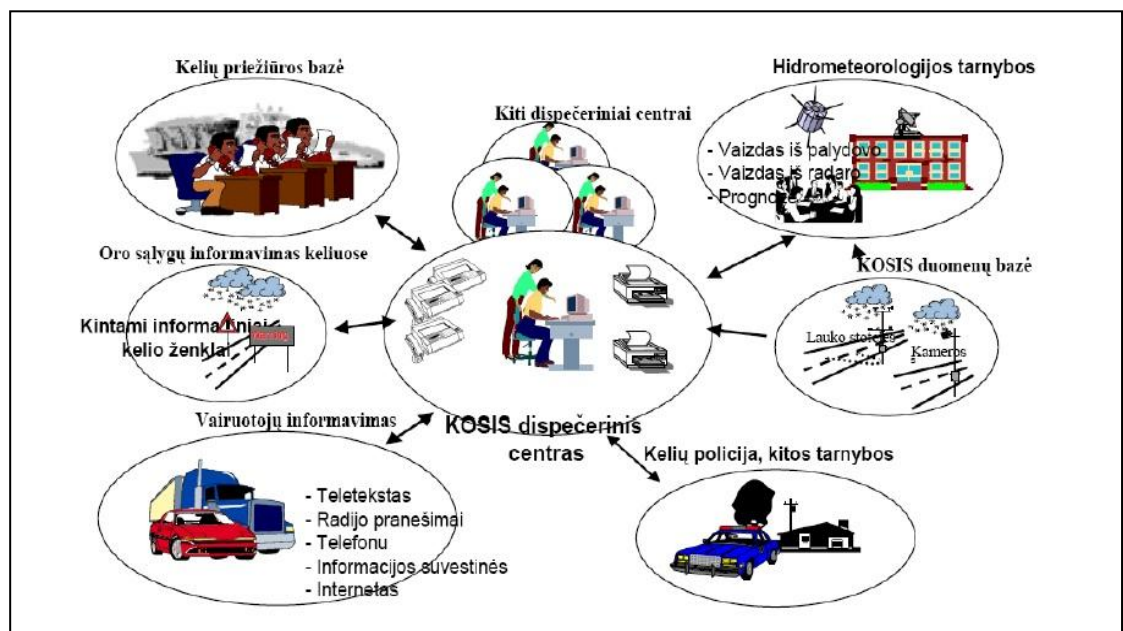
Kuriant KOSIS Lietuvoje, pirmiausia buvo išnagrinėta įvairių Europos šalių ir Jungtinių Amerikos Valstijų patirtis. Pasitelkus gerąją praktiką, 1999 metais KOSIS buvo pradėta diegti ir Lietuvoje.

Kaip ir kitose valstybėse taip ir Lietuvoje, kelių oro sąlygų informacinė sistema yra viena iš intelektinių priemonių, padedančių užtikrinti saugų ir nenutrūkstamą eismą bet kuriuo metų laiku.

Kelių oro sąlygų informacinę sistemą sudaro:

- matavimo stotys, išdėstytos valstybinės reikšmės magistraliniuose ir krašto 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;
- kintamos informacijos kelio ženklai, valdomi iš VĮ „Automagistralė“ arba pagrindinio kompiuterio (kol kas tik magistraliniame kelyje A1).

Tam, kad sistema būtų efektyvi ir naudinga, darbai vykdomi pagal griežtą KOSIS funkcionavimo schemą (2.4 pav.).



2.4 pav. KOSIS funkcionavimo schema (LAKD KOSIS 2000)

Kaip parodyta paveiksle (2.4 pav.), pradinis informacijos šaltinis yra lauko stotys (su kameromis ar be jų). Jose užfiksuoti duomenys yra perduodami į KOSIS dispečerinį centrą, t.y. į pagrindinį kompiuterį, esantį Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos patalpose, bei hidrometeorologijos tarnyboms.

Hidrometeorologijos tarnybos ir Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos glaudžiai bendradarbiauja ir dalinasi papildomai gaunama informacija. Todėl hidrometeorologijos tarnybos siunčia į pagrindinį kompiuterį vaizdus iš palydovų, radarų bei kitas prognozes.

Glaudus bendradarbiavimas vyksta ne tik su hidrometeorologijos tarnyba, bet ir su kelių policija bei kitomis tarnybomis.

Svarbiausias sistemos veikimo principas yra greita informacijos sklaida ir operatyvus atitinkamų tarnybų reagavimas į susidariusias situacijas, kas padeda sutaupyti laiką, sumažinti pervežimo išlaidas, kelių priežiūros išlaidas žiemą bei eismo įvykių skaičių.

Visą kelių oro sąlygų informacinės sistemos pagrindą sudaro meteorologinės stotelės (2.5 pav.), kurios buvo pradėtos statyti Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos iniciatyva valstybinės reikšmės magistraliniuose ir krašto keliuose (LAKD 2009).



2.5 pav. KOS stotelė (LAKD 2009)

Lietuvoje įrengtos KOSIS stotelės teikia dviejų rūšių duomenis:

- duomenis apie atmosferą (oro temperatūra, drėgmė, matomumas, vėjo greitis ir kryptis, kritulių rūšis ir kiekis, debesuotumas, žaibo ir audros stiprumas bei oro kokybė);
- duomenys apie dangą (dangos temperatūra, rasos taškas, dangos būklė (drėgna, slidi ir pan.);

Stotelių įrengimo vieta yra labai svarbi, norint užtikrinti optimalų stotelės efektyvumą, todėl jos parinkimui turėtų būti skiriamas ypatingas dėmesys. Parenkant stotelės vietą, reikia nepamiršti to, kad Lietuvos klimato savybės lemia teritorijos geografinę padėtį, t.y. tai, kad Lietuva išsidėsčiusi vidutinio klimato juostos šiaurinėje dalyje, kuriai būdingos šaltos žemos, karštos vasaros ir nemenkas kritulių kiekis.

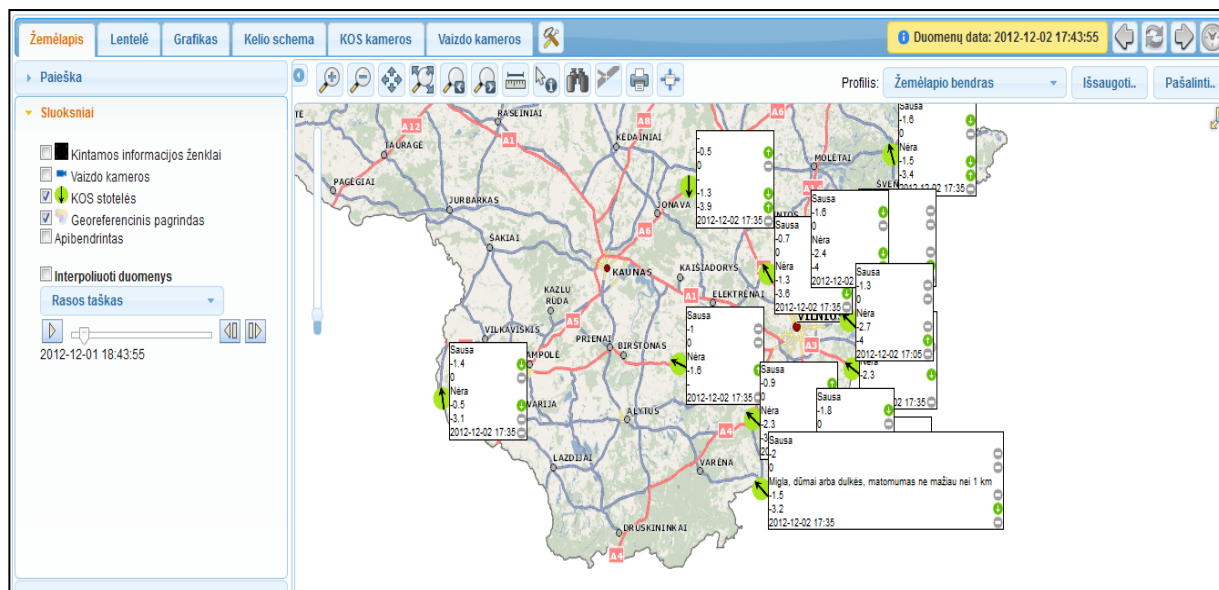
Norint optimaliai išdėstyti tokias stoteles, reikia žinoti mikroklimatinius kelio ypatumus. Taip yra dėl to, kad kelio dangos paviršiaus temperatūra kelių dešimčių kvadratinį kilometrų plote gali kisti net per 10 — 18 °C, dėl ko kelyje gali atsirasti netikėtų slidžių ruožų, keliančių rimtą grėsmę eismo dalyviams. Norint aptikti šias minėtas anomalijas ir nustatyti vietas, kur pirmiausia pasireiškia nepalankios meteorologinės sąlygos, yra naudojama mobili meteorologinė aparatūra (MMA). Šio prietaiso pagalba yra nustatomi meteorologinių parametrų, tokių kaip oro ir kelio dangos paviršiaus temperatūra bei santykinė oro drėgmė, pjūviai išilgai kelio trasų. Atliekamas šiluminis kartografavimas.

Pasinaudojus surinktais duomenimis, yra sudaromi jau anksčiau minėti temperatūriniai grafikai, teikiantys grafinę ir skaitmeninę informaciją, apibūdinančią kelio paviršiaus temperatūros kitimą išilgai matuojamos kelio atkarpos šaltojo metų laikotarpio naktimis. Pasinaudojus šiais grafikais, interpoliacijos būdu galima nustatyti bet kurio kelio dangos paviršiaus taško temperatūrą tarp dviejų stočių.

Parentant stotelės vietą, patartina atsižvelgti ne tik į mikroklimatinius kelio ypatumus, bet ir į eismo intensyvumą, kelio paskirtį, elektros tinklų išdėstymą ir pan. Norint gauti racionalią informaciją apie kelių oro sąlygas, patartina stoteles išdėlioti įvairiose mikroklimato vietose taip, kad viena stotelė būtų maždaug 250 km² plote.

2.5.3. Kelių oro sąlygų informacinės sistemos stotelių surenkamos informacijos pateikimas kelių priežiūros tarnyboms

Kelių priežiūros tarnybos, kurios yra atsakingos už saugų eismą keliuose, informaciją gauna iš lokalių kompiuterių, dirbančių bendrame tinkle su pagrindiniu sistemos kompiuteriu. Atsivertęs kelių oro sąlygų aplikaciją, ir pasirinkęs savo sukurtą paskyrą, kurią kiekvienas darbuotojas susikuria nurodydamas jį dominančias stoteles, atsakingas asmuo mato žemėlapi su pagrindine informacija (2.6 pav.).



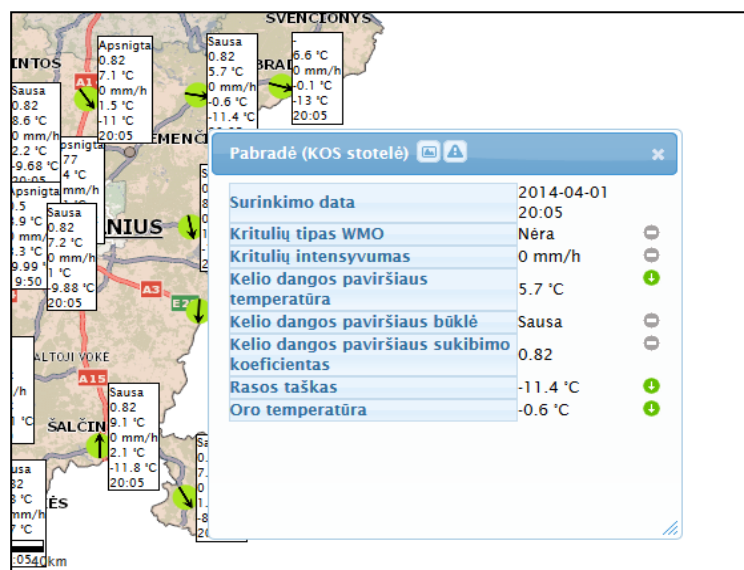
2.6 pav. Pagrindinė informacija (KOSIS aplikacija)

Paveiksle matyti tik darbuotojo pasirinktų stotelių parodymai. Tačiau, norėdamas pradėti detalų oro sąlygų ir kelio būklės parametrų stebėjimą darbuotojas privalo atlikti papildomus pasirinkimus, priklausomai nuo jam reikalingos informacijos.

Tuo atveju kai aktualu yra nustatyti kelio dangos ar oro sąlygų parametrus tam tikroje vietoje, darbuotojas pasinaudoja „Paieška“ langelyje esančiu krentančiu meniu, dominančiai vietai nurodyti. Tai gali būti gyvenvietė, kelias ar tikslus įrenginys.

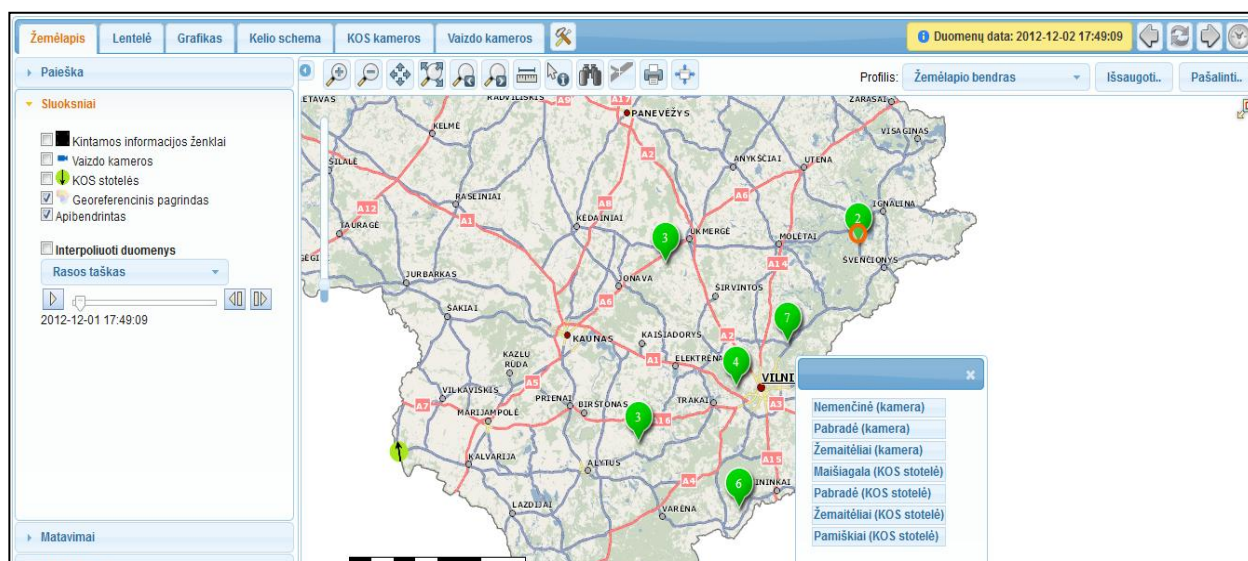
Pasirinkus vietą, yra pasirenkami dominantys sluoksniai (kintamos informacijos ženklai, vaizdo kameros, KOS stotelės, Georeferencinis žemėlapis, arba apibendrinta informacija) ir prieinama prie nustatymų.

Nustatymuose darbuotojas gali nurodyti kokią informaciją jis nori matyti langelyje greta simbolio bei iššokančiame informacijos lange. Abiem atvejais galima rinktis iš 66 rodiklių, tik skirtumas tas, kad greta simbolio esančiame langelyje pasirinktinai gali būti rodomas parametro pavadinimas, jo reikmė, matavimo vienetas bei pokytis, o iššokančiame lange savaime bus rodomas pasirinkto parametro pavadinimas, reikšmė ir pokytis (2.7 pav.). Visi šie nustatymai galioja kitose, toliau esančios skiltyse, kur jie taip pat gali būti koreguojami.



2.7 pav. Informacija langelyje greta simbolio ir iššokančiame informacijos lange (KOSIS aplikacija)

Tuo atveju, kai dominančiuose sluoksniuose yra pasirenkama gauti apibendrintą informaciją, aplikacija pateikia žemėlapi su sugrupuotomis stotelėmis. Įrenginių kiekį nurodo apskrityje esantis skaičius. (2.8 pav.).



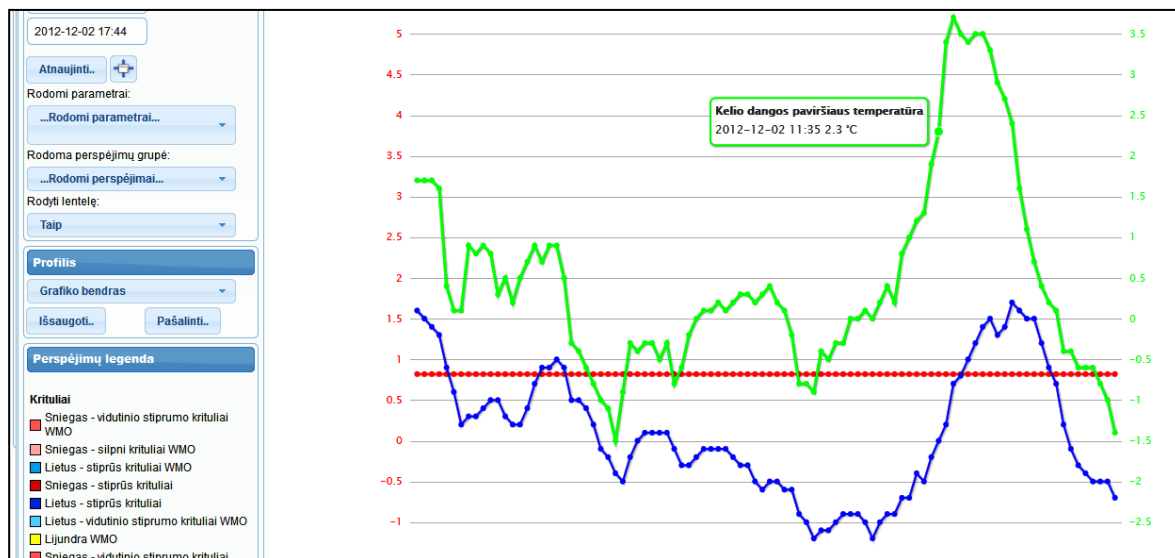
2.8 pav. Bendras teritorijos vaizdas (KOSIS aplikacija)

Be žemėlapių, duomenis galima analizuoti, kai jie yra surašyti lentelėje. (2.9 pav.) Čia yra struktūriškai pateikta visa, KOSIS stotelių pagalba surinkta informacija, pagal anksčiau pasirinktus kriterijus. Papildomai, šioje skiltyje, yra galimybė duomenis grupuoti (pagal kelią, pagal regioną), kas palengvina meistro ar kito atsakingo darbuotojo darbą.

Žemėlapis	Lentelė	Grafikas	Kelio schema	KOS kameros	Vaizdo kameros	Duomenų data: 2012-12-02 17:49:09		
Paieška: ...Rodomi parametrai... Grupavimas: Pagal regioną Perspėjimų grupės įrenginiams: Nerodyti Perspėjimų grupės parametrams: Kelio dangą						Profilis: VRK	Išsaugoti...	Pašalinti...
Paieška								
	Surinkimo data	Įrenginys	Kelias	Oro temperatūra	Vėjo greitis	Kritulių tipas	Kritulių intensyvumas	Kelio dangos paviršiaus temperatūra
Vilniaus regiono keliai								
	2012-12-02 17:50	Pirčiupiai	A4 Vilnius-Varenė-Gardinas	-2.3 °C	0.5 m/s	Nėra	0 mm/h	-1.1 °C
Automagistralė								
	2012-12-02 17:50	Maišiagala	A2 Vilnius-Panevėžys	-1.2 °C	2 m/s	Nėra	0 mm/h	-1 °C
Marijampolės regiono keliai								
	2012-12-02 17:50	Vištytis	200 Kalvarija-Gražiškiai-Vištytis	-0.6 °C	5.1 m/s	Migla	0 mm/h	-1.6 °C
Vilniaus regiono keliai								
	2012-12-02 17:50	Pagelėžiai	A6 Kaunas-Zarasai-Daugpilis	-1.3 °C	1.6 m/s		0 mm/h	-0.6 °C
	2012-12-02 17:50	Žemaitėliai	A14 Vilnius-Utena	-2.6 °C	2.1 m/s	Nėra	0 mm/h	-1.5 °C
	2012-12-02 17:50	Pamiškiai	103 Vilnius-Polockas	-2.8 °C	2.5 m/s	Nėra	0 mm/h	-1.5 °C
	2012-12-02 17:50	Pabradė	102 Vilnius-Svenčionys-Zarasai	-2.4 °C	0.5 m/s	Nėra	0 mm/h	-1.8 °C

2.9 pav. KOS duomenų lentelė (KOSIS aplikacija)

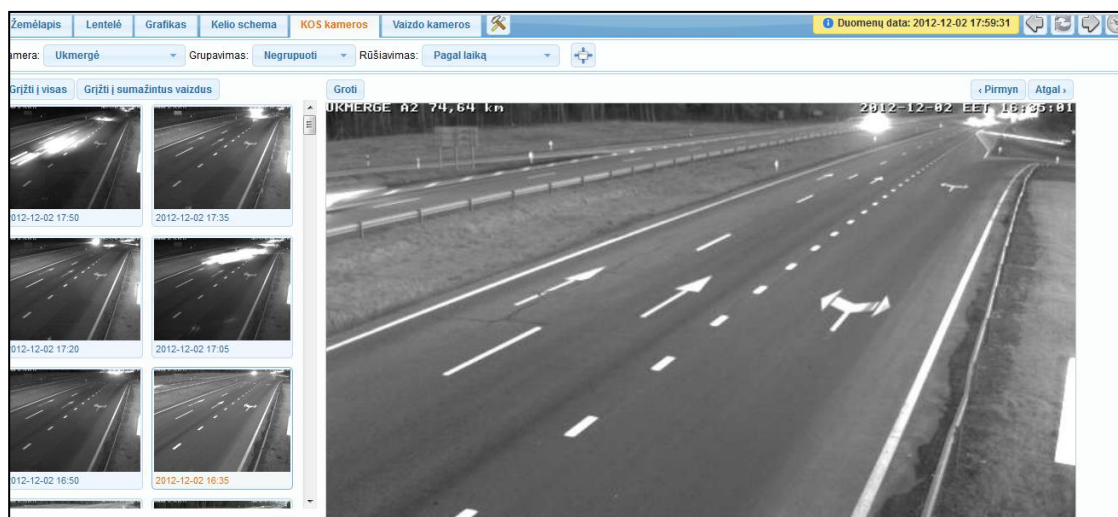
Siekiant atvaizduoti nagrinėjamų parametrų pokyčius pasirinktame laiko intervale, yra naudojami grafikai, kuriuos pati aplikacija pateikia, naudodamasi surinktais ir saugomais duomenimis (2.10 pav.). Tokiuose grafikuose ryškiausiai matyti kaip kinta kelio dangos sukibimo koeficientas prieš pabarstant kelią slidumą mažinančiomis medžiagomis ir po barstymo.



2.10 pav. KOS duomenų Grafikai (KOSIS aplikacija)

Šiuo atveju pateiktas grafikas vaizduoja kelio dangos paviršiaus sukibimo koeficiento kitimą (raudona spalva), kelio dangos paviršiaus temperatūros kitimą (žalia spalva) ir oro temperatūros kitimą (mėlyna spalva) laikotarpyje nuo gruodžio 1 iki gruodžio 2 dienos.

Dar viena programos skiltis yra „KOS kameros“. Čia yra pateiktos nuotraukos iš stotelėse esančių kamerų. Nuotraukos yra atnaujinamos kas 15 minučių ir yra sudaryta galimybė jas peržiūrėti retrospektyvoje.(2.11 pav).



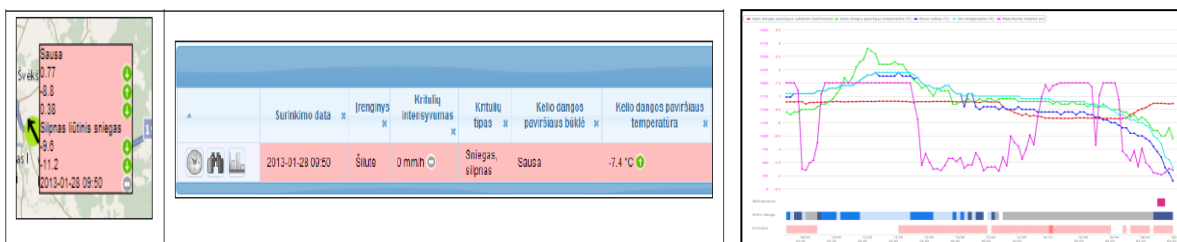
2.11 pav. Kameros (KOSIS aplikacija)

Be foto kamerų, kai kuriose stotelėse yra įrengtos ir vaizdo kameros. Skiltyje „Vaizdo kameros“ tarnybų darbuotojai gali stebėti oro ir eismo sąlygas realiu laiku. Viešniuose kartu su vaizdo kamera yra įrengti automobilių srautų skaitiklis bei greičio nustatymo įrenginys (2.12 pav.).



2.12 pav. Automobilių srautų skaitiklis (KOSIS aplikacija)

Viena iš svarbesnių ir tikrai naudingų aplikacijos funkcijų yra perspėjimai, kurie gali būti vaizduojami KOS žemėlapyje, lentelėje ar grafike. (2.13 pav.). Spalvos intensyvumas nurodo reiškinių pavojeingumą.



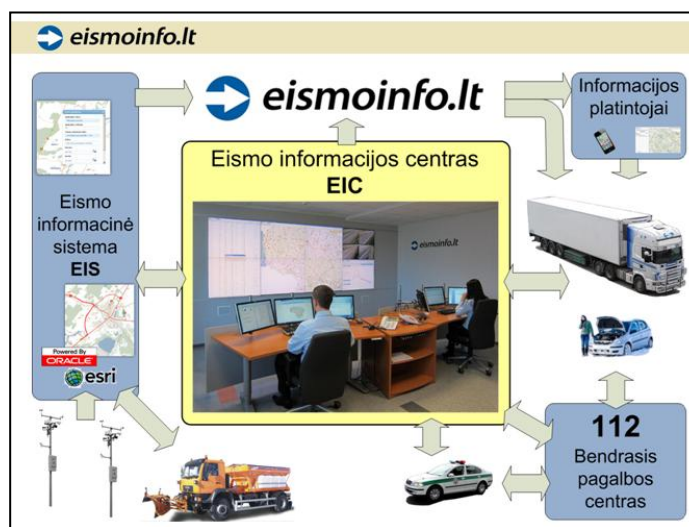
2.13 pav. Perspėjimų vaizdavimas (KOSIS aplikacija)

Ši funkcija padeda budinčiam personalui greičiau pastebėti įvairius meteorologinius reiškinius, galinčius kelti pavojų eismo dalyviams.

2.5.4. Kelių oro sąlygų informacinės sistemos stotelių surenkamos informacijos pateikimas vairuotojams. Eismo informacijos centras

2011 metų spalio 20 dieną Lietuvoje pradėjo veikti pirmoji Baltijos šalyse eismo informacijos sistema. Nuo tos dienos buvo sudaryta galimybė vartotojams realiu laiku stebėti susidariusią situaciją šalies keliuose.

Eismo informacijos sistema yra centras surenkantis informaciją ir ją perduodantis atitinkamoms tarnyboms ar plačiai visuomenei pagal poreikį. Informacijos sklaida pateikta 2.14 paveiksle.



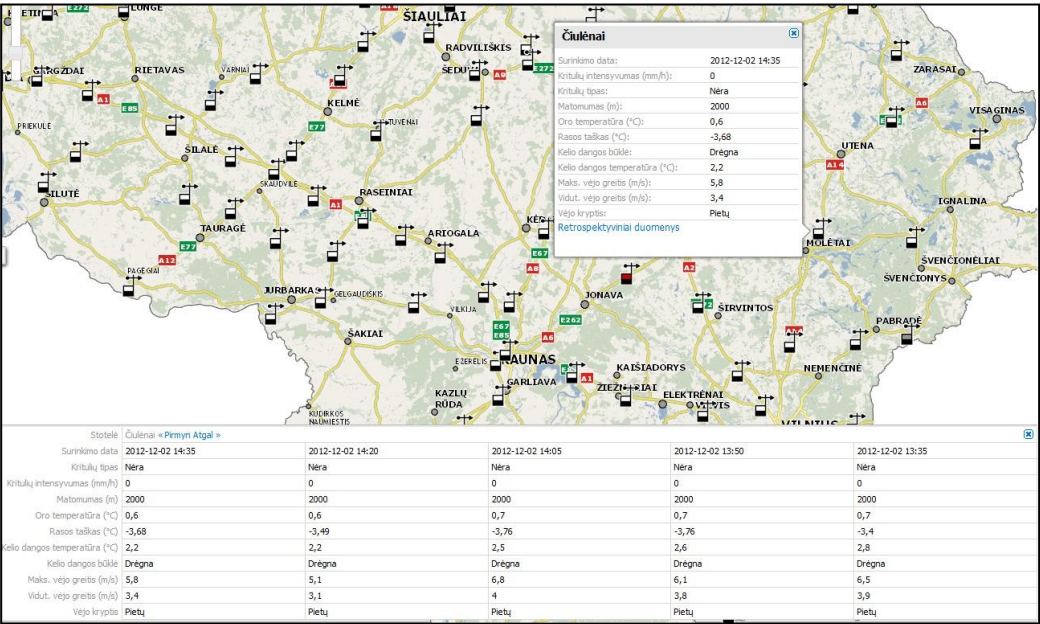
2.14 pav. Informacijos sklaida per eismo informacijos centrą (Cilcius 2013)

Transporto priemonių vairuotojams yra teikiama supaprastinta ir susisteminta informacija apie oro sąlygas keliuose, kelio dangos būklę, kelio remonto darbus, eismo apribojimus, eismo įvykius, eismo sutrikimus bei pateikiama vaizdo kamerų medžiaga. Visa tai padeda vairuotojams pasirinkti palankiausią kelionės maršrutą, ar tiesiog išsiaiškinti pavojingas ir daugiau dėmesio reikalaujančias kelionės atkarpas.

Pagrindiniame kompiuteryje apdorota informacija automobilių vairuotojams yra perduodama teletekstais, radijo pranešimais, telefonu, bei internetu. Taip pat informacijai perduoti yra naudojami kintamos informacijos kelio ženklai, deja tokių Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose yra labai nedaug.

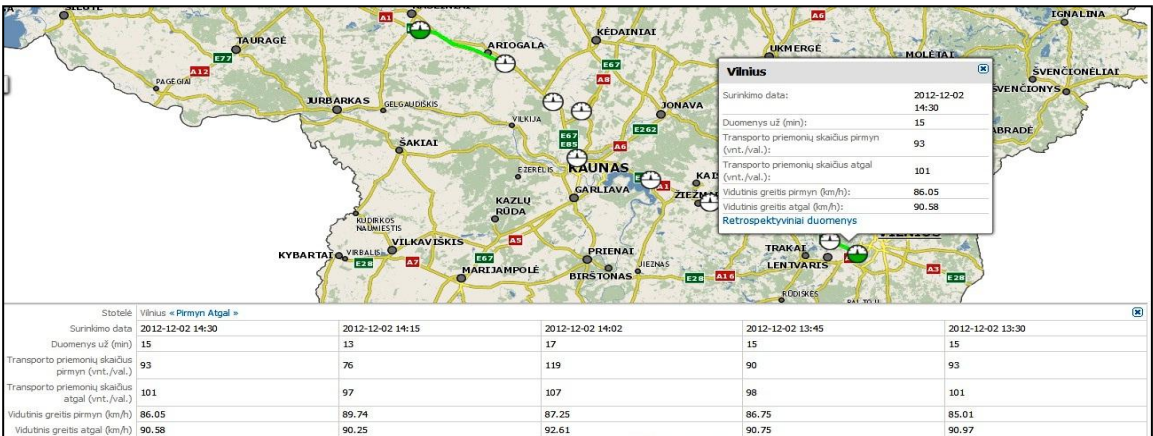
Išsamiausia informacija, kuri yra atnaujinamas kas 15 min., vairuotojams teikiama internetiniame puslapyje www.eismoinfo.lt. Čia, pasirinkus dominančią stotelę, pateikiami duomenys apie stotelės fiksuojamą kritulių intensyvumą (mm/h), kritulių tipą, matomumą (m), oro

temperatūrą (°C), rasos tašką (°C), kelio dangos būklę, kelio dangos temperatūrą (°C), didžiausią ir vidutinį vėjo greitį (m/s) bei vėjo kryptį. Taip pat galima pažiūrėti šių duomenų kitimą retrospektyvoje (2.15 pav.).



2.15 pav. Informacija apie kelių oro sąlygas (Eismo informacijos centras)

Nagrinėjamas internetinis puslapis teikia informaciją ir apie eismo intensyvumą (2.16 pav.), kurį fiksuoja stotelėse esančios kameros bei įrengti skaitikliai.

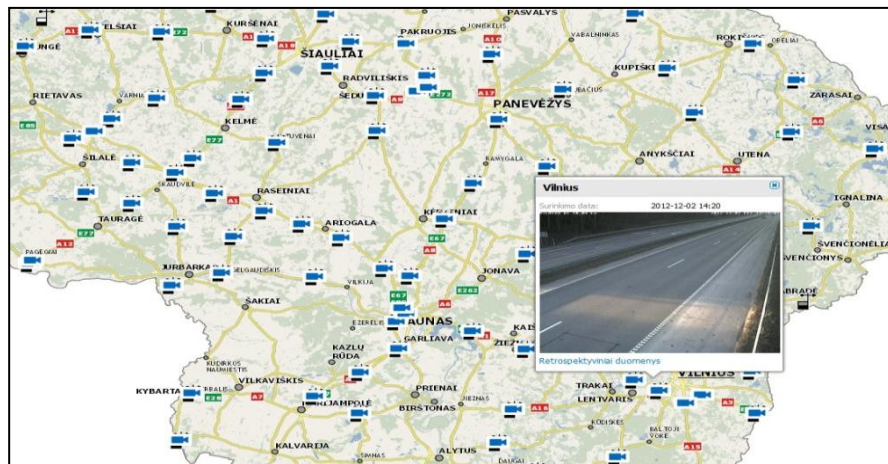


2.16 pav. Eismo intensyvumo duomenys (Eismo informacijos centras)

Deja kol kas tokie skaitikliai yra įrengti tik magistraliniame kelyje A1 Vilnius – Kaunas – Klaipėda ir teikia tokią informaciją: transporto priemonių skaičius pirmyn (vnt./val.), transporto

priemonių skaičius atgal (vnt./val.), vidutinis greitis pirmyn (km/h) ir vidutinis greitis atgal (km/h). Čia taip pat galima pažiūrėti šių duomenų kitimą retrospektyvoje.

Be eismo intensyvumo nustatymo, kameros yra naudojamos ir bendram kelio stebėjimui (2.17 pav.). Šie duomenys yra atnaujinami kas 15 min. ir visus pasikeitimus galima pamatyti retrospektyvoje.



2.17 pav. Vaizdo kamerų teikiama informacija (Eismo informacijos centras)

Dar viena paslauga, kurią teikia internetinis puslapis, yra galimybė stebėti kintamos informacijos ženklus (2.18 pav.).

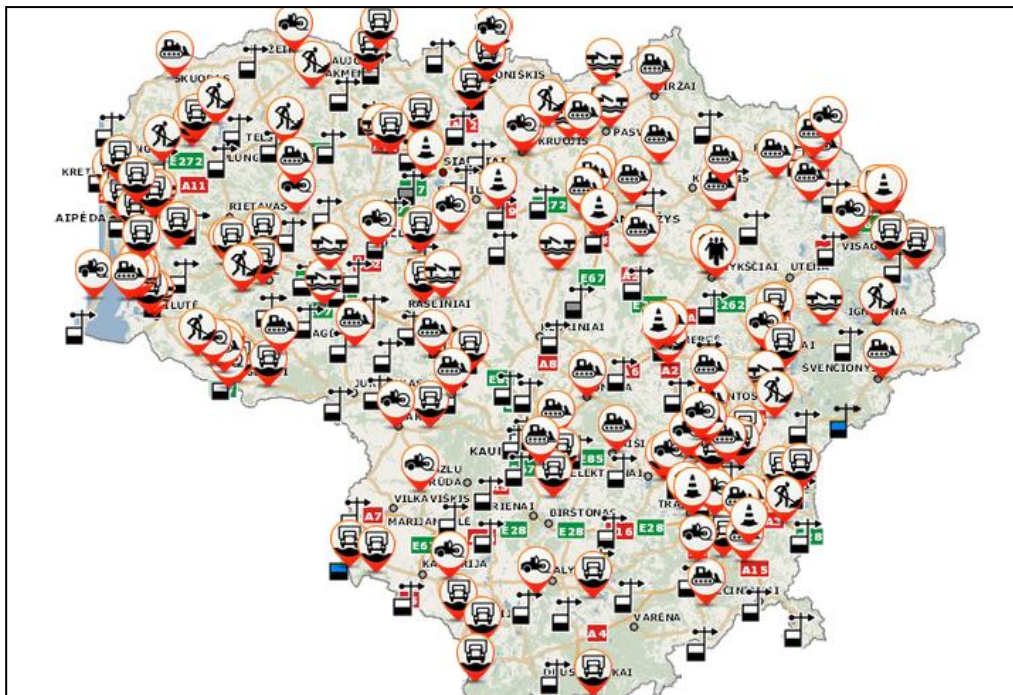


2.18 pav. Kintamos informacijos ženklai (Eismo informacijos centras)

Deja tokie ženklai yra įrengti tik magistraliniame kelyje A1 Vilnius – Kaunas – Klaipėda atkarpoje tarp Vilniaus ir Kauno. Nors kintamos informacijos ženklai nėra įrengti kartu su KOS

stotelėmis, tačiau jie yra sudedamoji kelių oro sąlygų informacinės sistemos dalis, kuri perteikia vairuotojams KOS stotelėse surinktą ir pagrindiniame kompiuteryje apdorotą aktualią informaciją.

Vairuotojams, planuojantiems kelionės laiką ir maršrutą svarbūs yra pranešimai apie įvairius apribojimus kelyje, pavyzdžiui greičio ribojimas dėl remonto darbų, apylankos įrengimas, masės ribojimas, apsemti kelio ruožai ir pan. Tokia informacija taip pat yra teikiama minėtame elektroniniame puslapyje (2.19 pav.).



2.19 pav. Apribojimai keliuose (Eismo informacijos centras)

Taigi visuomenei yra prieinama glausta, tiksli ir jiems aktuali informacija, kurią jie gali gauti įvairiais būdais.

2.6. Mobilūs slidumo matuokliai

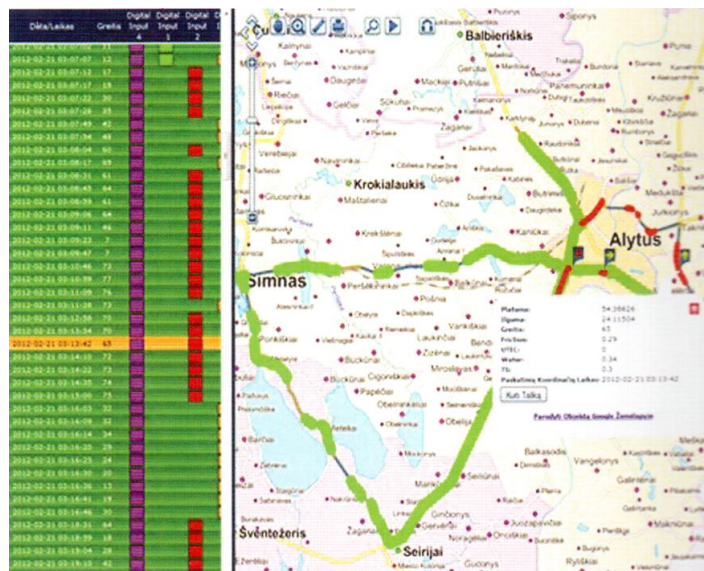
Kelio dangos sukibimo koeficientas yra esminis rodiklis, nusakantis kelio dangos paviršiaus būklę ir kelių priežiūros kokybę. Todėl yra labai svarbu stebėti kaip šis dydis kinta ir, remiantis parodymais, operatyviai reaguoti į susidariusias pavojingas sąlygas, taip užtikrinant saugų eismą keliuose.

Neskaitant KOS stotelėse atliekamų matavimų, iki 2011 metų Lietuvoje kelio dangos sukibimo koeficientas buvo nustatomas vizualiai arba naudojant trumpalaikio stabdymo metodą.

Taikant minėtą metodą, meistras staigiai stabdydavo transporto priemonę ir, įvertindamas automobilio stabdymo laiką, stabdymo kelią bei pasitelkdamas savo patirtį, nustatydavo dominančio koeficiento reikšmę. Tačiau šis metodas turi keletą trūkumų:

- kiekvieno meistro patirtis yra skirtinga;
- kas kart stabdant transporto priemonę, stabdžių pedalo paspaudimas yra skirtingas;
- skirtinguose automobiliuose nevienodai veikia stabdžių sistema;
- sudėtingas eismo saugumo užtikrinimas, nes, kaskart stabdant transporto priemonę, būtina įsitikinti ar nebus sudaryta avarinė situacija.

Siekiant patobulinti kelių priežiūros kontrolę ir užtikrinti saugų eismą keliuose, 2011 metų pabaigoje AB „Problematika“ įsigijo nuotolinį slidumo matavimo prietaisą RCM 411. Įmonės personalas, baigęs trumpus įrenginio naudojimo kursus ir atlikęs bandymus, matuoklį pristatė Lietuvos automobilių kelių direkcijai prie Susisiekimo ministerijos. Potencialiems užsakovams pademonstravus susidomėjimą siūlomu įrenginiu, AB „Problematika“ užsakė sukurti serverio, kuris priimtų, kauptų ir pavaizduotų slidumo matavimo duomenis, programinę įrangą. Pastaroji pradėjo veikti tų pačių metų sausio mėnesio pabaigoje (2.20 pav.). Esant sukurtai ir veikiančiai infrastruktūrai, 2012 buvo įsigyti ir pradėti naudoti mobilūs slidumo matavimo prietaisai RCM 411 (Skrodenis ir kiti 2012).



2.20 pav. VĮ „Alytaus regiono keliai“ 2012 m. vasario 21 d. atliktos rytinės patrulinės apžiūros metu išmatuotų sukibimo koeficientų rezultatai. Raudona spalva rodo nepakankamą sukibimo koeficientą (Skrodenis ir kiti 2012)

Šiai dienai RCM 411 yra vienas geriausių tokio tipo mobilių optinių prietaisų. Šio įrenginio veikimo principas yra pagrįstas artimų infraraudonųjų spindulių spektroskopija. Prietaise įtaisytas siųstuvas skleidžia infraraudonuosius spindulius į kelio dangos paviršių. Išsklaidytus spindulius surenka prietaise įmontuotas detektorius, kuris, pagal bangų ilgį, atpažįsta vandens ar ledo buvimą. Taip šis prietaisas nustato kelio dangos paviršiaus būklę, išmatuoja vandens ar gyno ledo sluoksnio storį ir nustato kelio dangos paviršiaus sukibimo koeficiento reikšmę. Matavimo duomenis iš karto gali matyti transporto priemonės vairuotojas, naudodamas išmanųjį telefoną su „Symbian“ ar „Android“ operacine sistema (2.22. pav.). RCM 411 eliminuoja visus trumpalaikio stabdymo metodo trūkumus, be to yra lengvai tvirtinamas prie įprasto automobilio kablų (2.21 pav.) (Skrodenis ir kiti 2012).



2.21 pav. Mobilus optinis kelio dangos būklės matavimo prietaisas RCM 411, pritvirtintas prie automobilio kablų (Miškinis 2013)

µTec yra dar viena priemonė, kurios pagalba yra nustatomas kelio dangos paviršiaus sukibimo koeficientas važiuojant automobiliu. Tai yra programa skirta mobiliesiems telefonams, kuriuose yra įdegtas pagreičio sensorius. Programos veikimo principas yra trumpalaikio stabdymo metodas, kurio metu yra matuojamas transporto priemonės lėtėjimas stabdant ir apskaičiuojamas sukibimo koeficientas (2.22 pav.) (Miškinis 2013).



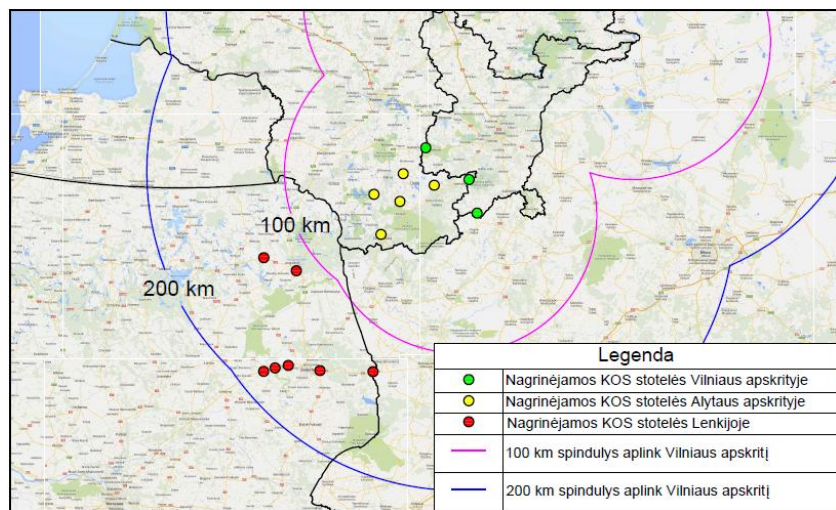
2.22 pav. Kairėje RSM 411 vartotojo sąsajos rodomas sukibimo koeficiento kitimas (0,5), dešinėje – μ Tec išmatuotas sukibimo koeficientas (0,44). Rodyklė vaizduoja nustatytą dangos būklę (sniegą) (Skrodenis ir kiti 2012)

2.7 Lietuvoje naudojamų ITS apžvalgos išvados

1. Šiuo metu Lietuva didžiausia dėmesį skiria ITS susijusioms su pačiu transportu, jo kontrole, valdymu ir pan. o kelių priežiūros ITS skiriamas labai mažas dėmesys;
2. Kelių šiluminis kartografavimas yra KOSIS pirmoji pakopa, kurios pagalba yra nustatoma kelio dangos paviršiaus temperatūra bet kuriame atkarpos taške ir parenkamos tinkamos KOS stotelių vietos;
3. KOSIS — pagrindinė sistema taikoma žiemos kelių priežiūroje ir teikianti aktualią informaciją visiems jos vartotojams pagal poreikį;
4. Nuo 2011 metų kelio dangos sukibimo koeficiento nustatymui nebebuvo taikomas netikslus momentinio stabdymo metodas. Jį pakeitė slidumo matavimo prietaisai RCM 411bei μ Tec.

3. KLIMATINIŲ SĄLYGŲ PROGNOZAVIMO TYRIMAS

Klimatinių sąlygų prognozavimo tyrimas yra atliekamas siekiant nustatyti prognozavimo galimybes pasitelkus KOS stotelių duomenimis. Kadangi KOSIS veikia ne tik Lietuvoje bet ir kaimyninėse šalyse, prognozei buvo pasitelktos ir Lenkijoje esančios stotelės, nutolusios nuo Vilniaus apskrities per 200 km. (žr. A priedą). Šios šalies stotelės į tyrimą buvo įtrauktos dėl prieinamos informacijos gausos ir dėl žiemos metu vyraujančių pietų, pietvakarių vėjų, nešančių lietaus ir sniego debesis Lietuvos link. Iš viso buvo renkami duomenys iš 15 stotelių, iš kurių 7 — įrengtos prie Lenkijos kelių, 5 — išsidėsčiusios Alytaus apskrityje ir 3 — priklausančios VĮ „Vilniaus regiono keliai“ (3.1 pav.).



3.1 pav. Nagrinėtos KOS stotelės (parengta autoriaus)

Atliekamo tyrimo tikslas yra išsiaiškinti, ar pasitelkus kaimyninių šalių, šiuo atveju Lenkijos, KOS stotelių duomenis, yra galimybė nustatyti laiko intervalą, per kurį krituliai pasieks VĮ „Vilniaus regiono keliai“ eksploatuojamas KOS stoteles. Taip siekiama panaikinti vieną svarbiausių KOSIS trūkumų — nesugebėjimą prognozuoti.

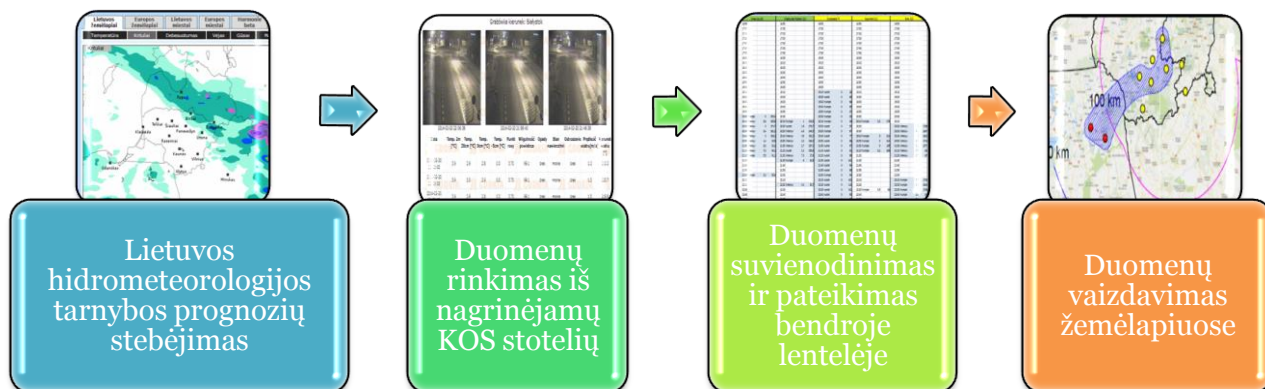
3.1. Tyrimo metodika

Aprašomas tyrimas buvo atliekamas šių metų vasario — kovo mėnesiais. Visų pirma buvo stebimos Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos prognozės. Pastebėjus atslenkantį ir kritulius nešantį frontą, buvo pradedami fiksuoti viešai prieinami duomenys iš dominančių KOS stotelių. Lenkijoje

išsidėsčiusių stotelių teikiami parametrai turėjo būti fiksuojami kas dvi valandas, nes būtent tokio laikotarpio istoriniai duomenys yra pateikiami eiliniams vartotojams. Dominanti informacija buvo renkama iš Lenkijos automobilių kelių direkcijos internetinio puslapio. Tuo tarpu Lietuvoje įrengtų stotelių duomenys buvo renkami iš VĮ „Vilniaus regiono keliai“ darbuotojams laisvai prieinamos KOS sistemos aplikacijos, kurioje istoriniai duomenys yra bet kada laisvai pasiekiami. Iš stotelių buvo fiksuojamas kritulių tipas bei jų pradžios, tąsos ir pabaigos laikai.

Dėl laiko skirtumo ir duomenų atnaujinimo dažnio, abiejų šalių KOS stotelių užfiksuoti parametrai buvo suvienodinti ir perkelti į vieną bendrą suvestinę. Sudarytos lentelės informacija buvo perteikiama žemėlapiuose vaizduojant nuoseklų kritulių fronto judėjimą (žr. C priedą).

Schematiškai tyrimo eiga yra pavaizduota 3.2 paveiksle.



3.2 pav. Tyrimo atlikimo schema (parengta autoriaus)

Užfiksavus nuoseklų kritulių fronto judėjimą nuo vienos stotelės link kitos, buvo pradedama prognozuoti. Žinant, kad ciklonas juda 8 — 11 m/s greičiu, buvo apytiksliai apskaičiuojamas laiko intervalas, per kurį krituliai iš nagrinėjamos stotelės pasieks tikslą t.y. KOS stotelę, esančią Vilniaus apskrityje. Tai buvo atliekama pagal formulę:

$$t = \frac{S}{v}, \quad (2)$$

čia: S – atstumas tarp stotelių, m; v – ciklono judėjimo greitis, m/s.

Toliau prognozės buvo tikslinamos skaičiuojant tą patį laiką nuo kiekvienos stotelės. Skaičiavimams naudota jau anksčiau minėta 1-a formulė:

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta \quad (1)$$

Taikant šią formulę buvo priimta, kad žinomas vėjo greitis v_1 yra vyraujantis vidutinis 3 — 5 m/s greitis 10 m aukštyje. Nagrinėjamas aukštis H — debesų, iš kurių krinta krituliai aukštis ir jis buvo pasirenkamas pagal debesų tipą iš 2.1 lentelės. Koeficiento β reikšmės buvo imamos iš sudarytos lentelės, kurioje šis dydis yra vizualiai nustatytos kiekvienai atkarpai tarp nagrinėjamų stotelių (žr. D priedą). Kadangi koeficiento β reikšmės yra parinktos kiekvienai atkarpai tarp KOS stotelių, tai ir greitis v buvo skaičiuojamas kiekvienai atkarpai atskirai.

Apskaičiavus visus greičius, pagal 2-ą formulę buvo skaičiuojami visi laikotarpiai, per kuriuos debesys įveiks kiekvieną atstumą tarp dviejų greta esančių KOS stotelių. Skaičiavimams buvo naudojama atstumų tarp stotelių lentelė (žr. E priedą). Gautos laiko išraiškos buvo sumuojamos ir taip nustatomas laikas, kada krituliai pasieks Vilniaus apskrityje esančias stoteles.

Atliekant prognozę, gauti rezultatai nuolat buvo gretinami su realybe fiksuojamais laikais. Pastebėjus, kad krituliai juda lėčiau ar greičiau nei prognozuojama, skaičiavimai buvo tikslinami atitinkamai keičiant nagrinėjamų debesų aukštį, taip padidinant ar sumažinant prognozuojamą debesų judėjimo greitį.

Tyrimo metu buvo nustatytos prognozavimo paklaidos, išsiaiškinta kokių stotelių duomenis analizuoti yra tikslinga ir kokių ne bei kokiam ilgiausiam laiko tarpui gali būti sudaryta prognozė.

3.2. Šių metų vasario 10 dienos tyrimas

Šių metų vasario 10 dieną buvo prognozuojamas ciklonas, nešantis kritulius iš Lenkijos link Lietuvos. 6:00 buvo pradėti rinkti duomenys visose nagrinėjamose stotelėse ir 6:10 pirmieji krituliai (trumpalaikiai) buvo užfiksuoti „Kalinowo“ stotelėje. Deja nuoseklaus jų judėjimo nebuvo pastebėta. Prognozavimas buvo atliekamas krituliams, užfiksuotiems toje pačioje stotelėje 11:20.

Žinant ciklono judėjimo greitį (8 — 10 m/s) ir atstumą, kurį kritulių debesys turi įveikti, kad atneštų kritulius į Vilniaus apskritį (131468 m), tikslas turėtų būti pasiektas per 4,5 valandos.

Prognozių tikslinimui yra atliekami detalūs skaičiavimai iš kiekvienos stotelės. Vėjo greičio apskaičiavimui naudojama 1-a formulė. Skaičiuojant yra įvertinamas kiekvienos atkarpos, esančios tarp stotelių, šiurkštumo koeficientas, todėl greitis yra skaičiuojamas kiekvienai atkarpai atskirai. Taip pat atskirai kiekvienai atkarpai pagal 2-ą formulę yra skaičiuojamas laikas, per kurį kritulių debesys turėtų perslinkti nuo vienos stotelės iki kitos.

- “Kalinowo” (vėjo greitis 10 m aukštyje yra 5 m/s. debesų aukštis – 0,7 km (sluoksniniai lietaus debesys))
- 1) „Kalinowo“ – „Bialobrezgi“

$$v = v_1(H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,145} = 9,26 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{9856}{9,26} = 1064 \text{ sek} = 18 \text{ min}$$

2) „Bialobrezgi“ – „Druskininkai“

$$v = v_1(H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{61735}{16,43} = 3758 \text{ sek} = 1 \text{ val.} 3 \text{ min}$$

3) „Druskininkai“ – „Seirijai“

$$v = v_1(H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{16892}{16,43} = 1028 \text{ sek} = 17 \text{ min}$$

4) „Seirijai“ – „Kampai“

$$v = v_1(H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{9585}{16,43} = 583 \text{ sek} = 10 \text{ min}$$

5) „Kampai“ – „Pivašiūnai“

$$v = v_1(H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{15832}{16,43} = 964 \text{ sek} = 16 \text{ min}$$

6) „Pivašiūnai“ – „Pabėzninkai“

$$v = v_1(H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,077} = 6,93 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{9953}{6,93} = 1436 \text{ sek} = 24 \text{ min}$$

7) „Pabėzninkai“ – „Eišiškės“

$$v = v_1(H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{7615}{16,43} = 463 \text{ sek} = 8 \text{ min}$$

8) „Eišiškės“ – „Aukštadvaris“

$$v = v_1(H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{7104}{16,43} = 432 \text{ sek} = 7 \text{ min}$$

8) „Aukštadvaris“ – „Pirčiupiai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{5879}{16,43} = 358 \text{ sek} = 6 \text{ min}$$

Tai gi stotelę „Eišiškės“, krituliai pasieks už 2 val. ir 49 min, stotelę „Aukštadvaris“ - už 2 val. 56 min, o stotelę „Pirčiupiai“ – už 3 val. 12 min. (3.1 lentelė).

3.1 lentelė. Prognozės iš „Kalinowo“ stotelės (parengta autoriaus)

	Kalinowo	Bialobrezgi	Druskininkai	Seirijai	Kampai	Pivašiūnai	Pabehninkai	Eišiškės	Aukštadvaris	Pirčiupiai
Kalinowo		18 min	1 val 21 min.	1 val 38	2 val 1 min.	2 val 17 min.	2 val 41 min.	2 val 49 min.	2 val 56 min.	3 val 2 min.

- „Bialobrezgi“ (vėjo greitis 10 m aukštyje yra 5 m/s. debesų aukštis – 0,7 km (sluoksniniai lietaus debesys))

1) „Bialobrezgi“ – „Druskininkai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{61735}{16,43} = 3758 \text{ sek} = 1 \text{ val. } 3 \text{ min}$$

2) „Druskininkai“ – „Seirijai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{16892}{16,43} = 1028 \text{ sek} = 17 \text{ min}$$

3) „Seirijai“ – „Kampai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,077} = 6,93 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{9585}{6,93} = 1383 \text{ sek} = 23 \text{ min}$$

4) „Kampai“ – „Pivašiūnai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{15832}{16,43} = 964 \text{ sek} = 16 \text{ min}$$

5) „Pivašiūnai“ – „Pabehninkai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,077} = 6,93 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{9953}{6,93} = 1436 \text{ sek} = 24 \text{ min}$$

6) „Pabehninkai“ – „Eišiškės“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{7615}{16,43} = 463 \text{ sek} = 8 \text{ min}$$

7) „Eišiškės“ – „Aukštadvaris“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{7104}{16,43} = 432 \text{ sek} = 7 \text{ min}$$

8) „Aukštadvaris“ – „Pirčiupiai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{5879}{16,43} = 358 \text{ sek} = 6 \text{ min}$$

Tai gi stotelę „Eišiškės“, krituliai pasieks už 2 val. ir 31 min, stotelę „Aukštadvaris“ - už 2 val. 38 min, o stotelę „Pirčiupiai“ – už 2 val. 44 min. (3.2 lentelė).

3.2 lentelė. Prognozės iš „Bialobrezgi“ stotelės (parengta autoriaus)

	Bialobrezgi	Druskininkai	Seirijai	Kampai	Pivašiūnai	Pabehninkai	Eišiškės	Aukštadvaris	Pirčiupiai
Bialobrezgi		1 val 3 min.	1 val 20	1 val 43 min	1 val 59 min.	2 val 23 min.	2 val 31 min.	2 val 38 min.	2 val 44 min.

- “Druskininkai” (vėjo greitis 10 m aukštyje yra 5 m/s. debesų aukštis – 0,7 km (sluoksniniai lietaus debesys))

1) „Druskininkai“ – „Seirijai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{16892}{16,43} = 1028 \text{ sek} = 17 \text{ min}$$

2) „Seirijai“ – „Kampai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,077} = 6,93 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{9585}{6,93} = 1383 \text{ sek} = 23 \text{ min}$$

3) „Kampai“ – „Pivašiūnai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{15832}{16,43} = 964 \text{ sek} = 16 \text{ min}$$

4) „Pivašiūnai“ – „Pabezninkai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,077} = 6,93 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{9953}{6,93} = 1436 \text{ sek} = 24 \text{ min}$$

5) „Pabezninkai“ – „Eišiškės“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{7615}{16,43} = 463 \text{ sek} = 8 \text{ min}$$

6) „Eišiškės“ – „Aukštadvaris“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{7104}{16,43} = 432 \text{ sek} = 7 \text{ min}$$

7) „Aukštadvaris“ – „Pirčiupiai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{5879}{16,43} = 358 \text{ sek} = 6 \text{ min}$$

Tai gi stotelę „Eišiškės“, krituliai pasieks už 1 val. ir 28 min, stotelę „Aukštadvaris“ - už 1 val. 34 min, o stotelę „Pirčiupiai“ – už 1 val. 40 min. (3.3 lentelė).

3.3 lentelė. Prognozės iš „Druskininkai“ stotelės (parengta autoriaus)

	Druskininkai	Seirijai	Kampai	Pivašiūnai	Pabezninkai	Eišiškės	Aukštadvaris	Pirčiupiai
Druskininkai		17 min	40 min	56 min	1 val 20 min.	1 val 28 min.	1 val 35 min.	1 val 41 min.

- „Seirijai“ (vėjo greitis 10 m aukštyje yra 5 m/s. debesų aukštis – 0,7 km (sluoksniniai lietaus debesys))

1) „Seirijai“ – „Kampai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,077} = 6,93 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{9585}{6,93} = 1383 \text{ sek} = 23 \text{ min}$$

2) „Kampai“ – „Pivašiūnai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{15832}{16,43} = 964 \text{ sek} = 16 \text{ min}$$

3) „Pivašiūnai“ – „Pabehninkai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,077} = 6,93 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{9953}{6,93} = 1436 \text{ sek} = 24 \text{ min}$$

4) „Pabehninkai“ – „Eišiškės“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{7615}{16,43} = 463 \text{ sek} = 8 \text{ min}$$

5) „Eišiškės“ – „Aukštadvaris“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{7104}{16,43} = 432 \text{ sek} = 7 \text{ min}$$

6) „Aukštadvaris“ – „Pirčiupiai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{5879}{16,43} = 358 \text{ sek} = 6 \text{ min}$$

Tai gi stotelę „Eišiškės“, krituliai pasieks už 1 val. 3 min, stotelę „Aukštadvaris“ - už 1 val. 11 min, o stotelę „Pirčiupiai“ – už 1 val. 24 min. (3.4 lentelė).

3.4 lentelė. Prognozės iš „Seirijai“ stotelės (parengta autoriaus)

	Seirijai	Kampai	Pivašiūnai	Pabehninkai	Eišiškės	Aukštadvaris	Pirčiupiai
Seirijai		23 min	39 min	1 val 3 min.	1 val 11 min.	1 val 18 min.	1 val 24 min.

- „Kampai“ (vėjo greitis 10 m aukštyje yra 5 m/s. debesų aukštis – 0,7 km (sluoksniniai lietaus debesys))

1) „Kampai“ – „Pivašiūnai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{15832}{16,43} = 964 \text{ sek} = 16 \text{ min}$$

2) „Pivašiūnai“ – „Pabehninkai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,077} = 6,93 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{9953}{6,93} = 1436 \text{ sek} = 24 \text{ min}$$

3) „Pabezninkai“ – „Eišiškės“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{7615}{16,43} = 463 \text{ sek} = 8 \text{ min}$$

4) „Eišiškės“ – „Aukštadvaris“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{7104}{16,43} = 432 \text{ sek} = 7 \text{ min}$$

5) „Aukštadvaris“ – „Pirčiupiai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(700 / 10)^{0,28} = 16,43 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{5879}{16,43} = 358 \text{ sek} = 6 \text{ min}$$

Tai gi stotelę „Eišiškės“, krituliai pasieks už 48 min, stotelę „Aukštadvaris“ - už 55 min, o stotelę „Pirčiupiai“ – už 1 val. 1 min. (3.5 lentelė).

3.5 lentelė. Prognozės iš „Kampai“ stotelės (parengta autoriaus)

	Kampai	Pivašiūnai	Pabezninkai	Eišiškės	Aukštadvaris	Pirčiupiai
Kampai		16 min	40 min	48 min	55 min	1 val 1 min.

- „Pivašiūnai“ (vėjo greitis 10 m aukštyje yra 5 m/s. debesų aukštis – 0,2 km (sluoksniniai lietaus debesys). Debesų aukštis pakeistas nes pastebėta, kad debesys juda lėčiau nei prognozuojama.

1) „Pivašiūnai“ – „Pabezninkai“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(200 / 10)^{0,077} = 6,3 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{9953}{6,3} = 1580 \text{ sek} = 26 \text{ min}$$

2) „Pabezninkai“ – „Eišiškės“

$$v = v_1 (H / H_1)^\beta = 5(200 / 10)^{0,28} = 11,6 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{7615}{11,6} = 656 \text{ sek} = 11 \text{ min}$$

3) „Eišiškės“ – „Aukštadvaris“

$$v = v_1(H / H_1)^\beta = 5(200 / 10)^{0,28} = 11,6 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{7104}{11,6} = 612 \text{ sek} = 10 \text{ min}$$

4) „Aukštadvaris“ – „Pirčiupiai“

$$v = v_1(H / H_1)^\beta = 5(200 / 10)^{0,28} = 11,6 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{5879}{11,6} = 507 \text{ sek} = 8 \text{ min}$$

Tai gi stotelę „Eišiškės“, krituliai pasieks už 37 min, stotelę „Aukštadvaris“ - už 47 min, o stotelę „Pirčiupiai“ – už 55 min. (3.6 lentelė).

3.6 lentelė. Prognozės iš „Pivašiūnai“ stotelės (parengta autoriaus)

	Pivašiūnai	Pabehninkai	Eišiškės	Aukštadvaris	Pirčiupiai
Pivašiūnai		26 min	37 min	47 min	55 min

- „Pabehninkai“ (vėjo greitis 10 m aukštyje yra 5 m/s. debesų aukštis – 0,2 km (sluoksniniai lietaus debesys))

1) „Pabehninkai“ – „Eišiškės“

$$v = v_1(H / H_1)^\beta = 5(200 / 10)^{0,28} = 11,6 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{7615}{11,6} = 656 \text{ sek} = 11 \text{ min}$$

2) „Eišiškės“ – „Aukštadvaris“

$$v = v_1(H / H_1)^\beta = 5(200 / 10)^{0,28} = 11,6 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{7104}{11,6} = 612 \text{ sek} = 10 \text{ min}$$

3) „Aukštadvaris“ – „Pirčiupiai“

$$v = v_1(H / H_1)^\beta = 5(200 / 10)^{0,28} = 11,6 \text{ m / s}$$

$$t = \frac{S}{v} = \frac{5879}{11,6} = 507 \text{ sek} = 8 \text{ min}$$

Tai gi stotelę „Eišiškės“, krituliai pasieks už 11 min, stotelę „Aukštadvaris“ - už 21 min, o stotelę „Pirčiupiai“ – už 29 min. (3.7 lentelė).

3.7 lentelė. Prognozės iš „Pabehninkai“ stotelės (parengta autoriaus)

	Pabehninkai	Eišiškės	Aukštadvaris	Pirčiupiai
Pabehninkai		11 min	21 min	29 min

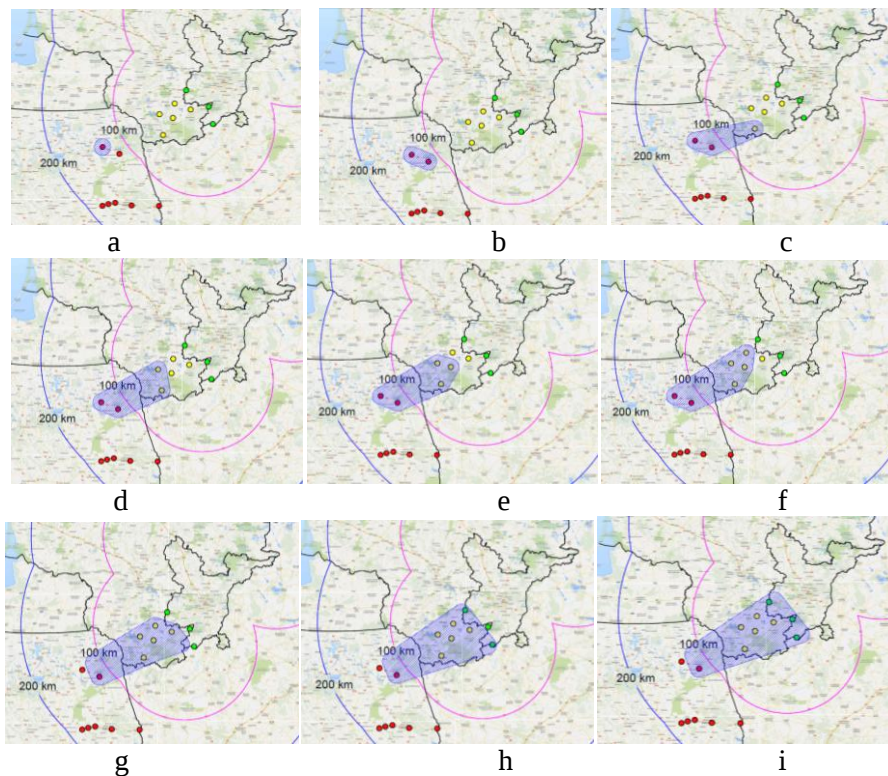
Lyginant apskaičiuotus duomenis su užfiksuotais, yra skaičiuojamos prognozavimo paklaidos minutėmis bei procentais (3.8 lentelė)

3.8 lentelė. Šių metų vasario 10 dienos prognozavimo paklaidos (parengta autoriaus)

	Prognozė			Realybė			Paklaidos (min.)			Paklaidos (%)		
	Eišiškės	Aukštadvaris	Pirčiupiai	Eišiškės	Aukštadvaris	Pirčiupiai	Eišiškės	Aukštadvaris	Pirčiupiai	Eišiškės	Aukštadvaris	Pirčiupiai
Kalinowo	2 val 49 min.	2 val 56 min.	3 val 2 min.	3 val	3 val	3 val 15 min.	11	4	12	6,11	2,22	6,15
Bialobrezgi	2 val 31 min.	2 val 38 min.	2 val 44 min.	2 val 40 min.	2 val 40 min.	2 val 55 min.	9	2	11	5,63	1,25	6,29
Druskininkai	1 val 28 min.	1 val 35 min.	1 val 41 min.	1 val 30 min.	1 val 30 min	1 val 45 min	2	5	4	2,22	5,56	3,81
Seirijai	1 val 11 min.	1 val 18 min.	1 val 24 min.	1 val 15 min	1 val 15 min	1 val 30 min	4	3	6	5,33	4	6,67
Kampai	48 min	55 min	1 val 1 min.	45 min.	45 min.	1 val	3	10	1	6,67	22,22	1,67
Pivašiūnai	37 min	47 min	55 min	30 min	30 min	45 val	7	17	10	23,33	56,67	22,22
Pabehninkai	11 min	21 min	29 min	15 min	15 min	30 min	4	6	1	26,67	40,00	3,33

Kadangi prognozuojant yra svarbios paklaidos minutėmis, o ne procentais, tad toliau darbe šis santykinis dydis nėra analizuojamas.

Nagrinėto kritulių fronto judėjimas yra pavaizduotas 3.3 pav.



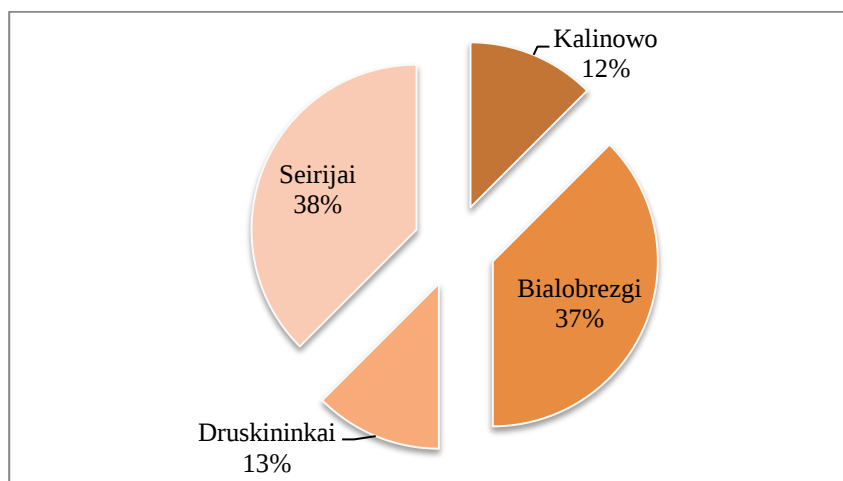
3.3 pav. Kritulių judėjimas (parengta autoriaus)

3.3. Tyrimo rezultatai ir jų analizė

Tyrimo metu buvo aptikti tik 8 nuoseklūs kritulių fronto priartėjimai prie Vilniaus apskrities (žr. B priedą). Jie ir buvo nagrinėjami darbo eigoje (žr. F priedą).

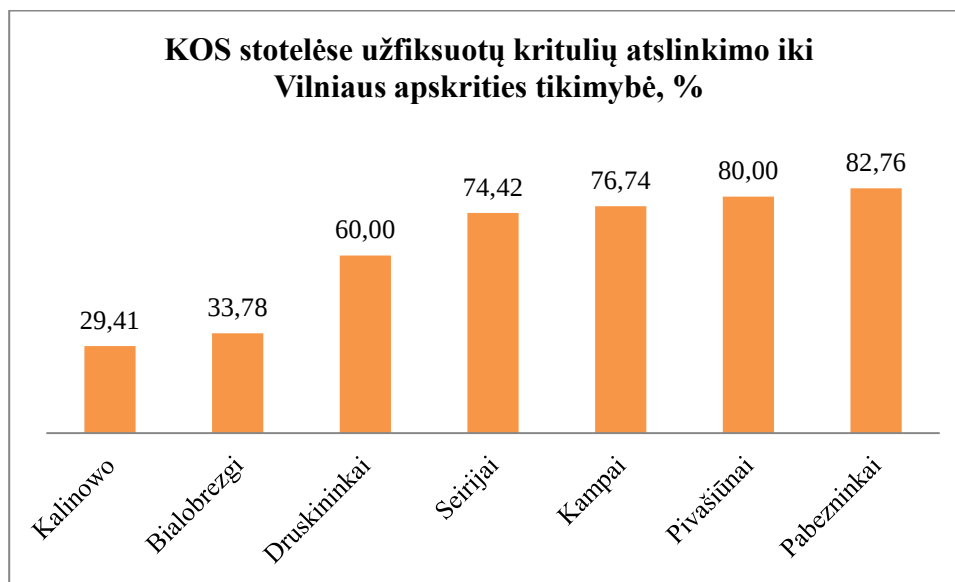
Deja nė vienas iš aptiktų 8 nuoseklių priartėjimų neapėmė visų nagrinėjamų KOS stotelių. Stotelių, kuriuose buvo fiksuojamos frontų pradžios, pasiskirstymas pateiktas 3.4 pav.

Iš diagramos matyti, kad didžioji dalis nagrinėtų frontų prasidėjo „Seirijai“ ir „Bialobrezgi“ stotelėse. 12 % frontų prasidėjo „Kalinowo“ stotelėje. Tai toliausiai nuo Vilniaus apskrities esanti stotelė, kurioje buvo užfiksuota nuoseklaus kritulių fronto pradžia. Vadinasi didžiausias atstumas kurį tyrimo metu įveikė kritulių nešini debesys yra 144, 451 km (žr. E priedą).



3.4 pav. KOS stotelių, kuriose buvo užfiksuota nuoseklaus kritulių fronto pradžia, pasiskirstymas (parengta autoriaus)

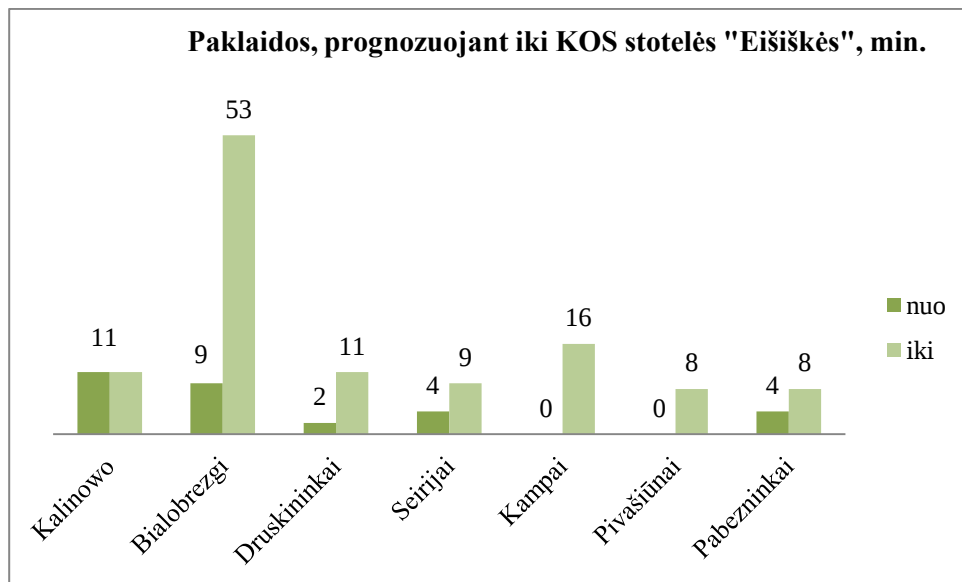
Jau buvo minėta, kad ne visi tyrimo metu užfiksuoti krituliai pasiekė Vilniaus apskritį. 3.5 paveiksle pavaizduota kaip pasiskirsto kritulių atslinkimo iki Vilniaus apskrities tikimybė. Minėta reikšmė yra nustatoma tik toms stotelėms, kuriose buvo užfiksuotas nuoseklaus kritulių fronto judėjimas.



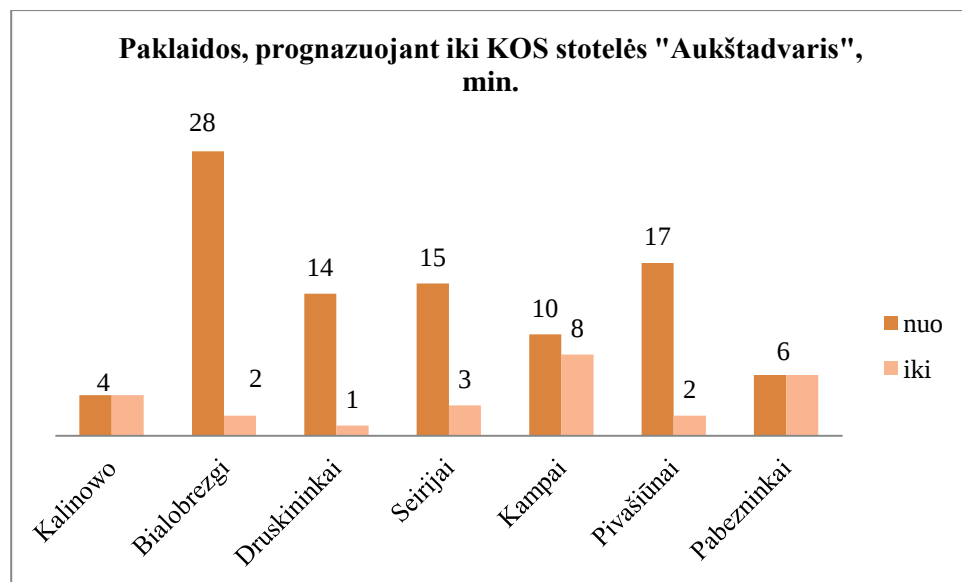
3.5 pav. KOS stotelėje užfiksuoto kritulių fronto atslinkimo tikimybė iki Vilniaus apskrities (parengta autoriaus)

Iš grafiko matyti, kad mažiausia kritulių fronto atslinkimo tikimybė yra iš „Kalinowo“ stotelės. Tuo tarpu didžiausia tikimybė yra fiksuojama arčiausiai tikslo esančioje KOS stotelėje „Pabezninkai“.

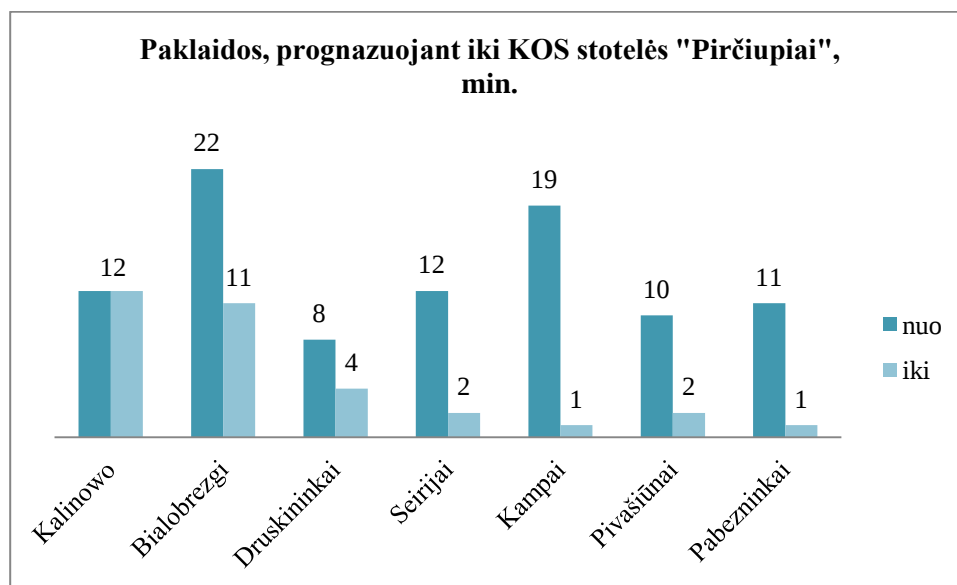
Atliekant prognozes, paklaidos taip pat pasiskirsto skirtingai. Detali prognozavimo paklaidų analizė minutėmis pateikta 3.6, 3.7 ir 3.8 pav..



3.6 pav. Prognozių paklaidos KOS stotelėje „Eišiškės“ (parengta autoriaus)



3.7 pav. Prognozių paklaidos KOS stotelėje „Aukštadvaris“ (parengta autoriaus)



3.8 pav. Prognozių paklaidos KOS stotelėje „Pirčiupiai“ (parengta autoriaus)

Visuose trijuose grafikuose didžiausia paklaida fiksuojama prognozuojant iš „Bialobrezgi“ stotelės, esančios per 121,612 km nuo „Eišiškės“, per 128,716 km nuo „Aukštadvaris“ ir per 134,595 km nuo „Pirčiupiai“ stotelių. Mažėjant atstumui iki VI „Vilniaus regiono keliai“ priklausančių stotelių, paklaida mažėja. Mažiausios paklaidos minutėmis fiksuojamos prognozuojant iš „Kampai“, „Pivašiūnai“ ir „Pabezninkai“ stotelių. Kadangi iš „Kalinowo“ stotelės duomenų buvo prognozuojama tik vieną kartą, tad gauta paklaida nėra vertinama.

3.4. Tyrimo išvados

1. Daugiausia (38%) nuoseklių kritulių frontų prasidėjo KOS stotelėje „Seirijai“;
2. Labiausiai nutolusi stotelė, kurioje buvo užfiksuotas nuoseklus kritulių frontas yra „Kalinowo“ (144, 451 km iki stotelės „Pirčiupiai“);
3. Kuo stotelė yra arčiau Vilniaus apskrities, tuo didesnė tikimybė, kad joje užfiksuoti krituliai pasieks minėtą apskritį;
4. Atrėjant prie Vilniaus apskrities, prognozės paklaida minutėmis mažėja;

4. TYRIMO REZULTATŲ PRITAIKYMAS PRAKTIKOJE

Šie tyrimai buvo atliekami siekiant sudaryti sąlygas detalesniam ir labiau argumentuotam darbų organizavimui atliekant žiemos kelių priežiūrą VI „Vilniaus regiono keliai“ priežiūrimuose keliuose. Išanalizavus tyrimo rezultatus buvo nustatyta, kad stebėjimus yra tikslinga vykdyti už Lietuvos Respublikos sienos ribų, tačiau prognozes atlikti tik nuo KOS stotelės „Druskininkai“.

4.1. Kelių priežiūros tarnybų atstovams parengta prognozavimo skaičiuoklė

Prognozavimui yra paruoštos bazinės lentelės, kuriose vartotojui reikia pasirinkti kritulius nešančių debesų aukštį pagal 2.1 lentelę ir jį koreguoti stebint kritulių judėjimo greitį nuo vienos KOS stotelės iki kitos. Pagrindinis debesų aukščio pasirinkimo principas yra tas, kad kuo debesys yra aukščiau, tuo jų judėjimo greitis yra didesnis ir atvirkščiai.

Skaičiavimams yra naudojamos aukščiau minėtos koeficiento β ir atstumų tarp stotelių lentelės (žr. D ir E priedus). Nurodžius debesies judėjimo aukštį (m.), yra apskaičiuojamas debesies judėjimo greitis tarp stotelių (4.1 pav.).

Debesies aukštis		200						
Debesies judėjimo greitis (m/s)								
	Druskininkai	Seirijai	Kampai	Pivašiūnai	Pabehninkai	Eišiškės	Aukštadvaris	Pirčiupiai
Druskininkai		11,57						
Seirijai			6,30					
Kampai				11,57				
Pivašiūnai					6,30			
Pabehninkai						11,57		
Eišiškės							11,57	
Aukštadvaris								11,57
Pirčiupiai								

4.1 pav. Debesies judėjimo greitis, m/s (parengta autoriaus)

Žinant debesies judėjimo greitį ir atstumą tarp stotelių (žr. E priedą), nustatomas laikas, per kurį jis įveiks nurodytą atstumą (4.2 pav.). Laikotarpiai tarp stotelių sumuojami ir nustatomas laiko tarpas, per kurį krituliai pasieks Vilniaus apskrityje esančias KOS stoteles.

	Druskininkai	Seirijai	Kampai	Pivašiūnai	Pabezninkai	Eišiškės	Aukštadvaris	Pirčiupiai
Druskininkai		24 min	49 min	1 val 12 min	1 val 38 min	1 val 49 min	1 val 59 min	2 val 7 min
Seirijai			25 min	48 min	1 val 14 min	1 val 25 min	1 val 35 min	1 val 43 min
Kampai				23 min	49 min	1 val	1 val 10 min	1 val 18 min
Pivašiūnai					26 min	37 min	47 min	55 min
Pabezninkai						11 min	21 min	29 min
Eišiškės							10 min	18 min
Aukštadvaris								8 min
Pirčiupiai								

4.2 pav. Laikas per kurį krituliai pasiekia vis kitą stotelę (parengta autoriaus)

Tokiu principu yra prognozuojama iš kiekvienos stotelės, taip tikslinant prognozės rezultatus. Atliekant prognozių tikslinimą, yra stebima ar realus debesų judėjimo greitis sutampa su prognozuojamu. Jeigu minėti rodikliai skiriasi, tuomet yra atitinkamai keičiamas debesų judėjimo aukštis taip koreguojant jų judėjimo greitį.

4.2. Prognozės rezultatų pritaikomumas

Kritulių pradžios laiko žinojimas sudaro galimybę tikslingai ir argumentuotai organizuoti kelių priežiūros darbus, tokius kaip:

- prevencinis važiuojamosios kelio dalies barstymas;
- išankstinis darbų organizavimas rytinėms pamainoms;
- kaimyninių kelių tarnybų darbuotojų bei mechanizmų sutelkimas esant ekstremalioms sąlygoms.

Prevencinis važiuojamosios kelio dalies barstymas yra atliekamas dar prieš prasidedant krituliams. Iš anksto išbarstomos slidumą mažinančios medžiagos neleidžia dangos paviršių pasiekusiems krituliams sušalti ir sudaryti ledo sluoksnį. Taip pat nesusidaro ir provėžos, kurioms pašalinti neretai reikia atlikti ne vieną, o du barstymus. Tačiau taikant šį metodą būtina atsižvelgti į vėjo greitį ir kryptį pažeme bei į kelio aplinką.

Sutartyje dėl privalomų kelių priežiūros darbų (užduočių) vykdymo yra nurodytas laikotarpis per kurį turi būti atliekamas kelių valymas ir barstymas pagal atitinkamą priežiūros lygį prižiūrimuose valstybinės reikšmės keliuose. Tais atvejais, kai kritulių pradžia prognozuojama jau pasibaigus priežiūros valandoms, oro sąlygų padariniai turės būti šalinami ryte. Tam kad jie būtų pašalinti kuo greičiau ir kuo anksčiau būtų užtikrintas saugus transporto priemonių eismas

prižiūrimais keliais, vakarinėje pamainoje dirbantys kelių priežiūros tarnybų darbuotoje gali iš anksto paruošti mechanizmus ir slidumą mažinančių priemonių mišinius.

Numatant ekstremalias oro sąlygas, kuomet kelių priežiūros tarnybos mechanizmų ir žmogiškųjų išteklių nepakaks kelių priežiūros sutartyje nurodytiems reikalavimams įgyvendinti, galima pasitelkti greta esančių kelių tarnybų, kuriose tokios sąlygos nenumatomos, pagalbą. Kooperuojant turimus mechanizmus ir darbuotojus sudaroma galimybė efektyviau kovoti su oro sąlygų padariniais ir greičiau užtikrinti tinkamą kelių pravažiuojamumą.

4.3. Tyrimo rezultatų pritaikymo išvados

1. Prognozei atlikti yra taikomos Microsoft Excel programa parengtos skaičiavimų lentelės;
2. Prognozės rezultatai turi būti nuolat gretinami su realybėje užfiksuotais duomenimis, taip tikslinant prognozes;
3. Gauti prognozių rezultatai yra panaudojami žiemos kelių priežiūros darbams organizuoti.

IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

Siekiant įgyvendinti baigiamojo magistrinio darbo tikslą, buvo analizuojama mokslinė literatūra, nagrinėjamos tyrimui aktualios temos, ieškoma dominančių priklausomybių ir pagal parengtą metodiką atliktas tyrimas. Sistemingai artėjant prie darbo tikslo įgyvendinimo buvo suformuluotos tokios išvados:

1. Šaltajam metų laikui būdingi ir didžiausią neigiamą įtaką eismo saugumui darantys meteorologiniai reiškiniai yra pūga, lijundra ir pirmasis iškritęs sniegas;
2. Didžiojoje Lietuvos teritorijos dalyje vyrauja vidutiniškai šaltas klimatas su gausiu sniegu žiemą. Vidutinis metinis kritulių kiekis šalyje yra 675 mm. Mažiausiai jų iškrinta sausio — kovo mėnesiais. Vyraujanti kritulių rūšis – skystieji. Spalio — balandžio mėnesiais vidutiniškai būna 9 — 19 dienų su lijundra. Rudenį ir žiemą šalyje vyrauja pietų pietvakarių vėjai pučiantys 3-5 m/s greičiu;
3. ITS, naudojamos Lietuvoje žiemos kelių priežiūrai atlikti, yra kelių šiluminis kartografavimas, KOSIS ir mobilūs slidumo matuokliai. Tačiau pagrindė kelio ir oro sąlygos stebimos bei darbai organizuojami vadovaujantis Lietuvoje ir kaimyninėse šalyse esančių KOS stotelių teikiama informacija;
4. Siekiant išsiaiškinti ar yra galimybė prognozuoti kritulių pradžios laiką Vilniaus apskrityje, vadovaujantis tik KOS stotelių duomenis, buvo atliktas tyrimas. Darbo metu buvo tirti duomenys iš 8 stotelių, esančių Lietuvoje, ir iš 7 Lenkijoje įrengtų stotelių. Vertinant prognozių patikimumą, buvo nustatyta, kad kritulių judėjimą tikslinga stebėti nuo “Kalinowo” stotelės, esančios Lenkijos pietryčiuose ir nutolusios nuo Vilniaus apskrities per 132 km, o prognozuoti nuo KOS stotelės “Druskininkai”. Pastaroji stotelė priklauso VĮ „Alytaus regiono keliai“ ir nuo Vilniaus apskrities yra nutolusi per 60 km;
5. Tyrimo metu atliekant prognozes ir jų rezultatus tikrinant su realiai užfiksuotais duomenimis, buvo nustatyta, kad ilgiausias laiko tarpas, kuriam įmanoma apskaičiuoti prognozę, yra 1 val. 30 min. (galima 15 min. paklaida).

Atsižvelgiant į gautus tyrimo rezultatus ir pateiktas išvadas, siūloma atlikti analogiškus skaičiavimus įvairiomis kryptimis nuo Vilniaus apskrities. Taip būtų sudaroma galimybė prognozuoti kritulių pradžios laiką visose KOS stotelėse, esančiose VĮ „Vilniaus regiono keliai“ priežiūrimuose keliuose. Taip pat siūloma aktyviau bendradarbiauti su hidrometeorologijos tarnybomis, siekiant gauti iš jų kuo tikslesnes prognozes kiekvienam rajonui.

LITERATŪRA

1. Andrey, J.; Mills, B.; Vandermolen, J. Weather information and road safety. Iš *Institute of Catastrophic Loss Reduction. Paper series 15* [interaktyvus]. 2001 [žiūrėta 2013-05-12]. Prieiga per internetą: http://www.iclr.org/images/Weather_information_and_road_safety.pdf
2. Balsas.lt, [žiūrėta 2013-05-12]. Prieiga per internetą: <http://www.balsas.lt/m/naujiena/549662>
3. Bukantis A.; Gedžiūnas P.; Giedraitienė J.; Ignatavičius G.; Jonynas J.; Kavaliauskas P.; Lazauskienė J.; Reipsleger R.; Sakalauskienė G.; Sinkevičius S.; Šulijienė G.; Žilinskas G.; Valiukevičius G. *Lietuvos gamtinė aplinka, būklė, procesai ir raida*. Vilnius: UAB „Petro ofsetas“, 2008.
4. Cilcius, G. *Žiemos priežiūra 2013-2014*. 2013.
5. Eismo informacijos centras. Prieiga per internetą: <http://www.eismoinfo.lt/>
6. Hidrometeorologijos tarnyba. [žiūrėta 2013-12-18]. Prieiga per internetą: http://www.meteo.lt/skaiciuokles.php?s=vejo_greitis_auks
7. Kažys, J. Eismui nepalankių meteorologinių sąlygų poveikis avaringumui Vilniaus mieste. Iš *Geografija* [interaktyvus]. 2005, [žiūrėta 2013-05-12]. Prieiga per internetą: <http://www.lmaleidykla.lt/>
8. Knapp, K.; Smithson, L.; Khatkhat, A. The use of multiple data sources to evaluate the volume and safety impacts of winter storm events. 2000 [žiūrėta 2013-05-16]. Prieiga per internetą: www.ctre.iastate.edu/reports/CTRE_rep.htm
9. Komisijos komunikatas Europos parlamentui, tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir regiono komitetui. Kuriama saugi Europos kelių eismo erdvė. 2011-2020 m. kelių eismo saugos politikos kryptys. Briuselis. 2010, [žiūrėta 2013-05-22]. Prieiga per internetą: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/road_safety_citizen/road_safety_citizen_100924_lt.pdf
10. Laurinavičius, A.; Čygas, D.; Čiuprinskas, K. KOSIS duomenų panaudojimo galimybės. *Lietuvos keliai*, Nr. 16. Vilnius: UAB „Ex Arte“, 2006. p. 58-62.
11. Leonovič, I.; Laurinavičius, A.; Čygas, D. *Keliai ir klimatas*. Vilnius: Technika, 2014.
12. Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos. *Kelio dangos paviršiaus temperatūros ir būklės prognozavimo modelio diegimo studija*. 2014, [žiūrėta 2014-02-12]. Prieiga per internetą: http://www.lakd.lt/lt.php/kelio_dangos_paviršiaus_temperaturos_ir_bukles_prognozavimo_modelio_diegimo_studija/16061

13. Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos. Kelių oro sąlygų informacinė sistema. *Seminaro medžiaga*, 2000.

14. Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos. Naujosios technologijos – modernėjančių kelių požymis. 2009 [žiūrėta 2014-01-28]. Prieiga per internetą: http://www.madeinlithuania.lt/technologijos-straipsnis52-Naujosios_tehnologijos_%E2%80%933_modernejanciu_keliu_pozymis

15. Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos. *2009-2012 Įskaitinių eismo įvykių statistika Lietuvoje*. 2013.

16. Miškinis D. *Kelių infrastruktūros priežiūros modernizavimas ir plėtros modernizavimo galimybės regione*. 2013

17. Mr. Hobbs; Mr. Nelson; Dr. Hara; Mr. Emery; Mr. Karjalainen; Mr. El Mounir; Mr. Knudsen; Mr. Olafsson; Mr. Charpentier; Dr. Hanke; Mr. Giannetti; Mr. Chambers; Dr. Matsuzawa. *A study of winter service management systems (WSMS) and road user information*. 2012, [žiūrėta 2014-02-03]. Prieiga per internetą: <http://www.piarc.org>

18. Novikienė, Lina. Eismo įvykių kriminalistinė charakteristika ir jos reikšmė eismo įvykių prevencijai. Iš *Current Issues of Buisness and Law* [interaktyvus]. 2009, [žiūrėta 2013-05-22]. Prieiga per internetą: [file:///C:/Users/Admin/Downloads/61-238-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Admin/Downloads/61-238-1-PB%20(1).pdf)

19. Palutikof J. Road accidents and weather. *Highway meteorology*. London: E & FN Spon, 1991.

20. Paulauskas, R.; Bernhard, O.; Glemža, A.; Nabil, A.R.; Kapočius, J.; Docka, P.; Mickaitis, G. *Intelektinių (pažangių) transporto sistemų įgyvendinimo Lietuvoje galimybių studija. Galutinė ataskaita*. 2011, [žiūrėta 2013-12-08]. Prieiga per internetą: <http://www.sumin.lt/files/uploads//20110215%20ITS%20Studija%20final%20v6.pdf>

21. Perry, A.H.; Symons L.J. *Highway Meteorology*. Londonas: E & FN SPON, 2003.

22. Petrauskas, G.; Adomavičius, V. Vėjo energijos išteklių ir jėgainių techninių ekonominių rodiklių įvertinimas projektavimo stadijoje. Iš *Energetika* [interaktyvus]. 2001 [žiūrėta 2013- 12-18]. Prieiga per internetą: <http://www.elibrary.lt/resursai/LMA/Energetika/En-51.pdf>

23. Rimkus, E. *Meteorologijos įvadas* (CD-ROM formatas). ISBN 978-9955-634-59-1, 2011. [žiūrėta 2013-12-04]. Prieiga per internetą: http://www.hkk.gf.vu.lt/wordpress/wp-content/uploads/2012/02/Meteorologijos-pagrindai_PDF.pdf

24. Rimkus, E. *Vadovas debesims pažinti*. (CD-ROM formatas). ISBN 9955-592-99-0, 2005. [žiūrėta 2013-12-02]. Prieiga per internetą: http://www.hkk.gf.vu.lt/wordpress/wp-content/uploads/studentams/vadovas_debesims/ATIDARYTI.htm

25. Skrodenis, E.; Makaravičius, M. Dangos slidumo matavimai ir kelių barstymas. *Lietuvos keliai*, Vilnius: UAB „Ex Arte“, 2012. p. 56-59.
26. Vaisala *Thermal Mapping*, [žiūrėta 2014-02-16]. Prieiga per internetą: <http://www.vaisala.com/en/pages/default.aspx>
27. Valerio, D.; Belanovic, P.; Paier, A.; Zemen, T.; Riccatio, F.; Macklenbrauker, C.F. On Wireless Links for Vehicle-to-Infrastructure Communications. Iš *IEEE Transactions On Vehicular Technology* [interaktyvus]. 2010, sausis [žiūrėta 2013-05-24]. Prieiga per internetą: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.152.7207&rep=rep1&type=pdf>
28. Wu C. H.; Su D. C.; Chang J.; Wei C.C.; Ho J.M.; Lin K.J.; Lee D.T. An Advanced Traveler Information System with Emerging Network Technologies. Iš *The Proceedings of the 6th Asia-Pacific Intelligent Transportation Systems Forum* [interaktyvus]. 2003, spalio [žiūrėta 2013-05-24]. Prieiga per internetą: http://www.researchgate.net/publication/2479094_An_Advanced_Traveler_Information_System_with_Emerging_Network_Technologies
29. Zaranka, J.; Pečeliūnas, R.; Bogdanovičius, Z. Informacinių sistemų įtaka eismo dalyvių psichofiziologinėms savybėms *Transporto inžinerija*, Nr. 6. Vilnius: Technika, 2009.