



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
APLINKOS APSAUGOS IR VANDENS INŽINERIJOS KATEDRA

Vygailė Mameniškytė

**KRITULIŲ PARAMETRŲ ANALIZĖ IR TAIKYMAS LIETAUS
NUOTAKYNO PROJEKTAVIMUI**
**RAINFALL DATA ANALYSIS AND APPLICATION FOR DESIGN OF
STORMWATER NETWORK**

Baigiamasis magistro darbas

Vandens ūkio inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas: 6211EX035

Aplinkos inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2025

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

APLINKOS APSAUGOS IR VANDENS INŽINERIJOS KATEDRA

Vygailė Mameniškytė

**KRITULIŲ PARAMETRŲ ANALIZĖ IR TAIKYMAS LIETAUS
NUOTAKYNO PROJEKTAVIMUI**

**RAINFALL DATA ANALYSIS AND APPLICATION FOR DESIGN OF
STORMWATER NETWORK**

Baigiamasis magistro darbas

Vandens ūkio inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 6211EX035

Aplinkos inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

doc. dr. Mindaugas Rimeika

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

Lietuvių kalbos konsultantas

dr. Vitalija Karaciejūtė

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

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
APLINKOS APSAUGOS IR VANDENS INŽINERIJOS KATEDRA

Studijų kryptis: Aplinkos inžinerija

Studijų programa: Vandens ūkio inžinerija , valstybinis kodas 6211EX035

Specializacija: Vandens ūkio inžinerija

TVIRTINU

Katedros vedėjas

Aušra Zigmontienė

2025-05-25

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS

Nr. VI fm-23-11138

Vilnius

Studentas (-ė): Vygailė Mameniškytė

Baigiamojo darbo tema: Kritulių parametrų analizė ir taikymas lietaus nuotakyno projektavimui

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas pagal numatytą studijų kalendorinį grafiką.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Užduoties aprašas:

Tyrimo problema. Praėjo daugiau kaip 30 metų, kai lietaus intensyvumo duomenys nebuvo atnaujinti, nors pagal mokslinę informaciją ir tendencijas pastebima, kad klimatas keičiasi ir lietaus intensyvumai didėja. Normatyviniuose dokumentuose pateikti lietaus intensyvumai gauti apdorojus 1968–1991 metų kritulių parametrų duomenis, kurie tikėtina nebeatspindi dabartinių klimato sąlygų. Dėl šios priežasties projektuojami nuotekų šalinimo tinklai dažnai nepajėgia surinkti ir pašalinti padidėjusio lietaus nuotekų kiekio, kas lemia hidraulinių sistemų perkrovas ir potvynių riziką urbanizuotose teritorijose.

Tyrimo objektas. Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno miestų meteorologijos stotys.

Tikslas. Įvertinti Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno miestų lietaus intensyvumo duomenų kaitą 1993–2023 m. bei palyginti su šiuo metų normatyviniuose dokumentuose pateiktais lietaus intensyvumais.

Uždaviniai:

1. Apdoroti surinktus Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno 1993–2023 m. lietaus intensyvumo duomenis.
2. Išanalizuoti 1993–2023 m. surinktus lietaus intensyvumo duomenis ir palyginti juos su nurodytais statybos techniniame reglamente.
3. Nustatyti lietaus intensyvumo pokyčius analizuojant bendrą 1968–2023 metų laikotarpį.
4. Įvertinti, ar reikia keisti lietaus intensyvumo reikšmes galiojančiuose normatyviniuose dokumentuose.
5. Įvertinti, ar gali būti naudojamas vienas lietaus intensyvumas visai šaliai.

Vadovas docentas Mindaugas Rimeika

<table><tr><td>Vilniaus Gedimino technikos universitetas</td></tr><tr><td>Aplinkos inžinerijos fakultetas</td></tr><tr><td>Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra</td></tr></table>		Vilniaus Gedimino technikos universitetas	Aplinkos inžinerijos fakultetas	Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra	<table><tr><td>ISBN</td><td>ISSN</td></tr><tr><td>Egz. sk.</td><td></td></tr><tr><td>Data-.....-.....</td><td></td></tr></table>	ISBN	ISSN	Egz. sk.		Data-.....-.....	
Vilniaus Gedimino technikos universitetas											
Aplinkos inžinerijos fakultetas											
Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra											
ISBN	ISSN										
Egz. sk.											
Data-.....-.....											
Antrosios pakopos studijų Vandens ūkio inžinerijos programos magistro baigiamasis darbas											
Pavadinimas	Kritulių parametrų analizė ir taikymas lietaus nuotakyno projektavimui										
Autorius	Vygaile Mameniškytė										
Vadovas	Mindaugas Rimeika										
<table><tr><td></td><td>Kalba: lietuvių</td></tr></table>			Kalba: lietuvių								
	Kalba: lietuvių										
Anotacija Baigiamajame magistro darbe „Kritulių parametrų analizė ir taikymas lietaus nuotakyno projektavimui“ išanalizuoti lietaus intensyvumo duomenys, gauti iš Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno meteorologijos stočių. Nagrinėjamas laikotarpis - 1968–2023 metai. Išanalizuoti ir perskaičiuoti lietaus intensyvumo duomenys lyginami su Statybos techniniame reglamente (STR 2.07.01:2003) pateiktais lietaus intensyvumais. Nustatyti lietaus intensyvumo pokyčiai analizuojant bendrą 1973–2023 metų laikotarpį. Tiriamajame darbe įvertinta, ar naujos lietaus intensyvumo reikšmės reikalauja pakeisti lietaus nuotekų projektavimo techninius sprendinius. Paruošiami nauji lietaus intensyvumo duomenys, kuriuos galima naudoti praktinėje veikloje. Įvertinamas lietaus intensyvumo pokytis, nagrinėjant 30 (1993–2023 m.) ir 50 (1973–2023 m.) metų laikotarpius bei jie palyginami. Pateikiami lietaus intensyvumo pokyčiai ir palyginami su šiuo metu naudojamais lietaus intensyvumais. Pateikiamos lietaus intensyvumo perskaičiavimo poreikio rekomendacijos. Tiriamojo darbo rezultatai gali būti naudingi valstybinėms institucijoms, įmonėms ar mokslo įstaigoms, kurios projektuoja ar eksploatuoja paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo tinklus. Darbą sudaro: įvadas, literatūros apžvalga, tyrimų metodika, rezultatų aptarimas, išvados, rekomendacijos, literatūros sąrašas ir priedai. Darbo apimtis: 60 puslapių nuo įvado iki literatūros sąrašo, 55 iliustr., 6 lent., 45 bibliografiniai šaltiniai, 6 priedai.											
Prasminiai žodžiai: lietaus intensyvumas, paviršinės nuotekos, krituliai, lietus, lietaus nuotekų tinklas											

Vilnius Gediminas Technical University		ISBN	ISSN
Faculty of Environmental Engineering		Copies No.	
Department of Environment Protection and Water Engineering		Date-.....-.....	
Master Degree Studies Water Engineering study programme Master Final Thesis			
Title	Rainfall Data Analysis and Application for Design of Stormwater Network		
Author	Vygaile Mameniškyte		
Academic supervisor	Mindaugas Rimeika		
		Thesis language: Lithuanian	
Annotation			
In the Master's thesis "Rainfall data analysis and application for desing of stormwater network", rainfall intensity data collected from the meteorological stations in Siauliai, Dotnuva, and Kaunas were gathered and analyzed. The studied period covers the years 1968–2023. The analyzed and recalculated rainfall intensity data are compared with the rainfall intensities provided in the STR 2.07.01:2003. Changes in rainfall intensity were identified by analyzing the overall period from 1973 to 2023. The study evaluates whether the new rainfall intensity values necessitate changes in the technical solutions for stormwater drainage system design. New rainfall intensity data sets are prepared for practical use. Rainfall intensity changes are assessed by examining 30-year (1993–2023) and 50-year (1973–2023) periods and compared accordingly. The observed changes in rainfall intensity are presented and compared to the rainfall intensities currently in use. Recommendations are provided regarding the need for recalculating rainfall intensity values. The results of the study can be useful for governmental institutions, companies, or research organizations involved in the design or operation of surface (storm) water drainage systems. The thesis consists of the following sections: introduction, literature review, research methodology, discussion of results, conclusions, recommendations, references, and appendices. Scope of the thesis: 60 pages counting from introduction to references, 55 pictures, 6 tables, 45 bibliographic references, and 6 appendices.			
Keywords: rain intensity, surface runoff, precipitation, rain, stormwater network.			

TURINYS

IVADAS	11
1. LITERATŪROS APŽVALGA	13
1.1. Nagrinėjamos teritorijos apibūdinimas	13
1.2. Krituliai	14
1.3. Kritulių matavimas.....	15
1.4. Lietaus kiekio skaičiavimai Lietuvoje	18
1.5. Kiti metodai lietaus intensyvumo skaičiavimo	22
1.6. Bendros regioninės kreivės naudojimas ir taikymo pagrindas	24
1.7. Urbanizuotų teritorijų potvyniai dėl lietaus kiekio didėjimo	24
1.8. Paviršinių (lietaus) nuotekų tvarkymas.....	25
1.8.1. Požeminių sistemų įrengimas	26
1.8.2. Paviršinių (lietaus) nuotekų debito reguliavimas	26
1.9. Klimato kaitos poveikis didėjančiam kritulių kiekiui ir intensyvumui.....	29
1.10. Potvyniai	30
2. KRITULIŲ PARAMETRŲ ANALIZĖS METODIKA.....	31
2.2. Duomenų susisteminimas	32
2.3. Skaičiuojamoji programa	33
2.4. Kritulių kiekių sekų chronologinė analizė	33
2.5. Lietaus intensyvumo, trukmės ir pasikartojimo dėsningumas	33
2.6. Nagrinėjami laikotarpiai	35
3. REZULTATAI	37
3.1. Kritulių kiekio kitimai.....	37
3.2. Lietaus charakteristikų raida Šiauliuose, Dotnuvoje ir Kaune.....	42
3.3. Lietaus intensyvumo trukmės ir pasikartojimo analizė Šiaulių, Dotnavos ir Kauno miestams	44
3.3.1. Lietaus intensyvumų trukmės ir pasikartojimo analizė nagrinėjant 30 – ties metų duomenis.....	45
3.3.2. Lietaus intensyvumų trukmės ir pasikartojimo palyginimas nagrinėjant 30 – ties ir 50 – ties metų duomenis	53
3.4. Lietaus parametrų palyginimas Lietuvoje.....	59
3.5. Naujų intensyvumų pritaikymas sistemų projektavimui.....	60
3.6. Liūčių analizė pagal pasikartojimo laikotarpius	61
3.7. Bendros projekcinės lietaus intensyvumo kreivės sudarymo galimybė	68
IŠVADOS	70
REKOMENDACIJOS	71
LITERATŪRA	72
PRIEDAI.....	75

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

- 1.1 pav.** Vidutinis metinis kritulių pasiskirstymas Lietuvoje
- 1.2 pav.** Kritulių tipo priklausomybės nuo oro temperatūros vertikaliojo pasiskirstymo pobūdžio schema
- 1.3 pav.** Pliuviografo principinė schema
- 1.4 pav.** Kritulmačio schema
- 1.5 pav.** Automatinis pliuvigrafas
- 1.6 pav.** Kartą per metus pasikartojančio 20 minučių trukmės lietaus intensyvumo $l/(s \cdot ha)$ pasiskirstymas Lietuvos Respublikoje
- 1.7 pav.** Debito skaičiavimo grafikas, naudojant RTK metodą
- 1.8 pav.** Paviršinių (lietaus) nuotekų debito reguliavimo įrenginių jungimo prie nuotakyno principinės schemos
- 1.9 pav.** Reguluojamo tūrio kitimo schema
- 1.10 pav.** Ištekio koeficiento priklausomybė nuo ištėkio ir įtėkio debitų santykio
- 1.11 pav.** Akumuliacinė sistema
- 1.12 pav.** Naftos skirtuvas su integruota smėliagaude
- 2.1 pav.** Magistro darbo schema
- 2.2 pav.** Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno miestai Lietuvos Respublikos atžvilgiu
- 2.3 pav.** Duomenų susisteminimo pavyzdys
- 2.4 pav.** Vieno lietaus suskaidymo į atskiras dalis schema
- 2.5 pav.** Atitinkamos trukmės maksimalaus vidutinio lietaus intensyvumo nustatymo schema
- 3.1 pav.** Kritulių kiekio kitimas Šiaulių mieste
- 3.2 pav.** Kritulių kiekio kitimas Dotnuvos mieste
- 3.3 pav.** Kritulių kiekio kitimas Kauno mieste
- 3.4 pav.** Kritulių kiekio kitimo palyginimas tarp nagrinėjamų miestų
- 3.5 pav.** Lietaus intensyvumo pokytis 2016-05-14
- 3.6 pav.** Lietaus intensyvumo pokytis 2007-06-24
- 3.7 pav.** 10 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas (Šiauliai)
- 3.8 pav.** 5 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas (Šiauliai)
- 3.9 pav.** 1 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas (Šiauliai)
- 3.10 pav.** 5 ir 1 metų kartojimosi periodo palyginimas (Šiauliai)
- 3.11 pav.** 10 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas (Dotnuva)
- 3.12 pav.** 5 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas (Dotnuva)
- 3.13 pav.** 1 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas (Dotnuva)
- 3.14 pav.** 10 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas (Kaunas)
- 3.15 pav.** 5 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas (Kaunas)
- 3.16 pav.** 1 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas (Kaunas)
- 3.17 pav.** 5 ir 1 metų kartojimosi periodo palyginimas (Kaunas)
- 3.18 pav.** 30 ir 50 metų lietaus intensyvumų duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 10 metų (Šiauliai)
- 3.19 pav.** 30 ir 50 metų lietaus intensyvumų duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 5 metai (Šiauliai)
- 3.20 pav.** 30 ir 50 metų lietaus intensyvumų duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 1 metai (Šiauliai)
- 3.21 pav.** 30 ir 50 metų lietaus intensyvumų duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 10 metų (Dotnuva)
- 3.22 pav.** 30 ir 50 metų lietaus intensyvumų duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 5 metai (Dotnuva)
- 3.23 pav.** 30 ir 50 metų lietaus intensyvumų duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 1 metai (Dotnuva)

3.24 pav. 30 ir 50 metų lietaus intensyvumų duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 10 metų (Kaunas)

3.25 pav. 30 ir 50 metų lietaus intensyvumų duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 5 metai (Kaunas)

3.26 pav. 30 ir 50 metų lietaus intensyvumų duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 1 metai (Kaunas)

3.27 pav. Lietaus intensyvumo pokytis, kai kartojimosi periodas 1 metai, o lietaus trukmė 20 min

3.28 pav. Lietaus intensyvumo pokytis, kai kartojimosi periodas 5 metai, o lietaus trukmė 20 min

3.29 pav. 2007-05-30 Šiaulių liūtis (kartojimosi periodas 10 metų)

3.30 pav. 2021-07-17 Šiaulių liūtis (kartojimosi periodas 5 metai)

3.31 pav. 1994-08-22 Šiaulių liūtis (kartojimosi periodas 1 metai)

3.32 pav. 2008-08-04 Dotnuvos liūtis (kartojimosi periodas 10 metų)

3.33 pav. 2019-08-29 Dotnuvos liūtis (kartojimosi periodas 5 metai)

3.34 pav. 1993-06-30 Dotnuvos liūtis (kartojimosi periodas 1 metai)

3.35 pav. 2023-08-30 Kauno liūtis (kartojimosi periodas 10 metų)

3.36 pav. 2006-07-13 Kauno liūtis (kartojimosi periodas 5 metų)

3.37 pav. 2001-07-17 Kauno liūtis (kartojimosi periodas 1 metų)

3.38 pav. Vidutiniai lietaus intensyvumai

LENTELIŲ SĄRAŠAS

- 1.1 lentelė.** Kritulių kiekis (mm), 1991–2020 m. (LHMT, 2024, STR 2.01.12:2024)
- 1.2 lentelė.** Paviršinio nuotėkio koeficientai (STR 2.07.01:2003)
- 2.1 lentelė.** Naudojamos programos funkcijos
- 2.2 lentelė.** Trūkstami nagrinėjamo laikotarpio duomenys
- 3.1 lentelė.** Vidutinis kritulių kiekis (mm), standartinė klimato norma (1991–2020 m.) (LHMT, 2021)
- 3.2 lentelė.** Lietaus intensyvumai

PRIEDŲ SĄRAŠAS

Priedas Nr. 1 Liūtės duomenys 2016-05-14

Priedas Nr. 2 Liūtės duomenys 2007-06-24

Priedas Nr. 3 Šiuo metu paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo tinklų projektavimui naudojami lietaus intensyvumai.

Priedas Nr. 4 Vidutiniai lietaus intensyvumai priklausomai nuo lietaus trukmės, kai nagrinėjamas laikotarpis 30 metai (1993 – 2023 m)

Priedas Nr. 5 Vidutiniai lietaus intensyvumai, priklausomai nuo lietaus trukmės, kai nagrinėjamas laikotarpis 50 metų (1973 – 2023 m)

Priedas Nr. 6 Mokslinis straipsnis „Kritulių parametrų analizė ir taikymas sistemų projektavimui“

IVADAS

Keičiantis klimatui, keičiasi ir lietaus intensyvumas. Smarkūs lietūs gali sukelti dideles problemas, tokias kaip gatvių užtvindymas, pastatų rūšių užliejimas bei suardyta infrastruktūra (EPA, 2024). Norint išvengti lietaus padarinių, yra naudojamos paviršinių nuotekų šalinimo tinklų sistemos, per kurias lietaus nuotekos yra surenkamos ir nutekinamos iki paviršinių vandens telkinių, kur yra išleidžiamos. Tam, kad sistema veiktų patikimai, turi būti apskaičiuojamas galimas susidarysiantis paviršinių nuotekų kiekis. Pagal apskaičiuotą paviršinių nuotekų debitą, parenkami vamzdinių skersmenys, kurie turi užtikrinti, kad sistema veiktų tinkamai (STR 2.07.01:2003).

Keičiantis lietaus intensyvumo duomenims, projektuojant paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo sistemas, keičiasi ir apskaičiuojamas lietaus nuotekų debitas. Pagal pasikeitusį nuotekų debitą, turi būti pritaikomos tinkamų diametrų sistemos, kurios būtų hidrauliškai patikimos, pasikeitusiam skaičiuojamajam nuotekų debitui. Projektuojant lietaus nuotekų sistemas, būtina atsižvelgti į intensyviai didėjančią kritulių kiekį (EPA, 2024) ir intensyvumą (LHMT, 2024) bei skaičiavimams naudoti naujus, jau pritaikytus esamai situacijai, lietaus intensyvumo duomenis.

Tyrimo problema. Praėjo daugiau kaip 30 metų, kai lietaus intensyvumo duomenys nebuvo atnaujinti, o yra teigiama, kad klimatas keičiasi ir lietaus intensyvumai didėja. Normatyviniuose dokumentuose pateikti lietaus intensyvumai gauti apdorojus 1968–1991 metų kritulių parametrų duomenis, kurie nebeatspindi dabartinių klimato sąlygų. Dėl šios priežasties projektuojami nuotekų šalinimo tinklai dažnai nepajėgia surinkti ir pašalinti padidėjusio lietaus nuotekų kiekio, kas lemia hidraulinių sistemų perkrovas ir potvynių riziką urbanizuotose teritorijose.

Tyrimo objektas. Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno miestų meteorologijos stotys.

Tikslas. Įvertinti Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno miestų lietaus intensyvumo duomenų kaitą 1993–2023 m. bei palyginti su šiuo metų normatyviniuose dokumentuose pateiktais lietaus intensyvumais ir išanalizuoti jų poveikį suprojektuotai sistemai.

Uždaviniai:

1. Apdoroti surinktus Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno 1993–2023 m. lietaus intensyvumo duomenis.
2. Išanalizuoti 1993–2023 m. surinktus lietaus intensyvumo duomenis ir palyginti juos su nurodytais statybos techniniame reglamente.
3. Nustatyti lietaus intensyvumo pokyčius analizuojant bendrą 1968–2023 metų laikotarpį.
4. Įvertinti, ar reikia keisti lietaus intensyvumo reikšmes galiojančiuose normatyviniuose dokumentuose.
5. Įvertinti, ar gali būti naudojamas vienas lietaus intensyvumas visai šaliai.

Hipotezė. Šiuo metu galiojančiuose normatyviniuose dokumentuose pateikti lietaus intensyvumo duomenys neatitinka klimato charakteristikų, todėl apskaičiuojami netikslūs paviršinių (lietaus) nuotekų debitai.

Tyrimo aktualumas. Klimato kaitos padariniai ir spartėjantis urbanizacijos procesas turi reikšmingą poveikį paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo sistemoms. Dėl dažnėjančių ir intensyvesnių kritulių, esamos lietaus nuotekų surinkimo sistemos dažnai nesugeba atlikti savo funkcijų, todėl atsiranda didesnė gatvių užliejimo ir infrastruktūros pažeidimų rizika. Tai nurodo būtinybę ne tik projektuoti naujas, bet ir rekonstruoti esamas paviršinių nuotekų

šalinimo sistemas, kad jos galėtų veikti patikimai, esant pasikeitusioms klimato sąlygoms. Projektuojant ar rekonstruojant paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo sistemas, būtina atnaujinti kritulių intensyvumo duomenis, kurie atspindi dabartinius ir prognozuojamus klimato pokyčius. Taip galima užtikrinti efektyvų paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimą ir išvengti nepageidaujamų padarinių. Tinkamai pritaikytos ir apskaičiuotos sistemos prisidės prie miestų infrastruktūros ilgaamžiškumo, gyventojų saugumo ir aplinkos apsaugos.

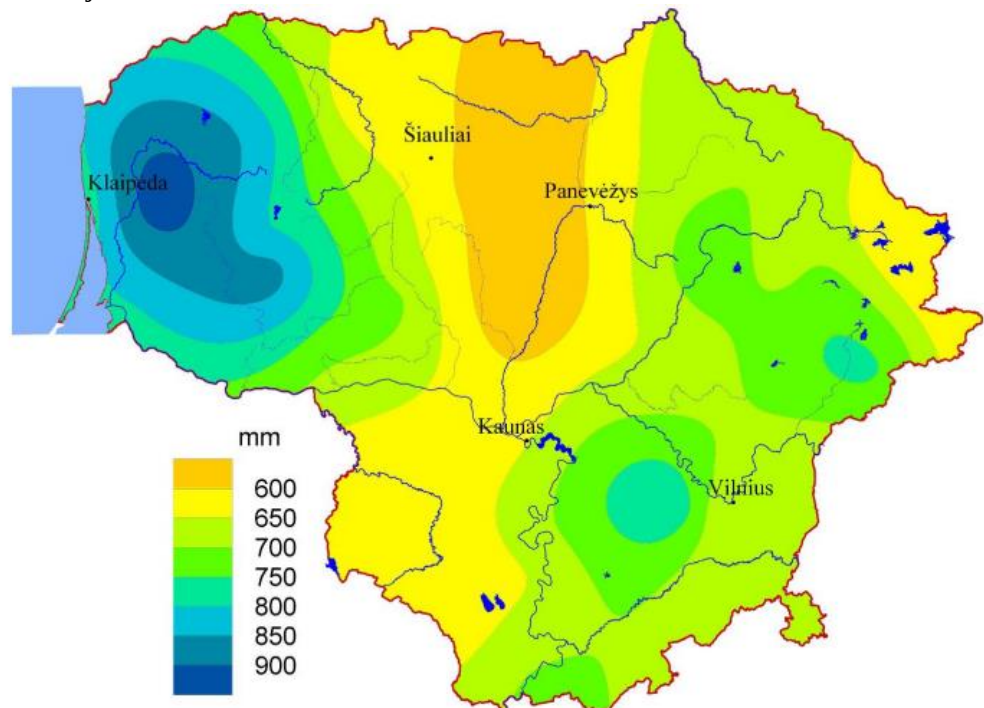
1. LITERATŪROS APŽVALGA

Lietaus sistemų projektavimas yra kompleksinis procesas, reikalaujantis gilių žinių apie kritulių parametrus ir jų poveikį urbanistinėms infrastruktūroms. Lietus apibūdinamas intensyvumu, trukme ir iškritusiu kritulių kiekiu.

1.1. Nagrinėjamos teritorijos apibūdinimas

Kritulių kiekį Lietuvoje lemia atmosferos oro masių cirkuliacija ir šių masių atnešama drėgmė. Oro masių pasiskirstymą lemia žemės paviršiaus forma ir atstumas nuo jūros.

Vidutinis metinis kritulių kiekis yra 625 mm. Didžiausias kritulių kiekis buvo nustatytas Žemaičių aukštumose, 700–900 mm, o mažiausias užfiksuotas kritulių kiekis – Vidurio žemumoje, lygus 520–600 mm (LHMT, 1991). Remiantis Lietuvos hidrometeorologijos pateiktais 1991–2020 metų duomenimis, vidutinis Lietuvos metinis kritulių kiekis yra 695 mm. Daugiausiai kritulių nustatyta liepos mėnesį (84 mm), o mažiausiai – balandžio mėnesį (37 mm) (LHMT, 2024). 1.1 paveiksle (žr. 1.1 pav.) pateiktas žemėlapis su vidutiniu metiniu kritulių pasiskirstymu Lietuvoje.



1.1 pav. Vidutinis metinis kritulių pasiskirstymas Lietuvoje

Šiauliuose vidutinė metinė temperatūra yra 6 °C. Vidutinė liepos mėnesio temperatūra yra 16,7 °C, o sausio mėnesio – -5,1 °C. Vidutinis metinis kritulių kiekis yra 600 mm. Maksimalus paros kritulių kiekis – 63,1 mm, kuris užfiksuotas 1990 m. (RSN 156-94). Remiantis atnaujintais Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos, 1991–2020 m. duomenimis, Šiaulių mieste vidutinis metinis kritulių kiekis yra 610 mm (žr. 1.1 lentelę) (LHMT, 2024). Atnaujintoje statybinėje klimatologijoje (STR 2.01.12:2024 „Statybų klimatologija“) nurodyta, kad vidutinė metinė temperatūra Šiaulių mieste yra 7,2 °C. Maksimalus paros kritulių kiekis 64,4 mm.

Dotnuvoje vidutinė metinė temperatūra yra 6,2 °C. Vidutinė liepos mėnesio temperatūra yra 17 °C, o sausio mėnesio – -5,4 °C. Vidutinis metinis kritulių kiekis yra 590 mm. Maksimalus paros kritulių kiekis 105 mm, kuris užfiksuotas 1954 m. (RSN 156-94). Remiantis atnaujintais Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos, 1991–2020 m. duomenimis, vidutinis

metinis kritulių kiekis yra 569 mm (žr. 1.1 lentelę) (LHMT, 2024). Atnaujintoje statybinėje klimatologijoje (STR 2.01.12:2024) nurodyta, kad vidutinė metinė temperatūra Dotnuvos mieste yra 7,5 °C. Maksimalus paros kritulių kiekis – 74 mm.

Kaune vidutinė metinė temperatūra yra 6,6 °C. Vidutinė liepos mėnesio temperatūra yra 17,4 °C, o sausio mėnesio – -5 °C. Vidutinis metinis kritulių kiekis yra 630 mm. Maksimalus paros kritulių kiekis – 73,4 mm, kuris užfiksuotas 1986 m. (RSN 156-94). Remiantis atnaujintais Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos, 1991–2020 m. duomenimis, vidutinis metinis kritulių kiekis yra 651 mm (žr. 1.1 lentelę) (LHMT, 2024). Atnaujintoje statybinėje klimatologijoje (STR 2.01.12:2024) nurodyta, kad vidutinė metinė temperatūra Kauno mieste yra 7,5 °C. Maksimalus paros kritulių kiekis – 82,9 mm.

1.1 lentelė. Kritulių kiekis (mm), 1991–2020 m. (LHMT, 2024, STR 2.01.12:2024)

Stotis	Mėnuo												Metų
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII	
Šiauliai	41	33	32	34	50	66	82	67	47	64	49	45	610
Dotnuva	38	32	31	31	46	59	80	66	45	52	43	43	569
Kaunas	48	38	38	38	53	65	88	77	51	61	47	47	651

Lietuvoje neseniai atnaujintos statybinės klimatologijos normos atspindi akivaizdžius klimato pokyčius, ypač kritulių kiekio didėjimą. Naujuose normatyvuose užfiksuotas kritulių kiekio padidėjimas rodo būtinybę projektuojant ir rekonstruojant paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo statinius atsižvelgti į pasikeitusias klimato sąlygas.

1.2. Krituliai

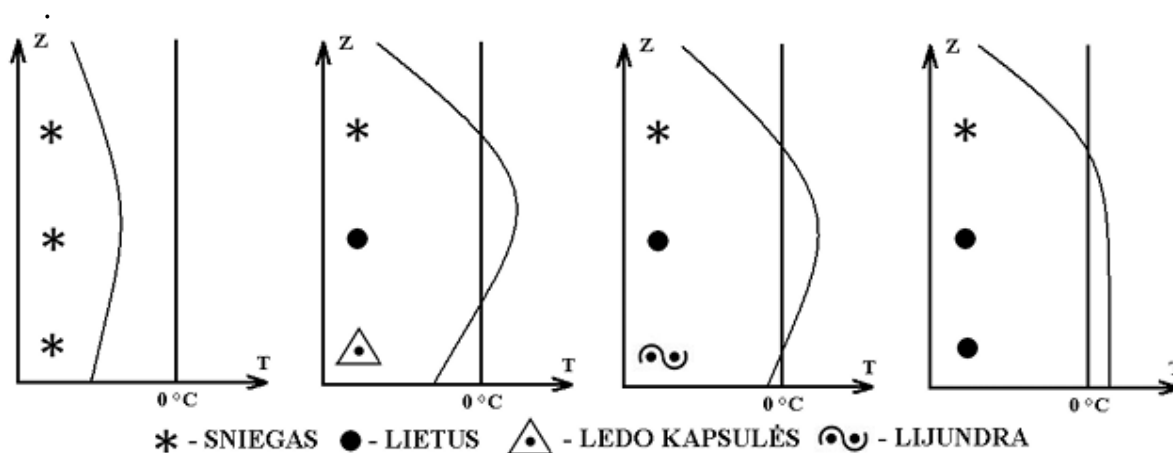
Krituliai – tai vanduo, kuris skysta ar kieta agregatine būsena iškrenta iš debesų ir vėliau iškrenta ant žemės paviršiaus. Kai dalis debesyje esančių elementų pasunkėja ir oro pasipriešinimas bei aukštyn kylantis oro srautas nebepajėgia išlaikyti jų debesyse, susikaupusios vandens dalelės nebespėja išgaruoti ir nusėda ant žemės paviršiaus. Didžioji dalis debesyse susidarančių vandens dalelių nepasiekia žemės paviršiaus, nes ten, kur nėra vandens garų prisotinto paviršiaus, jie tiesiog išgaruoja. Žemės paviršių pasiekia tik didesni nei 0,01 cm krituliai. Kritulių didėjimas vyksta dėl kondensacijos proceso ir vandens kristalų susidūrimų ir sukibimo (Bukantis, 2009).

Krituliai yra viena iš pagrindinių dalių vandens cikle. Sniego ar lietaus pavidalu krituliai iškrenta ant žemės paviršiaus ir tuomet išgaruoja ir kyla į atmosferą dujiniu pavidalu. Patekę į debesis, vandens garai virsta į kietą arba skystą būseną ir kai oro srautas nebepajėgia išlaikyti jų debesyse iškrenta vėl atgal į žemę (Bukantis, 2009).

Atmosferos kritulių rūšys skirstomos į: vandens būvio (skystieji), kristalinę (kietieji) ir mišrią. Vandens būvio krituliai yra skystos agregatinės būsenos. Tokie krituliai iškrenta lietaus arba dulksnos pavidalu. Lietus – tai skysti krituliai, kurių lašelių dydis yra nuo 0,5 iki 3 mm. Dažniausiai lietaus pradžioje iš debesies krinta didesni lašeliai, kurie krisdami skyla. Lietaus lašeliai krinta 8–10 m/s greičiu. Skirtingai nuo lietaus, dulksna – tai skysti, mažo intensyvumo krituliai, kurių lašelių dydis nuo 0,05 iki 0,5 mm. Tokie krituliai iškrenta mažu greičiu, mažesniu nei 0,3 m/s (Rimkus, 2011).

Kristalinės rūšies krituliai yra kietos agregatinės būsenos. Tokie krituliai iškrenta sniego, krušos, sniego grūdų pavidalu. Sniegas – tai kietieji atmosferos krituliai, kurie susidaro iš ledo kristalų, kitaip vadinamų snaigijų. Iškrentančių snaigijų forma būna įvairi, dažniausiai pastebimos prizmės, plokštelės, adatos. Tokių kritulių skersmuo gali būti net keli milimetrai.

Kita kietų kritulių dalis – kruša. Tai netaisyklingos formos ledo pavidalo krituliai, kurių dydis gali būti nuo kelių milimetrų iki kelių centimetrų. Tokie krituliai pasitaiko vasarą, kai oras yra labai šiltas ir esant audrai, kartu su didele liūtimi. Krušos tipo krituliai formuojasi tik esant stipriai konvekcijai bei dideliame debesų vandeningumui (Rimkus, 2011). 1.2 paveiksle (žr. 1.2 pav.) pateikiama schema, kurioje nurodoma kritulių tipo priklausomybė nuo temperatūros.



1.2 pav. Kritulių tipo priklausomybės nuo oro temperatūros vertikaliojo pasiskirstymo pobūdžio schema (Rimkus, 2011)

Mišrios formos krituliai – tai šlapdriba, lietus su sniegu ar lijundra. Tokie krituliai žemės paviršių pasiekia, kai netoli žemės paviršiaus oro temperatūra yra artima arba minimaliai didesnė nei 0°C . Panašiomis atmosferos sąlygomis kaip ir sniegas, formuojasi lijundra. Lijundros metu, žemiausiame atmosferos sluoksnyje krituliai nespėja užšalti ir sušalusį lašelių tipu patenka ant paviršiaus, kurio temperatūra nesiekia teigiamos temperatūros. Iškritę lašai sušąla ir suformuoja ledo sluoksnį ant paviršiaus (Rimkus, 2011).

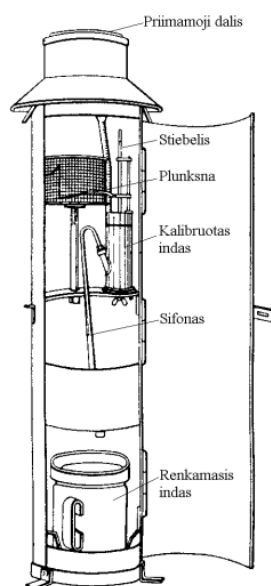
1.3. Kritulių matavimas

Pliuviografas – prietaisas skirtas matuoti skystų kritulių kiekį, trukmę ir lietaus intensyvumą (kiekį per laiko vienetą). Tai meteorologinis prietaisas, skirtas matuoti ir registruoti kritulių kiekį per tam tikrą laikotarpį. Jo veikimo principas pagrįstas kritulių rinkimu ir matavimu. Pliuviografai dažniausiai naudojami meteorologijos stotyse, tyrimų institucijose ir kitose vietose, kur svarbu sekti kritulių dinamiką (Valiuškevičius, 1999). Šiuo prietaisu Lietuvoje buvo matuojami lietaus parametrai iki 2013 metų.

Pliuviografas (žr. 1.3 pav.) susideda iš priimamosios dalies, stiebelio, plunksnos, kalibruoto indo, sifono ir renkamojo indo. Kadangi pliuvigrafas skirtas matuoti tik skystų kritulių parametrus, esant minusinei temperatūrai, įrenginys neteikia duomenų apie kritulių kiekį, trukmę ir intensyvumą. Kritulių matavimo tikslumą sąlygojantys veiksniai yra prietaiso tikslumas, vėjas, išgaravimas, prietaiso vieta, prižiūrinčių asmenų kompetencija (Valiuškevičius, 1999).

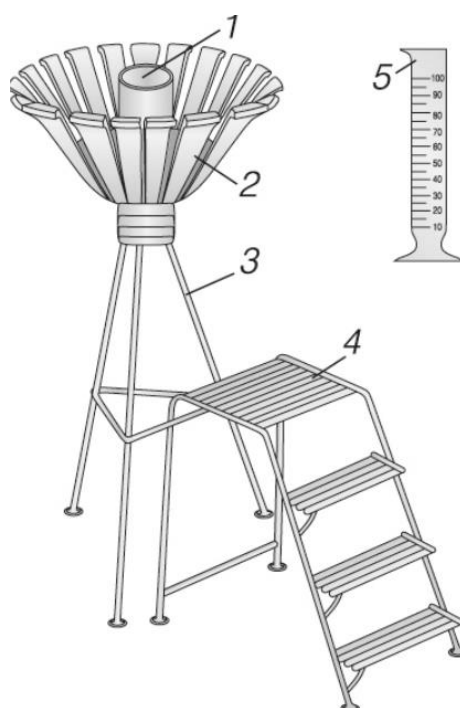
Veikimo principas. Pliuviografo lietaus priimamosios dalies plotas 500 cm^2 . Per vamzdelį, lietaus vanduo nuvedamas į kalibruotą indą su įstatyta plūde su stiebeliu. Ant stiebelio viršaus yra privirtinta rašomoji plunksna, kuri liečiasi į cilindro paviršių. Cilindras apsuamas per 24 valandas (apsisukimo paklaida ± 5 min per parą). Diagraminis popierius uždedamas ant cilindro ir popierius pakeičiamas kartą per parą. Sifono vamzdeliu kalibruotas indas yra sujungtas su renkamoju indu pliuvografo apačioje. Kai kalibraciniame inde susikaupia 500 cm^3 lietaus vandens (10 mm kritulių sluoksnis), pradeda veikti sifonas ir per 20 sekundžių lietaus vanduo išleidžiamas iš prietaiso. Išleidžiant vandenį, nukrenta ir plūdė, kuri su plunksna žymi vandens judėjimą diagramoje. Kai lietus lyja toliau, vanduo kalibraciniame inde toliau kyla ir plunksna žymi diagramoje. Kritulių kiekis matuojamas 0,05 mm, lietaus trukmė 2 min tikslumu.

Nustatinėjant 10 minučių lietaus intensyvumą, gali susidaryti 10 % paklaida. Pliuviografas turi būti pastatytas taip, kad jo viršus siektų 2 metrų aukštį (Valiuškevičius, 1999).



1.3 pav. Pliuviografo principinė schema (Valiuškevičius, 1999)

Kritulmatis – tai prietaisas kritulių kiekiui matuoti milimetrais. Juo matuojamas vandens sluoksnio storis, susidarantis per tam tikrą laiko tarpą. Kritulmatis meteorologijos stotyse yra tikrinamas 4 kartus per parą (Valiuškevičius, 1999). Kritulmačio schema pateikiama 1.4 paveiksle (žr. 1.4 pav.).



1.4 pav. Kritulmačio schema

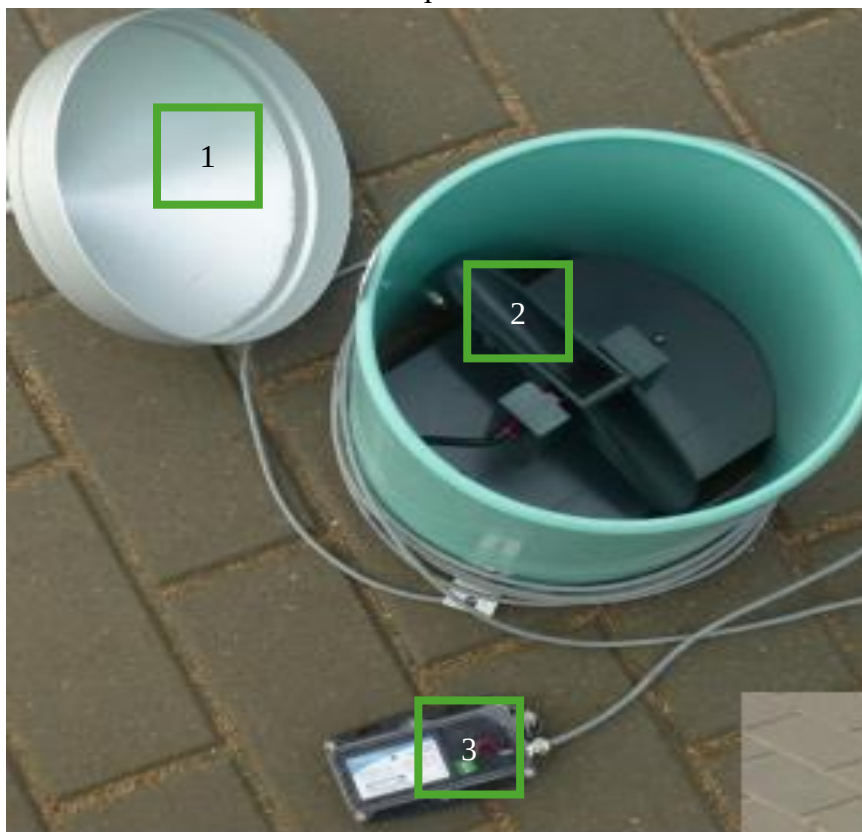
1– indas krituliams surinkti, 2 – priešvėjinė apsauga, 3 – stovas, 4 – laipteliai, 5 – matavimo stiklinė (Valiuškevičius, 1999)

Veikimo principas. Į indą surinkti krituliams priilyja lietaus vandens (cilindro formos metalinis kibirėlis, kurio aukštis apie 40 cm, o kritulių priėmimo plotas 200 cm^2 , talpa 3,8 l). Indas pastatytas turi būti 1,5 – 2 m aukštyje nuo žemės paviršiaus. Aplink kritulių surinkimo

indą montuojama apsauga nuo vėjo, sudaryta iš skardinių išpjovų išlenktais į išorę kraštais. Atliekant matavimą, 4 kartus per parą, surinkti krituliai yra supilami į graduotą matavimo stiklinę, kurios 1 gradacija atitinka 0,1 mm vandens sluoksnio storio. Prieš išpilant vandenį iš kritulių surinkimo indo į matavimo stiklinę, dalis vandens sunaudojama sienelių suvilgymui, todėl prie nustatyto kritulių sluoksnio turi būti pridėta indo sienelių suvilgymo pataisa $\pm 0,2$ mm skystiems krituliams. Sniego pavidalo krituliai prieš matavimą turi būti ištirpinami (Valiuškevičius, 1999).

Ten, kur yra sunkiai pasiekiamos teritorijos ir nėra galimybės atlikti matavimų kas 6 valandas yra naudojami suminiai kritulmačiai. Tokio tipo kritulmačiai gali įvertinti kritulių kiekį per ilgesnį laikotarpį (nuo savaitės iki metų). Dažniausiai tokio tipo kritulmačiai yra sudaryti iš cilindro formos, 500 cm² ploto indo, kuris gali sutalpinti 1500 mm kritulių sluoksnio (Valiuškevičius, 1999).

Automatinis kritulmatis su besisupančiu loveliu. Atsiradus poreikiui registruoti kritulius automatiškai, pradėta naudoti automatiniai lietaus matavimo prietaisai, kurių matavimo rezultatai perduodami elektronikos pagalba. Meteorologinėse stotyse dažniausiai naudojami automatiniai kritulmačiai su besisupančiu loveliu. 1.5 paveiksle (žr. 1.5 pav.) pateikiamas automatinis kritulmatis su besisupančiu loveliu.



1.5 pav. Automatinis pliuviografas

1 – piltuvėlis, 2 – besisupantis lovelis, 3 – daviklis.

Ši technologija yra naudojama ir šiuolaikinėse sistemose, tik ji būna mažiau tiksli, dažniausiai dėl juose esančių mechaninių dalių ir konstrukcijos ypatumų.

Lietuvos stotyse įdiegtose automatinėse sistemose kritulių kiekio ir intensyvumo matavimai atliekami automatinio kritulmačiu, veikiančiu svėrimo principu. Matuojami skysti, kieti ir mišraus tipo krituliai. Kritulių surinkėjas (talpa) sumontuotas ant tikslų elektroninių svarstyklių ir matuojamas apkrovos signalas (masė). Apkrovos masės pokyčiai perskaičiuojami į kritulių kiekio duomenimis (mm/h) (LHMT, 2024).

Veikimo principas. Automatinio lietaus matavimo prietaiso viduje yra sumontuotas sūpuoklinis mechanizmas. Lovelis yra padalintas į dvi simetriškas dalis, kurios yra šiek tiek pasvirusios į vieną ar į kitą pusę. Lovelis yra pritvirtinamas ant specialios, ties viduriu esančios ašies. Pro kritulmačio angą surinkti krituliai prateka pro piltuvėlį ir nuteka į vieną arba kitą besisupančio lovelio dalį (viena pusė lovelio vienu metu būna tiesiai po kritulmačio piltuvėlio centru). Pakilusiai lovelio pusei sukaupus atitinkamą kiekį kritulių, lovelis persiverčia ir tuo pačiu metu yra persiunčiamas elektroninis impulsas į skaičiavimo valdiklį. Iš piltuvėlio atitekantis lietaus vanduo toliau kaupiasi kitoje lovelio pusėje ir kol lyja lietus viskas kartojasi. Ant ašies yra prietaisas, kuris generuoja elektros impulsus. Kiekvienas lovelio svyravimas kontaktuoja su elektroniniu davikliu, kuris generuoja elektros impulsus. Pagal lovelio svyravimo dažnumą yra nustatomas lietaus intensyvumas ir kiekis. Tam, kad matavimai būtų tikslūs, įrenginys yra uždaras (kad nebūtų dėl vėjo judinamas lovelis), visas mechanizmas uždengiamas dangčiu su atvira anga viršuje surinkti krituliams. Tokio tipo įrenginys matuoja tik skystus kritulius, tačiau galima prijungti šildymo mechanizmą, kuris kietus kritulius sušildydamas paverčia į skystus kritulius (Valiuškevičius, 1999).

Skaterometras – tai prietaisas, kuris fiksuoja kritulių kiekį įrenginio stebėjimo zonoje, ją apšviečiant infraraudonaisiais spinduliais ir matuojant šviesos sklaidymąsi. Pagal šviesos išsisklaidymą yra matuojamas kritulių kiekis bei intensyvumas. Taip pat skaterometre būna įrengtas termometras, kuris gali nustatyti ir kritulių temperatūrą. Toks įrenginys gali nustatyti ir kietąsias daleles bei įvertinti matomumą krentant krituliams (Foken, 2017).

Radioloktorius. Krituliams stebėti, jų fazei, kiekiui, judėjimo greičiui apskaičiuoti bei labai trumpos trukmės prognozėms sudaryti LHMT naudojami du meteorologiniai radiolokatoriai, kurių duomenis galima stebėti internetinėje svetainėje meteo.lt. Radiolokatoriaus gaunamo signalo energijos (atspindžio) stiprumas apdorojamas bei atvaizduojamas šiame žemėlapyje specialiais dBZ matavimo vienetais ir gali būti interpretuojamas kaip apytikslis kritulių intensyvumas (mm/h) (LHMT, 2024).

Veikimo principas. Radaro siųstuvas siunčia elektromagnetinį spindulį, o imtuvas priima energiją, kuri atsispindi nuo spindulio teritorijoje susikertančio objekto. Atsispindėjimo stiprumas apskaičiuojamas ir atvaizduojamas žemėlapyje ir nustatomas apytikslis kritulių intensyvumas (mm/h). Kuo daugiau energijos atsispindi, tuo intensyvesni krituliai krinta (LHMT, 2024).

1.4. Lietaus kiekio skaičiavimai Lietuvoje

Projektuojant paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo ir valymo sistemas turi būti naudojami skirtingi duomenys apie kritulius. Projektuojant paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo sistemas, tokias kaip vamzdynai ar grioviai, būtina žinoti lietaus intensyvumą ir trukmę. Norint suprojektuoti valyklas, kaupimo rezervuarus ar reguliavimo talpas, reikalinga informacija apie iškritusį kritulių kiekį, sauso ir lietaus periodų trukmes. Dvidešimtojo amžiaus pradžioje surastas naujas, lengvai pritaikomas metodas, vadinamas Racionaliuoju metodu. Šiuo metodu lietaus debitas skaičiuojamas ir Lietuvoje.

Toks būdas skaičiuoti lietaus intensyvumą naudojamas skirtingoms vietovėms. Remiantis šiuo metodu, parametrai yra nustatomi pagal vietinę informaciją ir standartinėmis reikšmėmis. Racionaliuoju metodu skaičiuojant, yra neatsižvelgiama į tam tikras prielaidas, kai parametrai yra blogai įvertinti ir apskaičiuojami neteisingi rezultatai. Racionalusis metodas yra taikomas dėl savo paprastumo ir gana tikslų rezultatų. Rezultatai gali būti gaunami apskaičiuojant rankiniu būdu (Debo et al., 2003).

Racionaliojo metodo dėsnis: lietaus nuotekų debitas iš kiekvieno skaičiuotino ploto įgyja maksimumo reikšmės tada, kai skaičiuotino lietaus ilgumas atitinka laiką, reikalingą vandens lašui, kad atitekėtų iš skaičiuojamojo ploto tolimiausios viršūnės iki skaičiuojamojo taško, o lietaus intensyvumas bus paimtas iš intensyvumo kreivės, pagal gautą lietaus ilgumą.

Metodo prielaidos:

1. Lietaus nuotekų debitas tiesiogiai proporcingas vidutiniam lietaus intensyvumui.
2. Apskaičiuota lietaus nuotekų debito tikimybė atitinka pasirinktą lietaus intensyvumo tikimybę.
3. Didžiausias lietaus nuotekų debitas nuotėkio baseine susidaro tuomet, kai skaičiuotino lietaus trukmė atitinka laiką, reikalingą nuotėkoms atitekti iš tolimiausio baseino taško iki skaičiuojamojo pjūvio (koncentracijos trukmė).
4. Lietaus intensyvumas skaičiuojamas iš ITK priklausomybių pagal apskaičiuotą koncentracijos trukmę ir pasirinktą kartojimosi periodą.
5. Koeficientas C_{vid} . Nekinta lietaus eigoje.

Lauko paviršinių (lietaus) nuotekų debitas apskaičiuojamas pagal formulę (STR 2.07.01:2003; Autumn 2004):

$$Q_{lt} = I \cdot F \cdot C_{vid}, l/s \quad (1.1)$$

čia: I – lietaus intensyvumas ($l/s \cdot ha$); F – skaičiuotinas nuotėkio baseino plotas (ha); C_{vid} – vidutinis svertinis nuotėkio koeficientas;

Pagal (1.1) formulę skaičiuojant nuotekų debitą, reikalinga lietaus intensyvumo reikšmė. Daktaro disertacijoje (Rimeika, 2000) buvo tikrinama hipotezė: atskirų Lietuvos vietovių kritulių parametrai ženkliai skiriasi, todėl projektuojant lietaus nuotekų šalinimo ir valymo sistemas negalima taikyti vienodų lietaus intensyvumo ir kritulių sluoksnio reikšmių visoje respublikos teritorijoje. Remiantis atlikta analize, buvo nustatyta, kad intensyvumo duomenys skiriasi ir projektuojant sistemas skirtingose Lietuvos vietovėse, į intensyvumą būtina atsižvelgti. Pagal atliktą koreliacinę regresinę analizę, tinkamiausiai intensyvumo ir trukmės priklausomybę nusako netiesinė regresinė lygtis (Rimeika, 2000):

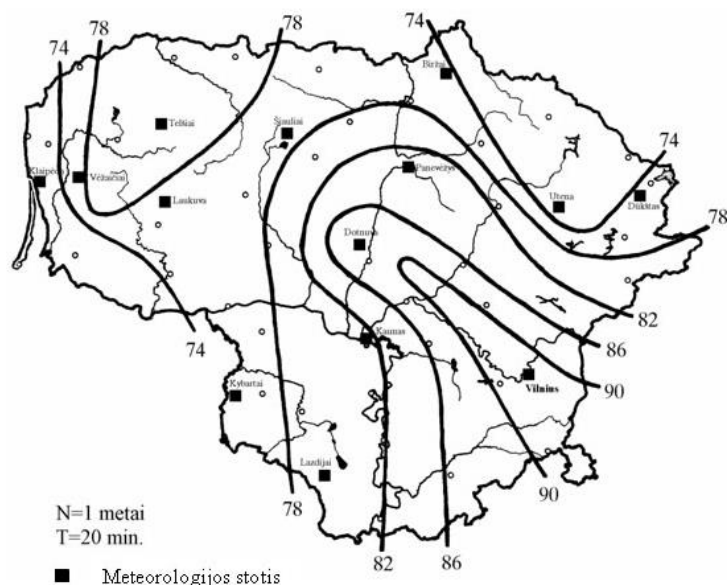
Lietaus intensyvumas apskaičiuojamas iš (1.2) lygties:

$$I = \frac{A}{T+B} + c, l/(s \cdot ha) \quad (1.2)$$

čia: A , B , c – lietaus parametrai, priklausantys nuo vietos geografinių – klimatinių sąlygų ir leidžiamo nuotakyno ištvinimo pasikartojimo; T – lietaus trukmė, min.

Statybos techniniame reglamente nurodytos parametrai A , B ir c reikšmės yra gautos išnagrinėjus nurodytas meteorologijos stotis. Skaičiuojant, šiuos parametrus reikia nusistatyti priklausomai nuo ištvinimo retmens (p), skaičiuotinos lietaus trukmės T bei pagal konkrečios teritorijos geografinę padėtį. Jeigu Statybos techniniame reglamente, 10 priede, nėra nurodytos A , B ir c parametrai reikšmės, lietaus intensyvumas turi būti nustatomas interpoliavimo būdu, pagal artimiausių miestų duomenis. 1.6 paveiksle pateikiamas Lietuvos Respublikos žemėlapis su karta per metus pasikartojančiu 20 minučių trukmės lietaus intensyvumo $l/(s \cdot ha)$ pasiskirstymu (STR 2.07.01:2003).

Ištvinimo retmuo – tai trumpiausias laikas, per kurį paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo sistema gali patvinti bei sukelti potvynį. Ištvinimo retmens reikšmė parenkama pagal nuotekų tinklų tiesimo sąlygas ir galimus liūčių padarinius, kurių intensyvumas didesnis nei skaičiuotino lietaus. Ši reikšmė parenkama pagal kiekvieno lietaus tinklo projektavimo sąlygas ir pasekmes, kurias gali sukelti smarkios liūtys, kurių intensyvumas didesnis nei skaičiuojamojo lietaus ir parenkamas pagal statybos techniniame reglamente pateiktas lenteles (STR 2.07.01:2003; Stormwater management manual 2008).



1.6 pav. Kartą per metus pasikartojančio 20 minučių trukmės lietaus intensyvumo $l/(s \cdot ha)$ pasiskirstymas Lietuvos Respublikoje (STR 2.07.01:2003; Rimeika, 2000)

Esant kuo didesniai paviršinių (lietaus) nuotekų baseino plotui ir teritorijos nuolydžiui, tuo didesnę ištvėnimo reikšmę būtina priimti. Taip pat projektuojant lietaus sistemas prie svarbių objektų, kurių patvėndymas sudarytų didelius nuostolius ar neigiamus padarinius, nuotakyno reikšmę reikia naudoti ribinę (STR 2.07.01:2003).

Skaičiuotina lietaus trukmė yra lygi laikui, per kurį lietaus nuotekos atiteka nuo tolimiausio paviršinio (lietaus) nuotekų baseino taško iki skaičiuojamo skerspjūvio ir apskaičiuojama pagal formulę:

$$T = t_{kon.} + t_{lat.} + t_{vam}, min \quad (1.3)$$

čia: t_{kon} – paviršinio koncentravimosi trukmė, lygi laikui, per kurį išlytas vanduo koncentruojasi į sroveles ir teka teritorijos paviršiumi arba vietiniais kvartalo nuotakais iki gatvės, min. Paviršinio koncentravimosi trukmė apskaičiuojama arba priimama (gyvenamuosiuose rajonuose be požeminio kvartalinio lietaus nuotakyno – 5–10 min, su požeminiu kvartaliniu nuotakynu – 3–5 min); t_l – laikas, reikalingas lietaus nuotekoms nutekėti gatvės latakui iki artimiausio lietaus šulinėlio, apskaičiuojamas pagal (1.4) formulę.

Laikas, reikalingas lietaus nuotekoms nutekėti gatvės latakui iki artimiausio lietaus šulinėlio apskaičiuojamas pagal formulę:

$$t_l = 0,021 \sum \frac{l_l}{v_l}, min \quad (1.4)$$

čia: l_l – latakų ar jo atkarpos ilgis, m; v_l – skaičiuotinas lietaus nuotekų tekėjimo greitis latakų greitis, m/s, (priklauso nuo gatvės nuolydžio, priimamas 1–3 m/s). Jei kvartale yra požeminis lietaus nuotakynas, tai $t_l = 0$.

t_{vam} – laikas, per kurį lietaus nuotekos atiteka nuotakynu iki skaičiuojamo skerspjūvio apskaičiuojamas pagal formulę:

$$t_v = 0,017 \sum \frac{l_v}{v_v}, min \quad (1.5)$$

čia: l_v – skaičiuotinos lietaus nuotakyno trasos ilgis, m; v_v – lietaus nuotekų tekėjimo greitis nuotakynuose, m/s. Paviršinių (lietaus) nuotekų tekėjimo greitis vamzdyje priklauso nuo atitekančių nuotekų debito, vamzdyno nuolydžio bei skersmens.

Yra nustatyta, kad ne visos nuotekos patenka į surinkimo sistemas, koks galėtų susidaryti. Dalis nuotekų neatiteks iki surinkimo sistemų, nes numatoma, kad dalis vandens išsifiltruos į gruntą ar išgaruos. Kokia dalis išsifiltruos į gruntą, priklauso nuo paviršiaus dangos ir grunto

savybių. Kai skaičiuojamoji teritorija yra padengta skirtingais paviršiais, teritorija turi būti padalinta į atskirus plotus ir juos įvertinti, pritaikant kiekvienam numatytą nuotėkio koeficientą.

Vidutinis svertinis nuotėkio koeficientas – dydis nurodantis, kuri kritulių dalis virs nuotėkiu ir apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C_{vid.} = \frac{\sum C_i \cdot F_i}{F} \quad (1.6)$$

čia: C_i – būdingų nuotėkio baseino paviršių nuotėkio koeficientai; F_i – tam tikromis paviršiaus savybėmis pasižyminti (baseino daliai priskiriamas nuotėkio koeficientas C_i) nuotėkio baseino dalis, ha; F – skaičiuotinas nuotėkio baseino plotas, ha.

Paviršinės nuotekos patekusios į nuotekų surinkimo vamzdžius, dažniausiai nesudaro maksimalaus kiekio kanale, koks galėtų susidaryti, jei į vamzdinę sutekėtų visos paviršinės nuotekos iš skaičiuojamojo baseino. Kai kuriais atvejais paviršinės nuotekos nuteka kanalu greičiau nei kol atiteka visas kiekis vandens iš tolimesnių baseino dalių, taip sumažindamas skaičiuotiną vandens debitą. Dėl šios priežasties skaičiuojamajam debitui nustatyti reikalinga į skaičiavimus įterpti pataisą. Šis pataisymas priklauso nuo nuotėkio koeficiento. Kokia dalis susigeria į gruntą, priklauso nuo žemės paviršiaus dangos, grunto savybių, žemės paviršiaus reljefo ir nuo lietaus intensyvumo ir ilgumo (Park et al., 2009; Arnell et al., 1984). Ten, kur vyrauja didelis užstatymas, lietus susigeria labai mažai, nes krinta ant asfaltuotų gatvių, šaligatvių, pastatų stogų. Ten, kur mažiau urbanizuotos teritorijos, kur vyrauja veja, smėlis, lietaus vanduo susigeria daug greičiau. Nesusigėręs vanduo, tekėdamas pagal paviršiaus nuolydį, patenka į paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo tinklą, todėl parinkinėjant surinkimo sistemas, reikia vertinti tik šį susidarantį debitą.

Šiuos koeficientus galima taikyti, kai baseinas padalinamas į atskiras dalis, todėl visam baseinui būtina išvesti vidutinę reikšmę.

Pagal Karl Imhoff (Imhoff, 1989), nuotėkio svertinis koeficientas turėtų būti laikomas „hermetiškumo“ faktoriumi, o ne proporcingumo. Supaprastinta prielaida taikoma praktiniams skaičiavimams. Kai skaičiuojamojo paviršiaus plotas nėra vienodas, jo teritorija dalinama į atskiras dalis pagal paviršiaus dangas, tokias kaip kietas dangas, stogus ir veją, įvertinant jos plotus ir pritaikant atitinkamus nuotėkio koeficientus. Koeficientas C parenkamas iš STR 2.07.01:2003 esančių koeficientų lentelės (žr. 1.2 lentelę).

1.2 lentelė. Paviršinio nuotėkio koeficientai (STR 2.07.01:2003)

Paviršiaus tipas	Paviršiaus tipas
Asfaltas ir betonas	0,90–0,95
Akmenų grindinys	0,70–0,85
Stogai	0,9–0,95
Išlyginti grunto paviršiai	
Priešmėliai	
Nuolydis iki 2 procentų	0,05–0,10
Nuolydis 2 – 7 procentai	0,10–0,15
Nuolydis >7 procentai	0,15–0,20
Sunkus dirvožemis (priemolis):	
Nuolydis iki 2 procentų	0,13–0,17
Nuolydis 2 – 7 procentai	0,18–0,22
Nuolydis >7 procentai	0,25–0,35

* Pastaba. Didesnės reikšmės atitinka didesnę lietaus kartojimosi periodą.

Skaičiuotinas paviršinių (lietaus) nuotekų (PN) debitas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$Q_{sk.} = \beta \cdot Q_{liet}, l/s \quad (1.7)$$

čia: Q_{liet} – lietaus nuotekų debitas, apskaičiuojamas pagal (1.1) formulę; β – koeficientas, kuris įvertina vamzdyno akumuliacijos ir slėginio tekėjimo galimybes (mažesnio nei 0,01 nuolydžio vietovėse $\beta = 0,7$; kai vietovės nuolydis nuo 0,01 iki 0,03 – $\beta = 0,8$; didesnio nei 0,03 nuolydžio vietovėse $\beta = 1,0$).

Atliekant paviršinių (lietaus) nuotekų debito skaičiavimus racionaliuoju metodu, rekomenduojama atsižvelgti į prielaidas (Rimeika 2000; STR 2.07.01:2003):

1. Jei nagrinėjamo baseino plotas yra didesnis nei 50 ha ir esant skirtingų dangų užstatymu bei nepatogių vietovės reljefu, būtina apskaičiuoti atskirų baseino dalių patikslintą debitą ir parinkti didžiausią gautą debitą.
2. Nustačius, kad žemutinio skaičiuojamo ruožo debitas yra mažesnis nei aukštesnio, reikia numatyti aukštesnio ruožo apskaičiuotą debitą.
3. Žaliųjų zonų, kuriuose nėra paviršinių nuotekų šalinimo sistemos, į skaičiavimus įtraukti nereikia.
4. Kai nagrinėjamos teritorijos paviršiaus nuolydis yra 0,008–0,01 ir didesnis, į teritorijų su vandeniu nelaidžia paviršiaus danga ir įrengtais nuotekų tinklais, į skaičiuojamąjį debitą reikia pridėti 50–100 m pločio žaliųjų zonų plotą (Rimeika 2000; STR 2.07.01:2003).

Remiantis pasaulyje atliktais tyrimais, galima teigti, jog šios prielaidos gali būti ir neteisingos. Didžiausias lietaus intensyvumas trunka nuo kelių iki kelių dešimčių minučių, sąlyginai trumpai. Atliekant tyrimus buvo nustatyta, kad tam tikras plotas su didesniu kritulių kiekiu yra lietaus centre, o tolėjant atstumui nuo lietaus centro, kritulių kiekis mažėja. Mažame baseine, lietaus kiekio pasiskirstymas yra tolygesnis nei didelio ploto baseine. Remiantis šiais nustatytais teiginiais, racionaliojo metodo taikymas turi būti apribojamas iki 200 ha ploto baseinams (Debo et al., 2003, LST EN 752).

1.5. Kiti metodai lietaus intensyvumo skaičiavimo

Skirtingi metodai lietaus intensyvumui apskaičiuoti yra naudojami dėl skirtingo skaičiavimo tikslo, dėl skirtingų duomenų turėjimo bei reikalingų tikslumų. Priklausomai nuo esamų sąlygų, tokių kaip geografinių ar klimatologinių, svarbu atkreipti dėmesį į lietaus intensyvumo skaičiavimo metodiką.

Regresijos metodas. Maksimalius paviršinių (lietaus) nuotekų debitus galima apskaičiuoti taikant skirtingas regresijos lygtis, kurios yra nustatytos tam tikram regionui (Debo et al., 2003). Lygtys yra sukurtos naudojant mažiausių kvadratų metodą. Naudojantis šiuo metodu, panaudojami nepriklausomi kintamieji, kurie nusako baseino fizines savybes (Vorobevskii et al., 2020).

Visas regresijos lygtis galima aprašyti bendra lygtimi:

$$Q_p = a \cdot W^b \cdot X^c \cdot Y^d \dots Z^n, \quad (1.8)$$

čia: Q_p – maksimalus lietaus nuotekų debitas tam tikram lietaus pasikartojimo periodui; a – atidėjimas ordinačių ašyje; $W, X, Y, \dots, Z$ – kintamieji, nusakantys baseino savybes; $b, c, d, \dots, n$ – kintamųjų laipsnių rodikliai.

Nepriklausomi kintamieji – tai baseino savybės, tokios kaip baseino plotas, paviršiaus nuolydis. Taip pat gali būti nelaidžių vandeniu dangų plotas ir kt. (Vorobevskii et al., 2020).

RDII hidrografinis metodas. RDII (angl. Rainfall Derived Infiltration and Inflow) hidrografinis metodas paremtas dažniausiai pasitaikančia kritulių kiekio tikimybe. Šis matematinis modelis taip pat remiasi lietaus intensyvumu, paviršiaus tipu ir nuotėkiu bei paviršiaus plotu (Sanders, 2008; WEF, 2017).

$$\frac{1}{2}(T_i + T_i K_i) O_{pl} = \frac{R_i PA}{3600s/hr} \quad (1.9)$$

čia: T – laikas, s; K – santykis tarp laiko ir lietaus intensyvumo sumažėjimo; Q_{pt} – nuotekų debitas, m^3/s ; R_i – nuotėkio koeficientas; P – kritulių kiekis, mm; A – plotas, m^2 .

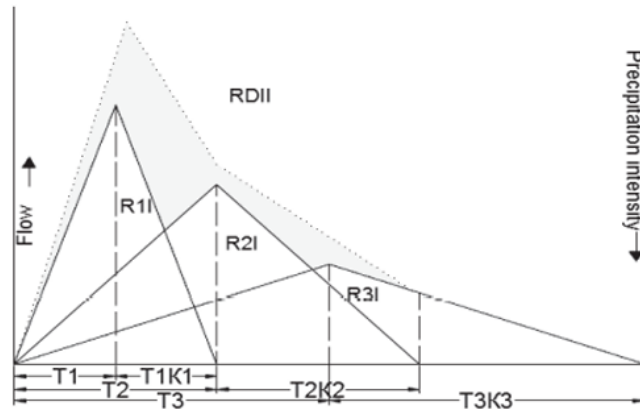
Šio metodo debito kreivės yra skirtos lietaus nuotekų valandinius debitus bei palyginti lietaus trukmes. Debito kreivės apskaičiuojamos pagal lygtis 1.10 ir 1.11:

$$Q = Q_{pt} \frac{t}{T_i} \quad (1.10)$$

Patikrinus sąlyga, kad $T_i \leq t \leq T_i K_i + T_i$, tai nuotekų debitas turi būti apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$Q = Q_{pt} \left(1 - \frac{t - T_i}{T_i K_i}\right) \quad (1.11)$$

čia: Q_{pt} – nuotekų debitas, m^3/s ; T_i – laikas iki didžiausio lietaus intensyvumo, s; K – santykis tarp laiko ir lietaus intensyvumo sumažėjimo.



1.7 pav. Debito skaičiavimo grafikas, naudojant RTK metodą (Sanders, 2008)

RTK metodas yra greitas ir efektyvus, norint įvertinti lietaus nuotekų debitą, esant paprastoms sąlygoms (Sanders, 2008).

Intensyvumo ribojimo metodas. Atsižvelgiant į skirtingų šalių nuotekų tvarkymo dokumentus ir šalyse būdingus paviršinių nuotekų srautus, lietaus debitas nustatomas pagal (1.12) lygtį:

$$Q_r = Z_{mid} \cdot A^{1,2} \cdot \frac{F}{t_r^{1,2n-0,1}} \quad (1.12)$$

čia: Z_{mid} – nutekėjimo koeficientas; F – plotas, ha; t_r – laikas, per kurį nuotekos patenka į tinklus, min; A – klimato parametras (1.13 lygtis).

$$A = q_{20} \cdot 20^n \cdot \left(1 + \frac{\lg P}{\lg m}\right)^y \quad (1.13)$$

čia: q_{20} – lietaus intensyvumas prie 20 min; P – 1 metai; m – vidutinis iškrentantis kritulių kiekis per metus; y – koeficientas.

Lyginant šiuos plačiai naudojamus debitus, galima teigti, jog šiais metodais apskaičiuvus paviršinių (lietaus) nuotekų debitus, parenkamos sistemos skiriasi nuo Europoje priimtų normų. Šiuose skaičiavimuose nėra atsižvelgiama į santykį tarp lietaus intensyvumo ir lietaus nutekėjimo laiko į sistemą.

Aprašyti skaičiavimo metodai yra taikomi konkrečiose vietovėse, remiantis jų geografiniais parametrais, lietaus intensyvumu bei lietaus pasikartojimo tikimybėmis (Meteorological Service of Canada, 2018).

1.6. Bendros regioninės kreivės naudojimas ir taikymo pagrindas

Lietaus intensyvumo-trukmės-dažnumo (IDF) kreivės yra esminis įrankis projektuojant lietaus nuotakynus, miesto drenažo sistemas ir kitas hidrotechnines struktūras. Šios kreivės leidžia įvertinti tam tikro intensyvumo lietaus tikimybę per nustatytą trukmę ir pasikartojimo periodą.

Nors daugelyje dalių IDF kreivės kuriamos vietiniu lygmeniu, kai kurios šalys, turinčios gana vienodą klimatą arba ribotą meteorologinių duomenų kiekį, taiko vieningas IDF kreives visai šalies teritorijai. Tokios praktikos pavyzdžiai yra Švedija, Singapūras ir Senegalas.

Švedija. Švedijoje lietaus intensyvumo-trukmės-dažnumo (IDF) kreivės kuriamos remiantis išsamia meteorologinių duomenų analize ir regioniniu skirstymu. Ši metodika leidžia tiksliai įvertinti trumpalaikių kritulių ekstremumus ir jų pasiskirstymą šalyje. Tyrime „Short-duration rainfall extremes in Sweden: A regional analysis“ buvo analizuojami 15 minučių kritulių duomenys, surinkti per 22 metus (1996–2017 m.) iš 128 meteorologinių stočių (Olsson, 2019). Remiantis analize, Švedija buvo suskirstyta į keturis regionus, atsižvelgiant į trumpalaikių kritulių ekstremumų pasiskirstymą:

1. **Šiaurinis regionas (N):** mažiausi kritulių ekstremumai.
2. **Centrinis regionas (C):** vidutiniai kritulių ekstremumai.
3. **Pietryčių regionas (SE):** padidėję kritulių ekstremumai.
4. **Pietvakarių regionas (SW):** didžiausi kritulių ekstremumai, iki 25% didesni nei šiauriniame regione. (Olsson, 2019).

Nors ir turima daug stočių duomenų, vis tiek nuspręsta nekurti individualių IDF kiekvienai stotčiai, o remtis apibendrinta analize išskiriant 4 regionus per visą Švediją.

Singapūras. Dėl nedidelio teritorijos ploto ir homogeniško klimato, Singapūras taiko vieningą IDF kreivę visai šaliai, sudarytą naudojant nuotolinio stebėjimo ir vietinių stotelių duomenų sistemą. Tai leidžia tiksliai projektuoti nuotekų sistemas net ir neturint atskirų IDF miestų lygiu (Winston et al., 2006). Čia kuriamos kreivės naudojant tiek vietinius stebėjimus (15 meteorologijos stočių duomenis, nuo 1985–2010 m.) tiek nuotolinius duomenis (taikomi GSMaP palydoviniai duomenys, kurie derinami su vietiniais stebėjimais, siekiant pagerinti trumpalaikių kritulių įvykių modeliavimą) (Sun et al., 2019).

Senegalas. Senegale nacionalinė meteorologijos agentūra (ANACIM) bendradarbiaudama su tyrėjais sukūrė vieningas IDF kreives, taikomas visoje šalyje, pagrįstas istorinių duomenų ir GEV paskirstymo metodu. Tai padeda projektuoti hidraulinės sistemas net regionuose su nepakankamais stebėjimais (Sane et al., 2018). Remiantis gautais modelių parametrais, buvo sukurti IDF parametrų žemėlapiai visai Senegalo teritorijai. Šie žemėlapiai atskleidė: Šiaurės-pietų gradientą: GEV paskirstymo vietos ir mastelio parametrai rodo didesnius kritulių intensyvumus pietinėje šalies dalyje. Kreivės yra integruotos į nacionalines statybos normas ir rekomendacijas, užtikrinant nuoseklų ir pagrįstą infrastruktūros planavimą visoje šalyje (Sane et al., 2018).

1.7. Urbanizuotų teritorijų potvyniai dėl lietaus kiekio didėjimo

Gatvių ir urbanizuotų teritorijų potvyniai, atsirandantys dėl didelio lietaus šiuo metu yra vis dažnėjantis reiškinys. Toks reiškinys sukelia ne tik infrastruktūros pažeidimus, bet ir kelia pavojų gyvenviečių patvenkimui bei gyvenamųjų būstų praradimui. Pagrindinės priežastys, kurios lemia urbanizuotų teritorijų potvynius dėl didelio lietaus kiekio:

- didelis iškrentantis lietaus kiekis per trumpą laiką;
- neefektyvios paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo sistemos;
- daugėjančių vandeniui nelaidžių paviršių plotas;
- geologinės sąlygos;
- reljefas;

Kai per trumpą laiką iškrenta didelis lietaus kiekis, nuo vandeniui nelaidžių paviršių nuotekos nespėja nutekėti į lietaus surinkimo šulinėlius. Dažnu atveju, urbanizuotose teritorijose vamzdynai yra nepakankamo diametro ir nusidėvėję. Tokios sistemos negali priimti padidėjusio nuotekų kiekio, ko pasakoje lietaus nuotekos nebegali patekti į vamzdynus, kurie yra perpildyti ir nuotekos lieka gatvėje. Taip pat senos sistemos jau yra nusidėvėjusios, kadangi su lietumi į sistemas patenka ne tik vanduo, bet ir smėlis ar lapai, vamzdynai yra užnešti ir yra sumažintas vamzdynų pralaidumas. Kadangi urbanizuotose teritorijose daugėja nelaidžių vandeniui paviršių (asfaltas, betonas), kurie neleidžia vandeniui susigerti į dirvožemį. Dėl šios priežasties beveik visas vanduo lieka ant paviršiaus ir kaupiasi. Esant blogoms geologinėms sąlygoms (tokios kaip aukštas gruntinis vandens lygis arba nelaidūs vandeniui gruntai), vanduo neturi kur susigerti, arba filtruojasi labai lėtai. Dėl reljefo sąlygų, nespėjęs susigerti arba sutekėti į surinkimo šulinėlius lietaus vanduo teka ten, kur yra patogų, t. y. pagal žemės paviršiaus nuolydį, į žemiausią vietą. Tokioje vietoje, suteka ir kaupiasi daugiausiai nuotekų, todėl nuotekų kiekis vis didėja, ir patvenkia ne tik gatves, bet ir pastatų rūsius bei pirmus aukštus. Galima teigti, kad yra nemažai urbanizuotų teritorijų, kur dar nėra įrengtų paviršinių nuotekų surinkimo sistemų. Tokie reiškiniai vis dažniau pasikartojant sukelia vis didesnių problemų. Dėl gatvėse atsiradusių potvynių, yra blokuojamas eismas, dažnu atveju pasitaiko, kad per užlietas gatves negali pravažiuoti automobiliai ar eiti pėstieji. Dėl staigių liūčių, gatvės gali būti patvindytos net per kelias minutes. Taip pat yra sukeliami didžiulė žala infrastuktūrai. Vanduo pažeidžia kelių ir šaligatvių dangas, pastatų sienos ir pamatai yra pažeidžiami. Užlieti pastatų rūšiai ar pirmi aukštai yra suliejami vandeniui. Tokie infrastruktūros pažeidimai reikalauja didžių investicijų į pažeistų paviršių remontą (Brownfeld, 2024).

Dar viena gatvių potvynių pasekmė – padidėjęs užterštumas. Potvyniu metu į šalinimo sistemas yra plukdoma daugiau teršalų iš kelių, ko pasakoje užterštos ir nevalytos nuotekos patenka į vandens telkinius. Intensyvus lietus surenka šiukšles, lapus, purvą ir kitokias kietąsias atliekas nuo paviršių. Kai vanduo teka per teritoriją, visi teršalai suteka į vamzdynus, o iš vamzdynų, tiesiai į paviršiniu vandens telkinius. Taip pat vyksta ir su cheminiais teršalais (automobilių alyva, kuras). Esant intensyviui lietaui, persipildo ir buitinių nuotekų tinklai, ko pasakoje šiuose tinkluose esančios nuotekos pradeda tvinti ir vėliau buitinės nuotekos suteka į paviršinių nuotekų tinklus (EPA, 2023).

1.8. Paviršinių (lietaus) nuotekų tvarkymas

Lietaus (paviršinių) nuotekų tvarkymas yra procesas, skirtas surinkti, valyti ir saugiai išleisti į aplinką paviršines nuotekas. Šis procesas svarbus siekiant apsaugoti vandens telkinius, infrastuktūrą bei gyvenamąsias zonas nuo potvynių ir užteršimo. Didėjant miestų plotui, didėja ir nelaidžių paviršių kiekis, ko pasakoje didėja paviršinių nuotekų kiekiai bei užterštumas. Paviršinės (lietaus) nuotekos gali būti užterštos skendinčiomis, organinėmis, neorganinėmis medžiagomis, naftos produktais ar šiukšlėmis. Šiandienai, Lietuvoje didžioji dalis paviršinių (lietaus) nuotekų į aplinką yra išleidžiamos visiškai nevalytos.

Pagrindiniai paviršinių (lietaus) nuotekų tvarkymo etapai:

1. *Surinkimas.* Lietaus vanduo surenkamas nuo įvairių paviršių, tokių kaip keliai, stogai, šaligatviai ar kiemai. Surinkimo sistemas dažniausiai sudaro vamzdynai, latakai, šuliniai ir grioviai, per kuriuos nuotekos patenka į paviršinius vandens telkinius.
2. *Transportavimas.* Surinktos lietaus nuotekos per vamzdynus ar atvirus griovius yra nuvedamos į valymo įrenginius ar į paviršinius vandens telkinius. Vamzdynai, atviri grioviai turi būti įrengti ir prižiūrimi taip, kad būtų užtikrinamas tinkamas nuotekų kiekio surinkimas išvengiant vamzdynų užsikimšimų ar perpildymų.
3. *Valymas.* Surinktos paviršinės (lietaus) nuotekos turi būti išleidžiamos į aplinką neviršijant Paviršinių nuotekų tvarkymo reglamente pateiktų normų.

Paviršinių (lietaus) nuotekų tvarkymas apima ir projektuojamų sistemų technines specifikacijas. Netinkamai parinkti vamzdynai, gali patvindyti gatves, namus, ko pasakoje bus teritorijų užliejimas lietaus nuotekomis. Pagal 1.4 poskyryje pateiktą metodiką, Lietuvoje yra apskaičiuojamas paviršinių (lietaus) nuotekų kiekis, kuris yra pagrindinis parametras, pagal kurį yra parenkama reikalinga lietaus nuotekų šalinimo sistema.

1.8.1. Požeminių sistemų įrengimas

Pagrindinis paviršinių (lietaus) nuotekų tvarkymo būdas – požeminių sistemų įrengimas. Lietaus nuotekos surenkamos per lietaus surinkimo šulinėlius, kurie yra išdėstyti gatvėse ar kituose plotuose, kur yra vandeniui nelaidžios dangos. Lietaus surinkimo šulinėliai turi 0,3 arba 0,5 m sėsdinamąją dalį, kurioje surenkamos stambūs nešmenys (smėlis, žvyras, medžių lapai), kad vamzdynai neužsineštų šiukšlėmis. Vamzdynų tarpuose, įrenginėjami kontroliniai –

apžiūros šuliniai, kurie skirti vamzdynų prijungimui ir jų priežiūrai. Vamzdynais nuotekos nutekamos iki išleidimo vietos. Tokiu atveju nuotekos išleidžiamos į paviršinius vandens telkinius ar melioracinius griovius įrengiant išleistuvus. Paviršinių (lietaus) nuotekų vamzdynai dažniausiai klojami taip, kad nuotekos tekėtų savitaka. Remiantis Paviršinių nuotekų tvarkymo reglamentu, jei nuotekos surenkamos nuo daugiau nei 10 ha gatvių ar privažiavimų teritorijų, prieš išleidžiant į aplinką turi būti išvalomos iki reglamente nurodomų užterštumų normų. Paviršinės (lietaus) nuotekos, kurios susidaro ant galimai teršiamų teritorijų (pvz. automobilių stovėjimo aikštelės), kurių plotas didesnis nei 0,01 ha, prieš išleidžiant į aplinką turi būti išvalomos (Paviršinių nuotekų tvarkymo reglamentas, 2007; Nuotekų tvarkymo reglamentas, 2006; Rimeika, 2006).

Ten, kur reljefas yra nepalankus kloti savitakinius paviršiniu (lietaus) nuotekų šalinimo tinklus, projektuojamos lietaus siurblynės. Lietaus nuotekos vamzdžių pagalba nuvedamos į žemiausią teritorijos tašką ir siurblynėje perpumpuojamos slėginiu vamzdynu iki išleidimo vietos arba iki esančio savitakinio tinklo (Wang et al., 2022).

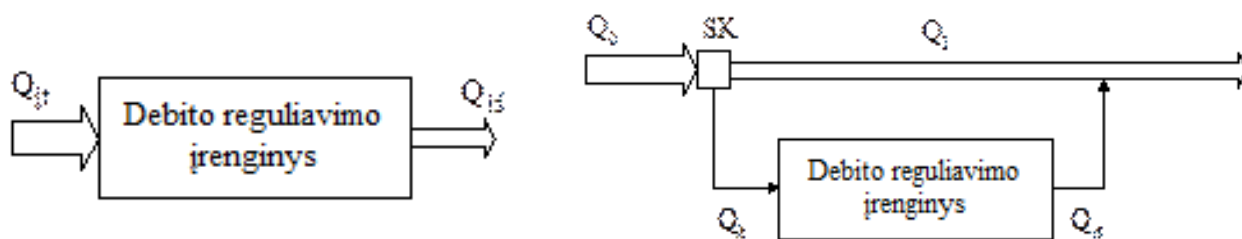
Taip pat projektuojant paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo tinklus turi būti apskaičiuojamas ir perspektyvinių teritorijų prijungimas į tinklus. Neįvertinus papildomų lietaus nuotekų debito, į įrengtą sistemą nebus galima prijungti papildomų vamzdynų, pro kuriuos atitiks papildomas kiekis nuotekų. Prijungus papildomas teritorijas į sistemą, kuri buvo projektuota tik konkrečiai teritorijai, atsiras problemos, tokios kaip didelė tinkų patvanka, kai tinklai negalės priimti ir tinkamai nuvesti didesnio kiekio nuotekų. Tokiu atveju lietaus metu sistema patvins, gatvės bus užlietos, gyventojų rūšiai bei sklypai bus užlieti vandeniu (Paviršinių nuotekų tvarkymo reglamentas, 2007; Nuotekų tvarkymo reglamentas, 2006; Rimeika, 2006).

1.8.2. Paviršinių (lietaus) nuotekų debito reguliavimas

Paviršinių nuotekų debitas yra svarbus dalykas, norint sumažinti išleidžiamų nuotekų kiekio momentinį debitą, užtikrinant saugų nuotekų išleidimą, sumažinant patvenkimo tikimybę. Ten, kur į prijungimo vietą, tinklai yra nepajėgūs priimti reikiamo nuotekų debito, arba išleidžiant didelį debitą galimai bus padaryta žala aplinkai, galima debitą sureguliuoti naudojant akumuliacines sistemas. Taip pat akumuliacines sistemas galima naudoti norint sumažinti tolimesnių vamzdynų skersmenį arba esant sudėtingoms projektavimo sąlygoms, panaudoti kaip vamzdyną be nuolydžio (Christopher J. et al., 2012). Nuotekos gali būti akumuliuojamos rezervuaruose, pačiuose vamzdynuose bei tvenkiniuose (STR 2.07.01:2003).

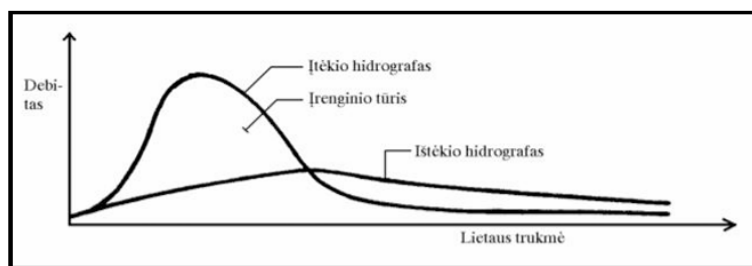
Debitas reguliuojamas taip, jog lietaus nuotekos atiteka didesnio skersmens vamzdynu, kurios praleidžia didesnę nuotekų debitą ir nuotekos įteka į kaupimo rezervuarus. Rezervuaro gale yra mažesnio skersmens vamzdis, kuris parenkamas pagal galimą nuotekų išleidimo debitą. Pro parinktą mažesnę vamzdį, reikiamas nuotekų debitas išteka, o likusi nuotekų dalis kaupiama akumuliacinėje talpoje. Toks debito reguliavimo įrenginys gali būti projektuojamas

lietaus tinkle, arba šalia jo (žr. 1.8 pav.). Taip pat debito reguliavimo įrenginyje turi būti įrengta avarinė nuopyla, pertekliniam debitui išleisti (STR 2.07.01:2003).



1.8 pav. Paviršinių (lietaus) nuotekų debito reguliavimo įrenginių jungimo prie nuotakyno principinės schemas (STR 2.07.01:2003)

Akumuliacinės talpos tūris priklauso nuo apskaičiuoto lietaus nuotekų kiekio. Jis apskaičiuojamas kaip per skaičiuotino intensyvumo lietų įtekančių ir ištekančių paviršinių (lietaus) nuotekų kiekio skirtumas. Dėl lietaus eigos pasiskirstymo, kaip nurodyta 1.9 paveiksle (žr. 1.9 pav.), minėtas skirtumas nėra vienodas, todėl susikaupiančių nuotekų kiekį reikia skaičiuoti tam tikriems lietaus trukmės intervalams, dažniausiai kas 5–10 min. Apskaičiavus nuotekų kiekį skirtingiems lieko intervalams, nustatomas didžiausias įtekėjimo ir ištekėjimo skirtumas, taip nurodant susikaupiančių nuotekų tūrį (STR 2.07.01:2003).



1.9 pav. Reguliuojamo tūrio kitimo schema (STR 2.07.01:2003)

Per pasirinktą lietaus eigos intervalą įtekančių į debito reguliavimo įrenginius nuotekų kiekis apskaičiuojamas pagal formulę:

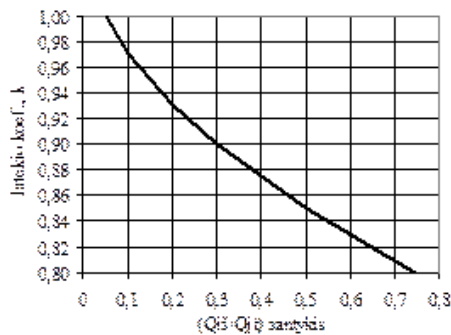
$$V_{it} = \frac{I \cdot F \cdot C \cdot t}{1000}, m^3 \quad (1.14)$$

čia: I – lietaus intensyvumas, $l/(s \cdot ha)$ (apskaičiuojamas pagal 1.2 formulę); F – nuotėkio baseino plotas, ha ; C – vidutinis svertinis nuotėkio koeficientas, apskaičiuojamas pagal 1.6 formulę; t – lietaus eigos intervalo ilgis sekundėmis.

Per tą patį lietaus eigos intervalą ištekančių iš debito reguliavimo įrenginių nuotekų kiekis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$V_{išt.} = k \cdot Q_{iš} \cdot t, m^3 \quad (1.15)$$

čia: k – ištėkio koeficientas (parenkamas pagal 1.10 pav. (žr. 1.10 pav.)); $Q_{iš}$ – ištėkio debitas, m^3/s .



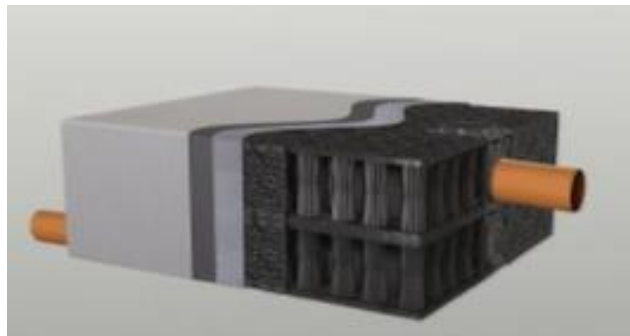
1.10 pav. Ištekio koeficiento priklausomybė nuo ištekio ir įtekio debitų santykio
(STR 2.07.01:2003)

Lietaus nuotekų debito reguliavimo įrenginių dydis nustatomas pagal formulę:

$$V = \max(V_{it} - V_{išt}), m^3 \quad (1.16)$$

Per dideliu nuotekų debitui suakumuliuoti yra naudojamos įvairios sistemos nuotekų kaupimui. Ten, kur yra daug vietos, gali būti įrengiami nuotekų kaupimo rezervuarai. Rezervuarai gali būti plieniniai, gelžbetoniniai bei pagaminti iš stikloplaščio (Li, 2021).

Kita alternatyva nuotekų kaupimo rezervuarams – akumuliacinės kasetės. Akumuliacinės kasetės tinka, norint sutaupyti vietos. Jas sujungti galima stačiu kampu bei montuoti keliais aukštais.



1.11 pav. Akumuliacinė sistema

Kasetės gaminamos iš ilgaamžių plastikų ir jų konstrukcija leidžia jas sujungti tarpusavyje bei leidžia sukurti reikiamo naudingo tūrio sistemą. Kadangi kasetėse yra daug tuščiavidurių vietų, tai leidžia sukaupti didelį vandens kiekį. Taip pat visos sistemos dydis lengvai pritaikomas skirtingoms vietos poreikiams, sumontuojant skirtingos formos bei dydžio rezervuarą. Akumuliacinė talpa yra apvyniojama geotekstile (Matos, 2014).

1.8.3. Paviršinių (lietaus) nuotekų valymas

Paviršinių nuotekų tvarkymo reglamente nurodoma, kad turi būti valoma ne mažiau kaip 15 % didžiausio paviršinių (lietaus) nuotekų debito, o likę 85 % debito gali būti išleidžiami be valymo. Taip pat yra nustatyti momentinės ir vidutinės metinės galimos išleidžiamų nuotekų teršalų vertės:

- SM – 30 mg/l vidutinė metinė ir 50 mg/l momentinė.
- Naftos per. – 5 mg/l vidutinė metinė ir 7 mg/l momentinė.
- BDS₅ – 25 mg/l vidutinė metinė ir 50 mg/l momentinė (Paviršinių nuotekų tvarkymo reglamentas, 2007).

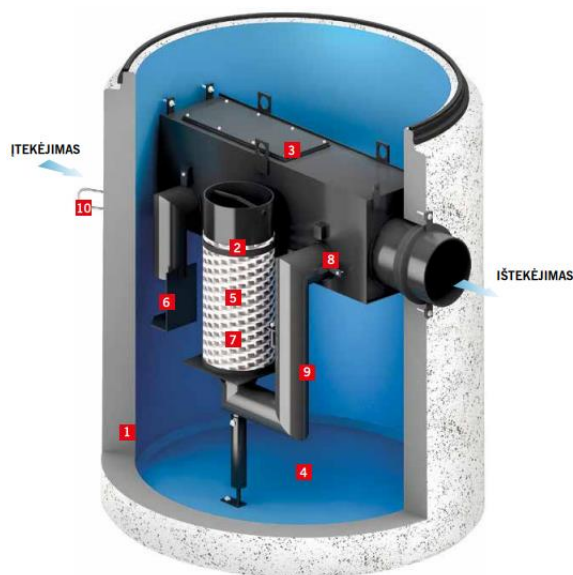
Paviršinių nuotekų valymui, dažniausiai yra naudojamos smėliagaudės ir naftos skirtuvai.

Smėliagaudės skirtos mineralinių dalelių (smėlio, žvyro) pašalinimo, siekiant išvengti tolimesnių vamzdinių užnešimo ar išleidimo vietos užteršimo. Tokios nuosėdos vamzdynuose

sukelia problemas, tokias kaip užsikišimas. Užnešti vamzdynai negali priimti tinkamo nuotekų debito, ko pasakoje pradeda tvinti (Rimeika, 2006).

Kitas dažniausiai naudojamas valymo įrenginys – naftos skirtuvai. Naftos skirtuvai gali būti naudojami pirminiam nuotekų apvalymui, prieš išleidžiant lietaus nuotekas į lietaus nuotakyną arba galutiniam nuotekų išvalymui, prieš išleidžiant į vandens telkinius. Po jo, turi būti įrengiamas šulinys mėginių paėmimui ir išvalymo efektyvumo patikrinimui (Rimeika, 2006).

Pagal paviršinių nuotekų reglamentą, paviršines nuotekas reikia valyti nuo transporto stovėjimo aikštelių ir nuo gatvių, jeigu teritorija užima daugiau nei 10 ha (Paviršinių nuotekų tvarkymo reglamentas, 2007). Dažniausiai paviršinių (lietaus) nuotekų valymui yra naudojami naftos skirtuvai su integruota smėliagaude (žr. 1.12 pav.).



1.12 pav. Naftos skirtuvai su integruota smėliagaude

1 – Gelžbetoninė talpykla, 2 – separacinė kamera, 3 – apvedimo dėžė su apžiūros liuku, 4 – integruota smėliagaudė, 5 – koalecensinis filtras, 6 – deflektorius, 7 – išleidimo angos uždarymas, 8 – mėginių ėmimo prietaiso prijungimo atvamzdis, 9 – išleidimo angos kanalas, 10 – transportavimo kilpos.

Naftos skirtuvai veikia gravitaciniu būdu arba panaudojant koalescencinius modulius. Koalecensiniai naftos atskirtuvai veikia patikimiau, nes plokštės yra pagamintos iš specialios medžiagos, kuri pritraukia naftos produktus. Naftos lašeliui palietus plokštelės paviršių, jį pradeda veikti traukos jėga, kuri neleidžia lašeliui sugrižti į vandenį. Koalecenciniuose moduluose pašalinami didesni kaip 20 μm naftos lašeliai, o lyginant su gravitaciniais, jie gali pašalinti tik didesnius kaip 100 μm .

Projektuojant naftos skirtuvus būtina atsižvelgti į:

- susidarančių lietaus nuotekų debitą;
- vyraujančių naftos produktų tankį;
- medžiagų, galinčių sustabdyti atskyrimo procesą, buvimą (Rimeika, 2006).

1.9. Klimato kaitos poveikis didėjančiam kritulių kiekiui ir intensyvumui

Klimato kaita turi poveikį net ir kritulių kiekiui ir intensyvumui. Šie pokyčiai šiandienai jau yra pastebimi visame pasaulyje. Klimato kaita lemia atmosferos šilimą, o šiltesnė atmosfera gali išlaikyti daugiau drėgmės. Dėl šios priežasties yra padidėjęs kritulių kiekis daugumoje regionų. Klimato kaita intensyvina vandens ciklą. Pagrindinė priežastis, kodėl klimato kaita

lemia didesnį kritulių kiekį – atmosferos šilimas. Kadangi atmosfera šyla, savyje ji gali išlaikyti daugiau vandens garų. Kiekvienas pakilęs temperatūros laipsnis, leidžia atmosferos orui išlaikyti apie 7 % daugiau drėgmės. Todėl vis daugiau vandens garų gali kondensuotis į lietų, kai oro masės kyla ir atvėsta. Šiltesnės oro masės spartina vandens garavimą. Didesnis garavimo kiekis iš vandenynų, ežerų ir upių sudaro didesnį kiekį vandens garų ore. Didesnis garavimas lemia didesnį garų kiekį, kuris vėliau virsta į didesnį kiekį kritulių (Susanto et al., 2020).

Dėl pasikeitusio šiltesnio oro, vyksta intensyvesni konvekcijos procesai. Konvekcija intensyvėja, susidaro daugiau audrų debesų, kurie tiek gausesnius, tiek intensyvesnius kritulius. Bendras kritulių kiekio padidėjimas dėl klimato kaitos nėra vienodas visame pasaulyje. Vidutinio klimato zonose, kritulių didėjimas pastebimas žiemos sezonu. Tropinėse zonose yra padidėjęs tiek kritulių kiekis tiek intensyvumas. Tokiose zonose šiuo metu pastebimi 2 kartus dažniau nei įprastai įvykstantys uraganai ar stiprios audros. Sausros paveiktose zonose krituliai tampa labai nereguliarūs. Pastebima kelis mėnesius trukusios sausros, o vėliau kelias savaites besitęsiančios liūtys (IPCC, 2024).

Padidėjęs kritulių kiekis turi daug įtakos tiek ekologiniams tiek socialiniams aspektams. Padidėję krituliai pakeičia ekosistemų struktūrą ir jų funkcijas. Pavyzdžiui tam tikro klimato zonoje turintys buveinės gyvūnai, netenka jų dėl dažnesnių audrų pasikartojimų ir užliejimo lietaus nuotekomis. Taip pat didesnis kritulių kiekis lengvai pažeidžia jau sukurtą visuomenės infrastruktūrą. Dėl padidėjusio paviršinio nuotekų kiekio, jau pastatytos nuotekų surinkimo sistemos nepajėgia priimti padidėjusio kritulių kiekio, ko pasakoje lietaus metu sistema patvinsta bei vanduo lieka ant žemės paviršiaus. Potvynio metu vanduo užlieja gyventojų turtą, sugadina gyvenviečių infrastruktūrą (Hertel and Lima, 2020).

Pagal Clausius Clapeyron (CC) lygtį iš paprastos atmosferos termodinamikos tikimasi, kad atmosferos gebėjimas išlaikyti drėgmę padidės ~ 6–7 % kas 1 °C atšilimo. Trenberth ir kt. 2003 metais pasiūlė, kad stiprūs krituliai turėtų atitikti panašų mastelį, tačiau esant ekstremalioms kasdienėms kritulių sąlygoms kritulių kiekis dažnai viršija bendrą atmosferoje esantį nusodinamo vandens kiekį.

1.10. Potvyniai

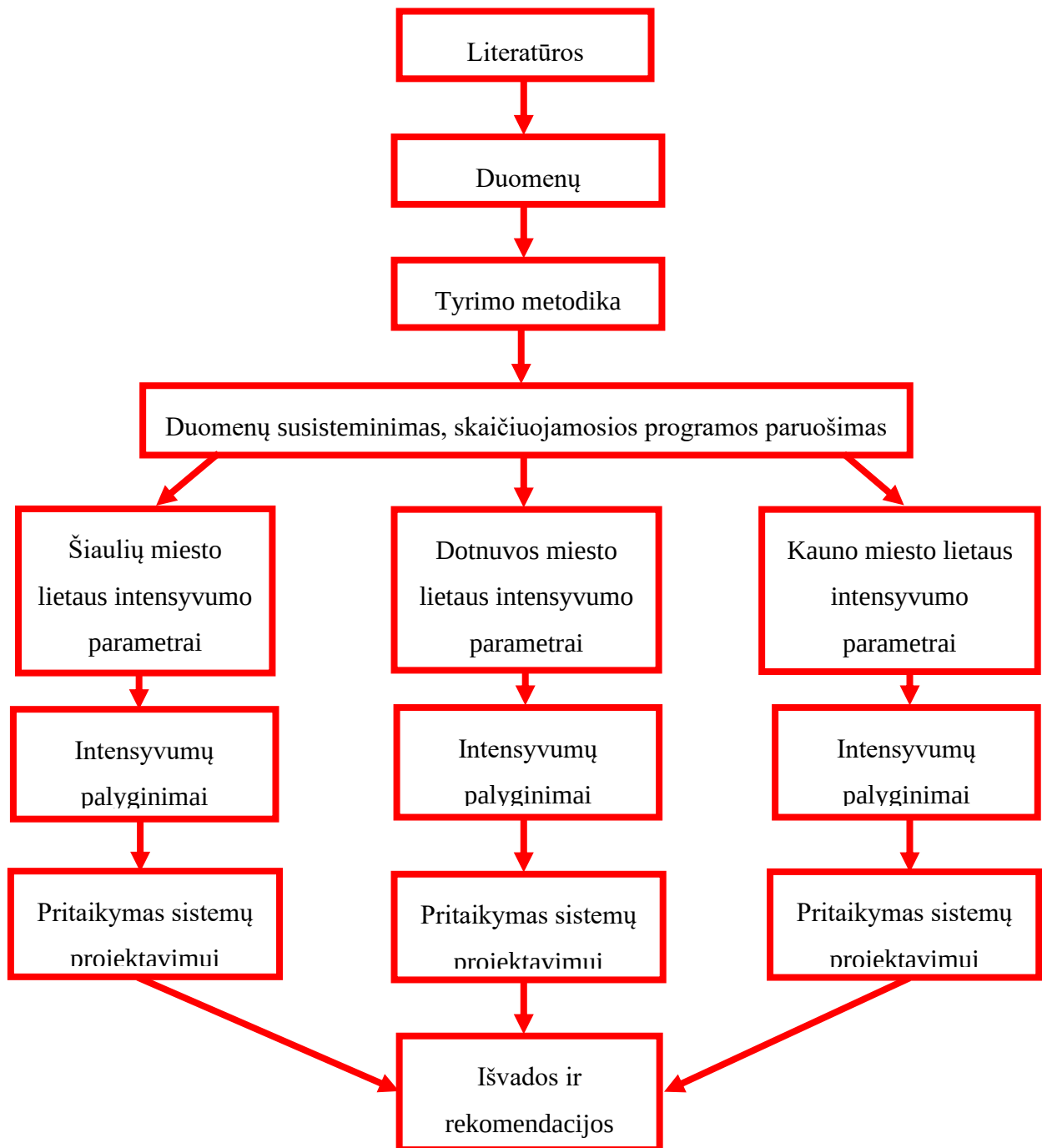
Didesnio kiekio kritulių iškritimas daro didelį poveikį žmogaus ir gamtos sistemoms. Ateityje numatoma, kad šis pokytis turės didelį poveikį klimato kaitos kontekste, net ir padidėjus visuomenės atsparumui dėl lietaus kiekio didėjimo (Kahraman et al., 2021).

Pastarieji ekstremalūs kritulių kiekiai atkreipė dėmesį į didėjantį poveikį visuomenei. Tikėtina, kad staigių potvynių rizika yra didesnė nei potvynių iš upių ir jūros. Tokia rizika yra didesnė dėl to, kad trumpalaikiai ekstremalūs krituliai paprastai būna labai lokalizuoti, gali susidaryti ir išknykti stebėtinai mažai įspėjimo ir dažnai sukelia infrastruktūros pažeidimus ir sunaikinimą bei net ir gyventojų žūtį (Archer and Fowler 2018).

Ekstremalių liūčių poveikis paliečia tiek turtingas, tiek trečiojo pasaulio šalis, kaip parodė staigūs potvyniai Vokietijoje 2021 metais, kur iškrito apie 400 mm kritulių per 3 valandas, arba staigus potvynis Graikijoje per audrą „Daniel“, 2023 m. Ekstremalius kritulių įvykius nurodomas tada, kai per valandą lygis pasiekia arba viršija 30 mm. Daugėja stebėjimų įrodymų, kad pasauliui šylant ekstremalūs krituliai tampa vis intensyvesni o konkrečių įvykių priskyrimo tyrimai rodo, kad klimato kaita prisidėjo prie jų atsiradimo (Davies et al., 2024).

2. KRITULIŲ PARAMETRŲ ANALIZĖS METODIKA

Magistro darbas tema „Kritulių parametrų analizė ir taikymas lietaus nuotakyno projektavimui“, atliktas pagal sudarytą tiriamojo darbo schemą, kuri pateikta 2.1 paveiksle (žr. 2.1 pav.).

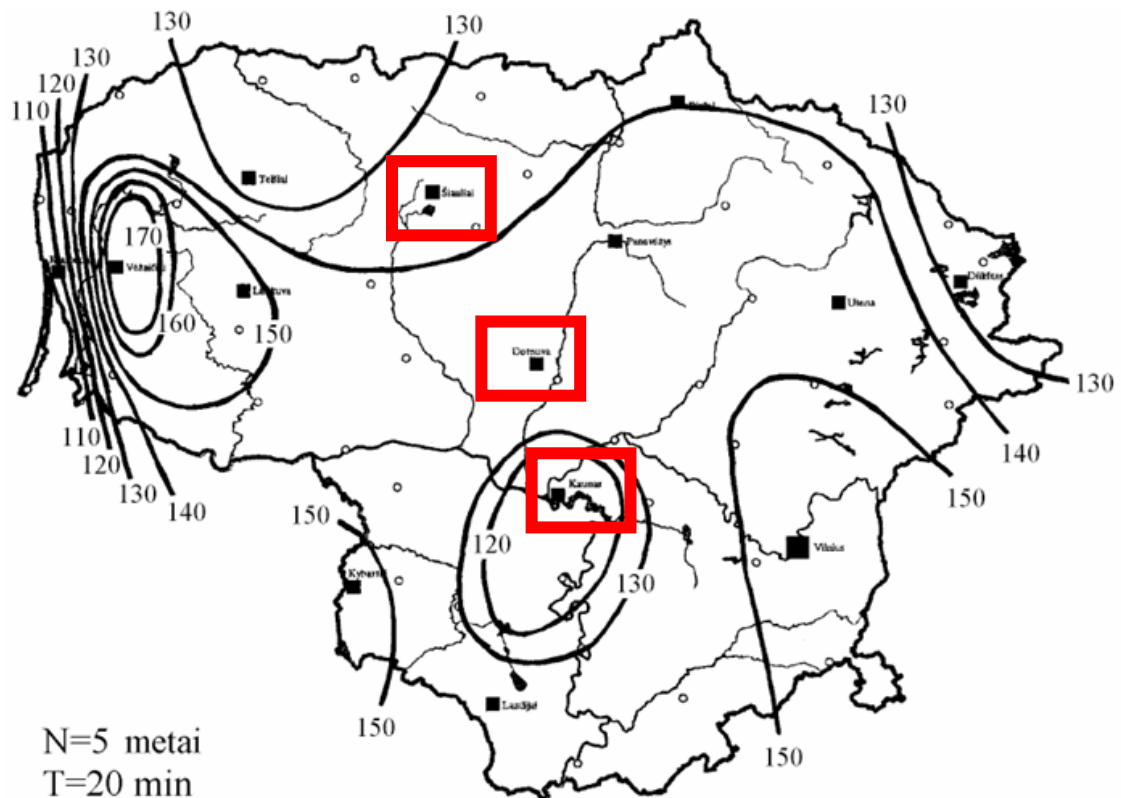


2.1 pav. Magistro darbo schema

2.1. Tyrimo objektas

Magistro darbo įgyvendinimui parinkti trys miestai – Šiauliai, Dotnuva ir Kaunas. Šių miestų geografinė padėtis lemia, jog visų nagrinėjamų miestų klimatas yra žemyninis. Miestai yra sąlyginai netoli vienas kito, todėl galima stebėti kaip skiriasi tiek kritulių kiekis, tiek

intensyvumas. Miestams būdingi ryškūs sezoniniai kritulių kiekio svyravimai (žr. 2.2 pav.). Šių miestų duomenys apie lietaus intensyvumą 1993–2023 m. surinkti iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos stebėjimo duomenų.



2.2 pav. Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno miestai Lietuvos respublikos atžvilgiu

2.2. Duomenų susisteminimas

Surinkti duomenys iš skaitmenizuotų ir neskaitmenizuotų archyvų yra perkeliama į Microsoft Excel programą (žr. 2.3 pav.). Duomenys turi būti susisteminami taip, jog skaičiavimus atliekant būtų gauti tikslūs rezultatai. Pagal formules bus apskaičiuojamos tikimybės, vidurkiai ir kita informacija reikalinga tolimesniam tyrimo etapui.

Vėlavimas	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
1997-05-14	0,01	0,08	0,04	0,01													
1997-05-22	0,01	0,03	0,09	0,04	0,01												
1997-05-30	0,01	0,64	0,01														
1997-06-02	0,1	0,05	0,03	0,05	0,01												
1997-06-08	0,08	0,19	0,05	0,11	0,04	0,01											
1997-06-04	0,01	0,04	0,01	0,04	0,01	0,03											
1997-06-05	0,07	0,09	0,2	0,01													
1997-06-29	0,01	0,01	0,05	0,11	0,16	0,31	0,01										
		0,04	0,09	0,11	0,18	0,31	0,05	0,08	0,09	0,02	0,01	0,05					
1997-06-30	0,11	0,16															
1997-07-06	0,01	0,04	0,08	0,11	0,06	0,2											
1997-07-07	0,06	0,11	0,02	0,01													
1997-07-08	0	0,05	0,02	0,07	0,34	0,2	0,09	0,01	0,08	0,01	0,01						
	0,6	0,19															
1997-07-12	0,14	0,05	0,03														
1997-07-21	0,1	0,1	0,06	0,01													
1997-07-24	0,1	0,18	0,45	1,01	0,15	0,25	1,01	0,4	0,11	0,8	1,06	0,16	0,04	0,11	0,03		
1997-07-25	0,11	0,16	0,24	0,01	0												
1997-07-27	0,01	0,19	0,13	0													
1997-07-30	0,04	0,16	0,01	0,01	0,1												
1997-07-30	0,04	0,11	0	0,01													

2.3 pav. Duomenų susisteminimo pavyzdys

2.3. Skaičiuojamoji programa

Norint išanalizuoti tam tikras skaičių eiles, reikalinga programa – Microsoft Exel. Šioje programoje yra tinkamos formulės suskaičiuoti tikslius tyrimo duomenis. Naudojamos formulės pateikiamos 2.1 lentelėje (žr. 2.1 lentelė).

2.1 lentelė. Naudojamos programos funkcijos

Pavadinimas	Funkcija
Maksimumas	=MAX
Vidurkis	=AVERAGE
Skaičiuoti jeigu	=COUNTIF
Suma	=SUM
Mediana	=MEDIAN
Funkcija if	=IF
Pakeitimas iš stulpelio į eilutę	=TRANSPOSE
Interpoliavimas	$=(((A3-A2)*(B4-B2))/(A4-A2))+B2$
Koreliacija	=CORREL
Daugyba	=A1*A2
Šaknis	=SQRT
Dalyba	= A1/A2
Skaičiuoti	=COUNT

2.4. Kritulių kiekių sekų chronologinė analizė

Atmosferos krituliai – tai svarbiausias klimatą apibūdinantis veiksnys, kurį nurodo mėnesiai, sezonais ar metais. Kritulių kiekis, skirtingose vietovėse būna skirtingas. Kritulių kiekį lemia reljefas, šlaitų padėtis oro masių įtaka, nuotolis nuo jūrinio klimato juostos. Dėl šių faktorių, net ir Lietuvoje kritulių kiekis gali keistis.

Norint nustatyti iškritusių kritulių kaitą Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno miestuose, reikia sudaryti iškritusių kritulių kiekio chronologinę analizę. Į skaičiuojamąją programą reikalinga suvesti šiltojo laikotarpio turimus kritulių kiekių duomenis. Suvedus duomenis, išbraižomi kritulių kiekių kitimo grafikai visiems miestams. Iš grafikų turi būti palyginama, kiek sąlyginai netoliese esančių miestų kritulių kiekių duomenys yra skiriasi bei atliekama analizė kaip kas metus keičiasi kritulių kiekiai nagrinėjamos teritorijose per 30 ir 50 metų laikotarpius.

2.5. Lietaus intensyvumo, trukmės ir pasikartojimo dėsningumas

Vienas iš svarbiausių darbo procesų – lietaus intensyvumo duomenų apdorojimas. Šiuo etapu svarbiausia tinkamai apdoroti surinktus duomenis. Dėl šių duomenų netikslumų, ateityje projektuojamos sistemos gali veikti netinkamai ir išanalizuoti duomenys neturėti prasmės.

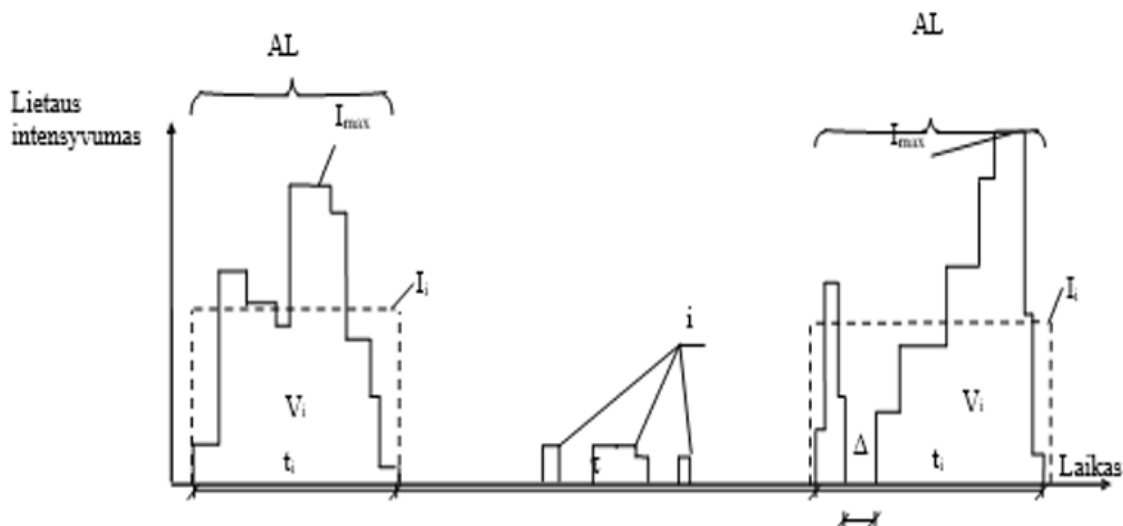
Tam, kad suprojektuoti tinkamas lietaus surinkimo sistemas, būtina tiksliai nustatyti susidarančių nuotekų kiekį. Pagrindinis rodiklis, nustatant nuotekų debitą yra lietaus intensyvumas. Šis parametras yra nustatomas tik apdorojus daugiamečius lietaus duomenis.

Magistro darbe bus nagrinėjami lietaus intensyvumo, trukmės ir pasikartojimo duomenys 50 metų laikotarpio. 50 metų dėsningumus analizuoti, bus remiamasi 2000 metais atlikta daktaro disertacija, kurioje buvo išanalizuoti duomenys nuo 1967 m. iki 1996 metų.

Surinktų duomenų tikslumas 1996–2023 metų, priklauso nuo įvairių subjektyvių ir objektyvių priežasčių: prietaiso matavimo tikslumo, vėjo stiprumo, drėkinimo, garavimo

intensyvumo ir instrumentinių paklaidų, prietaiso pastatymo vietos, stebėtojų kvalifikacijos ir kt. Iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos senesni duomenys gauti duomenys yra po pirminių pliuvigramų apdorojimų. Naujesni duomenys yra matuoti su automatiniu lietaus intensyvumo matavimo prietaisu. Pagal lietaus duomenų, pateiktų lentelėse, apdorojimo tvarką nepriklausomai vienas nuo kito lietaus laikomas toks lietus, kai lyja bet kokiame intensyvume be pertraukos arba su pertraukomis, ne ilgesniais, kaip 60 min laiko intervalais.

Projektavimo metu yra svarbiausia lietaus dalis ta, kuri sukelia paviršinių nuotėkį, todėl lietaus intensyvumas lietaus metu gali ženkiai skirtis. Vieno lietaus suskaidymo į atskiras dalis schema pateikiama 2.4 paveiksle (žr. 2.4 pav.).

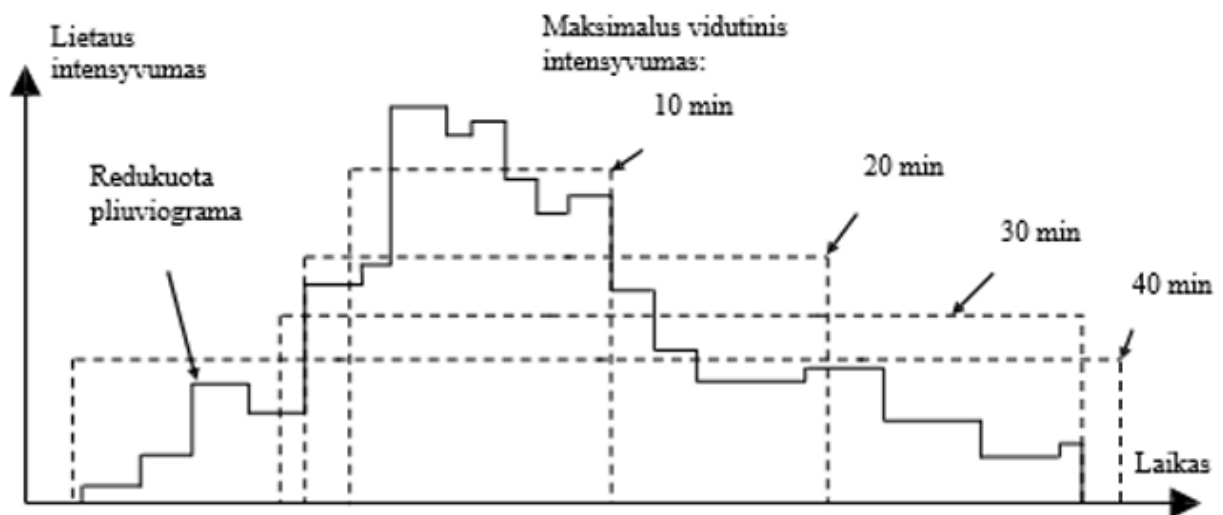


2.4 pav. Vieno lietaus suskaidymo į atskiras dalis schema (Rimeika 2000)

Sutrumpinimai: AL – atskiras lietus; τ mažesnis – sauso periodo trukmė arba laikas tarp dviejų lietaus (visiškai nelyja arba lyja nei 0,02 mm/min intensyvumu ilgiau nei 30 min); Δ – trumpalaikis lietaus nebuvimas (trumpesnis nei 30 min); V_i – atskiro lietaus metu susidaręs vandens kiekis; t_i – atskiro lietaus trukmė; i – atskiru lietaus neskaitomas lietus (intensyvumas mažesnis nei 0,02 mm/min); I – atskiro lietaus vidutinis intensyvumas; $I_{\max}$ – atskiro lietaus maksimalus intensyvumas.

Pagal 2.4 paveikslą (žr. 2.4 pav.), lietaus intensyvumas yra didelis pradžioje, vėliau lietus apimsta ir krituliai tapę dulksna nebeformuoja paviršinio vandens nuotėkio. Praėjus tam tikram laikui, lietaus intensyvumas padidėja ir vėl formuojasi nuotėkis. Atskiru lietaus laikoma, kai lyja didesniu nei 0,02 mm/min (3,3 l/s*ha) intensyvumu. Kai intensyvumas mažesnis nei 0,02 mm/min ir lietus trunka ne ilgiau kaip 30 min atskiru lietaus nėra skaitoma. Tarp dviejų atskirų lietaus esantis lietus į skaičiavimus neįtraukinėjamas (Rimeika, 2000).

Kadangi lietaus intensyvumas kinta, todėl skaičiuojamas tik momentinis arba tam tikros trukmės vidutinis intensyvumas. Dažniausiai naudojamas vidutinis, 10 min trukmės, lietaus intensyvumas. Pliuvigramų apdorojimui pasirinkus trumpesnę laiko intervalą žymiai padidėja darbo sąnaudos, o atsižvelgiant į šiuo metu naudojamų prietaisų tikslumą, santykinę paklaidą nustatant intensyvumą gali padidėti 5–10% (Rimeika, 2000). Kiekvieno lietaus atveju nustatytas maksimalus vidutinis 10, 20, ... , 60 min trukmės lietaus intensyvumas, nepriklausomai nuo to ar maksimalus intensyvumas įvyko lietaus pradžioje, viduryje ar gale. Maksimalių vidutinių lietaus intensyvumų nustatymo schema pateikiama 2.5 paveiksle (žr. 2.5 pav.). Kadangi paviršinių (lietaus) nuotėkų šalinimo tinklai yra sąlyginai riboti savo ilgi, skaičiavimams parenkama 0–60 min laiko tarpas, kuris objektyviai nurodo skaičiavimams naudojamą skaičiuotiną lietaus trukmę. Ilgiau trunkantis lietaus intensyvumas didesnei nei 0,02 mm/min yra retai pasitaikantis, iki 5 % lietaus atveju (Rimeika, 2000).



2.5 pav. Atitinkamos trukmės maksimalaus vidutinio lietaus intensyvumo nustatymo schema

Kartojimosi periodas – laikotarpis, per kurį tam tikros trukmės ir intensyvumo lietus pasikartoja vieną kartą.

Kartojimosi periodas (metais) apskaičiuojamas pagal Kalifornijos formulę:

$$N = \frac{n}{m} \quad (2.1)$$

čia: n – lietaus matavimo duomenų trukmė metais; m – lietaus intensyvumo variacinės eilutės išdėstytos mažėjimo tvarka eilės numeris.

Remiantis daktaro disertacijos darbu, nurodoma, kad kartojimosi periodas (vieną kartą per N metų) yra atvirkštinė priklausomybė susijęs su kartojimosi dažnumu, kartais per metus:

$$K = \frac{1}{N} \quad (2.2)$$

Tiesinės interpoliacijos būdu, galima apskaičiuoti kartojimosi periodo lietaus intensyvumo reikšmę. Jei ieškoma intensyvumo reikšmė atitinka kartojimosi periodą (N^*), esantį tarp m ir $m+1$, tai intensyvumą galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$I_{N^*} = I_m - (I_m - I_{m+1}) \frac{N_m - N^*}{N_m - N_{m+1}} \quad (2.3)$$

čia: I_m – lietaus intensyvumas, nustatomas iš variacinių eilučių; N – kartojimosi periodas apskaičiuojamas pagal 2.1 formulę.

Kartojimosi periodą su kartojimosi tikimybe metuose sieja Puasono nepriklausomų įvykių dėsnis:

$$p = (1 - e^{-\frac{l}{N}}) \cdot 100\% \quad (2.4)$$

čia: p – kartojimosi tikimybė, %; N – kartojimosi periodas, metais.

2.6. Nagrinėjami laikotarpiai

Lietus yra nepastovus reiškiny, kurio intensyvumas, trukmė bei kartojimosi periodas gali labai skirtis. Patikimus duomenis apie minėtus lietaus parametrus, galima nustatyti tik naudojant statistinį ilgalaikių matavimo duomenų apdorojimą. Remiantis Pasauline meteorologijos organizacija (WMO, 2023), rekomenduojama analizuoti 30 metų ir ilgesnius laikotarpius, kaip standartą klimato normoms nustatyti.

Šiame tiriamajame darbe analizuojami Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno meteorologijos stočių daugiamečių lietaus parametrų matavimo duomenys. Nagrinėjami duomenys nuo 1968 iki 2023 metų, kurie surinkti iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos archyvų. Nuo 1968 iki 2012 metų pabaigos duomenys yra matuoti rankiniu būdu, pliuvigrafu ir tik šiltuoju laikotarpiu. Nuo 2013

metų, lietaus intensyvumas ir kritulių kiekis matuotas automatizuotais prietaisais, kas 10 min tiek šiltuoju tiek šaltuoju laikotarpiu. Nagrinėjant surinktus duomenis, nustatyta, kad kai kurių mėnesių, kai lietaus parametrai buvo matuoti rankiniu būdu, trūksta. 2.2 lentelėje (žr. 2.2 lentelė) pateikti nagrinėjami laikotarpiai bei trūkstamų mėnesių duomenys.

2.2 lentelė. Trūkstami nagrinėjamo laikotarpio duomenys

Meteorologijos stotis	Nagrinėjamas laikotarpis	Trūkstami laikotarpiai
Šiauliai	1968–2023 m.	1970 m. V mėn.
		1976 m. V, IX mėn.
		1978 m. V mėn.
		1981 m. VII, VIII, IX mėn.
		1992 m. VI mėn.
		1994 m. VII mėn.
		1997 m. VII, VIII, IX mėn.
Dotnuva	1968–2023 m.	1968 m. IX mėn.
		1969 m. V mėn.
		1970 m. V, VI, VII, VIII, IX mėn.
		1972 m. V mėn.
		1981 m. VI, VII, VIII mėn.
		1992 m. V, VI mėn.
		1994 m. VII mėn.
		1998 m. IX mėn.
		2006 m. VI mėn.
Kaunas	1968–2023 m.	2012 m. V mėn.
		1968 m. VII, IX mėn.
		1971 m. VII mėn.
		1983 m. VIII mėn.

Lietaus parametrų matavimo duomenų trūkumas gali atsirasti dėl įvairių techninių, žmogiškųjų ar gamtinių priežasčių. Viena iš pagrindinių priežasčių – matavimo prietaisų gedimai. Taip pat trūkumų galėjo atsirasti dėl žmogiškųjų veiksmų, tokių kaip klaidos surenkant duomenis bei personalo trūkumas. Įskaitoma ir nepakankama archyvavimo sistema bei pasenę ir nekokybiškai veikiantys prietaisai. Kadangi nuo 2013 metų Lietuvoje pradėta naudoti automatizuota lietaus parametrų matavimo sistema, šie duomenys yra daug tikslesni bei patikimesni.

3. REZULTATAI

3.1. Kritulių kiekio kitimai

Kritulių kiekio kitimo analizė nuo 1968 m. iki 2023 m. Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno miestuose nurodo reikšmingus pokyčius. Šiuo metu jau yra atnaujinta statybinė klimatologija (RSN 156-94) į STR 2.01.12:2024 „Statybų klimatologija“, kur nurodyti jau nauji nustatyti vidutiniai ir maksimalūs 1991–2020 metų kritulių kiekiai (žr. 3.1 lentelė).

3.1 lentelė. Vidutinis kritulių kiekis (mm), standartinė klimato norma (1991–2020 m.) (LHMT, 2021)

Stotis	Mėnesis					Suma
	V	VI	VII	VIII	IX	
Šiauliai	50	66	82	67	47	312
Dotnuva	46	59	80	66	45	296
Kaunas	53	65	88	77	51	334

Analizuojant sąlyginai netoli esančius vienas nuo kito miestus atsižvelgiama į kritulių kiekio pokytį kiekviename mieste. Pagal išnagrinėtus duomenis, kurie pateikti STR 2.01.12:2024 bei analizuojant turimus kritulių kiekio duomenis iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos nuo 1968 m. iki 2023 m., nustatyta, kad ryškiausias kritulių kitimas pastebėtas nuo 2013 metų, kai lietaus parametrai matuojami automatizuotu būdu.

Lyginant vidutinius kritulių kiekius tarp nagrinėjamų miestų, galima daryti išvadą, kad kritulių kiekiai yra sąlyginai panašūs.

Toliau pateikiami kritulių kiekių grafikai, iš kurių galima nustatyti kritulių kiekio pokytį šiltojo laikotarpio (gegužės – rugsėjo mėnesiais) nuo 1968 m. iki 2023 metų Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno miestuose.

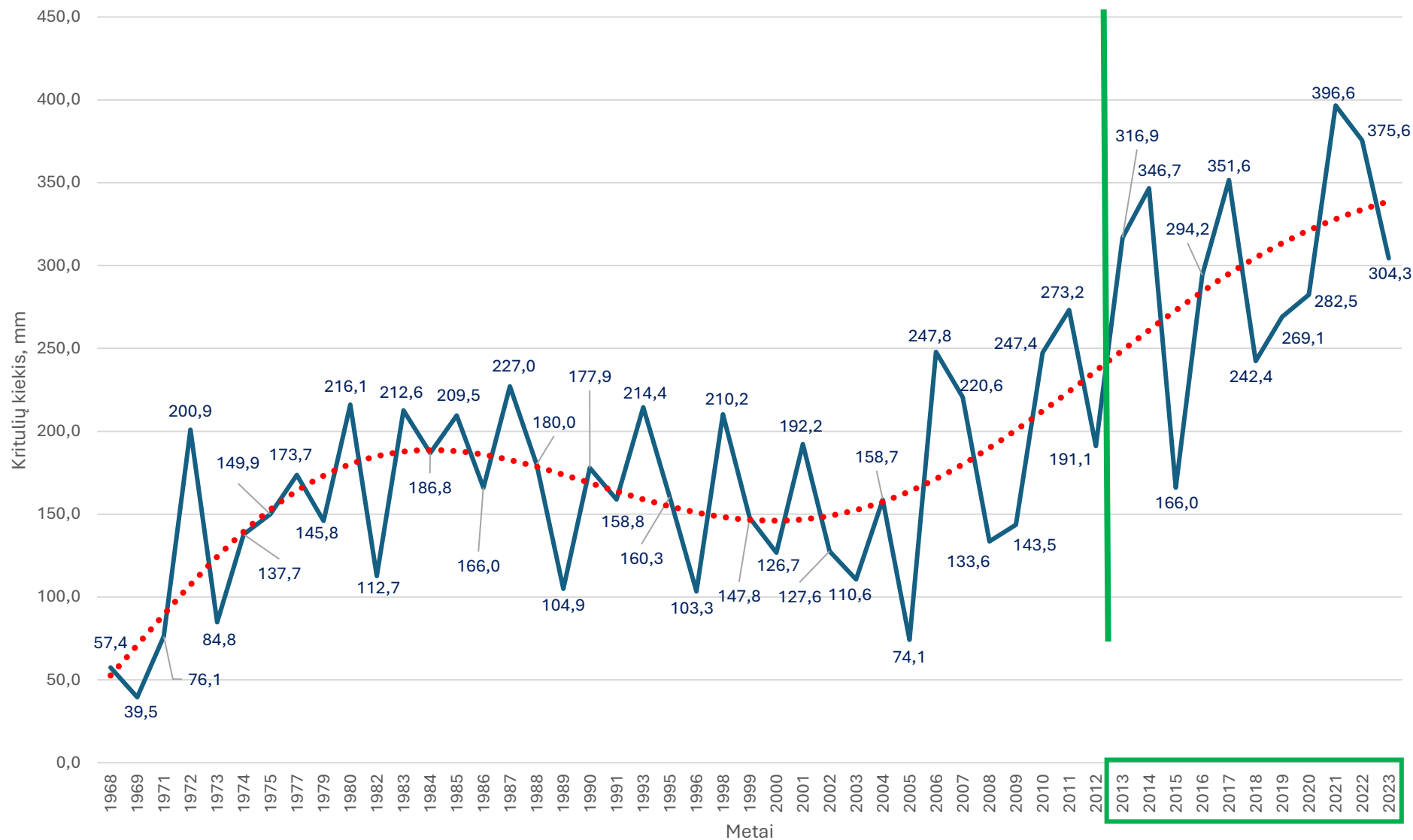
3.1 paveiksle (žr. 3.1 pav.) pateikiamas kritulių kiekio grafikas nurodantis kritulių kiekio pokytį 1968 – 2023 m. Šiaulių mieste.

3.2 paveiksle (žr. 3.2 pav.) pateikiamas kritulių kiekio grafikas nurodantis kritulių kiekio pokytį 1968 – 2023 m. Dotnuvos mieste.

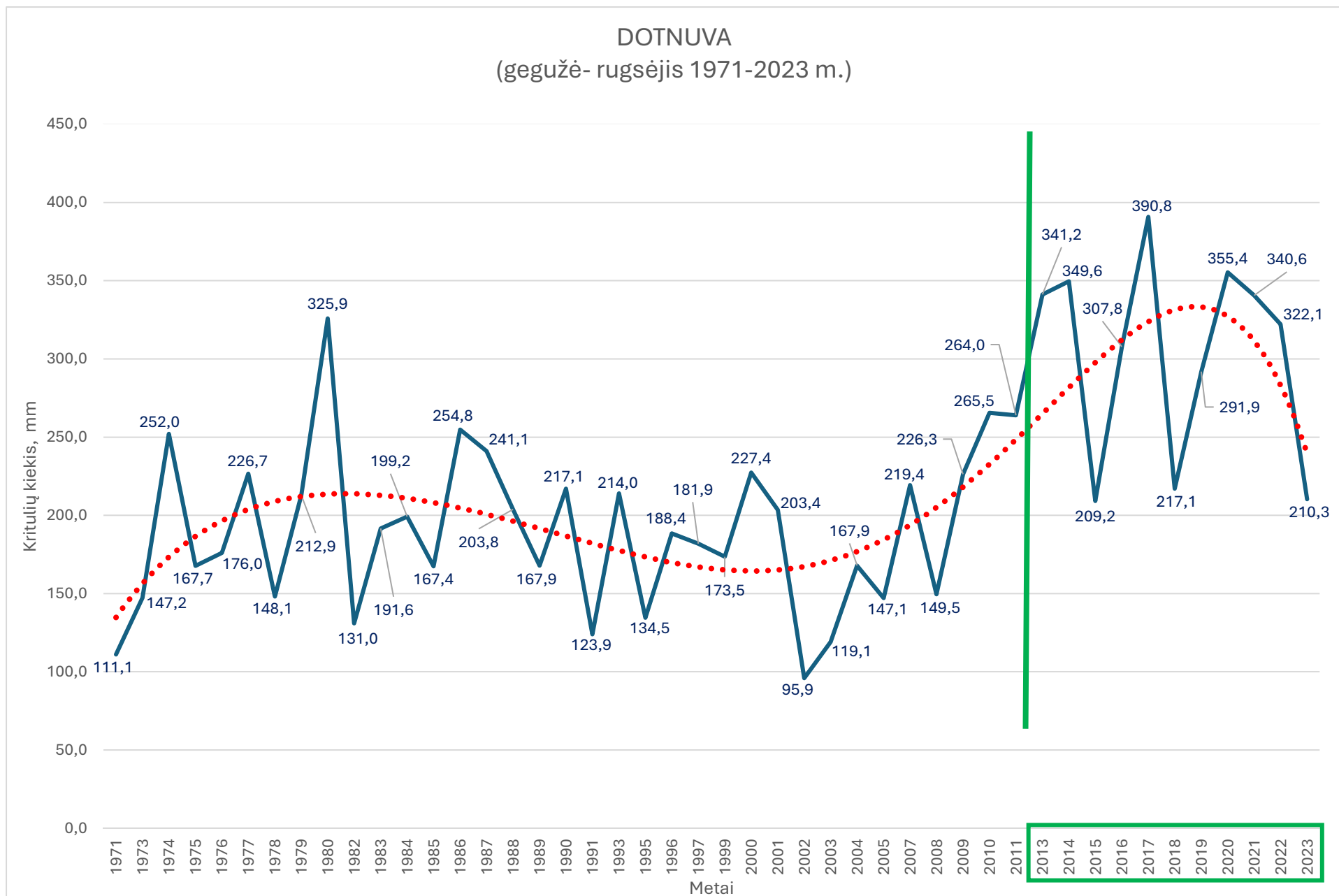
3.3 paveiksle (žr. 3.3 pav.) pateikiamas kritulių kiekio grafikas nurodantis kritulių kiekio pokytį 1968 – 2023 m. Kauno mieste.

3.4 paveiksle (žr. 3.4 pav.) pateikiamas kritulių kiekio kitimo grafikas kritulių kiekio palyginimui tarp Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno miestų.

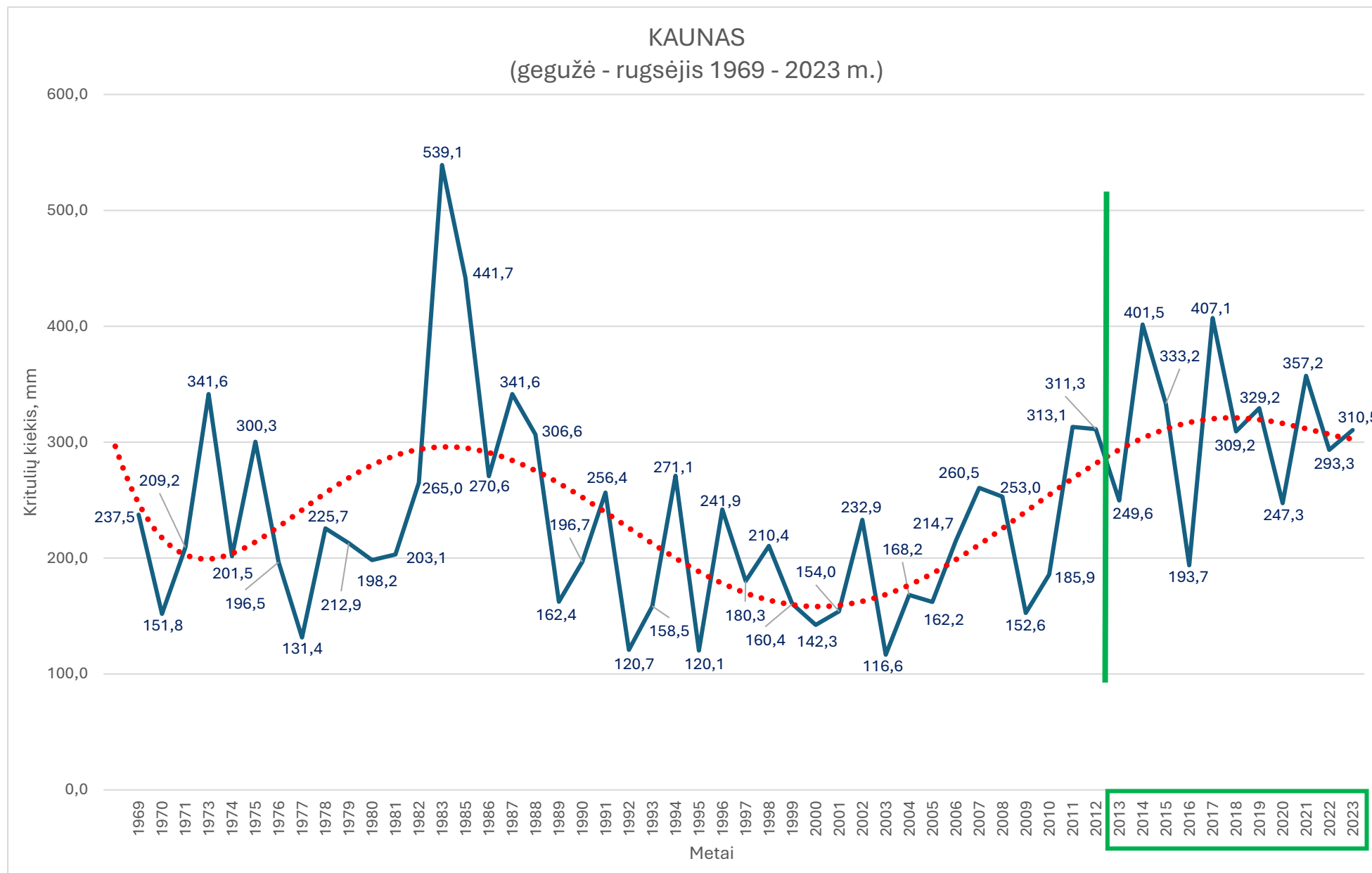
ŠIAULIAI (gegužė - rugsėjis, 1968-2023 m.)



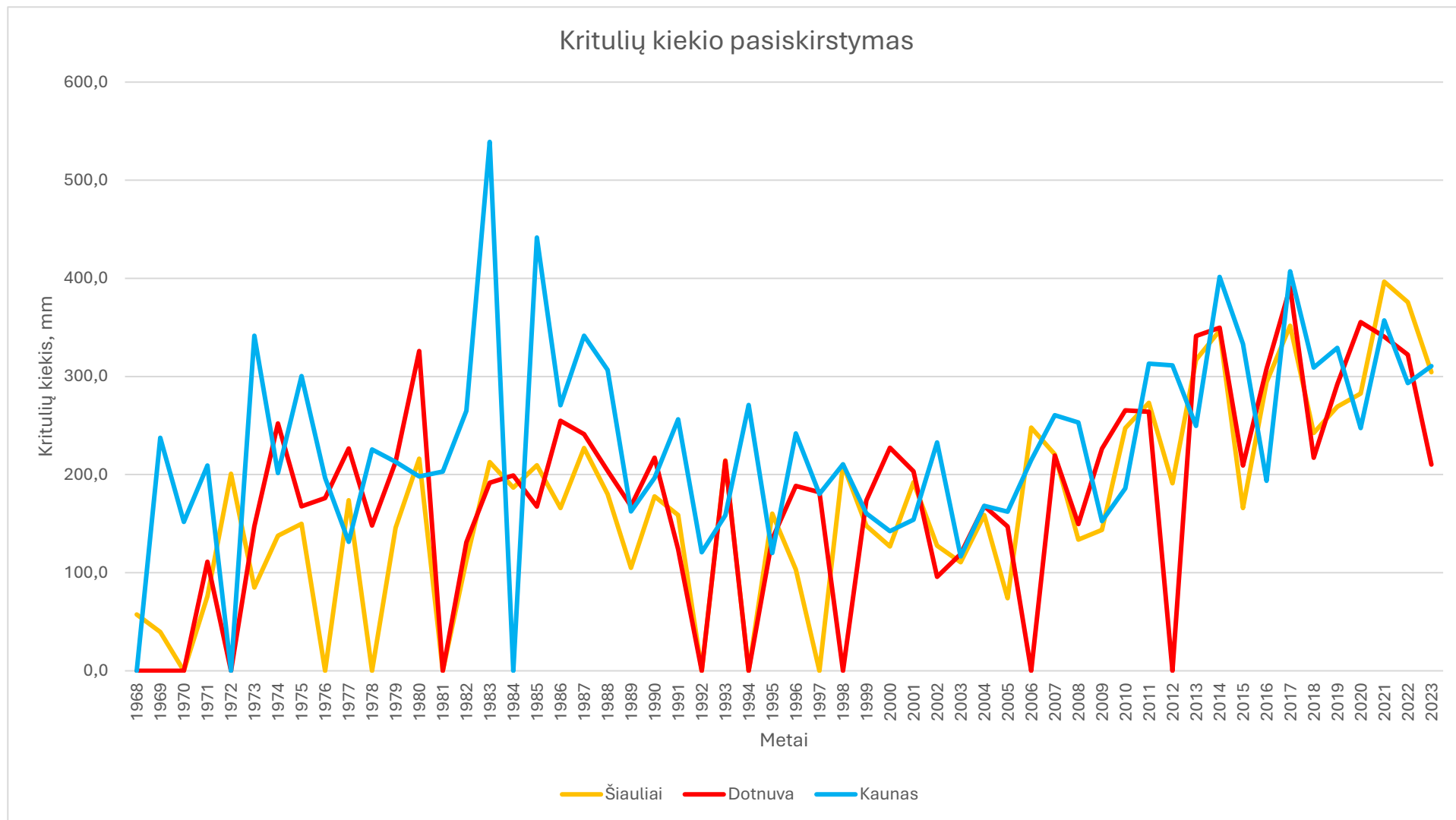
3.1 pav. Kritulių kiekio kitimas Šiaulių mieste



3.2 pav. Kritulių kiekio kitimas Dotnuvos mieste



3.3 pav. Kritulių kiekio kitimas Kauno mieste



***Pastaba.** Ten, kur kritulių kiekis lygus 0 mm nurodomi neturimi duomenys dėl įvairių techninių, žmogiškųjų ar gamtinių priežasčių (žr. 2.2 lentelę).

3.4 pav. Kritulių kiekio kitimo palyginimas tarp nagrinėjamų miestų

Analizuojant sudarytus grafikus, galima teigti, jog iškritusių kritulių kiekis nuo 1968 m. iki 2023 m. yra pasikeitęs. Kritulių kiekio kitimo analizė atliekama tik su turimais analizuojamo laikotarpio duomenimis.

Nagrinėjant 3.1 paveikslą (žr. 3.1 pav.), nuo 1968 iki 2023 metų yra pastebimas ženklus kritulių kiekio padidėjimas Šiaulių mieste. Didžiausias iškritusių kritulių kiekis 2021 metais. Šiuo metu esantis šiltojo laikotarpio vidutinis kritulių kiekis – 312 mm. Remiantis sudarytu kritulių kiekio kitimo grafiku, galima teigti, kad vidutiniai kritulių kiekiai 1968–1996 m. (152 mm) ir 1997–2023 m. (229 mm) skiriasi 77 mm, t. y. apie 50 %.

Nagrinėjant Dotnuvos miesto kritulių kiekį (žr. 3.2 pav.), taip kiekis yra pasikeitęs. Didžiausias iškritusių kritulių kiekis 2017 metais. Šiuo metu esantis šiltojo laikotarpio vidutinis kritulių kiekis Dotnuvos mieste – 296 mm. Remiantis sudarytu kritulių kiekio kitimo grafiku, galima teigti, kad vidutiniai kritulių kiekiai 1968–1996 m. (191 mm) ir 1997–2023 m. (241 mm) skiriasi 50 mm, t. y. apie 26 %.

3.3 paveiksle (žr. 3.3 pav.) pateiktas kritulių kiekio kitimo grafikas Kauno mieste. Nagrinėjamo laikotarpio kritulių kiekio padidėjimas yra nežymus. Šiuo metu esantis šiltojo laikotarpio vidutinis kritulių kiekis Kauno mieste – 334 mm. Remiantis sudarytu kritulių kiekio kitimo grafiku, galima teigti, kad vidutiniai kritulių kiekiai 1968–1996 m. (242 mm) ir 1997–2023 m. (246 mm) skiriasi 4 mm, t. y. apie 2 %.

Analizuojant 3.4 (žr. 3.4 pav.) paveikslą, išnagrinėtas kritulių kiekio kitimas lyginant visus tris miestus. Nors kritulių kiekio tendencijos yra panašios, Kaune dažniau užfiksuota didesnė kritulių koncentracija, o Dotnuvos ir Šiaulių miestai parodė artimesnius, mažiau intensyvius kritulių kiekius. Dotnuvoje pastebimi panašūs kritulių kiekio kitimai kaip ir Šiauliuose. Kauno duomenys dažniau rodo didesnę kritulių kiekį, palyginti su kitais analizuotais miestais. Iš minėtų paveikslų ir 3.1 lentelės (žr. 3.1 lentelė) galima teigti, kad šių visų trijų miestų lietaus kiekiai yra panašūs, tačiau Kauno mieste iškrentančių kritulių kiekis didėja nežymiai, o Šiaulių ir Dotnuvos miestuose iškrentančių kritulių kiekis aiškiai pastebimas.

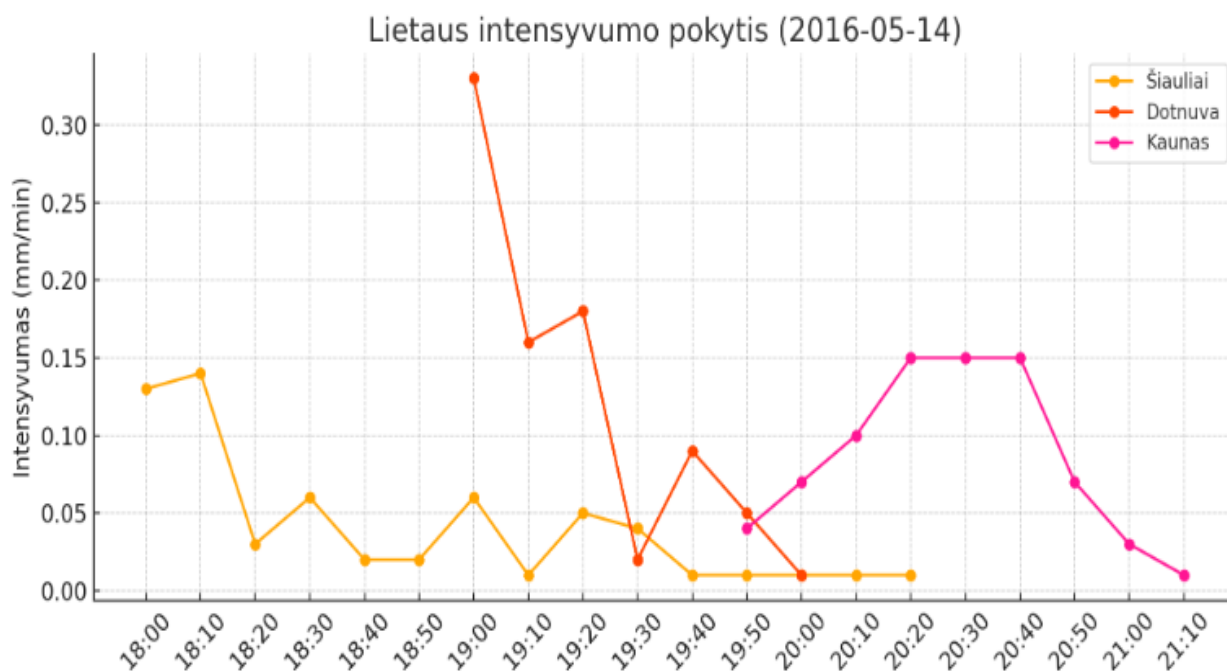
3.1, 3.2 ir 3.3 paveiksluose (žr. 3.1, 3.2, 3.3 pav.) nustatytas ryškus kritulių pokytis nuo 2013 metų. Galima daryti prielaidą, kad kai buvo pradėtas naudoti automatinis lietaus kiekio ir intensyvumo matavimo prietaisas, gaunami tikslesni duomenys nei surinkti rankiniu būdu. Nustatčius vidutinius kritulių kiekius nuo 2013 m. iki 2023 metų, Šiauliuose vidutinis kritulių kiekis – 304 mm, Dotnuvoje – 303 mm ir Kaune – 309 mm. Palyginimui nustatytas ankstesnis 10 metų laikotarpio (2003–2012 metų) vidutinis kritulių kiekis. Šiuo laikotarpiu Šiauliuose vidutinis kritulių kiekis buvo 180 mm, Dotnuvoje – 195 mm, o Kaune – 227 mm. Tai reiškia, kad lyginant du trumpus laikotarpius, kad vidutinis kritulių kiekis Šiauliuose skiriasi apie 68 %, Dotnuvoje apie 55 % ir Kaune apie 36 %.

Nors duomenų tikslumas galėjo pagerėti dėl automatinių prietaisų, toks reikšmingas kritulių padidėjimas leidžia kelti prielaidą, jog tai gali būti susiję su klimato kaitos sukeltais pokyčiais – pavyzdžiui, sustiprėjusia drėgmės apykaita atmosferoje.

3.2. Lietaus charakteristikų raida Šiauliuose, Dotnuvoje ir Kaune

Tyrimo metu buvo nagrinėjami lietaus kiekio ir intensyvumo duomenys iš Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno meteorologijos stočių. Lietaus parametrai stebimi kas 10 minučių ir įvertinama liūties trukmė, intensyvumas bei judėjimo kryptis.

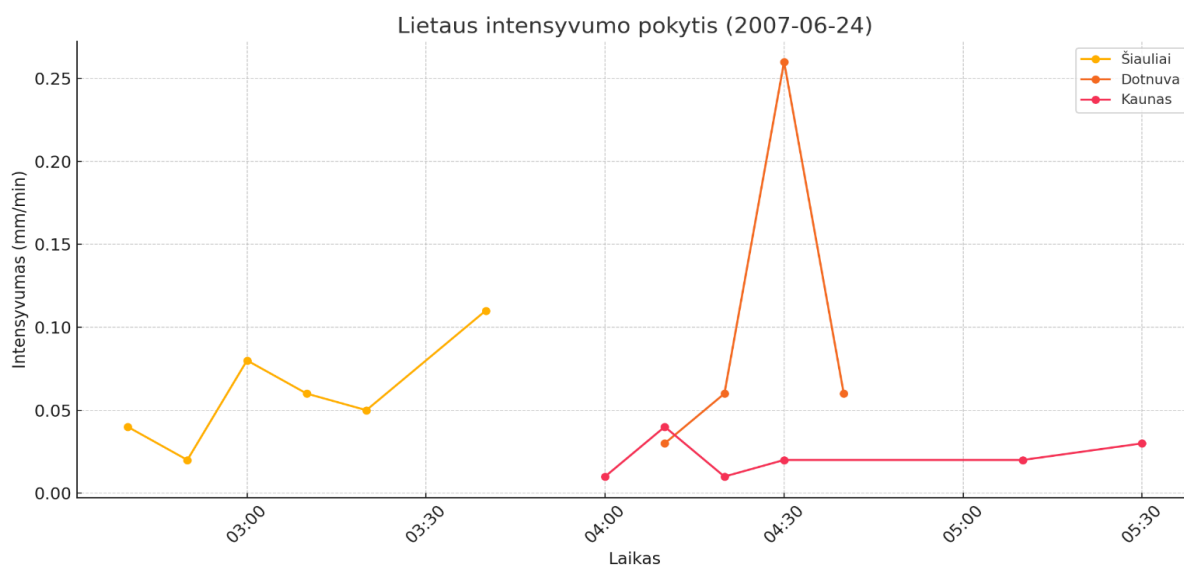
Analizuojama diena – *2016 metų gegužės 14 diena*. Duomenys buvo užfiksuoti kas 10 minučių nuo 18:00 iki 21:10 val. Priede Nr. 1 pateikiama analizuojamos liūties charakteristikos. Norint aiškiau įvertinti kritulių intensyvumo kitimą bėgant laikui, buvo sudarytas grafikas, kuriame nurodomi visų trijų stočių intensyvumo pokyčiai. Grafike (žr. 3.5 pav.) aiškiai matyti, kad liūtis prasidėjo Šiauliuose, tuomet judėjo pietryčių kryptimi per Dotnuvą link Kauno. Tokia eiga lietaus leidžia daryti prielaidą, kad kritulių frontas judėjo nuo šiaurės vakarų į pietryčius.



3.5 pav. Lietaus intensyvumo pokytis 2016-05-14

Iš grafiko galima matyti, kad liūtis kiekviename mieste prasidėjo skirtingu metu ir turėjo skirtingą intensyvumą. Šiauliuose krituliai prasidėjo anksčiausiai – 18:00 val. – ir pasiekė didžiausią intensyvumą (0,14 mm/min) po 10 minučių. Vėliau intensyvumas mažėjo, o lietus truko iki maždaug 19:30–19:40 val. Dotnuvoje lietus prasidėjo apie 19:00 val., kai per pirmąsias 10 minučių buvo užfiksuotas didžiausias viso lietaus intensyvumas – 0,33 mm/min. Vėliau intensyvumas mažėjo, o lietus baigėsi iki 20:00 val. Kaune lietus prasidėjo vėliausiai – apie 19:50 val. – ir intensyvumas augo iki 20:30 val., pasiekdamas 0,15–0,17 mm/min. Lietus čia truko trumpiau, iki 21:10 val. Tam, kad šie lietaus debesys galėtų judėti nuo Šiaulių, per Dotnuvą iki Kauno, lietaus debesies judėjimo greitis turėjo būti apie 18–21 m/s. Tai nurodo, kad vėjas buvo stipresnis nei vidutinis, tačiau ne ekstremalus. Tai atitinka aktyviosios vasarinės liūtės sąlygas.

Kita analizuojama diena – 2007 metų birželio 24 diena. 2007 m. birželio 24 d. nakties ir ankstyvo ryto metu trijuose Lietuvos miestuose – Šiauliuose, Dotnuvoje ir Kaune – buvo stebėta intensyvi trumpalaikė liūtis. Priede Nr. 2 pateikiama analizuojamos liūtės charakteristikos.



3.6 pav. Lietaus intensyvumo pokytis 2007-06-24

Grafike (žr. 3.6 pav.) užfiksuota, kad Šiauliuose lietus prasidėjo apie 2:40 val. ir truko iki maždaug 3:40 val. Maksimalus intensyvumas užfiksuotas 3:00 val. – 0,08 mm/min, kai iškrito 2,6 mm kritulių. Vėliau intensyvumas sumažėjo, tačiau dar 3:40 val. užfiksuotas reikšmingas intensyvumas 0,11 mm/min.

Dotnuvoje liūtis prasidėjo vėliau – apie 4:10 val. Pradinis intensyvumas buvo nedidelis, bet jau 4:30 val. pasiektas pikas – 3,8 mm per 10 minučių (0,26 mm/min). Vėliau intensyvumas vėl sumažėjo. Lietus Dotnuvoje buvo trumpas, tačiau intensyvus. Kaune lietus pasirodė anksčiau nei Dotnuvoje, bet buvo labai silpnas – todėl galima daryti prielaidą, kad pagrindinė liūtis ašis judėjo Šiauliai → Dotnuva.

Kaune krituliai prasidėjo apie 4:00 val., tačiau buvo gerokai silpnesni. Intensyvumas svyravo nuo 0,01 iki 0,04 mm/min. Iš viso lietus tęsėsi iki 5:30 val., tačiau net ir intensyviausiu momentu (apie 5:30 val.) jis nesiekė daugiau nei 0,03 mm/min.

Remiantis meteorologiniais duomenimis, 2007 m. birželio 24 d. liūtis prasidėjo Šiauliuose apie 2:40 val. ir pasiekė Dotnuvą apie 4:30 val. Atstumas tarp šių miestų yra maždaug 75 km. Lietaus debesis šį pasiekė Dotnuvą per 1 valandą ir 50 minučių. Apskaičiuotas debesies judėjimo greitis – 11,4 m/s. Šis greitis atitinka vidutinį atmosferinio fronto judėjimo greitį, kuris dažnai svyruoja nuo 5 iki 15 m/s. Tai rodo, kad liūtis judėjo stabiliai, tačiau ne itin greitai, palyginti su, pavyzdžiui, 2016 m. gegužės 14 d. liūtimi, kurios debesis judėjo apie 20 m/s greičiu.

Grafikas, sudarytas pagal šiuos duomenis, aiškiai parodo, jog pagrindinis liūtis centras buvo tarp Šiaulių ir Dotnuvos, tuo tarpu Kaune lietus buvo kur kas silpnesnis ir pasklidęs laike. Duomenų analizė leidžia manyti, kad liūtis judėjo iš šiaurės į pietus, palikdama didžiausią poveikį Dotnuvoje.

3.3. Lietaus intensyvumo trukmės ir pasikartojimo analizė Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno miestams

Lietaus intensyvumo, trukmės ir pasikartojimo analizė leidžia įvertinti tam tikro lietaus pasikartojimo dažnį. Šie nagrinėjami duomenys yra svarbūs ne tik klimatologinei stebėsenai, bet ir infrastruktūros planavimui projektuojant paviršinių (lietaus) nuotekų surinkimo sistemas. Rezultatų analizė taip pat parodė, kad intensyvių lietaus epizodų pasikartojimo dažnis per pastaruosius dešimtmečius kai kuriais atvejais išaugo, o tai gali būti susiję su klimato kaitos poveikiu. Tokie pokyčiai nurodo būtinybę atnaujinti hidrologinius ir statybinius modelius, pritaikant juos prie dažnėjančių ekstremalių kritulių reiškinių.

Nagrinėjant skirtingus laikotarpius (1968–1996 m (šiuo metu naudojami lietaus intensyvumai, pateikti STR 2.07.01:2003), 1993–2023 m ir 1973–2023 m) buvo sudaromos priklausomybės vidutinio lietaus intensyvumo nuo lietaus trukmės. Apdorojus visus įvykusius lietus ir atitinkamai kiekvienos trukmės maksimalius vidutinius lietaus intensyvumus surašę į variacinės eilutės, gaunami pradiniai duomenis statistinei analizei. Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno miestų šiuo metu naudojami intensyvumai palyginami su naujai suskaičiuotais 30 metų ir 50 metų trukmės lietaus intensyvumais.

Statybos techniniame reglamente pateikiami Lietuvos teritorijos lietaus intensyvumo parametrai. Lietaus intensyvumas apskaičiuojamas pagal 3.1 formulę:

$$I = \frac{A}{T+B} + c, l/(s \cdot ha) \quad (3.1)$$

čia: A, B, c – lietaus parametrai, priklausantys nuo vietos geografinių – klimatinių sąlygų ir leidžiamo nuotakyno ištvėnimo pasikartojimo; T – lietaus trukmė, min. (lietaus parametrai pateikti STR 2.07.01:2003, 10 priedas).

Priede Nr. 3 pateikiami šiuo metu naudojami lietaus intensyvumai, apskaičiuoti pagal 3.1 formulę (STR 2.07.01:2003, 10 priedas).

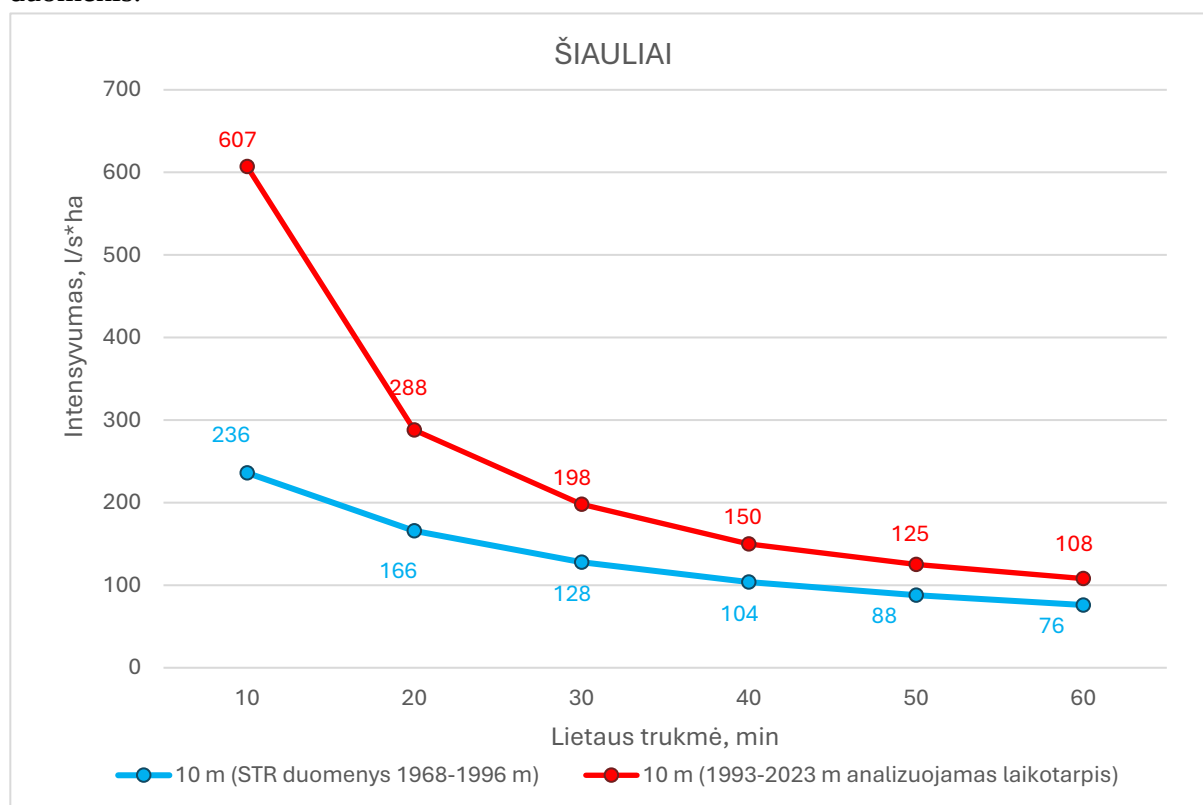
Visuose nagrinėjamuose miestuose lietaus intensyvumas didžiausias esant 10 minučių lietaus trukmei. Intensyvumas mažėja, kai ilgėja lietaus trukmė. Kuo ilgesnė lietaus trukmė, tuo dažniausiai krituliai būna mažiau intensyvūs.

Lietaus intensyvumai pateikti matavimo vienetu – $l/s \cdot ha$. Tam, kad būtų gaunamas įprastas lietaus intensyvumo matavimo vienetas (mm/min), reikia pateiktus intensyvumus padalinti iš koeficiento 166,7.

3.3.1. Lietaus intensyvumų trukmės ir pasikartojimo analizė nagrinėjant 30 – ties metų duomenis

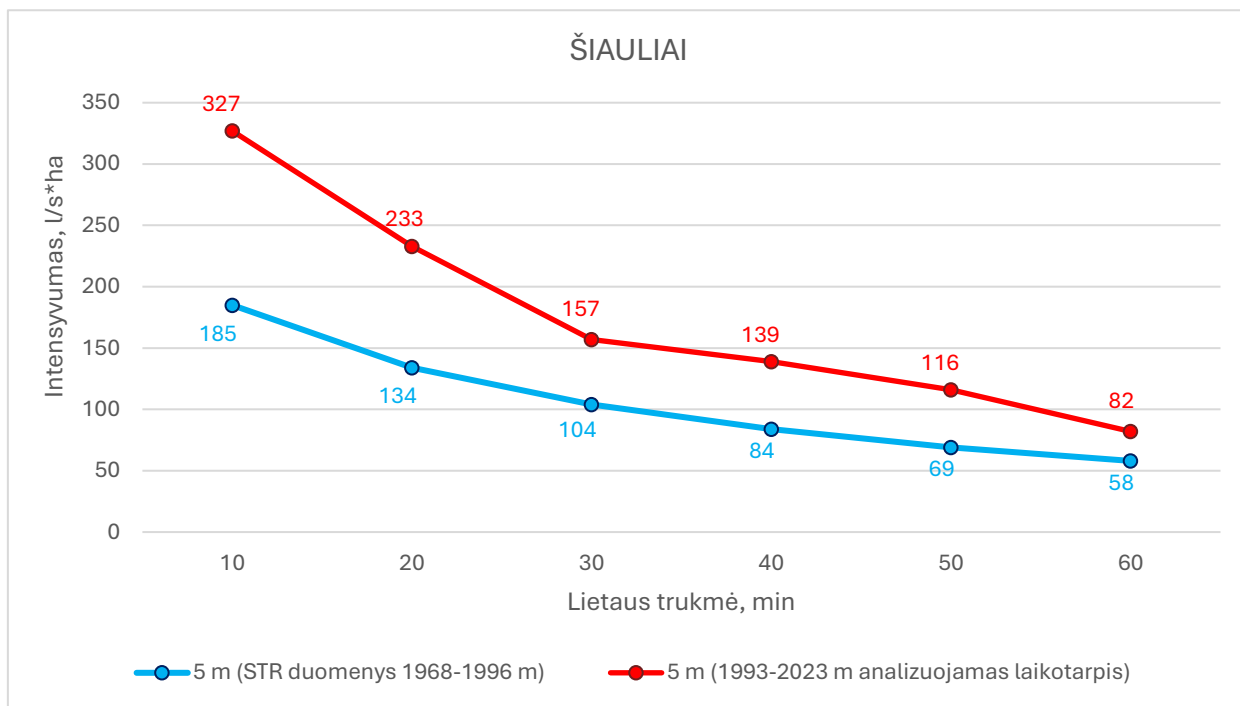
Priede Nr. 4 pateikiami nagrinėjamo 30 metų laikotarpio vidutiniai lietaus intensyvumai priklausomi nuo lietaus trukmės. Toliau pateiktuose grafikuose nurodomi perskaičiuotų lietaus intensyvumų rezultatų palyginimas su šiuo metu naudojamais lietaus intensyvumais. 3.3.1 poskyryje pateikiami grafikai bei lietaus intensyvumo kaitos analizė, kai buvo nagrinėjami 1973–2023 metų duomenys.

Toliau pateikiami rezultatai, kurie gauti apdorojus Šiaulių meteorologinės stoties duomenis.

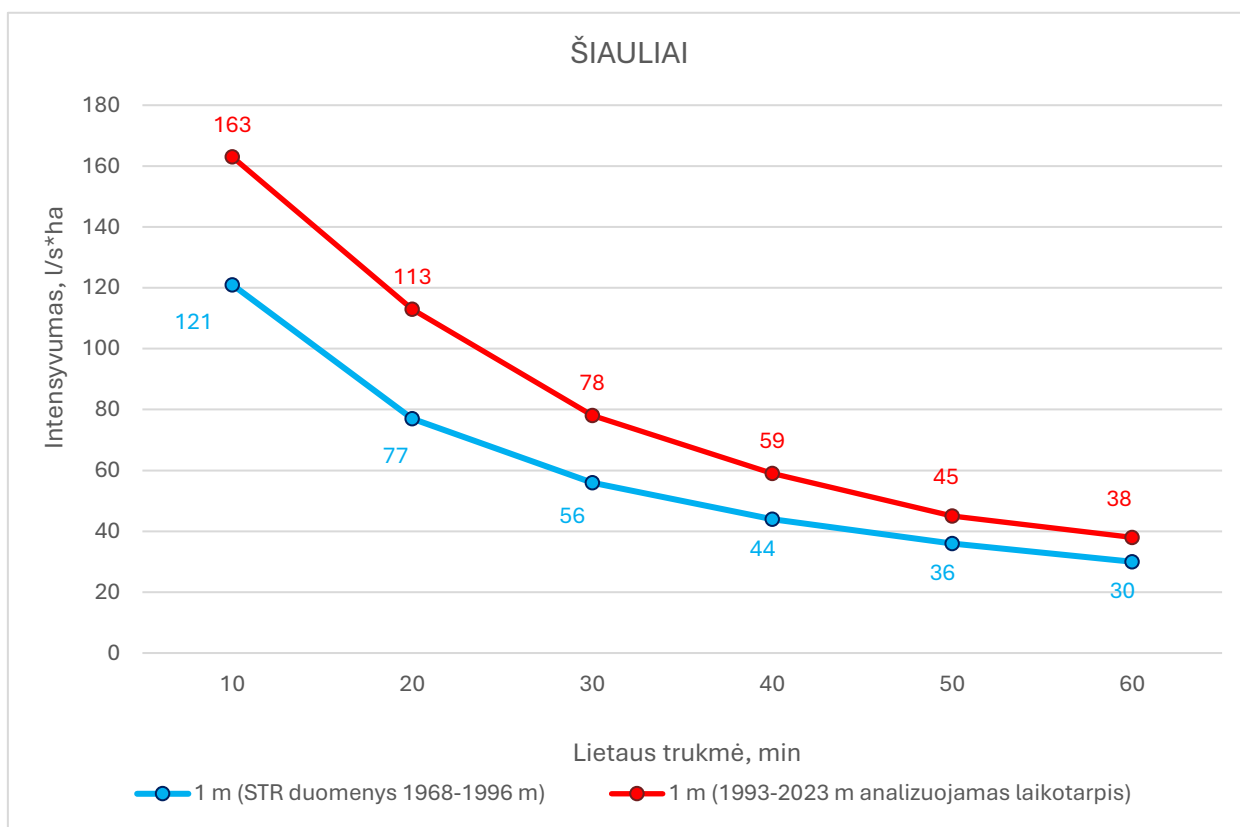


3.7 pav. 10 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas (Šiauliai)

3.7 paveiksle (žr. 3.7 pav.) gautas grafikas nurodo kaip pasikeitė lietaus intensyvumas nagrinėjant 30 metų laikotarpį, analizuojant 10 – ties metų kartojimosi periodą. Iš grafiko galima nustatyti, kad nuo 10 iki 30 minučių lietaus intensyvumo pokytis yra didžiausias. Gauti rezultatai nurodo, kad esant 10 minučių lietaus trukmei, lietaus intensyvumas yra padidėjęs 157 %. Nagrinėjant 20 min lietaus trukmę, intensyvumas padidėja 74 %. Nustatyta, kad lietuvi lyjant vieną valandą, kartą per 10 metų pasikartojantis lietaus intensyvumas padidėjo 42 %.



3.8 pav. 5 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas (Šiauliai)



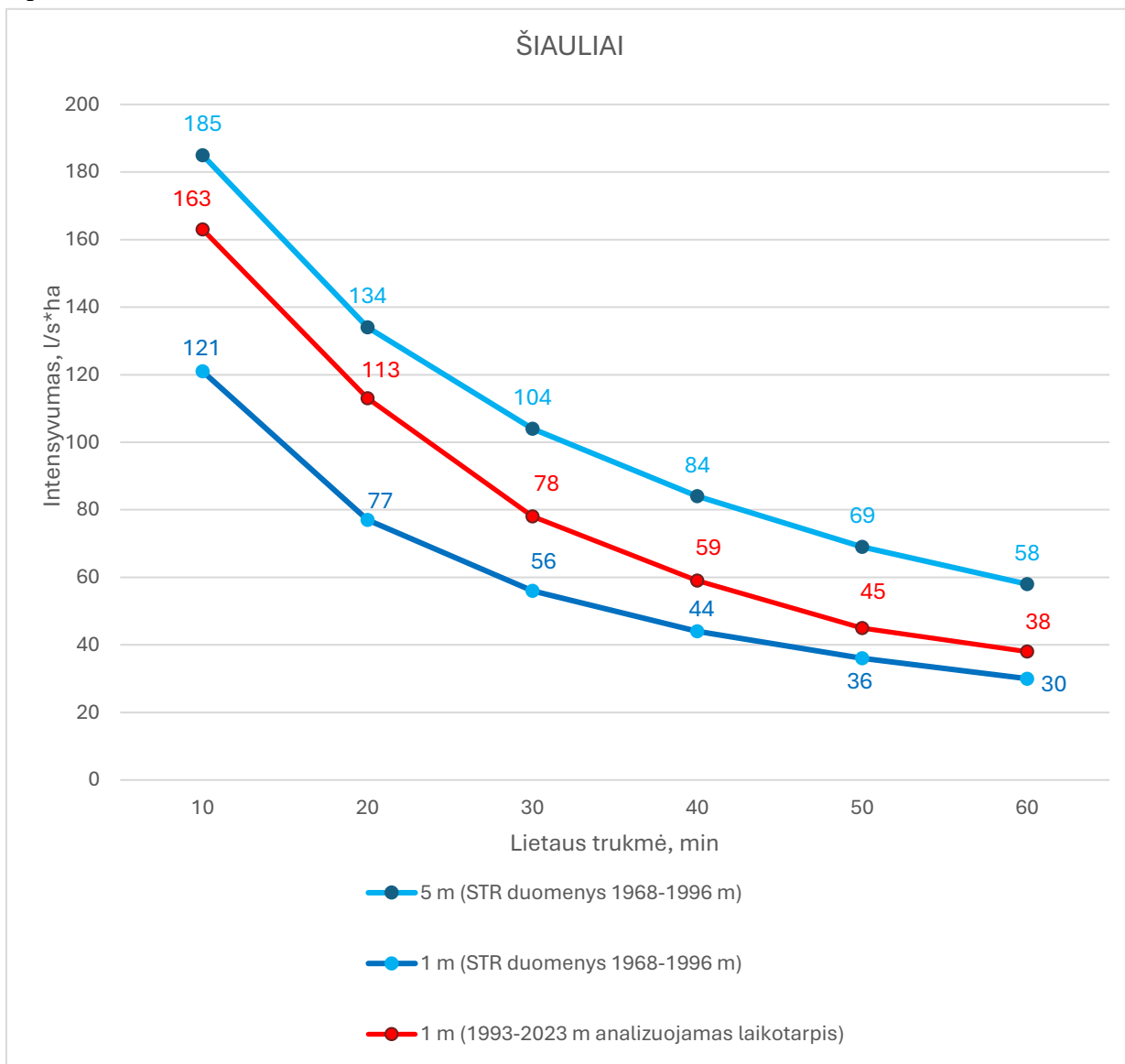
3.9 pav. 1 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas (Šiauliai)

3.8 paveiksle (žr. 3.8 pav.) pateiktas 5 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas tarp STR pateiktų ir naujai perskaičiuotų reikšmių. Pastebima, kad naujai perskaičiuoti intensyvumai yra didesni visoms lietaus trukmėms. Esant 10 minučių lietaus trukmei, lietaus intensyvumas padidėja 77 %. Projektuojant lietaus surinkimo sistemas, lietaus

kiekis dažniausiai skaičiuojamas esant kartą per 5 metus pasikartojančio lietaus tikimybei, kurio trukmė 20 minučių. Šiuo atveju, Šiaulių mieste intensyvumas padidėja 74 %, t.y. nuo 134 iki 233 l/s*ha. Lietaus trukmei pasiekus vieną valandą, lietaus intensyvumas padidėja 41 %.

3.9 paveikslą (žr. 3.9 pav.) grafike pateiktas 1 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumo pokytis, analizuojant skirtingus laikotarpius. Nagrinėjant 10 minučių lietaus intensyvumo pokytį, nustatyta, kad intensyvumas padidėja 35 %. Esant 20 minučių lietaus trukmei, intensyvumas padidėjo 47 %. Kai lietus lyja vieną valandą, kartą per 1 metus pasikartojantis lietaus intensyvumas padidėjo 27 %.

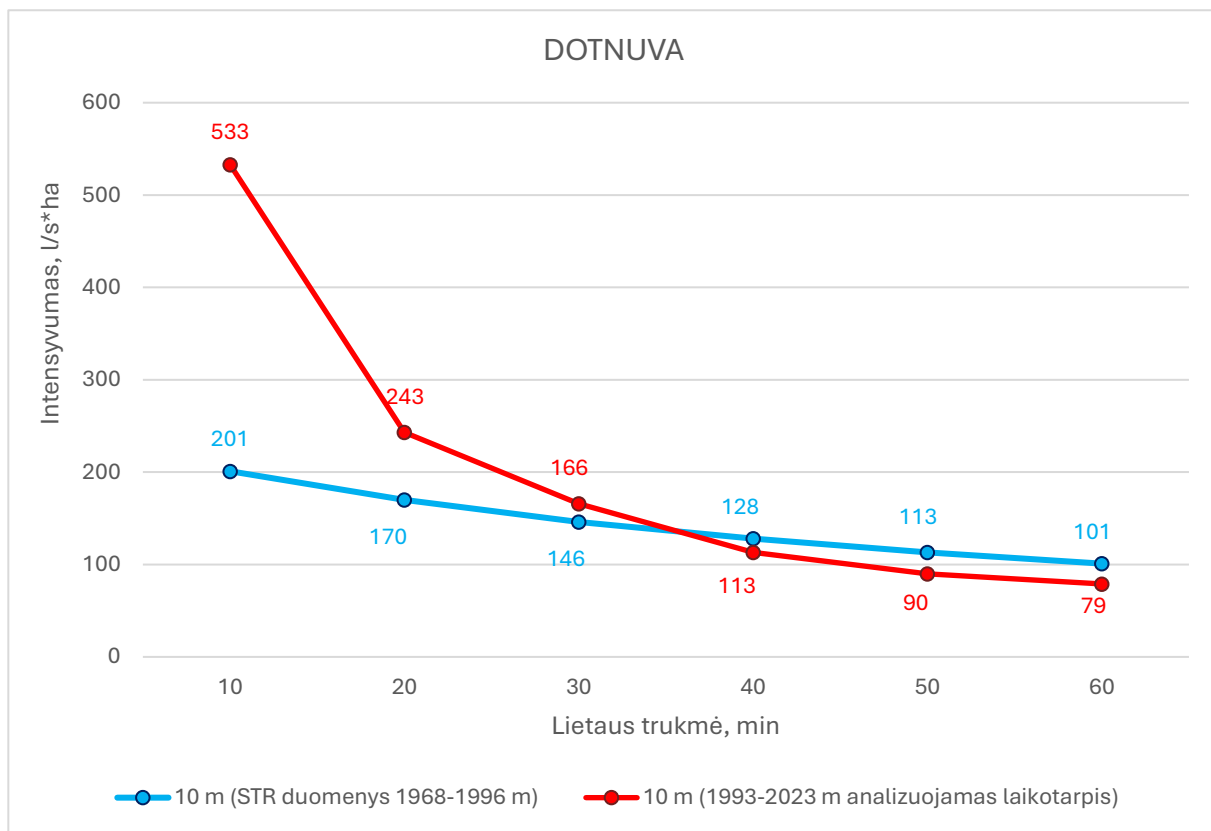
Nagrinėjant 30 metų laikotarpio lietaus intensyvumo duomenis Šiaulių mieste ir lyginant su šiuo metu naudojamais lietaus intensyvumais, pastebimas 1 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumo priartėjimas prie esamų šių dienų lietaus intensyvumų prie 5 metų kartojimosi periodo.



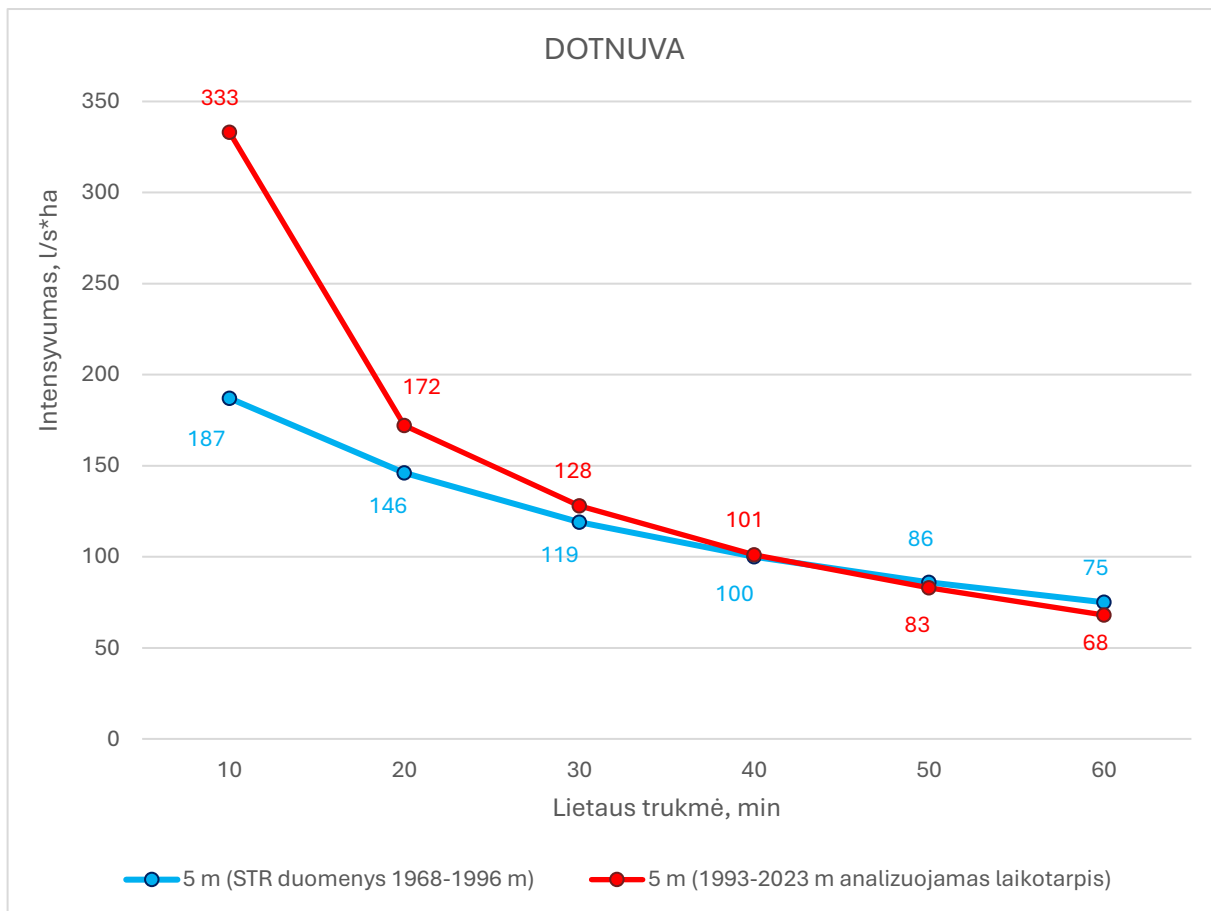
3.10 pav. 5 ir 1 metų kartojimosi periodo palyginimas (Šiauliai)

Iš 3.10 paveiksle (žr. 3.10 pav.) esančio grafiko matosi, kad naujai perskaičiuotas (nagrinėjant 30 metų laikotarpį) 1 kartą per metus pasikartojančio lietaus intensyvumas yra priartėjęs prie šiuo metu STR 2.07.01:2003 pateiktų duomenų, kai lietaus pasikartojimo tikimybė yra 1 kartą per 5 metus.

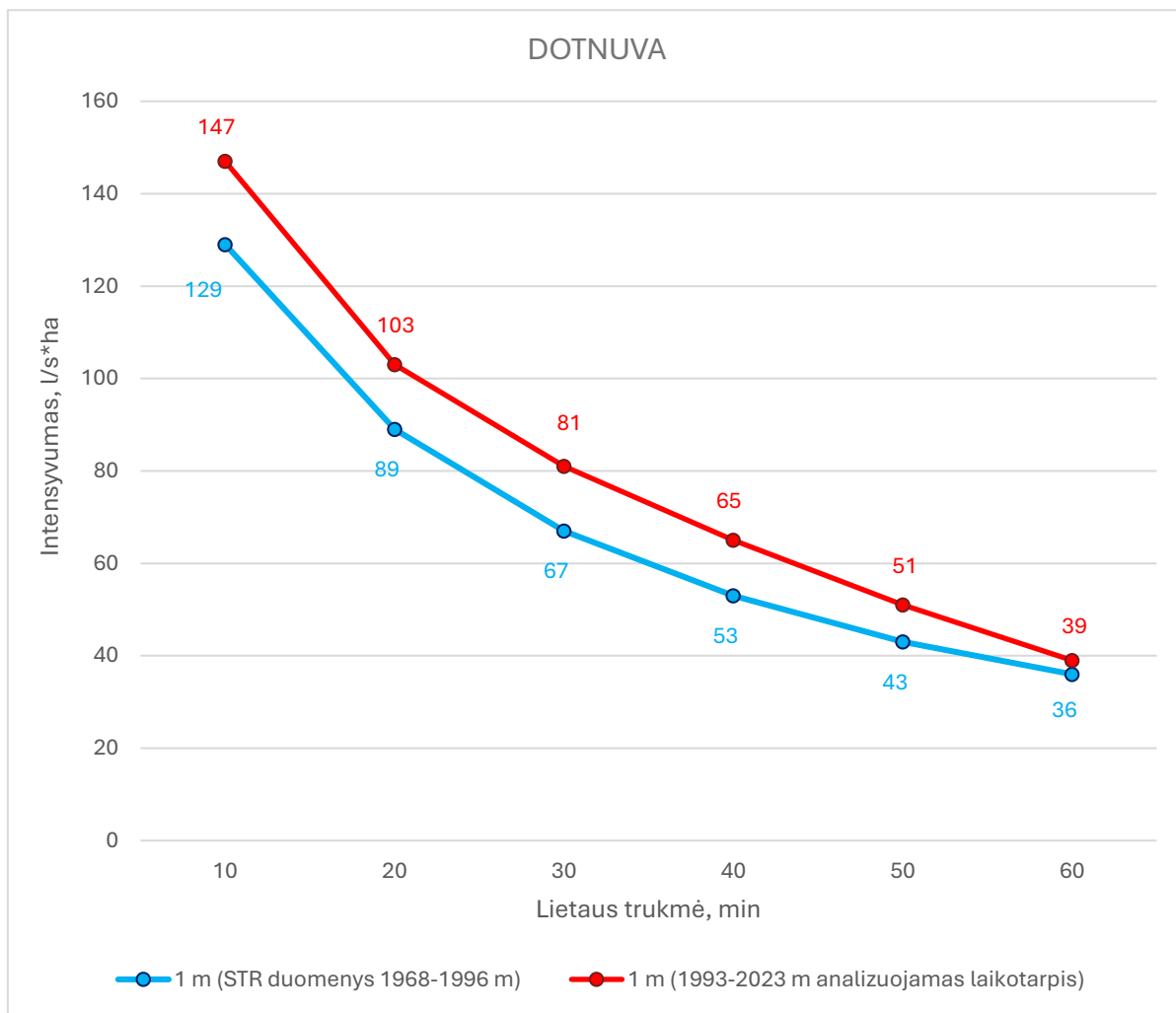
Toliau pateikiami rezultatai, kurie gauti apdorojus Dotnuvos meteorologinės stoties duomenis.



3.11 pav. 10 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas (Dotnuva)



3.12 pav. 5 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas (Dotnuva)



3.13 pav. 1 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas (Dotnuva)

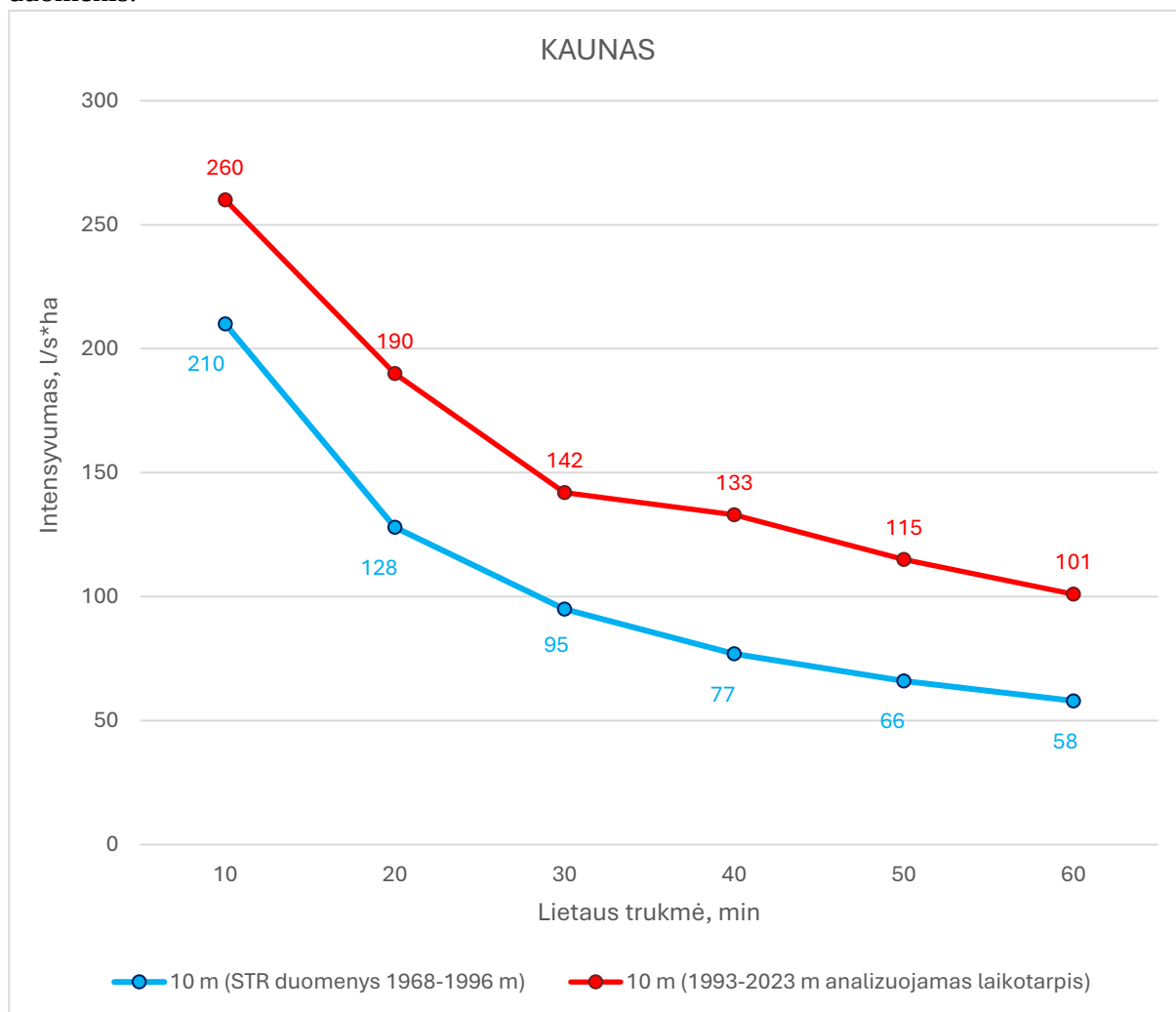
3.11 paveiksle (žr. 3.11 pav.) gautas grafikas nurodo kaip pasikeitė lietaus intensyvumas nagrinėjant 30 metų laikotarpį, analizuojant 10 – ties metų kartojimosi periodą. Iš grafiko galima nustatyti, kad nuo 10 iki 30 minučių lietaus intensyvumo pokytis yra didžiausias. Nuo 35 minučių, naujai perskaičiuoti intensyvumai yra mažesni net už esamus. Gauti rezultatai nurodo, kad esant 10 minučių lietaus trukmei, lietaus intensyvumas yra padidėjęs 165 %. Nagrinėjant 20 min lietaus trukmę, intensyvumas padidėja 43 %. Esant 30 minučių lietaus trukmei lietaus intensyvumas padidėja 14 %. Pasiėkus lietaus trukmei 40 minučių, naujai perskaičiuotas lietaus intensyvumas yra mažesnis nei šiuo metu naudojamas. Tai yra, sumažėjo 12 %. Lietui lyjant vieną valandą, lietaus intensyvumas nuo 101 l/s*ha nukrito iki 79 l/s*ha.

3.12 paveiksle (žr. 3.12 pav.) pateiktas 5 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas tarp STR pateiktų ir naujai perskaičiuotų reikšmių. Iš šio grafiko pastebima, kad naujai perskaičiuoti intensyvumai yra didesni iki 40 min lietaus trukmės. Nuo 45 minučių lietaus intensyvumas nežymiu skirtumu yra mažesnis nei STR 2.07.01:2003 yra reglamentuojama. Kadangi projektuojant lietaus surinkimo sistemas, lietaus kiekis dažniausiai skaičiuojamas esant kartą per 5 metus pasikartojančio lietaus tikimybei, kurio trukmė 20 minučių, šie intensyvumai yra pakilę. Esant 10 – ties minučių lietaus trukmei lietaus intensyvumas padidėjo 78 %. Nagrinėjant 20 minučių lietaus trukmę padidėjimas nustatytas 18 %. Kai lietus trunka 30 minučių, intensyvumas padidėja 8 %, o kai 40 minučių, intensyvumas padidėja vos 1 %. Lietaus trukmei pasiekus 45 minutes, naujai perskaičiuotas intensyvumas tampa mažesnis nei esamas. Kai lietaus trukmė pasiekia 50 minučių, lietaus

intensyvumas sumažėja 3 %, Kai lietus trunka vieną valandą, lietaus intensyvumas sumažėja 9 %.

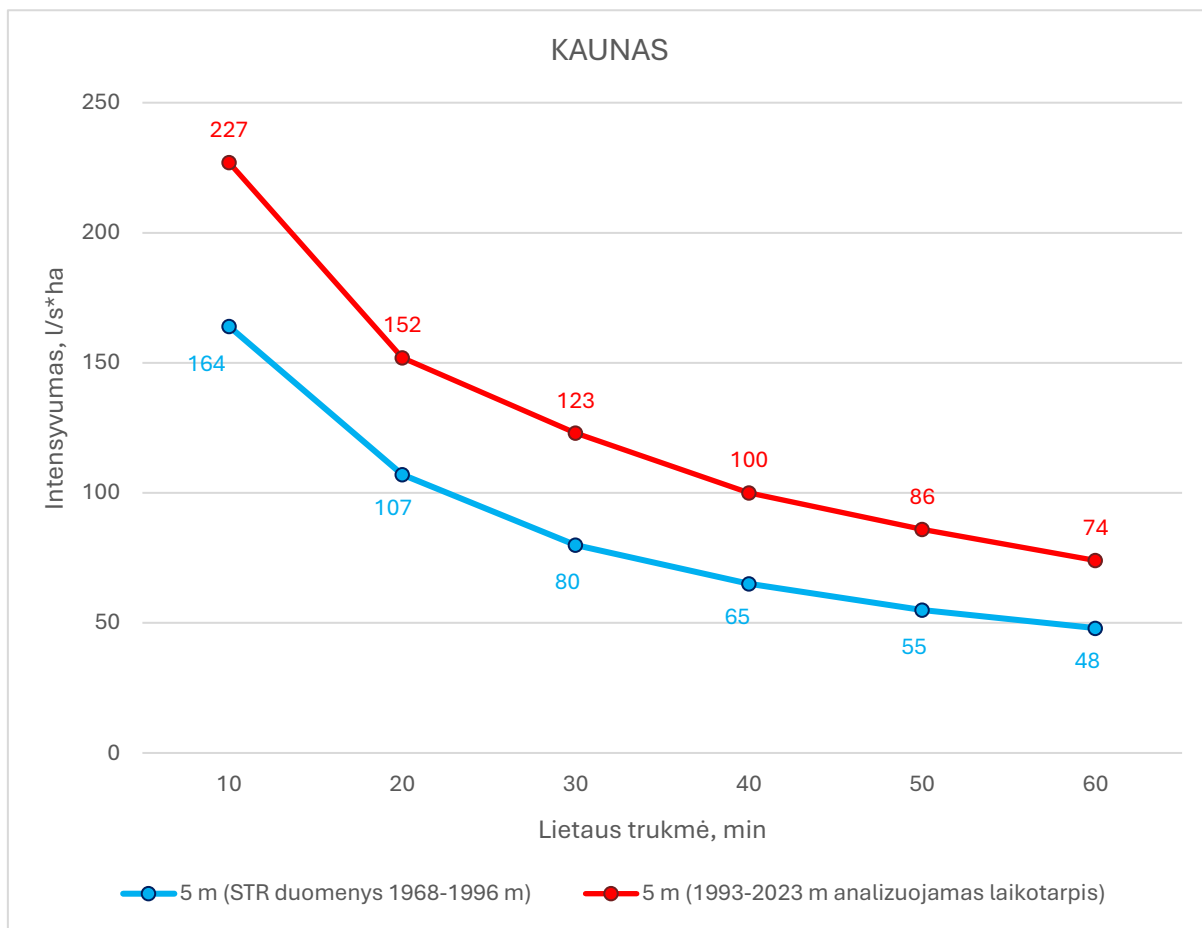
3.13 paveikslo (žr. 3.13 pav.) grafike pateiktas 1 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumo pokytis, analizuojant skirtingus laikotarpius. Analizuojant lietaus intensyvumą, kuris gali pasikartoti kartą į metus, naujai perskaičiuoti intensyvumai yra didesni už šiuo metu naudojamus. Kai lietaus trukmė yra 10 min, lietaus intensyvumas pakyla 14 %. Esant 20 minučių lietaus trukmei, intensyvumas didesnis 16 %. Kai lietaus trukmė pasiekia vieną valandą, lietaus intensyvumas yra didesnis 8 %.

Toliau pateikiami rezultatai, kurie gauti apdorojus Kauno meteorologinės stoties duomenis.

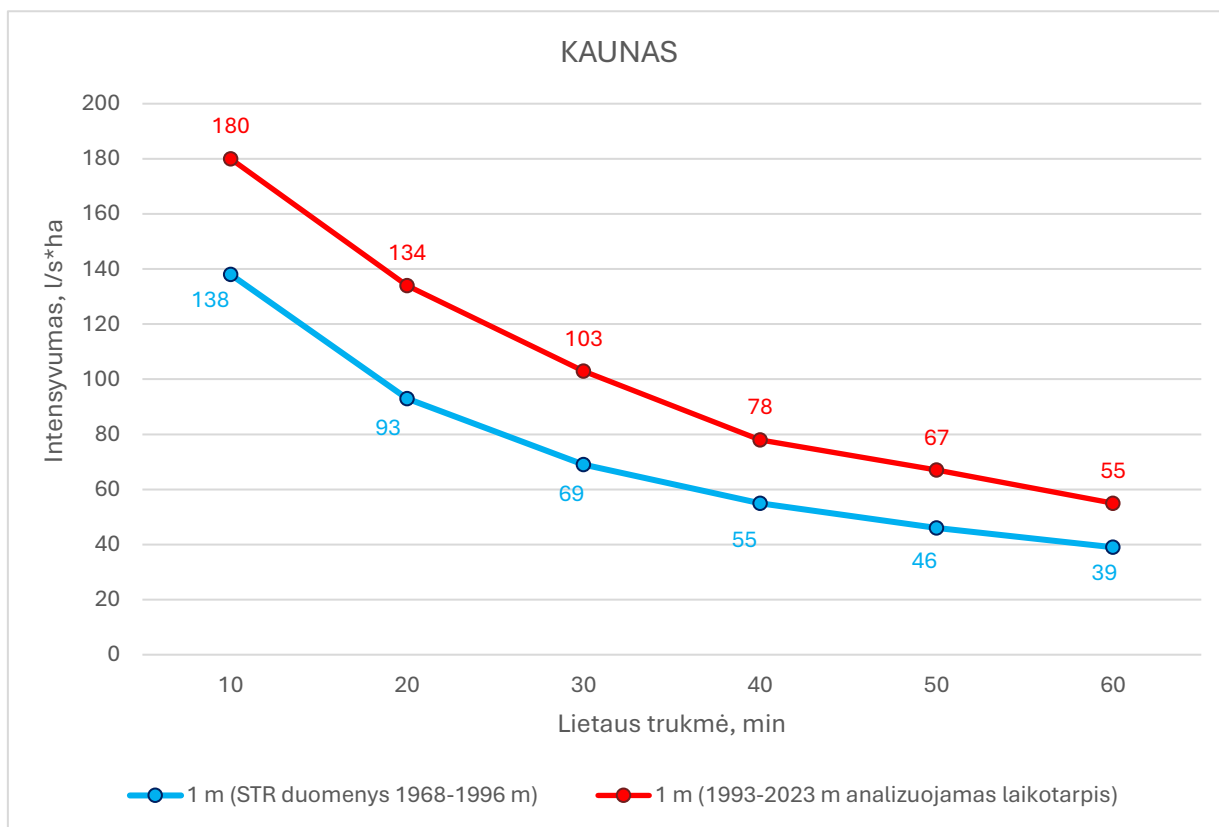


3.14 pav. 10 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas (Kaunas)

3.14 paveiksle (žr. 3.14 pav.) gautas grafikas nurodo kaip pasikeitė lietaus intensyvumas nagrinėjant 30 metų laikotarpį, analizuojant 10 – ties metų kartojimosi periodą. Gauti rezultatai nurodo, kad esant 10 minučių lietaus trukmei, lietaus intensyvumas yra padidėjęs 24 %. Nagrinėjant 20 min lietaus trukmę, intensyvumas padidėja 48 %. Nustatyta, kad lietaus lyjant vieną valandą, kartą per 10 metų pasikartojantis lietaus intensyvumas padidėjo 74 %.



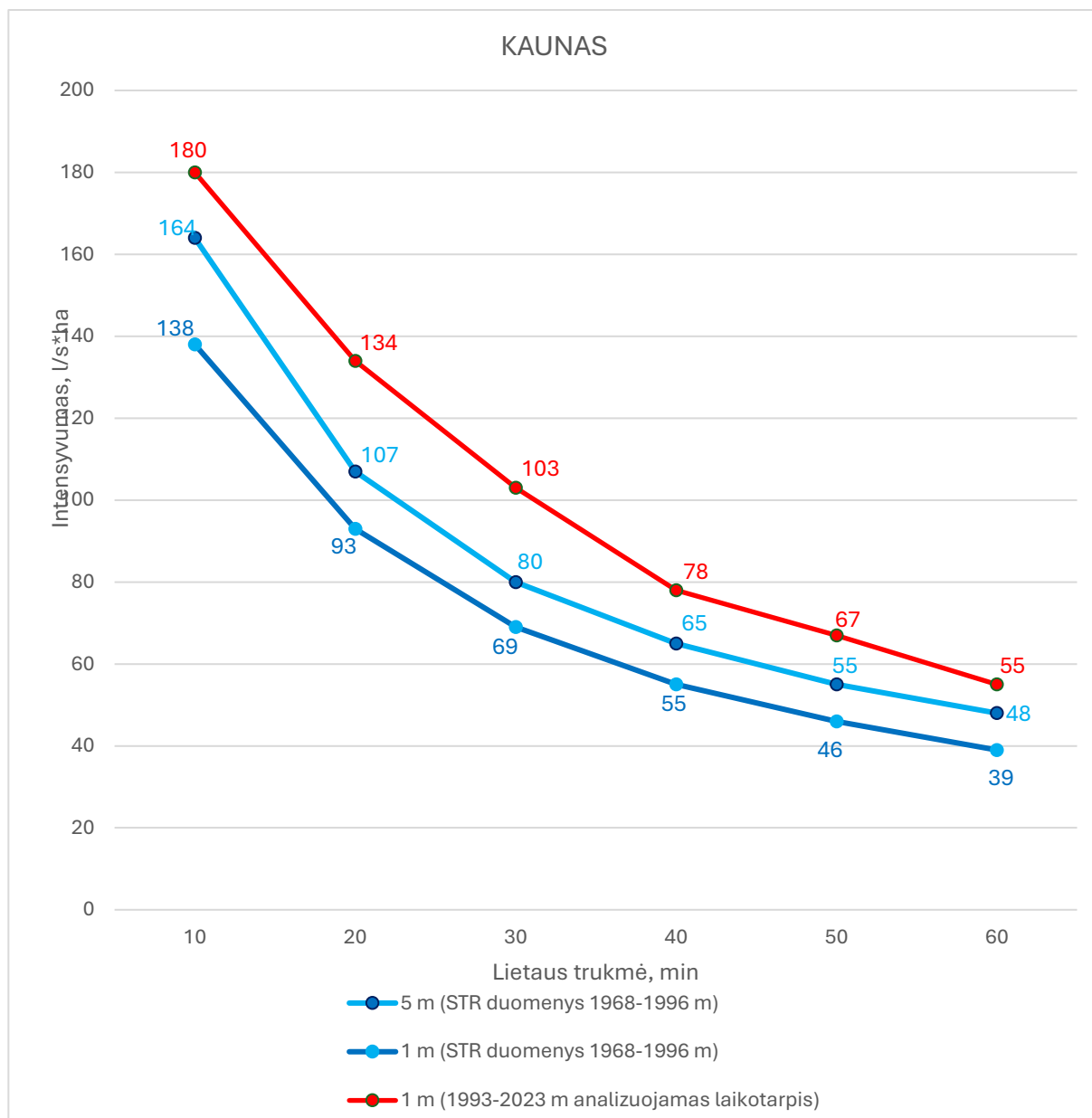
3.15 pav. 5 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas (Kaunas)



3.16 pav. 1 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas (Kaunas)

3.15 paveiksle (žr. 3.15 pav.) pateiktas 5 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumų palyginimas tarp STR pateiktų ir naujai perskaičiuotų reikšmių. Pastebima, kad naujai perskaičiuoti intensyvumai yra didesni visoms lietaus trukmėms. Esant 10 minučių lietaus trukmei, lietaus intensyvumas padidėja 38 %. Projektuojant lietaus surinkimo sistemas, lietaus kiekis dažniausiai skaičiuojamas esant kartą per 5 metus pasikartojančio lietaus tikimybei, kurio trukmė 20 minučių. Šiuo atveju, Kauno mieste intensyvumas padidėja 42 %, t. y. nuo 107 iki 152 l/s*ha. Lietaus trukmei pasiekus vieną valandą, lietaus intensyvumas padidėja 54 %.

3.16 paveikslo (žr. 3.16 pav.) grafike pateiktas 1 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumo pokytis, analizuojant skirtingus laikotarpius. Nagrinėjant 10 minučių lietaus intensyvumo pokytį, nustatyta, kad intensyvumas padidėja 30 %. Esant 20 minučių lietaus trukmei, intensyvumas padidėjo 44 %. Kai lietus lyja vieną valandą, kartą per 1 metus pasikartojantis lietaus intensyvumas padidėjo 41 %.



3.17 pav. 5 ir 1 metų kartojimosi periodo palyginimas (Kaunas)

Nagrinėjant 30 metų laikotarpio lietaus intensyvumo duomenis Kauno mieste ir lyginant su šiuo metu naudojamais lietaus intensyvumais, pastebimas 1 metų kartojimosi periodo lietaus

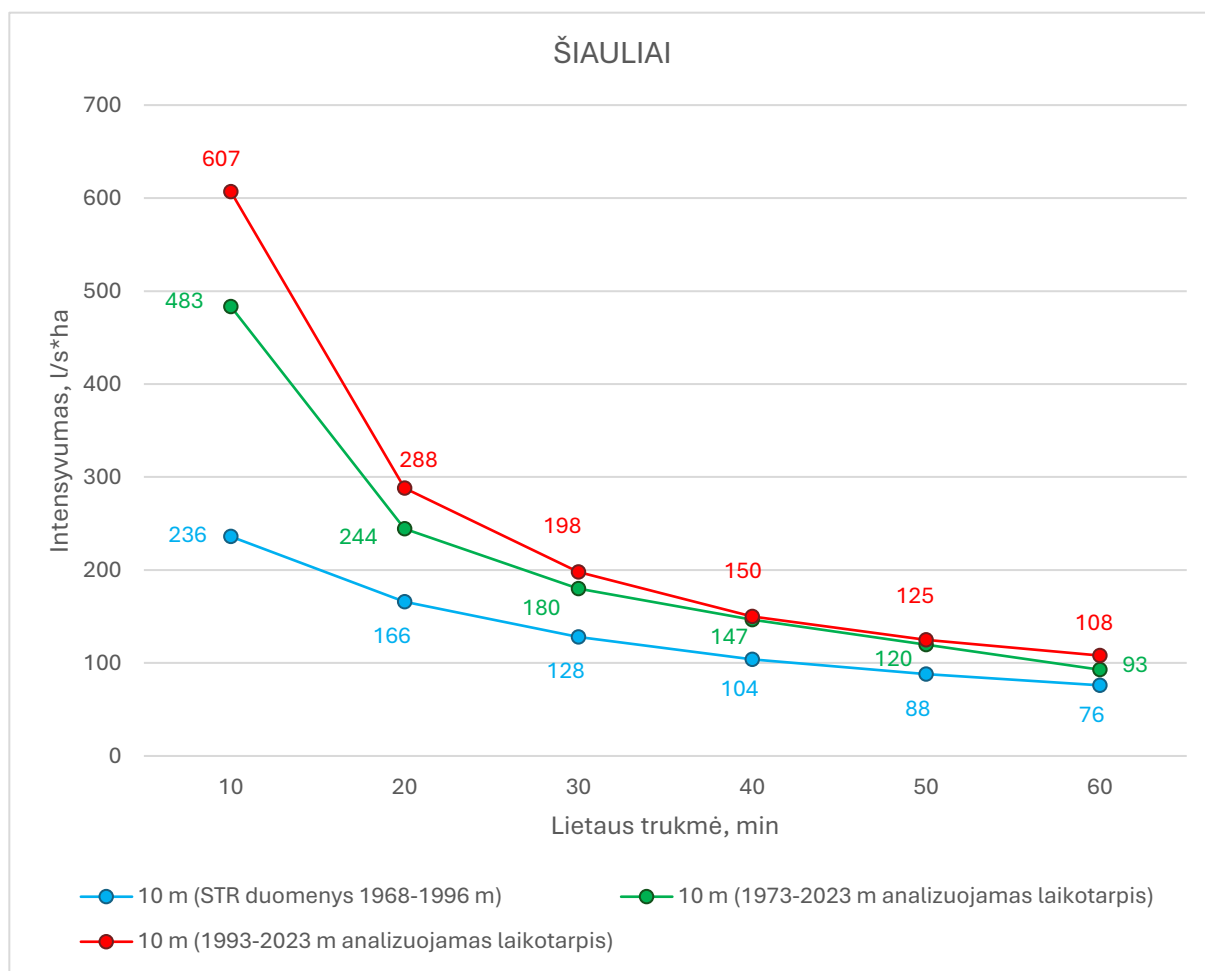
intensyvumo priartėjimas prie esamų šių dienų lietaus intensyvumų prie 5 metų kartojimosi periodo.

Iš 3.17 paveiksle (žr. 3.17 pav.) esančio grafiko matosi, kad naujai perskaičiuotas (nagrinėjant 30 metų laikotarpį) 1 kartą per metus pasikartojančio lietaus intensyvumas yra didesnis nei šiuo metu STR 2.07.01:2003 pateiktų duomenų, kai lietaus pasikartojimo tikimybė yra 1 kartą per 5 metus.

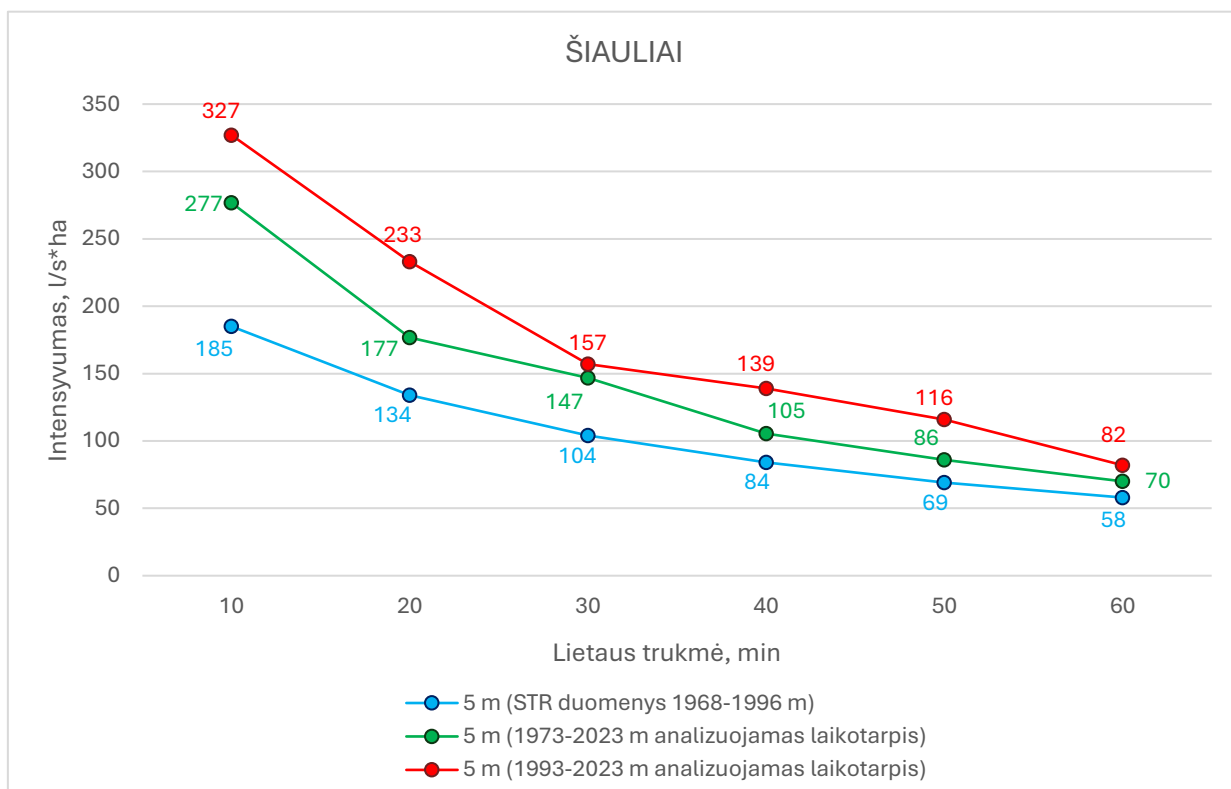
3.3.2. Lietaus intensyvumų trukmės ir pasikartojimo palyginimas nagrinėjant 30 – ties ir 50 – ties metų duomenis

Priede Nr. 5 pateikiami vidutiniai lietaus intensyvumai priklausomi nuo lietaus trukmės, kai nagrinėjamas laikotarpis 50 metų. Toliau pateikiami grafikai ir palyginama, kaip lietaus intensyvumas keičiasi nagrinėjant duomenis 30 metų ir 50 laikotarpiu bei palyginama su šiuo metu naudojamais lietaus intensyvumais.

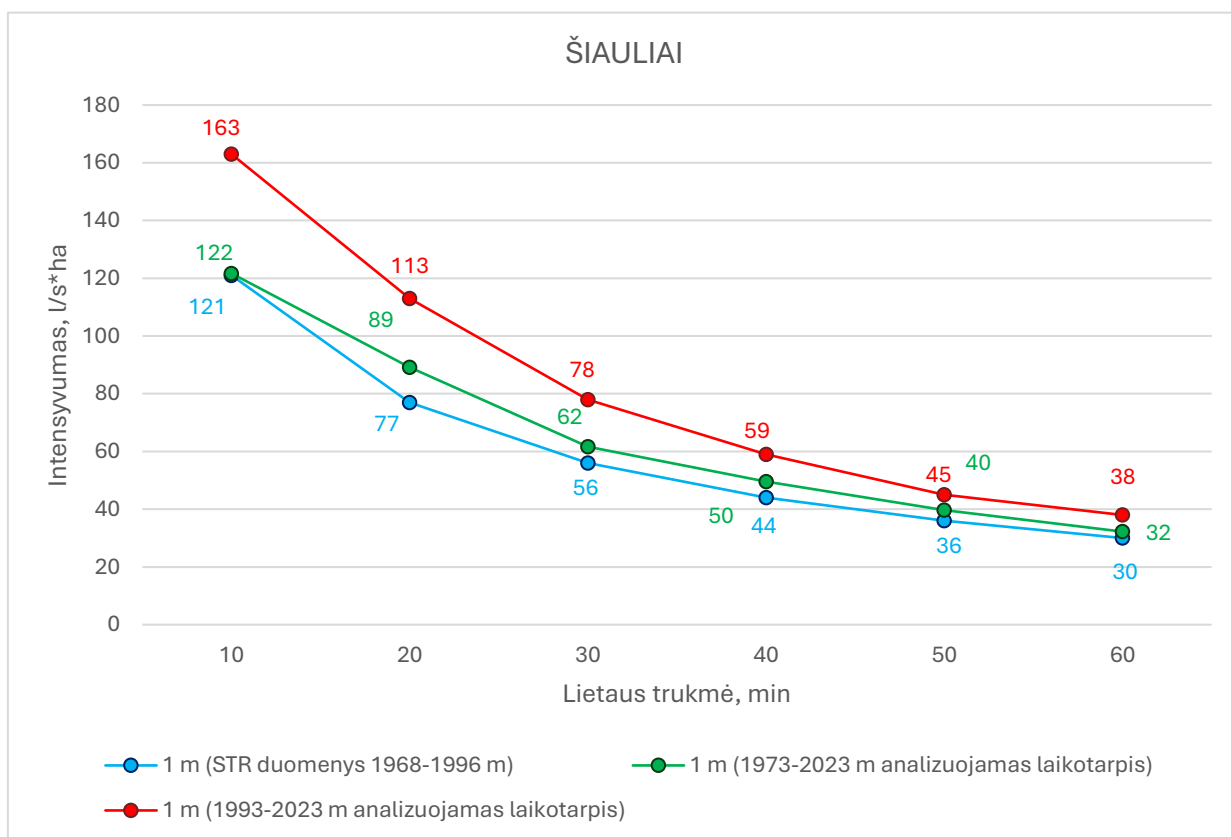
3.18, 3.19 ir 3.20 paveiksluose (žr. 3.18, 3.19, 3.20 pav.) pateikiami gauti rezultatai apdorojus Šiaulių meteorologijos stoties duomenis.



3.18 pav. 30 ir 50 metų lietaus intensyvumų duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 10 metų (Šiauliai)



3.19 pav. 30 ir 50 metų lietaus intensyvumų duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 5 metai (Šiauliai)



3.20 pav. 30 ir 50 metų lietaus intensyvumų duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 1 metai (Šiauliai)

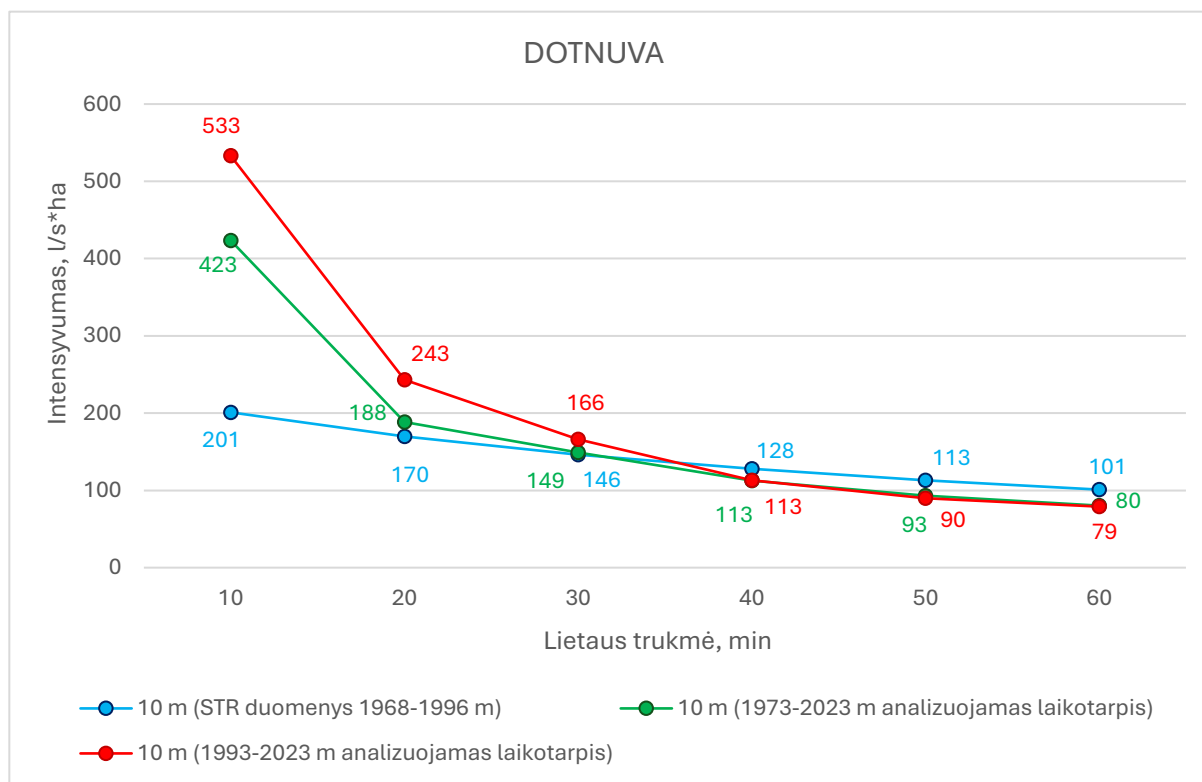
Lyginant du skirtingus laikotarpius, lietaus intensyvumas Šiaulių mieste yra didesnis, kai nagrinėjami 30 metų duomenys.

Kai lietaus kartojimosi periodas yra 10 metų ir lietaus trukmė yra 10 minučių, 50 metų nagrinėjamo laikotarpio lietaus intensyvumas yra mažesnis nei 30 metų nagrinėjamo laikotarpio. Šiuo atveju, lietaus intensyvumai skiriasi 21 %. 50 metų nagrinėjamo laikotarpio ir esamas intensyvumas skiriasi 51 %. Kai lietus trunka 20 minučių, 50 ir 30 metų duomenų skirtumas 16 %. Kai lietaus trukmė viena valanda, intensyvumų skirtumas – 14 %.

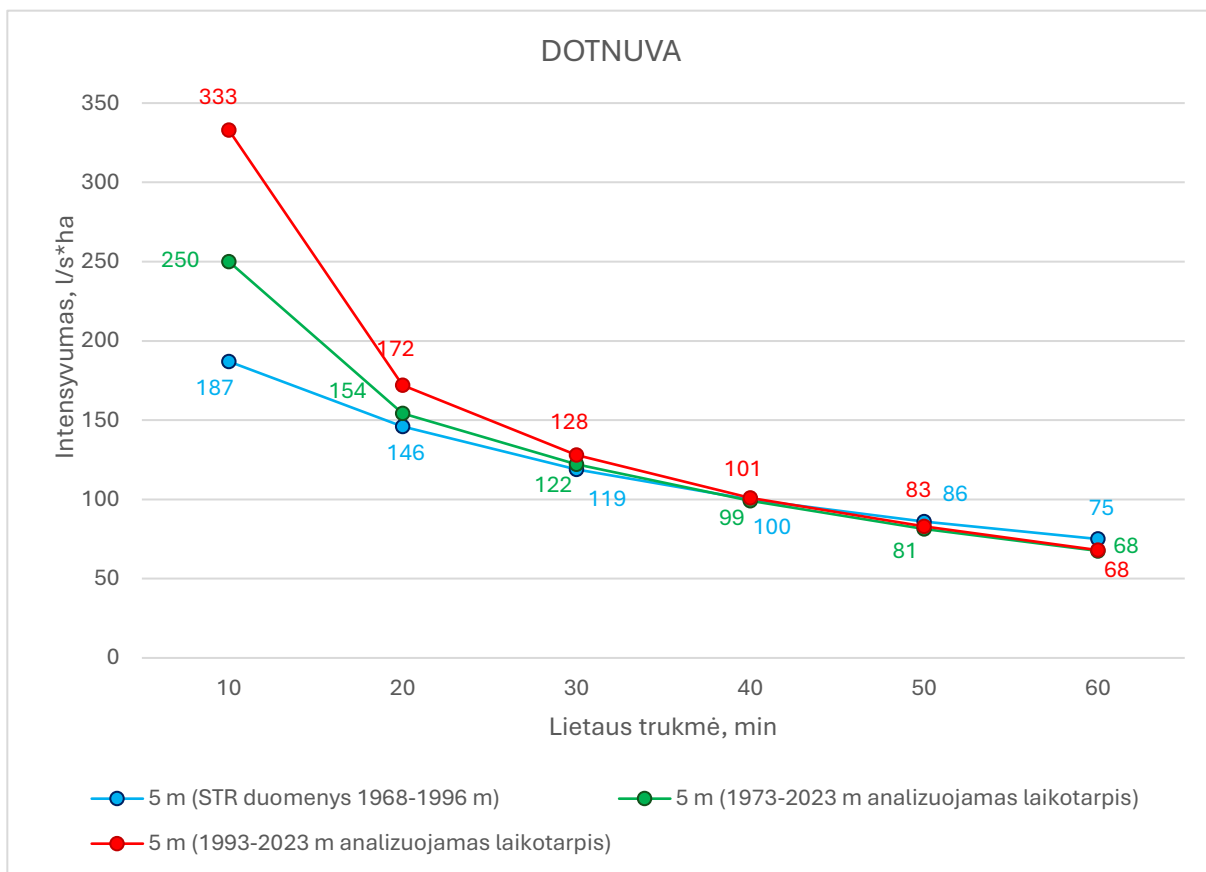
Nagrinėjant 5 metų kartojimosi periodą, kai lietaus trukmė 10 minučių, 50 metų nagrinėjamų duomenų lietaus intensyvumas mažesnis 29 %, tačiau didesnis už šiuo metu naudojamus lietaus intensyvumus 33 %. Kai lietaus trukmė 20 minučių, 50 ir 30 metų duomenys skiriasi 24 %, o 50 metų duomenys už STR esančius intensyvumus didesnis 24 %. Kai lietaus trukmė pasiekia 1 valandą, 50 metų naujai perskaičiuotas intensyvumas yra mažesnis 15 %, bet didesnis už naudojamą intensyvumą 17 %.

Analizuojant gautus rezultatus, kai kartojimosi periodas yra vieni metai, o lietaus trukmė 10 minučių, tai 30 ir 50 duomenų analizės skirtumas yra 25 %. Kai lietus trunka 20 minučių, skirtumas tarp 30 ir 50 metų duomenų, lietaus intensyvumas skiriasi 21 %. Lyginant 50 metų išanalizuotus duomenis ir esamus lietaus intensyvumus, skirtumas lygus 14 %. Kai lietaus trukmė pasiekia vieną valandą, lietaus intensyvumai tarp 50 ir 30 metų laikotarpių skiriasi 16 %. Nuo esamų intensyvumų, 50 metų apdoroti duomenys, skiriasi 6 %.

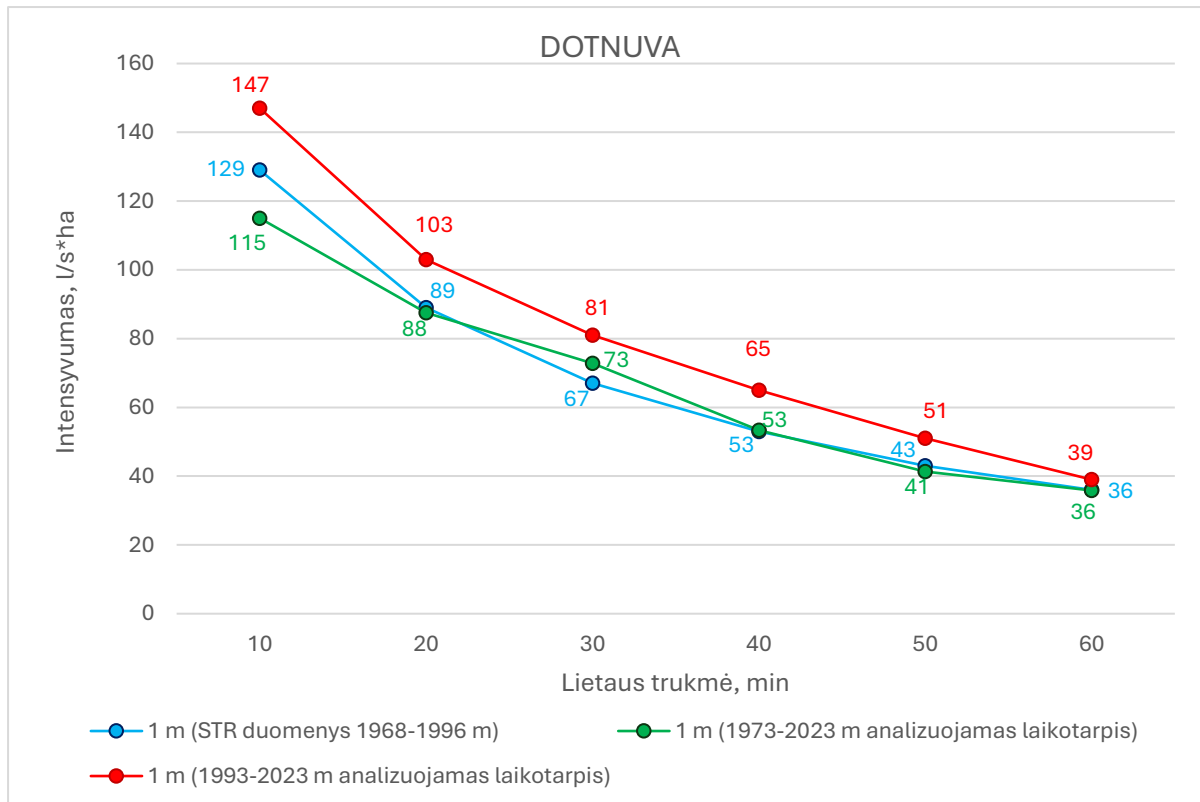
Toliau pateikiami rezultatai, kurie gauti apdorojus Dotnuvos meteorologinės stoties duomenis.



3.21 pav. 30 ir 50 metų lietaus intensyvumų duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 10 metų (Dotnuva)



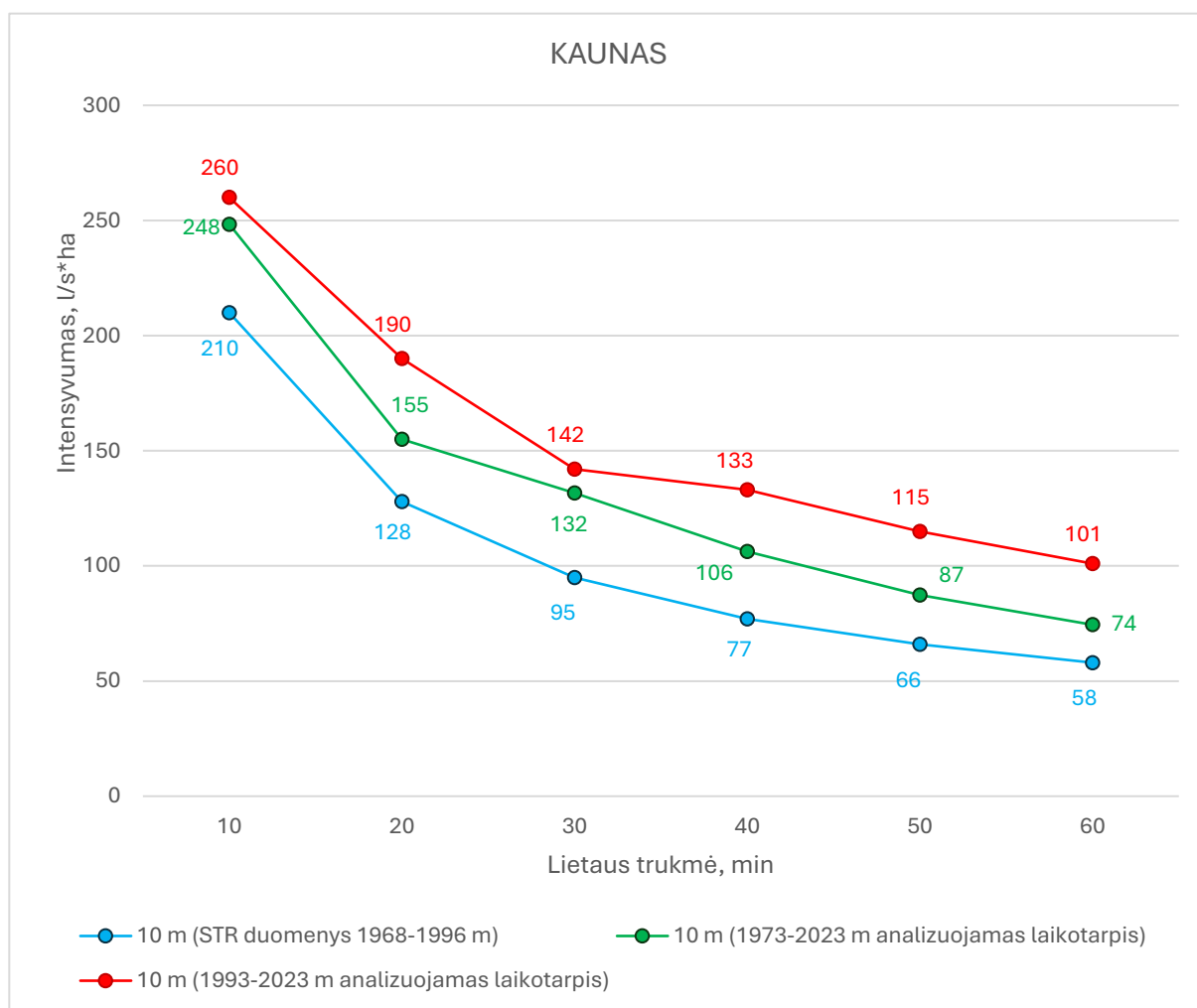
3.22 pav. 30 ir 50 metų lietaus intensyvumų duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 5 metai (Dotnuva)



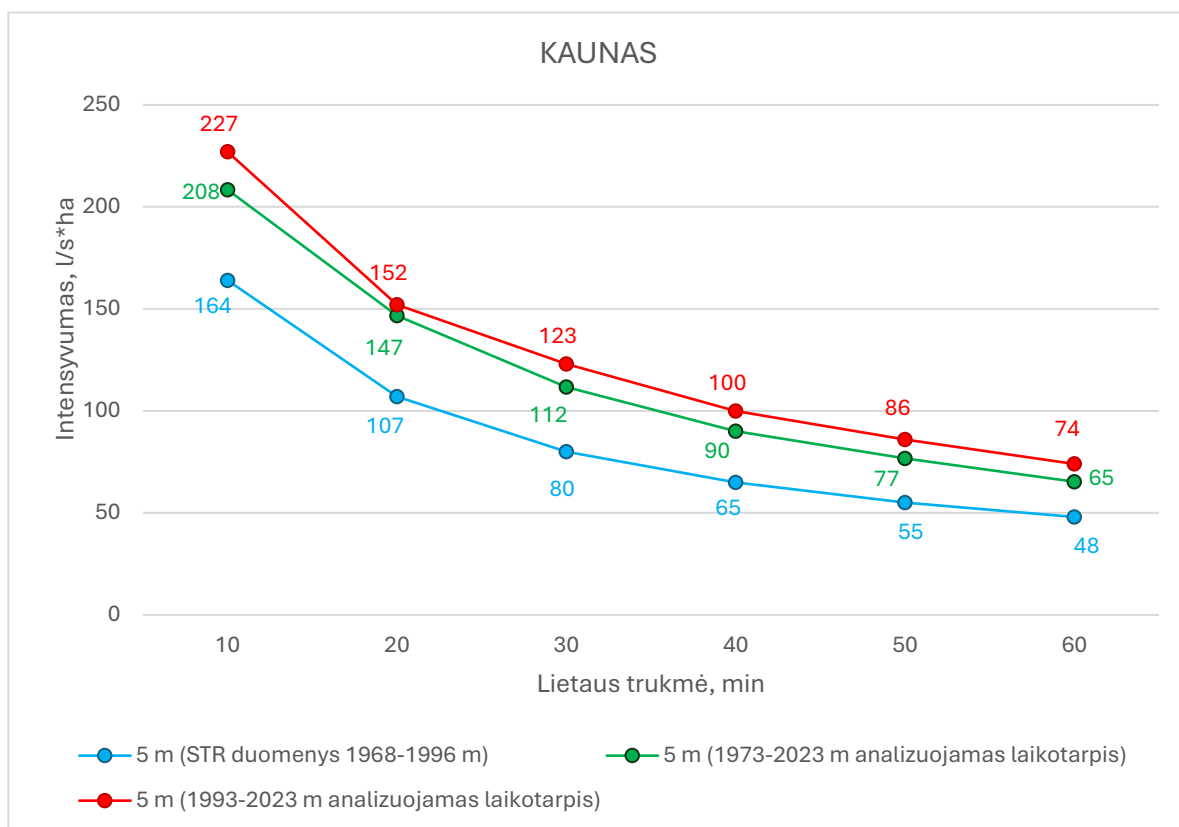
3.23 pav. 30 ir 50 metų lietaus intensyvumų duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 1 metai (Dotnuva)

3.21, 3.22, 3.23 paveiksluose (žr. 3.21, 3.22, 3.33 pav.) pateikti grafikai vaizduoja lietaus intensyvumo priklausomybę nuo lietaus trukmės, kai kartojimosi periodas yra 10, 5 ir 1 metai ir lyginami STR duomenys su 30 bei 50 metų analizuojamų laikotarpių gautais rezultatais. Visų trijų minėtų kartojimosi periodų STR lietaus intensyvumo duomenys yra mažiausi. 30 metų ir 50 metų analizės laikotarpiai (raudona ir žalia linijos) pateikia aukštesnes lietaus intensyvumo reikšmes daugeliui lietaus trukmių. Trumpos trukmės lietaus 30 metų laikotarpio duomenys yra didžiausi (pvz., 10 minučių trukmei jie siekia 147 l/s*ha, palyginti su 115 l/s*ha STR duomenų ir 129 l/s*ha 50 metų nagrinėto laikotarpio duomenų). 50 metų laikotarpio duomenys yra artimi STR duomenims, bet vis tiek šiek tiek didesni. Vidutinės lietaus trukmės STR duomenys rodo mažesnes reikšmes nei abu analizės laikotarpiai. Pvz., 30 minučių trukmei STR duomenys yra 67 l/s*ha, o 30 metų laikotarpis – 81 l/s*ha. Ilgos trukmės lietaus duomenys STR duomenys ir 50 metų laikotarpio duomenys tampa beveik identiški.

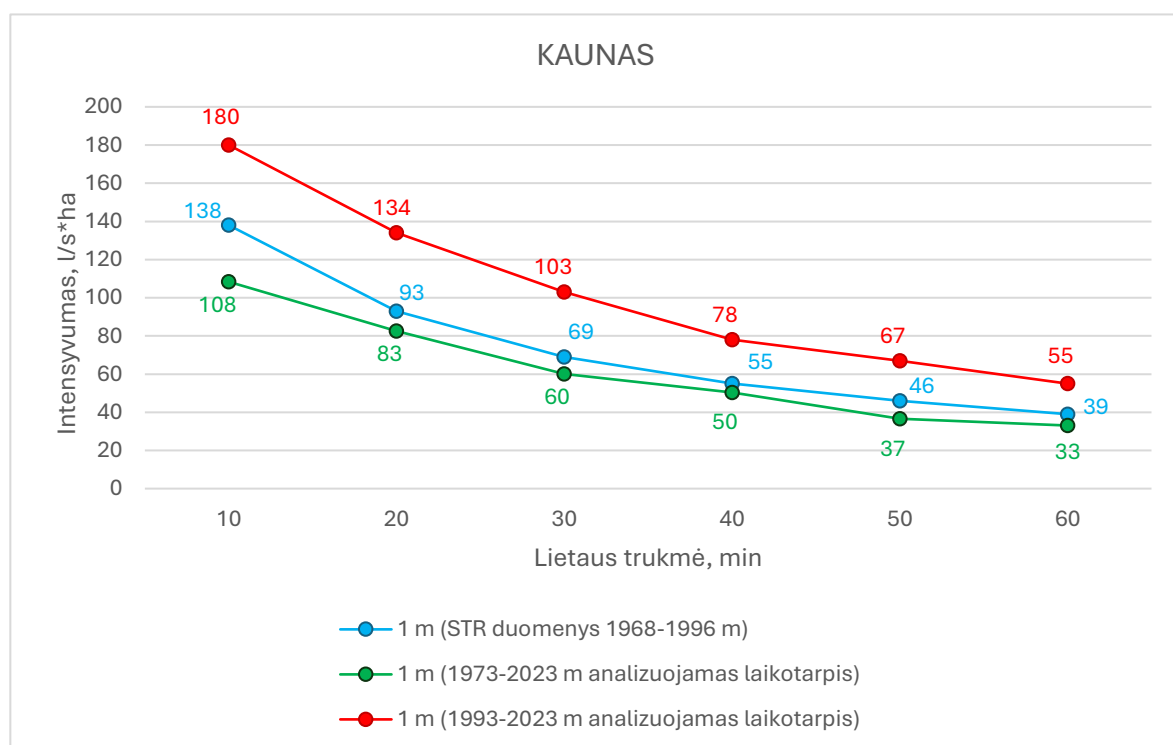
Toliau pateikiami rezultatai, kurie gauti apdorojus Kauno meteorologinės stoties duomenis.



3.24 pav. 30 ir 50 metų lietaus intensyvumų duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 10 metų (Kaunas)



3.25 pav. 30 ir 50 metų lietaus intensyvumų duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 5 metai (Kaunas)



3.26 pav. 30 ir 50 metų lietaus intensyvumų duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 1 metai (Kaunas)

Lyginant du skirtingus analizuojamus laikotarpius, lietaus intensyvumas Kaune yra didesnis, kai nagrinėjami 30 metų duomenys. Esant 10 metų kartojimosi periodui ir kai lietaus trukmė yra 10 minučių, skirtumas yra 5 %. Šią trukmę lyginant su STR pateikta, 50 metų

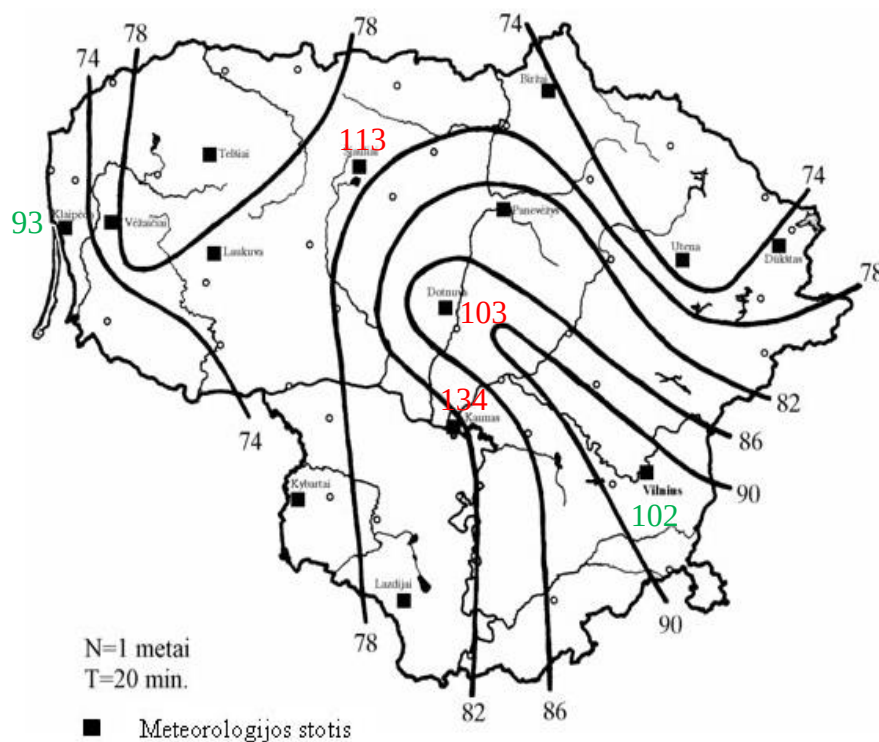
analizuojamo laikotarpio lietaus intensyvumas yra didesnis 24 %. Kai lietus trunka 20 minučių, 50 ir 30 metų duomenų skirtumas 23 %. Kai lietaus trukmė viena valanda, 50 ir 30 metų intensyvumai skiriasi 36 %, o 50 metų analizuojamo laikotarpis nuo esamų intensyvumų skiriasi 27 %.

Nagrinėjant 5 metų kartojimosi periodą, kai lietaus trukmė 10 minučių, 50 metų nagrinėjamų duomenų lietaus intensyvumas už 30 metų analizuojamą laikotarpį mažesnis 9 %, tačiau didesnis už šiuo metu naudojamus lietaus intensyvumus 27 %. Kai lietaus trukmė 20 minučių, 50 ir 30 metų duomenys skiriasi 4 %, o 50 metų duomenys už STR esančius intensyvumus didesni 37 %. Kai lietaus trukmė pasiekia 1 valandą, 50 metų naujai perskaičiuotas intensyvumas yra mažesnis 14 %, bet didesnis už naudojamus intensyvumus 35 %.

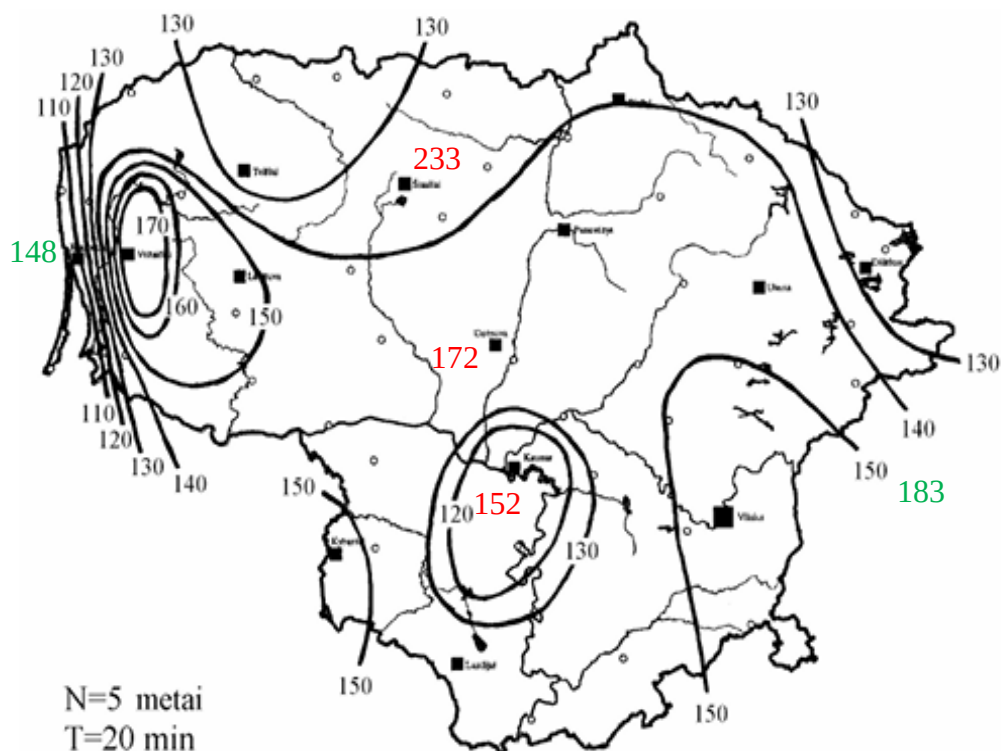
Analizuojant gautus rezultatus, kai kartojimosi periodas yra vieni metai, o lietaus trukmė 10 minučių, tai 30 ir 50 duomenų analizės skirtumas yra 30 %. Kai lietus trunka 20 minučių, skirtumas tarp 30 ir 50 metų duomenų, lietaus intensyvumas skiriasi 44 %. Lyginant 50 metų išanalizuotus duomenis ir esamus lietaus intensyvumus, skirtumas lygus 12 %. Kai lietaus trukmė pasiekia vieną valandą, lietaus intensyvumai tarp 50 ir 30 metų laikotarpių skiriasi 41 %. Nuo esamų intensyvumų, 50 metų apdoroti duomenys, skiriasi 18 %.

3.4. Lietaus parametrų palyginimas Lietuvoje

Remiantis esamais ir tiriamajame darbe išanalizuotais duomenimis, nustatyti lietaus intensyvumo pokyčiai Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno meteorologijos stočių duomenyse. Taip pat 2023 metais buvo atliktas magistro tiriamasis darbas, kur buvo nustatyti Klaipėdos ir Vilniaus miestų lietaus intensyvumo pokyčiai (Zaremba, 2023). 3.27 ir 3.28 paveiksluose (žr. 3.27, 3.28 pav.) nurodyti naujai sudaryti lietaus intensyvumai, palyginant su esamais lietaus intensyvumais, kai kartojimosi periodas 1 metai, o lietaus trukmė 20 minučių ir kai kartojimosi periodas 5 metai, o lietaus trukmė 20 min.



3.27 pav. Lietaus intensyvumo pokytis, kai kartojimosi periodas 1 metai, o lietaus trukmė 20 min



3.28 pav. Lietaus intensyvumo pokytis, kai kartojimosi periodas 5 metai, o lietaus trukmė 20 min

Nagrinėjant žemėlapi, matosi reikšmingas lietaus intensyvumo pokytis Lietuvoje. Šiuo metu, išnagrinėti 5 miestų lietaus intensyvumo duomenys skiriasi nuo statybos techniniame reglamente pateiktų duomenų. Tai nurodo intensyvesnius lietus ir būtinybę peržiūrėti ir pakeisti statybos techniniame reglamente pateiktus lietaus intensyvumus. Lietaus intensyvumo pakeitimo įtaka projektuojamoms paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo sistemoms pateikiama 3.5 skyriuje.

3.5. Naujų intensyvumų pritaikymas sistemų projektavimui

Tam, kad būtų tinkamai parinktos paviršinių (lietaus) sistemos, reikalinga apskaičiuoti susidarančių nuotekų debitą. Projektuojant šias sistemas, lietaus debito skaičiavimams naudojamos Statybos techniniame reglamente (STR 2.07.01:2003), 9 priede nurodytas formules.

Lauko paviršinių (lietaus) nuotekų debitas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$Q_{lt} = I \cdot F \cdot C_{vid.}, l/s \quad (3.2)$$

čia: I – lietaus intensyvumas ($l/s \cdot ha$); F – skaičiuotinas nuotėkio baseino plotas (ha); C_{vid} – vidutinis svertinis nuotėkio koeficientas.

Šiuo atveju, patikrinti, kaip nauji intensyvumai pakeičia paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo sistemų vamzdinių skersmenis, priimama, kad $F = 5 ha$, o $C = 0,95$, kai paviršius iš asfalto ar betono.

Vidutinis svertinis nuotėkio koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C_{vid.} = \frac{\sum C_i F_i}{F} \quad (3.3)$$

čia: C_i – būdingų nuotėkio baseino paviršių nuotėkio koeficientai; F_i – tam tikromis paviršiaus savybėmis pasižyminti (baseino daliai priskiriamas nuotėkio koeficientas C_i) nuotėkio baseino dalis, ha ; F – skaičiuotinas nuotėkio baseino plotas, ha .

$$C_{vid.} = \frac{0,95 \cdot 1}{1} = 0,95$$

Skaičiuojant paviršinių (lietaus) nuotekų debitą, priimami naujai perskaičiuoti lietaus intensyvumai, kai ištvvinimo retmuo 5 metai, o lietaus trukmė 20 minučių.

3.2 lentelė. Lietaus intensyvumai

	STR intensyvumai, l/s*ha	Perskaičiuoti intensyvumai l/s*ha
Šiauliai	134	233
Dotnuva	146	172
Kaunas	107	152

ŠIAULIAI

Lietaus nuotekų debitas naudojant STR pateiktą intensyvumą:

$$Q_{lt} = 134 \cdot 5 \cdot 0,95 = 637 \text{ l/s}$$

Lietaus nuotekų debitas naudojant perskaičiuotą intensyvumą:

$$Q_{lt} = 233 \cdot 5 \cdot 0,95 = 1107 \text{ l/s}$$

Skirtumas – 470 l/s.

DOTNUVA

Lietaus nuotekų debitas naudojant STR pateiktą intensyvumą:

$$Q_{lt} = 146 \cdot 5 \cdot 0,95 = 694 \text{ l/s}$$

Lietaus nuotekų debitas naudojant perskaičiuotą intensyvumą:

$$Q_{lt} = 172 \cdot 5 \cdot 0,95 = 817 \text{ l/s}$$

Skirtumas – 123 l/s.

KAUNAS

Lietaus nuotekų debitas naudojant STR pateiktą intensyvumą:

$$Q_{lt} = 107 \cdot 5 \cdot 0,95 = 509 \text{ l/s}$$

Lietaus nuotekų debitas naudojant perskaičiuotą intensyvumą:

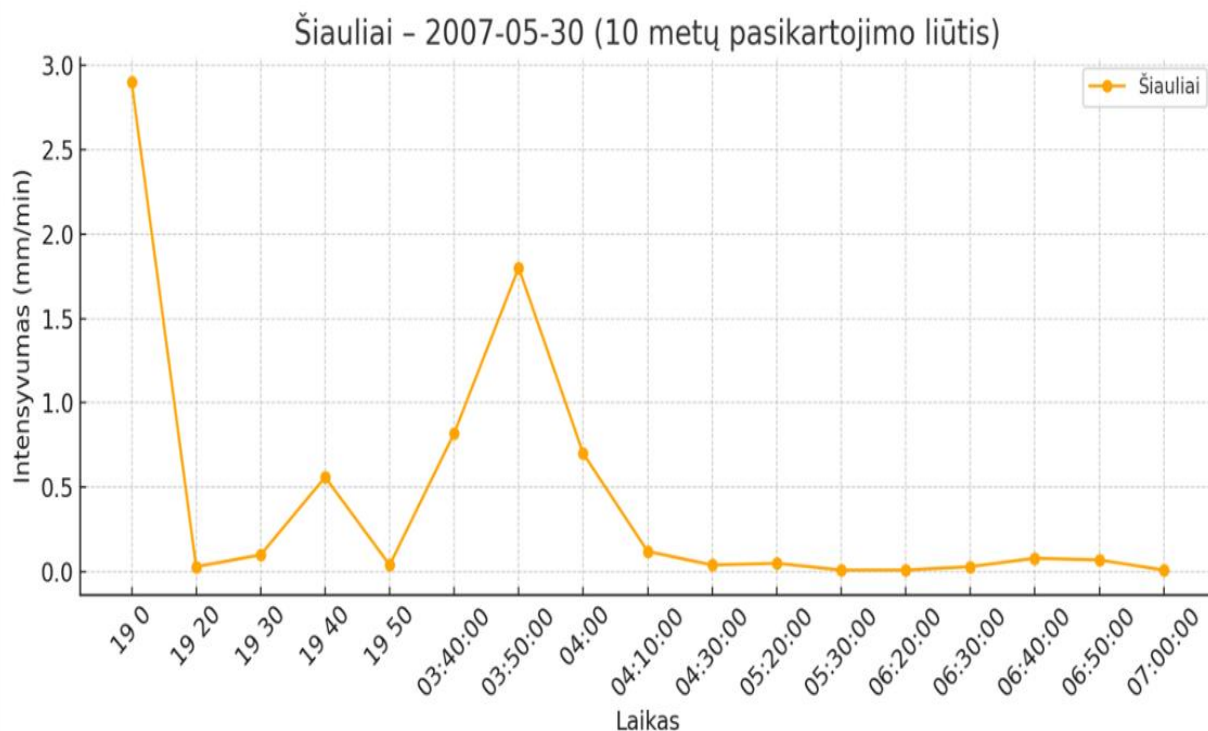
$$Q_{lt} = 152 \cdot 1 \cdot 0,95 = 722 \text{ l/s}$$

Skirtumas – 213 l/s.

Apskaičiavus susidarysiančius lietaus nuotekų kiekius, galima teigti, kad parinkinėjant lietaus nuotekų vamzdinių diametrus, lietaus intensyvumo pakitimas turi didelę įtaką. Priimant, kad paviršinės nuotekos surenkamos nuo 5 ha teritorijos, o lietaus trukmė 20 minučių, didžiausias projektuojamos sistemos pokytis būtų Šiauliuose. Mažiausias pokytis – Dotnuvoje. Projektuojant lietaus surinkimo sistemas, turės pasikeisti vamzdinių diametrai, akumuliacinių talpų tūriai bei paviršinių nuotekų valyklų našumai.

3.6. Liūčių analizė pagal pasikartojimo laikotarpius

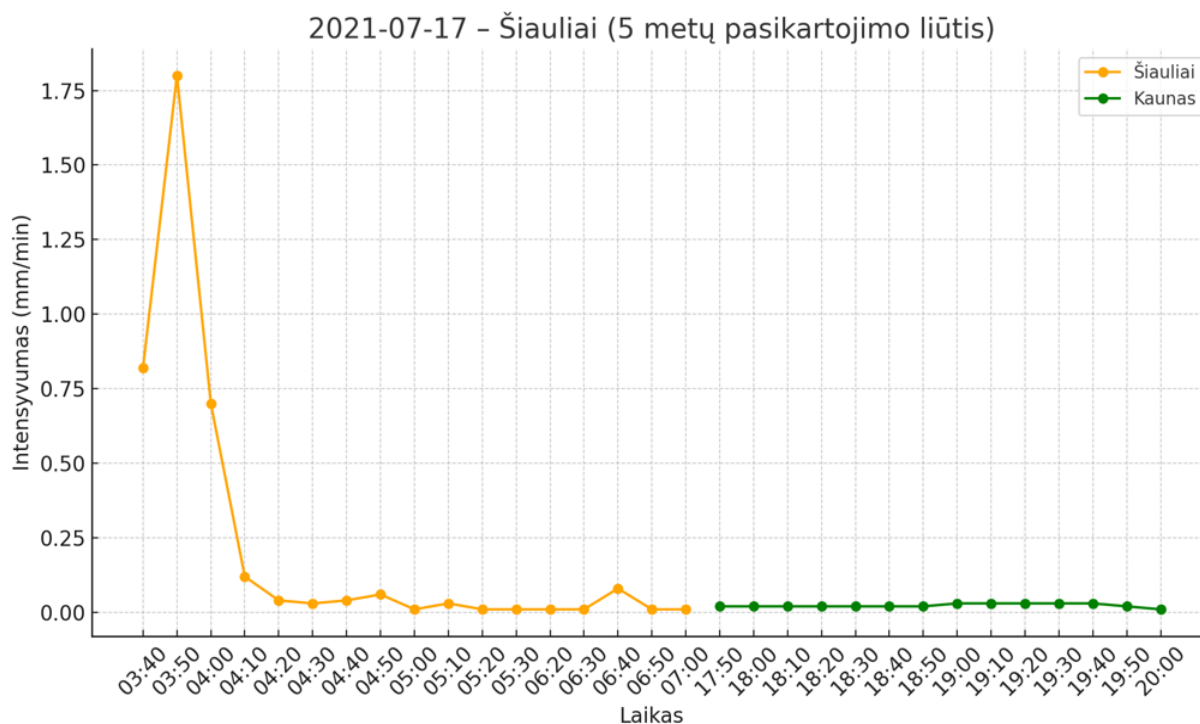
Analizuojami trijų meteorologijos stočių (Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno) realūs liūčių atvejai, parinkti pagal naujai nustatytas 1, 5 ir 10 metų pasikartojimo tikimybes. Duomenys sudaryti remiantis 30 metų laikotarpiu. Esant 10 metų kartojimosi periodui Šiaulių mieste nustatyta liūtis – 2007 metais gegužės 30 dieną.



3.29 pav. 2007-05-30 Šiaulių liūtis (kartojimosi periodas 10 metų)

Šiaulių meteorologijos stotyje 2007 m. gegužės 30 d. buvo užfiksuotas vienas stipriausių trumpalaikių lietaus įvykių per 30 metų laikotarpį. Intensyvumas siekė net 2,9 mm/min 19:00 val., tačiau jau po 20 minučių sumažėjo iki vos 0,03 mm/min. Tai rodo, kad liūtis buvo labai intensyvi, bet itin trumpa. Tą pačią dieną Dotnuvoje ir Kaune kritulių nefiksuota, o tai leidžia daryti išvadą, kad šis atmosferos reiškinyje buvo lokalus – būdingas tik vienam regionui.

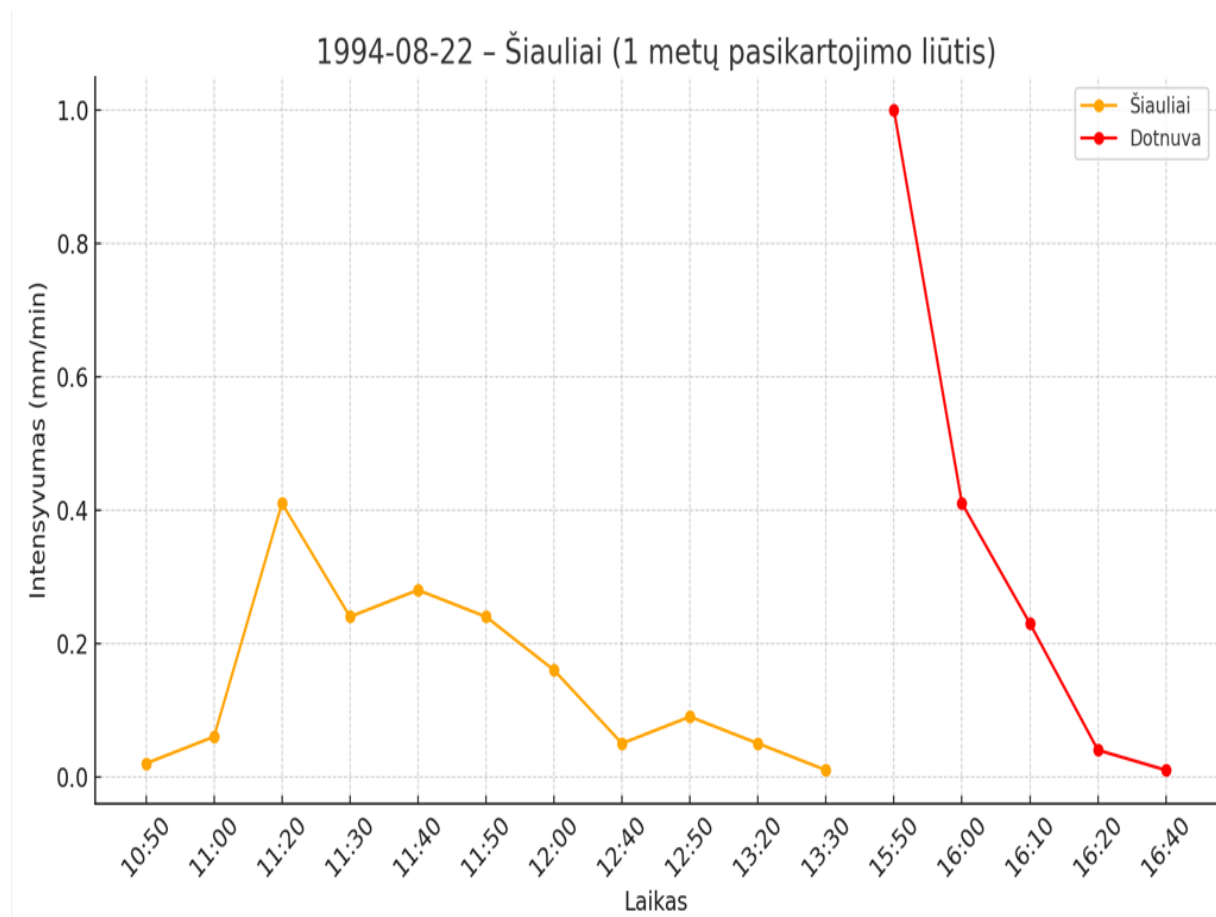
Esant 5 metų kartojimosi periodui Šiaulių mieste nustatyta liūtis – 2021 metais liepos 17 dieną.



3.30 pav. 2021-07-17 Šiaulių liūtis (kartojimosi periodas 5 metai)

Šiauliuose tą rytą įvyko itin intensyvi trumpalaikė liūtis – pikas pasiektas 03:50 val. su 1,8 mm/min intensyvumu. Pradžią fiksuota 03:40 val., po to intensyvumas greitai sumažėjo. Kritulių trukmė – apie 3,5 valandos. Tokie lietūs būdingi konvekciniams liūtimis – trumpi, bet labai stiprūs. Kaune tą pačią dieną krituliai fiksuoti tik vakare nuo 17:50 iki 20:00 val., tačiau jų intensyvumas buvo labai žemas – svyravo tarp 0,01–0,03 mm/min. Tai rodo nepriklausomą, nežymų kritulių epizodą, neturintį ryšio su Šiauliuose vykusia liūtimi. Tuo metu Dotnuvoje nelijo visai, taigi ekstremalus reiškinys buvo lokalus – lokalizuotas ties Šiauliais.

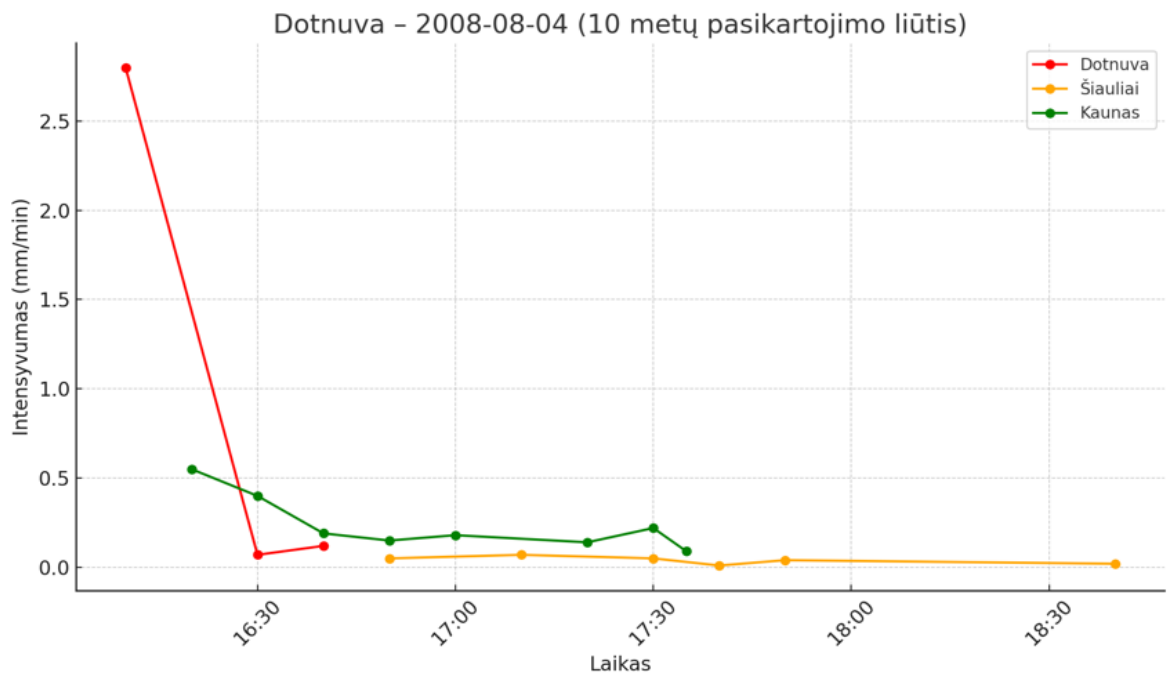
Esant 1 metų kartojimosi periodui Šiaulių mieste nustatyta liūtis – 1994 metais rugpjūčio 22 dieną.



3.31 pav. 1994-08-22 Šiaulių liūtis (kartojimosi periodas 1 metai)

Liūtis Šiauliuose tęsėsi nuo 10:50 iki 13:30, pikas fiksuotas 11:20 – 0,41 mm/min. Nors tokio tipo krituliai nėra ekstremaliausi, jų trukmė ir vidutinis intensyvumas leidžia šį įvykį priskirti 1 metų pasikartojimo tikimybei. Intensyvumas išliko gana nuoseklus ir tolygus, tai rodo stabilų, vidutinio intensyvumo lietų. Tą pačią dieną Dotnuvoje liūtis prasidėjo 15:50 val., o pikas siekė net 1,00 mm/min. Intensyvumas po to sparčiai mažėjo – tai leidžia spėti, kad Dotnuvoje vyko atskiras kritulių įvykis, nepriklausantis Šiaulių situacijai.

Esant 10 metų kartojimosi periodui Dotnuvos mieste nustatyta liūtis – 2008 metais rugpjūčio 4 dieną. 3.32 paveiksle (žr. 3.32 pav.) pavaizduotas lietaus intensyvumo pokytis trijuose miestuose: Dotnuvoje, Šiauliuose ir Kaune 2008 m. rugpjūčio 4 d. Dotnuvoje šią dieną fiksuota liūtis, kurios intensyvumas atitiko 10 metų pasikartojimo periodą – maksimali reikšmė siekė net 2,80 mm/min 16:10 val. Po šio piko intensyvumas Dotnuvoje labai greitai sumažėjo.



3.32 pav. 2008-08-04 Dotnuvos liūtis (kartojimosi periodas 10 metų)

Tuo pačiu metu Šiauliuose lietus buvo gerokai silpnesnis ir fiksuotas vėliau – nuo 16:50 iki 18:40. Didžiausias intensyvumas siekė vos 0,07 mm/min. Kaune kritulių intensyvumas buvo vidutinio stiprumo, gana tolygus, su keliomis ryškesnėmis bangomis. Didžiausias intensyvumas užfiksuotas 16:20 – 0,55 mm/min. Vėliau jis palaipsniui mažėjo, tačiau lietus tęsėsi iki pat 17:35.

Lietus Dotnuvoje buvo stiprus, bet labai trumpas – būdingas lokalioms liūtims. Tuo metu Kaune ir Šiauliuose fiksuoti žymiai silpnesni krituliai, todėl galima teigti, kad ši liūtis lokalinė ir nesitęsė per visą šalį. Tokie atvejai parodo, kad vertinant liūtis pagal pasikartojimo laikotarpius svarbu žiūrėti, ar analogiškai įvykiai užfiksuoti kituose miestuose – šiuo atveju to nebuvo.

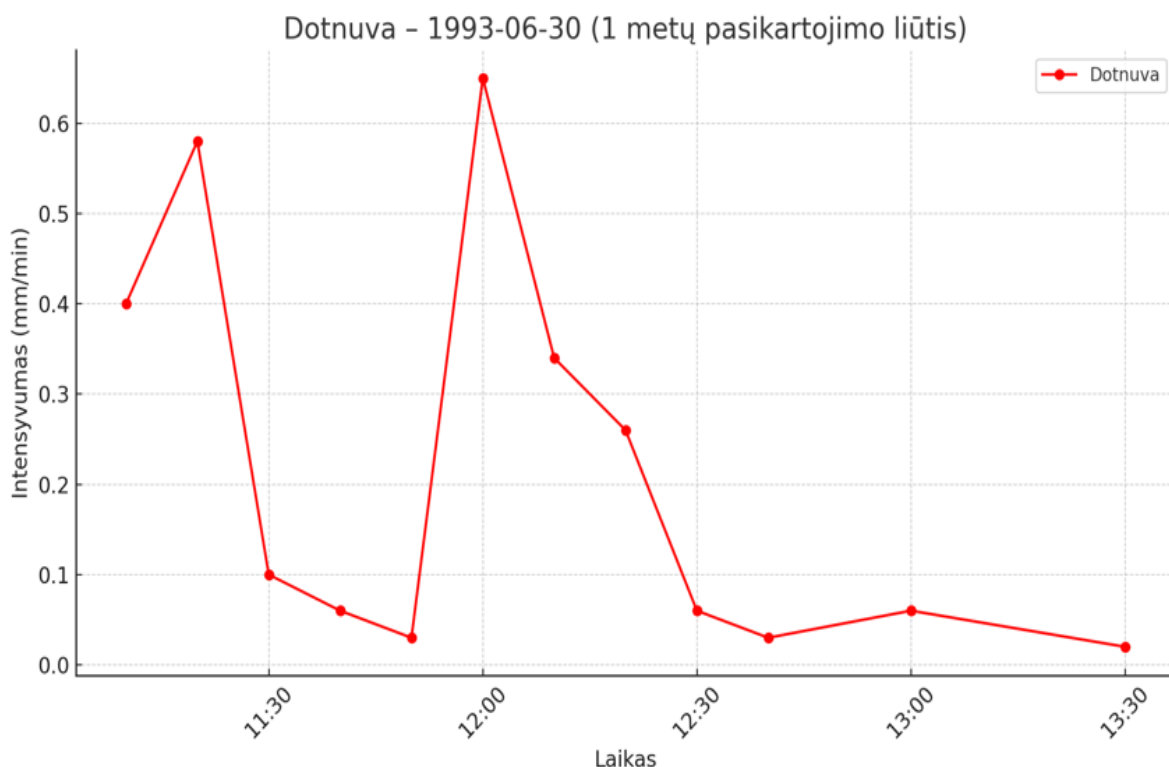
Esant 5 metų kartojimosi periodui Dotnuvos mieste nustatyta liūtis – 2019 metais rugpjūčio 29 dieną.



3.33 pav. 2019-08-29 Dotnuvos liūtis (kartojimosi periodas 5 metai)

Grafike (žr. 3.33 pav.) pavaizduotas kritulių intensyvumo pokytis Dotnuvoje, Šiauliuose ir Kaune 2019 m. rugpjūčio 29 d. Ši data pasirinkta todėl, kad Dotnuvoje buvo užfiksuota liūtis, kurios intensyvumas atitiko 5 metų pasikartojimo periodą. Didžiausias kritulių intensyvumas Dotnuvoje siekė 1,14 mm/min 15:40 val., o itin stipriam liutui prasidėjus jau 15:00 val. (0,32 mm/min), jis išliko intensyvus iki pat 16:00. Tuo metu Šiauliuose fiksuotas labai silpnas lietus dienos viduryje – intensyvumas niekada neviršijo 0,03 mm/min, o nuo 14:10 val. lietus liovėsi. Kaune lietus vyko dar ryte – nuo 08:30 iki 09:20. Intensyvumas buvo nuoseklus, siekė iki 0,15 mm/min, vėliau lietus baigėsi. Tai rodo, kad Kauno lietus buvo nesusijęs su Dotnuvos liūtės zona.

Esant 1 metų kartojimosi periodui Dotnuvos mieste nustatyta liūtis – 1993 metais birželio 30 dieną.

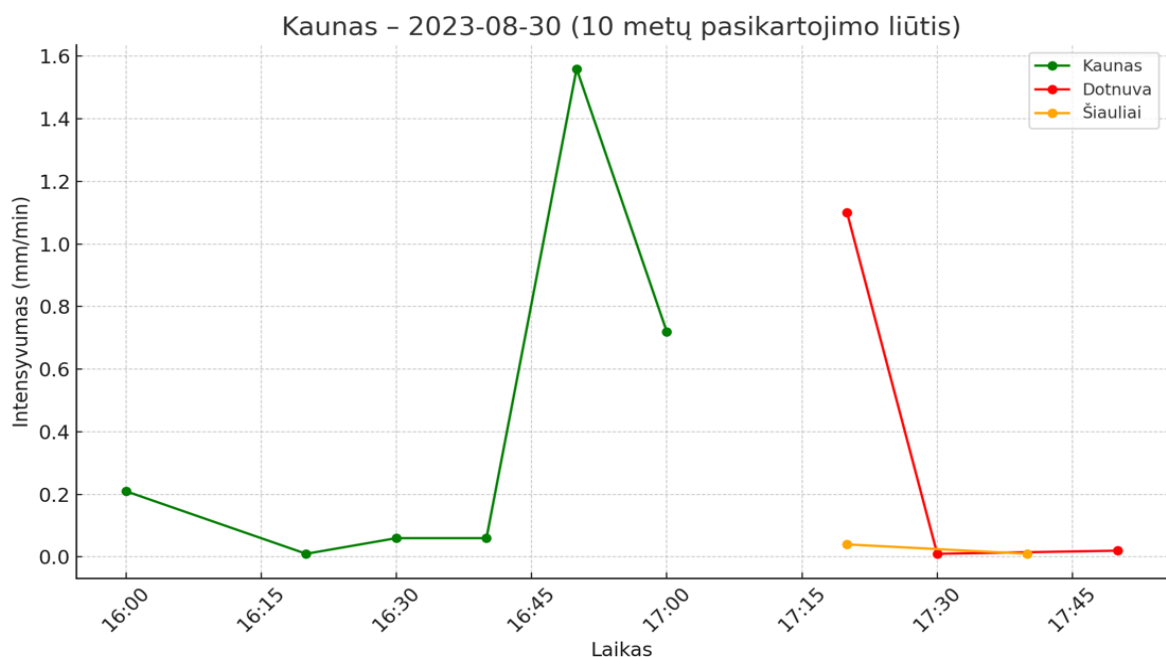


3.34 pav. 1993-06-30 Dotnuvos liūtis (kartojimosi periodas 1 metai)

Grafike (žr. 3.34 pav.) pavaizduotas lietaus intensyvumo pokytis Dotnuvoje 1993 m. birželio 30 d. Šią dieną fiksuotas kritulių epizodas Dotnuvoje, kurio pikas siekė 0,65 mm/min 12:00 val. Šis intensyvumas atitinka 1 metų pasikartojimo dažnio liūtį. Lietus prasidėjo apie 11:10 ir tęsėsi iki 13:30. Nors pradžioje buvo užfiksuoti keli intensyvesni šuoliai (pvz., 0,58 mm/min 11:20), didžioji dalis kritulių buvo vidutinio arba žemo intensyvumo. Tuo metu Šiauliuose ir Kaune kritulių neužfiksuota – šiose vietovėse tądien nelijo.

Šis lietaus įvykis Dotnuvoje buvo lokalaus pobūdžio, nes kituose miestuose jis nepasikartojė. Nors intensyvumas nebuvo labai didelis, pats reiškinys buvo palyginti trumpas ir riboto masto, tačiau pakankamas, kad būtų priskirtas 1 metų pasikartojimo liutui.

3.35 paveiksle (žr. 3.35 pav.) pavaizduotas kritulių intensyvumo pokytis trijuose miestuose: Kaune, Dotnuvoje ir Šiauliuose, 2023 m. rugpjūčio 30 d. Kaune tądien buvo užfiksuota liūtis, kurios intensyvumas atitiko 10 metų pasikartojimo dažnį. Ši liūtis pasižymėjo labai staigiu ir ryškiu piku – 1,56 mm/min 16:50 val., o kiek anksčiau (16:00–16:40) kritulių intensyvumas išliko nežymus, iki 0,21 mm/min.

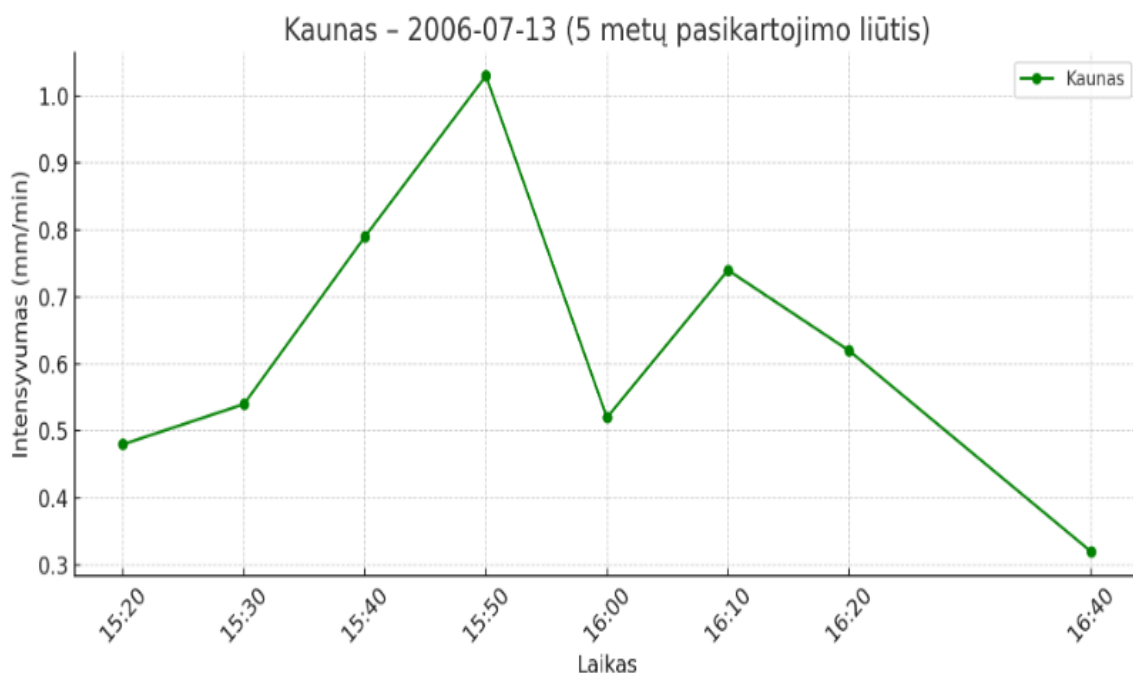


3.35 pav. 2023-08-30 Kauno liūtis (kartojimosi periodas 10 metų)

Tuo metu Dotnuvoje ryškiausias kritulių pikas fiksuotas 17:20 val. (1,10 mm/min), kuris galėjo būti susijęs su ta pačia audros sistema, tačiau trumpesnio laikotarpio ir mažesnio intensyvumo. Vėlesnės reikšmės 17:30 ir 17:50 parodė tik labai silpną liūtį. Šiauliuose kritulių intensyvumas buvo žemas – 17:20 val. fiksuota 0,04 mm/min, o 17:40 – vos 0,01 mm/min. Tokie skaičiai rodo tik silpną ir trumpalaikį liūtį.

Šis kritulių įvykis buvo lokalizuotas aplink Kauno regioną, kur pasiekė itin aukštą intensyvumą per trumpą laiką. Dotnuvoje krituliai galėjo būti susiję su ta pačia debesų sistema, bet šiek tiek vėluojant – tai leidžia spėti, kad audros zona slinko kryptimi per miestus.

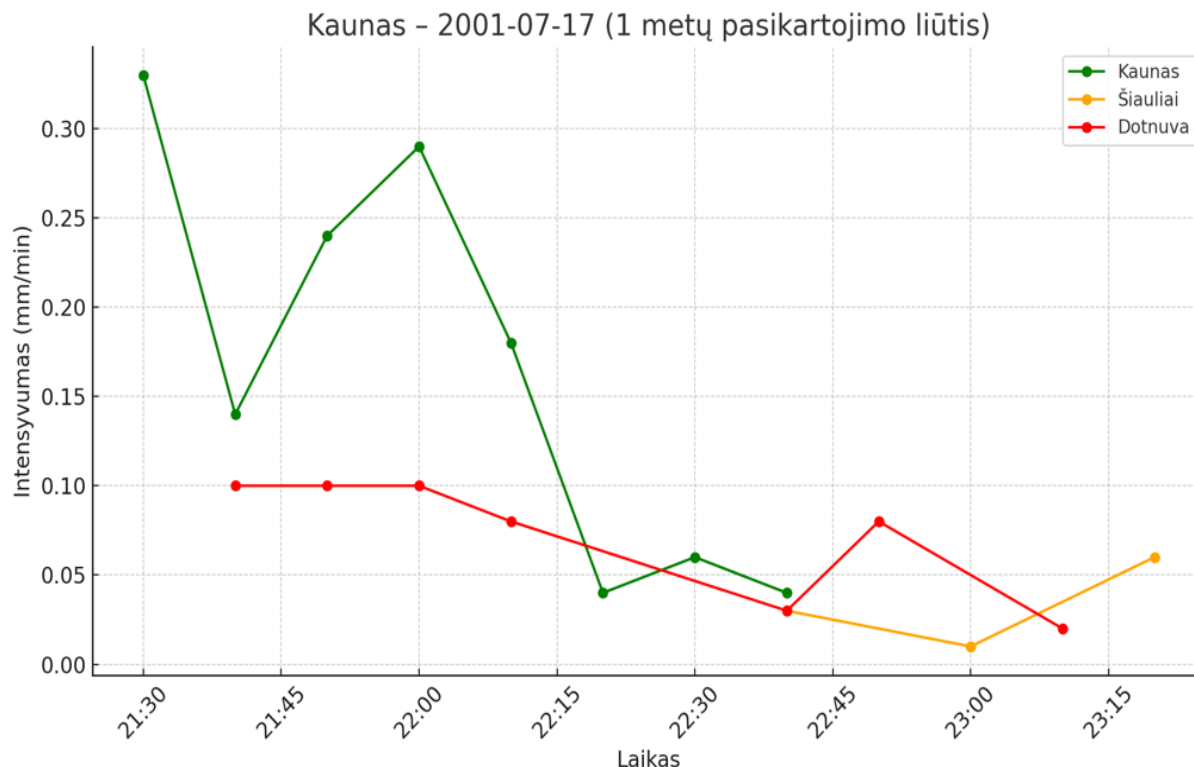
Esant 5 metų kartojimosi periodui Kauno mieste nustatyta liūtis – 2006 metais liepos 13 dieną.



3.36 pav. 2006-07-13 Kauno liūtis (kartojimosi periodas 5 metų)

2006 m. liepos 13 d. Kaune užfiksuota liūtis, kurios intensyvumas atitiko 5 metų pasikartojimo periodą. Kritulių intensyvumas pradėjo augti nuo 15:20 val. ir pasiekė piką 15:50 val., kai intensyvumas siekė 1,03 mm/min. Vėliau intensyvumas palaipsniui mažėjo, rodydamas būdingą konvekcinio lietaus struktūrą. Ši liūtis buvo lokalus reiškinys – tuo metu Šiauliuose ir Dotnuvoje kritulių nefiksuota.

Esant 1 metų kartojimosi periodui Kauno mieste nustatyta liūtis – 2001 metais liepos 17 dieną.



3.37 pav. 2001-07-17 Kauno liūtis (kartojimosi periodas 1 metų)

Šiame grafike (žr. 3.37 pav.) vaizduojamas kritulių intensyvumo pokytis Kaune, Šiauliuose ir Dotnuvoje, kai Kaune tądien fiksuota 1 metų pasikartojimo intensyvumo liūtis. Didžiausias kritulių intensyvumas Kaune pasiektas apie 21:30–22:10, kai reikšmės svyravo nuo 0,14 iki 0,33 mm/min. Tai rodo trumpalaikį, bet gana stiprų lietų. Po 22:20 intensyvumas sparčiai sumažėjo – iki 0,04–0,03 mm/min, o vėliau išvis nusiūgo. Tuo pačiu metu Dotnuvoje kritulių intensyvumas buvo žemesnis, tačiau nuoseklus – nuo 0,10 mm/min iki 0,02 mm/min. Tai rodo, kad Dotnuvoje taip pat lijo, bet žymiai mažesniu intensyvumu. Lietus tęsėsi beveik tuo pačiu metu kaip ir Kaune. Šiauliuose užfiksuotos labai žemos reikšmės – iki 0,06 mm/min, kas rodo, kad arba ten lijo labai silpnai, arba kritulių zona jau slopo. Ši liūtis, nors ir ne tokia ekstremali kaip kiti pasikartojimo atvejai, buvo lokalizuota aplink Kauno regioną. Dotnuvoje taip pat fiksuoti lietūs, tačiau intensyvumas mažesnis – tai rodo, kad audros zona apėmė šiek tiek platesnį regioną, tačiau silpnėjo toliau nuo Kauno. Šiauliuose kritulių reikšmės labai mažos, tad įvykis turėjo lokalų pobūdį, neturėdamas stipraus poveikio toliau nutolusiems miestams.

Išanalizavus devynias realias liūtis pastebėta:

- Didžiausi kritulių intensyvumai (pvz. 2,9 mm/min Šiauliuose ar 2,8 mm/min Dotnuvoje) paprastai buvo trumpi, ryškūs ir lokaliūs.
- Aukštos intensyvumo liūtys viename mieste dažnai nepasireikšdavo aplinkiniuose miestuose tuo pačiu metu (pvz. Šiauliai 2007-05-30, Kaunas 2006-06-28).
- Kai kuriais atvejais audros debesis slinko tarp miestų – pvz. 2023-08-30 Kaune užfiksuota 10 m. pasikartojimo liūtis, o netrukus Dotnuvoje ir Šiauliuose užfiksuoti mažesnio

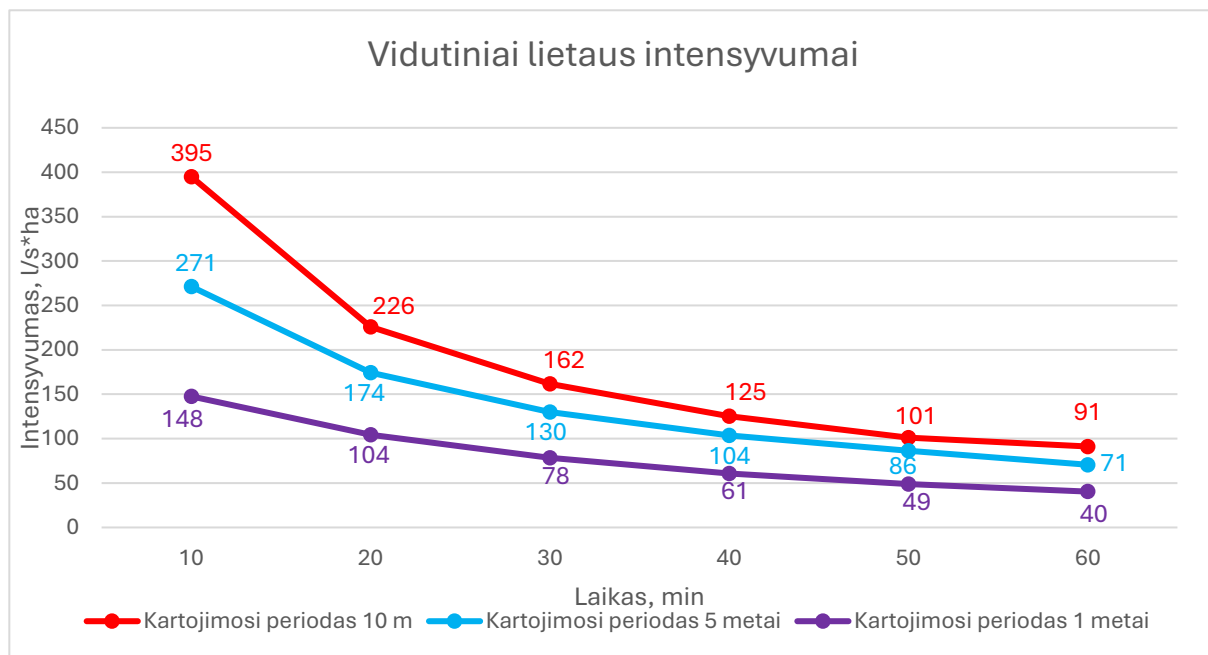
intensyvumo krituliai. Kai kuriose situacijose (pvz. 2008-08-04) visuose trijuose miestuose lijo, bet intensyvumo lygis ir laiko sutapimai skyrėsi, kas rodo dalinį regioninį pasiskirstymą.

Pasikartojančios liūtys paprastai yra lokaliai – stiprus lietus dažniausiai pasireiškia tik viename mieste arba labai siaurame regione. Vieno miesto ekstremalus įvykis nebūtinai reiškia ekstremalią situaciją šalyje. Norint sudaryti nacionalines kritulių intensyvumo kreives, gali būti tikslinga naudoti vidutines kelis miestus apimančias reikšmes, ypač trumpiems (pvz. 20 min) laikotarpiams.

3.7. Bendros projektinės lietaus intensyvumo kreivės sudarymo galimybė

Atlikus kritulių intensyvumo ir pasikartojimo analizę Šiauliuose, Dotnuvoje ir Kaune, galima pastebėti, kad net ir stipraus pasikartojimo liūtys dažniausiai pasireiškia lokaliai, o jų pasiskirstymas skirtinguose miestuose skiriasi tiek laike, tiek intensyvumu. Nagrinėtuose realių liūčių pavyzdžiuose viename mieste užfiksuotas intensyvus lietus dažnai nepasireiškė kituose tuo pačiu metu. Tai leidžia kelti klausimą, ar kiekvienam miestui būtina sudaryti atskirą kritulių intensyvumo kreivę, ar pakanka naudoti bendrą, regioninį ar nacionalinį vidurkį. Remiantis 1.6 skyriuje išnagrinėta literatūra, Švedijos patirtis rodo, kad bendros projektinės lietaus intensyvumo kreivės visai šaliai nėra teorinė prielaida, o reali, tarptautinėje praktikoje pripažinta metodika. Lietuva, kaip ir Švedija, turi gana vienodą klimatinį foną, ypač trumpalaikių liūčių požiūriu. Dėl to, skirtumai tarp miestų dažniausiai atsiranda dėl atsitiktinių veiksnių, o ne dėl sisteminių regioninių skirtumų.

3.3 skyriuje buvo nagrinėti lietaus intensyvumai, atitinkantys 1, 5 ir 10 metų pasikartojimo tikimybes, o tų pasikartojimo laikotarpių liūtys buvo išskirtos kiekviename mieste. Šiame darbe išnagrinėti Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno meteorologijos stočių duomenys bei 2023 atliktame magistro darbe išnagrinėti Vilniaus ir Klaipėdos duomenys. Turint jau penkių miestų apdorotus lietaus intensyvumo duomenis skirtingiems kartojimosi periodams bei lietaus trukmėms, galima sudaryti vieną vidutinę lietaus intensyvumo kreivę, tinkamą naudoti visos šalies mastu.



3.38 pav. Vidutiniai lietaus intensyvumai

Grafike (žr. 3.38 pav.) pateiktos vidutinės kritulių intensyvumo reikšmės, apskaičiuotos pagal faktinius duomenis iš penkių skirtingų Lietuvos miestų, atsižvelgiant į 1, 5 ir 10 metų pasikartojimo periodus. Kiekvienas taškas atitinka tam tikros trukmės (nuo 10 iki 60 minučių) lietaus intensyvumo vidurkį, kuris buvo fiksuotas realių liūčių metu.

Vidutinė kritulių intensyvumo kreivė, sudaryta iš kelių miestų duomenų, tampa naudinga ir praktiškai pagrįsta, kai siekiama supaprastinti projektavimo procesus nacionaliniu arba regioniniu mastu. Vietoje to, kad kiekvienas miestas ar savivaldybė naudotų skirtingas intensyvumo reikšmes, bendros kreivės taikymas leidžia suvienodinti metodiką ir taikyti vieningus standartus.

Taip pat ši kreivė naudinga, turint ribotą kiekį duomenų analizei. Ilgalaikiai ir kokybiški kritulių duomenys dažnai būna tik didesniuose miestuose. Mažesnėms vietovėms, kurios neturi pakankamos statistikos, vidutinė kreivė tampa pagrįstu atspirties tašku.

Šiuos duomenis galima naudoti, kai projektavimo tikslas bendras normatyvas tipiniam projektui. Pavyzdžiui, planuojant kelių, gyvenviečių infrastruktūrą ar statinių lietaus nuotekų sistemą užmiesčiuose arba neurbanizuotose teritorijose, kur nėra specifinių lokalizuotų duomenų.

Kaip parodė analizė – net 10 ir 5 metų pasikartojimo liūtys dažnai yra labiau atsitiktinės, nei nuoseklios geografiškai. Todėl, kai nebėra aiškaus regioninio išskirtinumo, tikslinga naudoti apibendrintą sprendimą. Kai analizuojami trumpalaikiai lietūs (10–60 min), dažniausiai liūtys yra trumpalaikės ir intensyvios, bet labai lokalias. Vidutinė kreivė leidžia įvertinti tikėtiną intensyvumą, be perdėto jautrumo vieno miesto intensyvumo reikšmei.

IŠVADOS

1. Išnagrinėjus gautus rezultatus, galima teigti, kad geriausia ateityje skaičiavimams priimti 30 metų nagrinėto laikotarpio lietaus intensyvumo skaičiavimo rezultatus, nes beveik visos didžiausio intensyvumo liūtys užfiksuotos nuo 1993 metų. Analizuojant duomenis pastebima, kad nuo 2013 metų, kai pradėtas naudoti automatinis lietaus kiekio ir intensyvumo matavimo prietaisas bei perėjus prie automatinio lietaus intensyvumo registravimo, gaunami tikslesni duomenys.

2. Šiauliuose ir Kaune pastebėtas reikšmingas lietaus intensyvumo augimas visose trukmėse ir kartojimosi perioduose. Dotnuvoje intensyvumo pokyčiai buvo ryškesni trumpoms lietaus trukmėms, tačiau ilgesnėms trukmėms intensyvumų pokyčiai sumažėjo. Naujai perskaičiuoti Šiaulių ir Dotnuvos 1 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumai artėja, o Kauno net viršija 5 metų kartojimosi periodo reikšmes nurodytas STR.

3. Esant 20 minučių lietaus trukmei, esant skirtingiems kartojimosi periodams, Šiaulių mieste lietaus intensyvumas vidutiniškai pakilo 74 %, Kaune 45 % ir Dotnuvoje – 30 %. Lietaus trukmei ilgėjant iki 1 valandos, lietaus intensyvumo pokyčiai sumažėja. Šiaulių mieste vidutinis pokytis, kai lietaus trukmė viena valanda, nustatytas 35%, Kaune – 27%, o Dotnuvoje reikšmingas pokytis nepastebėtas.

4. Suskaičiavus susidarysiančius lietaus nuotekų kiekius kiekviename nagrinėjamame mieste, galima teigti, kad šiuo metu naudojami lietaus intensyvumai turi būti peržiūrėti, nes projektuojami vamzdynai, akumuliacinės talpos ar valymo įrenginiai parenkami per maži bei nesugeba aptarnauti reikiamo kiekio nuotekų.

5. Atlikus skirtingų liūčių analizę, parinktų pagal 1, 5 ir 10 metų pasikartojimo tikimybę Šiaulių, Dotnuvos ir Kauno miestuose, nustatyta, kad intensyvūs kritulių įvykiai daugeliu atvejų yra lokalaus pobūdžio. Vis dėlto kai kuriais atvejais, kai Dotnuvoje fiksuotas, lietus pasireiškė ir kituose miestuose, tačiau mažesniu intensyvumu – tai rodo, kad kai kurios liūtys gali turėti regioninį pasiskirstymą, tačiau dažniausiai jos yra nesusijusios.

REKOMENDACIJOS

1. Rekomenduojama atnaujinti Statybos techninį reglamentą ir patikslinti lietaus intensyvumo duomenis, kurie įtakoja lietaus sistemų projektavimą.

2. Rekomenduojama naudoti 30 metų analizuojamo laikotarpio (nuo 1993 m. iki 2023 m.) duomenis lietaus intensyvumo parametrų nustatymui. Tiriamajame darbe pateikti duomenys rodo, kad lietaus intensyvumo reikšmės yra didesnės nei nurodytos statybos techniniame reglamente. Tai sąlygoja poreikį paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo sistemas projektuoti atsižvelgiant į naujausias tendencijas.

3. Rekomenduojama naudoti nustatytus vidutinius intensyvumus visoje šalyje. Bendrosios kreivės naudojimas yra ypač aktualus mažesniems miestams ir gyvenvietėms, kur duomenų trūksta, o projektavimo sprendimai turi būti pagrįsti realiomis, bet apibendrintomis lietaus intensyvumo reikšmėmis.

LITERATŪRA

1. Archer D. R., Fowler H.J., 2018. Characterising flash flood response to intense rainfall and impacts using historical information and gauged data in Britain. Prieiga per internetą: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfr3.12187>
2. Arnell V., Harremoes, P., Jensen, M., Johansen, N. B., Niemczynowicz, J., 1984. Review of Rainfall Data Application for Design and Anglysis. *Water Science and Technology*, 16(8–9), 1–45.
3. Brownfeld J., 2024. URBAN FLOODING: Causes, Impacts and Mitigation Strategies. Prieiga per internetą: https://www.garrisonflood.com/blog/urban-flooding-causes-impacts-and-mitigation-strategies?srltid=AfmBOOpXjJ08vnFWdISzmC_LM2SCVr8IduhX9SkFrDT2wEUHNORclrmc
4. Bukantis A., 1994. Lietuvos klimatas. *Vilniaus universitetas*.
5. Chow W. T. L., Roth M., 2006. Temporal dynamics of the urban heat island of Singapore. *International Journal of Climatology*. 26(15), 2243–2260. Prieiga per internetą: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1364>
6. Davies P. A., Fowler H. J., Herrera R. V., Slingo J., Flack D. L. A., Taszarek M., 2024. A new conceptual model for understanding and predicting 2 life-threatening rainfall extremes. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212094724000574>
7. Debo T. N. and Reese A. J., 2003. *Municipal Stormwater Management*. Boca Raton: Lewis Publishers. 1141 p.
8. Dumbrasukas A., 1993. Paviršinio nuotėkio skaičiavimas projektuojant gyvenviečių lietaus kanalizacijos tinklus // Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakulteto mokslinės konferencijos tezės.
9. EPA, 2023. Soak Up the Rain: What's the Problem?. Prieiga per internetą: <https://www.epa.gov/soakuptherain/soak-rain-whats-problem>
10. Foken T., 2017. Micrometeorology. Pages 299-314. Prieiga per internetą: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-25440-6>
11. Hertel T. W, Lima C. Z., “*Climate impacts on agriculture: Searching for keys under the streetlight*,” 2020.
12. Imhoff, K. Handbook of Urban Drainage and Wastewater Disposal. USA: John Wiley & Sons, 1989.
13. IPCC, 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of IPCC the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*. Prieiga per internetą: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
14. Kahraman A., Kendon E.J., Chan S.C., Fowler H., 2021. *Quasi-stationary intense rainstorms spread across europe under climate change*. Prieiga per internetą: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2020GL092361>
15. Kairys S., 1939. Miestų kanalizacija.
16. Li N., Li X., Fan X., 2021. Polypropylene module as a new type of tank for rainwater storage and cleaner production: Purification efficacy, bacterial community microecology and potential pathogens characteristics.
17. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/366022583_Polypropylene_module_as_a_new_type_of_tank_for_rainwater_storage_and_cleaner_production_Purification_efficacy_bacterial_community_microecology_and_potential_pathogens_characteristics
18. Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba, 1991. Krituliai.
19. Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba, 2022. Radarai. Prieiga per internetą: <https://www.meteo.lt/dabar/radarai/>

20. Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba, SKN, 2024. Prieiga per internetą: <https://www.meteo.lt/klimatas/lietuvos-klimatas/skn/>
21. LST EN 752. Lauko nuotakynai. 2015. Drain and sewer systems outside buildings.
22. Lietuvos standartas LST EN 752, 2023. „Lauko nuotakynai. Nuotakyno valdymas“. Lietuvos standartizacijos departamentas.
23. Matos C., Santos C., Pereira S., Bentes I., Imteaz M., 2014. Rainwater storage tank sizing: Case study of a commercial building. 2(2), 109–118. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212609014000181>
24. Meteorological Service of Canada, 2018. Using Intensity-Duration-Frequency (Kynos) Rainfall Data. Prieiga per internetą: https://climate.weather.gc.ca/prods_servs/engineering_e.html
25. Dėl nuotekų tvarkymo reglamento patvirtinimo, 2006 m. gegužės 17 d. Nr. D1-236. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.276576/asr>
26. Olsson J., Södling J., Berg P., Wern L., Eronn A., 2019. Short-duration rainfall extremes in Sweden: A regional analysis, 50(3), 945–960. Prieiga per internetą: <https://iwaponline.com/hr/article/50/3/945/65595/Short-duration-rainfall-extremes-in-Sweden-a>
27. Park M., Swamikannu H., Stenstrom, M. K., 2009. Accuracy and precision of the volume-concentration method for urban stormwater modelling, 43(11), 2773–2786. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135409001912>
28. Įsakymas dėl paviršinių nuotekų tvarkymo reglamento patvirtinimo, 2007 m. Balandžio 2 d. Nr. D1-193. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.295779/asr>
29. Rimkus E., 2011. Meteorologijos įvadas, Vilniaus universitetas. Prieiga per internetą: https://www.hkk.gf.vu.lt/wordpress/wp-content/uploads/studentams/Meteorologijos_ivadas.pdf
30. Rimeika M., 2000. Daktaro disertacija: Kritulių parametrų, lietaus nuotakynui ir valykloms projektuoti, analizė.
31. Rimeika, M., 2006. Nuotakyno projektavimas.
32. Sane Y., Panthou G., Bodian A., Vischel T., Lebel T., Dacosta H., Quantin G., Wilcox C., Ndiaye O., Diongue-Niang A., Kane M. D., 2018. Intensity–duration–frequency (IDF) rainfall curves in Senegal. Natural Hazards and Earth System Sciences, 18(7), 1849–1866. Prieiga per internetą: <https://nhess.copernicus.org/articles/18/1849/2018/>
33. Stormwater management manual., 2008. City of Bridgeport Connecticut, Department of Public Facilities. Prieiga per internetą: https://www.bridgeportct.gov/sites/default/files/2023-03/ENG_Storm_Water_Management_Manual_2022_updated_6.06.2022.pdf
34. Statybinė klimatologija RSN 156-94 Statybos normos, 1995.
35. STR 2.07.01:2003 „Vandentiekis ir nuotekų šalintuvas. Pastato inžinerinės sistemos. Lauko inžineriniai tinkla“. 2003. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.216857/asr>
36. STR 2.01.12:2024 „Statybų klimatologija“. 2024. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/60c1acd17f6311ef84ff9693ecd03ff5?jfwid=-4mbsyfsha>
37. Sun Y., Wendi D., Kim D. E., Liong S., 2019. Deriving intensity–duration–frequency (IDF) curves using downscaled in situ rainfall assimilated with remote sensing data, 6(1), 17. Prieiga per internetą: <https://geoscienceletters.springeropen.com/articles/10.1186/s40562-019-0147-x>
38. Susanto J., Zheng X., Liu Y., and Wang C., 2020. The Impacts of Climate Variables and Climaterelated Extreme Events on Island Country’s Tourism: Evidence from Indonesia,. Prieiga per internetą: <https://geoscienceletters.springeropen.com/articles/10.1186/s40562-019-0147-x>
39. Valiuškevičius G., , 1999. Meteometrija, Vilniaus universitetas. Prieiga per internetą: https://www.hkk.gf.vu.lt/wordpress/wp-content/uploads/2018/03/Meteom_1999.pdf

40. Vorobevskii I., Janabi F., Schneebeck F., Bellera J., Krebs P. 2020. Linking the Overloading of a Storm Water Sewer System to Precipitation Parameters, 7(2), 35. Prieiga per internetą: <https://www.mdpi.com/2306-5338/7/2/35>
41. Walsh C. J., Fletcher T. D., Matthew J. Burns, 2012. Urban Stormwater Runoff: A New Class of Environmental Flow Problem. Prieiga per internetą: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0045814>
42. Wang M., Zheng S. and Sweetapple C. A., 2022. Framework for Comparing Multi-Objective Optimization Approaches for a Stormwater Drainage Pumping System to Reduce Energy Consumption and Maintenance Costs. Prieiga per internetą: <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/8/1248>
43. Water Environment Federation. 2017. Sanitary Sewer Systems: Rainfall Derived Infiltration and Inflow (RDII) Modeling.
44. Winston T. L. C. & Matthias Roth, 2006. Temporal dynamics of the urban heat island of Singapore. *International Journal of Climatology*.
45. Zaremba T., 2023. Kritulių parametų, lietaus nuotakynui projektuoti analizė (Magistro darbas), *Vilniaus gedimino technikos universitetas*.

PRIEDAI

Priedas Nr. 1 Liūtės duomenys 2016-05-14

2016-05-14								
Šiauliai			Dotnuva			Kaunas		
Laikas	Kritulių kiekis, mm	Intensyvumas mm/min	Laikas	Kritulių kiekis, mm	Intensyvumas mm/min	Laikas	Kritulių kiekis, mm	Intensyvumas mm/min
18:00	1,3	0,13	19:00	3,3	0,33	19:50	0,4	0,04
18:10	1,4	0,14	19:10	1,6	0,16	20:00	0,7	0,07
18:20	0,3	0,03	19:20	1,8	0,18	20:10	1	0,1
18:30	0,6	0,06	19:30	0,2	0,02	20:20	1,5	0,15
18:40	0,2	0,02	19:40	0,9	0,09	20:30	1,2	0,12
18:50	0,2	0,02	19:50	0,5	0,05	20:40	1,5	0,15
19:00	0,6	0,06	20:00	0,1	0,01	20:50	0,7	0,07
19:10	0,1	0,01				21:00	0,3	0,03
19:20	0,5	0,05				21:10	0,1	0,01
19:30	0,4	0,04						
19:40	0,3	0,03						
19:50	0,1	0,01						
20:00	0,2	0,02						
20:10	0,1	0,01						
20:20	0,1	0,01						
21:00	0,1	0,01						
21:10	0,1	0,01						

Priedas Nr. 2 Liūtės duomenys 2007-06-24

2007-06-24								
Šiauliai			Dotnuva			Kaunas		
Laikas	Kritulių kiekis, mm	Intensyvumas mm/min	Laikas	Kritulių kiekis, mm	Intensyvumas mm/min	Laikas	Kritulių kiekis, mm	Intensyvumas mm/min
2 40	1,6	0,04	4 10	0,6	0,03	4 0	0,4	0,01
2 50	1,8	0,02	4 20	1,2	0,06	4 10	0,8	0,04
3 0	2,6	0,08	4 30	3,8	0,26	4 20	0,9	0,01
3 10	2,6	0	4 40	4,4	0,06	4 30	1,5	0,06
3 20	3,6	0,05				5 10	2,3	0,02
3 40	5,8	0,11				5 30	2,9	0,03

**Priedas Nr. 3 Šiuo metu paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo tinklų projektavimui
naudojami lietaus intensyvumai.**

1 lentelė. Šiaulių miesto lietaus intensyvumai (STR 2.07.01:2003, 10 priedas)

Kartojimosi periodas Lietaus trukmė	20	10	5	2	1
10	266	236	185	155	121
20	201	166	134	105	77
30	160	128	104	78	56
40	131	104	84	61	44
50	110	88	69	49	36
60	93	76	58	40	30
70	80	68	50	34	26
80	70	61	43	28	23
90	61	55	37	24	20
100	54	50	33	21	18
110	48	46	29	18	16
120	42	43	26	15	15

2 lentelė. Dotnuvos miesto lietaus intensyvumai (STR 2.07.01:2003, 10 priedas)

Kartojimosi periodas Lietaus trukmė	20	10	5	2	1
10	237	201	187	151	129
20	204	170	146	113	89
30	178	146	119	89	67
40	156	128	100	72	53
50	139	113	86	59	43
60	124	101	75	49	36
70	111	91	66	42	30
80	101	83	59	35	26
90	91	76	53	30	22
100	83	70	48	26	19
110	75	64	43	22	17
120	69	59	39	19	15

3 lentelė. Kauno miesto lietaus intensyvumai (STR 2.07.01:2003, 10 priedas)

Kartojimosi periodas Lietaus trukmė	20	10	5	2	1
10	253	210	164	138	121
20	153	128	107	93	81
30	113	95	80	69	60
40	91	77	65	55	48
50	77	66	55	46	39
60	67	58	48	39	33
70	61	52	42	34	28
80	55	48	38	30	24
90	51	45	35	27	21
100	48	42	32	25	19
110	45	40	30	22	17
120	43	38	28	21	15

**Priedas Nr. 4 Vidutiniai lietaus intensyvumai priklausomai nuo lietaus trukmės,
kai nagrinėjamas laikotarpis 30 metai (1993–2023 m)**

1 lentelė. Vidutinis lietaus intensyvumas priklausomai nuo lietaus trukmės Šiaulių mieste, kai nagrinėjamas laikotarpis 30 metai (1993–2023 m)

Eil. Nr.	Kartojimosi periodas, m	Vidutinis lietaus intensyvumas (l/s*ha), kai lietaus trukmė (min) (30 metai)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
1.	30	1264	373	252	207	169	144	124	109	76
2.	15	734	293	200	161	132	110	97	89	58
3.	10	607	288	198	150	125	108	95	84	57
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
6.	5	327	233	157	139	116	82	68	56	46
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
10.	3	277	177	123	97	82	65	54	46	39
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
15.	2	235	157	106	79	68	57	46	41	30
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
30.	1	163	113	78	59	45	38	30	26	22
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

2 lentelė. Vidutinis lietaus intensyvumas priklausomai nuo lietaus trukmės Dotnuvos mieste, kai nagrinėjamas laikotarpis 30 metai (1993–2023 m)

Eil. Nr.	Kartojimosi periodas, m	Vidutinis lietaus intensyvumas (l/s*ha), kai lietaus trukmė (min) (30 metai)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
1.	30	1279	648	433	126	113	103	95	86	77
2.	15	594	297	201	117	93	80	75	70	66
3.	10	533	243	166	113	90	79	69	62	55
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
6.	5	333	172	128	101	83	68	59	57	53
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
10.	3	242	143	106	88	69	61	55	53	46
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
15.	2	197	124	97	80	66	55	49	43	41
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
30.	1	147	103	81	65	51	39	36	31	29
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

3 lentelė. Vidutinis lietaus intensyvumas priklausomai nuo lietaus trukmės Kauno mieste, kai nagrinėjamas laikotarpis 30 metai (1993–2023 m)

Eil. Nr.	Kartojimosi periodas, m	Vidutinis lietaus intensyvumas (l/s*ha), kai lietaus trukmė (min) (30 metai)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
1.	30	353	331	259	217	176	148	128	105	94
2.	15	275	213	166	140	124	118	112	83	75
3.	10	260	190	142	133	115	101	93	58	52
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
6.	5	227	152	123	100	86	74	62	50	45
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
10.	3	200	145	111	90	77	65	50	45	38
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
15.	2	180	134	103	78	67	55	44	39	35
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
30.	1	138	101	79	62	48	42	33	28	24
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

PRIEDAS NR. 5 Vidutiniai lietaus intensyvumai, priklausomai nuo lietaus trukmės, kai nagrinėjamas laikotarpis 50 metų (1973–2023 m)

1 lentelė. Vidutinis lietaus intensyvumas priklausomai nuo lietaus trukmės Šiaulių mieste, kai nagrinėjamas laikotarpis 50 metų (1973–2023 m)

Eil. Nr.	Kartojimosi periodas, m	Vidutinis lietaus intensyvumas (l/s*ha), kai lietaus trukmė (min) (50 metai)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
1.	50,0	1264	373	252	207	169	144	124	109	76
2.	25,0	733	293	200	161	132	110	97	89	63
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
5.	10,0	483	244	180	147	120	93	73	64	51
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
10.	5,0	277	177	147	105	86	70	58	51	42
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
25.	2,0	193	137	92	74	59	50	44	33	29
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
50.	1,0	122	89	62	50	40	32	28	23	20

2 lentelė. Vidutinis lietaus intensyvumas priklausomai nuo lietaus trukmės Dotnuvos mieste, kai nagrinėjamas laikotarpis 50 metų (1973–2023 m)

Eil. Nr.	Kartojimosi periodas, m	Vidutinis lietaus intensyvumas (l/s*ha), kai lietaus trukmė (min) (50 metai)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
1.	50,0	1279	648	433	167	150	138	119	94	89
2.	25,0	593	297	201	132	121	109	102	86	82
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
5.	10,0	423	188	149	113	93	80	75	70	64
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
10.	5,0	250	154	122	99	81	68	59	55	51
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
25.	2,0	172	117	92	75	61	53	43	38	38
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
50.	1,0	115	88	73	53	41	36	31	28	26

3 lentelė. Vidutinis lietaus intensyvumas priklausomai nuo lietaus trukmės Kauno mieste, kai nagrinėjamas laikotarpis 50 metų (1973–2023 m)

Eil. Nr.	Kartojimosi periodas, m	Vidutinis lietaus intensyvumas (l/s*ha), kai lietaus trukmė (min) (50 metai)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
1.	50,0	353	331	259	217	176	148	128	105	94
2.	25,0	275	213	166	140	124	118	112	83	75
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
5.	10,0	248	155	132	106	87	74	64	56	51
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
10.	5,0	208	147	112	90	77	65	50	45	38
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
25.	2,0	160	118	90	70	54	47	38	32	26
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
50.	1,0	108	83	60	50	37	33	26	25	19

KRITULIŲ PARAMETRŲ ANALIZĖ IR TAIKYMAS SISTEMŲ PROJEKTAVIMUI

Vygailė Mameniškytė¹, Mindaugas Rimeika²

¹magistrantas, ²docentas

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El.p. ¹vygaile.mameniskyte@stud.vilniustech.lt, ²mindaugas.rimeika@vilniustech.lt

Santrauka. Keičiantis klimatui, keičiasi ir lietaus intensyvumas. Smarkūs lietūs gali sukelti dideles problemas, tokias kaip gatvių užtvindymas, pastatų rūšių užliejimas bei suardyta infrastruktūra. Norint išvengti lietaus padarinių yra naudojamos paviršinių nuotekų šalinimo tinklų sistemos, per kurias lietaus nuotekos yra surenkamos ir nutekinamos iki paviršinių vandens telkinių, kur yra išleidžiamos. Tam, kad sistema veiktų patikimai, turi būti apskaičiuojamas galimas susidarysiantis paviršinių nuotekų kiekis. Pagal apskaičiuotą paviršinių nuotekų debitą, parenkami vamzdinių skersmenys, kurie turi užtikrinti, kad sistema veiktų tinkamai. Šio straipsnio tikslas yra įvertinti Šiaulių miesto lietaus intensyvumo duomenų kaitą 1968-2023 m. ir išanalizuoti jų poveikį suprojektuotai sistemai.

Reikšminiai žodžiai: Lietaus intensyvumas, paviršinės nuotekos, krituliai, lietus, lietaus nuotekų tinklas

Įvadas

Keičiantis lietaus intensyvumo duomenims, projektuojant paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo sistemas, keičiasi ir apskaičiuojamas lietaus nuotekų debitas. Pagal pasikeitusį nuotekų debitą, turi būti pritaikomos tinkamesnių diametrų sistemos, kurios būtų hidrauliškai patikimos, pasikeitusiam skaičiuojamajam nuotekų debitui. Projektuojant lietaus nuotekų sistemas, būtina atsižvelgti į intensyviai didėjantį kritulių kiekį ir intensyvumą bei skaičiavimams naudoti naujus, jau pritaikytus esamai situacijai, lietaus intensyvumo duomenis.

Praėjo daugiau kaip 30 metų, kai lietaus intensyvumo duomenys nebuvo atnaujinti, o yra teigiama, kad klimatas keičiasi ir lietaus intensyvumai didėja. Lietaus intensyvumui didėjant, o paviršinių nuotekų kiekiai skaičiuojami naudojant išnagrinėtus 1968-1991 m duomenis, gaunami netikslūs nuotekų debitai, ko pasakoje projektuojami nuotekų šalinimo tinklai nepajėgia sukaupti reikiamo nuotekų kiekio, esant didesniai lietaus intensyvumui.

Šiandienos klimato kaitos padariniai, kartu su spartėjančiu urbanizacijos procesu, didina poreikį projektuoti naujas ir rekonstruoti senas, nepajėgiančias priimti padidėjusio nuotekų debito, paviršinių (lietaus) nuotekų

šalinimo sistemas. Tiek projektuojant naujas, tiek rekonstruojant sistemas, būtina atsižvelgti į pasikeitusį lietaus intensyvumą. Projektuojamos sistemos su perskaičiuotai lietaus intensyvumo duomenimis, užtikrins efektyvų paviršinių (lietaus) nuotekų sistemų veikimą.

Tyrimo objektas

Šiaulių miesto meteorologijos stoties duomenys.

Tyrimo metodika

Šio miesto geografinė padėtis lemia, jog klimatas yra žemyninis. Miestui būdingi ryškūs sezoniniai kritulių kiekio svyravimai.

Vienas iš svarbiausių darbo procesų – lietaus intensyvumo duomenų apdorojimas. Šiuo etapu svarbiausia tinkamai apdoroti surinktus duomenis. Dėl šių duomenų netikslumų, ateityje projektuojamos sistemos gali veikti netinkamai ir išanalizuoti duomenys neturės prasmės.

Tam, kad suprojektuoti tinkamas lietaus surinkimo sistemas, būtina tiksliai nustatyti susidarantių nuotekų kiekį. Pagrindinis rodiklis, nustatant nuotekų debitą yra lietaus intensyvumas. Šis parametras yra nustatomas tik apdorojus daugiamečius lietaus duomenis.

Darbe bus nagrinėjami lietaus intensyvumo, trukmės ir pasikartojimo duomenys 50 metų laikotarpio. 50 metų dėsningumus analizuoti, remiamasi 2000 metais atliktu tyrimu (Rimeika, 2000), kurioje buvo išanalizuoti duomenys nuo 1967 m iki 1996 metų.

Surinktų duomenų tikslumas 1996 – 2023 metų, priklauso nuo įvairių subjektyvių ir objektyvių priežasčių: prietaiso matavimo tikslumo, vėjo stiprumo, drėkinimo, garavimo intensyvumo ir instrumentinių paklaidų, prietaiso pastatymo vietos, stebėtojų kvalifikacijos ir kt. Iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos senesni duomenys gauti duomenys yra po pirminių pliuvigramų apdorojimų. Naujesni duomenys yra matuoti su automatinio lietaus intensyvumo matavimo prietaisu. Pagal lietaus duomenų, pateiktų lentelėse, apdorojimo tvarką nepriklausomu vienas nuo kito lietumi laikomas toks lietus, kai lyja bet koku intensyvumu be pertraukos arba su pertraukomis, ne ilgesniais, kaip 60 min laiko intervalais.

Projektavimo metu yra svarbiausia lietaus dalis ta, kuri sukelia paviršinį nuotėkį, todėl lietaus intensyvumas lietaus metu gali ženkliai skirtis.

Praėjus tam tikram laikui, lietaus intensyvumas padidėja ir vėl formuojasi nuotėkis. Atskiru lietumi yra laikoma, kai lyja didesniu nei 0,02 mm/min (3,3 l/(s*ha) intensyvumu. Kai intensyvumas mažesnis nei 0,02 mm/min ir lietus trunka ne ilgiau kaip 30 min atskiru lietumi nėra skaitoma. Tarp dviejų atskirų lietu esantis lietus į skaičiavimus neįtraukinėjamas. (Rimeika 2000)

Kadangi lietaus intensyvumas kinta, todėl skaičiuojamas tik momentinis arba tam tikros trukmės vidutinis intensyvumas. Dažniausiai naudojamas vidutinis, 10 min trukmės, lietaus intensyvumas. Pliuvigramų apdorojimui pasirinkus trumpesnę laiko intervalą žymiai padidėja darbo sąnaudos, o atsižvelgiant į šiuo metu naudojamų prietaisų tikslumą, santykinė paklaida nustatant intensyvumą gali padidėti 5 – 10% (Rimeika 2000). Kiekvieno lietaus atveju nustatytas maksimalus vidutinis 10, 20, 30, 40, ... , 90 min trukmės lietaus intensyvumas, nepriklausomai nuo to ar maksimalus intensyvumas įvyko lietaus pradžioje, viduryje ar gale.

Kartojimosi periodas – laikotarpis, per kurį tam tikros trukmės ir intensyvumo lietus pasikartoja vieną kartą.

Kartojimosi periodas (metais) apskaičiuojamas pagal Kalifornijos formulę:

$$N = \frac{n}{m} \quad (1)$$

čia: n – lietaus matavimo duomenų trukmė metais; m – lietaus intensyvumo variacinės eilutės išdėstytos mažėjimo tvarka eilės numeris.

Remiantis 2000 metais atliktu tyrimu, nurodoma, kad kartojimosi periodas (vieną kartą per N metų) yra atvirkštinė priklausomybė susijęs su kartojimosi dažnumu, kartais per metus:

$$K = \frac{1}{N} \quad (2)$$

Tiesinės interpoliacijos būdu, galima apskaičiuoti kartojimosi periodo lietaus intensyvumo reikšmę. Jei ieškoma intensyvumo reikšmė atitinka kartojimosi periodą (N^*), esantį tarp m ir m+1, tai intensyvumą galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$I_{N^*} = I_m - (I_m - I_{m+1}) \frac{N_m - N^*}{N_m - N_{m+1}} \quad (3)$$

čia: I_m – lietaus intensyvumas, nustatomas iš variacinių eilučių; N – kartojimosi periodas apskaičiuojamas pagal 2.1 formulę.

Kartojimosi periodą su kartojimosi tikimybe metuose sieja Puasono nepriklausomų įvykių dėsnis:

$$p = (1 - e^{-\frac{I}{N}}) \cdot 100\% \quad (4)$$

čia: p – kartojimosi tikimybė, %; N – kartojimosi periodas, metais.

Rezultatai

Šiame tiriamajame darbe analizuojami Šiaulių meteorologijos stoties daugiamečių lietaus parametrų matavimo duomenys. Nagrinėjami duomenys nuo 1968 iki 2023 metų, kurie surinkti iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos. Nuo 1968 iki 2012 metų pabaigos duomenys yra matuoti rankiniu būdu, pliuvigrafu ir tik šiltuoju laikotarpiu. Nuo 2013 metų, lietaus intensyvumas ir kiekis matuotas automatizuotais prietaisais, kas 10 min.

Naujai gauti lietaus intensyvumo duomenys buvo apdoroti lygiai tokia pačia metodika kaip ir STR pateikti duomenys.

Lietaus parametrų matavimo duomenų trūkumas gali atsirasti dėl įvairių techninių, žmogiškųjų ar gamtinių priežasčių. Viena iš pagrindinių priežasčių – matavimo prietaisų gedimai. Taip pat trūkumai galėjo atsirasti dėl žmogiškųjų veiksnių, tokių kaip klaidos duomenų surinkime bei personalo trūkumas. Įskaitoma ir nepakankama archyvavimo sistema bei pasenę ir nekokybiškai veikiančios prietaisai.

Nagrinėjant skirtingus laikotarpius 1993 – 2023 m ir 1973 – 2023 m bei lyginant su šiuo metu naudojamais lietaus intensyvumais, buvo sudaromos priklausomybės vidutinio lietaus intensyvumo priklausomybė nuo lietaus trukmės. Apdorojus visus įvykusius lietus ir atitinkamai kiekvienos trukmės maksimalius vidutinius lietaus intensyvumus surašę į variacinės eilutės, gaunami pradiniai duomenis statistinei analizei. Šiaulių miesto šiuo metu naudojami intensyvumai palyginami su naujai suskaičiuotais 30 metų ir 50 metų trukmės lietaus intensyvumais.

1 lentelė. Apdoroti lietaus intensyvumo duomenys

Miestas	Metai	Vidutinis lietaus intensyvumas (l/s*ha), kai lietaus trukmė (min)						Kartojimosi periodas, metai
		10	20	30	40	50	60	
Šiauliai	1973-2023	483	244	180	147	120	93	10
Šiauliai	1993-2023	607	288	198	150	125	108	10
Šiauliai	1968-1996	236	166	128	104	88	76	10
Šiauliai	1973-2023	277	177	147	105	86	70	5
Šiauliai	1993-2023	327	233	157	139	116	82	5
Šiauliai	1968-1996	185	134	104	84	69	58	5
Šiauliai	1973-2023	122	89	62	50	40	32	1
Šiauliai	1993-2023	163	113	78	59	45	38	1
Šiauliai	1968-1996	121	77	56	44	36	30	1

Pateikiami trijų pasikartojimo tikimybių lietaus intensyvumo duomenys, kurie dažniausiai naudojami praktiniams skaičiavimams. Lietūs, pasikartojantys:

- vieną kartą per 10 metų; .
- vieną kartą per 5 metus; .
- vieną kartą per 1 metus.

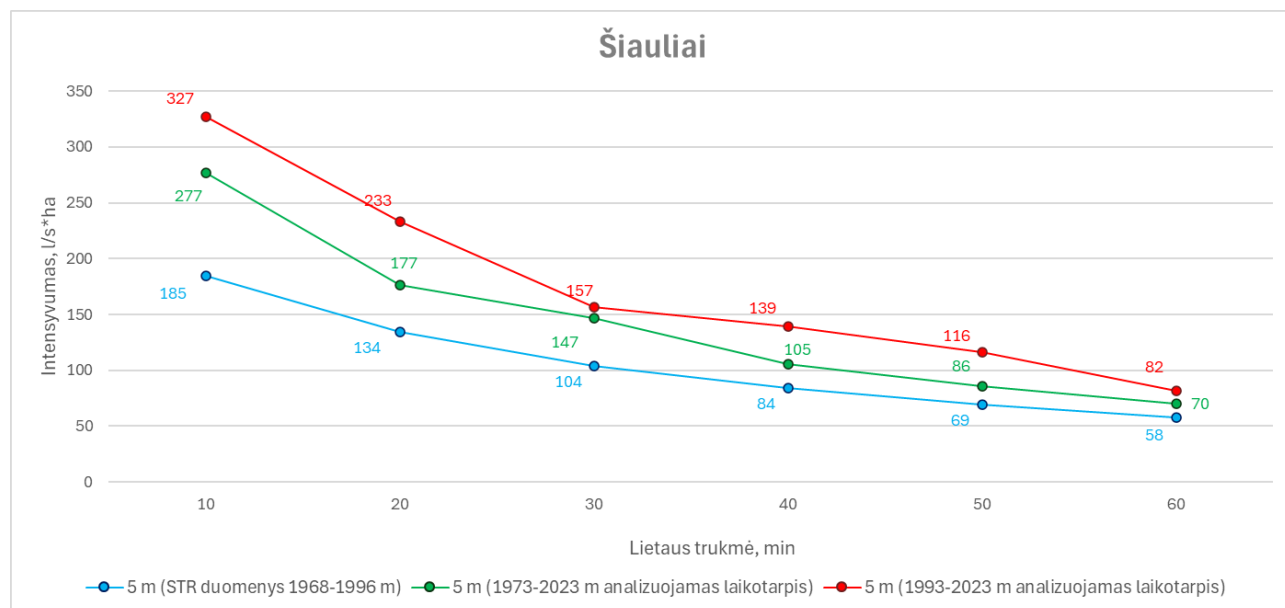
Skirtumai tarp Statybos techninio reglamento (STR) 10 priede pateiktų lietaus intensyvumo duomenų ir pasakutinių 30 ir 50 metų išanalizuotų lietaus intensyvumo duomenų pateikiami 1 lentelėje.

Skirtingų tikimybių lietaus intensyvumo duomenų palyginimas intensyvumo duomenų yra ypač ženklus analizuojant trumpius ir intensyvius lietus. Didžiausias pokytis – trumpo, 10 minučių trukmės lietaus.

Lyginant du skirtingus laikotarpius, lietaus intensyvumas Šiaulių mieste yra didesnis, kai nagrinėjami 30 metų duomenys.

1 paveiksle pateikiamas grafikas, kur palyginami naujai perskaičiuoti 30 ir 50 metų duomenys su šiuo metu naudojamais lietaus intensyvumais.

Nagrinėjant 5 metų kartojimosi periodą, kai lietaus trukmė 10 minučių, 50 metų nagrinėjamų duomenų lietaus intensyvumas mažesnis 29 %, tačiau didesnis už šiuo metu naudojamus lietaus intensyvumus 33 %. Kai lietaus trukmė 20 minučių, 50 ir 30 metų duomenys skiriasi 24 %, o 50 metų duomenys už STR esančius intensyvumus didesnis 24%. Kai lietaus trukmė pasiekia 1 valandą, 50 metų naujai perskaičiuotas intensyvumas yra mažesnis 15 %, bet didesnis už naudojamus intensyvumus 17%.

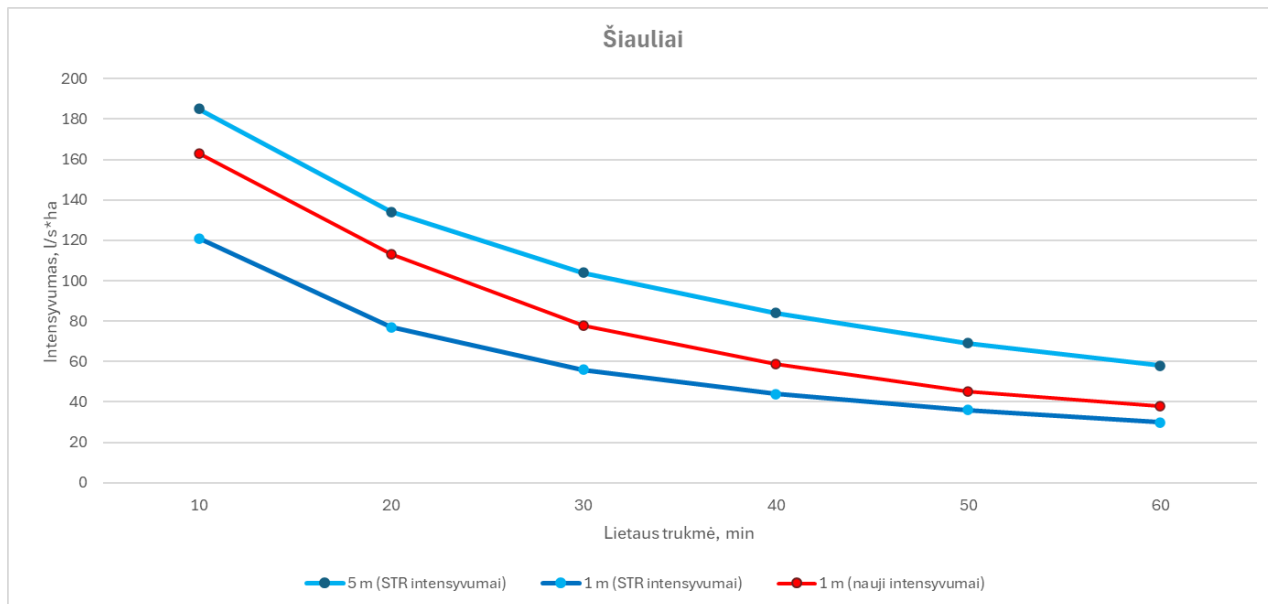


1 pav. 30 ir 50 metų lietaus intensyvumų duomenų palyginimas, kai kartojimosi periodas 5 metai

Nagrinėjant 30 metų laikotarpio lietaus intensyvumo duomenis Šiaulių mieste ir lyginant su šiuo metu naudojamais lietaus intensyvumais, pastebima 1 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumo priartėjimą prie

esamų šių dienų lietaus intensyvumų prie 5 metų kartojimosi periodo.

2 paveiksle pateikiamas 5 ir 1 metų kartojimosi periodo esamų ir naujai perskaičiuotų intensyvumų palyginimas



2 pav. 5 ir 1 metų kartojimosi periodo palyginimas

Šiuo metu, projektuojant paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo sistemas skaičiuoti imama 20 min trukmės ir 5 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumai. Tam, kad būtų galima patikrinti lietaus intensyvumo pokyčio svarbą lietaus sistemų projektavime, perskaičiuojamas susidarysiantis lietaus kiekis naudojant šiuo metu naudojamą ir naujai perskaičiuotą intensyvumą, kai lietaus trukmė 20 min, o kartojimosi periodas 5 metai.

Projektuojant šias sistemas, lietaus debito skaičiavimams naudojamos Statybos techniniame reglamente (STR 2.07.01:2003), 9 priede nurodytos formules.

Lauko paviršinių (lietaus) nuotekų debitas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$Q_{it} = I \cdot F \cdot C_{vid}, l/s \quad (5)$$

čia: I – lietaus intensyvumas ($l/s \cdot ha$); F – skaičiuotinas nuotėkio baseino plotas (ha); C_{vid} – vidutinis svertinis nuotėkio koeficientas.

Šiuo atveju, patikrinti, kaip nauji intensyvumai pakeičia paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo sistemų vamzdynų skersmenis, priimama, kad $F = 5 ha$, o $C = 0,95$, kai paviršius iš asfalto ar betono.

Vidutinis svertinis nuotėkio koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C_{vid} = \frac{\sum c_i \cdot F_i}{F} \quad (6)$$

kai: C_i – būdingų nuotėkio baseino paviršių nuotėkio koeficientai; F_i – tam tikromis paviršiaus savybėmis

pasižyminti (baseino daliai priskiriamas nuotėkio koeficientas C_i) nuotėkio baseino dalis, ha ; F – skaičiuotinas nuotėkio baseino plotas, ha .

Lietaus nuotekų debitas naudojant STR pateiktą intensyvumą:

$$Q_{it} = 134 \cdot 5 \cdot 0,95 = 637 l/s$$

kartojimosi periodo lietaus intensyvumo priartėjimą prie esamų šių dienų lietaus intensyvumų prie 5 metų kartojimosi periodo.

Lietaus nuotekų debitas naudojant perskaičiuotą intensyvumą:

$$Q_{it} = 233 \cdot 5 \cdot 0,95 = 1107 l/s$$

Lietaus debitas susidaro 470 l/s didesnis nei skaičiuojant su šiuo metu naudojamais intensyvumais.

Paviršinių nuotekų tinklai projektuojami daugiau nei 50 metų į ateitį, todėl esant tokiems ryškiams pokyčiams, projektuojant sistemas, būtina atsižvelgti į pasikeitusį lietaus intensyvumą.

Išvados

1. Rekomenduojama skaičiavimams priimti 30 metų nagrinėto laikotarpio lietaus intensyvumo skaičiavimo rezultatus, nes beveik visos didžiausio inten-

syvumo liūtys užfiksuotos nuo 1993 metų. Taip pat stebint klimato kaitos procesus, galima daryti prielaidą, kad lietaus intensyvumai tik didės, o paviršinių (lietaus) nuotekų šalinimo sistemos projektuojamos ir statomos ilgam laikui.

2. Šiauliuose pastebėtas reikšmingas lietaus intensyvumo augimas visose trukmėse ir kartojimosi perioduose. Esant 20 minučių lietaus trukmei, esant skirtingiems kartojimosi periodams, Šiaulių mieste lietaus intensyvumas vidutiniškai pakilo 74 %. Lietaus trukmei ilgėjant Šiaulių mieste vidutinis pokytis nustatytas 35%.
3. Naujai perskaičiuoti Šiaulių miesto 1 metų kartojimosi periodo lietaus intensyvumai artėja prie 5 metų kartojimosi periodo reikšmės, kurios nurodytos STR. Tai rodo intensyvesnius lietus ir būtinybę peržiūrėti ir pakeisti STR nurodytus lietaus intensyvumus.

Literatūra

STR 2.07.01:2003 *Vandentiekis ir nuotekų šalintuvas. Pastato inžinerinės sistemos. Lauko inžineriniai tinklai*. Vilnius, 2003.

Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba, SKN, 2024.

Rimkus E., *Meteorologijos įvadas*, Vilniaus universitetas, 2011.

Thomas Foken, *Micrometeorology*, Germany, 2017.

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642254406>

Rimeika M., *Daktaro disertacija: Kritulių parametrų, lietaus nuotakynui ir valykloms projektuoti, analizė*. Vilnius, 2000.

Rimeika, M. *Nuotakyno projektavimas*. Vilnius, 2006.

Dumbrasas A. *Paviršinio nuotėkio skaičiavimas projektuojant gyvenviečių lietaus kanalizacijos tinklus // Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakulteto mokslinės konferencijos tezės*. – Kaunas– Akademija, 1993.

Paviršinių nuotekų tvarkymo reglamentas, 2007.

LST EN 752. Lauko nuotakynai (2015). *Drain and sewer systems outside buildings*.

Christopher J. Walsh, Tim D. Fletcher, Matthew J. Burns, *Urban Stormwater Runoff: A New Class of Environmental Flow Problem*, USA, 2012.

https://www.researchgate.net/publication/231815601_Urban_Stormwater_Runoff_A_New_Class_of_Environmental_Flow_Problem

EPA, *Soak Up the Rain: What's the Problem?*, USA, 2023

<https://www.epa.gov/soakuptherain/soakrainwhatsproblem>

RAINFALL DATA ANALYSIS AND APPLICATION FOR DESIGN OF STORMWATER SYSTEMS

Vygailė Mameniškytė, Mindaugas Rimeika

Abstract. As the climate changes, rainfall intensity also shifts. Heavy rains can cause significant problems such as street floods, basement inundation, and damaged infrastructure. To lower the effects of rainfall, stormwater drainage systems are used to collect and channel rainwater to surface water bodies for discharge. For the system to function reliably, the potential amount of surface runoff must be calculated. Based on the estimated runoff flow rate, pipe diameters are selected to ensure the system operates effectively. This article aims to assess changes in rainfall intensity data in Šiauliai from 1968 to 2023 and analyze their impact on the designed drainage system.

Keywords: Rain intensity, surface runoff, precipitation, rain, stormwater network.