



**Kauno technologijos universitetas**

Elektros ir elektronikos fakultetas

**2018 metų Kauno regiono skirstomojo tinklo gedimų ir  
SAIDI/SAIFI rodiklių gerinimo priemonių tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas

---

**Ignas Bartlingas**

Projekto autorius

**Doc. dr. Gytis Svinkūnas**

Vadovas

---

**KAUNAS, 2019**



**Kauno technologijos universitetas**

Elektros ir elektronikos fakultetas

**2018 metų Kauno regiono skirstomojo tinklo gedimų ir  
SAIDI/SAIFI rodiklių gerinimo priemonių tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas

Elektros energetikos sistemos (kodas 6211EX011)

---

**Ignas Bartlingas**

Projekto autorius

**Doc. dr. Gytis Svinkūnas**

Vadovas

**Doc. dr. Almantas Bandza**

Recenzentas

---

**KAUNAS, 2019**



**Kauno technologijos universitetas**

Elektros ir elektronikos fakultetas

Ignas Bartlingas

## **2018 metų Kauno regiono skirstomojo tinklo gedimų ir SAIDI/SAIFI rodiklių gerinimo priemonių tyrimas**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Igno Bartlingo, baigiamasis projektas tema „2018 metų Kauno regiono skirstomojo tinklo gedimų ir SAIDI/SAIFI rodiklių gerinimo priemonių tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

---

Ignas Bartlingas. „2018 metų Kauno regiono skirstomojo tinklo gedimų ir SAIDI/SAIFI rodiklių gerinimo priemonių tyrimas“. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Gytis Svinkūnas; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Elektros inžinerija, Inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: skirstomasis tinklas, patikimumas, SAIDI, SAIFI.

Kaunas, 2019. 58 p.

### **Santrauka**

Šiame baigiamajame magistriniame darbe yra apžvelgiamas elektros skirstomojo tinklo patikimumas ir jo vertinimo rodikliai - SAIDI ir SAIFI bei priemonės skirtos šiems rodikliams gerinti. Ištiriami Kauno regiono 2018 metų gedimai ir nustatomos linijos, kurios turėjo didžiausią įtaką patikimumo rodikliams. Didžiausią įtaką turėjusiai linijai apskaičiuojamas teorinis patikimumas naudojant spindulinio skirstomojo tinklo zonų ir šakų metodą bei ištiriamos galimybės pritaikyti patikimumo gerinimo priemones. Parinkus efektyviausias patikimumo gerinimo priemones įvertinama jų pritaikymo kaina ir įtaka Kauno regiono SAIDI ir SAIFI rodikliams. Nustatoma kokios minimalios investicijos reikalingos pagerinti procentą SAIDI ir SAIFI rodiklio.

Bartlingas, Ignas. Research of Kaunas Region Distribution Network Supply Failure and Measures to Improve SAIDI/SAIFI Index in 2018. Master's Final Degree Project / supervisor Dr. Gytis Svinkūnas; Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Power engineering, Engineering Sciences.

Keywords: distribution network, reliability, SAIDI, SAIFI.

Kaunas, 2019. 58.

### **Summary**

In this master's thesis the reliability of electricity distribution networks and its evaluation indicators - SAIDI and SAIFI are studied, furthermore, measures dedicated to improve these indicators are explored. 2018 outages of Kaunas region are examined and network lines that have the greatest impact on reliability indicators are identified. For the line with the highest impact, theoretical reliability is calculated using the radial distribution network zone and branch method and the possibilities to apply reliability improvement measures are investigated. After choosing the most effective reliability improvement measures the cost of their application and their impact on the Kaunas region SAIDI and SAIFI indicators are evaluated. The minimum investment required to improve a percent of SAIDI and SAIFI is determined.

## Turinys

<b>Lentelių sąrašas .....</b>	<b>8</b>
<b>Paveikslų sąrašas .....</b>	<b>9</b>
<b>Įvadas.....</b>	<b>10</b>
<b>1. Elektros energijos tiekimo patikimumas.....</b>	<b>11</b>
1.1. Elektros energijos tiekimo patikimumo apibrėžimas .....	11
1.2. Pagrindiniai elektros energijos tiekimo patikimumo vertinimo rodikliai.....	11
1.3. Elektros energijos tiekimo patikimumo reikalavimai ir rodikliai Lietuvoje .....	12
<b>2. Tiriamasis darbas - Kauno regiono 2018 metų skirstomojo tinklo gedimų tyrimas.....</b>	<b>13</b>
2.1. Kauno regiono skirstomojo tinklo sudėtis .....	13
2.2. Kauno regiono 2018 metų gedimų tyrimas .....	15
2.2.1. Gedimų kiekis 2018 metais .....	15
2.2.2. Gedimų kiekis pagal įtampas.....	17
2.2.3. Gedimų kiekis pagal sutrikimo priežastį .....	18
2.2.4. Gedimų kiekis OL, KL, TR ir kita.....	20
2.2.5. Gedimai oro linijose .....	21
2.2.6. Gedimai kabelinėse linijose.....	23
2.2.7. Gedimai transformatorinėse ir transformatorių pastotėse .....	24
2.2.8. Skyrelių 2.2.2. - 2.2.7. apibendrinimas.....	26
2.3. Kauno regiono elektros skirstomojo tinklo oro linijos 2018 turėjusios didžiausią įtaką rodikliams .....	26
2.3.1. Kauno regiono elektros skirstomojo tinklo oro linijos 2018 turėjusios didžiausią įtaką SAIFI rodikliui .....	26
2.3.2. Kauno regiono elektros skirstomojo tinklo oro linijos 2018 turėjusios didžiausią įtaką SAIDI rodikliui.....	27
2.3.3. Kauno regiono elektros skirstomojo tinklo oro linijos 2018 turėjusios didžiausią įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams .....	28
<b>3. SAIDI ir SAIFI rodiklių gerinimo priemonių analizė.....</b>	<b>30</b>
3.1. Investicijos į skirstomąjį tinklą 2018 metais .....	30
3.2. Planuojamos investicijos į skirstomąjį tinklą 2019 metais.....	30
3.3. SAIDI ir SAIFI rodiklių gerinimo priemonės .....	30
3.3.1. Oro linijų keitimas kabelinėmis linijomis .....	30
3.3.2. Oro linijų keitimas kabelinėmis oro linijomis .....	31
3.3.3. Oro linijos jungtuvo (angl. <i>Recloser</i> ) įterpimas ir save gydantis tinklas.....	31
3.3.4. Oro linijos atkabiklio (angl. <i>Fusesaver</i> ) įterpimas .....	32
3.3.5. Neperiodinis oro linijų trasų valymas nuo įaugusios augmenijos .....	32
3.3.6. Ilgos linijos padalinimas įterpiant naują modulinę transformatorinę .....	33
3.3.7. Normalių atskyrimų keitimas .....	33
3.3.8. Metodų palyginimas ir aptarimas .....	34
3.4. Analizuotos literatūros SAIDI ir SAIFI rodiklių gerinimo priemonių išvados.....	34
<b>4. Kauno rajono Lekėčių TP linijos L-300 Zapyškis patikimumo tyrimas.....</b>	<b>36</b>
4.1. Tiriamojo elektros tinklo schema ir aprašymas.....	36
4.2. Tiriamojo elektros tinklo teorinio patikimumo skaičiavimas.....	38
4.2.1. Tinklo elementų patikimumo charakteristikos .....	38
4.2.2. Spindulinio tinklo zonų ir šakų sudarymas .....	40

4.2.3. Tinklo teorinio patikimumo apskaičiavimas pagal spindulinio tinklo zonų ir šakų metodiką .....	41
4.3. Tiriamojo elektros tinklo teorinio patikimumo skaičiavimo palyginimas su 2018 metų patikimumo rodikliais.....	44
4.4. Patikimumo gerinimo priemonių pritaikymas tiriamajam elektros tinklui .....	45
4.5. Pasirinktų tinklo patikimumo gerinimo priemonių investicijų siekiant pagerinti SAIDI ir SAIFI rodiklius įvertinimas .....	50
<b>Išvados .....</b>	<b>52</b>
<b>Literatūros sąrašas .....</b>	<b>53</b>
<b>Priedai.....</b>	<b>55</b>
1 Priedas. Įrenginių ir darbų kaštai .....	56
2 Priedas. Lekėčių TP linijos L-300 Zapyškis schema.....	57
3 Priedas. Lekėčių TP linijos L-300 Zapyškis 2018 metų gedimų vietos.....	58

## Lentelių sąrašas

<b>2.1 lentelė.</b> Kauno regiono skirstomojo tinklo dispečerinių sandara .....	14
<b>2.2 lentelė.</b> Kauno regiono skirstomojo tinklo 2018 gedimų skaičius .....	15
<b>2.3 lentelė.</b> Dispečerinių reitingavimas pagal gedimų skaičiaus ir SAIDI, SAIFI procentines dalis .....	17
<b>2.4 lentelė.</b> Gedimų pasiskirstymas pagal įtampas.....	17
<b>2.5 lentelė.</b> Gedimų pasiskirstymas pagal sutrikimo priežastį .....	19
<b>2.6 lentelė.</b> Gedimų pasiskirstymas pagal gedimo vietą .....	20
<b>2.7 lentelė.</b> Gedimų pasiskirstymas oro linijose pagal gedimo vietą .....	21
<b>2.8 lentelė.</b> Gedimų pasiskirstymas kabelinėse linijose pagal gedimo vietą.....	23
<b>2.9 lentelė.</b> Gedimų pasiskirstymas transformatorių pastotėse ir transformatorinėse pagal gedimo vietą .....	25
<b>2.10 lentelė.</b> Didžiausią įtaką SAIFI rodikliui turėjusios linijos .....	26
<b>2.11 lentelė.</b> Didžiausią įtaką SAIDI rodikliui turėjusios linijos .....	27
<b>2.12 lentelė.</b> Didžiausią įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams turėjusios linijos .....	28
<b>4.1 lentelė.</b> Lekėčių L-300 Zapyškis linijos ir ilgiai .....	37
<b>4.2 lentelė.</b> Lekėčių L-300 Zapyškis linijų ilgiai miškuose .....	38
<b>4.3 lentelė.</b> Tinklo elementų patikimumo charakteristikos [3][12].....	38
<b>4.4 lentelė.</b> Elektros linijų ir atšakų gedimų intensyvumai .....	39
<b>4.5 lentelė.</b> Zonų ir šakų sandara.....	41
<b>4.6 lentelė.</b> Patikimumo skaičiavimo rezultatai .....	43
<b>4.7 lentelė.</b> Apkrovų patikimumo rodikliai .....	43
<b>4.8 lentelė.</b> Patikimumo rodiklių palyginimas .....	44
<b>4.9 lentelė.</b> Lekėčių L-300 Zapyškis linijos gerinimo priemonės.....	49
<b>4.10 lentelė.</b> Lekėčių L-300 Zapyškis linijos patikimumo rodiklių palyginimas .....	50
<b>4.11 lentelė.</b> Santykinės patikimumo gerinimo priemonių kainos.....	50



## Paveikslų sąrašas

<b>2.1 pav.</b> Kauno regiono skirstomojo tinklo sandara [10] .....	13
<b>2.2 pav.</b> Kauno regiono skirstomojo tinklo sandara.....	14
<b>2.3 pav.</b> Kauno regiono skirstomojo tinklo 2018 gedimų skaičius .....	16
<b>2.4 pav.</b> Kauno regiono skirstomojo tinklo 2018 gedimų skaičius pagal įtampas.....	18
<b>2.5 pav.</b> Kauno regiono skirstomojo tinklo 2018 gedimų skaičius pagal gedimo priežastis .....	19
<b>2.6 pav.</b> Kauno regiono skirstomojo tinklo 2018 gedimų skaičius pagal gedimo vietą .....	21
<b>2.7 pav.</b> Gedimų pasiskirstymas oro linijose pagal gedimo vietą .....	22
<b>2.8 pav.</b> Gedimų pasiskirstymas kabelinėse linijose pagal gedimo vietą .....	24
<b>2.9 pav.</b> Gedimų pasiskirstymas transformatorių pastotėse ir transformatorinėse pagal gedimo vietą .....	25
<b>4.1 pav.</b> Lekėčių TP linijos L-300 Zapyškis spindulinė zonų ir šakų schema .....	40
<b>4.2 pav.</b> Keičiama magistralės atkarpa tarp atramų 300/110 ir 300/118.....	45
<b>4.3 pav.</b> Oro linijos atkabiklis įterpiamas 318 atšakoje atramoje 318/1 .....	46
<b>4.4 pav.</b> L-350 transformatorinės keitimas į modulinę transformatorinę su valdomu jungtuvu ir apsaugomis .....	48
<b>4.5 pav.</b> Oro linijos jungtuvas įterpiamas atramoje 308/14 .....	48

## Ivadas

Technologinis tobulėjimas ir inovacijos radikaliai keičia požiūrį į tai kaip yra suvokiamas elektros skirstomojo tinklo valdymas ir funkcijos. Tinklo operatoriams yra keliami nauji iššūkiai ir problemos. Patikimumas buvo, yra ir bus vienas iš svarbiausių elektros energetikos sistemos rodiklių. Tačiau klientų keliami patikimumo ir kokybiškumo reikalavimai jau dabar yra ženkliai išaugę, o artimoje ateityje jie didės eksponentiškai. Ilgą laiką elektros energijos dingimas buvo suvokiamas kaip nepatogumas buitiniam klientui ir kaip nuostolis komerciniam klientui. Jau dabar toks suvokimas nebetvarus - žmogus kaip niekada istorijoje yra priklausomas nuo elektros energijos. Šildymas, komunikacijos, maisto laikymas ir gaminimas, išmani įranga, darbo priemonės ir visa kita yra prarandama nutrūkus elektros energijos tiekimui ir prie viso to sparčiai ateina laikas kai prisidės ir transportacija - elektromobiliai, elektriniai riedžiai bei kita.

Lietuvos energetikos įmonės jau pritaikė savo strategijas siekiant pasitikti ateities iššūkius naudojant dabartines ir ateities technologijas. Lietuvos elektros energijos skirstomojo tinklo operatoriaus strateginiai tikslai ilgus metus išlikdavo panašūs, jų pagrindą visada sudarydavo kokybė, patikimumas ir efektyvumas. Žiūrint į „Lietuvos energijos“ ir „Energijos skirstymo operatoriaus“ 2018-2019 metais sudarytas strategijas „LE 2030“ ir „ESO 2030“ kryptis iš esmės nesikeičia, tačiau patobulėja. „ESO 2030“ strateginės kryptys - tinklo patikimumas, veiklos efektyvumas išlieka, tačiau kokybės sąvoka pritaikoma ateities poreikiams ir išdalinama į tris naujas kryptis - tinklo išmanizacija, rinkos įgalinimas ir kliento patirtys [1]. „LE 2030“ strategijoje taip pat matomas ruošimasis tiek dabarties, tiek ateities poreikiams ir iškeltas ambicingas tikslas iki 2030 metų sumažinti SAIDI ir SAIFI rodiklį 2 kartus [2].

**Darbo tikslas** - ištirti Kauno regiono 2018 metų elektros skirstomojo tinklo gedimus, įvertinti ir ištirti jų įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams. Ištirti kokiomis priemonėmis galima pagerinti tinklo patikimumą. Nustatyti tinklo dalis labiausiai sąlygojančias SAIDI ir SAIFI rodiklius, pritaikyti vieną arba kelias aptartas priemones ir ištirti jų įtaką patikimumo rodikliams prieš ir po patobulinimų.

**Darbo aktualumas** - elektros energijos patikimumas ir jo matavimas SAIDI ir SAIFI rodikliais yra taikomas visose šalyse ir nustatomas ne tik reguliatorių kiekvienos šalies viduje, bet ir tarptautinių institucijų, pavyzdžiui, Europos sąjungos.

### Darbo uždaviniai:

- remiantis Lietuvos ir Europos sąjungos dokumentais apibrėžti elektros energijos tiekimo patikimumo sąvoką, vertinimo metodus ir rodiklius;
- ištirti Kauno regiono 2018 metų elektros skirstomojo tinklo gedimus;
- ištirti gedimų įtaką Kauno regiono SAIDI ir SAIFI rodikliams;
- nustatyti Kauno regiono skirstomojo tinklo vietas turinčias didžiausią įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams;
- ištirti tinklo patikimumo gerinimo priemones;
- pritaikyti analizuotas patikimumo gerinimo priemones nustatytai Kauno regiono tinklo daliai, turinčiai didžiausią įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams;
- ištirti pasirinktos skirstomojo tinklo dalies patikimumo pokytį pritaikius parinktas priemones.

## 1. Elektros energijos tiekimo patikimumas

### 1.1. Elektros energijos tiekimo patikimumo apibrėžimas

Patikimumas tai objekto savybė tam tikrą laiką atlikti savo funkcijas ir išlaikyti nustatytų eksploatacinių rodiklių leidžiamas vertes, atitinkančias tam tikrus naudojimo rezultatus ir techninio aptarnavimo, taisymo, laikymo ir gabenimo sąlygas. Tai kompleksinė savybė, kuri priklausomai nuo objekto paskirties gali būti nusakoma negendamumu, ilgaamžiškumu, pataisomumu ir išlaikymu [3].

Skirstomojo tinklo tiekiamos elektros energijos patikimumas labiausiai priklauso nuo tinklo schemos, priežiūros kokybės, įrenginių tipo, būklės, amžiaus ir aplinkos sąlygų.

### 1.2. Pagrindiniai elektros energijos tiekimo patikimumo vertinimo rodikliai

Žmonės sunaudoja daugiau elektros energijos nei bet kada anksčiau ir tikisi, kad ji bus tiekama be sutrikimų. Valstybinės institucijos vis griežčiau stebi, kiek elektros energijos tiekama ir nepateikiama klientams. Tai verčia tinklo operatorius didinti elektros energijos tiekimo patikimumą. Visos energetikos įmonės matuoja elektros energijos skirstymo nutraukimų skaičių ir dažnumą. Tam dažniausiai naudojami tarptautiniai standartai, vadinami SAIDI, SAIFI ir MAIFI, kuriuos sukūrė Elektros elektronikos inžinierių institutas (IEEE) [6] bei ENS, rečiau naudojamas - CAIDI.

SAIDI (angl. *System Average Interruption Duration Index*) - sistemos vidutinės nutraukimo trukmės indeksas. Šis indeksas parodo kiek vidutiniškai laiko per ataskaitinį laikotarpį elektros energija nebuvo tiekama vienam klientui. Ataskaitinis laikotarpis dažniausiu atveju yra kalendoriniai metai. SAIDI matuojamas minutėmis klientui (gali būti matuojamas valandomis klientui).

$$SAIDI = \frac{\sum T_{ai} \cdot N_i}{\sum N_i} = \frac{\text{visų klientų nutraukimų trukmių suma}}{\text{visų klientų skaičius}}; \quad (1.1)$$

čia:

$T_{ai}$  - i-tojo mazgo klientų atjungimo trukmė;

$N_i$  - i-tojo mazgo klientų skaičius.

SAIFI (angl. *System Average Interruption Frequency Index*) - sistemos vidutinio nutraukimo dažnio indeksas. Šis indeksas parodo kiek vidutiniškai kartų per ataskaitinį laikotarpį elektros energija buvo nutraukta vienam klientui. Ataskaitinis laikotarpis dažniausiu atveju yra kalendoriniai metai. SAIFI matuojamas kartais klientui.

$$SAIFI = \frac{\sum f_i \cdot N_i}{\sum N_i} = \frac{\text{visų elektros nutraukimų skaičius}}{\text{visų klientų skaičius}}; \quad (1.2)$$

čia:

$f_i$  - i-tojo mazgo maitinimo nutraukimų skaičius;

$N_i$  - i-tojo mazgo klientų skaičius.

Dar vienas rečiau už SAIDI ir SAIFI naudojamas tinklo patikimumui įvertinti rodiklis yra MAIFI (angl. *Momentary Average Interruption Frequency Index*) - sistemos vidutinio trumpo nutraukimo dažnio indeksas. Šis indeksas parodo kiek vidutiniškai kartų per ataskaitinį laikotarpį elektros energija buvo nutraukta trumpam laikotarpiui vienam klientui. Ataskaitinis laikotarpis dažniausiu atveju yra kalendoriniai metai. MAIFI matuojamas kartais klientui. Trumpam nutraukimui apibrėžti nustatytas laikas skiriasi skirtingų šalių operatoriams ir varijuoja nuo 1 minutės iki 5 minučių [5]. Lietuvos skirstomojo tinklo operatoriui nustatytas trumpas nutraukimas yra iki 3 minučių. MAIFI trūkumas - šį rodiklį iškreipia metai, kuriuose būna daugiau perkūnijos nei įprastai, į tai reikia atsižvelgti lyginant skirtingų metų MAIFI. Didėjant išmanaus ir save gydančio tinklo naudojimui skirstomajame tinkle MAIFI ir SAIFI santykis keisis (MAIFI didės).

Patikimumas taip pat gali būti vertinamas su CAIDI (angl. *Customer Average Interruption Duration Index*). CAIDI parodo vidutinį elektros tiekimo atstatymo laiką tinkle. Šis rodiklis taip pat naudojamas rečiau ir vietoje jo skirstomieji tinklai dažniau naudoja vidutinį gedimo šalinimo laiką.

ENS (angl. *Energy Not Supplied*) - nepersiusios elektros energijos kiekis. Parodo dėl elektros energijos nutrūkimo skirstomuoju tinklu nepersiusios energijos kiekį per ataskaitinį laikotarpį. Šį rodiklį kaip ir SAIDI bei SAIFI naudoja dauguma skirstomųjų tinklų.

### **1.3. Elektros energijos tiekimo patikimumo reikalavimai ir rodikliai Lietuvoje**

Pagal VKEKK elektros energijos persiuntimo patikimumas skirstomaisiais tinklais yra vertinamas dviem rodikliais: SAIDI ir SAIFI. VKEKK nustatyti patikimumo rodikliai skirstomojo tinklo operatorių įpareigoja užtikrinti, kad techninė paslaugų kokybė būtų geresnė arba lygi minimaliems reikalavimams: vartotojui elektros energijos vidutinė nutraukimo trukmė neturėtų būti ilgesnė nei 52,12 min. Per metus ir vartotojui tenkantis vidutinis nutraukimų skaičius neturėtų būti didesnis nei 0,72 karto per metus (išskyrus nutraukimus dėl nenugalimos jėgos (pranc. *Force majeure*) ir išorinio poveikio priežasčių) tik ilgiems ir neplanuotiems nutraukimams [7][11].

## 2. Tiriamasis darbas - Kauno regiono 2018 metų skirstomojo tinklo gedimų tyrimas

Pradiniai duomenys paimti iš Lietuvos skirstomojo tinklo operatoriaus „Energijos skirstymo operatorius“ neplaninių atsijungimų fiksavimo programos archyvo. Gedimu laikomas įvykis, kai dėl įrangos darbo sutrikimo ar kitų priežasčių neplaniškai yra atjungiami klientai. Gedimai, kurie buvo pašalinti kaip defektai be klientų atsijungimo arba atjungimo šiame darbe bus nevertinami.

Duomenys apibendrinti, siekiant atskleisti tiriamų gedimų visumos bendrąsias savybes. Iš to gauta statistika tiriami dalykinės analizuojamų duomenų būklės analizės metodu.

### 2.1. Kauno regiono skirstomojo tinklo sudėtis

Kauno regiono sandara skirstomojo tinklo atžvilgiu pateikta 2.1 paveiksle „Kauno regiono skirstomojo tinklo sandara“:



2.1 pav. Kauno regiono skirstomojo tinklo sandara [10]

Kauno regiono riba pažymėta žalia spalva. Rajonai, kuriuos apima Kauno regionas, pažymėti skaičiais 2.1 paveiksle:

1. Kauno miestas;
2. Kauno rajonas;
3. Jonava;
4. Kaišiadorys;
5. Prienai (kartu su Birštonu);
6. Šakiai;
7. Jurbarkas.

Nuo 2018 metų skirstomojo tinklo dispečerinis valdymas Kauno regioną suskirsto į tokias keturias dispečerines: Kauno miesto dispečerinė, Kauno rajono ir Jonavos dispečerinė, Kaišiadorių ir Prienų dispečerinė bei Šakių ir Jurbarko dispečerinė. Vieną dispečerinę pamainos metu valdo vienas dispečeris.

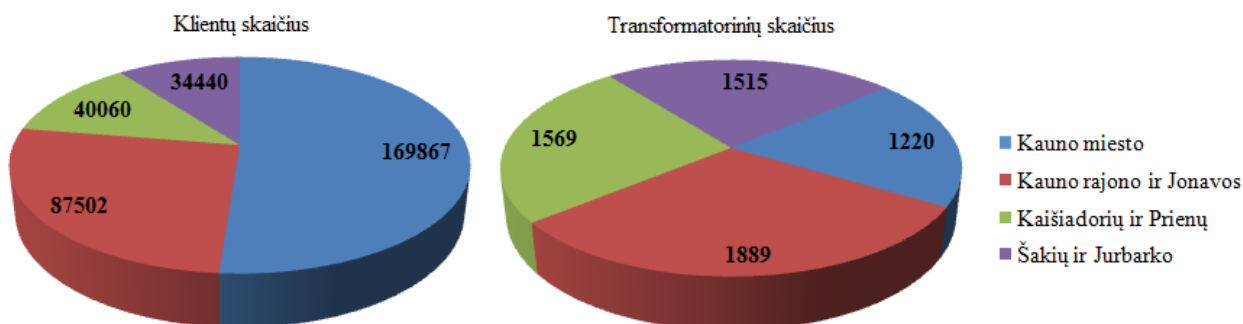
Dispečerinių skirstomojo tinklo sudėtis (valdomos teritorijos dydis, klientų skaičius, transformatorinių ir transformatorių pastočių skaičius) pateikiama 2.1 lentelėje „Kauno regiono skirstomojo tinklo dispečerinių sandara“:

**2.1 lentelė.** Kauno regiono skirstomojo tinklo dispečerinių sandara

Dispečerinė	Teritorija, km <sup>2</sup>	Klientų skaičius	TR skaičius	TP skaičius
<b>Kauno regionas</b>	<b>8027</b>	<b>331869</b>	<b>6193</b>	<b>66</b>
Kauno miesto	158	169867	1220	17
Kauno rajono ir Jonavos	2438	87502	1889	19
Kaišiadorių ir Prienų	2311	40060	1569	14
Šakių ir Jurbarko	3120	34440	1515	16

Iš dispečerinių tinklo sudėties šiame darbe vienas svarbiausių skaičių yra Kauno regiono bendras klientų skaičius prijungtas prie elektros energijos skirstomojo tinklo. Šis skaičius bus naudojamas skaičiuoti pagrindinius patikimumo rodiklius, pavyzdžiui SAIDI ir SAIFI.

Kauno regiono skirstomojo tinklo dispečerinių valdomų prijungtų klientų ir transformatorinių skaičius pavaizduotas 2.2 paveiksle „Kauno regiono skirstomojo tinklo sandara“:



**2.2 pav.** Kauno regiono skirstomojo tinklo sandara

Iš 2.2 paveikslo matoma, kad iš 331869 didžioji dalis Kauno regiono klientų (169867 arba 51,2 procento) yra Kauno mieste. Svarbu atkreipti dėmesį, jog šie klientai yra prijungti prie skirstomojo elektros tinklo per 1220 transformatorinių, kurios sudaro tik 19,7 procento visų Kauno regiono transformatorinių. Tai sąlygoja, kad Kauno miesto dispečerinės valdomoje teritorijoje įvykęs gedimas turi didesnę įtaką Kauno regiono SAIDI ir SAIFI rodikliams lyginant su identišku gedimu kitose teritorijose, nes vidutiniškai ant miesto linijų ir transformatorinių prijungta daugiau klientų.

## 2.2. Kauno regiono 2018 metų gedimų tyrimas

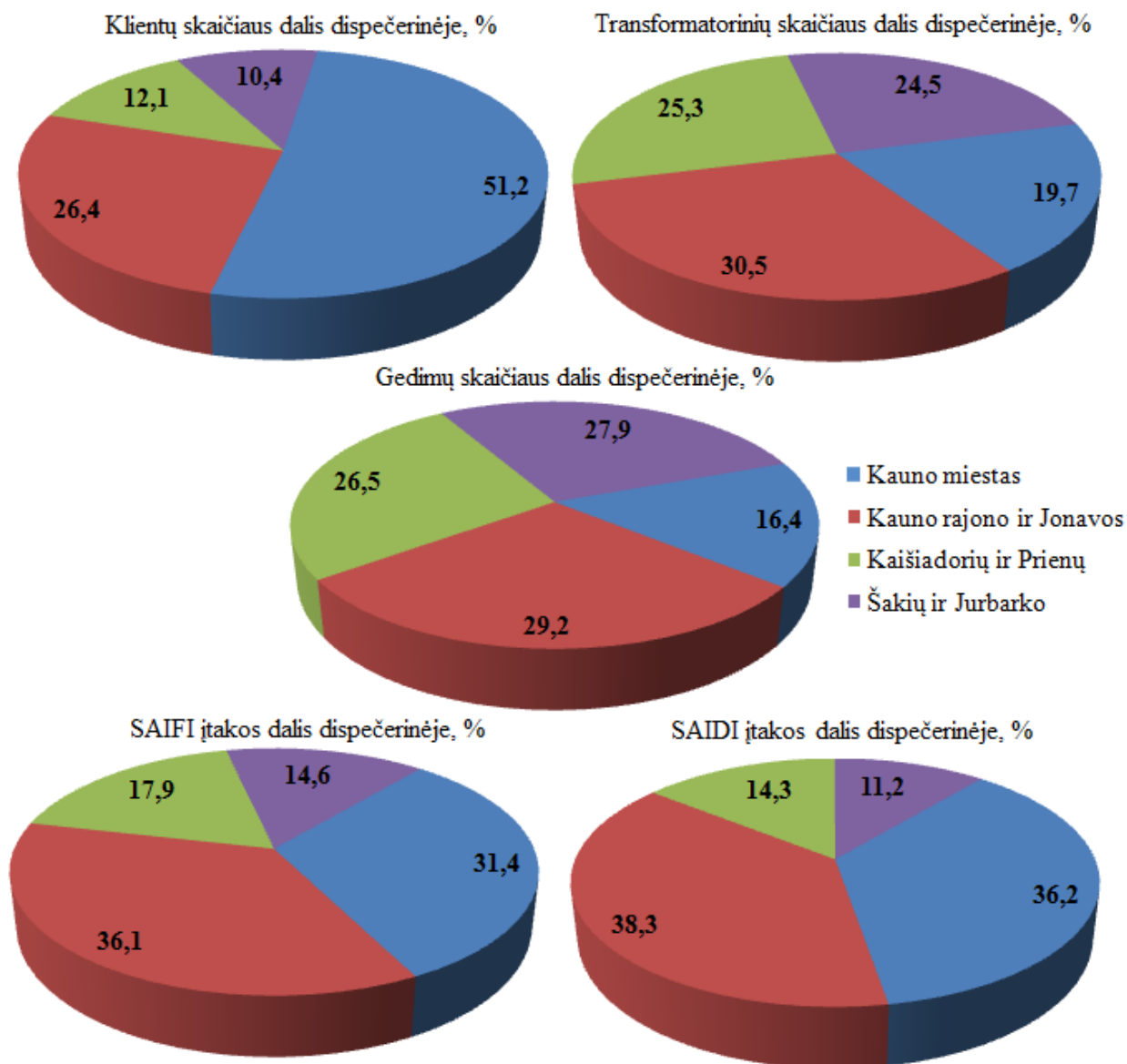
### 2.2.1. Gedimų kiekis 2018 metais

Gedimų kiekis, elektros energijos tiekimo nutraukimų skaičius bei įtaka SAIFI ir SAIDI rodikliams 2018 metais Kauno regiono skirstomajame tinkle ir pasiskirstymas rajonais bei dispečerinėmis pateiktas 2.2 lentelėje „Kauno regiono skirstomojo tinklo 2018 gedimų skaičius“ bei grafiškai 2.3 paveiksle „Kauno regiono skirstomojo tinklo 2018 gedimų skaičius“. Darbe MAIFI rodiklis nebus vertinamas ir išskiriamas atskirai nuo SAIFI, pagrindinė priežastis - skirstomojo tinklo klientas jaučia elektros energijos nutraukimą nepriklausomai nuo jo ilgio ir gali patirti nepatogumus arba nuostolius net ir nuo kelias sekundes trunkančio sutrikimo.

2.2 lentelė. Kauno regiono skirstomojo tinklo 2018 gedimų skaičius

Dispečerinė/teritorija	Gedimų* skaičius	Nutraukimų skaičius $\sum f_i \cdot N_i$	SAIFI	SAIDI
<b>Kauno regionas</b>	<b>5532</b>	<b>613115</b>	<b>1,847</b>	<b>98,031</b>
Kauno miestas	908	192412	0,580	35,489
Kauno rajono ir Jonavos	1617	220881	0,666	37,590
<i>Kauno rajonas</i>	<i>1186</i>	<i>173475</i>	<i>0,523</i>	<i>29,744</i>
<i>Jonava</i>	<i>431</i>	<i>47406</i>	<i>0,143</i>	<i>7,846</i>
Kaišiadorių ir Prienų	1464	110026	0,331	14,017
<i>Kaišiadorys</i>	<i>644</i>	<i>57309</i>	<i>0,172</i>	<i>7,631</i>
<i>Prienai</i>	<i>820</i>	<i>52717</i>	<i>0,159</i>	<i>6,386</i>
Šakių ir Jurbarko	1543	89796	0,270	10,935
<i>Šakiai</i>	<i>873</i>	<i>49728</i>	<i>0,149</i>	<i>5,670</i>
<i>Jurbarkas</i>	<i>670</i>	<i>40068</i>	<i>0,121</i>	<i>5,265</i>

\*Gedimų skaičių sudaro visi skirstomajame tinkle įvykę gedimai, kurių metu buvo nutrauktas elektros energijos tiekimas klientams (įskaičiuojant nenugalimą jėgą) bei gedimus LITGRID įrenginiuose dėl kurių buvo nutrauktas elektros energijos tiekimas skirstomojo tinklo klientams.



2.3 pav. Kauno regiono skirstomojo tinklo 2018 gedimų skaičius

Analizuojant pateiktus duomenis matome, kad per 2018 metus Kauno regione įvyko 5532 gedimai, tai reiškia per pamainą keturios regiono dispečerinės vidutiniškai pašalina po 15,2 gedimus. Per metus Kauno regione buvo pasiekti tokie patikimumo rodikliai: SAIDI - 98,031 minutės klientui, SAIFI - 1,847 karto klientui. Iš viso buvo padaryti 613115 elektros nutraukimai.

Lyginant dispečerinių dydį su jose įvykstančių gedimų skaičių matoma tendencija, kad gedimų kiekį daugiau sąlygoja įrenginių kiekis (transformatorinės, oro linijos, kabelių linijos ir kita) nei maitinamų klientų skaičius. Procentinis pasiskirstymas transformatorinių skaičiaus ir gedimų skaičiaus yra panašus, o klientų skaičiaus ir gedimų skaičiaus ženkliai skiriasi - Kauno mieste esant 51,2 procentų regiono gyventojų įvyko tik 16,4 procento regiono gedimų.

Palyginti gedimų skaičiaus pasiskirstymą dispečerinėse su SAIDI, SAIFI pasiskirstymu sudaromas dispečerinių reitingas, kuris pateiktas 2.3 lentelėje „Dispečerinių reitingavimas pagal gedimų skaičiaus ir SAIDI, SAIFI procentines dalis“:



**2.3 lentelė.** Dispečerinių reitingavimas pagal gedimų skaičiaus ir SAIDI, SAIFI procentines dalis

Nr.	Dispečerinių reitingas pagal gedimų skaičiaus dalį regione (Nuo didžiausio iki mažiausio)	Dispečerinių reitingas pagal SAIDI dalį regione (Nuo didžiausio iki mažiausio)	Dispečerinių reitingas pagal SAIFI dalį regione (Nuo didžiausio iki mažiausio)
1	Kauno rajonas ir Jonava	Kauno rajonas ir Jonava	Kauno rajonas ir Jonava
2	Šakiai ir Jurbarkas	Kauno miestas	Kauno miestas
3	Kaišiadorys ir Prienai	Kaišiadorys ir Prienai	Kaišiadorys ir Prienai
4	Kauno miestas	Šakiai ir Jurbarkas	Šakiai ir Jurbarkas

Remiantis 2.3 lentele matoma, kad daugiausiai gedimų įvyksta Kauno rajono ir Jonavos dispečerinėje. Kaišiadorių, Prienų ir Šakių, Jurbarko dispečerinėse įvyksta tik keliais procentais mažiau gedimų, tačiau žiūrint į įtaką regiono SAIDI ir SAIFI rodikliams Kauno rajonas ir Jonava lenkia Kaišiadorių, Prienų ir Šakių, Jurbarko dispečerines daugiau nei du kartus. Atsižvelgiant į dispečerinių sandarą nei viena iš šių trijų dispečerinių neišsiskiria viena nuo kitos nei užimama teritorija, nei transformatorinių skaičiumi, tačiau Kauno rajonas ir Jonava turi daugiau klientų nei Kaišiadorių, Prienų ir Šakių, Jurbarko dispečerinės sudėjus. Dėl to, galima priimti išvadą, jog atvirksčiai nei gedimų kiekis, kurį lemia įrenginių skaičius, SAIDI ir SAIFI rodiklius stipriai sąlygoja klientų skaičius, t.y. kaip šiuo atveju matoma, panašiam gedimų skaičiuje yra atjungiami daug daugiau klientų. Tokią išvadą patvirtina ir Kauno miesto dispečerinės situacija - dispečerinė turinti mažiausią teritoriją ir mažiausią skaičių transformatorinių, bet turinti didžiausią skaičių klientų turi beveik tokius pačius SAIDI ir SAIFI rodiklius kaip Kauno rajonas ir Jonava, o gedimų kiekis yra pats mažiausias.

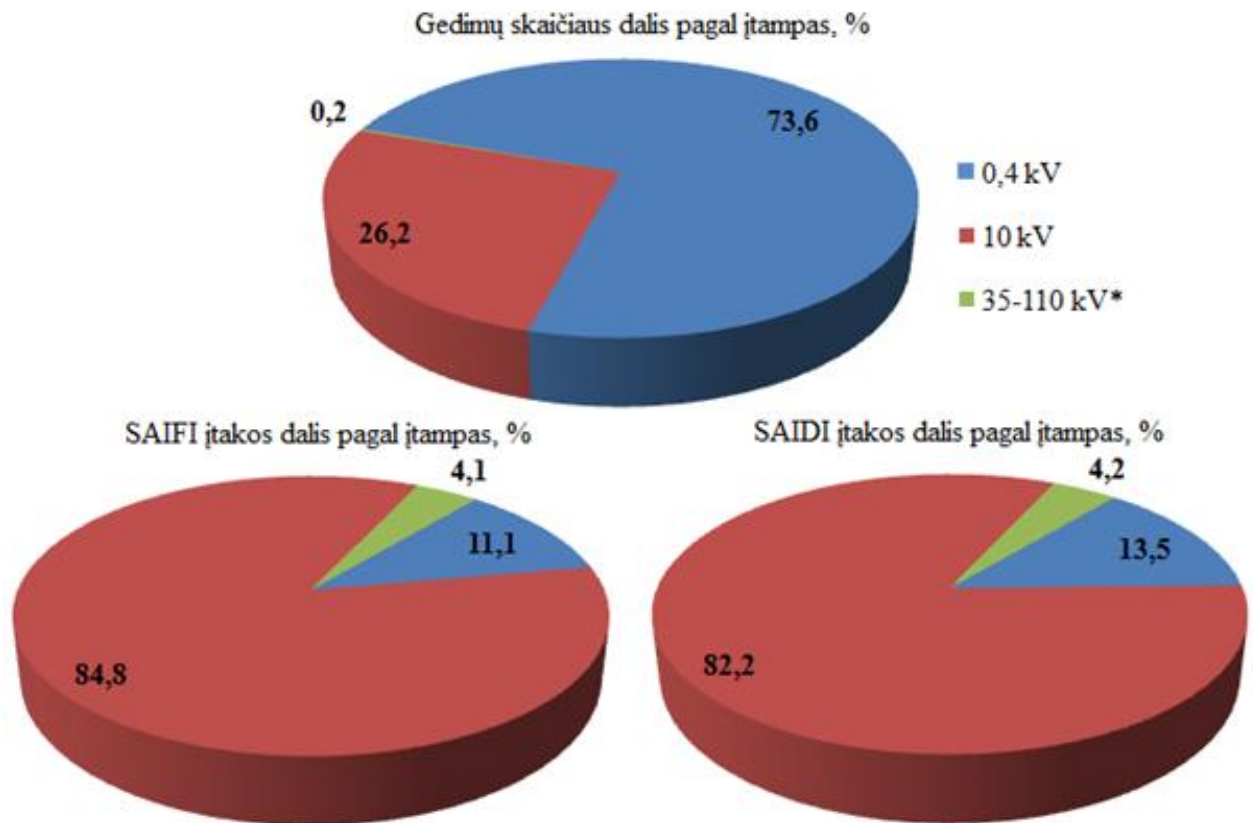
### 2.2.2. Gedimų kiekis pagal įtampas

Gedimų kiekio pasiskirstymas pagal įtampas 2018 metais Kauno regiono skirstomajame tinkle pateiktas 2.4 lentelėje „Gedimų pasiskirstymas pagal įtampas“ ir grafiškai 2.4 paveiksle „Kauno regiono skirstomojo tinklo 2018 gedimų skaičius pagal įtampas“:

**2.4 lentelė.** Gedimų pasiskirstymas pagal įtampas

Įtampa	Gedimų skaičius	Nutraukimų skaičius $\sum f_i \cdot N_i$	SAIFI	SAIDI
0,4 kV	4072	67903	0,205	13,277
10 kV	1447	520056	1,566	80,590
35-110 kV*	13	25156	0,076	4,164
<b>Suma</b>	<b>5032</b>	<b>613115</b>	<b>1,847</b>	<b>98,031</b>

\*35-110 kV sudaro dėl skirstomojo tinklo 35 kV gedimų atjungti klientai ir klientai, kurie buvo atjungti skirstomajame tinkle dėl perdavimo tinklo gedimų.



**2.4 pav.** Kauno regiono skirstomojo tinklo 2018 gedimų skaičius pagal įtampas

Remiantis pateiktais duomenimis matoma, kad žemos įtampos gedimai vyksta dažniausiai ir per metus jų buvo 4072, tai yra 2,8 karto daugiau nei 10 kV gedimų, kurių įvyko 1447. 35-110 kV gedimai vyksta dar rečiau ir per metus tokių įvykių buvo 13 ir tai sudarė tik 0,2 procento visų gedimų. Tačiau svarbiausia išvada iš šio analizės pjūvio yra gedimų pagal įtampą pasiskirstymas sąlygojant SAIDI ir SAIFI rodiklius. Žemos įtampos gedimai sudaro 73,7 procentus visų gedimų, tačiau tik 11,1 procentų SAIFI ir 13,5 procentų SAIDI rodiklio. 10 kV gedimai sudaro 26,2 procentus visų gedimų, tačiau siekia 84,8 procentus SAIFI rodiklio ir 82,2 procentus SAIDI rodiklio. 35-110 kV gedimai santykinai turi didžiausią įtaką rodikliams - 13 gedimų sudaro po 4 procentus SAIDI ir SAIFI, tačiau kadangi jų būna labai mažai jų dalis rodikliuose yra mažesnė 3 kartus už žemos įtampos gedimus.

Remiantis priimtomis išvadomis analizuojant gedimų pasiskirstymą pagal įtampas trečiame šio darbo skyriuje „SAIDI ir SAIFI rodiklių gerinimo priemonių tyrimas“ bus nagrinėjamos tik priemonės skirtos 10 kV tinklui gerinti.

### 2.2.3. Gedimų kiekis pagal sutrikimo priežastį

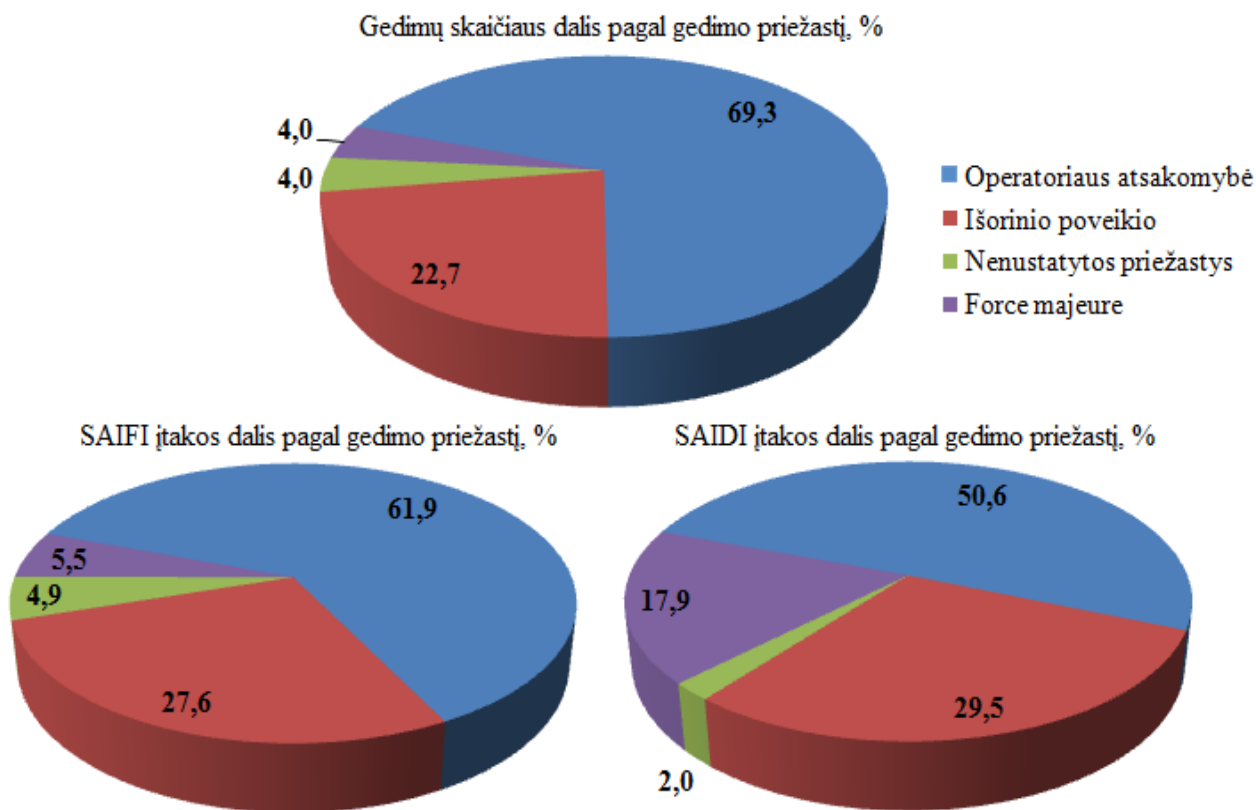
Skirstomajame tinkle visi gedimai yra skirstomi pagal sutrikimo priežastį į keturias kategorijas: operatoriaus atsakomybė, išorinis poveikis, nenustatytos priežastys ir nenugalima jėga (pranc. *Force majeure*). Operatoriaus atsakomybei priskiriami visi gedimai įvykę skirstomojo tinklo įrenginiuose, kurių nesukėlė pašalinis asmenys ar jėgos. Išoriniam poveikiui priskiriami gedimai, kuriuos sukėlė pašaliniai asmenys, rangovai, gyvūnai ir kiti veiksniai, kurių skirstomojo tinklo operatorius negalėjo numatyti ar sustabdyti (pavyzdžiui medžio virtimas ant linijos iš už apsaugos zonos). Nenustatytoms priežastims priskiriami gedimai, kurie įvyko tinkle ir kurių

sukélimo priežasties nepavyko išsiaiškinti operatyviniams darbuotojams (darbuotojams keliami tikslai, kad tokių gedimų būtų kuo mažiau). Nenugalimai jėgai (pranc. *Force majeure*) priskiriami gedimai, kuriuos sukėlė labai sunkios oro sąlygos, pavyzdžiui, audros, vėtros, masiniai gaisrai, potvyniai, pūgos, taip pat tyčiniai žmonių veiksmai, pavyzdžiui, teroristiniai išpuoliai, kurių metu pažeidžiamas elektros tinklas.

Gedimų pasiskirstymas pagal sutrikimo priežastį Kauno regione 2018 metais pateiktas 2.5 lentelėje „Gedimų pasiskirstymas pagal sutrikimo priežastį“ ir grafiškai 2.5 paveiksle „Kauno regiono skirstomojo tinklo 2018 gedimų skaičius pagal gedimo priežastis“:

**2.5 lentelė.** Gedimų pasiskirstymas pagal sutrikimo priežastį

Gedimo priežastis	Gedimų skaičius	Nutraukimų skaičius $\sum f_i \cdot N_i$	SAIFI	SAIDI
Operatoriaus atsakomybė	3831	379812	1,144	49,633
Išorinio poveikio	1256	169118	0,510	28,917
Nenustatytos priežastys	222	30203	0,091	1,980
Nenugalima jėga (pranc. Force majeure)	223	33982	0,102	17,501
<b>Suma</b>	<b>5032</b>	<b>613115</b>	<b>1,847</b>	<b>98,031</b>



**2.5 pav.** Kauno regiono skirstomojo tinklo 2018 gedimų skaičius pagal gedimo priežastis

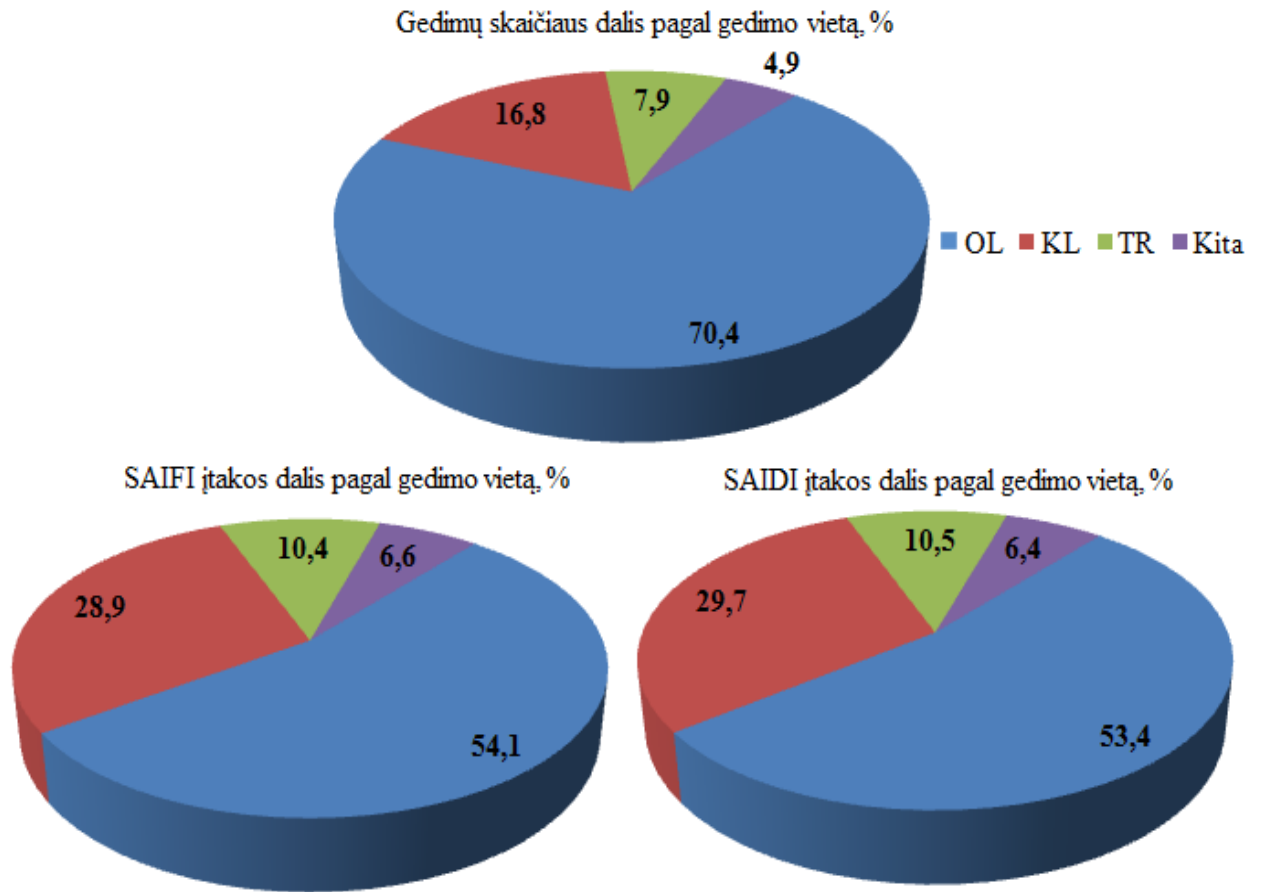
Remiantis pateiktais duomenimis matoma, kad didžiausioji dalis gedimų skirstomajame tinkle yra operatoriaus atsakomybės - 69,3 procentų. Nenustatytų priežasčių kiekis yra 4 procentai, šis skaičius yra nustatytose ribose, reikalaujama, kad jis neviršytų 7 procentų, tačiau siekiamumas, kad jis būtų kuo mažesnis. 2018 metais nenugalimos jėgos (pranc. *Force majeure*) gedimų dalis taip pat labai maža - 4 procentai. Tai lėmė, kad Kauno regione buvo tik dvi audros, kurių dydis ir žala buvo santykinai mažas lyginant su prieš tai buvusiomis audromis. Išorinio poveikio pažeidimai lėmė 22,7 procento visų gedimų. Kiekvienais metais didžiąją išorinio poveikio dalį sudaro gyvūnų, paukščių veika, virstančių medžių iš už apsaugos zonos sukelti gedimai, tačiau 2018 metais ypatingai didelę įtaką rodikliams turėjo trečiųjų asmenų kabelinių linijų pažeidimai. Tai sąlygojo labai išaugęs statybų ir rekonstrukcijų skaičius Kauno regione bei netinkamai, nesaugiai, neprofesionaliai, skubotai arba nelegaliai atliekami žemės kasimo, gręžimo darbai.

#### 2.2.4. Gedimų kiekis OL, KL, TR ir kita

Gedimų kiekio pasiskirstymas pagal gedimo vietą, kai gedimo vieta skirstoma į oro linijas, kabelines linijas, transformatorines ir kitas (atsijungimai dėl perkrovų ar gedimų klientų tinkle, gaisro ne tinklo įrenginiuose, rangovų kaltės, vagysčių, perkrovų dėl nenormalių schemų, LITGRID gedimų, kitų nepaminėtų priežasčių), 2018 metais Kauno regiono skirstomajame tinkle pateiktas 2.6 lentelėje „Gedimų pasiskirstymas pagal gedimo vietą“ ir grafiškai 2.6 paveiksle „Kauno regiono skirstomojo tinklo 2018 gedimų skaičius pagal gedimo vietą“:

2.6 lentelė. Gedimų pasiskirstymas pagal gedimo vietą

Gedimo vieta	Gedimų skaičius	Nutraukimų skaičius $\sum f_i \cdot N_i$	SAIFI	SAIDI
OL	3892	332066	1,000	52,317
KL	930	176758	0,533	29,147
TR	437	63926	0,193	10,255
Kita	273	40365	0,121	6,312
<b>Suma</b>	<b>5032</b>	<b>613115</b>	<b>1,847</b>	<b>98,031</b>



2.6 pav. Kauno regiono skirstomojo tinklo 2018 gedimų skaičius pagal gedimo vietą

Remiantis pateiktais duomenimis matoma, kad pagal gedimo vietą didžiausia dalis gedimų skirstomajame tinkle įvyksta oro linijose - 70,4 procentų. Gedimų kiekis kabelinėse linijose yra 16,8 procentų, transformatorinėse - 7,9 procentų, kitose vietose - 4,7 procentų.

Lyginant gedimo vietos SAIDI ir SAIFI rodikliams įtaką, matoma, kad gedimai kabelinėse linijose daugiau sąlygoja rodiklius nei gedimai oro linijose, to priežastis - daugiausiai kabelinių linijų turi miestai, kur gyventojų/klientų tankis yra didelis ir vienas atsijungimas paveikia daugiau klientų nei oro linija užmiestyje. Tačiau, gedimų oro linijose įvyksta 4,2 karto daugiau nei kabelinėse linijose, atitinkamai įtaka rodikliams vis tiek yra 1,9 karto didesnė vertinant Kauno regioną. Dėl to, remiantis šia išvada trečiame šio darbo skyriuje „SAIDI ir SAIFI rodiklių gerinimo priemonių tyrimas“ bus nagrinėjamos tik priemonės skirtos oro linijų tinklui gerinti.

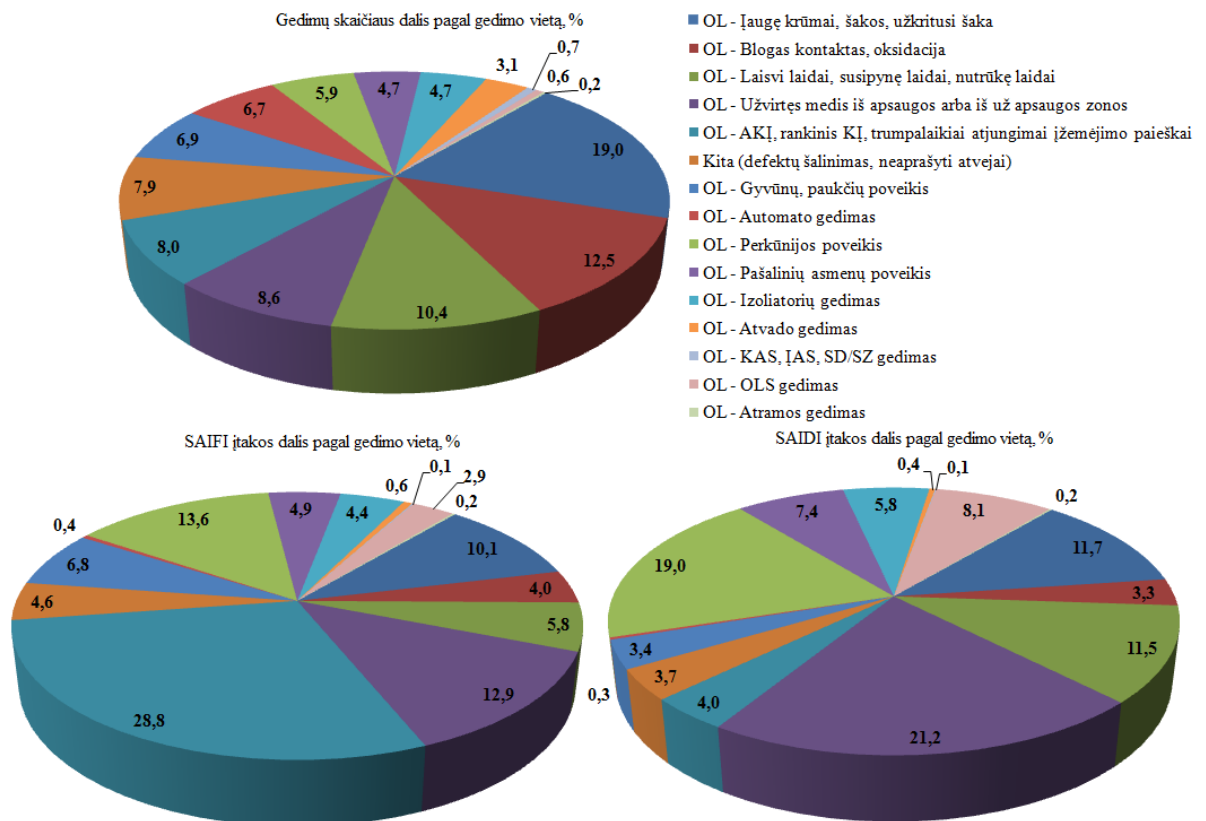
### 2.2.5. Gedimai oro linijose

Gedimų pasiskirstymas oro linijose pagal gedimo vietą 2018 metais Kauno regiono skirstomajame tinkle pateiktas 2.7 lentelėje „Gedimų pasiskirstymas oro linijose pagal gedimo vietą“ ir grafiškai 2.7 paveiksle „Gedimų pasiskirstymas oro linijose pagal gedimo vietą“:

2.7 lentelė. Gedimų pasiskirstymas oro linijose pagal gedimo vietą

Gedimo vieta oro linijoje	Gedimų skaičius	Nutraukimų skaičius $\sum f_i \cdot N_i$	SAIFI	SAIDI
OL - Atramos gedimas	9	560	0,002	0,081

Gedimo vieta oro linijoje	Gedimų skaičius	Nutraukimų skaičius $\sum f_i \cdot N_i$	SAIFI	SAIDI
OL - AKĮ, rankinis kartotinis jungimas, trumpalaikiai atjungimai įžemėjimo paieškai	312	95812	0,289	2,068
OL - Atvado gedimas	122	1934	0,006	0,208
OL - Automato gedimas	264	1476	0,004	0,137
OL - Blogas kontaktas, oksidacija	490	13433	0,040	1,713
OL - KAS, ĮAS, SD/SZ gedimas	26	397	0,001	0,037
OL - Gyvūnų, paukščių poveikis	270	22651	0,068	1,797
OL - Izoliatorių gedimas	183	14730	0,044	3,058
OL - Įaugę krūmai, šakos, užkritusi šaka	744	33640	0,101	6,129
OL - Laisvi laidai, susipynę laidai, nutrūkę laidai	409	19212	0,058	6,032
OL - Užvirtęs medis iš apsaugos arba iš už apsaugos zonos	336	42792	0,129	11,086
OL - OLS gedimas	23	9463	0,029	4,231
OL - Pašalinių asmenų poveikis	185	16112	0,049	3,858
OL - Perkūnijos poveikis	232	45069	0,136	9,960
Kita (defektų šalinimas, neaprašyti atvejai)	311	15181	0,046	1,923
<b>Suma</b>	<b>3892</b>	<b>332066</b>	<b>1,000</b>	<b>52,317</b>



2.7 pav. Gedimų pasiskirstymas oro linijose pagal gedimo vietą

Remiantis pateiktais duomenimis matoma, kad didžiausią gedimų dalį oro linijose sudaro įaugę krūmai, šakos ir užkritisios šakos - 19 procentų. Taip pat nemažas dalis sudaro blogi kontaktai ir oksidacija, laisvi, susipynę, nutrūkę laidai bei užvirtę medžiai, atitinkamai sudarantys 12,5, 10,4 ir 8,6 procentų gedimų oro linijose.

Tačiau pagal įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams pasiskirstymas skiriasi. Didžiausią įtaką SAIDI rodikliui turi užvirtę medžiai bei perkūnijos poveikis, atitinkamai - 21,2 ir 19 procentų. Tai reiškia, kad tokio pobūdžio gedimas sąlygoja daugiau nei dvigubai didesnę įtaką SAIDI rodikliui nei dažniausiai pasitaikantis gedimas (įaugę krūmai, šakos ir užkritisios šakos), kuris sąlygoja beveik dvigubai mažesnę įtaką SAIDI rodikliui. Tą lemia, kad įaugę krūmai ir šakos sukelia trumpalaikius atsijungimus kol augmenija nudega arba yra pašalinama operatyvinio personalo ir skirstomojo tinklo įranga nėra pažeidžiama, užtenka pakeisti saugiklius arba prijungti komutacinius aparatus. Dėl to, tokie gedimai greitai pašalinami. O užvirtus medžiams ant linijų - gedimų šalinimas užtrunka daug ilgiau, nes yra pažeidžiami tinklo įrenginiai - nulaužiamos atramos, nutraukiami laidai, sulankstomos traversos, sudaužomi arba nutraukiami izoliatoriai. Daugelis šių gedimų turi būti šalinami su specialia technika, kuri turi privažiuoti į gedimo vietą nutolusiose ir sunkiai pasiekiamose vietose, taip pat gedimai dėl saugumo gali būti šalinami tik šviesiuoju paros metu - o tai papildomai prailgina gedimo šalinimo laiką, ypač, kai gedimas įvyksta vakare arba naktį, permaitinti klientų galimybės nėra, o darbai pradami tik ryte.

Didžiausią įtaką SAIFI rodikliui turi automatinis kartotinis įjungimas, rankinis kartotinis įjungimas ir trumpalaikiai atjungimai įžemėjimo paieškai. Šie gedimai sudaro 8 procentus visų gedimų oro linijose, tačiau sąlygoja 28,8 procentus SAIFI rodiklio oro linijoms. Tą lemia, kad šie gedimai visada vyksta 10 ar 35 kV tinkle, kur yra prijungti dideli kiekiai klientų, šie atjungimai būna labai trumpi, dažnai kelių sekundžių arba kelių minučių ir kadangi prijungimai būna sėkmingi - dažnu atveju skirstomojo tinklo įranga nebūna pažeista ir klientai įtampą turi. Dėl to įtaka SAIDI rodikliui yra tik 4 procentai.

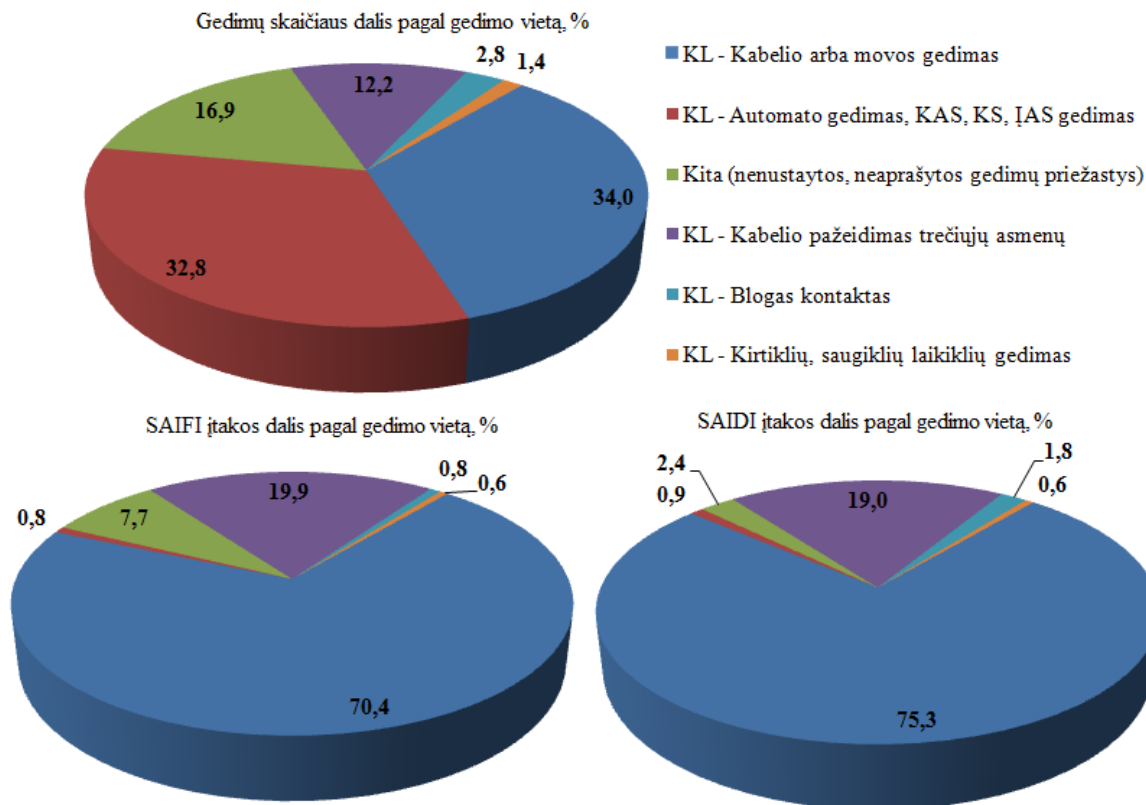
### 2.2.6. Gedimai kabelinėse linijose

Gedimų pasiskirstymas kabelinėse linijose pagal gedimo vietą 2018 metais Kauno regiono skirstomajame tinkle pateiktas 2.8 lentelėje „Gedimų pasiskirstymas kabelinėse linijose pagal gedimo vietą“ ir grafiškai 2.8 paveiksle „Gedimų pasiskirstymas kabelinėse linijose pagal gedimo vietą“:

**2.8 lentelė.** Gedimų pasiskirstymas kabelinėse linijose pagal gedimo vietą

Gedimo vieta kabelinėje linijoje	Gedimų skaičius	Nutraukimų skaičius $\sum f_i \cdot N_i$	SAIFI	SAIDI
KL - Automato gedimas, KAS, KS, ĮAS gedimas	305	1427	0,004	0,262
KL - Blogas kontaktas	26	1272	0,004	0,531
KL - Kabelio arba movos gedimas	316	124275	0,375	21,938
KL - Kirtiklių, saugiklių laikiklių gedimas	13	935	0,003	0,170
KL - Kabelio pažeidimas trečiųjų asmenų	113	35269	0,106	5,533

Gedimo vieta kabelinėje linijoje	Gedimų skaičius	Nutraukimų skaičius $\sum f_i \cdot N_i$	SAIFI	SAIDI
Kita (nenustatytos, neaprašytos gedimų priežastys)	157	13580	0,041	0,713
<b>Suma</b>	<b>930</b>	<b>176758</b>	<b>0,533</b>	<b>29,147</b>



2.8 pav. Gedimų pasiskirstymas kabelinėse linijose pagal gedimo vietą

Remiantis pateiktais duomenimis matoma, kad didžiausią gedimų dalį kabelinėse linijose sudaro kabelio bei kabelio movos gedimai ir automatinė jungiklių bei apskaitos skydų įrenginių gedimai, kurie sudaro atitinkamai 34 ir 32,8 procentus visų kabelinių linijų gedimų. Tačiau, matuojant įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams didžiausiąją dalį, tiek SAIDI, tiek SAIFI rodikliui virš 70 procentų sudaro kabelio ir kabelio movos gedimai, o sudėjus juos su trečiųjų asmenų kabelių pažeidimais - daugiau nei 90 procentų. Tai parodo, kad vertinant kabelinį tinklą ir jo įtaką rodikliams, svarbiausiai vertinti kabelių būklę, įvertinti dažniausiai atsijungiančius bei seniausius kabelius ir juos keisti naujais, papildomai įvertinat ir reitinguojant pagal maitinamų klientų kiekį.

### 2.2.7. Gedimai transformatorinėse ir transformatorių pastotėse

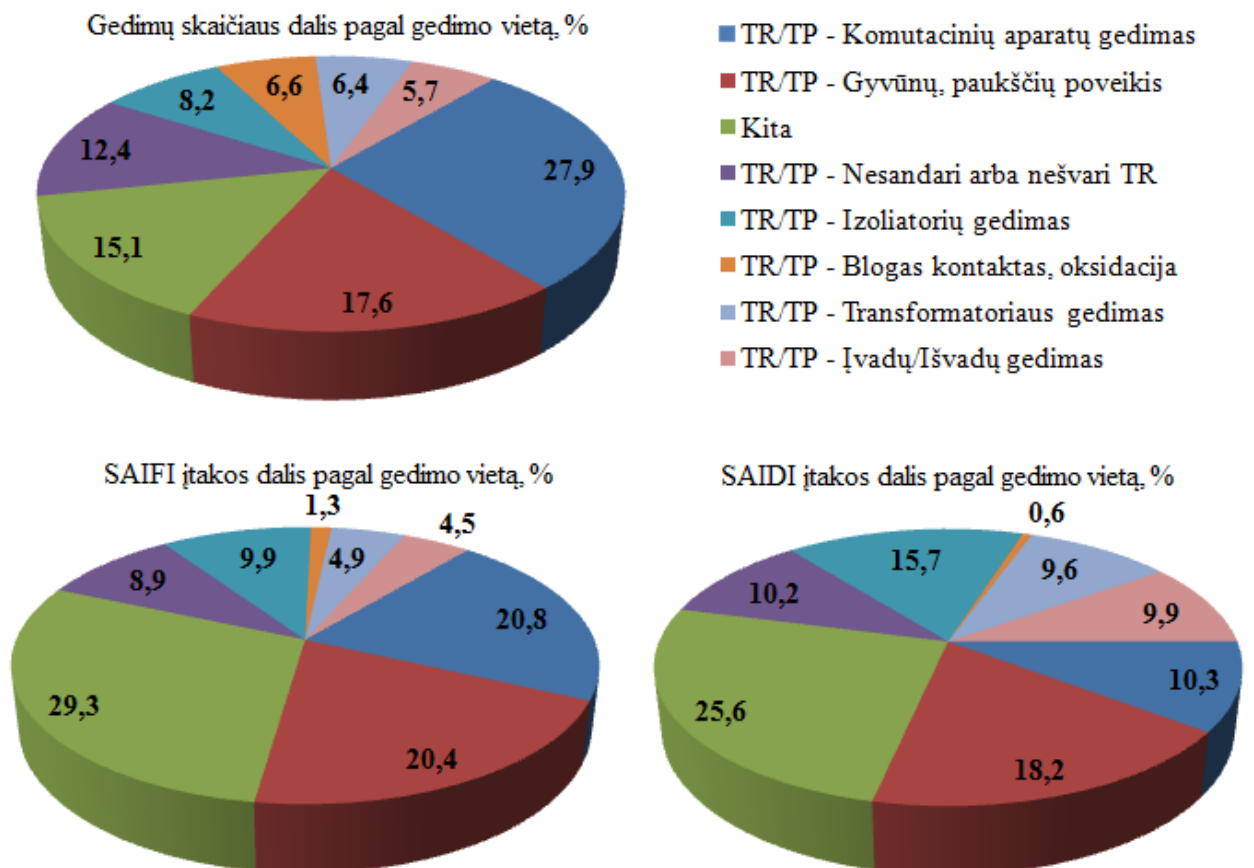
Gedimų pasiskirstymas transformatorių pastotėse ir transformatorinėse pagal gedimo vietą 2018 metais Kauno regiono skirstomajame tinkle pateiktas 2.9 lentelėje „Gedimų pasiskirstymas transformatorių pastotėse ir transformatorinėse pagal gedimo vietą“ ir grafiškai 2.9 paveiksle „Gedimų pasiskirstymas transformatorių pastotėse ir transformatorinėse pagal gedimo vietą“:



**2.9 lentelė.** Gedimų pasiskirstymas transformatorių pastotėse ir transformatorinėse pagal gedimo vietą

Gedimo vieta transformatorinėje	Gedimų skaičius	Nutraukimų skaičius $\sum f_i \cdot N_i$	SAIFI	SAIDI
TR/TP - Komutacinių aparatų gedimas	122	13263	0,0401	1,055
TR/TP - Blogas kontaktas, oksidacija	29	867	0,0026	0,062
TR/TP - Gyvūnų, paukščių poveikis	77	13030	0,0393	1,861
TR/TP - Izoliatorių gedimas	36	6347	0,0191	1,607
TR/TP - Įvadų/Išvadų gedimas	25	2892	0,0087	1,010
TR/TP - Nesandari arba nešvari TR	54	5704	0,0172	1,049
TR/TP - Transformatoriaus gedimas	28	3121	0,0094	0,985
Kita*	66	18702	0,0564	2,624
<b>Suma</b>	<b>437</b>	<b>63926</b>	<b>0,193</b>	<b>10,255</b>

\*„Kita“ apima rečiau pasitaikančius gedimus - LITGRID, relinės ir apsaugų, šynų, iškroviklių ir ribotuvų, savų reikmių transformatorių, įtampos transformatorių, nulinės sekos transformatorių ir panašius.

**2.9 pav.** Gedimų pasiskirstymas transformatorių pastotėse ir transformatorinėse pagal gedimo vietą

Remiantis pateiktais duomenimis matoma, kad didžiausią gedimų dalį transformatorių pastotėse ir transformatorinėse sudaro komutacinių aparatų (jungtuvai, skirtuvai, galios skyrikliai, skyrikliai, kirtikliai, kirtiklių-saugiklių blokai, automatiniai jungikliai) gedimai - 27,9 procentų.

Tačiau, šie gedimai nesąlygoja didžiausios dalies SAIDI ir SAIFI rodiklių. Daugiausiai rodiklius sąlygoja „Kita“ kategorijos gedimai, pagrinde LITGRID įrenginių, relinės ir apsaugų ir šynų gedimai - 29,3 procentų SAIFI ir 25,6 procentų SAIDI. Pagrindinė priežastis - tokie gedimai, vykstantys transformatorių pastotėse, nutraukia elektros energijos tiekimą labai dideliems kiekiams klientų ir atstatymo laikas dažniausiai būna ilgesnis nei 10 minučių.

### 2.2.8. Skyrelių 2.2.2. - 2.2.7. apibendrinimas

Remiantis ištirtais duomenimis 2.2.2.-2.2.7. skyreliuose nustatyta, kad 10 kV gedimai sudaro 26,2 procentus visų gedimų, tačiau siekia net 84,8 procentus SAIFI rodiklio ir 82,2 procentus SAIDI rodiklio Kauno regione 2018 metais. Taip pat nustatyta, kad didžiausia dalis gedimų skirstomajame tinkle įvyksta oro linijose - 70,4 procentų visų gedimų ir tai sudaro 54,1 procentus SAIFI rodiklio ir 53,4 procentus SAIDI rodiklio.

Priimama išvada, kad ieškant priemonių, kuriomis siekiama efektyviai pagerinti skirstomojo tinklo SAIDI ir SAIFI rodiklius reikia toliau tirti 10 kV oro linijų tinklą. Taigi, trečiame šio darbo skyriuje „SAIDI ir SAIFI rodiklių gerinimo priemonių tyrimas“ bus nagrinėjamos tik priemonės skirtos aukštos įtampos oro linijų tinklui gerinti.

## 2.3. Kauno regiono elektros skirstomojo tinklo oro linijos 2018 turėjusios didžiausią įtaką rodikliams

### 2.3.1. Kauno regiono elektros skirstomojo tinklo oro linijos 2018 turėjusios didžiausią įtaką SAIFI rodikliui

Pagal SAIFI rodiklį didžiausią įtaką turėjusios 10 kV oro linijos (išrikiuotos nuo didžiausios įtakos mažėjančia tvarka) pateiktos 2.10 lentelėje „Didžiausią įtaką SAIFI rodikliui turėjusios linijos“:

2.10 lentelė. Didžiausią įtaką SAIFI rodikliui turėjusios linijos

Rajonas	Transformatorių pastotė	Linija	Gedimų skaičius 2018 metais	SAIFI	Įtaka SAIFI, %
Kauno rajonas	Lekėčiai	L-300 Zapyškis	11	0,0381	2,06
Kauno rajonas	Sargėnai	L-400 Lapės	3	0,0307	1,66
Kauno rajonas	Žasma	L-300 Arlaviškės	6	0,0276	1,5
Kauno rajonas	Noreikiškės	L-600 Piliakalnis	10	0,0269	1,46
Kauno miestas	SP-1550	L-OLS200	8	0,0268	1,45
Kaišiadorys	Žiežmariai	L-Ž1001-2	6	0,0186	1,01
Prienu tinklas	Stakliškės	L-100 Vyšniūnai	9	0,0158	0,85
Prienu tinklas	Veiveriai	L-200 Šilėnai	3	0,0153	0,83
Kauno rajonas	Rokai	L-200 Vaišvydava	3	0,0147	0,8
Kauno rajonas	Ežerėlis	L-500 Stovykla	6	0,0136	0,73
Jonavos tinklas	Rimkai	L-400 Kalnėnai	5	0,0122	0,66
Kaišiadorys	Kaišiadorys	L-300 Palomenė	7	0,0116	0,63

Rajonas	Transformatorių pastotė	Linija	Gedimų skaičius 2018 metais	SAIFI	Įtaka SAIFI, %
Kauno rajonas	Raudondvaris	L-700 Didvyriai	5	0,0112	0,61
Kauno rajonas	Garliava	L-100 Jurginiškiai	6	0,0108	0,58
Jonavos tinklas	Jonava	L-300 Pagelaziai	6	0,01	0,54
<b>Suma</b>			<b>94</b>	<b>0,2839</b>	<b>15,37</b>

Remiantis pateiktais duomenimis matoma, kad penkiolika 10 kV oro linijų, turėjusių didžiausią įtaką SAIFI rodikliui sudaro 15,37 procento viso Kauno regiono 2018 SAIFI rodiklio. Šios linijos per metus turėjo 94 atsijungimus - 1,66 procento visų gedimų. Tai parodo, kad šios linijos yra problematiškos ir sudarydamos nedidelę dalį gedimų, santykinai sąlygoja 9 kartus didesnę įtaką SAIFI rodikliui.

### 2.3.2. Kauno regiono elektros skirstomojo tinklo oro linijos 2018 turėjusios didžiausią įtaką SAIDI rodikliui

Pagal SAIDI rodiklį didžiausią įtaką turėjusios 10 kV oro linijos (išrikiuotos nuo didžiausios įtakos mažėjančia tvarka) pateiktos 2.11 lentelėje „Didžiausią įtaką SAIDI rodikliui turėjusios linijos“:

2.11 lentelė. Didžiausią įtaką SAIDI rodikliui turėjusios linijos

Rajonas	Transformatorių pastotė	Linija	Gedimų skaičius 2018 metais	SAIDI	Įtaka SAIDI, %
Kauno rajonas	Garliava	L-100 Jurginiškiai	6	2,102	2,14
Jonavos tinklas	Jonava	L-300 Pagelaziai	6	1,622	1,65
Kauno miestas	Šilainiai	L-MT1354	3	1,356	1,38
Kauno rajonas	Lekėčiai	L-300 Zapyškis	11	1,343	1,37
Kauno miestas	SP-1550	L-OLS200	8	1,177	1,2
Kauno rajonas	Žasma	L-300 Arlaviškės	6	1,166	1,19
Kauno miestas	SP-64	L-MT 469	2	1,074	1,1
Kauno rajonas	Ežerėlis	L-500 Stovykla	6	1,05	1,07
Kauno rajonas	Noreikiškės	L-600 Piliakalnis	10	1,008	1,03
Kaišiadorys	Anykšta	L-100 Bačkonys	7	0,95	0,97
Kauno rajonas	Žasma	L-200 Viršužiglis	2	0,874	0,89
Kauno miestas	Palemonas	L-100 Karmėlava	4	0,829	0,85
Kaišiadorys	Rumšiškės	L-400 Rumšiškės	2	0,772	0,79
Kauno rajonas	Vilkija	L-500 Kvesai	3	0,698	0,71
Kauno rajonas	Raudondvaris	L-700 Didvyriai	5	0,652	0,67
<b>Suma</b>			<b>81</b>	<b>16,673</b>	<b>17,01</b>

Remiantis pateiktais duomenimis matoma, kad penkiolika 10 kV oro linijų, turėjusių didžiausią įtaką SAIDI rodikliui sudaro 17,01 procento viso Kauno regiono 2018 SAIDI rodiklio. Šios linijos per metus turėjo 81 atsijungimus - 1,46 procento visų gedimų. Tai parodo, kad šios linijos yra problematiškos ir sudarydamos nedidelę dalį gedimų, santykinai sąlygoja 11 kartus didesnę įtaką SAIDI rodikliui.

### 2.3.3. Kauno regiono elektros skirstomojo tinklo oro linijos 2018 turėjusios didžiausią įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams

2.3.1. ir 2.3.2. skyreliuose matoma, kad iš penkiolikos linijų labiausiai sąlygojančių SAIFI rodiklį ir penkiolikos linijų daugiausiai sąlygojančių SAIDI rodiklį sąrašo sutampa tik aštuonios. Tą lemia skirtingi gedimų šalinimo laikai ir įvykusių gedimų specifika tose linijose:

- oro linijos, kurios daugiausiai sąlygojo SAIFI rodiklį, tačiau nepateko į SAIDI sąrašą turėjo trumpalaikius atsijungimus arba gedimus, kurie buvo pašalinti greitai, tačiau jų metu buvo nutrauktas elektros energijos tiekimas dideliame klientų skaičiui. Pavyzdžiui, Sargėnų linijoje „L-400 Lapės“, 2018 metais įvyko 3 gedimai ir sąlygoję 1,66 procento SAIFI rodiklio, tačiau gedimai buvo 2 automatinio kartotinio įjungimo veiksmai ir vienas atsijungimas, kai dispečeris jungtuvą prijungė naudodamas tele-valdymą - kiekvienu kartu buvo atjungtas tiekimas 3400 klientų, tačiau iki vienos minutės.
- oro linijos, kurios daugiausiai sąlygojo SAIDI rodiklį, tačiau nepateko į SAIFI sąrašą turėjo ilgus atsijungimus, kai gedimai buvo šalinami ilgą laiką, tačiau tokių gedimų buvo mažai arba joms atsijungus buvo nutrauktas elektros energijos tiekimas mažam klientų skaičiui. Pavyzdžiui, Šilainių linija „L-MT1354“, turėjo tik 3 gedimus 2018 metais ir sąlygojo 1,38 procento SAIDI rodiklio. Gedimai buvo - nudegę dviejų skirtingų oro linijos skyriklių šleifai ir dėl žaibo poveikio nudegę transformatorinės šynų galai ir sutrupėję atraminiai izoliatoriai. Šių gedimų metu buvo atsijungę 900 klientų ir remontas vyko ilgą laiką, bet SAIFI įtaka buvo tik 0,008 arba 0,43 procento.

Siekiant efektyviai gerinti skirstomojo tinklo patikimumą reikia išskirti linijas, kurios daugiausiai sąlygojo abiejus stebimus rodiklius (SAIDI ir SAIFI). Pagal didžiausią įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams turėjusios 10 kV oro linijos (išrikiuotos nuo didžiausios įtakos mažėjančia tvarka) pateiktos 2.12 lentelėje „Didžiausią įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams turėjusios linijos“:

2.12 lentelė. Didžiausią įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams turėjusios linijos

Rajonas	Transformatorių pastotė	Linija	Gedimų skaičius 2018 m.	Įtaka SAIDI, %	Įtaka SAIFI, %
Kauno rajonas	Lekėčiai	L-300 Zapyškis	11	1,37	2,06
Kauno rajonas	Garliava	L-100 Jurginiškiai	6	2,14	0,58
Kauno rajonas	Žasma	L-300 Arlaviškės	6	1,19	1,5
Kauno miestas	SP-1550	L-OLS200	8	1,2	1,45
Kauno rajonas	Noreikiškės	L-600 Piliakalnis	10	1,03	1,46
Jonavos tinklas	Jonava	L-300 Pagelaziai	6	1,65	0,54
Kauno rajonas	Ežerėlis	L-500 Stovykla	6	1,07	0,73

<b>Rajonas</b>	<b>Transformatorių pastotė</b>	<b>Linija</b>	<b>Gedimų skaičius 2018 m.</b>	<b>Įtaka SAIDI, %</b>	<b>Įtaka SAIFI, %</b>
Kauno rajonas	Raudondvaris	L-700 Didvyriai	5	0,67	0,61
<b>Suma</b>			<b>58</b>	<b>10,32</b>	<b>8,93</b>

Remiantis pateiktais duomenimis matoma, kad aštuonios 10 kV oro linijos, turėjusios didžiausią įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams sudaro 10,32 procento viso Kauno regiono 2018 SAIDI rodiklio ir 8,93 procento SAIFI rodiklio. Šios linijos per metus turėjo 58 atsijungimus - 1,15 procento visų gedimų. Tai parodo, kad šios linijos yra problematiškos ir siekiant efektyviai panaudoti investicijas, joms turi būti skiriama pirmenybė prevencinių priemonių paieškai ir pritaikymui.

Toliau darbe bus tiriama daugiausiai rodiklius silygojusi linija - Lekėčių transformatorių pastotės L-300 Zapyškis.

### 3. SAIDI ir SAIFI rodiklių gerinimo priemonių analizė

Šiame skyriuje nėra vertinama įranga ir jos įtaka, kuri turi būti keičiama dėl nusidėvėjimo ar pagal skirstomojo tinklo investicijų planą. Tikslas - įvertinti papildomas priemones skirtas gerinti tinklo patikimumą gerinant SAIDI ir SAIFI rodiklius. Vertinamos priemonės: oro linijų keitimas kabelinėmis linijomis, oro linijų keitimas oro kabelinėmis linijomis, oro linijos jungtuvo įterpimas ir save gydančio tinklo logika, oro linijos atkabiklio įterpimas, neperiodinis oro linijų trasų valymas nuo jaugusios augmenijos, ilgos linijos padalinimas įterpiant naują modulinę transformatorinę ir normalių atskirymų keitimas.

Antrame skyriuje priimta išvada, kad šiame skyriuje bus nagrinėjamos tik priemonės skirtos 10 kV įtampos oro linijų tinklui gerinti.

#### 3.1. Investicijos į skirstomąjį tinklą 2018 metais

„Energijos skirstymo operatorius“ 2018 metais toliau investavo į skirstomojo tinklo patikimumo didinimą. Operatoriaus investicijos į elektros ir dujų skirstomuosius tinklus buvo istorinės – siekė virš 271 milijonus eurų, tai lėmė ne tik išaugusios rangos darbų kainos, bet ir daugiau nei šeštadaliu ūgtelėjęs naujų, elektros energiją ar gamtines dujas naudojančių, klientų skaičius [9].

#### 3.2. Planuojamos investicijos į skirstomąjį tinklą 2019 metais

Planuojamos investicijos 2019 metais į skirstomąjį tinklą siekia 187 milijonus eurų [9]. Tai yra 31 procentų sumažėjimas. Tai reiškia, kad investicijos į elektros skirstomąjį tinklą taip pat bus radikaliai mažesnės - didžiausias sumažėjimas bus oro linijų keitimo į kabelines linijas, šių darbų apimtys mažės 3 kartus. Tai reiškia, kad 2019 metais atliekami darbai turi būti išnaudoti siekiant aukščiausio efektyvumo ir priemonės didinti tinklo patikimumui taikomos tik svarbiausiose vietose siekiant išlaikyti SAIDI ir SAIFI rodiklius.

#### 3.3. SAIDI ir SAIFI rodiklių gerinimo priemonės

##### 3.3.1. Oro linijų keitimas kabelinėmis linijomis

Viena iš populiariausių ir plačiai taikomų priemonių gerinti tinklo patikimumą ir mažinti SAIDI ir SAIFI rodiklius yra oro linijų keitimas į kabelines linijas. Kabelių klojimas yra nuo seno taikoma technologija, tačiau nėra plačiai naudojama tinkle dėl pagrindinės priežasties - kainos, kuri dabar vidutiniškai siekia 35400 eurų už 10 kV linijos kilometrą, įskaičiuojant medžiagas, darbus ir projektavimą (1 priedas) . 2017 metais tik 28 procentai [8] Lietuvos skirstomojo elektros tinklo sudarė kabelinės linijos, kurių didžioji dalis yra miestuose, miškuose kabelinės linijos 2017 metais sudarė tik 26 procentus [8]. Tai palieka dideles galimybes gerinti tinklus miškuotose užmiesčio vietovėse. Kabeliai yra ilgaamžiški ir įprastomis eksploataavimo sąlygomis gali tarnauti nuo 20 iki 30 metų priklausomai nuo kabelio rūšies be papildomų investicijų.

Taigi, oro linijų keitimo kabelinėmis linijomis pagrindiniai privalumai - ilgaamžiškumas, efektyvus patikimumo pagerinimas, nes pašalinamos galimybės išoriniams veiksniams (medžiai, augmenija, vėjas, perkūnijos iškvos, paukščiai ir kiti gyvūnai, žmonių veikla) sutrikdyti elektros energijos tiekimą, kraštovaizdžio gerinimas, tačiau trūkumai: pagrindinis - didelė įrengimo kaina, tiesiogiai priklausanti nuo tinklo ilgio, atšakinėje linijoje sugedus kabeliui elektros energijos atstatymo laikas bus didesnis nei oro linijos.

### 3.3.2. Oro linijų keitimas kabelinėmis oro linijomis

Rečiau taikoma priemonė gerinti tinklo patikimumą ir mažinti SAIDI ir SAIFI rodiklius yra oro linijų keitimas į kabelines oro linijas. Ši technologija pradėta taikyti gerokai vėliau, dėl to nėra plačiai naudojama tinkle ir sudaro labai mažą procentą elektros skirstomojo tinklo dalies. Šios priemonės kaina vidutiniškai siekia 15200 eurų už 10 kV linijos kilometrą, įskaičiuojant medžiagas, darbus ir projektavimą, bet be atramų keitimo (1 priedas). Palyginimui - 1 kilometras 10 kV oro linijos, įskaičiuojant medžiagas, darbus ir projektavimą, bet be atramų keitimo vidutiniškai kainuoja 12700 eurų (1 priedas). Oro linijų kabeliai yra ilgaamžiški ir įprastomis eksploataavimo sąlygomis gali tarnauti nuo 20 iki 30 metų priklausomai nuo kabelio rūšies.

Oro linijų keitimo kabelinėmis oro linijomis privalumai - ilgaamžiškumas, greitesnis įrengimas nei požeminės kabelių linijos, mažesnė kaina už požeminę kabelinę liniją, galimybė greitai pašalinti išorinių veiksnių (įaugusi nestambi augmenija, vėjas, paukščiai ir kiti gyvūnai) tikimybę sutrikdyti elektros energijos tiekimą, tačiau trūkumai - patikimumo pagerinimas yra mažesnis nei požeminių kabelinių linijų, kaina taip pat tiesiogiai priklauso nuo tinklo ilgio, neapsaugo nuo stambesnių medžių ar žmonių poveikio nutraukti liniją, nuversti ar pažeisti atramas.

### 3.3.3. Oro linijos jungtuvo (angl. *Recloser*) įterpimas ir save gydantis tinklas

Oro linijos jungtuvo (angl. *Recloser*) įterpimas ir save gydančio tinklo kūrimas Lietuvos skirstomajame tinkle yra santykinai nauja technologija. Pirmi oro linijos jungtuvai Kauno regione buvo pradėti eksploatuoti 2014 metais, o pirmas save gydantis tinklas 2018 metais. Šiuo metu oro linijos jungtuvų skaičius Lietuvos skirstomajame tinkle gerokai padidėjęs ir greitai viršys pirmąjį šimtą, tačiau save gydantis tinklas veikia tik keliose vietose Lietuvoje (Kauno regione veikia vienas save gydantis tinklas). Vieno oro linijos jungtuvo kaina vidutiniškai siekia 50000 eurų, įskaičiuojant medžiagas, darbus ir projektavimą, save gydančio tinklo kaina kelis kartus didesnė, nes jame naudojami bent 2 oro linijų jungtuvai ir reikalingas papildomas save gydančio tinklo logikos programavimas ir derinimas. Oro linijų jungtuvai nėra tokie ilgaamžiški ir patikimi kaip kabelinės linijos ir jų tarnavimo laikas yra gerokai mažesnis bei jiems reikalinga periodinė priežiūra.

Oro linijų jungtuvų ir save gydančio tinklo įrengimo privalumai - gali būti santykinai greitai įrengiami, įrengimo kaina nepriklauso nuo tinklo ilgio, didina tinkle esančių valdomų įrenginių kiekį, kuriais galima greičiau išskirti gedimo vietas ir sukuria tikimybę sumažinti SAIDI ir SAIFI rodiklius, tačiau trūkumai - ši priemonė nesumažina gedimų skaičiaus tinkle, o tik padeda greičiau išskirti pažeistą ruožą arba atlikti automatinį kartotinį įjungimą, jeigu nėra save gydančio tinklo sistemos ir įrengtas tik oro linijos jungtuvas į tinklo atšakas, įvykus gedimui tarp jungtuvo ir maitinimo šaltinio vis tiek atsijungs visa linija. Taigi, vertinant šią priemonę SAIDI ir SAIFI gerinimo atžvilgiu taikymas yra santykinai ribotas:

- linijoms, kurios turi labai didelį kiekį klientų ir vienas linijos atsijungimas sąlygoja labai didelį SAIFI ir SAIFI rodiklių pokytį. Tokia linija gali būti dalinama per pusę su oro linijos jungtuvu arba atskiriamas nepatikimas ruožas nuo patikimesnės linijos dalies (jei patikimesnė dalis yra nuo maitinimo pusės). Jeigu linija turi ryšį su kitomis linijomis gali būti įrengiamas save gydantis tinklas, kurio tikslas išskirti sugedusį ruožą ir likusius klientus permaitinti iš kito maitinimo šaltinio;

- labai ilgoms linijoms, kurios neturi didelio klientų skaičiaus, tačiau turi labai ilgus ruožus nutiestus per miškus, kurių keitimo į kabelines linijas kaina būtų daugiau nei 10 kartų didesnė nei oro linijos jungtuvo įrengimas prieš miškingas arba dažnai gendančias tinklo dalis.

### 3.3.4. Oro linijos atkabiklio (angl. *Fusesaver*) įterpimas

Oro linijos atkabiklio (angl. *Fusesaver*) įterpimas Lietuvos skirstomajame tinkle yra nauja technologija. Pirmi oro linijos atkabikliai buvo pradėti eksploatuoti 2018 metais. Šiuo metu oro linijos atkabiklių skaičius tinkle nesiekia dešimties, tačiau yra planuojama padidinti šį skaičių iki 100 per sekančius 2 metus. Vieno oro linijos atkabiklio kaina vidutiniškai siekia 8900 eurų, įskaičiuojant medžiagas, darbus ir projektavimą. Oro linijų atkabikliai nėra tokie ilgaamžiški ir patikimi kaip kabelinės linijos ir jų tarnavimo laikas yra gerokai mažesnis bei jiems reikalinga periodinė priežiūra, tačiau dėl mažesnio skaičiaus dalių yra patikimesni už oro linijų jungtuvus.

Oro linijų atkabiklių privalumai - gali būti santykinai greitai įrengiami, įrengimo kaina nepriklauso nuo tinklo ilgio ir yra palyginti su kitomis priemonėmis maža, tačiau trūkumai - ši priemonė nesumažina gedimų skaičiaus tinkle, o tik atskiria pažeistą linijos atšaką arba atlieka automatinį kartotinį įjungimą, įvykus gedimui tarp atkabiklio ir maitinimo šaltinio vis tiek atsijungs visa linija, atkabiklis yra nevaldomas ir neturi ryšio su dispečerinio valdymo sistema, dėl to apie jo atsijungimą galima sužinoti tik iš klientų pranešimų. Taigi, vertinant šią priemonę SAIDI ir SAIFI gerinimo atžvilgiu taikymas yra ribotas:

- atkabikliai taikomi tik linijų atšakoms prijungti prie pagrindinės linijos;
- retais atvejais taikomi padalinti liniją į dvi dalis atskiriant nepatikimą ruožą nuo patikimesnės linijos dalies.

Tačiau dėl kainos ir paprastumo gali būti efektyviai panaudotas išskirti linijų ruožus, kuriuose įvyksta dažni gedimai ir apsaugoti pagrindinę liniją nuo atsijungimų.

### 3.3.5. Neperiodinis oro linijų trasų valymas nuo jaugusios augmenijos

Neperiodinis oro linijų trasų valymas nuo jaugusios augmenijos, medžių genėjimas ir pjovimas didinti tinklo patikimumą naudojamas nuo elektros tinklo įrengimo pradžios, pagrindinis pokytis - skirstomieji tinklai yra atsisakę savo brigadų atsakingų už medžių genėjimą ir pagrinde skiria šiuos darbus rangovinėms organizacijoms, o smulkius genėjimus atlikti operatyvinėms brigadoms tarp gedimų šalinimo. Vieno oro linijos trasos kilometro išvalymo kaina priklauso nuo reikalingo pašalinti augmenijos tūrio bei kitų sąlygų, tačiau kaina už kilometrą neviršija 4000 eurų.

Neperiodinio oro linijų trasų valymo privalumai - gali būti greitai išvaloma linija ir sumažinama tikimybė atsijungti linijai dėl ruožo, kuris sudaro didžiąją dalį linijos atsijungimų už santykinai mažą kainą. Trūkumai - kaina priklauso nuo linijos ilgio, trasų valymas negarantuoja, kad sutvarkytoje tinklo dalyje neįvyks gedimai, nes didesni medžiai gali virsti ant linijos iš už apsaugos ir proskynos zonos, ši priemonė yra trumpalaikė ir gali būti panaudota tik linijose, kurios netolygiai apauga tarp periodinių trasų valymų. Taigi, vertinant šią priemonę SAIDI ir SAIFI gerinimo atžvilgiu taikymas yra ribotas.



### 3.3.6. Ilgos linijos padalinimas įterpiant naują modulinę transformatorinę

Vienos modulinės transformatorinės įterpimas į liniją kainuoja vidutiniškai 18000 eurų, įskaičiuojant darbus, medžiagas ir projektavimą, tačiau kaina didėja jeigu naudojami ne galios skyrikliai, o jungtuvai arba įrengiamas nuotolinis valdymas ir gali kilti virš 60000 eurų priklausomai nuo komutacinių aparatų skaičiaus, rūšies ir specifikacijų.

Modulinės transformatorinės įterpimo į liniją privalumai - linija padalinama ir naudojant jungtuvus atsiranda papildoma komutacinė vieta su apsaugomis, įrengimo kaina su nevaldomais jungtuvais mažesnė nei oro linijos jungtuvo, taip pat tuo pačiu gali būti sutrumpinama žemos įtampa iki klientų maitinamų nuo kitos transformatorinės. Trūkumai - modulinės transformatorinės pastatymui reikalinga vieta, kaip ir oro linijos jungtuvas ši priemonė gedimų skaičiaus tinkle nesumažina, o tik suteikia galimybę sumažinti atjungiamų klientų skaičių ir atlikti greitesnius perjungimus siekiant permaitinti elektros tinklą. Taigi, vertinant šią priemonę SAIDI ir SAIFI gerinimo atžvilgiu taikymas yra ribotas, tačiau priemonė gali būti efektyviai panaudota išskirtiniais atvejais - esant ilgoms linijoms, kurios turi labai didelį kiekį klientų ir vienas linijos atsijungimas sąlygoja labai didelį SAIFI ir SAIFI rodiklių pokytį. Tokia ilga linija gali būti dalinama į dvi dalis panaudojant modulinę transformatorinę ir įvykus gedimui už transformatorinės nuo maitinimo pusės, dalis linijos liks neatsijungus, o naudojant valdomus komutacinius aparatus ir turint galimybę permaitinti liniją iš kitos pusės galima išskirti bei sumažinti gedimą ir tarp modulinės ir pagrindinio maitinimo.

### 3.3.7. Normalių atskyrimų keitimas

Normalūs atskyrimai, tai komutaciniai aparatai, kurie normaliu tinklo darbo režimu yra laikomi atjungti ir kurie atskiria du maitinimo šaltinius (ne visais atvejais atskirtas maitinimo šaltinis yra patikimas ir gali būti iš kito netoli esančio skirstomojo tinklo taško). Normalūs atskyrimai suteikia galimybę dispečeriui atliekant perjungimus išskirti gedimo vietas permaitinant dalį arba visus paveiktus klientus. Normalūs atskyrimai parenkami statant naują tinklo dalį arba atliekant tinklo rekonstrukcijas. Tačiau, skirstomasis tinklas nuolatos kinta, atsiranda atskyrimų, kurie tinkamai neatskiria tinklo į dvi panašaus patikimumo ir klientų skaičiaus dalis. Tai sąlygoja prijungiami nauji klientai, minimalūs tinklo įrenginių ar būsenų pakeitimai, senėjantis tinklas ar dėl atsiradusių kitų sąlygų pabloginusių tinklo dalies patikimumą. Taigi, atsiranda galimybė peržiūrėjus tinklų atskyrimus surasti vietas, kuriose pakeitus atskyrimą būtų sumažinta gedimo įtaka SAIDI ir SAIFI rodikliams - nuo nepatikimos linijos ar jos dalies perjungti dalį klientų prie patikimesnės linijos arba išlyginti klientų skaičių tarp dviejų vienodai patikimų linijų.

Normalių atskyrimų keitimo metodo privalumai - metodas neturi tiesioginių kaštų, darbą atlieka skirstomojo tinklo darbuotojai, teisingai pritaikius - gali efektyviai mažinti gedimų įtaką rodikliams, tačiau trūkumai - panaudojimas yra ribotas, nes efektyviai ir tinkamai pakeisti atskyrimą galima palyginus retais atvejais, šiam darbui reikalingos darbuotojų kompetencijos, nes galima pabloginti tinklo būklę, šis metodas nemažina gedimų skaičiaus tinkle ir nedidina bendro tinklo patikimumo, o tik paskirsto atsijungiančius klientus tarp skirtingo patikimumo linijų. Taigi, vertinant šią priemonę SAIDI ir SAIFI gerinimo atžvilgiu taikymas yra ribotas, bet turi būti pastoviai ieškoma galimybių ją panaudoti.

### 3.3.8. Metodų palyginimas ir aptarimas

Vertinant SAIDI ir SAIFI rodiklių gerinimo priemones matoma tendencija - priemonės, kurias galima taikyti plačiai turi didesnę kainą (oro linijų keitimas požeminėmis arba oro kabelinėmis linijomis oro linijos jungtuvų statymas), o priemonės, kurių pritaikymas ribotas ir priklauso nuo tinklo galimybių yra pigesnės (atkabiklių įrengimas, trasų valymas, modulinės transformatorinės įrengimas, atskyrimų keitimas). Taip pat priemonės galima išskirti pagal tinklo patikimumo gerinimą - oro linijų keitimas į kabelines, trasų valymas tiesiogiai gerina linijos patikimumą ir mažina gedimų skaičių, o kitos gerina tik dalies linijos patikimumą ir gedimų skaičiaus nesumažina, mažina tik klientų skaičių, kuriuos paveikia gedimas ar pagreitina atstatymo trukmę. Iš aptartų priemonių išsiskiria trasų valymas, nes ši priemonė yra santykinai laikina, lyginant su kitomis.

Atsižvelgiant į išanalizuotas priemones ir įvertinant, kad 2019 metais investicijos į tinklą yra mažesnės priimama išvada, kad turi keistis tinklo rekonstrukcijų ir tvarkymo metodai. Iki šiol dažniausiai taikomas metodas linijų patikimumui gerinti buvo panaudoti vieną priemonę, pavyzdžiui, oro linijų tinklą pakeisti kabeliniu arba nekeičiant tinklo įrengti oro linijos jungtuvą, atkabiklį ar jungtuvų sistemą su save gydančia logika. Toks pavienių priemonių taikymas arba išsprendžia problemą neefektyviai panaudojant dideles investicijas arba problemos pilnai neišsprendžia panaudojant minimalias investicijas. Dabar siekiant pagerinti tinklo patikimumą, tai pačiai probleminei linijai tvarkyti reikia taikyti priemones kompleksiskai - pavyzdžiui, tos pačios oro linijos magistralės dalį einančią per mišką pakeisti kabeliu, linijos gale valyti trasas, o į vieną ar kelias atšakas, priklausomai nuo jų dydžio, statyti atkabiklius arba oro linijų jungtuvus. Įvertinant liniją visapusiškai ir pritaikant kelis metodus galima efektyviai panaudoti investicijas ir pagerinti tinklo patikimumą bei sumažinti SAIDI ir SAIFI rodiklius.

### 3.4. Analizuotos literatūros SAIDI ir SAIFI rodiklių gerinimo priemonių išvados

Siekiant įvertinti pasirinktų priemonių efektyvumą ir skaitinę ar santykinę įtaką patikimumo rodikliams išanalizuoti aštuoni moksliniai literatūros šaltiniai.

Tryliktame šaltinyje [13] tiriamas investicijų panaudojimo efektyvumas skirstomajame tinkle gerinant patikimumą. Šaltinyje, didžiąja dalimi, nagrinėjamos kitos priemonės nei šiame darbe: linijos dalinimas papildomais saugikliais, barjerų nuo paukščių ir graužikų statymas, barjerų nuo automobilių statymas, papildomas klientų informavimas žiniasklaidos priemonėmis apie reagavimą įvykiams gedimams. Taip pat nagrinėjamos ir dvi tos pačios priemonės kaip ir šiame darbe – oro linijų keitimas kabelinėmis linijomis ir oro linijos jungtuvų įterpimas į oro liniją. Tačiau, šaltinyje nėra pateikiami nei praktiniai, nei teoriniai patikimumo skaičiavimai tiriamoms priemonėms, darbe sudaromas modelis, kuriuo vertinama investicijų efektyvumo priklausomybė nuo SAIDI/SAIFI sumažinimo procento, pavyzdžiui, sumažinti patikimumo rodiklius 29 procentais nuo 100 procentų iki 71 procento kainuoja 20000 santykinų pinigų vienetų, o nuo 71 procento iki 60 procentų – 280000 santykinų pinigų vienetų [13].

Keturioliktame šaltinyje [14] tiriamas skirstomojo tinklo saugiklių, oro linijų jungtuvų ir atkabiklių pastatymo vietos tinkle optimizavimas su sukurtu modeliu, siekiant pagerinti SAIDI/SAIFI patikimumo rodiklius. Šaltinyje nėra išskiriami atskirų priemonių patikimumo gerinimo rodikliai ir nevertinamas naujų įrenginių įterpimas, o tiriamos parinktos tinklo schemas konfigūracijos pakeitimo galimybės ir efektyvumas. Darbe autoriai nustatė, kad už 50000 dolerių

pakeitus esamo tinklo komutacinių aparatų vietas geriausiu atveju galima rodiklius sumažinti iki 31 procento ir investicijų didinimas virš šios sumos efektyviai rodiklių nebekeis [14]. Tačiau gauti teoriniai tyrimo rezultatai nėra lyginami su praktiniais bandymais ar rezultatais.

Penkioliktame, šešioliktame ir septynioliktame šaltiniuose [15][16][17] tiriama automatizuotų komutacinių aparatų įtaka patikimumo rodikliams. Penkioliktame šaltinyje tyrimas atliekamas naudojant Monte Carlo simuliaciją tūkstančiui metų bandymų sugeneruoti. Iš gautų duomenų priimama išvada, kad automatizavus esamą jungtuvą arba pastačius naują oro linijos jungtuvą tiriamoje radialinėje linijoje parinktoje vietoje teoriškai galima būtų pagerinti patikimumo rodiklius nuo 1,55 SAIFI iki 0,67 ir nuo 160 SAIDI iki 76,9 [15]. Tačiau gauti teoriniai tyrimo rezultatai nėra lyginami su praktiniais bandymais ar rezultatais. Šešioliktame šaltinyje pateikta išvada, kad parinkus optimalią automatizuoto komutacinio aparato vietą SAIDI galima sumažinti nuo 3,33 iki 1,36 tiriama tinklui [16]. Šiame tyrime yra konstatuojama, jog rezultatai yra panašūs į realius, tačiau skaičiai ir palyginimai nėra pateikiami. Septynioliktame šaltinyje dėmesys skiriamas optimaliam skaičiui automatizuotų komutacinių aparatų linijoje. Gauti rezultatai rodo, jog optimaliausias skaičius pagal patikimumo rodiklių gerinimą (neskaitant finansinio efektyvumo) yra 5, didesnis jų skaičius geresnių patikimumo rodiklių nesąlygoja [17].

Aštuonioliktame, devynioliktame ir dvidešimtame [18][19][20] šaltiniuose nagrinėjamos nestandartinės priemonės patikimumo rodikliams gerinti. Aštuonioliktame nagrinėjama priemonė skirta automatiškai naudojant nuotoliniu būdu valdomus komutacinius aparatus realiu laiku keisti tinklo schemas atskyrimus pagal apkrovas arba gedimus, sumažinant apkrovas ir rizikas atsijungimams bei mažinant atsijungimų paveikiamus klientus [18]. Devynioliktame šaltinyje analizuojamos tokios priemonės kaip energijos kaupimo sistemos bei energijos kaupimas elektromobiliuose, mikrotinklai, aktyvi apkrovos nukrovimo logika, išmanieji tinklai [19]. Dvidešimtame šaltinyje nagrinėjamos organizacinės priemonės gedimų šalinimo efektyvumui padidinti – operatyvinių brigadų aprūpinimas technika eismo kliūtims išvengti, esamų relinių apsaugų ir sistemų veikimo principų peržiūra, izoliuotos sistemos keitimas į įžemintos neutralės [20]. Visi šie literatūros šaltiniai pateikia teorinius SAIDI/SAIFI sumažinimus, tačiau jų apskaičiavimo metodika nėra plačiai aprašoma ir rezultatai nėra lyginami su kitais tyrimais arba praktiniais rodikliais.

Apibendrinant analizuotus literatūros šaltinius matoma, kad didžioji dalis tiria komutacinių aparatų automatizavimą ir įtaką patikimumo rodikliams, tačiau gauti rezultatai nėra lyginami su kitų tyrimų, metodų ar praktiniais rezultatais. Pagrindė analizuojami kompleksiniai priemonių taikymo būdai, o atskirų priemonių įtaka ar efektyvumas nevertinamas. Remiantis šia išvada, priimamas tikslas ketvirtame skyriuje paskaičiuoti teorinius patikimumo rodiklius ir juos įvertinti naudojant turimus praktinius rezultatus ir duomenis.

#### 4. Kauno rajono Lekėčių TP linijos L-300 Zapyškis patikimumo tyrimas

Šiame skyriuje apskaičiuojamas ir palyginimas esamas tinklo dalies patikimumas ir patikimumas pritaikius pasirinktas priemones naudojant spindulinio skirstomojo tinklo zonų ir šakų metodą. Spindulinės konfigūracijos sistemą patogų aprašyti zonomis ir šakomis. Zona - tai dalis sistemos, kurią galima automatiškai arba ranka atjungti nuo likusios sistemos dalies, jeigu sugenda jos grandis. Zona tęsiasi iki kitos zonos, kuri yra toliau nuo maitinimo šaltinio ir taip pat gali būti atjungta nuo nagrinėjamos zonos [3]. Apibendrinus - zona prasideda nuo jungtuvo ir baigiasi kitu jungtuvu arba klientų apkrovos tašku. Šaka, tai jungiamoji dalis tarp zonų. Šiuo metodu tinklo patikimumas yra skaičiuojamas pirmiausiai surandant kiekvienos šakos ir zonos patikimumo rodiklius (gedimų intensyvumą ir vidutinę atkūrimo trukmę), o tada pasirinkto vartotų apkrovos taško patikimumo charakteristikas. Skaičiuojant spindulinio elektros tinklo patikimumo rodiklius, laikoma, kad elementų gedimai tarpusavyje nepriklausomi ir komutacinių aparatų gedimai nevertinami (tokie gedimai traktuojami kaip avarijos išsiplėtimo procesas). Šiame tinklo patikimumo tyrime taip pat nevertinami planiniai atjungimai, nes nuosekliai sujungto tinklo bet kurio elemento atjungimas daliai tinklo maitinimą nutrauks pilnai, o darbe vertinami tik neplaninių atsijungimų SAIDI ir SAIFI rodikliai.

##### 4.1. Tiriamojo elektros tinklo schema ir aprašymas

Tiriamojo skirstomojo elektros tinklo schema yra Kauno rajono 10 kV linija L-300 Zapyškis, kuri yra maitinama iš Šakių rajono 35/10 kV Lekėčių transformatorių pastotės. Linijos ilgis - 62,7 kilometro, liniją sudaro oro linijos (42,16 kilometro), su kabelinių linijų intarpais ir atšakomis (20,54 kilometro), 63 transformatorinės, 121 komutacinis aparatas bei 15 renkamųjų šynų. Prie linijos iš viso yra prijungti 1499 klientai. Linija turi 2 nuotoliniu būdu valdomus oro linijų jungtuvus OLJ L-315 ir OLJ L-302 nuo kurių maitinasi atitinkamai 78 ir 574 klientų. Oro linijos jungtuvai nuotolinį valdymą ir automatinio kartotinio įjungimo funkciją. Tiriamojo tinklo schema pateikta 2 priede „Lekėčių TP linijos L-300 Zapyškis schema“, schemeje oro linijos pažymėtos juoda spalva, kabelinės linijos - žalia spalva. Lekėčių tinklo žemos įtampos dalies patikimumas nebus vertinamas - darbe, pagal atlikta gedimų tyrimą, priimta vertinti tik 10 kV tinklą.

Tiriamajame tinkle 2018 metais įvykusių gedimų (viso buvo 11 gedimų) vietos pateiktos ant schemos 3 priede „Lekėčių TP linijos L-300 Zapyškis 2018 metų gedimų vietos“. Priede matoma, kad iš 11 gedimų tik vienas įvyko oro linijų jungtuvų saugomose zonose, tai parodo, jog oro linijų jungtuvų įrengimo vietos buvo parinktos neefektyviai ir neatlieka savo funkcijos - atskirti gedimo vietą nuo likusio tinklo. Taigi, įrengti oro linijų jungtuvai nepagerino tinklo SAIDI ir SAIFI rodiklių. Taip pat, matoma, kad 3 iš 11 gedimų įvyko toje pačioje atkarpoje tarp transformatorinės L-350 ir OLS L-329, tarp atramų 300/110 ir 300/118. Ši oro linijos atkarpa (800 metrų) nutiesta per tankų ir ilgametį mišką 2014 metais buvo pakeista oro linijos kabeliu, tačiau tai nepadėjo, nes virstantys medžiai yra stambūs ir nutraukia oro kabelį arba ant jo pakimba ir linija turi būti atjungta siekiant saugiai juos pašalinti. Taigi, ši priemonė taip pat įgyvendinta neefektyviai ir patikimumo rodiklių negerina. Du gedimai pažymėti ant transformatorių pastotės linijinio jungtuvo yra nenustatytos priežasties bei gedimo vietos.

Lekėčių L-300 linija, jos oro linijų ir kabelinių linijų atšakų bei intarpų sąrašas su ilgiais pateikiamas 4.1 lentelėje „Lekėčių L-300 Zapyškis linijos ir ilgiai“:

## 4.1 lentelė. Lekėčių L-300 Zapyškis linijos ir ilgiai

Linijos/atšakos pavadinimas	Ilgis, km	Tipas	Linijos/atšakos pavadinimas	Ilgis, km	Tipas
Magistralinė linija L-300	14,893	OL	L344-OLS-L326	2,761	KL
Atšaka : L-301	0,094	OL	L350-L346	0,63	KL
Atšaka : L-302	0,415	OL	L356-L340	1,282	KL
Atšaka : L-303	5,741	OL	L365-L385	0,723	KL
Atšaka : L-304	0,284	OL	L377-L338	2,193	KL
Atšaka : L-305	0,52	OL	L377-L339	1,035	KL
Atšaka : L-306	0,55	OL	OLS-L371-L385	0,358	KL
Atšaka : L-307	0,109	OL	OLS-L316-L375	0,42	KL
Atšaka : L-308	1,365	OL	OLS-L319-L378	1,041	KL
Atšaka : L-309	0,01	OL	OLS-L320-L389	0,184	KL
Atšaka : L-310	0,231	OL	OLS-L321-L395	1,045	KL
Atšaka : L-311	1,027	OL	OLS-L322-L396	0,397	KL
Atšaka : L-312	1,628	OL	OLS-L323-L360	0,345	KL
Atšaka : L-313	0,255	OL	OLS-L324-L365	0,736	KL
Atšaka : L-314	0,026	OL	OLS-L325-L344	0,283	KL
Atšaka : L-315	0,01	OL	OLS-L327-L398	0,703	KL
Atšaka : L-316	0,422	OL	OLS-L328-L399	0,792	KL
Atšaka : L-317	0,266	OL	OLS-L330-L348	0,675	KL
Atšaka : L-318	3,324	OL	OLS-L331-L347	1,084	KL
Atšaka : L-319	0,237	OL	OLS-L332-L345	0,585	KL
Atšaka : L-320	8,048	OL	OLS-L333-L343	1,006	KL
Atšaka : L-321	0,208	OL	OLS-L334-L342	0,531	KL
Atšaka : L-322	0,526	OL	OLS-L336-L377	0,112	KL
Atšaka : L-323	1,322	OL	OLS-L39901-L39902	1,362	KL
Atšaka : L-324	0,309	OL	OLS-L39903-L356	0,071	KL
Atšaka : L-325	0,227	OL	OLS-L39904-L39905	0,188	KL
Atšaka : L-326	0,01	OL	L344-OLS-L326	2,761	KL
Atšaka : L-327	0,046	OL	-	-	-
Atšaka : L-328	0,011	OL	-	-	-
Atšaka : L-329	0,023	OL	-	-	-
Atšaka : L-330	0,013	OL	-	-	-
Atšaka : L-331	0,014	OL	-	-	-
<b>Suma</b>	<b>42,16</b>			<b>20,54</b>	

Iš 4.1 lentelės matoma, kad tiriamą liniją yra 62,70 kilometrų ilgio ir ją sudaro 42,16 kilometro oro linijų, 20,54 kilometro kabelinių linijų.

Lekėčių L-300 linijos ir jos oro linijų atšakų sąrašas, kurių dalys (ilgesnės nei 100 metrų) yra nutiestos per miškus ar miškingas vietas su ilgiais pateikiamas 4.2 lentelėje „Lekėčių L-300 Zapyškis linijų ilgiai miškuose“:

#### 4.2 lentelė. Lekėčių L-300 Zapyškis linijų ilgiai miškuose

Linijos/atšakos pavadinimas	Ilgis, km	Dalies ar dalių sumos ilgis nutiestos per mišką, km	Tipas
Magistralinė linija L-300	14,893	5,8	OL
Atšaka : L-303	5,741	1,8	OL
Atšaka : L-312	1,628	1,0	OL
Atšaka : L-320	8,048	4,0	OL
<b>Suma</b>		12,6	

Remiantis lentelėmis 4.1 ir 4.2 apskaičiuojama, kad 67,2 procento Lekėčių L-300 linijos sudaro oro linijos ir 29,9 procento oro linijų yra nutiesta per miškus ar miškingas vietas.

## 4.2. Tiriamojo elektros tinklo teorinio patikimumo skaičiavimas

### 4.2.1. Tinklo elementų patikimumo charakteristikos

Vertinant pasirinkto tinklo patikimumą bus vertinama elektros linijų, renkamųjų šynų ir komutacinių aparatų patikimumo charakteristika 10 kV tinkle. Kadangi tiriant 2018 metų gedimus relinės apsaugos gedimai sudarė nykstamai mažą dalį, tiriant tinklo patikimumą relinės apsaugos ir automatikos įtaisų patikimumas nebus vertinamas. Taip pat nebus vertinami transformatorių gedimai, nes šie įrenginiai yra atskirti nuo renkamųjų šynų saugikliais ir normaliu atveju esant gedimui saugikliai apsaugos tinklą nuo atsijungimo, dėl to visos tiriamos 10 kV sistemos patikimumo nepaveiks. Tinklo įrenginių gedimų intensyvumas  $\lambda$  ir vidutinė atkūrimo trukmė  $T_{avid}$  surinkta ir apibendrinta remiantis dviem literatūros šaltiniais pateikta 4.3 lentelėje „Tinklo elementų patikimumo charakteristikos [3][12]“:

### 4.3 lentelė. Tinklo elementų patikimumo charakteristikos [3][12]

Tinklo elementas	Gedimų intensyvumas $\lambda$ , 1/metai	Vidutinė atkūrimo trukmė $T_{avid}$ , h
Oro linija	25 (100-tam kilometrų)	5
Oro linija (miško ruože)	30 (100-tam kilometrų)	6
Požeminė kabelinė linija	10 (100-tam kilometrų)	8
Jungtuvai	0,006	14
Skyrikliai	0,015	2
Renkamųjų šynų	0,02	2

Elektros linijų gedimų intensyvumas apskaičiuojamas atsižvelgiant į linijų ilgį  $l$  ir santykinį jų gedimo intensyvumą  $\lambda_{L0}$ . Magistralinės linijos L-300 gedimų intensyvumas apskaičiuojamas:

$$\lambda_L = l \cdot \lambda_{L0}; \quad (4.1)$$

$$\lambda_{L-300} = 9,093 \cdot \frac{25}{100} + 5,8 \cdot \frac{30}{100} = 4,013 \text{ 1/metai};$$

Skaičiuojant magistralinės L-300 ir kitų linijų bei atšakų gedimų intensyvumą svarbu atskirai apskaičiuoti linijų dalis einančias per miškingą vietovę. Visų linijų ir atšakų ilgiai ir gedimų intensyvumo apskaičiavimo rezultatai pateikti 4.4 lentelėje „Elektros linijų ir atšakų gedimų intensyvumai“:

**4.4 lentelė.** Elektros linijų ir atšakų gedimų intensyvumai

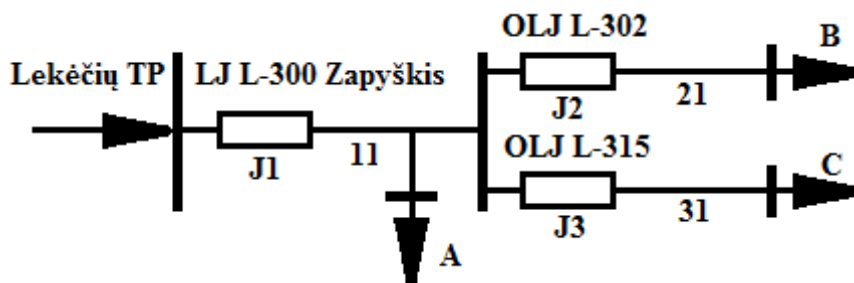
Linijos/atšakos pavadinimas	Ilgis, km	Tipas	Gedimų intensyvumas $\lambda$ , 1/metai	Linijos/atšakos pavadinimas	Ilgis, km	Tipas	Gedimų intensyvumas $\lambda$ , 1/metai
Magistralinė L-300	14,893	OL	4,013	L344-OLS-L326	2,761	KL	0,276
Atšaka : L-301	0,094	OL	0,024	L350-L346	0,63	KL	0,063
Atšaka : L-302	0,415	OL	0,104	L356-L340	1,282	KL	0,128
Atšaka : L-303	5,741	OL	1,525	L365-L385	0,723	KL	0,072
Atšaka : L-304	0,284	OL	0,071	L377-L338	2,193	KL	0,219
Atšaka : L-305	0,52	OL	0,130	L377-L339	1,035	KL	0,104
Atšaka : L-306	0,55	OL	0,138	OLS-L371-L385	0,358	KL	0,036
Atšaka : L-307	0,109	OL	0,027	OLS-L316-L375	0,42	KL	0,042
Atšaka : L-308	1,365	OL	0,341	OLS-L319-L378	1,041	KL	0,104
Atšaka : L-309	0,01	OL	0,003	OLS-L320-L389	0,184	KL	0,018
Atšaka : L-310	0,231	OL	0,058	OLS-L321-L395	1,045	KL	0,105
Atšaka : L-311	1,027	OL	0,257	OLS-L322-L396	0,397	KL	0,040
Atšaka : L-312	1,628	OL	0,457	OLS-L323-L360	0,345	KL	0,035
Atšaka : L-313	0,255	OL	0,064	OLS-L324-L365	0,736	KL	0,074
Atšaka : L-314	0,026	OL	0,007	OLS-L325-L344	0,283	KL	0,028
Atšaka : L-315	0,01	OL	0,003	OLS-L327-L398	0,703	KL	0,070
Atšaka : L-316	0,422	OL	0,106	OLS-L328-L399	0,792	KL	0,079
Atšaka : L-317	0,266	OL	0,067	OLS-L330-L348	0,675	KL	0,068
Atšaka : L-318	3,324	OL	0,831	OLS-L331-L347	1,084	KL	0,108
Atšaka : L-319	0,237	OL	0,059	OLS-L332-L345	0,585	KL	0,059
Atšaka : L-320	8,048	OL	2,212	OLS-L333-L343	1,006	KL	0,101
Atšaka : L-321	0,208	OL	0,052	OLS-L334-L342	0,531	KL	0,053
Atšaka : L-322	0,526	OL	0,132	OLS-L336-L377	0,112	KL	0,011

Linijos/atšakos pavadinimas	Ilgis, km	Tipas	Gedimų intensyvumas $\lambda$ , 1/metai	Linijos/atšakos pavadinimas	Ilgis, km	Tipas	Gedimų intensyvumas $\lambda$ , 1/metai
Atšaka : L-323	1,322	OL	0,331	OLS-L39901-L39902	1,362	KL	0,136
Atšaka : L-324	0,309	OL	0,077	OLS-L39903-L356	0,071	KL	0,276
Atšaka : L-325	0,227	OL	0,057	OLS-L39904-L39905	0,188	KL	0,007
Atšaka : L-326	0,01	OL	0,003	L344-OLS-L326	2,761	KL	0,019
Atšaka : L-327	0,046	OL	0,012	-	-	-	-
Atšaka : L-328	0,011	OL	0,003	-	-	-	-
Atšaka : L-329	0,023	OL	0,006	-	-	-	-
Atšaka : L-330	0,013	OL	0,003	-	-	-	-
Atšaka : L-331	0,014	OL	0,004	-	-	-	-
<b>Suma</b>	<b>42,16</b>		<b>11,171</b>		<b>20,54</b>		<b>2,054</b>

Remiantis 4.4 lentele bendras linijų ir atšakų gedimų instensyvumas yra 13,225 per metus.

#### 4.2.2. Spindulinio tinklo zonų ir šakų sudarymas

Pagal tinklo schemą pateiktą 2 priede „Lekėčių TP linijos L-300 Zapyškis schema“ sudaroma spindulinio elektros tinklo zonų ir šakų schema, pavaizduota 4.1 paveiksle:



4.1 pav. Lekėčių TP linijos L-300 Zapyškis spindulinė zonų ir šakų schema

Spindulinėje schemoje J1, J2 ir J3 žymi tinklo zonas ir atitinkamai jas saugančius jungtuvus. Zonose yra šakos 11, 21 ir 31, kurias sudaro visos linijos ir jų atšakos, komutaciniai aparatai ir transformatorinės. Apkrovos taškai A, B ir C žymi visus klientus prijungtus prie išskirtų skirstomojo tinklo zonų. Šioje linijoje yra L-350 transformatorinė su vienu linijiniu jungtuvu L-OLS L-306, tačiau patikimumo skaičiavimui atskira zona nepriskiriama, kadangi jungtuvas neturi relinės apsaugos, dėl to, neapsaugo linijos nuo trumpojo jungimo.

Siekiant apskaičiuoti tinklo patikimumą reikia nustatyti kiek kiekvienoje zonoje ir jos šakoje yra transformatorinių, komutacinių aparatų, renkamųjų šynų, linijų ir atšakų. Zonų ir šakų sandara pateikta 4.5 lentelėje „Zonų ir šakų sandara“:



4.5 lentelė. Zonų ir šakų sandara

Zona ir šaka	Transformatorinių skaičius	Jungtuvų skaičius	Linijinių, oro ir galios skyriklių skaičius	Renkamųjų šynų skaičius	Linijų ir atšakų skaičius. Ilgių suma	Linijų ir atšakų gedimų intensyvumas $\lambda$ , 1/metrai
J1, 11	37	2	77	12	38 (35,75 km)	7,485
J2, 21	14	1	20	2	8 (10,24 km)	2,350
J3, 31	12	1	20	1	12 (16,71 km)	3,390
<b>Suma</b>	<b>63</b>	<b>4</b>	<b>117</b>	<b>15</b>	<b>58 (62,70 km)</b>	<b>13,225</b>

Gedimų intensyvumas kiekvienai zonai ir šakai paimtas iš 4.4 lentelės „Elektros linijų ir atšakų gedimų intensyvumai“.

#### 4.2.3. Tinklo teorinio patikimumo apskaičiavimas pagal spindulinio tinklo zonų ir šakų metodiką

Kadangi tiriamuoju atveju zona yra dalis sistemos, kuri automatiškai atsijungia nuo likusios sistemos dalies, kai sugenda jos grandis, apskaičiuojant patikimumą spindulinės schemos metodu surandami kiekvienos šakos ir zonos patikimumo rodikliai atskirai (gedimų intensyvumas, vidutinė atkūrimo trukmė, patikimumas, teorinis SAIDI ir SAIFI), nes dėl gedimo 21 šakoje atsijungs J2 zona, tačiau J1 ir J3 liks nepaveikta, tas pats įvyks ir esant gedimui 31 šakoje, tačiau gedimui esant 11 šakoje - atsijungs visos zonos su visais maitinamais klientais.

Tiriamąjį tinklo visų elementų parengties koeficientai dideli, tai gedimų intensyvumas (šakoje  $mn$ ) apskaičiuojamas:

$$f_{Gmn} = \sum_{k \in MN} \lambda_k ; \quad (4.2)$$

čia:

$\lambda_k$  - k-ojo elemento, esančio šakoje  $mn$ , gedimų intensyvumas;

MN - elementų, esančių šakoje  $mn$ , aibė.

Vidutinė tinklo, esančio šakoje  $mn$ , atkūrimo trukmė apskaičiuojama:

$$T_{avidMN} = \frac{\sum_{k \in MN} (\lambda_k \cdot T_{avidk})}{\sum_{k \in MN} \lambda_k} ; \quad (4.3)$$

čia:

$T_{avidk}$  - k-ojo elemento, esančio šakoje  $mn$ , vidutinė atkūrimo trukmė.

Tiriamąjį tinklo arba jo dalies patikimumas neplaniniam atsijungimui apskaičiuojamas:

$$P_{MN} = \left(1 - \frac{f_{Gmn} \cdot T_{avidMN}}{8760}\right) \cdot 100; \quad (4.4)$$

Tiriamąjį tinklą arba jo dalį teoriniškai SAIDI ir SAIFI rodikliai apskaičiuojami:

$$SAIFI_{MN} = \frac{\sum_{k \in MN} (N_k \cdot f_{Gmn})}{\sum_i N_S}; \quad (4.5)$$

$$SAIDI_{MN} = \frac{\sum_{k \in MN} (N_k \cdot f_{Gmn} \cdot T_{avidMN} \cdot 60)}{\sum_{kS} N_S}; \quad (4.6)$$

čia:

$N_k$  - gedimo, esančių šakoje  $mn$ , sąlygato atjungimo paveiktų klientų skaičius;

$N_S$  - sistemos klientų skaičius (šiam tyrimui - Kauno regiono klientų skaičius).

Apskaičiuojamos J1 zonos su 11 šaka patikimumo charakteristikos:

$$f_{G11} = 7,485 + 2 \cdot 0,006 + 12 \cdot 0,02 + 77 \cdot 0,015 = 8,892 \text{ 1/metai};$$

$$T_{avid11} = \frac{4,585 \cdot 5 + 1,74 \cdot 6 + 1,16 \cdot 8 + 0,012 \cdot 14 + 0,24 \cdot 2 + 1,155 \cdot 2}{7,485 + 0,012 + 0,24 + 1,155} = 5,13 \text{ h};$$

$$P_{11} = \left(1 - \frac{8,892 \cdot 5,13}{8760}\right) \cdot 100 = 99,48 \%;$$

$$SAIFI_{11} = \frac{1499 \cdot 8,892}{331869} = 0,040 \text{ karto per metus klientui};$$

$$SAIDI_{11} = \frac{1499 \cdot 8,892 \cdot 5,13 \cdot 60}{331869} = 12,359 \text{ minučių per metus klientui};$$

Apskaičiuojamos J2 zonos su 21 šaka patikimumo charakteristikos:

$$f_{G21} = 2,35 + 1 \cdot 0,006 + 2 \cdot 0,02 + 20 \cdot 0,015 = 2,696 \text{ 1/metai};$$

$$T_{avid21} = \frac{1,277 \cdot 5 + 0,84 \cdot 6 + 0,233 \cdot 8 + 0,006 \cdot 14 + 0,04 \cdot 2 + 0,3 \cdot 2}{2,35 + 0,006 + 0,04 + 0,3} = 5,21 \text{ h};$$

$$P_{21} = \left(1 - \frac{2,696 \cdot 5,21}{8760}\right) \cdot 100 = 99,84 \%;$$

$$SAIFI_{21} = \frac{78 \cdot 2,696}{331869} = 0,001 \text{ karto per metus klientui};$$

$$SAIDI_{21} = \frac{78 \cdot 2,696 \cdot 5,21 \cdot 60}{331869} = 0,198 \text{ minutės per metus klientui};$$

Apskaičiuojamos J3 zonos su 31 šaka patikimumo charakteristikos:

$$f_{G31} = 3,39 + 1 \cdot 0,006 + 1 \cdot 0,02 + 20 \cdot 0,015 = 3,716 \text{ 1/metai};$$

$$T_{avid31} = \frac{1,529 \cdot 5 + 1,2 \cdot 6 + 0,66 \cdot 8 + 0,006 \cdot 14 + 0,02 \cdot 2 + 0,3 \cdot 2}{3,39 + 0,006 + 0,02 + 0,3} = 5,61 \text{ h};$$

$$P_{31} = \left(1 - \frac{3,716 \cdot 5,61}{8760}\right) \cdot 100 = 99,76 \%;$$

$$SAIFI_{31} = \frac{574 \cdot 3,716}{331869} = 0,006 \text{ karto per metus klientui};$$

$$SAIDI_{31} = \frac{574 \cdot 3,716 \cdot 5,61 \cdot 60}{331869} = 2,164 \text{ minutės per metus klientui};$$

Gauti zonų ir šakų patikimumo skaičiavimo rezultatai pateikti 4.6 lentelėje „Patikimumo skaičiavimo rezultatai“:

**4.6 lentelė.** Patikimumo skaičiavimo rezultatai

Zona ir šaka	Gedimų intensyvumas, 1/metai	Vidutinė atstatymo trukmė, h	Patikimumas, %	SAIFI	SAIDI
J1, 11	8,892	5,13	99,48	0,0402	12,359
J2, 21	2,696	5,21	99,84	0,0006	0,198
J3, 31	3,716	5,26	99,76	0,0064	2,164

Suradus kiekvienos šakos ir zonos patikimumo rodiklius galima įvertinti atskirų apkrovos taškų patikimumą. Kadangi tiriama schema yra spindulinė - apkrovos tašku galime laikyti visus klientus prijungtus prie atitinkamos zonos ir šakos. Prie zonos J1 su šaka 11 prijungta 847 klientų, prie zonos J2 su šaka 21 prijungta 78 klientų, prie zonos J3 su šaka 31 prijungta 574 klientų. Dėl gedimo J2 zonoje (21 šakoje) arba J3 zonoje (31 šakoje) klientai J1 zonoje nebus paveikti, dėl to J2 ir J3 zonų patikimumo rodikliai nesąlygoja prie J1 zonos prijungtų klientų patikimumo rodiklių. Tačiau, gedimui esant J1 zonoje (11 šakoje) atsijungs ir J2 bei J3 zonos. Dėl to, vertinant prie šių zonų prijungtų klientų patikimumo rodiklius būtina sudėti atitinkamų zonų gedimų intensyvumus. Gauti apkrovos taškų patikimumo rodikliai pateikti 4.7 lentelėje „Apkrovų patikimumo rodikliai“:

**4.7 lentelė.** Apkrovų patikimumo rodikliai

Apkrovos taškas	Gedimų intensyvumas, 1/metai	Vidutinė atstatymo trukmė, h	Patikimumas, %	SAIFI	SAIDI
A	8,892	5,13	99,48	0,0402	12,359
B	11,588	5,15	99,32	0,0027	0,841
C	12,608	5,27	99,24	0,0218	6,896

Iš 4.7 lentelės matoma, kad apkrovos taškas A per metus vidutiniškai gali turėti beveik 9 gedimus, vidutinė gedimo atstatymo trukmė 5,13 valandos, patikimumas - 99,48 procento. Apkrovos taškas B per metus vidutiniškai gali turėti 11-12 gedimų, vidutinė gedimo atstatymo trukmė 5,15 valandos, patikimumas - 99,32 procento. Apkrovos taškas C per metus vidutiniškai gali turėti 12-13 gedimų, vidutinė gedimo atstatymo trukmė 5,27 valandos, patikimumas - 99,24 procento. Iš gautų rodiklių matoma, kad nors zonos J2 ir J3 turi didesnę patikimumą už J1 zoną, tačiau prie jų prijungtų klientų patikimumas yra mažesnis, nes tik J1 zonos ir šakos 11 gedimai sąlygoja kitų zonų atjungimą.

### 4.3. Tiriamojo elektros tinklo teorinio patikimumo skaičiavimo palyginimas su 2018 metų patikimumo rodikliais

Turint tiriamojo elektros tinklo 2018 metų gedimų analizę bei patikimumo rodiklius ir apskaičiuotus teorinius patikimumo rodiklius galima juos palyginti. Lekėčių linijos L-300 Zapyškis praktiniai ir teoriniai patikimumo rodikliai pateikti 4.8 lentelėje „Patikimumo rodiklių palyginimas“:

4.8 lentelė. Patikimumo rodiklių palyginimas

Patikimumo rodikliai	Gedimų intensyvumas, 1/metai	Vidutinė atstatymo trukmė, h	Patikimumas, %	SAIFI	SAIDI
Teoriniai A apkrovai	8,892	5,13	99,48	0,0402	12,359
Teoriniai B apkrovai	11,588	5,15	99,32	0,0027	0,841
Teoriniai C apkrovai	12,608	5,27	99,24	0,0218	6,896
Praktiniai A apkrovai	10	0,84	99,90	0,0381	1,343
Praktiniai B apkrovai	10	0,84	99,90		
Praktiniai C apkrovai	11	0,86	99,89		

Tiriamoje linijoje 2018 metais įvyko 11 gedimų, iš kurių 10 paveikė A ir B apkrovos taško klientus, o 11 C apkrovos taško klientus. Remiantis 4.8 lentele matoma, kad gautas teorinis gedimų intensyvumas ir SAIFI yra panašus į praktinį 2018 metų gedimų intensyvumą ir SAIFI, tačiau kitos patikimumo charakteristikos (vidutinė atstatymo trukmė, patikimumas, SAIDI) neatitinka. Pagrindinė priežastis - vidutinė atstatymo trukmė, gauta iš literatūros šaltinių, neatitinka realių, šiuolaikinių vidutinio gedimo šalinimo laikų. Pavyzdžiui, mažiausias oro linijos gedimo vidutinis šalinimo laikas pagal naudotus šaltinius yra 5 valandos, tačiau realiai tokie gedimai pašalinami greičiau nei per 2 valandas nuo gedimo atsiradimo. Taip pat, neįvertinama, kad dalis atsijungimų yra trumpalaikiai ir suveikus automatiniai kartotiniui įjungimui dingsta, pavyzdžiui, nuo linijos nudegus šakai ar paukščiui - o tai dar labiau sumažina realią vidutinę atstatymo trukmę. Kadangi patikimumas ir SAIDI yra apskaičiuojamas naudojant vidutinę atstatymo trukmę - šie rodikliai išsikreipia.

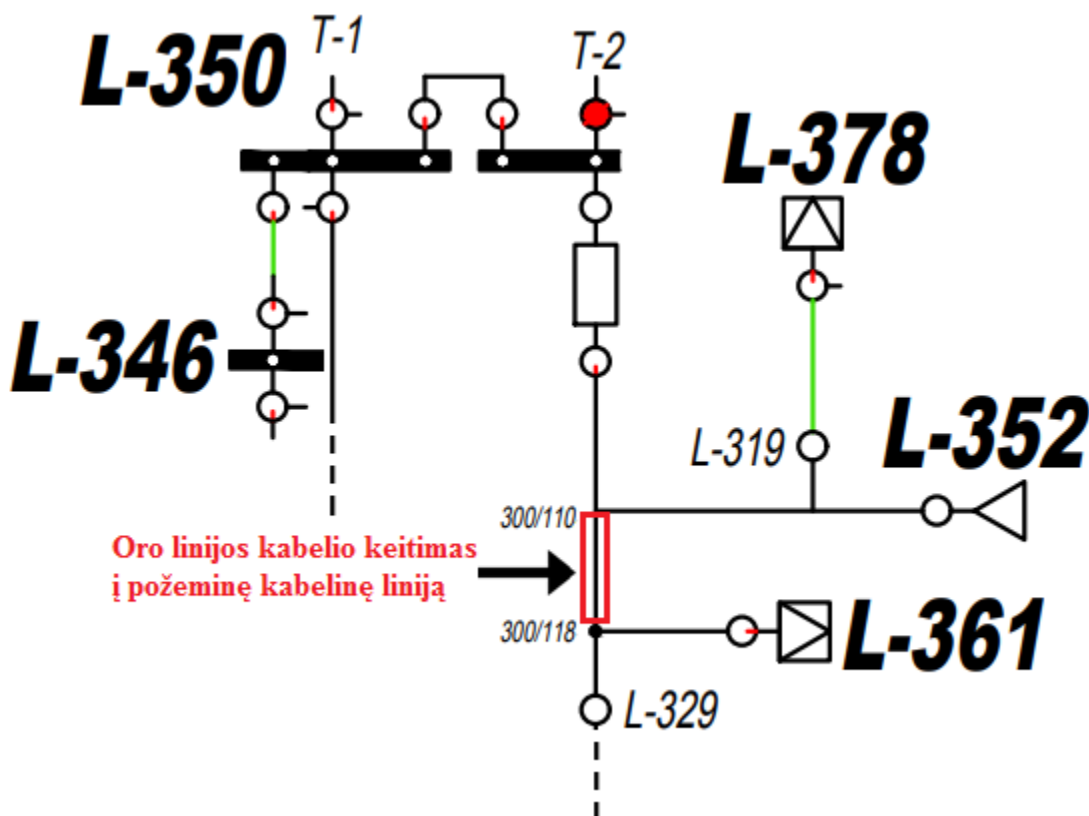
Atlikus tiriamojo elektros tinklo turimų praktinių patikimumo rodiklių ir apskaičiuotų teorinių patikimumo rodiklių palyginimą priimama išvada, kad teorinis spindulinio skirstomojo tinklo patikimumo skaičiavimas pasirinktu metodu yra netikslus dėl iš literatūros parinktų teorinių patikimumo charakteristikų nuokrypio nuo realių charakteristikų ir vertinant pritaikytų patikimumo gerinimo priemonių efektyvumą nebus naudojamas. Pritaikytų priemonių efektyvumas SAIDI ir SAIFI rodikliams pagerinti bus vertinamas pagal 2018 metų gedimus ir praktinius rodiklius.

#### 4.4. Patikimumo gerinimo priemonių pritaikymas tiriamajam elektros tinklui

Remiantis išvada, kad taikytinų priemonių efektyvumas SAIDI ir SAIFI rodikliams pagerinti bus vertinamas pagal 2018 metų gedimus ir praktinius rodiklius, priemonių parinkimas ir įvertinimas atliekamas naudojant 3 priedą „Lekėčių TP linijos L-300 Zapyškis 2018 metų gedimų vietos“.

Trečiame priede matoma, kad iš 11 gedimų tik vienas įvyko oro linijų jungtuvų saugomose zonose, dėl to, papildomų investicijų ar pokyčių šiose zonose ir šakose atlikti nėra pagrindo.

Pagrindinis dėmesys turi būti skiriamas magistralei, nes joje įvyko likę 10 gedimų iš kurių 3 įvyko toje pačioje atkarpoje tarp transformatorinės L-350 ir OLS L-329, tarp atramų 300/110 ir 300/118. Taigi, pirmiausiai svarbu sutvarkyti būtent šią atkarpą. Ši oro linijos atkarpa, kurios ilgis yra 800 metrų, nutiesta per tankų ir ilgametį mišką, 2014 metais buvo pakeista oro linijos kabeliu, tačiau tai nepadėjo, nes virstantys medžiai yra stambūs ir nutraukia oro kabelį arba ant jo pakimba ir linija turi būti atjungta siekiant saugiai juos pašalinti. Remiantis šia informacija, būtina šią atkarpą pakeisti į požeminę kabelinę liniją. Kaip aprašyta trečiame skyriuje „SAIDI ir SAIFI rodiklių gerinimo priemonių analizė“ kilometras oro linijos keitimo į požeminę kabelinę liniją kainuoja 35400 eurų, taigi, 800 metrų pakeitimas kainuos 28320 eurų. Šis tinklo pakeitimas 2018 metais būtų apsaugojęs liniją L-300 Zapyškis nuo 3 atsijungimų, kurie bendrai sąlygojo 0,01114 SAIFI rodiklio ir 0,2449 SAIDI rodiklio. Tinklo schemas dalis su siūlomu pokyčiu pažymėta raudonai ir pavaizduota 4.2 paveiksle:



4.2 pav. Keičiama magistralės atkarpa tarp atramų 300/110 ir 300/118

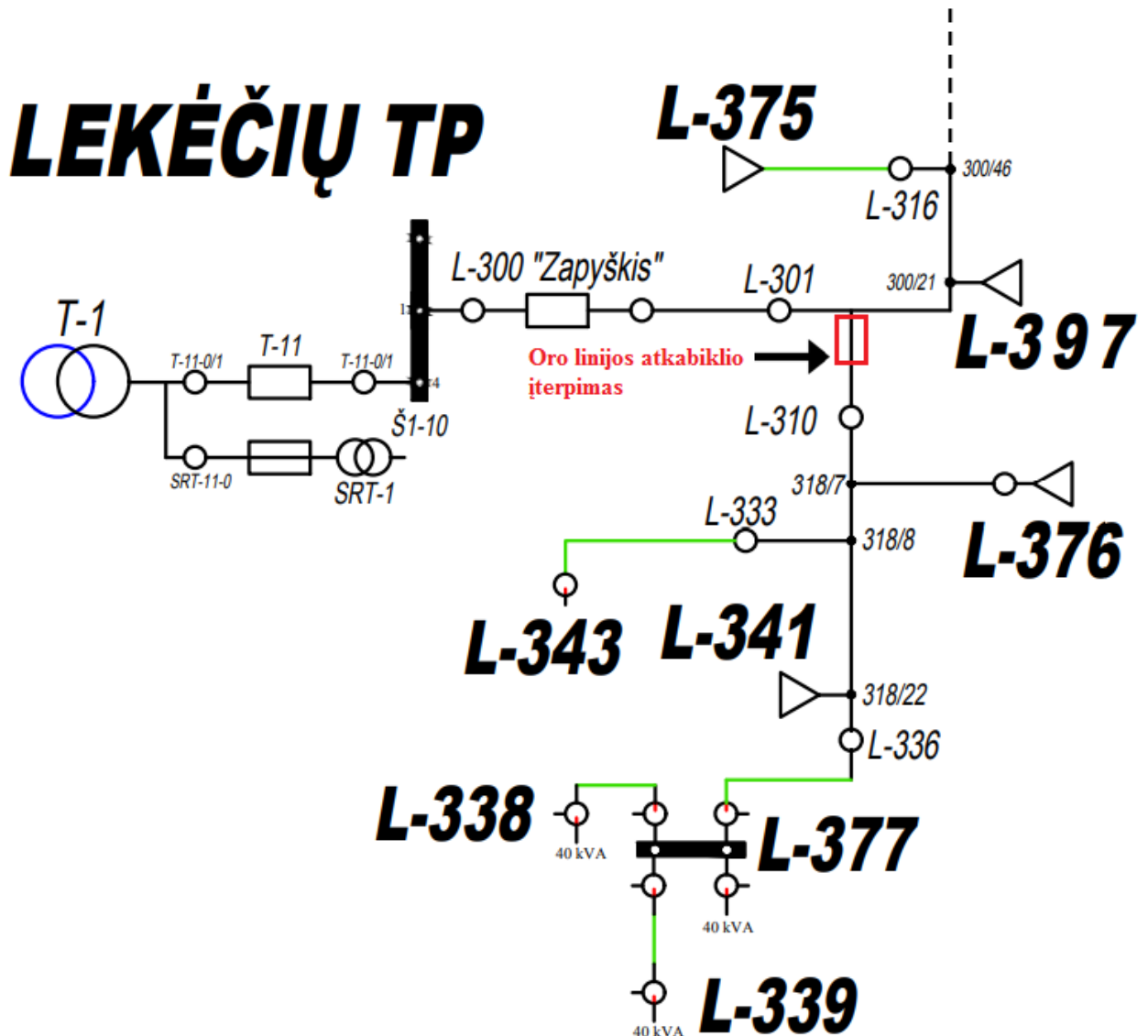
Vienas iš likusių 7 gedimų įvyko magistralės 318 atšakoje, ši 3,324 kilometro oro linijos ir 4,346 kabelinės linijos ilgio atšaka maitina 6 transformatorinės ir 35 klientus. Ši 7,670 kilometro atšaka yra santykinai ilga ir sudaro 12,2 procento visos linijos ilgio, įvertinant, kad daugiau nei pusė

atšakos yra oro linija, kurioje 2018 metais įvyko gedimas ją atskyrus kaip atskirą zoną nuo magistralės galima būtų padidinti linijos L-300 Zapyškis patikimumą. Tą geriausiai atlikti naudojant oro linijos atkabiklį su automatinio kartotinio įjungimo funkcija. Šio oro linijos atkabiklio įrengimo kaina būtų 8900 eurų. Atkabiklis būtų įrengiamas pirmoje atšakos 318/1 atramoje. Šis tinklo pakeitimas 2018 metais būtų apsaugojęs liniją L-300 Zapyškis nuo visos linijos atsijungimo ir būtų atsijungusi tik 318 atšaką su 35 klientais. Tai sąlygotų SAIFI ir SAIDI rodiklių:

$$SAIFI = \frac{1 \cdot 35}{331869} = 0,0001 \text{ karto per metus klientui}; \quad (4.7)$$

$$SAIDI = \frac{1 \cdot 35}{331869} = 0,0001 \text{ minutės per metus klientui}; \quad (4.8)$$

Taigi, rodikliai būtų sumažinti 0,00424 SAIFI ir 0,0042 SAIDI. Tinklo schemos dalis su siūlomu pokyčiu pažymėta raudonai ir pavaizduota 4.3 paveiksle:



4.3 pav. Oro linijos atkabiklis įterpiamas 318 atšakoje atramoje 318/1

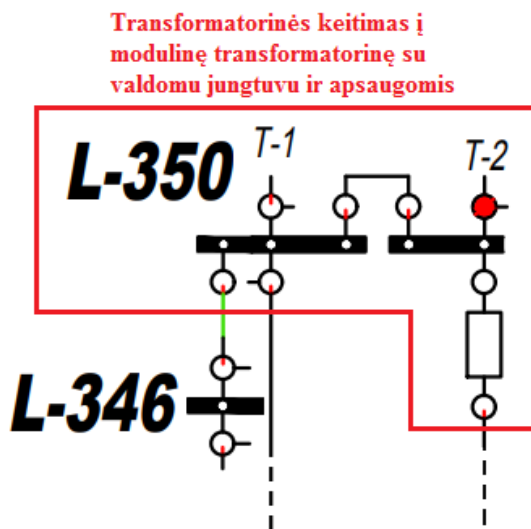
Likę 6 gedimai per 2018 metus įvyko pagrindinėje linijos magistralėje. Efektyviausias būdas pagerinti patikimumą būtų padalinti ilgą magistralę į dvi zonas, apsaugotas jungtuvų. Yra dvi galimybės - esamą L-350 transformatorinę keisti į naują modulinę transformatorinę su nuotoliniu būdu valdomais ir apsaugas turinčiais jungtuvais arba magistralėje įterpti oro linijos jungtuvą:

- keičiant transformatorinę, magistralė būtų padalinama į dvi zonas. Zona tarp Lekėčių transformatorių pastotės ir L-350 transformatorinės tiesiogiai maitintų 247 klientus, viso maitintų 1499 klientus, o zona už L-350 tiesiogiai maitintų 565 klientus, o kartu su zonomis už esamų oro linijų jungtuvų 1217 klientų. Toks padalinimas 7 gedimus paskirsto 4 iš jų būtų pirmoje zonoje, 2 antroje zonoje su (dviejų iš jų priežastis nebuvo nustatyta, dėl to priimta prielaida, kad jie pasiskirstę po 1 išskirtose zonose). Taigi, 4 gedimai pirmojoje zonoje kiekvieną kartą atjungtų visus 1499 klientus, o 2 gedimai antrojoje zonoje atjungtų 1217 klientų, taip būtų apsaugoti 282 klientai maitinami iš pirmos zonos;
- magistralėje įterpiant oro linijos jungtuvą, galima būtų parinkti tokią jo padėtį, kad klientų skaičius tarp išskirtų zonų būtų paskirstytas tolygiai, tačiau taip darant didėtų linijų ilgis ir įrenginių skaičius tiesiogiai prijungtas prie pirmos zonos, dėl to didėtų tikimybė, kad šioje zonoje įvyks gedimas, kurio metu maitinimo neteks visi 1499 klientai.

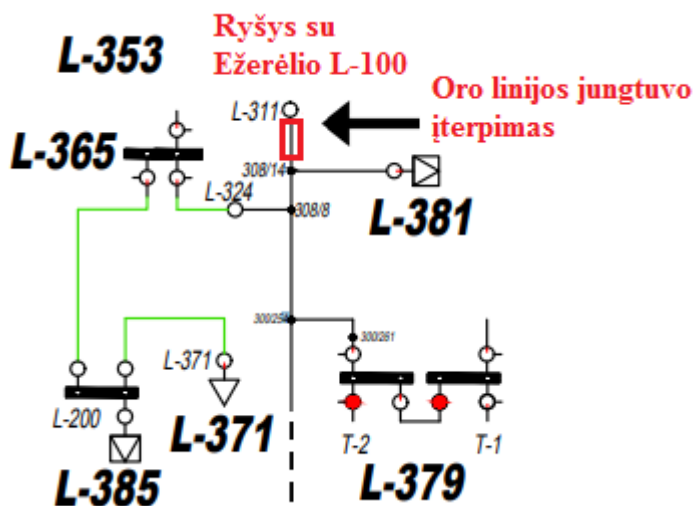
Atsižvelgiant į 2018 metais įvykusių gedimų įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams, šiuo atveju įrengti oro linijos jungtuvą toliau nei L-350 transformatorinė yra neefektyvu. Įvertinant kainų skirtumus, pakeisti seną transformatorinę į modulinę transformatorinę su vienu valdomu jungtuvu bei relinėmis apsaugomis būtų 10000 eurų brangiau nei įrengti oro linijos jungtuvą, tačiau tokiu būdu nepadidinamas komutacinių aparatų skaičius tinkle bei tuo pačiu yra atnaujinama sena transformatorinė su transformatoriais, galios skyrikliais ir nesandariu statiniu. Taigi, dalinti magistralę į dvi dalis efektyviau keičiant L-350 į modulinę transformatorinę. Tačiau, įtaka patikimumui būtų minimali, kadangi gedimas pirmojoje zonoje, neapsaugotoje naujai jungtuvo transformatorinėje, atjungtų visus 1499 klientus. Dėl to efektyviausia pagerinti tinklo patikimumą būtų ne tik padalinant magistralę į dvi dalis, bet ir sudarant galimybę antrą magistralės dalį nuotoliniu būdu arba automatiškai permaitinti iš kito tinklo. Tam tikslui pasiekti galima panaudoti save gydančio tinklo logiką. Įgyvendinti save gydančio tinklo logiką būtina turėti kitą nuotoliniu būdu valdomą jungtuvą normaliaame atskyrimo tarp Lekėčių linijos L-300 Zapyškis bei kito maitinimo tinklo. Linija L-300 turi 7 ryšius su kitais tinklais. Vieną ryšį su Kazlų Rūdos L-400, vieną ryšį su Ežerėlio L-100 ir vieną 5 ryšius su Ežerėlio L-500. Kazlų Rūdos L-400 linijos galas yra mažo pralaidumo ir per jį būtų neįmanoma permaitinti reikiamos Lekėčių L-300 dalies, Ežerėlio linijos L-100 ir L-500 turi galimybę atlaikyti papildomą apkrovą. Ežerėlio L-500 patenka tarp nepatikimiausių 2018 metų Kauno regiono linijų, dėl to parenkama linija L-100. Taigi, siekiant linijoje sukurti save gydančio tinklo logiką efektyviausia būtų įrengti oro linijos jungtuvą prieš oro linijos skyriklį OLS L-311 atramoje 308/14.

Save gydančio tinklo įrengimo kaina 110000 eurų - 50000 už oro linijos jungtuvą, 60000 už modulinę transformatorinę su vienu nuotoliniu būdu valdomu jungtuvu ir reline apsauga. Save gydančio tinklo logika į kainą neįeina, kadangi ši logika pritaikoma iš skirstomojo tinklo turimos valdymo sistemos, kuri suvaldo jungtuvus nuotoliniu būdu, dėl to, pačių jungtuvų papildomai konfigūruoti nereikia.

Tinklo schemos dalys su siūlomais pokyčiais siekiant sukurti save gydančio tinklo logiką pažymėtos raudonai ir pavaizduotos 4.4 ir 4.5 paveiksluose:



**4.4 pav.** L-350 transformatorinės keitimas į modulinę transformatorinę su valdomu jungtuvu ir apsaugomis



**4.5 pav.** Oro linijos jungtuvas įterpiamas atramoje 308/14

Įrengus save gydančio tinklo logiką Lekėčių linijoje likę 6 gedimai įvykę per 2018 metus sąlygotų mažesnę įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams:

- du gedimai įvykę naujoje zonoje už transformatorinės L-350 paveiktų 1217 klientų, tačiau 282 klientai esantys pirmoje zonoje tarp Lekėčių TP ir L-350 liktų nepaveikti. Tai sąlygotų SAIFI ir SAIDI rodiklių:

$$SAIFI = \frac{2 \cdot 1217}{331869} = 0,0073 \text{ karto per metus klientui}; \quad (4.9)$$

$$SAIDI = \frac{6 \cdot 1217 + 83 \cdot 1217}{331869} = 0,3264 \text{ minutės per metus klientui}; \quad (4.10)$$



Taigi, rodikliai būtų sumažinti 0,00174 SAIFI ir 0,1021 SAIDI;

- keturi gedimai įvykę pirmoje zonoje atjungtų Lekėčių L-300 Zapyškis linijini jungtuvą su visais 1499 klientais, tačiau sekundžių eilės greičiu atsijungtų transformatorinės L-350 linijinis jungtuvas L-OLS L-306 ir prisijungtų oro linijos jungtuvas prieš oro linijos skyriklį L-311. Po šių komutacijų gedimo vieta pirmojoje zonoje būtų išskirta ir likęs tinklas permaitintas nuo Ežerėlio L-100 linijos. SAIFI šiuo atveju, kadangi MAIFI neišskiriamas, liktų nepakitęs, kadangi visi klientai vis tiek būtų atjungti, tačiau kadangi tik 282 klientai liks atjungti visam gedimo šalinimo laikui, likę 1217 klientų bus permaitinti greičiau nei per minutę, dėl to SAIDI rodiklis bus pagerintas. Tai sąlygotų SAIDI rodiklio:

$$SAIDI = \frac{(33 + 2 + 218 + 104) \cdot 282}{331869} = 0,3034 \text{ minutės per metus klientui}; (4.11)$$

Taigi, SAIDI rodiklis būtų sumažintas 0,3588.

Įrengus save gydančio tinklo logiką Lekėčių linijoje iš viso SAIDI ir SAIFI rodikliai bus sumažinti 0,00174 SAIFI ir 0,4609 SAIDI.

Visi siūlomi Lekėčių L-300 Zapyškis linijos pakeitimai siekiant gerinti tinklo patikimumą ir jų sąlygotas rodiklių pokytis pagal 2018 metų gedimus pateiktas 4.9 lentelėje „Lekėčių L-300 Zapyškis linijos gerinimo priemonės“:

**4.9 lentelė.** Lekėčių L-300 Zapyškis linijos gerinimo priemonės

Patikimumo gerinimo priemonė	Kaina, eurais	SAIFI sumažintas	SAIDI sumažintas
Kabelinės oro linijos keitimas į požeminę kabelinę liniją atkarpoje tarp transformatorinės L-350 ir OLS L-329, tarp atramų 300/110 ir 300/118 (800 metrų)	28320	0,01114	0,2449
Oro linijos atkabiklio įrengimas 318 atšakoje, 318/1 atramoje	8900	0,00424	0,0042
Save gydančio tinklo įrengimas su L-350 keitimu į modulinę transformatorinę ir oro linijos jungtuvo įrengimas prieš oro linijos skyriklį OLS L-311 atramoje 308/14	110000	0,00174	0,4609
<b>Viso</b>	<b>147220</b>	<b>0,01712</b>	<b>0,7100</b>

Iš 4.9 lentelės matoma, kad įgyvendinus visas pasirinktas patikimumo rodiklių gerinimo priemones už 147220 eurų būtų sumažintas SAIFI rodiklis 0,01712, o SAIDI 0,71.

Lekėčių L-300 Zapyškis linijos patikimumo rodiklių palyginimas pagal 2018 metų gedimus lyginant rodiklius prieš ir po siūlomų pokyčių pateiktas 4.10 lentelėje „Lekėčių L-300 Zapyškis linijos patikimumo rodiklių palyginimas“:

**4.10 lentelė.** Lekėčių L-300 Zapyškis linijos patikimumo rodiklių palyginimas

Tinklo konfigūracija ir rodikliai	Gedimų skaičius	SAIFI	SAIDI	SAIFI, %	SAIDI, %
2018 metų Lekėčių L-300 Zapyškis schema ir praktiniai rodikliai	11	0,0381	1,343	2,06	1,37
Lekėčių L-300 Zapyškis schema su pasiūlytais pakeitimais ir rodiklių pokytis	3	0,0171	0,710	0,93	0,72
Lekėčių L-300 Zapyškis schema su pasiūlytais pakeitimais ir teoriniai rodikliai	8	0,0210	0,633	1,13	0,65
<b>Linijos rodiklis pagerintas</b>	<b>27,3 %</b>	<b>44,9 %</b>	<b>52,9 %</b>		

Remiantis 4.10 lentele, matoma, kad įgyvendinus siūlomas patikimumo rodiklių gerinimo priemones, pagal 2018 metų gedimus, Lekėčių L-300 Zapyškis linijos SAIFI pagerėtų 44,9 procento, o SAIDI 52,9 procento į tinklą investavus 147220 eurų.

**4.5. Pasirinktų tinklo patikimumo gerinimo priemonių investicijų siekiant pagerinti SAIDI ir SAIFI rodiklius įvertinimas**

Nustačius efektyviausią priemonių rinkinį gerinti tinklo patikimumo rodiklius reikia nustatyti galimą atskirų priemonių ir jų rinkinio panaudojimo kainą siekiant pagerinti vieną procentą SAIDI ir SAIFI rodiklio. Apskaičiuotos santykinės patikimumo rodiklių kainos pateiktos 4.11 lentelėje „Santykinės patikimumo gerinimo priemonių kainos“:

**4.11 lentelė.** Santykinės patikimumo gerinimo priemonių kainos

Patikimumo gerinimo priemonė	Kaina, eurai	SAIFI sumažintas, %	SAIDI sumažintas, %	Kaina už 1% SAIFI pagerinimą, eurai	Kaina už 1% SAIDI pagerinimą, eurai
Kabelinės oro linijos keitimas į požeminę kabelinę liniją atkarpoje tarp transformatorinės L-350 ir OLS L-329, tarp atramų 300/110 ir 300/118 (800 metrų)	28320	0,60	0,25	47200	113280
Oro linijos atkabiklio įrengimas 318 atšakoje, 318/1 atramoje	8900	0,23	0,004	38696	2225000
Save gydančio tinklo įrengimas su L-350 keitimu į modulinę transformatorinę ir oro linijos jungtuvo įrengimas prieš oro linijos skyriklį OLS L-311 atramoje 308/14	110000	0,10	0,47	1100000	234043
<b>Viso</b>	<b>147220</b>	<b>0,93</b>	<b>0,72</b>	<b>158301</b>	<b>204472</b>

Iš 4.11 lentelės matoma, kad visos panaudotos priemonės ekonominio efektyvumo atžvilgiu nėra universalios tiek SAIDI, tiek SAIFI rodiklių gerinimui. Save gydančio tinklo logika efektyviai

gali sumažinti SAIDI rodiklio 1 procentą už 234 tūkstančius eurų, tačiau SAIFI rodiklio efektyviai nepagerina, kadangi ši priemonė nesumažina nei atsijungimų skaičiaus, nei atjungtų klientų skaičiaus tinkle - šios priemonės tikslas greitai permaitinti dalį paveiktų klientų. Oro linijos atkabiklio įrengimas turi atvirkščią efektyvumo įtaką stebimiems rodikliams - efektyviai gali sumažinti 1 procentą SAIFI rodiklio už 39 tūkstančius eurų, kadangi atkabiklis sumažina paveikiamų klientų skaičių. Oro linijos keitimas į požeminę kabelinę liniją, pagal 4.11 lentelę, yra labai efektyvi priemonė tiek SAIDI, tiek SAIFI rodiklių gerinimui, kadangi sumažina gedimų skaičių tinkle, tačiau svarbu pabrėžti, kad priemonė efektyviai gali būti panaudojama tik nepatikimiausioms tinklo dalims pakeisti ir efektyvumas būtų prarastas keičiant ilgas tinklo dalis dėl didelės kainos priklausančios nuo ilgio. Tas pats galioja ir kitoms priemonėms - vienoje linijoje efektyviai galima panaudoti labai ribotą tos pačios priemonės kiekį (iki kelių oro linijos atkabiklių, ne daugiau nei vieną save gydančio tinklo logiką ir t.t.), dėl to, siekiant efektyviai investuoti į skirstomojo tinklo patikimumą vienoje linijoje būtina kompleksiskai pritaikyti kuo daugiau skirtingų patikimumo gerinimo priemonių. Vertinant šį efektyvumą, pilnai atskirti investicijas už SAIDI gerinimą nuo investicijų už SAIFI gerinimą sudėtinga, nes priklausomai nuo kiekvieno tinklo specifikos, investicija SAIDI gerinimui pagerina ir SAIFI bei atvirkščiai. Priėmus prielaidą, kad SAIDI gerinimui reikalingos investicijos dažniausiai bus santykinai didesnės už SAIFI, priimama išvada, kad efektyviai pagerinti procentą SAIDI ir SAIFI galima į tinklą investuojant 205 tūkstančius eurų. Vertinant šią išvadą svarbu atsižvelgti, kad pasirinktos ir pritaikytos priemonės buvo blogiausioje Kauno regiono linijoje, dėl to tokiu pačiu metodu taikant šias ar kitas priemones kitoms linijoms, tikėtina, kad reikalingos investicijos, siekiant pagerinti procentui patikimumo rodiklių, didės.

Remiantis priimta išvada, galima įvertinti Kauno regionui reikalingų investicijų minimalią sumą siekiant įgyvendinti Lietuvos energijos „LE 2030“ strategijoje iškeltą tikslą iki 2030 metų sumažinti SAIDI ir SAIFI rodiklį 2 kartus. Šiam tikslui įgyvendinti Kauno regionui iki 2030 metų reikėtų į tinklą papildomai investuoti ne mažiau 10,25 milijono eurų. Realiai reikalinga suma yra didesnė, kadangi investicijos kiekvienam procentui pagerinti auga bei vidutinis tinklo amžius Lietuvoje didėja ir tam atsverti reikalingos dar didesnės papildomos investicijos.

## Išvados

1. Skirstomojo tinklo tiekiamos elektros energijos patikimumas priklauso nuo tinklo schemos, priežiūros kokybės, įrenginių tipo, būklės, amžiaus ir aplinkos sąlygų.
2. Pagrindiniai Lietuvos skirstomojo elektros tinklo patikimumo vertinamo rodikliai yra SAIDI ir SAIFI. Tai yra tarptautiniai standartai - kuriuos sukūrė Elektros elektronikos inžinierių institutas (IEEE) [6] bei ENS.
3. Kauno regione 2018 metais buvo 5532 gedimai, kurie sąlygojo 1,847 SAIFI ir 98,031 SAIDI rodiklių. Žemos įtampos gedimai sudaro 73,7 procentus visų gedimų, tačiau tik 11,1 procentų SAIFI ir 13,5 procentų SAIDI rodiklio. 10 kV gedimai sudaro 26,2 procentus visų gedimų, tačiau siekia 84,8 procentus SAIFI rodiklio ir 82,2 procentus SAIDI rodiklio. Pagal gedimo vietą didžiausia dalis gedimų skirstomajame tinkle įvyksta oro linijose - 70,4 procento. Gedimų kiekis kabelinėse linijose yra 16,8 procento, transformatorinėse - 7,9 procento, kitose vietose - 4,7 procento.
4. Nustatytos Kauno regione 2018 metais didžiausią įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams turėjusios aštuonios 10 kV oro linijos, kurios SAIDI ir SAIFI rodikliams sudarė 10,32 procento viso Kauno regiono 2018 SAIDI rodiklio ir 8,93 procento SAIFI rodiklio, turint 58 atsijungimus - 1,15 procento visų gedimų.
5. Kauno regiono linijai Lekėčių L-300 Zapyškis, turinčiai didžiausią įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams, paskaičiuojamas praktinis ir teorinis patikimumas naudojant spindulinio skirstomojo tinklo zonų ir šakų metodą. Tiriamoje linijoje 2018 metais įvyko 11 gedimų, kurie sąlygojo 0,0381 SAIFI rodiklio. Gautas teorinis gedimų intensyvumas - 11,6 ir SAIFI - 0,0402, yra panašūs į praktinius rodiklius, tačiau kitos patikimumo charakteristikos (vidutinė atstatymo trukmė, patikimumas, SAIDI) neatitinka. Pagrindinė priežastis - vidutinė atstatymo trukmė, gauta iš literatūros šaltinių, neatitinka realių, šiuolaikinių vidutinio gedimo šalinimo laikų ir neįvertinama, kad dalis atsijungimų yra trumpalaikiai ir suveikus automatiniai kartotiniui įjungimui dingsta. Dėl to, pritaikytų priemonių efektyvumas SAIDI ir SAIFI rodikliams pagerinti vertinamas pagal 2018 metų gedimus ir praktinius rodiklius.
6. Kauno regiono linijai Lekėčių L-300 Zapyškis pritaikomos 3 analizuotos patikimumo gerinimo priemonės - kabelinės oro linijos keitimas į požeminę kabelinę liniją atkarpoje tarp transformatorinės L-350 ir OLS L-329, tarp atramų 300/110 ir 300/118 (800 metrų), oro linijos atkabiklio įrengimas 318 atšakoje, 318/1 atramoje bei save gydančio tinklo įrengimas su L-350 keitimu į modulinę transformatorinę ir oro linijos jungtuvo įrengimas prieš oro linijos skyriklį OLS L-311 atramoje 308/14.
7. Kauno regiono linijai Lekėčių L-300 Zapyškis pritaikius parinktas 3 patikimumo gerinimo priemonės linijos SAIFI pagerėtų 44,9 procento, o SAIDI 52,9 procento už 147220 eurų.
8. Siekiant efektyviai investuoti į skirstomojo tinklo patikimumą vienoje linijoje būtina kompleksiskai pritaikyti kuo daugiau skirtingų patikimumo gerinimo priemonių. Taikant tokią metodiką pagerinti procentą SAIDI ir SAIFI galima į skirstomąjį tinklą investuojant 205 tūkstančius eurų.

### Literatūros sąrašas

1. „Energijos skirstymo operatoriaus“ strategija „ESO 2030“. Vilnius. 2019.
2. „Lietuvos energijos“ strategija „LE 2030“. Vilnius. 2018.
3. Navickas A. *ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ PATIKIMUMAS*. Kaunas. Technologija. 2007.
4. Ahmed E.B. Abu-Elanien, M.M.A. Salama, Khaled B. Shaban *MODERN NETWORK RECONFIGURATION TECHNIQUES FOR SERVICE RESTORATION IN DISTRIBUTION SYSTEMS: A STEP TO A SMARTER GRID*. Alexandria. Alexandria Engineering Journal. 2017.
5. Yeddanapudi, Sree. *DISTRIBUTION SYSTEM RELIABILITY EVALUATION*". Iowa. Iowa State University. 2011.
6. SAIDI and SAIFI indices guiding towards more reliable distribution network [interaktyvus] [žiūrėta 2019 sausio 20 d.] prieiga per internetą: <https://www.ensto.com/company/newsroom/articles/saidi-and-saifi-indices-guiding-towards-more-reliable-distribution-network/>
7. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija *LIETUVOS ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMOS PATIKIMUMO ĮVERTINIMO ATASKAITA UŽ 2016 METUS*. Vilnius. 2017.
8. „Energijos skirstymo operatoriaus“ „2018-2027 m. Investicijų planas“. Vilnius. 2017.
9. ESO 2018 m. rezultatai: istorinės investicijos, spartesnis gedimų šalinimas ir veiklos išgryninimas [interaktyvus] [žiūrėta 2019 vasario 24 d.] prieiga per internetą: <https://www.eso.lt/lt/ziniasklaida/2018-m.-rezultatai-istorines-investicijos-spartesnis-gedimu-tc98.html>
10. Lietuvos žemėlapis [interaktyvus] [žiūrėta 2019 sausio 10 d.] prieiga per internetą: <https://lt.maps-lithuania.com/lietuvos-%C5%BEem%C4%97lapis-vektorius>
11. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija *LIETUVOS ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMOS PATIKIMUMO ĮVERTINIMO ATASKAITA UŽ 2017 METUS*. Vilnius. 2018.
12. Lietuvos Respublikos energetikos ministerija *TIEKIMO SAUGUMAS LIETUVOS ELEKTROS ENERGIJOS RINKOJE. MONITORINGO ATASKAITA*. Vilnius. 2012.
13. Brian J. Pierre and Bryan Arguello *INVESTMENT OPTIMIZATION TO IMPROVE POWER DISTRIBUTION SYSTEM RELIABILITY METRICS*. Albuquerkė. 2018.
14. G.D. Ferreira, A.S. Bretas *A NON BINARY PROGRAMMING MODEL FOR ELECTRIC DISTRIBUTION SYSTEMS RELIABILITY OPTIMIZATION*. Rio Grande do Sulas. 2012

15. H. Zhenga, Y. Chenga, B. Goub, D. Frankc, A. Bernc, W.E. Muston *IMPACT OF AUTOMATIC SWITCHES ON POWER DISTRIBUTION SYSTEM RELIABILITY*. Arlingtonas. 2012.
16. Pavel Markovskii, Alexei Merkushev *INVESTIGATING INTO HIGH VOLTAGE NETWORK RELIABILITY PREDICTIVE CALCUALTION*. Peterburgas. 2018.
17. Mirosław Kornatka *DISTRIBUTION OF SAIDI AND SAIFI INDICES AND THE SATURATION OF THE MV NETWORK WITH REMOTELY CONTROLLED SWITCHES*. Čenstakavas. 2017.
18. Juan Camilo López, Marina Lavorato, Marcos J. Rider *OPTIMAL RECONFIGURATION OF ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEMS CONSIDERING RELIABILITY INDICES IMPROVEMENT*. Limeira. 2015.
19. Alberto Escaleraa, Barry Hayesa, Milan Prodanovića *A SURVEY OF RELIABILITY ASSESSMENT TECHNIQUES FOR MODERN DISTRIBUTION NETWORKS*. Madridas. 2017.
20. Marko Kruithof, John Hodemaekers, Rob Van Dijk *QUANTITAVE RISK ASSESSMENT; A KEY TO COST-EFFECTIVE SAIFI AND SAIDI REDUCTION*. Amsterdamas. 2005.

**Priedai**

1. Įrenginių ir darbų kaštai
2. Brėžinys „Lekėčių TP linijos L-300 Zapyškis schema“
3. Brėžinys „Lekėčių TP linijos L-300 Zapyškis 2018 metų gedimų vietos“

**1 Priedas. Įrenginių ir darbų kaštai**

<b>Įrenginys ir/arba darbai</b>	<b>Vienetas</b>	<b>Kaina su PVM už vieneta</b>
10 kV oro linijos keitimas į kabelinę liniją (medžiagos, projektavimas ir darbai)	Kilometras	35400 Eu
10 kV oro linijos keitimas į oro kabelinę liniją (medžiagos, projektavimas ir darbai)	Kilometras	15200 Eu
10 kV oro linijos keitimas (medžiagos, projektavimas ir darbai)	Kilometras	12700 Eu
Oro linijų trasų valymas	Kilometras	4000 Eu
Oro linijos jungtuvo įrengimas (medžiagos, projektavimas ir darbai)	Komplektas	50000 Eu
Oro linijos atkabiklio įrengimas (medžiagos, projektavimas ir darbai)	Komplektas	8900 Eu
Modulinės transformatorinės įterpimas į liniją (medžiagos, projektavimas ir darbai)	Komplektas	18000 Eu





