



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTOS IR ELEKTORNIKOS FAKULTETAS**

Jurgita Paltanavičiūtė

**INVESTICIJŲ ĮTAKOS ELEKTROS SKIRSTOMOJO TINKLO
PATIKIMUMUI TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Audrius Jonaitis

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA

**INVESTICIJŲ ĮTAKOS ELEKTROS SKIRSTOMOJO TINKLO
PATIKIMUMUI TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas
Elektros energetikos sistemos (kodas 621H63005)

Vadovas

Doc. dr. Audrius Jonaitis

Recenzentas

Doc. Dr. Inga Konstantinavičiūtė

Projektą atliko

Jurgita Paltanavičiūtė

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir Elektronikos

(Fakultetas)

Jurgita Paltanavičiūtė

(Studento vardas, pavardė)

Elektros energetikos sistemos, 621H63005

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Investicijų įtakos elektros skirstomojo tinklo patikimumui tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 16 m. gegužės 23 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Jurgitos Paltanavičiūtės** baigiamasis projektas tema „Investicijų įtakos elektros skirstomojo tinklo patikimumui tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o 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.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Paltanavičiūtė Jurgita. Investicijų įtakos elektros skirstomojo tinklo patikimumui tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Audrius Jonaitis; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra.

Kaunas, 2016. 52 psl.

SANTRAUKA

Didžioji dalis skirstomojo elektros tinklo Lietuvoje pastatyta prieš 40–50 metų, todėl yra nemažai susidėvėjusių ir nesaugių įrenginių, kuriuos būtina keisti, norint užtikrinti patikimą ir kokybišką elektros energijos tiekimą vartotojams. Tam reikalingos didelės investicijos į skirstomąjį elektros tinklą, kurios gali pagerinti patikimumo rodiklius, užtikrinti kad tinklas būtų saugus, patikimas ir atsparus ekstremaliems gamtos reiškiniams.

Tiriamajame darbe apžvelgiami elektros skirstomųjų tinklų plėtros bei investicijų tikslai ir uždaviniai, investicijų programos, elektros energijos persiuntimo nutraukimo priežastys. Analizuojamas investicijų paskirstymas Kauno regione. Atliekama 2014–2015 m. neplaninių įvykių bei pagrindinių elektros skirstomojo tinklo patikimumo rodiklių SAIFI ir SAIDI grafinė analizė ir palyginimas. Skaičiuojami nuostoliai, patiriami dėl nepateiktos elektros energijos vartotojui. Atliekamas investicijų ekonominis vertinimas, tiriama investicijų įtaka SAIFI ir SAIDI rodikliams.

Reikšminiai žodžiai: skirstomasis elektros tinklas, patikimumas, investicijos, plėtra, SAIFI, SAIDI.

Paltanavičiūtė Jurgita. Analysis of Investments Influence on the Reliability of Electric Power Distribution Network. Final project of master's/ supervisor doc. dr. Audrius Jonaitis; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electric Power Systems.

Kaunas, 2016. 52 p.

SUMMARY

Most of the electricity distribution sector in Lithuania is built before 40 or 50 years, so there are many obsolete and unsafe devices, which must be changed in order to ensure a reliable and quality electric power supply to consumers. This requires large investments in the electric power distribution network, which can improve reliability indicators, ensure that the network would be safe, reliable and resistant to force majeure.

In this research work review development aims and tasks of electric power distribution network, investments programs, interruptions causes of electric power supply. Analyzing allocation of investments in Kaunas region. Graphically analyzing and comparing the period of 2014-2015 unplanned breakdowns and the main electricity distribution network reliability indicators SAIFI and SAIDI. Counting outage cost for interruptions of electric power supply to consumers. Doing an economic assessment of investments, analyzing the influence of investments to SAIFI and SAIDI indicators.

Keywords: electric power distribution network, reliability, investments, development, SAIFI, SAIDI.

TURINYS

| | |
|--|----|
| PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS..... | 7 |
| LENTELIŲ SĄRAŠAS..... | 8 |
| SANTRUMPOS..... | 9 |
| ĮVADAS..... | 10 |
| 1. SKIRSTOMŲJŲ ELEKTROS TINKLŲ PLĖTROS BEI INVESTICIJŲ PLANAVIMAS | 12 |
| 1.1 Skirstomųjų elektros tinklų plėtros bei investicijų tikslai..... | 13 |
| 1.2 Skirstomųjų elektros tinklų plėtros bei investicijų uždaviniai..... | 14 |
| 1.3 Investicijų programos | 15 |
| 1.3.1 Klimato reiškiniams atsparaus tinklo kūrimo programa..... | 15 |
| 1.3.2 Saugumo ir patikimumo užtikrinimo programa..... | 16 |
| 1.3.3 Įtampos kokybės programa..... | 16 |
| 1.3.4 Išmanaus tinklo programa..... | 17 |
| 2. SKIRSTOMOJO ELEKTROS TINKLO PATIKIMUMO RODIKLIAI..... | 19 |
| 2.1 Elektros tinklo patikimumas | 19 |
| 2.2 Patikimumo kokybės reikalavimai skirstomųjų tinklų operatoriams | 20 |
| 2.3 Elektros energijos persiuntimo nutrūkimo priežasčių priskyrimas | 21 |
| 3. KAUNO REGIONO ELEKTROS SKIRSTOMOJO TINKLO INVESTICIJŲ IR PATIKIMUMO RODIKLIŲ PALYGINIMAS BEI ANALIZĖ | 25 |
| 3.1 Elektros skirstomojo tinklo investicijos..... | 25 |
| 3.2 Kauno regiono skirstomojo elektros tinklo neplaninių įvykių pasiskirstymas ir palyginimas..... | 27 |
| 3.3 Kauno regiono skirstomojo elektros tinklo SAIFI, SAIDI rodiklių pasiskirstymas ir palyginimas..... | 36 |
| 4. EKONOMINIS VERTINIMAS | 46 |
| 4.1 Investicijų ekonominis vertinimas..... | 46 |
| 4.2 Investicijų įtaka SAIFI ir SAIDI rodikliams | 48 |
| IŠVADOS..... | 50 |
| LITERATŪRA..... | 51 |

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

- 3.1 pav. Investicijos į Kauno regiono elektros skirstomąjį tinklą 2013–2015 m.
- 3.2 pav. Detalesnis grafinis investicijų pasiskirstymas Kauno regione.
- 3.3 pav. 2014m neplaninių įvykių pasiskirstymas pagal įtampas.
- 3.4 pav. 2015m neplaninių įvykių pasiskirstymas pagal įtampas.
- 3.5 pav. 2014m 0,4 kV neplaninių įvykių pasiskirstymas pagal įrenginių grupes.
- 3.6 pav. 2015m 0,4 kV neplaninių įvykių pasiskirstymas pagal įrenginių grupes.
- 3.7 pav. 2014m 10 kV neplaninių įvykių pasiskirstymas pagal įrenginių grupes.
- 3.8 pav. 2015m 10 kV neplaninių įvykių pasiskirstymas pagal įrenginių grupes.
- 3.9 pav. 2014 m. 0,4 kV ir 10 kV neplaninių įvykių įrenginių grupėse pasiskirstymas pagal priežastis, % ir vienetais.
- 3.10 pav. 2015 m. 0,4 kV ir 10 kV neplaninių įvykių įrenginių grupėse pasiskirstymas pagal priežastis, % ir vienetais.
- 3.11 pav. 2014 ir 2015 m. neplaninių įvykių palyginimas pagal įtampas.
- 3.12 pav. 2014 ir 2015 m. 0,4 kV neplaninių įvykių įrenginių grupėse palyginimas.
- 3.13 pav. 2014 ir 2015 m. 10 kV neplaninių įvykių įrenginių grupėse palyginimas.
- 3.14 pav. 2014 ir 2015 m. 0,4 kV neplaninių įvykių dėl „*force majeure*“ palyginimas.
- 3.15 pav. 2014 ir 2015 m. 0,4 kV neplaninių įvykių dėl išorinio poveikio palyginimas.
- 3.16 pav. 2014 ir 2015 m. 0,4 kV neplaninių įvykių dėl operatoriaus atsakomybės palyginimas.
- 3.17 pav. 2014 ir 2015 m. 0,4 kV neplaninių įvykių dėl nenustatytų priežasčių palyginimas.
- 3.18 pav. 2014 ir 2015 m. 10 kV neplaninių įvykių dėl „*force majeure*“ palyginimas.
- 3.19 pav. 2014 ir 2015 m. 10 kV neplaninių įvykių dėl išorinio poveikio palyginimas.
- 3.20 pav. 2014 ir 2015 m. 10 kV neplaninių įvykių dėl operatoriaus atsakomybės palyginimas.
- 3.21 pav. 2014 ir 2015 m. 10 kV neplaninių įvykių dėl nenustatytų priežasčių palyginimas.
- 3.22 pav. 2014m SAIFI pasiskirstymas pagal įtampas.
- 3.23 pav. 2015m SAIFI pasiskirstymas pagal įtampas.
- 3.24 pav. 2014m SAIDI pasiskirstymas pagal įtampas.
- 3.25 pav. 2015m SAIDI pasiskirstymas pagal įtampas.
- 3.26 pav. 2014 m. SAIFI pasiskirstymas pagal priežastis, % ir kartais.
- 3.27 pav. 2015 m. SAIFI pasiskirstymas pagal priežastis, % ir kartais.
- 3.28 pav. 2014 m. SAIDI pasiskirstymas pagal priežastis, % ir kartais.
- 3.29 pav. 2015 m. SAIDI pasiskirstymas pagal priežastis, % ir kartais.
- 3.30 pav. 2014 ir 2015 m. SAIFI palyginimas skirtingos įtampos tinkluose.
- 3.31 pav. 2014 ir 2015 m. SAIDI palyginimas pagal įtampas.

- 3.32 pav. 2014 ir 2015 m. SAIFI rodiklių dėl „*force majeure*“ palyginimas.
- 3.33 pav. 2014 ir 2015 m. SAIFI rodiklių dėl išorinio poveikio palyginimas.
- 3.34 pav. 2014 ir 2015 m. SAIFI rodiklių dėl operatoriaus atsakomybės palyginimas.
- 3.35 pav. 2014 ir 2015 m. SAIFI rodiklių dėl nenustatytų priežasčių palyginimas.
- 3.36 pav. 2014 ir 2015 m. SAIDI rodiklių dėl „*force majeure*“ palyginimas.
- 3.37 pav. 2014 ir 2015 m. SAIDI rodiklių dėl išorinio poveikio palyginimas.
- 3.38 pav. 2014 ir 2015 m. SAIDI rodiklių dėl operatoriaus atsakomybės palyginimas.
- 3.39 pav. 2014 ir 2015 m. SAIDI rodiklių dėl nenustatytų priežasčių palyginimas.
- 4.1 pav. Nepatiekta elektros energija dėl neplaninių įvykių Kauno regione.
- 4.2 pav. Dėl nepateiktos elektros energijos patirtų nuostolių palyginimas.
- 4.3 pav. Prognozuojamas SAIFI ir SAIDI rodiklių kitimas Kauno regione.

LENTELIŲ SĄRAŠAS

- 2.1 lentelė. Pagrindinės gedimų priežastys pagal skirtingas įrenginių grupes.
- 3.1 lentelė. Investicijos, skirtos Kauno regiono elektros skirstomajam tinklui 2013–2015 m.
- 3.2 lentelė. Detalesnis investicijų pasiskirstymas Kauno regione.
- 3.3 lentelė. 0,4–10kV elektros tinklo neplaninių įvykių pasiskirstymas pagal įtampas, įrenginių grupes ir priežastis.
- 3.4 lentelė. 0,4–10 kV elektros tinklo SAIFI, SAIDI pasiskirstymas pagal įtampas ir priežastis.
- 4.1 lentelė. 2014 m. investicijos, skirtos Kauno regiono elektros skirstomajam tinklui.
- 4.2 lentelė. Nepatiekta elektros energija dėl neplaninių įvykių Kauno regione.
- 4.3 lentelė. Finansiniai nuostoliai, patirti dėl nepateiktos energijos.
- 4.4 lentelė. 2014 m. investicijų ekonominė nauda, vertinant patirtus nuostolius dėl nepateiktos elektros energijos.
- 4.5 lentelė. Prognozuojami SAIFI ir SAIDI rodikliai.

SANTRUMPOS

DMS – (angl. *distribution management system*) dispečerinio centro ir skirstomojo tinklo valdymo sistema.

EĪT – Elektros įrenginių įrengimo taisyklės.

EL – Elektros linija.

EN – Europos standartas.

FM – „*force majeure*“ (nenugalima jėga).

HD – darninamasis dokumentas.

IEC – (angl. *International Electrotechnical Commission*) tarptautinė elektrotechnikos komisija.

IP – išorinis poveikis.

KL – Kabelių linija.

LST – Lietuvos standartas.

NP – nenustatytos priežastys.

OA – operatoriaus atsakomybė.

OKL – oro kabelių linija.

OL – oro linija.

OLI – oro linija izoliuotais laidais.

OPEX – remontiniai kaštai.

SAIDI – (angl. *system average interruption duration index*) – sistemos ilgų nutraukimų vidutinės trukmės rodiklis.

SAIFI – (angl. *system average interruption frequency index*) – sistemos ilgų nutraukimų vidutinio dažnumo rodiklis

TET – Elektrinių ir elektros tinklų eksploatavimo taisyklės.

TP – transformatorių pastotė.

TR – transformatorinė.

IVADAS

Elektros tiekimo optimizavimas šiais laikais privalomas, nes efektyvus energijos naudojimas būtinas ir elektros energijos skirstymo įmonių eksploatavimo modeliai yra griežtesni, kalbant apie tiekimo kokybės ir elektros verslo pelningumą. Tokia situacija plečią mokslinių tyrimų sritį dėl elektros skirstomųjų tinklų, pavyzdžiui, kuriant optimalią vietą automatiniams įtampos reguliatoriams, taikant naujus metodus tinklo pertvarkymui ar rekonstrukcijoms [1].

Didžioji dalis skirstomųjų tinklų savininkų ir operatorių išreiškia poreikį didelėms investicijoms. Iš dalies tai sąlygoja turto senėjimas, nes daugelyje šalių didžioji dalis skirstomojo tinklo investicijų datuojamos praėjusio amžiaus aštuntajame dešimtmetyje. Skirstomojo tinklo elementų eksploatavimo amžius eina į pabaigą ir didėja gedimų skaičius įrenginiuose [2].

Lietuvoje Garantinio elektros energijos tiekėjo funkciją bei skirstymo funkciją vidutinės ir žemos įtampos tinklais atlieka AB „Energijos skirstymo operatorius“ [3]. Didžioji dalis įmonės valdomo elektros ūkio pastatyta prieš keturis – penkis dešimtmečius, o tipinis skirstomojo tinklo elementų eksploatavimo amžius siekia ~50 metų, todėl investicijos susidėvėjusių, nesaugių ir nepatikimų įrenginių keitimui yra būtinos norint patenkinti vartotojų poreikius ir užtikrinti saugumo reikalavimus [4].

Investicijomis į skirstomąjį elektros tinklą siekiama gerinti paslaugų kokybę, užtikrinti patikimą ir kokybišką elektros energijos tiekimą vartotojams, atstatyti fiziškai bei morališkai susidėvėjusius elektros skirstomuosius tinklus. Didinant investicijas – gerėja tinklo patikimumo rodikliai, užtikrinamas didesnis saugumas, efektyvesnis tampa tinklo išlaikymas [5].

Pagrindinės skirstomojo tinklo problemos:

1. Tinklo elementų senėjimas.
2. Mažai automatizuotas vidutinės įtampos tinklo valdymas.
3. Oro sąlygoms neatsparus tinklas.
4. Standarto neatitinkanti įtampa elektros tinkle.
5. Nedetali elektros energijos suvartojimo apskaita.
6. Tinklo elementų vagystės.
7. Nepakankamas įžemėjimo srovių kompensavimas.

Šios problemos turi esminę tiesioginę įtaką pagrindiniams skirstomojo tinklo patikimumo rodikliams: SAIDI, SAIFI ir klientų pasitenkinimui [4].

Magistro baigiamojo darbo tikslas: Įvertinti investicijų įtaką elektros skirstomojo tinklo patikimumui.

Uždaviniai:

1. Apžvelgti skirstomųjų elektros tinklų plėtros bei investicijų planavimą, tikslus ir uždavinius.
2. Išanalizuoti tinklo patikimumo rodiklius.

3. Įvertinti skirstomojo tinklo investicijas 2013–2015 metais.
4. Palyginti gedimų skaičiaus pasiskirstymą 2014–2015 metais.
5. Palyginti SAIFI ir SAIDI rodiklius 2014–2015 metais.
6. Ištirti patikimumo rodiklių kitimą įvertinus investicijas.
7. Atlikti ekonominį vertinimą.
8. Pateikti išvadas.

1. SKIRSTOMŲJŲ ELEKTROS TINKLŲ PLĖTROS BEI INVESTICIJŲ PLANAVIMAS

Skirstomųjų elektros tinklų ilgalaikė plėtra planuojama, įvertinant elektros energijos tiekimo patikimumą, elektros energijos kokybę, elektros tinklo naudojimo efektyvumą, vartojimo, draugiško aplinkai tinklo ir saugumo reikalavimus, atsižvelgiant į elektros tinklų naudotojų poreikius [5].

Skirstomajame tinkle pagrindinės įtampos – 0,4 kV, 10 kV, 35 kV, 110 kV. 6 kV įtampos elektros tinklas neplečiamas, išskyrus atskirus atvejus, kai elektros energijos vartotojų ir gamintojų poreikiams tenkinti ekonomiškai tikslinga panaudoti esamą 6 kV tinklą. Elektros tinklo dalyje, kurioje yra 6 kV įtampos lygis, atsižvelgus į vartotojų ypatumus ir poreikius, galima numatyti ir įgyvendinti technines priemones, rengiant atskirus planus konkrečiai vietai, įtampos lygio pakeitimui į 10 kV [5].

Projektuojant ar parenkant technologinius įrenginius, reikia atsižvelgti ne tik į jų įsigijimo kainą, bet ir į viso eksploataavimo laikotarpio (LCC – *LifeCycleCost*) kainą. Naujai įrengiami technologiniai įrenginiai privalo atitikti galiojančius nacionalinius LST, Europos EN, HD ir tarptautinius IEC standartų reikalavimus [5].

Skirstomųjų elektros tinklų ilgalaikė plėtra bei rekonstravimas planuojami, įvertinant:

- elektros energijos skirstymo patikimumą;
- elektros energijos kokybę;
- tinklo naudojimo efektyvumą;
- elektros energijos objektų saugą aplinkai;
- aplinkos apsaugos reikalavimus, atsižvelgiant į tinklų naudotojų poreikius bei elektros įrenginių

amžių ir naudingo eksploataavimo laiko (nusidėvėjimo) normatyvus [5].

Skirstomųjų elektros tinklų ilgalaikė plėtra vykdoma vadovaujantis:

- Investicijų planu;
- Technologinės tinklo plėtros strategija;
- 0,4–10 kV elektros tinklo investicinių objektų reitingavimo metodika;

Skirstomųjų elektros tinklų techninė priežiūra bei rekonstravimas vykdomas vadovaujantis:

• 35–110 kV įtampos transformatorių pastočių ir 10 kV įtampos skirstomųjų punktų eksploataavimo reglamentu;

- 35 kV elektros linijų eksploataavimo reglamentu;
- 0,4–10 kV įtampos elektros oro ir oro kabelių linijų eksploataavimo reglamentu;
- 6–10/0,4 kV įtampos transformatorinių eksploataavimo reglamentu;
- 0,4–10 kV įtampos kabelių linijų eksploataavimo reglamentu [5].

Siekiant sumažinti objektų darbo laiką „nenormalia“ schema ir išvengti pakartotinių įrenginių atjungimų, mažinančių elektros energijos tiekimo vartotojams patikimumą, 110 kV TP rekonstravimo bei remonto planai derinami su perdavimo tinklo operatoriumi. Metiniai technologinių objektų atjungimo grafikai turi būti sudaromi atsižvelgiant į rekonstravimo ir remonto planus bei suderinti tarp perdavimo ir skirstomojo tinklo operatorių. Transformatorių pastočių ir 6–10 kV elektros tinklo rekonstravimo bei remonto laikotarpiai neturi sutapti. Rekonstravimo bei remonto planai turi būti tarpusavyje suderinti [5].

Visi eksploataavimo darbai (remontai, techninė priežiūra ir bandymai) turi būti vykdomi pagal teisės aktuose patvirtintas programas, reglamentus ar technologines kortas ir užsienio šalių gerąją praktiką [5].

Elektros skirstomojo tinklo investavimo planas sudaromas 3 metams.

Investicijos skirstomos į 5 grupes:

- 1) Įtampos kokybės užtikrinimas (ΔU);
- 2) OPEX mažinimas (remontinių kaštų);
- 3) SAIFI rodiklio gerinimas (dažnai atsijunginėjančių linijų rekonstravimas);
- 4) Nepatikimų kabelių keitimas;
- 5) Įsipareigojimų ir įpareigojimų vykdymas (skundai, valstybinė inspekcija) [5].

1.1 Skirstomųjų elektros tinklų plėtros bei investicijų tikslai

Tinklo plėtros tikslai:

1. Užtikrinti patikimą ir kokybišką elektros energijos tiekimą vartotojams.
2. Atstatyti fiziškai bei morališkai susidėvėjusius elektros skirstomuosius tinklus, diegiant pažangias bei efektyvias technologijas, gerinančias skirstomojo tinklo rodiklius, laiku ir pakankama apimtimi.
3. Gerinti teikiamų paslaugų kokybę, užtikrinti elektros energijos vartotojų interesus, didinti jiems sukuriama pridėtinę vertę.
4. Vystantis naujoms technologijoms, pagerinti investavimo efektyvumą bei diegti pažangius sprendimus (pavyzdžiui, išmaniojo tinklo sprendimus, išmaniuosius apskaitos prietaisus), užtikrinančius patikimesnę ir saugesnę elektros energijos skirstymą.
5. Elektros tinklo plėtra ir palaikymas vykdomas šiomis kryptimis:
 - plėtojamas gamtos reiškiniams atsparus tinklas;
 - plėtojamas saugus ir patikimas tinklas;
 - plėtojamas kokybišką įtampą užtikrinantis tinklas;
 - plėtojamas išmaniai valdomas tinklas;

- Siekiama, kad mažėtų sistemos vidutinė neplanuotų elektros energijos persiuntimo nutraukimų trukmė vienam vartotojui (SAIDI rodiklis), nevertinant stichinių reiškinių („*force majeure*“) poveikio ir sistemos vidutinis neplanuotų ilgų nutraukimų skaičius vienam vartotojui (SAIFI).

6. Integruoti į skirstomąjį tinklą generuojančius šaltinius optimaliai paskirstant galios srautus ir nemažinant elektros energijos persiuntimo paslaugos patikimumo [5].

1.2 Skirstomųjų elektros tinklų plėtros bei investicijų uždaviniai

Tinklo plėtros uždaviniai:

1. Aukštą techninį lygį ir optimalų elektros skirstomųjų tinklų funkcionalumą siekti šiais pagrindiniais būdais:

- įrengiant naujas transformatorių pastotes, transformatorines, skirstyklas ir linijas naudoti pažangias technologijas, užtikrinančias ilgalaikę ekonominę naudą.

- įvertinant eksploataavimo sąnaudas, rekonstruoti esamas transformatorių pastotes, transformatorines, skirstyklas ir linijas.

- Prieš priimant sprendimą dėl planinio remonto darbų vykdymo, įvertinti techninę būklę, elektros energijos vartojimo perspektyvą.

2. Nustatyti elektros įrenginių įrengimo ir rekonstravimo pagrindinius principus, kurie geriausiai atitiktų visuomenės ir bendrovės, valdančios skirstomuosius elektros tinklus, poreikius.

3. Plėsti skirstomuosius elektros tinklus ir jų valdymo sistemas socialiai atsakingai, diegiant pažangias bei efektyvias technologijas draugiškas aplinkai ir visuomenei.

4. Plėtojant skirstomąjį elektros tinklą vadovautis patvirtintais techniniais reikalavimais. Techninius reikalavimus elektros tinklo įrangai rengti vadovaujantis technologinės tinklo plėtros strategija. Standartizuoti techninius reikalavimus naudojamiems įrenginiams, medžiagoms bei sistemoms, papildant ir patikslinant TET, EIT, objektų statybos taisyklių ir kitų galiojančių norminių teisės aktų reikalavimus. Nuolat atnaujinti bendrovės techninius reikalavimus atsižvelgiant į naujų įrenginių įdiegimo poreikį, ar pasikeitus LST EN standartams.

5. Diegti priešavarinės automatikos priemones, nuotolinės informacijos surinkimo, valdymo ir apskaitos sistemas, užtikrinančias optimalų ir patikimą sistemos valdymą. Diegti įrenginių būklės ir programinių gedimų nuotolinės stebėsenos sistemas.

6. Diegti išmanaus skirstomojo elektros tinklo technologijas pagal visuomenės ir bendrovės poreikius, pagrindžiant techniškai ir ekonomiškai sprendimus bei atsižvelgiant į taikomas gerąsias praktikas užsienyje.

7. Plėtoti elektros tinklo technologinių objektų duomenų bazes, geografines informacines sistemas, eksploataavimo organizavimo sistemas.

8. Elektrinių, naudojančių atsinaujinančius energijos šaltinius (vėjo, saulės, hidro, biokuro ir pan.) prijungimui prie elektros skirstomųjų tinklų nustatyti techniškai ir ekonomiškai (vertinant investicines ir eksploatacines išlaidas) efektyvius, nediskriminuojančius tipinius techninius reikalavimus, nemažinančius elektros energijos tiekimo patikimumo, užtikrinančius elektros energijos kokybę, pagal standartų reikalavimus, visiems elektros tinklo naudotojams bei minimizuojančius elektros energijos skirstymo technologines sąnaudas [5].

1.3 Investicijų programos

Elektros energijos tiekimo patikimumui užtikrinti numatytos keturios investicijų programos:

1. Klimato reiškiniams atsparaus tinklo kūrimo programa, kuria siekiama, kad 40% tinklo taptų kabeliniu. Siekiama, kad audrų metu klientai būtų ramūs dėl elektros energijos tiekimo patikimumo. Šie pokyčiai taip pat gražins šalies kraštovaizdį.

2. Saugumo ir patikimumo užtikrinimo programa skirta nuosekliai keisti susidėvėjusius elementus į modernesnius ir saugesnius.

3. Įtampos kokybės programa skirta atnaujinti tas tinklo vietas, kur yra dideli įtampos nuostoliai ir klientams neužtikrinama tinkama tiekiamos elektros energijos įtampos kokybė.

4. Išmanaus tinklo programa – įgyvendinami projektai, kurie efektyvina procesus ir suteiks galimybę geriau valdyti skirstomąjį tinklą bei pagerinti elektros energijos tiekimo patikimumą. Planuojamas bendro dispečerinio centro ir skirstomojo tinklo valdymo sistemos (DMS) įdiegimas, automatizuota apskaita privatiems ir verslo klientams [4].

1.3.1 Klimato reiškiniams atsparaus tinklo kūrimo programa

Senstant skirstomajam tinklui dalis oro linijų pasiekia savo eksploataavimo laikotarpio pabaigą ir jas reikia keisti naujomis. Ši investicijų programa apima esamų susidėvėjusių (sulaukusių fizinio gyvavimo laikotarpio pabaigos) oro linijų keitimą požeminėmis arba izoliuotomis oro linijomis. Keičiant linijos technologiją išnyksta arba mažėja medžių virtimo, įaugimo, gyvūnų sukeltų linijos nutraukimų rizika, todėl vartotojams elektros energijos tiekimas nutraukiamas žymiai rečiau, t.y. gerėja vidutinio nutraukimų dažnio rodiklis SAIFI [4].

Vykdam šią programą atsižvelgiama į šiuos suinteresuotų šalių lūkesčius:

- Nenutrūkstamas elektros tiekimas. Keičiant oro linijas požeminėmis mažėja atsijungimų tikimybė dėl virstančių ar į tinklus įaugusių medžių.
- Įrenginių saugumas. Naudojant kabelių linijas sumažėja pavojus nukentėti nuo elektros srovės.
- Greitas tiekimo atstatymas po audrų. Audrų metu dėl medžių ar jų šakų griuvimo įvyksta didžioji dalis atsijungimų tinkle. Pakeitus oro liniją požemine ši rizika išnyksta.

- Elektros tinklo įtakos gamtai ir gyvūnijai mažinimas. Požeminės linijos, ypač miškingose teritorijose, turi mažesnės įtakos gyvūnų ir paukščių buveinėms.
- Vizualiosios taršos mažinimas ir nepastebimas elektros tinklas. Pakeitus oro linijas požeminėmis sumažėja linijų apsaugos zonos, nuo 2–15 metrų iki 2 metrų, sumažėja poreikis genėti želdinius ir medžius. Požeminės kabelinės linijos, priešingai nei oro yra nepastebimos ir nemažina kraštovaizdžio vertės.
- Veiklos efektyvumas ir skaidrumas. Keičiant oro linijas požeminėmis, linijas reikia rečiau remontuoti ir dėl to mažėja veiklos sąnaudos [4].

1.3.2 Saugumo ir patikimumo užtikrinimo programa

Senstant skirstomajam tinklui dalis linijų ir transformatorių pasiekia savo ekonominio gyvavimo laikotarpį, pradeda dažnai gesti ir tampa nesaugūs aplinkiniams. Susidėvėję elementai keičiami modernia, šiuolaikinius standartus atitinkančia įranga [4].

Vykdam šią programą atsižvelgiama į šiuos suinteresuotų šalių lūkesčius:

- Nenutrūkstamas elektros tiekimas. Keičiant susidėvėjusią įrangą nauja, mažėja tinklo elementų gedimų.
- Greitas tiekimo atstatymas po audrų. Audrų metu įvyksta didelė dalis tinklo gedimų. Suremontuoti pasenusią įrangą trunka ilgiau ir dalies įrenginių atsarginės dalys nebegaminamos.
- Elektros tinklo įtakos gamtai ir gyvūnijai mažinimas ir įrenginių triukšmo lygis. Naujo tipo įrenginiai tyliau veikia, yra efektyvesni ir mažiau kaista.
- Vizualiosios taršos mažinimas, nepastebimas elektros tinklas ir elektros tinklo įrenginių saugumas. Keičiant seną įrangą, pavyzdžiui, Minsko ir Šiaulių tipo transformatorines moderniomis modulinėmis transformatorinėmis elektros tinklo įrenginiai tampa mažiau pastebimi ir saugesni – modulinės transformatorinės yra uždarnos ir iš jų žymiai sunkiau vogti alyvą.
- Kokybiškas elektros tiekimas. Atnaujinant senus tinklo įrenginius kartu dalinai sprendžiama ir įtampos kokybės problema.
- Veiklos efektyvumas ir skaidrumas. Keičiant senus elementus naujais mažėja elektros energijos nuostoliai [4].

1.3.3 Įtampos kokybės programa

Keičiantis elektros energijos vartotojų skaičiui ir jų poreikiams užmiesčio teritorijose 1995–2010 m. laikotarpiu išaugo vidutinis suvartojamas elektros energijos kiekis bei vidutinis žemos įtampos linijų, jungiančių vartotojus su transformatorinėmis ilgis. Dėl šios priežasties dalyje skirstomojo tinklo

fiksuojami reguliarūs įtampos kritimai ir esama įranga nepavyksta užtikrinti standartus atitinkančio įtampos lygio [4].

Ši investicijų programa apima linijų trumpinimą, atsisakant nereikalingų linijos segmentų, transformatorinių perkėlimą arčiau vartotojų; taip pat naujų transformatorinių įrengimų bei linijos laidų keitimą į didesnio skerspjūvio ploto.

Vykdam šią programą atsižvelgiama į šiuos suinteresuotų šalių lūkesčius:

- Kokybiškas elektros tiekimas. Atliekant aukščiau pateiktus veiksmus trumpėja vidutinis kelias, kurį tenka nukeliauti elektros srovei iki vartotojų, dėl to mažėja įtampos svyravimai ir gerėja įtampos kokybė.
- Vizualiosios taršos mažinimas ir nepastebimas fizinis tinklas. Kadangi trumpinant linijas numatyta dalį jų pertiesti efektyvesnėmis trajektorijomis, vietoje esamų oro linijų bus tiesiamos požeminės linijos, mažės vizualioji tarša.
- Elektros tinklo įrenginių saugumas. Įgyvendinant šią programą dalis transformatorinių bus pakeistos moderniomis, kurios geriau atitinka vartotojų poreikius, dėl to didės elektros tinklo saugumas bei patikimumas [4].

1.3.4 Išmanaus tinklo programa

„Išmaniai valdoma tinklo“ programa apima šias priemones:

1. Tinklo automatizavimo pilotiniai projektai. Iki šiol skirstomajame tinkle išmaniosios technologijos buvo diegiamos ribotai (nuotolinis valdymas įdiegtas tik aukštesnės įtampos tinklo elementuose – 110/35/10 kV pastotėse, 35/10 kV pastotėse, 35 kV skirstyklose) ir fragmentiškai (pavyzdžiui, kai kuriuose regionuose įdiegti pavieniai trumpo jungimo indikatoriai su nuotoliniu ryšiu). Šio projekto metu diegiamos išmaniosios technologijos atskiruose tinklo segmentuose, parenkant optimalius individualius sprendimus bei nustatant konkrečius jų kiekius.

2. Išmaniųjų apskaitų pilotinis projektas. Šio projekto metu numatyta diegti išmaniuosius skaitiklius ir realiu laiku patikrinti bei atnaujinti išmaniųjų skaitiklių visuotinio diegimo kaštų ir naudos prielaidas.

3. Kontrolinių apskaitų diegimo projektas. Šio projekto metu bus diegiami kontroliniai skaitikliai 10 kV tinkle, kurie kartu su specializuota programine įranga padės tiksliai identifikuoti nuostolių židinius atskirose tinklo zonose.

4. Technologinio turto valdymo sistemos diegimas. Šio projekto metu bus diegiamas šiuolaikinis specializuotas informacinių technologijų įrankis, leisiantis įvairiais pjūviais inventorizuoti bei suklasifikuoti valdomą technologinį turtą kartu su visais reikalingais finansiniais ir techniniais jo duomenimis.

5. Bendro dispečerinio centro ir skirstomojo tinklo valdymo sistemos (DMS) įdiegimas, kuri apjungs skirtingų informacinių sistemų informaciją apie tinklą bei leis realiu laiku stebėti ir valdyti tinklą iki 10 kV lygmens [4].

Apibendrinant, išmaniojo tinklo programos priemonės įgyvendinamos lygiagrečiai, kurs sinergiją ir tenkins šiuos vartotojų lūkesčius:

- Nenutrūkstamas elektros energijos tiekimas, greitas tiekimo atstatymas po audrų – išmanieji sprendimai leis greičiau sureaguoti į gedimus ir avarijas, dalies galimų gedimų bus galima išvengti prevenciškai keičiant tinklo režimus.

- Kokybiškas elektros energijos tiekimas – išmaniosios technologijos leis stebėti daugiau elektros energijos kokybės tiekimo parametrų atskiruose tinklo segmentuose bei priimti atitinkamus valdymo sprendimus.

- Operatyvus informavimas ir greitas problemų sprendimas – išmanieji sprendimai leis greitai ir tiksliai identifikuoti gedimų vietas, tiksliau informuoti vartotojus bei operatyviau atstatyti tinklą.

- Veiklos efektyvumas ir skaidrumas – išmaniosios technologijos leis mažinti kasdienes tinklo priežiūros sąnaudas, geriau suplanuoti atstatymus po avarijų ir priimti geresnius investavimo sprendimus [4].

2. SKIRSTOMOJO ELEKTROS TINKLO PATIKIMUMO RODIKLIAI

2.1 Elektros tinklo patikimumas

Sparčiai besivystanti pasaulio ekonomika reikalauja vis aukštesnės gaminių ir sistemų kokybės ir kartu vis mažesnių kaštų jiems įsigyti ir aptarnauti. Lygiagrečiai reikalaujama minimizuoti avarijų ir gedimų tikimybę. Avarijos ir gedimai didina eksploataavimo sąnaudas ir daro įtaką visuomenės saugumui. Plačiąja prasme patikimumas asocijuojasi su sėkmingu ir nenutrūkstamu veikimu, o sėkmingą sistemos darbą lemia inžineriniai sprendimai [6].

Patikimumas – objekto savybė tam tikrą laiką atlikti savo funkcijas ir išlaikyti nustatytas eksploatacinių rodiklių leidžiamas vertes, atitinkančias tam tikrus naudojimo rezultatus ir techninės priežiūros, taisymo, laikymo ir gabenimo sąlygas [7].

Dauguma elektros skirstomųjų tinklų operatorių patikimumo įvertinimui naudoja patikimumo rodiklius: sistemos vidutinį nutraukimų skaičių (SAIFI) ir sistemos vidutinę nutraukimų trukmę (SAIDI). O nuostolių kaina dėl nepateiktos elektros energijos efektyviai atspindi realią žalą [8].

Pagrindiniai elektros energijos persiuntimo patikimumo lygio nustatymui naudojami rodikliai:

- SAIDI (angl. *system average interruption duration index*) – sistemos ilgų nutraukimų vidutinės trukmės rodiklis, kuris parodo, kiek vidutiniškai laiko per ataskaitinį laikotarpį elektros persiuntimas buvo nutrauktas vienam vartotojui [9].

$$SAIDI = \frac{\sum T_{ai} \cdot N_i}{\sum N_i}, \quad (2.1)$$

čia T_{ai} – nutraukimo trukmė (min), N_i – vartotojų, kuriems nutrauktas elektros energijos persiuntimas, skaičius.

- SAIFI (angl. *system average interruption frequency index*) – sistemos ilgų nutraukimų vidutinio dažnumo rodiklis, kuris parodo, kiek vidutiniškai kartų per ataskaitinį laikotarpį elektros persiuntimas buvo nutrauktas vienam vartotojui [9]

$$SAIFI = \frac{\sum f_i \cdot N_i}{\sum N_i}, \quad (2.2)$$

čia f_i – nutraukimų skaičius (kartai), N_i – vartotojų, kuriems nutrauktas elektros energijos persiuntimas, skaičius [9].

- Nepateiktos elektros energijos kiekis ΔW_s [7].

Elektros tinklo patikimumas priklauso nuo įvairių aspektų, tokių kaip schemos sujungimo variantas, įrenginių senumas, jų techninės priežiūros kokybė, aplinkos sąlygos. Trumpėjant įrenginių eksploatacijos laikui, mažėja patikimumas, daugėja pertrūkių, ilgėja jų trukmė. Patikimumo analizė – viena sudėtinių techninės analizės dalių, leidžianti kiekybiškai įvertinti energijos tiekimo sistemos patikimumo parametrus bei numatyti galimų avarių dažnį ir pasekmes, identifikuojant pavojingiausias

sistemos vietas [10, 11]. Skirstymo sistemos patikimumo įvertinimą galima išskirti į du pagrindinius segmentus: ankstesnių rezultatų vertinimą ir būsimų rezultatų prognozavimą [12].

Ankščiau skirstymo sistemų patikimumui buvo skiriama gerokai mažiau dėmesio nei elektros gamybos ir perdavimo sistemoms [13]. To priežastis yra ta, kad elektrinės ir perdavimo sistemos reikalauja didelių investicijų ir jų nekokybiškumas gali turėti katastrofiškų pasekmių tiek visuomenei tiek gamtai. Skirstymo sistema yra palyginti pigi ir jos poveikis labiau lokalizuotas [14].

Skirstymo sistemų patikimumo analizė buvo atliekama atskirai nuo gamybos ir perdavimo sistemų, atsižvelgiant į problemos sudėtingumą ir mastą. Tačiau atsinaujinančių energijos šaltinių plėtra, su jiems būdingu nepastovumu ir nenuspėjamumu, ir sumanaus tinklo valdymo sprendimų diegimas, paskirstymo sistemą daro labiau panašią į gamybos ir perdavimo sistemas. Todėl patikimumo analizė tampa sudėtingesnė ir turėtų būti grindžiama tais pačiais metodais kaip ir gamybos – perdavimo sistema [15].

2.2 Patikimumo kokybės reikalavimai skirstomųjų tinklų operatoriams

Lietuvos Respublikos Elektros energetikos įstatymo šeštojo skirsnio „Elektros energijos skirstymas“ 35 straipsnyje apie skirstymo veiklos principus rašoma, jog skirstomųjų tinklų operatorius yra atsakingas už jam priklausančius skirstomuosius tinklus nuo perdavimo tinklų įrenginių prijungimo taško iki vartotojų ar gamintojų įrenginių prijungimo taško ir už jų saugumą, patikimumą, eksploatavimą, priežiūrą, valdymą bei plėtojimą pagal skirstomųjų tinklų naudotojų poreikius, taip pat už elektros energijos persiuntimą vartotojams skirstomaisiais tinklais, persiunčiamos elektros energijos kokybę bei persiunčiamos elektros energijos apskaitą ir jos diegimą [16].

Reikalavimus energetikos objektų ir energetikos įrenginių eksploatacijai nustato Elektrinių ir elektros tinklų eksploataavimo taisyklės (TET). Taisyklės yra privalomos visiems fiziniams ir juridiniams asmenims, projektuojantiems, statantiems ir eksploatuojantiems elektrines, katilines bei elektros ir šilumos tiekimo tinklus bei jų technologinius priklausinius [17]. Taip pat elektros energijos skirstomųjų tinklų operatoriams, įrengiantiems naujus, rekonstruojantiems arba kapitališkai remontuojantiems kintamosios ir nuolatinės srovės iki 400 kV įtampos elektros įrenginius privalomi Elektros įrenginių įrengimo taisyklių reikalavimai (EĮIT) [18].

Lietuvoje elektros tiekimo patikimumą reglamentuoja Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos 2009 m. birželio 11 d. priimtas nutarimas Nr. O3–75 „Elektros energijos persiuntimo patikimumo ir paslaugų kokybės reikalavimai“, kuriame nustatomi perdavimo sistemos operatoriaus ir skirstomųjų tinklų operatorių elektros energijos persiuntimo patikimumo bei operatorių ir elektros energijos tiekėjų paslaugų, tiesiogiai susijusių su jų licencijoje ar leidime nustatyta veikla, kokybės rodikliai ir jų vertinimo tvarka [9, 11].

Elektros energetikos įmonių persiuntimo patikimumo ir paslaugų kokybės vertinimą atlieka Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija. Kokybės reikalavimai elektros energetikos įmonėms reglamentuoja šių paslaugų kokybę:

- elektros energijos persiuntimo patikimumo;
- naujų vartotojų objektų prijungimo prie skirstomųjų tinklų;
- elektros energijos persiuntimo atnaujinimo įsiskolinimą apmokėjusiam vartotojui;
- vartotojo informavimo apie planuojamą nutraukimą;
- elektros energijos persiuntimo atstatymo vartotojui po neplanuoto nutraukimo;
- elektros apskaitos prietaiso ar elektros apskaitos schemos elemento gedimo pašalinimo;
- skundų nagrinėjimo. [9]

Kokybės reikalavimuose vartojamos pagrindinės sąvokos:

Kokybės rodiklis – paslaugų kokybės reikalavimo matavimo parametras.

Minimalus kokybės lygis – Operatoriams bei nepriklausomiems ir visuomeniniams elektros energijos tiekėjams reikalaujamas užtikrinti jų paslaugos kokybės lygis.

Planuotas nutraukimas – nutraukimas, apie kurį vartotojas buvo informuotas teisės aktuose arba sutartyje nustatytu laiku ir būdu.

Neplanuotas nutraukimas – nutraukimas, apie kurį vartotojas nebuvo informuotas arba buvo informuotas vėliau nei teisės aktuose ar sutartyje nustatytu laiku, išskyrus atvejus, kai tai buvo padaryta siekiant užtikrinti visuomenės interesus.

Nutraukimo pradžia – nutraukimo pradžios laiko momentas, užfiksuotas automatiniu arba rankiniu būdu.

Nutraukimo pabaiga – nutraukimo pabaigos laiko momentas, užfiksuotas automatiniu arba rankiniu būdu.

Nutraukimo trukmė – laikas nuo nutraukimo pradžios iki nutraukimo pabaigos.

Trumpas nutraukimas – nutraukimas, kurio trukmė ilgesnė nei elektros energijos persiuntimo atstatymo nuo tinklų automatikos įsijungimo ir trumpesnė nei 3 minutės.

Ilgas nutraukimas – nutraukimas, kurio trukmė lygi 3 minutėms arba ilgesnė kaip 3 minutės.

Elektros energijos persiuntimo atstatymo laikas – laikas, per kurį vartotojui buvo atstatytas elektros energijos persiuntimas po nutraukimo [9].

2.3 Elektros energijos persiuntimo nutrūkimo priežasčių priskyrimas

Vadovaujantis Elektros energijos persiuntimo patikimumo ir paslaugų kokybės reikalavimais, patvirtintais 2009 m. birželio 11 d. Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos nutarimu Nr. O3–75 [9], persiuntimo nutrūkimo atvejai pagal jų atsiradimo priežastis skirstomi į „*force majeure*“

(nenugalima jėga, nepaprastos aplinkybės, kurių negalima nei numatyti arba išvengti, nei kuriomis nors priemonėmis pašalinti), išorinio poveikio, operatoriaus atsakomybės ir nenustatytas priežastis.

„*Force majeure*“ (nenugalima jėga):

1. tiesioginis perkūnijos poveikis;
2. šlapdrubos ar gausaus šlapio sniego apdrebo poveikis, kuris gali sukelti medžių virtimą, laidų trūkumą ir pan.;
3. apšalas, viršijantis projektinių normatyvų ir kitų norminių techninių dokumentų reikalavimus;
4. grunto sėdimas ar nuošliaužos;
5. potvynis, didesnis už vidutinį daugiametį;
6. audra, štormas, uraganas;
7. temperatūriniai ir atmosferiniai pokyčiai, viršijantys projektinių normatyvų ir kitų norminių techninių dokumentų reikalavimus;
8. gaisrai, kuriuos sukėlė gamtos reiškiniai;
9. medžių virtimas iš už apsaugos zonos ar medžių šakų kritimas ant elektros linijų ar įrenginių, sąlygoti masinių stichinių gamtos reiškinų;
10. karo, teroristiniai ar diversiniai veiksmai;
11. sistemos priešavarinės automatikos poveikis (esant gedimui ar avarijai kitose elektros sistemose);
12. valstybės institucijų nurodymai išjungti elektros įrenginius dėl šalyje paskelbtos ekstremalios padėties;
13. elektros įrenginių išjungimai perdavimo operatoriaus tinkle, įvykę ne dėl operatoriaus veiksmų, viršijantys $n-1$ kriterijų ($n-2$, $n-3$, ...), kurie sukelia įtampos arba dažnio stabilumo sistemoje problemą, pažeidžia aktyviosios ir/ar reaktyviosios galios balansą bei sukelia tinklų išsidalijimą ar elektros energijos tiekimo nutrūkimus vartotojams;
14. teisės aktuose nenumatytų procesų atsiradimas, viršnorminiai komutaciniai viršįtampiai, kurių elektros tinklo operatorius negalėjo iš anksto numatyti ir kurių eiga negalėjo būti kontroliuojama bei gali būti traktuojami kaip „*force majeure*“ aplinkybė [19].

Išorinio poveikio:

1. gedimai vartotojų elektros įrenginiuose, dėl kurių nutrūko elektros energijos persiuntimas kitiems operatoriaus vartotojams;
2. medžių užvertimas ar medžių šakų užkritimas ant elektros oro linijų ar įrenginių, pašalinėms organizacijoms ar asmenims vykdant medžių kirtimo ar genėjimo darbus;
3. elektros oro linijų laidų nutrūkimai, sąlygoti pašalinių organizacijų ar asmenų poveikio;
4. elektros kabelių pažeidimai ar gedimai, sąlygoti pašalinių organizacijų ar asmenų poveikio;

5. pašalinių organizacijų ar asmenų sukelti elektros įrenginių gedimai ar atsijungimai dėl ant laidų ar elektros įrenginių užmestų ar priartintų prie jų bet kokių daiktų, taip pat užlipimų ant atramų ir patekimų į elektros įrenginius;

6. elektros atramų pažeidimai, sugadinimai padaryti pašalinių organizacijų ar asmenų (numušimas automobiliu, žemės ūkio darbų mašinomis ir pan.), kuomet nutrūko elektros energijos persiuntimas ar dėl minėtų atramų remonto ar keitimo turėjo būti nutrauktas elektros energijos persiuntimas;

7. piktybiniai ar nepiktybiniai pašalinių asmenų veiksmai, kurie įtakoja elektros energijos persiuntimo vartotojams nutrūkimą;

8. uždegimai, gaisrai, kurie atsirado ne dėl „force majeure“ aplinkybės, o dėl pašalinių asmenų kaltės;

9. elektros įrenginių, izoliacinės alyvos ar metalų iš elektros įrenginių vagystės;

10. gedimai kito operatoriaus elektros įrenginiuose, dėl kurių nutrūko elektros energijos persiuntimas vartotojams;

11. vartotojų įrenginių atjungimai, sąlygoti generuojančių galių deficito;

12. elektros įrenginių gedimai ar išsijungimai, sąlygoti paukščių ar gyvūnų poveikio (medžių užvertimas, patekimas į veikiančius elektros įrenginius, gandalizdžiai ant atramų, paukščių užmesti pašaliniai daiktai ant elektros įrenginių ir pan.);

13. visi planiniai elektros energijos persiuntimo nutraukimai, apie kuriuos vartotojai nebuvo tinkamai informuoti teisės aktuose ar sutartyse nustatyta tvarka, sąlygoti aplinkybių, nepriklausančių nuo operatoriaus veiksmų, (pavyzdžiui, operatorius padavė informaciją, tačiau spaustuvė neišspausdino pranešimo ir pan.) bei turi būti traktuojami kaip neplaniniai nutraukimai;

14. projektuotojo klaidingi techniniai sprendimai, sąlygoję eksploatuojamų įrenginių gedimus ar išsijungimus;

15. naujų vartotojų įrenginių prijungimas, vartotojų įrenginių atjungimas už skolas bei prijungimas skolą susimokėjusio vartotojo teisės aktuose nustatytais terminais, kai reikia atjungti kitų, laiku neišpėtų apie planuojamą atjungimą vartotojų įrenginius bei turi būti traktuojami kaip neplaniniai nutraukimai;

16. elektros tinklų apsaugos zonose pašalinių organizacijų ar asmenų veiksmai ar neveikimai, nurodyti galiojančios redakcijos Elektros tinklų apsaugos taisyklėse, dėl kurių įvyko operatoriaus elektros įrenginių gedimai ar išsijungimai [19].

Operatoriaus atsakomybė:

1. atsijungimai ar gedimai tuomet, kai nustatoma operatoriaus kaltė (personalo kaltė, remonto, statybos darbų, techninės priežiūros ir eksploatacijos nepakankama darbų kokybė, įrenginių susidėvėjimas, nepakankama bendrovės normatyvinių dokumentų kokybė, gamybos instrukcijų ir kitų teisės aktų reikalavimų nevykdymas eksploatuojant įrenginius ir t.t.);

2. visi planiniai nutraukimai dėl operatoriaus ar rangovinės įmonės darbuotojų numatytų vykdomų veiksmų t.y. elektros tinklo įrenginių rekonstrukcijos, remonto, techninės priežiūros, derinimo, bandymo bei matavimo darbų, taip pat darbų apsaugos zonoje, naujų įrenginių prijungimo ar kitų atvejų, apie kuriuos vartotojai nebuvo informuoti teisės aktų ar sutartyje nustatyta tvarka dėl operatoriaus atsakomybės, bei turi būti traktuojami kaip neplaniniai nutraukimai [19].

Nenustatytos priežastys:

Nenustatytoms priežastims priskiriami tik tie elektros energijos tiekimo nutrūkimai, sąlygoti saugiklių tirtukų perdegimų ir elektros linijų jungtuvų ar automatinių jungiklių išsijungimų, kurių poveikio priežastys liko nenustatytos ir pagrįstos konkrečiais įtakančiais veiksniais (oro sąlygomis, staigiais jų pokyčiais, gedimais, medžių ir jų šakų poveikiu, operatyvinių ir neoperatyvinių darbuotojų klaidomis, statybos, remonto ir eksploatacijos darbų defektais susijusiuose elektros įrenginiuose ir pan.) [19].

Pagrindinės gedimų priežastys pagal skirtingas įrenginių grupes 0,4 kV ir 10 kV įtampos tinkle pateikiamos 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė. Pagrindinės gedimų priežastys pagal skirtingas įrenginių grupes [4].

| Gedimų priežastys \ Įrenginių grupės | 10 kV oro linijos | 0,4 kV oro linijos | 10 kV požeminės linijos | 0,4 kV požeminės linijos | 10/0,4 kV transformatorinės |
|--|-------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Įrenginių sudėvėjimas ir jų medžiagų savybių pakitimas | + | + | + | + | + |
| Stichinių reiškinių poveikis | + | + | | | |
| Įvadų automatinių jungiklių gedimai | | + | | | |
| Įaugę želdiniai, medžių šakos | + | + | | | |
| Alyvos trūkumas (įskaitant vagystes) | | | | | + |
| Izoliatorių pažeidimai | + | | | | + |

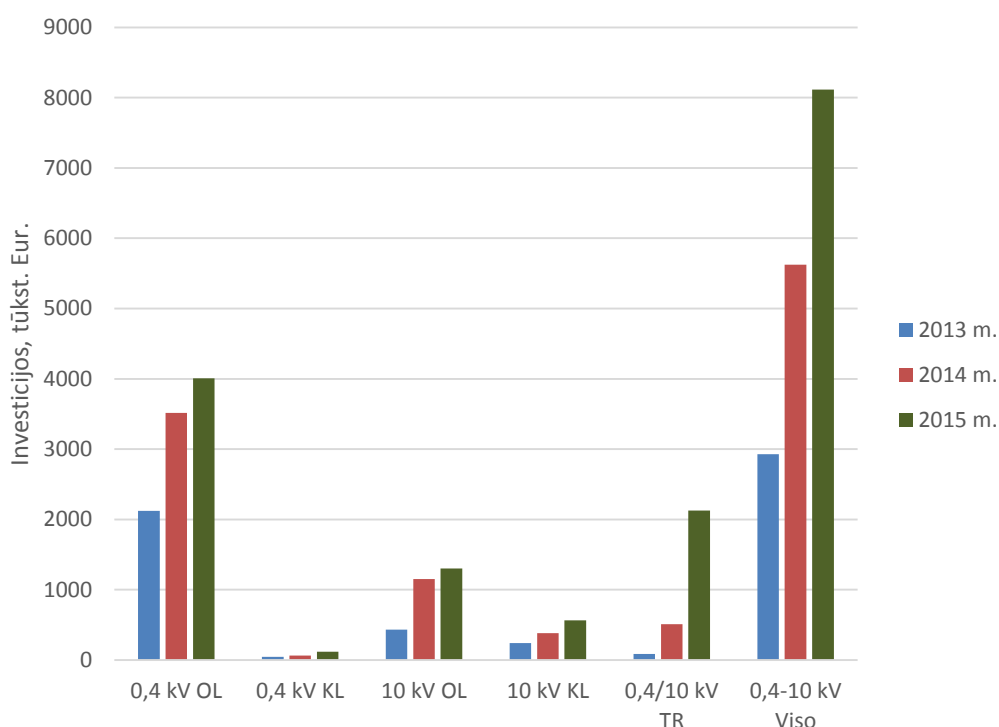
3. KAUNO REGIONO ELEKTROS SKIRSTOMOJO TINKLO INVESTICIJŲ IR PATIKIMUMO RODIKLIŲ PALYGINIMAS BEI ANALIZĖ

3.1 Elektros skirstomojo tinklo investicijos

2013–2015 m. skirstomojo tinklo investicijų duomenys pateikiami 3.1 lentelėje, o grafinis vaizdas 3.1 paveiksle. Vienais metais skirtos investicijos turi įtakos kitų metų patikimumo rodikliams, t.y. 2014 m. investicijos daro įtaką 2015 m. rodikliams. Kadangi tiriami 2014–2015 metų patikimumo rodikliai, analizuojamos 2013 ir 2014 metų investicijos. 2015 m. investicijos pateikiamos palyginimui ir 2016 metų prognozei.

3.1 lentelė. Investicijos, skirtos Kauno regiono elektros skirstomajam tinklui 2013–2015 m. Duomenys pateikiami tūkstančiais eurų [20].

| Įrenginių grupės | | 0,4 kV | | 10 kV | | 0,4/10 kV TR | 0,4-10 kV Viso |
|------------------|-------------|--------|-----|-------|-----|--------------|----------------|
| | | OL | KL | OL | KL | | |
| Metai | tūkst. Eur. | | | | | | |
| 2013 m. | tūkst. Eur. | 2121 | 45 | 434 | 241 | 85 | 2926 |
| 2014 m. | tūkst. Eur. | 3517 | 62 | 1152 | 382 | 509 | 5622 |
| 2015 m. | tūkst. Eur. | 4008 | 116 | 1301 | 564 | 2127 | 8116 |



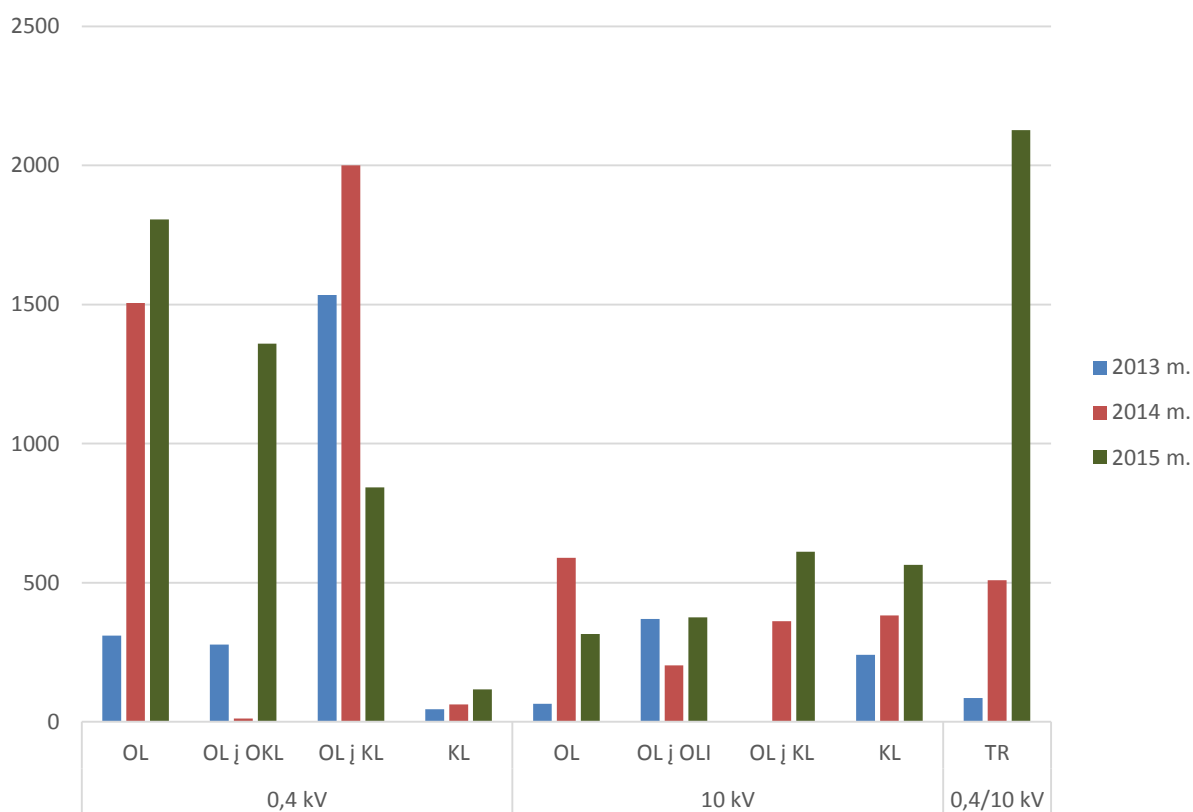
3.1 pav. Investicijos į Kauno regiono elektros skirstomąjį tinklą 2013–2015 m.

Pagal pateiktus duomenis matyti, jog investicijos kiekvienais metais vis labiau auga. Daugiausia investicijų skiriama 0,4 kV oro linijų tinklui, kur vyksta didžioji dalis gedimų ir atsijungimų (3.3 lentelė).

Lėšos skiriamos oro linijoms susideda iš investicijų oro linijų remontui (OL), oro linijų keitimui į požemines kabelių linijas (OL į KL), oro linijų keitimui į oro kabelių linijas 0,4 kV tinkle (OL į OKL) ir į oro linijas izoliuotais laidais 10 kV tinkle (OL į OLI). Detalesnis paskirstymas, išskaidant oro linijoms skirtas investicijas, pateikiamas 3.2 lentelėje ir 3.2 paveiksle.

3.2 lentelė. Detalesnis investicijų pasiskirstymas Kauno regione [20].

| Įrenginių grupės | | 0,4 kV | | | | 10 kV | | | | 0,4/10 kV TR |
|------------------|------------|--------|----------|---------|-----|-------|----------|---------|-----|--------------|
| | | OL | OL į OKL | OL į KL | KL | OL | OL į OLI | OL į KL | KL | |
| 2013 m. | tūkst. Eur | 310 | 277 | 1534 | 45 | 65 | 369 | 0 | 241 | 85 |
| 2014 m. | tūkst. Eur | 1505 | 12 | 2000 | 62 | 589 | 203 | 361 | 382 | 509 |
| 2015 m. | tūkst. Eur | 1806 | 1359 | 843 | 116 | 315 | 375 | 611 | 564 | 2127 |



3.2 pav. Detalesnis grafinis investicijų pasiskirstymas Kauno regione.

2014 m. žemos įtampos oro linijų tinkle, lyginant su 2013 m. daugiau investicijų skiriama oro linijų keitimui kabelių linijomis, o 2015 m. oro linijų keitimui oro kabelių linijomis. Lyginant su 2013 ir 2014 m., 2015 m. ženkliai išauga investicijos transformatorinių remontui bei rekonstrukcijoms.

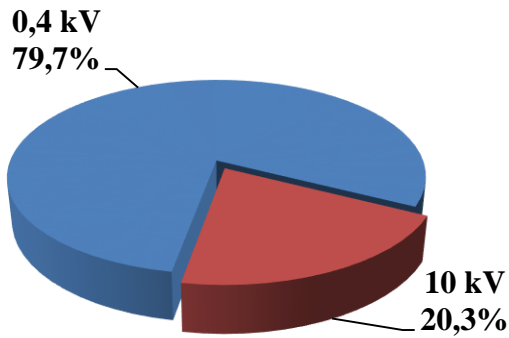
3.2 Kauno regiono skirstomojo elektros tinklo neplaninių įvykių pasiskirstymas ir palyginimas

Kauno regiono 0,4–10kV elektros tinklo neplaninių įvykių (gedimų, atsijungimų ir neplaninių ilgalaikių atjungimų ≥ 3 min.) pasiskirstymas pagal įtampas, įrenginių grupes ir priežastis bei palyginimas pateikiamas 3.3 lentelėje. Pokytis su minuso ženklu reiškia, kad gedimų skaičius 2015 metais sumažėjo, o teigiamas raudonas skaičius, kad padidėjo.

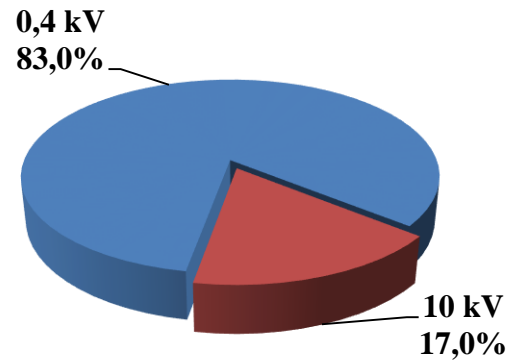
3.3 lentelė. 0,4–10kV elektros tinklo neplaninių įvykių pasiskirstymas pagal įtampas, įrenginių grupes ir priežastis [20].

| | | | 0,4 kV | | | 10 kV | | | 0,4/10 kV TR | 0,4-10 kV Viso |
|----------------|-----------|------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------|-------------------|
| | | | OL | KL | TR | OL | KL | TR | | |
| 2014 | Dėl FM | vnt. | 978 | 6 | 28 | 179 | 27 | 79 | 107 | 1297 |
| 2015 | | vnt. | 943 | 2 | 18 | 114 | 7 | 37 | 55 | 1121 |
| Pokytis | | vnt. | -35 | -4 | -10 | -65 | -20 | -42 | -52 | -176 |
| 2014 | Dėl IP | vnt. | 508 | 19 | 5 | 106 | 33 | 60 | 65 | 731 |
| 2015 | | vnt. | 582 | 25 | 9 | 113 | 37 | 59 | 68 | 825 |
| Pokytis | | vnt. | 74 | 6 | 4 | 7 | 4 | -1 | 3 | 94 |
| 2014 | Dėl OA | vnt. | 2128 | 80 | 109 | 182 | 136 | 176 | 285 | 2811 |
| 2015 | | vnt. | 2012 | 62 | 114 | 142 | 125 | 129 | 243 | 2584 |
| Pokytis | | vnt. | -116 | -18 | 5 | -40 | -11 | -47 | -42 | -227 |
| 2014 | Dėl NP | vnt. | 142 | 0 | 17 | 12 | 0 | 34 | 51 | 205 |
| 2015 | | vnt. | 470 | 0 | 29 | 19 | 0 | 91 | 120 | 609 |
| Pokytis | | vnt. | 328 | 0 | 12 | 7 | 0 | 57 | 69 | 404 |
| 2014 | Viso | vnt. | 3756 | 105 | 159 | 479 | 196 | 349 | 508 | 5044 |
| 2015 | | vnt. | 4007 | 89 | 170 | 388 | 169 | 316 | 486 | 5139 |
| Pokytis | | vnt. | 251 | -16 | 11 | -91 | -27 | -33 | -22 | 95 |

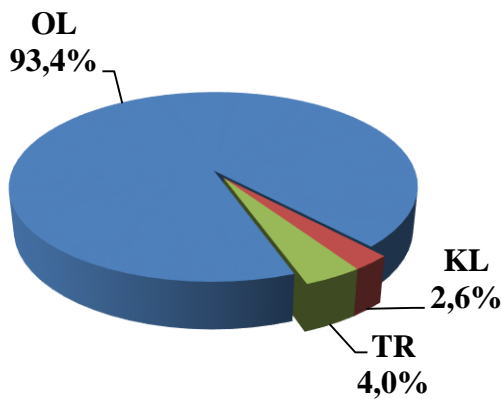
Procentinis 2014 ir 2015 metų neplaninių įvykių pasiskirstymas pagal įtampas ir įrenginių grupes pateikiamas 3.3–3.8 paveiksluose.



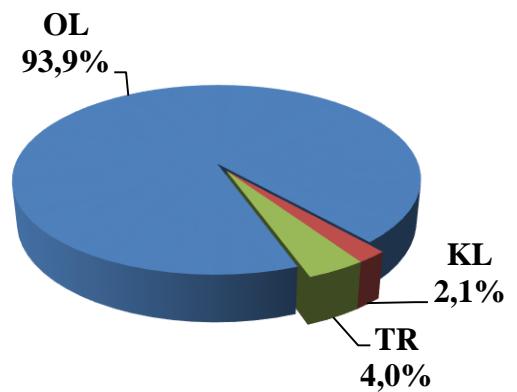
3.3 pav. 2014m neplaninių įvykių pasiskirstymas pagal įtampas.



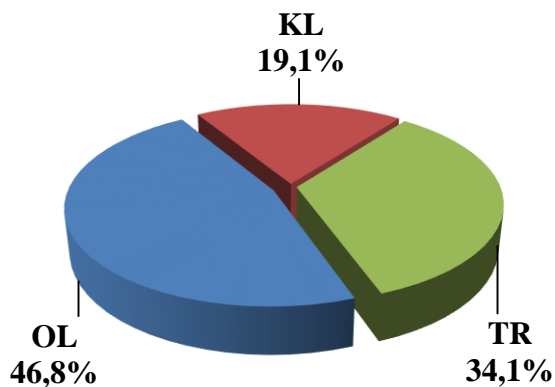
3.4 pav. 2015m neplaninių įvykių pasiskirstymas pagal įtampas.



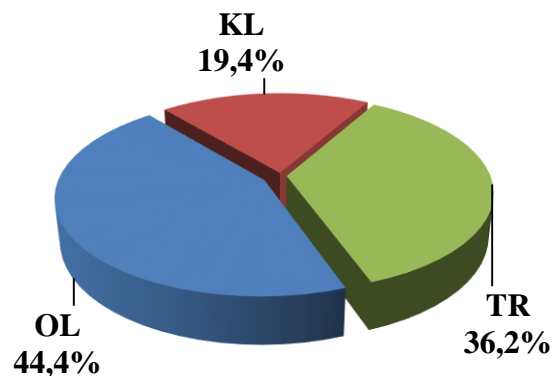
3.5 pav. 2014m 0,4 kV neplaninių įvykių pasiskirstymas pagal įrenginių grupes.



3.6 pav. 2015m 0,4 kV neplaninių įvykių pasiskirstymas pagal įrenginių grupes.



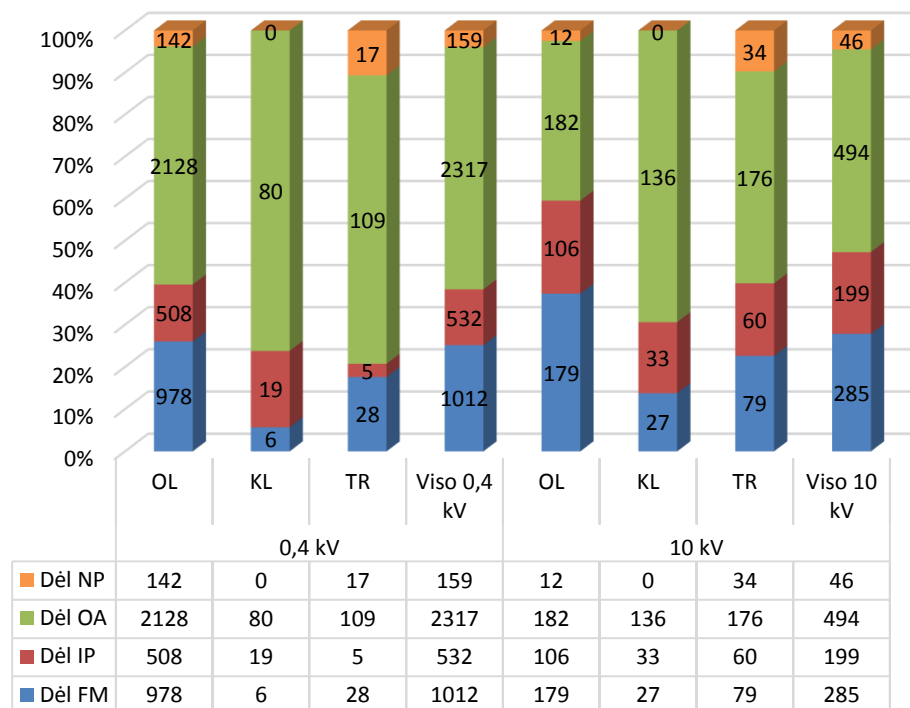
3.7 pav. 2014m 10 kV neplaninių įvykių pasiskirstymas pagal įrenginių grupes.



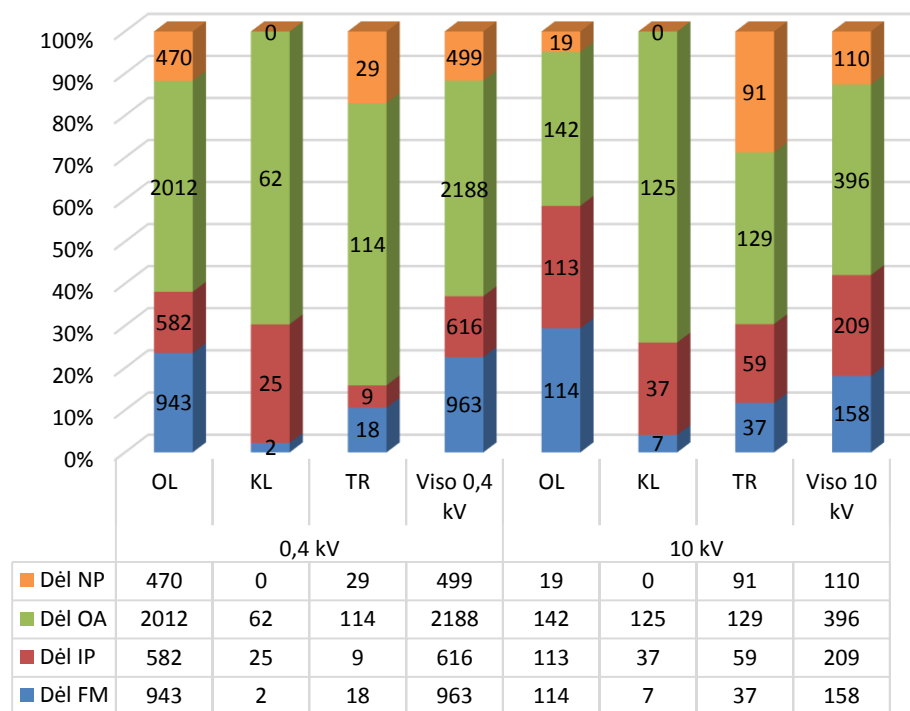
3.8 pav. 2015m 10 kV neplaninių įvykių pasiskirstymas pagal įrenginių grupes.

Pateiktose diagramose pasiskirstymas lyginant 2014 ir 2015 metus išlieka beveik toks pats. Daugiausia gedimų bei atsijungimų įvyksta 0,4 kV tinkle (apie 80%). Žemos įtampos tinkle daugiausia gedimų bei atsijungimų įvyksta oro linijose (93–94%). Vidutinės įtampos tinkle, lyginant su žemos įtampos tinklu, daugiau gedimų yra kabelių linijose bei transformatorinėse, bet didžioji dalis gedimų ~50% vyksta oro linijose.

2014 ir 2015 metų neplaninių įvykių įrenginių grupių pasiskirstymas pagal priežastis pateikiamas 3.9–3.10 paveiksluose.



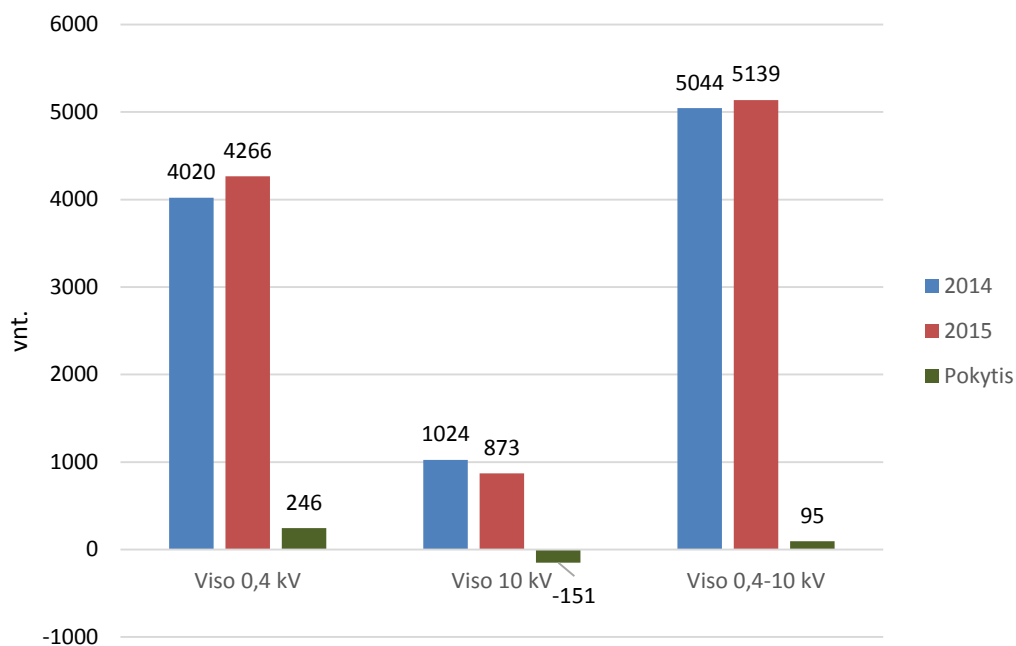
3.9 pav. 2014 m. 0,4 kV ir 10 kV neplaninių įvykių įrenginių grupėse pasiskirstymas pagal priežastis, % ir vienetais.



3.10 pav. 2015 m. 0,4 kV ir 10 kV neplaninių įvykių įrenginių grupėse pasiskirstymas pagal priežastis, % ir vienetais.

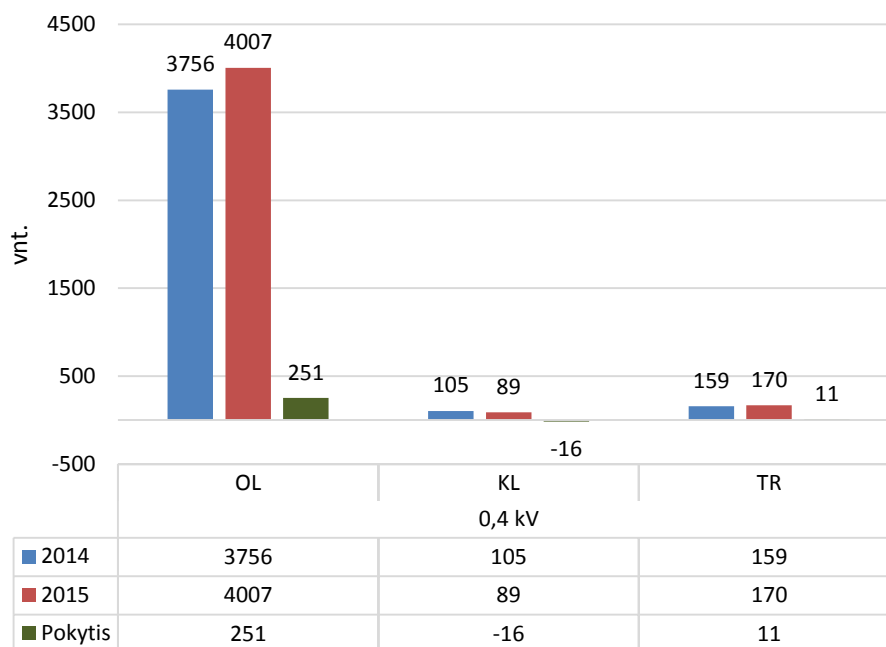
3.9 ir 3.10 paveiksluose pateiktose diagramose matyti, jog didžioji dalis gedimų, neplaninių atsijungimų ir atjungimų yra dėl operatoriaus atsakomybės, mažiausia dalis priskiriama nenustatytoms priežastims. Lyginant 2014 ir 2015 metus, bendras pasiskirstymas išlieka panašus. 2015 m. mažėja procentinė dalis gedimų vykstančių dėl „force majeure“, taip pat mažėja dėl operatoriaus atsakomybės vykstantys neplaniniai atsijungimai, bet didėja dalis priskiriama nenustatytoms priežastims.

2014 ir 2015 metų neplaninių įvykių palyginimas pagal įtampas ir įrenginių grupes pateikiamas 3.11–3.13 paveiksluose.

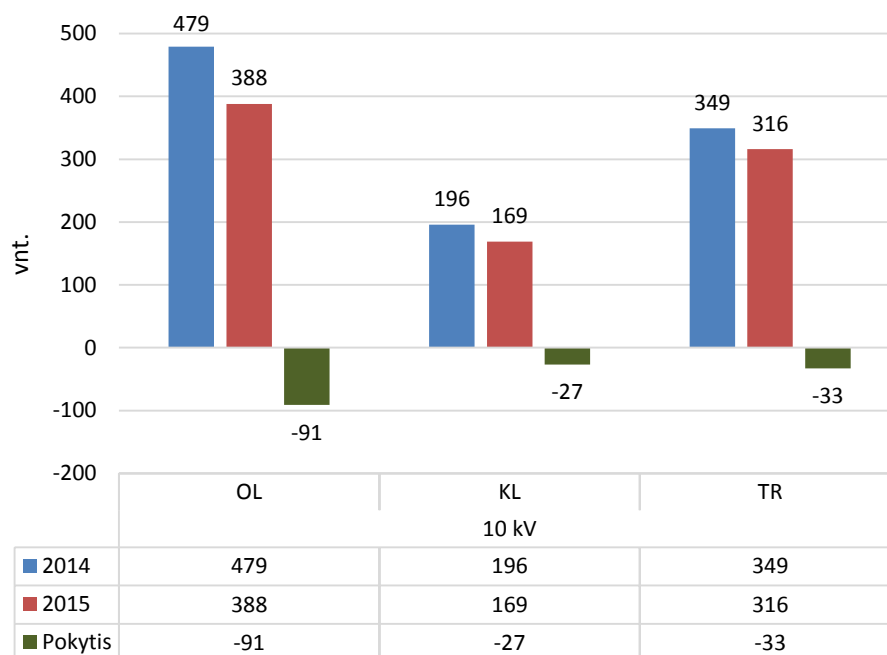


3.11 pav. 2014 ir 2015 m. neplaninių įvykių palyginimas pagal įtampas.

Žemos įtampos tinkle neplaninių įvykių skaičius, nepaisant didelių investicijų į skirstomąjį elektros tinklą, nežymiai padidėjo, o vidutinės įtampos tinkle nežymiai sumažėjo. Bendras gedimų skaičius išliko panašus, neženkliai padidėjęs.



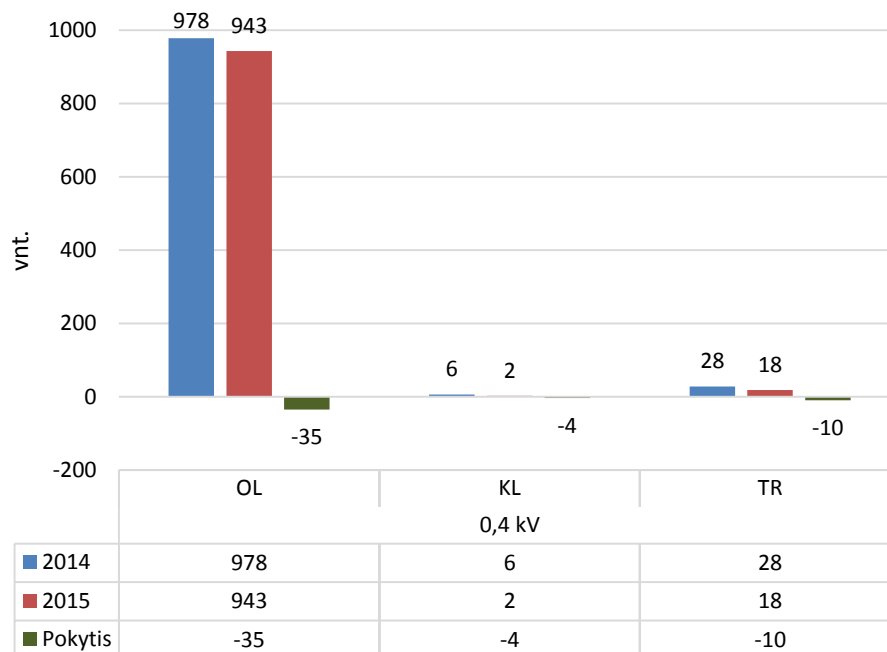
3.12 pav. 2014 ir 2015 m. 0,4 kV neplaninių įvykių įrenginių grupėse palyginimas.



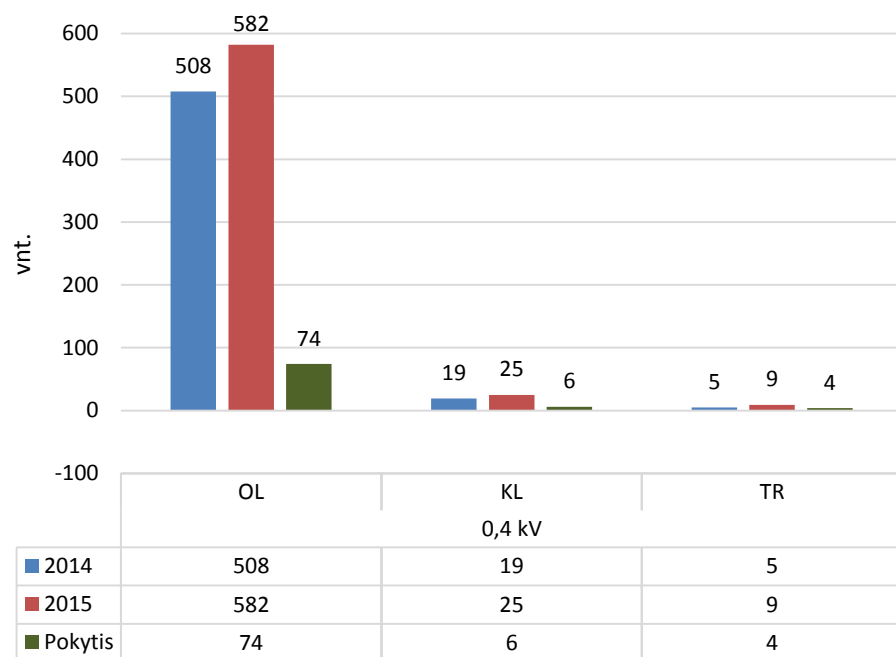
3.13 pav. 2014 ir 2015 m. 10 kV neplaninių įvykių įrenginių grupėse palyginimas.

Analizuojant 0,4 kV elektros tinkle vykstančius neplaninius įvykius skirtingose įrenginių grupėse (3.12 pav.), matyti jog oro linijose ir transformatorinėse gedimų pokytis teigiamas, 2015m. jų padidėjo, o kabelių linijose sumažėjo. 10 kV elektros tinkle neplaninių įvykių skaičius 2015 metais sumažėjo visose įrenginių grupėse (3.13 pav.).

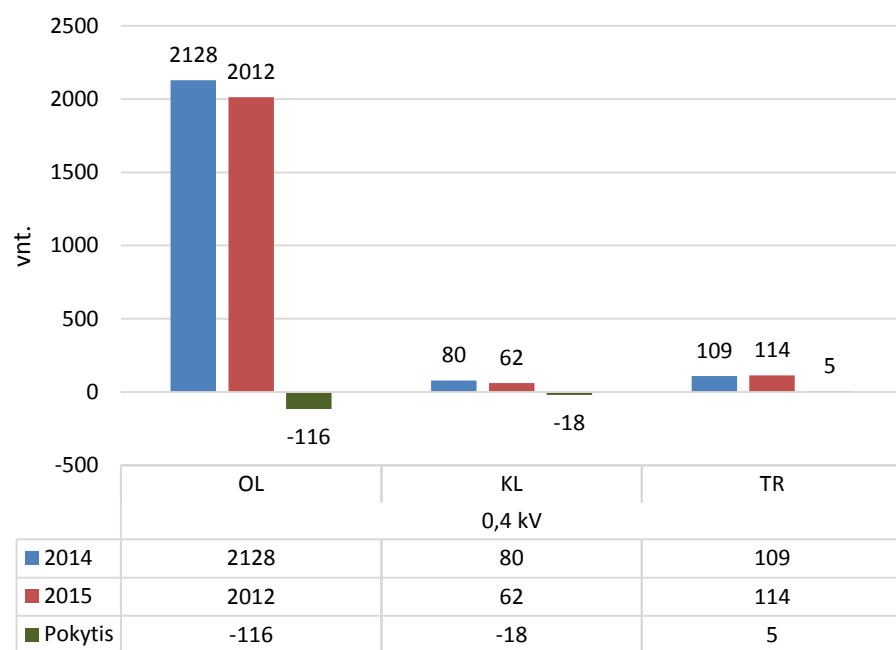
Neplaninių įvykių, vykstančių žemos įtampos tinkle, palyginimas pagal priežastis skirtingose įrenginių grupėse pateikiamas 3.14–3.17 paveiksluose, o vidutinės įtampos tinkle palyginimas pateikiamas 3.18–3.21 paveiksluose.



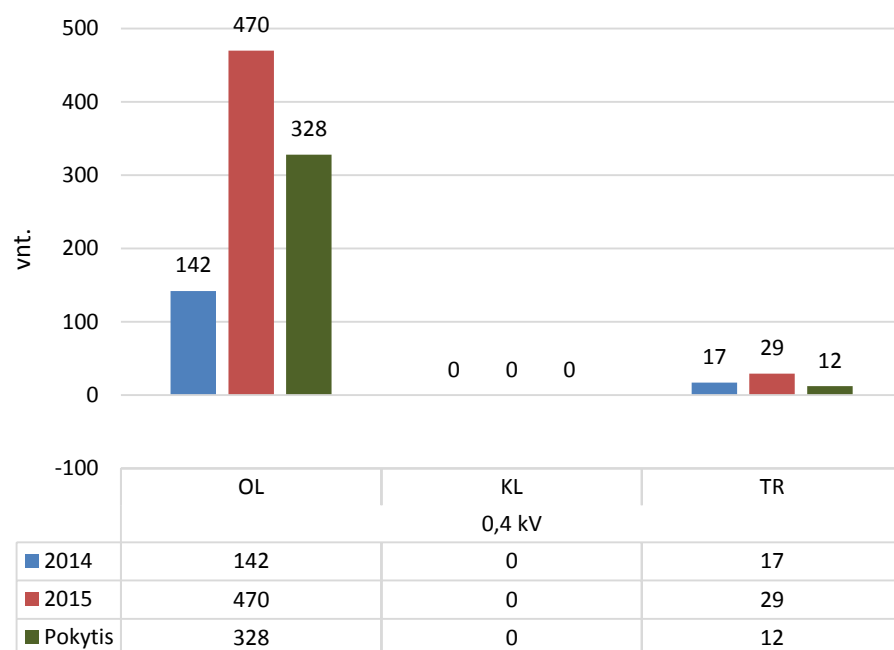
3.14 pav. 2014 ir 2015 m. 0,4 kV neplaninių įvykių dėl „force majeure“ palyginimas.



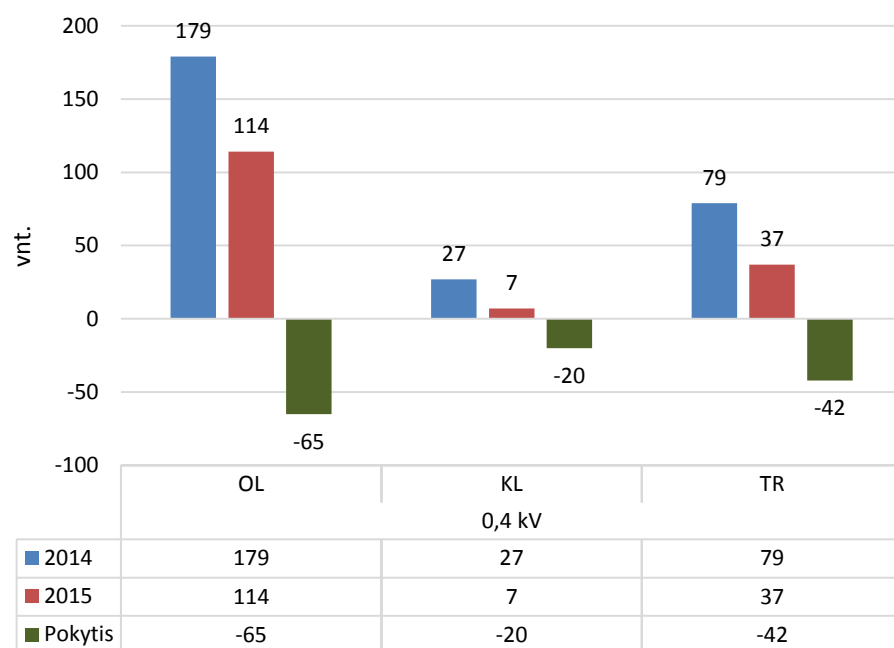
3.15 pav. 2014 ir 2015 m. 0,4 kV neplaninių įvykių dėl išorinio poveikio palyginimas.



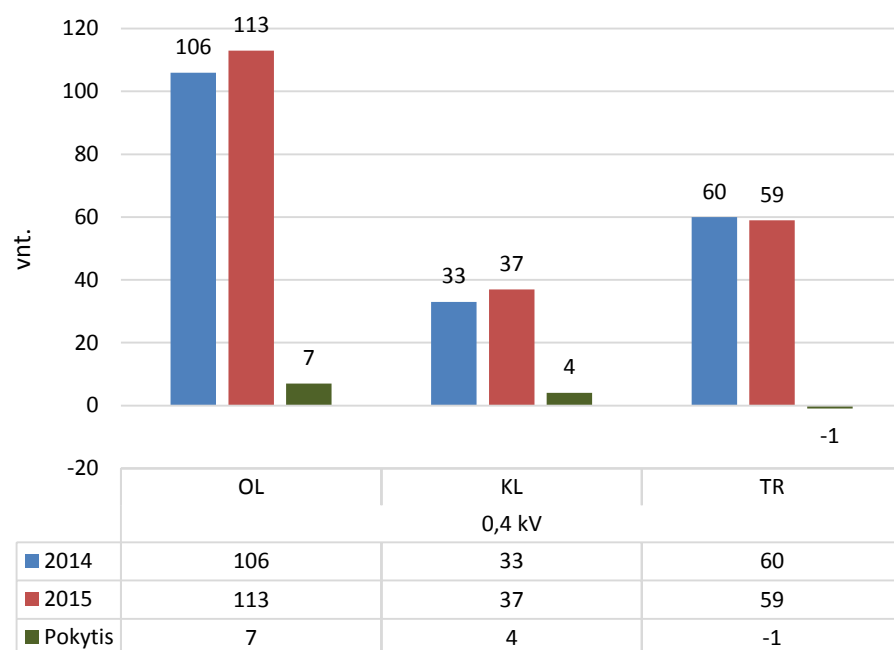
3.16 pav. 2014 ir 2015 m. 0,4 kV neplaninių įvykių dėl operatoriaus atsakomybės palyginimas.



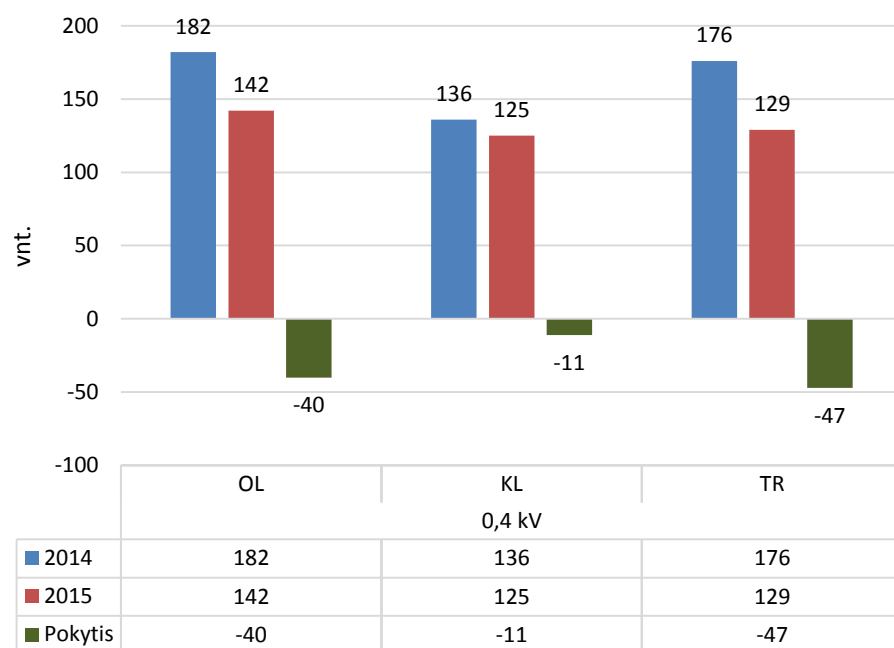
3.17 pav. 2014 ir 2015 m. 0,4 kV neplaninių įvykių dėl nenustatytų priežasčių palyginimas.



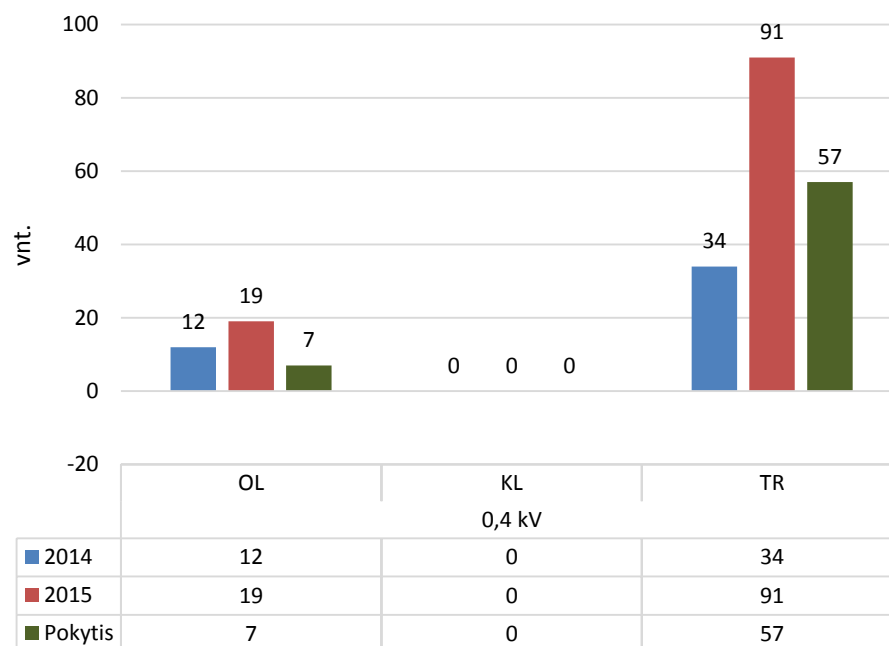
3.18 pav. 2014 ir 2015 m. 10 kV neplaninių įvykių dėl „force majeure“ palyginimas.



3.19 pav. 2014 ir 2015 m. 10 kV neplaninių įvykių dėl išorinio poveikio palyginimas.



3.20 pav. 2014 ir 2015 m. 10 kV neplaninių įvykių dėl operatoriaus atsakomybės palyginimas.



3.21 pav. 2014 ir 2015 m. 10 kV neplaninių įvykių dėl nenustatytų priežasčių palyginimas.

Tiek 0,4 kV, tiek 10 kV tinkle pokyčiai yra analogiški – sumažėjo gedimų bei atsijungimų dėl „*force majeure*“ ir operatoriaus atsakomybės, bet padidėjo dėl išorinio poveikio ir nenustatytų priežasčių. Mažėjant neplaniniams įvykiams dėl „*force majeure*“, patenkinamas vienas iš tinklo plėtros tikslų: padaryti elektros tinklą atsparų gamtos reiškiniams, oro linijas keičiant požeminėmis kabelių linijomis arba oro kabeliais ar izoliuotais laidais.

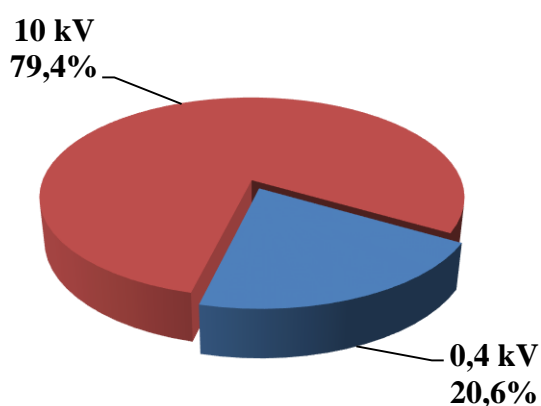
3.3 Kauno regiono skirstomojo elektros tinklo SAIFI, SAIDI rodiklių pasiskirstymas ir palyginimas

Kauno regiono 0,4–10 kV elektros skirstomojo tinklo neplaninių įvykių (gedimų, atsijungimų ir neplaninių atjungimų ilgalaikių ≥ 3 min.) SAIFI, SAIDI pasiskirstymas pagal įtampas ir priežastis bei palyginimas pateikiamas 3.4 lentelėje. Pokytis su minuso ženklu reiškia, kad rodiklis 2015 metais sumažėjo, o teigiamas raudonas skaičius, kad padidėjo.

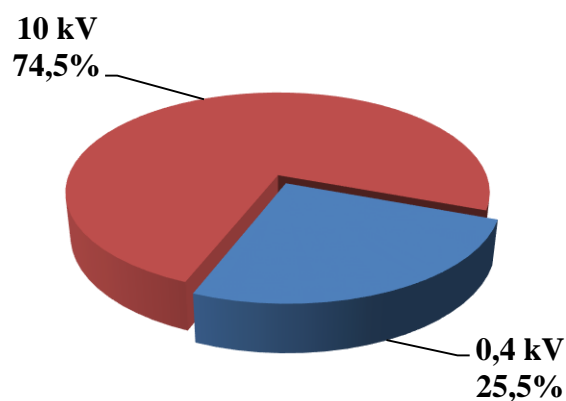
3.4 lentelė. 0,4–10 kV elektros tinklo SAIFI, SAIDI pasiskirstymas pagal įtampas ir priežastis [20].

| | | SAIFI (kartai) | | | SAIDI (min) | | |
|--------|----------------|----------------|---------------|-------------------|---------------|----------------|-------------------|
| | | 0,4 kV | 10 kV | 0,4-10 kV Viso | 0,4 kV | 10 kV | 0,4-10 kV Viso |
| Dėl FM | 2014 | 0,046 | 0,281 | 0,327 | 17,170 | 51,773 | 68,943 |
| | 2015 | 0,044 | 0,157 | 0,201 | 11,987 | 25,034 | 37,021 |
| | Pokytis | -0,002 | -0,124 | -0,126 | -5,183 | -26,739 | -31,922 |
| Dėl IP | 2014 | 0,034 | 0,145 | 0,179 | 3,615 | 13,549 | 17,164 |
| | 2015 | 0,033 | 0,146 | 0,179 | 3,034 | 13,850 | 16,884 |
| | Pokytis | -0,001 | 0,001 | 0 | -0,581 | 0,301 | -0,280 |
| Dėl OA | 2014 | 0,155 | 0,482 | 0,637 | 9,349 | 35,523 | 44,872 |
| | 2015 | 0,164 | 0,411 | 0,575 | 8,146 | 33,117 | 41,263 |
| | Pokytis | 0,009 | -0,071 | -0,062 | -1,203 | -2,406 | -3,609 |
| Dėl NP | 2014 | 0,004 | 0,016 | 0,020 | 0,368 | 1,249 | 1,617 |
| | 2015 | 0,011 | 0,022 | 0,033 | 1,182 | 1,495 | 2,677 |
| | Pokytis | 0,007 | 0,006 | 0,013 | 0,814 | 0,246 | 1,060 |
| Viso | 2014 | 0,239 | 0,924 | 1,163 | 30,503 | 102,094 | 132,597 |
| | 2015 | 0,252 | 0,736 | 0,988 | 24,35 | 73,497 | 97,847 |
| | Pokytis | 0,013 | -0,188 | -0,175 | -6,153 | -28,597 | -34,750 |

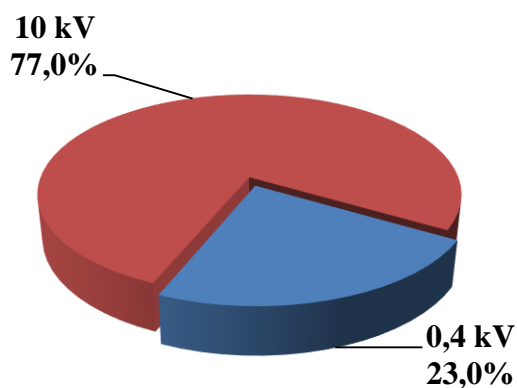
Procentais išreikštas 2014 ir 2015 metų SAIFI ir SAIDI rodiklių pasiskirstymas pagal įtampas pateikiamas 3.22–3.25 paveiksluose.



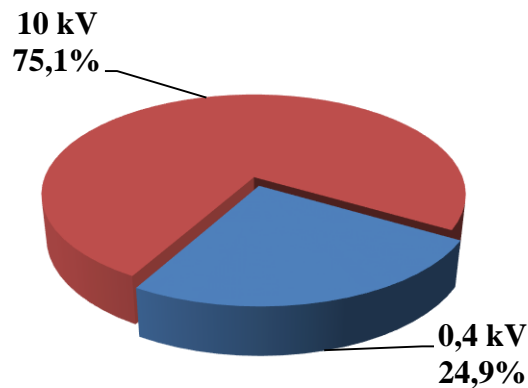
3.22 pav. 2014m SAIFI pasiskirstymas pagal įtampas.



3.23 pav. 2015m SAIFI pasiskirstymas pagal įtampas.



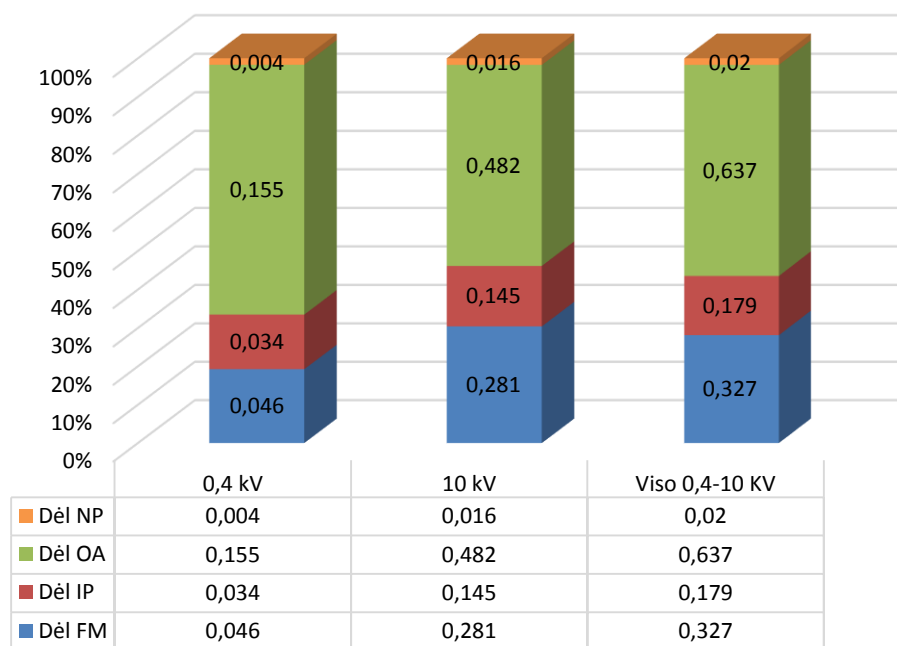
3.24 pav. 2014m SAIDI pasiskirstymas pagal įtampas.



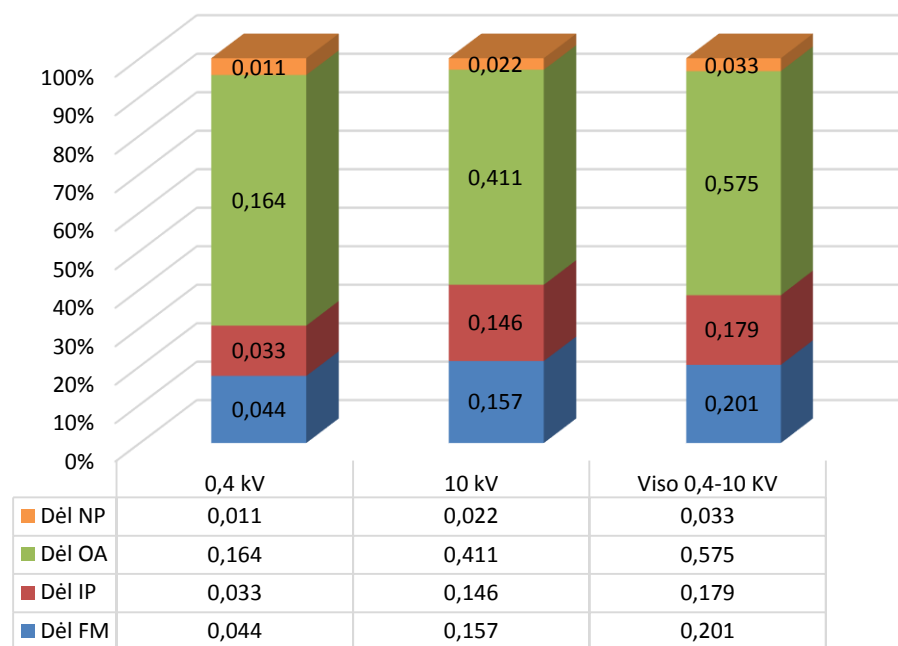
3.25 pav. 2015m SAIDI pasiskirstymas pagal įtampas.

Procentinis pasiskirstymas diagramose lyginant 2014 ir 2015 metus išlieka labai panašus. 10 kV tinkle rodikliai yra didesni, vadinasi vienam vartotojui elektros persiuntimas yra nutraukiamas dažniau ir ilgesniam laikui nei 0,4 kV tinkle.

2014 ir 2015 metų SAIFI rodiklių pasiskirstymas pagal priežastis pateikiamas 3.26–3.27 paveiksluose.



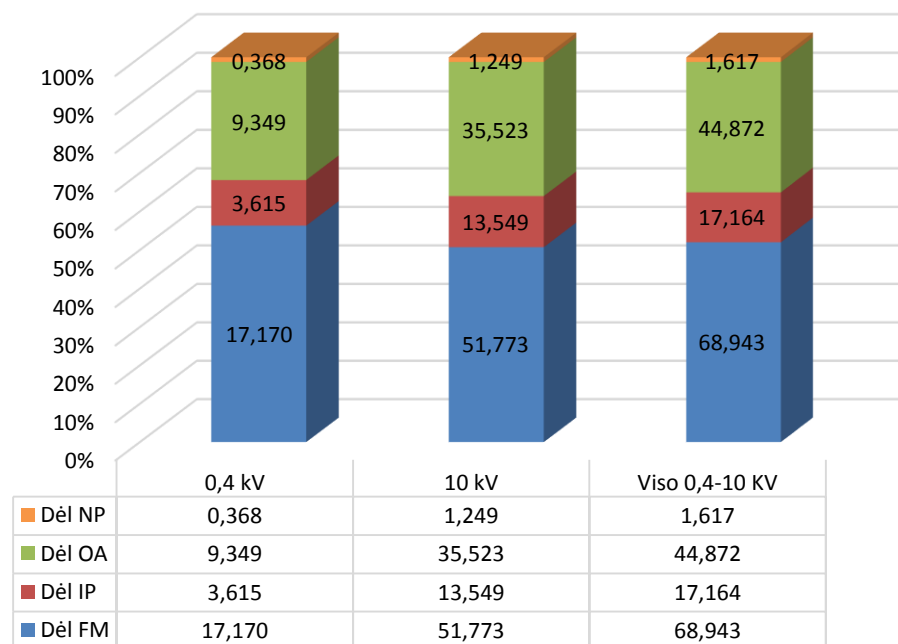
3.26 pav. 2014 m. SAIFI pasiskirstymas pagal priežastis, % ir kartais.



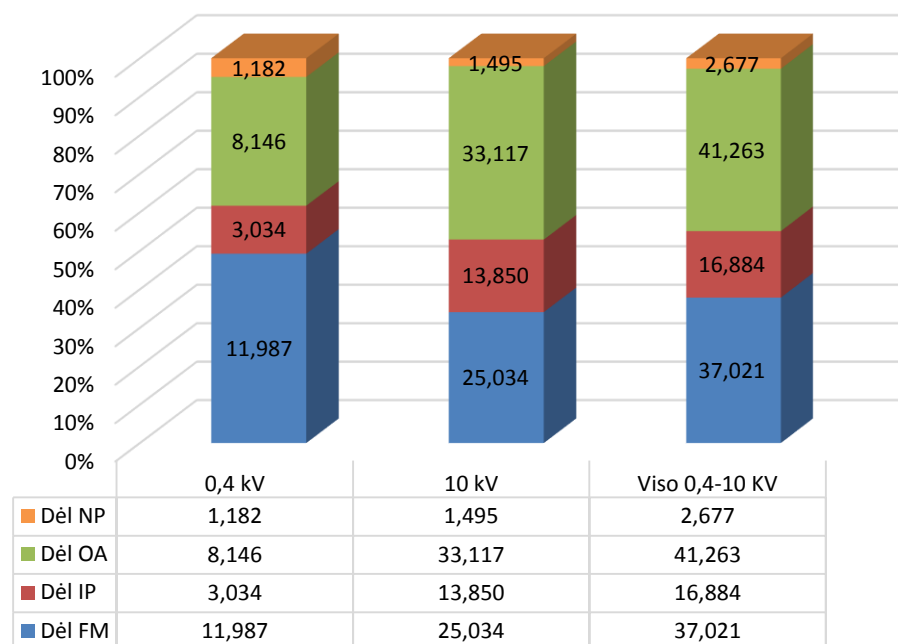
3.27 pav. 2015 m. SAIFI pasiskirstymas pagal priežastis, % ir kartais.

Procentinis pasiskirstymas pagal priežastis abejais metais labai panašus. Dažniausiai elektros energijos persiuntimas vartotojui nutraukiamas dėl operatoriaus atsakomybės, retai dėl nenustatytų priežasčių. 2015 m. sumažėjo procentinė dalis dėl „force majeure“, šiek tiek padidėjo dėl išorinio poveikio.

2014 ir 2015 metų SAIDI rodiklių pasiskirstymas pagal priežastis pateikiamas 3.28–3.29 paveiksluose.



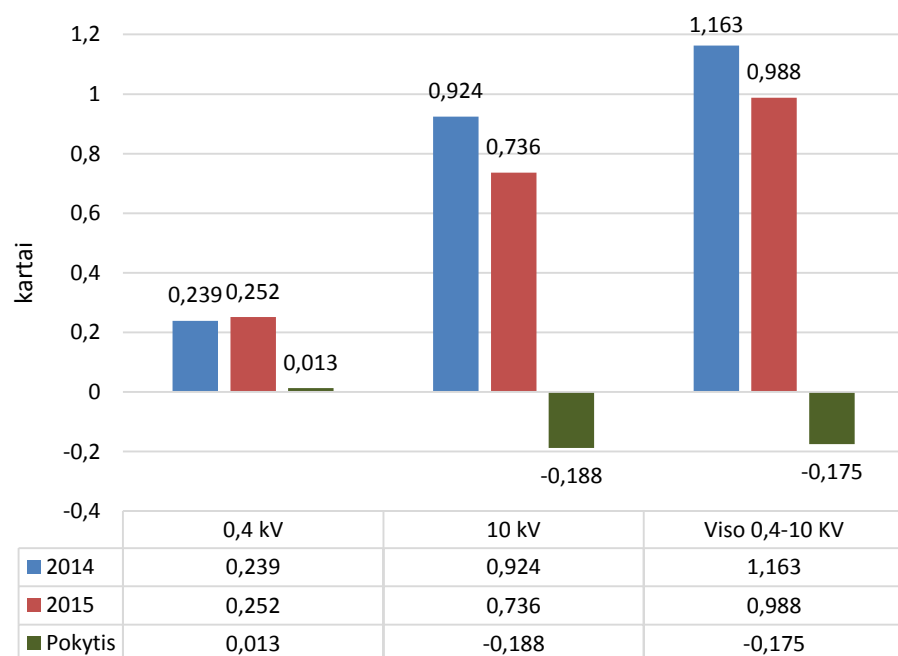
3.28 pav. 2014 m. SAIDI pasiskirstymas pagal priežastis, % ir kartais.



3.29 pav. 2015 m. SAIDI pasiskirstymas pagal priežastis, % ir kartais.

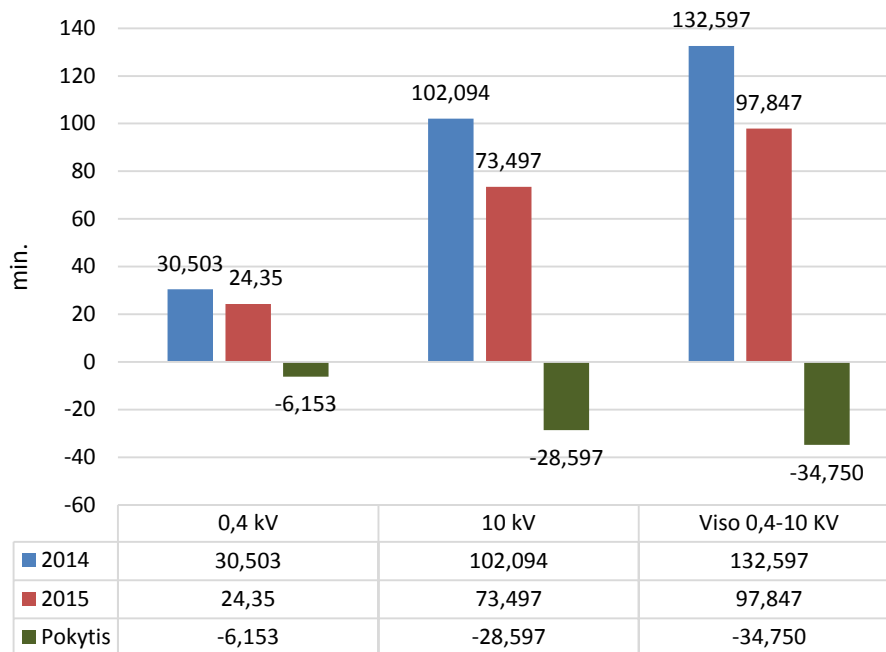
2014 ir 2015 metais didžiausia dalis SAIDI rodiklio yra dėl „force majeure“, vadinasi ilgiausiai elektros energijos persiuntimas vartotojui nutraukiamas dėl gedimų, vykstančių dėl gamtos stichinių reiškinių. 2015 metais ši dalis gerokai sumažėja, bet padidėja kitos dalys.

2014 ir 2015 metų SAIFI ir SAIDI rodiklių palyginimas pateikiama 3.30 ir 3.31 paveiksluose.



3.30 pav. 2014 ir 2015 m. SAIFI palyginimas skirtingos įtampos tinkluose.

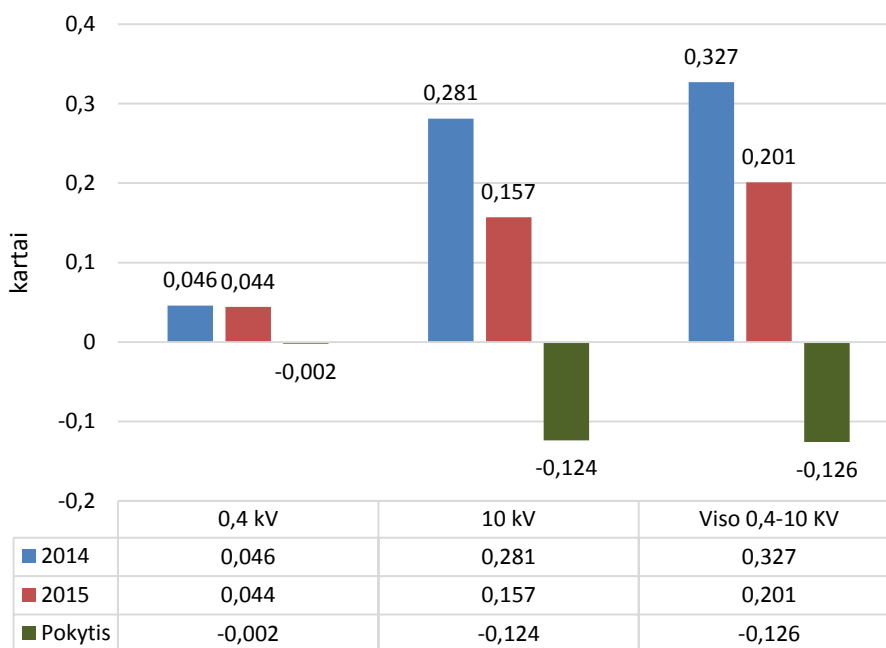
Žemos įtampos tinkle SAIFI pokytis yra teigiamas bet labai mažas. Bendras Kauno regiono rodiklis sumažėja nuo 1,163 kartų elektros energijos persiuntimo nutraukimo vienam vartotojui iki 0,988 karto.



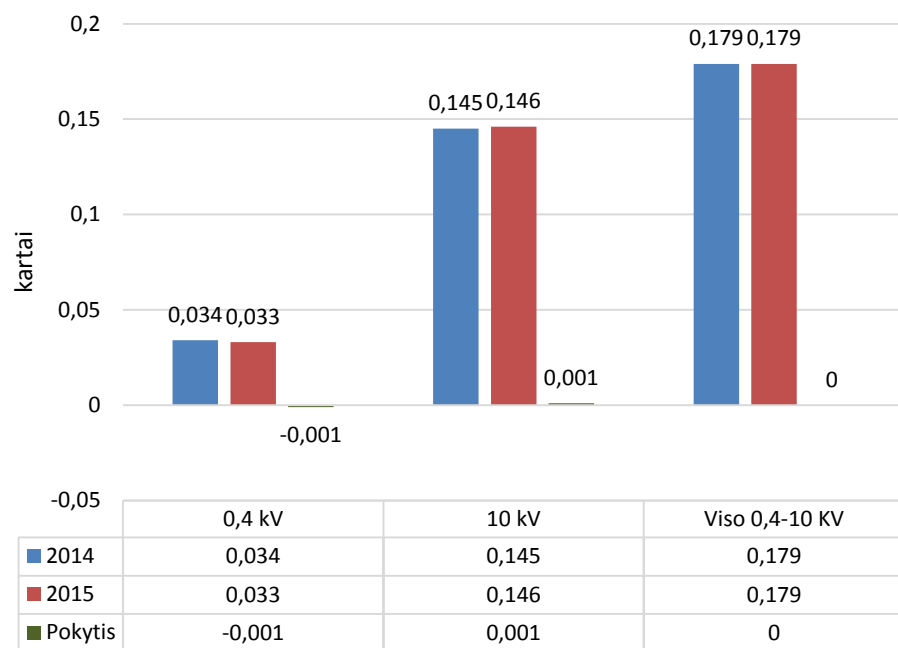
3.31 pav. 2014 ir 2015 m. SAIDI palyginimas pagal įtampas.

SAIDI rodiklis 0,4 kV tinkle per metus sumažėjo ~6 min., 10 kV tinkle ~ 28,6 min., o bendras regiono rodiklis sumažėjo 34,75 minutėmis.

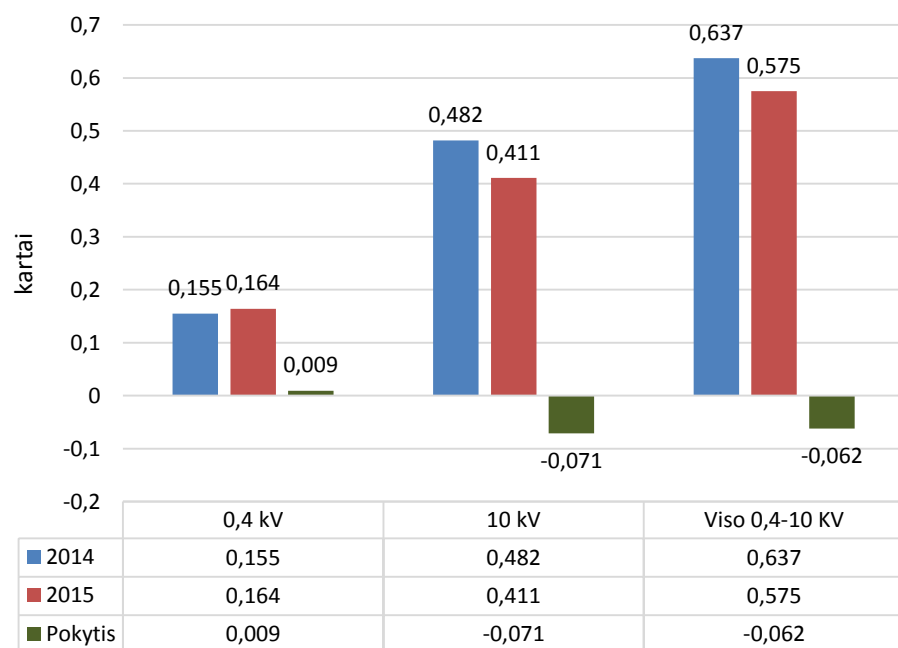
SAIFI rodiklių palyginimas pagal priežastis 0,4 kV ir 10 kV tinkle pateikiamas 3.32–3.35 paveiksluose.



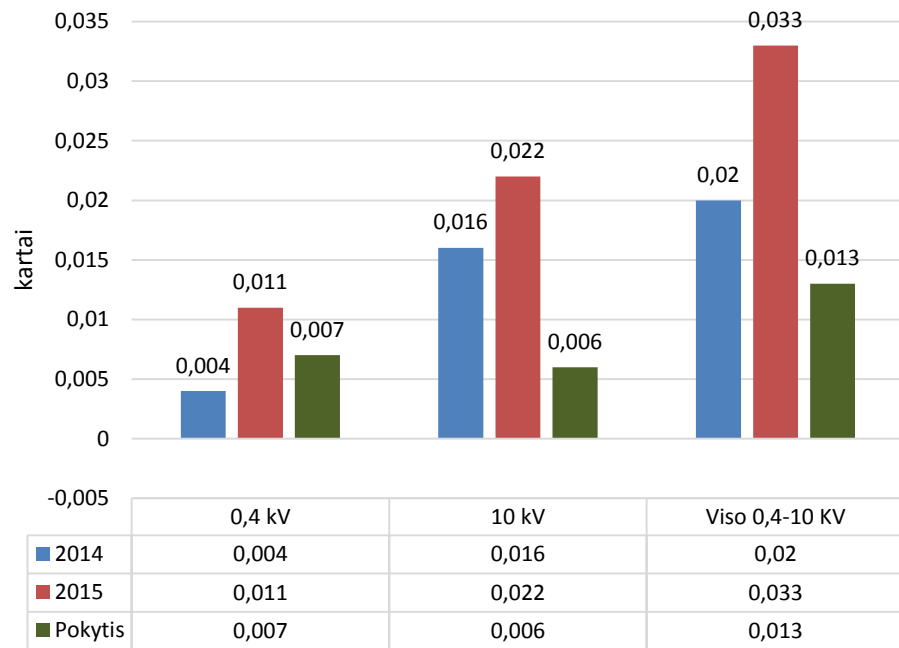
3.32 pav. 2014 ir 2015 m. SAIFI rodiklių dėl „force majeure“ palyginimas.



3.33 pav. 2014 ir 2015 m. SAIFI rodiklių dėl išorinio poveikio palyginimas.



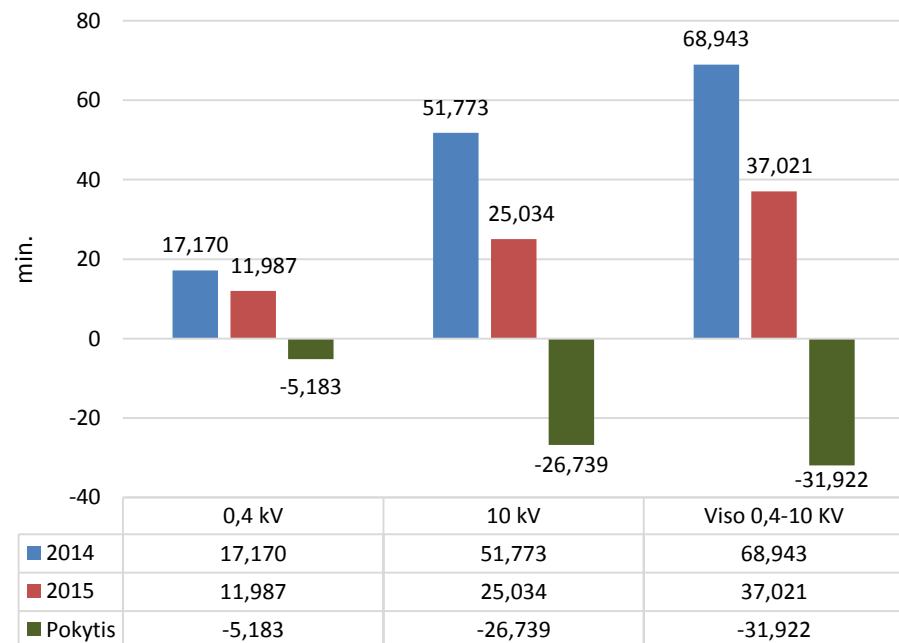
3.34 pav. 2014 ir 2015 m. SAIFI rodiklių dėl operatoriaus atsakomybės palyginimas.



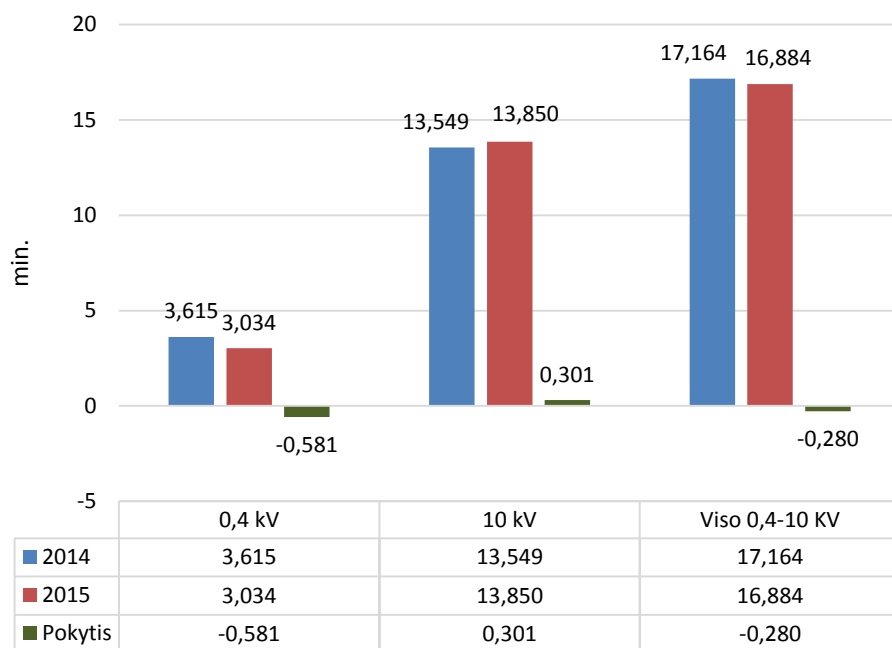
3.35 pav. 2014 ir 2015 m. SAIFI rodiklių dėl nenustatytų prižasčių palyginimas.

SAIFI rodiklis mažėja dėl prižasčių, priskiriamų „force majeure“ ir operatoriaus atsakomybei. Dėl išorinio poveikio bendras pokytis 0,4–10 kV tinkle lygus 0. Dėl nenustatytų prižasčių SAIFI didėja, bet šios dalies įtaka bendram rodikliui yra maža.

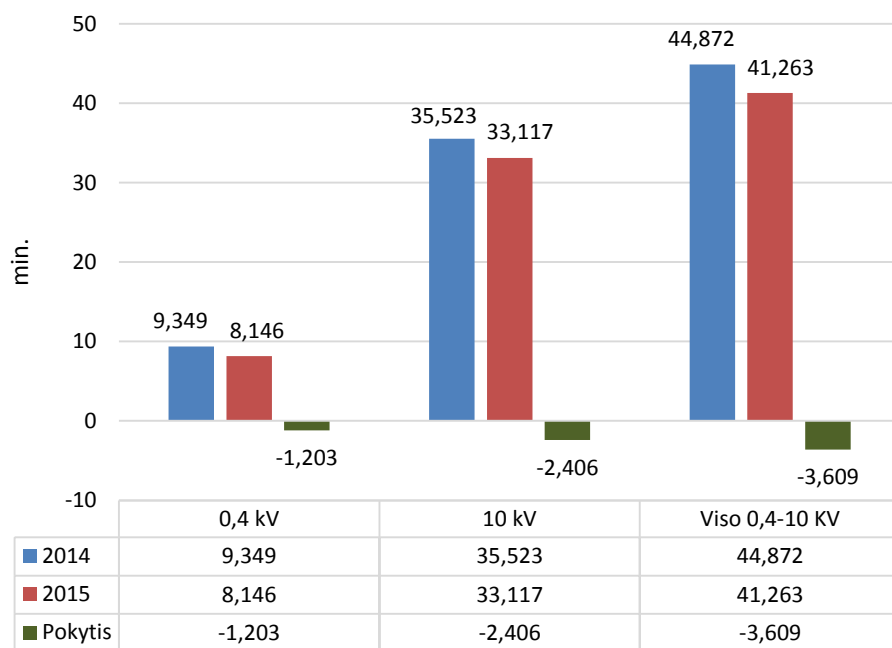
SAIDI rodiklių palyginimas pagal prižastis 0,4 kV ir 10 kV tinkle pateikiamas 3.36–3.39 paveiksluose.



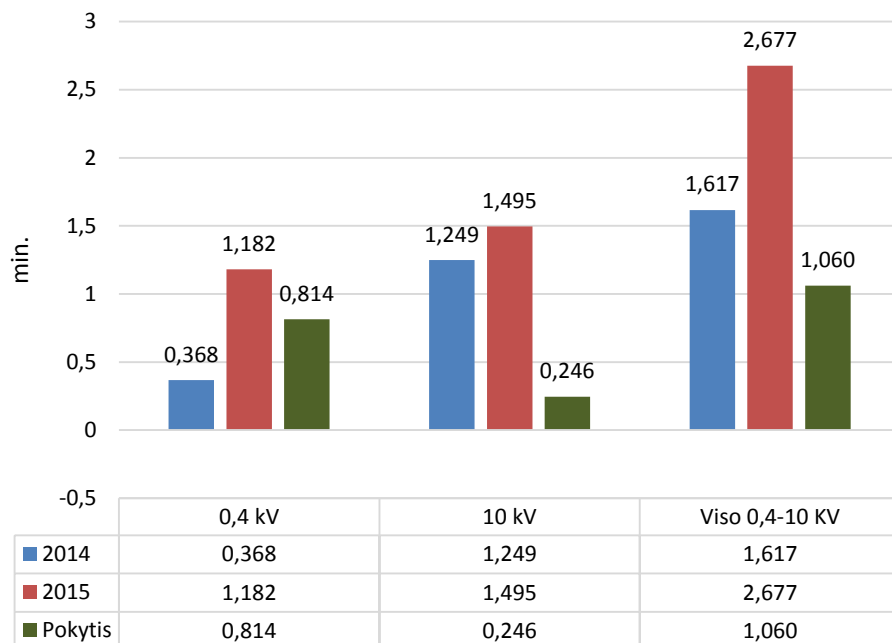
3.36 pav. 2014 ir 2015 m. SAIDI rodiklių dėl „force majeure“ palyginimas.



3.37 pav. 2014 ir 2015 m. SAIDI rodiklių dėl išorinio poveikio palyginimas.



3.38 pav. 2014 ir 2015 m. SAIDI rodiklių dėl operatoriaus atsakomybės palyginimas.



3.39 pav. 2014 ir 2015 m. SAIDI rodiklių dėl nenustatytų priežasčių palyginimas.

SAIDI rodiklis didėja dėl nenustatytų priežasčių, bet padidėjimas yra labai nedidelis ~1min. Dėl išorinio poveikio, operatoriaus atsakomybės ir „*force majeure*“ mažėja. Didžiausią įtaką rodikliui turi „*force majeure*“, būtent dėl šių priežasčių SAIDI rodiklis sumažėja ~32 min.

4. EKONOMINIS VERTINIMAS

4.1 Investicijų ekonominis vertinimas

Atliekamas 2014 metų investicijų ekonominis vertinimas. Vertinimui reikalingi duomenys pateikiami 4.1–4.3 lentelėse.

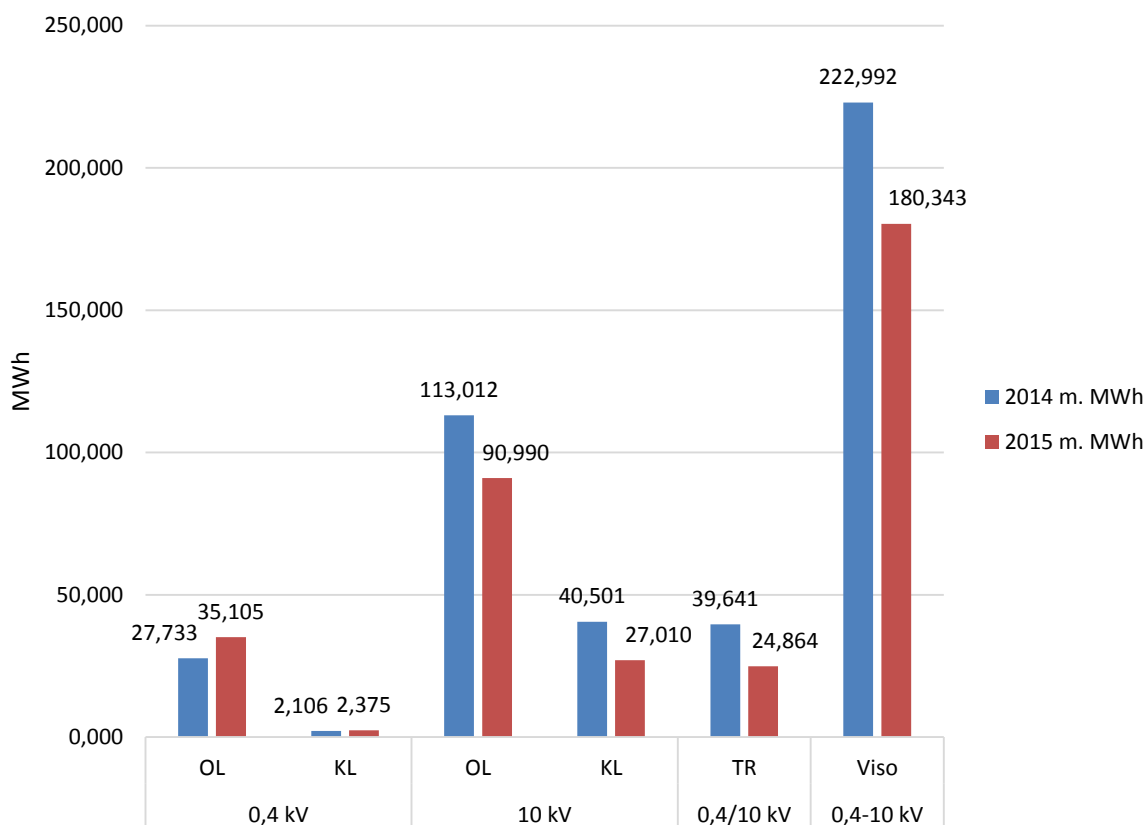
4.1 lentelė. 2014 m. investicijos, skirtos Kauno regiono elektros skirstomajam tinklui. Duomenys pateikiami tūkstančiais eurų [20].

| Įrenginių grupės | | 0,4 kV | | 10 kV | | 0,4/10 kV TR | 0,4-10 kV Viso |
|------------------|-------------|--------|----|-------|-----|--------------|----------------|
| | | OL | KL | OL | KL | | |
| Metai | tūkst. Eur. | | | | | | |
| 2014 m. | | 3517 | 62 | 1152 | 382 | 509 | 5622 |

4.2 lentelė. Nepateikta elektros energija dėl neplaninių įvykių Kauno regione [20].

| Įrenginių grupės | | 0,4 kV | | 10 kV | | 0,4/10 kV TR | 0,4-10 kV Viso |
|------------------|-----|--------|-------|---------|--------|--------------|----------------|
| | | OL | KL | OL | KL | | |
| Metai | MWh | | | | | | |
| 2014 m. | | 27,733 | 2,106 | 113,012 | 40,501 | 39,641 | 222,992 |
| 2015 m. | | 35,105 | 2,375 | 90,990 | 27,010 | 24,864 | 180,343 |

Nepateiktos elektros energijos grafinis vaizdas pateikiamas 4.1 paveiksle.



4.1 pav. Nepateikta elektros energija dėl neplaninių įvykių Kauno regione.

Finansiniai nuostoliai dėl nepateiktos elektros energijos paskaičiuojami pagal formulę (4.1) [21]:

$$\Delta C = \Delta W \cdot K, \text{ Eur}; \quad (4.1)$$

Čia ΔW – elektros energijos nuostoliai, kWh, K – elektros energijos standartinio tarifo kaina.

$K = 0,127 \text{ Eur/kWh}$ [22].

Pateikiamas 2014 m. 0,4–10 kV elektros tinklo nuostolių skaičiavimas. Kiti skaičiavimai atliekami analogiškai, rezultatai pateikiami 4.3 lentelėje.

$$\Delta C_{2014} = 222992 \cdot 0,127 = 28320 \text{ Eur} = 28,320 \text{ tūkst. Eur}.$$

4.3 lentelė. Finansiniai nuostoliai, patirti dėl nepateiktos energijos.

| | | 0,4 kV | | 10 kV | | 0,4/10 kV TR | 0,4-10 kV Viso |
|---------|------------|--------|-------|--------|-------|-----------------|-------------------|
| | | OL | KL | OL | KL | | |
| 2014 m. | tūkst. Eur | 3,522 | 0,267 | 14,352 | 5,144 | 5,034 | 28,320 |
| 2015 m. | tūkst. Eur | 4,458 | 0,302 | 11,556 | 3,430 | 3,158 | 22,904 |

Investicijų ekonominė nauda dėl nepateiktos elektros energijos skaičiuojama pagal formulę (4.2):

$$B_i = C - C_i, \text{ Eur}; \quad (4.2)$$

Čia C – nepateiktos elektros energijos nuostolių kaina prieš investicijas, C_i – nepateiktos elektros energijos nuostolių kaina po investicijų [21].

$$B_i = 28,320 - 22,904 = 5,416 \text{ tūkst. Eur}.$$

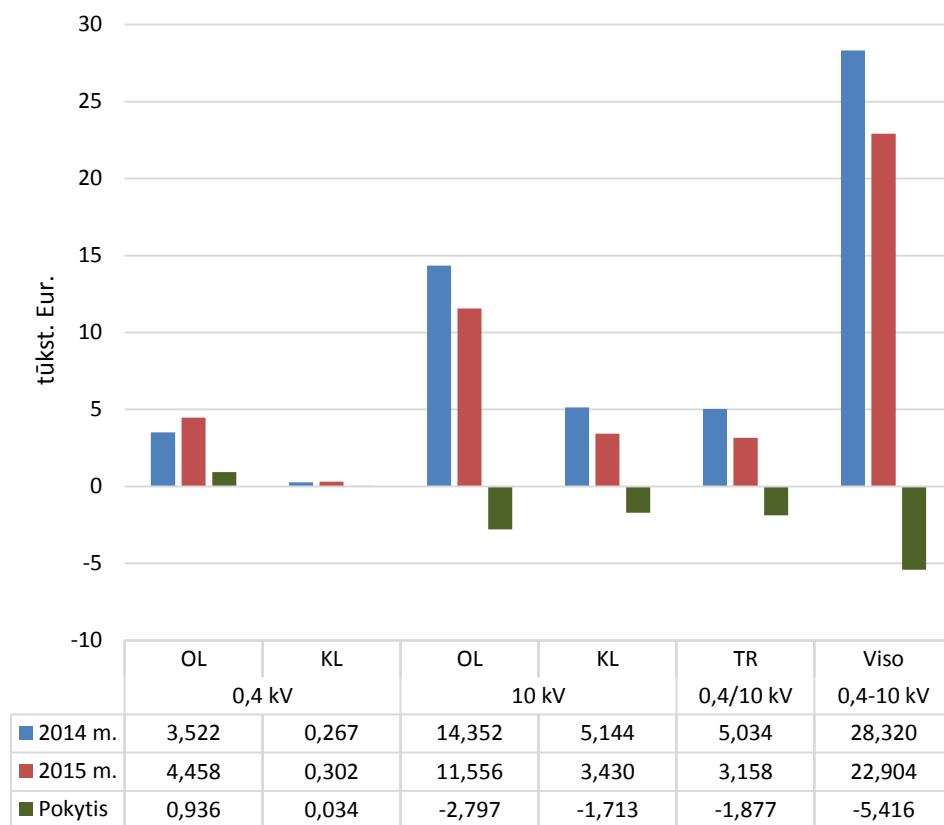
Analogiškai skaičiavimai atliekami visoms įrenginių grupėms, skaičiavimų rezultatai pateikiami 4.4 lentelėje.

4.4 lentelė. 2014 m. investicijų ekonominė nauda, vertinant patirtus nuostolius dėl nepateiktos elektros energijos.

| Įrenginių grupės | 0,4 kV | | 10 kV | | 0,4/10 kV TR | 0,4-10 kV Viso |
|--------------------|--------|--------|-------|-------|-----------------|-------------------|
| | OL | KL | OL | KL | | |
| B_i , tūkst. Eur | -0,936 | -0,034 | 2,797 | 1,713 | 1,877 | 5,416 |

0,4 kV skirstomajame tinkle nuostoliai padidėjo, bet sumažėjo 10 kV tinkle ir 0,4/10 kV transformatorinėse. Vertinant visą 0,4–10 kV tinklą, investicijų ekonominė nauda teigiama. Investavus į elektros skirstomąjį tinklą, Kauno regione dėl nepateiktos elektros energijos sutaupyti 5,416 tūkst. eurų.

2014 ir 2015 metais patirti nuostoliai bei jų pokytis pateikiami 4.2 paveiksle.



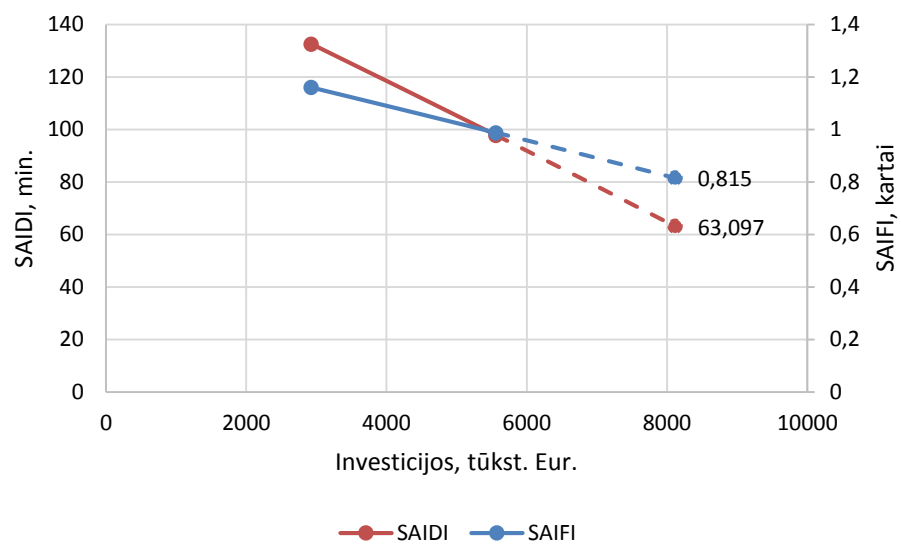
4.2 pav. Dėl nepateiktos elektros energijos patirtų nuostolių palyginimas.

4.2 Investicijų įtaka SAIFI ir SAIDI rodikliams

Įvertinus SAIFI ir SAIDI rodiklių kitimą pagal investicijų didėjimą į skirstomąjį elektros tinklą ir darant prielaidą, jog rodikliai ir toliau mažės pagal tą pačią tiesinę funkciją, 2016 metais prognozuojami tokie rodikliai: SAIFI – 0,815 karto, SAIDI – 63,097 min.

4.5 lentelė. Prognozuojami SAIFI ir SAIDI rodikliai.

| Investicijos, tūkst. Eur. | SAIFI, kartai | SAIDI, min |
|------------------------------|---------------|------------|
| 2926 | 1,161 | 132,597 |
| 5560 | 0,988 | 97,847 |
| 8116 | 0,815 | 63,097 |



4.3 pav. Prognozuojamas SAIFI ir SAIDI rodiklių kitimas Kauno regione.

IŠVADOS

1. Investicijomis į skirstomąjį tinklą siekiama, kad tinklas būtų saugus ir patikimas, užtikrintų kokybišką įtampą, būtų atsparus gamtos reiškiniams ir išmaniai valdomas.
2. Tinklo patikimumo įvertinimui naudojami rodikliai: SAIDI, SAIFI ir nepateiktos elektros energijos kiekis.
3. Elektros energijos persiuntimo nutraukimo priežastys skirstomos į „*force majeure*“, išorinio poveikio, operatoriaus atsakomybės ir nenustatytas priežastis.
4. 2013 m. į elektros skirstomąjį tinklą investuota 2,9 mln. Eur., 2014 m. – 5,6 mln. Eur., 2015 m. – 8,1 mln. Eur. Didžioji dalis investicijų skiriama 0,4 kV oro linijų tinklui.
5. Daugiausia gedimų bei atsijungimų įvyksta 0,4 kV tinkle (apie 80%). Žemos įtampos tinkle daugiausia gedimų bei atsijungimų įvyksta oro linijose (93–94%). Vidutinės įtampos tinkle ~50% gedimų taip pat vyksta oro linijose.
6. Didžioji dalis gedimų, neplaninių atsijungimų ir atjungimų yra dėl operatoriaus atsakomybės. 2015 metais tiek 0,4 kV, tiek 10 kV tinkle sumažėjo gedimų bei atsijungimų dėl „*force majeure*“ ir operatoriaus atsakomybės, bet padidėjo dėl išorinio poveikio ir nenustatytų priežasčių.
7. SAIFI ir SAIDI rodikliai 10 kV tinkle yra didesni, vadinasi vienam vartotojui elektros persiuntimas yra nutraukiamas dažniau ir ilgesniam laikui nei 0,4 kV tinkle.
8. Kauno regiono SAIFI rodiklis per metus sumažėjo nuo 1,163 kartų elektros energijos persiuntimo nutraukimo vienam vartotojui iki 0,988 karto.
9. Kauno regiono SAIDI rodiklis 0,4 kV tinkle per metus sumažėjo ~6 min., 10 kV tinkle ~ 28,6 min., o bendras regiono rodiklis sumažėjo 34,75 minutėmis (iš jų ~ 32min sumažėjo dėl „*force majeure*“).
10. 2014 m. Kauno regione dėl neplaninių įvykių nepateikta 223 MWh elektros energijos, 2015 m. – 180 MWh. Įmonės patirti finansiniai nuostoliai 2014 m. yra 28,3 tūkst. Eur., 2015 m. – 22,9 tūkst. Eur. Investavus į elektros skirstomąjį tinklą, Kauno regione dėl nepateiktos elektros energijos sutaupyti 5,4 tūkst. eurų.
11. Įvertinus SAIFI ir SAIDI rodiklių kitimą pagal investicijų didėjimą į skirstomąjį elektros tinklą ir darant prielaidą, jog rodikliai ir toliau mažės pagal tą pačią tiesinę funkciją, 2016 metais prognozuojami tokie rodikliai: SAIFI – 0,815 karto, SAIDI – 63,097 min.

LITERATŪRA

1. MENDOZA, J.E., et. al. Low voltage distribution optimization: Site, quantity and size of distribution transformers. *Electric Power Systems Research*. 2012, 91, 52-60. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsr.2012.05.004>
2. BRANDSTÄTT, Christine, Gert BRUNEKREEFT, Nele FRIEDRICHSEN. Locational signals to reduce network investments in smart distribution grids: What works and what not? *Utilities Policy*. 2011, 19(4), 244-254. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.iup.2011.07.001>
3. VALSTYBINĖ KAINŲ IR ENERGETIKOS KONTROLĖS KOMISIJA. Dėl garantinio elektros energijos tiekimo: 2013.12.13 [interaktyvus] [žiūrėta 2015-02-27]. Prieiga per: <http://www.regula.lt/Puslapiai/bendra/Teisine-informacija/konsultcijs%20tes%C4%97s%20akt%C5%B3%20klausimais/del-garantinio-elektros-energijos-tiekimo.aspx>
4. AB LESTO investicijų planas 2015–2025 m. [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2015-03-01]. Prieiga per: <http://www.eso.lt/stream/7560/elektros%20energetikos%20sektorius%20investicij%C5%B3%20planas%202015-2025%20metais.pdf>
5. AB LESTO technologinės tinklo plėtros strategija 2015 metams [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2016-01-11] Prieiga per: <http://www.eso.lt/stream/1594/strategija.%202015.pdf>
6. JANUTIENĖ, Jolanta. *Inžinerinių sistemų patikimumas: mokomoji knyga* [interaktyvus]. Vilnius: Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla, 2008 [žiūrėta 2015-03-18]. ISBN 9789955202578. Prieiga per: <https://www.ebooks.ktu.lt/eb/438/inzineriniu-sistemu-patikimumas/>
7. ŠULSKIS, Stasys. *Elektros energijos tiekimo patikimumo tyrimas: magistrantūros studijų baigiamasis darbas*. Lietuvos žemės ūkio universitetas. Akademija, 2010.
8. BUPASIRI, R., et. al. Optimal electric power distribution system reliability indices using binary programming. *Reliability and Maintainability Symposium*. 2003, 556-561. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1109/RAMS.2003.1182049>
9. VALSTYBINĖ KAINŲ IR ENERGETIKOS KONTROLĖS KOMISIJA. Nutarimas dėl elektros energijos persiuntimo patikimumo ir paslaugų kokybės reikalavimų: 2009 m. birželio 11d. Nr. O3–75 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-01-14]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/acc/legalAct.html?documentId=TAR.5B49BD24F347>
10. KALIATKA, Algirdas ir kt. Centralizuotų šilumos tinklų patikimumo vertinimo metodika Energetika [interaktyvus]. Kaunas: Lietuvos mokslų akademija, 2008, 54(2), 1-9 [žiūrėta 2016-03-05]. Prieiga per: http://www.lmaleidykla.lt/publ/0235-7208/2008/2/Ener_001_009.pdf

11. URBONAS, Vytenis. *Izoliuotos neutralės kabelinio elektros tinklo elementų būklės tyrimas: magistro studijų baigiamasis projektas*. Kauno technologijos universitetas. Kaunas, 2015.
12. BILLINTON, R., J.E. BILLINTON. Distribution system reliability indices. *IEEE Transactions on Power Delivery*. 2002, 4(1), 561-568. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1109/61.19247>
13. BILLINTON, Roy, Ronald N. Allan. *Reliability Evaluation of Power System: Second Edition* [interaktyvus]. New York: Springer Science+Business Media, 1996 [žiūrėta 2016-04-04]. ISBN 978148991604. Prieiga per: <http://tocs.ulb.tu-darmstadt.de/194060020.pdf>
14. DORJI, Tempa. *Reliability Assessment of Distribution Systems -Including a case study on Wangdue Distribution System in Bhutan: master thesis* [interaktyvus]. Norwegian university of science and technology, 2009 [žiūrėta 2016-05-09]. Prieiga per: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:348747/FULLTEXT01.pdf>
15. CELLI, Gianni, et. al. Reliability assessment in smart distribution networks. *Electric Power Systems Research*. 2013, 104, 164-175. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsr.2013.07.001>
16. LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. Lietuvos Respublikos elektros energetikos įstatymas: 2000 m. liepos 20 d. Nr. VIII-1881 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-02-18]. Prieiga per: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=363193
17. LIETUVOS RESPUBLIKOS ENERGETIKOS MINISTERIJA. Elektrinių ir elektros tinklų eksploataavimo taisyklės: Lietuvos Respublikos energetikos ministro įsakymas: 2012 m. spalio 29 d. Nr. 1-211 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-04-25]. Prieiga per: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=436523&p_query=&p_tr2=2
18. LIETUVOS RESPUBLIKOS ENERGETIKOS MINISTERIJA. Elektros įrenginių įrengimo bendrosios taisyklės: Lietuvos Respublikos energetikos ministro įsakymas: 2012m.vasario 3 d. Nr. 1-22 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-04-25]. Prieiga per: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=418124&p_query=&p_tr2=2
19. AB LESTO elektros energijos persiuntimo nutūkimo, skirstymo bei tiekimo paslaugų pažeidimo priežasčių priskyrimo kriterijai ir jų nustatymo tvarka: 2011 m. balandžio 7 d.
20. AB „Enerģijos skirstymo operatorius” (ESO) įmonės informacija, 2016.
21. LÅGLAND, Henry. *Comparison of Different Reliability Improving Investment Strategies of Finnish Medium–Voltage Distribution Systems: dissertation*. University of Vaasa. Vaasa, 2012.
22. Elektros energijos visuomeniniai tarifai nuo 2016 m. sausio 1 d. [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2016-05-10]. Prieiga per: <http://www.regula.lt/elektra/Puslapiai/tarifai/visuomeniniai-tarifai-ab-lesto-2014-metai.aspx>