



Rihard Orav

**ELEKTRILEVI OÜ JAOTUSVÕRGU
MADALPINGEKILPIDE
ÜLEVAATUSANDMETE ANALÜÜS**

LÕPUTÖÖ

Tehnikainstituut
Elektritehnika

Juhendajad: Tõnis Tamm, *MSc*, vol. ins
Indrek Tukmann, *BSc*

Tallinn 2024

Autori deklaratsioon ja lihtlitsents

Mina,

Rihard Orav,

tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autori/te/le ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendajad:

Tõnis Tamm (*Allkirjastatud digitaalselt*)

Indrek Tukmann (*Allkirjastatud digitaalselt*)

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks,

Mina, **Rihard Orav** (sünnikuupäev: **17.02.1999**), annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose **Elektrilevi OÜ jaotusvõrgu madalpingekilpide ülevaatusandmete analüüs**

1. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
2. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas, allkirjastatud digitaalselt.

SISUKORD

LÜHENDID JA MÕISTED.....	4
SISSEJUHATUS	5
1. ETTEVÕTTEST	6
1.1 Elektrilevi OÜ.....	6
1.2 Elektrilevi madalpingevõrk, kilbid	6
2. ÜLEVAATUSANDMETE ANALÜÜS	9
2.1 Analüüsi lähteandmed.....	9
2.2 Operatiivskeemi seadmekaartide usaldusväärsus	10
2.3 Defektidest.....	14
2.4 Märkimisväärsed defekte	15
2.4.1 Segane või puuduv operatiivtähistus.....	15
2.4.2 Grafiti	16
2.4.3 Defektid kliendi elektripaigaldises	18
2.4.4 Defektsed kontaktühendused	20
2.4.5 Puuduvad kaitsekatted	21
2.4.6 Lühistamata ja nullimata juhtmed.....	21
2.4.7 Masti/kilbi maandus	22
2.4.8 Kilbi lukustus	22
2.4.9 Kilbi seisukord.....	23
2.5 Ohtlikud defektid.....	24
2.6 Defektid kilbitüüpide kaupa	24
2.7 Defektid paigaldusaastate kaupa	26
2.8 Järeldused.....	27
KOKKUVÕTE	29
SUMMARY.....	30
VIIDATUD ALLIKAD.....	31

LÜHENDID JA MÕISTED

SAIDI – (ingl *System Average Interruption Duration Index*) keskmine katkestuskestus kliendi kohta. Peetakse elektrivõrgu töökindluse oluliseks näitajaks ja kasutatakse selle hindamiseks paljudes riikides, sh Eestis. [1]

NIS – (ingl *Network Information System*) tarkvaraarendaja Trimble loodud rakendus, mida Elektrilevis kasutatakse muu hulgas võrgu operatiivskeemi koostamiseks, käidutööde kavandamiseks, andmeanalüüside koostamiseks. [2]

Kadu – Võrku sisenenud ja tarbimiskohtades tarbimisena mõõdetud elektrienergia koguste vahe. Koosneb tehnilistest kadudest ja kommertskadudest. Tehniline kadu on elektrienergia ülekandel selle mittesihipärane muundamine soojuseks ja reaktiivenergiaks. Kommertskadu tuleneb mõõtesüsteemide ebatäpsusest, inimlikest eksimustest ja elektrienergia tarbimisest mõõtmata ahelate kaudu. [3], [4]

Rike – Seadme seisukord, mille korral see ei täida enda ettenähtud otstarvet – elektrienergia edastamist. Rikke tulemusel tarbijate varustuskindluse tase langeb või toimub toitekatkestus. [5]

Defekt – Elektrivõrgu elemendi etteantud tehnilistest nõuetest ja normidest kõrvalekaldumine, mis suurendab rikke tekkimise tõenäosust. [6]

Enesekontroll - Seadme ohutuse seadusega reguleeritud protsess, millega võib asendada elektripaigaldise auditi toiminguid. [7]

Elektriliinside – ELS (ingl *Power-Line Communication*), elektrivõrgu, käesoleval juhul 0,4 kV võrgu kasutamine sidekanalina andmete edastamiseks. [8]

Kontsentraator – ELS võrgu keskseade, mille eesmärk on ELS signaalide liinile andmine ja vastuvõtt. Kontsentraator korraldab andmesidet temaga füüsiliselt elektriliinide kaudu ühenduses olevate arvestitega ja suhtleb andmete sihtkohaks oleva keskserveriga mobiilside kaudu. [8]

Repiiter – ELS signaalikordaja, mis kordab vastuvõetud madala nivooga signaali kõrgema nivooga. Tavaliselt täidavad signaalikordaja ülesannet ELS arvestid. Arvesti puudumisel tekib madala ELS signaalinivooga võrgu punktis vajadus repiiteri paigaldamiseks. [8]

SISSEJUHATUS

Lõputöö eesmärk on anda ülevaade Elektrilevi jaotusvõrgu madalpingekilpidel tuvastatud defektidest. Samas valdkonnas on 2016. aastal tellitud analüüs Tallinna Tehnikaülikoolilt, mis analüüsis jaotusvõrgus esinevate defektide ja rikete seoseid [9]. Samuti on 2021. aastal Tallinna Tehnikakõrgkoolis kaitstud lõputöö, kus uuriti Tallinna piirkonna jaotusvõrgus esinevaid rikkeid [10]. Samadele analüüsidele on väiksemas mahus ka siin töös viidatud. TalTechi analüüsi raportis on toona märgitud, et järgmine sellelaadne analüüs tuleks teha 5–10 aasta pärast.

Elektrilevi teenuse ühiskondliku tähtsuse tõttu on äärmiselt oluline, et see teenus on kulutõhus. See tähendab, et igal võimalikul viisil tuleb rakendada meetmeid kadude vähendamiseks ja töökindluse tagamiseks. Just nende ülesannetega tegeleb ettevõtte korrashoiutööde üksus. Samas üksuses on aasta aega võrgutehniku ametikohal töötanud ka lõputöö autor. Elektrilevi on võtnud suuna kasvatada võimekust teostamiseks enamus hooldus- ja remonttöödest jaotusvõrgus ettevõttesiseselt ja taoliste ülevaadete tegemine on päevakajaline teema.

Töö esimeses osas on põgusalt tutvustatud võrguettevõtet, selle madalpingevõrku ning töös uuritavaid madalpingekilpe. Teises osas on koostatud kirjeldav analüüs uuritavate andmete põhjal. On hinnatud seni kogutud ülevaatusandmete usaldusväärsust võrguettevõtte andmebaasis. Kirjeldatud on erinevate defektide tuvastamise sagedust enesekontrolli käigus aastate lõikes. Samuti on uuritud, kuidas puudused jaotuvad erinevate kilbitootjate erinevate kilbitüüpide vahel. Kolmandas osas on kirjeldatud tähelepanu väärivaid kilpidel esinevaid puudusi.

Lõputöö on loodetavasti abiks tulevikus hooldustööde kavandamisel või tööde kavandamiseks kogutavate andmete täpsuse parendamisel, panustades seeläbi ühiskonnale strateegilise tähtsusega teenuse kvaliteedi ja töökindluse tagamisse.

1. ETTEVÕTTEST

1.1 Elektrilevi OÜ

Elektrilevi on Eesti suurim jaotusvõrguettevõtja, mille teeninduspiirkond moodustab Eesti pindalast 95% ja koos tütarettvõttega Imatra Elekter ligi 99%. Ettevõttel on üle 533 000 kliendi, tema hallata on rohkem kui 63 000 kilomeetrit elektriliine ja rohkem kui 25 000 alajaama üle Eesti. [11], [12]

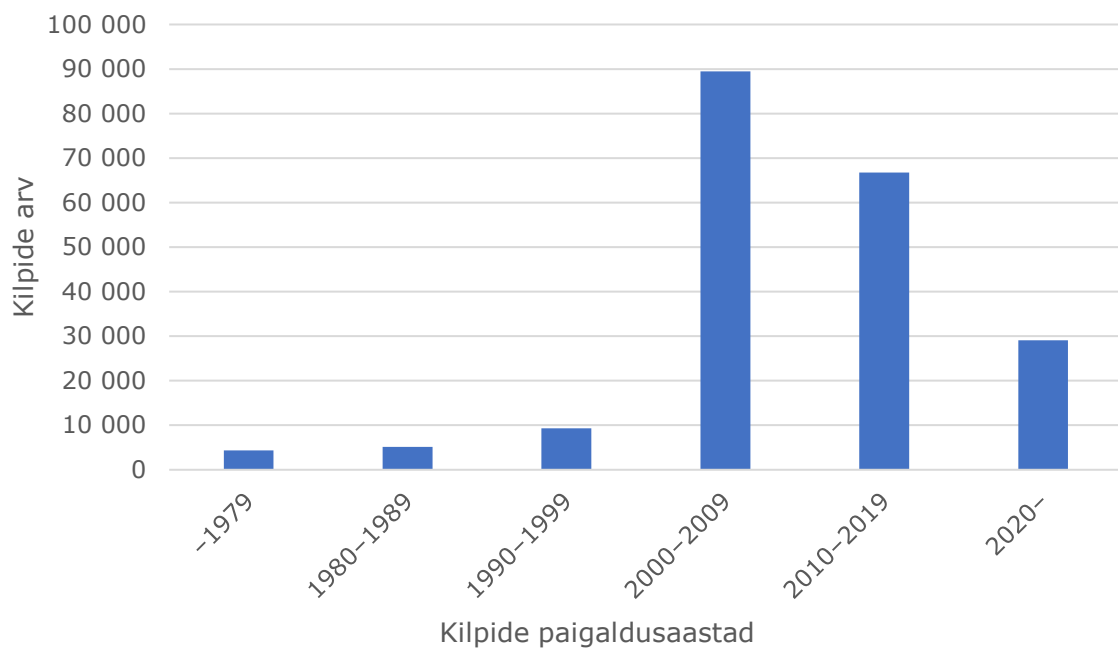
Elektrilevi teenus on ühiskonnale strateegilise tähtsusega. Seetõttu on ettevõtte jaoks eriti oluline silmas pidada oma teenuse kvaliteeti, töötajate ja klientide ohutust ning laiemalt kogu übritseva keskkonna hoidmist. Ettevõtte arendab järjepidevalt oma võrku tehnoloogia arenguga kaasa liikudes ning koolitab töötajaid ohutusalaselt. Teenuse osutamisel järgib ettevõtte turuosaliste suhtes võrdse kohtlemise põhimõtteid. Selleks on koostatud seadusega ette nähtud võrdse kohtlemise kava ning selle täitmist kontrollib Konkurentsiamet. [11], [13]

Kaks olulist võrgu töökindluse näitajat on rikete arv ning SAIDI. 2022. aastal oli võrgus 11 666 riket ja rikkeline SAIDI oli 236 minutit (rikkeid oli poole võrra vähem kui kümme aastat varem ja rikete arv on jätkuvalt langustrendis) [12]. Erakorraliste ilmastikuolude tõttu oli 2023. aastal SAIDI 450 minutit [14, lk 17]. Võrdluseks, näiteks Lätis oli 2022. aastal rikkeline SAIDI 163 minutit [15]. Omades võrgus toimuvast terviklikku ülevaadet on võimalik mõlemat näitajat vähendada ja töötoiminguid tõhusalt planeerida.

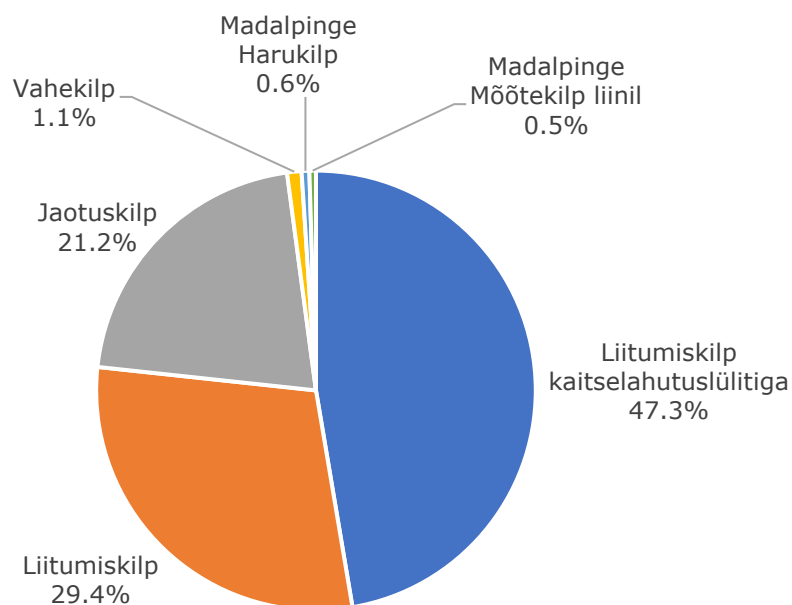
1.2 Elektrilevi madalpingevõrk, kilbid

Elektrilevi madalpingevõrk koosneb suures pildis paljasjuht-õhuliinidest, õhukaabelliinidest, maakaabelliinidest ja neid siduvaist kaitse-, lülitus-, ning jaotusseadmetest. Madalpingevõrgu rikked moodustavad 2/3 kogu rikete hulgast võrgus, kusjuures enamik neist on seotud madalpinge paljasjuhtmeliste õhuliinidega. Kuigi madalpinges on rikkeid oluliselt rohkem kui keskpinges, siis 80% katkestusajast (*SAIDI) on põhjustatud keskpingeriketest. [12]

Võrgus on käigus kokku üle 200 000 kilbi. Enamus kilpidest on paigaldatud peale 2000. aastat (Joonis 1). Ligikaudu 90 000 kilpi on vanuses 15–25 aastat, mis on sisuliselt pool seadme elueast. Kõigist neist moodustavad 76,7% liitumiskilbid (LK) ja 21,2% jaotuskilbid (JK). Ülejäänud 2,1% moodustavad vahekilbid (VK), madalpinge harukilbid (MPHK) ja madalpinge mõõtekilbid (MK) kolme peale kokku (Joonis 2).



Joonis 1. Kilpide jaotus paigaldusaastate järgi



Joonis 2. Madalpingekilpide osatähtsused võrgus

Liitumiskilbid on sellised, kus reeglina asub kliendi liitumispunkt, peakaitse ning arvesti. Võimsamate tarbijate puhul ei kasutata otseühendusarvestit, vaid mõõtmise toimub voolutrafodega (kommertsmõõtesüsteem). Ka voolutrafod võivad sellisel juhul asuda liitumiskilbis. Liitumiskilbid on reeglina paigaldatud mastile, pinnasesse kliendi kinnistu piiril või kinnistule, aga mõnikord ka kliendi hoone seinale. Kaitselahutuslülitiga

liitumiskilbis on lisaks peakaitsmele ka kaitselahutust (turvalahutust) tagav lülitusseade. Liitumiskilbis ei tarvitse olla ainult ühe kliendi liitumispunkt. Liitumiskilpide puhul on probleem, et hinnanguliselt 29% liitumiskilpides (vanematüübilistes) ei ole kaitselahutuslülitit. Sellest tulenevalt on väga raske täita pingeabadele töödele esitatavaid nõudeid ning tööde teostamiseks võib vajalik olla ulatuslike katkestuste tegemine. Eriti õhuliinide toitel olevates piirkondades. Sellega seondult ei pruugi olla võimalik teha töid lihtsa hooldustööde korra järgi, vaid tekib vajadus tööteate vormistamiseks ja lülitamiseks. See on tööde planeerimise seisukohast oluline kitsaskoht.

Jaotuskilp, nagu nimi viitab, on ette nähtud elektrienergia jaotamiseks, aga ka operatiivlülitamiste võimaldamiseks madalpinge kaablivõrgus. Jaotuskilbid paigaldatakse reeglina pinnasesse. Kilp sisaldab vähemalt üht sisenevat ja üht väljuvat liini ning kindlasti vähemalt üht lülitusseadet. Lülitusseadmed on tavaliselt sulavkaitsmetega koormuslahklülitid (nn jadavinnakud), mis võimaldavad ahelaid sulgeda ja avada ning kaitsevad ülekoormuse ja lühise eest. Sulavkaitsmete asemel võivad lülitid sisaldada ka lühisnuge, sellisel juhul täidavad need üksnes lüliti ülesannet.

Madalpinge harukilp on mõnevõrra sarnane JK-ga. Ka seal on vähemalt üks sisenev ja üks väljuv liin, kuid puuduvad lülitusseadmed. Ühendused tehakse latistusele üksnes poltliidetega.

Vahekilp on nüüdseks madalpingevõrgus iganenud termin, ja skeemiparanduste käigus omistatakse neile jaotuskilbi tunnus. Vahekilbid on suures osas oma aja ära elanud ja vajavad asendamist. Üldjuhul on need paigaldatud mastile ja neis on sisenev liin, väljuv liin ja (kaitse)lülitid. Reeglina on ka kliendi liitumispunkti asukoht sellisel juhul märgitud vahekilpi. Vahekilbid paigaldatakse tavaliselt sellistesse võrguosadesse, kus oli probleeme kaitsmete rakendusajaga (pikk liin, väike lühisvool liini lõpus). Kuigi neid järgemööda asendatakse, on neid ikkagi märkimisväärne hulk veel võrgus.

Mõõtekilp liinil sisaldab elektriliinsideks vajalikke seadmeid, tavaliselt andmekontsentraatorit või repiiterit. Võib sisaldada ka arvestit, näiteks kui kliendi liitumispunkt asub hoone seinal, aga mõõtmine toimub mastile paigaldatud kilbis, siis on see kilp määratletud kui mõõtekilp. Mõõtekilp on ka kilp, kus sees on arvesti ja LLK (lahutus-lühistusklemmid) ja mis on paigaldatud trafoühendusarvesti korral (mõõtetetrafoodega mõõtmine).

2. ÜLEVAATUSANDMETE ANALÜÜS

2.1 Analüüsi lähteandmed

Pidevalt kogutakse ja töödeldakse palju erinevaid võrguandmeid. Ainuüksi korrashoiutööde valdkonna andmete juurde kuuluvad näiteks:

- võrguliitumistega seotud andmed,
- võrguvara ülevaatus töödel tehtud fotod,
- võrguvara ülevaatus töödel tuvastatud defektide andmed,
- võrguobjektide üldised (tehnilised) andmed,
- võrguobjektide asukohaandmed,
- võrguobjektide hooldustöödega seotud andmed,
- elektriskeemidega seotud andmed.

Kogutud andmete põhjal on võimalik koostada väga palju erinevaid analüüse. Töös koostatud analüüsi aluseks on kolm tabeli kujul NIS-i andmebaasi väljavõtet: „kõik_kilbid.xlsx“, „kilbid_defektid.xlsx“, ning „kilbid_tegevused.xlsx“. Esimene tabel sisaldab andmeid võrgus olevate kilpide kohta üldiselt. Teine tabel sisaldab lisaks kilpidele lisatud defekte. Kolmas tabel sisaldab lisaks kilpidele tehtud ülevaatused ja hooldamisi. Tabelites on järgmised veerud:

- ID (unikaalne objekti viitenumber andmebaasis)
- Objekti klass (kilbitüübi nimetus andmebaasis)
- Kilbi tootja
- Kilbi tootja tüüp
- X koordinaat
- Y koordinaat
- Kilbi kasutuselevõtu kuupäev.

Defektide tabelis on lisaks:

- Tuvastatud defekti nimetus (tüüpnimetus andmebaasis)
- Tuvastatud defekti täpsustus (tüüptäpsustus andmebaasis)
- Defekti lisamise kuupäev.

Tegevuste tabelis on lisaks:

- Lisatud tegevuse nimetus (ülevaatus või hooldamine)
- Tegevuse lisamise kuupäev.

Väljavõtete andmete periood on 01.01.2014 – 31.12.2023. Täiendusena on kasutatud jooksvalt NIS-is tehtud päringuid. Tasub meeles pidada, et andmebaas pidevalt muutub ja

töös esitatud numbrilised väärtused kehtisid väljavõtte tegemise hetkel (2024. aasta veebruaris).

Kokkuvõtete koostamisel on lähtutud järgmistest küsimustest:

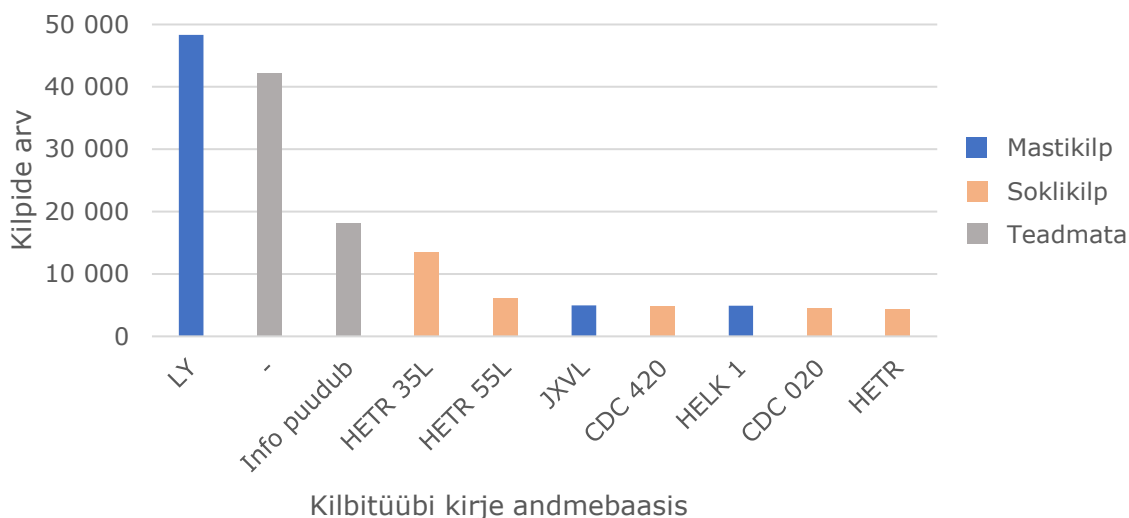
- Millised kilbitüübid on võrgus kasutusel?
- Kui täpsed on andmed kilbitüüpide kohta?
- Milliseid defekte on enim tuvastatud?
- Kuidas jaotuvad defektid erinevate kilbitüüpide vahel?
- Kas tuvastatud defektide hulk sõltub kilbi vanusest?
- Kui palju on ohtlikke defekte?

Üldväljavõttes on kokku 204 214 kilpi, millest 146 873 kilpi (72%) on vähemalt ühe korra viimase kümne aasta jooksul looduses üle vaadatud (käidud kohal ja lisatud andmebaasi ka vastav tegevus) ja nende andmebaasis olevaid andmeid korrigeeritud. Neid kilpe, millel on tuvastatud mingi puudus on kokku 69 514.

On ette nähtud, et töö autor hävitab andmebaasist tehtud väljavõtted kohe pärast lõputöö kaitsmist.

2.2 Operatiivskeemi seadmekaartide usaldusväärsus

Kasutusel olevad kilbid pärinevad suures osas kolmelt tootjalt: ABB ($\approx 40\%$), Harju-Elekter ($\approx 28\%$) ning Jumax ($\approx 7\%$). Endiselt on suurel hulgal kasutuses NSV Liidu aegseid kilpe (Harju KEK, Kuusalu, Energoremont jne, $\approx 3\%$). Ligikaudu 18% kilpidest on aga sellised, mille puhul andmebaasis ei ole määratud ei tootjat ega tüüpi. Ülejäänud 4% moodustavad teiste tootjate kilbid (90. aastate alguses Rootsist ja Soomest saadud humanitaarabi, valdavalt Saaremaal ja Läänemaal). Selgelt on kõige enam võrgus ABB LY tüüpi kilpe. Kokku on neid rohkem kui 48 000. Piirkonniti kindlate tootjate selget eelistamist andmetest ei nähtu. Graafikul (Joonis 3) on esitatud kümme enamlevinud kilbitüüpi vastavalt andmebaasi andmetele. Värvidega on eristatud kilbid nende ettenähtud paigaldusviisi järgi (tuginedes tootjate juhiste). „Teadmata“ tähendab, et kilbitüübi kirje järgi ei ole võimalik teada, milline on vastava kilbi ettenähtud paigaldusviis. Seda, kuidas kilbid tegelikult looduses paigaldatud on, ei ole siin arvestatud.



Joonis 3. Kümme enamlevinud kilbitüüpi võrgus

Andmebaasis on kilpide seadmekaarte täites võimalik määrata tootja ja tootja tüüp eraldi. Valikud ei ole omavahel rakenduses loogiliselt seotud. See tähendab, et määraes tootja on tüüp võimalik sisestada täiesti teise kilbitootja toodete seast. Nii võib näiteks olla andmebaasis tootjaks määratud ABB, kuid kilbitüüp hoopis Harju-Elektri toodete seast. Seetõttu erineb tegelik hulk iga tootja kilpe mingil määral andmebaasis kuvatavast numbrist. Veel enam, 18% väljavõtte andmete puhul on see info ebamäärane.

Osadel juhtudel ei pruugi ka lisatud fotod õiged olla. Oluline on see, kas kilbile on tehtud ülevaatus. Ülevaatus töö käigus toimub pildistamine ja andmete korrastamine. Samuti ei lisata hiljuti ehitatud paigaldiste kohta fotosid otse NIS-i andmebaasi. Need fotod on koos ehitusdokumentidega ja säilitatakse mujal. Oleks tervitatav, kui fotod kilpide paigaldamisest lisataks ka NIS-i seadmekaartidele. See hoiaks kokku väärtuslikku aega andmeanalüüsil ja ka korrashoiutööde planeerimine muutuks lihtsamaks. Näiteks linnapiirkondades ei ole skeemi järgi alati arusaadav, kas seadmed asuvad hoone välisseinal või hoones sees. Ehitusaegsete fotode põhjal saab tihti juba ette hinnata, kas hooldustööks on vaja ligipääs kliendiga eelnevalt kokku leppida või mitte. Ehitusaegsete fotode põhjal saab mõnikord ka hooldustöö sisu mingis mahus ette planeerida (nt kui on fotodel näha nüüdseks mittevastavtähistus saab õige tähistuse enne kohale minekut ette valmistada). Fotod laekuvad aga NIS-i andmebaasi üldjuhul ülevaatus- või hooldustöö käigus, st see võib toimuda aastaid pärast seadmete paigaldamist.

Seega on selge, et andmebaasi andmed ei ole täiel määral tegelikkusele vastavad. Kuid ei ole teada vigaste andmeridade osakaal. Ilmneb vajadus välja selgitamiseks, milline on keskmiselt seadmekaartide tegelikkusele vastavus protsentides (seadme tootja ja tüübi osas). Selleks on töös üle kontrollitud lihtne juhuslik valim kilpide üldkogumist. Kontrolliks on kasutatud autorile vabalt kättesaadavaid vahendeid, sh kilbitootjate kataloogid, Google

Maps ja NIS. Valimi arvutamiseks kasutati valimikalkulaatorit [16], mis arvutab valimi W. G. Cochrani valemiga (1) [17, lk 75]:

$$n = \frac{Z^2 \cdot P(1 - P)}{\epsilon^2}, \quad (1)$$

kus n on valim teadmata suurusega üldkogumist,

Z on z-skoor valitud usaldustaseme juures,

P on üldkogumi proportsioon,

ϵ on veamäär.

Üldkogumist valimi arvutamisel on lähtutud sellest, et tulemuses saaks olla vähemalt 95% kindel (usaldustase) ja et tegelik väärtus võib arvutatust erineda maksimaalselt 5% (veamäär). Üldkogumi proportsioon on 0,5. Tegelik proportsioon on teadmata, kuid 0,5 annab suurima valimi. Z-skoor on seotud usaldustasemega ja on tabelist võetud suurus (95% juures 1,96) [18]. On eeldatud, et juhuvalim üldkogumist on üldistuste tegemiseks piisavalt esinduslik.

Valemi (1) järgi on piisava suurusega valim 384 kilpi. Kuna üldkogumi suurus on teada (204 214), siis on lisaks kasutatud valemit (2) [17, lk 76]:

$$n' = \frac{n}{1 + \frac{n-1}{N}}, \quad (2)$$

kus n' on valim teadaoleva suurusega üldkogumist,

N üldkogumi suurus.

Arvutuse tulemusel on piisav valimi suurus 383 kilpi, kuid kontrollitud on siiski 384 kilbi andmeid.

Juhuslike kilpide valimiseks määrati „kõik_kilbid.xlsx“ tabelis igale reale Exceli funktsiooniga „=RAND()“ juhuslik järjenumbr. Seejärel sorteeriti read järjenumbri järgi suurimast väikseimani ning valiti kontrolliks esimesed 384 andmerida.

Tegelikkusele vastavuse kontrollimiseks koostati tabel (

Tabel 1), kus esimeses kolmes veerus on andmebaasi väljavõtte andmed, ülejäänud lahtrid täideti kontrolli käigus.

Tabel 1. Näidisväljavõtte usaldusväärsuse kontrolli tabelist

ID	Tootja	Tootja tüüp	Tootja vastab	Tüüp vastab	Kokku vastab
xxxxx	ABB	LY	1	1	1
xxxxx	-	LY	0	1	0,5
xxxxx	ABB	-	1	0	0,5
xxxxx	-	Info puudub	0	0	0
xxxxx	-	HETR	0	0	0
Kokku					0,4

Seadmekaardi andmeid kontrolliti fotode põhjal ja vastavasse veergu sisestati „1“ (100%) kui seadmekaardi väli vastas tegelikkusele või „0“ (0%) kui ei vastanud. Viimane veerg arvutas kahe „vastavuse“ veeru aritmeetilise keskmise. Lahter tunnusega „Kokku“ arvutas kokku aritmeetilise keskmise. Tulemus on kümnendmurd 0 ja 1 vahel (protsent), mis näitab kui täpselt on keskmiselt seadmekaardi väljad täidetud.

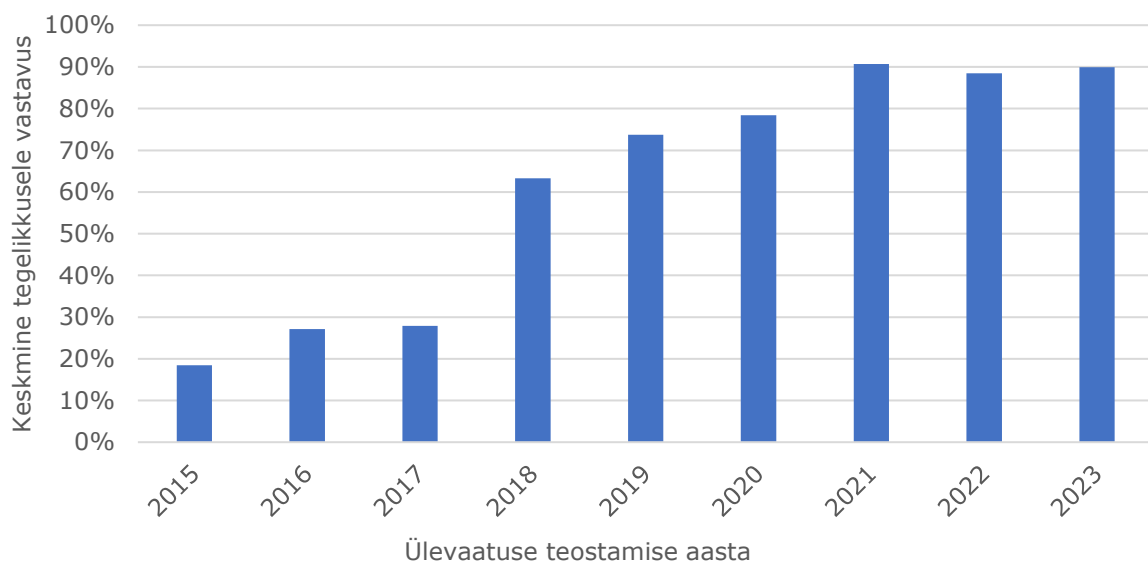
Mittevastavuse hulka arvestati ka valikud „Info puudub“ ja „-“, sest kui kilp on olemas, on tegelikult olemas ka toote info isegi siis, kui kilbi küljes puudub vastav infosilt. Tegelikult ei tohiks infosildita seadmeid üldse kasutusel olla, sest need ei vasta Eestis kehtivatele nõuetele [19]. Mittevastavuse hulka arvestati ka sellised kilbid, mille puhul polnud võimalik välju kontrollida, st fotosid NIS-is polnud ja ka Google Maps ei võimaldanud kilpi määratleda. Samuti on kontrollis mittevastavusena arvestatud need kilbid, mis on lähiaastail paigaldatud ning tõenäoliselt on info õige, kuid fotod jällegi NIS-is puuduvad. Fotod on kahtlemata olemas, kuid asuvad mujal koos ehitusdokumentidega. Kuna sellised andmed peaksid olema kättesaadavad ühest kohast, on käesoleval juhul nende mittevastavusena arvestamine põhjendatud.

Kontroll on teostatud ühesuuruse valimiga kaks korda. Kontrolli tulemusel võib 95% kindlusega järeldada, et ligikaudu $56\% \pm 5\%$ seadmekaardi väljadest (tootja ja tüübi osas) üldväljavõttes vastavad tegelikkusele. Kontrollides sama metoodikaga ainult neid kilpe, mis on korraliselt üle vaadatud, selgub, et nende puhul on seadmekaartide keskmine täpsus ligikaudu $62\% \pm 5\%$. Seega, peaaegu pooltel juhtudel ei saa kas andmete õigsuses kindel olla, andmete täpsem kontroll võtaks ebamõistlikult kaua aega või pole võimalik andmeid üldse kontrollida ning ülevaatust on seetõttu vaja korrata (seadme asukohas looduses). Kui puudub ühene informatsioon seadme ja selle seisukorra kohta, siis on võimatu hooldustöid planeerida ja säästlikult läbi viia.

Taolisi andmevigu esineb ka kilpide paigalduskuupäevade osas. Näiteks on kilpe, mida on käidud üle vaatamas 2015. aastal, kuid seadmekaardi järgi on kilp paigaldatud 2016.

aastal. Enamasti on selline nihe seotud kilbi asendamisega. Vana kilbi asemele paigaldatakse uus sama tunnusega kilp, aga ülevaatuse andmed vana kilbi kohta seadmekaardil säilitatakse, mis võib tekitada segadust. Samas on ka selliseid seadmeid, mille puhul paigaldusaasta ja ülevaatuse nihe on olemas, kuid teave asendamisest andmebaasis puudub.

Positiivne aga on, et vaadates seadmekaartide tegelikkusele vastavust ülevaatuse teostamise aja järgi, siis on näha, et aasta-aastalt on andmete kvaliteet järjest paremaks muutunud (Joonis 4). See tähendab, et ülevaatuste käigus seadmekaartide andmed saadakse tõesti järjest täpsemaks.

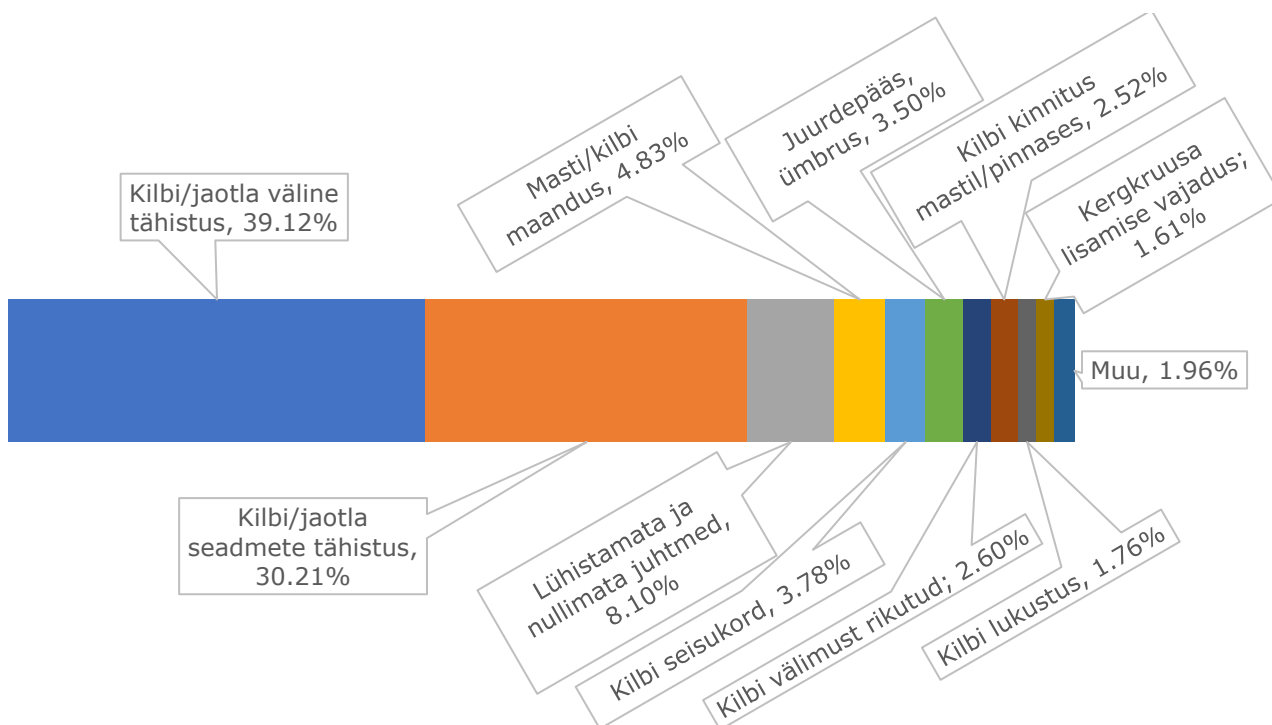


Joonis 4. Keskmine tootja ja tüübi info tegelikkusele vastavus kilbi üle vaatamise aja järgi

2.3 Defektidest

Enesekontrolli käigus tuvastatud defekte sisestatakse andmebaasi selleks ette nähtud tüüpdefektide kategooriaid kasutades. Igat kategooriat on võimalik veel mitmel viisil täpsustada kasutades etteantud täpsustusvalikuid. Kui etteantud täpsustustest ei piisa selge info edastamiseks saab sisestaja lisada ka oma kommentaari. Hea tööpraktika näeb ette, et defekti sisestamisel lisatakse konkreetsest defektist foto ja ka täpsustav kommentaar.

Andmebaasi kantud tüüpdefektide jaotust näitab diagramm (Joonis 5), millest saab järeldada, et ebasproportsionaalselt suur osa kõikidest puudustest on seotud nõuetele mittevastava või segase tähistusega (jaotis 2.4.1).



Joonis 5. Kilpidel tuvastatud tüüpdefektide ülevaade

2.4 Märkimisväärseid defekte

2.4.1 Segane või puuduv operatiivtähistus

Ligikaudu kaks kolmandikku kilpidel tuvastatud puudustest on seotud kas kilbi puuduliku tähistusega, kilbis paiknevate seadmete puuduliku tähistusega või mõlemaga (Joonis 5). Kilbi ja seadmete tähistamist reguleerib ettevõttes dokument „P346 Võrguvara tähistamise ja märgistamise nõuded” [20]. Ettevõtte spetsialistide sõnul on tähistamise nõuded ajas korduvalt muutunud, mis tõenäoliselt on ka segaduse peamine põhjus. Sellegipoolest ei ole harv nähtus, et kilpide tähistus üldse puudub.

Kuigi puudulik tähistus ei oma seadmete töökindluse seisukohast olulist tähtsust, on nõuetekohane tähistus nii paigaldiste teenindamisel kui ka riketele reageerimisel kriitilise tähtsusega. Rikkele reageeriv üksus peab väljakutsele sõites võimalikult kiiresti õige seadme leidma ja korrektse tähistuse puudumisel on see raskendatud. Vastavalt dokumendile „J31 Elektripagialdiste käidu ohutusjuhend” [21] peab olema enne töö alustamist täielik ülevaade skeemist (nt normaalvahed). Segase skeemi puhul ei tohi töid alustada. Kui ei ole selge, milline seade asub millises kilbis või milline lüliti millise paigaldise osaga seotud on, võib lülitamine olla ohtlik või tuua kaasa probleeme klientidega.

Pealtnäha väikese tähtsusega probleemil on tegelikult oluline mõju võrgu töökindlusele (*SAIDI), ohutusele tööde teostamisel ja teenuse kvaliteedile.

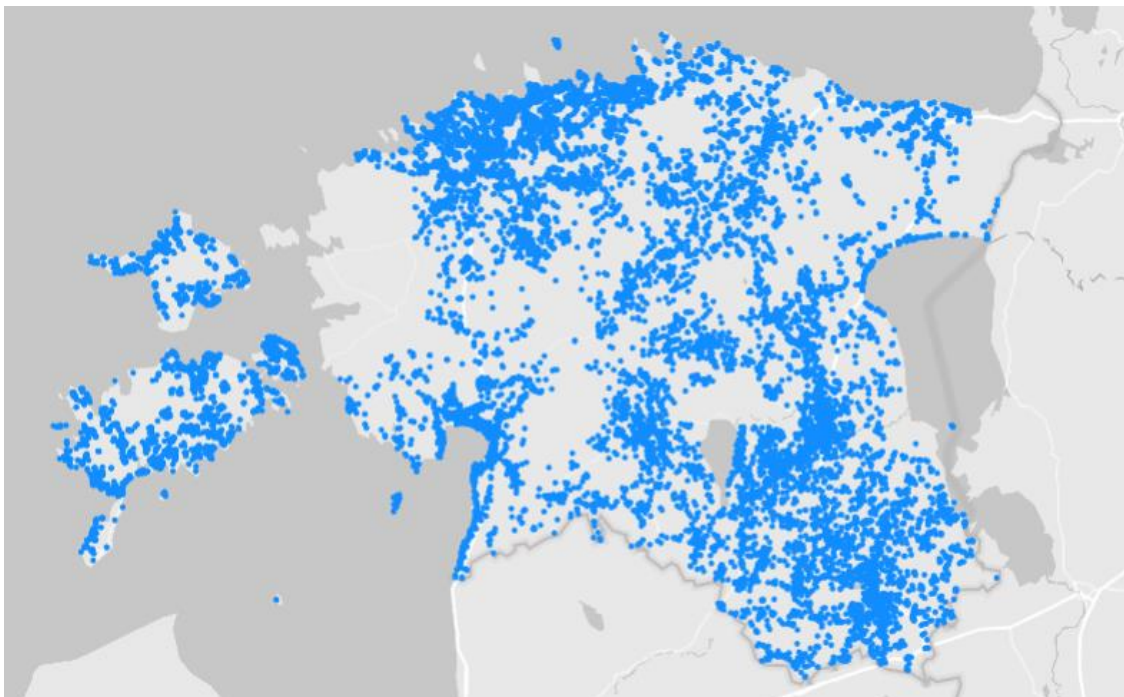


Foto 1. Kilbid ilma nõuetekohase tähistusega
(unikaalne tunnus, elektriohumärk)



Foto 2. Kilbid korrastatud tähistusega

Võrgutehnikute tööülesannete hulka kuulub kilpide tähistuse korrastamine. Seega käesolevalt tähistuse osas uusi puuduseid suures mahus andmebaasi juurde ei lisata, korrastused tehakse jooksvalt ülevaatustöö käigus, parandused kantakse andmebaasi.



Joonis 6. Puuduliku tähistusega kilbid üle Eesti

2.4.2 Grafiti

Puuduliku tähistusega kaasnev teema on grafiti. Probleem on levinud ennekõike linnapiirkondades ja asulates (Joonis 7). Peale esteetilise rikutuse muutub grafiti oluliseks probleemiks kui soditakse üle operatiivtähistus. Tähistus, mis ei ole loetav, on võrdväärne

puuduva tähistusega. Soditud tähistus on seetõttu kilpide teenindamise või riketele reageerimise vaates sama oluline defekt kui tähistuse puudumine.

Samas on tänavakunstiga tehtud ka muidu tuima ilma elektrikilpidest linnaruumi dekoratiivsed elemendid. Juhul kui operatiivtähistus on rikkumata, ei tarvitse see olla võrguettevõtjale tingimata vastuvõetamatu (Foto 5). Teatud juhtudel võib kilpide kujundamine olla vajalik nende sulandamiseks linnaruumi, seda eriti miljööväärtuslikel ja muinsuskaitse erinõuetega piirkondades.

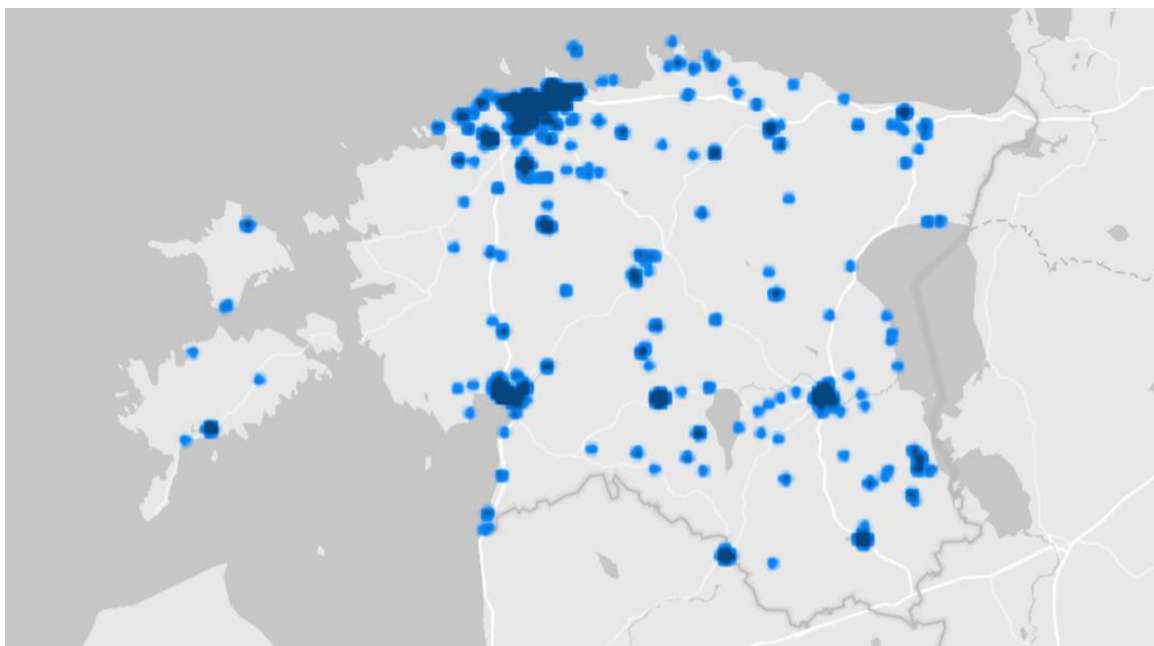
Grafitiga soditud kilpe võrgutehnikud ülevaatustöö käigus ei puhasta. Kui võrgutehnikud leiavad soditud kilbi, mille tähistus ei ole loetav, paigaldatakse uued tähised. Praegune töökorraldus eeldab ülevaatustöö kiiret teostamist. Suuremamahulised hooldustööd jäetakse sellest töövoost välja ja neid käsitletakse eraldi.



Foto 3. Grafitiga soditud LK



Foto 4. Grafitiga soditud kilbid



Joonis 7. Rikutud välimusega kilpide asukohad



Foto 5. Tänavakunst elektrikilpidel Paides



Foto 6. Tänavakunst elektrikilpidel Paides

2.4.3 Defektid kliendi elektripaigaldises

Liitumiskilpides algab kliendi elektripaigaldis üleminekuklemmidega. Vastavalt võrgulepingu tüüptingimustele vastutavad lepingupooled oma elektripaigaldise nõuetele vastavuse eest [22], [23]. Liitumiskilpides on potentsiaalselt ohtlikud defektid kliendipoolses elektripaigaldises üsna levinud. Tüüpiline näide on väärad kontaktühendused üleminekuklemmidel, kus mõnikord on ühes klemmis koos terve pundar juhtmeid (Foto 8) või on vahetult ühes klemmis koos vask- ja alumiiniumjuhid. Peale selle ei ole harva esinevad liigselt pingutatud ehk puruks keeratud liited. Probleem on ka liitumiskaabli ristlõike ja soonte arvuga liitumiskilbi väljundklemmidel, näiteks vale

juhistikusüsteemi TN-S kasutamine või PEN-juhi miinimumristlõike tagamata jätmine TN-C süsteemis. Sage nähtus on ka nõudeid eiravalt liitumiskilpidesse paigaldatud pistikupesad, hämaralülitid, releed jne (Foto 7). See tekitab probleeme kaugloetavate arvestite andmeside tagamiseks vajalike raadiosageduslike häirefiltrite paigaldamisel liitumis- või mõõtekilpidesse. Sellisel juhul osutub vajalikuks täiendava võrgusõlme (mõõtekilbi) paigaldamine, millega võivad kaasneda ulatuslikud toitekatkestused või pingelused tööd.

Praegune praktika näeb ette, et info liitumispunkti defektidest sisestatakse andmebaasi ja edastatakse kord kuus massteavitusena klientidele. Kuivõrd on vajalik klienti ülevaatuse käigus tuvastatud puudusest kohe teavitada on iga ülevaataja enda otsustada, välja arvatud juhul kui tuvastatakse vahetu oht. Sellisel juhul tuleb lähtuda määrusest ning nõuda ohtu tekitava puuduse likvideerimist [24].

Liitumispunktide defektide osas peaks võrguettevõtja kahtlemata rangem olema, sest:

- kliendipoolsete kontaktühenduste riknemisel võib hävida või kahjustada saada ka võrgupoolne paigaldis (on teada, et vigased kontaktühendused on kilpide puhul ühed peamised rikete põhjustajad);
- nõudeid eirates paigaldatud seadmed on kasutajale (kliendile) potentsiaalselt ohtlikud.

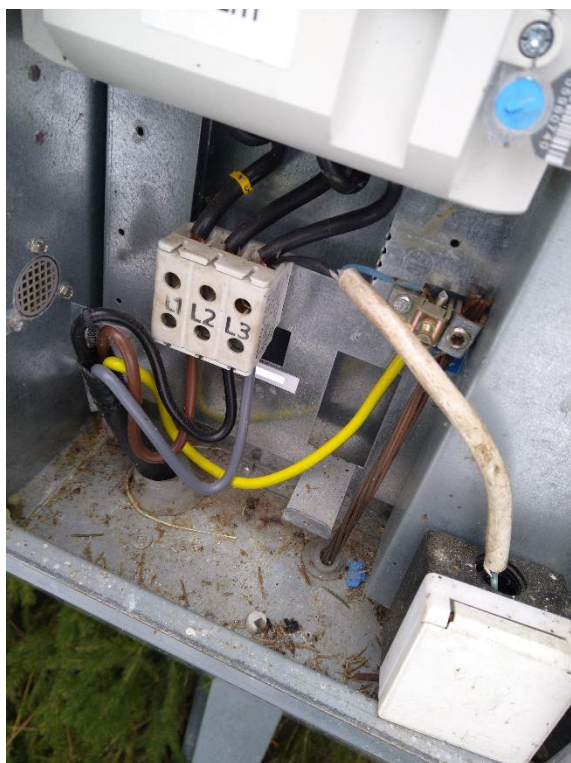


Foto 7. Nõuete eiramine liitumiskilbis

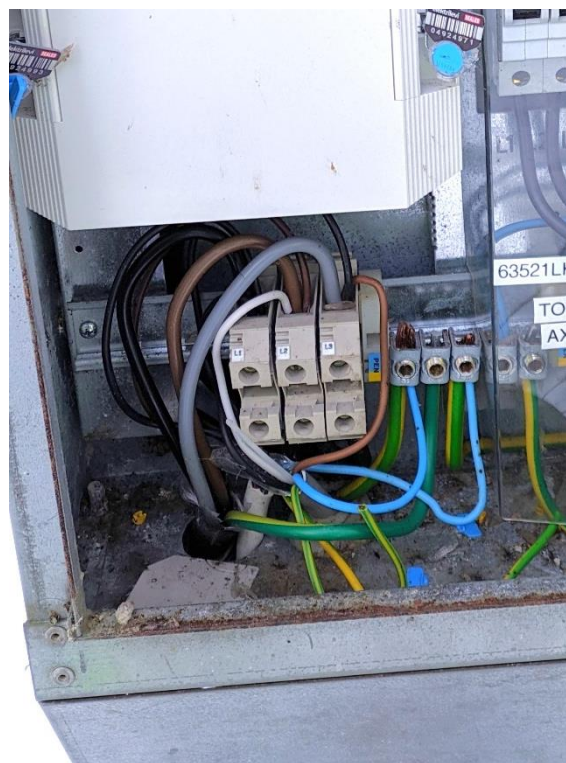


Foto 8. Nõuete eiramine liitumiskilbis

2.4.4 Defektsed kontaktühendused

Töökindluse seisukohast ei saa jätta eraldi vaatlemata ebakorrektselt tehtud kontaktühendusi. Vigaste kontaktühenduste puhul ei ole üldse küsimus kas midagi juhtub, vaid millal juhtub. Vigaseid kontaktühendusi leiab uuemate paigaldiste puhul vähe. Võrreldes teiste defektidega leiab üldse neid võrdlemisi vähe. Samas on 2021. aastal koostatud analüüsis leitud, et 2020. aastal Tallinna piirkonna madalpingekilpide rikete suurimaks põhjustajaks olid vigased kontaktühendused [10, lk 25]. Teine analüüs on leidnud, et vigase kontaktühenduse avastamisest kuni rikkeks arenemiseni kulub keskmiselt ligikaudu kolm aastat [9, lk 83]. Et saada teada, kuivõrd on vastavate juhendmaterjalide koostamine ja töötajate koolitamine positiivselt mõjutanud kontaktühenduste teostamise kvaliteeti, võiks üle Eesti kontrollida viimastel aastatel paigaldatud kilpe (näiteks käimasoleva ülevaatustöö käigus). Muul juhul ilmneb mõju alles aastaid hiljem peale plaaniliste ülevaatuste teostamist.

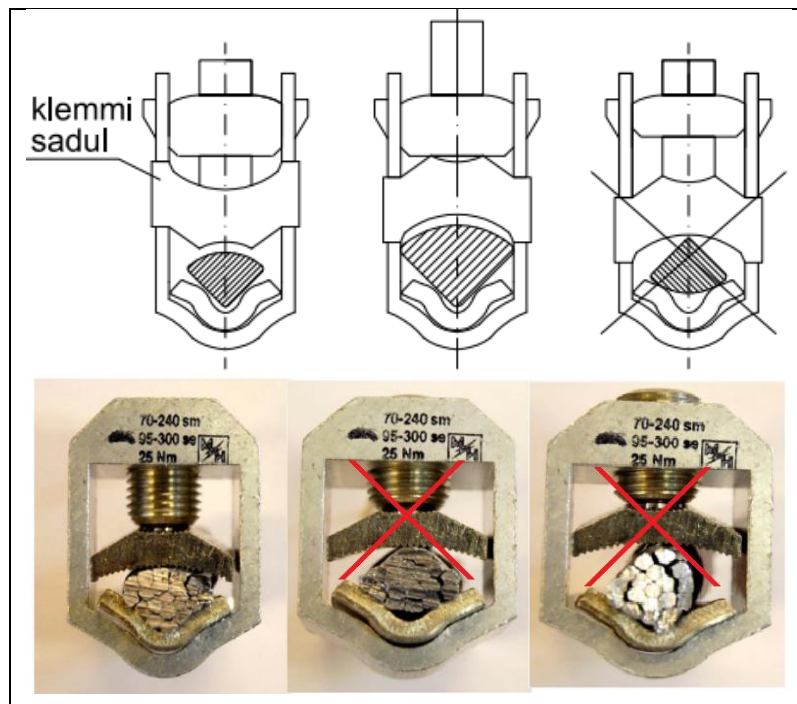
Enamasti seisneb ebakorrektnes kontaktühendus sektorikujuliste kaabli soonte vales paigutuses ühendusklemmil (Foto 9). Samas leiab ka selliseid ühendusi, kus paigaldajal puuduvad oskused ja teadmised selliste tööde teostamiseks (Foto 10).



Foto 9. Sektorsoonte ebakorrektsed kontaktühendused JK lüliti klemmidel



Foto 10. Defektsed kontaktühendused JK lüliti klemmidel



Joonis 8. Väljavõtte kontaktühenduste teostamise juhendist [25]

2.4.5 Puuduvad kaitsekatted

Kaitsekatted on kilpidesse paigaldatud selleks, et ei oleks võimalik puudutada ohtliku pinge all olevaid osi ja et takistada tarbimist mõõtmata ahelate kaudu. Kui kliendi liitumispunkt kilbis asub, siis on üldjuhul kliendil kilpi ka ligipääs. On palju selliseid liitumiskilpe, kus kliendipoolsel osal kaitsekate puudub. Selle kaitsekatte on tavaliselt klient kas ise eemaldanud, või pole seda seal kunagi olnudki. Katte puudumine võib tähendada, et avatud uksega kilbi kaitseaste nõue (IP20) on täitmata, st sõrmega on võimalik puudutada pingestatunud osi [26].

2.4.6 Lühistamata ja nullimata juhtmed

Tüüpdefekti „Lühistamata ja nullimata juhtmed“ on peamiselt kasutatud märkimaks lahtiseid juhtmeid liitumiskilpides, mida kunagi kasutati arvestite programmkellade toiteks. Enamasti on need siiski lahti ühendatud (pingetud) ja plommitud katete taga. Sulgedes programmkella ava moodulava kattega ei saa neid ka puudutada. Sellisel juhul need tegelikult otsest ohtu ei kujuta. Samas on ka olukordi, kus kilbis on lahtised juhtmeotsad ja ei ole selge kas need on pingetud või mitte. Näiteks kui kilp on kahe arvestikohaga ja kasutusel on neist üks koht, siis on mõnikord teise koha juhtmestiku otsad lahtiselt kilbis. Kuna aga liitumiskilbile on reeglina ligipääs ka tavaisikutel (klientidel), siis tuleb veenduda, et kilbis ei oleks puutevõimalikke pingestatunud osi. Kuna klient üldjuhul juhtmete pingetuses veenduda ei saa, siis peaksid niisugused juhtmete otsad olema vähemalt isoleeritud.

Võrgustandard nõuab selliste juhtmete demonteerimist [27]. Miks seda ei ole tehtud juba kilbi paigaldamisel enne selle pingestamist või samaaegselt programmkellade eemaldamisega ei ole selge. Kui peaks ilmnenema, et kilbis on lahtiste otstega pingestatud juhtmed ja kilbis pole kaitselahutuslülitit, võib nende ohutuks likvideerimiseks jällegi osutuda vajalikuks ulatuslike katkestuste tegemine.



Foto 11. Demonteerimata juhtmed LK-s

2.4.7 Masti/kilbi maandus

Masti/kilbi maanduse tüüpdefekti on ligikaudu 70% juhtudest täpsustatud kirjeldusega „Maandusjuhi kate mastil puudub“, mis otseselt seadme ohutust ei mõjuta. Ligikaudu 18% puhul on aga täpsustus „Maanduspaigaldis puudub“. Võrgustandardi ja võrgu ülevaatuse teostamise juhendi järgi peavad kõik kilbid Elektrilevi madalpingevõrgus olema maandatud [27], [6]. Ülejäänud juhtudel on tegemist maandusjuhtide kontaktühenduste probleemidega ja rüüstamistega.

2.4.8 Kilbi lukustus

Kilbi lukustuse defekti on andmebaasis võimalik kahel tüüpviiisil täpsustada: „Puudub või katki“ ja „Ei tööta korralikult“. Mõlemat esineb keskmiselt rohkem kilpidel, mis on paigaldatud enne 2000. aastat. Ettevõtte vaates on puudus eriti oluline, kui lukustus on defektne jaotus-, haru- ja mõõtekilpidel. Kui neil kilpidel toimiv lukustus puudub, siis on kõrvalistel isikutel vaba ligipääs ettevõtte varale. Teisest küljest on lukustuse puudumine

ka ohtlik defekt, sest kui kilbi uks ei püsi suletud, siis on kilbi sisu loodusnähtuste eest kaitsmata. Tavaisikute vaates võib see samuti olla ohtlik defekt, sest näiteks NSVL-aegsetes kilpides on üldjuhul voolu juhtiv latistik isoleerimata ja kateteta.

Probleemsed on ka kilbid, mis on kindlalt lukus, kuid nende avamiseks vajalikke võtmeid ei ole. Mõnikord on teada, milline võti kilbi peaks avama, kuid kust selline võti saada ei ole teada. Kui nendes kilpides paiknevad võrguettevõtja seadmed, aga lukud on võõrad, siis see on probleem, sest pole võimalik neid kilpe teenindada. Sellised lukud võiks asendada.

2.4.9 Kilbi seisukord

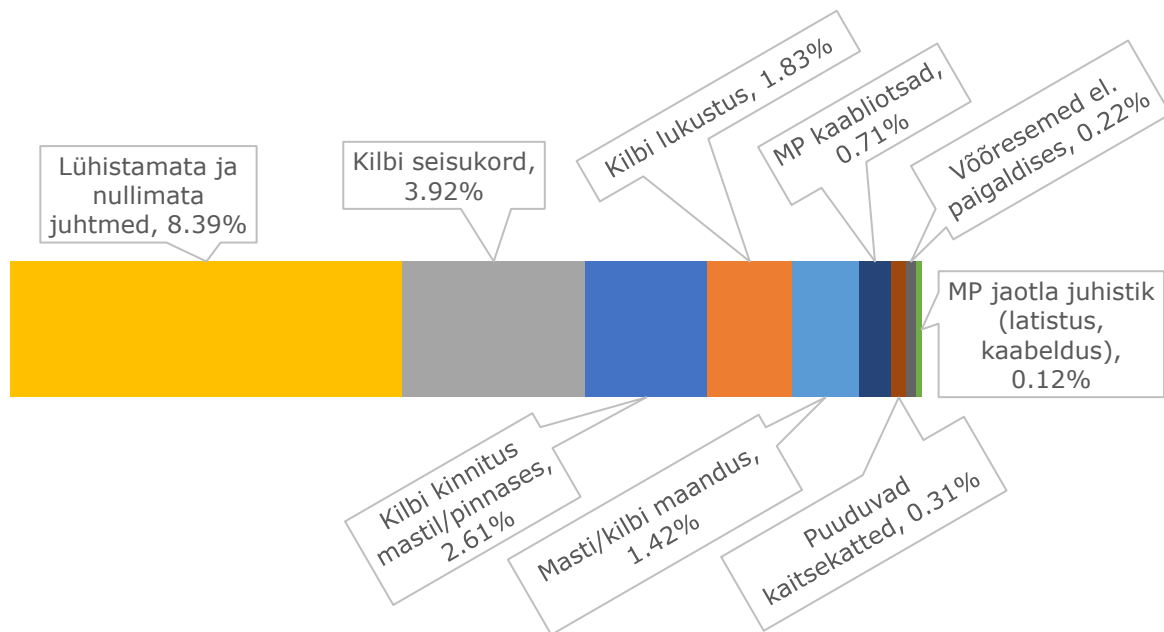
Kategooriasse „Kilbi seisukord“ kuuluvad kõik kilbi väliskestaga seonduvad probleemid. Enamikel juhtudel on tegemist mingisuguse mehaanilise vigastusega. Selliseid vigastusi põhjustavad näiteks otsasõit või ettevaatamatu lumelükkamine. Samasse kategooriasse märgitakse ka näiteks katkised uksehinged ja roosteprobleemid. Kilbid, mille väliskest ei vasta nõuetele ja mis tuleb tõenäoliselt asendada, märgitakse samuti sellesse kategooriasse (Foto 12).



Foto 12. Usteta, kateteta ja läbi roostetanud põhjaga kilp kortermaja ühiskasutatavas keldris

2.5 Ohtlikud defektid

Eeldatavasti on jaotusvõrgu käidu seisukohast ohtlik defekt ennekõike selline, mis aja jooksul areneb rikkeks. Seadme ohutuse seaduse järgi on ohtlik elektriseade selline, mis ettenähtud otstarbel kasutamise korral ohustab inimeste ja koduloomade elu, tervist või vara [19]. Seega lisanduvad defektid, mille ilmnemisel kujutavad kilbid ohtu elule ja tervisele. Võttes arvesse TalTechi defektide ja rikete seoste analüüsi [9] ja normdokumente, siis võiks kilpide puhul olla ohtlike defektide jaotus selline (Joonis 9):



Joonis 9. Tüüpdefektide ülevaade ohtlikkuse seisukohast

Jürgen Sai leidis oma lõputöös, et Tallinna piirkonnas põhjustavad madalpinge kilpide osas kõige rohkem rikkeid vigased kontaktühendused (tüüpdefektide kategooriad „MP kaabliotsad” ja „MP jaotla juhistik”) [10] (jaotis 2.4.3). Võib oletada, et ka mujal, väljaspool Tallinna, on kilpide peamised rikketekitajad defektsed kontaktühendused.

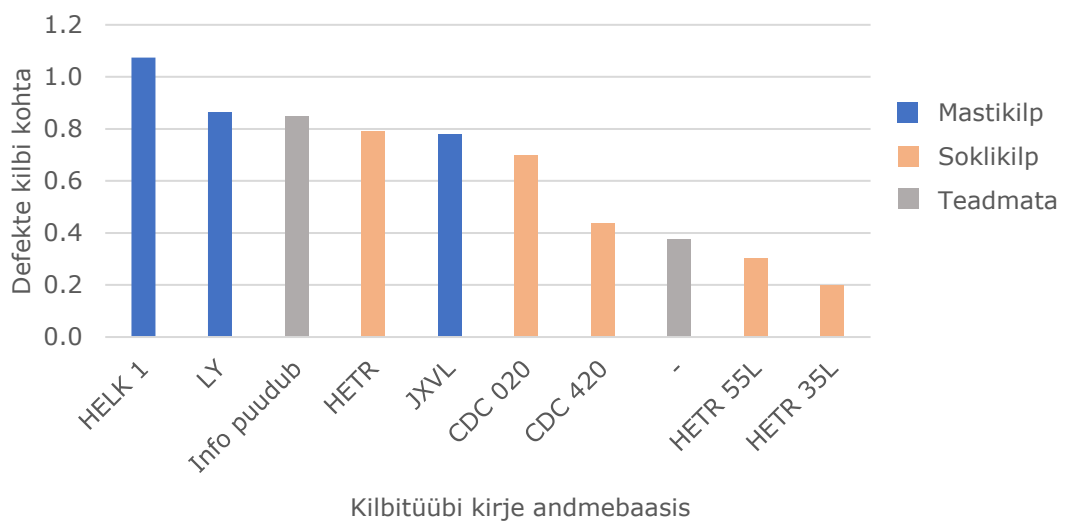
Ohtlikkus tervisele ja elule on ennekõike seotud tüüpdefektidega „Kilbi lukustus” (jaotis 2.4.4), „Puuduvad kaitsekatted (jaotis 2.4.5)”, „Masti/kilbi maandus (jaotis 2.4.7)”, „Lühistamata ja nullimata juhtmed (jaotis 2.4.6)” ja „Kilbi seisukord”.

2.6 Defektid kilbitüüpide kaupa

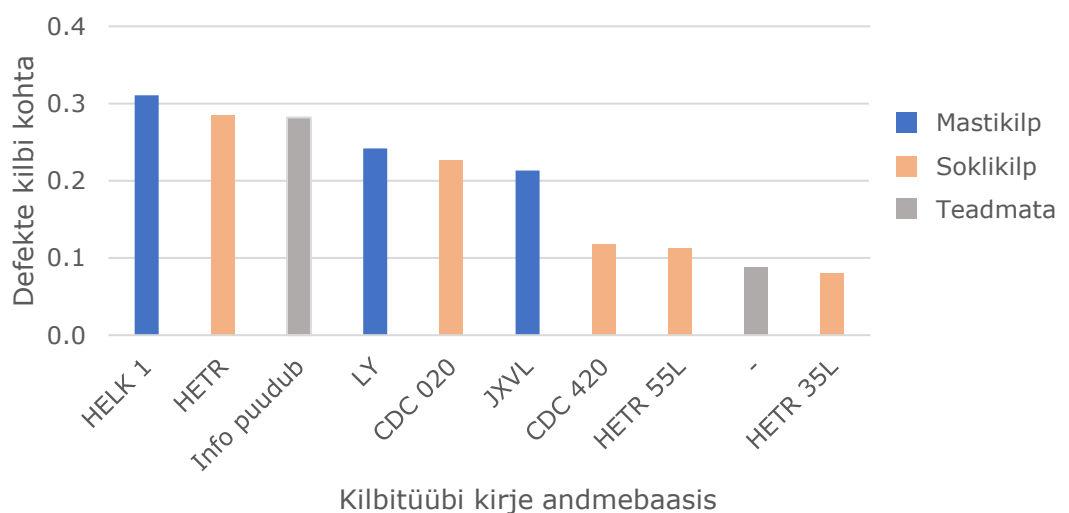
Andmetest nähtub, et arvuliselt enim defekte on tuvastatud enamlevinud kilpidel, st liitumiskilpidel ja ennekõike ABB LY tüüpi kilpidel. Vaatlemaks defektide jaotust kilbitüüpide lõikes on defektide arv jagatud samatüübiliste kilpide arvuga. Tulemus iseloomustab keskmist mittevastavuste arvu kilbi kohta kilbitüüpide lõikes (Joonis 10). See suhe on esitatud ainult kümne enamlevinud kilbitüübi kohta võrgus, sest väikese populatsiooni

puhul ei ole arvutuse tulemus usaldusväärne ja üldistus on ebatäpne. Suhteliselt kõige rohkem mittevastavusi on Harju-Elektri HELK 1 kilpidel: keskmiselt iga kilbi kohta 1,07 mittevastavust. ABB LY kilpidel (mida on võrgus kõige rohkem) on see näitaja 0,84. Kui jätta arvesse võtmata tähistused ja skeemi mittevastavused, siis ilmneb, et enamlevinud kilbitüüpide keskmine defektide hulk on tegelikult üsna väike (Joonis 11). Tüüp HETR tõuseb sellisel juhul ettepoole, üldpilt jääb aga suuresti samaks.

Üldiselt viitavad andmed sellele, et mastikilpidel (HELK 1, LY, JXVL) on defekte mõnevõrra rohkem kui pinnasesse paigaldatavatel kilpidel (HETR, CDC 020, CDC 420, HETR 55L, HETR 35L). Tõenäoliselt on põhjendus see, et mastikilpide puhul on lihtsalt rohkem detaile, mis saavad rikneda.



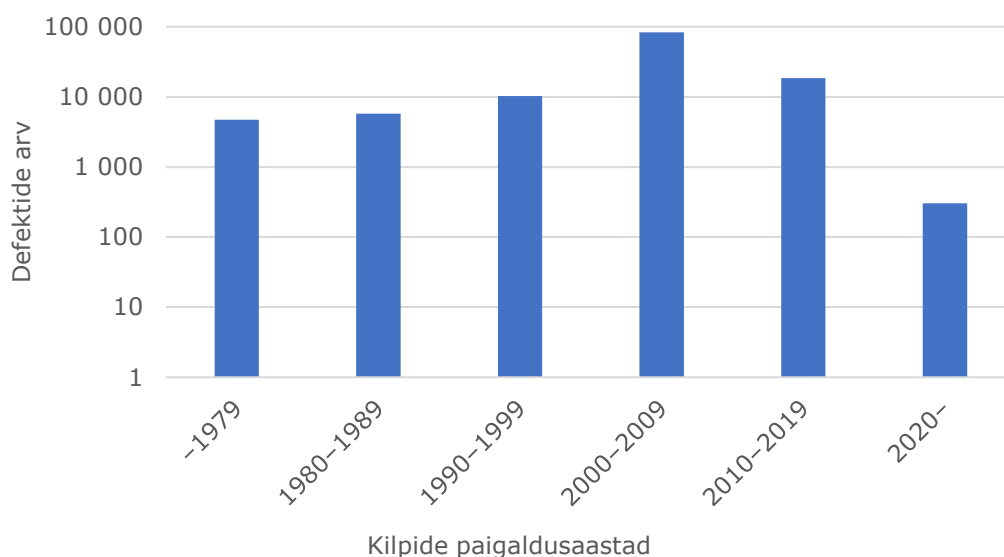
Joonis 10. Keskmine defektide hulk kilbi kohta kilbitüüpide kaupa



Joonis 11. Keskmine defektide hulk kilbi kohta kilbitüüpide kaupa jättes arvestamata tähistused ja skeemi mittevastavused

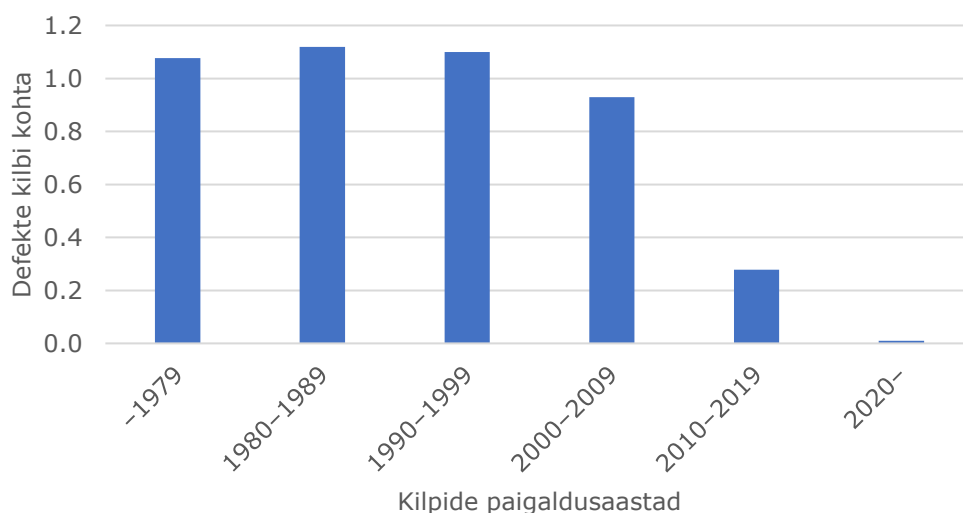
2.7 Defektid paigaldusaastate kaupa

Defektide arv vastavalt kilpide paigaldusaastale korreleerub selgelt vastaval ajavahemikul paigaldatud kilpide arvuga (Joonis 12). Aastatel 2000–2009 on paigaldatud kõige rohkem kilpe ja nendel kilpidel on tuvastatud ka kõige rohkem defekte.



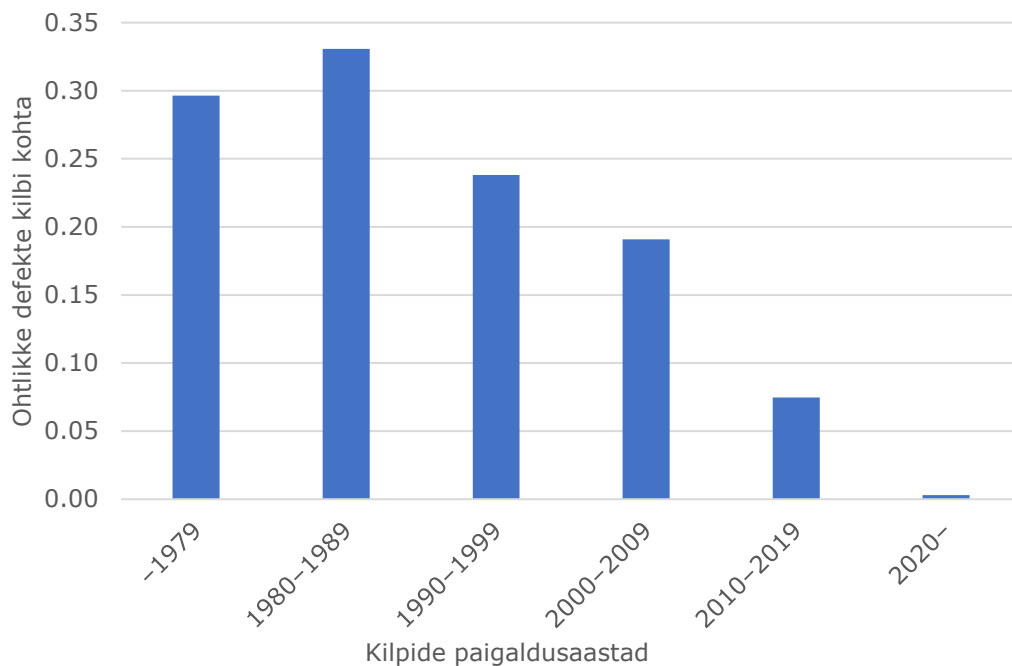
Joonis 12. Defektide arv kilpide paigaldusaastate lõikes

Jällegi, et saada parem ettekujutus millistel aastatel paigaldatud kilpide puhul on suhteliselt rohkem defekte on jagatud defektide arv kilpide arvuga (Joonis 13). On näha, et vanemate kilpide puhul on tuvastatud keskmiselt mõnevõrra rohkem defekte kui uuemate puhul. Arvatavasti on 2000. aastast alates paigaldatud seadmete puhul avaldanud positiivset mõju võrgustandardi olemasolu ja tehnikapoliitika järgimine. Seda eelkõige ühtsete projekteerimise, ehitamise ja tööde vastuvõtmise nõuete näol.



Joonis 13. Keskmine defektide arv kilbi kohta kilpide paigaldusaastate lõikes

Alates aastast 2019 on graafikute järgi väga vähe defekte, kuid tuleb meeles pidada, et need kilbid on alles väikses mahus korraliselt üle vaadatud. Seetõttu ei ole teada, kas tegemist on statistiliste andmete puudumisega või mittevastavuste puudumisega tehnilises mõttes. Ohtlike defekte on üldiselt vähe. Neidki on rohkem just vanemate kilpide puhul (Joonis 14).



Joonis 14. Keskmine ohtlike defektide arv kilbi kohta kilpide paigaldusaastate lõikes

2.8 Järeldused

Analüüsi põhjal saab väita, et:

- olenemata sellest, et 72% kilpidest võrgus on enesekontrolli käigus vähemalt korra üle vaadatud, ei ole võrguinforakenduse (NIS) kaudu võimalik saada terviklikku pilti kilpide seisukorrast (jaotis 2.2);
- andmete kvaliteet on ajas järjest paremaks muutunud (Joonis 4);
- hooldustööde kulutõhusaks kavandamiseks ja läbiviimiseks on vaja andmete korrastamisega edasi tegeleda;
- analüüsi põhjal esineb ohtlike puudusi (oht elule, tervisele ja varale) vähe ja esineb neid ennekõike vanemate kilpide puhul (Joonis 9);
- rikke olukorras tarbijate katkestusaegade vähendamiseks on vaja tagada võrguelementide nõuetekohane tähistus (jaotis 2.4).

Soovitused:

- Selgemini määratleda, kuidas peab ülevaatusel toimuma seadmekaartide täitmine ja millised fotod peavad kindlasti andmebaasi jõudma (täiendada olemasolevaid asjakohaseid juhendeid ja juhendada töötajaid);
- asuda andmebaasi korrastama, et vähendada andmevigade kuhjumist (nt kaotada ebamääraseid kilbitüüpide valikuvariandid andmesisestusel; lisada seadmete paigaldamiseaegsed fotod otse NIS-i);
- võimalusel arendada infosüsteemid selliselt, et töö käigus andmeid sisestades on vigade tekkimise võimalus minimaalne. Näiteks arendada loogika, kus kilbi seadmekaarti täites on välistatud ühe tootja kilbile omistada teiste tootjate kilpide omadusi.

KOKKUVÕTE

Töö eesmärk oli koostada Elektrilevi OÜ jaotusvõrgus kasutatavate madalpingekilpide kohta kogutud ülevaatusandmete põhjal ülevaade neil kilpidel tuvastatud puudustest. Töö esimeses osas on põgusalt tutvustatud ettevõtet ennast, tema madalpingevõrku ja täpsemalt uuritavaid kilpe.

Analüüsi sisulises osas on uuritud võrguinforakenduse andmebaasi väljavõtteid, mille andmed on kogutud perioodil 01.01.2014 kuni 31.12.2023. Töös on esitatud kokkuvõtted peamiselt tuvastatud puudustest, puuduste tuvastamissagedusest kilpide paigaldusaastate lõikes ja ka kilbitüüpide lõikes. Peale selle on uuritud kuivõrd andmebaasi andmed kilpide seadmekaartide osas vastavad olukorrale looduses. Lisaks on esile tõstetud mõned märkimisväärsed puudused, mida kilpidel on tuvastatud.

Ülevaatusandmete põhjal planeeritakse ettevõttes võrguobjektide hooldustöid ja seetõttu on tähtis lähteandmete usaldusväärsus ja kontrollitavus. Analüüsis selgub, et andmekvaliteedi osas on veel ruumi arenguks. Võrguinforakenduse abil raske on saada terviklikku pilti seadmete seisukorrast. Samas nähtub, et ülevaatusel kogutud andmete kvaliteet on ajas oluliselt paranenud.

Seadmete seisukorra kohta midagi üllatavat töös ei leitud. Kinnitust leidis tõsiasi, et töökorraldust on viimase kümne aasta jooksul juhitud suunas, mis on avaldanud paigaldustööde kvaliteedile positiivset mõju.

SUMMARY

The title of this thesis is „*Analysis of Inspection Data of Low-voltage Distribution Cabinets in the Distribution Network of Elektrilevi Ltd*“. The purpose of this thesis was to create an analytic overview of defects found during the inspection of low voltage distribution cabinets. Elektrilevi is planning on doing most of the maintenance work required to eliminate defects in the grid with it's own workforce and such analyses are at present a topic of interest for the company. A brief introduction of the company itself, its distribution grid and the distribution cabinets is given in the introductory part of the paper.

In the main part of the paper, a descriptive analysis is constructed using data tables exported from the database of the company's network information system. The inspection data itself was collected between 01.01.2014 and 31.12.2023. Various summaries are presented: most common defects overall, the frequency of defects found over the years and the frequency of defects found across the many types of cabinets in use. An evaluation of the quality of the data regarding the nameplates of the cabinets is also done. The evaluation checks whether the data about the manufacturer and the type of the cabinets are in accordance with the situation in the field. In addition, some of the noteworthy defects are described separately and more thoroughly.

The data within the database is used as a basis for planning future maintenance work. For this reason, it is most important for the data to be reliable and verifiable. According to the analysis there is still room for improvement regarding the quality of the data and acquiring a complete overview of the condition of the devices in the grid using only the network information system can be complicated. On the other hand, it can be concluded that the quality of the data has indeed improved over the years.

Regarding the condition of the devices, not much new information was found during the analysis. Rather, the findings suggest that the quality of installation work has improved greatly during the past five to ten years.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] Riigi Teataja, [määrus], „Võrguteenuste kvaliteedinõuded ja võrgutasude vähendamise tingimused kvaliteedinõuete rikkumise korral“. (Vastu võetud 06.04.2005, viimati muudetud 01.10.2021). [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/1039867?leiaKehtiv>. [Vaadatud: 06.04.2024].
- [2] Trimble Inc., „Trimble NIS for Electric Utilities“. (2021). [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://upa.trimble.com/en-eu/products/trimble-nis-electric>. [Vaadatud: 04.04.2024].
- [3] Elektrilevi OÜ, [Sisedokument], „P291 Kaelektri arvutamise metoodika“.
- [4] M. Abel, „Aktiivenergia kaod Eesti elektrisüsteemis“, Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn, 2015.
- [5] Elektrilevi OÜ, [Sisedokument], „P3118 Rikete arvestus ja kliendikesksete elektrivarustuskindluse indekse arvutamise põhimõtted“.
- [6] Elektrilevi OÜ, [Sisedokument], „J3250 0,4-35 kV võrgu ülevaatus teostamise ja kvaliteedi kontrolli juhend“.
- [7] Riigi Teataja, [seadus], „Seadme ohutuse seadus“. (Vastu võetud 18.02.2015, viimati muudetud 01.09.2023). [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/110022023032?leiaKehtiv>. [Vaadatud: 28.03.2024].
- [8] Elektrilevi OÜ, [Sisedokument], „JKVR3028 Ajutise kontsentraatori või repiiteri paigaldamise ja eemaldamise ohutusjuhend“.
- [9] I. Palu, M. Keel, ja H. Tammoja, „Defektide ja rikete seoste analüüs“. Tallinn, Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika instituut, 2016. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://www.elektrilevi.ee/-/doc/8644141/ettevottest/tutvustus/failid/defektide_rikete_aruanne.pdf. [Vaadatud: 26.02.2024].
- [10] J. Sai, „Tallinna 2020. aasta elektrijaotusvõrgu rikked: kaardistamine ja analüüs“. Tallinn, Tallinna Tehnikakõrgkool, 2021. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://dspace.tktk.ee/server/api/core/bitstreams/cd047ee4-de1d-4eab-a276-e4cd2cc4a135/content?authentication-token=eyJhbGciOiJIUzI1NiJ9.eyJlaWQiOiIxMTFmYWZjOS1mNTY5LTQ4YjUtYjkwNy1kNWw0aW9uTWV0aG9kIjoibGRhcCI6ImV4cC>. [Vaadatud: 27.02.2024].
- [11] Elektrilevi OÜ, „Ettevõtte“. (2024). [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://elektrilevi.ee/et/ettevottest/tutvustus>. [Vaadatud: 27.02.2024].
- [12] Elektrilevi OÜ, „Jaotusvõrgu arengukava aastani 2035“. (2023). [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.elektrilevi.ee/documents/8644141/8650150/Elektrilevi-arengukava-2023>. [Vaadatud: 27.02.2024].

- [13] Riigi Teataja, [seadus], „Elektrituruseadus“. (Vastu võetud 11.02.2003; viimati muudetud 01.01.2024). [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/130062023006?leiaKehtiv>. Vaadatud: 27.02.2024.
- [14] Elektrilevi OÜ, „Majandusaasta aruanne 2023“. (2024). [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://elektrilevi.ee/files/el_majandusaasta_aruanne_2023.pdf. [Vaadatud: 07.05.2024].
- [15] AS Sadales tīkls, „ELEKTROAPGĀDES KVALITĀTES RĀDĪTĀJI“. (2024). [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://sadalestikls.lv/lv/kvalitates-raditaji>. [Vaadatud: 08.04.2024].
- [16] Maple Tech International LLC, „Sample Size Calculator“. (2024). [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.calculator.net/sample-size-calculator.html>. [Kasutatud: 20.02.2024].
- [17] W. G. Cochran, „Sampling Techniques“. 3. trükk. Cambridge, Massachusetts, USA: John Wiley & Sons Inc., 1977. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://www.academia.edu/29684662/Cochran_1977_Sampling_Techniques_Third_Edition. [Vaadatud: 27.03.2024].
- [18] R. Sims, „STANDARD NORMAL DISTRIBUTION: Table Values Represent AREA to the LEFT of the Z score“. University of Arizona, Department of Mathematics. [Võrgumaterjal] Kättesaadav: <https://www.math.arizona.edu/~rsims/ma464/standardnormaltable.pdf>. [Viimati muudetud: 21.04.2016]. [Vaadatud: 10.05.2024].
- [19] Riigi Teataja, [määrus], „Elektriseadmele esitatavad ohutuse nõuded ning elektriseadmele ja elektripaigaldisele esitatavad elektromagnetilisele ühilduvuse nõuded ja vastavushindamise kord“. (Vastu võetud 14.07.2015, viimati muudetud 22.02.2019). [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/119022019006?leiaKehtiv>. [Vaadatud: 19.03.2024].
- [20] Elektrilevi OÜ, [Sisedokument], „P346 Võrguvara tähistamise ja märgistamise nõuded“.
- [21] Elektrilevi OÜ, [Sisedokument], „J31 Elektripaigaldiste käidu ohutusjuhend“. (Tallinn, 2015).
- [22] Elektrilevi OÜ, „Elektrilevi OÜ võrgulepingu tüüptingimused madalpingel kuni 63 A“. (01.01.2023). [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://www.elektrilevi.ee/documents/8644141/8658446/Kujundatud_TT_kuni63A_alates_01_jaanuar_2023_EST.pdf. [Vaadatud: 05.04.2024].
- [23] Elektrilevi OÜ, „Elektrilevi OÜ võrgulepingu tüüptingimused madalpingel üle 63 A ja keskpingel“. (01.01.2023). [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://www.elektrilevi.ee/documents/8644141/8658446/Kujundatud_TT_yle63A_ja_keskpingel_alates_01_jaanuar_2023_EST.pdf. [Vaadatud: 05.04.2024].

- [24] Riigi Teataja, [määrus], „Elektripaigaldise käidule ja elektritööle esitatavad nõuded”. (Vastu võetud 28.06.2015, viimati muudetud 08.01.2024). [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/128062015008?leiaKehtiv>. [Vaadatud: 25.03.2024].
- [25] Elektrilevi OÜ, [Sisedokument], „J3330 Nõuded elektrilistele kontaktühendustele”.
- [26] Elektrilevi OÜ, [Sisedokument], „P353 Nõuded otseühendusarvestiga liitumiskilbile, turvalahutusaparaadile ja kaitselülitile”.
- [27] Elektrilevi OÜ, [Sisedokument], „P343 0,4-20 kV võrgustandard - 0,4 kV liitumispunkt”.