



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

**Amortiseeruvate Eesti 330 kV õhuliinide
rekonstrueerimise mõju läbilaskevõimsusele**

**The impact of the reconstruction of the depreciated 330 kV
overhead lines in Estonia to the transmission capacity**

EDJR ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Ilja Andrejev

Üliõpilaskood: 178767EDJR

Juhendaja: Tatjana Baraškova,
vanemlektor

Konsultant: Oleg Tšernobrovkin,
talituse juhataja

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"...." 20.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

"...." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"...." 20.....

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS

Mina Ilja Andrejev (sünnikuupäev: 20.03.1987)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Amortiseeruvate Eesti 330 kV õhuliinide rekonstrueerimise mõju läbilaskevõimsustele“, mille juhendaja on Tatjana Baraškova,
 - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Ilja Andrejev, 178767

Õppekava, peeriala: EDJR16/17 - Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine, energiatehnika

Juhendaja(d): vanemlektor, Tatjana Baraškova, tatjana.baraskova@taltech.ee

Konsultant: Oleg Tšernobrovkin, Energiasüsteemi planeerimise talituse juhataja, Elering AS, 5033639, oleg.tšernobrovkin@elering.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles)

Amortiseeruvate Eesti 330 kV õhuliinide rekonstrueerimise mõju läbilaskevõimsustele.

(inglise keeles)

The impact of the reconstruction of the depreciated 330 kV overhead lines in Estonia to the transmission capacity.

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Töö eesmärgiks on elektrivõrgu mudelarvutuste põhjal hinnata 330 kV elektrivõrgu võimalike rekonstrueerimise stsenaariumite mõju ülekandevõrgu püsitalitluse koormustele ja pingetele.
2. Anda lühiülevaate Eesti elektrivõrgu võimalikest arengusuundadest, planeeritud investeeringutest ning taastuvallikate kasutuse potentsiaalid.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teoreetilise osa kirjutamine (mudel, põhieeldused, baasstsenaariumis sisalduvad investeeringud)	18.04.2021
2.	Võrgu mudelarvutuste tulemuste töötlemine ning vormistamine	02.05.2021
3.	Rekonstrueerimise stsenaariumite mõjuanalüüs võimsusvoogudele ja läbilaskevõimetele mudelarvutuse tulemuste põhjal	16.05.2021
4.	Täienduste sisseviimine ja teise versiooni esitamine	23.05.2021
5.	Lõputöö eelkaitsmine	24.05.2021

Töö keel: eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: "1"juuniks 2021a

Üliõpilane: "....." 20.....a
/allkiri/

Juhendaja: "....." 20.....a
/allkiri/

Konsultant: "....." 20.....a
/allkiri/

Programmijuht: "....." 20.....a
/allkiri/

SISUKORD

EESSÕNA	7
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	8
SISSEJUHATUS	9
1. EESTI ENERGIAPOLIITIKA JA ELEKTRIVÕRGU ARENGUSUUND	10
1.1 Euroopa Liidu kliima- ja energiapoliitika	10
1.2 Eesti arengukava ja taastuenergia potentsiaal	11
1.3 Eesti elektrivõrgu sünkroniseerimine Mandri-Euroopa sünkroonalaga	13
1.4 Põlevkivi kasutus energiasektoris	14
2. ÕHULIINIDE REKONSTRUEERIMISE MÕJU ANALÜÜS	16
2.1 Uuringu mudeli lähteandmed ja põhieeldused	16
2.2 Mudelarvutuste tulemuste analüüs	17
2.2.1 Baasstsenaariumi tulemused	18
2.2.2 330 kV õhuliinide rekonstrueerimise stsenaariumi tulemused	19
2.2.3 Lihula 330/110 kV alajaama stsenaariumi tulemused	20
2.2.4 Aruküla-Kiisa 330 kV õhuliini ehitamise stsenaariumi tulemused	22
KOKKUVÕTE	25
SUMMARY	26
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	27

EESSÕNA

Käesoleva lõputöö teema pakkus välja Elering AS energiasüsteemi planeerimise talituse juhataja Oleg Tšernobrovkin. Lõputöö raames on mudelarvutuste põhjal hinnatud 330 kV elektrivõrgu võimalike rekonstrueerimise stsenaariumite mõju ülekandevõrgu püsitalitluse koormustele. Teema loomise ja lõputöö eesmärkide ja ülesannete püstitamise ajal viibis lõputöö autor erialapraktikal Elering AS ettevõttes ja osa praktikast läbis energiasüsteemi planeerimise talituses. Lõputöö autori arvamusel energiasüsteemide mudelarvutuste koostamist ja analüüsimist tuleb õpetada ka ülikoolis energeetikalise õppeaine raames või eraldi õppeainena, kuna antud protsess hõlmab elektrisüsteemi tähtsamaid elemente ning arendab tudengi teadmisi süsteemi tööpõhimõtetest ja parameetritest.

Siinkohal soovib autor tänada oma juhendajat Tatjana Baraškova, ettevõtepoolse juhendajat Oleg Tšernobrovkin ja Alari Heinla, kes teostas antud lõputöö raames mudeli arvutused ning kogu energiasüsteemi planeerimise talituse kollektiivi, kes aitas kaasa käesoleva lõputöö kirjutamisele.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

BRELL – Eesti, Läti, Leedu, Venemaa ja Valgevene elektrisüsteemide juhtimise alane koostöö.

EL – Euroopa Liit.

ENMAK – Eestis on taastuvaenergia seonduvad eesmärgid sätestatud energiamajanduse arengukavades ENMAK 2020 ja ENMAK 2030.

ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators) – Euroopa elektri süsteemihaldurite katusorganisatsioon.

Euroopa energialiit - on liikmesriikide vaheline raamstrateegia ja üks osa Euroopa Liidu strateegilisest tegevuskavast, mille Euroopa Komisjon esitas 25. veebruaril 2015. aastal Euroopa Liidu riigipeade ja valitsusjuhtide taotlusel. Strateegia alusel tagatakse Euroopa ja selle elanike varustamine taskukohase, turvalise, kestliku ja konkurentsivõimelise energiaga.

HEJ – hüdroelektrijaam.

IPS/UPS – Venemaa ühendenergiastüsteem.

Liini maagabariit – on liinijuhtme madalaima punkti kõrgus maapinnast.

N-1 – ühe elektrisüsteemi elemendi (liin, trafo, tootmiseseade jne.) avariiline väljalülitumine.

N-1-1 – ühe elektrisüsteemi elemendi avariiline väljalülitumine, kui mõni elektrisüsteemi tööd oluliselt mõjutav element on hoolduses või remondis.

PSS/E – inseneritarkvara elektrienergia ülekandevõrkude simulatsiooni loomiseks ning püsitalituse ja dünaamika arvutusi teostamiseks.

Püsitalitus – talitlust iseloomustavad seisundiparameetrid (pinge, pingvektorite nurk, võimsusvoog, vool, koormus, genereeriv võimsus jne.). Talitluse liigitus sõltub seisundiparameetrite muutumise kiirusest ja ulatusest. Püsitalitluse puhul seisundiparameetrid muutuvad suhteliselt väikestes piirides ja aeglaselt. Siia kuuluvad normaal-, kriitilised ja avariijärgsed talitlused. Elektrisüsteem viibib põhilise osa ajast püsitalitluses.

SISSEJUHATUS

Eesti elektrisüsteem ühendab omavahel terviklikuks elektrijaamad, võrguettevõtjad ja elektritarbijad. Elektrisüsteemis toimuvad pidevalt toimuvad erinevad protsessid, näiteks elektrienergia tootmine, ülekande, jaotamise ja salvestamise protsessid ning nende juhtimine.

Elektrivõrk jaotatakse reeglina kahte ossa: põhivõrk ja jaotusvõrk. Põhivõrgu ülesandeks on transportida elektrienergiat suurte vahemaade taha, tuues elektrienergia tootjatelt tarbijate lähedale. Põhivõrgus kasutatakse energia transportimiseks kõrgeid pingeid, siia alla kuuluvad ka riikidevahelised ühendused. Eestis on nendeks 110 ja 330 kV õhuliinid. Antud kõrgepingeliinide võrgu haldamisega tegeleb Elering AS.

Alajaamad ja elektriliinid on suure maksumusega ja pika elueaga rajatised, mille läbilaskevõimest ja talitluskindlusest sõltub suurel määral riigi majanduslik efektiivsus ja süsteemi töökindlus. Seetõttu on äärmiselt tähtis tähelepanu pöörata elektrivõrkude pikaajalisele planeerimisele ning vajalikele investeeringutele.

Varustuskindluse ja elektrituru tõrgeteta toimimiseks energiasüsteemi planeerimisel tuleb arvestada nii kliimapoliitikuga kui ka kasvavate tootmisvõimsustega ja elektrienergia tarbimismahtudega ning taastuvenergia allikate kasvutrendiga. Elektrisüsteemi pikaajalisel planeerimisel võetakse arvesse mitmeid aspekte. Süsteem peab olema töökindel ja jätkusuutlik, samas ka keskkonnasõbralik ja kõige kasulikum ühiskonnale. Kuna planeerimisprotsess tugineb tulevikuprognosi andmetele on äärmiselt vajalik protsessi ja arengukava uute andmetega järjepidev kohastumus.

Eesti elektrivõrgu arendamisel käsitletakse ülekandeliine ning alajaamu. Võrguarvutusi teostatakse inseneritarkvara PSS/E abil. Mudeliga teostatakse nii püsitalitluse arvutusi, selgitamaks mõju võimsusvoogudele ja läbilaskevõimetele, kui ka dünaamika arvutusi süsteemi stabiilsuse hindamiseks.

Lõputöö eesmärgiks on elektrivõrgu mudelarvutuste põhjal hinnata 330 kV elektrivõrgu võimalike rekonstrueerimise stsenaariumite mõju ülekandevõrgu püsitalitluse koormustele ja pingetele. Lõputöö raames analüüsi jaoks Eesti põhivõrgu mudeli koostamisel on arvestatud 110 kV ja 330 kV võrgu põhiinvesteeringutega aastani 2030. Perspektiivmudeli koostamise põhieeldused on käsitletud lõputöö teises peatükis.

Lõputöö esimeses peatükis on antud lühiülevaate Eesti elektrivõrguga seotud arengusuundadest, investeeringutest ja taastuv allikate potentsiaalidest. Töö teises peatükis on kajastatud mudelarvutuste tulemused ja nende analüüs.

1. EESTI ENERGIAPOLIITIKA JA ELEKTRIVÕRGU ARENGUSUUND

1.1 Euroopa Liidu kliima- ja energiapoliitika

Viimased aastakümned maailmas toimuvad suured kliimamuutused. Globaalse soojenemise tagajärjel, ilma sekkumiseta, temperatuur jätkab tõusu ning 2060. aastaks ületab tööstuseelse taset kuni 2 °C. Praegused muutused planeedi kliimas toovad kaasa äärmuslikke ilmastiku nähtusi: metsatulekahjud, kuumalained, üleujutused. [1]

Sellised kriitilised muutused avalduvad negatiivset mõju nii loodusele, rikkudes ökosüsteemid, kuid ka riikide majandusele ja toidutootmise suutlikkusele. [1]

Euroopa Liidu energiapoliitika lähtub eesmärgist tagada tarbijale turvaline, keskkonnasõbralik ja põhjendatud hinnaga energiavarustus, aidates saavutada EL laiemaid sotsiaalseid ja kliimaeesmarke. See eeldab kogu Euroopat ühtset tegutsemist energiasüsteemi loomisel. Säästva, vähese CO₂ heite ja kliimasõbraliku majanduse loomisel taga seisab: tarbijate otsustuspädevuse suurendamine, liikmesriikide kliimapoliitikate ja õigusraamistike kooskõlastamine, isoleeritud piirkondade kõrvaldamine, integreeritud energiaturu loomine, taastuvenergia osakaalu pidev kasv.[3]

Energialiidu arengu strateegia põhineb viiele sambale:[1]

- energiajulgeolek (energiaallikate mitmekesisus, varustuskindluse tagamine);
- integreeritud energia siseturg (ühendada turud, EL energeetikaalaste õigusaktide rakendamine, tõhustada piirkondlikud koostööd, tõsta tarbijate otsustuspädevust);
- energiatõhusus (luua energiatõhusama hoonesektori, vähese CO₂ heitega transpordisektori);
- majanduse CO₂ heite vähendamine (kaugeleulatuv kliimapoliitika, taastuvenergia osakaalu kasv);
- teadusuuringud ja innovatsioon;

Energialiit reageerib ELi peamistele väljakutsetele energia valdkonnas. Need on järgmised:[1]

- kliimamuutused (eesmärgiks on kliimaneutraalsuse saavutamine aastaks 2050 ning energiaga seotud heitkoguste vähendamine);
- energia sõltuvus (välisturgudest sõltuvuse vähendamine);
- vananev taristu;

Läbi aastate EL energiapoliitika üheks prioriteediks olnud tegevused energia säästmisel ning taastuvatest energia allikatest toodetud energia osakaalu suurendamine.

EL 2030 kliima- ja energia raamistikuga kokku lepitud järgmised olulisemad eesmärgid: [1]

- suurendada taastuenergia osakaalu aastaks 2030 32%-ni energia lõpptarbimises;
- vähendada kasvuhoonegaaside heidet vähemalt 55%
- tagatud energiasääst vähemalt 32.5% ulatuses võrreldes prognoositud tulevase energiatarbimisega;

Kuigi see kaugeleulatavam kliimaeesmärk eeldab ELi tööstuse ümberkujundamist, millega saavutatakse kestlikku majanduskasvu ja konkurentsivõimet ning tuuakse EL kodanikele tervise ja keskkonnaalast kasu. [1]

1.2 Eesti arengukava ja taastuenergia potentsiaal

ENMAK 2030 kirjeldab Eesti energiamajanduse arengu visiooni ning valib sektorite kaupa optimaalseimad lahendused lähtudes üldeesmärgist tagada tarbijatele turupõhise hinna ning kättesaadavusega energiavarustus, mis on kooskõlas Euroopa Liidu pikaajaliste energia- ja kliimapoliitika eesmärkidega, samas panustades Eesti majanduskliima ja keskkonnaseisundi parendamisse ning pikaajalise konkurentsivõime kasvu. [3]

Eesti energiamajanduse arengukava üldeesmärgi täitmine aastal 2030 on iseloomustav alljärgnevate tulemuste kaudu: [3]

- Eesti elektrisüsteem on sünkroniseeritud Euroopa Liidus juhitava sünkroonalaga;
- 80 % Eestis toodetud soojusest toodetakse taastuvate energiaallikate baasil;
- läbi rekonstrueerimistegevuse on suurenenud hoonete energiatõhusus (väikeelamutest 40%, korterelamutest 50%, mitteilamud 20%);
- energia lõpptarbimine 2010. aasta tasemele ~32 TWh;
- taastuenergia osakaal energia lõpptarbimisest 50 % (ligikaudu 16 TWh);
- taastuenergia osakaal primaarenergia sisemisest tarbimisest 28%;
- imporditava elektri osakaal 0%
- 92% puidu energeetilisest potentsiaalst kasutatakse soojuse toomiseks;
- energiasektori kasvuhoonegaaside emissioonid vähenenud vähemalt 70%;

Aastani 2030 suletavad tootmiseseadmed ja olemasolevate tootmiseseadmete võimsuste vähenemine: [4]

- 2021 Eesti elektriijaama plokkide sulgemine, 815 MW;
- 2021 Balti elektriijaama ploki sulgemine, 130 MW;
- 2024 Täiendavate plokkide sulgemine Eesti Elektriijaamas, 346 MW;
- 2031 Plokkide sulgemine Eesti ja Balti elektriijaamas kokku 386 MW;

Tänaseks on soojussektoris taastuvate allikate osakaal jõudnud liigikaudu 52 %-ni ja jätkab kasvamist. Taastuvate kütustele ülemineku tendents on näha katlamajadest ja koostootmisjaamades. 2017 aasta andmetel taastuenergia osakaal kaugküttes oli 52 %. [4]

Eestis põhiliseks tarbivateks energiaks on elektrienergia, gaas ja soojus, mis koos moodustab liigikaudu 43 % kogu energia bilansist. Energiatõhususe parandamiseks on võetud suund energiasäästlikke hoonete kasutamisele või renoveerimisele, mis vähendab oluliselt elamufondi energiasõltuvust ja kasvuhoonegaaside heitkoguseid. [4]

Eestis taastuenergia allikatest kõige levinumad on biokütuse kasutamine koostootmises, tuule-, hüdro- ja päikeseenergia. Nendest kõige suurem potentsiaal on biokütusel ning tuuleenergial. [5]

Tasase reljeefi tõttu ning väikse jõgede languse ja aeglase voolu tõttu hüdroenergiast elektri tootmine Eestis ei leidnud laia kastutust. Elektri tootmise osas on kõige suurem potentsiaal Narva jõel, mis on võrreldav kogu Eesti jõgede summaarse varuga. Praegu on Narva jõe potentsiaal on suures osas ära kasutatud Venemaa hüdroelektriijaamaga, mille võimsus on 125 MW. Kuna Narva jõe valgalt paikneb umbes üks kolmandik Eesti territooriumil, vastavalt rahvusvahelistele tavadele, toodang peaks olema jagatud riikide vahel sõltuvalt valgala pindalast. [5]

Ilmastik rannikualadel on väga sobilik tuuleenergia Eestis kasutamisel. Kuigi hinnanguliselt on võimalik aasta jooksul toodetud elektrituulikute toodanguga katta kogu Eesti elektritarbimist, realselt see ei ole võimalik. Tuuleenergiast elektri tootmise juures, tuleb arvestada negatiivse toodanguga (tulevaikus ja elektrituulikud tarbivad elektrit) ning olukordadega, kus toodang vastupidi ületab tarbimist. Selle põhjusel ei tohi arvestada kogu tarbimise katmisel tuuleelektriijaamade toodanguga. Eesti tuulepargid paiknevad valdavalt Kirde-, Loode- ning Lääne-Eesti rannikutel. [5] Tuuleparkide arendamine toimub nii maaisamaal kui rannikuvetes, kogu võimsusega rohkem kui 4 GW. Tuuleparkide valmimisajad sõltuvad riigikaitseliste piirangute leevendamise, milleks on eelkõige kõrguspiirangud maismaal ja mereala planeeringu kehtestamine. Piirangute leevenduste järgselt on Ida-Eesti tuuleenergia arenduste

potentsiaaliks 300 MW ja Lääne-Eesti suurusjärgus 850 MW. Mereala potentsiaaliks on suurusjärk 7000 MW. [4]

Biokütuse kasutamise potentsiaal avaldub eeskätt koostootmise valdkonnas. Praegu kütteks kasutatud üks kolmandik koostab biomaas, kuid teoreetiline võimalus on soojusenergia tootmiseks suurendada biomaassi osakaalu kahe kolmandiku ulatuses. Kohalikud kaugküttejaamad pidevalt arenevad ja otsivad uusi võimalusi elektri tootmiseks ning võib eeldada, et kuni viie aasta perspektiivis on Eestis võimalik lisada 100-200 MW biokütusel põhinevat elektrilist võimsust. [5]

Päikesepaneelide kasutamises on viimastel aastatel toimunud suur areng. Üheltpoolt on vähenenud päikeseenergia kasutuselevõtmisega seonduvad kulud ning tootmise tehnoloogia areng paneelide hinda alla toonud ja teiselt poolt tõusis päikesepaneelide efektiivsus. Suurima päikesepargi võimsus Eestis on 0,7 MW, keskmine päikeseelektrijaama võimsus on ligikaudu 10 kW ja 1.jaanuari 2020 seisuga oli süsteemiga ühendatud 128 MW päikeseelektrijaamu, millest 74 MW ühendati 2019. aasta jooksul. [5]

1.3 Eesti elektrivõrgu sünkroniseerimine Mandri-Euroopa sünkroonalaga

Balti riikide elektrisüsteem on praegu tehniliselt võttes osa Venemaa ühendenergiast (IPS/UPS), kus viimaste tehtud arengute tõttu on Baltimaadel tekkinud saarestumise risk. Venemaa kontrollib Baltimaade elektrisüsteemi sagedust, läbi selle on tal võimekus mõjutada elektrisüsteemi toimimist Balti riikides. Riskide vähendamiseks ja elektrisüsteemi stabiilsuse ning töökindluse tagamiseks toimud sünkroniseerimine Baltimaade Mandri-Euroopa sagedusalaga. [6]

Saarestumisega toimetulekuks on Baltimaadel võimekus olemas juba täna, kuid süsteemi täieliku väljalülitamise vältimiseks ning stabiilsuse tagamiseks, tuleb suure avarii korral elektrivõrgus lühiajaliselt piirata suures mahus energia tarbijaid. Täiendavad arendused ja meetmed aitavad luua võimekust pikaajaliseks sünkroontööks ka N-1 olukorras, ilma tarbijate hulka piiramiseta. [6]

Parema stabiilsuse tagamiseks nii tavaolukorras kui ka avariide korral on vajalik piisava inertsiga tagamine. Mandri-Euroopa elektrisüsteemiga eduka sünkroniseerimiseks ja talitluseks Baltimaade elektrisüsteemis on vaja tagada iga ajahetkel 17100 MWs inertsiga. Piisava inertsiga tagamiseks Baltikumi süsteemihaldurid paigaldavad elektrivõrku kokku üheksa sünkroonkompensaatorit, mis toetab süsteemi lühisvõimsuse ning vajadusel reaktiivvõimsuse reserviga. [6]

Sünkroniseerimisprojekti läbiviimine tagab Baltimaade pikaajalise varustuskindluse, sõltumatus teisest riikidest, võimekus iseseisvalt sünkroonalana talitleda. Taristu ja kompetentside arendamise seisukohalt on desünkroniseerimine IPS/UPS elektrisüsteemist ning sünkroniseerimine Mandri-Euroopa sagedusalaga on suur väljakutse. [6]

I etapi käigus rekonstrueeritakse Eestis Balti-Tartu, Tartu-Valmiera ja Viru-Tsirguliina 330 kV õhuliinid, toimub juhtimissüsteemide uuendamine ning uute pingestabiliseerimise seadmete ehitamine, sealhulgas Eesti esimene sünkroonkompensaator. Teises etapis rajatakse kaks täiendavat sünkroonkompensaatorit ja uuendatakse elektrisüsteemi ja olemasolevate alalisvooluühenduste juhtimise süsteeme. [6]

Olemasolevatest liinidest esimesena rekonstrueeritakse Balti-Tartu (L300), seejärel Tartu-Valmiera (L301) ning viimasena Viru-Tsirguliina-Valmiera (L353 ja L354) 330 kV õhuliin. Sünkroniseerimisega seotud investeeringute raames toimuvad ka paralleelselt ülekandeliinide tugevdused. Lõuna suunal Eesti elektrisüsteemi liitumise tugevdamiseks toimub kolmanda Eest-Läti liini ehitamine Harku alajaamast läbi Sindi Riiga suunas. Ida-Virumaal toimub Läti suunduvate ülekandeliinide uuendamine Tartu-Valga lõigul. [6]

Antud projektide eluviimisel oluliselt paraneb Eesti ja Läti vaheline läbilaskevõime ning elektrisüsteemi varustuskindlus. Ülekandeliinide rekonstrueerimised on plaanis teostada ajavahemikus 2021-2025 a. Eesti-Läti suunaliste 330 kV õhuliinide rekonstrueerimisel on plaanis teha muudatused 110 kV õhuliinide võrgus. Osa 110 kV demonteeritakse ning paralleelselt kulgevad 110 kV õhuliinide rekonstrueeritakse ühiritusega 330 kV õhuliinide mastidele. Ühisritusega paraneb nii mõju keskkonnale kui ka langevad liinide hoolduskulud. [6]

1.4 Põlevkivi kasutus energiasektoris

Põlevkivivaldkonna peamised eesmärgid ja arengusuunad on kirjeldatud „Põlevkivi kasutamise riiklikus arengukavas 2016-203“. Arengukava eesmärk on põlevkivi keskkonnasäästliku ja majanduslikult efektiivse kaevandamise ja kastumise tagamine, säilitades põlevkivitööstuse varustust põlevkiviõliga ja sealjuures vähenedes negatiivset mõju keskkonnale. [3]

Energiajulgeoleku kohalt muutub põlevkivist elektrienergia pidev tootmine, piisava kaevandamisvõimekuse tagamiseks, et vajaduse tekkimise korral suunata põlevkivi elektri tootmisele. [3]

Kodumaisel kütusemajandusel põhineb Eesti energeetiline sõltumatus, ligikaudu 65% primaarenergiaga varustatusest katab põlevkivi. Teised olulised kütused nagu puit ja

turvas katavad ligikaudu 15%. Viimastel aastatel kasvanud ka jäätmete ja põllumajasuliku päritolu biomassi kasutamine. [3]

Energiamaajanduse riikliku arengukava järgi seati erinevad prioriteedid ja eesmärgid: tootmisseadmete uuendamine, kaugkütte hinna järelevalve parandamine, elektrienergia ja soojuse koostootmise laiendamine, tootmisportfelli mitmekesistamine. Eesmärkide saavutamiseks on suurenenud vanade katelseadmete uuendamine, laialdaselt asendatakse põlevkiviõlil töötavad katelseadmed biomassi kasutatavat seadmetega. [3]

Sõltuvalt nafta maailmaturu hinna edasistest arengutest on põlevkivisektoris võimalik ellu viia investeeringuid, mille tulemusena seni valdav põlevkivi otsepõletus elektri tootmiseks asenduks järgmise aastakümne vältel põlevkiviõli ja elektrienergia koostootmisega. [3]

Põlevkivi arengukava sead riigi huvi elluviimise vajadusest tulenevalt kolm strateegilist eesmärki: [7]

- põlevkivi kaevandamise efektiivsuse tõstmine ja negatiivse keskkonnamõju vähendamine;
- põlevkivi kasutamise efektiivsuse tõstmine ja negatiivse keskkonnamõju vähendamine;
- põlevkivialase haridus- ja teadustegevuse arendamine;

Põlevkivisektor on riigile oluline varustuskindluse ja julgeoleku tagamiseks. Edaspidi suureneb põlevkiviõli tootmine ja selle ekspordi osatähtsus. Põlevkivist otsepõletamisega elektri tootmine jätkub olemasolevate tootmisvõimsuste baasil, mis vastavad kehtestatud keskkonnanõuetele. [7]

2. ÕHULIINIDE REKONSTRUEERIMISE MÕJU ANALÜÜS

2.1 Uuringu mudeli lähteandmed ja põhieeldused

Elektrisüsteemi põhielemendid on elektrijaamad, elektriliinid, alajaamad ja tarbijad. Elektriliinidest ja alajaamadest koosnev elektrivõrk jaotatakse reeglina kahte ossa: põhivõrk ja jaotusvõrk. Põhivõrk ühendab omavahel elektrijaamad, jaotusvõrgud ja tarbijad ja põhivõrgu ülesandeks on, kõrgeid pingeid (110 kV ja 330 kV) kasutades, transportida elektrienergiat suurte vahemaade taha. Põhivõrgu alla kuuluvad ka riikidevahelised ühendused. Kogu elektri põhivõrgu haldamist teostab Elering AS. [8]

Elektrivõrgu tähtsaim ülesanne on elektrienergia toimetamine elektrit tootvatest allikatest elektritarbijateni. Tänapäeval on elektrivõrgud kujunenud väga keerukaks süsteemiks ja riikide elektrivõrgud on omavahel tugevalt põimunud. [3]

Eestit tervikuna vaadates on tulevikuperspektiivis tarbimise keskmisest kiiremat kasvu võrreldes teiste piirkondadega tuleb Tallinnas ja selle lähiümbruses. Tallinna piirkonnaga seotud arengud keskenduvad eelkõige vananeva taristu asendamisele linnasiseselt ning elektrivõrgu ümberkujundamisele linna ümbruses. [3]

Elektrivõrgu planeerimine on keeruline protsess, mille käigus rakendatakse erinevaid analüüsimeetodeid. Eesti sisese elektrivõrgu arendamisel käsitletakse jaotus- ja ülekandeliine ning alajaamu. Võrguarvutusi teostatakse programmpaketi PSS/E abil. Mudeliga teostatakse nii püsitalitluse arvutusi, selgitamaks mõju võimsusvoogudele ja läbilaskevõimetele, kui ka dünaamika arvutusi süsteemi stabiilsuse hindamiseks. Kuna planeerimisprotsess tugineb tulevikuproгноosi andmetele on äärmiselt vajalik protsessi ja arengukava uute andmetega järjepidev kohastumus. [5]

Antud lõputöö mudeli arvutused on teostatud Eleringi poolt, mille raames on analüüsitud 28 erinevat stsenaariumit. Stsenaariumites on esitatud erinevad tarbimise ja genereerimise muustrid ning riikide vaheliste eksport-import kombinatsioonid. Mudelarvutustes monitooritakse kõiki põhivõrgu elemente: ülekandeliinide ja 330 kV ülepingega trafode koormusi ning põhivõrgu alajaamade sõlmepingeid. Kõikide stsenaariumite korral teostatakse N-1 analüüs, mis sisaldab endas liigikaudu 300 liini ja 17 trafo väljalülitumist.

Mudeli koostamisel on arvestatud järgmiste 330 kV õhuliinide rekonstrueerimistega:

- L365 Paide – Mustvee õhuliini rekonstrueerimine;
- L357 Paide – Kiisa õhuliini rekonstrueerimine;
- L346 Paide – Sopi gabariitide korrastamine, isolatsiooni vahetus;
- L506 Rakvere-Kiisa õhuliini rekonstrueerimine;

- L347 Sindi – Sopi gabariitide korrastamine, isolatsiooni vahetus;
- L360 Püssi – Rakvere õhuliini rekonstrueerimine;
- L512 Aruküla – Kiisa õhuliini ehitamine;

330 kV alajaamade osas on mudelis arvestatud järgmiste muudatustega:

- Lihula 330/110 kV alajaama ehitamine;
- Balti alajaamas 125 MVA autotrafo vahetamine 200 MVA vastu;
- Paide A2T autotrafo demonteerimine;

Mandri-Euroopa elektrivõrguga liitumise raames on lisaks ette nähtud:

- L300 Balti – Tartu 330 kV õhuliini rekonstrueerimine, mille tulemusel tekib kolme otsaga liin Püssi – Tartu – Balti 330 kV õhuliin;
- L301 Tartu – Valmiera 330 kV õhuliini rekonstrueerimine;
- L353 Viru – Tsirguliina 330 kV õhuliini rekonstrueerimine;
- Mustvee 330 kV jaotusalajaama ehitamine;
- Mustvee, Paide, Viru ja Balti alajaamadesse astmeliste -120 Mvar reaktorite paigaldamine;
- Kiisa, Püssi ja Viru alajaamadesse sünkroonkompensaatorite paigaldamine;

Mudeli koostamisel on samuti arvestatud Eleringi kodulehel välja toodud 110 kV elektrivõrgu investeringutega.[9] Baasmudeli koostamisel on arvestatud liitumistaotlustega seisuga 10. jaanuar 2021 aasta.

2.2 Mudelarvutuste tulemuste analüüs

Mudelarvutuste analüüsimiseks oli loodud baas- ja kolm lisastsenaariumi. Baasstsenaariumi lähtepunktiks on aasta 2030, kus on arvestatud Eesti põhivõrgu võimaliku arengukavaga.

Esimese stsenaariumi raames lisanduvad järgmised 330 kV õhuliinide rekonstrueerimised:

- L356 Paide – Mustvee õhuliini rekonstrueerimine;
- L357 Paide – Kiisa õhuliini rekonstrueerimine;
- L346 Paide – Sopi gabariitide korrastamine, isolatsiooni vahetus;
- L506 Rakvere – Kiisa õhuliini rekonstrueerimine;
- L347 Sindi – Sopi gabariitide korrastamine, isolatsiooni vahetus;
- L360 Püssi – Rakvere õhuliini rekonstrueerimine;

Teises stsenaariumis eelpoolt nimetatud rekonstrueerimisele lisandub Lihula 330/110 kV alajaama ehitamine ning kolmandas stsenaariumis veel lisaks L512 Aruküla – Kiisa

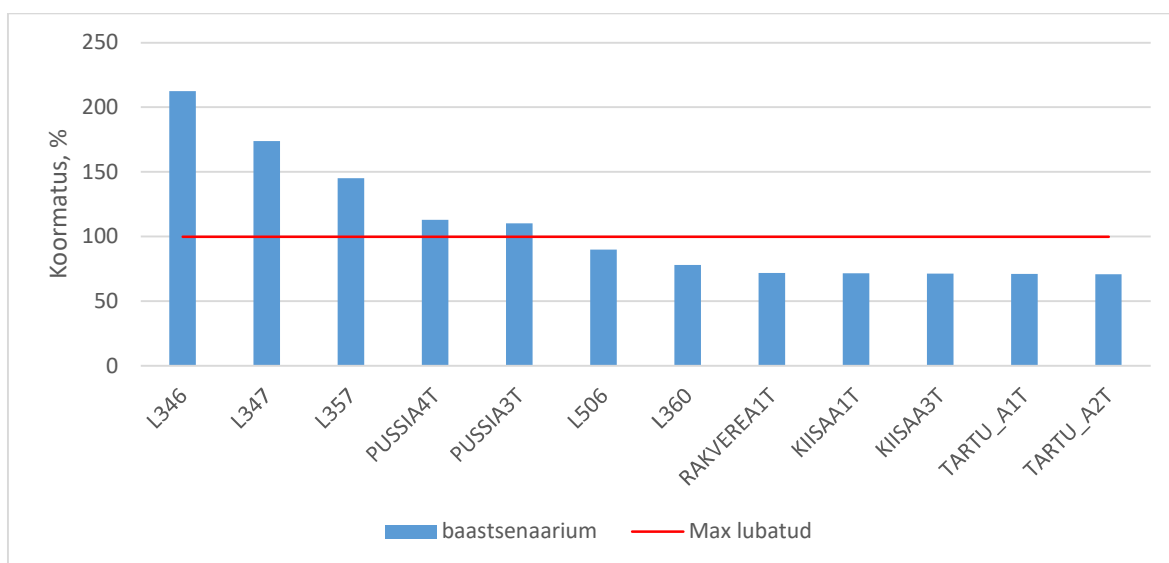
330 kV õhuliini ehitamine. Tuleb arvestada, et mudelarvutuste jaoks kasutatud ülekandevõrgu muudatused ei pruugi tulevikus realiseeruda ja on kasutatud võimaliku mõju analüüsimiseks.

2.2.1 Baasstsenaariumi tulemused

Maksimaalselt lubatud koormatus 100%, näitab ülemist piiri, mille puhul õhuliin vastab ohutusnõuetele. Edasisene koormatuse kasvuga suureneb liini riipe ja selle tulemusena maagabariit langeb. Järgmistes väljatoodud liinide koormatused on arvatud halvima N-1 olukorras. See tähendab, et iga liini kohta on toodud välja N-1 olukord, mis põhjustab konkreetse liini suurima koormatuse. Koormatus on elemendi (liin, trafod) suhteline koormus protsentides elemendi maksimaalse läbilaskevõime suhtes. 330 kV võrku vaadates ülekoormatuna jäävad liinid L346, L347 ja L357 ning 330/110 kV trafod Püssi A4T ja Püssi A3T (vt Tabel 2.1). Kõige suurem koormatus on liinil L346, kus on maksimaalselt lubatud koormatus ületatud rohkem kui kaks korda (vt Joonis 2.1). Joonisel on esitatud liinid ja trafod, kus koormatus on suurem kui 70% maksimaalselt lubatust.

Tabel 2.1 Ülekoormatud 330 kV õhuliinide ja 330/110 kV trafode koormatus baasstsenaariumi järgi halvima N-1 korral.

Liini nr	Liini nimetus	Koormatus, %
L346	Paide – Sopi	212
L347	Sopi – Sindi	174
L357	Paide – Kiisa	145
Püssi A4T	Püssi	113
Püssi A3T	Püssi	110

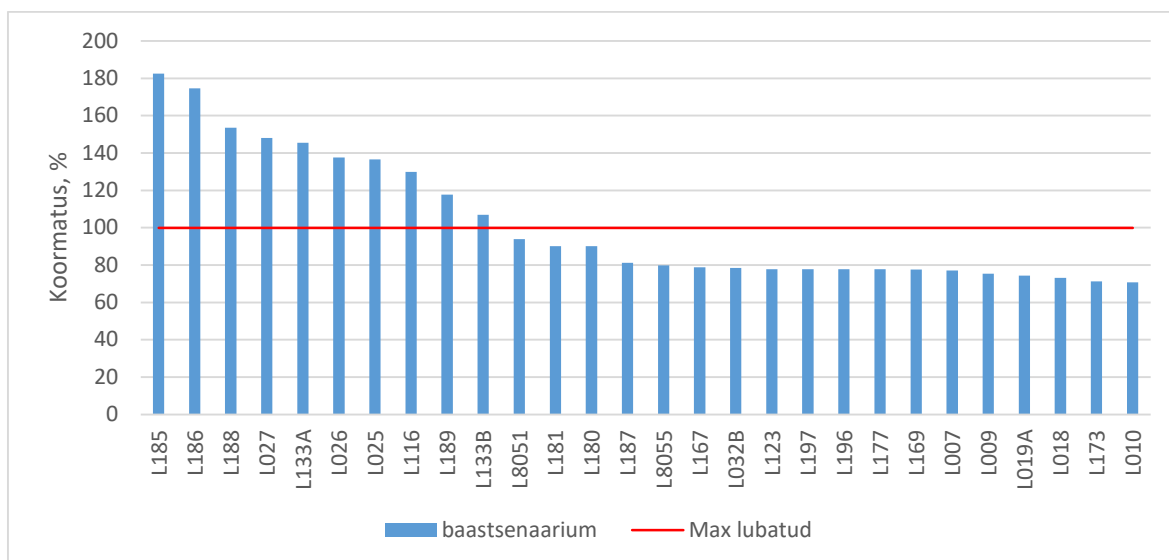


Joonis 2.1 330 kV õhuliinide ja 330/110 kV trafode koormatus baasstsenaariumi järgi halvimal N-1 korral

110 kV võrku vaadates ülekoormatus tekib liinidel: L185, L186, L188, L027, L133A, L026, L025, L116, L189, L133B. (vt Tabel 2.2). Kõige suurem koormatus on liinidel L185 ja L186 (183% ja 175%). (vt Joonis 2.2).

Tabel 2.2. Ülekoormatud 110 kV õhuliinide koormatus baastsenaariumi järgi

Liini nr	Liini nimetus	Koormatus, %
L185	Kiisa-Kohila	183
L186	Kohila-Rapla	175
L188	Vigala-Valgu	153
L027	Valgu-Järvakandi	148
L133A	Paide-Vändra	145
L026	Järvakandi-Kehtna	138
L025	Kehtna-Rapla	137
L116	Allika-Püssi	130
L189	Lihula-Vigala	118
L133B	Vändra-Papiniidu	107



Joonis 2.2 110 kV õhuliinide koormatus baastsenaariumi järgi. Joonisel on esitatud liinid, kus koormatus on suurem kui 70% maksimaalselt lubatust

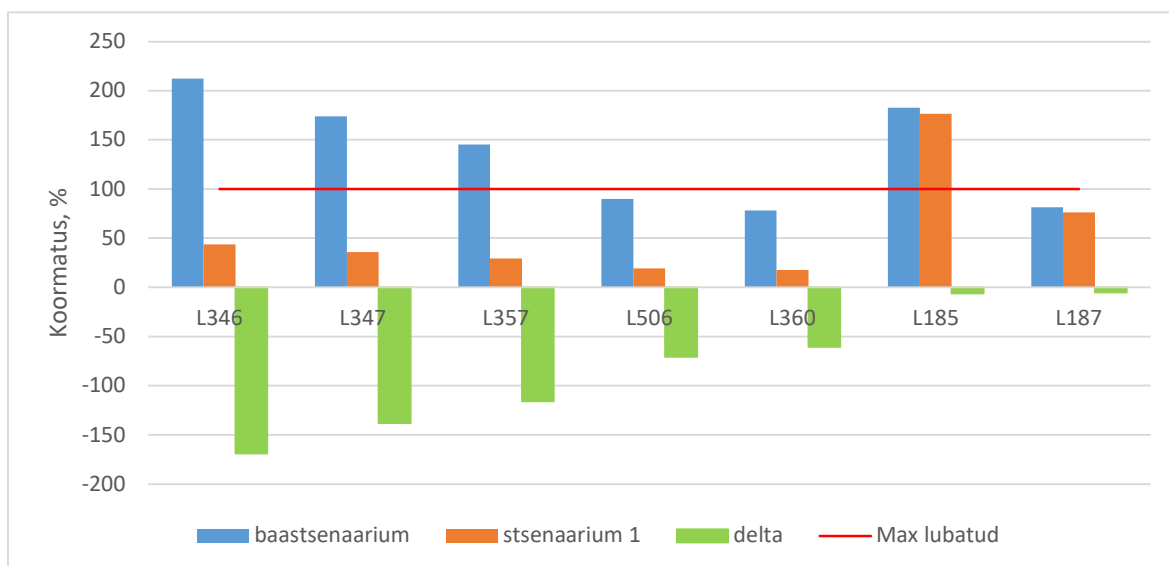
2.2.2 330 kV õhuliinide rekonstrueerimise stsenaariumi tulemused

Esimese stsenaariumi järgi toimuvad suured 330 kV õhuliinide rekonstrueerimised, mis avaldab positiivset mõju eelkõige 330 kV õhuliinide koormatusele. Joonisel 2.3 on esitatud õhuliinid, kus koormatuse langus oli rohkem kui 5%. Jooniselt on näha suurt koormatuse langust baastsenaariumiga võrreldes ülekoormatud liinidelt: L346, L347 ja L357. Samuti langus toimub liinidel L506 ja L360. 110 kV võrku vaadates, kõige suurem

langus toimub õhuliinidel L185 ja L187, kuigi nad ei ole esitatud 330 kV õhuliinidel koormatuse langusega võrreldes märkimisväärsed (vt Tabel 2.3). 110 kV õhuliinil L185 koormatus ületab maksimaalselt lubatud. Rohkem kui 1,5 korda. Suurem osa 110 kV õhuliinidest 330 kV õhuliinide rekonstrueerimine ei mõjuta.

Tabel 2.3 110 ja 330 kV liinide baasstsenaariumi ja esimese stsenaariumi N-1 koormatuse võrdlus

Liini nr	Liini nimetus	Baasstsenaarium (koormatus, %)	Stsenaarium 1 (koormatus, %)	Delta (koormatus, %)
L346	Paide – Sopi	212	43	169
L347	Sopi – Sindi	174	36	138
L357	Paide – Kiisa	145	29	116
L506	Rakvere-Kiisa	90	19	71
L360	Püssi-Rakvere	78	18	60
L185	Kiisa-Kohila	183	177	6
L187	Rapla-Paide	81	76	5



Joonis 2.3 330 ja 110 kV õhuliinide koormatus stsenaariumi I järgi

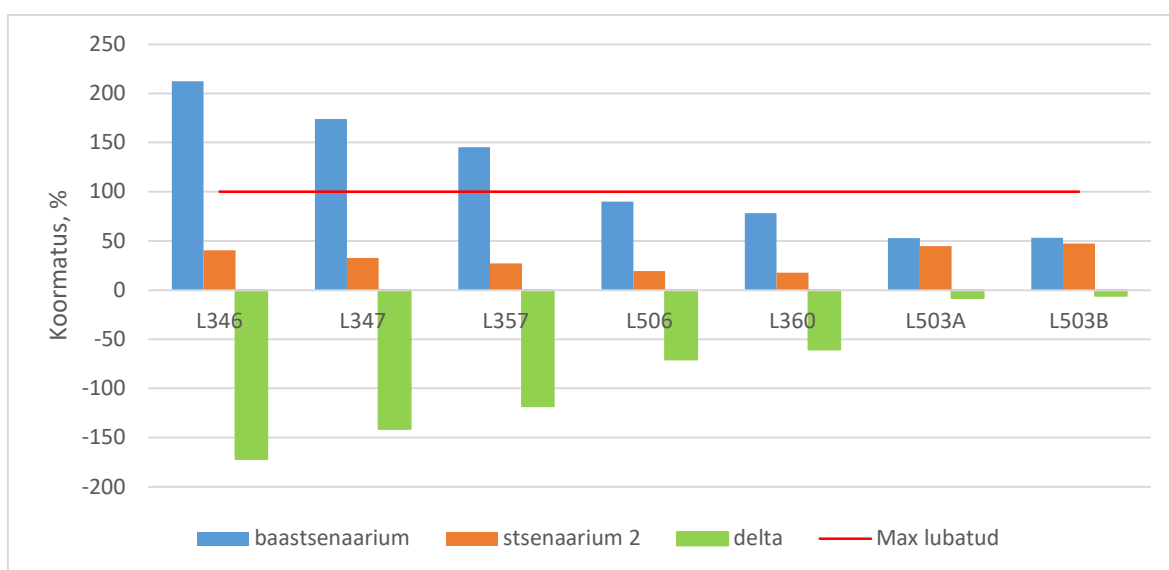
2.2.3 Lihula 330/110 kV alajaama stsenaariumi tulemused

Teises stsenaariumis on valmis Lihula 330/110 kV alajaam. Lihula alajaam on Eleringi hallatava ülekandevõrgu olulisim 110 kV sõlmajaam Lääne-Eestis, mille uuendamine tugevdab kogu piirkonna varustuskindlust. Lihula alajaama kaudu saavad toite ka Lääne-Eesti suursaadred Muhu, Saaremaa ja Hiiumaa. Ühtlasi on Lihula alajaam osaks rajatavast Eesti-Läti kolmandast elektriühendusest. [10] Eesti-Läti kolmanda elektriühenduse rajamine on oluline eeldus Balti riikide sünkroniseerimiseks Mandri-Euroopa elektrisüsteemiga. Lihula 330/110 kV alajaama ehitamisega koormatus langeb 330 kV liinidel: L346, L347, L357, L506, L360, L503A, L503B (vt Joonis 2.4) Esimesel viiel liinil on koormatuse langus peaaegu sama, mis on esimese stsenaariumi puhul.

Liinidel L503A ja L503B langus kõigub vahemikus 6-8 % (vt Tabel 2.4). Kõige suurem koormatuse langus on 330 kV õhuliinil L346 Paide-Sopi (172%).

Tabel 2.4 330 kV liinide baasstsenaariumi ja teise stsenaariumi koormatuse võrdlus

Liini nr	Liini nimetus	Baasstsenaarium (koormatus, %)	Stsenaarium 2 (koormatus, %)	Delta (koormatus, %)
L346	Paide – Sopi	212	40	172
L347	Sopi – Sindi	174	33	141
L357	Paide – Kiisa	145	27	118
L506	Rakvere-Kiisa	90	19	71
L360	Püssi-Rakvere	78	18	60
L503A	Lihula-Sindi	53	45	8
L503B	Lihula-Harku	53	47	6

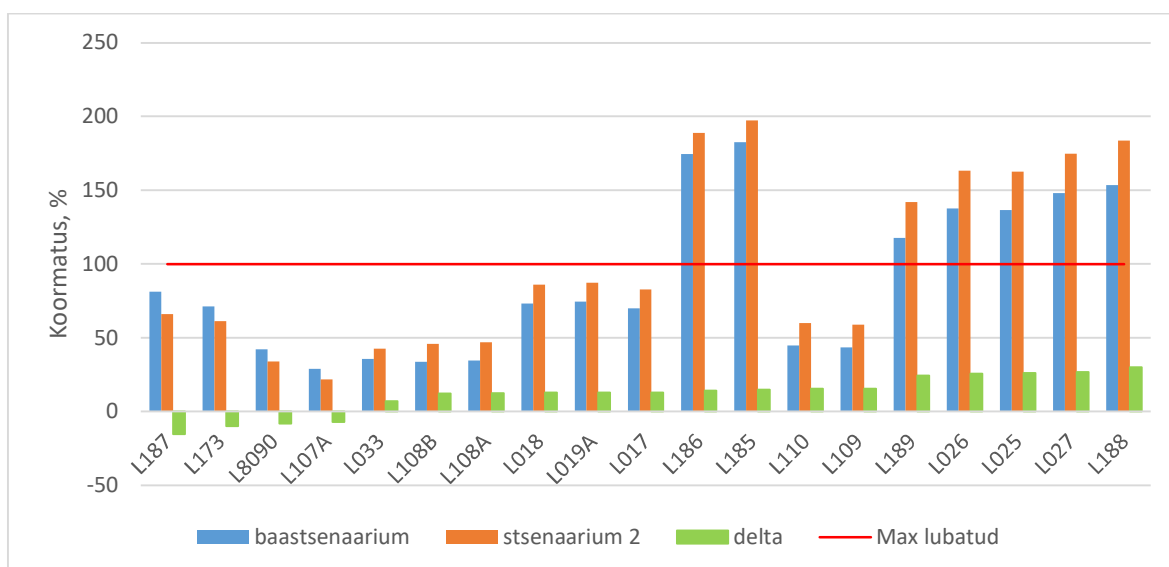


Joonis 2.4 330 kV õhuliinide ja 330/110 kV trafode koormatus stsenaariumi II järgi (delta rohkem kui 5 %)

Antud analüüsis ei ole arvatud genereerimise lisandumisega 110 kV võrku, mille korral Lihula alajaama lisandumine avaldaks positiivset mõju antud võrgu koormatusel. Lõputöö raames analüüsitud stsenaariumis on arvestatud suuremahulise genereerimise lisandumisega Lihula 330 kV alajaamas, millega koos surutakse osa transiiti läbi 330 kV paralleelselt kulgeva 110 kV võrku. Seetõttu 110 kV võrku vaadates on näha, et enamustel õhuliinidel koormatus kasvab. Sealhulgas tõus toimub ka juba ülekoormatud liinidel: L186, L185, L189, L026, L025, L027, L188 (vt Joonis 2.5). Positiivne mõju avaldub liinidel: L187, L173, L8090 ja L107A. Kõige suurem koormatuse langus on 110 kV õhuliinil L187 Rapla – Paide (15%), kõige suurem tõus on 110 kV õhuliinil L188 Vigala-Valgu (30%) (vt Tabel 2.5).

Tabel 2.5 110 kV õhuliinide baasstsenaariumi ja teise stsenaariumi koormatuse võrdlus, kus erinevus on rohkem kui 5 %

Liini nr	Liini nimetus	Baasstsenaarium (koormatus, %)	Stsenaarium 2 (koormatus, %)	Delta (koormatus, %)
L187	Rapla - Paide	81	66	15
L173	Võiküla - Orissaare	71	61	10
L8090	Virtsu - Võiküla	42	34	8
L107A	Lihula - Lõpe	29	22	7
L033	Audru - Sindi	36	43	-7
L108B	Kullamaa - Lihula	34	46	-12
L108A	Risti - Kullamaa	34	47	-12
L019A	Nõva - Aulepa	74	87	-13
L018	Rummu - Nõva	73	86	-13
L017	Rummu - Kiisa	70	83	-13
L186	Kohila - Rapla	175	189	-14
L185	Kiisa - Kohila	183	197	-15
L110	Riisipere - Keila	45	60	-15
L109	Riisipere - Risti	43	59	-15
L189	Lihula - Vigala	118	142	-24
L026	Järvakandi - Kehtna	138	163	-26
L025	Kehtna - Rapla	137	163	-26
L027	Valgu - Järvakandi	148	175	-27
L188	Vigala - Valgu	153	184	-30



Joonis 2.5 110 kV õhuliinide koormatus stsenaariumi II järgi (delta rohkem kui 5 %)

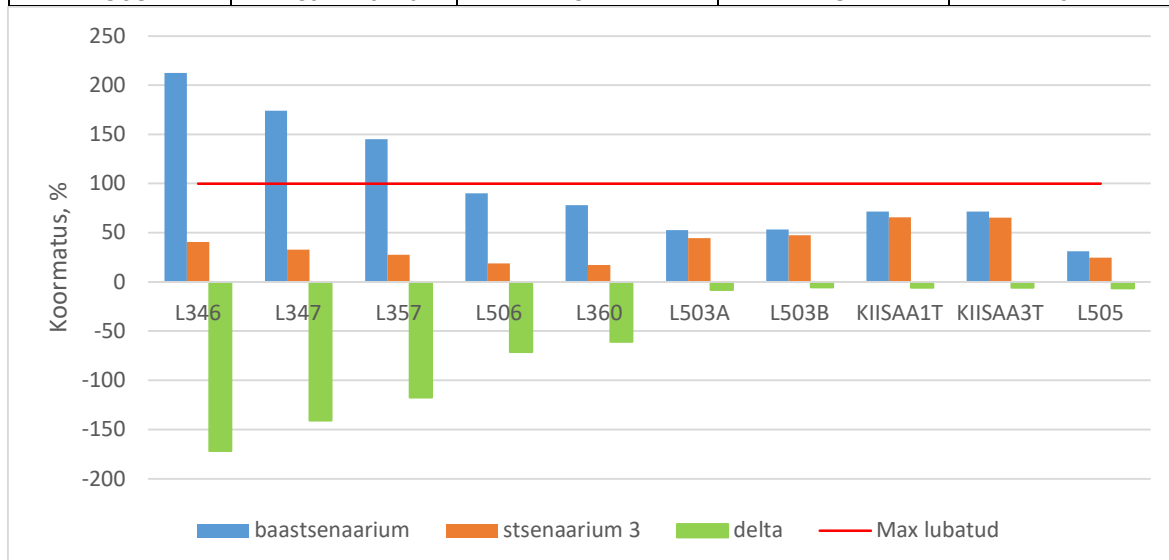
2.2.4 Aruküla-Kiisa 330 kV õhuliini ehitamise stsenaariumi tulemused

Kolmandas stsenaariumis on arvestatud L512 Aruküla – Kiisa 330 kV õhuliini ehitamisega. Antud stsenaariumi järgi kõige rohkem koormatus langeb 330 kV õhuliinidel: L346, L347, L357, L506, L360 (vt Tabel 2.6). Suuruse järgi antud liinidel koormatuse langus on praktiliselt sama, esimese ja teise stsenaariumiga võrreldes.

Kolmanda stsenaariumi järgi on näha ka koormatuse langused (rohkem kui 5 %) 330 kV õhuliinidel L503A, L503B, L505 ning 330/110 kV trafodel Kiisa A1T ja Kiisa A3T. Kõige suurem koormatuse langus on 330 kV õhuliinil L346 Paide-Sopi (vt Joonis 2.6).

Tabel 2.6 330 kV liinide baasstsenaariumi ja kolmanda stsenaariumi koormatuse võrdlus

Liini nr	Liini nimetus	Baasstsenaarium (koormatus, %)	Stsenaarium 3 (koormatus, %)	Delta (koormatus, %)
L346	Paide – Sopi	212	41	172
L347	Sopi – Sindi	174	33	141
L357	Paide – Kiisa	145	27	118
L506	Rakvere-Kiisa	90	19	71
L360	Püssi-Rakvere	78	17	61
L503A	Lihula-Sindi	53	45	8
Kiisa A1T	Kiisa	72	66	6
Kiisa A3T	Kiisa	71	65	6
L503B	Lihula - Harku	53	47	6
L505	Kiisa - Harku	31	25	6

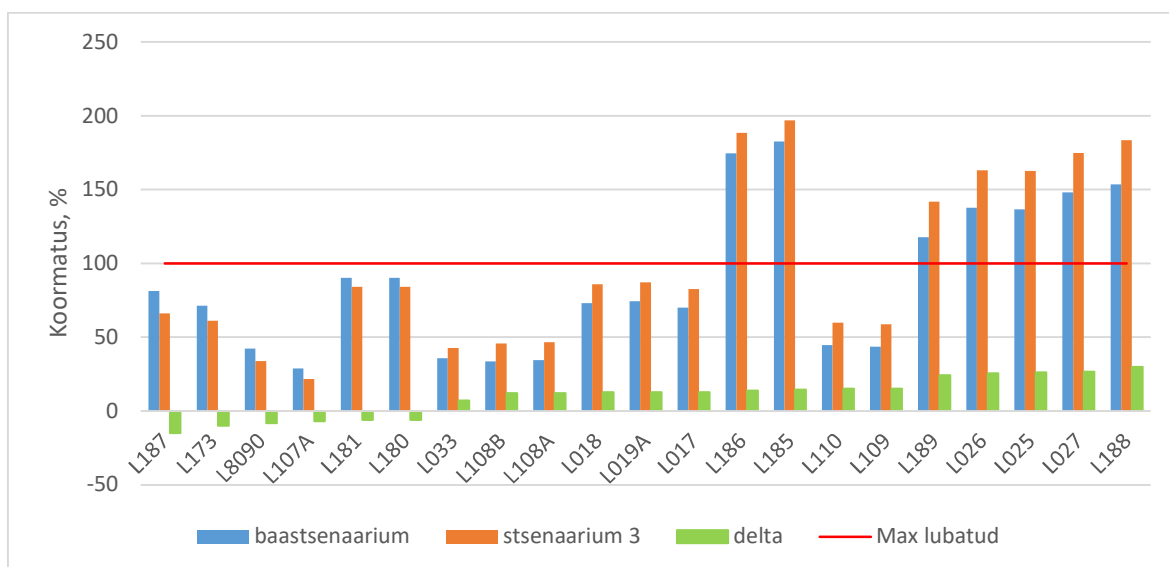


Joonis 2.6 330 kV õhuliinide ja 330/110 kV trafode koormatus stsenaariumi III järgi

Vaadates 110 kV õhuliinide võrku, kus delta on suurem kui 5 %, on näha, et koormatus enamikel liinidel tõuseb (vt Joonis 2.7). Baasstsenaariumis ülekoormatud 110 kV õhuliinid, kus koormatus tõuseb veel rohkem on L186, L185, L189, L026, L025, L027 ja L188. Kõige suurem koormatuse langus on 110 kV õhuliinil L187 Rapla-Paide (15%), kõige suurem tõus on 110 kV õhuliinil L188 Vigala-Valgu (30%) (vt Tabel 2.7).

Tabel 2.7 110 kV õhuliinide baastsenaariumi ja kolmanda stsenaariumi koormatuse võrdlus

Liini nr	Liini nimetus	Baastsenaarium (koormatus, %)	Stsenaarium 3 (koormatus, %)	Delta (koormatus, %)
L187	Rapla - Paide	81	66	15
L173	Võiküla - Orissaare	71	61	10
L181	Kiisa - Keila	90	84	6
L180	Kiisa - Keila	90	84	6
L8090	Virtsu - Võiküla	42	34	8
L107A	Lihula - Lõpe	29	22	7
L033	Audru - Sindi	36	43	-7
L108B	Kullamaa - Lihula	34	46	-12
L108A	Risti - Kullamaa	34	47	-12
L019A	Nõva - Aulepa	74	87	-13
L018	Rummu - Nõva	73	86	-13
L017	Rummu - Kiisa	70	83	-13
L186	Kohila - Rapla	175	188	-14
L185	Kiisa - Kohila	183	197	-14
L110	Riisipere - Keila	45	60	-15
L109	Riisipere - Risti	43	59	-15
L189	Lihula - Vigala	118	142	-24
L026	Järvakandi - Kehtna	138	163	-26
L025	Kehtna - Rapla	137	163	-26
L027	Valgu - Järvakandi	148	175	-27
L188	Vigala - Valgu	153	183	-30



Joonis 2.7 110 kV õhuliinide koormatus stsenaariumi III järgi

KOKKUVÕTE

Mudeli koostamisel on arvestatud, et suurima tarbimisega piirkond Eestis on Tallinn ja selle lähiümbrus, kus tulevikus elektrienergia tarbimine kasvab kiiremalt teiste Eesti piirkondadega võrreldes. Baasstsenaariumi tulemused näitasid, et vastavalt lõputöö raames käsitletud võimaliku arengustsenaariumile, Lääne-Eesti õhuliinidel koormatus tõuseb. Ülekoormatud 330 kV õhuliinid asuvad Paide - Sopi, Sopi - Sindi ja Paide – Kiisa lõigul. Ülekoormatud 110 kV õhuliinid jooksevad paralleelselt antud 330 kV õhuliinidega ja asuvad lõikudel Kiisa – Kohila, Kohila – Rapla, Vigala – Valga, Lihula – Vigala, Kehtna – Rapla, Järvakandi – Kehtna, Valga – Järvakandi.

Antud lõputöö raames käsitletud 330 kV õhuliinide rekonstrueerimiste tulemused, näitavad, et ülekoormatud 330 kV õhuliinidel koormatus langeb, kuid samas osa 110 kV võrgu õhuliinidel koormatus jääb praktiliselt samaks või hoopis kasvab. Antud analüüsis ei ole arvatud genereerimise lisandumisega 110 kV võrku, mille korral Lihula alajaama lisandumine avaldaks positiivset mõju antud võrgu koormatusel. Lõputöö raames analüüsitud stsenaariumis on arvestatud suuremahulise genereerimise lisandumisega Lihula 330 kV alajaamas, millega koos surutakse osa transiiti läbi 330 kV paralleelselt kulgeva 110 kV võrku. Arvestustes järeldeb, et koos Lihula 330 kV alajaama ehitusega tuleb tugevdada antud piirkonna 110 kV võrku.

Üldjoontes, Eesti 110 kV elektrivõrku vaadates, vastab ta tarbimiskoormuse osas vajadustele, kuid piirkonniti olukord võib olla erinev ning tuleb jätkuvalt panustada vananevate liinide rekonstrueerimisele. Regionaalse tasakaalu ja töökindluse tagamiseks on vajalik elektrivõrgu arendamine kõikides Eesti maakondades.

SUMMARY

In compiling the model, it has been considered that the region with the highest energy consumption in Estonia is Tallinn and its area, where electricity consumption will grow faster in the future compared to other regions of Estonia. The results of the baseline scenario showed that according to the possible development scenario discussed in the thesis, the load on the West Estonian overhead lines will increase. The congested 330 kV overhead lines are located on the Paide - Sopi, Sopi - Sindi and Paide - Kiisa sections. The congested 110 kV overhead lines run parallel to these 330 kV overhead lines and are located on the sections Kiisa - Kohila, Kohila - Rapla, Vigala - Valga, Lihula - Vigala, Kehtna - Rapla, Järvakandi - Kehtna, Valga - Järvakandi.

As the result of the 330 kV overhead lines reconstructions, discussed in the thesis, the load on the congested 330 kV overhead lines decreases, but at the same time the load on the overhead lines of the 110 kV network remains practically the same or even increases. In this analysis, the additional generation to the 110 kV network has not been calculated, in that case Lihula substation would have a positive effect on the load of the 110 kV network. The analysed scenario considers the additional large-scale generation at the Lihula 330 kV substation, where part of the transit is pushed through parallel 110 kV network. The calculations conclude that with the construction of the Lihula 330 kV substation, the 110 kV network need to be also strengthened.

In general, looking at Estonia's 110 kV electricity network, it meets the needs in terms of consumption load, but the situation may differ from region to region and further efforts must be made to reconstruct aging lines. To ensure regional balance and reliability, it is necessary to develop the electricity network in all Estonian counties.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Euroopa Ülemkogu, Kliimamuutused: mida teeb EL. [Online] <https://www.consilium.europa.eu/et/policies/climate-change/> (18.04.2021)
2. Euroopa Ülemkogu, Energiliit. [Online] <https://www.consilium.europa.eu/et/policies/energy-union/> (18.04.2021)
3. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, Energiamaajanduse arengukava aastani 2030. Tallinn, 20.10.2017.
4. Eesti Vabariigi Valitsus, Eesti riiklik energia- ja kliimakava aastani 2030 (REKK 2030). Tallinn, 19.12.2019
5. Elering AS, Elektrituru käsiraamat. [Online] <https://elering.ee/elektrituru-kasiraamat> (20.04.2021).
6. Elering AS, Eesti elektrisüsteemi varustuskindluse aruanne 2020. Tallinn, 2020.
7. Keskkonnaministeerium, Põlevkivi kasutamise riiklik arengukava 2016-2030. Tallinn, 2015
8. Energiatalgud, Elektrivõrk. [Online] <https://energiatalgud.ee/Elektrivork> (05.05)
9. Elering AS, Investeeringud 2021-2030. [Online] <https://www.elering.ee/investeeringud-2021-2030> (05.05.2021).
10. Elering AS, Elering uuendab 3,2 miljoniga lääne-eesti sõlmajaama Lihulas. [Online] <https://elering.ee/elering-uuendab-32-miljoniga-laane-eesti-solmal-ajaama-lihulas> (05.05.2021).