



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Mehaanika ja tööstustehnika instituut

ELEKTRIAUTODE LAADIMISVÕRGU VAJADUS EESTI MAANTEEDEL

ELECTRIC CAR CHARGING NETWORK NEEDS ON ESTONIAN ROADS

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Henri Einard

Üliõpilaskood: 211923EALM

Juhendajad: Dago Antov, PhD
Marko Jürimaa, MSc

Tallinn 2023

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.

21.05.2023

Autor: Henri Einard

(allkirjastatud digitaalselt)

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

(kuupäev digiallkirjas)

Juhendaja: Dago Antov

(allkirjastatud digitaalselt)

Kaitsmisele lubatud

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

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Henri Einard,

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

„ELEKTRIAUTODE LAADIMISVÕRGU VAJADUS EESTI MAANTEEDEL“,

mille juhendaja on PhD Dago Antov,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh 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 käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

21.05.2023

(allkirjastatud digitaalselt)

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

Mehaanika ja tööstustehnika instituut
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Henri Einard, 211923EALM

Õppekava, peeriala: EALM02/20 – Logistika, logistika ja tarneahela juhtimine

Juhendajad: Dago Antov PhD, +372 5064603

Marko Jürimaa MSc, +372 59818342

Lõputöö teema:

(eesti keeles) „Elektriautode laadimisvõrgu vajadus Eesti maanteedel“

(inglise keeles) „Electric car charging network needs on Estonian roads“

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Prognoosida elektriautode arvu aastaks 2035
2. Määrata vajalik laadimisjaamade arv aastaks 2035, lähtudes elektriautode arvu prognoosist
3. Määrata laadimisvajaduse järgi laadimistaristu piirkonnad Eesti maanteedel

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teooria osa kirjutamine	05.03.2023
2.	Metoodika kirjutamine	02.04.2023
3.	Empiirilise osa kirjutamine	30.04.2023
4.	90% magistritööst valmis, eelkaitsmine	11.05.2023

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "22" mai 2023a

Üliõpilane: Henri Einard (allkirjastatud digitaalselt) "21" mai 2023a

Juhendaja: Dago Antov (allkirjastatud digitaalselt) (kuupäev digiallkirjas)

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

SISUKORD

EESSÕNA	7
Lühendite ja tähiste loetelu	8
SISSEJUHATUS	10
1. ELEKTRIAUTOD JA LAADIMISVÕRK EUROOPAS	12
1.1 Elektriautode ajalugu	14
1.2 Elektriautode tüübid	15
1.3 Elektrilaadijate tüübid	18
1.4 Elektriautode laadimisjaamad	21
1.5 Elektriautod Euroopas	22
1.6 Euroopa Liidu arengukava	26
1.7 Elektriautod ja olemasolev laadimistaristu Eestis	28
2. METOODIKA JA ANDMESTIKUD	31
2.1 Uurimismeetodite kirjeldus	31
2.2 Eesti ja Norra laadimistaristu võrdlus	34
2.3 Uuringu kirjeldus	41
2.4 Intervjuud ekspertidega	44
2.5 Uuringu piirangud	45
3. ANALÜÜS JA UURINGU JÄRELDUSED	47
3.1 Elektromobiilsus Eestis aastal 2023	47
3.2 Eesti sõidukipargi prognoos	50
3.2.1 Sõiduautode arvu prognoos aastani 2035	51
3.2.2 Elektriautode arvu prognoos aastani 2035	52
3.3 Vajalik laadimisjaamade arv Eestis aastaks 2035	55
3.4 Vajalik laadimistaristu aastaks 2035	56
3.4.1 Laadimisjaamade asukohtade määramine	58
3.4.2 Mäo piirkond	59
3.4.3 Lihula piirkond	60
3.4.4 Märjamaa ja Risti piirkond	60
3.4.5 Viitna piirkond	61
3.4.6 Mustvee piirkond	62
3.5 Meetmed laadimistaristu arendamiseks Eestis	64
KOKKUVÕTE	66
SUMMARY	69
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	71
LISAD	80
LISA 1 Enefit Volti avalik laadimispunkt Tallinnas	81

LISA 2 Enefit Volti kiirlaadijate võrk Eestis	82
LISA 3 Intervjuu DPD juhi Remo Kirsiga	83
LISA 4 Intervjuu AMTEL-i endise juhi Arno Sillatiga	86
LISA 5 Elektriautode osakaalu prognoos	89
LISA 6 Lisanduvate elektriautode arvu prognoos	90
LISA 7 Liiklussagedus maanteedel 2019	91

EESSÕNA

Käesolev magistritöö „Elektriautode laadimisvõrgu vajadus Eesti maanteedel“ on välja pakutud Transpordiameti poolt 2022. aasta sügisel Tallinna Tehnikaülikooli inseneriteaduskonna vilistlase Marko Jürimaa eestvedamisel. Uurimisprobleem seisneb selles, et käesoleval 2023. aastal ei ole teada, millistes Eesti piirkondades on vajalik elektriautode laadimistaristu laiendamine ja täiendava laadimistaristu loomine, arvestades Euroopa Liidu otsust kehtestada alates 2035. aastat uute sise põlemismootoriga autode müügikeeld. Laadimistaristu peab arvestama tehnoloogia arenguga kui ka elektriautode osakaalu muutumisega. Magistritöö eesmärk on määrata laadimistaristu suurima vajadusega piirkonnad Eesti maanteedel, lähtudes olemasolevast elektriautode laadimistaristust ning tõenäolisest elektriautopargi kasvust. Taoliseid uuringuid ega lõputöid pole varem elektriautode laadimistaristu logistilises võtmes tehtud. Töö koostati Tallinnas ja uuringu läbi viimiseks kasutati peamiselt Transpordiameti ja Statistikaameti andmeid.

Võtmesõnad: elektriautod, laadimistaristu, kiirlaadijad, magistritöö.

Lühendite ja tähiste loetelu

- AC laadija** – alalisvoolu toiteseadet väikese võimsusega elektriautode laadimiseks elektrivõrgust väikepingega (ingl k *Alternating Current Charger*)
- AKÖL** – aasta keskmine ööpäevane liiklussagedus, autot/ööpäevas
- AMTEL** – Autode Müügi- ja Teenindustevõtete Eesti Liit
- BEV** – akuga elektrisõiduk (ingl k *Battery Electric Vehicle*)
- CCS** – kombineeritud laadimissüsteem alalisvoolu kiirlaadimiseks (ingl k *Combined Charging System*)
- CHAdEMO** – akuga elektriautode kiirlaadimissüsteem (ingl k *Charge for Moving*)
- CP** – elektriautode laadimispunkt (ingl k *Charging Point*)
- DC laadija** – toiteseadet elektriautode kiirlaadimiseks (ingl k *Direct Current Charger*)
- EL** – Euroopa Liit, kuhu kuulub 27 liikmesriiki
- Elektromobiilsus** – keskkonnasõbraliku transpordiviisi kasutamine inimeste ja kaupade vedamisel, kasutades elektrisõidukeid
- EV** – elektrisõiduk (ingl k *Electric Vehicle*)
- EMP** – Euroopa Majanduspiirkond, mis hõlmab Euroopa Liidu liikmesriike ja kolme Euroopa Vabakaubanduse Assotsiatsiooni (EFTA) riiki (Norra, Island ja Liechtenstein)
- FCEV** – vesinik-elektrisõiduk või vesinik kütuseelemendiga elektrisõiduk (ingl k *Fuel Cell Electric Vehicle*)
- HEV** – hübriidsõiduk (ingl k *Hybrid Electric Vehicles*)
- Kergsõidukid** – kerged neljarattalised (tarbe-) sõidukid kaupade või reisijate veoks, täismass kuni 3500 kg
- PHEV** – pistikhübriidsõiduk (ingl k *Plug-in Hybrid Electric Vehicle*)

- REEV** – pikendatud sõiduulatusega elektrisõiduk (ingl k *Range Extended Electric Vehicle*)
- SAPA** – sõiduautod ja pakiautod, sõiduki pikkus ≤ 6,0 m
- SKT** – sisemajanduse kogutoodang
- SPM** – sisepõlemismootoriga sõiduk
- TEN-T** – üleeuroopaline transpordivõrgustik (ingl k *The Trans-European Transport Network*)
- Tüüp 1 laadija** – ühefaasiline pistik, maksimaalne laadimisvõimsus kuni 7,4 kW
- Tüüp 2 laadija** – vahelduvvoolu pistik, maksimaalne laadimisvõimsus 22 kW
- Veoaku** – täielikult elektri jõul töötavate autode toiteelement

SISSEJUHATUS

Kaasaegne transpordisektor kogu maailmas tugineb peamiselt fossiilkütustele. Suurel hulgal fossiilkütuste kasutamine põhjustab ühe tegurina aga globaalset soojenemist, õhusaaste tekkimist ja osoonikihi kahanemist. Keskkonnaprobleemid ja fossiilkütuste vähendamine on muutunud aktuaalseks probleemiks ja väljakutseks, mistõttu on oluline roll kasvuhuonegaaside heitkoguste vähendamisel ning elektri- ja hübriidsõidukite arvu kasvul autopargis. Elektriautode laadimistaristu loomine mängib olulist rolli linnade ja maanteed arendamisel ning planeerimisel. Leitakse, et elektrimootoriga sõidukid on keskkonnasõbralikumad ja energiasäästlikumad võrreldes sisepõlemismootoriga sõidukitega, kuid hetkel ei ole veel üles ehitatud ühtset laadimistaristut Eestis, mille abil jõuda Euroopa Liidu kliimapaketis „Eesmärk 55“ (ingl k „Fit for 55“) [1] püstitatud eesmärgini keelustada alates 2035. aastast uute sisepõlemismootoriga autode müük Euroopa Liidus. Töö teema aktuaalsus seisneb ka selles, et elektriautode kasutamist piirab laadimisjaamade vähesus erinevates piirkondades üle Eesti. Seetõttu on tähtis uute laadimisjaamade loomine ja suuremate võimsuste nõudmine olemasolevatest elektrivõrkudest.

Euroopa Liidu kliimapakett „Eesmärk 55“ [1] näeb lisaks ette, et aastaks 2050 peavad kõik riigid vähendama transpordist tulenevat kasvuhuonegaaside heitkogust ligi 90% võrreldes 1990. aasta tasemega. Elektriautode arvu kasv loob suurenenud vajaduse autode laadimiseks erinevates avalikes laadimisjaamades. See võimaldaks alternatiivkütustele üleminekut ja saavutada seeläbi ka Euroopa Liidu eesmärki. Laadimistaristu peab olema optimaalselt üles ehitatud, et inimestel oleks mugav liigelda ka pikemate vahemaade puhul.

Varasemalt on elektritranspordi teemal tehtud vähesel määral erinevaid uurimis- ja lõputöid: TTÜ energeetikateaduskond koostas aastal 2013 uurimistöo Ivo Palu eestvedamisel teemal „Elektertransport ja selle mõju elektrisüsteemi talitlusele“, Andrei Bondar Eesti Maaülikoolist kaitses aastal 2020 oma magistritööd teemal „Elektriautode laadimisvõimaluse analüüs Tartu korterelamu näitel“, Jekaterina Fomina magistritöö teemal „Elektriautode teoreetiline potentsiaal Eestis ning elektriautodele ülemineku sotsiaalmajanduslik mõju“ sai samuti edukalt kaitstud Tallinna Tehnikaülikoolis aastal 2016. Elektriautode laadimistaristust ja selle analüüsist pole seni autorile teadaolevalt lõputöid kirjutatud.

Magistritöö uurimisprobleem seisneb selles, et käesoleval 2023. aastal ei ole teada, millistes Eesti piirkondades on vajalik elektriautode laadimistaristu laiendamine ja uue

laadimistaristu loomine. Puudub värske ja ametlik ülevaade elektriautode laadimistaristust, mis võib tehnoloogia arengu ja eelpool nimetatud elektrisõidukite osakaalu muutumise tõttu ajas teiseneda.

Antud töö eesmärgiks on määrata laadimistaristu suurima vajadusega piirkonnad Eesti maanteedel, lähtudes olemasolevast elektriautode laadimistaristust Eestis, tõenäolisest elektriautopargi kasvust ja vajadusest. Üles ehitatud laadimistaristu aastaks 2035 ei tohi piirata suurenevat elektriautode arvu. Autor ei käsitle ega puuduta käesolevas magistritöös energeetikat, mis hõlmab võimalikke vabasid võimsuseid uutes loodavates laadimisjaamades põhi- ja tugimaanteedel.

Magistritöö eesmärgi saavutamiseks on püstitatud kaks peamist uurimisküsimust:

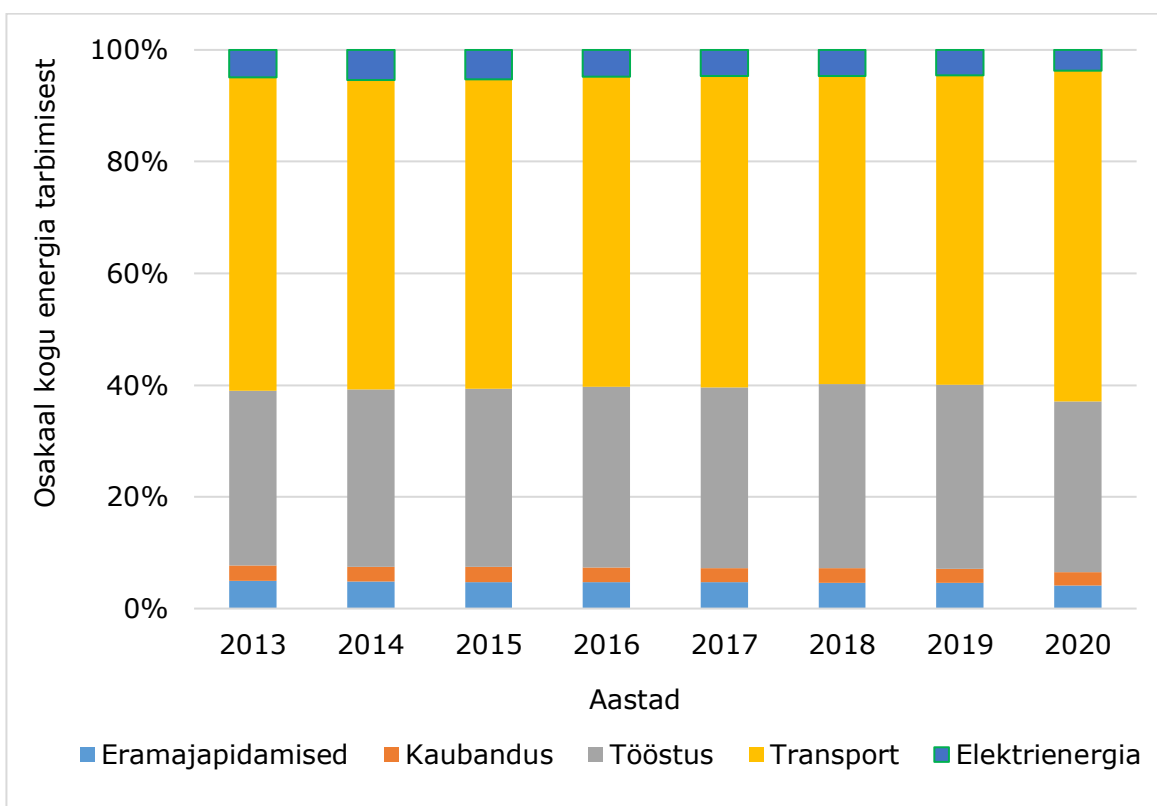
- 1) Kui palju on Eestis elektriautosid aastal 2035?
- 2) Millistes piirkondades on Eestis laadimisjaamadele kõige suurem vajadus ja kui palju on vaja rajada uusi laadimisjaamasid aastaks 2035?

Uuringu meetodika hõlmab Transpordiameti andmete põhjal elektriautode arvu analüüsi aastal 2023 ja selle prognoosimist aastani 2035. Prognoosimudeleid Excel tabelarvutustarkvaras koostades lähtutakse kolmest erinevast arengustsenaariumist: minimaalse, keskmise ja maksimaalse kasvu stsenaariumist. Prognoosi abil leiab autor laadimise nõudluse ehk laadimist vajavate elektriautode arvu igal aastal. Teise uurimismeetodina leiab autor Teede Tehnokeskuse liiklusloenduse tulemuste põhjal kõrge liiklussagedusega piirkonnad Eesti maanteedel, kuhu elektriautode kasvu korral on vaja aastaks 2035 laadimisjaamasid juurde ehitada. Laadimistaristu piirkonnad on visualiseeritud Eesti kaardile, kasutades aluskaardina Transpordiameti Teeregistri kaardirakendust X-GIS 2.0 keskkonnas.

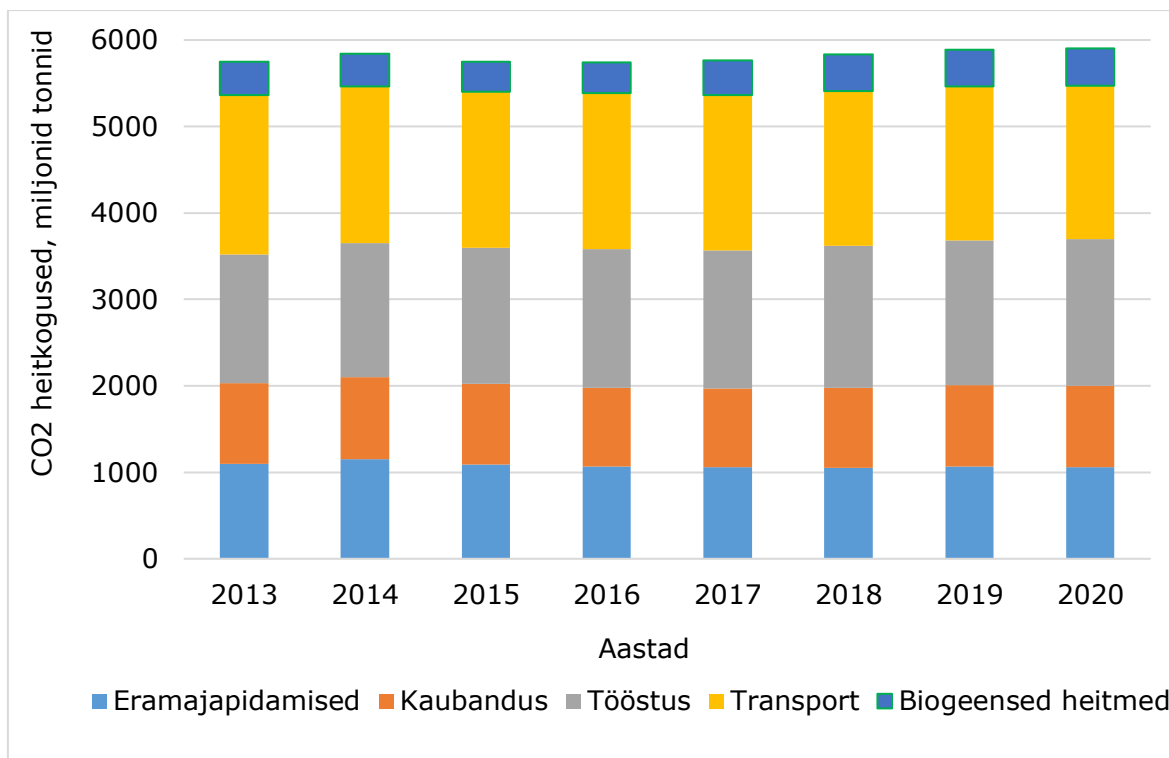
1. ELEKTRIAUTOD JA LAADIMISVÕRK EUROOPAS

Rohkem kui 100 aastat tagasi kasutusele võetud elektriautode populaarsus autoturul aina kasvab. Olgu tegemist hübriid-, pistikhübriid- või täiselektriliste sõidukitega, nõudlus elektriajamiga sõidukite järele jätkuvalt tõuseb ja maailma suurimad automargid asendavad olulise osa oma autodest elektriautode vastu. Selle peamiseks põhjuseks on planeedile keskkonnasõbralike ehk alternatiivkütuste kasutamine auto kütusena. [2]

Energia tarbimise osakaalu arvestuses (Joonis 1.1) on olnud transpordisektor stabiilselt maailmas esimesel kohal võrreldes teiste sektoritega perioodil 2013 kuni 2020. Transpordisektor kasutas aastal 2020 ligi kaks korda rohkem energiat kui tööstussektor. Transpordisektor on üks suurimaid kasvuhoonegaaside heitkoguste põhjustajaid ka Euroopas. Seetõttu ongi transpordi heitkoguste vähendamine Euroopa Liidu kliimaneutraalsuse eesmärkide saavutamiseks võtmetähtsusega [3]. Lisaks figureerib transpordisektor esimesel positsioonil ka süsinikdioksiidi heitkoguste õhku paiskamisel (Joonis 1.2). Näiteks aastal 2020 paiskas kogu maailma transpordisektor õhku ligikaudu kokku 1800 miljonit tonni süsinikdioksiidiheidet [4].



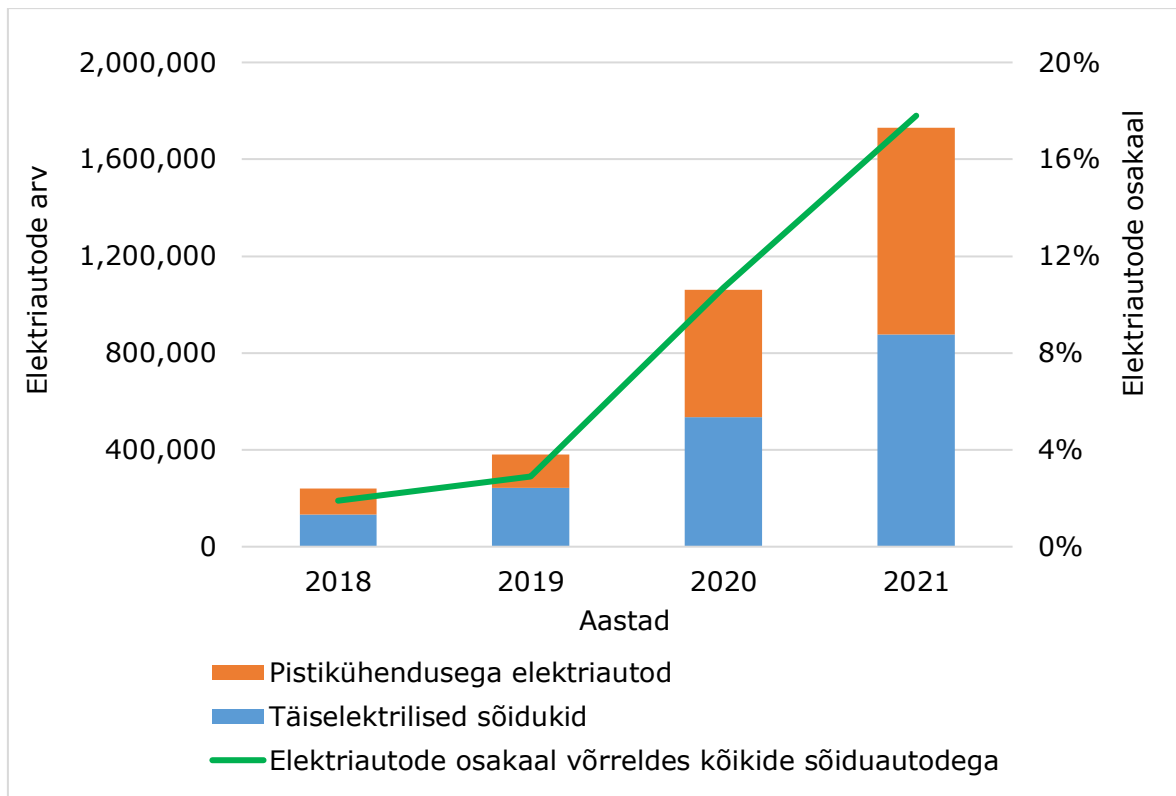
Joonis 1.1 Energia tarbimise osakaalud maailmas erinevates sektorites perioodil 2013–2020 [4]



Joonis 1.2 Süsinikdioksiidi heitkogused maailmas erinevates sektorites perioodil 2013–2020 [4]

Elektriautode areng on aastal 2023 uue etapi lävel, sest paljud Euroopa riigid ja USA loobuvad keerulise poliitilise olukorra tõttu Venemaa naftatoodetest. Selle tulemusena on nähtud Euroopas ja USA-s rekordilist kütusehindade tõusu, sest varem tarnis Venemaa neile enam kui 30% nafta- ja kütusevarudest. Seetõttu võib nõudlus elektriautode järele Euroopa riikides ja USA elanike seas veelgi kasvada. Elektriautode populariseerimiseks võtavad riigid kasutusele lisameetmeid, et julgustada keskkonnasõbralike automudelite soetamist. Juhtivad riigid elektromobiilsuses pakuvad erinevaid rahalisi stiimuleid müüdavate elektriautode arvu suurendamiseks: näiteks maksusoodustused, tasuta parkimiskohad linnades ja ühistranspordiradadel sõitmise õigus. [2]

2021. aastal suurenes Euroopa Liidu 27 liikmesriigis uute elektriautode ja -kaubikute kasutuselevõtt märkimisväärselt. Aastal 2021 registreeriti kokku uusi elektriautosid ligi 1 729 000 võrreldes eelneva aasta 1 061 000 sõidukiga (Joonis 1.3). See tähendas uute elektriautode osakaalu suurenemist 10,7 protsendilt 17,8 protsendile vaid ühe aastaga. [3]



Joonis 1.3 Elektriautode esmaregistreerimised Euroopa Liidus aastatel 2018–2021 [3]

1.1 Elektriautode ajalugu

Elektrisõidukite arendamisel on oluline roll transpordist tulenevate kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamisel ja kliimaeesmärkide saavutamisel. Nullheitega elektrisõidukid on viimastel aastatel üha populaarsemaks muutunud. Eeldatavasti populaarsus kasvab, kuna 2035. aastal hakkab kehtima Euroopas uute bensiini- ja diiselmootoriga autode müügikeeld. [5]

Esimesed elektriautomudelid ehitati aastatel 1830–1840 ning need olid suured ja ebamugavad sõidukid. Mudelite sõidukiirused madalad ehk ligikaudu 12 km/h [6]. 1830. aastate alguses oli peamine transpordiliik endiselt hobusevanker. Ameerika keemik William Morrison tootis USA-s esimese eduka elektrisõiduki umbes 1890. aastal. Ehitatud sõiduki tippkiirust oli arendatud selleks ajaks juba 14 miilini tunnis (22,53 km/h), mis tekitas huvi elektriautode vastu kogu Ameerikas. [5]

19. sajandi lõppu ja 20. sajandi algust võib nimetada elektromobiilsuse buumiks. Sel perioodil hakati Euroopas ja Ameerika Ühendriikides tootma elektrisõidukeid. Toodeatud elektrisõidukite arv jõudis 20. sajandi alguseks USA-s kümne tuhande autoni ja nende arv oli mitu korda suurem kui bensiinimootoriga sõidukite arv. [6] Aastaks 1900 moodustasid elektriautod kolmandiku kõigest USA teedel liikuvatest sõidukitest [5].

1899. aastal Prantsusmaal Pariisi lähedal asuvas Asheri linnas suutis elektriauto ületada kiiruse 100 km/h. Autol oli alumiiniumisulamist ja volframist voolujooneline kere. Kabriolettkeraga elektrisõiduk oli varustatud kahe mootoriga ja selle mass oli umbes üks tonn. Elektriauto saavutas kiiruse 105,88 km/h. [6]

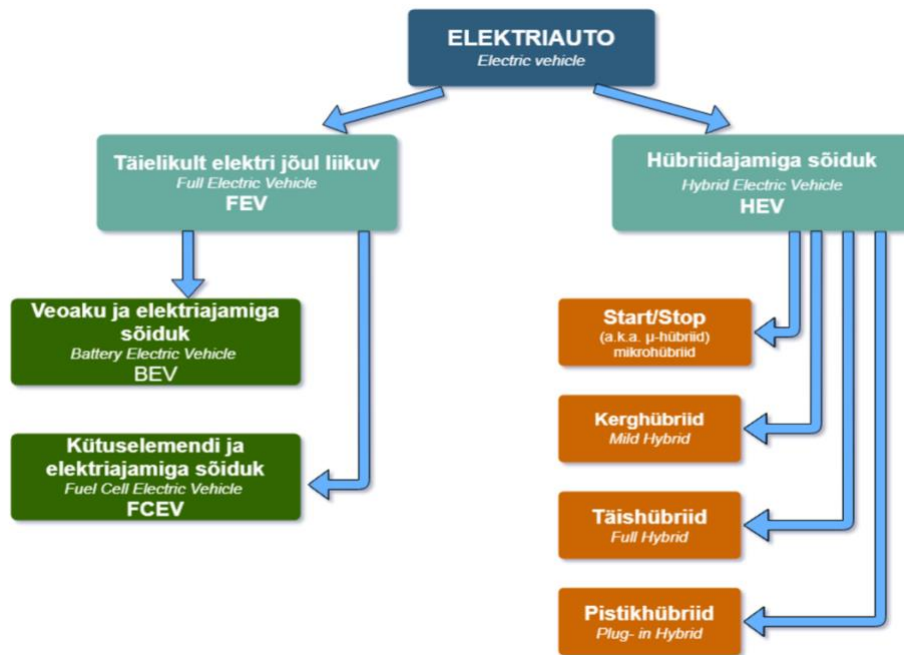
Tänu suurele nõudlusele elektriautode järele hakkasid leiutajad, sealhulgas Thomas Edison, uurima võimalusi tehnoloogia täiustamiseks. Näiteks ehitas Edison välja elektrisõidukitele oluliselt võimsama aku. Samal aastal lõi kuulsa sportauto asutaja Ferdinand Porsche maailma esimese akuga hübriidelektriauto, mille jõuallikaks oli elektri- ja gaasimootor. Henry Ford tegi koostööd Thomas Edisoniga, et uurida odavamate elektriautode tootmisvõimalusi. Fordi populaarne ja ajaloos esimene masstootmises komplekteeritud sisepõlemismootoriga (SPM) sõiduk mudelinimega T andis aga peagi elektrisõidukite arvu kasvule hoobi, sest bensiinimootoriga autod muutusid laiemalt kättesaadavaks ja oluliselt soodsamaks. [5]

Aastakümneid hiljem alustas USA elektriautode tootja Tesla Motors tööd Tesla Roadsteri kallal, mis tarniti klientidele esmakordselt 2008. aastal. Tesla mudel oli esimene maantesõidukõlbulik puhas elektriauto, mis kasutas liitiumioonaku elemente. See oli ka esimene elektriautomudel, mis läbis ühe laadimisega rohkem kui 200 miili (321 km). 2016. aasta septembris ületas täiselektriliste autode ja kaubikute ülemaailmne müük miljoni piiri. Hiljem samal aastal detsembrikuus täitus Norras 100 000 müüdud täiselektrilise sõidukite verstaapost. [5]

1.2 Elektriautode tüübid

Autotootjad teevad pidevat tehnoloogilist arendustööd elektriauto kõige tähtsama komponendi ehk akumootori kallal. Täiselektrilised sõidukid sisaldavad veoakut, elektrimootorit, mootori kontrolleri ja regeneratiivpidureid, kus lisaks tavalisele mehaanilisele pidurdamisele kasutatakse ratastega pidurdamiseks ka elektrimootori pöörlemistakistust. Hübriidsõidukitel on lisaks eelnevale tavaline sisepõlemismootor ja sellega seotud kütusepaak. [7]

Tänapäeval on müügil lai valik erinevaid elektriautode tüüpe (Joonis 1.4), mille kõigi ühised komponendid on elektrienergiat salvestav veoaku ja elektrimootor. [8] Täiselektrisõidukite mootoritehnoloogiaid erinevad omavahel selle poolest, kuidas liikumise käigus elektrit toodetakse ja/või laaditakse ning kuidas on omavahel ühendatud elektrimootor ja sisepõlemismootor. [7]



Joonis 1.4 Elektriauto tüübid [8]

Järgnevalt on välja toodud elektriautode tüübid ning koostatud kokkuvõtlik tabel (Tabel 1.1) sõidukitüüpide peamiste eeliste ja ka puuduste kohta.

Täielikult elektri jõul liikuv ning ühtlasi ka kõige levinum elektriauto tüüp on akutoitega elektrisõiduk ehk BEV sõiduk, mis saab edasiliikumiseks vajaliku jõu veoakust ja elektrimootorist. BEV sõidukil puudub sisepõlemismootor, mis tähendab, et vedelkütuseid ei kasutata. Veoakut saab laadida välise energiaallikaga. Akule annab lisaenergiat juurde ka pidurite poolt soojuseks muudetav energia: pidurdamiseks kasutatakse sõiduki elektrimootorit ning selle käigus tekkiva elektrienergiaga laetakse veoakut. Mootori pidurduse ajal töötab elektrimootor kui generaator ning selle abil on võimalik pikendada sõiduulatust üle 10%. BEV sõiduk kasutab madalamatel kiirustel ja äkkpidurduse korral pidurdamiseks ka tavapäraseid pidurisüsteeme, sest elektripidur ei reageeri piisavalt kiiresti ning äkiliselt. [8]

Vesinik-kütuseelemendiga elektrisõidukitel ehk FCEV sõidukitel on olemas potentsiaal vähendada transpordisektori naftakasutust ja tekkivaid süsinikdioksiidide heitkoguseid. Vesinik on mitmekülgne energiakandja, mida saab toota fossiilsete või muude süsinikkütuste (kivisüsi, maagaas) ümbertöötlemisel või ka vee elektrolüüsil, kasutades taastuvatest energiaallikatest toodetud elektrit (päike, tuul). [9] FCEV sõiduk toodab liikumiseks elektrienergia ise ega vaja seetõttu peale vesiniku tankimise välist toiteallikat. Enamik FCEV sõidukeid on nullheitmega, sest jääkproduktiks on ainult vesi ja soojus. [8] 2023. aastal ei ole FCEV sõidukid eriti populaarsed - peamiseks põhjuseks

on nende oluliselt kallim müügihind võrreldes BEV sõidukitega. Lisaks on tanklate rajamine koos tangitava vesiniku ostmise ja transportimisega keerulisem. Toyota mudel Mirai on Euroopas enim ostetum FCEV sõiduk. [10]

Olenemata sellest, et hübriidsõidukid on olnud autoturul enam kui 15 aastat, on hübriidsõidukid ehk HEV sõidukid just viimastel aastatel laialt levinud. Kõige suurem erinevus võrreldes teiste elektriauto tüüpidega on nendel sise põlemismootori olemasolu. Lisaks on olemas ka akutoitel elektrimootor, kuid kaks täiesti erineva tehnilise lahendusega mootorit täidavad ühte peamist eesmärki – suurendada jõuülekanne tõhusust sõiduki kiirendamisel. See aitab vähendada kütusekulu ja süsinikdioksiidi heitkoguseid. [11] Mõned HEV sõidukid on võimelised sõitma väikseid vahemaid ainuüksi elektrirežiimis (kuni 10 km). HEV masina akut ei saa elektrivõrgust laadida, sest seda laetakse vaid regeneratiivpidurduse või sõiduki tühikäigu ajal. [7]

Teine tüüp hübriidsõidukeid on pistikühendusega hübriidelektrisõidukid ehk PHEV sõidukid, kus jõuallikateks on elektrimootor ja sise põlemismootor, mis on loodud töötama kas koos või eraldi. Veoakut saab erinevalt HEV sõidukist laadida võrgust ning sise põlemismootor toetab elektrimootorit, kui on vaja suuremat töövõimsust või kui aku hakkab tühjenema. Elektriline sõiduulatus on PHEV sõidukitel (20 kuni 85 km) väiksem kui BEV-tüüpi sõidukitel, kuna nende akud on väiksema mahutavusega. [7]

Tabel 1.1 Elektriauto tüüpide võrdlus [8]

Elektriauto tüüp	Eelised	Puudused
BEV sõiduk	<ul style="list-style-type: none"> • puudub sisepõlemismootor ning ei tekita sõites süsinikheitgaase; • minimaalsed hoolduskulud – erinevalt SPM sõidukile puudub BEV sõidukil vajadus mootori vedelike vahetuseks; • riiklik ostutoetus ja paljud soodustused linnades - tasuta parkimine ja sõiduõigus bussiradadel. 	<ul style="list-style-type: none"> • sõidu pidev ette planeerimine - väikesed sõiduulatused (odavamasse hinnaklassi kuuluvatel elektriautodel u 200 km); • kõrge müügihind ja pikk laadimisaeg; • laadimiseks vajaliku elektrivõrgu olemasolu - laadija, pistikud, elektrivõrgu võimsus; • talvistes oludes salongi kütmisele kuluv energia vähendab tunduvalt sõiduulatust (Eestis kuni 20% võrdluses suvise perioodiga)
FCEV sõiduk	<ul style="list-style-type: none"> • SPM sõidukitega võrreldes keskkonnasõbralikum - jääkproduktiks veeaur; • vesiniku kiire laadimine - u 5 min; • BEV sõidukiga võrreldes pikem sõiduulatus - 400 kuni 500 km. 	<ul style="list-style-type: none"> • vesiniku transport on keeruline; • vesiniku tootmine on energiakulukas protsess - vähendab keskkonnaohutust; • puudulik laadimistaristu.
HEV sõiduk	<ul style="list-style-type: none"> • suurem mootori töövõimsus; • võimsam kiirendus. 	<ul style="list-style-type: none"> • süsinikheitgaaside olemasolu; • mootori töö eeldab fossiilse kütuse olemasolu; • suurem mootorimüra võrreldes BEV sõidukiga.

1.3 Elektrilaadijate tüübid

Elektriautode laadimiseks kasutatav tehnoloogia ja laadimisele kuluv aeg on kasutajate jaoks väga olulised – seda eelkõige piiratud sõiduulatusega elektrisõiduki juhtide jaoks, kus veoakut peab tihemini laadima. Aku- ja kütuseelemendiga elektrisõidukid sõltuvad täielikult olemasolevast laadimistaristust, hübriidsõidukite puhul ei ole see nii tähtis, kuna nendel on olemas ka teine jõuallikas ehk tavaline sisepõlemismootor. Elektrisõiduki laadimiseks on kolm peamist viisi: pistik- ehk võrgulaadimine, aku vahetamine või juhtmevaba laadimine. [7]

Pistiklaadimist kasutab valdav enamus BEV- ja PHEV-tüüpi sõidukitest Euroopas. Sõidukid ühendatakse kaabli ja pistiku abil laadimispunktiga. Pistiklaadimine võib toimuda kõikjal, kus laadimisjaamad asuvad: kodudes, avalikel tänavatel või äripindadel. Elektrisõidukeid saab üldjuhul laadida tavaliste majapidamispistikupesade kaudu, kuid see laadimine on võrdlemisi aeglane, kuna tavalised kodupistikupesad omavad väikest elektrivõimsust. Seetõttu võib tavalise laadimise jaoks kuluda umbes kaheksa tundi, mis võib olla tarbijale täiesti sobiv just üleöö laadimiseks. Praeguseks pakuvad enamik linnasid, piirkondasid või riigi poolt asutatud avalikke pistikjaamasid ainult tavakiirusega laadimist. [7]

Juhtmeta laadimine ei nõua fikseeritud füüsilist ühendust laadimisseadme ja sõiduki vahel. Selle asemel loob süsteem laadimisaluse ümber lokaliseeritud elektromagnetvälja, mis aktiveerub, kui selle kohale asetatakse vastava akuga elektrisõiduk. Juhtmeta laadimist kasutatakse näiteks busside laadimiseks Belgia, Saksamaa, Hollandi ja Ühendkuningriigi bussijaamades, samuti on seda katsetatud elektrisõiduautode peal Rootsis. [7]

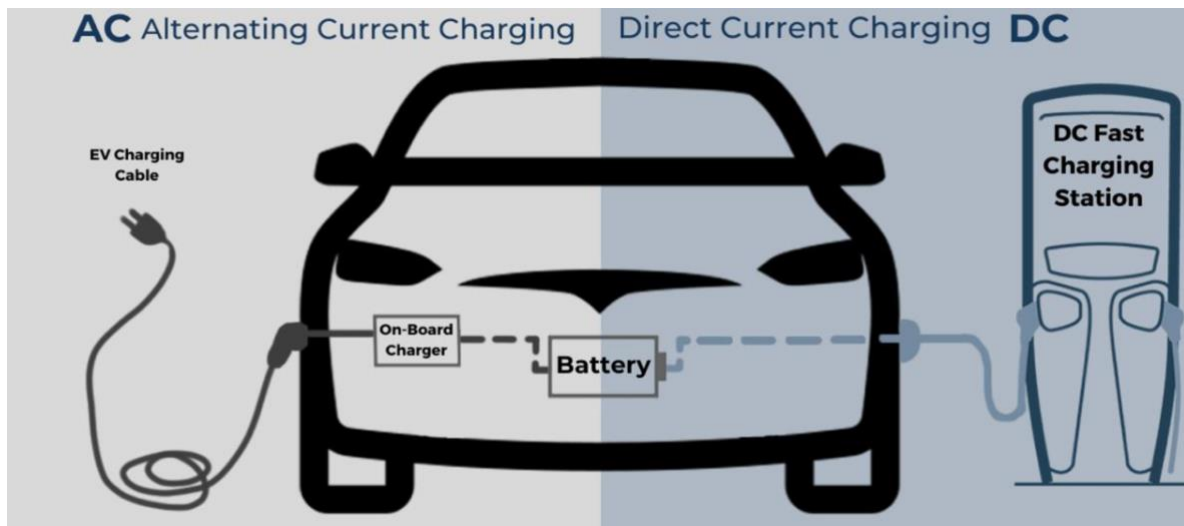
Elektrisõidukite pistiklaadijad jagunevad kaheks: AC ja DC laadijad. Allolevalt jooniselt (Joonis 1.) on näha kahte võimalust elektriauto pistiklaadimiseks.

AC laadija [8]:

- kasutab laadimiseks ühefaasilist vahelduvvoolu (seinapistik kodumajapidamises);
- laadimisvõimsus on alla 8 kW,
- aku laadimine võtab aega kuni 10 h, mistõttu kasutatakse seda laadijat põhiliselt kodudes.

DC laadija [8]:

- kasutab laadimiseks kõrgepinge alalisvoolu;
- laeb tühja aku 80%-ni täis kuni ühe tunniga;
- laadimisvõimsus on üle 50 kW;
- on kasutusel põhiliselt avalikes laadimisjaamades.



Joonis 1.5 Pistiklaadimine AC ja DC laadijaga [12]






Elektriautosid saab laadida kolme laadimiskiirusega (Tabel 1.2): Tüüp 1 ja 2 tavalaadidajad ning DC kiiralaadidajad (Lisa 1). Kõige aeglasem ehk Tüüp 1 laadidaja pakub laadimist tavalise 120-voldise (120 V) vahelduvvoolu pistikupesaga kaudu. Nendel laadidajatel kulub BEV sõiduki tühjalt laadimiseks 40–50 tundi ja PHEV-i puhul 5–6 tundi. Tüüp 2 laadidaja seadmed pakuvad laadimist 240 V või 208 V võimsuse kaudu ning on levinud kodudes ja avalikes laadimisjaamades. Need laadidajad suudavad BEV-i tühjalt laadida 4–10 tunniga ja PHEV-i tühjalt 1–2 tunniga. Kõige kiirem alalisvoolu kiiralaadidaja suudab laadida BEV-i 80 protsendini 20 minuti kuni 1 tunniga. [13]

Elektriauto laadimisel tuleb silmas pidada lihtsat meetodit. Aku optimaalse pika kasutusea säilitamiseks ja tagamiseks kehtib aku laadimisel 20% kuni 80% põhimõte. Enamikule kaasaegsete elektriautode akude liitiumioonelementidele ei ole otstarbekas, kui akusid hoitakse pikka aega täis (üle 80%) või väga madalal laetuse tasemel (alla 20%). [14] Seega aku laetuse säilitamine 20% ja 80% vahel pikendab aku eluiga, mis tähendab omakorda seda, et reaalne auto sõiduulatus ühe laadimisega on ligikaudu 50% väiksem lubatud sõiduulatusest.

Sõiduulatust mõjutab ka temperatuur ja kliima. Norra Autoomanike Liidu (norra keeles *Norges Automobil-Forbund* ehk *NAF*) poolt läbi viidud uuringu [15] jaoks koguti kokku 2020. aasta seisuga 20 enimmüüdud elektriautode mudelit Norras. Uuring keskendus eeskätt sõiduulatusele talvisel perioodil jaanuarikuus ja selleks, et testida kõiki autosid võrdselt, tehti proovisõit ilma salongi ning aku eelsoojendusega. Kõik autod sõitsid samal päeval sama marsruuti, sarnase sõidustiili ja kliimaseadetega. Temperatuurid kõikusid testipäeval nullist kuni miinus kümne kraadini, mis on Norras tavapärane talvine temperatuur. Selgus, et keskmiselt kaotasid elektriautod 18,5% oma lubatud

teoreetilisest sõiduulatusest. [15] Ptolemuse globaalne elektriautopargi uuring näitas, et ideaalne temperatuur elektrisõidukite akudele jääb vahemikku +18°C kuni +22°C. Külmemä temperatuuriga kui -15°C võib langeda elektriauto sõiduulatus 54%. Ühtlasi ka kõrge temperatuuriga kohtades +40°C juures väheneb elektriautode sõiduulatus 20%. [16]

Tabel 1.2 Elektrilaadijate tüübid, võimsused ja laadimise aeg [13]

Ühenduse tüüp	Tüüp 1 laadija (AC)	Tüüp 2 laadija (AC)	Kiirlaadija (DC)
Skeem			 CCS  CHAdeMO  Tesla
Tüüpilise laadija võimsus	1 kW	7 – 19 kW	50 – 350 kW
Hinnanguline PHEV-i laadimisaeg tühjalt (8 kWh akuga)	5 – 6 tundi	1 – 2 tundi	Enamik PHEV sõidukeid ei toeta kiirlaadijaid
Eeldatav BEV-i laadimisaeg tühjalt (60 kWh akuga)	40 – 50 tundi	4 – 8 tundi	20 minutit kuni 1 tund (80%-ni aku laetuseni)
Hinnanguline elektriline sõiduulatus ühe laadimistunni kohta	3 – 8 km	16 – 32 km	290 – 385 km
Tüüpiline laadija asukoht	Kodu	Kodu, töökoht ja avalikud laadimispunktid	Avalikud laadimispunktid

1.4 Elektriautode laadimisjaamad

Elektriautode laadimispunktide asukohtasid iseloomustab nende kerge ligipääsetavus. Laadimispunktide põhikategooriad on üldiselt määratletud kui privaatset, poolavalikud ja avalikud. Erakasutuses ehk privaatset kodulaadijad asuvad elektriautojuhtide kodudes ja ka töökohtades. Nende hulka kuuluvad spetsiaalsed laadimiskarbid või tavalised majapidamises kasutatavad pistikud. Kodulaadimine on elektrisõidukite omanikele lihtne, kuna laadimispunktile juurdepääsuks pole vaja liitumistasu ega liikmemaksu. Eralaadimine toimub ka siis, kui ettevõtted paigaldavad töötajatele elektriautode laadimiseks tööruumidesse vajalikud laadimispunktid. Kodust laadimist kasutatakse kõige rohkem äärelinnades, maakohtades kui ka linnapiirkondades, kuna

see eeldab autoomanikult juurdepääsu privaatsesse garaaži või elektrisõiduki ühendamist majapidamises kasutatavasse pistikupessa. Linnades, kui sõidukid pargitakse avalikel tänavatel või poolavalikes parklates, on privaatsetesse laadimispunktidesse raskem pääseda. [7]

Poolavalikud laadimispunktid asuvad eramaal, kuid neid saavad kasutada ka välised kasutajad. Näiteks asuvad sellised laadimispunktid kaubanduskeskuste parklates või vaba aja veetmise kohtade läheduses. [7] Poolavalikud laadimispunktid on kõigile ligipääsetavad, kuid juurdepääs neile võib olla kellaajaliselt piiratud. Piiratud ligipääsuga laadimispunktid võivad asuda maa-alustes parklates, hotellides ja toitlustusettevõtetes. [17] Enamik kiirlaadimisvõimalusi on siiski poolavalikud ja asuvad eramaal, nagu ka tavalised bensiinjaamad, kuid on avatud kõigile tarbijatele elektriautode laadimiseks. [7]

Avalik laadimispunkt peab pakkuma laadijate kasutajatele pidevat juurdepääsu. Laadimis-parkimiskoht on koht, mis on mõeldud parkimiskohaks autole laadimise ajal. Muudel autodel kui elektrisõidukitel või elektrisõidukitel, mida ei laeta, ei ole lubatud seda parkimiskohta kasutada. [17] Avalikud laadimispunktid koos erinevate laadijatüüpidega (Lisa 1) paigutatakse tavaliselt teeäärsete parkimiskohtade kõrvale või avalikesse parklatesse, kus on olemas erinevad laadijatüübid. Kohalikud omavalitsused teevad üha enam koostööd kohalike ettevõtetega, et hõlbustada avaliku laadimistaristu ehitamist ja arendamist. [7]

1.5 Elektriautod Euroopas

Ülemaailmne elektriautode turu suurus on viimasel kümnendil kiiresti kasvanud. Londonis asuva uuringufirma BloombergNEF-i 2020. aasta analüüsile [18] [19] tuginedes on turu väljavaade selline, et 2040. aastaks moodustavad elektrisõidukid 58% uute autode müügist. Samuti ennustatakse 2030. aastaks, et 8% kogu maailma sõidukitest ehk ligikaudu 116 miljonit, moodustavad PHEV- ja BEV-tüüpi sõidukid [18] [19]. Ühendkuningriigi riikliku elektrivõrgu (ingl k *National Grid plc*) hinnangul ulatub Ühendkuningriigis kergete elektrisõidukite arv 2040. aastaks 36 miljonini sõidukini [19] [20].

Hiljuti kavandatud kliimapaketis „Eesmärk 55“ [1] on seatud eesmärgid vähendada 2030. aastaks transpordisektorist tulenevaid süsinikdioksiidheitmeid, eelkõige sõiduautode CO₂ heitkoguseid 55%. Tulevikus võivad elektrisõidukid aidata ELil tagada

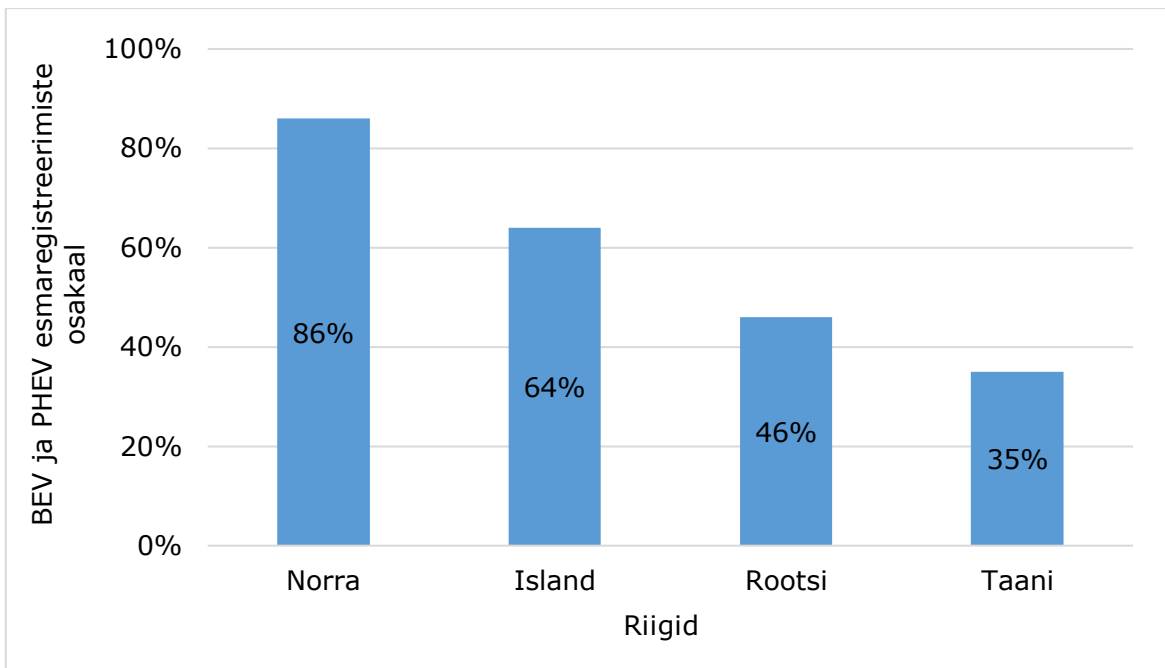
eesmärgi 2050. aastaks olla täielikult kliimaneutraalne, aga selle saavutamiseks on vaja veelgi rohkem suurendada elektrisõidukite kasutuselevõttu. [3]

Euroopas enimlevinud elektrisõidukite tüübid on BEV ja PHEV, mille osakaal järk-järgult ka autoturul kasvab. 2021. aastal kasvas kõikide uute elektriautode registreerimine hüppeliselt, moodustades peaaegu 18% esmaregistreeritud sõiduautodest. Pistikühenduseta hübriidelektriautod moodustasid 2021. aastal 19% uute sõidukite registreerimistest, mis on seitsme protsendipunkti võrra rohkem kui 2020. aastal. 2021. aastal müüdi lisaks liikmesriikides kokku peaaegu 38 000 elektrikaubikut, mis moodustab 3,1% turuosast ja on umbes ühe protsendipunkti võrra rohkem kui 2020. aastal. Suurem osa müüdud elektrikaubikutest olid BEV sõidukid. [3]

2021. aastal kasvas elektriautode (BEV ja PHEV sõidukid) osakaal esmaregistreerimisel kõigis Euroopa Liidu liikmesriikides võrreldes 2020. aastaga (lisaks mitteliikmesriikides Islandil ja Norras). Suurim elektriautode osakaal kogu autopargist (Joonis 1.6) oli Norras (kõikidest ostetud sõidukitest moodustasid elektriautod 86%), Islandil (64%), Rootsi (46%) ja Taani (35%). [3]

Saksamaal, Prantsusmaal ja Norras moodustasid BEV sõidukid kokku ligikaudu 63% esmastest registreerimistest (EL 27 riikides ja ELi välistes EMP riikides). Norras, kus 2021. aastal registreeriti kõige rohkem uusi elektriautosid, moodustasid BEV-d samal aastal 65% uute autode müügist. Mõnes teises Euroopa riigis aga jäi uute BEV sõidukite osakaal kogu autopargiga võrreldes 1% juurde (Küpros, Poola, Tšehhi ja Slovakkia). PHEV sõidukite protsentuaalne müük võrdluses kogu müüdud autode arvuga EL riikides oli kõige kõrgem Islandil (36%), Rootsis (25%) ja Norras (22%). [3]

2022. aastal moodustas ELis akutoitega elektrisõidukite müük 12,1% sõiduautode esmaregistreeringute koguarvust. 2022. aasta lõpuks oli ELis registreeritud 2,8 miljonit akutoitega elektrisõidukit ja 2,4 miljonit pistikühendusega hübriidsõidukit. [21]

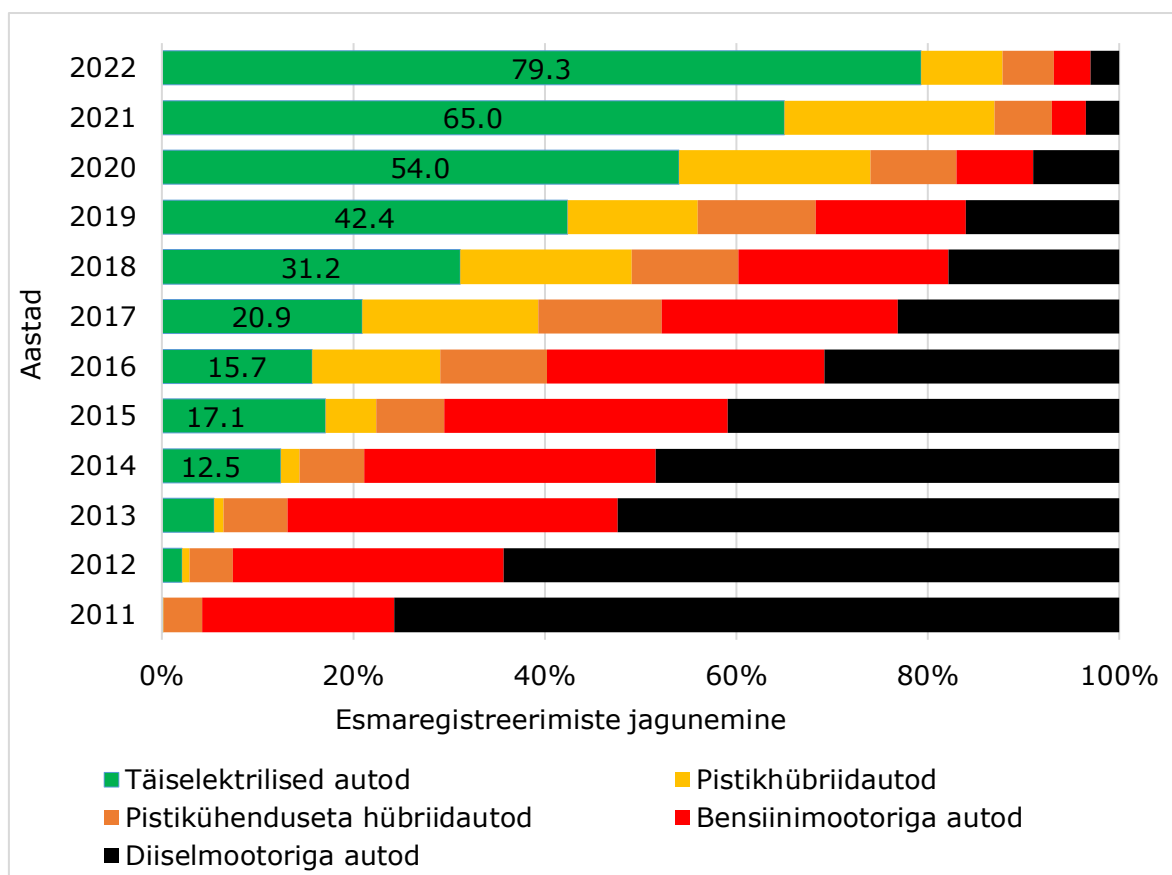


Joonis 1.6 Aastal 2021 esmaregistreeritud BEV ja PHEV elektrisõidukid võrdluses kogu müüdüd autode arvuga Norras, Islandil, Rootsis ja Taanis [3]

Uurides lähemalt elektriautode arvu Norra näitel, siis neli viiest 2022. aastal Norras müüdüd uuest autost olid akutoitel elektriautod – kõige rohkem müüdi Tesla autotootja sõidukeid. Norra eesmärk on lõpetada 2025. aastaks Norras esimesena bensiini- ja diiselmootoriga autode müük. [22] Euroopas on Norra saavutanud erinevate maksutoetuste toel maailma suurima elektrisõidukite osakaaluga riigi. Kokku müüdi Norras 2022. aastal 138 265 uut elektriautot. OFV (norra k. *Opplysningsrådet for Veitrafikken*) ehk Norra Teeföderatsiooni andmetel (Joonis 1.7) oli täiselektriliste autode osakaal 2022. aastal 79,3% kõikidest uute autode müügist. 2021. aastal oli see 65%, kümme aastat varem 2,9%. [22] Norras 2022. aastal tehtud elektriautode esmaregistreerimiste osakaalu kõikidest registreerimistest saab võrrelda Euroopa Liidu sama aasta üheksa kuu jooksul tehtud esmaregistreerimistega, kui täiselektrilised sõidukid moodustasid liikmesriikides kokku vaid 8,6% kogu müüdüd autode arvust. [23]

Norra on kõigist teistest maailma riikidest 5 kuni 10 aastat ees nende eesmärkide osas, mis käsitlevad riigis täielikku elektrisõidukite müüki. Norra elektrisõidukite edu tuleneb tiheda laadimistaristu ning ostu- ja kasutuseeliste kombinatsioonist. Norra teedel liikus 2022. aasta veebruarikuu lõpu seisuga üle 470 000 elektriauto. Kiirlaadimisjaamad olid edukalt paigaldatud kõikidele Norra suurematele teedele iga 50 km järel, kus korraga sai 4600 elektriautot laadida. Kasutuseelised sisepõlemismootoriga sõidukijuhtide ees hõlmavad näiteks kuni 50%-st soodustust parvlaevapiletite soetamise kogusummast ja

tasulistel teedel liiklemist. Lisaks on elektrisõidukijuhtidel õigus kasutada bussiradasid reisijate vedamiseks. [24]



Joonis 1.7 Esmaregistreerimiste jagunemine OFV andmetel Norras perioodil 2011–2022, % iga autotüübi kohta [22]

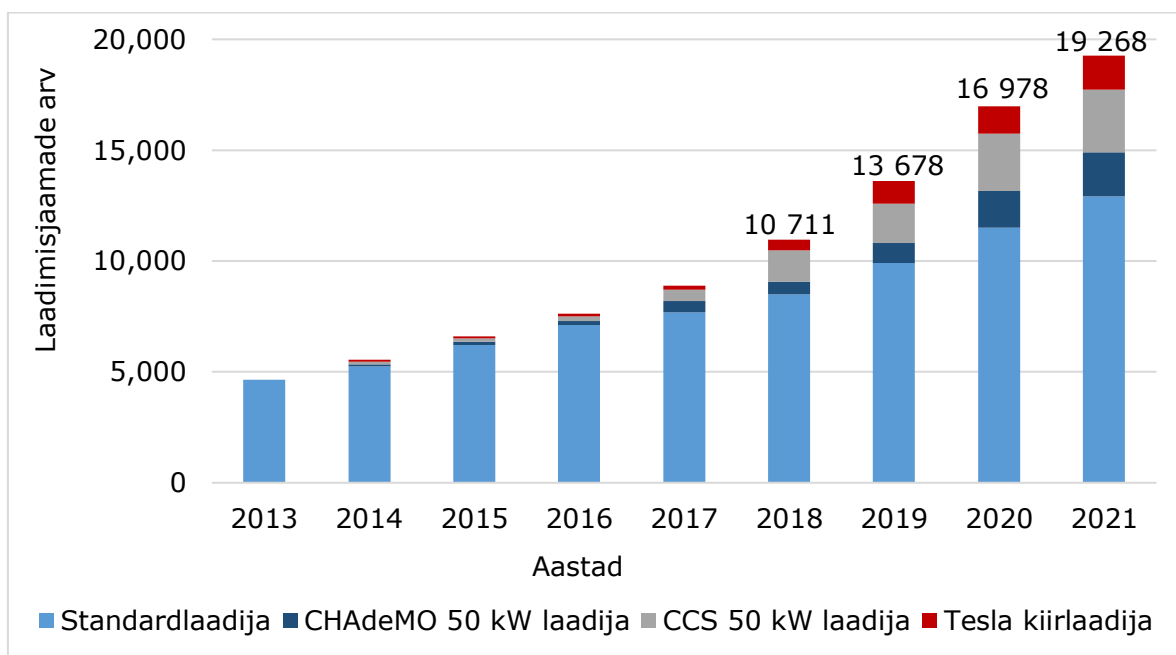
Sarnaselt Norrale peaks laadimise võimaldamine kodus olema valitsuse esmane prioriteet, kui on välja selgitatud, milliseid eeliseid pakutakse elektrisõiduki omanikele. Seega enne avaliku laadimistaristu arendamist peaksid kõik riigid esmalt võimaldama autojuhtidel kodulaadimist. Enamik elektrisõidukite kasutajaid on jõukad ja elavad tõenäoliselt neile kuulvas eramajas. Seega saab järeldada, et elektrisõidukite laadimine toimub kodus, kuna see on odavam ja tagab suurema sõltumatuse potentsiaalsest ülekoormatud ja raskesti leitavatest avalikest laadimispunktidest. [25] Ptolemuse uuringus [25] kajastatuna oli Norra Autoomanike Liidu andmetel 94%-l Norra elektrisõidukite omanikel 2019. aastal võimalus oma autot kodus laadida. Lisaks selgus Ptolemuse uuringu käigus, et Oslos sai 2019. aastal kodus laadida vaid 35% inimestest ja alla 50 000 elanikuga linnades vaid 15% elektrisõiduki omanikke. [25]

Asustustihedus on Norras väiksem, kui paljudes teistes Euroopa riikides ja eramaja omamise määr suhteliselt kõrge, seetõttu on neil lihtne omada kodus laadimiskaste ja

muid tarvikuid. Nõudlus erinevate koduste laadimislahenduste järele jätkub ka edaspidi kooskõlas kogu turu elektrifitseerimisega. Eelkõige pakuvad väljakutseid suured korteriühistud. Küsitlus näitas, et kuus inimest kümnest korteriühistu elanikest väidavad, et kodulaadimise puudumine vähendab nende tõenäosust elektriauto ostmiseks. [26]

Selge vajadus täiendava laadimistaristu järele on viinud tähelepanu taristu arendamisse. Kütuseettevõtte Circle K suurendab Norras pidevalt oma laadimisjaamade arvu. Uuringust selgus ka, et turu arenedes tekib tarbijate vaatest vajadus standardiseeritud ja kasutajale mugavate maksesüsteemide väljatöötamiseks. [26]

Norras on elektriautode laadimisjaamade arv (Joonis 1.8) viimastel aastatel jõudsalt kasvanud, ulatudes 2021. aasta seisuga veidi alla 19 300 laadimispunktini. Norras on populaarseim olnud standard- ehk tavalaadija (ingl k *Standard*). Tesla kiirlaadijate (ingl k *Tesla Supercharger*) arv ulatus samal aastal 1200-ni. [27]



Joonis 1.8 Avalike laadimisjaamade arv Norras aastatel 2013–2021 laadijatüübi järgi [27]

1.6 Euroopa Liidu arengukava

Elektrifitseerimine on muutunud kriitiliseks eesmärgiks CO₂ heitkoguste vähendamisel transpordisektoris. Norra on seadnud 2025. aastaks eesmärgi, et 100% müüdüd uutest sõiduautodest ja linnaliinibussidest oleksid elektrilised. Euroopa Liit on teatanud uute sise põlemismootoriga sõidukite müügi keelustamisest alates 2035. aastast. [3]

Üleeuroopalises transpordivõrgus tuleks kasutusele võtta piisaval hulgal üldkasutatavaid sõidu- ja pakiautode ning raskesõidukite kiirlaadimispunkte. See peaks tagama täieliku piiriülese ühenduvuse ja võimaldama elektrisõidukitega liikumist kogu liidus. Üleeuroopalise transpordivõrgu vahemaapõhised eesmärgid peavad tagama elektrisõidukite laadimispunktide piisava katvuse liidu peamistes teedevõrkudes. [28]

Ülemaailmselt on eesmärgi seadnud enam kui 40 riiki sise põlemismootoriga sõidukite müügi järk-järguliseks lõpetamiseks. Euroopas on Norra valitsus taolise eesmärgi tähtajaks seadnud aasta 2025 (Tabel 1.3). Holland, Rootsi, Taani ja Sloveenia lõpetavad sise põlemismootoriga uute autode müügi aastal 2030. [24]

Tabel 1.3 Uute SPM sõidukite müügi lõpetamise aasta Euroopas [24]

Riik/piirkond	Uute SPM sõidukite müügi lõpetamise aasta
Norra	2025
Holland	2030
Rootsi	2030
Taani	2030
Inglismaa	2030
Euroopa Liit	2035

Poolas asuva Kielce Ülikooli insenerid järeldasid oma uuringus, et elektrisõidukite laadimistaristu arendamine on elektrisõidukite jätkuva kasvu eel otsustava tähtsusega. Märkigi, et paljudes liikmesriikides on elektrautode laadimistaristu endiselt halvasti arenenud, eriti kiirlaadimise võimalused, mis on elektrisõidukijuhile olulise tähtsusega just pikemate distantside puhul. [29]

Uuringu käigus jõuti järeldusele, et laadimistaristu kohandamist vajab ka laadimine raskeveokite puhul. Raskeveokid on varustatud suure energiamahutavusega akuga, mistõttu laadimisaeg on ja jääb ka edaspidi suureks takistuseks laadimiseks elektriraskeveokite puhul. Kiirlaadimistaristu arendamise juures on olulised majandusküsimused, kuna kiirlaadimispunktide rajamise kõrgete maksumus- ja kasutuskulude tõttu ei ole erainvestorid seda tüüpi investeeringutest huvitatud. [29]

Nutikas laadimine, kiirlaadimine ja juhtmeta laadimine on elektrisõidukite laadimislahenduste tulevik. Laadimistaristu on seevastu üks peamisi takistusi elektrisõidukite kasutuselevõtul. Nutikas laadimine juhib näiteks laadimist kallil elektri hinnaga ajal (tipptundidel), sõiduki võrgus laadimine annab elektri tagasi võrku

ja säästab elektriarveid, ühe megavatine laadimissüsteem sobib ülikiireks laadimiseks elektriveokitele ning juhtmeta laadimine väldib kalli taristu kasutamist. [24]

Euroopa Liidu 2014. aasta direktiivi (2014/94/EU) [31] kohaselt peab iga liikmesriigi keskmine avalike laadimispunktide arv olema võrdne vähemalt ühe laadimispunktiga 10 registreeritud elektriauto kohta. Tuginedes Eestis vastu võetud määrusele (RT I, 10.02.2017, 6) [32], peab elektrisõiduki tava- ja kiirlaadimispunkt vastama eelmainitud Euroopa Parlamendi direktiivile (2014/94/EU) [31]. Muuhulgas eristatakse laadimispunktid kaheks: standardsed laadimispunktid võimsusega kuni 22 kW ja kiirlaadimispunktid üle 22 kW [31].

1.7 Elektriautod ja olemasolev laadimistaristu Eestis

Seisuga 01.03.2023 oli Eestis kokku registreeritud 33 807 elektri- ja hübriidsõidukit. Täiselektrilisi sõidukeid oli samal ajal 3762 (M1 kategooria sõiduautod ja N1 kategooria kaubikud ehk pakiautod kokku) ning hübriidsõidukeid oli Eesti teedel seega 30 045. [33]

Elektriautode arvu kasvu nähakse tulevikus ette ka Eestis. Alexela e-mobiilsuse projekti- ja müügijuht Kristjan Suurorg arvab, et lähiaastatel on kasv kiire ning sellest tulenevalt kahekordistabki Alexela ennatlikult enda laadijate arvu juba käesoleval 2023. aastal. Kiirlaadijad võimsusega üle 300 kW paigaldatakse maanteedele - eesmärgiks on Alexelal igal aastal vähemalt kümme kiirlaadimisjaama rajada. Alexela Tikupoisi tankla kiirlaadijad Tallinn–Tartu–Võru–Luhamaa põhimaanteel on pidevalt koormatud just nädalavahetustel, kui Tallinna ja Tartu vahel on tihedam liiklus. Seevastu kaubandus- ja meelelahutuskeskuste juures on avalikud laadijad koormatud õhtuti ja nädalavahetustel. Enefit Voldi äriarendusjuhi Kert Pääbo sõnul tulevad järgmised kolm aastat samuti Eestis plahvatuslikud, sest elektriautode müügihinnad langevad, laadimistaristu areneb ja elektriautodele pakutakse Eestis riigipoolset ostutoetust. [34]

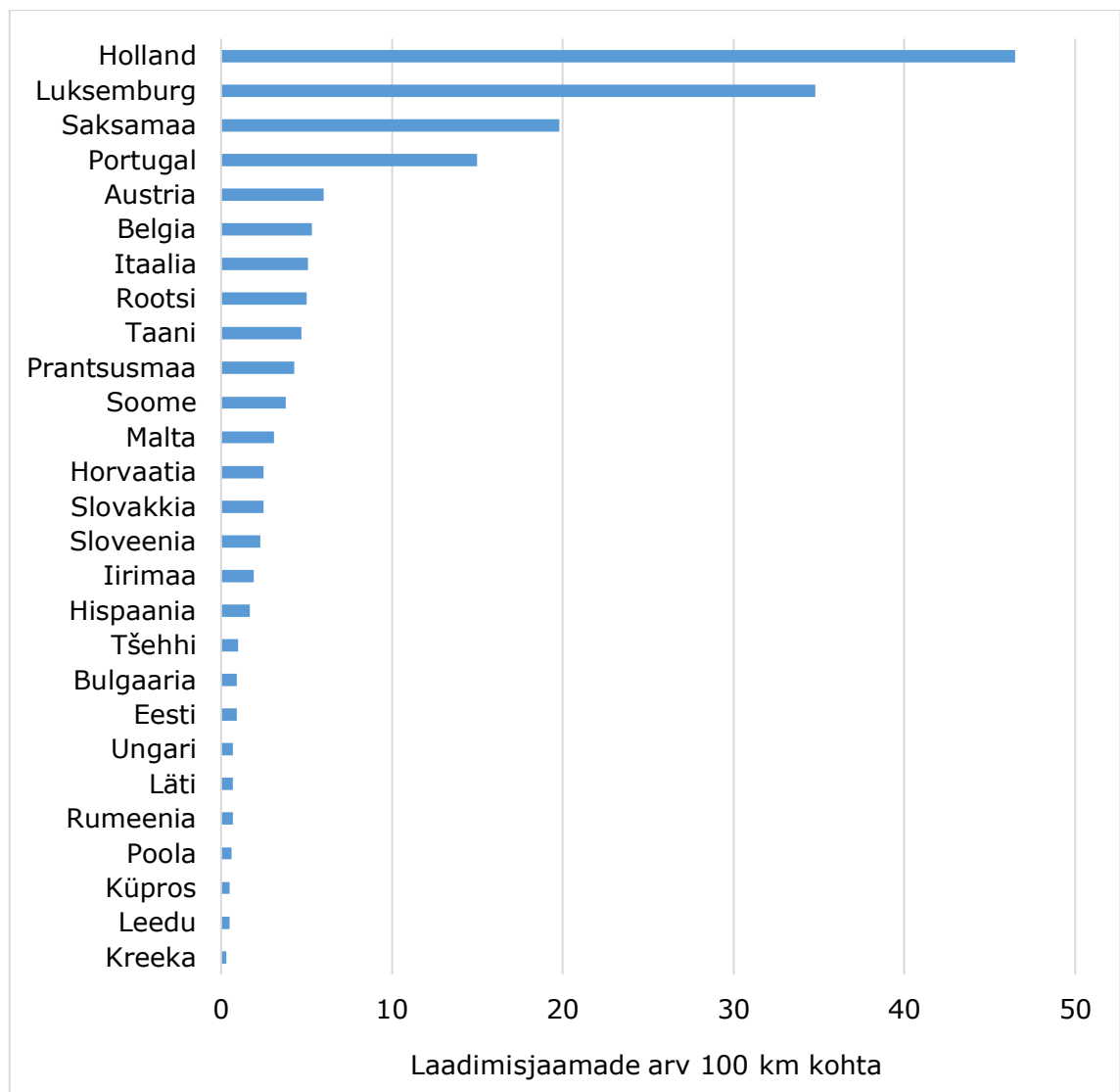
Eleporti juht Raul Potisepp prognoosib, et 2030. aastaks on Eestis elektriautosid umbes 100 000. Elektriautode arv hakkab Potisepa sõnul suurenema eelkõige pärast 2025. aastat, kui Eestisse jõuab palju Lääne-Euroopas liisinguga soetatud CSS-standardiga elektriautosid, mille liising on seal lõppenud. Olemasolev Eesti elektromobiilsuse programmi ehk ELMO raames ehitatud laadimisvõrk CSS-laadimisstandardit ei toeta. Eleport kavatseb samuti investeerida juba käesoleval 2023. aastal Eesti laadimistaristu arendamiseks kaks miljonit eurot, kui lisab oma senisele 160-le laadijale üle Eesti 75 kuni 100 laadijat. [34]

Kütuseettevõtte Circle K on rajanud juba avalikud kiirlaadimisjaamad Mäo, Pärnu ja Tartu tanklatesse. Circle K Baltimaade e-mobiilsuse valdkonnajuhhi Teedo Meltsi sõnul täiendatakse tanklaid järk-järgult just kiirlaadijatega, mis võimaldavad ligikaudu viie minutiga lisada elektriautole 100 km jagu energiavaru. Enne 2023. aasta suve on plaanis ettevõttel avada 300 kW võimsusega ülikiired laadimispunktid veel Iru ja Tallinnas Sikupilli tanklas. [34] Kiirlaadimispunktide olemasolu on eriti oluline pikki vahemaid läbivatele elektriautode kasutajatele. Kiirlaadijad moodustasid ELis 2021. aastal 11% kõigist avalikest laadijatest [29].

Uuringute järgi laetakse 80% juhtudel autosid kodus või töö juures. Eleporti juht Raul Potisepp ennustab, et avalikke laadimisjaamasid hakatakse sellegipoolest rohkem kasutama, sest näiteks Hollandis kasutatakse avalikke ja kodudes olevaid eralaadimispunkte võrdselt. Enefit Volt plaanib rajada järgmised laadimispunktid suurematele liiklustrassidele ja maanteedele, kus on kõrgem liiklussagedus. [34]

Laadimispunktide olemasolu elektrisõidukite kasutajatele näitab laadimispunktide arv 100 km pikkusel teelõigul (Joonis 1.9) [29]. Kõige rohkem avalikke elektriautode laadimispunkte 100 km kohta on 2021. aastal tehtud uuringu kohaselt Hollandis (48 laadimispunkti) ja Luksemburgis (35 laadimispunkti). 13-s ELi liikmesriigis (k.a Eestis) on 100 km tee kohta vähem kui 2 avalikku laadimispunkti. Lisaks tuli uuringust välja, et keskmiselt on Euroopa Liidu liikmesriikides viis avalikult kättesaadavat elektrisõidukite kiirlaadimispunkti TEN-T võrgu 100 km pikkuse teelõigu kohta. Selgus, et näiteks Rumeenias, Bulgaarias, Eestis ega Kreekas pole TEN-T võrgu 100 km pikkuse maanteelõigu kohta mitte ühtegi kiirlaadimispunkti. [29]

Enefit Voltil on kokku Eestis üle 185 laadimispunkti (Lisa 2). Tervet Eestit kattev laadimisvõrk areneb pidevalt, pakkudes ülikiiret ja kiiret laadimist nii Euroopa (CCS), Jaapani (CHAdeMO) kui universaalse Tüüp 2 (Tabel 1.2) laadimisstandardiga elektriautodele. [35] Varasemalt on Eestis laadimistaristu arendamist ja uute punktide loomist juba tehtud, kui ELMO programmi raames rajati 2012. aastal ühtne ja terviklik laadimisvõrk. Kiirlaadijad paigaldati üle Eesti erinevatesse kohtadesse, et tagada tarbijale mugav liikumisvabadus - linnadesse paigaldati kokku 102 kiirlaadijat, maanteedel äärde seejuures 65 laadijat. [36] Seega juba alates 2012. hakati Eestis arendama elektriautode laadimistaristut.



Joonis 1.9 Avalike laadimispunktide arv 100 km kohta Euroopa Liidus (2021) [29]

Euroopa Parlament on pressiteates sätestanud liikmesriikidele kohustuslikud eesmärgid, mis puudutavad elektriautode laadimistaristu ülesehitust maanteedel. 2026. aastaks peab olema tagatud TEN-T teevõrgus üks 400 kW võimsusega laadimisjaam sõiduautodele vähemalt iga 60 km järel. 2028. aastaks peab olema paigaldatud iga 120 km järel Euroopa Liidu põhimaanteedele laadimisjaamad veoautodele ja bussidele võimsusega 1400 kW kuni 2800 kW. [30]

2. METOODIKA JA ANDMESTIKUD

Metoodika osa hõlmab kõiki saadaolevate andmebaaside kasutamist ning nende kirjeldamist, mille alusel on võimalik jõuda magistritöö tulemuseni ja vastata ka eelnevalt püstitatud uurimisküsimustele.

Käesolevas magistritöös võetakse kvantitatiivse uurimeetodiga vaatluse alla olemasolev elektriautode arv Eestis, selle muutumine ja ühtlasi laadimistaristu jaotumine maakondade vahel. Autor võrdleb olukorda Eestis ühe Euroopas elektromobiilsuses esirinnas oleva riigi Norraga. Autor toob välja teises metoodika alapeatükis põhjused, miks saab Eesti laadimistaristu potentsiaali võrrelda Norraga ja miks on just Norra antud võrdlusesse toodud. Sealhulgas tutvustab autor andmeid, millega arvutuslikult läheneda Eesti ja Norra erinevustele töö analüüsiosas. Tähtis on koostada Eesti elektriautopargi matemaatiline prognoos ja erinevad arengustsenaariumid, kuidas autopark tulevikus muutub, et jõuda töö tulemusteni ja leida suhtarvude põhjal vajalik laadimisjaamade arv aastaks 2035.

Transpordiameti avaldatud varasemate liiklussageduste aruannete abil on võimalik hinnata, milliste maanteed lähedale oleks vaja rajada täiendavaid elektriautode laadimispunkte. Töös kasutatakse liiklussageduse uurimiseks just 2019. aastal Maanteeameti poolt kogutud andmeid, kuna aastal 2020 levis koroonaviirus. Selleks, et andmed oleks võrreldavad, siis ongi autor kasutanud 2019. aasta liiklussageduse andmeid. COVID-19 ülemaailmse kriisi ja erinevate kehtestatud piirangute tõttu vähenes 2020. ja 2021. aastal liiklussagedus märgatavalt, näiteks 2020 aasta aprillis vähenesid liiklussagedused 34% võrreldes 2019. aasta aprilliga [37].

Kvalitatiivse uurimismeetodina viis autor läbi kaks intervjuud jätkusuutlikkuse teemadel logistikaettevõtte DPD juhiga (Lisa 3) ning automüügiettevõtteid esindatava liidu AMTEL-i endise juhiga (Lisa 4).

2.1 Uurimismeetodite kirjeldus

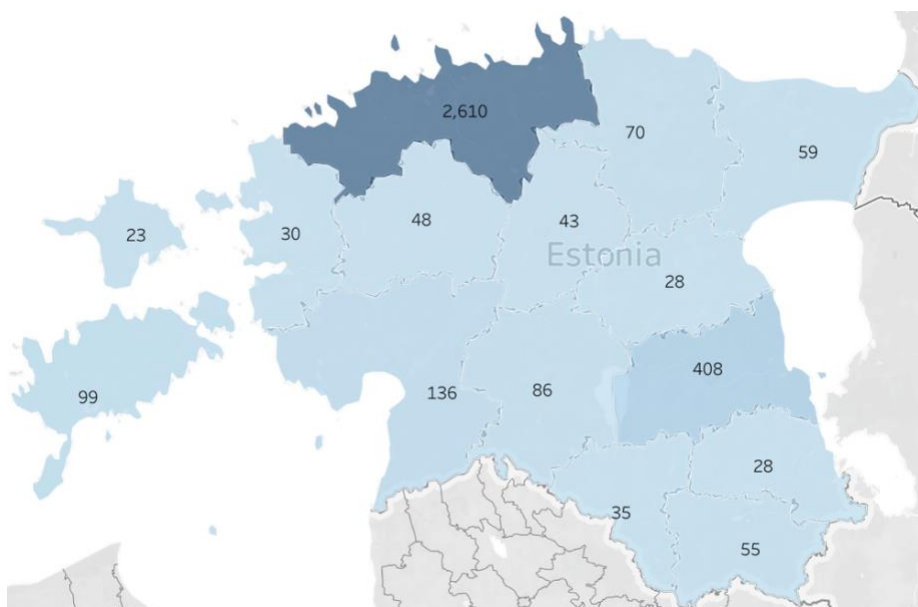
Uuringu läbi viimiseks on vajalik esmalt uurida Eestis elektriautode arvu ning olemasolevat olukorda laadimistaristu vaatest, mis hõlmab elektriautode kvantitatiivset kirjeldamist ja olemasolevate laadimisjaamade piirkondi.

Autor kasutab oma töös analoogriigina Norrat. Võrdluses on kasutatud Norra mandriosa iseloomustavaid andmeid (s.o mitte Norrale kuuluvaid rannikulähedasi saari). Riike

iseloolestavad rahvastikunäitajad pärinevad Eesti Statistikaameti 2021. aasta rahvaloenduse tulemustest ning Maailmapanga (ingl k *The World Bank Group*) avaldatud aruannetest Eesti ja Norra kohta.

Transpordiameti kodulehel on olemas andmebaas kõigi Eestis aktiivselt registreeritud sõidukite kohta. Sõidukite statistika [33] annab ülevaate registreeritud elektriautode kohta, mis on kantud liiklusregistrisse. Uurida saab lisaks elektrisõidukite koosseisu automarkide kaupa ja vanuselist jaotust. Täiselektriliste sõidukite arv on kajastatud muuhulgas kõikides Eesti maakondades eraldi (Joonis 2.1). Seisuga 01.03.2023 oli Eestis kokku registreeritud 33 807 elektri- ja hübriidsõidukit. Täiselektrilisi sõidukeid oli seega 3762 (M1 ja N1 kategooria sõidukid) ning hübriidsõidukeid 30 045. Harju maakonnas omab aktiivset liiklusregistrit kokku 2610 sõiduautot ja väikekaubikut. Järgnes Tartu maakond 408 ning Pärnu maakond 136 elektrisõidukiga. Kõige vähem ehk 23 elektrisõidukit olid liiklusregistris esindatud Hiiu maakonnas. [33]

Eelpool välja toodud sõidukite andmete põhjal on võimalik kirjeldada elektriautode paiknemist Eestis, mis on seoses rahvaarvuga linnades ja liiklussagedusega maanteedel. Mida suurem on asustustihedus piirkonnas, seda rohkem on konkreetsetes piirkonnas ka elektrisõidukeid. Andmete põhjal saab arvutada elektriautode arvu ühe laadija kohta piirkonnas. Vajaduse määramiseks tuleb uurida elektrisõidukite arvu käesoleval aastal 2023 ning prognoosida nende arvu aastaks 2035.



Joonis 2.1 Seisuga 01.03.2023 liiklusregistris olevate elektrisõidukite arv maakonna järgi Eestis [33]

Uurides laadimistaristut kirjeldavate näitajaid, siis Berjoza ja Jurgena [38] on oma varasemas uuringus Balti riikide võrdlemiseks kasutanud erinevaid suhtarve. Aastal 2015 juba läbitöötatud meetodika põhjal saab arvutada olulisemate näitajate suhtarvud Eesti näitel aastal 2023. Järgnevalt on välja toodud kolm olulist suhtarvu laadimistaristu analüüsimiseks ja kirjeldamiseks. [38]

Oluline suhtarv on I_{EV} laadimisjaamade arvu ja elektriautode arvu vahel ehk elektriautode arv ühe laadimisjaama kohta [38]:

$$I_{EV} = \frac{N_{EV}}{N_{CP}}, \quad (2.1)$$

kus

N_{EV} – elektriautode arv analüüsitavas piirkonnas;
 N_{CP} – elektriautode laadijate arv analüüsitavas piirkonnas.

Tähtis on seejuures analüüsida kogu riiki või üksikuid piirkondi. Mida väiksem on arvutuse teel eelpool saadud suhtarv, seda parem on elektriautode laadimistaristu. [38]

Järgmisena on välja toodud samuti oluline indikaator analüüsimaks, kui palju on laadimisjaamasid ühe inimese kohta [38]:

$$I_I = \frac{P}{N_{CP}}, \quad (2.2)$$

kus

P – inimeste arv analüüsitavas piirkonnas.

Olulisel kohal on ka distants ning seetõttu rakendatakse käesolevas töös järgmist suhtarvu I_L . Näitaja on peale laadimist keskmise sõidudistantsi pikkuse ja keskmise laadimisjaamade vahemaa suhe. Suhtarv iseloomustab laadimisjaama jõudmiseks läbitavat vahemaad [38]:

$$I_L = \frac{S_{EV}}{S_{CP}}, \quad (2.3)$$

kus

S_{EV} – keskmine kilometraaž ühe laadimiskorra kohta, km;
 S_{CP} – keskmine kaugus kahe laadimisjaama vahel, km.

Viimane näitaja on kõige olulisem kirjeldamiseks elektriautoga sõitmist linnadevahelistel teelõikudel. Kui suhtarv on suurem kui 1, on analüüsitaval teelõigul sõitmine võimalik. Teisel juhul ei ole aga elektriautoga võimalik seda teelõiku ühe laadimisega läbida, kui

suhtarvu väärtus jääb alla 1. [38] Autor arvestab analüüsis ja valemis (2.3), et kaasaegsete elektriautode keskmine kilometraaž ehk läbisõit ühe laadimiskorra kohta seisuga 21.03.2023 on 343 km [39].

Tabel 2.1 Kasutatavad andmed ja meetodika uuritava tulemuse jõudmiseks

Etapp	Analüüsitava näitaja	Kasutatavad andmed	Saadav tulemus
1.	Analoogriigi leidmine	Transpordiamet „Sõidukite statistika“ [33], Euroopa Komisjon „Road: reports by country“ [40] [41]	Elektriautode arv ja olemasolev laadimistaristu Eestis ja Norras 2023. aastal, võrdlemine
2.	Olemasolev elektriautode laadimistaristu Eestis ja Norras aastal 2023	PlugShare kaart avalike laadimisjaamadega [42], Berjoza ja Jurgena uuringu suhtarvud [38]	Laadimisjaamade arv elektriautode ja elanike kohta
3.	Sõidukipargi prognoos: autostumine ja elektriautode arv aastaks 2035	Transpordiamet „Sõidukite statistika“ [33], Gompertzi mudel [43], Statistikaameti rahvastikuprognoos 2020–2080 [44]	Sõidu- ja elektriautode arvu prognoos Eestis aastani 2035, sh kolm arengustsenaariumit (min, keskm ja max kasv)
4.	Norra laadimistaristut kirjeldavad suhtarvud	Elektriautode arvu prognoos aastaks 2035	Laadimisjaamade vajaduse leidmine Norra suhtarvude baasil 2035. aastaks
5.	Laadimisjaamade piirkondade määramine maanteedel	Teede Tehnokeskus „Liiklusloenduse tulemused 2019. aastal“ [45]	Kõrge liiklussagedusega piirkonnad Eesti maanteedel, vajalik laadimisjaamade arv piirkondades 2035. aastaks
6.	Kvalitatiivne analüüs DPD ja AMTEL-i juhiga	Intervjuuküsimuste koostamine, intervjuude läbiviimine DPD juhi ja endise AMTEL-i tegevjuhiga	Elektriautode kasutamine ettevõtte igapäevatoös, parendusettepanekud laadimistaristule

2.2 Eesti ja Norra laadimistaristu võrdlus

Norra on teinud märkimisväärseid investeeringuid laadimistaristu arendamiseks [24], et toetada elektrisõidukite arvu kasvu riigi teedel. Riigi poolt kehtestatud arengustrateegiad ja meetmed on end ära õigustanud ning aina rohkem inimesi leiab tee elektriauto ostuni. See väljendus 2021. aastal tehtud esmaregistreeringute põhjal, kui 86% esmaregistreeritud autodest moodustasid elektriautod [3]. Autor põhjendab

käesolevas alapeatükis peamiseid asjaolusid, miks saab Eesti elektriautode ja laadimistaritu potentsiaali võrrelda Norra riigiga. Välja on toodud ka mõned asjaolud, kus Norra majandus on paremini arenenud ja võrdlusmomenti Eesti näitel ei saa sisse tuua.

Esimese meetodilise etapina on välja toodud Norra ja Eesti põhilised rahvastikunäitajad ja riikide pindalad (Tabel 2.2), et arvutada välja laadijate arv ühe elektriauto kohta mõlemas riigis. Riigi pindala määrab vajaduse läbisõiduks, rahvastiku tihedus määrab ära tarbimise nõudluse. Sellest lähtuvalt on laadimispunktide asukohad ja nende arv seotud piirkonnas elavate inimeste arvuga. Maailmapanga (ingl k *The World Bank*) [46] avaldatud andmete põhjal oli aastal 2020 rahvastikutihedus Norras 15 in/km² (inimest ehk elanikku ruutkilomeetrilise maa-ala kohta). Eestis oli sama näitaja samal aastal 30,6 in/km². Norra mandriosa pindala oli 2023. aasta seisuga 323 381 km² (ruutkilomeetrit), Eesti pindala 45 336 km². Aastal 2021 oli rahvaarv Norras 5 408 320, Eestis samaseisuga 1 330 932 elanikku. [46] Norra pealinnas Oslos oli 2022. aasta lõpuga registreeritud 707 531 inimest [47]. Tallinnas oli populatsioon 01.03.2023 seisuga 460 392 inimest [48].

Eesti parasvöötme kliima on väga sarnane Norra kliimale, kui Eestis ulatus perioodil 1991–2021 aasta keskmine temperatuur 6,33 kraadini (°C), siis Norras oli sama näitaja 2,17 kraadi (°C) (Tabel 2.2) [49]. Mõlemad riigid asuvad mere ääres – vastavalt Läänemere ja Norra mere ääres. Autor eeldab, et riigid on kliima poolest võrreldavad ja elektriautode sõiduulatusele erinevat mõju ei ole.

Mõlemad riigid täidavad Euroopa Komisjoni poolt avaldatud rohepaketti „Eesmärk 55“ [1], mis sätestab kõikidele Euroopa Liidu riikidele eesmärgid uute SPM sõidukite müügi lõpetamiseks aastal 2035. Norra ei kuulu küll Euroopa Liitu (Norra kuulub EMP riikide hulka), kuid on avaldanud teistele riikidele eeskujuna strateegia SPM sõidukite müügi lõpetamiseks juba kümme aastat varem, kui seda näeb ette ELi eesmärk [24]. Eesti riik pole praeguseks veel kindlat kuupäeva sisepõlemismootoriga sõidukite müügi lõpetamiseks avaldanud, kuid Riigikogu otsuses RT III, 07.04.2017, 1 [50] rõhutatakse muuhulgas ka elektriautode laadimistaristu edasisele arendamisele ja soodustamisele. Taolise eesmärgi on võtnud näiteks ka Eesti tanklaketid Circle K ja Alexela, kes ehitavad lähitulevikus elektriautode tõenäolise kasvu eel laadimisjaamasid juurde [34].

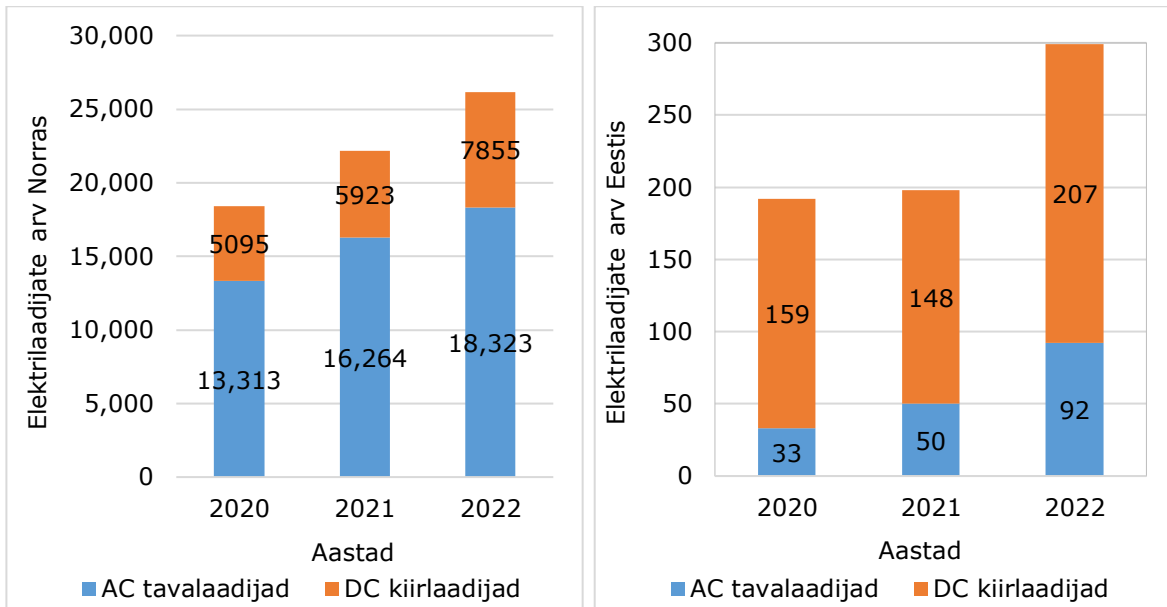
Tabel 2.2 Eesti riiki kirjeldavad andmed võrdluses Norraga

Näitaja	Eesti	Norra
Elektriautode arv	3762 (2023) [33]	619 644 (2022) [40]
Elektrilaadijate arv (2022)	299 [41]	26 178 [40]
Autostumine, sõiduautode arv 1000 elaniku kohta (2020) [51]	608	544
Elanike arv (2021) [46]	1 330 932	5 408 320
Pindala [46]	45 336 km ²	323 381 km ²
Rahvastiku keskmine tihedus (2020) [46]	30,6 in/km ²	15 in/km ²
Elanike arv pealinnas	460 392 (2023) [48]	707 531 (2022) [47]
Aasta keskmine õhutemperatuur (1991–2020) [49]	6,33 °C	2,17 °C
Reaalne SKT inimese kohta (2022) [52]	16 250 €	72 820 €
Keskmine brutokuupalk (2022) [53]	1775 €	4479 €

Seejärel saab uurida Norras ja Eestis registreeritud elektriautode koguarvusi. Seisuga 01.03.2023 oli Eestis kokku registreeritud 3762 täiselektrilist BEV sõidukit (M1 ja N1 kategooria sõidukid kokku). Seisuga 08.02.2023 oli üldse sõiduautosid Eestis registreeritud kokku 956 213. Seega moodustavad elektriautod 0,4% kõikidest sõiduautodest [33]. Norras oli seevastu 2022. aasta lõpu seisuga registreeritud 619 644 täiselektrilist BEV sõidukit (M1 ja N1 kategooria sõidukid kokku). Seisuga 08.02.2023 oli sõiduautosid Norras kokku 3 596 234. [40] Autostumise tase 1000 elaniku kohta oli 2020. aastal Eestis 608, Norras 544 sõiduautot 1000 elaniku kohta. [51]

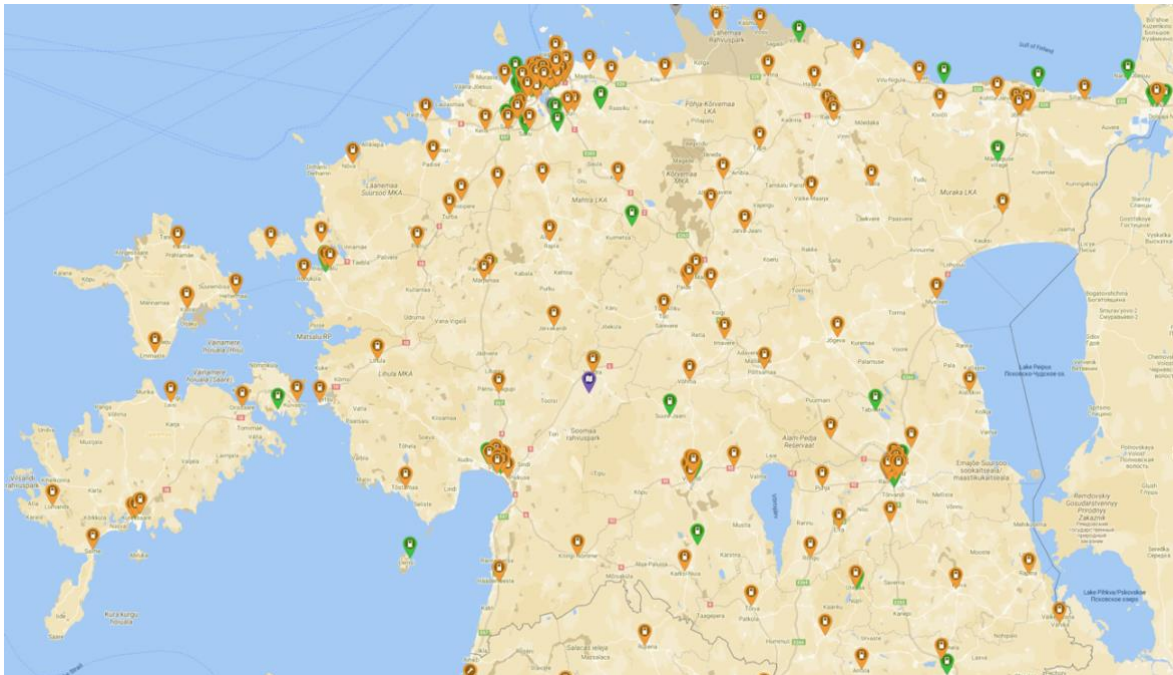
Võttes arvesse Euroopa Liidu direktiivi (2014/94/EU) [31], saab leida elektriautode ja avalike laadimispunktide suhtarvu Norras ja Eestis. Selleks tuleb jagada antud riigi avalike laadimispunktide arv elektriautode arvuga. Antud uuring ei võtnud arvesse andmeid eraomanduses olevate (s.o kodumajapidamised ja äripinnad) laadimisjaamade ja nende asukohtade kohta. Avalikke laadimispunkte oli Norras 2022. aasta lõpu seisuga

26 178 (Joonis 2.2): nendest 18 323 olid tava- ehk AC-laadijad, ülejäänud 7855 olid kiir- ehk DC-laadijad [40]. Eestis oli 2022. aasta lõpu seisuga kokku 299 avalikku laadimispunkti (Joonis 2.2): nendest suurem osa ehk 207 laadijat olid DC kiirlaadijad ja ülejäänud 92 laadijat olid AC tavaladid [41].



Joonis 2.2 Avalike laadimispunktide arv Norras ja Eestis (2022) [40] [41]

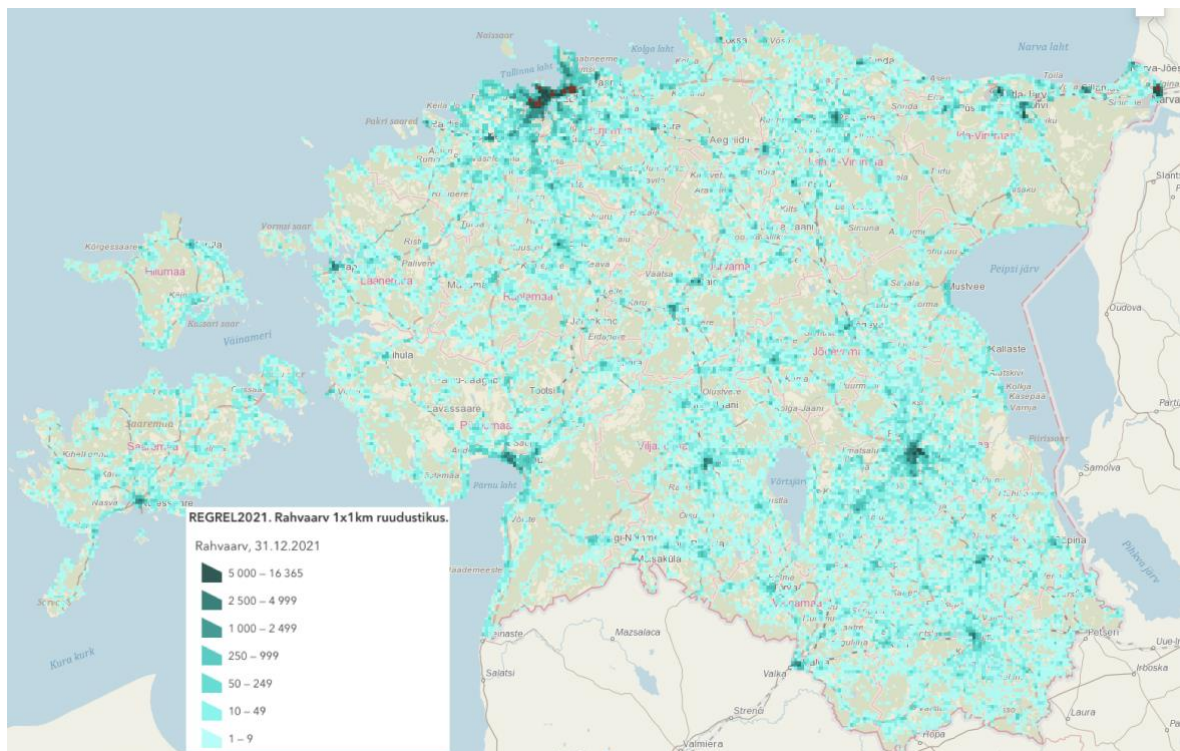
Kaardilt (Joonis 2.3) on näha, et avalikud laadimispunktid on koondunud Eestis suurematesse linnadesse ja nende ümbruses olevatesse maakondadesse: Tallinna ja Harjumaa (140 avalikku elektriautode laadimispunkti), Tartu ja Tartumaa (50 laadimispunkti), Pärnu ja Pärnu maakonna (44 laadimispunkti) ning ka Jõhvi linna ja Ida-Viru maakonna ümbrusesse (23 laadimispunkti) [42].



Joonis 2.3 Avalikud laadimisjaamad Eestis seisuga 19.03.2023 [42]

Laadimisjaamade ja rahvastiku paiknemise vahel esineb positiivne korrelatsioon. Eelpool nimetatud maakondades elab enamik Eesti elanikest: Harju maakonnas oli seisuga 01.01.2023 Rahvastikuregistri andmetel [54] 640 935 elanikku ehk 46% kogu Eesti rahvastikust (sh Tallinnas 458 373 elanikku), Tartu maakonnas 159 932 elanikku ehk 12% kogu Eesti elanikkonnast (sh Tartu linnas 97 435 elanikku), Ida-Viru maakonnas elas 131 775 inimest ehk 10% kogu Eesti elanikkonnast (sh Narva linnas 53 625 ja Jõhvi vallas 11 459 elanikku) ning Pärnu maakonnas 87 765 elanikku ehk 6% kogu Eesti elanikkonnast (sh Pärnu linnas 51 874 inimest). Kõikides ülejäänud maakondades elab ligikaudu 26% Eesti elanikkonnast. [54]

Uurides rahvastikutihedust Eestis, siis 54,2%-il ruutkilomeetritest ehk enam kui poolel Eesti maismaa territooriumil ei ela mitte ühtegi inimest (Joonis 2.4). 14% territooriumist on hõreda asustusega ehk rahvastikutihedus neis kohtades on alla nelja elaniku. Tallinna linna järel on tihedaimalt asustatud kohaks Narva linn (9845 in/km²). [55]

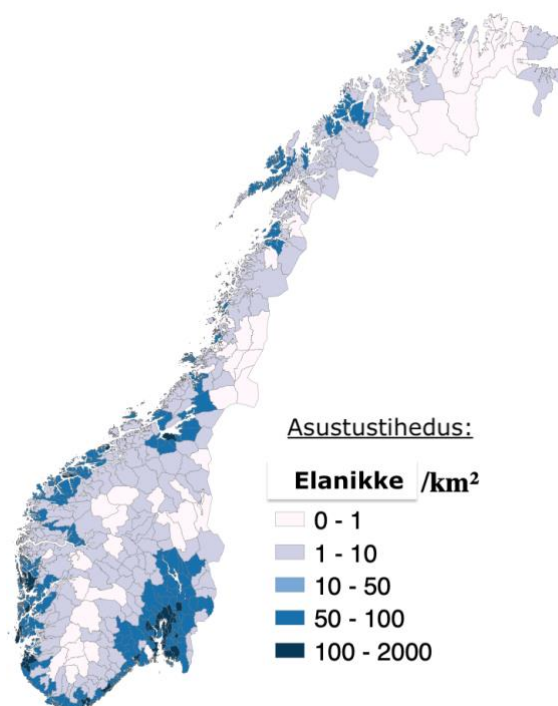


Joonis 2.4 Rahvastikutihedus Eestis seisuga 31.12.2021 [55]

Enamik avalikest laadimispunktidest Norras asuvad Lõuna-Norras ja pealinna Oslo ümbruses (Joonis 2.5) [56]. Võrreldes Eesti ja Norra laadimisjaamade asukohti, siis Norrale sarnaselt on ka Eestis laadimisjaamad koondunud pealinna Tallinna lähedale või selle ümbrusesse. Eestis on laadimisjaamasid rohkem Põhja-Eestis, Norras seevastu just Lõuna-Norras. Paralleele saab tuua samuti laadimisjaamade paiknemise ja asustustiheduse vahel Norras (Joonis 2.6): asustustihedus on kõige suurem pealinnas Oslos ja selle ümbruses [57].



Joonis 2.5 Elektriautode laadimisjaamad Norras seisuga 02.02.2023 [56]



Joonis 2.6 Asustustihedus Norras seisuga 2016 [57]

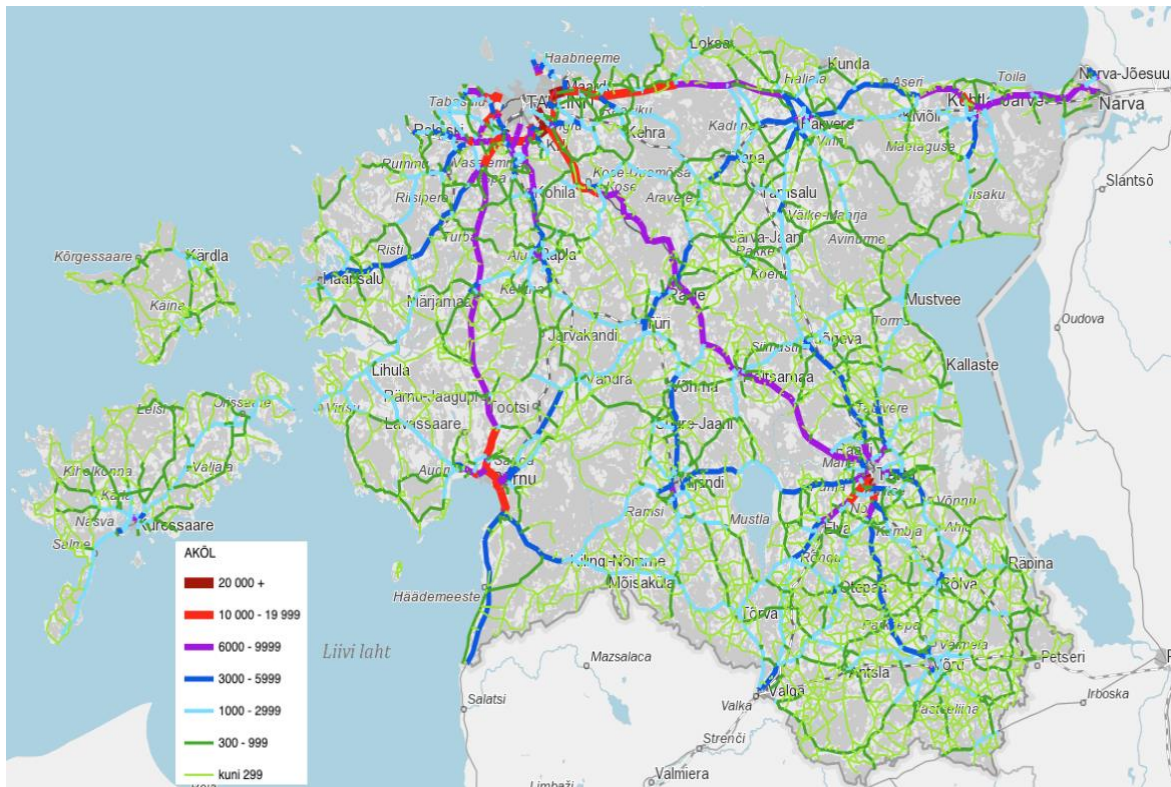
Majandusnäitajaid uurides (Tabel 2.2) oli Eestis Eurostati andmetel 2022. aastal reaalne SKT ühe inimese kohta 16 250 eurot, Norras üle nelja korra rohkem ehk 72 820 eurot [52]. Samuti on inimeste elatustase ja keskmine igakuine sissetulek Eestis oluliselt madalam – Eesti brutokuupalk on 1775 eurot. Norras on keskmine brutokuupalk 4479 eurot, mis võimaldab inimestel rohkem ja kallimaid hüviseid soetada [53]. Inimeste

sissetulekute, elektriautode omamise ning laadimispunktide paiknemise vahel on positiivne korrelatsioon – seda kinnitab Iirimaal tehtud uuring, kus uurimistulemused näitavad korrelatsiooni kõrge sissetulekuga inimeste, majapidamises kasutatavate elektrisõidukite arvu ja laadimispunktide tiheduse vahel. Viidati lisaks sellele, et piirkondades, kus on rohkem elektrisõidukite laadimispunkte, on ka suurem elektriautode omamise tase. [58]

Norra riik on tuntud oma rikkaliku maastiku ja jõgedega ning seetõttu ei saa Norrat kasutada aktuaalseks võrdlemiseks Eestis olevate veekogudega. Norras toodetakse ligi 97% Norra elektrienergiast toodetakse hüdroelektrijaamades. See teeb Norrast ühe maailma suurima hüdroelektrienergia tootja, kes suudab sellega katta kogu riigi elektrivajaduse. Järvedest ja liustikest toodetud energia katab kõik vajadused elektrivõimsuse osas ja olemasoleva elektrivõrgu abil saab luua kergesti uusi elektriautode laadimispunkte ka mäestike ahelikesse, kus võimalikku energiat toodavad tuulepargid. [59]

2.3 Uuringu kirjeldus

Töö uuringu vajadus hõlmab suuremate liiklussagedustega teelõikude analüüsimist ja piirkondi kaardil, kus toimub liikluse hajumine Eesti põhimaanteedel. Liiklussageduse informatsioon pärineb aastast 2019 (Joonis 2.7) [60], et analüüsitav võrdlusmoment oleks aktuaalne ja relevantne peale viiruselevikut. Eeldus on sarnaselt SPM sõidukitele, et elektriautod sõidavad seal, kus on suurem liiklussagedus. Kaardilt on näha, et läbi Eesti kulgeb väga lai teedevõrgustik. Nimelt on põhimaanteedeks Tallinn–Tartu–Võru–Luhamaa, Tallinn–Pärnu–Ikla ja Tallinn–Narva. Jooniselt selgub, et kõige kõrgema aastase keskmise ööpäevase liiklussagedusega (AKÖL) kohad on Tallinna, Tartu ja Pärnu ümbruses, sest nendes kohtades on kõige suurem erinevate tugi- ja kõrvalmaanteede koondumine. Liikluskoormus väheneb ehk AKÖL langeb nendes kohtades, kus helepunane tähistus (AKÖL 10 000 – 19 999) alloleval kaardil (Joonis 2.7) muutub lillakaks (AKÖL 6000 – 9999). Seda võib täheldada Tallinnast väljasõidul mööda Narva maanteed Kuusalus, mööda Tartu maanteed Kosel, mööda Pärnu maanteed Ääsmäel ning mööda Paldiski maanteed Keilas. Kose vald asub ligikaudu 40 km eemal mõõdetuna Tallinna keskpunktist ehk Viru ringist. Keila ja Ääsmäe asuvad ligikaudu 30 km Tallinnast eemal. Sarnane muutus on täheldatav ka Pärnust väljasõidul mööda Tallinna maanteed peale Pärnu-Jaagupit, kus liiklussagedus langeb ja muutub 10 682 sõiduki pealt 6192 sõiduki peale ööpäevas keskmiselt (2019. a). Pärnu-Jaagupi asub seejuures vähem kui 30 km eemal maakonnakeskusest ehk Pärnu linnast. [60]



Joonis 2.7 Liiklussagedus aastal 2019 Eestis, AKÖL [60]

Tulenevalt mainitud liiklussagedusest ja kohtadest põhimaanteedel, kus liiklus hajub ja liiklussagedus oluliselt hõreneb, saab kirjeldada laadimisjaamade asukohti ja nende arvu konkreetsetes hajumiskohtades. Tallinn–Narva maanteel Kuusalus on ainult 1 laadimispunkt, Tallinn–Tartu maanteel Mäo ristis ja selle läheduses 5 laadimispunkti, Tallinn–Paldiski maanteel Keilas samuti 1 laadimispunkt elektriautodele. Tallinn–Pärnu maanteel Ääsmäel pole seevastu ühtegi laadimispunkti.

Uurides põhimaanteedel liiklussagedust aastal 2019 (Tabel 2.3) [45], siis üks suurima liiklussagedusega teelõik Eestis on Tallinna ringtee, kus liikles keskmiselt 11 548 sõidu- ja pakiautot ööpäevas (SAPA). Tallinn–Tartu–Võru–Luhamaa maanteel oli teel keskmiselt 6813 sõidukit päevas, Tallinn–Pärnu–Ikla maanteel 7064 ja näiteks Tallinn–Paldiski põhimaantee lõigul 6615 sõidu- ja pakiautot. SAPA sõidukid moodustasid põhimaanteedel toimuvast liikluse läbisõidust 87,9% ja linnade liikluses oli sõidu- ja pakiautode osakaal 93% kogu autopargi läbisõidust [61]. Samuti saab 2019. aasta autopargi läbisõidu andmete põhjal välja arvutada keskmise sõidu- ja pakiauto läbisõidu ühes päevas. Autor arvestab, et keskmiselt on aastas 365 päeva. Antud tulemused on sisendiks 50 km raadiusega ringjoonte koostamisel Eesti suurematest linnadest mõõdetuna. Antud ringide sisse täiendavaid laadimispunkte vajalik rajada pole. Analüüsis on lähtunud, et liiklussagedus põhimaanteedel ei vähene ja olemasolev liiklussageduste jaotus kehtib ka kümne aasta pärast.

Teise meetodina saab kasutada 100 km raadiusega ringjooni samuti Eesti suurematest linnadest mõõdetuna. Seda selleks, et leida laadimispunktide piirkonnad nendele elektriautode kasutajatele, kes igapäevaselt liiklevad erinevate linnade vahel ning igapäevane kilometraaž on suurem kui 50 km. 100 km raadiusega ringjooned kirjeldavad visuaalselt piirkondi põhi-, tugi- ja kõrvalmaanteedel, kuhu oleks vajalik luua täiendavaid laadimispunkte. 100 km raadiusega ringjoonte koostamisel on arvestatud kaasaegsete elektrisõidukite keskmine kilometraaži [39] ja aku laetuse taset 20% kuni 80% vahel [14]. Vajaliku laadimisjaamade arvu leidmiseks 2035. aastaks on kasutatud Pareto printsiipi 80:20. Maksimaalne väärtus on vajalik elektrivõimsuse planeerimiseks ja tagamiseks kõige kriitilisemate asjaolude kokkulangemisel. Minimaalne väärtus on 20% maksimaalsest väärtusest ning see kirjeldab laadimisjaamade arvu, millele peab kindlasti olema tagatud piisav elektrivõimsus aastaks 2035 igas konkreetses piirkonnas.

Tabel 2.3 Sõidu- ja pakiautode (SAPA) keskmine liiklusedus ööpäevas Eesti põhimaanteedel aastal 2019 [45]

Põhimaantee nimetus	SAPA autot/ööpäevas
Tallinn–Narva	7447
Tallinn–Tartu–Võru–Luhamaa	6813
Jõhvi–Tartu–Valga	3399
Tallinn–Pärnu–Ikla	7064
Pärnu–Rakvere–Sõmeru	2792
Valga–Uulu	1846
Riia–Pihkva	750
Tallinn–Paldiski	6615
Ääsmäe–Haapsalu–Rohuküla	4525
Risti–Virtsu–Kuivastu–Kuressaare	2239
Tallinna ringtee	11 548
Tartu–Viljandi–Kilingi–Nõmme	2899

Autor arvestab analüüsis, et enamik inimesi Euroopas sõidab autoga päevas vähem kui 40 km [62]. Euroopa Komisjoni poolt läbi viidud liiklemisuuring aastal 2022 näitas, et ELi kodanikud läbisid keskmiselt 27 km päevas ja liikumine kestis keskmiselt 80 minutit [63]. Eestis kõikidel teedel kokku sõitis üks sõiduauto ühes ööpäevas aastal 2019 ligi 10 703,1 miljonit : $621\ 804 : 365 = 47,2$ km [64]. Uurides Norra Statistikaameti (ingl k *Statistics Norway*) ametlikke liikluseduse andmeid, siis 2019. aastal sõitis üks elektrisõiduauto Norras keskmiselt aasta jooksul 12 631 km [65]. Keskmiselt sõitis üks elektriauto Norra teedel ühes ööpäevas aastal 2019 seega ligi $12\ 631 : 365 = 34,6$ km.

2.4 Intervjuud ekspertidega

Autor viis oma magistritöö käigus läbi ka kaks intervjuud. Autor koostas intervjuuküsimused, mis kirjeldaksid olemasolevat elektriautode laadimistaristut ja seisukohti koos parendusettepanekutega selle arendamiseks. Esimeses neist uuris töö autor kvalitatiivse uurimismeetodiga ühe Eesti suurima kullerettevõtte DPD juhi Remo Kirsi seisukohti ja parendusettepanekuid elektrisõidukite laadimisvõrgu teemal kommertsteenusepakkuja vaatest (Lisa 3). Teise intervjuu viis autor läbi Autode Müügi- ja Teenindusettevõtete Eesti Liidu (AMTEL) endise tegevjuhi Arno Sillatiga, et näha ühtset suuremat pilti liidu nimekirja kuuluvate juriidiliste isikute tegemistest (Lisa 4). AMTEL-i põhitegevus on suunatud automüügiettevõtete ühendamisele ja üheks eesmärgiks on muuhulgas jälgida autode ja autotranspordi arengut kodumaal, korraldades pidevalt analüüse ja vastavaid uuringuid antud valdkonnas [66].

DPD võttis esimese Eesti kullerettevõtte pakkide veoks kasutusele täiselektrilised väikekaubikud ning tänaseks on neil Eesti logistikaettevõtete seas suurim elektriline masinapark. Esimene elektrikaubik soetati seejuures juba 2019. aastal. Hetkel on ettevõttel kokku 22 elektrikaubikut, ent kõigi Eesti suuremate linnade katmiseks elektrikaubikutega, mis on ka nende üks 2025. aastaks seatud eesmärkidest, plaanitakse suurendada rohekaubikute arvu 100-ni. Elektrikaubikutega plaanib ettevõtte katta Tallinna, Tartu, Pärnu, Rakvere, Viljandi ja Jõhvi jaotusringid. Aastal 2035, kui kehtestatakse Euroopas uute SPM sõidukite müügikeeld, tegutseb ettevõtte juba praegu elektriliste sõidukite soetamise ja vajaliku laadimistaristu loomisega. [67]

Intervjuuks DPD juhiga püstitas autor järgmised küsimused ja teemavaldkonnad:

- DPD elektriautopark täna;
- „Kuidas saate hakkama praeguse laadimistaristuga Eestis? Mõned näited elektriautode marsruutide kohta ja esinevatest probleemidest? Suurimad üldised puudujäägid praeguses taristus?“;
- „Milline on Teie visioon parimale võimalikule laadimisvõrgule? Kas eraautodel vs kommertsteenuseid pakkuval ettevõttel on erinevad vajadused?“;
- DPD juhi ettepanekud hetkeolukorra parandamiseks.

Sarnaselt sai püstitatud küsimused ja teemavaldkonnad intervjuuks AMTEL-i endise tegevjuhi Arno Sillatiga, et uurida üldist olukorda läbi automüügiettevõtete esindaja:

- liikmete (elektri-) autopark täna ja elektriautode müügi osakaal võrreldes SPM sõidukitega;

- „Kuidas saavad liikmed hakkama praeguse laadimistaristuga Eestis? Mõned näited elektriautode marsruutide kohta ja esinevatest probleemidest? Mis on suurimad üldised puudujäägid praeguses taristus? Milline on tagasiside liikmetelt ja nende klientidelt?“;
- „Milline on Teie visioon parimale võimalikule laadimisvõrgule?“;
- AMTEL-i ettepanekud hetkeolukorra parandamiseks.

2.5 Uuringu piirangud

Uuringu piirangud hõlmavad endas andmeid, mida ei ole võimalik kasutada uuringu läbiviimiseks või on antud andmete kvaliteet ebapiisav, et neid töös kasutada. Uuringu piirangute esitamine muudab uuringu korratavaks ka tulevikus.

Kõige uuemaid liiklussageduse ja liiklusloenduse andmeid piiras ning mõjutas COVID-19 koroonaviiruse levik, kui 2020. aasta 13. märtsist hakkas kehtima Eestis eriolukord. Valitsuse kehtestatud liikumiskiirangud mõjutasid inimeste liikumis- ja liiklemisharjumusi. Eriolukord kehtis kuni 17. maini ning keelatud olid näiteks kontsertide ja kõikvõimalike ürituste korraldamine ning õpilaste õpetamine koolides. Viimasel juhul oli õppetöö läbiviimine korraldatud kaugõppe näol. Meditsiini- ja tervishoiuasutustes kehtis patsientide külastuskeeld.

Eriolukord riigis mõjutas inimeste igapäevaelu ja sinna juurde kuuluvat inimeste igapäevast liikumisvajadust erinevate transpordiviiside abil ühest asukohast teise. Madis Saadik uuris enda 2020. aastal kaitstud magistritöös [68] inimeste liikumisharjumuste muutumist eriolukorra ajal. Uuringu tulemusena selgus, et eriolukorra ajal langes liiklussagedus piirkonniti kuni 60% ja Eesti keskmine liiklussagedus ligikaudu 30%. Transpordiameti strateegilise planeerimise osakonna juhataja Erik Ernitsa ettekandest lähtununa [37] vähenesid COVID-19 ülemaailmse kriisi ja erinevate kehtestatud piirangute tõttu liiklussagedused näiteks 2020. aasta aprillis 34% võrreldes 2019. aprilliga. Muuhulgas vähenes ka sama kuu liiklusõnnetuste arv 27% võrreldes 2019. aasta aprillikuu keskmisega. Seega käesolevas magistritöös ei saa autor kasutada 2020. või 2021. aasta liiklusega seonduvat statistikat ega andmeid.

Sarnaseid uuringuid ei ole Eestis seni läbi viidud ning seetõttu võib olla uuritav teema liiga uudne, mille kohta varasemalt ei ole juba läbi proovitud võrreldavat ja täpset uuringumetoodikat kasutatud. Sarnast uurimismeetodit kasutasid Berjoza ja Jurgena [38] juba aastal 2015 oma töös Baltiriikide kohta. Laadimisjaamade arv mistahes riigis muutub kiiresti ning uusi laadimispunkte ehitatakse igapäevaselt juurde. Sama piirang

kehtib ka elektriautode arvu ja osakaalu kohta sõidukite statistilises andmebaasis, kus elektrisõidukite arv riigi kõikide sõidukite arvuga võrreldes olulisel määral muutub - seda eriti peale Euroopa Liidu poolt püstitatud eesmärkide avalikustamist rohepaketis „Eesmärk 55“ [1]. Näiteks Norra teedel liikus 2022. aasta veebruarikuu seisuga üle 470 000 elektriauto [24], sama 2022. aasta lõpuseisuga oli aga täiselektrilisi sõidukeid juba 619 644 [40]. Seega ei pruugi antud uuringu tulemused olla kõige värskemad ega kirjelda hetkeolukorda kõige täpsemini, sest arvutuste sisendid on ajas kiiresti muutuvad.

Piiranguna saab käsitleda ka teadmatust elektrivõrkude võimsuste osas kui energeetilise pädevuse puudumist erinevates geograafilistes piirkondades üle Eesti. Töö autor uuris Tallinna Tehnikaülikooli inseneriteaduskonna vanemlektorilt ning energiamajanduse ja kõrgepingetehnika uurimisrühma liikmelt Reeli Kuhi-Thalfeldtilt eelnevalt tehtud töid, eelhinnanguid või uuringuid olemasolevale energiataristule Eestis, et veenduda uute elektriautode laadimispunktide loomisel konkreetses asukohas ka vabadele võimsustele elektrivõrgus. Thalfeldti sõnul ei ole hetkel vähemalt sellist uuringut Eestis tehtud, mis näitaks olemasolevas elektrivõrgus laadimispunktide loomise võimalusi ning pealegi peaks see väga mahukas aruanne olema, sest Eestis on üle 25 000 jaotusvõrgu alajaama. Sellest tulenevalt ei ole käesolev magistritöö seotud energeetilise poolega, mis puudutab võimalikke vabasid võimsusi uutes loodavates laadimisjaamades.

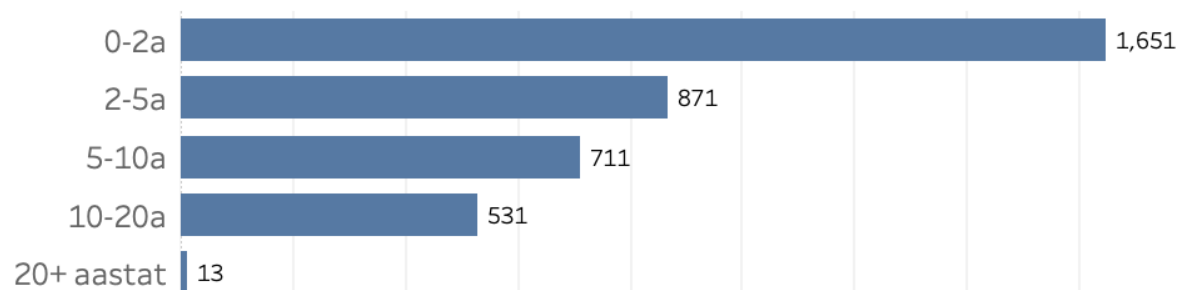
3. ANALÜÜS JA UURINGU JÄRELDUSED

Käesoleva töö empiirilise osa eesmärk on prognoosida elektriautode arvu Eestis aastaks 2035 ja leida vastavalt liiklussagedusele piirkonnad maanteedel täiendavate laadimisjaamade loomiseks, mille vajalikkus oleks põhjendatud elektriautode arvu kasvuga. Eesmärgi saavutamiseks on esmalt vajalik olemasoleva olukorra kirjeldamine ja laadimistaristut iseloomustavate suhtarvude leidmine. Analüüsi tulemusena on välja toodud uute täiendavate laadimisjaamade arv ja nende piirkonnad Eesti kaardil, kasutades 90 km raadiusega ringjooni maakonnakeskustest mõõdetuna ning sõidu- ja pakiautode liiklussagedust ringjoonte kattuvuskohtades Eestis aastal 2019. Analüüsiosa viimane alapeatükk hõlmab meetmeid elektriautode populariseerimiseks ja laadimistaristu arendamiseks riigi tasandil, tuginedes Eestis kehtestatud seadustele.

3.1 Elektromobiilsus Eestis aastal 2023

Analüüsi läbiviimise eelduseks on hetkeolukorra kirjeldamine, mis hõlmab elektriautode arvu Eestis. Seisuga 01.03.2023 oli Eestis kokku registreeritud täiselektrilisi sõidukeid 3762 (M1 kategooria sõiduaudod ja N1 kategooria väikekaubikud ehk pakiautod kokku) ning hübriidsõidukeid 30 045. Kõige rohkem aktiivset registrikannet omavaid elektrisõidukeid ehk 2610 autot (Joonis 2.1) olid registreeritud Harju maakonda. Järgnes Tartu maakond 408 ning Pärnu maakond 136 elektrisõidukiga. Kõige vähem ehk 23 elektrisõidukit olid liiklusregistris esindatud Hiiu maakonnas. [33]

Kirjeldades elektrisõidukite vanuselist jaotust (Joonis 3.1), siis kõige suurema osakaaluga liiklevad Eesti teedel kuni kahe aasta vanuselised elektrisõidukid ehk kokku 1651 sõidukit. Kahe kuni viie aasta vanuseid sõidukeid on 871, 5 kuni 10 aasta vanuseid 711, 10 kuni 20 aasta vanuseid 531 ning rohkem kui 20 aasta vanuseid elektrimootoriga sõidukeid on 13. [33]

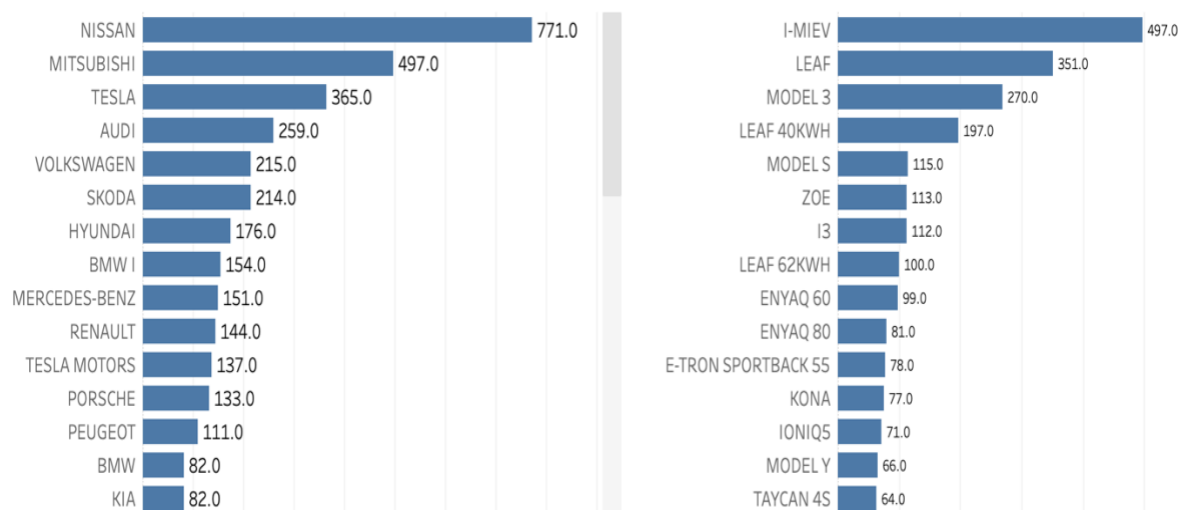


Joonis 3.1 Seisuga 01.03.2023 elektriautode vanuseline jaotus esmaregistreerimise järgi Eestis [33]

Elektriautomarkide võrdluses (Joonis 3.2) on esimesel kohal Nissan 771 sõidukiga, järgneb Mitsubishi 497 ning Tesla 365 sõidukiga. Automudelite võrdluses on kõige rohkem esindatud Mitsubishi i-MiEV mudelit (497 sõidukit), Nissani mudel Leaf on teisel kohal (351 sõidukit) ning juba oluliselt vähem liigub Eesti teedel Tesla Model 3 (270 sõidukit). [33]

Eestis teedel kõige enam ringi liikuva Mitsubishi i-MiEV-i reaalne keskmine sõiduulatus jääb 85 km juurde, maanteel temperatuuriga -10°C on sõiduulatus vaid 60 km. Nissan Leafil on keskmine sõiduulatus 235 km, külmema temperatuuri puhul maanteel aga oluliselt vähem ehk 165 km. Tesla Model 3 on paremate näitajatega – keskmine reaalne sõiduulatus 380 km, külmema temperatuuri korral 275 km. [69]

Mitsubishi i-MiEV-i mudeli laadimiseks kodus saab kasutada Tüüp 1 laadijat (Tabel 1.2) ning 85 km sõiduulatuse laadimiseks nullist kulub keskmiselt 4 tundi ja 45 minutit. Ühtlasi toetab i-MiEV ka CHAdeMO kiirlaadijat, mis suudab aku 20%-lt 80%-ni täis laadida 21 minutiga. Nissan Leaf toetab Tüüp 2 laadijat (laadimisaeg 235 km sõiduulatusele nullist ligikaudu 13 tundi) ja samuti CHAdeMO kiirlaadijat (laeb 10%-lt 80%-ni ligi 45 minutiga). Tesla Model 3 mudelit saab laadida nii tavalaadija Tüüp 2-ga (380 km sõiduulatuse laadimiseks nullist ligi 6 tundi) kui ka CCS kiirlaadijaga (laeb aku 10%-lt 80%-ni täis 25 minutiga). [69]



Joonis 3.2 Seisuga 01.03.2023 elektriautode markide ja mudelite jaotus Eestis [33]

Võttes arvesse eelnevalt töös välja toodud elektriautode arvu Eestis ja Norras, konkreetse riigi teede kogupikkuse ja laadimisjaamade arvu riigis (Tabel 3.1), saab leida keskmise kauguse kahe laadimisjaama vahel (SCP) valemiga (2.3). Eesti riigiteede pikkus seisuga 01.01.2023 on 16 969 km [70].

$$S_{CP_{EST}} = \frac{16\,969 \text{ km}}{299 \text{ CP}} = 56,75 \text{ km}$$

S_{CP} saab välja arvutada ka Norra andmeid kasutades. Norra riigiteede pikkus on 2014. aasta seisuga 94 057 km [71].

$$S_{CP_{NOR}} = \frac{94\,057 \text{ km}}{26\,178 \text{ CP}} = 3,59 \text{ km}$$

Tabel 3.1 Kasutatud lähteandmed laadimistaristu kirjeldamiseks

Näitaja	Eesti	Norra
Elektriautode arv N_{EV}	3762 (01.03.2023) [33]	619 644 (2022) [40]
Laadimisjaamade arv N_{CP} (2022)	299 [41]	26 178 [40]
Elanike arv P (2021) [46]	1 330 932	5 408 320
Riigiteede pikkus, km	16 969 (2023) [70]	94 057 (2014) [71]
S_{CP} ehk keskmine kaugus kahe laadimisjaama vahel, km	56,75	3,59
S_{EV} ehk keskmine kilomeetraž ühe laadimiskorra kohta, km	171,5	

Vajaliku laadimisjaamade arvu ühe elektriauto või elaniku kohta saab leida, lähtudes vastavalt elektriautode või elanike arvust. Kasutades lähteandmetena Eestis registreeritud elektriautode ja laadimisjaamade arvu (Tabel 3.1), saab arvutada hetkeolukorra suhtarvu I_{EV} nende näitajate vahel käesoleval aastal 2023. Selleks saab kasutada valemit (2.1) [38].

$$I_{EV_{EST}} = \frac{3762}{299} = 13 \text{ EV/CP}$$

Algandmeid (Tabel 3.1) kasutades saab suhtarvu välja arvutada ka Norra näitel.

$$I_{EV_{NOR}} = \frac{619\,644}{26\,178} = 24 \text{ EV/CP}$$

Arvutustest selgub, et Eestis on 2023. aastal keskmiselt 13 elektriautot ning Norras 24 elektriautot ühe laadimisjaama kohta. Mida väiksem on suhtarv I_{EV} , seda parem on elektriautode laadimistaristu [38]. Eestis tervikuna on laadimisjaamasid ühe elektriauto kohta ligikaudu kaks korda rohkem kui Norras ning laadimistaristu on optimaalsem, arvestades ELi direktiivi (2014/94/EU) [31].

Samas saab leida kirjeldava suhtarvu I_I Eesti elanike arvu ja riigis olevate laadimisjaamade arvu vahel 2023. aastal. Selleks saab kasutada valemit (2.2) [38].

$$I_{I_{EST}} = \frac{1\,330\,932}{299} = 4451 \text{ P/CP}$$

Suhtarv I_I Norra näitel on samuti leitav.

$$I_{I_{NOR}} = \frac{5\,408\,320}{26\,178} = 206 \text{ P/CP}$$

Arvutustest tuleneb, et Norras on olukord oluliselt parem ning elanikke riigis ühe laadimisjaama kohta on ligikaudu 20 korda vähem kui Eestis. Teisalt on nõudlus ühele laadimisjaamale Eestis suurem, mis võib tarbijale tähendada pikemat ooteaega laadimisjärjekorras.

Eelpool välja toodud andmetega (Tabel 3.1) saab arvutada suhtarvu I_L valemiga (2.3), mis iseloomustab laadimisjaamade arvu keskmise kilometraaži kohta peale laadimiskorda [38] ($S_{EV} = 171,5$ km pikkusel teelõigul).

$$I_{L_{EST}} = \frac{171,5 \text{ km}}{56,75 \text{ km}} = 3 \text{ CP}$$

Norra riigi hetkeolukorda kirjeldab samuti vastav suhtarv I_L .

$$I_{L_{NOR}} = \frac{171,5 \text{ km}}{3,59 \text{ km}} = 48 \text{ CP}$$

Arvutustest tuleneb, et nii Eesti kui ka Norra riigi laadimistaristut kirjeldava suhtarvu väärtus on suurem kui 1. See tähendab seda, et keskmiselt asub 171,5 km pikkusel teelõigul Eestis 3 ning Norras 48 laadimisjaama, pidades silmas keskmist kaasaegsete elektriautode kilometraaži ühe laadimiskorra kohta [39] ja laadimistsükli põhimõtet, kus aku laetuse tase on 20% kuni 80% vahel [14].

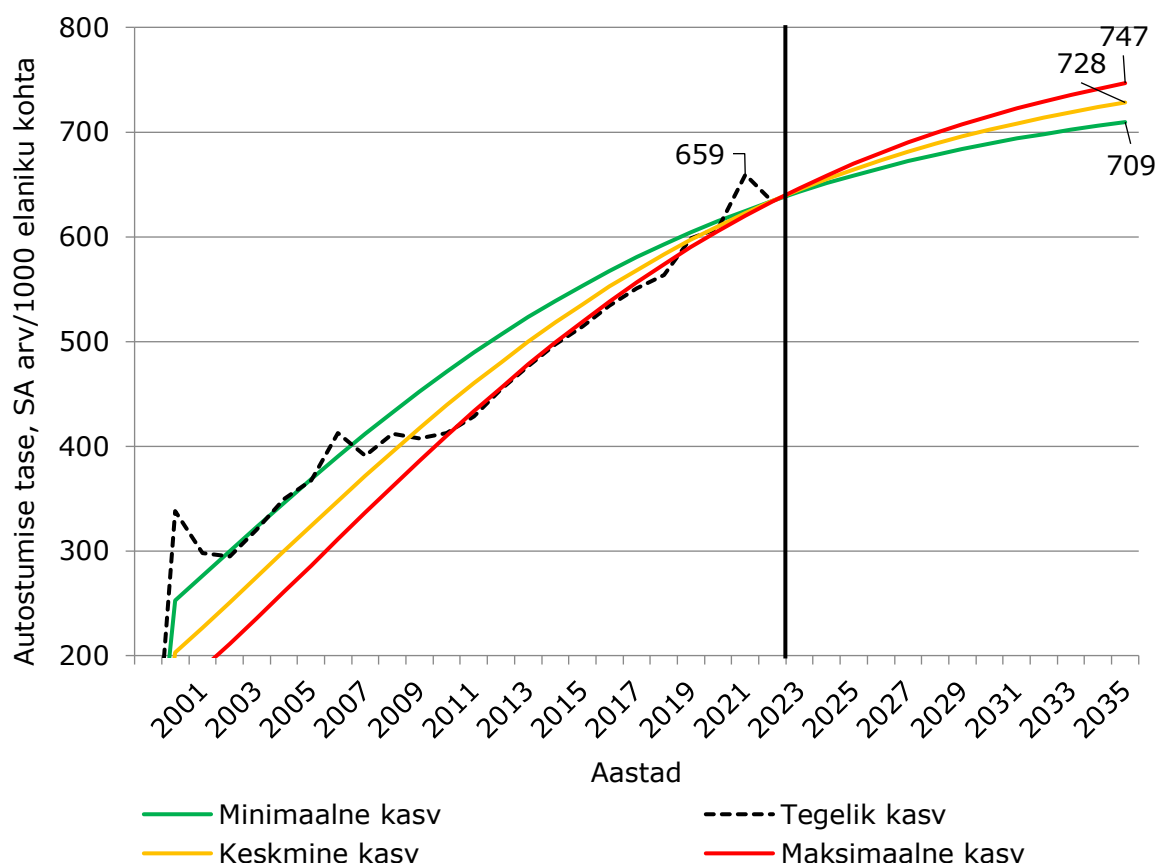
3.2 Eesti sõidukipargi prognoos

Sõidu- ja elektriautode arvu prognoosimisel aastani 2035 kasutab autor autostumise taset, mille väärtused on seotud nii autode arvu kui ka Eesti rahvaarvuga. Antud alapeatükist leiab vastuse esimesele püstitatud uurimisküsimusele.

3.2.1 Sõiduautode arvu prognoos aastani 2035

Statistikaameti koostatud rahvastikuprognosi [44] abil saab prognoosida sõidu- ja pakiautode arvu ning autostumise taset aastani 2035. Võttes arvesse, et 2020. aasta lõpu seisuga oli autostumise tase Eestis 608 sõiduautot 1000 elaniku kohta, saab prognoosida Gompertzi mudeli [43] abil autostumise taset aastani 2035 minimaalse, keskmise ja maksimaalse kasvu stsenaariumi järgi (Joonis 3.3). Keskmise kasvu prognoosi korral on autostumise tase 2035. aastal 728 SA/1000 elaniku kohta.

Autor eeldab, et autostumise tase peatub küllastumistaseme juures ning lähiaastatel toimub SPM autode väljavahetamine elektriautode vastu. Minimaalse autostumise kasvu prognoosi arvutamisel on kasutatud küllastumistaset 750 sõiduautot 1000 elaniku kohta, keskmise kasvu korral on küllastumistasemeks 780 sõiduautot ning maksimaalse kasvu korral on see 810. Küllastumistaseme on hinnanguline, kuid Euroopa Liidus pole 2021. aasta seisuga ühtegi riiki, kus autostumise tase oleks üle 800 sõiduauto 1000 elaniku kohta. [72]

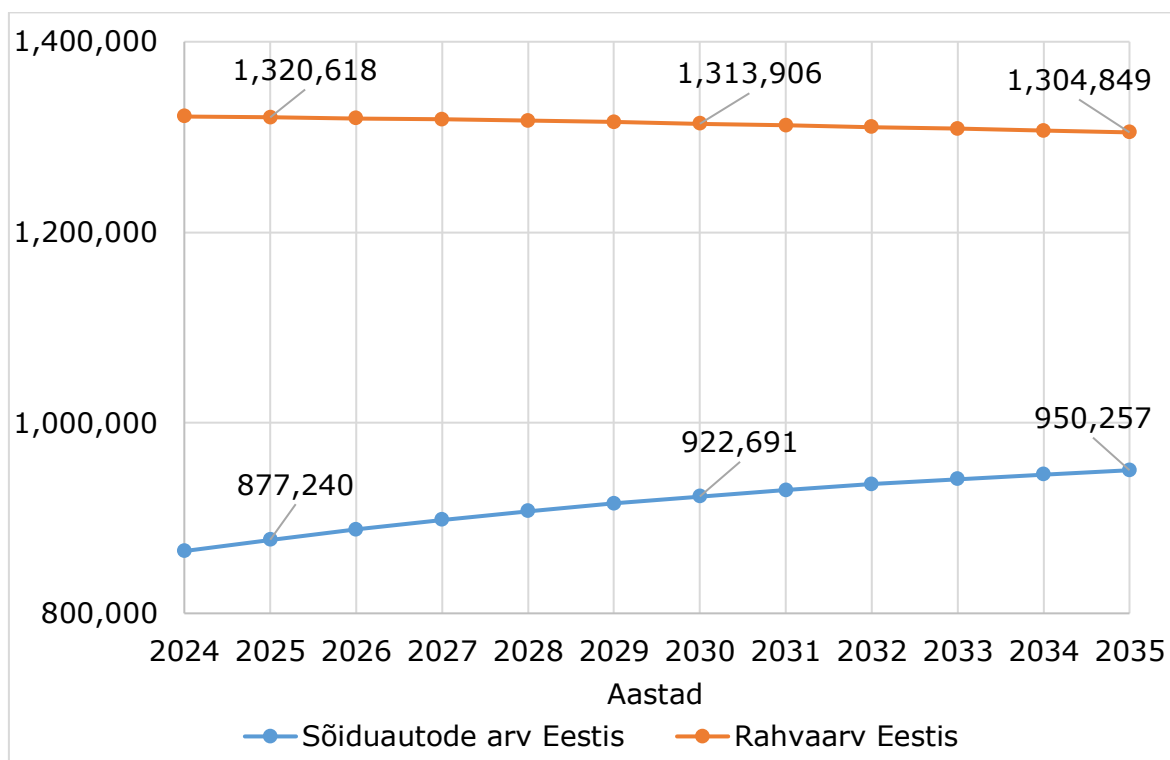


Joonis 3.3 Autostumise taseme prognoos eelnevate aastate baasil Eestis 2023–2035

Statistikaamet prognoosib põhistsenaariumina (Joonis 3.4), et aastaks 2030 on Eestis rahvaarv 1 313 906. Selle stsenaariumi järgi on rahvaarv 2035. aastaks langenud

1 304 849 peale. Positiivsem stsenaarium, kus on arvesse võetud kõrgemat sündimust ja rändesaldot, näeb ette, et rahvaarv on vastavalt nendel aastatel 1 334 413 ja 1 336 863. Negatiivsema stsenaariumi järgi, mis arvestab madalamat sündimust, suremust ning tasakaalus rändesaldot, on 2030. aastal 1 274 104 ja 2035. aastal 1 238 491 elanikku. [44]

Eelpool välja toodud autostumise taseme ja Statistikaameti poolt rahvaarvu põhistsenaariumi prognoosi põhjal saab välja arvutada sõiduautode arvu kuni aastani 2035 (Joonis 3.4). Autostumise keskmise kasvu ja Statistikaameti koostatud rahvaarvu põhistsenaariumi prognoosi [44] järgi on aastal 2035 Eestis kokku 950 257 sõiduautot.



Joonis 3.4 Sõiduautode arvu keskmise kasvu ja Statistikaameti põhistsenaariumi rahvaarvu prognoos [44] Eestis aastani 2035

3.2.2 Elektriautode arvu prognoos aastani 2035

Elektriautode arvu saab prognoosida erinevate arengustsenaariumite põhjal kuni aastani 2035. Prognoosi põhjal saab määratleda, kas olemasolev laadimistaristu on piisav tulevase nõudluse rahuldamiseks või kui palju oleks vaja luua uusi laadimisjaamasid, arvestades kasvanud elektriautode arvu. Selleks kasutab autor varem tehtud prognoose Eesti kohta. Lisaks olemasolevatele prognoosidele loob autor andmete põhjal ise kolm arengustsenaariumit elektriautode kasvuks aastani 2035.

Eesti Arenguseire Keskuse andmetel (2021) on Eestis 2030. aastaks ligikaudu 85 000 elektriautot. Aastaks 2040 moodustab elektriautode osakaal juba üle poole kogu autopargist. [73] Energiaettevõtted, kes tegid ühise uuringu (2022) elektrinõudluse stsenaariumite kohta Eestis kuni aastani 2050, prognoosivad aastaks 2030 elektriautode ja -kaubikute arvu jõudmist 82 273-ni. Aastal 2040 on nende prognoosi järgi Eestis 253 048 elektriautot. [74]

Elektriautode arvu kasvu on prognoosinud varasemalt ka Põhjamaade Ministrite Nõukogu, kui 2018. aastal avaldatud prognoosi kohaselt ulatub elektriautode osakaal aastal 2030 nii Eestis kui ka teistes Balti riikides 10%-ni kogu autopargist [75]. Lähtudes ELi eesmärgist olla aastaks 2050 täielikult kliimaneutraalne [1], siis antud prognoosimudeli kohaselt on selleks ajaks 70% Eesti teedel liikuvatest sõidukitest täiselektriautod [75].

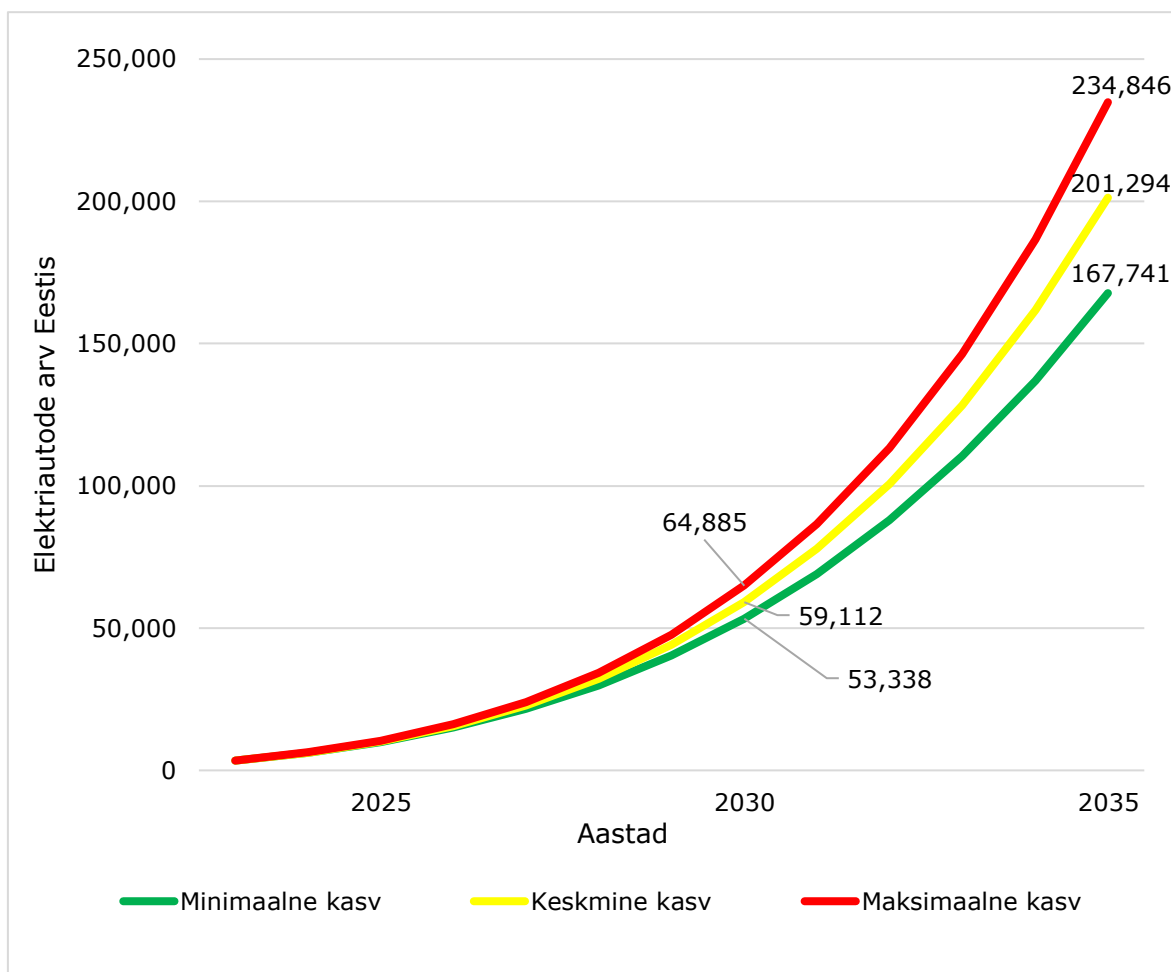
Kuku raadiole intervjuu andnud Eesti Autoinseneride Liidu juhatuse liikme Henri Vennikase sõnul [76] võtab kogu Eesti registreeritud aktiivse autopargi täielik elektrifitseerimine aega ligi 30 aastat, jagades lihtsustatult aktiivse kogu sõidukipargi 730 000 sõidukit Eestis müüdava 25 000 uue sõidukiga aastas. „Eesmärk 55“ [1] lõppeesmärgi saavutamiseks tuleb aga sellega aastakümneid varem tegeleda. Vennikas on veendunud, et nii elektriakude kui ka elektriautode hind hakkab langema tehnoloogia arenedes ja peale ELis määruse vastuvõtmist. [76]

Autori prognoosi koostamisel on lähtutud Transpordiameti sõiduautode esmaregistreerimiste statistikast perioodil 1900 (või varem) kuni 2022 [33]. 2022. aasta seisuga oli Eestis registreeritud kokku sõiduautosid 845 788, nendest 3432 olid elektriautod. 2022. aasta lõpu seisuga moodustasid elektriautod sõiduautodest 0,41%. Keskmise sõiduauto vanus oli 12,5 aastat. Viimase kümne aasta jooksul ehk perioodil 2013–2022 oli aastas keskmiselt 48 312 sõiduauto esmaregistreerimist. Näiteks 2019. aastal oli esmaregistreerimiste hulk kõige suurem – ligi 53 000 uut sõiduautot. [33]

Autor kasutab enda prognoosis kolme erinevat arengustsenaariumit: minimaalse, keskmise ja maksimaalse kasvu prognoos (Lisa 5). Prognoositav periood on 2024–2035, kui aastast 2035 hakkab kehtima Euroopa Liidus uute SPM sõidukite müügikeeld [1]. Autor arvestab prognoosi koostamisel sihtarvuga, et aastaks 2035 ei moodusta elektriautod 100% esmaregistreerimistest. Sellest lähtuvalt on prognoosimudeli koostamisel lähtutud elektriautode osakaalust keskmisest esmaregistreerimiste arvust aastatel 2013–2022. Minimaalse kasvu prognoos eeldab, et aastal 2035 vähemalt kaks kolmandikku esmaregistreerimistest moodustavad elektriautod. Maksimaalse kasvu

arengustsenaarium näeb ette, et 2035. aasta jooksul on kõik toimunud esmregistreerimised elektriautodele. Autor kasutab laadimistaristu analüüsimiseks edaspidi keskmise kasvu prognoosi ehk kõige tõenäolisemat stsenaariumit, et leida vajalik laadimisjaamade arv aastaks 2035. Lisanduv elektriautode arv iga-aastaselt (Lisa 6) on leitud vastava aasta elektriautode esmregistreerimiste osakaalu (Lisa 5) korrutamisel keskmiselt Eestis tehtava esmregistreerimiste arvuga (48 312 sõiduauto esmregistreerimist aastas).

Keskmise ehk kõige tõenäolisema elektriautode arvu kasvu prognoosi kohaselt on 2030. aastaks Eestis kokku 59 112 elektriautot (Joonis 3.5). Viis aastat hiljem ehk aastal 2035 on Eestis 201 294 elektriautot. Minimaalse kasvu korral on aastal 2030 elektriautosid 53 338, 2035. aastal 167 741. Optimistlikuma stsenaariumi ehk maksimaalse kasvu korral on vastavalt 64 885 ja 234 846 elektriautot. Näiteks Keskkonnauuringute Keskus (2023) prognoosib aastaks 2035 Eesti teedale 162 000 elektriautot [77]. Autor kasutab laadimistaristu analüüsimiseks edaspidi keskmise kasvu prognoosi, et leida vajalik laadimisjaamade arv aastaks 2035.



Joonis 3.5 Elektriautode arvu prognoos Eestis aastani 2035

Tabel 3.2 Sõidu- ja elektriautode arvu keskmise kasvu prognoos aastani 2035

Aasta	Sõidu- ja pakiautode arv liiklusregistris	Autostumine, SAPA/1000 elaniku kohta	Elektriautode arv	Elektriautode osakaal sõidu- ja pakiautodest, %
2022	845 788 [33]	634	3432 [33]	0,4
2025	877 240	664	10 172	1,2
2030	922 691	702	59 112	6,4
2035	950 257	728	201 294	21,2

Eelnevast sõidukipargi prognoosist selgub, et aastaks 2035 on sõiduautode arv Eestis 950 257, millest 201 294 on täiselektriautod (Tabel 3.2). Seega on elektriautode osakaal kogu sõiduautopargist 21,2%. Käesoleva alapeatükiga on ühtlasi vastus leitud esimesele uurimisküsimusele magistritöös.

3.3 Vajalik laadimisjaamade arv Eestis aastaks 2035

Laadimistaristu vajalikku suurust Eestis aastaks 2035 saab leida alapeatükis 3.1 Norra riigi näitel arvutatud suhtarvude baasil, et rahuldada kasvavat vajadust ja tagada tulevikus vajalik elektriautolaadijate arv. Norra riik saab hetkel hakkama 619 644 elektrilaadijaga, mis tähendab, et käesoleval 2023. aastal on Norras vastavalt valemile (2.1) $I_{EV_{NOR}} = 24$ elektriautot ühe laadija kohta ning vastavalt valemile (2.2) $I_{I_{NOR}} = 206$ inimest laadimisjaama kohta. Statistikaameti põhistsenaarium näeb ette, et aastal 2035 elab Eestis 1 304 849 inimest [44]. Kasutades valemit (2.2), saab leida inimeste arvu Eestis ühe laadimisjaama kohta I_I aastal 2035, arvestades, et Norras on käesoleval 2023. aastal $I_{I_{NOR}} = 206$ inimest laadimisjaama kohta.

$$I_{I_{EST}} = \frac{1\,304\,849}{206} = 6334 \text{ CP}$$

Arvutusest selgub, et üle Eesti peab olema aastal 2035 kokku vähemalt 6334 laadimisjaama. Suhtena inimeste arvule tähendab see Eestis 2022. aastaga võrreldes $6334 - 299 = 6035$ laadimisjaama lisandumist.

Teise meetodina saab vajaliku laadimistaristu suuruse N_{CP} aastal 2035 välja arvutada elektriautode arvu põhjal. 2035. aastaks on elektriautode arv Eestis $N_{EV} = 201\,294$ (Tabel 3.2). Norras on käesoleval 2023. aastal $I_{EV_{NOR}} = 24$ elektriautot ühe laadija kohta (valem 2.1).

$$N_{CP_{EST}} = \frac{201\,294}{24} = 8387 \text{ CP}$$

Selgub, et aastaks 2035 üles ehitatav elektriautode laadimistaristu peab sisaldama kokku ligi 8400 laadimisjaama üle Eesti, et rahuldada 201 294 elektriauto laadimisvajadus, kui lähtuda Norra elektriautopargist ja laadimisjaamade arvust. Suhtena elektriautode arvule peab ligikaudu kümne aastaga Eestis olemasolevale laadimistaristule juurde ehitama minimaalselt $8387 - 299 = 8088$ laadimisjaama.

Arvestades, et Norras on 2023. aastal vastvalt valemile (2.3) keskmiselt laadimisjaam iga $S_{CP_{NOR}} = 3,59$ km järel, siis saab leida riigiteede pikkust (Tabel 3.1) ja laadimisjaamade arvu $N_{CP} = 8387$ arvestades keskmise kauguse kahe laadimisjaama vahel $S_{CP_{EST}}$ aastal 2035. Autor arvestab arvutuses riigiteede pikkust, mis jääb seejuures konstantseks.

$$S_{CP_{EST}} = \frac{16\,969 \text{ km}}{8387} = 2,02 \text{ km}$$

Viimane suhtarv kinnitab, et laadimistaristu ülesehitus paraneks oluliselt, kui laadimisjaamasid oleks selleks ajaks üle Eesti 8387. Sel juhul on keskmiselt kahe laadimisjaama kaugus 2,02 km – käesoleval 2023. aastal on keskmine kaugus kahe laadimisjaama vahel aga kordades suurem ehk 56,75 km (Tabel 3.3).

Tabel 3.3 Vajalikku laadimistaristut kirjeldavad näitajad aastaks 2035 võrdluses 2023. aastaga Eestis

Näitaja	Aastal 2023	Aastal 2035
Elektriautode arv	3762 [33]	201 294
Laadimisjaamade arv N_{CP}	299 [41]	8387
Keskmine kaugus kahe laadimisjaama vahel S_{CP} , km	56,75	2,02

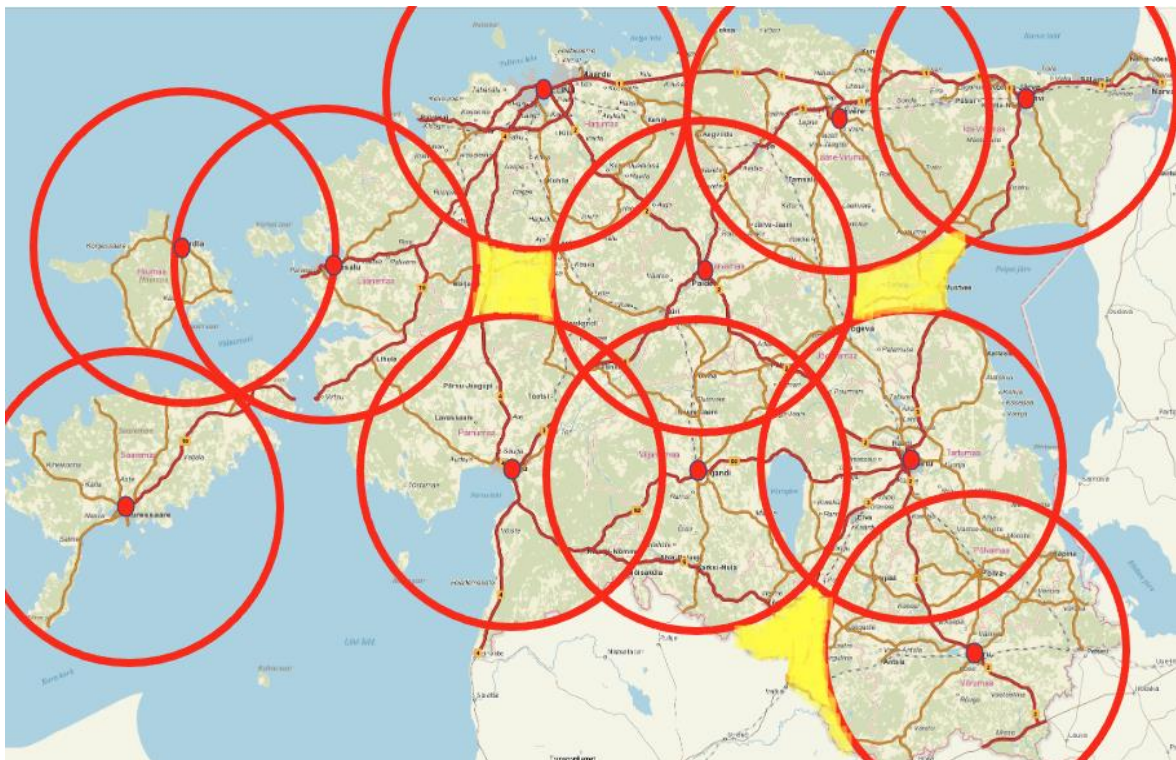
3.4 Vajalik laadimistaristu aastaks 2035

Võttes arvesse sõiduautode kogu läbisõitu Eestis aastal 2019, mis oli 10 703,1 miljonit km [61], ja kõrvutades selle kehtivat registrikannet omavate sõiduautode koguarvuga (621 804 sõiduautot) [64], siis keskmiselt sõitis Eesti kõikidel teedel kokku üks sõiduauto ühes ööpäevas aastal 2019 ligi 10 703,1 miljonit : $621\,804 : 365 = 47,2$ km (Tabel 3.4). 50 km raadiustega punased ringjooned on joonestatud Eesti kaardile (Joonis 3.6) mõõdetuna suurematest linnadest ja nende keskustest. 50 km raadiuste ringjoonte sees olevad piirkonnad ei eelda eraldi laadimistaristu olemasolu mujal kui kodus. Kokku koostas autor punased ringjooned mõõdetuna 11st Eesti maakonna

keskusest, kus on ka suurem rahvastikutihedus (Joonis 2.4): Tallinn, Tartu, Jõhvi, Pärnu, Viljandi, Rakvere, Kuressaare, Võru, Haapsalu, Paide ning Kärdla. Antud ringjoonte sees sõitu alustavate ja sõitu lõpetavate elektriauto kasutajatele pole peale kodus või töökohas olevate laadijate täiendavaid laadimispunkte vaja luua. Ühtlasi on teada, et SAPA sõidukid moodustasid aastal 2019 alloleval joonisel ringjoonte sisse jäävates linnades toimuvast autopargi läbisõidust 93% [61]. Jooniselt on näha, et 50 km raadiusega ringjooned ei kata vaid kolme piirkonda Eesti kaardil (kollasega tähistatud alad): Tõrasoo looduskaitseala Märjamaa külje all, Mustvee ega ka Valga linna ümbrust (Joonis 3.6).

Tabel 3.4 Sõiduautode statistika ja läbisõit ühes ööpäevas (2019)

Näitaja	Väärtus
Kehtiva registrikandega sõiduautode arv [64]	621 804
Summaarne sõiduautode läbisõit, milj. km [61]	10 703,1
Läbisõit ühe sõiduauto kohta, km/aastas	17 213
Läbisõit ühe sõiduauto kohta, km/päevas	47,2

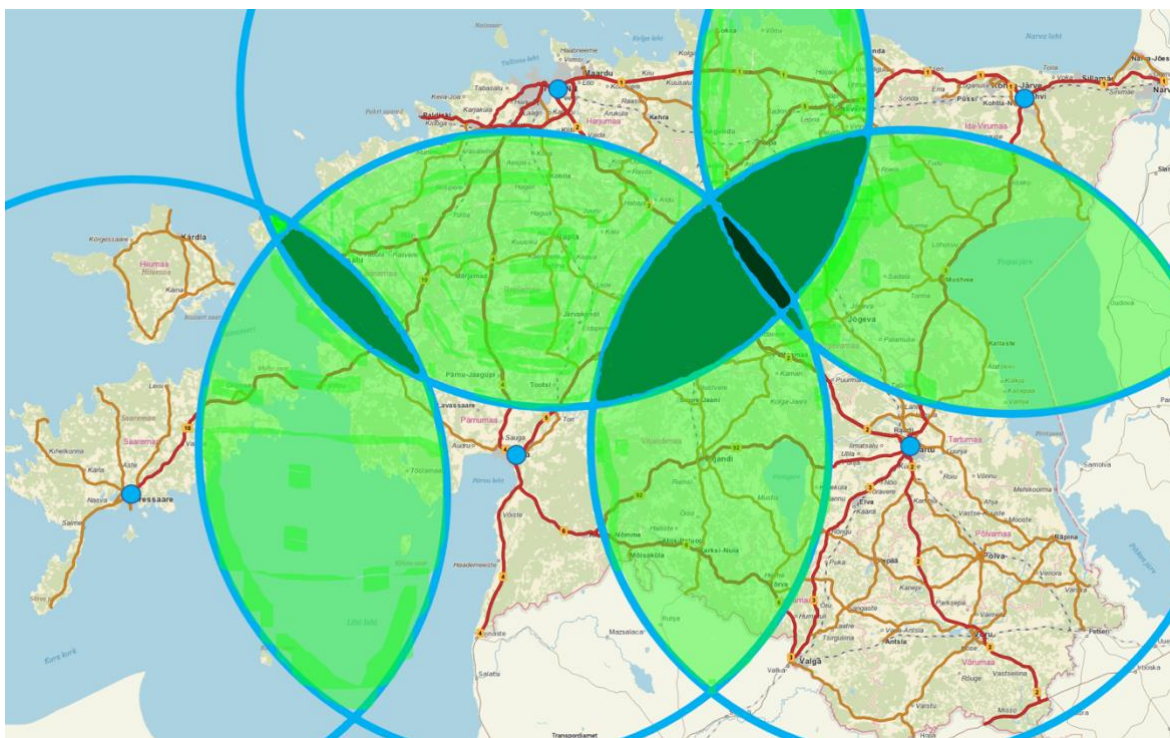


Joonis 3.6 50 km raadiusega ringjooned mõõdetuna 11st Eesti maakonna keskusest, kasutatud Maa-ameti aluskaarti [78]

3.4.1 Laadimisjaamade asukohtade määramine

Ülejäänud 7% SAPA läbisõidust [61] toimub kaugemal kui 50 km linnadest. Antud osakaal elektriautosid vajavad laadimist põhi-, kõrval- või tugimaanteedel ning selle jaoks saab koostada järgnevalt 90 km raadiusega siniste ringjoonte kaardi (Joonis 3.7), kus on ringjoone alguspunkt mõõdetud Tallinna, Tartu, Pärnu, Kuressaare ja Jõhvi keskpunktist. Ringjoonte raadiuseks on valitud 90 km, arvestades kaasaegsete elektriautode keskmist kilometraaži seisuga 21.03.2023 ehk 343 km [39] ning laadimistsükli põhimõtet, kus aku laetuse tase on 20% kuni 80% vahel [14]. Autor eeldab, et elektriauto aku ei ole sõidu alustamisel täis laetud – sarnaselt Norrale [16] mõjutab sõiduulatust Eestis valitsev akudele ebasoodne parasvöötme põhjaosa külm aastane kliima [49]. Eelpool välja toodud andmete põhjal saab arvutada elektriauto reaalse keskmise sõiduulatuse, mille järgi on määratud ringjoonte raadius 90 km (Joonis 3.7):

$$\frac{343 \times 0,5}{2} = 86 \text{ km}$$



Joonis 3.7 90 km raadiusega ringjooned mõõdetuna Tallinnast, Tartust, Pärnust, Jõhvist ja Kuressaarest, kasutatud Maa-ameti aluskaarti [78]

Sõidu- ja pakiautode liiklussageduse andmete põhjal saab määratleda laadimisjaamade arvu erinevatel põhimaanteedel. 90 km ringjoonte kattuvuskohtadesse Eesti kaardil (Joonis 3.7) on vaja juurde täiendavaid laadimisjaamasid. Ringjoonte kattuvuskohad on kaardil tähistatud helerohelise (kattuvus kahe ringjoonega), rohelise (kattuvus kolme

ringjoonega) ja tumerohelise värviga (kattuvus nelja ringjoonega). Geomeetrilise analüüsi tulemusena saab järeldada, et Mäo ja Lihula piirkonnas on laadimisnõudlus tagatud.

Arvestades, et Eesti linnades on laadimistaristu juba olemas ja mida ka järk-järgult arendatakse, siis näiteks liikudes Pärnust Tartu suunal või vastupidi, saab elektriautot laadida Viljandi linnas – vahepealset laadimist pole vaja teha. Samuti saab ühe laadimiskorraga liikuda nii Tartust Võru ja Valga suunas kui ka Viljandist Valga suunas. Viljandist Võru suunas liikudes on vaja tõenäoliselt teha vahelaadimine Otepääl või Sangastes.

Järgnevate alapunktide arvutustes on välja toodud vajalik maksimaalne laadimisjaamade arv igas piirkonnas, mille arvutamiseks on kasutatud allolevat valemit (3.1). Keskmise ööpäevase SAPA liiklussageduse põhjal erinevatel maanteedel on välja arvutatud tipptunni liiklussagedused. Laadimisvajaduse suudab täita tipptunni nõudlus. Autor arvestab, et tipptunni summaarne liiklussagedus moodustab $F = 10\%$ ööpäevasest liiklussagedusest, elektriautod moodustavad keskmise kasvu prognoosi alusel $EV = 21,2\%$ (Tabel 3.2) kogu sõiduautopargist aastal 2035 ning DC kiirlaadija laeb aku 80%-ni täis keskmiselt 40 minutiga ehk $H = 0,67$ tunniga (Tabel 1.2):

$$N_{CP} = SAPA \times EV \times F \times H \quad (3.1)$$

kus

$SAPA$ – keskmine ööpäevane sõidu- ja pakiautode liiklussagedus;

EV – elektriautode osakaal kogu sõiduautopargist aastal 2035, %;

F – tipptunni liiklussageduse osakaal ööpäevasest liiklussagedusest, %;

H – kiirlaadija laadimisaeg, h.

3.4.2 Mäo piirkond

Tallinnast, Tartust, Pärnust ja Jõhvist mõõdetud nelja 90 km raadiusega ringjoonte kattuvuskoht tekib Eesti keskele Järva maakonda Mäo piirkonda (Joonis 3.7). Antud piirkonnas ristuvad muuhulgas Tallinn–Tartu–Võru–Luhamaa ning Pärnu–Rakvere–Sõmeru maantee. Tallinn–Tartu–Võru–Luhamaa maanteel Mäos oli 2019. aastal SAPA liiklussagedus 7864, Pärnu–Rakvere–Sõmeru maanteel Mäos 5711 – seega kokku SAPA

13 575 (Lisa 7). Vastavalt valemile (3.1) saab liiklussageduse põhjal välja arvutada maksimaalse vajaliku laadimisjaamade arvu Mäo piirkonnas $N_{CP_{MÄO}}$, mis kataks mõlemal maanteel liikuvate elektriautode laadimisvajaduse aastal 2035:

$$N_{CP_{MÄO}} = 13\,575 \times 0,212 \times 0,1 \times 0,67 = 193 \text{ CP}$$

3.4.3 Lihula piirkond

Lihula piirkonda (Joonis 3.7) tekib Tallinnast, Pärnust ja Kuressaarest mõõdetud kolme ringjoone kattuvuskoht. Lihula on muuhulgas oluliseks transiitlinnaks liikudes Tallinnast Virtsu sadamasse Saaremaa parvlaevale ja vastupidi. Ühtlasi läbivad Lihulat Hiiumaalt Rohuküla sadamast tulijad, kes sõidavad Pärnusse. Pärnu–Lihula maanteel Lihulas oli SAPA liiklussagedus 2019. aastal 954, Risti–Virtsu–Kuivastu–Kuressaare maanteel Lihulas 2666 autot – kokku SAPA 3620 (Lisa 7). Vastavalt valemile (3.1), saab summaarse liiklussageduse põhjal välja arvutada maksimaalse vajaliku laadimisjaamade arvu Lihula piirkonnas $N_{CP_{LIHULA}}$, mis kataks mõlemal maanteel sõitvate elektriautode laadimisvajaduse aastal 2035:

$$N_{CP_{LIHULA}} = 3620 \times 0,212 \times 0,1 \times 0,67 = 51 \text{ CP}$$

3.4.4 Märjamaa ja Risti piirkond

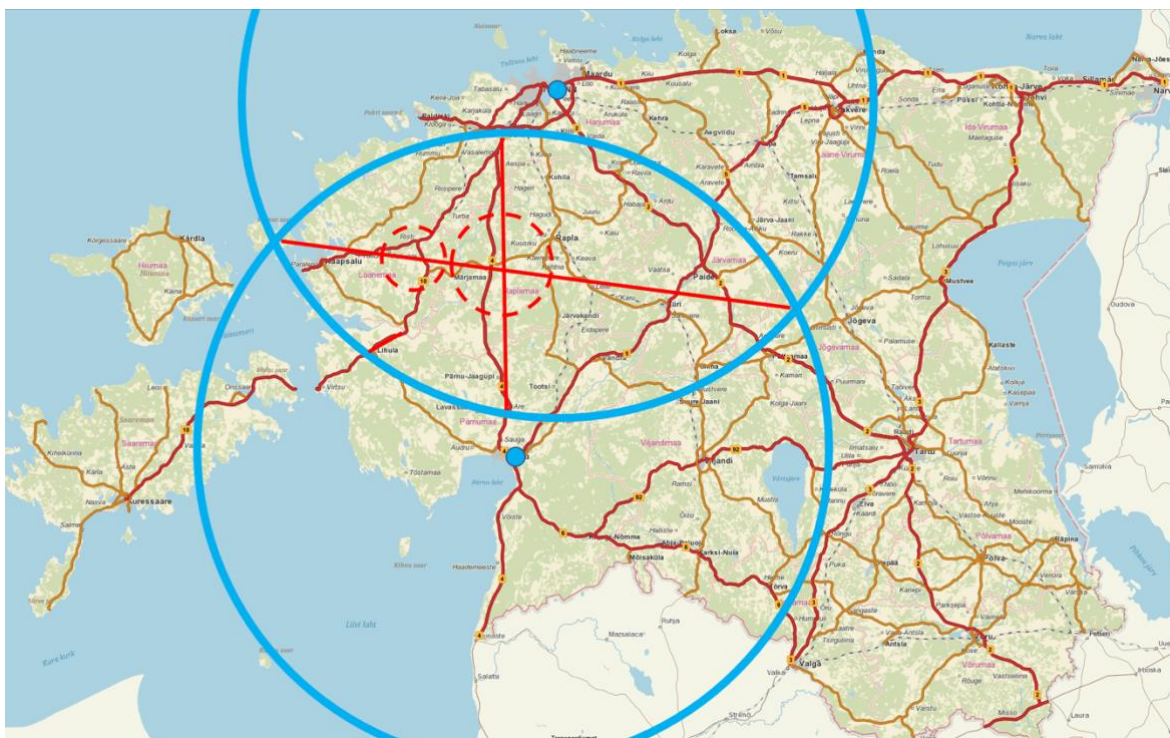
Tallinnast Pärnusse 90 km raadiusega ringjoon ei ulatu, kuna nende linnade vaheline vahemaa mööda Tallinn–Pärnu–Ikla põhimaanteed on ligikaudu 127 km. Tulenevalt Tallinnast ja Pärnust mõõdetud ringjoontest on sirgete lõikepunkt Märjamaa piirkonnas (Joonis 3.8). Seega sõites Tallinnast Pärnusse või Pärnust Tallinnasse on liiklejal tõenäoliselt elektriautot laadida just Märjamaa lähedal. Võttes arvesse Märjamaa külje all Vaimõisa loenduspunktis (Lisa 7) registreeritud liiklussagedust aastal 2019, kui SAPA oli 6701, ning Märjamaa–Koluvere maanteel Märjamaal oli SAPA 2861 – kokku 9562 autot. Vastavalt valemile (3.1) saab arvutada maksimaalse vajaliku laadimisjaamade arvu Märjamaa piirkonnas $N_{CP_{MÄRJAMAA}}$, mis kataks ära elektriautode laadimisvajaduse aastal 2035:

$$N_{CP_{MÄRJAMAA}} = 9562 \times 0,212 \times 0,1 \times 0,67 = 136 \text{ CP}$$

Samuti on mõistlik kaaluda täiendavate laadijate rajamist Lääne maakonda Risti piirkonda, mis kataks laadimisvajaduse Hiiumaa parvlaevalt tulijatele, kes liiguvad Rohuküla sadamast Tallinnasse ja Paidesse või vastupidi (Joonis 3.8). Ääsmäe–Haapsalu–Rohuküla maanteel Risti loenduspunktis oli SAPA liiklussagedus 2019. aastal

4541, Risti–Virtsu–Kuivastu–Kuressaare maanteel Ristis 2487 autot – kokku SAPA 7028 (Lisa 7). Antud liiklussageduste ja valemi (3.1) põhjal saab välja arvutada maksimaalse vajaliku laadimisjaamade arvu Risti piirkonnas $N_{CP_{RISTI}}$, mis kataks elektriautode laadimisvajaduse aastal 2035:

$$N_{CP_{RISTI}} = 7028 \times 0,212 \times 0,1 \times 0,67 = 100 \text{ CP}$$

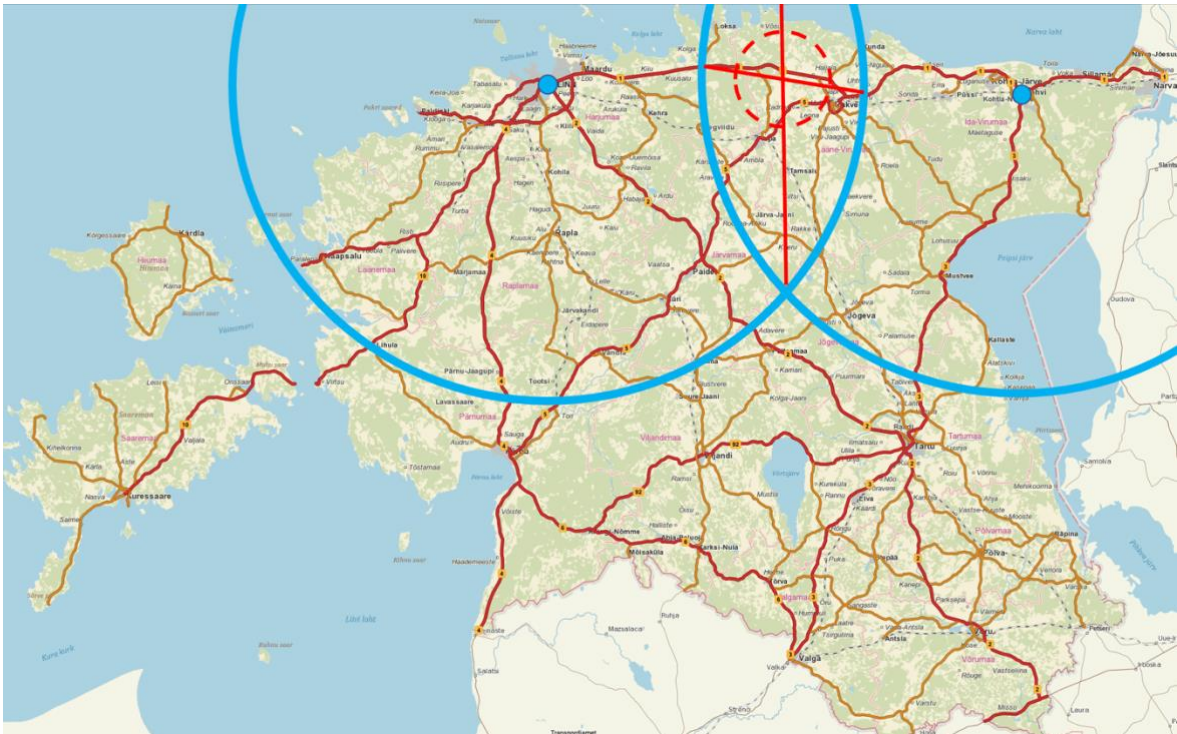


Joonis 3.8 Vajalikud laadimisjaamade piirkonnad Märjamaal ja Ristis, kasutatud Maa-ameti aluskaarti [78]

3.4.5 Viitna piirkond

Järgmisena on vaadeldud Tallinn–Narva maanteed, kus 90 km raadiusega ringjooned on mõõdetud Tallinna ja Jõhvi linnast. Ringjoonte kattuvuskoha keskpunktiks on Viitna piirkond, mis asub kaardil (Joonis 3.9) sirgete lõikumispunktis. SAPA keskmine ööpäevane liiklussagedus Tallinn–Narva maanteel Viitnas oli 2019 aastal 5707 (Lisa 7). Kasutades valemit (3.1), saab välja arvutada maksimaalse vajaliku laadimisjaamade arvu Viitna piirkonnas $N_{CP_{VIITNA}}$, mis kataks ära põhimaanteel sõitvate elektriautode laadimisvajaduse ka aastal 2035:

$$N_{CP_{VIITNA}} = 5707 \times 0,212 \times 0,1 \times 0,67 = 81 \text{ CP}$$

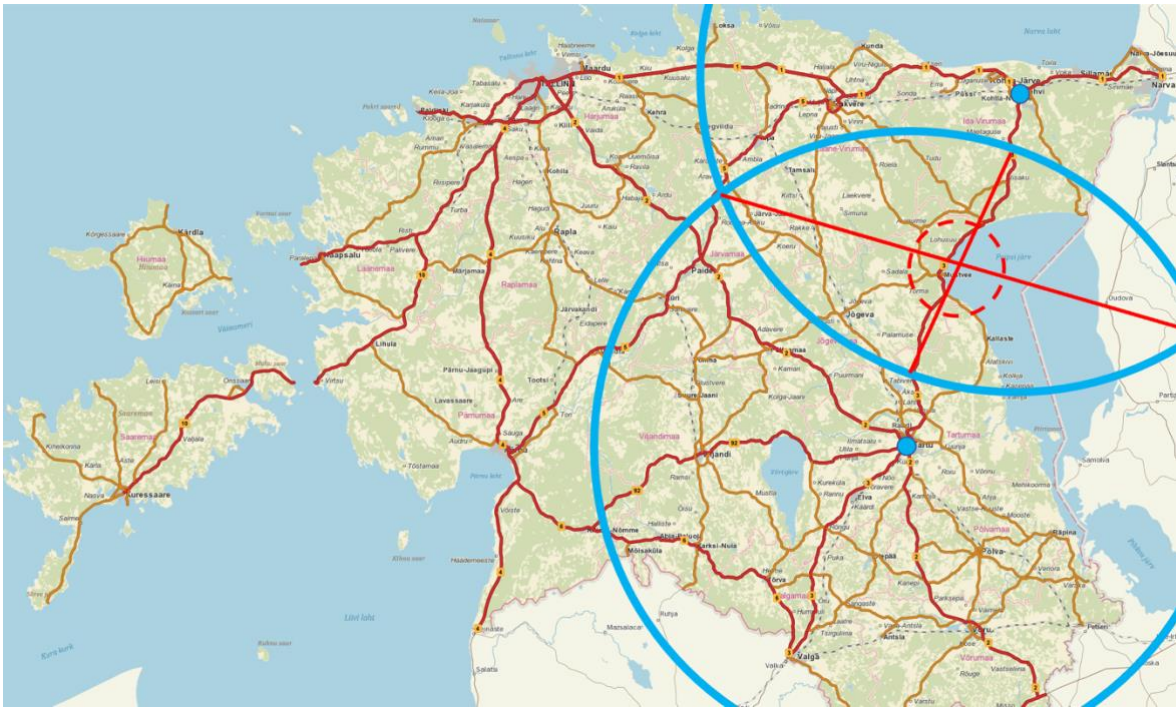


Joonis 3.9 Vajalik laadimisjaamade piirkond Viitnas, kasutatud Maa-ameti aluskaarti [78]

3.4.6 Mustvee piirkond

Liiklejal Tartust Jõhvi või Narva suunas on vaja vähemalt ühte vahelaadimist. Jõhvist ja Tartust 90 km raadiusega mõõdetud ringjoonte kattuvuskoha keskpunkt asub Mustvee piirkonnas (Joonis 3.10). Linnasid ühendaval Jõhvi–Tartu–Valga maanteel Mustvees oli SAPA ööpäevane liiklussagedus 2019. aastal 2343, Jõgeva–Mustvee maanteel 1475 autot – kokku SAPA 3818 (Lisa 7). Antud andmete põhjal ning valemit (3.1) kasutades saab arvutada maksimaalse vajaliku laadimisjaamade arvu Mustvee piirkonnas $N_{CP_{MUSTVEE}}$ aastal 2035:

$$N_{CP_{MUSTVEE}} = 3818 \times 0,212 \times 0,1 \times 0,67 = 54 \text{ CP}$$



Joonis 3.10 Vajalik laadimisjaamade piirkond Mustvees, kasutatud Maa-ameti aluskaarti [78]

Tabel 3.5 Olemasoleva laadimistaristu võrdlus aastal 2035 vajaliku laadimistaristuga Eestis

Laadimisjaamade piirkond	Olemasolev laadimisjaamade arv 2023. aastal [42]	Vajalik laadimisjaamade arv 2035. aastaks	
		Maksimaalne	Minimaalne
Mäo	5	193 \pm_{-29}^{+34}	39 \pm_{-6}^{+7}
Märjamaa	2	136 \pm_{-21}^{+24}	27 \pm_{-4}^{+5}
Risti	1	100 \pm_{-15}^{+18}	20 \pm_{-3}^{+4}
Viitna	1	81 \pm_{-12}^{+15}	16 \pm_{-2}^{+3}
Mustvee	1	54 \pm_{-8}^{+10}	11 \pm_{-2}^{+2}
Lihula	1	51 \pm_{-7}^{+10}	10 \pm_{-1}^{+2}
KOKKU	11	615 \pm_{-92}^{+111}	123 \pm_{-18}^{+22}

Arvutustest selgub, et aastaks 2035 on vaja eelpool mainitud piirkondades juurde rajada kokku maksimaalselt $615 - 11 = 604$ laadimisjaama (Tabel 3.5), arvestades elektriautode arvu keskmist kasvu (201 294 elektriautot aastaks 2035), elektriautode hetke sõiduulatuse võimekust ja laadijate tehnoloogiat laadimiskiiruse näol. Maksimaalne väärtus on vajalik elektrivõimsuse planeerimiseks ja tagamiseks kõige kriitilisemate asjaolude kokkulangemisel. Seejuures on arvestatud, et sõiduautosid on selleks ajaks kokku 950 257. Kõige suurema laadimisvajadusega piirkond on Mäo, kus ristuvad Tallinn–Tartu–Võru–Luhamaa ja Pärnu–Rakvere–Sõmeru maantee – kokku Mäo piirkonda 193 laadijat. Elektriautode maksimaalse kasvu korral (234 846

elektriautot aastaks 2035) (Joonis 3.5) aga 34 laadijat rohkem, minimaalse kasvu korral (167 741 elektriautot) 29 laadijat vähem. Märjamaale on vaja juurde keskmise kasvu korral maksimaalselt 136, Risti piirkonda 100, Viitna piirkonda 81, Mustvee piirkonda 54 ning Lihula piirkonda 51 laadijat.

Lisaks on välja toodud minimaalne laadimisjaamade arv igas piirkonnas 2035. aastaks (Tabel 3.5), et rahuldada 201 294 elektriauto laadimisvajadus, lähtudes Pareto printsiibist. Sellisel juhul on kindlasti vaja tagada elektrivõimsus vähemalt 123 laadimisjaamale. Minimaalselt peab olema 2035. aastaks Mäo piirkonnas 39 ning Märjamaa piirkonnas 27 laadimisjaama.

3.5 Meetmed laadimistaristu arendamiseks Eestis

Käesoleva uuringu põhjal saab teha parendusettepanekuid laadimistaristu arendamise osas Eestis. Ettepanekud hõlmavad uute laadimisjaamade lisamist alateenindusega piirkondadesse, arvestades elektriautode arvu kasvu aastaks 2035, ning olemasolevate laadimisjaamade varustamist kiirlaadijatega.

Lähtuvalt sellest, mida Norra ja teisedki elektromobiilsuses esirinnas olevad riigid on teinud, peavad kohalikud omavalitsused toetama eelkõige elektriauto laadimist kodus. Norras Ptolemuse poolt läbi viidud uuring tõi välja peamised parendusettepanekud [24]:

- laadimispunktide kasutuselevõtuks kortermajades on vaja rahalist toetust, väljakutseks on laadimise võimaldamine korterielanikele tipptundidel;
- kohalikel omavalitsustel tuleb võimaldada spetsiaalsed avalikke parkimis- ja laadimiskohtasid, kui kodus või korterelamu lähedal pole laadimine võimalik;
- põhivõrguettevõtja peab investeerima just elektrivõrgu suuremasse võimsusesse ja nutika võrgu tehnoloogia arendamisse elektrivõrgu äärealadel.

Euroopa Keskkonnaameti 2021. aasta aruanne [79] toob samuti välja meetmed, mida kõik Euroopa riigid peavad elektriautode kasutuselevõtu kiirendamiseks tegema. Tähtis roll on elektriautode soetamise rahaline toetamine riigi poolt. Lisaks stimuleerivad tarbijat tasuta parkimine, bussiradadel liiklemise õigus ja teemaksuvabastused elektriauto kasutajatele. Norras 2017. aastal läbi viidud uuringus [80] selgus, et maailma kõige enim arenenud elektrisõidukite turul Norras hindavad tarbijad kõige rohkem just maksusoodustusi elektriauto ostmisel ja soodustusi hiljem sõiduki kasutamisel. Ainuüksi mugav laadimistaristu ei suuda veenda inimesi elektriauto

soetamise kasuks, kuid sellegipoolest on vajadus kiirlaadimisvõrgu järele olemas. Uuringust selgus, et tarbijate arvates on üks elektriautode arvu kasvu Norras tinginud asjaoludest see, et aina rohkem tööandjaid pakuvad kiirlaadimist ka päevasel ajal tööl või kontoril olles. [80]

Tuginedes 2020. aastal jõustunud Eesti ehitusseadustikule RT I, 30.06.2020, 9 [81], siis alates 10. märtsist 2021 on kohustuslik rajada uutesse hoonetesse ja kortermajadesse laadimistaristu. Sealjuures eristatakse elamut ja mitteilamut, mille teenindamiseks on ette nähtud rohkem kui kümme parkimiskohta – elamu puhul (st hooned, mis on mõeldud elamiseks ehk ühiselamud ja korterelamud) peab olema tagatud juhtmetaristu igale parkimiskohale ning mitteilamut puhul (st äri- ja tööstushooned) peab olema paigaldatud nii üks laadimispunkt kui ka juhtmetaristu igale viiendale parkimiskohale. Seadus sätestab, et rohkem kui 20 parkimiskohaga ehitatud mitteilamul peab olema tagatud vähemalt ühele parkimiskohale ka üks laadimispunkt. Kõik olemasolevad või ehitatavad elamud ja mitteilamud peavad olema varustatud laadimispunktiga hiljemalt 2025. aasta 1. jaanuariks. [81]

Korterelamute puhul võib tekkida olukord, kus vajadus elektriauto laadimisele on mingil konkreetsel ajahetkel suurem ja seda eelkõige tipptundidel peale tööpäeva, kui korterelamud jõuavad koju. Eleringi ja teiste energiaettevõtete elektritarbimise stsenaariumite uuring [74] Eestis leidis, et varasemate uuringute ja elektri kasutusstatistika järgi on siiski ebatõenäoline, et kõik elektriautod laevad samal ajal. Jõuti järeldusele, et elektrisõidukite kasvust hoolimata ja autode laadimisel võimalikel tipptundidel, ei ole elektrisüsteemil probleemi kasvanud elektri tarbimisega. [74]

Eesti Keskkonnainvesteeringute Keskus pakub alates 27.02.2023 koostöös Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumiga ostutoetust elektriautodele, mis on ostetud 06.02.2023 või hiljem. 4000 euro suurust toetust pakutakse M1 ja N1 kategooria nullheitega täiselektrilistele sõidukitele, sealhulgas vesiniku kütuselemendiga sõidukitele. Lisaks on võimalik taotleda toetust 50% ulatuses ostuhinnast kastjalgrattale. Toetuseid rahastab ELi heitmekaubanduse kauplemissüsteem. [82]

Elektriautode kasutuselevõtt on olnud Eestis tagasihoidlik ning inimeste hoiakud elektriautode suhtes on erinevad. 2021. aastal läbi viidud Citadele panga elektriautode ostuhuvi uuring [83] näitas, et kolmandik eestlastest plaanib soetada endale elektriauto lähima kümne aasta jooksul. 13% uuringus osalenud vastajatest oli veendunud, et elektriauto ost jääb kaugemasse tulevikku, vahetult enne arengukavas „Eesmärk 55“ [1] püstitatud eesmärki. [83]

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli määrata laadimistaristu suurima vajadusega piirkonnad Eesti maanteedel, lähtudes olemasolevatest laadimisjaamadest ning tõenäolisest elektriautode arvu kasvust. Laadimistaristu ei tohi seejuures piirata laadimisvajadust ning laadimisjaamad peavad maanteedel paiknema piirkondades, kus vajadus elektriautode laadimisele on kõrge liiklussageduse näol olemas. Uurimisprobleem seisnes selles, et 2023. aastal ei ole teada piirkonnad Eesti maanteedel, kuhu on vaja täiendavaid elektriautode laadimisjaamasid. Töö teema oli välja pakutud Transpordiameti poolt.

Elektriautode arv kasvab kogu maailmas ning algab olemasoleva autopargi väljavahetamine, kui fossiilkütustel sõiduaudod asendatakse alternatiivkütustel sõitvate sõidukitega. Täiselektriliste sõidukite peamine keskkonnasõbralik omadus on süsinikdioksiidi heitkoguste puudumine, mis aitab kaasa puhtama õhukvaliteedi saavutamisel linnakeskkonnas. Peamine puudus elektriautode kasutamisel võrreldes sise põlemismootoriga sõidukitega on nende lühem sõiduulatus, mida mõjutab oluliselt ka Eestis valitsev kliima, mis vähendab läbisõitu kuni 20%. Elektriautode lühike sõiduulatus loob aga veelgi olulisema vajaduse optimaalsele laadimisvõrgule, mis arvestaks tarbija liiklemisharjumustega ka pikemate vahemaade vahel.

Elektriautode kasutuselevõttu kiirendab Euroopa Liidu otsus kehtestada alates 2035. aastast uute sise põlemismootoriga autode keeld [1]. Sellest lähtuvalt analüüsiti töös olemasolevat elektriautode laadimistaristut Eestis ning tulemusena leiti, et hetkel maanteedele üles ehitatud avalikud laadimispunktid ei kata laadimisvajadust aastal 2035. Elektromobiilsuse olukorda Eestis võrreldi töös Norraga, kus on loodud terviklik laadimisvõrk üle kogu riigi ning elektriautode osakaal esmarestreerimistest moodustas 2022. aastal 79,3% [22].

Käesoleva töö raames püstitati kaks uurimisküsimust:

- 1) Kui palju on Eestis elektriautosid aastal 2035?
- 2) Millistes piirkondades on Eestis laadimisjaamadele kõige suurem vajadus ja kui palju on vaja rajada uusi laadimisjaamasid aastaks 2035?

Uurimisküsimustele vastuste leidmiseks koostas autor sõidu- ja elektriautode arvu prognoosi Eestis aastani 2035, kasutades minimaalse, keskmise ja maksimaalse kasvu stsenaariumit. Töös võrreldi autori enda tehtud prognoose teiste autorite poolt tehtud

elektriautode arvu prognoosidega ning selgus, et stsenaariumid toetavad üksteist ja on antud töö suhtes relevantssed.

Autor koostas sõidukipargi prognoosi Transpordiameti andmete põhjal [33] ning kasutas Gompertzi mudelit [43], et leida keskmise kasvu stsenaariumit kasutades elektriautode arv aastal 2035. Arvutused näitasid, et aastaks 2035 on Eestis kokku elektriautosid 201 294, moodustades 21,2% kõikidest sõiduautodest. Minimaalse kasvu korral on elektriautosid 2035. aastaks 167 741 ning maksimaalse kasvu korral 234 846.

Vajaliku laadimisjaamade arvu leidis autor analoogi Norra suhtarvude põhjal, mis kirjeldavad elektriautode arvu ühe laadimisjaama kohta. Võttes arvesse tõenäolist elektriautode arvu Eestis aastal 2035, siis 201 294 elektriautot vajavad minimaalselt 8387 laadimisjaama olemasolu üle Eesti kokku nii linnades kui maanteedel.

Teisele uurimisküsimusele vastuse leidmiseks uuris autor maanteedel toimuvat liiklussagedust aastal 2019 [45]. Autor jättis taristu analüüsist välja linnade piirkonnad, tuginedes keskmisele läbisõidule ühes päevas, kodulaadijate kui ka linnas juba olemasolevate avalike laadimisjaamade olemasolule. Teede Tehnokeskuse [45] liiklusloenduse andmete põhjal leidis autor sõidu- ja pakiautode keskmise ööpäevase liiklussageduse kohtades, kus maakonna keskustest mõõdetud 90 km raadiusega ringjooned kattusid. Kattuvuskohad tekkisid põhi- ja tugimaanteedele. Laadimisvajadusega piirkonnad on vajalik katta täiendavate laadijatega, et elektriautodega liiklemine oleks võimalik ka pikemate vahemaade puhul.

Analüüsist saab järeldada, et keskmise elektriautode arvu kasvu korral peab olema Mäo piirkonnas Tallinn–Tartu–Võru–Luhamaa ja Pärnu–Rakvere–Sõmeru maanteedel ristumiskohas 2035. aastaks kokku maksimaalselt 193 laadimisjaama. Märjamaa piirkonnas Tallinn–Pärnu–Ikla maanteel peab olema tagatud vähemalt 136 ja Risti piirkonnas Läänemaal 100 laadimisjaama olemasolu. Tallinn–Narva maanteel Viitna piirkonnas peab olema vähemalt 81 laadijat. Mustvee ja Lihula piirkonnas peab olema vastavalt 54 ja 51 laadimisjaama, et katta laadimisvajadus maanteedel liikuvatele elektriautodele. Maksimaalne väärtus on vajalik elektrivõimsuse planeerimiseks ja tagamiseks kõige kriitilisemate asjaolude kokkulangemisel.

Minimaalselt peab olema aastal 2035 analüüsitud piirkondades kokku 123 laadimisjaama. Kõige suurem laadimisvajadus on samuti Mäo ja Märjamaa piirkonnas – vastavalt 39 ja 27 laadimisjaama. Minimaalne väärtus kirjeldab laadimisjaamade arvu, millele peab kindlasti olema tagatud piisav elektrivõimsus aastaks 2035 igas piirkonnas.

Autor ei käsitlenud ega puudutanud käesolevas magistritöös energeetikat, mis hõlmab võimalikke vabasid võimsuseid eelpool välja toodud piirkondades, kuhu oleks vaja täiendavaid laadimisjaamasid luua. Tulevikus peab päevakorda tulema elektrienergia uurimine vastavalt laadimisjaamade arvule konkreetses piirkonnas maanteedel.

SUMMARY

The aim of this Master's thesis was to determine the areas with the highest need for charging infrastructure on Estonian highways, based on the existing charging stations and the likely increase in the number of electric cars. The charging stations must be located on highways in areas where there is a need for charging electric cars in the form of high traffic frequency. The research problem was that in 2023 there are no known areas on Estonian roads where additional charging stations for electric cars are needed. The topic of the Master's thesis was proposed by The Estonian Transport Administration.

The number of electric cars is increasing all over the world and the replacement of the existing car fleet will begin when fossil fuel cars are replaced by vehicles running on alternative fuels. The main environmentally friendly feature of fully electric vehicles is the absence of carbon dioxide emissions which contributes to cleaner air quality in urban environments. The main disadvantage of using electric cars compared to vehicles with an internal combustion engine is their shorter driving range. The driving range is also affected by the climate which reduces mileage by up to 20% in Estonia. However, the short driving range of electric cars creates an even more important need for an optimal charging network when travelling longer distances.

The European Union will impose a sales ban on new cars with internal combustion engines from 2035 [1]. As a result of analyzing the existing charging infrastructure for electric cars in Estonia it was found that the public charging points currently being built on highways will not cover the charging needs in 2035. The work compared the situation of electromobility in Estonia with Norway where a comprehensive charging network has been created across the country.

Two questions were posed in this research paper:

- 1) How many electric cars will there be in Estonia in 2035?
- 2) In which regions in Estonia is the highest need for charging stations and how many new charging stations need to be built by 2035?

To find answers to the research questions, the author prepared a forecast of the number of passenger and electric cars until the year 2035 using the minimum, medium and maximum growth scenarios. The author prepared a forecast of the vehicle fleet based on the data of the The Estonian Transport Administration [33] and used the Gompertz model [43] to find the number of electric cars in 2035. The calculations showed that by 2035 there will be 201,294 electric cars in Estonia, making up 21.2% of all passenger

cars. At minimum growth there will be 167,741 electric cars by 2035 and at maximum growth 234,846 cars. The author found the required number of charging stations based on the ratios of the analog country Norway which describe the number of electric cars per charging station. Considering the likely number of electric cars in Estonia in 2035, 201,294 electric cars require a minimum of 8,387 charging stations across Estonia, both in cities and on highways.

To find an answer to the second research question, the author studied the traffic frequency on highways in 2019 [45]. The author excluded urban areas from the infrastructure analysis, based on the average mileage per day, the presence of home chargers as well as public charging stations already existing in the city. Based on the Technical Center of Estonian Roads [45], the author found the average daily traffic frequency of cars in places where the 90 km radius circles measured from the county centers overlapped. Overlaps occurred on the main and secondary roads.

It can be concluded that if the average number of electric cars increases, there must be a maximum of 193 charging stations in the Mäo region at the intersection of the Tallinn–Tartu–Võru–Luhamaa and Pärnu–Rakvere–Sõmeru highways by 2035. In the Märjamaa region on the Tallinn–Pärnu–Ikla highway must be 136 charging stations. 100 charging stations must be ensured in the Rist region. There must be at least 81 chargers on the Tallinn-Narva highway in the Viitna region. There must be 54 and 51 charging stations in the Mustvee and Lihula regions to cover the charging needs of electric cars moving on roads. The maximum value is necessary for planning and guaranteeing electrical capacity in the event of the most critical circumstances.

At minimum there must be a total of 123 charging stations in the analyzed regions. The highest need for charging is also in Mäo and Märjamaa regions - 39 and 27 charging stations respectively. The minimum value describes the number of charging stations that must be guaranteed sufficient electrical capacity in each area. It is necessary to cover these areas with additional chargers so that driving electric cars is also possible over longer distances.

In this Master's thesis, the author did not discuss energy which includes possible free capacities in the areas mentioned above. In the future, the study of electricity according to the number of charging stations in a specific area on the roads must be on the agenda.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] European Council. (2023). *Fit for 55*. [Online] <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/> (28.02.2023)
- [2] Fayziyev, P. R., Ikromov, I. A., Abduraximov, A. A., Dehqonov, Q. M. (2022). Timeline: History of the Electric Car, Trends and the Future Developments. *Eurasian Research Bulletin*, 6, 89–94.
- [3] Euroopa Keskkonnaamet. (2022). *New registrations of electric vehicles in Europe*. [Online] <https://www.eea.europa.eu/ims/new-registrations-of-electric-vehicles> (28.02.2023)
- [4] Das, H. S., Tan, C. W., Yatim, A. H. M. (2017). Fuel cell hybrid electric vehicles: A review on power conditioning units and topologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 268–291. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.056>
- [5] Energy Saving Trust. (10.08.2021). A brief history of the electric car. Blog Post. [Online] <https://energysavingtrust.org.uk/a-brief-history-of-the-electric-car/> (27.02.2023)
- [6] Omonov, F. A., Dehqonov, Q. M. (2022). Electric Cars as the Cars of the Future. *Eurasian Journal of Engineering and Technology*, 4, 128–133. DOI: [10.1088/1742-6596/1015/5/052029](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1015/5/052029)
- [7] Euroopa Keskkonnaamet. (2016). *Electric vehicles in Europe*. Publications Office. DOI: <https://data.europa.eu/doi/10.2800/100230>
- [8] Auväärt, P. (värskendatud 11.10.2021). *Elektriamiga sõidukid: projekti nr. 2014–2020.1.03.19-0226*. Pärnumaa Kutsehariduskeskus: Elektriauto õppematerjali moodul. [Online] <https://sites.google.com/hariduskeskus.ee/elektriauto/avaleht?authuser=0> (12.02.2023)

- [9] Thompson, S. T., James, B. D., Huya-Kouadio, J. M., Houchins, C., *et al.* (2018). Direct hydrogen fuel cell electric vehicle cost analysis: System and high-volume manufacturing description, validation and outlook. *Journal of Power Sources*, 399, 304–313. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2018.07.100>
- [10] Viidalepp, T. (2018) Elektromobiilsuse areng eestis [Bakalaureusetöö, Eesti Maaülikool]. Digitaalarhiiv EMU DSpace. [Online] https://dspace.emu.ee/bitstream/handle/10492/4341/Toivo_Viidalepp_2018BA_EK_täistekst.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [11] European Environmental Economic Accounts. (2020). *Guidance note – Reporting of electric and more resource-efficient transport equipment in EPEA and EGSS accounts*. Technical Note. [Online] <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/1798247/12177560/Guidance+note+on+electric+transport+equipment+-+technical+note.pdf/2ddec6dc-8ca9-1736-0f36-18ed2233af0b?t=1609859296315> (12.02.2023)
- [12] EVUp. (07.03.2021). *Why is DC charging faster than AC?*. [Online] <https://www.evup.com.au/about-evup/ev-news/why-is-dc-charging-faster-than-ac> (27.02.2023)
- [13] U.S. Department of Transportation. (2022). *Electric Vehicle Charging Speeds*. [Online] <https://www.transportation.gov/rural/ev/toolkit/ev-basics/charging-speeds> (14.03.2023)
- [14] Molley, C. (24.02.2023). *Understanding EV Battery Life*. Sustainable Energy Authority of Ireland. [Online] <https://www.seai.ie/blog/understanding-ev-battery/> (06.04.2023)
- [15] Norges Automobil-Forbund. (12.03.2020). *20 popular EVs tested in Norwegian winter conditions*. [Online] <https://www.naf.no/elbil/aktuelt/elbiltest/ev-winter-range-test-2020/> (06.04.2023)
- [16] Rajper, S. (16.03.2023). *How fleet managers can overcome EV range and battery issues in extreme weather conditions?*. Ptolemus Consulting Group. [Online] <https://www.ptolemus.com/insight/how-fleet-managers-can-overcome-ev-range-and-battery-issues-in-extreme-weather-conditions/> (06.04.2023)

- [17] Netherlands Enterprise Agency. (2019). *Electric vehicle charging: definitions and explanation*. [Online] https://nklnederland.nl/wp-content/uploads/2021/12/Electric_Vehicle_Charging_-_Definitions_and_Explanation_-_january_2019.pdf (06.04.2023)
- [18] McKerracher, C., O'Donovan, A., Albanese, N., Soulopoulos, N., et al. (2020). *Electric Vehicle Outlook (EVO)*. BloombergNEF (BNEF): London, UK.
- [19] Dik, A., Omer, S., Boukhanouf, R. (2022). Electric Vehicles: V2G for Rapid, Safe, and Green EV Penetration. *Energies*, 15 (3), 803. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15030803>
- [20] Hirst, D., Winnet, J., Hinson, S. (2021). *Electric Vehicles and Infrastructure*. House of Commons Library. London, UK. 5–10.
- [21] Euroopa Liidu Nõukogu aruanne. (15.02.2023). *Elektromobiilsuse edendamise ehituspoliitika kaudu*. Brüssel. [Online] <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-6491-2023-INIT/et/pdf>
- [22] Klesty, V. (03.01.2023). *Tesla in pole position in Norway's race to EV goal*. Reuters. [Online] <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/hitting-record-electric-cars-sales-norway-near-80-2022-2023-01-02/> (04.03.2023)
- [23] AFP/BNS. (02.01.2023). *Elektrisõidukid moodustasid Norras uutest autodest 80 protsenti*. Postimees. [Online] <https://majandus.postimees.ee/7682780/elektrisoidukid-moodustasid-norras-uutest-autodest-80-protsenti> (04.03.2023)
- [24] Ptolemus Consulting Group. (2022). *Fleet electrification global study*. Free abstract: The reference report on the migration towards battery electric vehicles.
- [25] Ptolemus Consulting Group. (2022) *Norway Vehicle Electrification Study*. Free abstract: A case study on how to succeed in electric.

- [26] Holteng, P., Riele, D. (2019). *E-Mobility in Norway*. Opportunity Report By The Embassy of the Kingdom of the Netherlands in Norway. [Online]
<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/04/E-Mobility%20in%20Norway%20-%20NL%20embassy%20Oslo.pdf>
- [27] Statista. (2023). *Number of public charging stations for electric vehicles in Norway from 2011 to 2021, by type*. [Online]
<https://www.statista.com/statistics/696548/number-of-electric-car-charging-stations-in-norway-by-type/> (07.03.2023)
- [28] Euroopa Liidu Nõukogu dokument. (2022). *Institutsioonidevaheline dokument: 2021/0420 (COD)*. Brüssel. [Online]
<https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-15664-2022-INIT/et/pdf>
- [29] Szumska, E., M. (2023). *Electric Vehicle Charging Infrastructure along Highways in the EU*. *Energies*, 16, 895. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16020895>
- [30] Euroopa Parlament. (28.03.2023). *Fit for 55: deal on charging and fuelling stations for alternative fuels*. Pressiteade. [Online]
<https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20230327IPR78504/fit-for-55-deal-on-charging-and-fuelling-stations-for-alternative-fuels> (17.05.2023)
- [31] Euroopa Parlamendi ja nõukogu 22.10.2014 direktiiv 2014/94/EU alternatiivkütuste taristu kasutuselevõtu kohta
- [32] Riigi Teataja. (2017). *Alternatiivkütuste taristu kasutuselevõtule esitatavad ohutusnõuded*. Majandus- ja taristuminister: määrus RT I, 10.02.2017, 6. [Online] <https://www.riigiteataja.ee/akt/110022017006>
- [33] Transpordiamet. (2023). *Sõidukite statistika*. [Online]
<https://www.transpordiamet.ee/soidukite-statistika> (15.03.2023)
- [34] Raig, T. (02.03.2023). *Võidujooks on alanud. Elektriautode laadimisvõrk ehitatakse ühe aastaga ligi kaks korda suuremaks*. Delfi Ärileht. [Online]
<https://arileht.delfi.ee/artikkel/120150896/voidujooks-on-alanud-elektriautode-laadimisvork-ehitatakse-uhe-aastaga-ligi-kaks-korda-suuremaks> (08.03.2023)

- [35] Enefit Volt. (2023) *Enefit VOLT on Eesti suurim elektriautode laadimisvõrk*. [Online] <https://account.enefitvolt.com/findCharger?59.2112745,25.8360113,8z> (08.03.2023)
- [36] KredEx. (s.a.). *Eesti elektromobiilsuse programm ELMO*. [Online] <https://www.kredex.ee/en/node/1987> (24.03.2023)
- [37] Ernits, E. (2020). *Liiklusaasta 2020*. Ettekanne. Transpordiamet.
- [38] Berjoza, D., Jurgena, I. (2015). Analysis of distribution of electric vehicle charging stations in the Baltic. *Engineering for rural development*, 14. January, 258–264.
- [39] Electric Vehicle Database. (2023). *Range of full electric vehicles*. [Online] <https://ev-database.org/cheatsheet/range-electric-car> (21.03.2023)
- [40] Euroopa Komisjon. (2023). *Road: reports by country – Norway*. European Alternative Fuels Observatory. [Online] <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road/norway> (13.03.2023)
- [41] Euroopa Komisjon. (2023). *Road: reports by country – Estonia*. European Alternative Fuels Observatory. [Online] <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road/estonia> (13.03.2023)
- [42] PlugShare. (2023). *Charging Locations – Map*. [Online] <https://www.plugshare.com> (19.03.2023)
- [43] Torok, A. (2022). Prediction of Vehicle Ownership Growth Using Gompertz Model, Case Study of Hungary. *System Safety: Human-Technical Facility-Environment*, 4 (1), 164-169. DOI: <https://doi.org/10.2478/czoto-2022-0017>
- [44] Statistikaamet. (2023). *RV088: Rahvastikuprognosis 2020–2080: rahvastiku näitajad maakonna ja soo järgi*. Andmebaas. [Online] https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik_rahvastikunaitajad-ja-koosseis_rahvaarv-ja-rahvastiku-koosseis/RV088 (14.04.2023)
- [45] Jairus, T., Metlitski, S. (2020). *Liiklusloenduse tulemused 2019. aastal*. Aruanne. Teede Tehnokeskus.

- [46] Maailmapank. (2020). *Countries and Economies*. [Online] <https://data.worldbank.org/country> (21.03.2023)
- [47] Nikel, D. (17.02.2023). *Population of Oslo: Facts & Figures on Norway's Capital City*. [Online] <https://www.lifeinnorway.net/population-of-oslo/> (21.03.2023)
- [48] Tallinn. (2023). *Tallinna elanike arv*. [Online] <https://www.tallinn.ee/et/statistika/tallinna-elanike-arv> (21.03.2023)
- [49] Maailmapank. (2023). *Country profiles*. [Online] <https://data.worldbank.org/country> (03.04.2023)
- [50] Riigi Teataja. (2017). *Kliimapoliitika põhialused aastani 2050*. Riigikogu: otsus RT III, 07.04.2017, 1. [Online] <https://www.riigiteataja.ee/akt/307042017001>
- [51] Statista. (2022). *Number of passenger cars per 1,000 inhabitants in Europe as of 2020, by country*. [Online] <https://www.statista.com/statistics/452243/european-countries-number-of-cars-per-1-000-inhabitants/> (03.04.2023)
- [52] Eurostat. (2023). *Real GDP per capita*. [Online] https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_08_10/default/table (03.04.2023)
- [53] Trading Economics. (2023). *Country list - Wages*. [Online] <https://tradingeconomics.com/country-list/wages> (04.04.2023)
- [54] Eesti Linnade ja Valdade Liit. (2023). *Elanike demograafiline jaotus KOV-de kaupa*. Rahvastikuregister. [Online] <https://www.elvl.ee/elanike-arv> (15.03.2023)
- [55] Statistikaamet. (2022). *Eesti rahva- ja eluruumide loendus 2021*. Eesti rahvastiku paiknemine. [Online] <https://storymaps.arcgis.com/stories/0c3f940a39454a5396432d666e79006e> (25.03.2023)

- [56] Nedelea, A. (02.02.2022). *Here's How Norway Defied Nature And Widely Adopted EVs*. InsideEVs. [Online] <https://insideevs.com/news/564872/norway-evs-charging-infrastructure-explained/> (20.03.2023)
- [57] Wikipedia. (2016). *Demographics of Norway*. [Online] https://en.wikipedia.org/wiki/Demographics_of_Norway (20.03.2023)
- [58] Caulfield, B., Furszyfer, D., Stefaniec, A., Foley, A. (2022). Measuring the equity impacts of government subsidies for electric vehicles. *Energy*, 248, 123588. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123588>
- [59] Carroll, M. (27.06.2019). *Norway's leading the charge on a sustainable electric future*. National Geographic. [Online] <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/partner-content-sustainable-electric-future> (07.04.2023)
- [60] Maanteeamet. (2019). *Liiklussagedus 2019 – kaardirakendus ArcGIS*. [Online] <https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=3f706bc8911d4d789c9f69300a6b037a> (19.03.2023)
- [61] Maanteeamet. (2020). *Autopargi läbisõit 2019*.
- [62] Euroopa Liit. (19.11.2021). *Myth-busting: Five things you think you know about electric cars – but are not true*. News article. [Online] https://climate-pact.europa.eu/news/myth-busting-five-things-you-think-you-know-about-electric-cars-are-not-true-2021-11-19_en (20.03.2023)
- [63] Euroopa Komisjon. (20.12.2022). *New Mobility Patterns Study: insights into passenger mobility and urban logistics*. News article. [Online] https://transport.ec.europa.eu/news/new-mobility-patterns-study-insights-passenger-mobility-and-urban-logistics-2022-12-20_en (20.03.2023)
- [64] Transpordiamet. (2020). *Sõidukitega tehtud toimingute statistika*. [Online] <https://www.transpordiamet.ee/soidukitega-tehtud-toimingute-statistika#item-5> (20.03.2023)

- [65] Statistics Norway. (2020). *12578: Road traffic volumes, by main type of vehicle, type of fuel and age of vehicle 2005 – 202*. [Online] <https://www.ssb.no/en/statbank/table/12578/> (20.03.2023)
- [66] AMTEL. (17.04.2019). *Põhikiri*. [Online] <https://amtel.ee/pohikiri/> (10.03.2023)
- [67] DPD Eesti. (31.01.2023). *DPD rajab oma alajaama ja liigub suuremates Eesti linnades üle elektritranspordile*. Pressiteade. [Online] <https://www.dpd.com/ee/et/2023/01/31/dpd-rajab-oma-alajaama-ja-liigub-suuremates-eesti-linnades-le-elektritranspordile/> (10.02.2023)
- [68] Saadik, M. (2020). COVID-19st põhjustatud eriolukorra aegne piirangute mõju liiklusedusele ja liiklusohutusele [Magistritöö, Tallinna Tehnikaülikool]. TalTech Raamatukogu Digikogu
- [69] Electric Vehicle Database. (2023). Current and Upcoming Electric Vehicles. [Online] <https://ev-database.org> (14.04.2023)
- [70] Transpordiamet. (2023). *Eesti teedevõrk*. [Online] <https://transpordiamet.ee/eesti-teedevork> (14.04.2023)
- [71] Statistics Norway. (18.08.2015) *Transport and environment 2015*. Reports 2015/34. [Online] <https://www.ssb.no/en/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/samferdsel-og-miljo-2015> (14.04.2023)
- [72] Eurostat. (2023). Motorisation rate, 2021. [Online] https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Motorisation_rate,_2021_v2.png (17.04.2023)
- [73] Arenguseire Keskus. (2021). *Liikuvuse tulevik. Arengusuundumused aastani 2035*. Raport. Tallinn: Arenguseire Keskus. [Online] <https://arenguseire.ee/raportid/liikuvuse-tulevik-arengusuundumused-aastani-2035/> (17.04.2023)
- [74] Energex Energy Experts OÜ et al. (20.09.2022). *Study to determine Estonian electricity demand scenarios*. Study no S3. [Online] <https://elering.ee/sites/default/files/2022-10/Study%20-%20Electricity%20demand%20scenarios.pdf>

- [75] Lindroos, T., J. *et al.* (2018). *Baltic Energy Technology Scenarios 2018*. Nordic Council of Ministers.
- [76] Kuku raadio. (2023). *Ärataja: Henri Vennikas. Euroopas tohib alates 2035.aastast müüa vaid elektriautosid*. [Online] https://kuku.pleier.ee/podcast/arataja/152184?fbclid=IwAR3xfLi710_Un6o6PLv_wBROYnFn3IRQy8-zGaPYewO11YuQXhha2hRpPIXc (08.02.2023)
- [77] Pott, T. (2023). *Praegune võrk katab veerandi kortermajade elektriautode laadimisvajadusest*. ERR. [Online] <https://www.err.ee/1608889625/praegune-vork-katab-veerandi-kortermajade-elektriautode-laadimisvajadusest> (25.04.2023)
- [78] Maa-amet. (2023). *Teeregister – ArcGIS veebikaart*. [Online] <https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/teeregister> (10.04.2023)
- [79] Euroopa Keskkonnaamet. (2021). *Decarbonising road transport – the role of vehicles, fuels and transport demand. Transport and environment EAA report*. [Online] <https://www.eea.europa.eu/publications/transport-and-environment-report-2021> (04.04.2023)
- [80] Lorentzen, E., Haugneland, P., Bu, C., Hauge, E. (2017). *Charging infrastructure experiences in Norway-the worlds most advanced EV market. In EVS30 Symposium* (pp. 9-11)
- [81] Riigi Teataja. (2020). *Ehitusseadustiku ja teiste seaduste muutmise seadus*. Riigikogu: seadus RT I, 30.06.2020, 9. [Online] <https://www.riigiteataja.ee/akt/130062020009>
- [82] Keskkonnainvesteeringute Keskus. (2023). *Nullheitega sõidukite ostutoetus*. [Online] <https://kik.ee/et/toetatavad-tegevused/nullheitega-soidukite-ostutoetus> (20.04.2023)
- [83] BNS. (21.09.2022). *Uuring: kolmandik eestlastest plaanib juba sel kümnendil elektriauto ostu*. Postimees. [Online] <https://majandus.postimees.ee/7609904/uuring-kolmandik-eestlastest-plaanib-juba-sel-kumnendil-elektriauto-ostu> (20.04.2023)

LISAD

LISA 1 Enefit Volti avalik laadimispunkt Tallinnas

LISA 2 Enefit Volti kiirlaadijate võrk Eestis

LISA 3 Intervjuu Intervjuu DPD juhi Remo Kirsiga

LISA 4 Intervjuu AMTEL-i endise juhi Arno Sillatiga

LISA 5 Elektriautode osakaalu prognoos

LISA 6 Lisanduvate elektriautode arvu prognoos

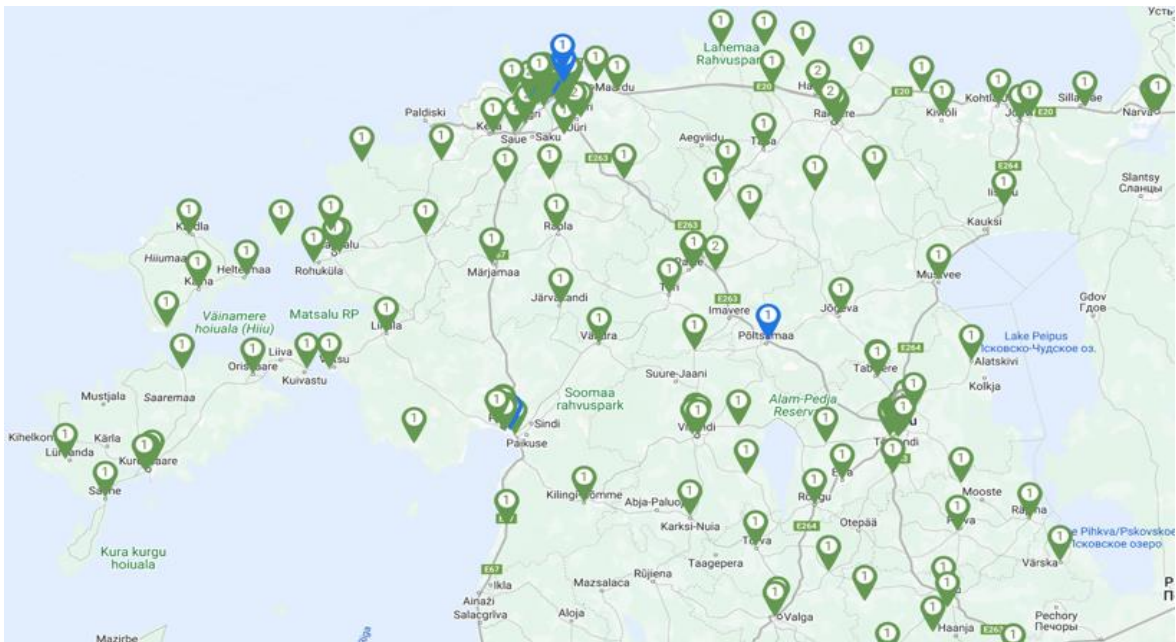
LISA 7 Liiklussagedus maanteedel 2019

LISA 1 Enefit Volti avalik laadimispunkt Tallinnas



Joonis L4.1. Enefit Volti avalik laadimispunkt Tallinna piiril Laagris 50 kW võimsusega CHAdeMO ja 161 kW võimsusega CCS kiirlaadijatega

LISA 2 Enefit Volti kiirlaadijate võrk Eestis



Joonis L4.2. Enefit Volti kiirlaadijate võrk Eestis [35]

LISA 3 Intervjuu DPD juhi Remo Kirsiga

Antud intervjuu DPD tegevjuhi Remo Kirsiga toimus videokoosolekuna teisipäeval 31.01.2023. Autor tegi intervjuueeritava jutu põhjal alljärgneva lühikokkuvõtte koos arvamuste ja ettepanekutena kommertsettevõtte vaatest laadimistaristule.

DPD masinapargis on hetkel 22 elektrikaubikut (*seisuga 31.01.2023*), millest enamik on Volkswagen e-Crafter ning eelmise aasta lõpus soetatud suurema sõiduulatusega Ford e-Transit kaubikud. Volkswagen e-Crafteri tootja lubab täislaadimisega 280 km pikkust vahemaad, kuigi reaalsuses jääb see Kirsi sõnul alla 200 km. Aastal 2023 on ettevõttel plaanis vähemalt kahekordistada elektrikaubikute arvu oma masinapargis.

Aastaks 2025 on DPD-l missioon jõuda ligi 100 täiselektrilise kaubiku kasutamiseni suuremates linnades (Tallinn, Tartu, Pärnu, Rakvere, Jõhvi, Viljandi), kus asuvad ettevõtte depood ning pakivedu oleks korraldatud selleks ajaks ainult täiselektriliste autodega. Kusjuures, DPD masinapargi moodustavad ainult uuema aastaarvuga autod, mis tähendab, et ükski sõiduk ei ole vanem kui viis aastat, moodustades aastal 2021 masinapargi keskmiseks vanuses 2,2 aastat. See on üks samm keskkonna jalajälje vähendamiseks tulevikku silmas pidades.

Kokku ettevõttele kuuluvas masinapargis on üle 300 sõiduki, nendest ligi 100 veoautot. DPD juhi Remo Kirsi sõnul veoautode puhul ettevõtte elektri peale hetkel ei mõtle, kuna veoautod on oluliselt kallimad ja pole äriiselt otstarbekas. Küll aga on DPD liikunud veoautode näitel rohkem taastuvtoorainel põhineva kütuse ja veogaasi peale, et vähendada süsinikheidet.

Elektrikaubikutega toimub ainult linnasisene pakivedu, kus veoringid jäävad ühe tööpäeva pikkusesse ajavahemikusse. Taolist süsteemi kasutavad ka muud kullerteenusefirmad mujal Euroopas, kus pikkasid distantse puhtalt elektrimootoriga ei sõideta.

Näiteks võib võtta Pärnu maakonna, kus vahemaa erinevate sihtkohtade vahel on suur ja maakonna omapärane kuju ning territoorium piirneb Pärnu lahega. Mida suuremaks kullerettevõtte läheb, seda väiksemaks muutuvad veoringid ehk peatusi veoringis on vähem. Tihti teeb ettevõtte suurematesse linnadesse ka ettevedusid, misjärel toimuvad jaotusveod kullerteenuse näol.

LISA 3 jätk

Ettevõtte juhi sõnul tuleks esmajoones katta ära suuremad linnad elektrilaadijatega, eelkõige kiirlaadijatega ning seejärel keskenduda alles linnade vahelistele lõikudele.

Kirsi ja DPD partneri Alexela arvates puudub Eestil elektrivõrgu mõttes võimekus katta kõik piirkonnad. Geograafiline asukoht sõltub laadija võimsusest, kus tuleb eristada kergsõidukeid veoautodest. Need parameetrid muutuvad taristu vajaduse, parkimiskohtade, ligipääsetavuse ja laadimisvõimsuse valguses. Täna on veokite laadimissagedus küllaltki tihe ning selle vajaduse rahuldamiseks ehitatava laadimisvõrgu loomine majanduslikult ebaotstarbekas. Näiteks veoauto, mis sõidab Tallinnast Tartusse, peab sooritama maanteel tõenäoliselt vähemalt kaks vahelaadimist. Praegused täislastis elektriveokid jäävad tehniliselt nõrgaks ning üle 100 km korruga ei sõidagi, lisaks on maanteel elektritarve märkimisväärselt suurem võrreldes linnasiseste sõitudega.

22 kW laadijate paigaldamine on Kirsi sõnul majanduslikult ebaotstarbekas, kuna vaadates tänaseid kaubikute laadimisvõimekust, siis 60 kW laadija oleks justkui miinimum võimsus, aga samal ajal autode laadimisvõimekus ka pidevalt tehnoloogia arenedes kasvab. Kaugemas tulevikku vaadates toob Kirss välja veel kiiremad laadijad, mis oleks koguvõimsusega kuni 200 kW ja suudaks akud kiiremini ära täita.

Geograafiliste asukohtade poole pealt toob DPD juht välja asjaolu, et kõik põhimaanteed ja linnadest väljasõidud peaks olema kaetud kiirlaadijatega. Kasutusmugavusest rääkides mainib Kirss, et tarbesõiduki puhul võiks olla elektrilaadimispunktis maksmine mugavam ja administratiivse poolelt maksmise süsteem korraldatud deebet- või krediitkaardi põhimõttel, kuna igal kullerautol on mitu kasutajat ehk autojuhti erinevate päevade vältel.

DPD teeb koostööd Alexelaga, kes korraldab ja hooldab nende laadijaid kõigis depoodes. Kõik elektriautod laevad öösiti ja kasutavad 22 kW võimsusega elektrivõrku. Jüri terminalis on olemas ka 50 kW võimsusega kiirlaadija, kus saab laadida korruga kahte sõidukit. Samuti asub Tallinnas Järve asumis üks kiirlaadija, kus on võimalik äärelinnasid teenindades autosid laadida. Öösiti autode laadimine väldib olukorda, kus päevasel ajal saab aku tühjaks ning ettevõtte kaotab väärtuslikku aega ja raha. Täislaetud akuga saab kuller edukalt teha 8-tunnise täistööpäeva.

LISA 3 jätk

DPD investeerib umbkaudu 200 000 eurot oma keskpingealajaama ehitusse, mis annab ettevõttele pikas perspektiivis piisava võimekuse kogu oma masinapargi elektrivajadus ära täita. Enamus laadimistest toimub ettevõtte ruumides ja seda eelkõige öösiti. Kirsi sõnul on vaja Eestisse rohkem kiiremaid laadijad just päevaseks laadimiseks.

LISA 4 Intervjuu AMTEL-i endise juhi Arno Sillatiga

Antud intervjuu AMTEL-i (Autode Müügi- ja Teenindustevõtete Eesti Liit) endise tegevjuhi Arno Sillatiga toimus videokoosolekuna reedel 17.02.2023. Autor tegi intervjuueeritava jutu põhjal alljärgneva lühikokkuvõtte koos liidu ning tema liikmete arvamuste ja ettepanekutena.

AMTEL-i liikmete autopark on kogu aeg ajas muutuv ning erinevate sõidukite osakaal pole stabiilne. Peale koroonapandeemiat ja kiibiprobleeme autode arv kogu autopargis vähenes märgiliselt. Elektriautosid on sõidupargis vähe, üldjuhul on ainult mõned elektriautod näidistena ühe esinduse kohta. Tasub mainida, et hetkel on tavaliste elektriautode tarneajad ligi kaks aastat.

AMTEL-i põhitegevus ja eesmärk on autode ja varuosade müümine, nende teenuste haldamine ja mingil määral ka tootmine nii uute kui kasutatud autode puhul. Autoesindused endale elektriautosid varudena sisse ei osta, kuna tehnoloogiliselt kiiresti arenevad autod tuleb koheselt ära vahetada.

Sillati sõnul on Euroopa autotööstus justkui sammu maha jäänud võrreldes Ameerika ja Hiina elektriautotootjatega. Euroopa akutootja peaks leiutama aku, mis oleks mahuliselt väike, eelkõige odav ja võimaldaks laadimist 5 minutiga. Sõidudistsants võiks olla sellisel akutüübil vähemalt 500 ja rohkem kilomeetrit.

Euroopa Liidu arengukava näeb ette, et alates 2035 saab liidu aladel registreerida vaid elektrisõidukeid. Sillat on arvamusel, et sellise piirangu kehtestamisel on kaks stsenaariumit. Hea stsenaarium näeb ette, et läbimurre akutööstuses tuleb ning autod saavad endale võimsamad ja kiiremini laetavamad aku, kuna sisuliselt aku tehnoloogia pole viimase 100 aastaga muutunud. Arvutite kaudu lisandus autodele ainult liitiumioonakud, mis omakorda tähendab selles mahus maakerale liigset koormust ja kurnavat liitiumi kaevandamist. Aastaks 2035 elektrisõidukite hüppeline kasv on Sillati sõnul liialt optimistlik visioon, kuna juba tänasel päeval leiab aset ulatuslik ja tõsine akude tarnekriis. Hiina autotööstus tootis ja müüs enda siseturul eelmisel aastal ligi 6 miljonit elektriautot, Euroopa Liit veidi üle ühe miljoni. Enamuse akudest ostab endale Hiina, kellele kuuluvad ka enamik kaevandusõiguseid rahututes piirkondades. Hiina autotootjad hoiavad sõidukite hinnad madalal, kuna Hiina riik toetab tehnoloogiasektorit.

LISA 4 jätk

Alumiiniumakudele üle minemist Sillat ei usu, kuna see tähendaks veelgi suuremat akut autole. Keskmiselt on üks kilogramm ühe kilomeetri läbimiseks alumiiniumaku puhul, mis tähendaks tarbija mugavusest lähtudes autole ligi üle poole tonnist akut. Ainuke võimalus teha elektriautod tarbijale kättesaadavamaks ja odavamaks on akude mahu vähendamine ja nende väiksemaks tegemine. Autoostjale samas see kõige meeldivam variant ei ole, kuna väiksema akuga on tihtipeale nõrgem võimsus ja kiirendus aeglasem.

Täna sel päeval soovib Eesti inimene elektriautole täisakuga eelkõige pikka läbisõitu ja kilometraaži. Peamine probleem eskaleerub talvel, kus lubatud läbisõit väheneb peaaegu poole võrra peale täislaadimist – kummalgi juhul pole võimalik ilma laadimiseta näiteks Tallinnast Tartusse sõita. Inimesed peavad ootama laadimise järjekorras ning üldjuhul on laadimisele kuluv aeg umbes 1 tund. Selletõttu ongi enamik elektriautosid ja laadimispunkte koondunud Harjumaale. Kagu-Eestis see-eest on väga vähe laadimispunkte, kuna elektriautosid on seal vähe ning ei eeldata, et inimesed sinna sõidaks.

Tihedalt sõidetaval Tallinn-Tartu-Tallinn vahelisel lõigul võib juhtuda, et inimene ei jõua alguspunkti tagasi peale ühte täislaadimist, kuna sõidukilometraaž suvel on võimsamate akude puhul 500 kilomeetrit, talvel peaaegu poole vähem, kuna palju energiat kulub talvisel ajal sõiduki soojendamiseks ning erinevate lisafunktsioonide töös hoidmiseks. Võimsamate akudega varustatud sõidukite ostuhind on oluliselt kõrgem.

Autode laadimine avalikes laadimispunktides on täna sel päeval tarbijale võibolla liialt keeruline, kuna puudub kaardimaksevõimalus. Tõsise probleemina toob Sillat välja, et mobiilirakendused on liiga keerulised ja ebaloogilised võrreldes sise põlemismootoriga sõiduki tankimisega.

Peamise ettepanekuna soovitab Sillat arendada laadimisvõimalusi korteriühistutes ja nende lähistel. Riik peaks toetama korteriühistuid, et nad saaksid arendada ja luua laadimispunkte korterirajoonidesse. Viidates tehtud uuringutele, siis olemasolevat elektrivõimsust peaks korteriühistutel jätkuma, kuna keskmiselt vajab inimene täislaadimist korra nädalas (kui sõiduulatus on 300 km ja juht sõidab 50 km päevas). Edukaks laadimiseks peab olema määratud lihtsalt nõ tark jaotus vooluvõrgu vahel ning kuue elanikuga korteriühistul peaks jätkuma ühest laadijast kuuele autoomanikule.

LISA 4 jätk

Teise probleemina näeb Sillat, et Eestil jääb üldist voluvõimsust puudu, kuna riigil pole juhitud tootmist, mida tuulikud ega päikeseenergia ei lahenda. Eestis on vaja ära lahendada juhitava tootmise küsimus, olgu selleks tuumajaam või biogaasijaam, mille abil elektrivõimsust arendada.

LISA 5 Elektriautode osakaalu prognoos

Tabel L4.1. Elektriautode osakaalu prognoos sõiduautode esmarestreerimistest Eestis

Aasta	Minimaalse kasvu prognoos	Keskmise kasvu prognoos	Maksimaalse kasvu prognoos
2024	5,7%	5,8%	5,9%
2025	7,8%	8,2%	8,5%
2026	10,4%	11,2%	11,9%
2027	13,6%	14,9%	16,1%
2028	17,3%	19,4%	21,4%
2029	21,7%	24,8%	27,8%
2030	26,8%	31,2%	35,6%
2031	32,5%	38,7%	44,8%
2032	39,1%	47,4%	55,6%
2033	46,5%	57,4%	68,3%
2034	54,8%	69,0%	83,1%
2035	63,9%	82,0%	100,0%

LISA 6 Lisanduvate elektriautode arvu prognoos

Tabel L4.2. Lisanduv elektriautode arv iga-aastaselt Eestis kuni 2035

Aasta	Minimaalse kasvu prognoos	Keskmise kasvu prognoos	Maksimaalse kasvu prognoos
2024	2 754	2 802	2 850
2025	3 768	3 937	4 107
2026	5 024	5 387	5 749
2027	6 570	7 174	7 778
2028	8 358	9 348	10 339
2029	10 484	11 957	13 431
2030	12 948	15 073	17 199
2031	15 701	18 673	21 644
2032	18 890	22 876	26 861
2033	22 465	27 731	32 997
2034	26 475	33 311	40 147
2035	30 871	39 592	48 312

LISA 7 Liiklussagedus maanteedel 2019

Mnt nr	Maantee nimetus	Algus m	Lõpp m	Pikkus m	AKÖL autot/ööp	SAPA %	VAAB %	AR %	SAPA autot/ööp	VAAB autot/ööp	AR autot/ööp	Loenduse aasta
1	Tallinn - Narva	9240	11036	1796	32375	92	3	5	29582	984	1809	2019
1	Tallinn - Narva	11036	13677	2641	29087	92	3	5	26363	1082	1642	2019
1	Tallinn - Narva	13677	26378	12701	18142	93	2	5	16593	529	1020	2019
1	Tallinn - Narva	26378	40224	13846	12165	89	4	7	10787	501	877	2019
1	Tallinn - Narva	40224	52019	11795	10324	91	3	6	9237	369	718	2019
1	Tallinn - Narva	52019	69381	17362	8109	89	3	8	7100	300	709	2019
1	Tallinn - Narva	69381	88797	19416	6663	86	3	11	5707	215	741	2019
1	Tallinn - Narva	88797	92868	4071	4775	83	3	14	3920	176	679	2019
1	Tallinn - Narva	92868	97217	4349	5719	86	3	11	4892	196	631	2019
1	Tallinn - Narva	97217	100777	3560	4643	83	4	13	3836	194	613	2019
1	Tallinn - Narva	100777	101282	505	6055	87	4	9	5239	265	551	2019
1	Tallinn - Narva	101282	109702	8420	5929	87	3	10	5084	230	615	2019
1	Tallinn - Narva	109702	118752	9050	4517	86	4	10	3850	208	459	2019
1	Tallinn - Narva	118752	128001	9249	4239	85	4	11	3543	211	485	2019
1	Tallinn - Narva	128001	137626	9625	4348	85	4	11	3671	183	494	2019
1	Tallinn - Narva	137626	141945	4319	4411	86	4	10	3742	196	473	2019
1	Tallinn - Narva	141945	153771	11826	6179	84	4	12	5135	301	743	2019
1	Tallinn - Narva	153771	157319	3548	6071	89	3	8	5397	183	491	2019
1	Tallinn - Narva	157319	159621	2302	13671	93	2	5	12580	389	702	2019
1	Tallinn - Narva	159621	162865	3244	11216	93	3	4	10289	425	502	2019
1	Tallinn - Narva	162865	167202	4337	7824	92	2	6	7097	180	547	2019
1	Tallinn - Narva	167202	174465	7263	7617	91	3	6	6808	299	510	2019
1	Tallinn - Narva	174465	183338	8873	7295	88	3	9	6293	289	713	2019
1	Tallinn - Narva	183338	187676	4338	8739	93	2	5	8046	250	443	2019
1	Tallinn - Narva	187676	194305	6629	7314	91	3	6	6593	270	451	2019
1	Tallinn - Narva	194305	203945	9640	6086	89	4	7	5380	265	441	2019
1	Tallinn - Narva	203945	209176	5231	8177	93	2	5	7527	217	433	2019
1	Tallinn - Narva	212561	212646	85	1667	83	7	10	1379	118	170	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	5505	8672	3167	26695	94	3	3	24952	875	868	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	8672	12063	3391	23549	94	3	3	21912	821	816	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	12063	20798	8735	15191	89	3	8	13362	492	1337	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	20798	32890	12092	12647	88	2	10	11041	329	1277	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	32890	37113	4223	12758	89	2	9	11122	361	1275	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	37113	41152	4039	10616	88	3	9	9237	347	1032	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	41152	57234	16082	9427	88	3	9	8226	312	889	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	57234	79841	22607	9147	85	3	12	7683	304	1160	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	79841	87545	7704	9012	85	3	12	7598	278	1136	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	87545	93854	6309	9382	85	2	13	7864	265	1253	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	93854	109997	16143	8758	85	2	13	7308	252	1198	2019

Joonis L4.3. Teede Tehnokeskuse andmetel liiklussagedus Eesti maanteedel seisuga 31.12.2019 [45]

LISA 7 jätk

Mnt nr	Maantee nimetus	Algus m	Lõpp m	Pikkus m	AKÖL autot/ööp	SAPA %	VAAB %	AR %	SAPA autot/ööp	VAAB autot/ööp	AR autot/ööp	Loenduse aasta
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	109997	118555	8558	7604	88	2	10	6596	212	796	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	118555	123268	4713	7870	84	5	11	6522	460	888	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	123268	126923	3655	7199	85	3	12	6028	266	905	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	126923	147274	20351	7321	85	3	12	6154	265	902	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	147274	168370	21096	7636	85	2	13	6410	213	1013	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	168370	178349	9979	6510	85	3	12	5450	235	825	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	178349	182192	3843	5873	84	4	12	4885	242	746	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	182192	183632	1440	9163	90	2	8	8113	272	778	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	183632	184788	1156	20439	94	3	3	19150	616	673	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	184788	185375	587	16569	93	2	5	15287	409	873	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	185375	187265	1890	20546	96	1	3	19379	372	795	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	187265	189524	2259	13885	93	2	5	12726	362	797	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	189524	190703	1179	13229	93	2	5	12095	347	787	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	190703	192912	2209	13638	94	2	4	12565	403	670	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	192912	198565	5653	8395	92	4	4	7604	389	402	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	198565	200228	1663	5402	93	2	5	4999	109	294	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	200228	210714	10486	4884	92	2	6	4452	107	325	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	210714	219343	8629	4537	92	2	6	4169	93	275	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	219343	230939	11596	3760	91	2	7	3390	84	286	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	230939	241468	10529	3965	89	3	8	3495	147	323	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	241468	246850	5382	4743	92	2	6	4362	95	286	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	246850	250165	3315	5632	94	1	5	5202	99	331	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	250165	251724	1559	2592	87	2	11	2226	76	290	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	251724	254395	2671	2790	84	2	14	2320	67	403	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	254395	259290	4895	2124	85	1	14	1784	38	302	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	259290	274356	15066	2315	92	1	7	2108	44	163	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	274356	278977	4621	717	88	1	11	624	10	83	2019
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	278977	287814	8837	885	86	1	13	749	17	119	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	0	527	527	6337	95	4	1	5985	273	79	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	1864	2411	547	14816	97	2	1	14260	394	162	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	3567	4844	1277	6279	95	3	2	5906	211	162	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	4844	6333	1489	3279	93	2	5	3029	77	173	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	6333	18263	11930	3369	92	2	6	3079	79	211	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	18263	34003	15740	2934	90	2	8	2600	87	247	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	34003	50594	16591	1623	88	3	9	1402	62	159	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	50594	72826	22232	2178	88	2	10	1903	53	222	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	72826	79434	6608	2570	92	2	6	2343	55	172	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	79434	91840	12406	2240	90	2	8	1991	57	192	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	91840	106208	14368	2501	91	2	7	2228	74	199	2019

Joonis L4.4. Teede Tehnokeskuse andmetel liiklussagedus Eesti maanteedel seisuga 31.12.2019 [45]

LISA 7 jätk

Mnt nr	Maantee nimetus	Algus m	Lõpp m	Pikkus m	AKÖL autot/ööp	SAPA %	VAAB %	AR %	SAPA autot/ööp	VAAB autot/ööp	AR autot/ööp	Loenduse aasta
3	Jõhvi - Tartu - Valga	106208	120098	13890	3157	91	3	6	2836	126	195	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	120098	122200	2102	4245	92	2	6	3877	93	275	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	122200	126540	4340	6214	95	2	3	5847	170	197	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	126540	126979	439	8653	96	2	2	8292	181	180	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	126979	129980	3001	1756	92	2	6	1599	41	116	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	129980	130297	317	8105	98	1	1	7848	102	155	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	137625	143569	5944	14707	96	1	3	14046	177	484	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	143569	147255	3686	11098	97	1	2	10569	205	324	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	147255	150638	3383	9157	95	1	4	8620	145	392	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	150638	155994	5356	8712	94	2	4	8048	255	409	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	155994	159056	3062	6141	93	2	5	5706	123	312	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	159056	166562	7506	4301	90	2	8	3852	87	362	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	166562	174497	7935	4392	91	2	7	3975	104	313	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	174497	185104	10607	2962	88	3	9	2562	111	289	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	185104	190399	5295	2644	85	2	13	2221	74	349	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	190399	202589	12190	2850	87	2	11	2466	65	319	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	202589	209139	6550	2375	87	2	11	2031	71	273	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	209139	216696	7557	3949	88	2	10	3446	95	408	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	216696	218313	1617	3863	90	2	8	3444	86	333	2019
3	Jõhvi - Tartu - Valga	218313	219621	1308	3771	88	1	11	3292	64	415	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	13040	13821	781	33794	97	2	1	32296	944	554	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	13821	14795	974	28589	95	3	2	27081	864	644	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	14795	18318	3523	19457	97	2	1	18624	479	354	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	18318	27172	8854	17271	88	3	9	14957	593	1721	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	27172	39239	12067	8850	82	3	15	7204	277	1369	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	39239	50063	10824	8550	81	3	16	6870	273	1407	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	50063	64166	14103	8602	79	3	18	6701	328	1573	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	64166	68481	4315	8124	80	3	17	6433	271	1420	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	68481	82589	14108	7473	76	3	21	5655	229	1589	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	82589	89573	6984	9383	84	2	14	7795	254	1334	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	89573	100684	11111	8238	79	3	18	6465	286	1487	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	100684	102710	2026	8347	78	3	19	6453	260	1634	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	102710	111431	8721	9115	78	4	18	7028	410	1677	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	111431	120699	9268	11224	87	2	11	9719	258	1247	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	120699	122849	2150	9266	79	3	18	7232	365	1669	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	122849	125223	2374	13379	83	4	13	11060	537	1782	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	125223	130566	5343	12727	82	3	15	10323	473	1931	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	130566	133443	2877	10451	82	2	16	8501	211	1739	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	133443	141421	7978	11088	80	3	17	8837	360	1891	2019

Joonis L4.5. Teede Tehnokeskuse andmetel liiklussagedus Eesti maanteedel seisuga 31.12.2019 [45]

LISA 7 jätk

Mnt nr	Maantee nimetus	Algus m	Lõpp m	Pikkus m	AKÖL autot/ööp	SAPA %	VAAB %	AR %	SAPA autot/ööp	VAAB autot/ööp	AR autot/ööp	Loenduse aasta
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	141421	152441	11020	5716	69	4	27	3888	230	1598	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	152441	168285	15844	5439	73	3	24	3917	165	1357	2019
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	168285	192282	23997	4470	63	3	34	2733	174	1563	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	1663	5498	3835	6218	95	2	3	5810	165	243	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	5498	9577	4079	4013	93	1	6	3721	48	244	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	9577	21720	12143	2942	90	1	9	2601	48	293	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	21720	37683	15963	3102	86	3	11	2637	121	344	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	37683	42422	4739	2851	87	2	11	2472	63	316	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	42422	47812	5390	1390	83	2	15	1128	40	222	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	47812	66731	18919	1425	79	3	18	1120	43	262	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	66731	74751	8020	1894	88	2	10	1661	40	193	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	74751	77574	2823	4658	91	3	6	4218	148	292	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	77574	78843	1269	5577	95	2	3	5238	142	197	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	78843	88237	9394	4943	92	3	5	4470	181	292	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	88237	91422	3185	4518	93	1	6	4124	79	315	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	91422	95992	4570	6330	92	2	6	5711	189	430	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	95992	109608	13616	3022	89	2	9	2658	75	289	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	109608	123774	14166	1751	85	2	13	1461	46	244	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	123774	128497	4723	2343	88	1	11	2036	37	270	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	128497	132569	4072	1937	84	3	13	1605	61	271	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	132569	140634	8065	3506	91	2	7	3156	96	254	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	140634	146598	5964	3405	93	2	5	3113	97	195	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	146598	159113	12515	2626	88	4	8	2288	122	216	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	159113	171507	12394	4172	93	3	4	3839	132	201	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	171507	172251	744	11347	98	1	1	10943	198	206	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	172251	175306	3055	5267	94	2	4	4925	126	216	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	175306	176750	1444	3518	91	2	7	3185	83	250	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	176750	179124	2374	2647	85	3	12	2229	83	335	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	179124	182153	3029	2361	82	3	15	1911	73	377	2019
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	182153	184591	2438	6902	93	2	5	6317	189	396	2019
6	Valga - Uulu	1419	10408	8989	1876	92	3	5	1715	65	96	2019
6	Valga - Uulu	10408	24468	14060	1771	92	3	5	1625	55	91	2019
6	Valga - Uulu	24468	27814	3346	2472	93	2	5	2274	52	146	2019
6	Valga - Uulu	27814	31184	3370	2910	94	1	5	2695	52	163	2019
6	Valga - Uulu	31184	54384	23200	1722	85	3	12	1447	53	222	2019
6	Valga - Uulu	54384	58644	4260	1282	87	2	11	1098	34	150	2019
6	Valga - Uulu	58644	70993	12349	1405	87	2	11	1207	32	166	2019
6	Valga - Uulu	70993	72088	1095	2061	91	2	7	1856	47	158	2019
6	Valga - Uulu	72088	80629	8541	1733	86	3	11	1476	58	199	2019

Joonis L4.6. Teede Tehnokeskuse andmetel liiklussagedus Eesti maanteedel seisuga 31.12.2019 [45]

LISA 7 jätk

Mnt nr	Maantee nimetus	Algus m	Lõpp m	Pikkus m	AKÖL autot/ööp	SAPA %	VAAB %	AR %	SAPA autot/ööp	VAAB autot/ööp	AR autot/ööp	Loenduse aasta
6	Valga - Uulu	80629	90139	9510	1214	88	2	10	1056	27	131	2019
6	Valga - Uulu	90139	94365	4226	1653	90	2	8	1465	47	141	2019
6	Valga - Uulu	94365	98121	3756	2463	85	2	13	2076	55	332	2019
6	Valga - Uulu	98121	116052	17931	3341	87	3	10	2898	107	336	2019
6	Valga - Uulu	116052	124820	8768	3682	91	2	7	3307	91	284	2019
7	Riia - Pihkva	195565	207034	11469	828	79	2	19	647	20	161	2019
7	Riia - Pihkva	207034	215070	8036	1036	84	2	14	861	21	154	2019
7	Riia - Pihkva	215070	216918	1848	1070	85	2	13	906	23	141	2019
8	Tallinn - Paldiski	11323	12156	833	19946	96	1	3	18864	342	740	2019
8	Tallinn - Paldiski	12156	13574	1418	15038	97	1	2	14506	221	311	2019
8	Tallinn - Paldiski	13574	15134	1560	12116	98	1	1	11788	152	176	2019
8	Tallinn - Paldiski	15134	18445	3311	10284	97	2	1	9910	231	143	2019
8	Tallinn - Paldiski	18445	22324	3879	7944	97	1	2	7657	108	179	2019
8	Tallinn - Paldiski	22324	25125	2801	8571	96	2	2	8190	196	185	2019
8	Tallinn - Paldiski	25125	27040	1915	10686	93	1	6	9784	182	720	2019
8	Tallinn - Paldiski	27040	29242	2202	8314	92	1	7	7565	143	606	2019
8	Tallinn - Paldiski	29242	31940	2698	6148	87	3	10	5315	211	622	2019
8	Tallinn - Paldiski	31940	35970	4030	5499	87	2	11	4757	132	610	2019
8	Tallinn - Paldiski	35970	40346	4376	3502	78	5	17	2684	210	608	2019
8	Tallinn - Paldiski	40346	45686	5340	2960	80	3	17	2343	103	514	2019
8	Tallinn - Paldiski	45686	47167	1481	3122	83	3	14	2580	97	445	2019
9	Ääsmäe - Haapsalu - Rohuküla	0	1730	1730	7895	93	4	3	7277	330	288	2019
9	Ääsmäe - Haapsalu - Rohuküla	1730	7509	5779	7733	96	2	2	7333	174	226	2019
9	Ääsmäe - Haapsalu - Rohuküla	7509	18357	10848	5985	93	2	5	5514	162	309	2019
9	Ääsmäe - Haapsalu - Rohuküla	18357	24928	6571	5669	94	2	4	5282	151	236	2019
9	Ääsmäe - Haapsalu - Rohuküla	24928	40088	15160	5040	91	4	5	4541	221	278	2019
9	Ääsmäe - Haapsalu - Rohuküla	40088	49669	9581	3640	92	3	5	3314	141	185	2019
9	Ääsmäe - Haapsalu - Rohuküla	49669	57154	7485	3964	95	2	3	3692	116	156	2019
9	Ääsmäe - Haapsalu - Rohuküla	57154	63889	6735	4353	95	2	3	4086	123	144	2019
9	Ääsmäe - Haapsalu - Rohuküla	63889	70481	6592	5827	95	3	2	5492	187	148	2019
9	Ääsmäe - Haapsalu - Rohuküla	73636	75657	2021	1843	92	5	3	1679	95	69	2019
9	Ääsmäe - Haapsalu - Rohuküla	75657	80470	4813	1162	91	3	6	1046	44	72	2019
10	Risti - Virtsu - Kuivastu - Kuressaare	0	10831	10831	2729	92	3	5	2487	92	150	2019
10	Risti - Virtsu - Kuivastu - Kuressaare	10831	28691	17860	2168	94	2	4	1998	64	106	2019
10	Risti - Virtsu - Kuivastu - Kuressaare	28691	44662	15971	2928	92	3	5	2666	109	153	2019
10	Risti - Virtsu - Kuivastu - Kuressaare	44662	54647	9985	2694	93	2	5	2491	68	135	2019
10	Risti - Virtsu - Kuivastu - Kuressaare	54647	67450	12803	2579	92	2	6	2333	76	170	2019
10	Risti - Virtsu - Kuivastu - Kuressaare	68102	79997	11895	1764	92	3	5	1606	61	97	2019
10	Risti - Virtsu - Kuivastu - Kuressaare	79997	88403	8406	2482	94	2	4	2294	69	119	2019

Joonis L4.7. Teede Tehnokeskuse andmetel liiklussagedus Eesti maanteedel seisuga 31.12.2019 [45]

LISA 7 jätk

Mnt nr	Maantee nimetus	Algus m	Lõpp m	Pikkus m	AKÖL autot/ööp	SAPA %	VAAB %	AR %	SAPA autot/ööp	VAAB autot/ööp	AR autot/ööp	Loenduse aasta
10	Risti - Virtsu - Kuivastu - Kuressaare	88403	94987	6584	1792	93	2	5	1646	43	103	2019
10	Risti - Virtsu - Kuivastu - Kuressaare	94987	118243	23256	2037	93	2	5	1872	55	110	2019
10	Risti - Virtsu - Kuivastu - Kuressaare	118243	128609	10366	2333	92	3	5	2135	79	119	2019
10	Risti - Virtsu - Kuivastu - Kuressaare	128609	138994	10385	2930	95	2	3	2763	65	102	2019
10	Risti - Virtsu - Kuivastu - Kuressaare	138994	141547	2553	4837	97	1	2	4658	78	101	2019
11	Tallinna ringtee	0	4897	4897	12587	82	5	13	10201	692	1694	2019
11	Tallinna ringtee	4897	8685	3788	14024	83	3	14	11525	524	1975	2019
11	Tallinna ringtee	8685	10309	1624	11792	80	4	16	9291	497	2004	2019
11	Tallinna ringtee	10309	11081	772	16072	85	3	12	13451	634	1987	2019
11	Tallinna ringtee	11081	15106	4025	21550	84	5	11	17788	1266	2496	2019
11	Tallinna ringtee	15106	18705	3599	17429	82	5	13	14104	1031	2294	2019
11	Tallinna ringtee	18705	24309	5604	15776	75	5	20	11763	853	3160	2019
11	Tallinna ringtee	24309	26165	1856	16703	82	5	13	13484	998	2221	2019
11	Tallinna ringtee	26165	30050	3885	11460	80	4	16	9063	475	1922	2019
11	Tallinna ringtee	30050	32384	2334	10518	94	1	5	9810	155	553	2019
11	Tallinna ringtee	32384	36062	3678	9377	91	2	7	8419	262	696	2019
11	Tallinna ringtee	36062	38143	2081	9917	93	1	6	9142	176	599	2019
92	Tartu - Viljandi - Kiilingi-Nõmme	0	4142	4142	8019	98	1	1	7745	150	124	2019
92	Tartu - Viljandi - Kiilingi-Nõmme	4142	9498	5356	4331	95	2	3	4102	87	142	2019
92	Tartu - Viljandi - Kiilingi-Nõmme	9498	14752	5254	4088	95	2	3	3837	89	162	2019
92	Tartu - Viljandi - Kiilingi-Nõmme	14752	23030	8278	3833	95	2	3	3591	94	148	2019
92	Tartu - Viljandi - Kiilingi-Nõmme	23030	29974	6944	3261	92	2	6	2980	84	197	2019
92	Tartu - Viljandi - Kiilingi-Nõmme	29974	44111	14137	2978	92	3	5	2724	99	155	2019
92	Tartu - Viljandi - Kiilingi-Nõmme	44111	51153	7042	2877	95	2	3	2688	78	111	2019
92	Tartu - Viljandi - Kiilingi-Nõmme	51153	65399	14246	3863	95	2	3	3637	90	136	2019
92	Tartu - Viljandi - Kiilingi-Nõmme	65399	69140	3741	3649	95	2	3	3422	87	140	2019
92	Tartu - Viljandi - Kiilingi-Nõmme	69140	71056	1916	4533	94	2	4	4258	93	182	2019
92	Tartu - Viljandi - Kiilingi-Nõmme	76216	81408	5192	4094	96	1	3	3884	74	136	2019
92	Tartu - Viljandi - Kiilingi-Nõmme	81408	93182	11774	2361	90	2	8	2097	52	212	2019
92	Tartu - Viljandi - Kiilingi-Nõmme	93182	122783	29601	1582	89	2	9	1394	38	150	2019

Joonis L4.8. Teede Tehnokeskuse andmetel liiklussagedus Eesti maanteedel seisuga 31.12.2019 [45]

LISA 7 jätk

Mnt nr	Maantee nimetus	Algus m	Lõpp m	Pikkus m	AKÖL autot/ööp	SAPA %	VAAB %	AR %	SAPA autot/ööp	VAAB autot/ööp	AR autot/ööp	Loenduse aasta
39	Tartu - Jõgeva - Aravete	11496	14995	3499	4012	94	1	5	3715	68	229	2019
39	Tartu - Jõgeva - Aravete	14995	18837	3842	4401	95	1	4	4116	73	212	2019
39	Tartu - Jõgeva - Aravete	18837	26557	7720	3303	93	1	6	3006	66	231	2019
39	Tartu - Jõgeva - Aravete	26557	41230	14673	3442	92	2	6	3106	102	234	2019
39	Tartu - Jõgeva - Aravete	41230	43475	2245	4096	92	1	7	3700	74	322	2019
39	Tartu - Jõgeva - Aravete	43475	46471	2996	4856	94	1	5	4541	72	243	2019
39	Tartu - Jõgeva - Aravete	46471	54719	8248	2830	91	1	8	2541	51	238	2019
39	Tartu - Jõgeva - Aravete	54719	66775	12056	2494	90	2	8	2221	51	222	2019
39	Tartu - Jõgeva - Aravete	66775	81589	14814	892	93	1	6	816	16	60	2019
39	Tartu - Jõgeva - Aravete	81589	92980	11391	921	91	1	8	826	13	82	2019
39	Tartu - Jõgeva - Aravete	92980	95596	2616	1633	95	1	4	1541	23	69	2019
39	Tartu - Jõgeva - Aravete	95596	108037	12441	1173	92	1	7	1063	18	92	2019
40	Tartu - Tiksoja	4052	6979	2927	3989	94	3	3	3720	125	144	2019
41	Kärevere - Kärkna	0	10872	10872	1097	75	2	23	809	30	258	2019
41	Kärevere - Kärkna	10872	12945	2073	1805	88	2	10	1562	48	195	2019
42	Kärkna - Kobratu	0	7142	7142	719	83	2	15	588	18	113	2019
43	Aovere - Kallaste - Omedu	0	8759	8759	2347	91	3	6	2109	78	160	2019
43	Aovere - Kallaste - Omedu	8759	20670	11911	1679	97	1	2	1607	30	42	2019
43	Aovere - Kallaste - Omedu	20670	29661	8991	1074	96	1	3	1013	21	40	2019
43	Aovere - Kallaste - Omedu	29661	37462	7801	984	97	1	2	939	17	28	2019
43	Aovere - Kallaste - Omedu	37462	40499	3037	719	95	1	4	680	10	29	2019
43	Aovere - Kallaste - Omedu	40499	57041	16542	676	92	1	7	618	10	48	2019
44	Aovere - Luunja	0	5030	5030	2136	88	1	11	1860	34	242	2019
44	Aovere - Luunja	5030	11352	6322	1313	85	1	14	1092	26	195	2019
45	Tartu - Räpina - Värsk	3264	4656	1392	8501	94	3	3	7897	339	265	2019
45	Tartu - Räpina - Värsk	4656	6086	1430	6395	97	1	2	6165	72	158	2019
45	Tartu - Räpina - Värsk	6086	9709	3623	4583	95	1	4	4319	61	203	2019
45	Tartu - Räpina - Värsk	9709	17072	7363	3801	94	2	4	3508	108	185	2019
45	Tartu - Räpina - Värsk	17072	22574	5502	3284	94	1	5	3032	57	195	2019
45	Tartu - Räpina - Värsk	22574	33069	10495	2524	94	1	5	2333	40	151	2019
45	Tartu - Räpina - Värsk	33069	42176	9107	1505	92	2	6	1379	35	91	2019
45	Tartu - Räpina - Värsk	42176	54783	12607	1551	92	2	6	1412	36	103	2019
45	Tartu - Räpina - Värsk	54783	62160	7377	1608	96	2	2	1516	45	47	2019
45	Tartu - Räpina - Värsk	62160	63846	1686	2851	96	1	3	2706	41	104	2019
45	Tartu - Räpina - Värsk	63846	81592	17746	845	90	3	7	751	32	62	2019
45	Tartu - Räpina - Värsk	81592	85613	4021	821	96	1	3	776	15	30	2019
46	Tatra - Otepää - Sangaste	0	8709	8709	2824	96	2	2	2705	58	61	2019
46	Tatra - Otepää - Sangaste	8709	25870	17161	2264	98	1	1	2187	39	38	2019
46	Tatra - Otepää - Sangaste	25870	41991	16121	1179	96	1	3	1126	17	36	2019

Joonis L4.9. Teede Tehnokeskuse andmetel liiklussagedus Eesti maanteedel seisuga 31.12.2019 [45]

LISA 7 jätk

Mnt nr	Maantee nimetus	Algus m	Lõpp m	Pikkus m	AKÖL autot/ööp	SAPA %	VAAB %	AR %	SAPA autot/ööp	VAAB autot/ööp	AR autot/ööp	Loenduse aasta
59	Pärnu - Tori	3595	9711	6116	3226	95	2	3	3051	65	110	2019
59	Pärnu - Tori	9711	20501	10790	1051	93	3	4	962	41	48	2019
59	Pärnu - Tori	20501	23466	2965	1936	89	2	9	1702	48	186	2019
60	Pärnu - Lihula	0	2847	2847	6809	91	2	7	6117	200	492	2019
60	Pärnu - Lihula	2847	4527	1680	10117	97	1	2	9645	179	293	2019
60	Pärnu - Lihula	4527	7892	3365	8742	95	2	3	8230	230	282	2019
60	Pärnu - Lihula	7892	12308	4416	4313	93	1	6	3958	86	269	2019
60	Pärnu - Lihula	12308	31945	19637	2522	90	4	6	2260	103	159	2019
60	Pärnu - Lihula	31945	35510	3565	1914	91	2	7	1729	51	134	2019
60	Pärnu - Lihula	35510	56122	20612	1059	91	3	6	954	38	67	2019
61	Põlva - Reola	621	15043	14422	2618	95	1	4	2443	51	124	2019
61	Põlva - Reola	15043	29152	14109	2875	92	2	6	2614	79	182	2019
61	Põlva - Reola	29152	37082	7930	3868	94	2	4	3585	98	185	2019
62	Kanepi - Leevaku	0	6053	6053	877	87	2	11	755	18	104	2019
62	Kanepi - Leevaku	6053	19233	13180	897	91	1	8	805	16	76	2019
62	Kanepi - Leevaku	21782	22818	1036	5009	96	2	2	4758	104	147	2019
62	Kanepi - Leevaku	22818	24824	2006	3182	95	1	4	3000	39	143	2019
62	Kanepi - Leevaku	24824	32707	7883	1012	89	2	9	888	30	94	2019
62	Kanepi - Leevaku	32707	41820	9113	382	94	1	5	354	7	21	2019
63	Karisilla - Petseri	0	17800	17800	539	81	2	17	435	11	93	2019
64	Võru - Põlva	715	1542	827	3947	98	2	0	3834	85	28	2019
64	Võru - Põlva	1573	5161	3588	4216	95	2	3	3995	85	136	2019
64	Võru - Põlva	5161	16317	11156	1620	94	2	4	1506	43	71	2019
64	Võru - Põlva	16317	20554	4237	2093	96	1	3	1995	34	64	2019
64	Võru - Põlva	20554	23837	3283	2361	96	1	3	2240	47	74	2019
65	Võru - Räpina	2142	2878	736	4146	95	1	4	3876	70	200	2019
65	Võru - Räpina	2927	7167	4240	2285	96	1	3	2170	31	84	2019
65	Võru - Räpina	7167	8715	1548	1216	94	1	5	1128	16	72	2019
65	Võru - Räpina	8715	25911	17196	662	91	1	8	592	11	59	2019
65	Võru - Räpina	25911	43974	18063	860	94	1	5	803	13	44	2019
66	Võru - Verijärve	0	1616	1616	5129	98	2	0	4963	120	46	2019
66	Võru - Verijärve	1616	2324	708	2861	97	1	2	2742	52	67	2019
66	Võru - Verijärve	2324	3804	1480	2087	97	2	1	2000	52	35	2019
67	Võru - Mõniste - Valga	2456	3326	870	6000	98	1	1	5823	97	80	2019
67	Võru - Mõniste - Valga	3326	3893	567	3490	96	1	3	3329	48	113	2019
67	Võru - Mõniste - Valga	3893	7668	3775	2568	97	1	2	2480	32	56	2019
67	Võru - Mõniste - Valga	7668	20580	12912	1074	92	1	7	974	18	82	2019
67	Võru - Mõniste - Valga	20580	38104	17524	771	88	2	10	669	22	80	2019
67	Võru - Mõniste - Valga	38104	51625	13521	398	93	1	6	366	6	26	2019

Joonis L4.10. Teede Tehnokeskuse andmetel liiklussagedus Eesti maanteedel seisuga 31.12.2019 [45]