



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
TalTech Tartu Kolledž

**VEHICLE TO GRID POTENTIAAL EESTIS -  
SOODUSTAVAD JA TAKISTAVAD TEGURID NING  
KOGEMUSED TEISTES RIIKIDES**

**THE POTENTIAL OF VEHICLE TO GRID TECHNOLOGY IN  
ESTONIA -POSITIVE AND NEGATIVE FACTORS AND  
EXPERIENCES FROM OTHER COUNTRIES**

RAKENDUSKÕRGHARIDUSÕPPE LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Rasmus Saal

Üliõpilaskood: 154621NDFR

Juhendaja: Sven Oras, lektor

Tartu 2020

# 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.

"25" mai 2020.

Autor: Rasmus Saal

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö esitatud nõuetele

"....." ..... 202.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....." .....202... .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

**TalTech Tartu Kolledž**  
**LÕPUTÖÖ ÜLESANNE**

**Üliõpilane:** Rasmus Saal, 154621NDFR

Õppekava, peeriala: NDFR14/15 - Küberfüüsikaline süsteemitehnika

Juhendaja(d): Lektor, Sven Oras, 620 4807 (amet, nimi, telefon)

**Lõputöö teema:**

Vehicle to grid potentsiaal Eestis – soodustavad ja takistavad tegurid ning kogemused teistes riikides

The potential of vehicle to grid technology in Estonia –positive and negative factors and experiences from other countries

**Lõputöö põhieesmärgid:**

1. Anda ülevaade *vehicle to grid* tehnoloogiast ja eesmärgist
2. Tuua välja *vehicle to grid* soodustavad ja takistavad tegurid Eestis
3. Anda ülevaade teiste riikide kogemustest *vehicle to grid* tehnoloogiaga

**Lõputöö etapid ja ajakava:**

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Eesti soodustavate ja takistavate tegurite kaardistamine	01.03
2.	Teiste riikide kogemustega tutvumine	15.04
3.	Lõpp hinnang <i>vehicle to grid</i> tehnoloogia potentsiaalile Eestis	05.05

**Töö keel:** eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "25" mai 2020a

**Üliõpilane:** Rasmus Saal ..... ".....".....202....a  
/allkiri/

**Juhendaja:** Sven Oras ..... ".....".....202....a  
/allkiri/

**Programmijuht:** Helle Hallik ..... ".....".....202....a  
/allkiri/

# SISUKORD

Lühendite ja tähiste loetelu.....	6
SISSEJUHATUS .....	7
1 Tehnoloogia .....	8
1.1 Eesmärk .....	8
1.2 V2G.....	8
1.3 CHAdeMO ja elektriauto.....	9
1.4 Tippkoormuste vähendamine.....	10
1.5 Sageduse ja pinge reguleerimine .....	11
1.6 Taastuenergia stabiliseerimine.....	12
1.7 Keskkond .....	13
2 SOODUSTAVAD TEGURID .....	14
2.1 Tehnoloogilised tegurid.....	14
2.1.1 Hea laadimistaristu.....	14
2.1.2 Tarkvõrk.....	15
2.1.3 Taastuenergia kasv .....	17
2.1.4 Elektriautode areng.....	17
2.2 Riiklikud ja majanduslikud tegurid.....	18
2.2.1 Elektriauto ostutoetus .....	18
2.2.2 Tingimused elektriautode laadimistaristute paigaldamiseks .....	20
2.2.3 Taastuenergia toetus.....	21
2.2.4 Erinevad elektriautodega seotud firmad .....	23
2.2.5 Väike riik.....	23
3 KAHJUSTAVAD TEGURID.....	25
3.1 Tehnoloogilised tegurid.....	25
3.1.1 Elektriautode väike hulk .....	25
3.1.2 Kõik elektriautod ei toeta V2G tehnoloogiat .....	26
3.1.3 Potentsiaalselt lühem aku eluiga .....	27
3.2 Riiklikud ja majanduslikud tegurid.....	28
3.2.1 Elektriauto kallim hind .....	28
3.2.2 Suur investering energiasektori poolt.....	29

3.2.3 Toodetav energia põlevkivist .....	30
3.2.4 Elektriturg.....	31
3.3 Inimlikud aspektid .....	32
3.3.1 Inimkäitumine.....	32
3.3.2 Elektriauto SOC (state of charge) .....	33
3.3.3 Uued tippkoormused.....	34
4 KOGEMUSED TEISTES RIIKIDES .....	35
4.1 Taani .....	35
4.2 Ühendkuningriigid.....	37
4.3 Norra .....	38
4.4 Eesti perspektiiv .....	40
5 SWOT ANALÜÜS.....	41
6 Kokkuvõte .....	43
7 Summary.....	45
8 Kasutatud kirjanduste loetelu .....	47
LISAD .....	50

## Lühendite ja tähiste loetelu

**EA** – elektriauto

**EL** – Euroopa Liit

**TE** – taastuenergia

**V2G** – *vehicle to grid*

## SISSEJUHATUS

Keskkonnateadlikkus on tänapäeva energiatootmises kasvav trend. Tehnoloogia arenedes on meil üha enam võimalik kasutada taastuvenergiat, mille tootmine kasvab iga-aastaselt, vähendades nii süsiniku jalajälge. Taastuvenergiale üleminekut toetab Eesti riik rahaliselt.

Toetust saanud taastuvenergia (TE) kogus kasvas 2019. aastal seitsme protsendi võrra 1698 GWh-ni (Elering, 2020). Lisaks riiklikule rahalisele toetusele on sätestatud Euroopa Liidu (EL) poolt erinevad nõuded, mis reguleerivad tarbitud/toodetud TE osakaalu elektrienergiast. TE-l on ka omad miinused. Tegemist on energiaallikaga, millele ei saa lootma jääda, sest keegi ei saa täpselt määrata, kui palju teatud hetkel paistab päikest või puhub tuult. Kuna TE-le ei saa 100% kindel olla, sõltutakse suurel määral veel mittetaastuvatest energiaallikatest. Eestis on selleks põlevkivi, mille puhul on isegi riiklikult sätestatud, et peab säilima energiasõltumatus ning keskmise tootmisvõimsuse reserv (Rahandusministeerium, 2019).

Selleks, et suurendada TE kasutusele võtmise kasvu, on vaja leida viise selle stabiliseerimiseks või salvestamiseks. Üks võimalus selleks on *vehicle to grid* (V2G) tehnoloogia, mis kujutab endast TE salvestamist elektriautode (EA) akudesse ning hiljem selle tagasi suunamist tarbijate elektrivõrku vastavalt vajadusele, pakkudes võrgule abistavaid teenuseid.

EA-de hulk on kasvamas. EA ostu toetab riik ning võttes arvesse EL piirangud  $CO_2$  heitmetele on nende tootmine suurenenud. Hetkel kasutatakse EA-sid ainult transpordi eesmärgil ning enamik ajast nad seisavad. Samal ajal saaks akuenergiat kasutada teistel eesmärkidel, mis oleks kasulik nii EA omanikule kui ka energiasektorile.

Käesoleva lõputöö eesmärk on uurida, kas V2G tehnoloogial on potentsiaali Eesti riigis. Millised oleksid need soodustavad tegurid, mis aitaksid kaasa V2G tehnoloogia arengule Eestis? Millised oleksid potentsiaalsed takistavad tegurid, olemasolevad puudused või ettetulevad määramatused? Uuritakse ka, millised on olnud teiste riikide kogemused? Lõpuks antakse kokkuvõttev hinnang, kas V2G tehnoloogia oleks võimalik Eestis praegu või lähitulevikus.

# 1 Tehnoloogia

## 1.1 Eesmärk

TE osakaalu suurenemine on oluline, kuid sellega kaasnevad ka probleemid. Enamus TE-st toodetakse tuulest ja päikesest, aga need energiaallikad on kõige väiksema töökindlusega ja kõige ebastabiilsemad.

TE tootlikkus on varieeruv, kas liiga kõrge ehk üle nõudluse, piisaval hulgal või siis liiga madal. Kõik sõltub sellest, kas tuul puhub või päike paistab. Selleks, et TE-t laiemal määral kasutusele võtta, oleks vaja paremat energiasalvestussüsteemi - akusüsteemi, mis vajadusel salvestaks liigse energia ning vajadusel jagaks seda laiali. Tegemist oleks muidugi kalli investeeringuga. Siinkohal oleks abi EA-dest. 95% ajast on sõiduautod statsionaarsed, sealhulgas ka EA-d. EA-de osakaal on suurenemas ning sellele aitavad kaasa ostutoetused ja hea laadimistaristu loomine. Elektrivõrgul tekiks potentsiaalne energiasalvestussüsteem, mis ei vajaks nii suurt investeeringut kui akupark. V2G tehnoloogias oleks EA-de akude kasutamisel palju positiivseid tegureid. Kahjulik mõju keskkonnale on väiksem. Kui EA-d salvestavad liigselt toodetud energiat, oleks energia kadu väiksem ning salvestades TE-t, oleksid ka kaudsed CO<sub>2</sub> emissioonid väiksemad.

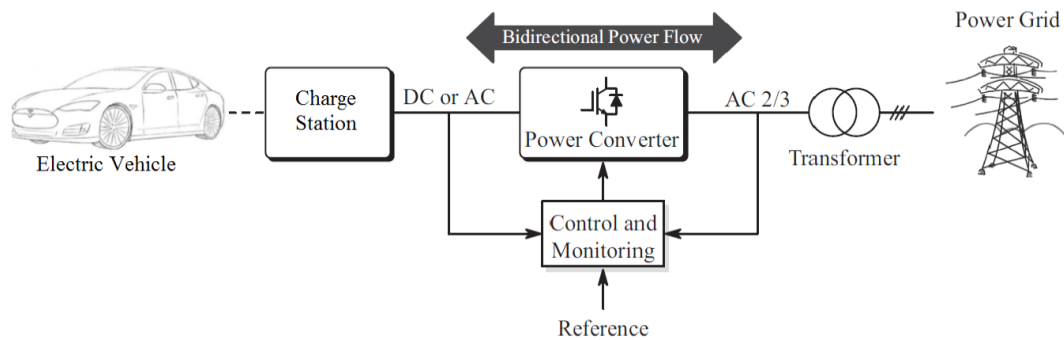
V2G panustaks veel vooluvõrgu pinget ja sageduse reguleerimisele, vähendades nõnda elektrivõrgu kulusid ning suurendades töökindlust (Murat Yilmaz, 2013). V2G toetaks lisaks ka TE kasvu, olles kui süsteemi puhver, salvestades ning jagades energiat laiali vastavalt vajadusele. Eelnevalt mainitud probleemid eksisteerivad juba praegu ning vajaksid lähiajal lahendust. Selles valdkonnas on üheks tulevikusuunaks V2G. (Francis Mwasilu, 2014).

## 1.2 V2G

V2G on tehnoloogia, mis kasutab EA akudes salvestatud energiat elektrivõrgu hüvanguks. Salvestatud energia kantakse edasi kasutades kahesuunalist laadimistehnoloogiat. Hetkel võimaldab seda täies mahus ainult CHAdeMO protokoll, mida kirjeldan põhjalikumalt peatükis 1.3. EA kahesuunalist laadimist peab toetama ka EA laadija, mis peab olema võimeline vastu võtma EA-sse salvestatud energiat ning seda edasi kandma jaotusvõrgule. Enne kui elektrivõrk saab seda energiat kasutada, tuleb laadijal EA akudes salvestatud alalisvool edasi kandmiseks muuta



vahelduvvooluks. Kõige selle eelduseks on *smart grid* ehk tarkvõrk, mis monitoorib ning juhib energiatarbimist ja tootmist elektrivõrgus. V2G tehnoloogiasse panustamise eest on ette nähtud EA omanikule rahaline kompensatsioon elektrivõrgule pakutud abistavate teenuste eest. Joonisel 1.2 on näha, mida kujutab endast üks kahe-suunaline laadimine. EA on ühenduses kahe-suunalise laadijaga, kus konverteeritakse akul olev alalisvool vahelduvvooluks ja kantakse võrku edasi. Samal ajal monitooritakse ja juhitakse kõiki tegevusi tarkvõrgu abil (Seyfettin Vadi, 2019).



Joonis 1.2 V2G tehnoloogia protsess (Seyfettin Vadi, 2019)

### 1.3 CHAdeMO ja elektriauto

V2G tehnoloogia jaoks sobivad EA-d, mille laadimisprotokoll toetab kahe-suunalist laadimist ehk on võimeline akus salvestatud energiat suunama mujale kui autos olevatele elektrimootoritele. Hetkel võimaldab seda ainult CHAdeMO protokoll, mis leiab kasutust Jaapanis toodetud autode puhul nagu Nissan ja Mitsubishi. Euroopa turul on 2018. aasta seisuga viis auto marki, mis võimaldavad V2G tehnoloogiat. Nendeks on: Mitsubishi i Miev, Mitsubishi Outlander, Nissan Leaf, Nissan eNV200/Evalia ja Kia Soul Electric. Tulevikus on ka potentsiaali CCS laadimisprotokollil, kui teha selles muudatusi, kuid kõige kasulikum oleks V2G siis, kui kõik EA-d kasutaks ühte protokollit (Jens Christian Morell Lodberg Høj, 2018).

CHAdeMO on alalisvoolu laadimisprotokoll, mis võimaldab EA-t laadida võimsusega 6 kW kuni 400 kW. Protokoll kasutab CAN kommunikatsiooni (Controller Area Network - sõnumipõhine protokoll, mida kasutatakse autos erinevate seadmete vahel suhtlemiseks), mis töötab kõigis EA-des oleva kommunikatsioonivõrguga, tehes selle integreerimise ülejäänud autoga lihtsaks ja töökindlaks. Laadimistsükli voolu kontrollib auto juhtimissüsteem. Kiirlaadija kontrollib väljundvoolu vastavalt EA laadimisvoolu päringule läbi CAN side reaajas. See võimaldab kiiremat laadimissüsteemi, võttes arvesse aku seisundit ning kasutamist keskkonda. Süsteem kasutab kahte kommunikatsiooniliini. Juhul kui üks katkeb, saab ikkagi viga tuvastada ja laadimise

lõpetada. Enne laadimist teostatakse testtsükkel, kus kontrollitakse vooluahela isolatsiooni, et kuskil kontaktide vahel lühist poleks. Juhul kui pärast laadimist pole pinge langenud, ei lubata pistikut eemaldada. See on lukustatud elektrilise lukuga. CHAdeMO puhul on tegemist targa, turvalise ja kiire laadimissüsteemiga (CHAdeMO). EA, mis ei võimalda kahe-suunalist laadimist ehk millel ei ole CHAdeMO protokolliga laadijat, täislaadimistsükleid saaks kontrollida ja panna töötama koos V2G tehnoloogiat toetavate EA-dega, leevendamaks võrgus olemasolevaid probleeme.

## 1.4 Tippkoormuste vähendamine

*Peak load* on elektrivõrgu tippkoormus ehk hetk, kui elektritarbimine on päeva jooksul oma kõrgeimas olekus. Lisanõudlust tuleb kuidagi täita ning selleks tuleb kasutusele võtta erinevaid ajutisi kiiretoimelisi tootejaamu, mis kasutavad fossiilseid kütuseid. Tegemist on väga kulukate ja aeglaste ressursidega, seega nende efektiivseks kasutamiseks peab olema ette ennustatud, millal neid lisameetmeid vaja läheb. V2G tehnoloogia võimaldaks reguleerida tippkoormusi, salvestades energiat EA akudesse, kui tarbimise nõudlus on madal ning vähendades tippkoormuse mõju tühjakslaadimisega tagasi võrku.

V2G süsteemid oleks kasu oleks nii võrgu haldajale, kasutajale kui ka keskkonnale. Vähendades tippkoormust langeb ka elektri hind. Ühtlasi väheneb ka koormus jaotusvõrgule muutes süsteemi veelgi efektiivsemaks. Elekter on tippkoormuse välisel ajal odavam, et inimesed tarbiks just tippkoormuse välisel ajal. Selline tarbimise suunamine aitab vähendada koormust laialikandevõrgule. Hinna langus tarbijale seisneks selles, et ei ole vaja tippkoormuse ajal osta elektrit tootjalt, vaid seda saab osta EA omanikult, kes müüb odavamalt toodetud elektrit. V2G kasutajale seisneb kasu nii odavamas elektri hinnas kui ka rahalises kompensatsioonis teenuse pakkumise eest. Samuti puudub vajadus käima panna lisa tootmisjaamu. Tänu V2G kasutusevõtule kulub vähem fossiilseid kütuseid ning õhku paiskub vähem CO<sub>2</sub> emissioone (Noor Aziz, 2019).

Kasutades koordineeritud laadimist ehk valides aega, millal EA-t laadida, vähendab see märkimisväärselt EA-de arvukuse kasvu mõju võrgule. Aidates optimeerida tarbimise nõudlust ning vähendada voolukõikumist ja kahju trafodele, kahandades ühtlasi ka TE süsteemide kadusid. Algne V2G süsteem ei pea olema ilmtingimata kahe-suunaline, vaid esialgu piisaks ka EA-de laadimise reguleerimisest. Sellise

süsteemiga saaksid osaleda ka EA-d, millel ei ole kahe-suunalise laadimise võimekust. Koordineeritud laadimine on efektiivsem kiirematel laadimistel (Murat Yilmaz, 2013).

Elektritootmise tippkoormuse negatiivset mõju saaks vähendada kasutades nii V2G kahe-suunalist laadimist kui ka V2G poolt reguleeritud ühe-suunalist laadimist. Kasu väljenduks kokkuhoius võrgus endas ja tootmise vähenemises, sest ei teki nii kõrgeid tippkoormusi, mis omaette kajastuks kliendi jaoks odavamal elektri hinnas. Lisaks on arvestatav mõju ka keskkonnale - salvestatakse rohelist energiat ning vähendatakse emissioone.

## **1.5 Sageduse ja pinge reguleerimine**

Sageduse reguleerimist kasutatakse volunõudluse ja pakkumise stabiliseerimiseks. Sagedus on elektrisüsteemi tervise indikaator ning peab olema oma nominaalväärtusel (50 Hz). Sageduse kõikumist tekitab ebastabiilne voolu tootmine ja tarbimine. Hetkel saavutatakse sageduse reguleerimine kasutades suuri generaatoreid, mis on kallid ning aeglase reageerimisajaga. Üks võimalus tootmise ja nõudluse reguleerimiseks on akud ning siin tulevadki mängu EA-d. Pinge reguleerimine saavutatakse võrgus reaktiivvõimsuse pakkumise ja nõudluse vahelise tasakaalu säilitamisega. Enamasti toimub reaktiivvõimsuse tarbimine induktiivkoormuse kaudu, mis vajab nõudluse tasakaalustamiseks mahtuvusliku reaktiivvõimsuse lisamist. Hetkel toimub selline kompenseerimine jaotusvõrgu tasemel (Ivo Palu, 2017).

Selleks, et hoida sagedus võrgu jaotussüsteemis stabiilne on olemas kolm erinevat kontrolltüüpi: esmane, sekundaarne ja tertsiaarne sageduse juhtimine. EA saab pakkuda voolusageduse reguleerimist madalamaks laadides oma akusid ning kui on vajadus voolusagedust suurendada, saab EA ennast samal ajal tühjaks laadida. Samuti on võimalik sageduse reguleerimiseks valida, millised EA-d teatud ajahetkel end laevad. EA-d saavad reageerida kiiresti reguleerimissignaalidele ning igat EA-t saaks kontrollida individuaalselt. EA-de laadijasse saab lisada pingekontrolli. EA laadija saab kompenseerida induktiivset või mahtuvuslikku reaktiivvõimsust, valides õige faasinurga. Juhul kui võrgu pingetase on liiga madal, saab EA lõpetada laadimise, ning kui on liiga kõrge, saab alustada laadimist. Tegemist on elektrivõrgule olulise teenusega ning selle teenuse pakkumise eest saaks EA omanik kompensatsiooni vastavalt oma panuse eest. Kompensatsioon võib ulatuda riigiti 0€–9600€ aastas ühe sõiduki kohta. Saksamaal tehtud uuringus leiti, et pakkudes voolusageduse madalamaks reguleerimist sekundaarsele kontrolli tüübile on majanduslik kasu kõige

suurem EA-de puhul, kuna see pakub võimalust laadida energiat odavalt (Murat Yilmaz, 2013). EA-de akud pakuvad kiiret ning efektiivset pinget ja sageduse reguleerimist, ilma et oleks vaja kasutada kalleid ja aeglaseid alternatiive.

## **1.6 Taastuenergia stabiliseerimine**

V2G tehnoloogia üks tähtsamaid rolle on toetada taastuva energia tootmist. Kaks kõige suuremat TE allikat on päikesepaneelid ja tuuleturbiinid ning mõlemad on ilmastikust sõltuvad energiaallikad. Kui TE osakaal on väike, saab kontrollida energiatootlikkuse vaheldumist olemasolevate vahenditega. Probleem tekib siis, kui TE osakaal kerkib üle 10-30% kogutootlikusest ehk tekib vajadus lisaressursi järele, mis toetaks niigi kõikuvat koormust (Willett Kempton, 2005).

TE direktiivis on määratud, et aastaks 2030 peab EL-s olema TE osakaal vähemalt 32% (European Commission, 2020). Sellest lähtuvalt tuleb suurendada TE osakaalu, millega kaasneb võrgu töökindluse langemine. Nagu eelnevalt mainitud, on V2G eesmärk salvestada seda energiat ning pakkuda seda tagasi võrku, kas nõudluse täitmiseks või energia stabiliseerimiseks.

Tuuleenergia puhul on tegemist TE allikaga, mille väljundvõimsuse kõikumine on kõige suurem. Mida suurem on tuuleenergia osakaal, seda rohkem kõigub sagedus. Taanist tehtud uuringus leiti, et EA-d võimsusega 16 MW toetaks 42 MW tuuleenergia osakaalu võrgus, samas ilma V2G abita oleks võimalik kasutada ainult 20 MW tuuleenergiat (Francis Mwasilu, 2014).

EA-d on olulised ka päikeseenergia puhul. Uuringus, kus keskenduti katusepealsete paneelide ja EA-de koostöö peale, leiti, et EA-d parandavad suuremahulist päikesepaneelide integratsiooni, pakkudes pinget reguleerimist ning vähendades ka koormust jaotusseadmetele. Uuringu tulemusena leiti, et päikesepaneelid koos EA-dega vähendasid pinget kõikumist 15% (Francis Mwasilu, 2014).

Aastal 2017 oli päikeseenergia osakaal Eestis toodetud TE-st veel 4% ja aastal 2018 oli see juba 19%. Aastal 2018 oli tuuleenergia osakaal 53%. Pea 2/3 Eestis toodetavast TE-st põhineb tuulel ja päikesel (ETEK, 2019).

TE osakaal on kasvamas, kuid selle kasvuga langeb ka elektrivõrgu üldisem stabiilsus. Selleks, et täita tulevikuks seatud kliimanetraalsuse eesmärged ning minna üle rohelisemale energiale, on vaja lahendust. Üks võimalik variant selleks oleks eelnevalt mainitud V2G tehnoloogia.

## 1.7 Keskkond

Kasvuhoonegaaside kasv ja fossiilsete kütuste vähenemine on transporti elektrifitseerimas. Selleks, et emissioone vähendada, oleks vaja rohkem kasutada EA-de jaoks TE allikaid ning V2G tehnoloogiat, et vähendada EA-de tegelikku süsiniku jalajälge.

EA-d ise küll ei tekita  $CO_2$ , aga see ei tähenda, et nad ei tekita kaudselt kasvuhoonegaaside emissioone. EA-de  $CO_2$  heitmed sõltuvad sellest, mis tüüpi energiaallikalt põhiliselt laadimiseks kasutatavat elektrienergiat toodetakse. Näiteks elektri tootmisel tekitatakse aastas keskmiselt 410 grammi  $CO_2$ /kWh. Eeldades, et EA kasutab umbes 200 Wh/km tekitab see 82 grammi  $CO_2$ /kWh kohta. Kulu, mis oleks sama umbes 3,8l/100km kohta bensiiniga sõites. Näide põhineb Portugali andmetel (Rui Freire, 2010).

EA emissioonid võivad erineda vastavalt sellele, kus kohas EA-t laetakse ja mis ajal päevas. Energia, mida toodetakse õhtustel aegadel võib olla suurem  $CO_2$  osakaal kui tippkoormuste aegadel. Energia, mida toodetakse tippkoormuse ajal on küll kallim, aga süsiniku intensiivsus on väiksem. Lisaks eelnevates peatükkidest mainitud energiaprobleemide lahendamisele saab ka V2G tehnoloogias kasutada strateegilist laadimise ajastamist, et vähendada veelgi  $CO_2$  heitmeid. Probleem võib tekkida sellega, et EA-de omanikud hoiaksid pigem raha kokku kui vähendaksid oma süsiniku jalajälge (Christopher G. Hoehne, 2016).

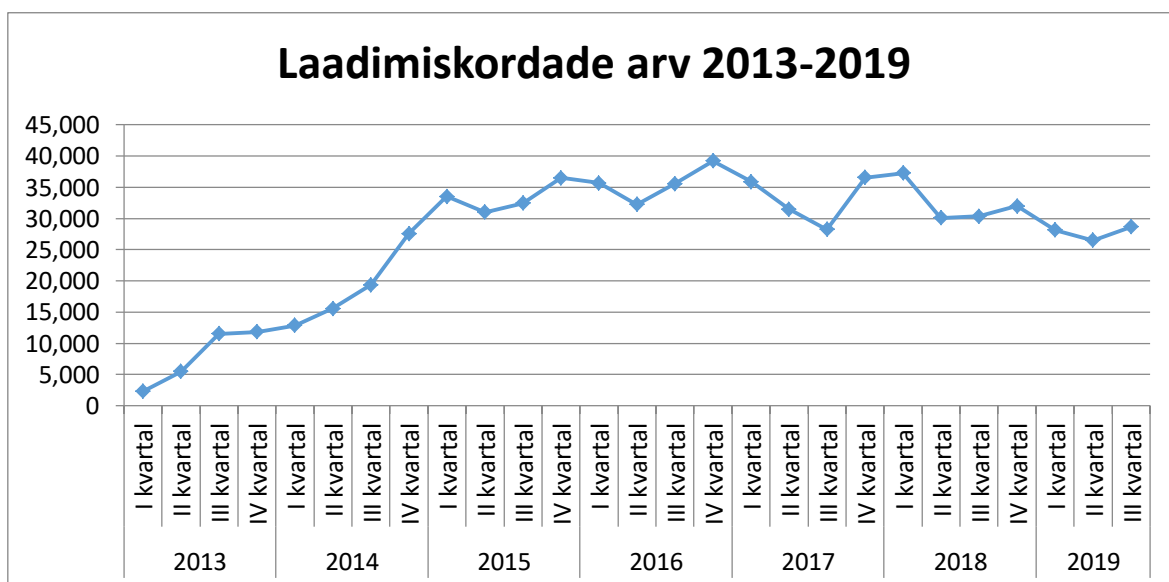
V2G tehnoloogia võimaldab ka TE kasvu, lahendades TE-ga kaasnevaid probleeme nagu sageduse ja pinge kõikumine ning tugevdades töökindlust, salvestades energiat kui tootlikkus on piisavalt suur, ja andes tagasi siis, kui ei ole. See võimaldab TE osakaalu suurenemist, millest lähtudes pole omakorda vaja nii palju fossiilsete ressursside abil energiat toota, vähendades  $CO_2$  tootmist. Salvestades öösel toodetud energiat, isegi juhul kui ta ei ole TE, on see keskkonnale sõbralikum, kui seda energiat üldse mitte kasutada. Elektrivool jookseb koguaeg liinides, kasutab seda keegi või mitte. V2G roll rohelisema tuleviku nimel võib olla suur.

## 2 SOODUSTAVAD TEGURID

### 2.1 Tehnoloogilised tegurid

#### 2.1.1 Hea laadimistaristu

Hea olemasolev elektriautode laadimistaristu on esimene samm V2G tehnoloogia arenguks. Eesti laadimistaristu sai alguse 2011. aasta saastekvootide müügilepingust. Samal ajal teostati nii EA-de hanget kui ka pakuti ostutoetust EA ostmisel, ning seda kõike haldas KredEx. Aastal 2012 oli Eesti esimene riik maailmas, kus rajati üleriigiline laadimisvõrk. Programmi käigus paigaldati 167 kiirlaadijat, millest 65 pandi maantee äärde ning 102 linnadesse (KredEx).



Joonis 2.1.1 Laadimiskordade arv Eestis ELMO laadijatel aastatel 2013-2019

Jooniselt on näha, mitu korda on kvartali jooksul EA-sid laetud. Alguses on EA-de laadimiste hulk väike, kuid suureneb 2014. aasta lõpuks ning seejärel jääb püsima. Siin on näha seost sellega, et 2014. aasta oli viimane aasta, kui KredEx jagas EA-de ostutoetust. Jooniselt tuleb välja ka EA-de puudus ehk alates 2015. aastast on neljanda ja esimese kvartali laadimiste arv samas vahemikus, mida saab seostada külma ilmaga. EA-de mahtuvus/läbisõit on külma tõttu väiksem, kuna EA peab ka akupanka soojendama. Mingit kasvavat trendi laadimiste arvus ei ole ehkki taristu on võimeline toetama olemasolevaid EA-sid. Lõputöö lisadest leiab ka joonise Lisa 1., kust saab näha laadimiste mahtu kWh-des.

Hetkel on laadimistaristu Elektrilevi valduses, kes soetas ELMO laadimistaristu ning võttis selle üle 22.11.2019. ELMO nimetus on nüüdseks muudetud ning nüüd kannab Eesti EA-de kiirlaadimisvõrgustik nime Enefit VOLT

Hetkel on Elektrilevi valduses 155 laadimispunkti, mis võimaldavad alalisvoolu laadimist võimekusega 50 kW ja vahelduvvooluga laadimist võimekusel 22 kW. Lisaks veel kolm laadimispunkti, kus on kaks vahelduvvooluga laadimisvõimalust, võimekusega 22 kW. EA-de laadijad toetavad CHAdeMO ja CCS laadimisprotokolle. CHAdeMO protokollid kasutavad kõik 50 kW võimsusklassi laadijad, millest ainult 3 toetavad veel ka CCS-i. Eesti Energia on arendamas ka tarka laadimist ja kahesuunalise laadimise teenust, kus saaks kas odavamalt laadida või kasutada V2G potentsiaali ning teenida selle tegevusega tulu. 2021. aasta lõpuks on plaanis lisada veel 97 laadijat, millest kümme on võimsusklassiga 150 kW, 80 laadijat 22 kW võimekusega ja seitse EA laadijat 50 kW võimekusega. Info sain kirj vahetuses Elektrileviga 21.04.2020. Esitatud küsimused on leitavad Lisas 3.

Viimase seitsme aasta jooksul pole laadimistaristu suurenenud, kuid nüüd on Elektrilevil plaanis lisada 97 uut laadijat. Lisaks on Eesti Energia välja toonud plaani arendada nii tarka laadimist kui ka kahesuunalist laadimist (Eesti Energia, 2020). Pakkudes uusi laadijad, mis toetavad rohkem laadimisprotokolle, suureneb ka erinevate EA-de arv, millel varasemalt polnud nii hea tugi. Lisaks avalikele laadijatele oleks vaja paigutada EA-de laadijad ettevõtete ja kaubanduskeskuste parklatesse. Need on sihtkohad, kuhu inimesed lähevad pikemaks ajaks ja saavad end mugavalt võrku ühendada. Sellest lähemalt teemas 2.2.2.

Soodustava tegurina aitab hea olemasolev laadimistaristu antud kontekstis kaasa EA-de arvukuse kasvule. Hetkel on EA väike arv suure negatiivse mõjuga tegur V2G tehnoloogia mõistes. Seda analüüsitakse lähemalt teemas 3.1.1. Käesoleval ajal pole Eestis kasutuses ühtegi avalikku kahesuunalist laadijat, mis omakorda võib jätta mulje, et teema 2.1.1, ei sobi soodustavate tegurite alla. Eesti suurim takistav tegur on EA-de madal arvukus, kuna hetkel töötav laadimistaristu toetab EA-de arvukuse kasvu, leevendades 3.1.1 mainitud probleemi.

## **2.1.2 Tarkvõrk**

Tarkvõrk on tavalise elektrivõrgu edasiarendus. Võrreldes tavalise elektrivõrguga pakub tarkvõrk kahesuunalist andmeedastust ühesuunalise asemel. Tarkvõrk võimaldab reaajas infot koguda, näiteks- kui palju toodetakse elektrit ning mis on

hetke nõudlus. Seda nii põhi- kui jaotusvõrgus, võimaldades võrku paremini jälgida ning juhtida (StudentEnergy).

See, mis seisus on meie tarkvõrk, mängib olulist rolli V2G tehnoloogia implementeerimisel, kas meil on üldse võimalik toetada kahe-suunalist laadimist ning monitoorida tootmist ja nõudlust ning seda vastavalt reguleerida. V2G tehnoloogia puhul mängib suuremat rolli jaotusvõrgu tehnoloogiline seis ja võimekus, kuna kogu protsess käiks läbi nende.

Elektrilevi eesmärk võrgu uuendamisel on tagada mõistliku võrguteenuse hinna juures piisavalt kvaliteetne võrguteenus. Samuti võrguteenuse hinna hoidmine kodukliendile taskukohasena ja ärikliendile sellisena, et see ei pärsiks konkurentsivõimet naaberriikidega, vähendades samaaegselt kliendikatkestusi. Lisaks on eesmärk pakkuda klientidele lisaväärtusi uute teenustega nagu side võrk ja laadimistaristu.

Elektrilevi on oma võrku uuendamas, lisades erinevaid uusi seadmeid, sideühendusi, väärindades andmeid ja võttes kasutusele uusi tarkvaralisi lahendusi. Näiteks kasutades rohkem kaugloetavaid arvesteid ja erinevaid rikete lokaliseerimise- ja kõrvaldamise tehnoloogiaid. Elektrilevil on plaanis uuendada võrku võttes arvesse TE tootmist. Hetkel puudub väiksemate elektrijaamade korral piisavalt paindlik reguleerimise võimalus. Elektrivõrgu uuendamisel arvestatakse EA-de arvukuse suurenemisega ning on tellitud ka uuring TalTech'ist - „Elektrilevi 35 (20)-110 kV võrgu arenguplaani koormuste prognoos ja meetoodika uuendamine (14.05.2018-2.11.2018)“.

Uute elektrivõrkude väljaehitamisel arvestatakse, et energia võib liikuda mõlemas suunas. Arvestades laadijate võimekusega ning võrgu enda piiratud läbilaskevõimega, saab tarku lahendusi kasutades olemasolevat võimsust laadijate vahel jagada. Nii on võimalik võrku optimaalselt kasutada.

Elektrilevil on olemas võimekus toetada V2G tehnoloogiat, käsitledes seda sisuliselt kui tootmisseedet, kus on vaja lahendada arvelduse küsimused. Mõlemal juhul muundatakse alalisvool vahelduvvooluks ja suunatakse üldisesse elektrivõrku. Tootmisseedmeid on Eestis juba tuhandeid. Info olen saanud kirjavahetuse teel Elektrileviga 21.04.2020. Esitatud küsimused Lisas 3.



Eelnevalt mainitud infost lähtudes võib öelda, et meie jaotusvõrk on teadlik tuleviku trendidest, on nendega arvestamas ning pidevalt oma võrku uuendamas. Jaotusvõrgul endal on olemas võimekus V2G tehnoloogia toetamiseks.

### **2.1.3 Taastuenergia kasv**

TE osakaal suureneb iga aasta. Olgu see panus riiklik, ettevõtja poolne või eraisik paneb oma kodu katusele päikesepaneelid. Eesti kui Euroopa Liidu liikmesriik saab enamus taastuenergeetika eesmärgid EL-lt ning annab ka ülevaadet enda tulemustest.

Aastaks 2020 on võetud eesmärk, kus TE osakaal energia lõpptarbimisest oleks 25%. Sinna hulka kuulub ka soojusenergia ja muu kütuse tarbimine. Pikaajaliste eesmärkidena võib välja tuua, et 2030. aastal moodustaks TE planeeritav osakaal energia lõpptarbimisest 45%. Energiasektori kasvuhoonegaaside emissioonid peavad olema vähenenud >80% võrreldes 1990. aastaga. Eelnevalt mainitud eesmärk peab olema täidetud aastaks 2050 (Elering). Aastal 2018 moodustas TE toodang 17,1% elektrienergia kogutarbimisest, kokku 1662 GWh, kus 62% kogutoodangust andis biomass ning tuuleenergia osakaal oli 36% (Elering, 2019).

2019. aastal kattis TE 21% elektrienergia kogutarbimisest. Eelmisel aastal toodeti Eestis kokku 1946 GWh elektrienergiat. TE tootmise suurenemine aastast 3,9% on juba suur kasv. Kui kasv jätkuks samamoodi oleks 2030. aasta eesmärk täidetud juba aastaks 2026. 2019. aastal lisandus ka palju päikesepaneelidega elektritootjaid, ligi 800. Eleringis nõuetekohaste päikesejaamade toodang oli 88 MW (Elering, 2020).

TE kasutuselevõttuga on tegemist kasvava trendiga, mida toetavad EL-i eesmärgid ning ka Eesti riik oma eesmärkide ja TE toetusega. TE toetusest räägitakse lähemalt soodustavaid teguriteid analüüsisivas peatükis 2.2.3. Huvi ei ole ainult suurtootjatel, vaid ka väiketootjatel. TE kasvades väheneb võrgu töökindlus, mille leevendamisel mängiks olulist rolli V2G tehnoloogia, salvestades energiat EA-de akudesse ning võimaldades seda kasutada TE stabiliseerimiseks. TE suurenemisel on EA-d Eestis ka rohelisemad ehk nad ei laeks ennast ainult põlevkivist toodetud elektrienergiast.

### **2.1.4 Elektriautode areng**

Olles EL-i liikmesriik, mõjutavad Eestis toimuvat sealsed otsused. Viimastel aastatel on Euroopa Liidus suurt tähelepanu pälvinud keskkonnateemad. Sellega seoses on paika

pandud erinevad arenduskavad ja muutused, mida erinevad riigid või ettevõtted võiksid täita. Sinna hulka kuulub ka autode  $CO_2$  heitmete piiramine/vähendamine. EL-s on 12% kasvuhoonegaasi  $CO_2$  koguheitest põhjustatud autode poolt.  $CO_2$  heitmete vähendamiseks on loodud nõuded uutele toodetavatele autodele. 2021. aasta eesmärgiks on auto kohta  $95gCO_2/km$  heidet, mis tähendaks kütusekulu 4.6L/100km bensiini ning 3.6L/100km diisli kohta. Seetõttu on hakanud erinevad autotootjad panustama rohkem hübriid- või EA-de tootmise peale (European Commission).

Erinevad autotootjad, kes varasemalt EA-sid ei pakkunud, on hakanud nüüd neid tootma. Autotootja eesmärk on müüa võimalikult palju autosid ning saavutada võimalikult suur kasum. Üks võimalus selle saavutamiseks on teha parem EA kui teistel autotootjatel, mis võib endast kujutada paremat elektrimootorit või aku tehnoloogiat. Samas panustatakse sellega nii keskkonnahoidu kui ka suurendatakse inimeste valikute võimalusi auto ostul. Tehnoloogia arenedes kasvab EA-de läbisõidu-võimekus ning väheneb vahe sise põlemismootoriga autodega.

Inimesed ei pruugi auto ostmisel lähtuda ainult keskkonda säästvatest parameetritest. Neile võib olulisem olla hoopis auto mark või selle välimus. Kuna erinevad autotootjad on hakanud pakkuma oma nägemust EA-dest, siis pakub see inimestele suuremat valikut, mis võib panna inimesi tegema otsust EA kasuks isegi siis, kui neil ei olnud see plaanis. Näiteks, kui kellelegi meeldib Volkswagen Golf, siis tal on nüüd võimalus see sama auto ka EA-na soetada.

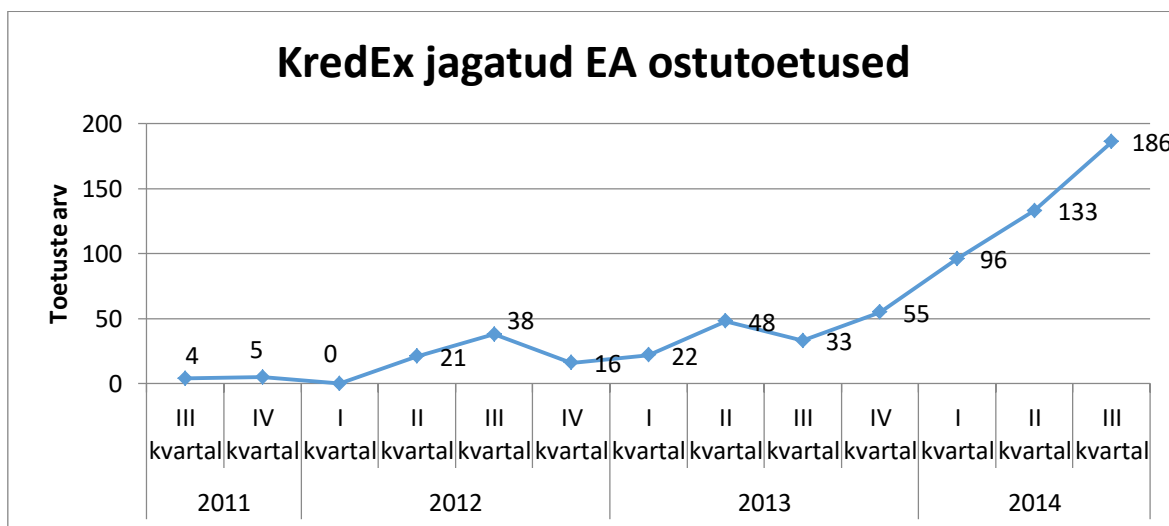
Potentsiaalne EA omanik on ka potentsiaalne V2G tehnoloogiasse panustaja. Vahet pole, mis põhjusel ta selle EA soetab, kas välimuse, keskkonna või margi pärast. Küll võiksid EA-d kasutada ühtset laadimisprotokolli CHAdeMO V2G tehnoloogia võimekuseks.

## **2.2 Riiklikud ja majanduslikud tegurid**

### **2.2.1 Elektriauto ostutoetus**

Eesti riigil on erinevaid meetmeid, mille eesmärk on toetada TE valdkonda või keskkonda. EA-de ostutoetuse eesmärk on eelkõige Eesti transpordisektoris süsinikdioksiidi emissiooni vähendamine ja elektritranspordi propageerimine. Mõlemad on V2G-d soodustavad tegurid. Kõik sai alguse 2011. aastal, kui Vabariigi Valitsus müüs saastekvoote, et algatada elektromobiilsus programm. Lisaks 507-me

Mitsubishi i-Mievi soetamisele ja EA-de laadimistaristu loomisele töötati välja ka EA-de ostmiseks toetuskeem. Toetuste jagamist korraldas SA KredEx. Toetusi jagati aastal 2011-2014, kus keskmiseks toetussummaks oli 16 500€ ühe auto kohta. Kokku jagati toetusi 10,5 miljoni euro eest. Nelja aasta peale esitati kokku 795 taotlust millest 657 rahuldati. 51,4% autodest soetati eraisikute poolt ning ülejäänud ettevõtete poolt (KredEx).



Joonis 2.2.1 KredEx'i poolt jaotatud EA-de ostutoetuse arv aastatel 2011-2014

Jooniselt 2.2.1 on näha, et esimesel aastal oli kõigest 9 EA ostu. See võib olla seotud sellega, et toetusmeetmed said alguse alles 2011. aasta märtsis. 2012. aastaks soetati toetusega juba 75 ning 2014. aastaks juba 415 elektriautot. Siit tuleb välja, et kui EA-d oleksid sama kallid kui sisepõlemismootoriga autod, siis ostetakse EA-sid rohkem, kuna huvi nende vastu on olemas (<https://kredex.ee/et/elmo>). Pärast toetuse lõppu kukkus ka EA-de soetamine peaaegu olematuks. See näitab, et EA-de kallim hind on üks takistav tegur nende ostmiseks.

2019. aasta lõpus elustati EA ostutoetuse programm ning selle võttis üle SA Keskonnainvesteeringute Keskus (KIK). Toetuse summa iga EA kohta oli 5000 € ning viimases lõppenud taotlusvoorus toetati 232 EA ostu. Seekord olid toetuse taotlejatest 2/3 ettevõtjad ning 1/3 eraisikud. Nende andmete põhjal võib arvata, et oluline V2G panus tuleks ka ettevõtete poolt. Toetust said ainult sõiduaudod, mis vastavad „Täiselektrilise sõidukite ostutoetuse andmise tingimused ja kord“ nõuetele. Muuseas on nõutud, et nelja aasta jooksul peab EA sõitma vähemalt 80 000 km ja sellest 80% Eestis. Selle kontrollimiseks paigaldatakse autosse GPS-süsteem. Info on saadud kirjavahetuse teel KIK-ga 23.03.2020. Esitatud küsimused on kajastatud Lisas 2. EA ostu vastu on huvi olemas, kui riik oleks valmis EA-de soetamist toetama. Tulemuseks

võib olla suurem EA-de hulk teedel ja suurenenud V2G tehnoloogia potentsiaal. Tulevikus võiks olla üheks toetuse saamise tingimuseks ostetavate EA-de V2G tehnoloogia võimekus. Juhul kui V2G tehnoloogiat kunagi implementeerida tahetakse, siis oleks see potentsiaal olemas. Negatiivse poolena võib see nõue vähendada EA-de valikut, mis omakorda võib vähendada ka uute EA-de soetamist.

### **2.2.2 Tingimused elektriautode laadimistaristute paigaldamiseks**

Riik saab oluliselt mõjutada TE osakaalu suurendamist läbi seadusandluse. 26.03.2020 kinnitas Eesti Valitsus hoonete energiatõhususe eelnõu, mille järgi peab tulevikus uute hoonete ehitamisel või olemasolevate rekonstrueerimisel arvestama ka EA-de laadimistaristu paigaldamisega. Nõue hakkab kehtima alates 2021. aasta kevadest. EA-de laadimistaristu tuleb luua siis, kui teenindaval hoonel on rohkem kui 10 parkimiskohta ning mittelelamutel ja suurettevõtetel tuleb varustada vähemalt viiendik parkimiskohtadest laadimiskohtadega. Juhul kui on tegemist elamuga, tuleb kõik parkimiskohad varustada vastava juhtmestikuga (Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2020).

Elanikul, kellel tekib soov laadimispunkt teha enda parkimiskohale, oleks seega koheselt võimalus olemas. Eelnõu sätestab samuti, et olemasolevaid mitte-elamuid, kus on rohkem kui 20 parkimiskohta, tuleb aastaks 2025 varustada ühe laadimispunktiga. Kõik see on osa EL-i hoonete energiatõhususe direktiivist 2018/844. Eesmärk on suurendada EA-dele üleminekut, vähendada kasvuhoonegaaside teket ning liikuda samm sammult lähemale kliimanetraalsusele. Eelnõu eesmärk pole otseselt suurendada V2G tehnoloogia potentsiaali (Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2020).

Tulevikus ei pea enam EA-de omanikud käima spetsiaalsetes laadimispunktides, vaid need oleks olemas enamus ettevõtete parklates. Lisaks ei pea EA omanik olema enam ainult maja omanik, vaid saab ka kortermaja parklas edukalt oma EA-t laadida. See võib mõjuda soosivalt EA-de omanike arvu kasvule. Auto on enamjaolt transpordivahend ning seisab paigal suurema osa ajast. Kui tulevikus on enamus pargitud EA-d ühenduses laadijatega, on hea võimalus elektrivõrgul kasutada seda salvestatud energiat TE stabiliseerimiseks. Tegemist oleks ühe suure sammuga kliimanetraalsuse saavutamise poole, mis on ka üks eelnõu eesmärkidest. Küll aga pole eelnõus mainitud midagi kahesuunalistest laadijatest ehk eelnõu aitaks suurendada EA-de arvukust, aga mitte otseselt panustada V2G tehnoloogiasse. Teemas 1.2 mainitu eeldab V2G tehnoloogia kahesuunalise laadija kasutamist.

### 2.2.3 Taastuenergia toetus

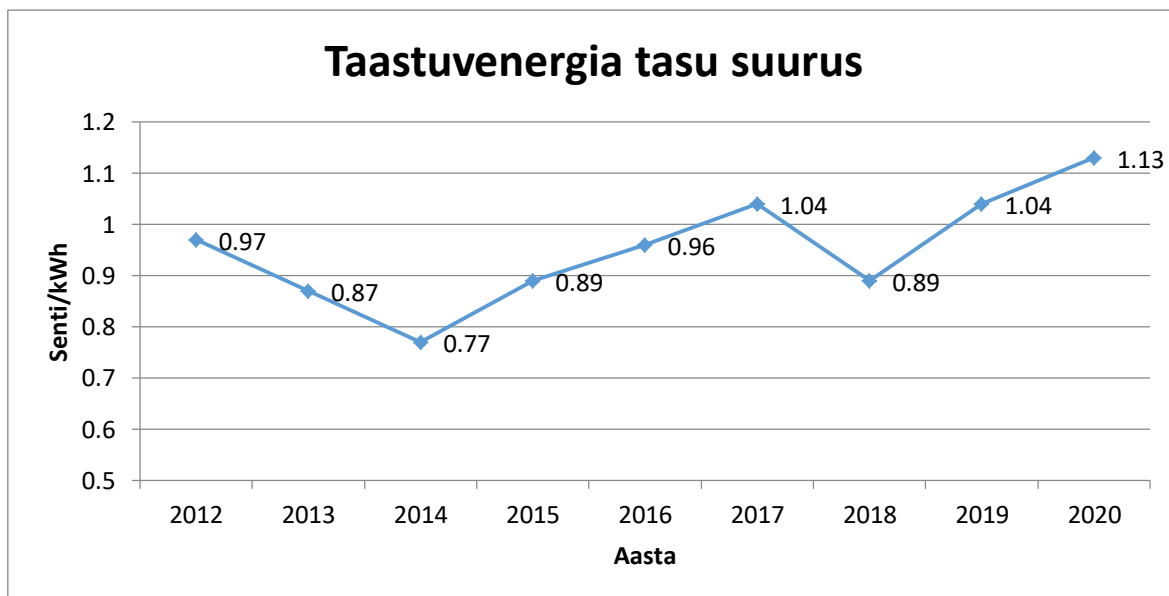
TE toetuse andmise üks eesmärgi on TE tootmise suurendamine. Algne investeering on suur ning tasuvusaeg pikk. Toetus aitab vähendada TE tootja tasuvusaega. Toetuse eesmärk on muuta energiasektorit efektiivsemaks ja tagada sisemine varustuskindlus. Toetusi maksab Elering, elektrituruseaduse paragrahv 59 alusel (Elering). TE tasu tuleb võrgutasudest, mida maksavad kõik elektritarbijad Eestis vastavalt valitud teenuse ja koguse mahule. Tarbijatel on võimalik näha, kui suur on konkreetselt tema TE tasu, selle arvutab Elering ning avaldab oma veebilehel. Tasu määraks on senti/kWh. Aastal 2018 maksti TE ja tõhusa koostootmise toetust kokku 83 miljonit eurot, millest näiteks 715 000 eurot oli suunatud päikeseenergiale. Toetust maksti 6% rohkem kui 2017. aastal (Elering, 2019). 2019. aastal maksti kokku TE toetusi 91. miljoni euro eest, millest 2,7 miljonit eurot oli mõeldud päikeseenergiale. Lisaks toetuse summale suurenes ka päikeseenergia tootmise maht kolmekordselt võrreldes 2018. aastaga (Elering, 2020).

TE tasu arvutatakse järgnevalt.

$$\text{Tasu} = \frac{\text{Plaanitav toetuste summa ja halduskulud (€) \pm Eelmise perioodi jääk ja intress (€) - Statistikakaubanduse tulud (€)}}{\text{Lõpptarbimise prognoos (kWh)}}$$

Joonis 2.2.3.1 Taastuenergia toetuse arvutamise valem

Nagu valemist on näha sõltub tasu erinevatest faktoritest ja erineb aastast aastasse. Eelmise perioodi jääk ja intress on +- märgiga valemis ehk sõltuvalt aastast võib see omada vähendavat või suurendavat mõju TE tasule.



Joonis 2.2.3.2 Taastuenergia tasu suurus aastatel 2012-2020

TE tasu on muutunud viimaste aastate jooksul, esineb nii tõusu kui langust. Joonisel 2.2.3.2 on kujutatud tasu määr ühikuga senti/kWh ilma käibemaksuta. Jooniselt on näha, et 2012. aasta TE tasu 0,97 senti/kWh on olnud isegi kõrgem kui 2018. aasta, milleks oli toona 0,89 senti/kWh. Aastast 2018 on TE toetus hakanud kasvama ning on jätkanud kasvamist viimased kaks aastat. Kõige madalam tasumäär on olnud kõigest 0.77 senti/kWh aastal 2014, mis on 32% vähem kui aastal 2020. Mingit kindlat prognoosi selle tabeli järgi teha ei saa. Keskmise aritmeetiline tasu läbi aastate on 0,95 senti/kWh (Elering).

Lisaks pakkus Kredex päikesepaneelide investeringutoetust. Eesmärk oli suurendada TE-st toodetud elektri osakaalu ja vähendada elektrienergia tootmisest tulenevat saasteainete heitkogust. Toetus sobib korteriühistutele, kohalikele omavalitsusele ja ettevõttele. Toetust anti kuni 30% ulatuses toetatavate tegevuste abikõlblike kulude kogusummast, ning selle eesmärk oli lühendada tehtavate investeringute tasuvusaega. Toetatakse nii energiatootmiseseadme projekteerimise -, paigaldamise -, kui soetamise kulu. Toetust anti taotleja kohta kuni 30 000 €. Kredexi toetus suurendas kindlasti väiketootjate arvu, aidates kõigil panustada TE osakaalu suurenemisele, olgu väiketootjaks siis korteriühistu või ettevõtte (Kredex).

TE tasu toetus mängib suurt rolli TE kasutamisele võtmise kasvus, vähendades tasuvusaega ning suurendades toodetud energia kohta tulu. Niiviisi suureneb V2G tehnoloogia potentsiaal koos TE kasvuga. TE toetust või sarnast toetust võiks tulevikus määrata ka V2G tehnoloogias osalevatele EA omanikele selleks, et suurendada

potentsiaalset tulu. Hetkel on Eesti energia turul energia hinna kõikumine väike, sellest lähemalt teemas 3.2.4.

#### **2.2.4 Erinevad elektriautodega seotud firmad**

Eestis on erinevaid ettevõtteid, keda saab seostada EA-dega. Taksoteenust pakkuvad firmad nagu Elektritakso, kes sõidutavad kliente EA-ga nii Tartus kui ka Pärnus või siis Taksofirma Välk, kes tegutseb Tallinnas. Lisaks pakub ettevõtte Elmo Rent võimalust rentida EA-sid nii Tallinnas kui Tartus. EA-dega seotud firmad näitavad, kui võimekaks on EA-d tänapäeval muutumas. Lisaks omamisele on ka võimalik Eesti turul äri teha. Elektritakso firmad pakuvad Eesti kodanikele esimese kogemuse EA-dega, võimaldades näha EA-t nii seest kui väljast. Punktist A punkti B sõidab see sarnaselt sisepõlemismootoriga autoga, aga vaiksemalt. Inimene, kes varem ei mõelnudki EA soetamise peale, võib nüüd saadud kogemuse põhjal isegi kaaluda.

Nagu enne öeldud, Elmo Rent võimaldab rentida EA-sid, mis annab võimaluse inimesel ise autoga sõita. Tekib võimalus kogeda kõike, mis kaasneks EA omamisega. Võimalik on näha, kuidas toimub laadimine ja kui palju sõitmine maksab. EA-dega seotud ettevõtted näitavad, et EA on võimekas liiklusvahend Eesti rahvale. Lisaks esimesele EA kogemusele müüvad EA-dega seotud firmad ka oma kasutatud autod järelturul maha. See võimaldab endale odavamalt EA soetada, kaotades mõningase läbisõidu võimekuse arvelt. Kasutatud EA-de hindadest räägin lähemalt kahjustavate tegurite all peatükis 3.2.1.

Laiendades inimeste teadmisi EA-de kohta ning võimaldades osta kasutatud EA odavamalt, tõstab see uute EA omanike arvu, mis omakorda suurendab V2G tehnoloogia kasutamise võimalust. Tõenäoliselt oleks ka EA-dega seotud ettevõtted V2G-st osaliselt huvitatud. See on võimalus panna oma autopark raha teenima ka siis, kui nad otseselt ei sõida. Siin ei mõelda enam ühte EA omanikku, kellel on üks auto, vaid EA-dega tegelevat firmat, kellel võib olla mõnikümmend või rohkem autot. Taksode puhul oleks tõenäoliselt V2G potentsiaal väiksem, aga rendiautod seisavad enamuse ajast ja ootavad kasutamist. Ettevõtlus, mis on seotud EA-dega, on olulisel kohal V2G tehnoloogias.

#### **2.2.5 Väike riik**

Eesti riik on geograafiliselt mõõtudelt suhteliselt väike võrreldes suuremate EL-i liikmesriikidega. Eesti ühest otsast teise sõidab umbes kolm tundi. Näiteks sõit Valgast Tallinnasse on 242 km ja ajalise kulu ennustab *Google Maps* 2h 57min (Google).

Kindlasti tekib küsimus, mis see V2G tehnoloogiasse puutub. Tehnoloogia kasutab seisvate EA-de akude mahtu. Mida vähem on EA-sid sõidus, seda rohkem saab EA-sid kasutada TE stabiliseerimiseks. Hetkel pole muidugi enamusi EA-d veel nii võimekad, et sõita Eesti tingimustes ligi 250 km. Võib teha järelduse, et EA-d on vähem aega sõidus kui sise põlemismootoriga sõidukid. Eeldame, et EA-ga ei sõideta päevas rohkem kui neli tundi ehk 20 tundi päevast ta seisab ning on justkui jaotusvõrgu akupank, mida saaks kasutada. See ei tähenda, et EA aku mahtu saab 20 tundi kogu aeg tühjaks laadida. Suurema kasumi eesmärgil tuleb reguleerida EA-de laadimisaegu, et ei tekiks uusi *peak-load'e* ning laadida elektrit võimalikult odaval ajal, et seda hiljem kallimalt maha müüa. Mida lühemad sõidud, seda rohkem aega auto seisab ning kõike seda potentsiaali saaks ära kasutada- tegemist on ühe soodustava teguriga V2G tehnoloogia jaoks Eestis.

Väikeriikides on lihtsam ellu viia uusi projekte ning tehnoloogilisi uuendusi. Nagu esimese üleriigilise laadimistaristu loomise projekt, mis ei oleks nii lihtsasti tehtav suuremates riikides. Kindlasti nõuab iga projekt palju ressursse, aga väiksem taristu tuleb sellistel puhkudel kasuks. Kõigi laadijate üleviimine kahe suunalistele laadijatele võtaks vähem aega ja ressursi kui näiteks mõnes suuremas riigis.



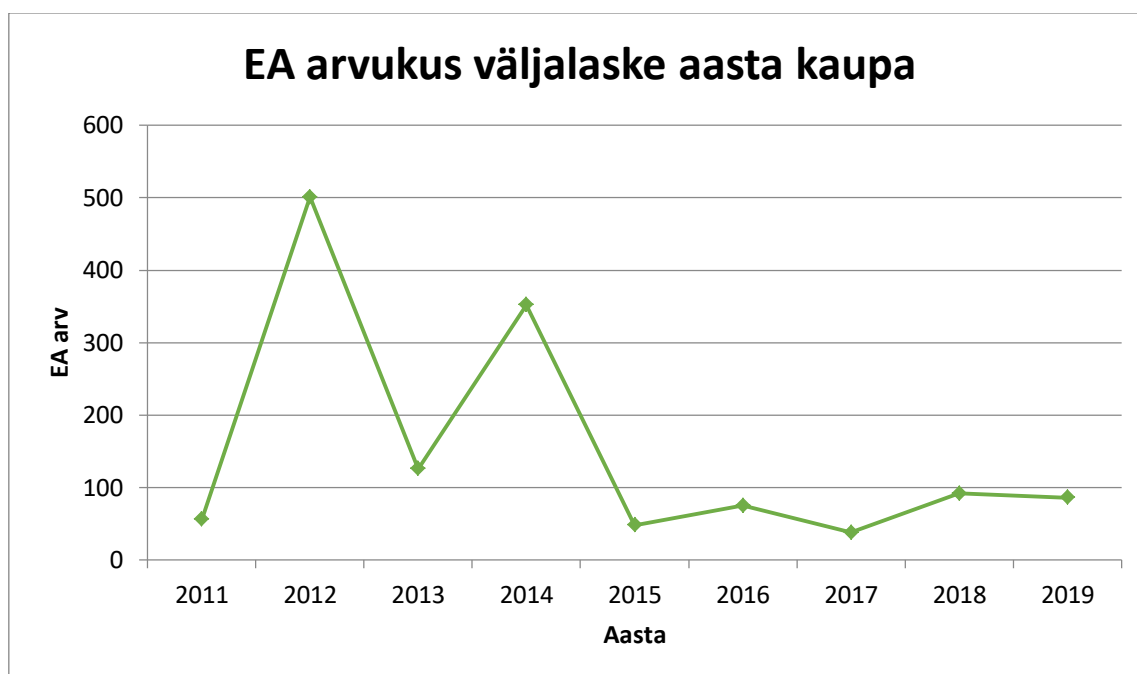
## 3 KAHJUSTAVAD TEGURID

### 3.1 Tehnoloogilised tegurid

#### 3.1.1 Elektriautode väike hulk

EA-de osakaal riigis mõjutab oluliselt V2G tehnoloogia võimekust. V2G põhimõte on kasutada EA-des salvestatud energiat. Salvestatud energia maht sõltub omakorda EA-de arvust, mis realselt toetavad nii tehnoloogiat kui ka EA omanike osalusest V2G tehnoloogias. Nagu eelnevalt mainisin, siis kõigepealt peab olema teatud arv EA-si selleks, et V2G tehnoloogial oleks potentsiaali. Eestis domineerivad arvuliselt ikka veel sisepelemismootoritega autod.

Kasutades Maanteeameti andmebaasi, kus on liiklusregistris arvel olevad sõiduautod seisuga 31.12.19 (sisaldab hetkel registreeritud sõiduautosid) saab ülevaate Eesti kodanike EA-de osakaalust. Andmebaasist tuleb välja, et kokku on Eestis 621 804 sõidukit millest 1353 (sisaldab registreeritud EA-sid alates aastast 2011) on EA-d, mis on kõigest 0,217% kõikidest sõiduautodest. Hetkel on Eestis EA-sid liiga vähe selleks, et luua süsteem, mis annaks voolu tagasi tervesse elektrivõrku. Pigem oleks võimalik kas *vehicle to home* või *vehicle to building* lahendus (Maanteeamet).



Joonis 3.1.1 Eestis arvel olevad EA-d väljalaske aasta kaupa

Joonisel 3.1.1 on näha EA-de jaotust väljalaskeaastate lõikes. Joonis ei näita vastaval aastal soetatud EA-de arvu. EA-d on kallimad kui sise põlemismootoriga autod, seega osad EA-d võivad olla kasutatuna soetatud. Joonist saab võrrelda ka joonisega 2.2.1, kus on kuvatud EA-de ostu toetused aastate kaupa. Teada on ka, et riik soetas 507 Mitsubishi I-Mievi. Võib järeldada, et 2012. aasta arvukuse kasv on tulenenud suurelt riigi tehtud I-Mievi hangetest. Erinevus kahe joonisel vahel võib tulla ka sellest, millal toetus välja anti ja millal EA-d kätte saadi ning registreeriti. Alates 2011. aasta lõpust kuni 2014. aasta lõpuni on EA-de arvukus kasvanud rohkem kui viimaste aastate jooksul, kuna KredEx toetas EA-de ostu. 2015. aasta ja uuema väljalaskeaastaga EA-de arvukus on madalam, mida mõjutab ka EA ostutoetuse puudumine. EA on suurel määral kallim kui sise põlemismootoriga auto ning sellest ka väiksem arvukus. Kuidas uus KIK poolt määratud toetus EA-de arvukust suurendama hakkab, selgub lähitulevikus. Hetkel on EA-sid Eestis V2G tehnoloogia kasutusele võtuks liiga vähe. Arvesse tuleb võtta ka seda, et kõik EA-d ei toeta V2G tehnoloogiat. Sellest lähemalt teemas 3.1.2.

### **3.1.2 Kõik elektriautod ei toeta V2G tehnoloogiat**

Oluline pole ainult EA-de arv, vaid kas EA-d toetavad ka V2G tehnoloogiat. V2G tehnoloogia võimekusega EA on selline, millel on CHAdeMO laadimisvõimekus.

CHAdeMO laadimislahendust kasutavad näiteks Nissan *Leaf*id. Nagu eelnevas teemas 3.1.1 välja tuli, on 31.12.2019. aasta seisuga Eestis 1353 registreeritud EA-t. Kuigi meil on EA-sid vähe, siis enamus neist toetavad V2G tehnoloogiat, 80% ehk 1086-l EA-l on CHAdeMO võimekus. Kõrge protsent tuleb ka sellest, et 507 sõidukit on riigi poolt soetatud Mitsubishi i-Mievid. Lisaks veel 523 Nissan *Leaf*i, mis kasutavad samuti ka CHAdeMO standardit. Kuigi enamik EA-dest arvuliselt toetavad V2G tehnoloogiat ei tähenda see seda, et nende poolt pakutavat aku energiat oleks selleks piisavalt. Võttes arvesse kõik 1086 EA-t, ja nende akuenergiat arvestamata nende hetkel olevat elutsükli taset, on energia kokku umbes 25445 kWh. Mitsubishi i-Miev puhul ei ole tegemist just võimsate akudega, olles 16 kWh auto kohta. Arvutades kokku ülejäänud 267 registreeritud EA-de akude ligikaudse energia saab kokku 13880 kWh. Siit on näha, et 20% EA-dest omavad ligikaudu pool V2G toetavatest EA-de aku mahust. Suure panuse annavad Tesla erinevad EA-de akud energiaga 75-100 kWh. Riigi poolt soetatud i-Mievid panustaksid ideaalis 8112 kWh, i-Miev on kokku kaks korda rohkem kui EA-sid, mis ei toeta V2G tehnoloogiat (Maanteamet).

Oluline oleks tulevikuvaates, et kõik EA-d kasutaksid ühte laadimisprotokolli, mis võimaldaks kõikidel EA-del osa võtta V2G tehnoloogiast. Nagu näha, siis suur osa EA-dest toetab V2G-d, kuid tegemist pole nii võimekate sõidukitega. Lisades V2G mitte toetavate EA-de energia juurde, mis on 20% EA-dest, suurendaks see juba kasutatavat kogu-energiat 50%.

### **3.1.3 Potentsiaalselt lühem aku eluiga**

EA on eelkõige ikkagi transpordivahend, millega liigeldakse punktist A punkti B, kasutades selleks akudesse salvestatud elektrienergiat. Agressiivne sõidustiil võib vähendada EA-de akude eluiga kolme aasta võrra ning kiirlaadimine võib vähendada EA-de akude eluiga ühe aasta võrra. Tehnoloogia areneb ning EA-des nähakse rohkem potentsiaali mitte lihtsalt sõiduvahendit. V2G näeb EA-sid kui viisi, kuidas salvestada energiat ning kasutada seda siis kui autod pole liikvel, kuid kõik see lisa täis- ja tühjakslaadimine vähendab EA-de akude eluiga. Vähendades EA-de esmase ülesande võimekust, milleks on transport. Kui EA omanik soovib panustada V2G tehnoloogiasse on seal kaks tegurit, mis mõjutavad aku eluiga kõige rohkem. Üks neist on sagedus, mitu korda kuus annab EA omanik võimaluse salvestatud energiat kasutada. Teine on kiirus, kui kiiresti laetakse EA tühjaks. Kui valida kõige ekstreemsem variant, osaledes iga päev ning kasutades selleks 50kW laadijat, vähendab see EA-de akude eluiga 3.2-4.4 aastat (Hajo Ribberink, 2015).

EA-de akude eluea pikkus võib sõltuda indiviidist. Oletame, et EA omanik harrastab agressiivset sõidustiili ning kasutab ainult kiirlaadijaid, siis on EA-de akude eluiga juba neli aastat lühem, mis on tegelikult sama kui kasutada kõige ekstreemsemat V2G osalemise varianti (Hajo Ribberink, 2015).

Olemas on erinevaid mudeleid ja tulemusi selle kohta, kuidas keegi näeb V2G mõju EA akude kohta. Luues tark-laadimise algoritm, mille eesmärk on säilitada EA-de akude maksimaalne eluiga ehk tühjakslaadimine- toimub ainult siis, kui auto akule ei avaldata liigset halba mõju. Seega halvimal juhul on EA aku kadu sama palju kui ta oleks ilma V2G tehnoloogiata, mis omakorda toetab ka eelmise uuringu tulemusi (Kotub Uddin, 2018).

Leidub erinevaid hinnanguid selle kohta, kas V2G tehnoloogia mõjub aku elueale halvasti või hoopis pikendab seda. Arvatakse, et aku eluiga on sama pikk ka juhul kui V2G tehnoloogias mitte osaleda. Kuni pole ühte kindlat arusaama, võib eeldada, et lisakoormuse tõttu EA-de aku eluiga väheneb.

## 3.2 Riiklikud ja majanduslikud tegurid

### 3.2.1 Elektriauto kallim hind

V2G jaoks ei ole kasulik see, et üldjuhul on uus EA kallim kui samaväärne sisepõlemismootoriga auto. Vaadates uue Nissan *Leafi* maksumust 20.03.2020 Nissani esinduse lehelt, algab see hinnast alates 36 790 € (Nissan). Samaväärne auto, näiteks Toyota Corolla standard varustusega auto alates 15 200 €, ning kõige luksuslikum Luxury Plus alates 27 390€ (Toyota). Nissani puhul on tegemist muidugi baasmudeliga ning kui võrrelda baasmudelite hinda on hinnavahe juba 20 000 €. Isegi valides kõige kallima Toyota Corolla on hinnavahe pea 10 000 €. Kui inimesel pole kindlat soovi EA järele, siis suur hinnavahe ostu pigem ei soosi.

EA-del tõstab hinna kõrgemaks akude hind, mis 2010. aastal oli 925 € kWh kohta, kuid aastal 2019 juba 146 € kWh (Statista, 2018). Niisiis näitab see, et EA peaks justkui ajapikku odavamaks ja võimekamaks minema tänu akutehnoloogia pidevale arengule.

Auto24 veebilehel, kuupäeval 20.03.2020, oli kõige odavam kasutatud Nissan *Leaf* 7900 €, mille aku jääk on 75% algsest. Lisades 5000 € kõige odavamale uuele *Leafi* hinnale saab osta kasutatud Tesla Model S P85 (hinnaga 42 900 €). Kasutatud EA-de puhul tuleb kindlasti arvestada kaotatud aku elueaga ning tulevikus mõelda ka akude vahetamisele, mis läheks vanema *Leafi* puhul maksma koos töökuluga umbes 6990 €. Korraliku EA saab juba 14 890 € eest, ostes kasutatud auto ning pannes uued akud. Lisaks on veel võimalus lisada teine aku juurde, mis omakorda suurendaks ka läbisõiduvõimekust. Palju lisa aku maksma läheks ning kui palju see läbisõitu juurde lisaks on näha joonisel 3.2.1. See on lahendus, mis oleks odavam kui uue EA soetamine (Muxsan).

MUXSAN 17.6kWh extender (€ 5990,- including VAT, installation and warranty)

Health bars	Usable main battery	Range	Range with extender
12	21.3	137 km	251 km
11	18.1	117 km	230 km
10	16.8	108 km	222 km
9	15.4	100 km	213 km
8	14.1	91 km	205 km
7	12.8	82 km	196 km

Joonis 3.2.1 Kasutatud Nissan Leafi akupaki suurendamise võimalus (Muxsan)

Kasutatud EA-d on vanad EA-d ehk nende elektrimootorid ja süsteemid ei ole enam nii efektiivsed ja läbisõit jääb märkimisväärselt väiksemaks kui uutel EA-del. See omakorda võib pidurdada kasutatud EA-de turgu ning kaob ära argument, et EA võib taskukohasem olla.

### 3.2.2 Suur investering energiasektori poolt

EA-de ostu võib ju toetada ning sellega suureneks EA-de arv. Vastu võib võtta eelnõusid, mis määravad ära, millisel hoonel peavad olema laadimisvõimekusega parkimiskohad, nii tekib parem taristu laadimiseks ning isegi korterielanikud saavad oma parkimiskohal EA-sid laadida.

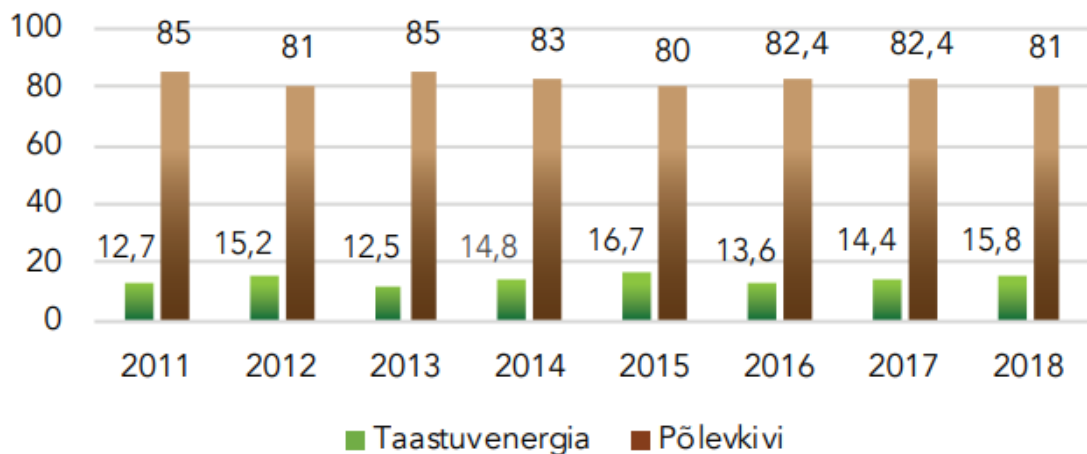
Samas tekib küsimus, kas elektrivõrk saab uue suurendatud koormusega hakkama. Elektrivõrgu probleemid kasvavad lineaarselt vastavalt EA-de arvuga. Kiirlaadijad võivad kiirelt üle koormata kohaliku jaotusvõrgu. Tekivad probleemid nagu jaotusvõrgu trafode suuremad kaod, pinge kõrvalekalded ja suurenenud tippkoormus. Kõik see vajab omakorda investeringuid nagu suuremad kaablid ja võimsamad trafod. Kui EA laadimine on koordineerimata, võib see vähendada trafo eluiga 200-300%. Lisakulutused, mis võivad vähendada elektrivõrgu üleminekut targale võrgule. Kulutused, millega riik pole arvestanud enda toetustes ja seadusandluses. Lisaks koormusele seotud kuludele on vaja teha elektrivõrk ka „targemaks“.

Selleks, et elektrivõrk efektiivsemaks teha, on vaja rohkem reaajas andmeid, et kasutada V2G potentsiaali ning panna see hoopis elektrivõrgu kasuks tööle. Tuleb kontrollida laadimisaegu ja kasutada EA-de akudes salvestatud energiat võrgu kasuks. Kontrollitud EA-de laadimine võib hoopis suurendada trafode eluiga. Juhul kui energiasektori poolt investeringuid ei tehta ning ei hakata EA-de laadimist kontrollima, siis olemasolevad probleemid võivad veel omakorda süveneda. See oleks

omakorda takistavaks teguriks V2G tehnoloogia implementeerimise puhul (Murat Yilmaz, 2013).

### 3.2.3 Toodetav energia põlevkivist

V2G eesmärk on ikkagi toetada TE tootmist, pakkudes abistavaid teenuseid nagu sageduse ja pinge stabiliseerimine. Ideaalis võiks EA-sid laadida TE-t kasutades ning hiljem seda tagasi võrku anda. TE osakaal peab olema toodetud energia osakaalus võimalikult kõrge ning pidevalt kasvama, et tekiks vajadus ja potentsiaal V2G implementeerimiseks. Kahjuks on Eestis enamus energiat toodetud ikkagi põlevkivist ning see ei paista ka langevat.



Joonis 3.2.3 Eesti põlevkivi ja taastuvenergia osakaal (ETEK, 2019)

Jooniselt 3.2.3 on näha, et aastatel 2011-2018 on vähemalt 80% toodetud elektrienergiast põlevkivipõhine (ETEK, 2019). Ühelt küljelt, kui pole piisavalt suurt TE osakaalu, pole V2G tehnoloogial potentsiaali turgu tulla, kuna pole piisavalt TE-t, mida stabiliseerida ehk ei saa pakkuda piisavalt teenuseid võrgule. Teenused, mis omakorda motiveeriks EA-de omanikke V2G tehnoloogiast osa võtma oleks samuti üks soodustav tegur. Küll aga on vaja võtta V2G tehnoloogia kasutusele enne liiga suurt TE osakaalu. Muidu muutub elektritoodang liiga ebastabiilseks, sest V2G oma abiteenustega aitaks just suurendada seda osakaalu energiatoodangu stabiliseerimisega.

Eestis tahetakse ka säilitada energeetilist sõltumatust. Põlevkivitööstuse abil tuleb tagada Eesti keskmise energia tootmise vajadus, mis kujutab endast riigi energiasõltumatuse tagamist. Põlevkivi kasutamine energiaallikana ei lõppe niipea

ning kaugemas tulevikus kavatakse jätta ka energiat varuks (Rahandusministeerium, 2019).

Põlevkivist toodetud energia suurendab ka EA-de  $CO_2$  jalajälge, muutes EA-de omamise vähem keskkonnasõbralikumaks. Teemas 1.7 sai välja toodud, et elektri tootmisel tekitatakse keskmiselt 410 grammi  $CO_2$ /kWh aastas. Eeldades, et EA kasutab umbes 200 Wh/km tekitab ta 82 grammi  $CO_2$ /kWh kohta (Portugali elektri toodangut arvestades) (Rui Freire, 2010).

See on kulu, mis oleks sama umbes 3,8l/100km kohta bensiinimootoriga autoga sõites. Kasutades põlevkivist saadud energiat TE stabiliseerimiseks ei oma see erilist keskkondlikku ega majanduslikku mõtet.

TE tootmise suhe fossiilse alternatiiviga mängib V2G kasutuselevõtul olulist rolli. TE osakaal peab olema võimalikult suur, kuid mitte nii suur, et võrgu töökindlus langeks märkimisväärselt. V2G tuleks kasutusele võtta õigeaegselt TE kasvu toetamiseks.

### 3.2.4 Elektriturg

Elektrihinna kõikumisest sõltub potentsiaalne EA omaniku kasum V2G-s osalemise eest. Kasum peaks olema võimalikult suur. Minimaalselt võiks saadud tulu kompenseerida EA omaniku aku lisakao, mis tuleneb teenuses osalemisest. Selleks, et EA omanik oleks võrgu stabiliseerimisest huvitatud, tuleb teenida kasumit, mitte nulli jõuda. Muidu oleks tegemist heategevusega, sest osalemisega kaasnevad ka potentsiaalsed piirangud.

Kasutades näitena Nissan *Leaf*i teise generatsiooni EA-t, millel on 40 kWh aku ning on ka V2G võimekus CHAdeMO protokolliga, eeldame, et sõit tööle ja tagasi on kokku 40 km. See teeks energiakuluks 6,7 kWh talvel ning 4,5 kWh suvel. Nissan *Leaf*i täis aku on 40 kWh, millest 36 kWh on reaalselt kasutatav (EV-database). Nii talvisest kui ka suvisest energiakulust võib järeldada, et 10 kWh on piisav päevane varu tööl käimiseks, mis jätab meile 26 kWh potentsiaalseks äritegevuseks. Tabelis 3.2.4 on välja toodud elektrituru hinnad (NordPool). Tabelist on näha nii suve kui ka talve elektrituru hinnad aastaste vahedega.

Tabel 3.2.4 Elektribörsi hinnad Eestis

Ajavahemik	Avg (€/kWh)	Min	Avg Max (€/kWh)	Avg (€/kWh)	Min (€/kWh)	Max (€/kWh)
04.07.2018-11.07.2018	0.045		0.058	0.052	0.040	0.064
08.02.2019-15.02.2019	0.041		0.055	0.048	0.039	0.061
11.07.2019-18.07.2019	0.035		0.064	0.051	0.033	0.073
06.02.2020-13.02.2020	0.043		0.056	0.050	0.039	0.067

Laadides Nissan *Leaf* 26 kWh aku täis tabelis toodud odavama hinnaga 0.033 €/kWh on kuluks 0.858 € ning müües selle tabeli kõige kallima hinnaga maha oleks kasum 1,04 € päevas. Eeldades, et elektri hind on otse börsilt ilma muu kuluta. Kõige kehvemal juhul oleks kasum kõigest 0.338 €. Kui EA omanik müüks oma EA energiat iga päev, pakkudes ainult müügi teenust, teeniks ta kuus 10-30 eurot ja aastas 120-360 eurot. Tegemist on väga lihtsa näitega. Arvesse ei ole võetud ühtegi potentsiaalset lisatasu, mida võib saada näiteks sageduse stabiliseerimise või V2G teenuste eest. Arvesse pole ka võetud seda, mis hinnaga see vool tegelikult tarbijani jõuab. 22 kW Enefit Volt laadija kasutamine maksab juba 0.22 €/kWh, mis jätkaks kohe EA omaniku kahjumisse (Enefitvolt).

Vastava tasusüsteemi loomine on keeruline protsess, kuna elekter ei jõua meieni õhu kaudu, vaid lisandub erinevaid kaudseid kulusid. Lähtudes ainult elektrituru hinnast, oleks võimalik aastas teenida 120-360 eurot. Summa, mis tõenäoliselt pole piisav viie aasta pärast auto akude välja vahetamiseks. Tegemist on olulise faktoriga V2G implementeerimisel, puhtalt elektrienergia odavalt ostmisest ja kallimalt müümisest ei piisa EA omaniku motiveerimiseks V2G tehnoloogia kasutusele võtmiseks.

### 3.3 Inimlikud aspektid

#### 3.3.1 Inimkäitumine

V2G tehnoloogia töötamiseks peab olema kättesaadav teatud koguses EA-de akude mahtu. Tuleb välja selgitada, kas tulevane EA omanik on teadlik, et tema otsusest sõltub V2G tehnoloogia tulevik. Riik saab mõjutada TE osakaalu, EA-de arvukust ostutoetusega, ning rajada ka vastava kahe-suunalise laadimistaristu. Isegi kui kõik eeldused tehnoloogia implementeerimiseks oleks olemas, on viimaseks lülits EA omanik, kes peaks leidma soovi ja näitama tahet panustada rohelisema tuleviku



nimel. Võib teha järelduse, et tulevane EA omanik on keskkonnasäästliku mõtlemisviisiga, kuid see ei tähenda, et ta soovib EA soetamisega lisa kohustusi.

Eelkõige on EA ikkagi transpordivahend ning seda ei oma elektrivõrk, seega EA omanik võib käituda vastavalt oma soovile. See määramatus õõnestab oluliselt tehnoloogia potentsiaali. Rakendades V2G, peab elektrivõrk arvestama mingi vea määra. EA omanik, kellel on võimalus panustada TE stabiliseerimisse ei pruugi olla sellest üldse huvitatud ja seda isegi juhul kui rahaline kompensatsioon on piisav, et kompenseerida ka EA aku eluea kaod. Inimene on mugav ning üldjuhul ei taheta piirata oma liikumisvõimalusi olles seotud teenusepakkumisega, mis piirab tema EA kasutust. EA põhieesmärgiks on ikkagi transport. Olemas võib olla taristu, palju V2G toetavaid EA-sid ja piisav rahaline kompensatsioon, kuid puudust võib jääda tehnoloogiasse panustajatest.

### **3.3.2 Elektriauto SOC (state of charge)**

EA state of charge (SOC) näitab seda, milline on EA aku hetkeline laetavuse tase. Tegemist on olulise aspektiga V2G kohalt, mida kõrgem on EA aku SOC seda rohkem energiat saaks kasutada võrgu stabiliseerimiseks.

Tegemist on osaga süsteemist, mida tuleks reguleerida, võttes arvesse nii EA aku eluiga kui ka elektrivõrgu vajadust. Kindlasti oleks vaja paika panna mingi alampiir, millest alates ei saa EA V2G teenusest osa võtta. EA aku laetavuse tasemed võivad omada ka erinevaid võimekusi. Nissan *Leafi* 40 kWh aku 100% SOC omab väiksemat potentsiaali kui Tesla Model S 100 kWh aku 60%. See, mis konkreetse EA SOC väärtuseks kujuneb, sõltub palju EA omanikust. Inimkäitumine pole tegur, mille arvelt saab elektrivõrk teha prognoosi. Seega elektrivõrk peab alati arvestama varuga, et ei tekiks mingeid puudujääke. EA omanik, kelle tööle- ja tagasisõit ei ole rohkem kui 30km, ei näe vajadust iga õhtu EA-t laadida, tal oleks sobilik laadida autot ainult kaks korda nädalas. Mugavam on kohe autosse sisse istuda ja sõitma hakata kui õhtuti pistikut ühendada ja iga hommik ära võtta. Tegemist võib olla juba ka harjumusega omades varasemalt sisepõlemismootoriga autot.

SOC võib olla mõjutatud ka EA enda sätestatud piirangute poolt. Tehasemanuaalis võib-olla näiteks soovitus, et aku eluea pikendamiseks ei ole soovituslik EA-t laadida panna kui EA SOC on üle 80%. EA-de akude eluiga on oluline ning sellega tuleks arvestada. SOC-st sõltub V2G panus, mis peab olema piisav, et oleks mõtet üldse akut tühjaks laadida. Hetkel pole üheselt määratud, kuidas oleks kõige optimaalsem seda

probleemi lahendada. Lahenduse juurde kuulub ka inimeste teavitamine nende suurest rollist selle tehnoloogia toimimisel ning kui võimalik, siis võiks olla EA-de laetuse tase nii suur kui võimalik.

### **3.3.3 Uued tippkoormused**

V2G üks eesmärkidest on vähendada *peak load*'e. Selleks, et see oleks ka EA-de omanikele kasulik, tuleks teha laadimist kõige odavamal ajal, kui tarbimine on kõige väiksem. *Peak load*'i suurenenud nõudluse puhul saab EA-desse salvestatud energiat kallimalt maha müüa.

Keskkonnasõbralikud tehnoloogiad muutuvad üha populaarsemaks ning neid toetatakse nii riiklikult kui ka suuremas pildis EL-i tasandil. Suurem rahastus ja nõudlus võimaldab suuremaid arenguid EA-de valdkonnas ning see omakorda suurendab veel võimalikku klientuuri. Mingist hetkest tuleb hakata kontrollima EA-de laadimisaegu, et see ei koormaks liigselt elektrivõrku. Teoreetiliselt kõlab hästi, et öösel on odav elekter ja tarbimist pole, kuid kui pannakse korraga 30 000 EA-t laadima ja veel kiirelt, siis tekivad elektrivõrku uued *peak load*'id. Võttes arvesse ka TE kasvu pole elektrivõrk ka enam nii töökindel, et pakkuda võimekust igal ajal uutel potentsiaalsete *peak load*'ide nõudluse täitmiseks. EA-sid soetatakse selleks, et hoida kokku sõidukuludelt, kuid sõidukulu hind kujuneb elektri hinnast. Mida odavam on elektri hind, seda suurema tõenäosusega tahavad inimesed laadida oma EA-sid, kuid kui neid laadijaid on palju, läheb jälle hind üles.

V2G peab looma hea lahenduse, kuidas reguleerida EA-de laadimist ja tühjaks laadimist, sest muidu võivad tekkida uued probleemid või vanad isegi süveneda. Sõltumata sellest, kas V2G leiab kunagi aset, on uute *peak load*'ide tulek üks tuleviku elektrivõrgu probleemidest.

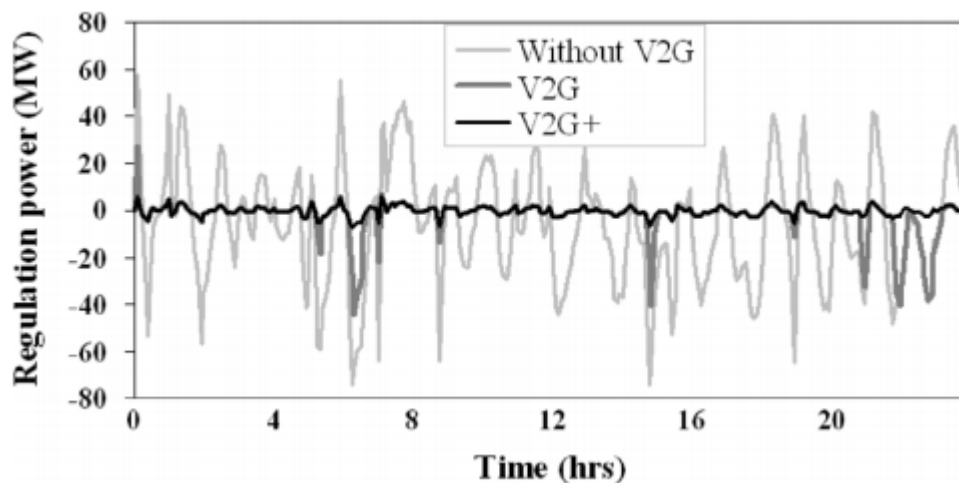
## 4 KOGEMUSED TEISTES RIIKIDES

### 4.1 Taani

TE osakaal kasvab üldiselt igas riigis. TE osakaalu suurenemist mõjutavad üldjuhul kaks faktorit. Üks mõjutegur on head ilmastikuolud ehk konkreetses riigis võib paista palju päikest või on palju tuult. Teisalt mõjutab TE suurenemist ka erinevad seotud lepped, selleks võivad olla EL-i poolt sätestatud eesmärgid. Taani energiatootmises mängib suurt rolli tuul. Enamus tuulest toodetud energiast pärineb riigi lääneosast, kokku 75%. Aastal 2010 oli 20% riigi elektrienergia nõudlusest kaetud tuuleenergia toodanguga, mis on üks maailma kõrgemaid. Taani riiklik eesmärk on aastaks 2025 suurendada seda arvu 30%-ni, pikemas perspektiivis aga kuni 50%-ni. Mida suurem on TE osakaal, seda väiksem on elektrienergia tootmise töökindlus, kuna TE tootlikkust ei saa kindlaks määrata. Energia, mida tuuleparkide poolt toodetakse, võib kõikuda nullist kuni keskmise tootlikkuseni vähem kui 15- minuti jooksul. Seda kõikumist on vaja reguleerida ilma et oleks vaja kohe käima panna lisa fossiilkütusel töötav jaam või ostes teisest riigist voolu sisse (Jayakrishnan Radhakrishna Pillai, 2011).

Üks roheline võimalus selle probleemi lahenduseks on V2G. Taanis on uuritud ka elanike sõidumustreid seoses V2G implementeerimisega. Eesmärgiga teada saada, kui palju saaks EA-sid potentsiaalselt kasutada. Analüüs leiab, et keskmine EA sõidupikkus Taanis on 29,48 km ning 75% autodest sõidavad  $\leq 40$  km päevas. Vastavalt EA-de võimekusele saab arvestada palju oleks EA-de potentsiaalne SOC (Qiuwei Wu, 2010).

Lisaks on tehtud teoreetiline uuring võttes aluseks ühe tüüpilise talvise argipäeva, kus tuuleenergia tootlikus on suur. Katsetes võeti arvesse kaks erinevat V2G võimekust eeldades, et pooli olemasolevaid EA-sid saab kasutada. Joonisel 4.1 on V2G kujutatud võimekusega 18 000 EA-t (mis on 2% kõikidest Taani sõiduautodest) pakkudes 90 MW ja 360 MWH, mis on võrdne sellel hetkel oleva automaatse energiareerviga Lääne Taanis. V2G + on sellest viis korda rohkem ehk 10% kogu Taani sõidukitest kokku 450 MW ja 1,8 GWH.



Joonis 4.1 Taastuvenergia stabiliseerimine V2G tehnoloogia abil (Jayakrishnan Radhakrishna Pillai, 2011)

Jooniselt 4.1 on näha, kuidas V2G tehnoloogia aitaks reguleerida kõikumist. Märkimisväärne erinevus on juba siis kui 2% autodest oleks EA-d ja osaleksid V2G tehnoloogias (Jayakrishnan Radhakrishna Pillai, 2011).

Oluline aspekt on ka elektriinna kõikumine. Ühes uuringus leiti, et kui laadida EA-t odaval elektriinnaga ajal ning kasutades kodus kallil elektriinnaga ajal seda energiat, saab aastas kokku hoida ainult 70 eurot. Sellest võib järeldada, et Taani elektriinna kõikumine on madal (Jens Christian Morell Lodberg Høj, 2018). Hilisemas uuringus leiti, et V2G potentsiaalne tasu sõltub erinevatest faktoritest nagu V2G laadimise hind, energia hind ja aku kadu. Maksimumkasu oleks 230 4€ aastas auto kohta ja halvimal juhul -955 € EA kohta (Peter Bach Andersen, 2019).

Põhjamaade piirkonnas esinevad sagedusperioodi kõikumised pikemalt. Sagedus võib olla mitu tundi rohkem kui 50 Hz. See on EA aku jaoks probleem, kuna EA akud saavad lõpuks täis ning siis pole võimalik enam volusagedust madalamaks laadida (Peter Bach Andersen, 2019).

Taanis on potentsiaal V2G tehnoloogiaks olemas. TE osakaal on suur, tegemist on ka väikese riigiga ning sellega seoses on ka sõidud lühemad ja enamus ajast on EA-d statsionaarsed. Probleemiks võib kujuneda elektrituru hinna väike kõikumine ja potentsiaalse kasu tundlikkus erinevate faktorite suhtes. Suurt kasu Taani V2G arengule pakuvad ka erinevad uuringud ja projektid, mis võimaldavad tehnoloogial areneda ja saada teada V2G potentsiaalid oma riigi kontekstis. Kõige hilisem neist on

Parker Project, kasutades elektrivõrgu stabiliseerimiseks EA-sid ning demonstreerides nende potentsiaali.

## 4.2 Ühendkuningriigid

Ühendkuningriikide (UK) rahvusliku võrgu eesmärk on vähendada aastaks 2020 oma süsiniku jalajälge 45%. Sellega seoses on pandud eesmärgiks toota aastaks 2020 15% koguenergiast taastuvatest allikatest. TE suurema osalusega kaasnevate probleemide lahendamisele ja samas saaste vähenemisele aitaksid kaasa EA-d koos V2G võimekusega (Sikai Huang, 2010).

Aastal 2010. viidi UK-s läbi uuring, kus leiti, et 34%-l elanikel pole võimalust parkida oma autot mujale kui tänavale. Probleem seisneb selles, et kui ei ole taristut, kus EA-t laadida ei teki ka potentsiaalseid EA-de omanikke ning kui pole EA-de omanikke ei näe ka omavalitsus mõtet luua seda infrastruktuuri. 2017. aasta uuring leiab, et 70% EA-de omanikest laevad EA-t kodus. Üks võimalus selle probleemi lahendamiseks oleks kasutada tänava-lampe laadimispunktidenä ning küsitleti inimesi, et kui selline võimalus oleks, mis oleks arvamus V2G kohta. Selleks otsiti 20 inimest erinevatest elu valdkondadest ning viidi nendega läbi intervjuud. Tulemusena leiti, et huvi on küll tehnoloogia vastu olemas, aga kindlat osalemise soovi pole (Zhang, 2019).

Argipäeviti, kui inimesed käivad tööl, on nende autod pargitud linnadesse. Selleks, et kasutada V2G potentsiaali tööpäeviti, tuleb luua vastav taristu. Strickland uuris oma töös, kui kalliks läheks maksma ühte keskusesse 300, 1000 ja 3000 kohaga parkla, kus iga koht võimaldab kahesuunalist laadimist.

Car park size	Total cost	Cost per vehicle
300	£14 M	£47 k
1000	£33 M	£33 k
3000	£125 M	£41 k

Joonis 4.2 V2G tehnoloogiat toetava parkla maksumus (D. Strickland, 2019)

Joonisel 4.2 on kujutatud, kui palju läheks eelnevalt nimetatud parklad maksma ning välja on ka toodud, parkimiskoha maksumus. Esiteks on olemas süsteemi-kulud ehk kõik, mis on kahesuunalise laadija jaoks vaja- trafod ja juhtmestik. Mainimist vajab ka see, et kogu nimetatud tehnoloogia on massilt raske ning EA on üldjuhul raskem kui sama alternatiivne sisepõelmismootoriga autoga. 300 kohaga parkla kohta teeks see lisaks 78 tonni massi ning tehnika mass koos juhtmete ja laadimisvahenditega oleks

lisa 273 tonni. Iga korrus oleks 175,5 tonni raskem kui tavaline parkla, mis nõuab ehitise täiendavat tugevdamist. V2G infrastruktuur on kulukas ning selle loomisel peab arvestama erinevate faktoritega. Suuremahulise V2G sissetulek ei ole piisav sellise investeeringu jaoks, mis võimaldaks pakkuda veel ka kasumit (D. Strickland, 2019).

EA omanikul peab olema soov V2G tehnoloogiasse panustamiseks ning motivaatoriks on üldjuhul tasu, kuid see tasu peab katma ka potentsiaalse aku eluea kao. Võttes arvesse UK turu-uuringud, leiti, et potentsiaal on EA-del tulu saamiseks pakkudes energiat nii ärihoonetele kui ka abiteenuseid võrgule üldiselt. Suurimat tulu saaks pakkudes teenuseid kommertshoonetele kui ka vähendades elektrivõrgu tippkoormuseid. Kõige vähem kasumlikum on pakkuda lühiaja reservi, kuna see ei kata aku eluea kaoga kaasnevat kulu. Tegemist on siiski riskantse ärimudeliga (Rebecca Gough, 2017).

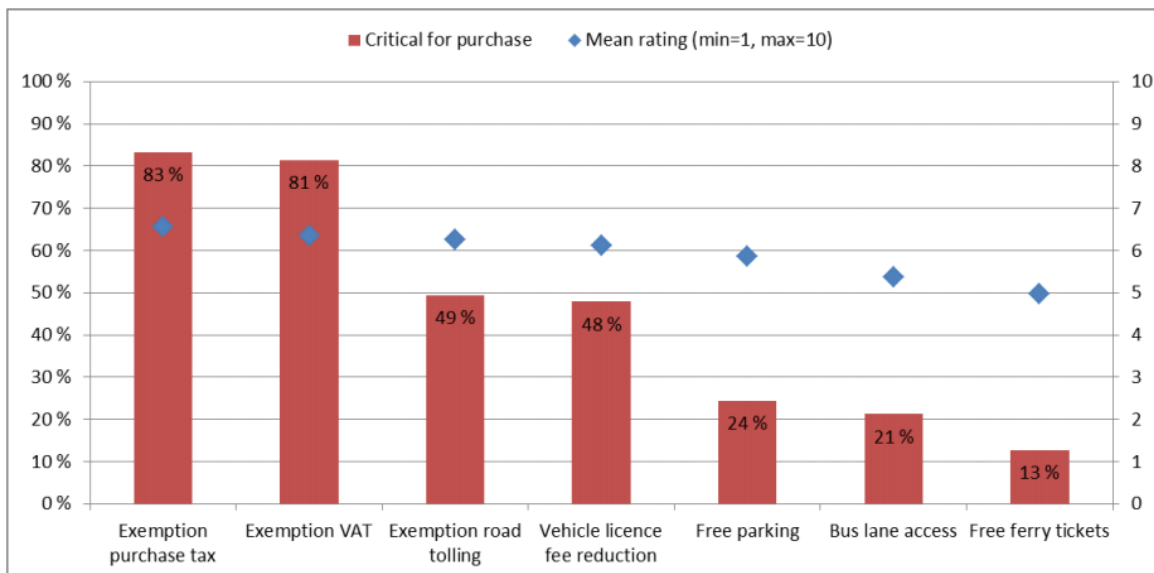
UK-l on potentsiaal V2G tehnoloogia kasutamiseks olemas. Paika on pandud erinevad määrused, mis aastateks tuleb erinevad emissiooni ja TE eesmärgid täita. V2G tehnoloogia oleks üks toetav tegur sellel teekonnal. Suurt panust V2G arengule pakuvad erinevad uuringud, mis võimaldavad näha V2G tehnoloogia erinevaid halbu ja häid külgi, mille abil on võimalik luua töötav süsteem. Kindlasti on probleemiks see, et enamuse elanikest ei mõtlegi EA-de omamisele, kuna neil poleks võimalik kuidagi oma EA-t laadida, sest peavad autot tänaval parkima.

### **4.3 Norra**

Norra on riik, kus 94.3% elektritoodangust tuleb taastuvatest energiaallikatest. Suurem osa TE tuleb hüdroelektrijaamadest. Norra TE osakaal on Euroopa riikidest suurim ning tema energiasektori emissioonid kõige madalamad. Norras on rohkem kui 1000 hüdroelektrijaama reservuaari, koguvõimsusega rohkem kui 86,5 TWh. Kui vee sissevool on madal, saab reservuaaride abil elektritoodangut reguleerida. 3,4% elektritoodangust tuleb tuuleenergiast, kuhu on suunatud ka järgnevaid investeeringud. 2017. aasta lõpuks oli Norras 33 tuuleparki, mis toodab tavalisel aastal 3,6 TWh. Norra kasutab ka soojuselektrijaamu, mis moodustasid 2017. aastal 2,2% kogu tootmisvõimsusest (Energy Facts Norway, 2019).

Norra puhul on tegemist ka riigiga, kus on palju EA-sid ja nende osakaal on pidevas kasvus. 2017. aasta lõpuks oli põhjamaade piirkonnas 247 000 elektri- ja hübriidautot, millest 70% ehk 176 000 asuvad Norras. EA-de arvukus on vajalik V2G tehnoloogia implementeerimiseks (International Energy Agency, 2018).

EA-de arvukuse suurendamiseks on Norra riiklikult võtnud kasutusele erinevad stiimulid nagu näiteks: vabastus käibemaksust, vabastus teemaksust, tasuta parkimine ja bussiteedel sõitmise õigus. Norras viidi läbi küsitlus 3384 EA omaniku seas, et välja selgitada millised stiimulid on nende jaoks kõige olulisemad.



Joonis 4.3 EA-de soetamise stiimulite olulisus Norra EA-de omanikele (Kristin Ystmark Bjerkana, 2016)

Joonisest 4.3 on näha, et kõige olulisem on ikkagi odavam EA soetamine (Kristin Ystmark Bjerkana, 2016). Joonisel välja toodud stiimulid olid kasutuses kuni aastani 2017 ning pärast seda on neid vähendatud. Näiteks pole enam EA-de soetamine täielikult käibemaksu vaba ning teemaksud on osalised ja tasuta parkimine jääb linnavalitsuse otsustada, kas see ka vähendab EA-de edaspidist kasvu, selgub tulevikus (Norwegian Public Roads Administration, 2015).

Ühes uuringus küsiti ka põhjamaade riikide ekspertidelt, mis oleksid nende arust V2G tehnoloogia head ja halvad küljed. Kokku intervjueriti 257 spetsialisti. Enim toodi välja TE integratsioon, kontrollitud laadimine ja V2H tehnoloogiat. Probleemideks V2G tehnoloogia puhul oleks teiste tehnoloogiate eelistamine, tehnoloogia vajaduse puudumine ning kehv ärimudel. Riikides nagu Norra, Island ja Rootsi ei nähta V2G vajadust, kus hüdroelektrijaamade võimekus on suur ja tegemist on rohkem stabiilsema ja reguleeritava taastuvenergiaallikaga, mis omakorda suurendab juba võrgu töökindlust (Gerardo Zarazua de Rubens, 2018).

Norras Oslo linnas on Euroopa suurim ja arenenuim laadimisgaraaž nimega Vulkan. Oslo linn tahab aastaks 2020 saada tänavatele rohkem kui 200 000 EA-t. Garaaž on mõeldud nii äri kui era kasutuseks. Pakkudes päeval kohta elektritaksode jaoks ja

õhtul naabruskonna elanike EA-dele tasuta parkimist. Vulkanis on üle 100 EA laadija koos kiirlaadijatega. Kohapeal olev tarkvõrgu süsteem vähendab 20% elektri kasutamist tippkoormusete ajal. Parklas on ka akud energia salvestamiseks ning tulevikus tahtetakse kasutada teise ringi EA akusid võrgu stabiliseerimise eesmärgil (SEEV4-City).

Norras on V2G potentsiaal olemas. EA-de arvukus võrreldes teiste põhjamaa riikidega on juba suur. EA-de ostu toetused on suured ning mõjutavad arvukust positiivselt. Lisaks luuakse ka laadimisgaraaže, mis toetavad nii EA-de äritegevust kui ka elanike EA-de omamist. Erinevad spetsialistid leiavad samas, et Norral pole nii suurt vajadust V2G järgi, et seda täies mahus implementeerida.

## **4.4 Eesti perspektiiv**

Eesti ja Ühendkuningriikide TE eesmärgid on sarnased, soovitakse vähendada süsiniku jalajälge nii elektritootmises ja transpordis kui kasvatada ka TE osakaalu. Eestis kasutatakse ka palju tuuleenergiat TE allikana, nagu Taaniski. Eesti ja Norra toetavad EA-de soetamist, kuid Norra toetusmäär on suurem ning lisaks ostutoetusele on ka teisi stiimuleid. Võttes arvesse Taani kogemust V2G-ga võiks ka Eesti kaaluda V2G tehnoloogia kasutamist. Suur osa TE-st Eestis tuleb tuuleparkidest ning see vajab stabiliseerimist. Eestis tuleks ka uurida erinevaid V2G tegureid süvitsi, mis annaks parema ette-kujutuse tulevikuvõimalustest ja vajadustest. Ühendkuningriikides leiti, et EA-de omanikke oleks rohkem, kui neil oleks võimalus autot tänaval parkides laadida. Selle probleemi lahendamiseks on Eesti sätestanud eelnõu, mis näeb tulevikus ette nii kommertshoonete kui ka elamuhoonete parkimiskohtadele EA-de laadimisvõimekuse lisamise. EA-de laadimist toetava V2G parkla loomine on üsna kulukas Eesti riigi jaoks, seega tuleks kaaluda 2.2.2 teemas olevas eelnõus ka kahesuunalisi laadijaid. Norra kogemust arvestades võiks Eesti kaaluda ka lisastiimulite kasutamist potentsiaalsete EA-de omanike jaoks. Praegune toetus pole piisav, et suurendada EA-de arvukust lähiaastatel. Lihtsam on õppida teiste riikide kogemustest, kui kõik probleemid ise läbi kogeda.



## 5 SWOT ANALÜÜS

SWOT analüüs on tehnika, mida saab rakendada uue toote või teenuse jaoks. See võimaldab hinnata potentsiaalse teenuse tugevaid ja nõrku külgi võttes arvesse nii sisemisi kui ka väliseid tegureid. SWOT jaguneb omakorda neljaks osaks (Strenghts-tugevused, weaknesses – nõrkused, opportunities – võimalused, threats - ohud), millest tugevused ja nõrkused on sisemised tegurid ja võimalused ning ohud on välised tegurid (Leanway).

Käesolevas uurimistöös uuritakse, mis potentsiaal on Eestis V2G tehnoloogia implementeerimiseks. Seda arvestades võib välja tuua, et sisemine tegur on Eesti riik ehk tugevuste ja nõrkuste alla käivad riigi poolt mõjutatavad tegurid. Välise tegurite all on näiteks EL oma suunavate tegevustega või ettevõtete tegevus.

Tabel 5. SWOT analüüsi sisemiste ja välise tegurite jaotus Eesti V2G teguritega

Tugevused	Nõrkused	Võimalused	Ohud
*Elektriauto ostutoetus	*EA-de väike hulk	*Autotootjate EA-de rahastamine	*Kõik EA-d ei toeta V2G-d
*Taastuenergia suurenemine	*Suur investeering energia sektori poolt	*Rahaline kompensatsioon EA omanikule	*Elektrihinna kõikumine
*Tarkvõrk		*Taastuenergia suurenemine(Euroopa Liidu arengukavad)	*Inimkäitumine(Peak load, SOC)
*Hea laadimistaristu	*Toodetav energia põlevkivist		*EA kallim hind
*Tingimused EA-de laadimistaristu loomiseks	*EA-de ostutoetus	*Elektriautodega seotud firmad	*Potentsiaalne EA aku lühem eluiga
*Taastuenergia toetus		*Väike riik	*EA-de väike hulk

Tabelis 5 on välja toodud kuus punkti. Tugevustena arvestatakse soodustavaid tegureid, mida riik saab ja suudab mõjutada, nagu näiteks EA-de ostutoetuse eelarve on riigi määrata ja TE suurenemise eesmärgid, mis on riiklikult ette määratud. Sisemiste tegurite hulka kuuluvad ka veel nõrkused, kus on hetkel 4 tegurit. Näiteks EA-de väike hulk on üks sisemine tegur, kuna see on tugevalt sõltuvuses EA-de ostutoetusega ja sellest lähtuvalt on EA-de ostutoetus ka nõrk külge. EA-de ostutoetus on hea siis, kui sellega kaasneb kasvav EA-de ostmine. Aastatel 2015-2019 toetust ei antud ning sellest tulenevalt ei ostetud ka EA-sid nii palju ning uus toetusemäär on väiksem kui varasemalt.

Välise tegurite all on võetud arvesse töö teemad, millest Eesti tegevus nii palju ei sõltu. Võimaluste all on toodud 5 tegurit, mis aitavad kaasa V2G tehnoloogia potentsiaalile. Näiteks erinevad autotootjad on hakanud looma EA-sid enda nägemuse järgi suurendades valikut, mis omakorda suurendab EA-de omanike arvu. Välise tegurite all on ka ohud, mis võivad pärssida V2G implementeerimist. Ohtude alla on lisatud EA-de kallim hind, mida määravad auto tootjad ja mõjutab EA-de akude hind.

Tabelist on näha, et nii sisemised kui ka välised tegurid on võrdsed nii soodustavate kui takistavate tegurite poolest. Lähtudes ainult jaotusest võib järeldada, et hetkel ei ole veel mõistlik V2G-d Eestis implementeerida, kuna on palju lahtiseid otsi ehk takistavaid tegureid. Küll on olemas tugev alus ja kindlad eesmärgid. Igal teguril on ka erinev kaal lõpptulemustele. V2G koosneb erinevatest teguritest ning selleks, et süsteem töötaks peavad need olema kaetud. EA-de väike hulk on juba suur segav tegur. Isegi kui kõik muu oleks olemas, ei ole Eestis piisavalt EA-sid, millega teenust pakkuda. Küll aga on lähitulevikus see võimalik ja vajalik, sest TE osakaal on pidevas kasvus ning see tekitab tulevikus aina rohkem stabiilsuse probleeme. Lisaks on ka EA-de ostutoetus tagasi toodud ning lähiajal on näha potentsiaalset EA-de arvukuse kasvu. Lisades näiteks toetuse saamise tingimuseks, et EA-del on CHAdeMO protokolliga pistik, mis toetab V2G-d oleks üks suur pluss selle tehnoloogia kasutusele võtmiseks tulevikus.

## 6 Kokkuvõte

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli anda ülevaade V2G tehnoloogia implementeerimise potentsiaalset Eestis. Tuua välja Eesti kontekstis soodustavad ja takistavad tegurid, mis on nii tehnoloogilised, majanduslikud kui inimlikud. Samuti võttes arvesse ka kogemusi teistest riikidest. Töö teoreetilises osas on välja toodud V2G tehnoloogia eesmärk, mida see tehnoloogia endast kujutab ning millised on tehnoloogilised tingimused selle efektiivseks töötamiseks. Erinevad puudused energiatootmises ja edastamises nagu tippkoormus ja sageduse kõikumine, mis on enamjaolt seotud TE kasvuga oleks lahendatavad V2G abil, kasutades EA-desse salvestatud akude energiat. Teoreetilises osas on ka ülevaade tehnoloogia kasust keskkonnale ehk, kuidas see vähendaks süsiniku jalajälge ja toetaks TE kasvu.

Töö esimeses osa toodi välja olulised aspektid, mis aitaksid kaasa V2G kasutuselevõtule Eestis. Tehnoloogilise poole pealt on oluline hea laadimistaristu kui ka olemasolev tarkvõrk. Tarkvõrk on tavalise võrgu edasiarendus, kus kogutakse ja edastatakse rohkem informatsiooni. Tarkvõrk toetab juba erinevad tootmisjaamu nagu tuulepargid, mis on sarnaselt V2G tehnoloogiaga kahesuunalise laadimisega süsteemid, kus konverteeritakse alalisvool vahelduvaks ja edastatakse võrku. Olulist rolli mängib ka TE kasv. TE-le on sätestatud erinevad eesmärgid nii riiklikult kui EL-i siseselt. Mida kõrgem on TE osakaal, seda suurem vajadus tekib abistavate teenuste järgi ja siin tuleks mängu V2G. Lisaks on Eestis ka erinevad toetused nagu TE toetus ja EA-de soetamistoetus, mis suurendab nii TE osakaalu kui ka EA-de arvu riigis.

Töö teises osas keskendutakse takistavatele teguritele ehk mis on need probleemkohad, mille tõttu V2G kasutusele võtta ei saaks. Eestis on vähe EA-sid, 2019. aasta seisuga on kokku registreeritud 1353 EA-t kogu akuenergiaga 39325 kWh, eeldades, et kõik EA-de akud oleks täis elueas ja kogu energiat saaks kasutada. Kuna kõik EA-d ei toeta V2G tehnoloogiat on 25445 kWh sellest V2G jaoks kasutatav. Eestis on enamuselektrienergiast toodetud põlevkivist, ligi 80% elektritoodangust iga aasta. Lähiajal ei tundu see langevat, kuna peab tagatud olema keskmise tarbimise võimekus. Oluline on ka tasu, mida EA omanik saaks teenuse osutamisest. Võttes arvesse börsi hinda Eestis erinevatel aastatel, oleks potentsiaalne kasum 120-360 eurot aastas, osaledes V2G teenuses iga-päevaselt. Realsuses kaasnevad sellega ka erinevad kulud, kuna voolu ei kanta läbi õhu ning potentsiaalne tasu võib olla nullilähedane. Arvesse on võetud ainult elektri ostmise odavalt ja müümine kallimal ajal.

Teistes riikides on V2G erinevaid aspekte rohkem uuritud kui meil. Lisaks on käimas ka erinevaid projekte, kus realselt katsetatakse nii tehnoloogiat kui ka selle potentsiaali. Vajadus tehnoloogia järgi on olemas, kuna keskkond ja TE on tähtsal kohal. Töös teostati ka SWOT analüüs, kus on näha kokkuvõtvalt, kuidas erinevad aspektid mõjutavad V2G potentsiaali. Hetkel pole veel mõistlik ega võimalik V2G tehnoloogiat Eestis kasutusele võtta. Oleme suutnud kasvatada TE tootmist, meil olemasolev tarkvõrk võimaldaks tehnoloogiat kasutada ning riiklikul tasemel juba luuakse eelduseid EA-de suuremaks kasutamiseks. Selleks, et V2G tehnoloogiat Eestis kasutusele võtta, oleks meil vaja tunduvalt suurendada EA-de arvukust, võtta kasutusele kahe-suunalised laadijad ja pakkuda riigipoolset toetust V2G tehnoloogias osalejatele.

## 7 Summary

The purpose of this thesis was to give an overview of vehicle to grid (V2G) technology potential in Estonia. Bringing out positive and negative factors that are divided into chapters regarding technological, economical and human behavior aspects. Experiences from other countries are also included in the thesis. In the theoretical part of the thesis, the purpose of V2G technology was covered and what are the requirements for V2G. Problems such as peak loads and frequency fluctuation in electrical network are common issues that accompany with renewable energy (RE) growth and could be resolved with V2G by using the energy saved in the batteries of electric vehicles (EV). V2G environmental benefit and how the technology lowers carbon footprint and increases the growth of RE was also analysed.

First of all, the important factors that would help implement V2G technology in Estonia was analyzed in the empirical part of the thesis. Smart grid and a good EV charging infrastructure were considered as a positive in terms of technology. The difference between a smart grid and a normal grid is that smart grid allows two-way communication. Smart grid in Estonia supports solar parks and wind parks which is the same as two-way charging of an EV by converting direct current into alternating current and is distributed throughout the grid. The growth of RE is also a positive factor. Different goals have been set by the Estonian government and the European Union to increase the level of RE. Higher RE percentage means higher need for ancillary services, where one solution could be V2G. There are many financial programs that support RE production and help people buy EV by reducing their cost which help increase the number of EV and percentage of RE.

The second part of the empirical part brings out the negative aspects that reduce the chance of implementing V2G in Estonia. The number of EV in Estonia is small about 1353, which is 0,217% out of all registered cars. That 0,217% could contribute with 39325 kWh of energy if all the EV batteries were new and it was all usable. V2G capable energy amount would be about 25445 kWh. Most of the energy produced in Estonia is made from kerogenite, about 80% of yearly electricity production. The potential earnings from providing V2G service is also quite low. Using data from electricity stock market the yearly earnings could be from 120-360€ by providing V2G services every day. In reality there are other fees for EV owner which makes the profit even smaller. The potential earnings were calculated from providing peak load stabilization.

V2G technology has had more research in other countries, including different projects that test V2G technologies real world potential and issues. The need for environmentally friendly technology and growth of RE makes V2G technology one strong viable solution. A SWOT analysis was made to get a good overview how different aspects affect the potential of V2G in Estonia. Implementing V2G in Estonia is not possible and effective at the moment. We have increased our RE energy production, our smart grid can support V2G and requirements are being made by the government to support future EV. In order to implement V2G technology in Estonia we must increase the number of EV by a lot, we have to start adding two-way chargers and give some kind of financial support to potential V2G users to increase EV owners potential profit.

## 8 Kasutatud kirjanduste loetelu

- CHAdEMO. (kuupäev puudub). Allikas:  
<https://www.chademo.com/technology/technology-overview/>
- Christopher G. Hoehne, M. V. (15. September 2016. a.). Allikas:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544216312981>
- D. Strickland, T. E. (17. June 2019. a.). Allikas:  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8737193>
- Eesti Energia. (4. February 2020. a.). Allikas: <https://www.energia.ee/et/uudised/avaleht/-/newsv2/2020/02/04/eesti-suurim-elektriautode-kiirloomisvork-kannab-nuudsest-nime-enefit-volt>
- Elering. (kuupäev puudub). Allikas: <https://elering.ee/elektrituru-kasiraamat/5-taastuenergeetika/53-eesti-eesmargid-taastuenergia-alal>
- Elering. (kuupäev puudub). Allikas: <https://elering.ee/taastuenergia-toetus>
- Elering. (kuupäev puudub). Allikas: <https://elering.ee/taastuenergia-tasu#tab0>
- Elering. (22. January 2019. a.). Allikas: <https://elering.ee/taastuenergia-kattis-moodunud-aastal-171-protsenti-elektri-kogutarbimisest>
- Elering. (27. January 2020. a.). Allikas: <https://elering.ee/taastuvelekter-kattis-moodunud-aastal-21-protsenti-elektri-kogutarbimisest>
- Enefitvolt. (kuupäev puudub). Allikas: <https://enefitvolt.com/elektriauto-laadimine>
- Energy Facts Norway. (04. January 2019. a.). Allikas:  
<https://energifaktanorge.no/en/norsk-energiforsyning/kraftproduksjon/>
- ETEK. (2019). Allikas: <http://www.taastuenergeetika.ee/wp-content/uploads/2019/06/ETEK-Taastuenergia-aastaraamat-2018.pdf>
- European Commission. (15. April 2020. a.). Allikas:  
[https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive/overview\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive/overview_en)
- European Commission. (kuupäev puudub). Allikas:  
[https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en)
- EV-database. (kuupäev puudub). Allikas: <https://ev-database.org/car/1106/Nissan-Leaf>
- Francis Mwasilu, J. J.-K.-W. (3. April 2014. a.). Allikas:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114001920>
- Gerardo Zarazua de Rubens, L. N. (01. February 2018. a.). Allikas:  
[https://www.tu.no/filer/EVENT/Nordic\\_EV\\_Summit\\_2018/Gerardo\\_Zarazua\\_de\\_Rubens\\_og\\_Lanse\\_Noel\\_\\_Aarhus\\_Universtiy.pdf](https://www.tu.no/filer/EVENT/Nordic_EV_Summit_2018/Gerardo_Zarazua_de_Rubens_og_Lanse_Noel__Aarhus_Universtiy.pdf)
- Google. (kuupäev puudub). Allikas: <https://www.google.com/maps>
- Hajo Ribberink, K. D. (3. May 2015. a.). Allikas:  
[http://www.evs28.org/event\\_file/event\\_file/1/pfile/EVS28\\_Hajo\\_Ribberink\\_Battery\\_Life\\_Impact\\_of\\_V2G.pdf](http://www.evs28.org/event_file/event_file/1/pfile/EVS28_Hajo_Ribberink_Battery_Life_Impact_of_V2G.pdf)
- International Energy Agency. (2018). Allikas: <https://www.nordicenergy.org/wp-content/uploads/2018/05/NordicEVOutlook2018.pdf>
- Ivo Palu, M. L. (2017). Allikas:  
[https://elering.ee/sites/default/files/attachments/20180220\\_reaktiivv%C3%B5imsuse\\_aruanne\\_v2\\_Limited.pdf](https://elering.ee/sites/default/files/attachments/20180220_reaktiivv%C3%B5imsuse_aruanne_v2_Limited.pdf)
- Jayakrishnan Radhakrishna Pillai, B. B.-J. (1. January 2011. a.). Allikas:  
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=5560848>
- Jens Christian Morell Lodberg Høj, L. T. (21. August 2018. a.). Allikas:  
<https://www.mdpi.com/2032-6653/9/3/35>

Kotub Uddin, M. D. (2018). Allikas:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421517307619>

Kredex. (kuupäev puudub). Allikas: <https://www.kredex.ee/et/teenused/ettevotte-rahastamiseks/paikesepaneelide-investeeringutoetus>

KredEx. (kuupäev puudub). Allikas: <https://www.kredex.ee/et/elmo>

Kristin Ystmark Bjerkana, T. E. (March 2016. a.). Allikas:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920915002126>

Leanway. (kuupäev puudub). Allikas: <https://leanway.ee/swot-analuus/>

Maanteamet. (kuupäev puudub). Allikas:  
<https://www.mnt.ee/et/ametist/statistika/soidukid/soidukitega-tehtud-toimingute-statistika#tab-1>

MKM. (26. March 2020. a.). Allikas: <https://www.mkm.ee/et/uudised/riik-loobtingimused-elektriautode-laadimistaristute-paigaldamiseks>

Murat Yilmaz, P. T. (December 2013. a.). Allikas:  
<https://ieeexplore.ieee.org/iel5/63/6525347/06353961.pdf>

Muxsan. (kuupäev puudub). Allikas: <https://muxsan.com/products.html#upgrade>

Nissan. (kuupäev puudub). Allikas: <https://www.nissan.ee/soidukid/uued-soidukid/leaf/auto-konfigureerimine.html#configure/BAE6/A8QQg/grade>

Noor Aziz, M. A. (20. November 2019. a.). Allikas:  
<https://ijccn.com/index.php/IJCCN/article/view/21/15>

NordPool. (kuupäev puudub). Allikas: <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/EE/Hourly/?view=table>

Norwegian Public Roads Administration. (19. November 2015. a.). Allikas:  
<http://amsterdamv2gconference.eu/images/program/Tom%20Norbech%20-%20V2G%20Conference17.pdf>

Peter Bach Andersen, S. H. (31. January 2019. a.). Allikas: [https://parker-project.com/wp-content/uploads/2019/03/Parker\\_Final-report\\_v1.1\\_2019.pdf](https://parker-project.com/wp-content/uploads/2019/03/Parker_Final-report_v1.1_2019.pdf)

Qiuwei Wu, A. H. (11. October 2010. a.). Allikas:  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/5751581>

Rahandusministeerium. (14. August 2019. a.). Allikas:  
<https://www.rahandusministeerium.ee/et/uudised/helme-eesti-energia-omanikuna-seisan-eesti-energiasoltumatuse-eest>

Rebecca Gough, C. D. (9. February 2017. a.). Allikas:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261917301149>

Rui Freire, J. D. (19. September 2010. a.). Allikas:  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5625071>

SEEV4-City. (kuupäev puudub). Allikas: <https://www.seev4-city.eu/projects/oslo/>

Seyfettin Vadi, R. B. (30. September 2019. a.). Allikas:  
[https://www.researchgate.net/publication/336172904\\_A\\_Review\\_on\\_Communications\\_Standards\\_and\\_Charging\\_Topologies\\_of\\_V2G\\_and\\_V2H\\_Operation\\_Strategies](https://www.researchgate.net/publication/336172904_A_Review_on_Communications_Standards_and_Charging_Topologies_of_V2G_and_V2H_Operation_Strategies)

Sikai Huang, D. I. (11. March 2010. a.). Allikas:  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/5429549>

Statista. (October 2018. a.). Allikas: <https://www.statista.com/statistics/883118/global-lithium-ion-battery-pack-costs>

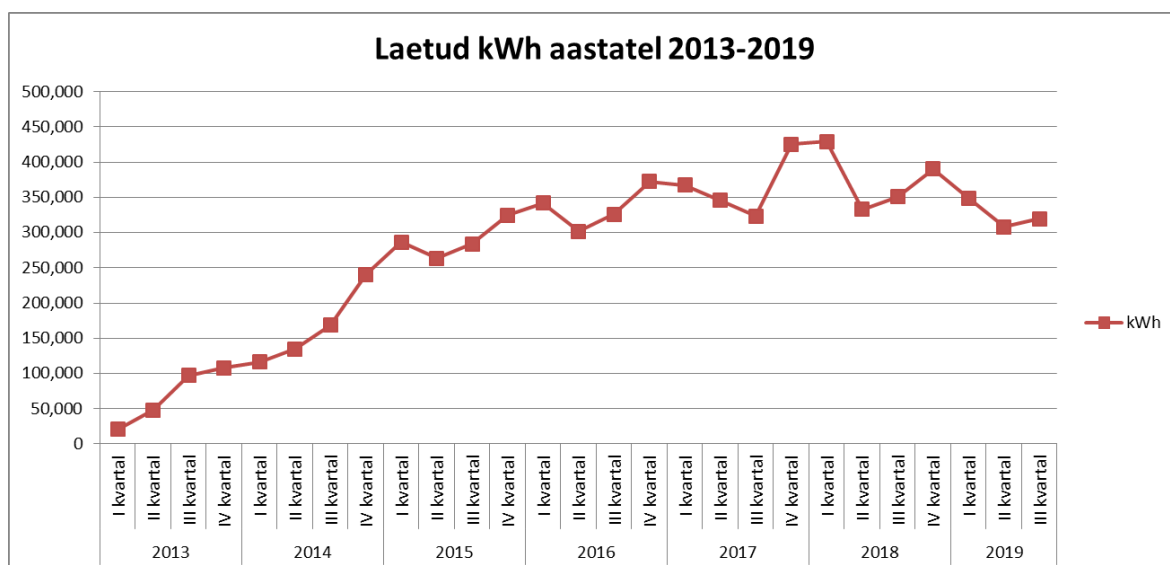
StudentEnergy. (kuupäev puudub). Allikas: <https://www.studentenergy.org/topics/smart-grid>

Toyota. (kuupäev puudub). Allikas: <https://www.toyota.ee/new-cars/corolla-hatchback/build>



Willett Kempton, J. T. (11. April 2005. a.). Allikas:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775305000212>  
Zhang, L. C. (2. September 2019. a.). Allikas:  
<https://iasdr2019.org/uploads/files/Proceedings/pe-f-1240-Zha-L.pdf>

## LISAD



Joonis Lisa 1. EA laadimis maht aastatel 2013-2019 ELMO laadijatel

### Lisa 2. KIK küsimused

1. Kui suur on olnud toetusmäär (summa) aastate kaupa alates esimesest elektriauto toetuse kampaaniast?
2. Kui paljude autode ostu on toetatud arvuliselt aastate kaupa alates esimesest elektriauto toetuse kampaaniast?
3. Millised elektriautod on läinud ostutoetuse alla (mark ja mudel) aastate kaupa alates esimesest elektriauto toetuse kampaaniast?
4. Mis on toetuste jagamise eesmärk?
5. Kas tulevikus on kavatsus suurendada toetuse määra ja/või toetust saadavate elektriautode koguarvu?
6. Kas toetust on rohkem kasutanud eraisikud või ettevõtted?

### Lisa 3. Elektrilevi küsimused

#### Smart Grid:

- 1) Kui targaks hindate meie jaotusvõrku hetkel protsentuaalselt ehk palju vajaks see veel uuendamist?
- 2) Kas meie tark võrk toetab/võimaldab kahe suunalist laadimist (V2G)?
- 3) Mis on Elektrilevi eesmärk võrgu uuendamisel?
- 4) Kas elektrivõrgu uuendamisel on arvestatud ka elektriautode arvukuse suurenemisega?
- 5) Kas elektrivõrgul on võimekus toetada tulevikus valitsuse uut eelnõud "hoonete energiatõhususe eelnõu, mille ühe olulise muudatusena peab tulevikus uusi hooneid

ehitades või olemasolevaid suures mahus rekonstrueerides paigaldama neile elektriautode laadimistaristu"?

6) Kas on plaanis tarka elektrivõrku ka ümber teha nii, et saab maksimaalselt taastuenergiat kasutada kui seda toota saab st. reguleerida koostöös elektrijaamadega tootmist.

**Laadimistaristu:**

- 1) Mis on laadimistaristu eesmärk?
- 2) Mitu elektriauto laadijat on Eestis?
- 2) Mis laadimisprotokolle laadijad toetavad?
- 3) Kui paljud laadijatest kasutavad CHAdeMO protokollid?
- 4) Kas on mõeldud ka kahesuunaliste laadijate kasutamise peale?
- 5) Mitu laadijat plaanite lisada paari aasta perspektiivis?