

Opinnäytetyö (AMK)

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

Kuljetustekniikka (logistiikka)

2020

Timo Niitynperä

EI-LADATTAVAN HYBRIDIAUTON ESILÄMMITYS

– Vaikutukset järjestelmän toimintakykyyn

Timo Niitynperä

EI-LADATTAVAN HYBRIDIAUTON ESILÄMMITYS

-Vaikutukset järjestelmän toimintakykyyn

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja selvittää sähköisen esilämmityksen vaikutuksia hybridijärjestelmän toimintaan. Työssä tarkasteltiin erityisesti vaikutuksia matkaan joka ajettiin pelkästään käyttämällä sähköä auton hybridiakustosta. Samalla seurattiin auton polttoaineen keskikulutuksen muutoksia. Nämä vaikutukset saatiin parhaiten näkyviin, ajamalla samoja reittejä esilämmitetyllä ja ilman esilämmitystä olevalla autolla sekä vertailemalla näistä saatuja tuloksia.

Työssä käytettävä hybridi-auto on tekijän omistuksessa ja omassa käytössä. Autoa käytetään pääsääntöisesti taajamaliikenteessä, mutta myös maantie- ja moottoritienopeuksissa. Ajaminen koostuu tekijän normaalista auton käytöstä. Työhön kuuluu kolme eri vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa autoa esilämmitettiin ennen jokaista kotona suoritettua liikkeellelähtöä, työn tekemisen aikana voimassa olleiden suositusten mukaisesti. Toisessa vaiheessa autoa ei esilämmitetty ennen ajoon lähtöä. Kolmannessa vaiheessa tulokset kirjattiin muistiin ja analysoitiin.

Hybridijärjestelmän käyttö vähentää polttoaineen kulutusta ja päästöjä verrattuna pelkästään polttomoottorilla varustettuun autoon. Auton esilämmitys parantaa sekä ajoturvallisuutta että mukavuutta, kun lämpötila on pakkasella tai lähellä nollaa. Esilämmitetty moottori saavuttaa nopeammin normaalin käyntilämpötilan verrattuna moottoriin, jota ei ole esilämmitetty ennen ajoon lähtöä. Kun moottori käy normaalilla käyntilämpötilallaan, päästöt ja polttoaineen kulutus pienentyvät verrattuna kylmänä käyvään moottoriin. Myös käynnistyksen päästöjä saadaan pienennettyä esilämmityksellä.

Autolla on ajettu pääsääntöisesti lyhyitä matkoja, jolloin järjestelmän polttomoottori ei ole saavuttanut normaalia käyntilämpötilaansa. Työn tuloksena havaittiin, että esilämmitys vaikuttaa myönteisesti hybridijärjestelmän kykyyn käyttää pelkästään sähkömoottoria auton liikuttamiseen. Tämä tulos on ennako-odotusten mukainen.

ASIASANAT:

Hybriditekniikka, sähköllä ajaminen, esilämmitys, polttoainetaloudellisuus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Automotive and Transportation Engineering

2020 | 44 pages, 5 in appendices

Timo Niitynperä

PREHEATING A NON-RECHARGEABLE HYBRID CAR

-The effects on system performance

The purpose of the thesis was to study the effects of electronic preheating on the operation of a hybrid system. The impact of the trip, which was driven by using only electricity from the car hybrid battery, was specifically examined in this thesis. At the same time, changes in the average fuel consumption of the car were tracked. The effects were best noticed driving the same routes with a preheated car and the car without preheating, and comparing the results.

The hybrid car used in the work is owned and used by the author. The car is mainly used in urban area but also at highway speeds. Driving consists of the author's normal car use. The work involved three different phases. In the first phase, the car was preheated before each start-up at home, in accordance with the recommendations in force at the time of the work. In the second phase, the car was not preheated before start-ups. In the third phase, the results were reported and analyzed.

Using a hybrid system in a car reduces fuel consumption and emissions compared to a car with an internal combustion engine only. Car preheating improves both driving safety and comfort when the temperature is low or near zero degrees. A preheated engine reaches faster its normal operating temperature compared to an engine that has not been preheated before driving. When the engine is running at its normal operating temperature, emissions and fuel consumption are reduced compared to a cold engine. Start-up emissions can also be reduced by preheating.

The car has been mainly driven for short distances, whereupon the internal combustion engine of the system has not reached its normal operating temperature. The study shows that preheating has a positive effect on the ability of the hybrid system to use only an electric motor to move the car. This result is in line with the expectations.

KEYWORDS:

Hybrid technology, driving with electricity, preheating, fuel economy

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
2 HYBRIDIPERIAATE	9
2.1 Hybriditekniikka ja taloudellinen ajaminen	9
2.2 Jarrutusenergian hyödyntäminen	10
2.3 Tulevaisuuden näkymiä	12
3 TALOUDELLISUUDEN MEKANISMIT	14
3.1 Ennakoimalla luetaan liikennettä	15
3.2 Kiihdytys ja liikkeellelähtö	16
3.3 Ajaminen kaupungissa ja maantiellä	17
3.4 Hidastaminen	17
3.5 Reitin ja lähtöajan valitseminen	18
3.6 Muita yleisiä ohjeita	19
3.6.1 Esilämmittäminen	20
3.6.2 Sähkön tuottaminen polttomoottorilla	22
4 MITTAUSMENETELMÄT	24
4.1 Työssä käytetty ajoneuvo	25
4.2 Sähköllä ajamisen määrä	27
4.3 Auton esilämmitys	29
5 TULOKSET	30
5.1 Esilämmitetty auto	30
5.2 Auto ilman esilämmitystä	32
5.3 Nopeusalueiden vertailua	34
5.3.1 Maantie ja moottoritie	34
5.3.2 Taajama-alue	36
6 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	39
7 YHTEENVETO	42
LÄHTEET	43

LIITTEET

- Liite 1. Hybriditekniikka havainnollistettuna.
- Liite 2. Kulutukseen vaikuttavat yksittäistekijät vaikutusmekanismeittain.
- Liite 3. IONIQ-sarjan voimalinjat ja tekniset tiedot.
- Liite 4. Energiavirtausnäytön eri näkymät.

KUVAT

Kuva 1. IONIQ Hybrid kuvattuna edestäpäin.	25
Kuva 2. IONIQ Hybrid kuvattuna sivultapäin.	26
Kuva 3. IONIQ auton mittaristo.	27
Kuva 4. Sähköllä ajamiseen lasketut näkymät.	29

KUVIOT

Kuvio 1. Matkakohtainen keskikulutus sähköllä ajon osuuden funktiona, esilämmitys.	30
Kuvio 2. Esilämmitetyn auton kumulatiivinen keskikulutus ajokertojen funktiona.	31
Kuvio 3. Matkakohtainen keskikulutus sähköllä ajon osuuden funktiona, ei esilämmitystä.	32
Kuvio 4. Ilman esilämmitystä olevan auton kumulatiivinen keskikulutus ajo kertojen funktiona.	33
Kuvio 5. Matkakohtainen keskikulutus sähköllä ajon osuuden funktiona, maantie ja moottoritie.	35
Kuvio 6. Matkakohtainen keskikulutus sähköllä ajon osuuden funktiona, taajama, esilämmitys.	36
Kuvio 7. Matkakohtainen keskikulutus sähköllä ajon osuuden funktiona, taajama, ei esilämmitystä.	37

TAULUKOT

Taulukko 1. Suositellut lämmitysajat lämmitintyypeittäin (Motiva 2017a).	22
Taulukko 2. Esimerkkejä auton sähkölaitteiden polttoaineenkulutuksesta (Mukaillen: Motiva 2017f).	23
Taulukko 3. Taajaman nopeusalueen tuloksien vertailu.	38

KÄYTETYT LYHENTEET

€/kWh	Euroa kilowattituntia kohti, sähköhinnoittelun yksikkö.
GDI	Gasoline direct injection, polttomoottorin suoraruiskutusjärjestelmä. (Wikipedia 2017).
hv	Hevosvoima, arkikielessä käytetty moottoreiden tehon yksikkö. 1 hv = 735,5 W (Seppänen ym. 2009).
km/h	Kilometriä tunnissa, nopeuden kerrannaisyksikkö.
kWh	Kilowattitunti, energian kerrannaisyksikkö.
l/100 km	Littraa sataa kilometriä kohti, polttoaineen kulutuksen yksikkö.
Nm	Newtonmetri, yleisesti auton moottoreille annettu suoritusarvo, jolla kuvataan moottorin tuottamaa (huippu)vääntömomenttia. (Wikipedia 2015).
W	Watti, tehon yksikkö. (Seppänen ym. 2009).

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä selvitetään sähköisen esilämmityksen vaikutuksia hybridautoon. Työtä lähdettiin tekemään, koska työn tekijä on aina ollut kiinnostunut polttoainetaloudellisesta ajotavasta. Tekijä halusi tutkia, kuinka paljon esilämmitys vaikuttaa autoon, polttoaineen kulutuksen kannalta. Työssä käytettävä auto, hybridi, lisäsi yhden kiinnostavan seurattavan elementin mittauksiin. Edellä mainittu elementti on pelkästään sähkömoottorilla ajattu matka kilometreissä. Vaikutuksia tarkastellaan ja vertaillaan kahden yhtä pitkän ajomatkan avulla.

Koko ajan kiihtyvä ilmastonmuutos asettaa suuria uhkakuvia maapallolle. Ihmisen toiminnan seurauksena ilmasto lämpenee, mikä on yksi suurimmista maailmanlaajuisista kriiseistä. Ilmastonmuutos vaikuttaa jo nyt kielteisesti ihmisiin ja luontoon ympäri maailmaa. Vaikutuksia voidaan nähdä Suomessakin. Ilmastonmuutosta voidaan edelleen hillitä, vaikka ilmiöstä ollaan varoitettu kauan sitten. Ilmiön hillitsemisessä tarvitaan kaikkien ihmisten panosta. (WWF Suomi 2019.)

Ilmastonmuutos on seurausta kasvihuonekaasupäästöjen voimakkaasta lisääntymisestä. Fossiiliset polttoaineet, kuten öljy, kivihiili ja maakaasu, aiheuttavat arvion mukaan noin kolme neljäsosaa kasvihuonekaasupäästöistä. Fossiilisista polttoaineista luopuminen on yksi tärkeimmistä keinoista hillitä ilmastonmuutosta. Tavoitteeseen pääseminen on vaikeaa, mutta kehitystä on tapahtunut. Hybridi- ja sähköautojen keksiminen ja kehitys tuovat entistä vähäpäästöisimpiä autoja ihmisten käyttöön. Näiden avulla saadaan vähennettyä liikenteessä syntyviä päästöjä. Tulevaisuudessa, teknologian parantuessa, voidaan päästä kokonaan päästöttömään henkilöliikenteeseen. (WWF Suomi 2019.)

Auton esilämmittäminen on Suomen ilmastossa hyvä tapa saada vähennettyä polttoaineenkulutusta sekä päästöjä. Päästö- ja kulutusvähenemän ohella lämmitetty moottori kuluu vähemmän käynnistettäessä ja käynnistyy paremmin kovilla pakkasilla. Lisäksi se saavuttaa normaalin käyntilämpötilan nopeammin, ilman tarvetta tyhjäkäynnille. Lisäksi, sisätilat lämpenevät nopeammin, jolloin ikkunoiden huurtuminen vähentyy. Kuljettajan näkyvyys autosta parantuu, kun ikkunoissa ei ole huurtumista. Edellä mainitun kautta, esilämmitys parantaa liikenneturvallisuutta ja matkustusmukavuutta. (Ikonen 2013, 116; Motiva 2017a.)

Hybridijärjestelmä ja auton esilämmitys ovat jo yksinään käytettynä toimivia tapoja vaikuttaa päästöihin sekä kulutukseen, mutta yhdessä käytettynä ne ovat yksittäisiä keinoja tehokkaampi tapa vaikuttaa edellä mainittuihin asioihin.

2 HYBRIDIPERIAATE

Hybridi-sanalla tarkoitetaan yleisesti kahden asian yhdistämistä, jolloin molempia saadaan hyödynnettyä parhaalla mahdollisella tavalla. Tekniikan saralla tämä tarkoittaa kulkuneuvoa, joka hyödyntää kahta eri energialähdettä. Hyvä esimerkki hybridikulkuneuvosta on moottorilla varustettu purjeverene, jossa eri energiamuotoja käytetään olosuhteiden ja saatavuuden mukaan. Autotekniikassa autoa, joka on varustettu kahdella eri voimanlähteellä, kutsutaan hybridiautoksi. Hybridiperiaatetta, jota on havainnollistettu liitteessä 1, käyttämällä tavoitellaan parempaa energiatehokkuutta sekä pienempiä päästöjä ja kulutusta. (Motiva 2016.)

Automaailmassa yleisin tapa käyttää hybridiperiaatetta on poltto- ja sähkömoottorin yhdistelmä (Motiva 2016). Hybridiautoissa käytetään kahta erilaista akkua, erillistä korkeajännitteistä hybridiakustoa sekä kaikissa henkilöautoissa olevaa 12 voltin akkua. Korkeajänniteakustosta saadaan sähköenergiaa sähkömoottorille, jonka turvin pystytään ajamaan lyhyitä matkoja kokonaan sähköllä. Hybridiakustoon saadaan lisää virtaa lataamalla sitä ajon aikana moottorijarrutuksissa sekä käyttämällä polttomoottorin voimaa kevyissä ajotilaneissa. Hybridiautoissa tullaan sähkömoottorin ansiosta toimeen pienemmillä polttomoottoreilla verrattuna samantehoisiin autoihin, joissa käytetään polttomoottoria ainoana voimanlähteenä. Hybridit pystyvät myös hyödyntämään polttomoottoreitaan ihanteellisella kuormituksella. (Motiva 2018.)

2.1 Hybriditekniikka ja taloudellinen ajaminen

Polttoaineen mahdollisimman tehokas hyödyntäminen on hybridiautojen yksi perusideoista (Motiva 2016). Toisena perusideana on minimoida polttomoottorin epätaloudellisten toiminta-alueiden käyttäminen kuten esimerkiksi pienellä kuormalla ajaminen. Autossa oleva sähkömoottori antaa mahdollisuuden valita polttomoottorista tilanteisiin tarvittava teho usein itsenäisesti, riippumatta tilanteen ajovastuksista. Eli polttomoottorista voidaan ottaa tehoa enemmän tai vähemmän kuin auton liikuttaminen edellyttäisi. Liitteessä 1 on havainnollistettu hybriditekniikan toimintaa, jota toteutetaan sammuttamalla polttomoottori kokonaan pienen tehontarpeen aikana. Kohtalaisen tehontarpeen aikana

moottorin kuormitusta lisätään lataamalla samalla hybridiakustoa. Tällöin moottorin hyötysuhdetta saadaan parannettua. Suuren tehontarpeen aikana sähkömoottori avustaa polttomoottoria lisäten auton suorituskykyä. (Ikonen 2013, 160-161.)

Taloudellista ajamista tukee myös hybrideissä käytettävä polttomoottorin tyyppi. Moottoreissa käytettävällä Atkinson-työkierroilla saadaan kustakin työtahdista enemmän työtä samalla polttoainemäärällä eli moottorin hyötysuhde parantuu. Lisäksi tällaisella moottorilla varustettu auto on taloudellisempi myös maantienopeuksissa, vaikka suurin hyöty hybriditekniikasta saadaankin kaupunkiajossa. (Ikonen 2013, 162.) Autojen tekniikka pyrkii pitämään automaattisesti ihanteellisina moottorin ja voimansiirron hyötysuhteet. Kuljettaja pystyy vaikuttamaan auton liikuttamiseen tarvittavan energian määrään esimerkiksi ajamalla ennakoivasti, jolloin kiihdyttämisen tarve vähenee, välttämällä liian suuria nopeuksia ja suosimalla pyöräjarrujen sijaan moottorijarrutusta. (Motiva 2018.)

Tavallisessa hybridi-autossa sähkömoottorin teho on 60-150 kilowattia, yleisimmin kuitenkin vaihteluvälin alapäässä. Kehittyneen voimansiirtojärjestelmän ansiosta autolla on mahdollista ajaa muutaman kilometrin matkoja pelkällä sähköllä. (Motiva 2018.) Toteutuneeseen matkaan, joka on ajettu sähköllä, vaikuttavat esimerkiksi hybridiakuston kapasiteetti ja varaus, ajo-olosuhteet ja –nopeus, tien profiili, tehontarve, moottorin lämpötila sekä sähkömoottorin tuottama teho ja vääntö. Tien profiililla tarkoitetaan ylä- ja alamäkeä sekä tasaista tietä.

Tavallisissa hybrideissä sähkömoottorin tuottama teho on pienempi verrattuna ladattavan hybridiin sekä täyssähköautoon. Tavallisessa hybridissä sähkömoottorilla pystytään ajamaan kaupunkiliikenteessä normaalin polttomoottorin tavoin. Maantienopeuksissa tavallisen hybridin sähkömoottori kykenee pääasiassa tasaiseen nopeuden pitoon alamäessä sekä jonkin matkaa tasamaalla. Järjestelmän kykyyn ajaa pelkällä sähköllä vaikuttaa voimakkaasti ajon aikainen hybridiakuston varaustila. Varaustilan ollessa korkealla, on hyvä mahdollisuus ajaa sähköllä. Varaustilan pudotessa alemmas, tämä mahdollisuus pienenee ja latauksen tarve kasvaa.

2.2 Jarrutusenergian hyödyntäminen

Tavallisten, pelkästään polttomoottorilla varustettujen, autojen käyttämiselle tulevaisuudessa nähdään useita esteitä, esimerkiksi ilmastonmuutoksen hillintä, öljyvarojen rajallisuus ja pakokaasupäästöjen myrkyllisyys. Monissa EU-maissa on säädetty autojen ja

polttoaineiden verotusta kannustamaan kuluttajia hankkimaan entistä ympäristöystävällisimpiä autoja. (Motiva 2016.)

Suomessa on verotuksen lisäksi pyritty myös muilla keinoilla kannustamaan ihmisiä uudistamaan henkilöautojaan. Yhtenä esimerkkinä on vuosina 2015 ja 2018 järjestetty romutuskampanja, jossa vanhan liikennekäytössä olevan henkilöauton vieminen romutettavaksi on tuonut uuden auton ostajalle alennusta auton hinnasta. Vuonna 2018 alennusta pystyi saamaan 1500 tai 2500 euroa. 1500 euron alennus myönnettiin sellaisten uusien autojen hankintaan, joiden hiilidioksidipäästöt olivat enintään 110 grammaa kilometriä kohti. 2500 euron alennuksen sai autoon, joka oli kaasui- tai etanolikäyttöinen, täyssähköinen tai pistokkeesta ladattava hybridi. (Granström 2018.)

Hybrideillä saadaan hyödynnettyä tehokkaammin polttoaineen kemiallista energiaa verrattuna tavalliseen polttomoottoriautoon. Kun tavallisessa polttomoottoriautossa halutaan hidastaa ja painetaan jarrupoljinta, auton liike-energiaa muutetaan kitkan avulla lämpöenergiaksi ja hukataan ympäröivään ilmaan. Hybridillä pystytään ottamaan talteen osa hukattavana olevasta liike-energiasta ja hyödyntämään myöhemmin kiihdytettäessä tai ajettaessa tasaista nopeutta. Hybridillä jarrutettaessa sähkömoottori toimii generaattorina, jolloin auton liike-energiaa muutetaan sähköenergiaksi hybridiakustoon. Samalla myös auton vauhti hidastuu. Ilmiötä kutsutaan jarrutusenergian regeneroinniksi eli jarrutusenergian kierrättämiseksi. (Motiva 2016.)

Jarrutusenergian regeneroinnin yhteydessä polttomoottori voidaan sammuttaa ja siirtyä käyttämään sähkömoottoria. Toimiakseen näin, moottorin lämpötilan on oltava sopiva. Kylmissä olosuhteissa polttomoottoria pidetään käynnissä vaikka käytettäisiin moottorijarrutusta eli jarrutusenergian kierrätystä. Moottorin saavutettua sopivan lämpötilan järjestelmä kytkeytyy pääsääntöisesti sähkökäytölle käytettäessä regenerointia. Poikkeuksen on liian matala varaus ajoakustossa. Tällöin järjestelmä voi pitää polttomoottoria käynnissä regeneroinnin yhteydessä ladaten varausta nopeammin normaaliin vaihteluväliin. Esimerkiksi Hyundai IONIQ Hybrid -automalli toimii edellä kuvatulla tavalla.

Kaupunkiliikenteessä on yleisesti lyhyen ajomatkan aikana paljon kiihdytyksiä ja jarrutuksia. Tämä asettaa vaatimuksia järjestelmän energiavarastolle nopean lataus- ja purkauskyvyn muodossa. Jarrutusenergian regenerointijärjestelmällä saadaan kaupunkiajossa eniten pienennettyä polttoaineenkulutusta, parhaimmillaan noin 30 % auton kulutuksesta kierrättämällä jarrutusenergiaa. (Motiva 2016.) Tämä tarkoittaa käytännössä

suunnilleen yhden ilmaisen kiihdytyksen saamista jokaista noin kolmea rauhallista generaattorijarrutusta kohden (Ikonen 2013, 163). Saavutettu säästö on kuitenkin riippuvainen olosuhteista ja ajosyklistä. Maantieajossa on paljon vähemmän jarrutuksia, joten järjestelmän tuottama hyöty tavalliseen polttomoottoriautoon verrattuna jää pienemmäksi. (Motiva 2016.)

2.3 Tulevaisuuden näkymiä

Vaikka hybridautoissa on pienempi kulutus ja päästöt, niiden korkeampi hinta voi olla ratkaiseva tekijä hankittaessa uutta autoa. Hybridit ovat myös painoltaan suurempia ja rakenteeltaan monimutkaisempia. Edellä mainittujen asioiden lisäksi ihmisiä mietityttää myös autojen jälleenmyyntiarvo sekä energiavarastoina käytettyjen akkujen kestoikä. (Motiva 2016.)

Hybridiversioita ilmestyy kokoajan lisää eri autojen kokoluokkiin. Tarjonnan laajentuminen, hintaeron pienentyminen perusmalleihin nähden ja varsinkin akku tekniikan parantuminen vauhdittavat hybridien suosion kasvamista. Hybriditekniikasta hyötyvät kaikkein eniten paljon kaupungissa ajavat, sillä hybridillä saadaan merkittävästi pienennettyä polttoaineenkulutusta. Eri maiden hallinnot haluavat ohjailia ihmisiä uudemman autotekniikan pariin verotuksen ja erilaisten kampanjoiden kautta. (Motiva 2016.)

Tavallisissa hybrideissä saadaan jarrutusenergian kierrätyksellä parannettua selvästi auton energiatehokkuutta. Samalla saadaan pienempiä päästölukemia tavalliseen polttomoottoriautoon verrattuna. Hybridien energiatehokkuutta voidaan vielä parantaa lataamalla ajoakustoa ulkopuolisesta virtalähteestä, sillä sähkömoottorilla on merkittävästi parempi hyötysuhde kuin polttomoottorilla. (Motiva 2016.)

Autoja, joita voidaan ladata ulkopuolisesta lähteestä, kutsutaan ladattaviksi hybrideiksi. Ladattavat hybridit ovat askel kohti täyssähköautoja, koska lataamisen jälkeen voidaan lähteä liikkeelle täydellä akustolla ja ajaa kymmeniä kilometrejä pelkällä sähköllä. Tämän jälkeen polttomoottori lisää toimintasädettä vielä monella sadalla kilometrillä. Yksi valmistaja mainostaa ladattavan hybridinsä toimintasäteeksi jopa 1100 kilometriä yhdellä polttoainetankillisella. Ladattavilla hybrideillä on suurempi hintalappu kuin tavallisilla hybrideillä. Yksi suuri tekijä hinnan nousuun on suurempi akkukapasiteetti. Useimmissa ladattavissa malleissa on myös tehokkaampi sähkömoottori. (Motiva 2016.)

Seuraava askelma ladattavista hybrideistä on siirtyminen täyssähköautoihin, joissa ladataan kaikki liikkumiseen tarvittava energia sähköverkosta. Tämän jälkeen mahdolliset liikenteen hiilidioksidipäästöt tuotetaan muualla kuin autolla liikkuttaessa. Tulevalla sähköautojen aikakaudella tärkeänä pidetään uusiutuvien energialähteiden laajamittaista hyödyntämistä sähkön tuotannossa. (Motiva 2016.)

Hybriditekniikkaa hyödyntävien autojen korkeammat hinnat saavat ostajat miettimään niiden hankinnan järkevyyttä. Ihmisille tulee ensimmäisenä mieleen autojen tuottamat säästöt polttoainekuluissa. Aina ei tule mieleen hybridien muita hyötyjä. (Motiva 2016.) Kehittyneen tekniikan ansiosta hybridit kestävät hyvin suuria ajokilometrimääriä. Esimerkiksi jarrutusenergian talteenoton, regeneroinnin, ansiosta jarrut saadaan kestävämmän tavallista pidempään. Nämä vaikuttavat alentavasti huoltokustannuksiin koko auton käyttöiän ajalla. Sähköllä ajamisen ansiosta melutaso kaupungiajossa pienenee. (Motiva 2018.)

3 TALOUDELLISUUDEN MEKANISMIT

Automaailmassa ykköspuheenaiheena on viime vuosina ollut hiilidioksidipäästöjen pienentäminen. Puheissa huomio on kiinnittynyt liikaa autotekniikkaan autonvalmistajien markkinointiviestinnän vuoksi. Tekniikan lisäksi myös kuljettaja itse pystyy merkittävästi vaikuttamaan omalla ajotavallaan polttoaineenkulutukseen ja sitä kautta päästöihin. (Ahonen & Niemi 2008.)

Taloudellinen ajotapa vähentää poltettavan polttoaineen määrää, samalla vähentyy tärkeimmän kasvihuonekaasun, hiilidioksidin, päästöt. Tällöin saavutetaan suoraan ympäristöhyötyjä. Kun luonto kiittää, kiittää myös lompakkosi sillä ajoneuvon käytöstä aiheutuvat kustannukset pienenevät samalla. Polttoaineesta maksettava rahamäärä ei muutu, mutta tankkausväli pitenee. (Ikonen 2013, 10.)

Hiilidioksidipäästöt ovat suoraan riippuvaisia poltetun hiilen, eli polttoaineen määrästä. Hiilidioksidia ei pystytä millään tavalla poistamaan ajoneuvon pakokaasuista. Näin ainoaksi keinoksi kasvihuoneilmiön hillinnässä ajoneuvoliikenteen osalta jää biopolttoaineiden käyttöönoton ohella fossiilisen hiilen polttamisen vähentäminen. Polttamista saadaan vähennettyä alentamalla autojen polttoaineen kulutusta tekniikan avulla sekä ajosuoritetta eli ajettujen kilometrejä. (Ikonen 2013, 10.)

Keinot oppia taloudellinen ajaminen, ovat jokaisen kuljettajan hyödynnettävissä riippumatta auton iästä. Rahamäärällisesti mitattuna hyödyt ovat sitä suurempia mitä suurempaa ajoneuvoa ajaa tai mitä epätaloudellisempi on ajotapa. Henkilöautoilijoidenkin kannattaa myös parantaa ajotapaansa, koska säästöpotentiaalia on tyypillisesti noin 10-40 prosenttia, mutta keskimääräinen tilastollinen säästö on yleensä noin 20 prosenttia. (Ikonen 2013, 12; Motiva 2017b.)

Ajoneuvon omaa ajotietokonetta seuraamalla pysyy hyvin kartalla omasta ajotavasta ja sen kehityksestä. Ajotietokoneet eivät ole välttämättä täysin tarkkoja. Siitä huolimatta niissä virhe on aina samansuuntainen ja -kokoinen, joten siitä huomaa kohtalaisen tarkasti ajotyylin ja sen muutoksen vaikutukset. Jos kuitenkin ajotietokonetta ei autossa ole tai sen näyttämä epäilyttää liikaa, voi kulutusta seurata perinteiseen tapaan. Tässä tavassa tankkausvälin kulutus lasketaan kuljetusta matkasta ja kulutetusta polttoaineesta. Jos halutaan luotettavampaa tietoa kulutuksesta, niin silloin pitäisi autoa tankata aina samalla tavalla, mieluiten myös samalla tankkausasemalla. Syvemmälle asiassa pääsee

vielä kun jaksaa pitää kirjaa tankkauksien lisäksi myös ajo-olosuhteista ja kuormituksesta. (Ahonen & Niemi 2008.)

Seuraavissa luvuissa on esitetty muutamia keinoja, joita noudattamalla lähes jokainen kuljettaja kykenee madaltamaan kulutustaan. Voitaisiin sanoa, että nämä keinot ovat perusasioita taloudelliselle kuljettajalle. Liitteessä 2 olevassa talukossa on esitetty, mitkä kolmesta päätekijästä vaikuttavat jokaiseen kulutukseen vaikuttaviin yksittäistekijöihin. Päätekijät ovat auto, kuljettaja ja olosuhteet. (Ahonen & Niemi 2008; Ikonen 2013, 52-53.)

3.1 Ennakoimalla luetaan liikennettä

Auton liikuttamiseen vaadittu liike-energia saadaan massan ja nopeuden toisen potenssin kertolaskusta. Liikkeessä olevalla massalla on suuri arvo. Nopeuden nostamiseen tarvitaan ylimääräistä energiaa verrattuna ajamiseen vakionopeudella. Minimoimalla ajon aikaiset hidastukset ja pysähtymiset, saadaan minimoitua kiihdytyksissä tarvittavaa lisäenergiaa. Samalla polttoaineenkulutus pienentyy. Edellä mainittu onnistuu tarkkailemalla kaukana edessä olevaa liikennettä ja reagoimalla havaintoihin mahdollisimman ajoissa, eli ennakoimalla ja lukemalla liikennettä. (Ikonen 2013, 64.)

Jarrujen käyttö, vaikka se toisinaan on välttämätöntä, on kaikkein epäedullisinta kulutuksen kannalta. Silloin hukataan lämpönä, kitkan avulla muutettua liike-energiaa. Tämä energia on aikaansaatu polttamalla kallista polttoainetta. Jarrutustarve syntyy painettaessa kaasupoljinta liikaa jarrutusta edeltäneessä tilanteessa. (Ikonen 2013, 64 & 67.)

Kaupungi- ja taajamaliikenteessä kannattaa seurata liikennevaloja ja ennakoida niiden vaihtuminen. Näin saadaan karsittua pois turhat ja voimakkaat jarrutukset sekä pysähdykset. Ajettaessa samaa reittiä useita kertoja, kannattaa opetella tämän tutun reitin liikennevalojen rytmitys ja käyttää sitä osana ennakointia. Maantiellä kannattaa pitää katse kaukana horisontissa, jolloin on helpompaa ennakoida tietä ja muita tienkäyttäjiä. (Ahonen & Niemi 2008.)

Taloudellisen ajotavan hyvin sisäistäneen kuljettajan matkanteko ei hidastu vaikka näin usein ajatellaan. Parhaimillaan se sujuvoittaa ajamista ja matkustusmukavuuden huomattava parantuminen saa hermotkin pysyvät paremmin kasassa eli kuljettajan stressin tunteminen liikenteessä vähentyy. Ennakoiva ja valpas kuljettaja edistää taloudellisen ajotavan lisäksi myös liikenneturvallisuutta. Auton polttoaineen kulutuksessa saavutetun

säästön lisäksi taloudellisella ajotavalla saadaan vähennettyä huolto-, korjaus- ja ren-
gaskustannuksia. (Ahonen & Niemi 2008; Motiva 2017b.)

3.2 Kiihdytys ja liikkeellelähtö

Energian näkökulmasta ei ole väliä kiihdyttääkö hitaasti vai nopeasti, koska kiihdyttämi-
seen tarvittava energia riippuu vain massasta sekä kiihdytettävästä nopeusvälistä. Kiih-
dytyksessä ja liikkeellelähdössä kannattaa hyödyntää moottorin parasta hyötysuhdealu-
etta. Moottorin hyötysuhde on parhaimmillaan kohtalaisen pienillä pyörintänopeuksilla,
mutta suurilla kuormilla. Optimalinen kiihdytystapa on kohtalaisen ripeä, koska moottori
saadaan korkean kuormituksen ansiosta tuottamaan tehoa vetopyörille pienimmillä hä-
viöillä kuin pienellä kuormalla operoitaessa. (Ikonen 2013, 79 & 83.)

Vaihteita voidaan hypätä yli, jos se on mahdollista. Esimerkiksi lähtiessä ykkösvaihteella
liikkeelle, kiihdyttää ja vaihtaa suoraan kolmoselle. Kolmosella kannattaa kiihdyttää kau-
punkiajonopeuteen. Jos omistaa turbodieselauton, niin kannattaa pitää moottorin kieros-
luku hieman alle maksimiväännön alarajan vaihtamisen jälkeen. (Ahonen & Niemi 2008.)

Tarvittavan ajonopeuden saavuttamisen jälkeen, vaihdetaan vitosvaihteelle tai muulle
sopivalle ajovaihteelle. Vaihteiden ylihyppimisessä on etunsa, mutta myös haittansa. Se
kuluttaa pitkän päälle vaihteiston synkronointirenkaita. Tämän takia, kannattaa olla va-
rovainen ainakin vaihtojen yhteydessä kuuluvien äänien tapauksessa. (Ahonen & Niemi
2008.)

Liikkeellelähtö ja kiihdytys vaativat pitoa, eli kitkaa auton renkaiden ja tien välissä. Pitoa
saadaan paremmaksi lumisissa ja loskaisissa olosuhteissa valittaessa mahdollisimman
puhdas linja. Samalla myös renkaiden vierintävastus pienenee. Kesällä, hyvien säiden
vallitessa, kannattaa ajaa tiessä olevien urien vieressä sileämmällä pinnalla ja välttää
karkeaa ja rosoista asfalttia. Tien uria kannattaa varsinkin välttää sadekeleillä ja heti sen
jälkeen, jolloin urat täyttyvät sadevedestä. Renkaat joutuvat tällöin työntämään vettä pois
edestään saadakseen otteen tien pinnasta, jolloin vierintävastus lisääntyy. Veden omi-
naisuuksien takia siitä aiheutuu auton liikettä vastustava voima, jolloin vauhti hidastuu.
Vesiuorissa ajamisen välttäminen pienentää myös vesiliiron mahdollisuutta, jolloin auton
hallittavuus kärsisi. (Ahonen & Niemi 2008, Ikonen 2013, 91-92.)

3.3 Ajaminen kaupungissa ja maantiellä

Kaupunki tai maantie, molempiin pätevät samat perusohjeet. Mahdollisimman suuren vaihteen käyttäminen on tie taloudelliseen ajotapaan. Vaihde valitaan kuitenkin siten, että moottori vielä toimii hyvin, eli kierrokset eivät saa laskea liian alas. Jos näin tapahtuu, moottori alkaa täristää eikä tuota vetovoimaa kunnolla. Kiihdytystilanteita lukuunottamatta kannattaa ajaa mahdollisimman kevyellä kaasulla ja nostaa, mahdollisuuksien mukaan, kaasupoljin kokonaan ylös ja rullailla vapaalla. (Ahonen & Niemi 2008.)

Kohdattaessa ylämäki kannattaa kerätä hieman lisävauhtia ”varastoon”. Mäen alkaessa vauhti alkaa hidastua, mutta siitä huolimatta ei kannata painaa lisää kaasua. Jos kuitenkin vauhti hidastuu liikaa, pienemmälle vaihteelle vaihtaminen on suositeltavaa. Kun ylämäen huippukohta saavutetaan, jalan nostaminen kaasulta hieman ennen huippua hillitsee auto vauhdin kasvamista turhan suureksi huippukohdan jälkeen. (Ahonen & Niemi 2008.)

Autolla ajaminen on tosi harvoin pelkästään suoraan ajoa, kääntyminen tulee tehtäväksi ennemmin tai myöhemmin. Silloin kun kääntymisen aika on, kannattaa kaarteisiin ja mutkiin ajaa mahdollisimman pehmeällä linjalla. Pehmeän linjan tarkoituksena on vauhdin mahdollisimman vähäinen hidastustarve. Mutkaan ei pidä jäädä myöskään hidastelemaan, vaan sen nopea läpi ajaminen vähentää kiihdyttämistä haluttuun ajonopeuteen mutkan jälkeen. Ajoturvallisuutta kunnioittaen nopeus kannattaa kuitenkin pitää turvallisissa rajoissa. Eikä ole turvallista lainata toista kaistaa, joten pyöreämpi ajolinja on haettava omalla kaistalla pysyen. (Ahonen & Niemi 2008.)

3.4 Hidastaminen

Ennakointi, jota tarkasteltiin edellä, on tärkein osa vauhdin hidastamisessa. Mietittäessä taloudellisen ajotavan kannalta virhe on jo tapahtunut jouduttaessa painamaan jarrupoljinta voimakkaasti. Voimakas jarrupolkimen painaminen kertoo myös ennakkoinnin epäonnistumisesta. (Ahonen & Niemi 2008.)

Vauhdin hidastaminen pitäisi aloittaa ennakkoiden mahdollisimman aikaisin rullaten vapaalla, eli nostamalla kaasupoljin kokonaan ylös ja laittamalla vaihde vapaa-asentoon. Tällöin minimoidaan kiihdyttämiset, joissa kulutus kasvaa nopeasti. Tämä menettelytapa

on taloudellisin hidastustapa ainakin niissä ajotilanteissa, joissa ajonopeus on kohtalaisen suuri ja hidastuvuuden ei tarvitse olla suuri, ja on oletettavaa, ettei autoa tarvitse kokonaan pysäyttää. Hidastustarpeen ollessa äkillisempi kuin rullaamalla auto itse hidastuisi, ja varsinkin jouduttaessa pysähtymään kokonaan, kannattaa hyödyntää moottorijarrutusta. Tällöin hidastamisen lisäksi polttoaineensyöttö katkaistaan. (Ikonen 2013, 88.)

Moottorin kierrosten laskiessa lähelle joutokäyntinopeutta tai hidastamistarpeen ollessa savutettua hidastumista suurempi, täytyisi vaihtaa pienemmälle vaihteelle. Auton ajotietokonetta voi hyödyntää haettaessa mahdollisimman taloudellista moottorijarrutusta. Ajotietokoneen hetkellisen kulutuksen avulla voi hakea viimeisintä mahdollista kohtaa vaihdettaessa pienemmälle. Siitä voidaan havaita polttoaineen syötön aloittava kierros-luku. Tällöin on syytä vaihtaa pienempi vaihde ja jatkaa hidastamista nolla kulutuksella. (Ahonen & Niemi 2008, Ikonen 2013, 84.)

Työssä edellä, jarrutusenergian hyödyntämisen kohdalla, on kerrottu hybridijärjestelmää käyttävän auton mahdollisuudesta pääsääntöisesti sammuttaa polttomoottori moottorijarrutuksen aikana. Vauhdin hidastuessa polttomoottori sammuu ja siirrytään sähkömoottorin käyttöön. Tällöin sähkömoottori lataa ajoakustoa hyödyntämällä hukattavana olevaa liike-energiaa. Jotta järjestelmästä saataisiin paras hyöty käyttöön, kannattaa hybrideilläkin aloittaa moottorijarrutus mahdollisimman alkaisin.

3.5 Reitin ja lähtöajan valitseminen

Valittaessa ajoreittiä ei välttämättä kannata aina valita lyhintä reittiä, koska polttoaineen kulutuksen kannalta taloudellisempi vaihtoehto voi löytyä. Kun etsitään vaihtoehtoisia reittejä, taloudellisempi vaihtoehto löydetään pyrittäessä minimoimaan hidastus- ja pysähtymistarpeet. Samalla minimoidaan kiihdytyksien määrä ja päästään pienempiin kulutuksiin ja päästöihin. Tällaisella, taloudellisella reitillä, kulutus voi olla pienempi vaikka matka olisi jopa 1,5-kertainen runsaasti pysähdyksiä ja kiihdytyksiä sisältävään reittiin verrattuna. (Ikonen 2013, 94-95, Motiva 2017c.)

Ajoajankohdallakin on oma merkityksensä tienkäyttäjien määrässä. Jos ajankohta on valittavissa sekä pyritään jouhevaan ja mahdollisimman vähän pysähdyksiä sisältävään matkaan, kannattaa ajaa silloin kun liikenne on vähäisintä. Tyypillisesti eri kellonaikojen ja viikonpäivien välillä on eroja liikenteen määrässä. Kuljettaja voi useissa tapauksissa

valita siten, ettei ainakaan joutuisi ajamaan pahimpien työmatka- ja viikonloppuruuhkien aikana. (Ikonen 2013, 96-97.)

Ruuhkissa ajamista kannattaa välttää, koska se on nykivää, epätaloudellista ja stressaavaa. Ruuhkia voidaan välttää hyvällä reitin ja lähtöajan suunnittelulla. Reitti, joka on ruuhkattomin ja nopein, on yleensä energiatehokain. Työmatkalla lähtöä voi aikaistaa ja myöhäistää hieman, jo pieni muutos voi olla ratkaiseva. Joskus voi jopa miettiä etätyöpäivää, jos etukäteen on tiedossa suuria ruuhkia kelin tai muun vastavan syyn johdosta. Ruuhkatilanne voidaan tarkastaa internetistä, kuuntelemalla radiota tai hankkimalla ruuhkatietoja päivittävän navigaattorin. (Motiva 2017c.)

Nopeimman reitin kulkiessa pitkin moottoritietä kannattaa moottoritien sijaan valita reitti, missä ajonopeus ei kasva liian suureksi. Nopein reitti enintään 80 km/h nopeuksissa kuluttaa yleensä vähiten polttoainetta. Ajonopeuden kasvattaminen maantienopeuksista moottoritienopeuksiin nostaa kulutusta helposti 2-3 l/100 km ilmanvastuksen takia. Ajaminen 120 km/h nopeudella ei välttämättä tuo polttoainesäästöä, vaikka reitti olisi sujuva. (Motiva 2017c.)

Ajettaessa ruuhkaan kannattaa pitää mahdollisimman tasainen nopeus ja riittävä väli edellä ajavaan. Tällä tavalla voi vähentää omia ja muiden pysähdyksiä ja nykivää ajoa, eli haitariliikettä. Tasainen vauhdinpito vähentää kulutusta ja parantaa liikenneturvallisuutta. (Motiva 2017c.)

3.6 Muita yleisiä ohjeita

Auton säännöllistä huoltamista ei pidä unohtaa myöskään tavoiteltaessa taloudellista ajotapaa. Huolettu auto myös toimii paremmin kuin huoltamaton auto. Moottorin kulutusta nostavat esimerkiksi tukkeutunut ilmansuodatin, väärät ohjauskulmat tai jokin muu häiriö. Pitkään huoltamaton auto kuluttaa 0,2-0,3 litraa polttoainetta enemmän sadalla kilometrillä kuin hyvin huollettu ja säädoissä oleva auto. (Ahonen & Niemi 2008; Motiva 2017d.)

Rengaspaineiden tarkastus on tärkein kuljettajan itse tehtävä toimenpide. Tarkastus olisi tehtävä vähintään kerran kuukaudessa ja aina sään kylmennyttyä. Jos auton renkaissa on väärät paineet, auton ajettavuus ja turvallisuus kärsivät. Liian pienet rengaspaineet nostavat vierintävastusta, jolloin kasvavat myös renkaiden kulumisen ja auton kulutus.

Vajaapaineisilla renkailla ajaminen voi nostaa kulutusta jopa 20 prosenttia. Nykyaikaisissa renkaissa kannattaa käyttää, kulutusta ajatellessa, 10-20 prosenttia korkeampia paineita, kuin mitä on suositeltu. (Ahonen & Niemi 2008; Ikonen 2013, 90; Motiva 2017d.)

Auton sisälle kannattaa kiinnittää myös huomiota. Kaikki turhat ja unohtuneet tavarat, joita ei tarvitse, kannattaa kerätä pois. Ylimääräinen massa auton sisällä nostaa auton kokonaispainoa. Kokonaispaino vaikuttaa kulutukseen autoa kiihdytettäessä. Painon kasvaessa, kasvaa myös kiihdytykseen tarvittava voima ja auton kulutus. Auton ulkopuoliset tavarat, kattotelineet ja suksiboksit kasvattavat ilmanvastusta, joten ne kannattaa ottaa pois käytön jälkeen. Ilmanvastus on auton liikettä vastustava voima, joka vaikuttaa merkittävästi auton kulutukseen maantie- ja moottoritieajossa. (Ahonen & Niemi 2008.)

Autolla ei ole tarvetta lähteä erikseen liikkeelle jokaista yksittäistä asiaa varten. Taloudelliseen ajotapaan kuuluu myös ketjuttaminen eli erillisten automatkojen yhdistämistä yhdeksi matkaksi. Tällä voi helposti vähentää päivän aikana syntyviä ajokilometrejä, jopa kolmanneksella. Samalla vähentyvät myös päästöt ja saavutetaan säästöä ajassa. Ketjuttaminen tarkoittaa päivän asiointikohteiden ja niiden keskinäisen järjestyksen suunnittelua etukäteen. Ketjuttamista voidaan hyödyntää myös muiden kulkumahdollisuuksien kanssa. Esimerkiksi joukkoliikenteen kanssa käytettynä matkojen ketjuttaminen on tehokkaimillaan. (Motiva 2017e.)

3.6.1 Esilämmittäminen

Kylmäkäynnistykset kasvattavat kulutusta. Kulutuksen kasvu on runsaampaa käynnistettäessä moottori useasti kylmänä sekä käynnistyslämpötilan ollessa matala. Tämän takia auton moottorin esilämmitys pakkaskeleillä on suositeltavaa, koska se vähentää polttoaineen kulutusta. Samalla vähentyvät myös päästöt. Säästö on yleensä sitä suurempi mitä vanhempi auto on.

Esilämmitetty moottori kuluu vähemmän ja käynnistyy paremmin kovilla pakkasilla. Lisäksi esilämmitetty moottori ei tarvitse lämmittää pitämällä sitä tyhjäkäynnillä ja se saavuttaa normaalin käyntilämpötilan nopeammin. Ei-ladattavalla sekä ladattavalla hybridillä esilämmitys nopeuttaa polttomoottorin sammuttamista ja siirtymistä sähköllä ajamiseen. Esilämmitys nopeuttaa sisätilojen lämpenemistä, jolloin ikkunoiden huurtuminen

vähentyy. Lämmin sisätila parantaa liikenneturvallisuutta ja matkustusmukavuutta. Paras tilanne kylminä päivinä saavutetaan välttämällä auton käyttöä lyhyillä matkoilla ja kulkemalla nämä matkat muilla liikkumismuodoilla. (Ikonen 2013, 100-101 & 112-116; Motiva 2017a.)

Seuraavaksi esitellään hieman eri lämmitintyyppisiä. Autoissa käytetään yleensä kahdenlaisia lämmittimiä. Ensimmäinen vaihtoehto on sähköverkosta energiansaava moottorilämmitin eli niin sanottu lohkolämmitin. Toisena vaihtoehtona on polttoainekäyttöinen lämmitin. (Ikonen 2013, 112 & 114.)

Lohkolämmittimiä on kahdenlaisia, suoraan moottorin jäähdytysnestettä lämmittäviä tai niin sanottuja säteilylämmittimiä. Lohkolämmittimien lisäksi on myös jäähdytysnesteletkuun asennettavia lämmittimiä. Nämä molemmat lämmittivät jäähdytysnestettä, mutta lämmityspaikka on eri. Lohkolämmittimen vastuselementti sijaitsee sylinterilohkon nestetilassa, kun taas letkulämmittimen vastus sijaitsee jäähdytysnesteletkussa, joka on yhteydessä sylinterilohkoon. (Wikipedia 2019.) Säteilylämmittin lämmittää moottorin sylinteriryhmää eli moottorin kylkeä jäähdytysnesteen sijaan. Säteilylämmittimen tehosta kuuluu enemmän hukkaan kuin suoraan nestettä lämmittävässä lämmittimessä. Jäähdytysnestettä lämmittävien lämmitinten lisäksi tiedetään olevan käytössä myös lämmitintyyppi, joka lämmittää moottoriöljyä. Tämä on verrattain harvinaisessa käytössä. (Ikonen 2013, 112)

Toinen yleinen vaihtoehto on sähköverkosta riippumaton polttoainekäyttöinen lämmitin. Nämä ovat paljon tehokkaampia kuin lohkolämmittimet, jolloin niillä riittää yleensä lyhyempi lämmitysaika. Polttoainekäyttöisellä lämmittimellä voidaan lämmittää jäähdytysnesteen lisäksi myös auton sisätiloja, jolloin auton ikkunoiden huurtuminen vähentyy. (Ikonen 2013, 114.)

Suositusajat lämmitykselle

Vaikka esilämmitys on pakkaskaleilla suositeltava, niin liian pitkä lämmitys menee hukkaan. Ulkolämpötilan seurannalla saadaan säädettyä sopivat lämmitysaajat. Säättämiseen kannattaa käyttää ajastinta tai etäohjausta. (Motiva 2017a.) Huolehtimalla siitä, että esilämmitysaika ei veny liian pitkäksi, voidaan varmistua siitä, että lämmitykseen tarvittavan sähköenergian hinta on pienempi kuin esilämmityksellä säästettävän polttoaineen hinta (Ikonen 2013, 113). Suositellut lämmitysaajat on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Suositellut lämmitysajat lämmitintyypeittäin (Motiva 2017a).

Ulkoilman lämpötila	Suositeltava esilämmitysaika lämmitintyypeittäin	
	Sähköiset esilämmittimet	Polttoainetoiminen lämmitin
0... -5 °C	½–1 tuntia	10–15 minuuttia
-5...-10 °C	1–2 tuntia	15–20 minuuttia
alle -10 °C	2–3 tuntia	20–30 minuuttia

Yllä olevassa taulukossa 1 esitetyt ohjeaikoja pidemmistä lämmitysajoista ei ole suurempaa hyötyä, koska tällöin lämpöä alkaa karata moottoria ympäröivään ilmaan saman verran kuin lämmitin sitä pystyy tuottamaan. Tämä on sähköenergian tuhlausta, varsinkin jos autoa säilytetään ulkona. Polttoainekäyttöisillä lämmitimillä on vaarana myös auton akun tyhjentymisen, koska lämmitin käyttää akun sähköenergiaa toimintaansa. Tyhjentymisvaaraa voidaan pienentää ajamalla autoa vähintään sama aika kuin lämmitintä on käytetty. (Ikonen 2013, 113-114.)

Kun mennään hieman aikaa taaksepäin, niin esilämmitystä suositeltiin käytettäväksi jo +5 °C lämpötilasta alaspäin. Taulukosta 1 havaitaan, ettei uudemmissa automalleissa tällaista enään taloudellisessa mielessä tarvita, koska nykyaikaisten moottorien kylmäkäytön energiatehokkuus on parantunut. Tämä on seurausta bensiinimoottoriteknikan kehityksestä ja moottorien koon pienentymisestä. Taulukossa 1 esitetyt sähköisten esilämmittimien aikahaarukan lyhyemmät ajat viittaavat lohko- ja letkulämmittimiin, pidemmät säteilylämmittimiin. (Motiva 2017a).

3.6.2 Sähkön tuottaminen polttomoottorilla

Auton polttomoottori on hyötysuhteeltaan varsin keho voimalaitoksena, joten turha sähkön tuottaminen sillä ei ole kannattavaa. Joidenkin auton sähkölaitteiden aiheuttamasta polttoaineenkulutuksen lisäyksistä on esitetty taulukossa 2. Sähkön tuottaminen laturilla lisää kulutusta litroina tunnissa. Tämän takia laturin kulutus per 100 km on sitä pienempi, mitä suurempi on nopeus.

Sähkö tuotetaan polttoaineella, ja esimerkiksi bensiinimoottorilla varustetussa autossa kulutetaan noin 0,65 litraa polttoainetta jokaista laturin tuottamaa kilowattituntia kohti. (Motiva 2017f.) Esimerkiksi työn kirjoittamisen aikaan 95E10 polttoaineen keskihinta oli noin 1,58 €/litra (Polttoaine 2019). Samaan aikaan verkkosähkön kokonaishinta oli noin

0,14 €/kWh. Hakukohteina oli koko maan sähkön keskiarvohinta pientalolle, jonka sähkönkulutus on 18 000 kWh vuodessa. Oletuksena oli myös toistaiseksi voimassa olevien sopimusten tarjoushinnat. (Energiavirasto 2019.) Auton moottorilla tuotettu sähkön hinnaksi muodostuu noin 1,03 €/kWh. Se on yli seitsemänkertainen verkkosähkön hintaan verrattuna.

Taulukko 2. Esimerkkejä auton sähkölaitteiden polttoaineenkulutuksesta (Mukaillen: Motiva 2017f).

Sähkölaite	Laitteen tehon- kulutus W	Poltto- aineen- tarve l/h	Laturin kulutuslisä			
			30 km/h l/100 km	50 km/h l/100 km	80 km/h l/100 km	100 km/h l/100 km
Istuinlämmitin	100	0,060	0,2	0,1	0,1	0,1
Takalasin + peilien lämmitin	300	0,180	0,6	0,4	0,2	0,2
Stereot kovalla äänen- paineella	240	0,144	0,5	0,3	0,2	0,1
Lämmityslaittepuhallin (max)	200	0,120	0,4	0,2	0,2	0,1
Tehdasnavigointi	25	0,015	0,1	0,0	0,0	0,0
YHTEENSÄ	865	0,52	1,7	1,0	0,7	0,5

Auton yksittäinen sähkölaite lisää helposti kaupunkinopeuksissa polttoaineenkulutusta 0,5-1,0 litraa sadalla kilometrillä, tämä havaitaan myös esimerkeistä taulukossa 2 (Motiva 2017f). Taulukosta 2 havaitaan myös, että yksittäisen sähkölaitteen tuottama kulutuslisä per 100 km pienenee nopeuden kasvaessa.

Edellä mainittujen seikkoja takia laitteiden käyttöä tulisi rajoittaa vain tarpeeseen. Eli käyttää niitä vain sen aikaa kun niitä tarvitaan ja sammuttaa ne heti tämän jälkeen. Esimerkiksi Ilmastointilaitte eli koneellinen sisätilojen jäähdytys on yksi merkittävimpiä energian kuluttajia autossa. Taloudellisuutta haettaessa sen käyttö tulisi minimoida ja säätää sisälämpötila vain hieman ulkolämpötilaa viileämmäksi myös hellesäällä. Tällä tavoin toimittaessa laitteesta otettava teho ja auton kulutuslisä minimoidaan. Hellesäällä voi pyrkiä viilentämään sisätiloja avaamalla ikkunoita tai kattoluukkua varsinkin kaupungissa. Maantienopeuksissa näiden avaaminen saattaa lisätä ilmanvastusta. (Ikonen 2013, 118.)

4 MITTAUSMENETELMÄT

Mittauksien valmisteluihin kuului esimerkiksi auton polttoainesäiliön tankkaaminen täyteen ennen molempien ajovaiheiden alkua. Samalla auton ajotietokone nollattiin. Ajotietokonetta hyödynnettiin laajasti mittauksien aikana. Tärkeimpiä tuloksia, polttoaineen keskikulutus ja ajettu matka kilometreissä, saatiin suoraan ajotietokoneelta. Tuloksien saaminen pelkästään sähköllä ajamisen määräksi vaati hieman enemmän työtä. Tästä hieman lisää tekstissä myöhemmin.

Mitattavia suureita työn aikana olivat polttoaineenkulutuksen muutokset sekä sähköllä ajaminen, lisäksi myös ajettut kokonaismatkat. Näiden lisäksi työssä seurattiin lämpötilaa ajon aikana sekä rengaspaineita. Näitä seurattiin siksi, että saatiin selville näiden muutokset ja arvioitua niiden vaikutukset mittauksiin. Kaiken edellä mainitun lisäksi, ajotietokoneelta kirjattiin muistiin kaksi tietokoneen laskemaa arvoa yhtä matkaa kohden. Nämä arvot ovat ajettut kilometrit ja keskikulutus yhtä matkaa kohti. Ajotietokone nolaa edellä mainitut arvot kun ennalta asetettu aikaraja tulee täyteen.

Tuloksien tärkeänä osana on sähköllä ajamisen osuus ajetuista kilometreistä. Sähköllä ajon osuus on saatu jakamalla matkan aikana sähköllä kuljettu kilometrimäärä saman matkan aikana kuljetulla kokonaiskilometrimäärällä. Eli jakolaskussa, jaettavana lukuna on sähköllä ajo ja jakajana on kokonaismatka. Näiden tulos on vielä kerrottu luvulla 100 ja saatu lopputulokseksi sähköllä ajon prosenttuaalinen osuus kokonaismatkasta.

Työ tehtiin kolmessa eri osassa. Ensimmäisessä osassa tehtiin mittaukset esilämmittämällä autoa ennen jokaista kotona suoritettua liikkeellelähtöä käyttämällä sähkötoimista moottorilämmitintä. Auton esilämmitysajat olivat suosituksen mukaisia. Toisessa osassa autoa käytettiin ilman esilämmitystä. Eli autoa käytettiin samalla tavalla kuin ensimmäisessä osassa, ainoana muutoksena oli esilämmityksen puuttuminen. Työn kolmannessa osassa tulokset kirjattiin ylös samaan tiedostoon. Lisäksi, tuloksia haettiin ja analysointiin erityisesti sähköllä ajamisen ja kokonaismatkojen välisistä eroista sekä polttoaineen keskikulutuksen vaihteluista.

Ensin esitellään työssä käytettyä henkilöautoa. Autosta esitellään teknisiä tietoja ja ominaisuuksia. Seuraavaksi esitellään sähköllä ajon mittaustapa eli se, miten on saatu selville matka, joka on ajettu pelkästään käyttämällä sähköä. Tämän jälkeen on selvitetty auton esilämmitykseen liittyviä asioita.

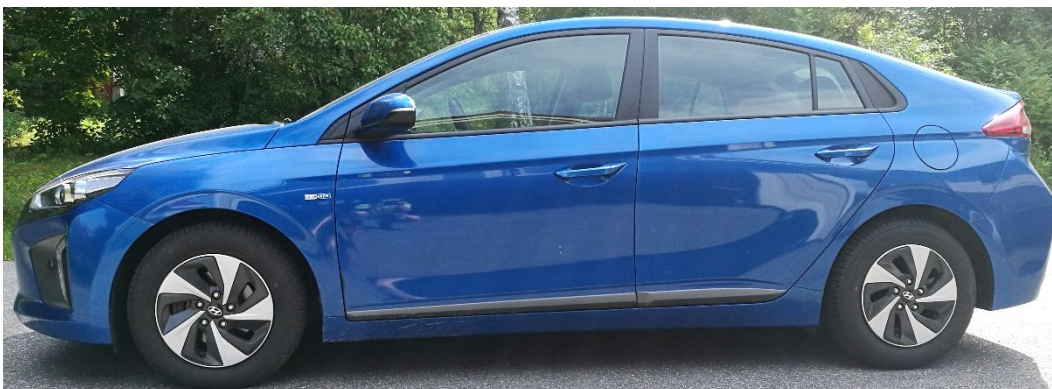
4.1 Työssä käytetty ajoneuvo

Työssä on käytetty hybridijärjestelmää hyödyntävää henkilöautoa, eli siinä on sekä poltto- että sähkömoottori. Tämä henkilöauto on Hyundain valmistama auto. Automallina on IONIQ Hybrid. Hyundai IONIQ-sarjaan kuuluvat ei-ladattava hybridi, ladattava hybridi ja täyssähköautomallit. Kaikki nämä automallit perustuvat, ensimmäisenä maailmassa, samaan alustaan ja koriin. Auton tekniikka, voimalinja ja varustelu sisältävät eroavaisuuksia mallien välillä. (Hyundain esittelylehtinen 2016.)

Mittauksissa käytetty auto oli hieman runsas vuoden ikäinen ja sillä oli ajettu noin 11 200 kilometriä, kun työ aloitettiin. Auto oli siis suhteellisen uusi ja vähän käytetty, lisäksi sen toiminnan kynnys- ja suoritusarvot olivat todennäköisesti ajantasaisia. Kirjoittaja osti auton uutena ja se ollut vain kirjoittajan omistuksessa ja käytössä. Autoa käytettiin mittauksien aikana tekijän normaalissa ajossa, normaaleilla ajoreiteillä ja -tilanteissa. Tämä ajo koostuu pääasiassa taajamaliikenteestä kaupunkialueella. Mittauksiin mahtuu myös ajamista maantie- ja moottoritienopeuksissa. Auto on esitetty kahdesta eri kuvakulmasta kuvissa 1 ja 2.



Kuva 1. IONIQ Hybrid kuvattuna edestäpäin.



Kuva 2. IONIQ Hybrid kuvattuna sivultapäin.

Autosta on suunnittelussa pyritty tekemä muotoilultaan aerodynaaminen. Koriin on sijoitettu tehokkaita komponentteja aerodynaamisen suorituskyvyn lisäämiseksi. Esimerkiksi loiva kattolinja yhdistyy saumattomasti takaspoileriin, jolloin tuloksena on urheilullinen ja aerodynaaminen muoto. Itse takaspoilerikin on muotoiltu siten, että se vähentää pyörteitä ja ilmanvastusta. Samalla saadaan vakautta ajamiseen. Sivupeilien muotoilulla saadaan edistettyä ilmavirtauksia ja pienennettyä tuulen ääniä. (Hyundain esittelylehtinen 2016; Hyundai 2019a.)

Auton keulan etusäleikössä on aktiiviset ilmanohjaimet, jotka avautuvat ja sulkeutuvat automaattisesti ja vaiheittain parantaen aerodynamiikkaa. Keulan ilmapyörteitä vähennetään myös ohjaamalla ilmavirtausta erillisten ilmanottoaukojen avulla etupyörien ympärille. Toinen näistä ilmanottoaukoista on nähtävissä kuvasta 1, se on sijoitettuna alemman valonheittimen, LED-päiväajovalon, viereen. Kaikista edellä mainituista seikoista tuloksena on ilmanvastuskertoimella 0,24 varustettu kori. Tällöin ilmanvastus, joka vaikuttaa kulutukseen ja hiilidioksidipäästöön, on mahdollisimman pieni. (Hyundain esittelylehtinen 2016; Hyundai 2019a.)

Autossa liikkeellelähtö on vaikuttava, kun sähkömoottorin vääntö on välittömästi käytössä. Molemmat moottorit, hybridiakusto ja 6-vaihteinen DCT-kaksoiskytkinvaihteisto on suunniteltu toimimaan yhdessä mahdollisimman tehokkaasti. Auton polttomoottori on hybridiautoon kehitetty Kappa 1,6 GDI -bensiniinimoottori, joka tuottaa, valmistajan mukaan, luokkansa parhaan hyötysuhteen. Moottori on erikoiskalibroitu ja sen venttiilien ajoitus muuttuu jatkuvasti. (Hyundain esittelylehtinen 2016; Hyundai 2019a.)

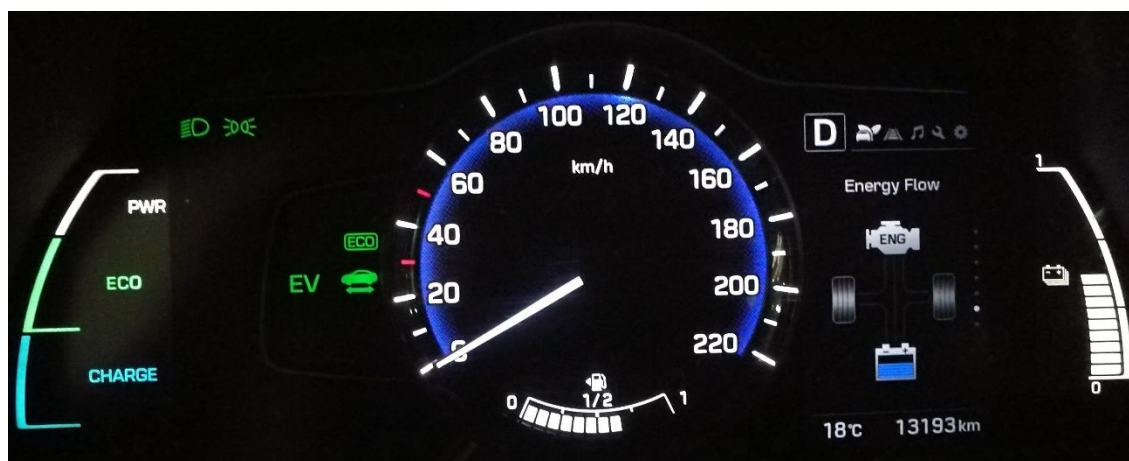
Sähkömoottori on kestopagnetoitu synkronimoottori, jossa on korkea vääntömomentti ja tehokkuus. Se antaa hyvän kiihtyvyyden heti liikkeelle lähdeäessä ja lisää voimaa

suuremmilla nopeuksilla. Sähkömoottori pystyy hetkellisesti, olosuhteet huomioiden, yksinään ylläpitämään jopa 120 km/h nopeuden. Hybridiakusto on sekä turvallinen että tehokas ja kompakti. Valmistaja mainostaa akuston erinomaisia lataus- ja purkuominaisuuksia, jotka maksimoivat sekä sähköllä ajamisen että energian talteenoton. (Hyundain esittelylehtinen 2016; Hyundai 2019a.)

Liitteessä 3 on esitetty IONIQ-sarjan eri mallien teknisiä tietoja. Auton suurin kokonais-teho on 104 kW eli noin 141 hv. Auton suurin saavuttama kokonaisvääntömomentti on 265 Nm. Teho ja vääntö jakautuvat moottoreiden välillä. Auton bensiinimoottorin suurin teho on 77,2 kW eli 105 hv ja suurin vääntö on 147 Nm, sähkömoottorin vastaavat suoritusarvot ovat 32 kW eli 43,5 hv ja 170 Nm. Kokonaisteho ei ole sama kuin kahden voimanlähteen maksimitehojen summa, koska maksimeita ei saavuteta molemmissa samanaikaisesti. Hybridiakuston tyyppinä on litium-ioni-polymeeriakku, jonka kapasiteetti on 1,56 kWh. Valmistaja on ilmoittanut auton yhdistetyksi polttoaineenkulutukseksi 4,5 l/100 km.

4.2 Sähköllä ajamisen määrä

Tuloksien saaminen pelkästään sähköllä ajamisen määräksi tuotti hieman ylimääräistä työtä ja laskemista. Tässä kohtaa auton mittaristo (kuva 3) näytteli suurta roolia.



Kuva 3. IONIQ auton mittaristo.

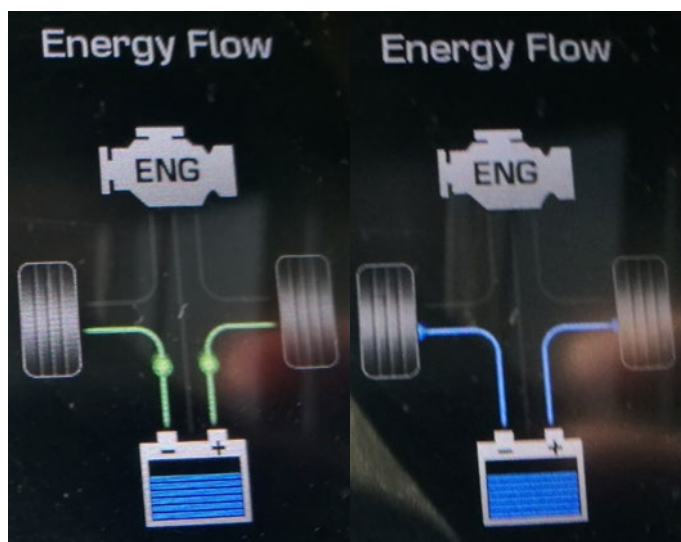
Kuvasta 3 havaitaan, että mittaristo on iso digitaalinen värimittaristo, josta on helposti luettavissa ajoon liittyviä tietoja. Esimerkiksi ajonopeutta, polttoaineenkulutusta, hybridi-järjestelmän energiavirtauksia ja ajotyylviä voidaan seurata mittariston avulla. Kuvassa

olevat värit ovat ajettaessa ajoasetuksella ”eco”. Vaihdettaessa asetukseen ”sport” mittariston asetukset muuttuvat urheilullisempaan suuntaan ja mittariston värimaailma muuttuu punaiseksi. Kuvassa oikeassa reunassa on ajoakuston varauksen osoittava pylväsmittari. Järjestelmä antaa sen pudota todella harvoin alle 1/3-osan. Kuvan vasemmassa reunassa oleva mittari näyttää käytännössä samaa kuin energiavirtausnäyttö. Kuvassa näkyvä, vihreä, EV-tunnus kertoo sähkökäytön olevan aktiivisena. (Hyundai 2019a.)

Jotta saataisiin sähköllä ajamisen määrä selville, ajotietokoneen näyttöä videoitiin ajon aikana. Ajotietokone sijaitsee nopeusmittarin ja akun varauksen pylväsmittarin välissä. Ajon aikana kuvattiin erityisesti matkamittaria sekä energiavirtausnäyttöä. Näitä vaihdettiin aina, kun järjestelmä vaihtoi käytettävää moottoria. Kuvassa 3 ajotietokoneesta on esillä energiavirtausnäyttö. Seuraavassa on esimerkki kuvauksen suorittamisesta.

Ennen auton käynnistämistä matkamittaria kuvattiin alkukilometrien saamiseksi. Kun autolla lähdettiin liikkeelle, puhelin kuvasi energiavirtausnäyttöä. Tässä kohtaa polttomoottori oli käynnissä. Järjestelmän siirryttyä sähkökäyttöön ajotietokoneesta rullattiin matkamittarinäkymä esiin ja kuvattiin sitä pienen aikaa. Tällöin saatiin matkalukema, jolloin sähköllä ajo alkoi. Ajotietokone rullattiin takaisin energiavirtausnäyttöön. Kun järjestelmä käynnisti polttomoottorin tai päästiin matkakohteeseen, ajotietokoneesta rullattiin matkamittarinäkymä esiin ja kuvattiin sitä pienen aikaa. Tällöin saatii matkalukema, jolloin sähköllä ajo loppui. Samalla tavalla kuvattiin jokaikinen mittauksien aikana kuljetut matkat.

Kuvatut videot piti vielä katsoa läpi ja kirjata tulokset ylös tiedostoon. Liitteessä 4 on esitetty kaikki eri vaihtoehdot energiavirtausnäytön näyttämille. Kaikkia näitä näkymiä ei laskettu mukaan sähköllä ajoon. Tilanteita, joissa polttomoottori oli käynnissä, ei tietenkään laskettu mukaan. Kaikkia tilanteita, joissa mittaristossa paloi EV-tunnus, ei myöskään laskettu mukaan. Kahdeksasta eri näkymästä sähköllä ajamiseen laskettiin vain kahden näkymän tilanteet. Nämä on esitetty kuvassa 4. Nämä olivat tilanteita, joissa polttomoottori oli kokonaan sammutettuna ja ainoastaan sähkömoottori tuotti vetovoimaa pyörille.



Kuva 4. Sähköllä ajamiseen lasketut näkymät.

Kuvan 4 vasemmalla puolella on näkymä, jossa sähkömoottori liikuttaa autoa yksin hybridiakuston luovutettaessa sähköenergiaa. Kuvassa oikealla puolella on näkymä, jossa hybridiakustoa ladataan kierrättämällä jarrutusenergiaa regeneroivien jarrujen avulla. Eli aina kun polttomoottorikäytön jälkeen näyttöön tuli yllä olevista näkymistä toinen, näyttömoodi rullattiin matkamittariin. Yllä olevassa esimerkissä ollaan kohdassa sähköllä ajon alkaminen.

Sähköllä ajon loppukilometreistä yksinkertaisesti vähennettiin siis sähköllä ajon alkukilometrit. Tällä laskentatavalla saatiin sähköllä ajamisen matkat selville. Kaikki yksittäiset matkat laskettiin vielä yhteen ja saatiin sähköllä kulkemisen kokonaismatkat. Mittaustapa saattaa vaikuttaa ulkopuolisen silmin oudolta ja työläältä, mutta se vaikutti käyttökelpoisimmalta käytettävissä olevalta.

4.3 Auton esilämmitys

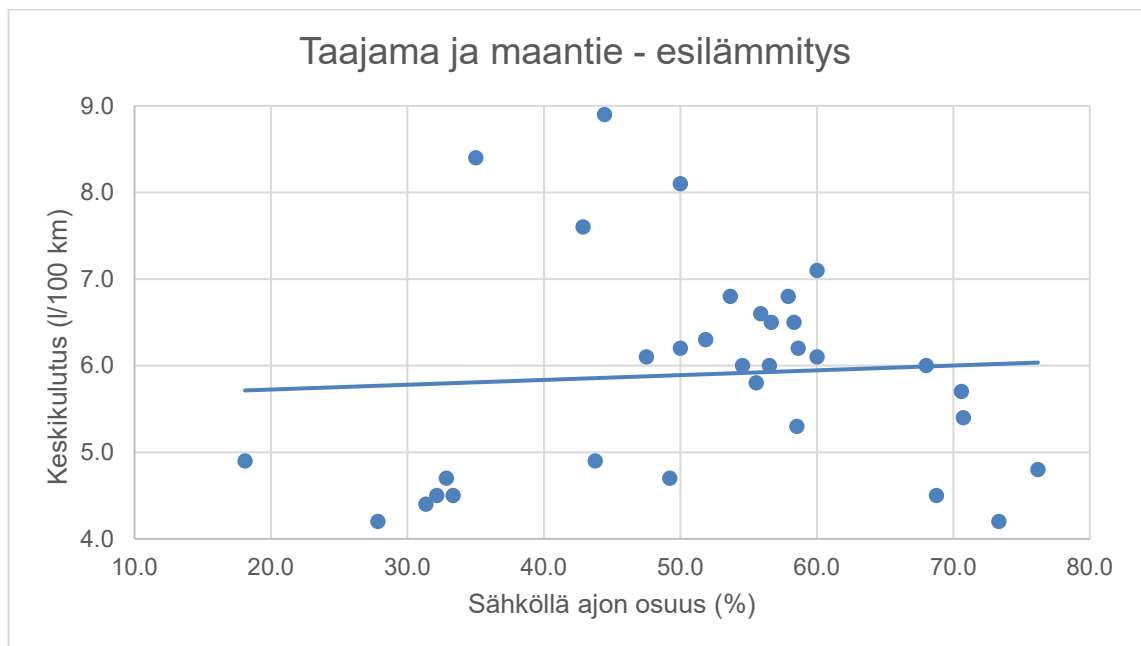
Mittauksiin käytetyssä autossa on sähkökäyttöinen moottorilämmitin, tarkemmin sanotuna lohkolämmitin. Lämmitintä käytettiin työn ensimmäisessä osassa, taulukossa 2 esitettyjen, suositusajokojen mukaisesti ennen jokaista kotona suoritettua liikkeellelähtöä. Taulukosta 2 havaitaan että autoa on esimerkiksi pitänyt esilämmittää, ulkolämpötilasta 0 °C astetta aina -5 °C pakkasasteeseen asti, ainakin puoli tuntia. Yli kahden tunnin esilämmyksiä ei ole tarvittu.

5 TULOKSET

Tässä työn osassa käydään taulukoiden kanssa läpi saatuja tuloksia. Ensimmäisenä esitellään esilämmitystä käytettäessä saadut tulokset. Tämän jälkeen on esitetty tulokset ilman esilämmitystä. Lopuksi vertaillaan vielä taajama- ja maantieliikenteen tuloksia.

5.1 Esilämmitetty auto

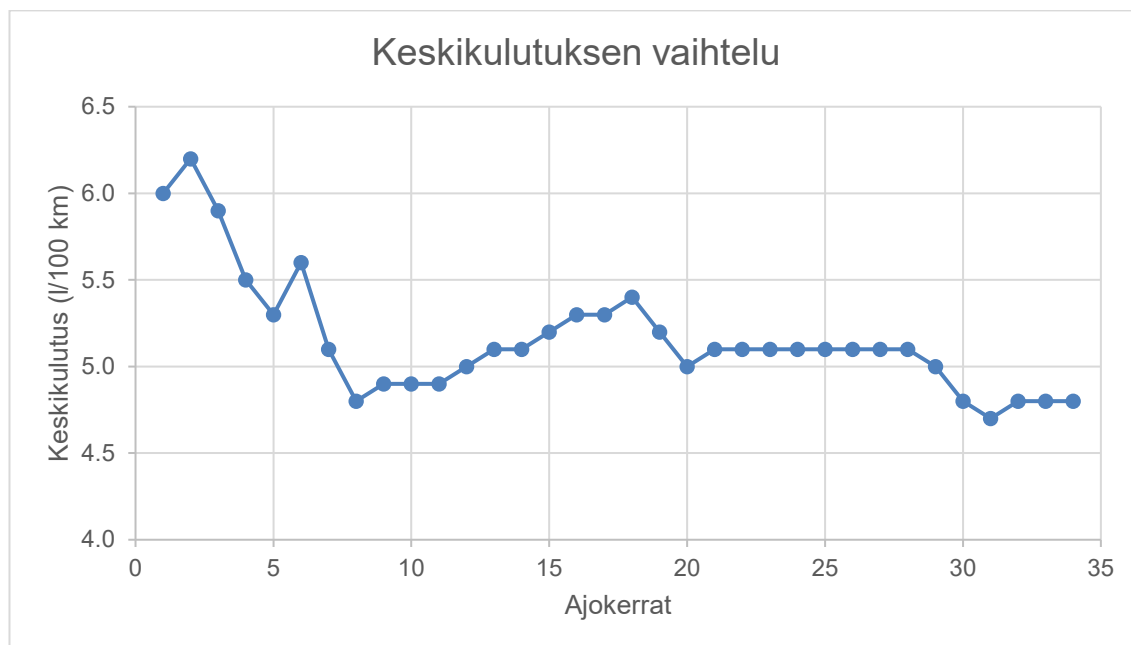
Tässä osuudessa, aiemmin jo työssä kerrottuna, autoa esilämmitettiin suositusaikojen mukaisesti ennen jokaista kotoa suoritettua liikkeellelähtöä. Kuviossa 1 on esitetty sähköllä ajamisen vaikutus matkakohtaiseen keskekulutukseen.



Kuvio 1. Matkakohtainen keskekulutus sähköllä ajon osuuden funktiona, esilämmitys.

Kuviosta 1 havaitaan, että matkakohtainen keskekulutus on ollut keskiarvoltaan noin 6 l/100 km riippumatta sähköllä ajon osuudesta. Keskekulutus näyttäisi kuvion mukaan hieman nousevan kun sähköllä ajon osuus nousee. Tämä kuulostaa oudolta. Asiaan voi vaikuttaa se, että auton akun varaustasoa ei ollut mahdollista vakioda ennen kullekin mittauslenkille lähtemistä. Havaintopisteiden välillä on suurta vaihtelua suurimman keskekulutuseron ollessa 8,9 ja pienemmän 4,2. Myös sähköllä ajon prosentiosuuksissa on vaihtelua suurimman arvon ollessa 76,2 ja pienimmän 18,1 prosenttia.

Kuviossa 2 on esitetty auton kumulatiivinen keskkulutus kaikilta esilämmityksen sisältäneiltä ajokertoilta mittaussjärjestyksessä. Kuvioista nähdään, miten keskkulutus on muuttunut ajokertojen lisääntyessä.



Kuvio 2. Esilämmitetyn auton kumulatiivinen keskkulutus ajokertojen funktiona.

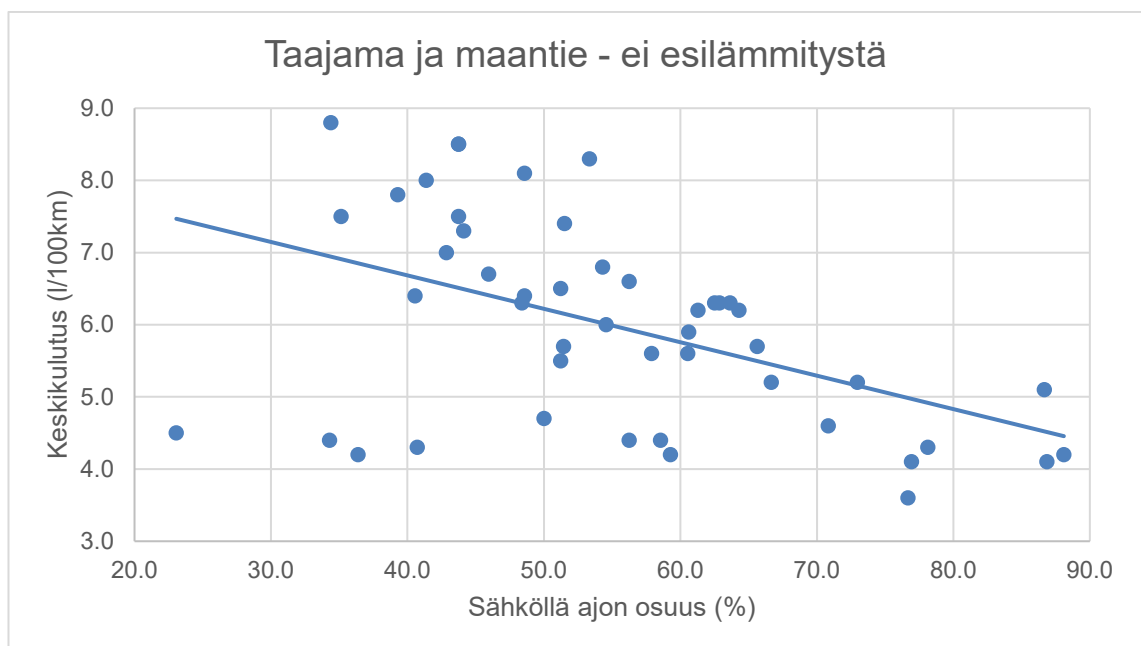
Kuviosta 2 havaitaan auton keskkulutuksen vaihtelut kumulatiivisen käyrän avulla. Ensimmäisten ajokertojen jälkeen keskkulutus on ollut noin 6 l/100 km. Suurimmillaan se on ollut 6,2 l/100 km. Näiden jälkeen keskkulutus on lähtenyt laskemaan yhtä nousua lukuunottamatta. Tämän pienen nousemisen jälkeinen jyrkkä laskeminen on maantiellä ajamisen ansiota. Maantiellä polttomoottori on saavuttanut normaalin käyntilämpötilansa. Tämä on edesauttanut kulutuksen pienentymistä ajettaessa tasaista nopeutta. Keskkulutus on pienentynyt arvoon 4,8 l/100 km, ennen kuin se on lähtenyt kasvamaan loivasti. Kasvamisen syitä ovat pakkaskeli ja lyhyet ajomatkat taajamassa.

Keskkulutuksen kasvu pysähtyi maantiellä ajamiseen. Samalla tavalla kuin ensimmäisellä maantieajokerralla, keskkulutus pieneni jonkin verran. Tämän jälkeen keskkulutus on ollut lähes vakiona (5.1 l/100 km) kunnes tuli kolmas taajaman ulkopuolinen ajokerta. Tämä ajo sisälsi myös moottoritiellä ajamista. Tämän viimeisen laskuosuuden jälkeen kulutuskäyrä oli lähes vakio ja päättyi loppulukemaan 4,8 l/100 km. Autolla ajettiin maantiellä 80 km/h ja moottoritiellä 100 km/h nopeuksilla.

Auton esilämmitysosuudessa ajettiin yhteensä 312,9 kilometriä. Keskinopeus oli 43 km/h. Ajetuista kilometreistä sähköllä ajettiin yhteensä 117,4 kilometriä. Näistä lukemista saadaan koko osuuden sähköllä ajon prosentiksi 37,5 %. Ajotietokoneen ajotyylinäkymän mukaan ajosta 98 % oli taloudellista ja 2 % normaalia ajamista.

5.2 Auto ilman esilämmitystä

Tässä osuudessa autolla ajettiin ilman esilämmitystä. Kuviossa 3 on esitetty sähköllä ajamisen vaikutus matkakohtaiseen keskikulutukseen.



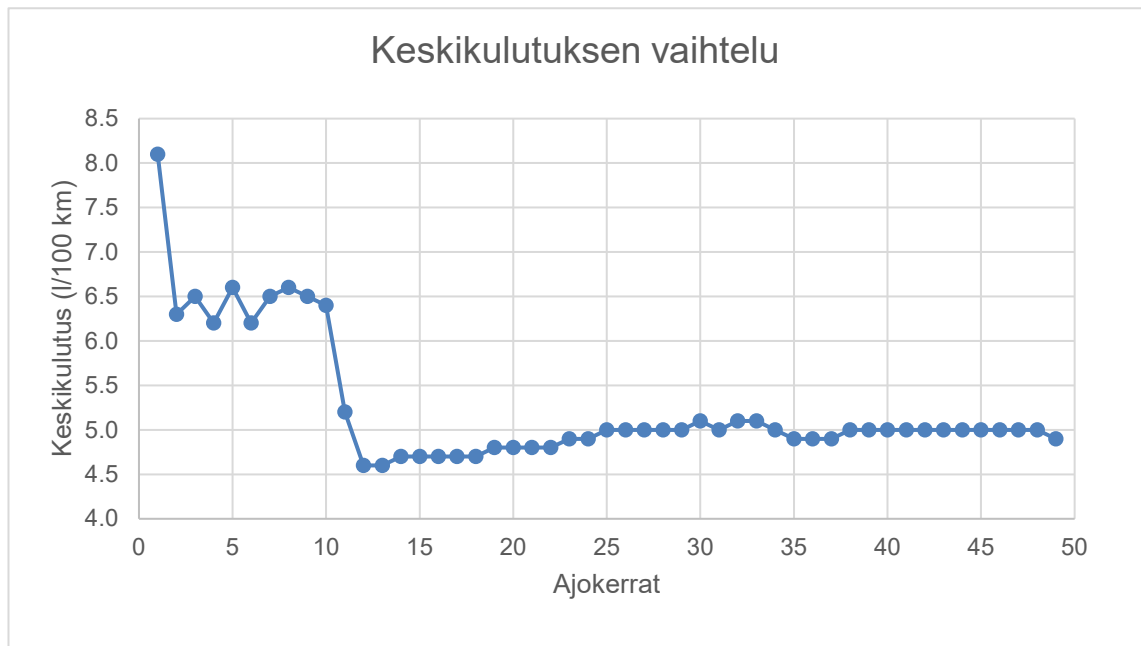
Kuvio 3. Matkakohtainen keskikulutus sähköllä ajon osuuden funktiona, ei esilämmitystä.

Kuviosta 3 havaitaan, että sähköllä ajaminen vaikuttaa melko voimakkaasti auton keskikulutukseen. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että mitä suurempi osuus matkasta ajetaan sähköllä, sitä pienempi on matkakohtainen keskikulutus. Tämä vaikuttaa loogiselta. Katsottaessa tuloksien keskiarvoa, trendiviivaa, voidaan arvioida matkan keskikulutus tiedettäessä sähköllä ajon määrä.

Esimerkiksi ajettaessa matkasta puolet sähköllä, keskikulutukseksi tulisi hieman yli 6 l/100 km. Jos taas matkasta ajetaan 80 prosenttia sähköllä, keskikulutukseksi tulisi hieman alle 5 l/100 km. Eli tässä tapauksessa 30 prosentin lisäyksellä sähköllä ajoon keskikulutus saadaan pienentymään noin 1,5 l/100 km. Havaintopisteiden välillä on

suurta vaihtelua suurimman keskikulutusarvon ollessa 8,8 ja pienimmän 3,6. Sähköllä ajon prosenttiosuuksissa on myös suurta vaihtelua, suurimman arvon ollessa 88,1 ja pienimmän 23,1 prosenttia.

Kuviossa 4 on esitetty auton kumulatiivinen keskikulutus kaikilta ajokerroilta ilman esilämmitystä. Kuvioista nähdään, miten keskikulutus on muuttunut ajokertojen lisääntyessä.



Kuvio 4. Ilman esilämmitystä olevan auton kumulatiivinen keskikulutus ajo kertojen funktiona.

Kuviosta 4 havaitaan auton keskikulutuksen vaihtelut kumulatiivisen käyrän avulla. Ensimmäisen ajokerran jälkeen keskikulutus oli hieman yli 8 l/100 km. Seuraavalla ajokerralla keskikulutus on laskenut jyrkästi hieman alle arvon 6,5 l/100 km. Tämän jälkeen keskikulutus on tehnyt pientä hissiliikettä pysyen kokonaisuudessaan melkein vakiona kymmenenteen ajokertaan asti. Ajokerrat 11 ja 12 ovat olleet taajaman ulkopuolista pidempää ajoa. Näiden aikana noin puolet matkasta ajettiin vakionopeudella 80 km/h ja toinen puolikas vakionopeuksilla 100 ja 120 km/h. Näiden matkojen aikana keskikulutus on lähtenyt jyrkkään laskuun, se on laskenut melkein arvoon 4,5 l/100 km.

Jyrkän laskun jälkeen keskikulutus on lähtenyt loivaan kasvuun. Tämän on seurausta lyhyistä taajama-ajoista. Keskikulutus on kasvanut arvoon 5 l/100 km ja pysynyt melkein vakiona mittausten loppuun asti, lukuunottamatta kahta pientä käyntiä alle tämän arvon. Ensimmäinen näistä on seurausta kahdesta vähän pidemmästä matkasta maantiellä.

Näillä matkoilla on ajettu vakionopeudella 80 km/h. Toinen käynti alle 5 litran on seurausta lämpötilan noususta lähelle 15 lämpöastetta viimeisten ajokertojen aikana. Keskkikulutuksen loppulukemaksi muodostui 4,9 l/100 km.

Lopputuloksia osuudesta, jossa autoa ei esilämmitetty, esitetään tässä kappaleessa. Osuudessa ajettiin yhteensä 315,2 kilometriä, keskinopeudella 37 km/h. Ajetuista kilometreistä sähköllä ajettiin yhteensä 137,8 kilometriä. Näistä lukemista saadaan koko osuuden sähköllä ajon prosentiksi 43,7 %. Ajotietokoneen ajotyylinäkymän mukaan kokonaisajosta 98 % oli taloudellista ja 2 % normaalia ajamista.

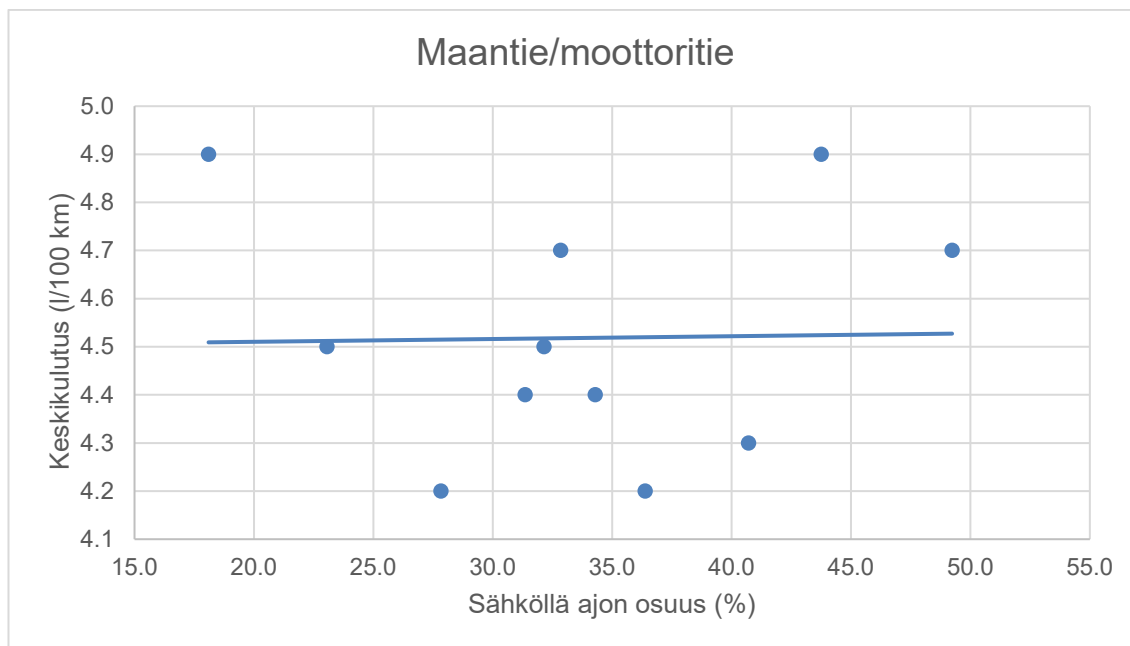
5.3 Nopeusalueiden vertailua

Valtaosa autoista on polttoainetaloudellisempia maantiellä ajettaessa verrattuna ajamiseen taajamassa. Tämä on seurausta pysähtymisen ja uudelleen kiihdytyksen tarpeiden vähentymisistä. Maantiellä pystytään ajamaan tasaisella nopeudella paljon pidempään kuin taajamassa. Tämän lisäksi taajamassa on paljon enemmän kevyttä liikennettä eli esimerkiksi jalankukijoita ja pyöräilijöitä. Taajamassa on myös risteyksiä, liikennevaloja ja muita ajoneuvoja haluamassa mahdollisimman nopeasti perille. Taajamassa on paljon enemmän häiriötekijöitä tavoiteltaessa tasaista nopeutta ja polttoainetaloudellisuutta.

Yllä olevien asioiden takia seuraavaksi esitetään ja vertaillaan sähköllä ajamisen vaikutuksia keskkulutukseen eri nopeusalueilla. Nämä nopeusalueet ovat taajama ja sen ulkopuolinen alue eli maantie ja moottoritie yhdistettynä samaan kuvaajaan.

5.3.1 Maantie ja moottoritie

Kuviossa 5 on esitetty sähköllä ajamisen vaikutuksia matkakohtaiseen keskkulutukseen maantie- ja moottoritie liikenteessä. Kuviossa on otettu huomioon kaikki havainnot riippumatta esilämmityksen käytöstä.



Kuvio 5. Matkakohtainen keskipulutus sähköllä ajon osuuden funktiona, maantie ja moottoritie.

Havaintopisteet eivät ole täysin vertailukelpoisia keskenään, koska osassa matkoissa on käytetty esilämmitystä ennen ajoa, toisissa taas ei ole. Tuloksien vertailukelpoisuutta lisää se asia, että jokaisella ajokerralla matkat ovat olleet paljon pidempiä kuin esimerkiksi taajamassa ajettut matkat. Nopeuden kasvu maantie- ja moottoritienopeuksiin lisää polttomoottorin käymisen tarvetta, koska sähkömoottorin teho ja akuston kapasiteetti eivät riitä kuljettamaan autoa pitkiä matkoja. Tällöin polttomoottori on saavuttanut jokaisella ajokerralla normaalin käyntilämpötilansa, jolloin esilämmityksellä ei ole niin isoa vaikutusta sähköllä ajamiseen ja keskipulutukseen.

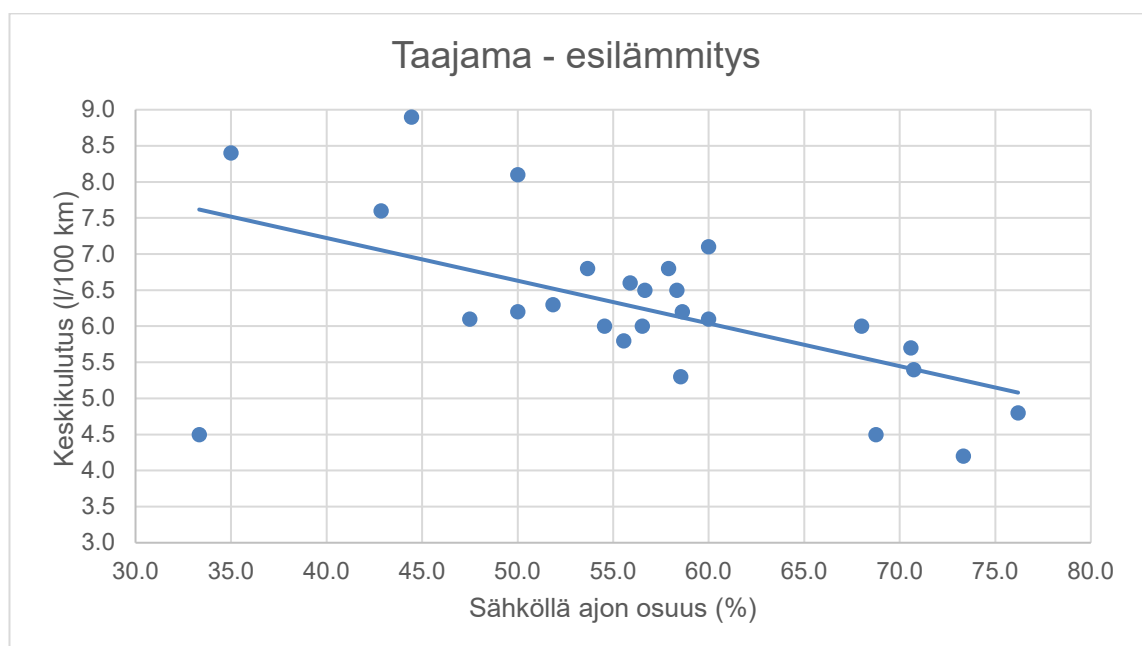
Havaintoja on melko vähän, mutta kaikki asettuvat välille 4-5 l/100 km. Sähköllä ajon osuudet vaihtelevat 18 prosentista liki 50 prosenttiin. Näiden 11 ajokerran tuloksien mukaan auton polttoaineen keskipulutus on ollut keskimäärin 4,5 l/100 km riippumatta sähköllä ajon osuudesta. Havainto vaikuttaa loogiselta, koska hybridijärjestelmän antama hyöty pienentyy taajaman ulkopuolella, verrattuna tavalliseen polttomoottoriautoon. Tämä aiheutuu mm. siitä, että auton pieni sähkömoottorin teho ja pieni akuston kapasiteetti lisäävät polttomoottorin käytön tarvetta nopeuksien kasvaessa maantie- ja moottoritienopeuksiin. Silti auton polttomoottorissa hyödynnettävän Atkinson-työkierron takia kulutuslukemat ovat maantieajossakin pienempiä kuin pelkällä polttomoottorilla varustetuissa autoissa.

5.3.2 Taajama-alue

Toisin kuin edellä selostetussa taajaman ulkopuolisessa ajossa, taajama-ajossa saatuja havaintoja on paljon. Tämän takia saadut tulokset on jaettu kahteen kuvioon. Nämä kuvat ovat esilämmityksen kanssa ja ilman esilämmitystä saadut tulokset. Taajamassa ajokerrat ovat olleet paljon lyhyempiä kuin maantiellä ja moottoritieellä, joten ennakkokäsityksen mukaan esilämmityksellä on suurempi vaikutus keskkulutukseen kuin maantie- tai moottoritieosuuksilla.

Esilämmitetty auto

Kuviossa 6 on esitetty sähköllä ajamisen vaikutuksia matkakohtaiseen keskkulutukseen taajamassa. Autoa esilämmitettiin suositusaikojen mukaisesti ennen jokaista kotoa suoritettua liikkeellelähtöä.



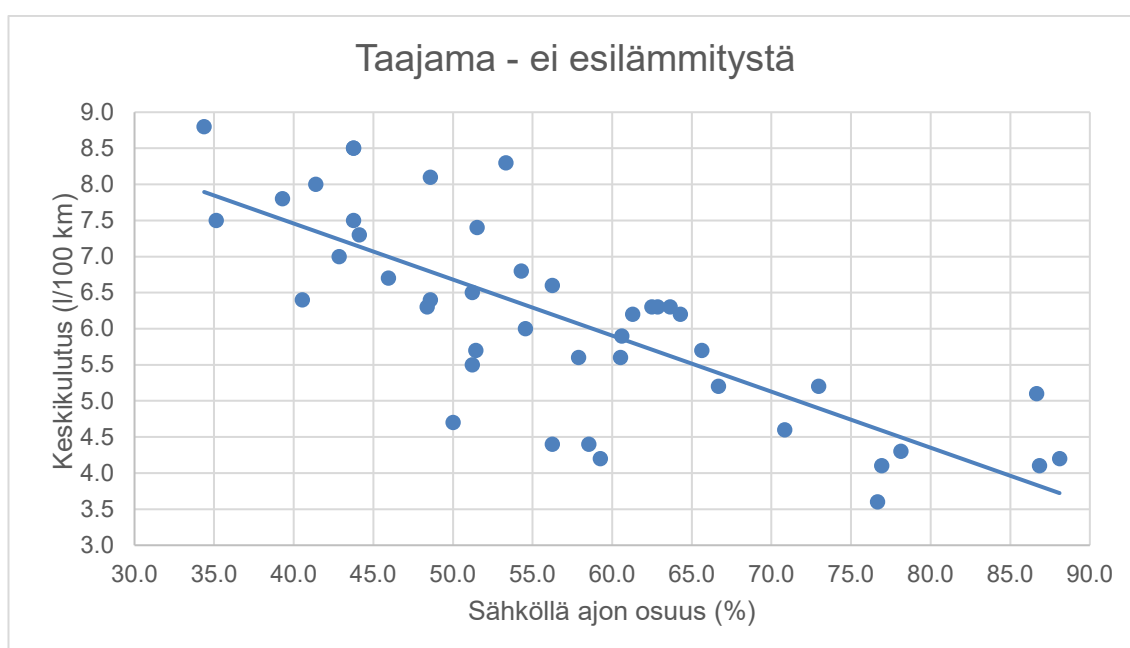
Kuvio 6. Matkakohtainen keskkulutus sähköllä ajon osuuden funktiona, taajama, esilämmitys.

Taajama-ajossa sähköllä ajaminen vaikuttaa voimakkaasti auton keskkulutukseen. Tämä voidaan havaita kuvioista 6. Se tarkoittaa käytännössä sitä, että mitä suurempi osuus matkasta ajetaan sähköllä, sitä pienempi on matkakohtainen keskkulutus. Tämä

vaikuttaa loogiselta. Tuloksissa on suurta hajontaa, suurimman keskikulutusarvon ollessa 8,9 ja pienimmän 4,2. Kuvion 6 kulutuskeskiarvo on noin 6,2 l/100 km, mediaani on vastavasti 6,1. Sähköllä ajon osuuden prosenttiosuuksissa on vaihtelua suurimman arvon ollessa 76,2 ja pienimmän 33,3.

Auto ilman esilämmitystä

Kuviossa 7 on esitetty sähköllä ajamisen vaikutuksia matkakohtaiseen keskikulutukseen taajamassa. Autolla ajettiin ilman esilämmitystä.



Kuvio 7. Matkakohtainen keskikulutus sähköllä ajon osuuden funktiona, taajama, ei esilämmitystä.

Kuviosta 7 havaitaan, että sähköllä ajaminen vaikuttaa voimakkaasti auton keskikulutukseen. Vaikutus on, tässä tapauksessa, jonkin verran voimakkaampi kuin kuviossa 6. Se tarkoittaa käytännössä sitä, että sähköllä ajamisella on ollut suurempi vaikutus matkakohtaisiin keskikulutuksiin kuin esilämmitystä käytettäessä. Molemmissa kuvioissa (6 ja 7) sähköllä ajon osuuden lisääntyminen pienensi kulutusta. Tuloksissa on suurta hajontaa, suurimman keskikulutusarvon ollessa 8,8 ja pienemmän 3,6. Kuvion 7 kulutuskeskiarvo on noin 6,2 l/100 km, mediaani on vastavasti 6,3. Sähköllä ajon prosenttiosuuksissa on vaihtelua suurimman arvon ollessa 88,1 ja pienimmän 34,4.

Taajaman tuloksien vertailu

Vertailua tehdään kuvioiden 6 ja 7 välillä tarkastelemalla kolmea havaintoa sekä niiden tuottamia tuloksia. Kuvioista tarkastellaan matkakohtaisia keskimukutuksia, jotka muodostuvat ajettaessa matkasta 35, 55 ja 75 prosenttia sähköllä. Käytännössä siis tarkastellaan, miten 20 prosenttiyksikön kasvu sähköajon osudessa vaikuttaa matkakohtaiseen keskimukutukseen. Molemmissa kuvioissa tarkastellaan tuloksien keskiarvoa, trendikäyrää. Siitä voidaan päätellä matkakohtainen keskimukutus tiedettäessä sähköllä ajon osuus. Taulukossa 3 on esitetty tulokset.

Taulukko 3. Taajaman nopeusalueen tuloksien vertailu.

Sähköllä ajon osuus	Matkakohtainen keskimukutus (l/100 km)	
	Esilämmitys	Ei esilämmitystä
35 %	7,5	7,9
55 %	6,3	6,3
75 %	5,1	4,7
Erotus välillä 35-75 %	2,4	3,2
Erotus 20 %-yks. kasvulla	1,2	1,6

Taulukosta 3 havaitaan, että sähköllä ajon osuuden kasvattaminen 20 prosenttiyksiköllä pienentää esilämmitetyn auton matkakohtaista keskimukutusta 1,2 l/100 km. Sähköajon osuuden kasvaessa 35:stä 75 prosenttiin mukutus pienentyy 2,4 l/100 km. Ilman esilämmitystä sähköllä ajon osuuden kasvattaminen 20 prosenttiyksiköllä pienentää auton keskimukutusta 1,6 l/100 km. Vertailuvälillä (sähköajo 35 => 75 %) mukutus pienentyy yhteensä 3,2 l/100 km. Tuloksista nähdään, että sähköllä ajon osuutta kannattaa pyrkiä kasvattamaan mahdollisimman korkealle tavoiteltaessa pieniä mukutuslukuja.

6 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä saavutetut tulokset ovat ennakkotietojen mukaisia ja odotetunlaisia. Ne voidaan kiteyttää yhteen lauseeseen: mitä suurempi osa matkasta ajetaan sähköllä, sitä pienempi on matkakohtainen keskikulutus. Nämä kaikki vaikuttavat auton koko elinkaaren keskikulutukseen ja sitä kautta hiilidioksidipäästöihin. Tuloksista nähdään myös, että hybrideillä on mahdollisuus päästä pieniin kulutuslukemiin, ainakin olosuhteiden ollessa oikeat. Käytetyssä mittausmenetelmässä ei voitu varmistaa, onko akuston varaustaso ajoon lähdeittäessä ja ajon päättyessä sama jokaisella ajokerralla. Tämä aiheuttaa epävarmuutta tuloksiin.

Auton esilämmittämisellä on saatu madallettua matkakohtaisten kulutuksien keskiarvon vaihteluita. Toisin sanoen, sähköllä ajetun osuuden funktiona piirretyn trendikäyrän kulmakerroin eli jyrkkyys on loivempi esilämmityksellä kuin ilman esilämmitystä. Tämän havainnon pystyy tekemään katsomalla trendikäyriä kuvioista 1 ja 3. Sama havainto on nähtävissä myös kuvioiden 6 ja 7, eli pelkkien taajamatuloksien, välillä. Esilämmityksen käyttämisellä saadaan siis vähennettyä kaikkein suurimpia kulutuksia, ainakin trendikäyrien perusteella.

Moottorin esilämmitystä kannattaa käyttää kylmillä säillä. Hybridijärjestelmää käyttävissä autoissa esilämmitys nopeuttaa polttomoottorin sammuttamista ja siirtymistä sähköllä ajamiseen, vaikka polttomoottori ei saavuttaisikaan normaalia käyntilämpötilaansa matkan aikana. Polttomoottorin ollessa sammutettuna ajaminen ei tuota päästöjä eikä polttoaineen kulutusta. Näitä hetkiä kannattaa hyödyntää ja tavoitella.

Nopeusalueiden vertailussa havaitaan, että hybridijärjestelmällä saavutettu hyöty, verrattuna tavallisiin polttomoottoriautoihin, on suurempi taajamassa pienemmillä nopeuksilla kuin maantiellä suurilla nopeuksilla. Tähän vaikuttavat sähkömoottorin suoritusarvot, akuston kapasiteetti, pienempi ajonopeus sekä taajamassa suuremmassa määrin hyödynnetty jarrutusenergian kierrätys. Taajamassa sähköllä ajo vaikuttaa voimakkaammin keskikulutukseen, mutta maanteillä polttomoottori on saavuttanut normaalin käyntilämpötilansa useammin. Normaalilla käyntilämpötilalla toimiva polttomoottori toimii taloudellisemmin verrattuna kylmänä toimivaan moottoriin. Tämä on havaittavissa maantiekulutusten asettumisena esilämmityksestä riippumatta lähelle toisiaan, pienelle vaihteluvälille. Taajamakulutukset vaihtelevat paljon voimakkaammin.

Yllä olevista havainnoista huolimatta mittauksien tuloksista ei pystytä sanomaan tarkkoja, vedenpitäviä, johtopäätöksiä esilämmityksen todellisista vaikutuksista polttoaineen kulutukseen. Tämä johtuu muuttujien suuresta määrästä, joita ei otettu huomioon suunniteltaessa mittauksia. Näitä muuttujia ovat esimerkiksi lämpötilojen suuret muutokset mittauksien välillä, akuston varauksen tasojen vaihtelut ajoon lähdettäessä sekä taajamassa ja sen ulkopuolella ajettujen ajokertojen määrien vaihtelut esilämmityksellä ja ilman.

Näiden lisäksi sähköllä ajon mittauksen onnistuminen ja tarkkuus ovat myös asioita, jotka vaikuttavat tuloksien vertailukelpoisuuteen. Mittaristossa kuljettu matka näytetään vain sadan metrin tarkkuudella, joten tämä on vaikuttanut tulosten tarkkuuteen. Myös tekijän reaktiokyky tarvittaessa vaihtaa mittaristonäkymää vaikuttaa sähköllä ajon tuloksien tarkkuuteen. Tarkemmin tutkittaessa voitaisiin ehkä löytää keino saada tuloksia tarkemmaksi.

Maantie- ja moottoritieajokertoja suoritettiin enemmän esilämmitettynä. Taajama-ajokertoja taas ajettiin enemmän ilman esilämmitystä. Molemmissa vaiheissa on ajettu likimain sama määrä kilometrejä. Esilämmitysajoissa tähän kilometrimäärään on päästy yhteensä 34 ajokerralla, kun taas ilman lämmitystä yhteensä 49 ajokerralla. Nämä ajokertojen vaihtelut ovat vaikuttaneet keskkulutuslukemiin, jolloin ne eivät ole täysin vertailukelpoisia.

Tässä työssä ilmenneiden muuttujien vaikutusta olisi voitu minimoida tai jopa kokonaan eliminoida paremmalla suunnittelulla. Esimerkiksi mittausvaiheiden ajokertoihin puuttumisella olisi voitu saada erilaisia ajokertymiä tasaisemmaksi, mikä olisi lisännyt tuloksien vertailukelpoisuutta. Vertailukelpoisuutta olisi saatu lisättyä myös vaikuttamalla lämpötilan muutoksiin. Lämpötiloihin on mahdotonta vaikuttaa, mutta mittauksien ajankohtia olisi voitu miettiä tarkemmin. Tässä kohtaan sääennusteiden sekä mittauksien aikaisten lämpötilojen tarkalla seuraamisella olisi voitu minimoida lämpötilojen muutokset mittauksien välillä.

Ajoon lähdettäessä auton hybridiakuston varaus on todennäköisesti vaihdellut riippuen edellisten päivien ajoista. Jos esimerkiksi edellisenä päivänä oli ajettu pitkä maantie-matka, jolloin polttomoottori oli saavuttanut normaalin käyntilämpötilansa, hybridiakuston varaus oli saattanut jäädä normaalia matalammaksi ajon päätteeksi. Tämä on johtunut siitä, että auton järjestelmä on käyttänyt sähkömoottoria enemmän loppumatkasta, kun on saavuttu taajama-alueelle hitaampiin nopeuksiin.

Matalampi hybridiakuston varaus seuraavaan mittaukseen lähdetessä on taas johtanut siihen, että polttomoottori on joutunut työskentelemään normaalia pidempään. Tämä on seurausta siitä, että hybridiakuston varaus on pitänyt ensin ladata normaalille vaihteluvälille. Vasta tämän jälkeen sähkömoottoria on pystytty käyttämään auton liikuttamiseen.

Hybridiakuston varausta voitaisiin pyrkiä vakioimaan kunkin mittauksen päätteeksi. Tämä on mahdollista esimerkiksi kytkemällä auton lämmityslaitte päälle ajon päätyttyä. Kun lämpöä pyydetään sisälle lämmityslaitteen kautta, polttomoottori käynnistyy tyhjäkäynnille. Tällöin polttomoottori tuottaa pyydettyä lämpöä, mutta myös lataa hybridiakustoa. Kun akuston varaus on savuttanut ennalta sovitun arvon, auto sammutetaan kokonaan. Näin toimittaessa akuston varaus voisi olla sama lähdetessä ajamaan mittausten seuraavaa matkaa.

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää polttomoottorin sähköisen esilämmityksen vaikutuksia henkilöauton hybridijärjestelmän toimintaan sekä polttoaineenkulutukseen. Työssä tarkasteltiin erityisesti vaikutuksia matkaan, joka pystyttiin ajamaan pelkästään käyttämällä sähköä auton omasta hybridiakustosta. Samalla seurattiin auton polttoaineen keskikulutuksen muutoksia.

Autolla ajettiin normaaleja ajoja, ensin esilämmittämällä sitä suositusaikojen mukaisesti ennen liikkeellelähtöä. Tämän jälkeen ajettiin samanlaisia ajoja, mutta esilämmitys jätettiin pois. Näistä kahdesta eri käyttötavasta saatuja tuloksia vertailtiin keskenään. Vertailukohteita käytettiin myös vertailtaessa kahta eri nopeusaluetta toisiinsa. Työssä käytetyt nopeusalueet olivat taajamanopeus sekä maantie- ja moottoritienopeudet.

Saadut tulokset olivat ennakkotietojen mukaisia ja odotetunlaisia. Suurin havainto on, mitä suurempi osa matkasta ajetaan sähköllä, sitä pienempi on matkakohtainen keskikulutus. Tuloksista nähdään myös, että hybrideillä on mahdollisuus päästä pieniin kulutuslukemiin, ainakin kun olosuhteet ovat oikeat. Autolla päädyttiin samoihin keskikulutuslukemiin esilämmityksellä ja ilman sitä. Kulutuslukemien vaihtelut eri ajokertojen välillä olivat pienempiä esilämmityksellä kuin ilman esilämmitystä.

Nopeusalueiden vertailussa havaittiin, että hybridijärjestelmän ero tavalliseen polttomoottoriautoon verrattuna tulee paremmin ilmi taajamassa pienemmillä nopeuksilla kuin maantiellä suuremmilla nopeuksilla. Taajamassa sähköllä ajo pienentää voimakkaasti keskikulutusta, varsinkin kun polttomoottori jää normaalin käyntilämpötilan alapuolelle. Maanteillä, polttomoottorin saavutettua normaalin käyntilämpötilan, se toimii taloudellisemmin verrattuna kylmänä toimivaan moottoriin. Maantiekulutukset asettuivat pienelle vaihteluvälille, kun taas taajamakulutukset vaihtelivat paljon voimakkaammin.

Paremmalla työn suunnittelulla olisi voitu eliminoida työssä ilmeneitä muuttujia, jolloin mittauksien tuloksista pystyttäisiin sanomaan tarkempia johtopäätöksiä esilämmityksen todellisista vaikutuksista polttoaineen kulutukseen.

LÄHTEET

Ahonen, H. & Niemi, A. 2008. Tekniikan maailma: Taloudellinen ajotapa. Viitattu 6.5.2019. <https://tekniikanmaailma.fi/taloudellinen-ajotapa/>

Energiavirasto 2019. Sähkön hintavertailu. Viitattu 9.6.2019. <http://www.sahkonhinta.fi/summariesandgraphs>

Granström, T. 2018. Autotalli: 5 yllättävää automallia, joihin saat romutuspalkkion. Viitattu 3.6.2019. <https://www.autotalli.com/artikkeli/5-Yllattavaa-Automallia,-Joihin-Saat-Romutuspalkkion>

Hyundai 2019a. Hyundain mallisto – IONIQ Hybrid. Viitattu 16.6.2019. <https://www.hyundai.fi/mallisto/ioniq-hybrid/>

Hyundai 2019b. IONIQ-sarjan voimalinjat ja tekniset tiedot. Viitattu 16.6.2019. <https://www.hyundai.fi/wp-content/uploads/2019/05/my19-hyundai-ioniq-hinnasto-06-2019-1.6.2019.pdf>

Hyundain esittelylehtinen 2016. Auton ostamisen yhteydessä saatu auton esittelyyn perustuva lehtinen, paperiversio. Hyundai Motor Finland Oy.

Ikonen M. 2013. Aja taloudellisesti – Ajoneuvon, kuljettajan ja olosuhteiden vaikutus polttoainekulutukseen. Turku: Turun Ammattikorkeakoulu.

Motiva 2016. Moottoritekniikka - hybridautot. Viitattu 31.5.2019. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/nain-liikut-viisaasti/valitse-auto-viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/hybridautot>

Motiva 2017a. Moottorin esilämmitys. Viitattu 9.6.2019. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/nain-liikut-viisaasti/taloudellinen-ajaminen/moottorin-esilammitys>

Motiva 2017b. Taloudellinen ajaminen. Viitattu 9.6.2019. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/nain-liikut-viisaasti/taloudellinen-ajaminen>

Motiva 2017c. Reitin ja ajankohdan valinta. Viitattu 9.6.2019. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/nain-liikut-viisaasti/taloudellinen-ajaminen/reitin-ja-ajankohdan-valinta>

Motiva 2017d. Vinkit – ennen ajoon lähtöä. Viitattu 9.6.2019. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/nain-liikut-viisaasti/taloudellinen-ajaminen/vinkit-ennen-ajoon-lahtoa>

Motiva 2017e. Automatkojen ketjuttaminen. Viitattu 9.6.2019. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/nain-liikut-viisaasti/taloudellinen-ajaminen/automatkojen-ketjuttaminen>

Motiva 2017f. Auton sähkölaitteiden käyttö. Viitattu 9.6.2019. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/nain-liikut-viisaasti/taloudellinen-ajaminen/auton-sahkolaitteiden-kaytto>

Motiva 2018. Autotyyppi – hybridauto. Viitattu 31.5.2019. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/nain-liikut-viisaasti/valitse-auto-viisaasti/autotyyppi/hybridauto>

Polttoaine 2019. Polttoaineen hinta: Kaikki asemat – Keskihinnat. Viitattu 9.6.2019. <https://www.polttoaine.net/index.php?cmd=kaikki>

Seppänen ym. 2009. Seppänen R.; Kervinen M.; Parkkila I.; Karkela L.; Meriläinen P, V. 2009. – Maol-taulukot. Helsinki: MAOL ry. ja Kustannusosakeyhtiö Otava.

Toyota 2019. Hybriditeknikka havainnollistettuna. Viitattu 6.5.2019. <https://www.toyota.fi/toyota/ymparisto/puhtaampaa-ilmaa/hybridiajoneuvot.json>

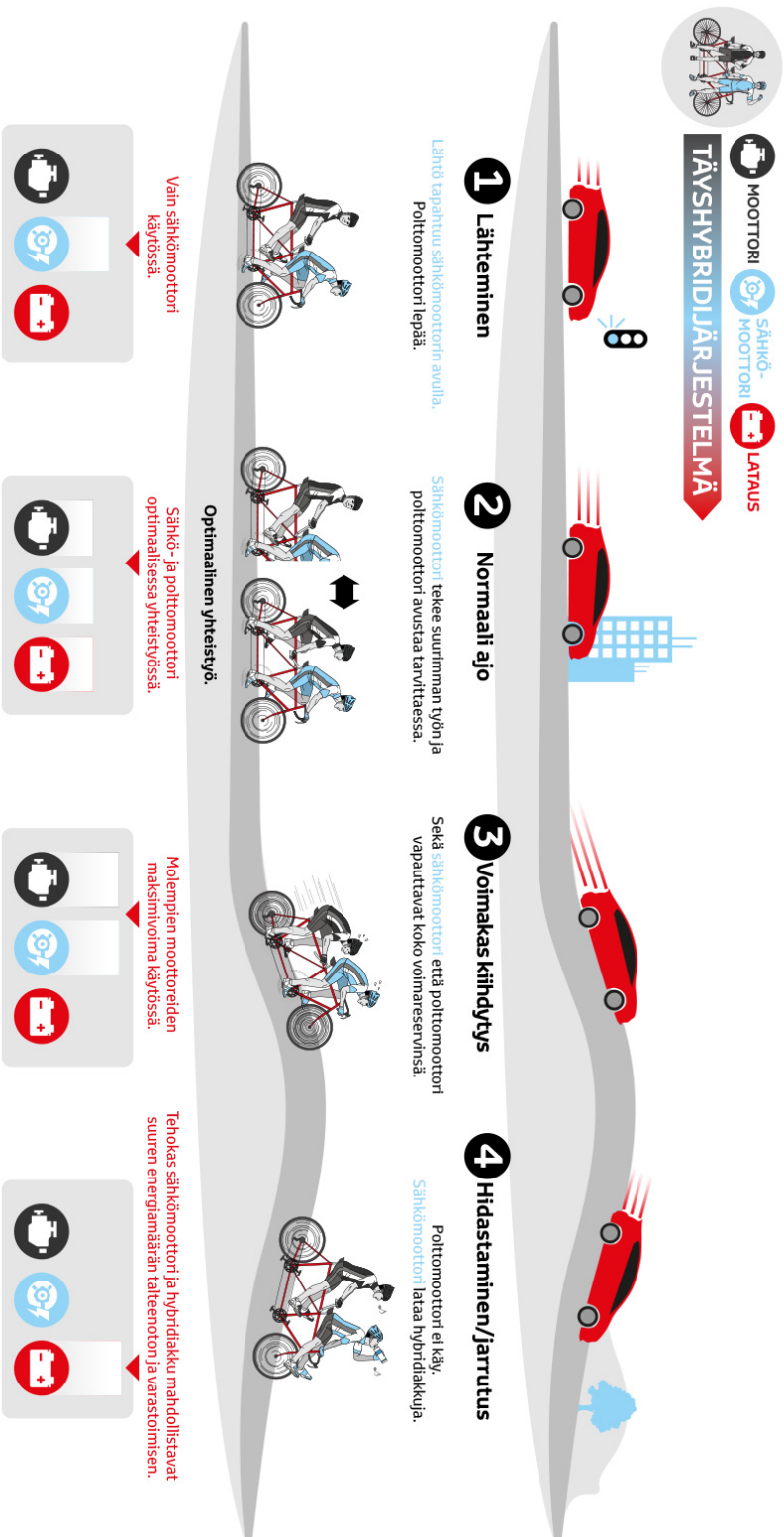
Wikipedia 2015. Newtonmetri. Viitattu 16.6.2019. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Newtonmetri>

Wikipedia 2017. Suoraruiskutus. Viitattu 16.6.2019. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Suoraruiskutus>

Wikipedia 2019. Moottorilämmitin. Viitattu 16.6.2019. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Moottorinl%C3%A4mmitin>

WWF Suomi 2019. Ilmastonmuutos. Viitattu 30.5.2019. <https://wwf.fi/uhat/ilmastonmuutos/>

Hybriditekniikka havainnollistettuna



(Toyota 2019)

Kulutukseen vaikuttavat yksittäistekijät vaikutusmekanismeittain

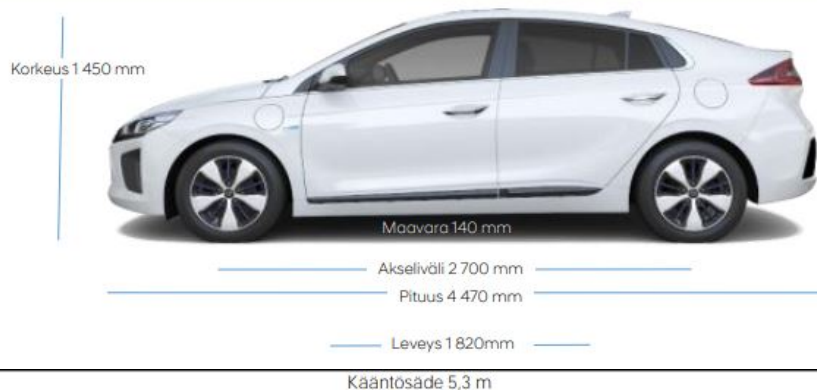
Ilmanvastus	Päätekijä *)
Auton korin koko ja muoto	A, (K)
Ajonopeus	K
Tuulennopeus ja -suunta	O
Tuulen huomioonottaminen	K
Ilman lämpötila ja -paine	O
Vierintävastus	Päätekijä *)
Auton massa	A, (K)
Rengaspaine	K
Renkaat	A, (K)
Kyydissä oleva kuorma	O, (K)
Tien pinta	O, (K)
Kiihdytysvastus	Päätekijä *)
Auton massa	A, (K)
Ajoreitin pysähtymistarpeet	O
Liikennetilanteiden ennakointi	K
Kyydissä oleva kuorma	O, (K)
Hidastustapa	K
Liikenneympäristön suunnittelu	O
Reitin valinta	K
Ajoajankohdan valinta	K
Nousuvastus	Päätekijä *)
Auton massa	A, (K)
Maanpinnan topografia	O
Kyydissä oleva kuorma	O, (K)
Auton liikkeen hyödyntäminen	K
Voimalinjan hyötysuhde	Päätekijä *)
Moottorin hyötysuhde	A, (K)
Voimansiirron hyötysuhde	A, (K)
Vaihteiden käyttö	K
Kiihdytystapa	K
Joutokäynti	K
Kylmäkäynnistykset	K
Kylmäkäynnistyslämpötila	O
Moottorilämmittimen käyttö	K
Muut tekijät	Päätekijä *)
Auton apulaitteiden käyttö	K
Auton lämmityslaitteen käyttö	K
*) A: auto, K: kuljettaja, O: olosuhteet	

(Ikonen 2013, 52)

IONIQ-sarjan voimalinjat ja tekniset tiedot

Tekniset tiedot	hybrid	plug in	electric
Bensiinimotorin tyyppi	Rivimoottori, DOHC, bensiinin suorasuihkutus		
Sylinteriluku	4		
Suurin teho	77,2 kW (105 hv) / 5 700 k/min		
Suurin vääntö	147 Nm / 4 000 k/min		
Polttoainejärjestelmä	GDI		
Sähkömoottorin tyyppi	Kestomagneetoitu synkronimoottori		
Suurin teho	32 kW (43,5 hv)	44,5 kW (61 hv)	88 kW (120 hv)
Suurin vääntö	170 Nm	170 Nm	295 Nm
Hybridi- ja sähköauton akun tyyppi	Litium-ioni-polymeeriakku (Li-Ion Po)		
Hybridi- ja sähköauton akun kapasiteetti	1,56 kWh	8,9 kWh	28 kWh
Hybridijärjestelmän suurin kokonaisteho	104 kW (141 hv)	104 kW (141 hv)	-
Hybridijärjestelmän suurin kokonaisvääntö	265 Nm	265 Nm	-
Kilntea laturi (AC), kW	-	3,3	6,6
Latauspistoke	-	IEC 62196-2 (Mennekes)	IEC 62196-2 (Mennekes) ja IEC 62196-3 (CCS)
Sähköauton akun energiatiheys	-	-	103,01 Wh/kg
Sähköauton akun jännite	240 V	360 V	360 V
Ohjeellisia latausaikoja			
"Tavallinen" suko pistoke, esim. 220 V / 12 A / 2,6 kW	-	n. 4h	n. 12 h
Koti- tai julkinen latausasema 3,6 kW -22 kW	-	n 2,5 h	n. 6-10 h
Pikalatausasema: 50kW - 100 kW	-	n 2,5 h	n. 24 - 35 min*
			* 0 - 80 % tasoon
Suorituskyky	hybrid	plug-in	electric
Huippunopeus	185 km/h	178 km/h	165 km/h
Kiihtyvyys 0 - 100 km / h	10,8 s	10,6 s	9,9 s
Toimintamatka sähköllä (NEDC)	-	-	280 km
Toimintamatka sähköllä (WLTP)	-	52 km	-
Polttoaineen kulutus ja päästöt	hybrid	plug-in	electric
Yhdistetty kulutus	4,5 l / 100 km (wltp)	1,1 l / 100 km (NEDC)	-
CO ₂ -päästö	102 g / km (wltp)	26 g / km (NEDC)	-
Sähkönkulutus	-	-	115 Wh/km
Voimansiirto	hybrid	plug-in	electric
Tyyppi	Etuveto		
Kytin	Kaksi sähköhydraulisesti ohjattua kuivaa		
Vaihteisto	6-nopeuksinen DCT-automaattivaihteisto		
			Automaattinen Yksinopeuksinen alennusvaihde
Alusta	hybrid	plug-in	electric
Ohjaus	Sähköisesti tehostettu hammastanko-ohjaus		
Jarrut	Edessä	Jaahdytetyt levyjarrut	
	Takana	Levyjarrut	
Jousitus	Edessä	McPherson-joustintuet, kaasuisikunvaimentimet	
	Takana	MultiLink-monivarsituenta	
Seisontajarru	Poljin, vaikuttaa takapyöriin		Yhdystukiakselisto Elektroninen

Mitat



Massat ja tilavuudet	hybrid	plug-in	electric
Omamassa (min - max) ¹	1 445 - 1 552 kg	1 570 - 1 625 kg	1 495 - 1 550 kg
Kokonaismassa	1870 kg	1970 kg	1880 kg
Perävaunumassa, jarruton	-	-	-
Perävaunumassa, jarrullinen	750	750	-
Polttoainesäiliön tilavuus	45 l	43 l	-

(Hyundai 2019b)

Energiavirtausnäytön eri näkymät.

