
VIÐSKIPTASVIÐ

Eru rafmagnsbifreiðar hagkvæmur valkostur Íslands í sjálfbærum
ökutækjum?

Ritgerð til BS gráðu
Nafn nemanda: Styrmir Már Ólafsson
Leiðbeinandi: Jón Freyr Jóhannsson
Haustönn – 2014



HÁSKÓLINN Á BIFRÖST
BIFRÖST UNIVERSITY



HÁSKÓLINN Á BIFRÖST
BIFRÖST UNIVERSITY

„Eru rafmagnsbifreiðar hagkvæmur valkostur Íslands í sjálfbærum ökutækjum?“

Styrmir Már Ólafsson

Háskólinn á Bifröst

Viðskiptasvið

Vormisseri 2014

Einkunn: _____

Stimpill skólans

Ágrip

Ísland hefur frá upphafi haft gott aðgangi að rafmagni og er það því góð hugmynd fyrir Íslendinga að nýta þá orku sem þeir hafa bestan aðgang að sem helsta orkugjafann fyrir samgöngur. Markmið ritgerðarinnar er að athuga hvort að rafmagnsbifreiðar séu hagkvæmur möguleiki fyrir bifreiðar Íslendinga. Rafmagnsbifreiðar verða bornar saman við sambærilegar olúknúnar bifreiðar. Ásamt því verður skoðað tvinnknúnar bifreiðar og borið saman við bæði olúknúnar bifreiðar og rafmagnsbifreiðar. Helsti kostir og ókostir bifreiða verða skilgreindir og skoðað þær hindarnir sem bifreiða framleiðendur þurfa að yfirstíga til þess að gera rafmagnsbifreiðar sem hagkvæmaster.

Niðurstöður ritgerðarinnar sýna fram á möguleika rafmagnsbifreiða á Íslandi sem hagkvæmann valkost. Þó rafmagnsbifreiðar eru hagkvæmar í dag getur einungis meiri umfjöllunn og aukin þróun og rannsókn á tækninni aukið hagkvæmnina. Því telur höfundur áhugann sem er hægt og rólega að aukast með aukinni tækni og umræðu gera framtíðina bjartari fyrir slíkar bifreiðar.

Formáli

Ritgerð þessi er hluti af námi höfundar til bachelor gráðu við viðskiptafræði við Háskólann á Bifröst. Ritgerðin telst til 12 eininga og var unnið að henni vormisseri 2014.

Höfundur vill þakka öllum þeim sem hafa á einn eða annan hátt komið að vinnslu ritgerðarinnar. Sérstakar þakkir fær Ólafur Helgason og Sigríður Karlsdóttir fyrir stuðning og aðstoð á meðan að ritgerðinni var unnið. Auk þess vill höfundur þakka leiðbeinanda sínum, Jón Frey Jóhannssyni, fyrir góða leiðbeiningu við ritgerðina.

Bifröst, 16. desember 2014

Styrmir Már Ólafsson

Styrmir Már Ólafsson

Efnisyfirlit

	bls.
1. Inngangur.....	1
2. Mengun.....	3
4.1. Olíuiðnaðurinn.....	3
3. Hvaðan kemur rafmagnið?	4
3.1. Rafhlöður	5
4. Aðgengi að orkugjafa	8
4.1. Þróun orkuverðs.....	11
5. Rafbifreiðar.....	16
5.1. Saga rafknúnu bifreiðarinnar	17
5.2. Nissan Leaf	19
5.3. Tesla S Model.....	21
8. Metan.....	22
9. Vetni	24
10. Tvinnbifreiðar.....	25
10.1. Toyota Prius.....	25
11. Olíuknúnarbifreiðar	28
11.1. Toyota Auris	28
11.2. Toyota Yaris	29
11.3. BMW	29
12. Samanburður bifreiða	31
12.1. Rafbifreiðir og olíubifreiðir	31
12.2. Tvinnbifreiðar.....	33
12.3. Tvinnbifreiðir og rafbifreiðir	34
12.4. Rafbifreiðir	36
13. Niðurstaða.....	38
14. Lokaorð.....	41
Heimildaskrá.....	42

Töfluskra

Tafla 1: Hvaðan kemur rafmagnið á Íslandi? (Hagstofa Íslands, e.d.-a).....	4
Tafla 2: Hvaðan kemur rafmagnið í Bandaríkjunum? (U.S. Energy Information Administration, 2014).....	5
Tafla 3: Heildarhækkun rafmagns- og bensínverðs frá 1982 til 2013 í prósentum (Hagstofa Íslands, e.d.-c).....	12
Tafla 4: Verðhækkun á rafmagns- og bensínverði frá 1982 til 2013 á verðlagi 2013 í prósentum (Hagstofa Íslands, e.d.-c).....	13
Tafla 5: Samanburður á rafmagns- og bensínverði frá árinu 1982 til 2013 (Hagstofa Íslands, e.d.-c). Tölurnar eru sýndar bæði á verðlagi síns árs og ársins 2013 (Hagstofa Íslands, (e.d.-d).....	15
Tafla 6: Samanburður á þremur mismunandi tegundum Nissan Leaf (Nissan, e.d.-b).....	20
Tafla 7: Samanburður á þremur útgáfum af Tesla S Model (Tesla Motors, e.d.-a; Hagstofa Íslands, e.d.-a).....	21
Tafla 8: Samanburður á Toyota Prius og Toyota Prius Plug-in (Toyota Motor Europe, 2012). 26	
Tafla 9: Samanburður á þremur tegundum af Toyota Yaris (Toyota Motor Europe, 2014b). 29	
Tafla 10: Samanburður á þremur tegundum af BMW (BMW AG, 2014).....	30
Tafla 11: Samanburður á Toyota Yaris (Toyota Motor Europe, 2014b) og Nissan Leaf (Nissan, e.d.-b).....	31
Tafla 12: Samanburður á Tesla S Model Performance (Tesla Motors, e.d.-a; Hagstofa Íslands, e.d.-a) og BMW M4 Convertible (BMW AG, 2014).....	32
Tafla 13: Samanburður á Toyota Yaris tvinnbifreið (Toyota Motor Europe, 2014b) og Toyota Prius Plug-in (Toyota Motor Europe, 2012).....	34
Tafla 14: Samanburður á Toyota Yaris tvinnbifreið (Toyota Motor Europe, 2014b) og Nissan Leaf (Nissan, e.d.-b).....	35
Tafla 15: Samanburður á Toyota Prius Plug-in (Toyota Motor Europe, 2012) og Tesla S Model 65 kWh (Tesla Motors, e.d.-a).....	36
Tafla 16: Samanburður á Nissan Leaf (Nissan, e.d.-b) og Tesla S Model 65 kWh (Tesla Motors, e.d.-a).....	37

Myndaskrá

Mynd 1: Rafmagnsframleiðsla á Íslandi árið 1979 (Hagstofa Íslands, e.d.-a).	4
Mynd 2: Rafmagnsframleiðsla á Íslandi árið 2012 (Hagstofa Íslands, e.d.-a).	5
Mynd 3: Staðsetning hraðhleðslustöðva á Íslandi (Orka Náttúrunnar, e.d.).....	8
Mynd 4: Hraðhleðslustöð frá Orku Náttúrunnar.....	9
Mynd 5: Staðsetning bensínstöðva Olíuverzlunar Íslands (Olíuverzlun Íslands, e.d.).	10
Mynd 6: Staðsetning bensínstöðva Orkunnar (Orkan, e.d.).....	11
Mynd 7: Þróun rafmagns- og bensínverðs frá árinu 1982 til 2013 (Hagstofa Íslands, e.d.-c).12	
Mynd 8: Línurit yfir breytingar á rafmagns- og bensínverð frá árunum 1982 til 2013 (Hagstofa Íslands, e.d.-c) á verðlagi 2013 (Hagstofa Íslands, e.d.-d).....	13

1. Inngangur

Í mörg ár hefur umræðan um mengun verið til staðar og hefur hún aukist með hverju árinu. Í kjölfar umræðunnar hefur hafist víðamikil leit af nýjum orkugjafa þar sem verð á olíu var orðið svo svimandi hátt. Því meira sem olíuverðið hækkar því meira er lagt í rannsaka og þróa aðra orkugjafa.

Ísland er mjög ríkt af straumhörðum ám sem hafa margar verið virkjaðar til framleiðslu á raforku og er enn þann dag í dag verið að fjölga virkjununum. Aðgangur að rafmagn á Íslandi hefur því verið auðveldur. Vegna slíks framboðs hefur kostnaður við rafmagn hér á landi ætíð verið lágur. Orkan sem notuð er til að húshitunar og lýsingar á Íslandi er því mun umhverfisvænni en t.d. í Bandaríkjunum þar sem stærstur hluti rafmagnsins kemur frá kolum (U.S. Energy Information Administration, 2014).

Margir af stærstu bifreiðaframleiðendum heimsins hafa komið með sínar útgáfur af rafmagnsknúnum bifreiðum. Sum þessara fyrirtækja framleiða þó bifreiðir sem eru ekki eingöngu knúnar af raforku heldur eru einnig til svokallaðir tvinnbifreið sem ganga bæði fyrir bensíni og öðrum orkugjafa sem er endurnýjanlegur. Algengast er að rafmagn sé notað í slíkar tvinnbifreiðar en einnig eru aðrir möguleikar í orkugjöfum fyrir slíkar bifreiðar.

Bílaframleiðendurnir Toyota, Chevrolet og Nissan hafa allir framleitt bifreiðir sem ganga eingöngu eða að hluta til fyrir raforku. Nissan Leaf, og Chevrolet Sparks eru dæmi um bifreiðir sem ganga eingöngu fyrir raforku þá hefur Toyota farið aðra leið og framleitt tvinnbifreiðar en þar má helst nefna Toyota Prius og nú nýja útgáfan Toyota Prius Plug-in (íslandus bílar, e.d.). Farið verður nánar út í tvinnbifreiðar og hvað þær eru seinna í ritgerðinni.

Markmið ritgerðarinnar er að rannsaka og leggja fram rök um hvort rafknúnar bifreiðar eigi framtíð á Íslandi. Auk þess verður mengun vegna bifreiðanna skoðuð lítillga ásamt því að skoða olíu og rafmagnsiðnaðinn bæði hér á landi og á heimsvísu. Ýmis kostnaður við nýjar sambærilegar bifreiðar verður skoðaður og mismunurinn á milli þeirra skoðaður með tilliti til kostnaðar. Höfundur mun í ritgerð þessari einbeita sér á að finna út hvort það sé hagkvæmt

fyrir hinn almenna neytenda á Íslandi að skipta yfir í rafmagns bifreið. Lagt verður áherslu á að bera saman bifreiðir sem hinn almenni borgari hefur fjárhagslegann möguleika á en auk þess verður rýnt örlítið í heim sportbifreiðanna og dýrari valkosti. Því er rannsóknarspurning ritgerðarinnar þessi:

„Eru rafmagnsbifreiðar hagkvæmur valkostur Íslands í sjálfbærum ökutækjum?“

2. Mengun

Líkt og áður kom fram hefur umræðan um mengun og losun gróðurhúsa loft tegunda færst í aukana eftir því sem tíminn líður. Með hverju árinu verður umræðan mikilvægari þar sem Olían sem notuð er til að knýja áfram bifreiðar og önnur tæki er ekki endurnýjanlegt. Því líður að því að það komi mögulegar skortur á olíu. Sé ekki kominn staðgengill fyrir olíuna þegar skorturinn verður óumflýjanlega þá getur það haft mikil áhrif á samgöngur og efnahagslíf heimsins.

4.1. Olíuiðnaðurinn

Olíuiðnaðurinn hefur verið sístækkandi frá því að bifreiðar var fyrst komið á götuna. Samkvæmt tölum frá Hagstofu Íslands þá notuðu Íslendingar 157 kílótonn af olíu í bifreiðar árið 1983 en nýjustu tölur sem hægt er að finna á Hagstofu Íslands um efnið eru frá 2012 og þar hefur olíunotkun Íslendinga hækkað um 175% á 29 árum eða upp í 276 kílótonn af olíu sem er notuð á hverju ári. Það gerir það að meðaltali 6,03% aukningu á ári (Hagstofa Íslands, e.d.-b).

Í heildina notuðu Íslendingar 491 kílótonn af olíu árið 1983 en árið 2012 notuðu Íslendingar 616 kílótonn. Þetta er 125 kílótonn meiri olía á 29 árum, eða 25,4% sem jafngildir að meðaltali 0,87% aukningu á ári (Hagstofa Íslands, e.d.-b).

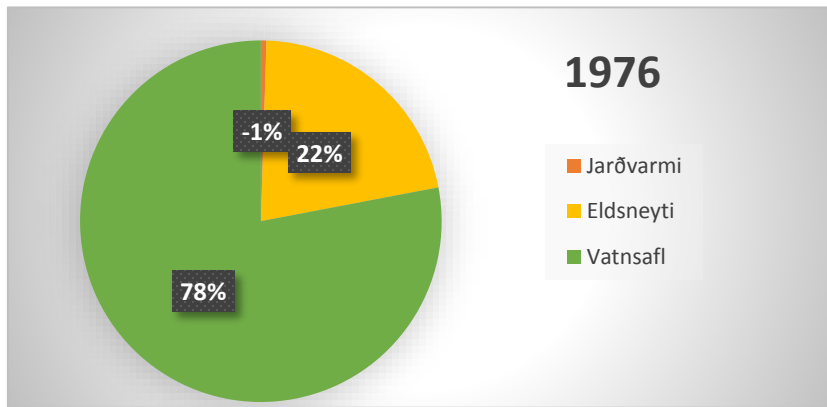
Mikil hætta fylgir einnig olíuborun eins og síendurtekin slys af völdum olíuborpalla sýnir. Þekktasta dæmið um slík slys er líklega Deepwater Horizon slysið árið 2010. Deepwater Horizon slysið var umfangsmesta olíuslys í sögu heimsins og varð stór hluti þeirra sem bjó eða vann við Mexico flóann fyrir stórtæku tjóni. Á meðal þeirra voru útgerðarfyrirtæki en það var ómögulegt að veiða úr sjónum þar sem lekinn var vegna umfangs mengunarinnar (BP, e.d.).

3. Hvaðan kemur rafmagnið?

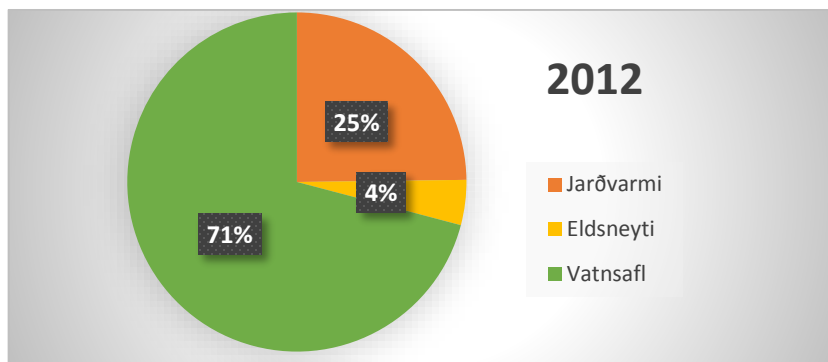
Ísland hefur ætíð verið ríkt af straumhörðum ám sem mögulegt er að nýta til virkjunar og hafa verið virkjaðar til framleiðslu á rafmagni. Prósentu hlutfall af tilkomu rafmagns frá vatnsorku hefur minnkað um 7,10% en aftur á móti hefur rafmagn sem Ísland hefur fengið frá brennslu eldsneyti minnkað um 17,20% og árið 2012 var einungis 4,30% af heildarorkunni tilkomið frá þeim uppruna. Rafmagnið sem framleitt frá jarðvarma hefur hækkað um 24,30% á sama tímabili. Auk þess verður að taka það fram að á sama tíma hefur magn orkunnar sem Ísland hefur notað aukist til muna og er því mun meiri framleiðsla á rafmagni árið 2012 en það var árið 1976 (Hagstofa Íslands, e.d.-a).

Hvaðan kemur rafmagnið á Íslandi?			
	1976	2012	Mismunur
Jarðvarmi	0,50%	24,80%	24,30%
Eldsneyti	21,50%	4,30%	-17,20%
Vatnsafl	78%	70,90%	-7,10%

Tafla 1: Hvaðan kemur rafmagnið á Íslandi? (Hagstofa Íslands, e.d.-a).



Mynd 1: Rafmagnsframleiðsla á Íslandi árið 1979 (Hagstofa Íslands, e.d.-a).



Mynd 2: Rafmagnsframleiðsla á Íslandi árið 2012 (Hagstofa Íslands, e.d.-a).

Þegar þessar tölur eru skoðaðar og hvað slík þróun þýðir fyrir framtíðina í rafmagnsframleiðslu á Ísland þá kemur margt áhugavert í ljóst. Skyldi þróunin halda áfram á sama hraða má búast við að Ísland verð laust við rafmagn sem framleitt er úr eldsneyti eftir um það bil tvö ár og sjö mánuði. Ólíkt öðrum löndum líkt í bandaríkjunum þar sem 39% af rafmagninu kemur frá brennslu á kolum og 27% frá Jarðgasi líkt og sést á meðfylgjandi töflu (U.S. Energy Information Administration, 2014). Bandaríkin eru mun háðari slíkri framleiðslu en Ísland eins og sést á með fylgjandi töflu.

Hvaðan kemur rafmagnið í Bandaríkjunum?	
Kol	39%
Jarðgas	27%
Kjarnorka	19%
Vatnsafl	7%
Önnur endurnýjanleg orka	6%
Olía	1%
Aðrar gastegundir	< 1%

Tafla 2: Hvaðan kemur rafmagnið í Bandaríkjunum? (U.S. Energy Information Administration, 2014).

Það er því greinilegt að díselrafstöðvum hefur fækkað auk þess að virkjanir á straumhörðum ám hefur aukist. Auk þess hefur nýting á innlendum orkugjöfum aukist sem eykur sjálfstæði Íslands í orkuþörf fyrir utan nýtingu Íslendinga á olíu sem orkugjafa fyrir bifreiðir.

3.1. Rafhlöður

Rafhlöður eru eitt af mikilvægustu hlutumum við tvinnbifreiðir, rafmagns tvinnbifreiðir og rafmagnsbifreiðir en rafhlöðurnar geyma orkuna sem knýr þessar tegundir bifreiða áfram. Án rafhlaðanna gæti bifreiðin ekki mögulega komist úr stað. Margar mismunandi rafhlöður hafa

verið notaðar í gegnum árin en algengustu rafhlöðurnar sem notaðar eru í dag eru lithium-ion rafhlöður. Auk þess eru slíkar rafhlöður notaðar í flestar tegundir af flytjanlegum raftækjum líkt og fartölvur og farsíma þar sem lithium-ion rafhlöðurnar geyma meiri orku en aðrar sambærilegar tegundir rafhlaða sem eru með jafn mikinn massa. Þær eru einnig með gott hlutfall á milli orku og þyngdar, þær nýta orkuna vel og þola mikinn hita ásamt því að afhleðslan hjá þeim er í lágmarki. Einnig eru flestir hlutir sem notaðir eru í lithium-ion rafhlöður hægt að endurvinna (U.S. Department of Energy, e.d.-b).

Rafhlöður eru eitt helsta vandamálið við rafknúin ökutæki. Þær drífa helmingi styttra á fullri hleðslu en olúknúin bifreið gerir á fullum tanki að meðaltali. Auk þess eru rafhlöðurnar stórar og umfangsmiklar og kosta mikið að framleiða þær. Það getur komið fyrir að það þurfi að skipta oft um rafhlöðu yfir líftíma ökutækisins (Orka Náttúrunnar, e.d.).

Þar sem að flestar rafbifreiðar eru tiltölulega nýkomnar á markað hafa aðeins fáar þeirra náð endanum á líftíma rafhlöðu bifreiðarinnar. Því er lítið um endurvinnslu úr slíkum rafhlöðum en slíkt mun færast í aukana þegar fleiri bifreiðar koma í umferð sem nýta sér þessar tegundir rafhlaða. Þegar framboðið eykst mun það verða til þess að förgun rafhlaðana á umhverfisvænni hátt auk þess að þegar slíkt færast í aukana verður það til þess að lítið af spilliefnunum kæmu frá rafhlöðunum bæði þegar það væri að framleiða þær og þegar þeim er fargað (U.S. Department of Energy, e.d.-b).

Í þeim tilvikum þegar fara á í langferð og hleðsla rafbifreiðarinnar dugar ekki þá hefur komið upp sú hugmynd að skipta á tónum rafhlöðum bifreiðarinnar og nýjum fullhlöðnum rafhlöðum á sérstökum skiptistöðvum sem settar væru upp til þess að veita slíka þjónustu. Þess ber þá að nefna að Tesla Motors hefur komið upp rafhlöðu skiptistöðvum þar sem eigendum slíkra bifreiða gefst sá kostur að stöðva þar og skipta um rafhlöðu í miðri langferð. Skiptingin á rafhlöðunum tekur styttri tíma en það tekur að fylla bensíntankinn á hefðbundinni bifreið. Hinsvegar þarf bifreiðin að vera sérhönnuð með þann eiginleika að geta skipt um rafhlöður (U.S. Department of Energy, e.d.-b).

Samhliða því að rafhlöðurnar verða betri og geta geymt meiri orku þá ýtir það undir að fleiri taka upp að nýta sér slíka tækni í framleiðslu bifreiða og öðru. Hinsvegar verður lítið um þróun rafhlaða í slíkar bifreiðir sé engin eftirspurn eftir þeim. Þetta er ákveðinn vítahringur

sem tæknin er föst í. Auk þess tengist þetta hönd í hönd við þróun á aðferðum til að farga slíkum rafhlöðum og forða því að spilliefni verði til við förgun. Eitt er þó víst að rafhlöður verða að þróast meira til að slíkar bifreiðar verða eftirsóttari.

4. Aðgengi að orkugjafa

Rafknúin ökutæki eru greinilega á uppleið á Íslandi þar sem nýtt fyrirtæki sem mun sjá um sölu og framleiðslu á rafmagni fyrir Orkuveitu Reykjavíkur er að reisa svokallaðar hraðhleðslustöðvar víðsvegar um land. Fyrirtækið ber nafnið Orka Náttúrunnar (ON) og þessar hraðhleðslustöðvar verða staðsettar á fjölförnum stöðum líkt og verslunarmiðstöðum sem mun gefa notendum tíma til þess að hlaða ökutækið meðan það sinnir daglegum verkum líkt og að kaupa í matinn eða fá sér að borða á vetingarstað. Hraðhleðslustöðin tekur einungis 20-30 mínútur til að hlaða rafbílinn í 80% hleðslu. Auk þess er hleðsla í þessum hraðhleðslustöðvum frí fyrir notendur. Orka Náttúrunnar hefur opnað átta hraðhleðslustöðvar á landinu en þær eru allar í stuttri fjarlægð frá Reykjavík sem gerir það tiltölulega erfitt fyrir rafbífreiddar að ferðast lengra um landið en til Borgarness eða Selfoss (Orka náttúrunnar, e.d.).



Mynd 3: Staðsetning hraðhleðslustöðva á Íslandi (Orka Náttúrunnar, e.d.).

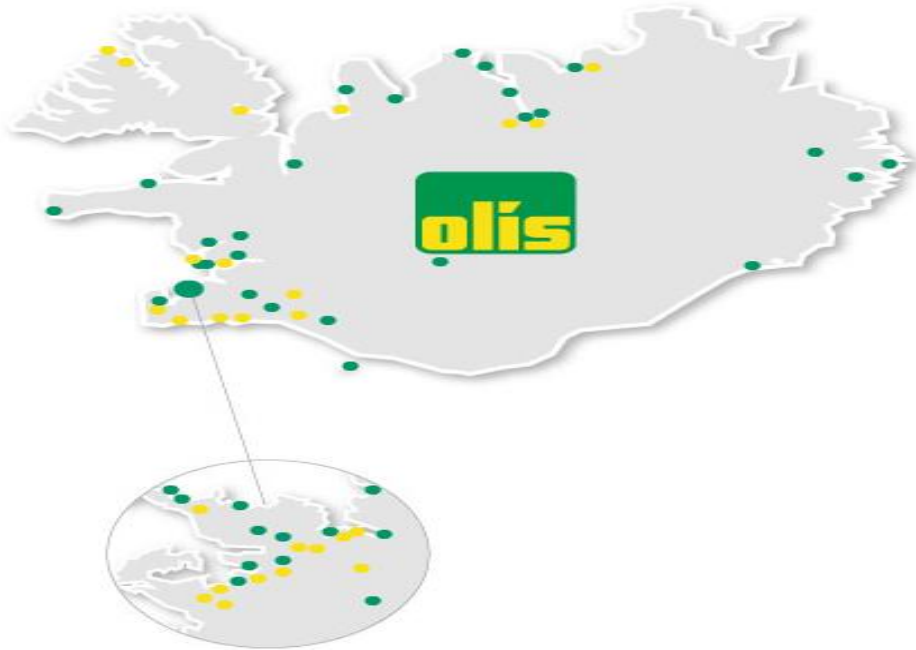
Öllum rafbifreiðum fylgir hleðslutæki fyrir eigendurna að nota heima fyrir. Auk þess er möguleiki að fá sér betri hleðslutæki sem að styttr hleðslutímann töluvert (Tesla Motors, e.d.-b) þar sem einn af helstu ókostunum við rafknúin ökutæki er tíminn sem tekur fyrir ökutækið að fá fulla hleðslu og er það ein stærsta hindrunin sem stendur í vegi fyrir því að rafbifreiðir verða algengari. Framleiðendur þurfa að yfirstíga þessa hindrun til þess að rafbifreiðir verða líklegri til þess að koma í stað olíubifreiða.

Bifreiðar sem komast einungis 100 km á hverri hleðslu ýtir undir ferðastress almennings. Eigandi bifreiðarinnar þarf að koma reglu á hleðslu bifreiðarinnar þegar hún er notuð til daglegrar keyrslu. Sérstaklega þegar litið er til þess að þegar hraðhleðslustöð er nýtt þá tekur það um 20 mínútur að komast í 80% hleðslu. Heimahleðslan er þó mjög þægileg að því leiti að ekki þarf heldur að stöðva á bensínstöðvum til þess að nálgast hleðslu heldur er hægt að gera það í lok dags þegar eigandinn er kominn heim til sín t.d. úr vinnunni eða yfir nóttina.



Mynd 4: Hraðhleðslustöð frá Orku Náttúrunnar.

Hraðhleðslustöðvar líkt og sú sem sýnd er á mynd 4 eru staðsettar fyrir utan marga fjölfarna staði og þá helst á höfuðborgarsvæðinu. Einstaka stöðvar er þó að finna í nágrenni við höfuðborgarsvæðið líkt og sést á mynd 3. Hraðhleðslustöðvarnar eru oftast ekki nema ein eða tvær á hverjum stað og getur það myndað ákveðinn flöskuháls verða rafbifreiðar vinsælar hér á landi. Hálf tíma hleðslutími gæti breyst í einn til tvo klukkutíma bið áður en hægt er að hlaða bifreiðina. Vegna langs hleðslutíma eru því slíkar stöðvar ekki áreiðanlegar sem aðal valkostur fyrir hleðslu á rafbifreiðum.



Mynd 5: Staðsetning bensínstöðva Olíuverzlunar Íslands (Olíuverzlun Íslands, e.d.).

Frá þessum myndum af þjónustustöðvum Olíuverzlunar Íslands og Orkunnar má sjá að það er greinilega mun auðveldara að komast í eldsneyti fyrir bifreiðina sé maður á ferð og bifreiðin noti bensín. Bensínstöðvar Olíuverzlunar Íslands og Orkunnar eru á mun fleiri stöðum víðsvegar um landið en hraðhleðslustöðvar Orku Náttúrunnar.

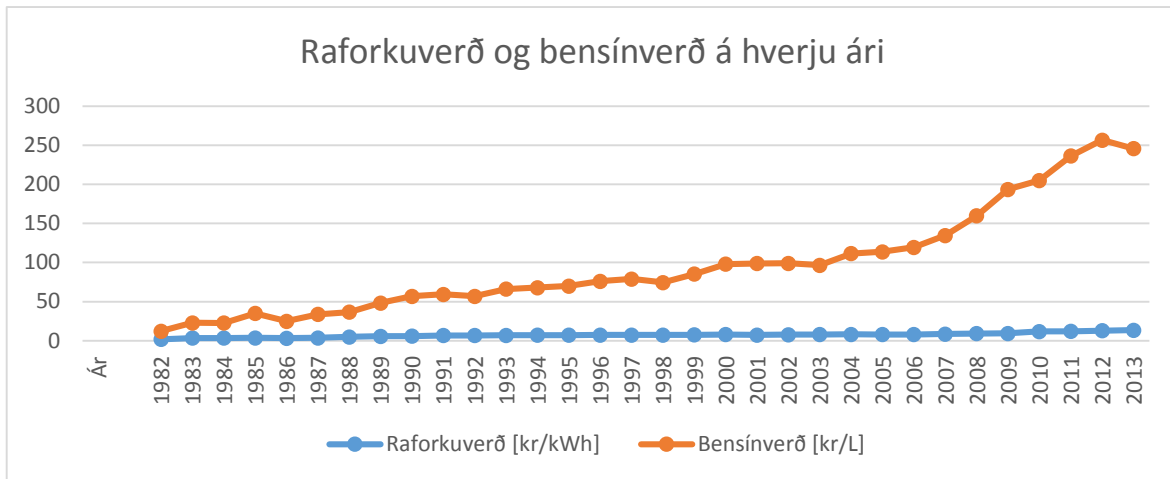


Mynd 6: Staðsetning bensínstöðva Orkunnar (Orkan, e.d.).

Einn af helstu göllumum við hleðslu á rafbifreiðum er tíminn sem það tekur. Þó svo að hraðhleðslustöðvarnar eru á fjölförnum stöðum og opnar öllum þeim sem kjósa að nýta sér þá mun það líklega verða til vandræða þegar notkun rafbifreiða eykst. Þegar það tekur langan tíma að hlaða bifreiðina og einungis aðgengi að einni slíkri stöð fyrir utan ákveðna staði. Þegar fleirum en einum vantar að hlaða bifreiðina á sama tíma þá verður þetta ekki vinsæll valkostur. Það mun vera ákveðin tilviljun skyldi hraðhleðslustöðin vera laus og gæti því tekið nokkra klukkutíma að bíða eftir að komast í hleðsluna eftir því hversu mörgum vantar að hlaða rafbifreiðina sín.

4.1. Þróun orkuverðs.

Verðið á hinum ýmsu orkugjöfum hefur breyst í gegnum árin og getur það verið mjög athyglisvert að skoða breytingarnar á milli árána. Slíkt getur gefið okkur góða mynd af hvernig má búast við að verðin verða eftir nokkur ár.



Mynd 7: Þróun rafmagns- og bensínverðs frá árinu 1982 til 2013 (Hagstofa Íslands, e.d.-c).

Þegar verð orkugjafanna tveggja er skoðað á hverju ári fyrir sig þá sést á greinilegan hátt að bensínverðið hefur farið hækkandi með hverju árinu. Það koma nokkur ár þar sem einhver lækkun varð en í heildina hækkar bensínverðið frá 12,2 kr/l upp í 245,75 kr/l á 21 ári á meðan rafmagnið hækkar frá 1,8 kr/kWh upp í 13,486 kr/kWh á sama tímabili.

Heildarhækkun í Prósentum	
Bensín	2014%
Rafmagn	749%

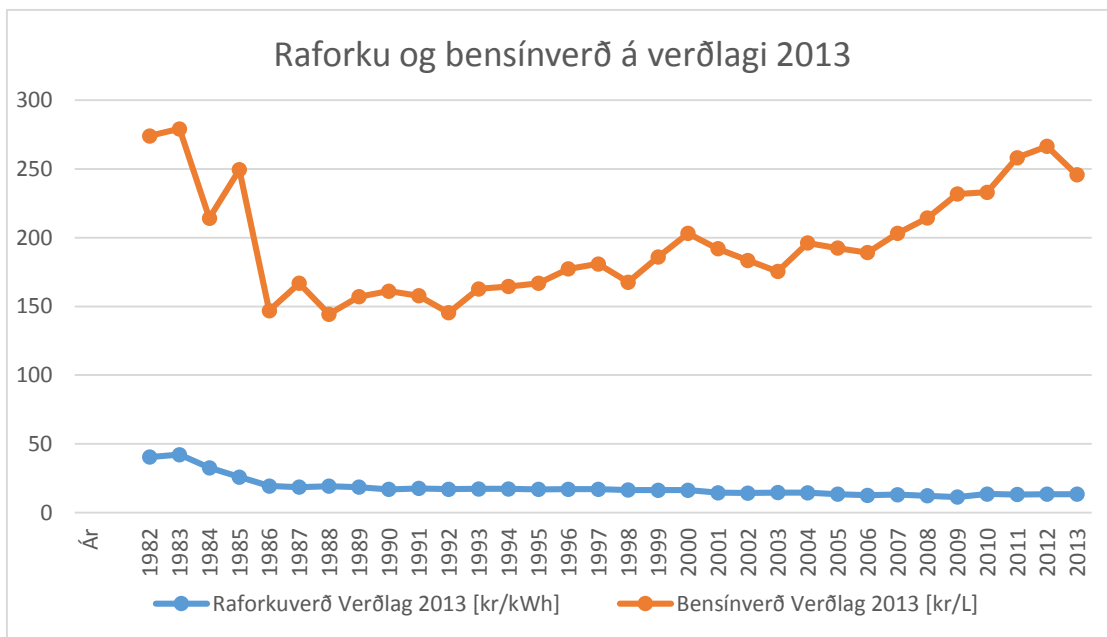
Tafla 3: Heildarhækkun rafmagns- og bensínverðs frá 1982 til 2013 í prósentum (Hagstofa Íslands, e.d.-c).

Heildarhækkunin á milli ára ef tölurnar eru á verðlagi hvers árs fyrir sig er mög há fyrir bæði bensín og rafmagn en hækkunin á bensín verðinu stendur þó virkilega upp úr með 2014% aukningu á 21 ári.

Raunhækkun í Prósentum	
Bensín	-10,29%
Rafmagn	-66%

Tafla 4: Verðhækkun á rafmagns- og bensínverði frá 1982 til 2013 á verðlagi 2013 í prósentum (Hagstofa Íslands, e.d.-c).

Þegar tölurnar eru færðar yfir á verðlag 2013 þá er munurinn mun minni. Bæði verðin hafa lækkað frá árinu 1982 en rafmagn hefur þó lækkað um 66% sem er mun meiri lækkun en á bensíni.



Mynd 8: Línurit yfir breytingar á rafmagns- og bensínverð frá árunum 1982 til 2013 (Hagstofa Íslands, e.d.-c) á verðlagi 2013 (Hagstofa Íslands, e.d.-d).

Þegar skoðað er breytingin á verðlagi 2013 þá sveiflast hún mun meira til í bensíninu en sveiflan endar á svipuðum stað og hún byrjaði endar munar bara 10,29% á milli verðanna á verðlagi 2013. Rafmagnið augljóslega lækkar og heldur áfram að lækka stöðugt og miðað við

hvernig sveiflurnar í línuritinu líta út má gera ráð fyrir að bensínverðið haldi áfram með miklum sveiflum á meðan rafmagnsverðið lækki stöðugt.

Mikil hækkun á bensínverði hefur ýtt undir rannsóknir og þróun á öðrum orkugjöfum fyrir bifreiðar. Þó svo að á sama tíma hefur verið mikil þróun í rafmagnstækjum og eftirspurnin eftir rafmagni aukist frá árinu 1982 þá hefur rafmagnsverðið verið mun stöðugra. Því er hægt að segja það að rafmagn sé líklega einn af bestu möguleikum Íslendinga fyrir nýjum orkugjafa ef einungis er hugsað um kostnaðinn á orkugjafanum sjálfum.

Ár	Raforkuverð [kr/kWh]	Bensínverð [kr/L]	Vísitala	Raforkuverð Verðlag 2013 [kr/kWh]	Bensínverð Verðlag 2013 [kr/L]
1982	1,8	12,2	178,9	40,42	273,95
1983	3,46	22,9	329,6	42,17	279,11
1984	3,46	22,7	425,8	32,64	214,16
1985	3,63	35	563,6	25,87	249,47
1986	3,3	25	683,5	19,4	146,93
1987	3,76	33,7	811,8	18,61	166,76
1988	4,89	36,6	1018,4	19,29	144,37
1989	5,7	48,2	1233,1	18,57	157,03
1990	5,96	56,8	1416	16,91	161,14
1991	6,66	59,4	1512,3	17,69	157,79
1992	6,65	56,8	1569,2	17,02	145,41
1993	7,01	66,17	1633,6	17,24	162,72
1994	7,12	67,9	1658	17,25	164,52
1995	7,12	70	1685,4	16,97	166,85
1996	7,33	76,06	1723,7	17,08	177,26
1997	7,46	79,04	1754,7	17,08	180,95
1998	7,31	74,45	1784,2	16,46	167,63
1999	7,53	85,4	1845,1	16,39	185,94
2000	7,89	98	1938,5	16,35	203,09
2001	7,46	98,75	2067,1	14,5	191,91
2002	7,68	99	2167,3	14,24	183,5
2003	8,04	96,6	2212,6	14,6	175,39
2004	8,25	111,5	2284	14,51	196,11
2005	7,97	113,78	2375,8	13,48	192,39
2006	8,005	119,46	2536,8	12,68	189,17
2007	8,69	134,7	2664,3	13,1	203,1
2008	9,151	159,76	2994,9	12,27	214,29
2009	9,487	193,5	3354,3	11,36	231,74
2010	11,96	205,07	3535,4	13,59	233,02
2011	12,123	236,33	3676,8	13,25	258,21
2012	12,939	256,52	3867,5	13,44	266,45
2013	13,486	245,75	4017,2	13,49	245,75

Tafla 5: Samanburður á rafmagns- og bensínverði frá árinu 1982 til 2013 (Hagstofa Íslands, e.d.-c). Tölurnar eru sýndar bæði á verðlagi síns árs og ársins 2013 (Hagstofa Íslands, (e.d.-d).

5. Rafbifreiðar

Rafmagnsbifreiðar hafa einn orkugjafa en sá orkugjafi er rafmagn. Vél bifreiðarinnar er knúin áfram á rafmagni og fær vélin rafmagnið frá endurhlaðanlegum rafhlöum. Rafknúin ökutæki hafa marga kosti umfram venjulega olíuknúin ökutæki (U.S. Department of Energy, 2014a).

Rafknúin ökutæki nýta um það bil 59-62% af rafmagnsorkunni til að knúa áfram hjólin á meðan venjulegir olíuknúin ökutæki nota einungis 17-21% af orkunni frá olíunni til að knúa áfram hjólin (U.S. Department of Energy, 2014a).

Rafknúin ökutæki eru mjög umhverfisvæn en þau eru ekki með neina koldíoxíðs losun, samt sem áður getur framleiðslan á rafmagninu skilað mengun. Rafmagn sem kemur frá kjarnorku-, vökva-, sólar- eða vind-knúnum orkuverum skila engri mengun (U.S. Department of Energy, 2014a).

Einn af helstu kostunum við rafmagnsknúna bifreiðar, fyrir utan að það að þær menga ekki, er sá að vélarnar eru mjög hljóðlátar. Auk þess þurfa rafmagnsvélarnar minna aðhald en venjulegar olíuvélar (U.S. Department of Energy, 2014a).

Rafmagn ólíkt olíu er hægt að nálgast í hvaða landi sem er. Í löndunum eru þó mismunandi aðferðir til þess að framleiða það og getur í sumum tilfellum verið að framleiðsla á rafmagni menga mikið (U.S. Department of Energy, 2014a).

Rafhlöður slíkra ökutækja eru einn af helstu ókostunum en flestar rafhlöður duga einungis um það bil 220-440 km á hleðslu en á meðan olíuknúin ökutæki ná um það bil 660 km á einum tanki (U.S. Department of Energy, 2014a). Auk þess tekur um það um fjóra til átta klukkutíma að hlaða slíka rafhlöðu upp í 100% en þó eru komnar upp hraðhleðslustöðvar, líkt og voru nefndar áður, sem minnka slíkt í um það bil 30 mínútur (Orka Náttúrunnar, e.d.). Rafhlöðurnar eru einni mjög dýrar og getur verið að það þurfi að skipta þeim út einu sinni eða oftast ásamt því að vera mjög stórar og taka mikið pláss í bifreiðinni (U.S. Department of Energy, 2014a).

Það er þó verið að vinna í því að bæta rafhlöðu tæknina til þess að auka endingu þeirra og minnka hleðslutíma, þyngd og kostnað. Þetta er það sem ræður framtíð rafbifreiða (U.S. Department of Energy, 2014a).

5.1. Saga rafknúnu bifreiðarinnar

Saga rafbifreiða í Bandaríkjunum hefst árið 1896 þegar fyrirtæki að nafni *The Electric Vehicle Co.* kynnti til leiks rafknúna leigubifreiðar í New York borg. Þremur árum seinna voru þeir orðnir 60 talsins í borginni. Tilgangur með komu bifreiðarinnar var að minnka skítinn sem kom frá hestum þegar notast var við hestvagna og gera því borgina meira aðlaðandi. Fyrirtækið taldi þó ekki vera markað fyrir slíkum bifreiðar í einkaeign þar sem að til að nota slíkar bifreiðar þurfti að hafa kunnáttu á rafmagni. Samt sem áður keyptu neytendur sín eigin ökutæki þar sem það var mjög einfalt að nota þau.

Árið 1900 voru komnir um það bil 4000 bifreiðar á vegina víðsvegar um Ameríku og skiptust þær niður í þrjár tegundir: olúbifreiðar, gufubifreiðar og rafbifreiðar en hver tegund um sig átti um það bil einn þriðja hluta af markaðnum. Það var mun fljótlegra að kveikja á rafbifreiðunum heldur en gufubifreiðunum ásamt því að vera mun snyrtilegri en oliubifreiðin. Rafbifreiðar áttu auðveldast af tegundunum þremur að keyra í snjónunum yfir veturinn en hinsvegar stytta kuldinn endingu rafhlaðanna til muna. Á þessum tíma komust rafbifreiðar um það bil 56¹ km á einni hleðslu við góðar aðstæður (NPR, 2011).

Þegar Henry Ford kynnti til sögunnar Model T olíuknúubifreiðina sem kostaði þá 850 bandaríkja dala árið 1908 og var það mun ódýrara en hjá hinum framleiðendum rafbifreiða. Rafbifreið kostaði á þessum tíma um 2000 bandaríkja dala sem er meira en tvöfalt verðið fyrir Model T. Vegna þess hve hentug framleiðsla aðferðin sem notuð var við framleiðslu Model T var, þá varð það til þess að Model T tók yfir bifreiðar markaðnum. Það má þó gjarnan nefna að eiginkona sjálfs Henry Ford kaus að aka rafbifreið fram yfir Model T bifreiðina sem eiginmaðurinn hennar framleiddi líkt og margar konur gerðu á þessum tímum.

¹ Breytt úr mílum yfir í kílómeter og miðað við að ein míla sé jöfn 1.6 kílómeter. Það gerir 35 mílur jafnar 56 kílómetrum.

Það sem heillaði þær var einfaldleikinn ásamt því að vera mun snyrtilegri en hinar tegundirnar af bifreiðum þessa tíma (NPR, 2011).

Alveg frá upphafi rafbifreiðarinnar gerðu menn sér grein fyrir að rafhlöðurnar væru stórt vandamál fyrir neytendur. Thomas Edison framleiddi ýmsar rafhlöður og nikkell-stáls tegund af rafhlöðu sem hann framleiddi tók við sem helsta rafhlaðan fyrir rafbifreiðar árið 1910. Með nýju rafhlöðunni komumst rafbifreiðar auka 55 km miðað við vegalengdina sem rafhlaðan sem var fyrir gerði þeim mögulegt að ferðast. Þá komumst rafbifreiðar 160 km á einni hleðslu. Þó svo að rafbifreiðir voru hægt og rólega að bæta sig þegar kom að vegalengd þá var það ekki nóg til þess að gera rafbifreiðir að helsta kosti í bifreiðum (NPR, 2011).

Þegar vegir Ameríku fóru batnandi þá fóru bifreiða eigendur að vilja keyra lengra í einu og þar kom helsti gallinn rafbifreiðarinnar þeim um koll þegar veglengdin sem ein hleðsla dugði ekki nógu langt. Auk þess voru margir af helstu bóndabæjunum í Ameríku með greiðann aðgang að olíu sem notuð var fyrir olíuknúnar bifreiðar þessa tíma en sjaldgæfara var að þeir höfðu aðgang að rafmagni.

Þegar rafmagnskveikurinn var fundinn upp hvarf ein af helstu ástæðum fyrir að fólk valdi frekar rafbifreiða'r fram yfir olíuknúnarbifreiðar. Olíuknúnarbifreiðar urðu mun snyrtilegri en þær voru áður fyrr. Seinnihluta ársins 1920 voru rafbifreiðir að mestu horfnar af Amerískum markaði (NPR, 2011).

Eftir árið 1920 heyrðist lítið frá framleiðendum rafbifreiða fram til ársins 1990. Það voru einstaka bifreiðar framleiddar en í flestum tilvikum var það einungis frumgerðir sem fóru aldrei í fjöldaframleiðslu. Rafknúnar sendibifreiðar urðu þó vinsælar í báðum heimstýrjöldunum í þeim tilgangi að spara olíu þar sem mikill olíuskortur var á þeim tíma (NPR, 2011).

Það var árið 1996 sem General Motors komu fram í sjónarsviðið með bifreið sína sem bar nafnið EV1. General Motors framleiddi að hluta til EV1 vegna niðurstaðna loftlagsnefndar Kaliforníu í Bandaríkjunum að 10% bifreiða ríkisins skyldu ekki vera með neina koldíoxíðs losun fyrir 2003. Þessi niðurstaða loftslagsnefndarinnar var þó dregin til baka seinna. Bifreiðin komst 130 km á einni hleðslu og þar sem bifreiðin var rafbifreið þá kom engin

mengun frá henni. Það var einungis hægt að leigja EV1 bifreiðina og var tekin af markaði árið 2003 (NPR, 2011).

Premur árum eftir að EV1 bifreiðin var tekin af markaði þá kynnti fyrirtækið Tesla Motors til leiks nýja gerð rafbifreið, Tesla Roadster. Tesla Roadster kostaði 100.000 bandaríkja dala og var markaðssettur fyrir hálaunafólk. Helsti tilgangur Tesla Motors með Roadster bifreiðinni var að sýna að rafmagnsvél væri alveg jafn góð og venjuleg olíuvél. Fimm árum seinna hætti þó Tesla Motors að taka á móti pöntunum fyrir Tesla Roadster (NPR, 2011).

Einu ári áður en að Tesla Roadster var tekinn af markaði, árið 2011, þá kom rafbifreiðin Nissan Leaf á markað. Bifreiðin var einungis knúin áfram af rafmagni og komst hún 160 km á einni hleðslu. Verð Nissan Leaf var mun viðráðanlegra en Tesla Roadster og kostaði einungis 35.000 bandaríkja dali. Sömu veikleikar voru þó enn til staðar en fólk vildi frekar bifreiðar sem komumst lengra í einu (NPR, 2011).

5.2. Nissan Leaf

Nissan Leaf er rafbifreið frá einum af þekktustu bifreiðar framleiðendum í heimi. Árið 2011 var Nissan Leaf valin bifreið ársins (Nissan, e.d.-a). Árið 2013 var í heildina 49 nýskráðar rafbifreiðar og af þeim voru 25 Nissan Leaf. Það gerir að 51% af nýskráðum rafbifreiðum það árið voru Nissan Leaf (Samgöngustofnun, e.d.).

Nissan Leaf er seldur í þremur mismunandi tegundum í Bandaríkjunum en það eru S , SV og SL (Nissan, e.d.-b). Þessar tegundir eru einnig gefnar út á evrópskann markað en bera önnur heiti hér á landi. Nöfnin sem þessar tegundir Leaf bera hér á landi eru Visia, Acenta og Tekna (Even rafbílar, e.d.-a). Enginn munur er á tæknilegu hlið bílsins og er helsti munurinn í aukahlutunum sem býðst upp á í Bandaríkjunum og Evrópu. Verðið er 3.990.000 fyrir Visia sem jafngildir S á Bandarískum markað, 4.590.000 fyrir Acenta sem jafngildir SV tegundinni og 4.990.000 fyrir Tekna sem er sú gerð sem svipar mest til SL tegundarinnar (Even rafbílar, e.d.-a). Tölurnar sem notaðar eru í þessari ritgerð eru komnar frá Bandarísku tegundum Nissan Leaf vegna betra aðgengis að upplýsingum en eins og ég greini áður frá eru tegundirnar ekki frábrugðnar evrópsku útgáfunum að öðru leiti.

Samanburður á þremur útgáfum af Nissan Leaf			
	Nissan Leaf S Model	Nissan Leaf SV Model	Nissan Leaf SL Model
Hámarks hraði	150 km/klst	150 km/klst	150 km/klst
Vegalengd á hleðslu m.v. 100km/klst	199 km	199 km	199 km
Kostnaður á hleðslu í krónum	324 kr.	324 kr.	324 kr.
Kostnaður á kílómeter í krónum	1,63 kr.	1,63 kr.	1,63 kr.
Tími frá 0-100	11 sek	11 sek	11 sek
Hestöfl	107 hö	107 hö	107 hö
Eldsneytiskostnaður á ári	24.422 kr.	24.422 kr.	24.422 kr.

Tafla 6: Samanburður á þremur mismunandi tegundum Nissan Leaf (Nissan, e.d.-b).

Tafla 6 var sett upp til þess að sýna fram á að sé einungis hugsað um að spara sem mest þá eru allar útgáfur bifreiðarnar eins nema í aukahlutum sem tengist spurningu ritgerðarinnar ekkert. Taflan sýnir að allar útgáfur af Nissan Leaf eru þær sömu þegar skoðað er hestöfl, hraða og eyðslu. Til að svara spurningu ritgerðarinnar á sem mest markvissan hátt er notast við Nissan Leaf S Modelið eða evrópsku útgáfuna, Nissan Leaf Visia. Ástæða fyrir því er sú að þetta er ódýrasta útgáfan en gefur ekkert eftir hinum útgáfunum í krafti og hversu langt bifreiðin kemst á hleðslu. Því er meiri möguleiki fyrir notandann að spara með því að kaupa Nissan Leaf Visia fremur en Acenta eða Tekna útgáfunar.

Það tekur Nissan Leaf fimm klukkustundir til þess að ná fullri hleðslu. Sú hleðsla kostar 324 kr og dugar hún 199km í keyrslu. Ef miðað er við tölur frá Félagi Íslenskra Bifreiðaeigenda þar sem miðað er við að almennt sé keyrt um 15.000 km á ári (Félag Íslenskra bifreiðaeigenda, 2014) þá er einungis keyrt um 41 km á dag. Það þýðir að 199km feikinóg fyrir hinn almenna notanda. Nissan Leaf hentar þó illa til langferða, nefna má dæmi Akureyri en þangað eru 388 km (Vegagerðin, e.d.) en til þess að Nissan Leaf kæmist alla leið þyrfti að stöðva einu sinni til þess að hlaða hann til fulls. Þannig breytis ferð sem tekur um fjórar til fimm klukkustundir í eiginlega tíu klukkustunda ferð, skyldi Nissan Leaf komast i hleðslu á einhverjum stað á leiðinni. Annað mál væri ef að það væri hraðhleðslustöð á svæðinu en þá myndi ferðin einungis lengjast um 40 mínútur í mesta lagi. Auk þess þyrfti svo Nissan Leaf

bifreiðin að komast í hleðslu stuttu eftir að hún kæmi til Akureyrar. Slíkt fyrirkomulag gerir ferðina alltof dýrkeypta á tíma og hentar því mjög illa að nota Nissan Leaf í slíkar ferðir.

5.3. Tesla S Model

Tesla S Model er flaggskip Tesla framleiðslunnar. Bíllinn er kraftmikill sportbíll sem gengur eingöngu fyrir rafmagni. Hægt er að velja þrjár mismunandi gerðir af Tesla S Model en það eru tvær mismunandi stærðir af rafhlöðu, 65 kWh og 85 kWh, þriðja gerðin af ökutækinu er Performance línan en hún er um 114 hestöflum kraftmeiri en gerðin með 65 kWh rafhlöðu og 52 hestöflum kraftmeiri en venjulega 85 kWh rafhlöðu gerðin. (Tesla motors, e.d.-a)

Samanburður á þremur útgáfum af Tesla			
	Tesla S Model 65 kWh	Tesla S Model 85 kWh	Tesla S Model 85 kWh Performance
Hámarkshraði	193 km/klst	201 km/klst	209 km/klst
Vegalengd á hleðslu m.v. 100km/klst	370 km	482 km	482 km
Kostnaður á hleðslu í krónum	877 kr.	1.146 kr.	1.146 kr.
Kostnaður á kílómetur í krónum	2,37 kr.	2,38 kr.	2,38 kr.
Tími frá 0-100	5,9 sek	5,4 sek	4,2 sek
Hestöfl	302 hö	362 hö	416 hö
Eldsneytiskostnaður á ári	35.537 kr.	35.674 kr.	35.674 kr.

Tafla 7: Samanburður á þremur útgáfum af Tesla S Model (Tesla Motors, e.d.-a; Hagstofa Íslands, e.d.-a).

Þegar Tesla S Model með 65 kWh og Tesla S Model 85 kWh er borið saman er greinilegt að helsti mismunurinn er í hversu langt bifreiðin kemst á einni hleðslu en það munar 112 km á milli þeirra. Ending rafhlöðunnar er ekki jafn góð og ending fulls tanks af olíuknúnu ökutæki en það kostnaðurinn við hvern kílómetur er mikið minni. Þess má geta að vegalengdin frá Reykjavík til Akureyrar er 388 km (Vegagerðin, e.d.) sem þýðir að Tesla S Model með 65 kWh rafhlöðu myndi þurfa stoppa og fá hleðslu til þess að ná alla leið á meðan venjulegur olíuknúið ökutæki á ekki i vandræðum með að drífa alla leið á einum tanki en hinsvegar myndu Tesla S Model með 85 kWh rafhlöðu komast á leiðarenda og eiga næstum 100 km eftir af hleðslunni (Tesla Motors, e.d.-a). Taka þarf þó fram að þetta er líklega við fullkomnar aðstæður sem þessi vegalengd er fundin út frá.

Tesla S Model er auglýst sem sportbifreið og hefur allt sem til þess þarf. Bæði kraft og útlit sem heillar. Minni gerðin með 65 kWh rafhlöðuna hefur 302 hestöfl en stærri gerðin er mun kraftmeiri og hefur með 416 hestafla vél. Ökutækin erubæði mjög kraftmikil og sést það auðveldlega þegar skoðað er hvers lengi ökutækið er frá stöðvun upp í 100 km/klst hraða. Tesla S Model 65 kWh er 5,9 sekúndur en 85 kWh gerðin er 5,4 sekúndur og svo er Performance útgáfan ekki nema 4,2 sekúndur (Tesla Motors, e.d.-a).

8. Metan

Einn af þeim mögulegu eldsneytiskostum sem skoðaðir hafa verið í gegnum árin er Metan. Metan hefur verið notað út um allan heima og er notað á allskyns gerðir bifreiða. Auk þess er hægt að finna ýmis skip eða aðrar vinnuvélar sem ganga fyrir metan. Metan er bæði hægt að fá í gasformi eða vökvaformi og er metan í gasformi gjarnan notaði á minni bifreiðar meðan metan í vökvaformi er notað á vinnuvélar og stærri tegundir af ökutækjum (Metan, e.d.).

Það metan sem notað er á Íslandi er mögulegt að framleiða úr öllu lífrænum efnum sem finnast ofanjarðar. Hægt er að nýta þann lífræna úrgang sem kemur frá t.d. sjávarútvegi, landbúnaði eða jafnvel frá heimilunum til þess að framleið metan sem getur svo verið notað sem eldsneyti fyrir bifreiðar (Metan, e.d.). Þetta er mjög stór kostur við metan eldsneyti og er mun umhverfisvænni aðferð til að nálgast eldsneyti frekar en að bora eftir því og hætta á olían leki út í hafið eða í nánasta umhverfi við borsvæðið.

Auðvelt aðgengi ásamt því að bæði tækni og þekking hefur aukist mikið seinustu ár hefur fengið fleiri til þess að líta á metan sem mögulegt eldsneyti. Ef að metan kæmi alfarið í stað olíu sem helsti orkugjafa fyrir bifreiðar myndi það gera hverja þjóð sjálfbærari í orkugeiranum þar sem auðvelt er að framleiða metan (Metan, e.d.).

Í mörgum löndum er einnig að finna mikið af jarðgasi en það inniheldur um það bil 50-90% metan og því er góður möguleiki að metan gæti tekið stórt stökk í vinsældum. Það metan sem er framleitt á Íslandi er þó hreinna en það sem finnst í jarðskorpu annara landa. Skyldu íslendingar taka upp metan sem eldsneyti í meira magni gæti það þó komið upp að ekki verði framleitt nóg til að anna eftirspurn í takmarkaðan tíma. Það er þó mikill kostur að auðvelt er

að flytja inn metan til landsins en metan verð í heiminum er mun lægra en verð á olíu (Metan, e.d.).

Mikið af framleiðendum bifreiða í heiminum framleiða bifreiðar sem geta nýtt metan sem eldsneyti. Bifreiðarnar eru með möguleikann á að nota metan eða bensín. Þetta er líkt og tvinnbifreiðin sem gengur fyrir rafmagni og bensíni á sama tíma en á sama tíma er einungis annar orkugjafinn notaður í einu. Slíkar bifreiðar sem nýta sér bæði metan og bensín gera það að verkum að það er möguleiki fyrir almenning að fá sér metanbifreið þó svo að lítið sé af afgreiðslustöðvum fyrir metan á landinu og aðgengi að metan sé erfiðara. Það getur einnig ýtt undir að fjölgun verði á slíkum afgreiðslustöðvum þegar fólk kaupir slíkar bifreiðir (Metan, e.d.). Þetta verður til þess að vítahringurinn sem kemur oft upp þegar nýr orkugjafi er rannsakaður er ekki jafn hættulegur með slíkar bifreiðar í notkun.

9. Vetni

Vetni er annar möguleiki sem hefur verið skoðaður til þess að koma í stað olíu sem aðal eldsneytisgjafi bifreiða. Það eru tvær leiðir til þess að nýta vetni en það er í einskönar eldsneytis sellum sem eru svo notaðar til þess að keyra áfram rafmagnsvélar og einnig hægt að brenna vetni í hefðbundnum vélum líkt og þeim sem notaðar eru í dag af olúknúnum bifreiðum (U.S. Department of Energy, e.d.-d).

Vetni er mjög umhverfisvænn möguleiki fyrir eldsneyti og hefur möguleika á að hafa mikil áhrif á þörf heimsins á innfluttri olíu en það eru þó samt stórar hindranir sem þarf að yfirstíga áður en hægt er að fullnýta tæknina vetni komi í stað fyrir olíu (U.S. Department of Energy, e.d.-d).

Aðgengið að vetni er mjög gott og er það einn af helstu kostum eldsneytisins. Vetni er hægt að framleiða með mörgum leiðum sem myndi minnka þörfina á innfluttri olíu til muna og gæti hvert land framleitt vetni til að nægja íbúum sínum. Vetni losar enga mengun frá sér þegar það er notað í vélar sem hafa eldsneytis sellur en þegar það er notað í aðrar hefðbundna vélar þá gefur það frá sér nítrógenoxíð þegar það er brennt. Auk þess býr vetni yfir mun minni orku en olía miðað við magn en það þýðir að það verður erfitt fyrir vetnisbifreiðar að komast jafn langt og olúbifreiðarnar gera í dag þar sem meira magn af vetni þarf til að komast sömu vegalengd. Framleiðendur hafa þó náð að framleiða vetnisbifreiðar sem komast svipað langt og venjuleg olúbifreið en slík vegalengd verður að vera möguleg á mörgum gerðum og má alls ekki hafa nein áhrif á öryggi, frammistöðu eða kostnað bifreiðarinnar (U.S. Department of Energy, e.d.-d).

10. Tvinnbifreiðar

Árið 1900 tengdi belgískur bifreiða framleiðandi, að nafni Pieper, saman tvær mismunandi tegundir af orkugjafa í vél. Olíuvélin var tengd við rafmagnsmótor sem var staðsettur undir sætinu. Þegar ökutækið var í gangi hlóð rafmagns mótorinn rafhlöður bifreiðarinnar og en þegar ökutækið þurfti auka kraft þá bættist afl rafmagns mótorsins við afl olíumótorsins. Einkaleyfin frá Pieper voru nýtt af Auto-Mixte sem var belgískur bifreiða framleiðandi til þess að framleiða slíkar bifreiðar (Hybrid Cars, 2011).

Tvinnknúnar bifreiðar nýtir saman kosti olíuknúna og rafknúna bifreiða og er hægt að stilla þá svo þeir nái að uppfylla mismunandi markmið, eins og minni eyðsla á eldsneyti, aukinn kraftur eða aukinn kraftur fyrir raftæki eða önnur tæki.

Með því að nýta saman bæði rafmagnsmótor og olíumótor gerir það tvinnknúnum ökutækjum kleyft að nýta sér allskyns tækni frá báðum tegundum af mótornum. Tvinnknúnar bifreiðar geta nýtt sér orkuna frá því að stöðva til að hlaða upp rafmagnsmótorinn. Mótorinn veitir mótspyrnu á ökuhrindinni þegar bifreiðin hægir á sér, það bæði aðstoða við að hægja á ökutækinu ásamt því að nýta orkuna þegar hjólin snúa mótornum, á þann hátt virkar það sem uppspretta af raforku sem bifreiðin nýtir til að endurhlaða rafhlöðurnar. Rafmagnsmótorinn veitir einnig auka kraft þegar bifreiðin er að auka hraðann eða að klífa upp hæðir. Þetta gerir það mögulegt fyrir tvinnknúbar bifreiðar að nota kraftminni en á sama tíma vél sem nýtir orkuna betur. Í sumum gerðum af tvinnknúnum bifreiðum er nóg orka framleidd af rafmagnsmótornum þegar keyrslan er hæg og hefðbundnar vélar virka illa, til þess að fá ökutækið til þess að ganga eingöngu á rafmagn. Tvinnknúnar bifreiðar hafa gjarnan þá tækni þegar bifreiðar drepur á sér þegar hún er alveg stöðvuð og kveikir aftur á sér þegar ýtt er á bensínjölfina. Þessi tækni sér til þess að lítið af orku er sóað til einskis (U.S. Department of Energy, e.d.-c).

10.1. Toyota Prius

Toyota Prius er líklega þekktasta tvinnbifreið sem til er, en hann kom fyrst við sögu fyrir 12 árum og var hann hannaður með tilliti til náttúruverndar. Við þróun Toyota Prius hefur verið lögð mikil áhersla á að halda loftmótsstöðu bifreiðarinnar sem minnstri en það leiðir til minni

mengunar og heldur eldsneytis eyðslunni í lágmarki. Í gegnum tímann hefur hver einasti Toyota Prius verið straumlínulagaðri en sú sem kom á undan. Toyota Prius hefur verið og er enn mikill brautryðjandi í straumlínulagaðri hönnun og sparneytni i keyrslu (Toyota Motor Europe, 2012).

Prius hefur ákveðna tækni sem kallast *Hybrid Synergy Drive* tækni sem tvinnar saman tvo rafmótóra og 1,8 lítra vél sem gengur fyrir bensíni en það gerir bílinn mjög góðan fyrir umhverfið. Þegar bílinn er í kyrrstöðu slekkur hann sjálfur á bensínvélinni og heldur henni óvirkri. *Hybrid Synergy Drive* tæknin velur sjálfkrafa bestu mögulegu akstursstillinguna við hvert tækifæri en einnig getur ökumaðurinn skipt sjálfur á milli þriggja mögulegra stillinga (Toyota Motor Europe, 2012): EV stilling, Aflstilling og Eco-stilling.

EV Stilling : EV- stillingin hentar mjög vel í mikilli umferð og gengur einungis fyrir rafafli í allt að 2km og notar á þeim tíma ekkert bensín og er þá enginn koldíoxíð útblástur (Toyota Motor Europe, 2012). Aflstillingin er hönnuð fyrir hraðbrautir og veitir ökumanninum viðbragðssneggra vélarafli (Toyota Motor Europe, 2012). Eco-stillingin er fyrir venjulegann akstur og dregur örlítið úr hemlunartíma sem minnkar eldsneytiseyðsluna (Toyota Motor Europe, 2012). Með því að nota *Hybrid Synergy Drive* til þess að skipta á milli akstursstillinga þá tryggir það hagkvæmni í akstri og eldsneytisnotkunin er mun betri og veldur því minna af umhverfisáhrifum þar sem koldíoxíð útblásturinn er mun minni (Toyota Motor Europe, 2012).

Samanburður á tveimur útgáfum af Toyota Prius			
	Toyota Prius	Toyota Prius Plug-in	Mismunur
Hæsti hraði	180 km/klst	180 km/klst	0 km/klst
Vegalengd á hleðslu m.v. 100km/klst	1184,211 km	2142 km	958,65 km
Kostnaður á hleðslu í krónum	11.059 kr.	11.059 kr.	0 kr.
Kostnaður á kílómeter í krónum	9,34 kr.	5,16 kr.	4,18 kr.
Tími frá 0-100	10,4 sek	11,4 sek	1 sek
Hestöfl	136 hö	136 hö	0 hö
Eldsneytiskostnaður á ári	140.102 kr.	77.444 kr.	62.658 kr.

Tafla 8: Samanburður á Toyota Prius og Toyota Prius Plug-in (Toyota Motor Europe, 2012).

Áhugavert er að skoða mismuninn á milli venjulegs Toyota Prius og Toyota Prius Plug-in en með því að vera með öflugan rafmótor sem drífur 25km á hleðslunni þá nær Prius að gera bifreiðina mun umhverfisvænni. Bílinn kemst þá tvöfalt lengra og kostar 4,18 krónum minna á hvern kílómeter að keyra bílinn. Þetta hefur þó lítil áhrif á kraftinn þar sem bílinn nær enn sama hámarkshraða og hefur enn jafn mörg hestöfl en þó er hann 1 sekúndu lengur að fara frá núll upp í 100 km/klst.

11. Olíuknúnarbifreiðar

Nú til dags velur fólk að nýta sér hinar ýmsu bifreiðar til að komast ferða sinna. Bifreiðar bjóða upp á ferðamáta sem er bæði snöggur og þægilegir. Bifreiðar eru einfaldar í notkun og eru þær notaðar mjög víða um heiminn en það er þó mikil ábyrgð að eiga bifreiðar. Þær þarfnast reglulegs viðhalds og getur ekki hver sem er sest upp í bifreið og keyrt af stað (Smithsonian, 2001).

Árið 1908 kom Ford Model T á markað en það breytti miklu fyrir bifreiða markaðinn. Model T bifreiðin kostaði minna en aðrar bifreiðar þess tíma og var bæði örugg og nytsamleg. Bifreiðin leit þó út fyrir að vera mjög dýr en var einungis með allra nauðsynlegasta búnað til að halda kostnaðinum lágum. Á tímabili var einungis hægt að fá bílinn í svörtum lit þar sem svarta málningin var sneggri að þorna en aðrir litir og var það til þess að hægt var að framleiða og selja fleiri slíkar bifreiðar. Á þessum árum seldist lang mest af Model T en öðrum tegundum af bifreiðum (Smithsonian, 2001).

Ford Model T líkt og stærstur hluti bifreiða eftir það var knúinn áfram af olíuvél. Ástæðan fyrir því er að slík vél hefur reynst traust, þægileg og frá árinu 1900 byrjaði hún að nýta orkuna á mjög skilvirkan hátt. Olíu bifreið kemst mun lengur á fullum bensín tank en rafbifreiðar komast á einni hleðslu. Vegna þess hve vinsæl slík tegund af vélum eru hefur verið mikil þróun á þeim síðan þær voru fyrst fundnar upp. Nú til dags er þó mikil ógnun sem stafar af mengun slíkra véla og hefur það orðið til þess að fólk hefur byrjað að leita frekar til bifreiða sem knúnar eru áfram af eldsneyti sem mengar ekki (Smithsonian, 2001).

11.1. Toyota Auris

Toyota Auris er hægt að fá sem bensín bifreið, tvinnbifreið eða dísil bifreið. Bifreiðin er hönnuð með kraftmikla upplifun af akstrinum að leiðarljósi og til þess voru sætin látin vera neðar en áður og aflstýri drifið áfram með rafmagni er hannað til þess að gefa ökumanninum betra viðbragð og meiri stöðugleika í keyrslu (Toyota Motor Europe, 2013).

11.2. Toyota Yaris

Toyota Yaris fæst í bæði bensín og tvinn útgáfu. Yaris er hannaður með rólegan innanbæjarakstur að leiðarljósi og hentar vel fyrir slíkan akstur.

Samanburður á þremur tegundum af Toyota Yaris			
	1,0 l VVT-i bensín 5 B.SK.	1,33 l Dual VVT-i bensín 6 B.SK.	1,5 l bensín- hybrid e-CVT
Hæsti hraði	155 km/klst	175 km/klst	165 km/klst
Vegalengd á hleðslu m.v. 100km/klst	976,74 km	857,14 km	1090,90 km
Kostnaður á hleðslu í krónum	10.322 kr.	10.322 kr.	8.847 kr.
Kostnaður á kílómetri í krónum	10,57 kr.	12,04 kr.	8,11 kr.
Tími frá 0-100	15,3 sek	11,7 sek	11,8 sek
Hestöfl	68 hö	100 hö	77 hö
Eldsneytiskostnaður á ári	158.509 kr.	180.627 kr.	121.647 kr.

Tafla 9: Samanburður á þremur tegundum af Toyota Yaris (Toyota Motor Europe, 2014b).

Bæði kostnaðurinn og krafturinn frábrugðin við hverja tegund af Toyota Yaris. 1,33 l Dual VVT-i útgáfan hefur flestu hestöflin og er auk þess dýrastur í rekstri og kemst styst á fullum tank. Tvinn útgáfan hefur minni tank en hinar tvær gerðirnar en nýtir eldsneytið mun betur og kemst 1090,9 km á hverjum bensíntanki ásamt því að vera mun ódýrari en hinar tvær útgáfurnar í eldsneytis kostnaði og gefur ekki mikið eftir 1,33 l Dual VVT-i tegundinni í krafti (Toyota Motor Europe, 2014b).

Yaris 1,0 VVT-i kostar um það bil 2.650.000 kr í sinni ódýrustu tegund. Yaris 1,33 l Dual VVT-i kostar 2.950.000 kr í sinni ódýrustu tegund og Yaris 1,5 l bensín hybrid kostar 3.440.000 kr í sinni ódýrustu tegund (Toyota Motor Europe, 2014a).

11.3. BMW

BMW bifreiðar eru gjarnan valdar fyrir gæði og útlit og er mikil lúxus vara. Þeir eru vel þekktir á heimsmarkaði.

Samanburður á þremur tegundum af BMW			
	BMW M4 Coupé	BMW M3 Saloon	BMW M4 Convertible
Hæsti hraði	250	250	250
Vegalengd á hleðslu m.v. 100km/klst	681,81 km	681,81 km	659,34 km
Kostnaður á hleðslu í krónum	14.745 kr.	14.745 kr.	14.745 kr.
Kostnaður á kílómeter í krónum	21,63 kr.	21,63 kr.	22,36 kr.
Tími frá 0-100	4,3 sek	4,3 sek	4,6 sek
Hestöfl	431 hö	431 hö	431 hö
Eldsneytiskostnaður á ári	324.394 kr.	324.394 kr.	335.449 kr.

Tafla 10: Samanburður á þremur tegundum af BMW (BMW AG, 2014).

Þessar þrjár tegundir sem hér er borið saman eru allar mjög svipaðar í þeim burðum sem borið er saman. Hámarkshraðinn er sá sami en hann er fastur í 250 km hraða af tölvu bifreiðarinnar (BMW AG, 2014). Bensíntankurinn á öllum bifreiðunum er jafn stór og kostar það jafn mikið að fylla hvern og einn þeirra en þó er mismunandi kostnaður á hvern kílómeter og komast þeir mismunandi langt á fullum tanki (BMW AG, 2014). BMW M4 Convertible kemst styttra en hinar tvær tegundirnar á fullum tanki en það munar þó ekki nema 22,47 km á þeim. Miðað við að bifreið í hversdagsnotkun er keyrð 15.000 km á ári (Félag Íslenskra bifreiðaeigenda, 2014) og kostar það þá 324.394 kr á ári fyrir M4 Coupé og M3 Saloon en 335.449 kr fyrir M4 Convertible (BMW AG, 2014).

12. Samanburður bifreiða

Til þess að sjá hvað ber af í kostnaði og krafti er mikilvægt að bera saman sambærilegar bifreiðir. Í þessum kafla verða ýmis ökutækið borin saman og mismunurinn skoðaður. Kostir og gallar bifreiðanna verða metnir með hagkvæmni að leiðarljósi.

12.1. Rafbifreiðir og olíubifreiðir

Toyota Yaris og Nissan Leaf eru tvær tegundir sambærilegra bifreiða. Til er hægt að fá bæði Toyota Yaris í tvinn útgáfu og bensín útgáfu og því taldi höfundur það áhugavert að sjá slíkan samanburð. Fyrst á milli bensín útgáfu Toyota Yaris og Nissan Leaf og svo seinna á milli tvinn útgáfunnar og þess sama Nissan Leaf.

Samanburður á Toyota Yaris og Nissan Leaf			
	1,33 l Dual VVT-i bensín 6 B.SK.	Nissan Leaf SL Model	Mismunur
Hæsti hraði	175 km/klst	150 km/klst	25 km/klst
Vegalengd á hleðslu m.v. 100km/klst	857,14 km	199 km	658,14 km
Kostnaður á hleðslu í krónum	10.322 kr.	324 kr.	9.998 kr.
Kostnaður á kílómetur í krónum	12,04 kr.	1,63 kr.	10,41 kr.
Tími frá 0-100	11,7 sek	11 sek	0,7 sek
Hestöfl	100 hö	107 hö	7 hö
Eldsneytiskostnaður á ári	180.627 kr.	24.422 kr.	156.205 kr.

Tafla 11: Samanburður á Toyota Yaris (Toyota Motor Europe, 2014b) og Nissan Leaf (Nissan, e.d.-b).

Bifreiðunum munar einungis á 7 hestöflum þar sem Nissan bifreiðin hefur örlitla yfirburði þar. Auk þess er Nissan Leaf 0,7 sekúndum sneggri að fara frá núll til 100. Kostnaðurinn á hvern kílómetur hjá bifreiðunum er frekar ólíkur en það munar 10,41 kr á þeim sem gerir það 7,38 sinnum meiri kostnaður fyrir Toyota Yaris bifreiðina á hvern kílómetur. Á meðan Nissan Leaf bifreiðin kemst 199 km á hverri hleðslu kemst Toyota Yaris 857,14 km á hverjum eldsneytistanki en þar munar um 658,14 km eða með öðrum orðum kemst Toyota Yaris 4,3 sinnum lengra á einum bensín tanki en Nissan Leaf á einni hleðslu. Kostnaður við eldsneytis kaup á ári miðað við 15.000 km (Félag Íslenskra Bifreiðaeigenda, 2014) keyrða að meðaltali fyrir Nissan Leaf er um það bil 24420 kr á meðan kostnaðurinn fyrir Toyota Yaris er 180.635 kr. Munurinn á milli kostnaðar hjá þeim er þá 156.215 kr.

Toyota Yaris 1,33 l Dual VVT-i bensín 6 gíra beinskiptann er hægt að fá í tveimur útgáfum en það er Active og Style. Active útgáfan kostar 2.950.000 kr og Style kostar 3.390.000 (Toyota Motor Europe, 2014b). Á meðan kostar Leaf hér á Íslandi 3.990.000 kr fyrir Leaf Visia, 4.590.000 kr fyrir Leaf Acenta og 4.990.000 kr fyrir Leaf tekna. Taka verður þó fram að helsti munurinn milli þessa Evrópsku tegunda og Amerísku tegundanna er aukabúnaðurinn. Slíkt hefur mögulegan áhrif á kostnað en allar tölur sem notaðar eru frá Amerísku tegundum Nissan Leaf eiga líka við Evrópsku útgáfunar (Even rafbílar, e.d.-a).

Sé keypt ódýrasta útgáfan af hvorri tegund fyrir sig munar 1.040.000 kr og miðað við að endingartíminn á rafhlöðunni sé fimm til átta ár eins og áður hefur verið tekið fram þá sparar Nissan Leaf 781.025 kr í eldsneytiskostnað ef miðað er við fimm ár og 1.249.640 ef rafhlaðan endist í 8 ár. Til þess að kaupin á Nissan Leaf komi út á sléttu þarf bifreiðin að duga í 6.6 ár. Ef miðað er við fimm ár þá er eldsneytiskostnaður Toyota Yaris 903.135 kr og ef bifreiðin er notuð í átta ár er eldsneytiskostnaðurinn 1.445.016 kr. Því er heildarverð Toyota Yaris 3.853.135 kr fyrir fimm ár og 4.395.016 kr fyrir átta ár á meðan er heildarverðið fyrir Nissan Leaf 4.022.110 kr fyrir fimm ár og 4.185.376 kr fyrir átta ár. Líkt og áður er tekið fram þá sé bifreiðin notuð í 6.6 ár þá er kostnaðurinn sá sami en eftir það þá sparar Nissan Leaf bifreiðin eiganda sínum pening.

Samanburður á Tesla og BMW			
	Tesla S Model 85 kWh Performance	BMW M4 Convertible	Mismunur
Hæsti hraði	209 km/klst	250 km/klst	41 km/klst
Vegalengd á hleðslu m.v. 100km/klst	482 km	659,34 km	177,34 km
Kostnaður á hleðslu í krónum	1146,31 kr	14.745 kr.	13598 kr
Kostnaður á kílómetri í krónum	2,38 kr.	22 kr.	19,62
Tími frá 0-100	4,2 sek	4.6 sek	0,4 sek
Hestöfl	416 hö	431 hö	15 hö
Eldsneytiskostnaður á ári	35.674 kr.	335.449 kr.	299.776 kr.

Tafla 12: Samanburður á Tesla S Model Performance (Tesla Motors, e.d.-a; Hagstofa Íslands, e.d.-a) og BMW M4 Convertible (BMW AG, 2014).

Tesla S Model 85 kWh Performance er flottasta útgáfa mögulegt af Tesla S Model og því er áhugavert að skoða samanburð á þeirri bifreið og einni af vinsælustu sport bifreið í heimi,

BMW. BMW M4 Convertible og Tesla S Model 85 kWh eru mjög svipaðir að flestu leiti, það munar þó 41 km/klst á hámarkshraðanum hjá þeim og hefur BMW bifreiðin einnig yfir í vegalengd á hleðslu en þar munur 177 km. Kostnaðurinn við að keyra BMW bifreiðin er mun meiri en að keyra Tesla bifreiðina en þar munar 19,62 kr á hvern kílómeter kostar BMW bifreiðin þá 9,24 sinnum meira en Tesla bifreiðin. Vegalengdar munurinn er ekki mjög mikill en BMW bifreiðin kemst 1,36 sinnum lengra á hverjum fullum eldsneytis tank en Tesla kemst á fullri hleðslu. Hinsvegar ef miðað er við 15.000 km (Félag Íslenskra bifreiðaeigenda, 2014) á ári í keyrslu á hvor bifreiðinni fyrir sig þá kostar Tesla bifreiðin um það bil 35673 kr á ári á meðan BMW bifreiðin kostar um það bil 335.449 kr á ári í eldsneytisgjöld. Það munar því 299.776 kr á ári í eldsneytiskostnað.

Tesla S Model Performance 85 kWh kostar frá 16.590.000 kr hér á landi (Even rafbílar, e.d.-b). Á hverju ári með því að kaupa Tesla rafbifreiðina sparar eigandinn 299.776 kr og er almennt talað um að fimm til átta ár sé líftími rafhlöðu slíkrar bifreiðar. Á fimm árum getur því eigandinn sparað 1.498.880 kr og á átta árum sparar eigandinn 2.398.208 kr. Það verður þó að gera grein fyrir því að aukalegur kostnaður við BMW bifreiðina vegna eldsneytiskostnaðar er 1.677.245 kr á fimm árum og 2.683.592 kr á átta árum. Því hefur Tesla bifreiðin í raun tók á því að kosta 3.176.125 kr meira til þess að bæta upp mismuninn á fimm árum og 5.081.800 kr til að bæta upp mismunnin á átta árum. Vegna skorts á upplýsingum um verð á BMW M4 Convertible þá er erfitt að segja til um hvort sé raunverulega hægt að spara á slíkum kaupum. Hægt er þó að gefa sér að kosti BMW meira en 13.413.875 kr þá er ódýrara að kaupa sér Tesla S Model bifreiðina til fimm ára notkunar en ætli eigandinn að eiga bifreiðina í átta ár þá þarf BMW bifreiðin að kosta meira en 11.508.200 kr til þess að það borgi sig að kaupa Tesla bifreiðina.

12.2. Tvinnbifreiðar

Toyota Prius er líklega samkvæmt mörgum þekktasti tvinnbifreið sem framleitt hefur verið. Þótt Prius er eiginlegt flaggskip Toyota í tvinnbifreiðum hefur það ekki stoppað Toyota að koma með tvinn útgáfur af vinsælum bílum líkt og Toyota Yaris. Það er áhugavert að skoða muninn milli þessara tveggja bifreiða og sjá hvað hvor þeirra hefur upp á að bjóða.

Prius Plug-in er eins og áður hefur komið fram tvinnbifreið með öflugri rafhreyfil og getur einnig skipt yfir í að vera einungis drifinn áfram af rafmagni líkt og hefðbundinn rafbifreið.

Samanburður á Toyota Yaris tvinnbifreið og Toyota Prius Plug-in			
	1,5 l bensín-hybrid e-CVT	Toyota Prius Plug-in	Mismunur
Hæsti hraði	165 km/klst	180 km/klst	15 km/klst
Vegalengd á hleðslu m.v. 100km/klst	1090,90 km	2142 km	1051,1 km
Kostnaður á hleðslu í krónum	8.847 kr.	11.059 kr.	2.212 kr.
Kostnaður á kílómetur í krónum	8,11 kr.	5,16 kr.	2,95 kr
Tími frá 0-100	11,8 sek	11,4 sek	0,4 sek
Hestöfl	77 hö	136 hö	59 hö
Eldsneytiskostnaður á ári	121.647 kr.	77.444 kr.	44.203 kr.

Tafla 13: Samanburður á Toyota Yaris tvinnbifreið (Toyota Motor Europe, 2014b) og Toyota Prius Plug-in (Toyota Motor Europe, 2012).

Toyota Prius Plug-in útgáfan hefur greinilegan yfirburð yfir Yaris tvinnbifreiðina. Prius plug-in getu keyrt helmingi meira á hverjum bensíntanki og kostar fullur bensín tankur 2.212 kr meira líkt og sést í töflunni að ofan. Eldsneytis kostnaðurinn við Prius Plug-in er því töluvert lægri en Yaris tvinnbifreið eða um 44.203 kr sem er nánast 50% af heildarkostnaði á ári á eldsneyti fyrir Prius plug-in.

12.3. Tvinnbifreiðir og rafbifreiðir

Hlutverk þessa undirkafla er að bera saman tvinnbifreið og rafbifreið. Áhugavert getur verið að skoða bifreið sem gengur eingöngu fyrir rafmagni samanborið við bifreið sem nýtir sér það best úr báðum vélunum. Fyrst ber ég saman Toyota Yaris tvinn útgáfuna og Nissan Leaf SL model en líkt og áður er tekið fram þá eru allar þrjár útgáfur Nissan Leaf með sömu tölur í þeim dálkum sem borið er saman.

Samanburður á Yaris Hybrid og Nissan Leaf			
	1,5 l bensín-hybrid e-CVT	Nissan Leaf SL Model	Mismunur
Hæsti hraði	165 km/klst	150 km/klst	15 km/klst
Vegalengd á hleðslu m.v. 100km/klst	1090,90 km	199 km	891,9 km
Kostnaður á hleðslu í krónum	8.847 kr.	324 kr.	8.523 kr.
Kostnaður á kílómetri í krónum	8,11 kr.	1,63 kr.	6,48 kr.
Tími frá 0-100	11,8 sek	11 sek	0,8 sek
Hestöfl	77 hö	107 hö	30 hö
Eldsneytiskostnaður á ári	121.647 kr.	24.422 kr.	97.225 kr.

Tafla 14: Samanburður á Toyota Yaris tvinnbifreið (Toyota Motor Europe, 2014b) og Nissan Leaf (Nissan, e.d.-b).

Það kemur ekki á óvart að tvinnbifreiðin kemst mun lengra á einum tanki en rafbifreiðin. Mismunurinn er þó mjög mikill. Kostnaðurinn við hvern tank er þó einnig með gífurlegum mismun en það munar heilum 8.500 kr en það er nánast jafn mikið og einn tankur af bensíni kostar fyrir tvinnbifreiðina. Ef miðað er við 15.000 km á ári (Félag Íslenskra Bifreiðaeigenda, 2014) líkt og gert hefur verið áður þá sést munurinn mun skýrar. Það munar heilum 97.225 kr í eldsneytiskostnað á ári. Sem er mun meira en helmingur kostnaðarinnar við eldsneyti tvinnbifreiðarinnar.

Toyota Yaris tvinnbifreiðin kostar 3.440.000 fyrir Active útgáfuna og 3.940.000 fyrir Style útgáfuna (Toyota Motor Europe, 2014b). Líkt og áður var tekið fram er ódýrasta útgáfa af Nissan Leaf 3.990.000 kr. Sú útgáfa Nissan Leaf er eins og áður var tekið fram einungis með færri aukahluti en hinar tegundirnar og kemur það niðurstöðum ekki við. Þar sem miðast þessir útreikningar við hinn almenna neytenda sem kaupir sér hluti ekki vegna aukahlutann heldur vegna sparnaðar möguleika sem slík bifreið gefur kost á.

Eins og áður var sagt þá er miðað við að rafhlaða rafbifreiða endist í fimm til átta ár og verða því útreikningar miðaðir við fimm og átta ár ásamt því að finna hversu mörg ár þarf fyrir rafbifreiðina að byrja að vera ódýrari valkost.

Mismunur á kaupverði ódýrustu útgáfa Toyota Yaris tvinnbifreiðarinnar og Nissan Leaf eru 550.000 kr. Þarf því rafbifreiðin að endast í 5.65 ár til þess að kostnaður slíkra bifreiða sé sá sami. Ef miðað er við fimm ár þá kostar rafbifreiðin 63.875 kr meira en sé miðað við átta ár

Samanburður á Prius Plug-in og Tesla 65 kWh			
	Toyota Prius Plug-in	Tesla S Model 65 kWh	Mismunur
Hæsti hraði	180 km/klst	193 km/klst	13 km/klst
Vegalengd á hleðslu m.v. 100km/klst	2142 km	370 km	1772 km
Kostnaður á hleðslu í krónum	11.059 kr.	876,59 kr.	10.182 kr.
Kostnaður á kílómetur í krónum	5,16 kr.	2,37 kr.	2,79 kr.
Tími frá 0-100	11,4 sek	5,9 sek	5,5 sek
Hestöfl	136 hö	302 hö	166 hö
Eldsneytiskostnaður á ári	77.444 kr.	35.537 kr.	41.907 kr.

Tafla 15: Samanburður á Toyota Prius Plug-in (Toyota Motor Europe, 2012) og Tesla S Model 65 kWh (Tesla Motors, e.d.-a).

Þó svo það sé lítil munur í hámarkshraða bifreiðinna tveggja hefur Tesla S Model 65 kWh 166 hestöfl á Toyota Prius Plug-in bifreiðina og er mun sneggri að ná frá 1-100 km/klst en það tekur Toyota Prius Plug-in nánast tvöfaldan tímann sem það tekur fyrir Tesla S Model 65 kWh bifreiðina. Auk þess kostar hver kílómetur fyrir Toyota Prius Plug-in tvöfalt meira en Tesla S Model 65 kWh en hinsvegar sigrar Toyota Prius Plug-in í drifni. Prius bifreiðin kemst 5,78 sinnum lengra á einum bensíntanki en Tesla bifreiðin kemst á einni hleðslu, sem er alveg þó nokkuð mikið. Eigandi Prius bifreiðarinnar þyrfti einungis að fylla á tankinn 7 sinnum yfir heilt ár miðað við að hann keyri 15000 km á ári (Félag Íslenskra bifreiðaeigenda, 2014) á meðan eigandi Tesla bifreiðarinnar þyrfti að fylla á bifreiðina 40,54 sinnum. Á meðan það myndi kosta eiganda Prius bifreiðarinnar um það bil 77413 kr á ári en eigandi Tesla bifreiðarinnar myndi einungis eyða um það bil 35.537 kr aukalega í rafmagn á ári. Eigandi Toyota Prius Plug-In væri þá að eyða 2,17 sinnum meira í eldsneyti á ári en eigandi Tesla S Model 65 kWh.

12.4. Rafbifreiðir

Þar sem meginpunktur ritgerðarinnar er að kanna hvort hagkvæmt sé fyrir Íslendinga að eiga og reka rafbíl má ekki sleppa því að bera saman mismunandi tegundir rafbifreiða til að skýra út hvor sé hagkvæmari kostnaðarlega séð.

Samanburður á Tesla 65 kWh og Nissan Leaf			
	Tesla S Model 65 kWh	Nissan Leaf SL Model	Mismunur
Hæsti hraði	193 km/klst	150 km/klst	43 km/klst
Vegalengd á hleðslu m.v. 100km/klst	370 km	199 km	171 km
Kostnaður á hleðslu í krónum	876,59 kr.	324 kr.	552,59 kr.
Kostnaður á kílómetri í krónum	2,37 kr.	1,63 kr.	0,74 sek
Tími frá 0-100	5,9 sek	11 sek	5,1 sek
Hestöfl	302 hö	107 hö	195 hö
Eldsneytiskostnaður á ári	35.537 kr.	24.422 kr.	11.115 kr.

Tafla 16: Samanburður á Nissan Leaf (Nissan, e.d.-b) og Tesla S Model 65 kWh (Tesla Motors, e.d.-a).

Tesla S Model 65 kWh og Nissan Leaf eru líklega tvær þekktustu rafknúnu bifreiðarnar. Þó svo að Tesla bifreiðin og Nissan Leaf bifreiðin eru ekki samskonar bifreiðir er samt áhugavert að sjá mismuninn á þeim. Tesla bifreiðin hefur yfirburði í öllu því sem tengist krafti. Tesla bifreiðin er nánast tvisvar sinnum sneggri en Nissan bifreiðin frá 0-100 km/klst hraða og hefur yfirburði í hestöflunum en munurinn þar er 195 hestöfl sem er nánast tvöfalt magnið í Nissan bifreiðinni. Kostnaðurinn við Nissan bifreiðina er þó minna en hver kílómetri er 0,74 kr ódýrari í Nissan en hjá Tesla. Ef miðað við að meðal akstur á ári er 15.000 km (Félag Íslenskra bifreiðaeigenda, 2014) þá kostar það 24.422 kr á ári að hlaða Nissan Leaf sama hvaða gerð það er. Samanborið við Tesla S Modelið 65 kWh þá er kostnaðurinn 35.537 kr á ári. Munurinn á þessum tveimur tegundum fyrir sama kílómetra fjölda á ári er þá 11.115 kr.

Kaupverð Tesla S model er mun hærri en kaupverð Nissan Leaf og er Nissan Leaf einnig ódýrari í rekstri. Tesla bifreiðin hefur alla yfirburði þegar litið er til hraða og kílómetra fjölda á hverri hleðslu en hleðslukostnaður Nissan Leaf á ári er mun minni en Tesla S Model. Það er því greinilegt að það er mun hagkvæmara að kaupa Nissan Leaf.

13.Niðurstaða

Aðgengi að olíu fyrir bensín- eða díselknúnar bifreiðar er mjög auðvelt fyrir hinn almenna borgara. Hinsvegar verður þó að líta til þess að hvernig olíufyrirtækin komast yfir olíuna sem seldar eru á bensínstöðvum landsins. Það er ljóst að borun eftir olíu er ekki hættulaus og getur eitt slys haft stórtæk áhrif á umhverfið eins og gerðist árið 2010 þegar „Deepwater Horizon“ borpalls slysið var (BP, e,d.).

Líkt og áður var sagt frá í ritgerðinni hefur bensínverð hækkað mikið á Íslandi og er verðið mjög flöktandi í verðbreytingum sínum. Slík hækkun hefur orðið til þess að framleiðendur bifreiða eru tilbúnari til þess að leggja tíma og pening í þróun á öðrum mögulegum orkugjöfum. Þróun á rafmagnstækjum hefur einnig verið töluverð á seinustu árum og kemur á hverju ári fullkomnari útgáfa af helstu raftækjum sem í boði eru. Þrátt fyrir þróun á slíkum vörum og aukning á rafmagnsnotkun á Íslandi þá hefur rafmagnsverðið haldið mun stöðugra en bensínverðið og lækksð meira. Það má því gefa sér það að framleiðslan á rafmagni hér á landi hefur aukist samhliða þróuninni.

Bifreiðar eru mun algengari í notkun og á sama tíma og verðið á rafmagni hefur lækkað í gegnum árin hefur olíunotkun Íslands hækkað mjög mikið. Eins og greint var áður frá hefur slík notkun vegna bifreiða hækkað um 175% frá árinu 1983

Rafmagnið fæst einungis í heimahúsum eða á hraðhleðslustöðvum. Slíkt aðgengi getur verið mjög gott fyrir rafbifreiðar en það kemur þó upp á móti að þær komast stutt á hverri hleðslu og hentar því vel að hlaða bifreiðina heima. Slíkur skortur á hleðslustöðvum fyrir rafbifreiðar hvetur þó eigendur þeirra til þess að nýta þá einungis í þessar styttri ferðir og fylgir ákveðin áhætta að hætta sér í lengri ferðir.

Rafmagnsbifreiðir komast mun styttra á einni hleðslu en bensínbifreiðir komast á fullum tanki af bensíni. Auk þess er hleðslutíminn mjög langur, á meðan tekur einungis örfáar mínútur fyrir bensínbifreið að fylla tankinn og keyra af stað. Þó svo að hraðhleðslustöðvar eru farnar að spretta upp sem gerir það að verkum að það tekur mun styttri tíma að hlaða rafmagnsbifreið sé notað slík hleðslustöð. Það tekur þó enn heil langan tíma og hentar það illa nema þegar staðsetningin á slíkum stöðvum er það góð að hægt er að gera annað

mikilvægt á meðan. Það gæti þó myndað biðröð séu margir að bíða eftir stöðinni vegna þess hve fáar þær eru og getur þá biðin orðin nánast sú sama og hlaða bifreiðina heima fyrir. Það er þó verið að vinna á fullu að því að finna upp rafhlöður sem taka stærri hleðslu og jafn mikið eða minna pláss. Slíkar rafhlöður eru það sem framtíð rafmagnsbifreiða veltur á.

Í ritgerðinni bar ég saman tvær tegundir af bifreiðum ásamt fleirum. Áhugaverðast kom út úr einum samanburðinum. Önnur bifreiðin í þeim samanburði var rafmagnsbifreið af gerðinni Nissan Leaf og hin bifreiðin var Toyota Yaris 1,33 l Dual VVT-i bensín 6 gíra beinskiptur. Ef miðað er við ódýrustu útgáfuna af hvorri tegundinni fyrir sig þá kostaði Nissan Leaf 1.040.000 kr meira en Toyota Yaris bifreiðin. Hinsvegar var eldsneytiskostnaðurinn mun minni við Nissan Leaf og miðað við útreikninga tók það Nissan Leaf bifreiðina sex ár og sjö mánuði til þess að koma út á sléttu.

Samkvæmt þessum upplýsingum má gera ráð fyrir að hinn almenni neytandi sem hefur tök á því að kaupa sér slíka bifreið geti sparað sér pening með því að kaupa sér Nissan Leaf fram yfir Toyota Yaris bifreiðina. Slíkt mun koma til með að hefta kaupandann með langferðir og verður hann að fara sparsamlega með keyrslu sína. Þess er mögulegt að Nissan Leaf bifreiðin henti betur sem auka bifreið notandans. Þá hefur hann Nissan Leaf bifreiðina til þess að skjótast allskyns styttri ferðir og þegar einstaklingurinn kemur til með að þurfa að keyra lengra gæti hann skipt yfir og notað hina bifreiðina. Á þennan hátt getur einstaklingurinn sparað sér pening og komist lengri vegalendir.

Þó svo að Toyota Yaris tvinnbifreiðin henti mun betur í langferðir en Nissan Leaf rafbifreiðin þá má þó ætlast til að bifreiðin sé notuð lengur en í fimm ár. Á þessum fimm árum er rafbifreiðin nánast búin að borga mismuninn en það vantar ennþá 63.875 kr upp á mismuninn og eftir um það bil sjö mánuði á sjötta árinu er bifreiðin búin að bæta upp mismuninn. Það tekur því um það bil fimm ár og sjö mánuði fyrir Nissan Leaf rafbifreið að spara 550.000 kr með lágu eldsneytisverði ef miðað er við eldsneytisnotkun og verð Toyota Yaris tvinnbifreiðarinnar.

Út frá þessu má ætla að rafbifreiðir séu líklegur möguleiki fyrir Íslendinga að nýta sem hagkvæmann kost þegar borið er bæði saman við sambærilegar olíuknúnar bifreiðir og tvinnbifreiðir. Á meðan rafmagn á Íslandi er jafn ódýrt og það er þá telur höfundur að Íslendingar eigi eftir að taka upp rafbifreiðir í meira magni þegar kostir þeirra fara að skýrast fyrir almenningi ásamt því að framboð á notuðum rafbifreiðum eykst. Taka verður þó tillit til þess að eftir fimm eða áttá ár þarf eigandi bifreiðarinnar að skipta út rafhlöðu bifreiðarinnar og getur það verið dýrt og minnkað þann sparnað sem hægt væri að fá vegna bifreiðarinnar. Það gæti orðið til þess að aðeins séu rafbifreiðir keyptar nýjar og til langs tíma þar sem langs tíma notkun á bifreiðinni getur bætt upp þennan auka kostnað sem er ný rafhlaða.

14.Lokaorð

Áhugavert er að skoða hvað er mögulegt með rafvæðingu Íslands en þó vekur það einnig athygli höfundar skyldi Ísland grípa í aðra möguleika líkt og metan eða vetni sem voru kynnt í ritgerð þessari. Rafmagnið sem framleitt væri á Íslandi gæti þá verið flutt til annarra landa og íslenskur efnahagur gæti hagnast á slíkan hátt. Sérstaklega vekur þetta athygli þar sem Ísland hefur mun betri aðstæður til framleiðslu á rafmagni en önnur lönd líkt og Bandaríkin þar sem stærstur hluti rafmagnsins kemur frá kolum. Slíkt rafmagn mun gera nýtingu rafbifreiða í þeim löndum jafn mengandi og væri notað olíu og eru engir auka kostir við að nota rafmagnsbifreiðir í þeim löndum. Sérstaklega ekki þegar ástand rafmagnsbifreiða er slíkt að þær eru einungis hæfar í styttri ferðir.

Höfundur vonar þó að rafmagnsbifreiðir eigi framtíð fyrir sér og að framleiðsla á rafmagni og aðgengi annarra þjóða muni aukast. Sé aðgengi að svokölluðu hreinu rafmagni erfið líkt og það er í dag þá er mögulegt að þær þjóðir sem hafa betra aðgengi að metan, vetni eða öðrum orkugjöfum muni ganga í að nýta sér það sem eldsneyti. Því veltur framtíð rafmagnsbifreiðarinnar í raun og veru á getu heimsins til að framleiða nóg af rafmagni við aðferðir sem menga ekki frá sér líkt og vatnsvirkjanir Íslands.

Heimildaskrá

BMW AG (2014). BMW M3 M4 Catalogue [bæklingur]. Munich: BMW AG

BP. (e.d.). Deepwater Horizon accident and response. Sótt þann 14. september 2014 af :
<http://www.bp.com/en/global/corporate/gulf-of-mexico-restoration/deepwater-horizon-accident-and-response.html>

Even rafbílar (e.d.-a). *Leaf Evrópuútgáfa*. Sótt af <http://www.even.is/#!leaf/cr0s>

Even rafbílar (e.d.-b). Tesla Model S. Sótt af
http://media.wix.com/ugd/7a854c_6a4404d3187546ba900cb52ed74bfa30.pdf

Hagstofa Íslands. (e.d.-a). Afl og orkuvinnsla almenningsrafstöðva 1976-2012. Sótt þann 14. september 2014 af : <http://www.hagstofa.is/Hagtolar/Idnadur-og-orkumal/Orkumal>

Hagstofa Íslands. (e.d.-b). Olíunotkun 1983-2012. Sótt þann 16. september af :
<http://www.hagstofa.is/Hagtolar/Idnadur-og-orkumal/Orkumal>

Hagstofa Íslands. (e.d.-c). Útsöluverð nokkurra vörutegunda og þjónustuliða 1980-2013. Sótt 10. september 2014 af: <http://hagstofa.is/Hagtolar/Verdlag-og-neysla/Neysla-og-verdymissa-vorutegund>

Hagstofa Íslands. (e.d.-d). Vísitala neysliverðs frá 1939. Sótt 14. september 2014 af:
<http://hagstofa.is/Hagtolar/Verdlag-og-neysla/Visitala-neysliverds>

Hekla. (e.d.) Verðlistar. Sótt þann 16. september af :
http://www.hekla.is/static/files/efni/verdlistar/skoda_verdl.pdf

Hybrid Cars (2011). History of Hybrid Vehicles. Sótt af <http://www.hybridcars.com/history-of-hybrid-vehicles/>

Islandus bílar (e.d.). Rafbílar. Rafmagnsbílar á mun lægra verði. Sótt þann 16. september 2014 af: <http://islandus.is/rafbilar/>

Íslensk NýOrka (e.d.). Vetnisstöðvar Íslenskrar NýOrku. Sótt af <http://www.newenergy.is/is/orkugjafar/vetni/vetnisstodvar/>

Metan (e.d.). Metan eldsneyti. Sótt af <http://www.metan.is/Metan-eldsneyti/>

Nissan (e.d.-b). 2015 Nissan Leaf® Electric Car Specs. Sótt af <http://www.nissanusa.com/electric-cars/leaf/versions-specs/>.

NPR (2011). Timeline: The 100-Year History Of The Electric Car. Sótt af <http://www.npr.org/2011/11/21/142365346/timeline-the-100-year-history-of-the-electric-car>

Olíuverzlun Íslands (e.d.) Þjónustustöðvar. Sótt af <http://www.olis.is/solustadir/thjonustustodvar>

Orkan (e.d.) Orkustöðvar. Sótt af <http://www.orkan.is/Orkustodvar>

Orka Náttúrunnar. (e.d.) *Hraðhleðsla*. Sótt þann 10. september 2014 af: <http://www.on.is/hradhleðsla>

Samgöngustofa (e.d.) *Orkugjafar*. Sótt þann 15. september 2014 af <http://ww2.us.is/node/1124>

Smithsonian (2001). Early Cars : Fact Sheet for Children. Sótt af http://www.si.edu/Encyclopedia_SI/nmah/earlycars.htm

Tesla Motors (e.d.) *All Our Patent Are Belong To You*. Sótt þann 16. september 2014 af <http://www.teslamotors.com/blog/all-our-patent-are-belong-you>

Toyota Motors Europe (2013). Auris [bæklingur]. Reykjavík: Toyota Motors Europe.

Toyota Motor Europe (2012). Prius. [bæklingur]. Reykjavík: Toyota Motor Europe.

Toyota Motor Europe (2014a). *Verðlisti* [bæklingur]. Reykjavík: Toyota Motor Europe.

Toyota Motor Europe (2014b). Yaris [bæklingur]. Reykjavík: Toyota Motor Europe.

U.S. Department of Energy (2014a). All-Electric Vehicles (EVs). Sótt af <http://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml>

U.S. Department of Energy (e.d.-b). Batteries for Hybrid and Plug-In Electric Vehicles. Sótt af http://www.afdc.energy.gov/vehicles/electric_batteries.html

U.S. Department of Energy. (e.d.-c). How Hybrid Work. Sótt af <http://www.fueleconomy.gov/feg/hybridtech.shtml>

U.S. Department of Energy (e.d.-d). Hydrogen. Sótt af <http://www.fueleconomy.gov/feg/hydrogen.shtml>

U.S. Energy Information Administration (2014). What is U.S. electricity generation by energy source?. Sótt af <http://www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=427&t=3>

Vegagerðin (e.d.) Tafla yfir ýmsar leiðir. Sótt af <http://www.vegagerdin.is/vegakerfid/vegalengdir/tafla-yfir-ymsar-leidir/>