

2010

Rannsóknir og gagnasöfnun á eldsneytis-  
nýtingu mismunandi visthæfs eldsneytis  
*Lokaskýrsla til Orkusjóðs*



Íslensk NýOrka

María Hildur Maack

Nóvember 2010



Hér verður gerð grein fyrir verkefni sem Orkusjóður styrkti um samanburð á gögnum um notkun nýttækibíla árin 2008 – 2010. Að visu dróst verkefnið nokkuð en það hefur áður verið skýrt fyrir Orkusjóði. Mikilvægast þó er að verkefnið safnaði mun ítarlegri gögnum en upphaflega var gert ráð fyrir. Verkefnið er einn þáttur í stuðningsrannsóknnum við tilraunaakstur sem Íslensk NýOrka hefur staðið fyrir og er enn verið að afla gagna um úthald og nýtni nýttækibíla, einkum þeirra sem nýta rafdreifikerfið sem orkumiðil. Áhersla er lögð á að safna gögnum á meðan ný farartæki eru í tilraunaakstri, til að fá fram fyrstu rauntölur um nýtni þeirra og viðmót bílstjóra sem og reynslu þeirra af notkun slíkra bíla. Greinargerðin sem hér fer á eftir er úrvinnsla og samanburður á metan- og vetnisbílum við bensín – og dísilbíla sem eru í notkun hjá fyrirtækjum sem reka bílaflota.

## Efnisyfirlit

Helstu kennitölur og upplýsingar.....	4
Markmið.....	4
Afmörkun verkefnis .....	4
Gögn.....	4
Aðferð .....	5
Niðurstöður.....	6
Umræða .....	8
Eftirmáli. ....	9



## Helstu kennitölur og upplýsingar

Verkefni var unnið sem hluti af námi til M.Sc. gráðu í umhverfis- og auðlindafræði við umhverfis- og byggingarverkfræðideild Háskóla Íslands.

Nemandi : **Elísabet Björney Lárusdóttir**

Safnað var gögnum um notkun bifreiða sem nota mismunandi eldsneyti (bensín, dísil, metan, vetni) hjá Landsvirkjun, Ístak, Orkuveitu Reykjavíkur og Póstinum á árunum 2009-2010 en sökum mismunandi vandaðrar skráningar ökumanna voru sum þessara gagna ekki nothæf.

Umsjónarmaður: Guðmundur Freyr Úlfarsson

Verkefnið var kynnt á R-Von (Engineering and Natural Sciences Research Symposium, 2010) við Háskóla Íslands. Það mun verða aðgengilegt í Þjóðarbókhöfðunni og birt á vef Skemmannar, [www.skemman.is](http://www.skemman.is) undir nafni nemanda.

## Markmið

Í rannsókninni voru skoðuð áhrif ýmissa þátta á orkunotkun bifreiða, svo sem aksturslag, tæknilegir eiginleikar og mismunandi eldsneyti. Markmið rannsóknarinnar var að fá yfirlit um nýtni í samhengi við notkunarmynstur út frá mældum stærðum fremur en upplýsingum bílaframleiðenda. Þess er vænst að hægt verði að setja fram tillögur til að draga úr útblæstri frá bifreiðum á Íslandi. Bílaflotinn var valinn með tilliti til þess að ný tækni er að koma fram sem getur notað íslenska orku og almenningur ber miklar væntingar til að geta nýtt í framtíðinni. En á sama tíma standa vonir til þess að þessi tækni standist samanburð og sýni sömu þægindi og bensín og dísilbílar.

## Afmörkun verkefnis

Í rannsókninni var ekki tekið tillit til áhrifa frá hitastigi, veðurfari og færð, þrýstingi í dekkjum, notkunar miðstöðvar í bílum, forhitunar vélarinnar á köldum dögum, geymslu bílsins innandyra, ástandi vegna og hvort ekið er á malar- eða malbikuðum vegum. Þessum áhrifavöldum er sleppt vegna erfiðleika og kostnaðar við að safna þeim. Talið er að það valdi ekki skekkju í greiningu breytanna þannig að halli frekar á eina en aðra gerð bíla sem eru í athugun þó það dragi úr heildarspágetu líkansins.

## Gögn

Gögn fengust úr SAGAsystem™ ökuritum og frá eldsneytiskortum. Safnað var upplýsingum um aksturslag (hraði, hröðun, beygjur, bremsun, begalengd, kyrrstöðu) og magn og tegund eldsneytis sem og tíma (dagsetning, klst, mín.). Tímabil gagnasöfnunar stóð frá september 2009 – mars 2010 og eru bílarnir þá í notkun við sambærilegar aðstæður á höfuðborgarsvæðinu. Nothæf gögn fengust frá 47 bifreiðum sem leiddu til 670 athuganna. Bílarnir voru ýmist fyrirtækjabílar frá

Póstinum (metan), Ístak (bensín og dísil) og Landsvirkjun (vetni) og svo frá einkaaðilum (bensín/rafmagn Prius).

Tegundir bifreiða voru:

- Bensínbílar (20 bílar, 31,23% gagna)
- Dísilbílar (14 bílar og 14,96% gagna)
- Tvíorku-metan-bensín bílar (9 bílar en 48,39% gagna)
- Tvíorku-vetnis-rafmagns bílar (Príus, breyttur til að brenna vetni í brunahólfsvél); einungis fyllt á með vetni (2 bílar, 4,55% gagna)
- Tvíorku–bensín-rafmagn bílar (Príus, af hefðbundinni gerð; einungis fyllt á með bensíni (2 bílar)

## Aðferð

Lýkilbreyta er orkunotkunin. Orkunotkun er rannsökuð með því að:

- mæla magn eldsneytis sem fyllt er á bifreiðina
- nota ökuritann til að mæla vegalengdina, sem bifreiðin fór milli áfyllinga
- taka tillit til þátta sem koma að aksturslagi
- taka tillit til eiginleika bifreiðanna (þungi, afl o.s.frv.)

Til að ná tölfræðilegri marktækni var amk. 10 áfyllingum safnað fyrir hverja bifreið og orkugerð. Eftir að gagnasöfnun lauk voru gögnin úr ökuritanum, frá eldsneytiskortum og áfyllingareyðublöðum ásamt upplýsingum úr ökutækjaskrá hvernar bifreiðar sameinaðar í tölfræðilega greiningu.

Notuð var línuleg aðhvarfsgreining til að vinna úr gögnunum og finna samhengi í breytum. Notað var leiðrétt  $R^2$ , sem mælir hve mörg prósent af dreifni háðu breytunnar er lýst með líkaninu fyrir hverja samanburðarbreytu. Notaðar voru ýmsar leiðir til að prófa óháðu breytunnar og sjá hvort einhverskonar ólínuleg sambönd komi fram á milli þeirra og háðu breytunnar. Þetta var gert með því að:

- búa til flokkabreytur (byggðar á meðaltali og staðalfrávik, jafnri hlutfallsdreifingu)
- búa til lógaritmiska umbreytingu á gögnunum
- búa til annars stigs margliðu

Allar útgáfur á breytunum voru prófaðar í líkönunum og besta sambandið (Goodness of fit) varð fyrir valinu hverju sinni.

## Niðurstöður

Lokalíkanið sem hér er kynnt inniheldur einungis þær breytur sem eru tölfræðilega marktækar, þ.e. frábrugðnar núlli með 95% áreiðanleika og sýnir líkanið lokaniðurstöður rannsóknarinnar.

Tafla 1 Orkunotkun með tilliti til vegalengdar

Háða breytan – orkunotkun (kWh)	Metni stuðullinn	Std.Err.	t-stat
Fasti	543.06	10.16	53.33
<i>Óháðu breyturnar</i>			
Fjarlægð á milli áfyllinga (km)	0.08	0.01	6.46

Við túlkun niðurstöðu þarf að líta á metna stuðullinn og formerkið fyrir framan hann. Í töflu 1 má sjá að óháða breytan er fjarlægð á milli áfyllinga; metni stuðullinn er +0,08 kWh/km. Þetta þýðir að eftir því sem bíllinn ferðast lengra þeim mun meiri orku notar hann. Þetta er grunnsamband sem gott er að sýna svart á hvítu til að tryggja að náí að túlka gögnin rétt og að líkanið virki á viðeigandi hátt.

Tafla 2 Orkunotkun með tilliti til vélarstærðar

Háða breytan - orkunotkun (kWh)	Metni stuðullinn	Std.Err.	t-stat
Vélarafli 77.34 - 89.67 kW	58.12	13.18	4.43

Í töflu 2 er borið saman fylgni vélarafli og áhrif þess á orkunotkunina. Hér er stærri vélarafli flokkurinn borinn saman við þann léttari og má sjá að hann er +58,12 kWh sem þýðir að stærð vélar hefur áhrif á orkunotkunina. Þetta þýðir þá að þegar öllum öðrum þáttum er haldið stöðugum þá var bifreiðaflokkurinn með mesta vélaraflið (77,34 – 89,67 kW) að eyða að meðaltali meira en hinar bifreiðarnar, eða sem samsvarar 58,12 kWh/áfyllingatímabil.

Tafla 3 Orkunotkun með tilliti til eldsneytisgerðar

Háða breytan - orkunotkun (kWh)	Metni stuðullinn	Std.Err.	t-stat
Volkswagen Caddy Metan	-426.67	19.84	-21.50
Toyota Prius Vetni	-494.12	17.21	-28.71
Toyota Prius Bensín	-139.34	35.20	-3.96
Renault Cango Bensín	-247.97	14.79	-16.77
Ford Focus Bensín	-289.29	76.67	-3.77
Skoda Fabia Bensín	-203.05	25.10	-8.10



Tafla 3 sýnir samband orkunotkunar og eldsneytisgerða sem voru í þessari rannsókn. Hér er á samanburðurinn gerður við Volkswagen Golf Bensín. Niðurstöður þessa hluta líkansins byggja á samanburði við þann bíl og eldsneytisgerð. Þegar metnu stuðlarnir eru skoðaðir þá má sjá að vetni og metan voru með lægstu orkunotkun þegar öllum öðrum þáttum var haldið stöðugum. Neikævnða formerkið þýðir að þeir hafa allir minni orkunotkun en Volkswagen golf Bensín (eyða minni orku).

Tafla 4 Okunotkun með tilliti til aksturslags

Háða breytan - orkunotkun (kWh)	Metni stuðullinn	Std.Err.	t-stat
Alvarleg bremsutilvik Toyota Prius Vetni og Bensín	-20.03	6.77	-2.96
Alvarleg bremsutilvik Caddy Dísil	-1.02	.367	-2.77
Alvarleg bremsutilvik Caddy Bensín	-3.07	.4268	-7.18

Athygli vakti hve mikil áhrif eru af hemlun, þar sem sumar bifreiðir endurheimta orku með hemlun (Prius) því minnkar orkunotkun við það í sumum tilfellum. Ekki er ljóst afhverju Caddy Bensín og Caddy Dísil sýna fram á minni orkunotkun þegar alvarleg bremsun á sér stað í samanburði við samanburðarbreytuna (Volkswagen Golf Bensín).

Tafla 5 Orkunotkun og skörp hröðun

Háða breytan - orkunotkun (kWh)	Metni stuðullinn	Std.Err.	t-stat
Ln (alvarleg hröðunartilvik Caddy Metan)	14.07	4.35	3.23
Ln (alvarleg hröðunartilvik Ford Focus Bensín)	37.86	14.87	2.55
Ln (alvarleg hröðunartilvik Volkswagen Golf Bensín)	-12.39	2.55	-4.87

Mikil hröðun hefur aukin áhrif á orkunotkunina (sjá töflu 5), sérstaklega fyrir Caddy Metan og Ford Focus Bensín, í samanburði við alla hinar bíltegundirnar. Reyndar mælast öfug áhrif fyrir Volkswagen Golf Bensín sem vekur furðu. Má telja líkleg að skýringin sé samspil breytunnar við áhrif bíltegunda, sérstaklega þar sem Golf var notuð sem samanburðarbreyta.

Tafla 6 Orkunotkun og meðalhraði

Háða breytan - orkunotkun (kWh)	Metni stuðullinn	Std.Err.	t-stat
Meðalhraði 41.2 - 47.4 km/h	27.53	7.00	3.94

Meðalhraði milli 41 – 47,5 km/klst. eykur orkunotkun (innanbæjarakstur, mikið um hröðun) í samanburði við hina hraðaflokkana (sjá töflu 6)

- Hærrí meðalhraði getur bent til langrar vegalengdar sem farin er án mikillar hröðunnar.
- Lágur meðalhraði bendir til fárra skarpra hröðunartilvika og þess vegna betri orkunotkunnar.

Tafla 7 Orkunotkun og mörg stöpp

Háða breytan - orkunotkun (kWh)	Metni stuðullinn	Std.Err.	t-stat
Stoptími (mínútur)	14.63	3.10	4.71

Bíll sem er í gangi, en kyrrstæður, hefur aukin áhrif á orkunotkunina. Þannig kemur glögglega fram að meðalorkunotkun á vegalengd hækkar stöpp eru mörg og vélin er í gangi. Orkubrennsla á sér stað án þess að bætist við farna vegalengd. Hér er þó átt við styttri stöpp. Lausagangur í lengri tíma er umfjöllunarefni töflu 8.

Tafla 8 Orkunotkun og lausagangur

Háða breytan - orkunotkun (kWh)	Metni stuðullinn	Std.Err.	t-stat
Lausagangur >89	17.50	6.62	2.64

Lausagangur var skilgreindur út frá kyrrstæðum bíl með vélina í gangi í meiri en 200 sekúndur. Stærsti flokkurinn inniheldur 73 eða fleiri þannig tilvik sem eiga sér stað innan áfyllingartímabilsins. Þessi flokkur hefur aukin áhrif á orkunotkun, umfram áhrif kyrrstöðutíma.

## Umræða

Niðurstöður sýna að hröðun hefur tölfraðilega marktæk áhrif á orkunotkun bifreiðar. Draga má úr orkunotkun með því að auka hraða rólega og halda almennt sem jöfnustum hraða. Vetni og metan komu best út í eldsneytissamanburði þegar öllum öðrum þáttum var haldið stöðugum. Toyota Prius tvinnbifreiðarnar endurheimta orku



við hemlun og aukin hemlun veldur martækt minni orkunotkun hjá þessum ökutækjum.

Þegar verið er að ræða um nýtni bifreiða almennt í samfélaginu þá er oftast vísað í hversu marga lítra bíllinn eyðir á hverja 100 km sem hann keyrir. Þetta nota bílaframleiðendur einnig og eru bílarnir flokkaðir þannig. Hins vegar sýnir þessi rannsókn fram á að það eru aðrir þættir sem einnig hafa áhrif á orkunotkun í bílnum, eins og val á eldsneyti og aksturslag. Taka ætti tillit til þessa þegar verið er að huga að samdrætti í olúinnflutningi landsins, ot til dæmis að kenna og þjálfa vistakstur víðar en gert er í dag. Hægt væri að gera vistakstur að hluta námsefnis ökuskólanna. Þótt skipt sé um orku á farartækjum þarf samt sem áður að reikna með að ýmsar breytur hafi áhrif auk eldsneytisgerðar og jafnframt að munur er á uppgefnum eyðslutölum framleiðanda og síðan raunverulegri eyðslu í daglegri notkun.

### Eftirmáli.

Þar sem verkefnið sem hér er fjallað um var sett upp í samhengi við fjölmargar aðrar rannsóknir er hér með gefin yfirsýn umstöðu þeirra og hvar þessi hluti stemmir við heildarrannsóknirnar. Stefnt er að því að taka saman eina lokaskýrslu þar sem allar niðurstöður og umfjöllun verður tekin saman og birt á ensku. Orkusjóður mun að sjálfsögðu fá eintak af þeirri skýrslu frá Íslenskri NýOrku svo hafa megi hliðsjón af öllum rannsóknum sem tekist hefur verið á hendur í tengslum við tilraunaakstur á vegum fyrirtækisins frá 2001.

Í umsókn til orkusjóðs var sett fram tafla með rannsóknum í 21 hluta og fer sú tafla hér á eftir í breyttu formi. Litakóðinn segir nokkuð til um í hvar hvert verkefni stendur nú. Verkefnunum er skipt upp í 3 megin svið, félagslegar, tæknilegar og umhverfisrannsóknir. Fölbleiki liturinn sem hlylur flestar línur í töflu 9 merkir að rannsókn er í fullum gangi og verkefnið í höndum rannsóknamanna sem eru til greindir. Flestir eru stúdentar Háskóla Íslands ýmist við, landfræðisvið, umhverfis- og auðlindadeild eða verkfræðideild.

Verkefnið fór af stað með því að kvaddir voru til 40 einstaklingar víða að úr samfélaginu sem fást við orku-, umhverfis, og samfélagsmál og rædd voru hugmyndir um framtíðarskipan eldsneytismála fyrir farartæki á Íslandi með tilliti til strangari reglna um útblástur. Afraksturinn varð framtíðarsýn en jafnframt óskir um rannsóknir er snerta tækni, nýtni, framboð á hráefni og orku sem og viðhorfi almennings. Út frá þessum niðurstöðum voru rannsóknaverkefnin skilgreind og hafa nú fengist svör við þeim öllum, nema tveimur sem hafa frestast af óviðráðanlegum orsökum, en mun verða lokið á árinu 2011. Gerð verður grein fyrir þeim öllum í lokaskýrslunni eins og áður sagði.

Tafla 9 Listi yfir rannsóknir og stöðu þeirra.

	periods	jan.08	apr	júl	okt	jan09	apr	júl	okt	jan10	apr	júl	okt	
prep	Issue	mars	júní	sept	des 08	mars	júní	sept	des 09	mars	júní	sept	des.10	
1	Research management	María Maack: outlining student projects, applying for funding, tutoring, reporting, follow up.												
2	Workshop	Hí, Brynh Davíðs, María Maack og stúdentar HyFleetCute										Socio		
3	Oil economy	[Activity bar spanning from Jan 09 to Oct 09]												
4	Interviews	Helga Ögmundar HFleetCute		[Activity bar spanning from Jan 09 to Oct 09]										
5	Tourism surveys	[Activity bar spanning from Jan 09 to Oct 09]												
6	Other INE projects	María Maack , NEEDS, Úthrif,										Enviro		
7	Future scenarios	Outline of more research projects												
8	Bio-fuel options	Beth Unger, MA Local choices of biofuels												
9	WW	Rósa Guðmundsdóttir; MSc Future Pathw ays of hydrogen												
10	Gagna-söfnun	NýOrka og samstarfsaðlar (OR, LV, Póstur ofl)										Techno / infrastr		
11	Electr. Distributio	Lilja Guðmundsdottir (NAHA)										[Activity bar spanning from Jan 10 to Oct 10]		
12	Future technotrends	Maria Maack (NEEDS)												
13	Data check	[Activity bar spanning from Jan 10 to Oct 10]												
14	Process Battery loading	[Activity bar spanning from Jan 10 to Oct 10]												
15		Application Rannís 09 Hydrogen and recharging stations												

Að lokum sýnir tafla 10 lauslegt fyrirlit af doktorsverkefni því sem nú er unnið að og nýtir að hluta niðurstöður og aðferðir þær sem komist hafa á innan rannsóknaverkefna NýOrku. Titill verkefnisins er: Heildaráhrif þess á íslenska samfélagið að nota rafmagn í stað olíu til samgangna. ( Total impact assessment of electrifying the Icelandic transport; an approach based on the fice capitals' framework) sem hlaut 3 ára rannsóknastyrk frá RANNÍS árið 2010.

Tafla 10 Yfirlit doktorsverkefnis

			Applications, organization, tutoring, research introduction			
PhD20	MHM PhD organization					
PhD 21	Courses		HÍ	HÍ	Stockh	
PhD 22	Peer review articles		Natural Capital	Social/human capital	techno	Economic impact
16	Reports, recommend.		Grein	Úr 8 og 9		
17	Expert tutoring	Robert Costanza Brynhildur Davíðsdóttir, ofl				
18	Dissemination	In english: <a href="http://www.newenergy.is">www.newenergy.is</a>	Náttúrufræðingurinn	SIEE		