

Orkuskipti í framkvæmdum





Orkuskipti í framkvæmdum

Höfundar
Mannvit

Dagsetning
Nóvember 2021

Lykilsíða

Skýrsla LV nr	LV-2021-044	Dagsetning	Nóvember 2021
Fjöldi Síðna	31	Upplag	1
Dreifing	<input type="checkbox"/> Birt á vef LV	<input checked="" type="checkbox"/> Opin	<input type="checkbox"/> Takmörkuð til [Dags.]
Titill	Orkuskipti í framkvæmdum		
Höfundar/fyrirtæki	Mannvit		
Verkefnisstjóri	Jóhanna Hlín Auðunsdóttir		
Unnið fyrir	Landsvirkjun		
Samvinnuaðilar			
Útdráttur	<p>Í skýrslunni er fjallað um orkuskipti og leiðir til að lágmarka notkun jarðefnaeldsneytis í framkvæmdaverkefnum sem hluta af aðgerðum til að ná kolefnishlutleysi árið 2025. Farið er yfir þá endurnýjanlegu orkugjafa sem í boði eru og helstu kostir og gallar þeirra greindir. Einnig eru markaðir ökutækja og véla greindir með tilliti til endurnýjanlegra orkugjafa og framtíðarhorfur til ársins 2030 skoðaðar. Loks er farið yfir hvernig útfæra megi kröfur sem Landsvirkjun gerir til verktaka til að stuðla enn frekar að orkuskiptum og minni losun gróðurhúsalofttegunda vegna bruna jarðefnaeldsneytis í framkvæmdaverkefnum.</p>		
Lykilorð	Orkuskipti, framkvæmdir, ökutæki, vinnuvélar, orkugjafar, eldsneyti, endurnýjanleg orka		

Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar



MANNVIT



ORKUSKIPTI Í FRAMKVÆMDUM

LANDSVIRKJUN

SKÝRSLA

SKJALANÚMÉR: 2110187-000-MRP-0001						
NÚGILDANDI ÚTGÁFA: 2.0						
2.0	29.10.2021	Yfirfarið af LV	SPS	ÞH	N/A	N/A
1.0	22.09.2021	Drög	SPS	ÞH	N/A	N/A
ÚTGÁFA	DAGS. ÚTG	ÚTGÁFUSTAÐA	HÖFUNDUR	RÝNIR	SAMÞYKKT	VERKKAUPI

Efnisyfirlit

1. Inngangur	1
1.1 Markmið og bakgrunnur.....	1
1.2 Kröfur Landsvirkjunar til verktaka	1
1.3 Viðmiðunarverk	2
2. Endurnýjanlegir orkugjafar fyrir ökutæki	4
2.1 Rafmagn.....	4
2.2 Vetni (H ₂)	5
2.3 Metan (CH ₄)	7
2.4 Aðrir endurnýjanlegir orkugjafar	8
2.5 Umhverfislegur ávinningur	9
3. Markaðir ökutækja	11
3.1 Rafmagn.....	11
3.2 Vetni	16
3.3 Metan	17
3.4 Aðrir endurnýjanlegir orkugjafar	18
3.5 Samanburður kostnaðar	18
4. Innviðir	20
4.1 Rafmagn.....	20
4.2 Vetni	21
4.3 Metan	23
4.4 Lífdísill	23
5. Niðurstöður og tillögur.....	24
5.1 Samantekt.....	24
5.2 Tillögur að kröfum til verktaka	26

1. Inngangur

1.1 Markmið og bakgrunnur

Hjá Landsvirkjun hefur markið verið sett á kolefnishlutleysi árið 2025 – þá verði binding kolefnis a.m.k. jafn mikil og losun þess hjá fyrirtækinu. Orkuskipti og lágmörkun í notkun jarðefnaeldsneytis í framkvæmdaverkum eru hluti af aðgerðaáætlun til að styðja við þetta markmið.

Jarðefnaeldsneyti er helst notað í framkvæmdaverkum til að knýja¹:

- Vinnuvélar og tæki til að sinna framkvæmdum (rafstöðvar, jarðborar, gröfur, búkollur, staðbundnar vélar o.fl.)
- Bifreiðar starfsmanna
- Flutningabifreiðar fyrir efni og búnað (flutningar á byggingarefnum, vélbúnaði o.fl. á verkstað)

Ýmis tækifæri eru til að draga úr notkun á jarðefnaeldsneyti fyrir alla þessa þætti og skipta í staðinn yfir í endurnýjanlega orkugjafa.

Hér á eftir er farið yfir þá endurnýjanlegu orkugjafa sem standa til boða. Greindir eru helstu kostir og gallar við hvern orkugjafa, metinn er umhverfislegur ávinningur, athugað er hvernig framboði og verði er háttað og skoðað er hvaða innviðir eru nauðsynlegir til að nýta hvern orkugjafa.

Markaðir ökutækja og véla eru greindir með tilliti til endurnýjanlegra orkugjafa og framtíðarhorfur til 2025 og 2030 eru skoðaðar.

Loks er farið yfir kröfur sem Landsvirkjun gerir til verktaka². Metið er hvernig megi útfæra slíkar kröfur nánar til að stuðla enn frekar að orkuskiptum og minnkun í notkun jarðefnaeldsneytis í framkvæmdaverkum. Þá er bæði horft til almennra krafna en einnig hvaða sértæku kröfur væri hægt að útfæra í útboðsverkum. Sérstaklega er hugað að því hvernig megi beita kröfunum og sjá til að þeim sé framfylgt, t.d. með umbunakerfi.

1.2 Kröfur Landsvirkjunar til verktaka

Landsvirkjun gerir í dag ýmsar kröfur til verktaka og þjónustuaðila varðandi umhverfismál. Helstu kröfur sem snúa að notkun eldsneytis og orku eru eftirfarandi samkvæmt skjali númer LEI-0237:

- Verktaki skal draga eins og kostur er úr notkun jarðefnaeldsneytis og leggja fram áætlun þar um áður en verk hefst.
- Verktaki skal skila yfirliti yfir raunnotkun jarðefnaeldsneytis til Landsvirkjunar.
- Allar staðbundnar vélar, sbr. jarðborar og grjótmulningstæki, skal keyra á rafmagni eða öðru vistvænu eldsneyti nema um annað sé samið.
- Ekki skal skilja ökutæki og vinnuvélar eftir í lausagangi.
- Tryggja skal ábyrga nýtingu endurnýjanlegra orkuauðlinda, svo sem rafmagns og heits vatns, og koma í veg fyrir sóun.
- Halda skal skrá yfir notkun á rafmagni í viðkomandi verkefni og skila til Landsvirkjunar.
- Velja skal vistvænt ökutæki og vinnutæki eins og kostur er.

¹ Efla (2021). Loftslagsleiðarvísir fyrir hönnun og framkvæmdir

² Þegar vísað er til verktaka í texta er almennt einnig átt við þjónustuaðila

1.3 Viðmiðunarverk

Til viðmiðunar eru sett upp eftirfarandi tvö tilbúin dæmi um verk á vegum Landsvirkjunar, annað fyrir stærri framkvæmd nokkuð fjarri höfuðborginni og hitt fyrir minni framkvæmd nær höfuðborginni.

Verk A: Stór framkvæmd, t.d. 50-100 MW vatnsaflsvirkjun, 150 km frá höfuðborgarsvæðinu og 30 km frá næstu aðveitustöð.

Verk B: Minni framkvæmd, t.d. 5 MW vatnsaflsvirkjun, 30 km frá höfuðborgarsvæðinu og 2 km frá næstu aðveitustöð.

Reiknað er með tækjafjölda og eldsneytisnotkun (miðað við að öll tæki noti bensín eða dísilolíu) yfir dæmigerðan vinnudag á háannatíma framkvæmda samkvæmt töflu 1. Um grófa áætlun er að ræða samkvæmt tækjalista úr sambærilegu verki og gögnum um meðaleldsneytisnotkun vinnuvéla³.

Tafla 1: Viðmiðunardæmi um framkvæmdaverk

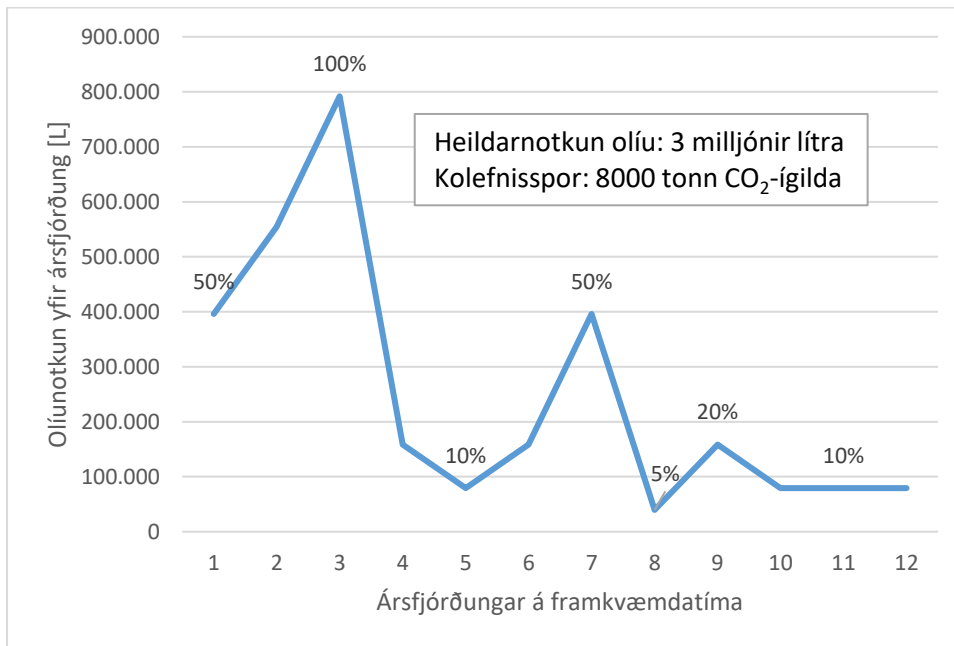
Tæki	Meðalnotkun	Verk A		Verk B	
		Fjöldi	Heildarnotkun	Fjöldi	Heildarnotkun
Búkolla	160 L/dag	10	1600 L/dag	4	640 L/dag
Beltagrafa	240 L/dag	16	3840 L/dag	5	1200 L/dag
Jarðýta	260 L/dag	6	1560 L/dag	2	520 L/dag
Hjólaskófla	120 L/dag	2	240 L/dag	1	120 L/dag
Skotbómulyftari	12 L/dag	2	24 L/dag	1	12 L/dag
Bor	60 L/dag	2	100 L/dag	1	60 L/dag
Valtari	40 L/dag	2	100 L/dag	1	40 L/dag
Grjótmalari	60 L/dag	2	100 L/dag	1	60 L/dag
Byggingarkrani	10 L/dag	3	50 L/dag	1	10 L/dag
Færiband	32 L/dag	5	200 L/dag		64 L/dag
Fólksbílar og aðrir minni bílar	20 L/dag	50	1000 L/dag	15	300 L/dag
Samtals		100	8774 L/dag	34	3026 L/dag

Samkvæmt töflu 1 er gert ráð fyrir að í verki A séu notuð 50 vinnuvélar og tæki til að sinna framkvæmdum yfir háannatíma og auk þess séu 50 minni bílar notaðir vegna verksins daglega (starfsmannabílar og þjónustubílar í verkinu). Ef öll þessi tæki ganga fyrir bensíni eða dísilolíu má gera ráð fyrir að notaðir séu að hámarki tæplega 9000 L yfir daginn.

Fyrir verk B er gert ráð fyrir að 19 vinnuvélar og tæki séu notuð til að sinna framkvæmdum á háannatíma og 15 minni bílar. Áætluð olíu- og bensínnotkun er um 3000 L að hámarki yfir daginn.

Skoða mætti nánar olíunotkun á ólíkum stigum í fyrri verkum á vegum Landsvirkjunar og áætla þannig heildarolíunotkun yfir framkvæmd. Olíunotkun mætti síðan plotta upp eins og sýnt er á mynd 1 að neðan til útskýringa fyrir viðmiðunarverk A (reiknað er með að framkvæmdir í verki A standi yfir í 3 ár eða 12 ársfjórðunga). Ljóst má vera að notkun vinnuvéla er mjög breytileg eftir verkhlutum og getur þetta skipt máli varðandi umfang innviða fyrir endurnýjanlega orkugjafa (sjá t.d. skýringar í kafla 4.2) og minnkun í kolefnisspori framkvæmdarinnar.

³ Mario Klanfar o.fl. (2016). Fuel consumption and engine load factors of equipment in quarrying of crushed stone



Mynd 1: Dæmi um hugsanlega olíunotkun í viðmiðunarverki A yfir allan framkvæmdatímann, 3 ár

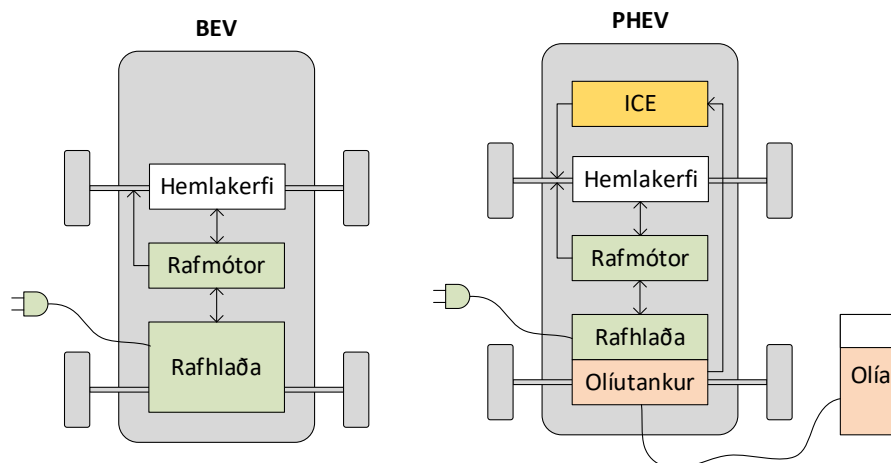
2. Endurnýjanlegir orkugjafar fyrir ökutæki

2.1 Rafmagn

Fyllilega rafknúíð ökutæki⁴ (kallað BEV sem stendur fyrir *Battery-powered Electric Vehicle*) hefur ekki sprengihreyfil (ICE sem stendur fyrir *Internal Combustion Engine*) eins og hefðbundið tæki sem nýtir jarðefnaeldsneyti. Þess í stað hefur það rafmótor sem knúinn er raforku frá rafhlöðu en einnig er orka frá hendlunarkerfi nýtt til að hlaða rafhlöðu. Rafhlaðan er svo hlaðin reglulega, annaðhvort með tengingu á geymslustað eða á sérstökum hleðslustöðvum.

Tengiltvinnökutæki sem nýtir rafmagn (kallað PHEV sem stendur fyrir *Plug-in Hybrid Electric Vehicle*) hefur hvoru tveggja sprengihreyfil og rafmótor með rafhlöðu. Skýringarmyndir af BEV og PHEV rafbílum má sjá á mynd 2.

Í allri umfjöllun sem fylgir á eftir er átt við þessar tvær gerðir, BEV og PHEV, þegar fjallað er um rafknúinn ökutæki. Aðrar gerðir tækja með rafhlöðum, sem ekki er hægt að endurhlaða með tengingu við hleðslustöð, eru ekki til umfjöllunar enda geta þær ekki nýtt rafmagn beint sem endurnýjanlegan orkugjafa.



Mynd 2: Skýringarmyndir af hreinum rafbíl (BEV) og tengiltvinnbíl (PHEV) sem er knúinn raforku og olíu

Helstu kostir

Rafmagn á Íslandi er nánast allt framleitt með endurnýjanlegum orkugjöfum. Umhverfisáhrif af notkun rafmagns sem orkugjafa fyrir ökutæki eru því hverfandi lítil ef horft er til losunar gróðurhúsalofttegunda (sjá nánari umfjöllun í kafla 2.5 að neðan). Þó er vert að benda á að framleiðsla og förgun eða endurnýting rafhlaðna getur haft í för með sér einhverja losun gróðurhúsalofttegunda en ekki er tekið tillit til þess hér.

Rafmótor nýtir orku betur en sprengihreyfill. Jafnframt er rafmagn ódýr orkugjafi á Íslandi. Sem dæmi notar hefðbundinn Nissan Leaf rafbíl um 18 kWh á hverja 100 km í hefðbundnum akstri. Gera má ráð fyrir að sambærilegur bensínbíl, Ford Fiesta 1.0, eyði um 6,5 L af bensíni á 100 km í svipuðum akstri. Ef gert er ráð fyrir að heildarkostnaður við rafhleðslu sé 15 kr/kWh og bensínlítrinn kosti 200 kr. þá kostar eldsneyti fyrir 100 km akstur 270 kr. fyrir rafbílinn en 1300 kr. fyrir bensínbílinn (tæplega fimm sinnum meiri kostnaður).

⁴ Hugtakið ökutæki (e. vehicle) er hér til einföldunar notað sem almennt heiti á hvers konar bifreiðum, tækjum og vinnuvélum sem nýta sambærilegan vélbúnað

Framboð á rafmagni er nægjanlegt fyrir alla notendur hér á landi. Komi til aukinnar eftirspurnar má gera ráð fyrir að framboðið verði áfram tryggt með nýjum virkjunum. Dreifikerfi rafmagns í byggð er einnig tiltölulega öruggt.

Þessu til viðbótar má nefna að rafknúin ökutæki eru hljóðlát og almennt þægileg í akstri. Þau menga auk þess minna en tæki sem nota jarðefnaeldsneyti með tilliti til köfnunarefnisoxíða, NOx, og svifryks⁵.

Loks er vert að nefna að rafknúin ökutæki bjóða upp á ýmsa möguleika varðandi sjálfvirkni.

Helstu gallar

Helstu ókostir við rafmagn sem orkugjafa fyrir ökutæki hafa verið hátt verð á rafknúnum ökutækjum, lítil ending rafhlaðna og langur hleðslutími. Aðgengi að hleðslustöðvum getur einnig verið takmarkað, sér í lagi fjarri byggð.

Verð á rafknúnum ökutækjum hefur lækkað ört á síðustu árum og er fyrir séð að sú þróun haldi áfram á næstu árum. Um þetta er fjallað nánar í kafla 3.1 að neðan og eins og sjá má á mynd 8 er m.a. gert ráð fyrir að hefðbundnir rafbílar verði orðnir ódýrari í innkaupum (án ívilnana) en bensín- og dísilbílar á árunum 2025-2027.

Ef horft er til heildarkostnaðar yfir líftíma koma rafknúin ökutæki í mörgum tilvikum vel út í samanburði við bensín- og dísilökutæki (sjá myndir 17-19). Enda er ýmis sparnaður sem fylgir rafknúnum ökutækjum, svo sem lægri eldsneytiskostnaður og minna viðhald og auk þess má nefna ýmsar ívilnanir í formi lægri skatta og gjalda.

Ending rafhlaðna og drægni rafknúinna ökutækja fara sífellt vaxandi eins og fjallað er um nánar í kafla 3.1 (sjá mynd 9). Gera má ráð fyrir að orkubéttleiki rafhlaðna aukist um 50% frá 2020 til 2030 og mun þetta gera rafmagnstæki enn samkeppnishæfari við tæki sem nýta jarðefnaeldsneyti.

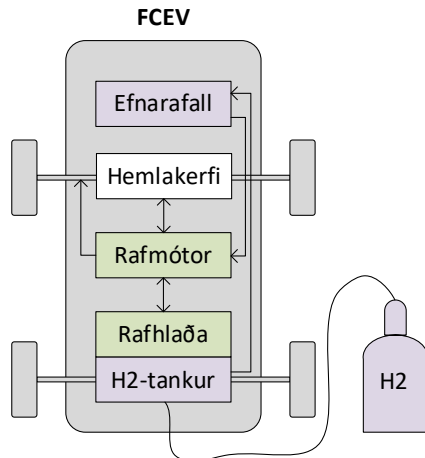
Langur hleðslutími verður áfram ókostur fyrir rafknúin ökutæki. Öflugri hleðslustöðvar munu að einhverju leyti stytta hleðslutímamann en það mun áfram um komandi framtíð taka talsvert lengri tíma að hlaða rafbíl en að fylla á bensín- eða dísilbíl. Þar sem rafknúin tæki eru yfirleitt ekki í notkun allan sólarhringinn er biðtími nýttur til hleðslu. Þetta á einkum við um atvinnutæki sem notuð eru hluta úr degi.

2.2 Vetni (H₂)

Vetnisknúið ökutæki (kallað FCEV sem stendur fyrir *Fuel Cell Electric Vehicle*) nýtir rafmótor eins og rafknúið ökutæki (tæknilega eru vetnisknúin ökutæki flokkuð sem ein gerð rafknúinna ökutækja þótt það sé ekki gert hér til skýrari aðgreiningar) en er knúið áfram af vetniseldsneyti. Vetnið er geymt á gasformi í eldsneytistanki ökutækisins undir þrýstingi (yfirleitt er mesti þrýstingur 350 eða 700 bar) og því er síðan breytt í raforku í efnarafal sem knýr mótorinn eða hleður upp rafhlöðu. Eins og í rafbíl er orka frá hemlunarkerfi nýtt til að hlaða rafhlöðu til síðari nota.

Skýringarmynd af FCEV vetnisbíl má sjá á mynd 3.

⁵ Skýrsla Mannvits fyrir Strætó bs. (2017). [Orkuskipti í almenningsamgöngum – Sviðsmyndir](#)



Mynd 3: Skýringarmynd af vetnisbíl (FCEV)

Helstu kostir

Þar sem vetni hér á landi er framleitt með rafgreiningu vatns flokkast það sem grænt vetni⁶ og hefur hverfandi lítið kolefnisspor líkt og rafmagnið sem er nýtt til að framleiða það (sjá nánari umfjöllun í kafla 2.5 að neðan).

Drægni vetnisknúinna ökutækja er sambærileg við ökutæki sem nýta jarðefnaeldsneyti og áfyllingartími vetnis er sambærilegur og fyrir bensín og dísilolíu. Sem dæmi tekur um 5 mínútur að hlaða Toyota Mirai vetnisbíl (5 kg af vetni) og hægt er að keyra hann 400-500 km á fullri hleðslu. Sambærilegur bensínbíll, Mercedes Benz A-Class, kemst um 600 km á fullum tanki og það tekur 1-2 mínútur að fylla hann af bensíni.

Jafnframt eru vetnisknúin ökutæki, líkt og rafknúin ökutæki, hljóðlát, þægileg í akstri og menga minna en tæki sem nota jarðefnaeldsneyti með tilliti til köfnunarefnisoxíða, NOx, og svifryks⁵.

Helstu gallar

Enn er lítið framboð af vetni sem ökutækjaeldsneyti á Íslandi. Ein vetnisframleiðslustöð er starfandi sem framleiðir eldsneyti á vetnisbíla, hjá ON á Hellisheiði. Rafgreininir þeirrar stöðvar er um 700 kW og getur framleitt um 300 kg af vetni á dag að hámarki. Þetta magn er ígildi um 2500 bensínlítra⁷ á dag eða um 900.000 bensínlítra á ári og myndi duga til að knýja 700 fólksbíla sem keyrðir væru 15.000 km á ári.

Ljóst má vera að þetta er takmarkað magn af vetni og það er nýtt til að sinna núverandi vetnisbílaeigendum og öðrum notendum sem munu bæstast við á markaðinn í framtíðinni. Eins er rekstraröryggi takmarkað við þessa einu vetnisframleiðslustöð.

Mörg verkefni eru í skoðun varðandi uppbyggingu á nýjum vetnisframleiðslustöðvum. Óvíst er hvort og hvenær þessi verkefni verða að veruleika en þau eru flest eða öll á frumstigi svo reikna má með að næstu vetnisframleiðslustöðvar líti dagsins ljós í fyrsta lagi eftir 3-4 ár.

Smásöluverð vetnis er tiltölulega hátt á Íslandi sem stendur (1840 kr/kg sem jafngildir um 200 kr. á bensínlítra (m.v. sömu forsendur og áður hvað varðar eyðslu vetnis- og bensínbíla))⁸. Ekki er ljóst hvernig verðið mun þróast á komandi árum en vonir standa til að það lækki með aukinni framleiðslu og eftirspurn. Einnig er vert að benda á að staðsetning vetnisframleiðslu er mikilvæg m.t.t. notenda enda er dýrt að flytja vetni um langa leið. Sjá nánar í kafla 4.2.

⁶ Forbes (2020). A look at the 'colors' of hydrogen that could power our future

⁷ Miðað er við meðaleyðslu Toyota Mirai vetnisbíls (1 kg/100 km) og 8,5 L/100 km eyðslu bensínbíls

⁸ Orkan (2021). <https://www.orkan.is/orkan/orkustodvar/>

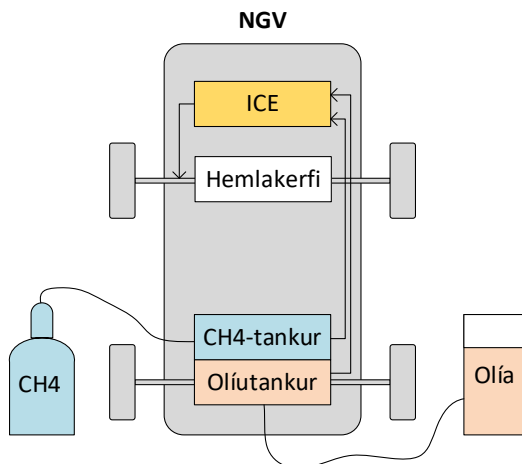
Setja þyrfti upp vetnisafgreiðslustöð á framkvæmdasvæði til að þjónusta verktaka. Gera má ráð fyrir að slík stöð kosti 130-200 milljónir kr. (sjá nánar í kafla 4.2).

Loks má nefna að vetnisknúin ökutæki eru enn hlutfallslega dýr og óvissa um hversu hratt þau muni lækka í verði á komandi árum. Eins er úrval vetnisökutækja takmarkað í dag og óvíst hvenær það mun aukast. Sjá nánari umfjöllun í kafla 3.2.

2.3 Metan (CH₄)

Metanknúið ökutæki (oft kallað NGV sem stendur fyrir *Natural Gas Vehicle*) nýtir jarðgas (NG sem stendur fyrir *Natural Gas*) eða metan sem unnið er úr lífrænu gasi. Metaneldsneyti hér á landi er unnið úr hauggasi frá urðunarstöðunum í Reykjavík og á Akureyri og lífgasi frá GAJA (gas- og jarðgerðarstöð SORPU í Álfsnesi).

Hefðbundið metanökutæki er með ICE sprengihreyfil og virkni þess er algjörlega sambærileg við venjulegt bensínökutæki (sjá mynd 4 að neðan). Metanökutæki hefur alla jafnan bensíntank til viðbótar metantanki og getur því keyrt hvort heldur sem er á bensíni eða metani. Hægt er að keyra það nær eingöngu á metani en þó er það yfirleitt gangsett á bensíni í köldu veðri og eftir áfyllingu metans.



Mynd 4: Skýringarmynd af metanbíl (NGV)

Helstu kostir

Metan á Íslandi er umhverfisvænt eldsneyti og því til stuðnings er það eina íslenska eldsneytið sem hefur hlotið norræna umhverfismerkið Svaninn⁹. Framleiðsla og nýting metans sem ökutækjaeldsneyti stuðlar að lágmarkslosun gróðurhúsalofttegunda eins og fjallað er nánar um í kafla 2.5 að neðan.

Metan er nokkuð ódýrara eldsneyti en bensín og dísilolía. Hjá smásöluaðilum kostar metanið um 150 kr/Nm³ (sem jafngildir um 200 kr. á bensínlítra) en einnig eru möguleikar að semja beint við SORPU eða Norðurorku um lægra verð.

Metanökutæki hafa verið á markaði um nokkurt skeið og teljast almennt áreiðanleg og góð í rekstri. Nokkuð framboð er á mismunandi metanökutækjum og er kaupverðið yfirleitt sambærilegt við svipuð eða eins ökutæki sem nýta bensín eða dísilolíu (ívílnanir gera metanökutæki þó ódýrari í mörgum tilvikum). Sjá nánar í kafla 3.3.

Metanökutæki draga á móta langt og ökutæki sem nýta jarðefnaeldsneyti og það tekur svipað langan tíma að fylla metan og vetni á bíl.

⁹ mbl.is (2016). [Frétt um Svansvottun metans framleitt af SORPU](#)

Hugmyndir eru um að vökvagera metan frá SORPU í framtíðinni og gæti það skapað fleiri notkunarmöguleika fyrir ökutæki. Markmið SORPU er að þetta verði að veruleika innan tveggja ára en enn er talsverð óvissa um hvort það gangi eftir. Hægt að geyma og flytja meira magn af fljótandi metani en loftkenndu svo flutningskostnaður lækkar og auk þess eru í sífellt ríkari mæli framleiddir trukkar og stærri ökutæki sem nota fljótandi metan beint.

Helstu gallar

Framboð á metani er takmarkað á Íslandi. SORPA framleiðir um 2 milljónir Nm³ af metani¹⁰ á ári (ígildi 2 milljóna bensínlítra) og selur það allt á ökutækjamarkaði eða til iðnaðarnotenda¹¹. Norðurorka framleiðir um 200 þúsund Nm³ á ári og selur það allt á ökutæki¹². Með tilkomu GAJA er reiknað með að framleiðslugeta metans aukist talsvert um tíma og verði meiri en 3 milljónir Nm³ til 2030 (yfir 5 milljónir Nm³ þegar mest lætur). Eins gæti minni eftirspurn eftir metanbílum á almennum markaði dregið úr sölu metans og þannig stuðlað að auknu framboði fyrir nýja notendur.

Eins og gildir um vetnið er ákveðinn kostnaður fólgin í flutningi á metani um langa leið. Metanið er jafnan flutt á 250 bar þrýstingi í 20 feta gámaeiningu sem rúma um 2000 Nm³ af metani (sjá nánari umfjöllun í kafla 4.3).

Setja þarf upp metanafgreiðslustöð á framkvæmdasvæði. Gera má ráð fyrir að heildarkostnaður við slíka stöð væri 70-250 m.kr. eins og farið er nánar yfir í kafla 4.3.

2.4 Aðrir endurnýjanlegir orkugjafar

Lífdísill

Lífdísill hefur verið framleiddur á Íslandi um nokkurra ára skeið. Orkey á Akureyri hefur framleitt lífdísil úr steikingarolíu og fitu frá 2010 og einkum selt til notkunar á skipum Samherja og í malbiksframleiðslu á Akureyri. Framleiðslan er um 100 þúsund lítrar af lífdísil á ári^{13,14,12}.

Fleiri aðilar hafa framleitt lífdísil á undanförunum árum í tilraunaskyni eða til eigin nota. Má þar t.a.m. nefna Skinney-Þinganes sem framleitt hefur lífdísil úr repju og notað á skip sín¹⁵, Íslenska gámafélagið sem hefur framleitt lífdísil úr matarolíu og nýtt á bíla sína og svo fyrirtækið Ýmir technologies og forvera þess sem hafa gert tilraunir með lífdísilframleiðslu, m.a. úr sláturúrgangi sem SORPA tekur við. Ýmir technologies hafa nýlega gert samkomulag við SORPU um þróun nýrrar vinnslulínu sem á að geta framleitt allt að milljón lítra af lífdísil á ári¹⁶.

Allur lífdísill sem framleiddur er innanlands er fyrstu kynslóðar lífdísill, svokallaður FAME (stendur fyrir *Fatty Acid Methyl Ester*). Hann er búinn til með því að meðhöndla fituhráefni með metanóli (estrun). Efnið sem verður til er olía með hærri seigju en hefðbundin dísilolía og orsakar það meðal annars verra kuldaþol. FAME lífdísill þarf að uppfylla gæðastaðal EN 14214 til notkunar sem íblöndunarefni fyrir ökutækjaeldsneyti (svo ábyrgð ökutækjaframleiðenda haldist óskert). Jafnframt er hámarksíblöndunarhlutfall FAME 7% í dísilolíu fyrir hefðbundnar dísilvélar (skv. staðli EN 590). Á markaði eru þó í boði ökutæki með vélar sem geta notað herra hlutfall af FAME, sér í lagi eldri vélar. Mælt er með að fylgja leiðbeiningum framleiðenda um alla notkun á FAME.

¹⁰ Nm³ stendur fyrir normalrúmmetra sem er rúmtak gass við staðalaðstæður, 0 °C og eina loftþyngd. Orka í einum normalrúmmetra metans er svipuð og í einum olíu- eða bensínlítra.

¹¹ [Ársskýrsla SORPU \(2019\)](#)

¹² [Ársskýrsla Norðurorku \(2020\)](#)

¹³ Bændablaðið (2021). [Um 70 tonnum af olíu er skilað og hún endurunnin](#)

¹⁴ [orkey.is](#)

¹⁵ Skýrsla Mannvits fyrir Vegagerðina (2019). [Umhverfis- og samfélagslegur ávinningur íslenskra orkujurta](#)

¹⁶ mbl.is (2021). [Framleiða lífdísil úr sláturúrgangi](#)

ATH → Vegna gildandi laga og reglna um lágmarkshlutfall af endurnýjanlegum orkugjöfum í samgöngum á landi, þá er nú þegar 7% íblöndun af FAME í allri dísilolíu sem seld er hér á landi (Statoil afgreiðir dísilolíu til íslenskra olíufélaga á þessu formi). Það þarf því að skoða vel hvort og hvernig megi auka hlutfall FAME.

Annarrar kynslóðar lífdísill, svokallaður VLO (á ensku kallast hann HVO sem stendur fyrir *Hydrotreated Vegetable Oil* en VLO stendur fyrir *vetnismeðhöndluð lífræn olía*), er efnafræðilega mun líkari hefðbundinni dísilolíu og því minni líkur á að upp komi frávik vegna viðhalds eða kuldabols þegar hann er notaður heldur en þegar FAME er notaður. Í raun uppfyllir VLO allar kröfur sem gerðar eru til dísilolíu nema að eðlisþunginn er ögn lægri (þetta veldur því m.a. að nota þarf fleiri lítra af VLO en venjulegri olíu). Með því að blanda þyngri olíutegundum út í VLO má hækka eðlisþungann og þá er ekkert sem bannar að nota hann í stað hefðbundinnar dísilolíu á ökutæki.

Ekkert íslenskt olíufélag flytur inn VLO í dag til að selja á almennum markaði en ekkert ætti að vera því til fyrirstöðu að flytja slíkan lífdísil inn til nota á ökutæki. Ráðlegt er að gera það í samráði við olíufélög enda hafa þau reynslu af slíkum innflutningi. Vert er þó að benda á að VLO er töluvert dýrara efni en venjuleg dísilolía.

Metanól og lífetanól

Vistvænt metanól hefur verið framleitt af fyrirtækinu CRI síðan 2011 en undanfarin tvö ár hefur framleiðslan verið lítil. Það er hægt að nýta metanól sem íblöndunarefni fyrir bensín til nota á ökutæki en þarf þó að vera innan við 3% samkvæmt staðli EN 228. Metanól frá CRI hefur ekki verið notað sem íblöndunarefni fyrir bensín á Íslandi heldur selt út og/eða nýtt sem hráefni fyrir lífdísilframleiðslu.

Lífetanól er ekki framleitt á Íslandi en er, líkt og FAME í dísilolíu, hluti af öllu bensíni sem flutt er til landsins (íblöndunarhlutfallið er 5% en mætti að hámarki vera 10% skv. staðli EN 228).

Þótt staðallinn EN 228 setji skorður á íblöndunarhlutfall metanóls og etanóls í bensín á ökutækjamarkaði eru framleidd og seld ökutæki sem geta notað hærra hlutfall þessara efna. Eins og fyrir FAME lífdísil er mælt með að fara eftir leiðbeiningum framleiðenda ökutækja varðandi íblöndun á metanóli og lífetanóli.

2.5 Umhverfislegur ávinningur

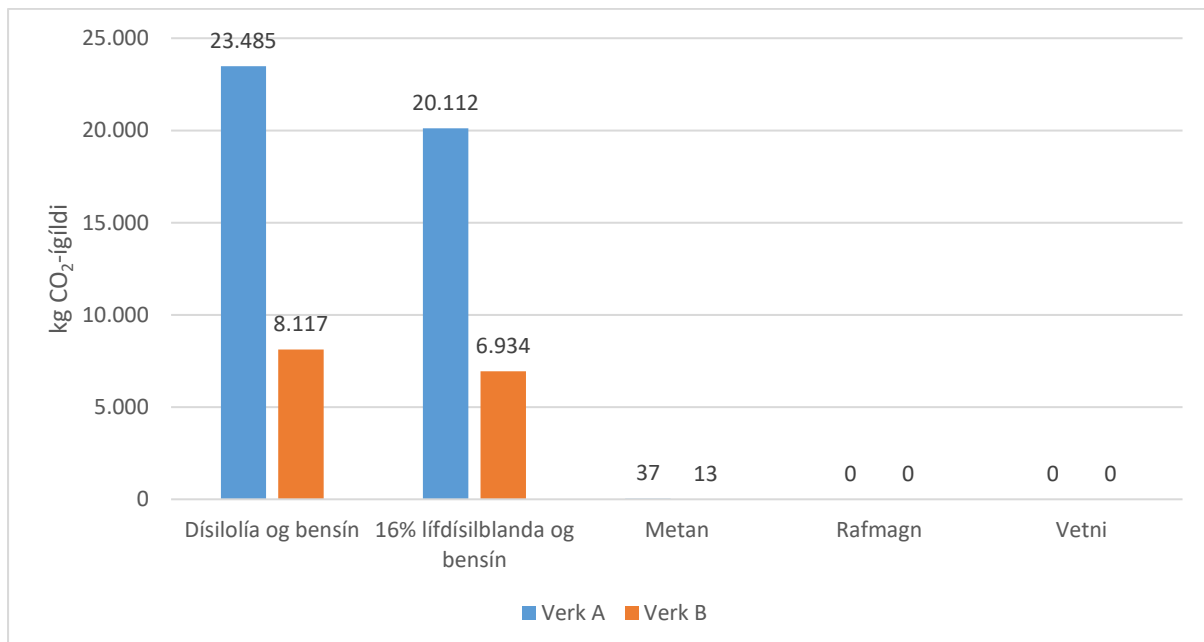
Losun á gróðurhúsalofttegundum er reiknuð samkvæmt leiðbeiningum Umhverfisstofnunar (UST) um losunarstuðla fyrir eldsneyti og vegsamgöngur (þ.e. losun við bruna eldsneytis)¹⁷:

- Losunarstuðull fyrir keyrslu á rafknúnu ökutæki er 0. Sama gildir fyrir keyrslu á vetnisknúnu ökutæki. Athygli er samt vakin á að losunarstuðull fyrir framleiðslu rafmagns á Íslandi er um 9,3 grömm CO₂-ígildi á kWh (meðaltal 2016-2019) en ekki er talið rétt að taka þessa losun með í útreikninga fyrir losun frá ökutækjum og er þetta í samræmi við leiðbeiningar UST. Ekki er heldur tekið tillit til losunar við framleiðslu, förgun og endurnýtingu rafhlaðna né heldur losunar vegna kyndingar ökutækis þótt sum rafknúin ökutæki séu kynt með olíumiðstöð (þetta á t.a.m. við um rafmagnsvagna Strætó bs.).
- Losunarstuðull fyrir metan er 4 grömm CO₂-ígildi á Nm³. Þetta er óveruleg losun og í samræmi við upplýsingar frá SORPU um að nettó-losun við nýtingu metans sé sama sem engin. Athygli er vakin á að metanbílar nota yfirleitt smávægilegt magn bensíns í stutta stund eftir start en ekki er tekið tillit til þessa hér.

¹⁷ UST (2020). [Losunarstuðlar](#)

- Losunarstuðull fyrir lífdísil er 8 grömm CO₂-ígildi á lítra. Þetta gildi er fyrir FAME lífdísil en vert er að benda á að VLO lífdísill hefur aðeins annan losunarstuðul sem UST tekur ekki tillit til. Munurinn er heldur ekki mikill.
- Losun frá metanóli og lífetanóli er ekki skoðuð sérstaklega hér enda er notkun þessara orkugjafa ekki talin ákjósanlegur kostur eins og staðan er í dag (sjá nánar í kafla 5.1).
- Losunarstuðull fyrir dísilolíu er 2,72 kg CO₂-ígildi á L og losunarstuðull fyrir bensín er 2,34 kg CO₂-ígildi á L.

Á mynd 5 er sýndur samanburður á losun yfir vinnudag við hámarksframkvæmdir í viðmiðunarverkum A og B, sem skilgreind eru í kafla 1.3 að ofan. Skoðuð er losun frá vélaflota sem knúinn er með eftirfarandi orkugjöfum: Dísolíu (vinnuvélar og tæki) og bensíni (minni bílar), dísilolíu með 16% íblöndun lífdísils (vinnuvélar og tæki) og bensíni (minni bílar), eingöngu metani, eingöngu rafmagn og eingöngu vetni. Eins og sjá má er hverfandi losun frá vinnuvélaflota sem nýtir alfarið metan, rafmagn eða vetni. Minnkun í losun vegna notkunar á 16% blöndu lífdísils fyrir vinnuvélar og tæki er tæp 15%.



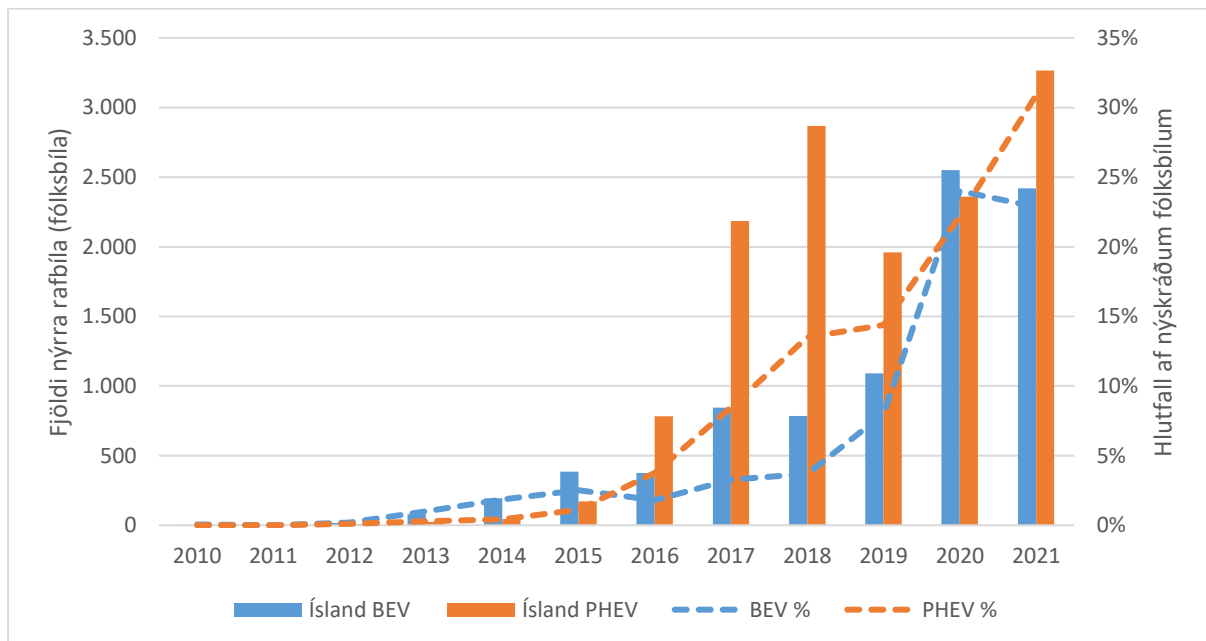
Mynd 5: Losun gróðurhúsalofttegunda frá ökutækjum og vinnuvélum yfir einn dag við hámarksframkvæmdir fyrir viðmiðunarverk A og B.

3. Markaðir ökutækja

3.1 Rafmagn

Minni ökutæki¹⁸

Rafknúnum ökutækjum á götum úti fjölga sífellt hraðar. Á Íslandi voru fáir sem engir rafbílar í umferð fyrir áratug síðan en á síðustu misserum hefur helmingur nýskráðra fólksbíla verið rafbílar, það er BEV og PHEV. Þetta má sjá á mynd 6 að neðan. Um 250 rafknúnir sendibílar hafa auk þess verið nýskráðir á landinu undanfarin ár (þeir fyrstu 2014). Alls eru tæplega 22 þúsund rafbílar í umferð á Íslandi, tæplega 9% af fjölda minni ökutækja (fólksbíla og sendibíla)¹⁹.



Mynd 6: Nýskráningar rafbíla á Íslandi 2010-2021 (Heimild: Samgöngustofa (september 2021))

Erlendis hefur þróunin verið í sömu átt eins og sjá má á mynd 7. Á síðasta ári voru nýskráðir meira en 3 milljónir lítilla rafbíla í heiminum og hlutfall rafbíla af nýjum fólksbílum var 10% í Evrópu. Heildarfjöldi rafbíla í heiminum fór yfir 10 milljónir árið 2020²⁰.

Samkvæmt helstu greiningardeildum^{21,22} mun hlutfall rafbíla aukast enn hraðar á næstu árum í heiminum. Þróunin verður einna hröðust í Evrópu og þá sérstaklega á Norðurlöndunum en samkvæmt Bloomberg má gera ráð fyrir að í Evrópu verði rafbílar meira en þriðjungur nýskráðra fólksbíla árið 2025 og meira en helmingur árið 2030.

Ástæður fyrir þessari áætluðu hröðu þróun eru fyrst og fremst lækkun í verði rafbíla, uppbygging hleðslustöðva og bættir eiginleikar bílanna, þá helst aukin drægni. Aðgerðir gegn loftslagshlýnun hafa ýtt undir þessa þróun en afslættir á gjöldum og sköttum í mörgum löndum hafa stuðlað að auknum rafbílakaupum og jafnframt sett þrýsting á bílaframleiðendur að auka við og bæta framleiðslu rafbíla.

¹⁸ Með minni ökutækjum er einkum átt við fólksbíla og sendibíla/flutningabíla með heildarþyngd undir 3,5 tonni

¹⁹ [Bifreiðatölur Samgöngustofu](#)

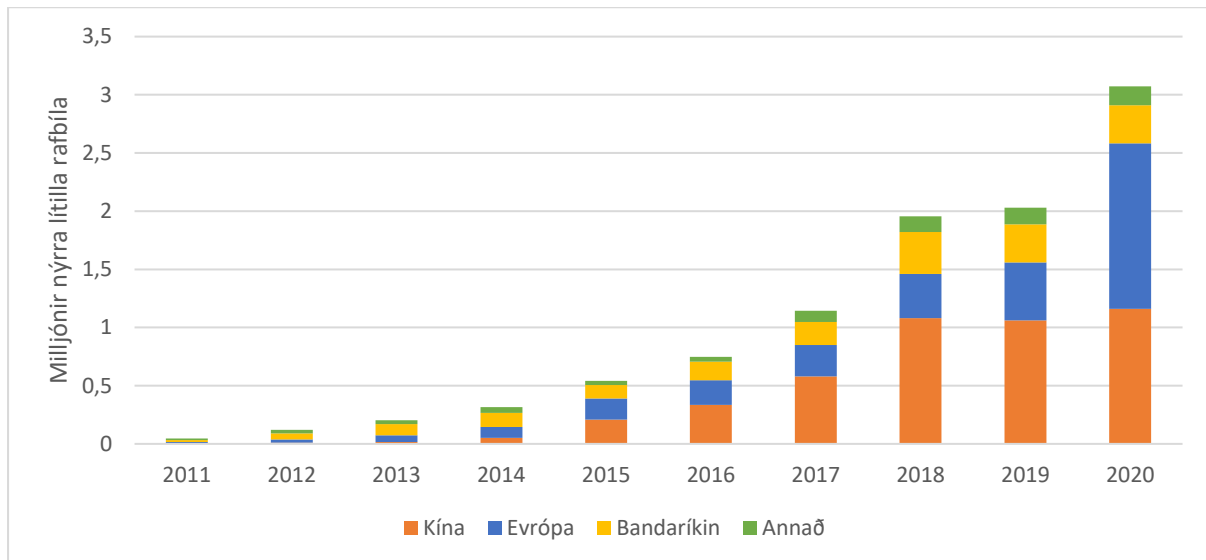
²⁰ Skýrsla IEA, International Energy Agency (2021). Global EV Outlook 2021

²¹ Skýrsla Bloomberg (2021). Electric Vehicle Outlook 2021

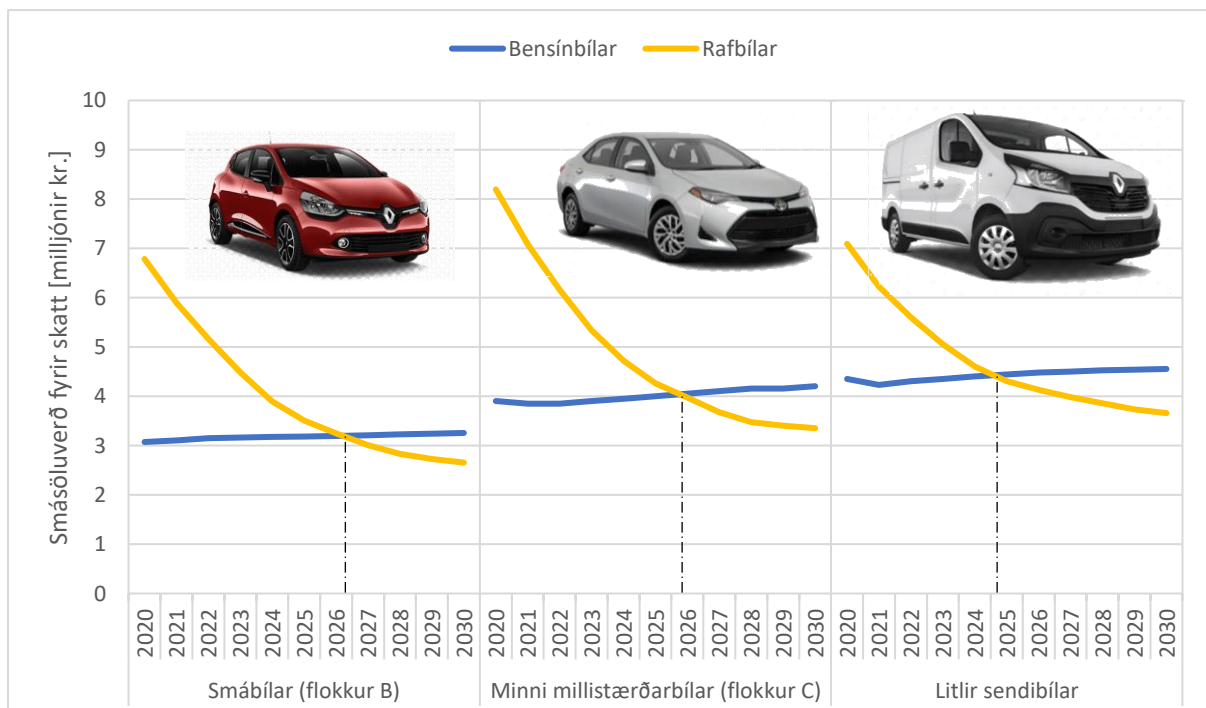
²² Skýrsla Deloitte (2020). Electric Vehicles – Setting a Course for 2030

Reiknað er með að verð á rafbílum lækki svo mikið á næstu árum að það verði orðið jafnt verði á sambærilegum bensínbílum á árunum 2025-2027, án tillits til allra gjalda, skatta og afsláttá (verð beint út úr verksmiðju). Rafbílar muni síðan lækka enn frekar í verði til 2030 og verði þá orðnir nokkuð ódýrari í innkaupum en hliðstæðir hefðbundnir bensín- og dísilbílar. Þetta má sjá á mynd 8 en þar er sýnd áætluð þróun í verði þriggja flokka bíla í Bretlandi án allra gjalda og skatta frá 2020 til 2030.

Ástæðan fyrir lækkingu á verði rafbíla er fyrst og fremst að rafhlöður verða sífellt ódýrari. Árið 2015 kostaði rafhlaða um helming af heildarverði rafbíls, árið 2020 var hlutfallið orðið 36% og gert er ráð fyrir að 2025 verði það 25% og falli alveg niður í 18% árið 2030.



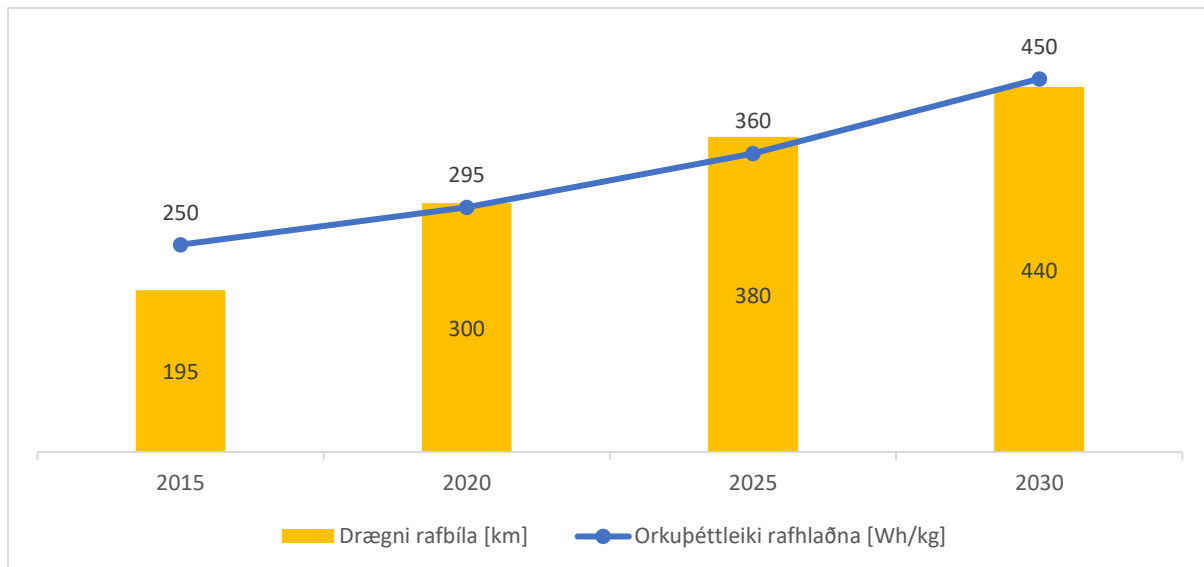
Mynd 7: Nýskráningar smærri rafbíla í heiminum 2011-2020 (Heimild: IEA (2021))



Mynd 8: Spá um þróun í verði bensín- og rafbíla til 2030 (Heimild: Byggt á greiningu Bloomberg NEF (2021))²³

²³ Miðað er við (óformlega) evrópska flokkun á fólksbílum. Samkvæmt henni eru bílar í flokki B um 4 m langir og bílar í flokki C um 4,5 m langir

Gert er ráð fyrir að drægni rafbíla muni aukast talsvert á komandi árum eins og segir að ofan. Enda er tækniþróun í framleiðslu rafhlaðna hröð og orkuþéttleiki sífelld meiri. Árið 2015 var drægni meðalrafbíls tæpir 200 km, 300 km árið 2020, árið 2025 er áætlað að drægnin verði orðin 380 km og 2030 verði hún 440 km. Þetta má sjá á mynd 9.



Mynd 9: Spá um þróun í meðaldrægni rafbíla (BEV) og orkuþéttleika rafhlaðna (Heimild: Byggt á greiningu Merrill Lynch og Oliver Wyman (2018))

Framboð á rafbílum eykst sífelld. Helstu bílaframleiðendur hafa á nýliðnum árum tilkynnt að þeir ætli sér að leggja mikla áherslu á framleiðslu rafbíla til 2030 (og áfram eftir það).

Árið 2020 voru um 370 tegundir af rafbílum (BEV og PHEV) í boði í heiminum, þar af um 100 í boði í Evrópu og 200 í Kína. Árið 2022 verða þær tæplega 800 samkvæmt tilkynntum áætlunum bílaframleiðenda. Framboð tegunda mun með öðrum orðum rúmlega tvöfaldast á þessum tveimur árum og mun halda áfram að aukast hratt allt til 2030. Flestar þessar tegundir eru minni eða millistórir fólksbílar (flokkar A til C²³) en framboð á stórum bílum mun aukast töluvert á næstu árum^{20,24}.

Stærri ökutæki

Rafknúnir hópferðabílar og stórir trukkar²⁵ hafa þróast talsvert undanfarin ár. Þessi þróun hefur þó verið hægar en á minni rafbílum enda skiptir drægnin meira máli fyrir slíka stærri bíla.

Kína er algjörlega ráðandi á þessum markaði eins og sjá má á myndum 10 og 11 að neðan. Þar í landi hafa verið teknir í notkun nálægt 100 þúsund rafknúnir strætisvagnar á hverju ári frá 2015 og auk þess nokkur þúsund stórir trukkar. Í Evrópu og Bandaríkjunum er talsvert minna um þessa stóru rafbíla en árið 2020 voru nýskráðir 2100 rafmangs-strætisvagnar og 450 rafmagns-trukkar í Evrópu.

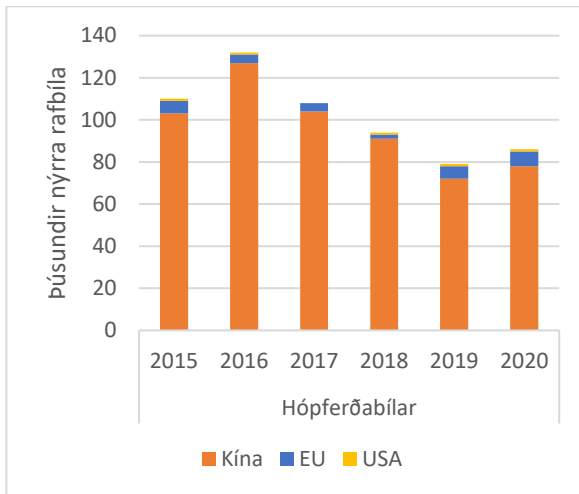
Á Íslandi hafa ekki verið skráð mörg stór rafknúin ökutæki ef frá eru skildir rafmagns-strætisvagnar sem Strætó bs. hefur notað á höfuðborgarsvæðinu frá 2018. Þessir vagnar eru frá kínverska framleiðandanum Yutong (sjá mynd 12) sem sérhæfir sig í rafmagnsvögnum og var árið 2019 stærsti framleiðandi hópferðabíla í heiminum miðað við sölumagn en þá voru seldir tæplega 60 þúsund Yutong vagnar í heiminum²⁶. Rafmagnsvagnar Strætó eru nú 15 talsins og almennt er reynslan af þeim

²⁴ Skýrsla McKinsey (2020). Electric Vehicle Index: Europe cushions a global plunge in EV sales

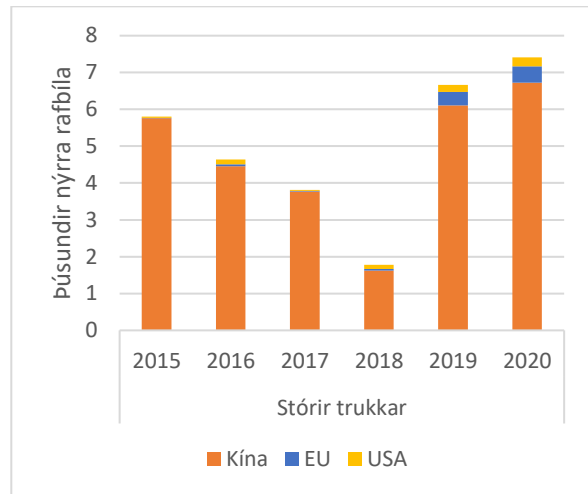
²⁵ Með stórum trukkum er átt við bíla sem einkum eru ætlaðir til vöruflutninga með heildarþyngd yfir 15 tonnum (á ensku er gjarnan notuð skammstöfunin HDT sem stendur fyrir *Heavy-Duty Trucks*)

²⁶ Carlogos.org (2021). [The World's 10 Largest Coach Bus Manufacturers](#)

jákvæð samkvæmt talsmönnum Strætó. Vagnarnir nota dísilolíu til kyndingar á veturna og er meðalnotkun vegna þessa um 7 L af olíu á 100 km²⁷.



Mynd 10: Fjöldi nýskráðra rafknúinna hópferðabíla (Heimild IEA (2021))



Mynd 11: Fjöldi nýskráðra stórra rafknúinna HDT trukka (Heimild IEA (2021))



Mynd 12: Yutong strætisvagn af gerð E12 eins og Strætó bs. hefur notað frá 2018 (fengið af heimasíðu Yutong)

Al-rafknúnir stórir trukkar eru nú í boði hjá helstu framleiðendum svo sem Volvo, Scania, Kenworth og Tesla (síðan 2019-2020). Sjá mynd 13 að neðan af 300 kW rafmagnstrukki Scania. Þeir eru fyllilega sambærilegir hvað varðar afl og kraft við hefðbundna dísiltrukka en enn er drægnin talsvert minni²⁸. Þetta kann þó að breytast á næstunni og hefur Tesla meðal annars boðað framleiðslu á truckum með tæplega 1000 km drægni sem munu aðeins kosta um 50% meira en sambærilegir dísiltrukkar. Samkvæmt nýjustu fréttum mun framleiðsla á þessum truckum frá Tesla hefjast á þessu ári og gæti þetta breytt landslagi fyrir rafknúna stóra trukka til frambúðar²⁹.

Með lækun í verði rafhlaðna og auknum orkupéttleika verða stórir trukkar sífelld samkeppnishæfari við dísiltrukka og má gera ráð fyrir að svipuð verðþróun verði og sýnd er á mynd 8 að ofan fyrir hefðbundna smærri bíla²¹.

²⁷ [Ársskýrsla Strætó bs.](#) (2020)

²⁸ Scania bjóða t.a.m. upp á rafknúinn truck með sama afl og kraft og Scania G400 dísiltrukkurinn. Rafknúni truckurinn hefur mest 250 km uppgefna drægni en G400 hefur meira en 1500 km drægni; [scania.com](https://www.scania.com)

²⁹ Electrek (2021). [Tesla Semi electric truck is finally nearing production](#)



Mynd 13: Rafmagnstrukkur Scania sem hefur verið í framleiðslu síðan 2020 (fengið af heimasíðu Scania)

Vinnuvélar og sérhæfð tæki

Almennt er rafvæðing vinnuvéla komin styttra á veg en fyrir hefðbundna bíla. Meginástæða þessa er að stefna stjórnvalda í loftslagsmálum (um heim allan) hefur að mestu beinst að samgöngum og aðgerðum til að draga úr notkun jarðefnaeldsneytis á vegum úti (e. on-highway).

Síðustu misseri hefur orðið nokkur áherslubreyting og horfa stjórnvöld nú í meira mæli til byggingariðnaðarins og námuvinnslu varðandi mótvægisáðgerðir gegn loftslagsbreytingum. Auk þess hefur orðið almenn vakning á meðal fjárfesta og viðskiptavina varðandi umhverfismál. Allt hefur þetta haft þau áhrif að leiðandi tækjaframleiðendur hafa lagt meiri áherslu á rafvæðingu vinnuvéla (e. off-highway vehicles)³⁰.

Þar til nýlega var rafvæðing stórra vinnuvéla álitin óraunhæf en stórstígar framfarir í framleiðslu á rafhlöðum hefur breytt þeirri sýn. Raunar hafa mörg stór námuvinnslufyrirtæki þegar hafið þá vegferð að skipta út dísil-tækjum sínum fyrir rafknúin tæki.

Framboð á rafknúnum vinnuvélum er enn sem komið er að mestu takmarkað við lítil tæki sem henta vel til notkunar innandyra. Stórir vinnuvélaframleiðendur eins og CASE, Volvo, Caterpillar, Bobcat og Hyundai hafa þó á síðustu tveimur árum kynnt frumgerðir og jafnvel hafið framleiðslu á nokkuð stórum hjólaskóflum, gröfum, ýtum og fleiri vélum³¹. Jafnframt hafa nokkrir framleiðendur eins og Volvo og Caterpillar sett fram metnaðarfull áform um framleiðslu á al-rafknúnum meðalstórum vinnuvélum innan fárra ára.

Þrátt fyrir þetta er enn megináhersla á dísilvélar hjá flestum framleiðendum vinnuvéla og líklega eru nokkur ár í að það breytist í grundvallaratriðum.

Norðmenn hafa farið þá leið að breyta sjálfir dísil-vinnuvélum í rafknúna vélar³². Með þessu móti geta þeir nýtt rafknúna vinnuvélar við framkvæmdir og brúað bilið þar til rafknúna vinnuvélar verða í boði í meiri mæli hjá framleiðendum.

Ýmis sérhæfð tæki eins og lyftarar, færribönd og vinnulyftur hafa þó lengi verið í boði alrafknúin.

Loks má nefna að sum staðbundin, orkufrek tæki sem notuð eru í framkvæmdum, t.a.m. jarðborar, borar fyrir gangagerð (TBM borar) o.fl., geta gengið alfarið á rafmagni. Talsverð reynsla er af slíkum tækjum hjá Landsvirkjun.

³⁰ Robert Berg (2021). The battery electric vehicle trend moves off-highway

³¹ CONEXPO-CON/AGG (2020)

³² Orkuskipti á framkvæmdastað (3. júní 2021). Opin málstofa í boði Grænni byggðar, Landsvirkjunar, Húsnæðis- og mannvirkjastofnunar og Grænu orkunnar

3.2 Vetni

Vetnisbílar (FCEV) hafa staðið almennum kaupendum til boða frá 2014. Tvær gerðir vetnisbíla, sem eru í notkun á Íslandi, má sjá á myndum 14 og 15.

Fjölgun vetnisbíla á götum úti hefur hins vegar verið lítil hingað til og fjöldi vetnisbíla er þremur stærðargráðum minni en fjöldi rafbíla. Ástæður fyrir þessu eru fyrst og fremst þær að áfyllistöðvar fyrir vetnisbíla eru enn fáar og ekki er hægt að hlaða vetnisbíla í heimahúsum líkt og raunin er með rafbíla. Einnig eru fáar tegundir af vetnisbílum í boði, bílarnir eru hlutfallslega dýrir í innkaupum og vetni er mun dýrara eldsneyti en rafmagn.



Mynd 14: Hyundai Nexo FCEV, framleiddur frá 2018

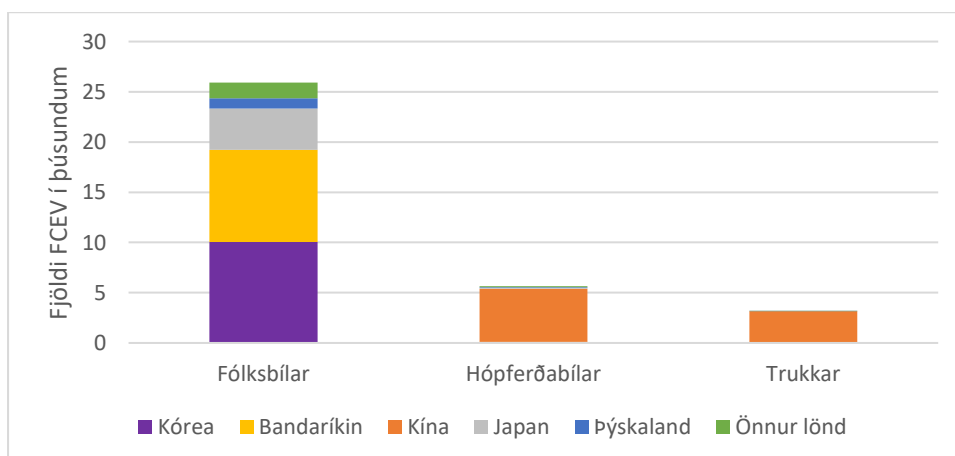


Mynd 15: Toyota Mirai FCEV, framleiddur frá 2015

Til að ýta undir vetnisvæðingu í samgöngum hafa stjórnvöld víða stutt við uppsetningu vetnisafgreiðslustöðva og tekið í notkun vetnisvagna og -trukka í almannajónustu, svo sem strætisvagna og sorpbíla²⁰.

Á Íslandi eru um 30 vetnisbílar í umferð en flestir voru þeir keyptir 2018-2019 þegar vetnisafgreiðslustöðvar Orkunnar opnuðu við Vesturlandsveg og Miklubraut í Reykjavík og Fitjar í Reykjanesbæ¹⁹.

Á heimsvísu eru um 35.000 vetnisbílar í umferð. Um 75% af þeim eru fólksbílar, 15% eru hópferðabílar og 10% eru trukkan. Vetnisfólksbílar eru flestir í Suður-Kóreu, Bandaríkjunum, Japan og Þýskalandi en Kína er ráðandi aðili í vetnisstrætóum (94% markaðshlutdeild) og vetnistrukum (99% markaðshlutdeild). Þetta má sjá á mynd 16 að neðan. Árið 2020 fjölgaði rafbílum í heiminum um 40% og afgreiðslustöðvum fjölgaði um 15% (eru yfir 500 talsins)²⁰.



Mynd 16: Fjöldi vetnisbíla (FCEV) í heiminum árið 2020 (Heimild: IEA (2021))

Nokkrir stórir ökutækjaframleiðendur hafa tilkynnt að þeir muni halda áfram þróun á vetnisbílum og má þar helst nefna Toyota, Hyundai, Daimler, Volvo, BMW og Audi³³. Aðrir hafa lagt þróun vetnisbíla á hilluna í bili og veðja í staðinn alfarið á rafmagnsbíla, t.a.m. Scania.

Einhverjar vetnisknúnar vinnuvélar og sérhæfð tæki eru í boði, einkum lyftarar. Úrval þessara tækja er þó takmarkað enn sem komið er. Ekki er fýsilegt að breyta hefðbundnum dísilvélum í vetnisvélar enda eru þær mjög ólíkar.

Hvernig vetnisbílamarkaður byggist upp á komandi árum veltur mikið á þróun í verði vetnisbíla svo og uppsetningu vetnisstöðva og þróunar í vetnisverði. Erfitt er að spá fyrir um slíka þróun en margir fylgjendur vetnisbíla eru bjartsýnir á að vetnisbílar verði orðnir jafnóðýrir og hefðbundnir bensínbílar á milli 2025 og 2030. Gangi spár eftir mun fjöldi vetnisbíla tvöfaldast á næstu sex árum (70 þúsund FCEV í heiminum árið 2026)³⁴.

Vetnisverð er tiltölulega hátt á Íslandi sem stendur (1840 kr/kg sem jafngildir um 200 kr. á bensínlítra)⁸ enda er vetnisbíla-markaðurinn á Íslandi lítill og framleiðsla og dreifing á vetni því hlutfallslega dýr (sjá nánari umfjöllun í kafla 2.2). Ef vetnisframleiðsla eykst og vetnisafgreiðslustöðvum fjölgar má gera ráð fyrir að vetnisverð fari lækkandi.

Á heimsvísu eru væntingar um að verð á grænu vetni falli töluvert á næstu árum og hefur Orkumálaráðuneyti Bandaríkjanna nýlega gefið út markmið um að kíló af grænu vetni kosti einn Bandaríkjadal árið 2030³⁵ (þetta myndi jafngild því að bensínlítri kostaði 13 kr. en þess má geta að verð á grænu vetni í Bandaríkjunum er nú um 600 kr/kg, þ.e. þrisvar sinnum ódýrara en vetnisverð á Íslandi).

3.3 Metan

Metanbílar í umferð eru rúmlega 1800 talsins á Íslandi¹⁹. Mest var fjölgun metanbíla á höfuðborgarsvæðinu á árunum 2010-2012 og aftur 2015-2018. Fyrri fjölgunin kom í kjölfar efnahagshrunsins þegar olíuverð hækkaði talsvert mikið (og metanverð hélst stöðugt) en seinni fjölgunin varð einkum vegna fjölgunar afgreiðslustöðva og bættrar þjónustu við metanbílaeigendur (árið 2014 fjölgaði metanafgreiðslustöðvum á höfuðborgarsvæðinu úr einni í fjórar).

Flestir þessara bíla eru fólksbílar en einnig eru nokkrir sendibílar og stærri ökutæki í umferð. Að auki eru þrír metanknúnar strætisvagnar í notkun á höfuðborgarsvæðinu og aðrir þrír á Akureyri. Einnig eru allir sorpbílar í Reykjavík knúnir metani.

Í Evrópu eru um 4000 afgreiðslustöðvar fyrir metangas og 400 afgreiðslustöðvar fyrir vökvagert metan. Fjöldi metanbíla í Evrópu er um 1,5 milljón³⁶.

Á Evrópumarkaðinum voru fáanlegar 68 tegundir af metanbílum árið 2019, þar af 23 gerðir fólksbíla, 11 gerðir lítilla atvinnutækja, 13 gerðir trukka og 21 gerð hópferðabíla. Framleiðendur metanbíla fyrir þennan markað eru Audi, Fiat, Lancia, Opel, Seat, Skoda, Volkswagen, Iveco, Mercedes, Renault, Scania, Volvo, Isuzu, Solbus, Solaris og Van Hool³⁷.

Greina má minni eftirspurn eftir metanbílum á Íslandi síðustu misseri, á sama tíma og rafbílamarkaður hefur verið í örum vexti. Svipuð þróun hefur átt sér stað annars staðar í heiminum og bílaframleiðendur hafa undanfarið almennt lagt minni áherslu á metanbíla en áður (framleiðslu hefur verið hætt á sumum gerðum NGV metanbíla og framboð og úrval virðist almennt fara minnkandi).

³³ FÍB (2021). Vetnisbílar hafa ekki eins greiðan aðgang að orku og aðrir bílar

³⁴ Research and Markets (2021). Hydrogen Fuel Cell Vehicle Market – Global Forecast to 2026

³⁵ U.S. Department of Energy (2021)

³⁶ NGVA (2021). <https://www.ngva.eu/>

³⁷ NGVA (2019). [Vehicle Catalogue](#)

Vert er að nefna að hægt er að breyta hefðbundinni bensínvél í vél sem notar metan og einnig er hægt að breyta dísilvélum þannig að þær noti metan til móts við dísilolíu. Skoða mætti möguleika á að breyta t.d. vinnuvélum í meira mæli svo þær geti notað metan.

3.4 Aðrir endurnýjanlegir orkugjafar

Eins og kemur fram í kafla 2.4 að ofan eru ákveðnar kröfur um hámarksmagn vissra íblöndunarefna, það er FAME lífdísils, metanóls og etanóls, fyrir hefðbundnar bensín- og dísilvélar samkvæmt Evrópustöðlum EN 590 og EN 228. Hámarksmagn af FAME er 7% í dísilolíu og hámarksmagn af metanóli og etanóli í bensíni er 3% og 7%. Ekki eru sérstakar skorður á blöndunarhlutföll VLO lífdísils ef eðlisþunginn hefur verið hækkaður með þyngri olíum.

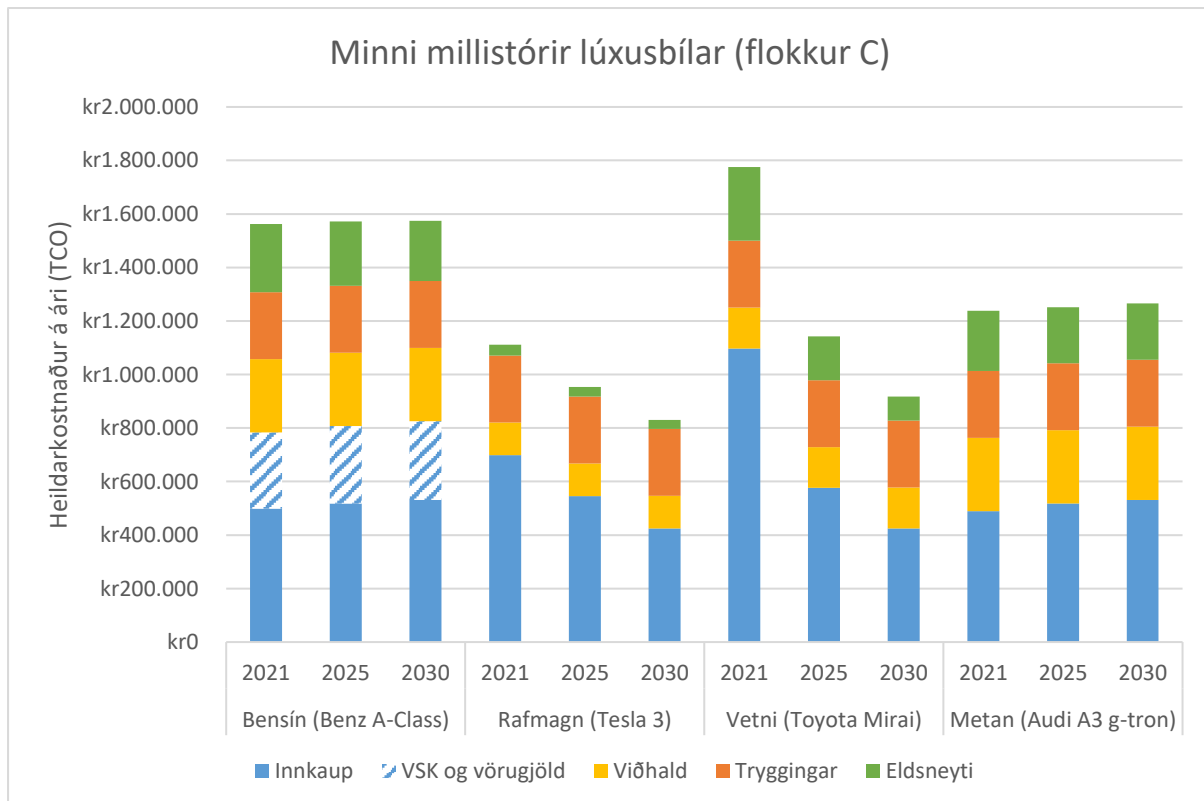
Í dag er öll dísilolía flutt til landsins með 7% íblöndun FAME (hámark skv. EN 590) og allt bensín er flutt inn með 5% etanóli. Það er því lítið rúm til meiri íblöndunar þessara efna nema ef notaðar eru vélar sem þola hærri hlutföll. Slíkar vélar eru ekki endilega dýrari en hefðbundnar vélar.

Ef blanda á hærra hlutfalli af FAME, framleiddum af íslenskum aðilum, í dísilolíu er einnig mikilvægt að tryggja að efnið uppfylli gæðastaðal EN 14214.

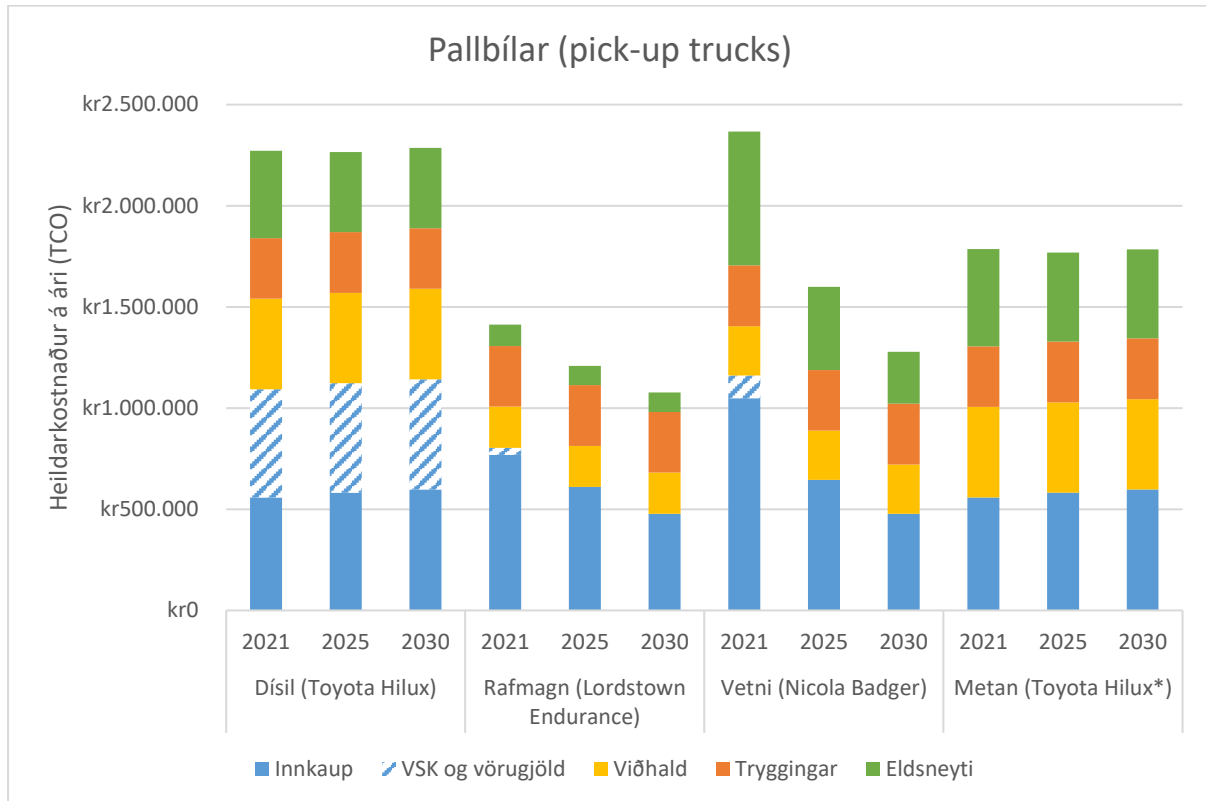
3.5 Samanburður kostnaðar

Heildarkostnaður (TCO sem stendur fyrir *Total Cost of Ownership*) við ökutæki hefur verið metinn í samræmi við upplýsingar sem koma fram í köflum 2 og 3 og ýmsar aðrar gefnar forsendur (innviðakostnaður er ekki tekinn með í útreikninga).

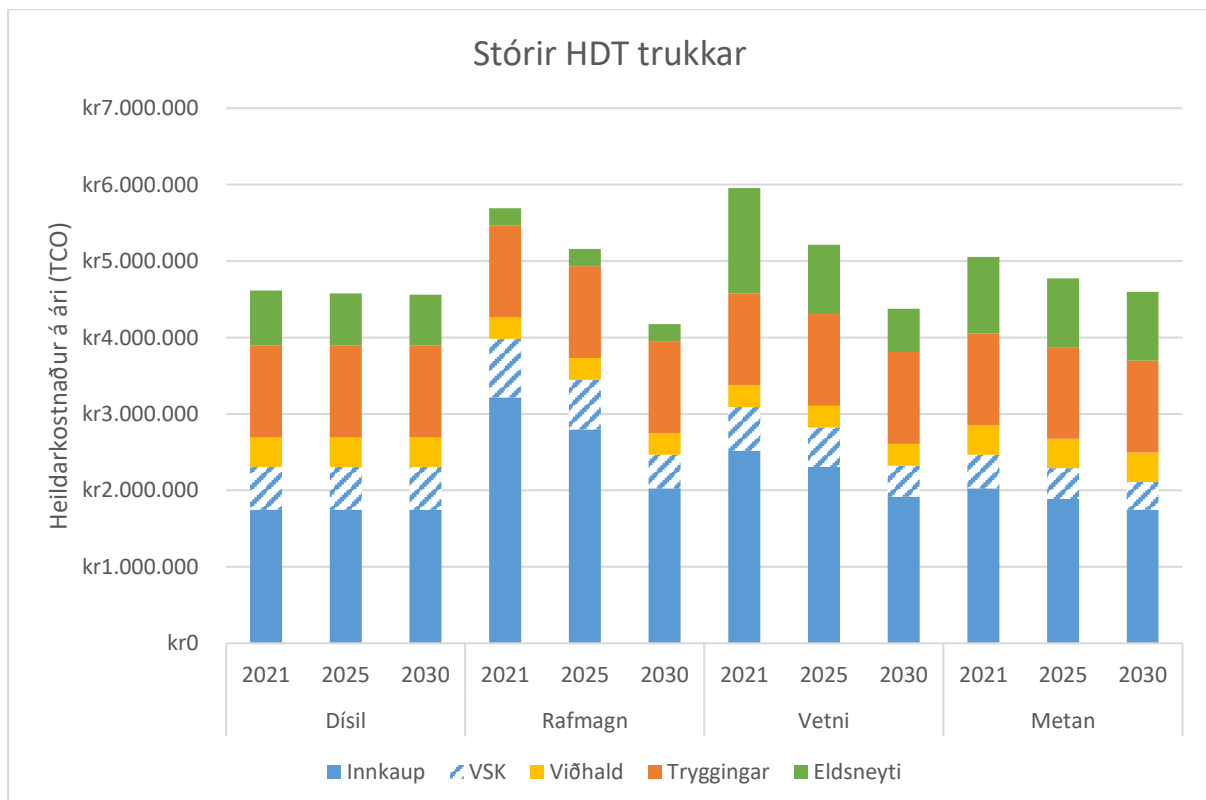
Súlurit með niðurstöðum kostnaðargreiningarinnar má sjá á myndum 17-19 fyrir millistóra lúxusfólksbíla í flokki C, pallbíla (pick-up trucks) og stóra HDT trukka. Borinn er saman kostnaður við sambærileg ökutæki sem nota bensín/dísil, rafmagn (BEV ökutæki), vetni og metan.



Mynd 17: TCO heildarkostnaður við sambærilega millistóra lúxusbíla 2021, 2025 og 2030



Mynd 18: TCO heildarkostnaður við sambærilega pallbíla 2021, 2025 og 2030



Mynd 19: TCO heildarkostnaður við sambærilega stóra HDT trukka 2021, 2025 og 2030

4. Innviðir

4.1 Rafmagn

Til að styðja við notkun rafknúinna ökutækja og véla á framkvæmdastað er annars vegar hægt að setja upp hraðhleðslustöðvar, þ.e. stöðvar sem eru 100-150 kW DC (Direct Current), og hins vegar minni hleðslustöðvar, 22 kW AC (Aternating Current)³⁸.

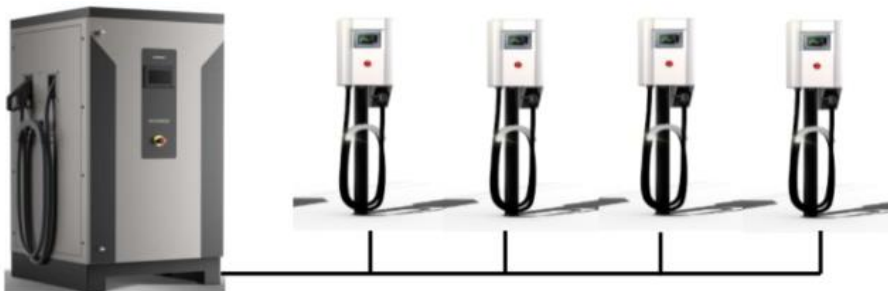
100-150 kW stöðvar eru notaðar til að hlaða stór tæki eins og vörubíla og stórvirkar vinnuvélar en hleðsla á vörubíl með slíkri stöð tekur 2-3 klst. eftir stærð rafhlöðu og hleðslutækis (Scania gefur upp 65 mínútna tíma fyrir hleðslu frá 0% upp í 80% með 130 kW hleðslutækis og 250 km drægni vörubíls með fulla rafhlöðu). 22 kW stöðvar eru, eins og gefur að skilja, að mestu notaðar til að hlaða minni ökutækis eins og fólksbíla.

Almennt virðist þróunin sýna að stór ökutækis sem framleidd eru fyrir Evrópumarkað nota CCS kerfi (Combined Charging System) sem hafa *Type 1* eða *Type 2* tengla (sjá mynd 20 að neðan) með tveimur aukatengipunktum fyrir DC hleðslu. Þetta eru sams konar tenglar og notaðir eru fyrir fólksbíla sem geta tekið við hraðhleðslu. Slíkir fólksbílur geta því einnig nýtt þessar stöðvar til hraðhleðslu og tekur 20-40 mínútur að hlaða fólksbíl með þessum hætti.



Mynd 20: Type 1 og Type 2 tenglar fyrir hraðhleðslu rafmagns á stærri ökutækis

Ef hlaða þarf mörg rafmagnsökutækis á framkvæmdasvæði getur einnig þurft heimtaug á háspennu, spennistöð(var) og hleðsluáðstöðu fyrir samtímahleðslu á mörgu tækis í einu. Dæmi um hleðslustöð með álagsstýringu og dreifingu á DC til fjögurra hraðhleðslustaða er sýnd á mynd 21.



Mynd 21: Hleðslustöð með álagsstýringu og dreifingu á DC til fjögurra hraðhleðslustaða

Fjöldi rafknúinna tækja í framkvæmd ræður því hversu viðamikla innviði þarf fyrir rafhleðslustöðvar. Hér á eftir er fjallað um heppilega innviði fyrir viðmiðunarverk A og B, sem skilgreind eru í kafla 1.3.

³⁸ Einn áhugaverður möguleiki sem vert er að minnst á er að nota rafhlöðupakka til útskipta fyrir vinnuvélar. Þá eru rafhlöðupakkar, sem ekki eru í notkun, hlaðnir yfir sólarhring og hafðir tilbúnir til skipta fyrir tóma rafhlöðupakka að hverjum morgni. Slíkt fyrirkomulag er þekkt fyrir lyftara en ekki er ljóst hvort það muni henta fyrir annars konar tækis í framtíðinni, t.d. stórar vinnuvélar. Ekki er fjallað nánar um þennan möguleika hér en ráðlagt er að fylgjast með þróun á þessu fyrirkomulagi í framtíðinni.

Viðmiðunarverk A

Fyrir viðmiðunarverk A þarf alls um 23 MWh á dag (við hámarksframkvæmdir) til að hlaða allan tækjaflotann ef hann er alfarið rafknúinn (í stað tæplega 9000 L af bensíni og dísil). Þar af þarf um 3 MWh fyrir minni bílana 50.

Ef allar vinnuvélar og stærri tæki eru rafknúin og þau að mestu hlaðin með hraðhleðslu á sama tíma yfir nóttina, gætu 25-40 stk. 100-150 kW stöðvar verið heppilegur fjöldi þannig að einn tengill sé fyrir hvert ökutæki og að álagi sé stýrt þannig að full hleðsla náist á t.d. 6-8 tímum.

Fyrir minni bílana er reiknað með að heppileg hleðsla sé um 5 kW fyrir hvern bíl (hver bíll fær þá 30 kWh ef hann er hlaðinn í 6 klst. en það samsvarar áætluðum sólarhringsakstri (100-150 km)). Þar sem um nokkuð marga minni bíla (50 stk.) er að ræða í verki A er gert ráð fyrir að hleðslan sé framkvæmd með 22 kW stöðvum sem staðsettar verði á bílastæðum og að hleðslustöðvarnar séu álagsstýrðar þannig að allir bílar sem eru tengdir fái í það minnsta næga hleðslu fyrir sólarhringsakstur að meðaltali. Gert er ráð fyrir 30 stk. 22 kW hleðslustöðvum.

Hraðhleðslustöðvar fyrir allan vinnuvélaflotann þurfa um 2 MW tengingu en hleðslustöðvar fyrir minni bílana þurfa um 300 kW tengingu. Líklega væri hægt að nýta hefðbundna rafmagnstengingu á framkvæmdastaðnum fyrir minni bílana eingöngu en rétt er að gera ráð fyrir sérstökum spennistöðvum ef setja á upp hraðhleðslustöðvar fyrir allan vinnuvélaflotann.

Kostnaður við tvær 1 MW spennistöðvar, háspennustreng (30km) og 40 stk. 100 kW hraðhleðslustöðvar er áætlaður um 300 m.kr. (+30% / -20% óvissumörk³⁹).

Kostnaður við 30 stk. 22 kW hleðslustöðvar með álagsstýringu (og samsvarandi stækkun á heimtaug) er áætlaður 13 m.kr. (+30% / -20% óvissumörk). Einnig er vert að benda á að hægt er að leigja búnað fyrir slíkar hleðslustöðvar af fyrirtækjum sem selja orku á rafbíla, a.m.k. á höfuðborgarsvæðinu.

Viðmiðunarverk B

Fyrir viðmiðunarverk B þarf alls um 8 MWh á dag (við hámarksframkvæmdir) til að hlaða allan tækjaflotann ef hann er alfarið rafknúinn (í stað 3000 L af bensíni og dísil). Þar af þarf um 1 MWh fyrir minni bílana 15.

15 stk. 100 kW hraðhleðslustöðvar gæti verið heppilegur fjöldi ef allur vinnuvélaflotinn er rafknúinn. Þessar hraðhleðslustöðvar ásamt 1 MW spennistöð kosta um 125 m.kr. (+30% / -20% óvissumörk).

Fyrir minni bílana þarf 10 stk. 22 kW hleðslustöðvar með álagsstýringu. Gert er ráð fyrir að hægt sé að afgreiða þessar stöðvar frá hefðbundinni rafmagnstengingu á framkvæmdastaðnum svo ekki þarf sérstaka heimtaug eða spennistöð. Kostnaður er áætlaður 3-4 milljónir króna.

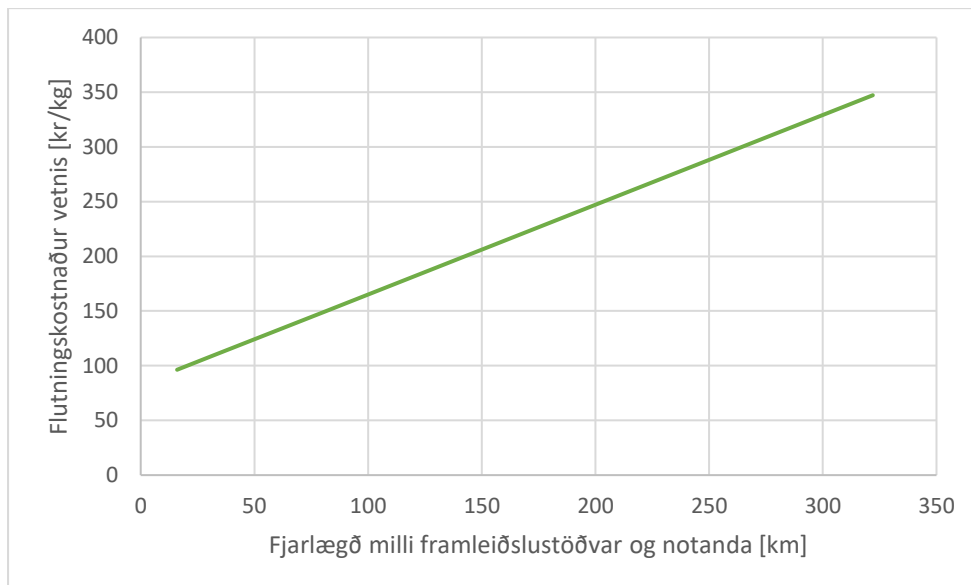
ATH → Þess skal getið að í þessum áætlunum er miðað við að allar vinnuvélar í viðmiðunardæmum A og B séu í notkun og rafknúnar. Fjöldi véla í notkun á sólarhring er breytilegur í gegnum verkið og e.t.v. ekki rétt að miða við fjárfestingu í hleðslubúnaði samkvæmt hámarksnotkun. Hugsanlega er betra að vera með fleiri vélar svo hluti af vélakosti geti verið í hleðslu á meðan aðrar vélar eru í notkun á hámarksframkvæmdatíma. Með þessu móti mætti fækka hleðslustöðvum og nýta þannig innviði betur.

4.2 Vetni

Staðsetning vetnisframleiðslu er mikilvæg m.t.t. notenda enda er dýrt að flytja vetni um langa leið. Vetni er jafnan flutt í gasflöskum á háum þrýstingi. Sjá má áætlaðan kostnað við að flytja 900 kg af vetni á dag mislanga leið á mynd 22. Tölurnar sem myndin byggir á eru lauslega reiknaðar og einungis settar fram til að gefa grófa mynd af flutningskostnaði. Útreikningar byggja á þeirri forsendu að vetnið

³⁹ Miðað er við að áætlað verð sé í flokki Class 4 skv. AACE International cost estimation classification system

sé flutt í 20 feta gámaeiningum sem rúma 500 kg af vetni hver, en tekið er tillit til áætlaðrar fjárfestingar í flutningseiningum (greiddar upp á 4 árum meðan á framkvæmdum standur og seldar á 50% af nývirði), eldsneytiskostnaðar og launakostnaðar fyrir bílstjóra⁴⁰.



Mynd 22: Flutningskostnaður 900 kg vetnis á dag í gámaeiningum með gasflöskum (lauslega áætlað miðað við gefnar forsendur um kostnað við flutningseiningar, magn vetnis o.fl.)

Setja þarf upp vetnisafgreiðslustöð fyrir verktaka á framkvæmdastað. Gera má ráð fyrir að heildarkostnaður sé 200 m.kr.⁴¹ (með +30% / -20% óvissumörkum) fyrir stöð sem afkastar 900 kg/dag. Minni vetnisafgreiðslustöð kostar eitthvað minna en ólíklegt er að heildarkostnaðurinn verði lægri en 130 milljónir króna (1 milljón Bandaríkjadala)⁴¹.

Viðmiðunarverk A

Fyrir viðmiðunarverk A þarf að afgreiða 900 kg af vetni á dag ef knýja á allan tækjaflotann á háannatíma (þar af 100 kg fyrir minni bíla).

Afgreiðslustöð fyrir slíkt magn af vetni kostar um 200 m.kr. eins og kemur fram að ofan. Auk þess þyrfti að fjárfesta í a.m.k. fjórum flutningseiningum (áætlað verð er 20 m.kr. á einingu en þyrfti að kanna nánar) og standa kostnað af flutningi á allt að 2 einingum á dag frá vetnisframleiðslustöð 150 km frá framkvæmdasvæði. Áætlaður flutningskostnaður (með inniföldum kaupum á fjórum flutningseiningum) er um 200 kr. á hvert kg af vetni samkvæmt mynd 22.

Viðmiðunarverk B

Fyrir viðmiðunarverk B þarf að afgreiða 300 kg af vetni á dag ef knýja á allan tækjaflotann á háannatíma (þar af 30 kg fyrir minni bíla).

Afgreiðslustöð fyrir slíkt magn af vetni kostar um 130 m.kr. eins og fram kemur að ofan. Auk þess þyrfti að fjárfesta í a.m.k. tveimur flutningsfletum og standa kostnað af flutningi á einni einingu allt að annan hvern dag frá vetnisframleiðslustöð 30 km frá framkvæmdasvæði. Áætlaður flutningskostnaður (með inniföldum kaupum á tveimur flutningseiningum) er um 100 kr. á hvert kg af vetni.

⁴⁰ NREL (1998). [Cost of Storing and Transporting Hydrogen](#)

⁴¹ DOE Hydrogen Program Record (2021). [Hydrogen fueling stations cost](#)

4.3 Metan

Eins og gildir um vetnið er ákveðinn kostnaður fólgin í flutningi á metani um langa leið. Metanið er jafnan flutt á 250 bar þrýstingi í 20 feta gámaeiningu sem rúma 2000 Nm³ af metani. Einnig þarf að setja upp metanafgreiðslustöð á framkvæmdasvæðinu. Gera má ráð fyrir að heildarkostnaður við slíka stöð sé 250 m.kr.⁴² (+30% / -20% óvissumörk) fyrir stöð sem gæti afkastað 9000 Nm³/dag (ígildi 9000 L af bensíni/dísil á dag). Stöð sem afkastar 3000 Nm³/dag kostar um 150 m.kr. og enn minni stöð (500 Nm³/dag) kostar um 70 m.kr.

Viðmiðunarverk A

Fyrir viðmiðunarverk A þarf að afgreiða 9000 Nm³ af metani á dag ef knýja á allan tækjaflotann á háannatíma (þar af um 1000 Nm³ fyrir minni bíla).

Afgreiðslustöð fyrir slíkt magn af metani kostar um 250 m.kr. eins og kemur fram að ofan. Auk þess þyrfti að fjárfesta í a.m.k. átta flutningseiningum (hver eining kostar um 13 m.kr.) og standa kostnað af flutningi á allt að 4 einingum á dag frá metanframleiðslustöð 150 km frá framkvæmdasvæði. Áætlaður flutningskostnaður (með inniföldum kaupum á átta flutningseiningum) er um 45 kr/Nm³ en gert er ráð fyrir sambærilegum forsendum og í útreikningum á flutningskostnaði fyrir vetni.

Viðmiðunarverk B

Fyrir viðmiðunarverk B þarf að afgreiða 3000 Nm³ af metani á dag ef knýja á allan tækjaflotann á háannatíma (þar af 300 Nm³ fyrir minni bíla).

Afgreiðslustöð fyrir slíkt magn af metani kostar um 150 m.kr. eins og fram kemur að ofan. Auk þess þyrfti að fjárfesta í a.m.k. þremur flutningseiningum og standa kostnað af flutningi á rúmlega einni einingu á dag þegar mest lætur frá metanframleiðslustöð 30 km frá framkvæmdasvæði. Áætlaður flutningskostnaður (með inniföldum kaupum á tveimur flutningseiningum) er um 15 kr/Nm³.

4.4 Lífdísill

Ef afgreiða á lífdísilblandaða dísilolíu eða hreinan⁴³ VLO lífdísil er einfaldast að koma upp á framkvæmdasvæði sérstökum tanki ásamt afgreiðslubúnaði. Olíufélög geta hugsanlega afgreitt lífdísilblöndu beint á tankinn en annars þyrfti mögulega að koma upp blöndunarbúnaði á staðnum. Kostnað við innviði til að nota lífdísil þyrfti að skoða nánar en ljóst er að hann yrði ekki hár miðað við innviðakostnað fyrir rafmagn, vetni eða metan.

Viðmiðunarverk A

Fyrir viðmiðunarverk A væri mest hægt að afgreiða 8000 L af blandaðri dísilolíu á dag ef knýja á allan vinnuvélaflotann á slíkri blöndu. Heppileg stærð á tanki væri 20 m³. Fyrir 16% lífdísilblöndu væri magn af lífdísil mest um 1300 L á dag.

Viðmiðunarverk B

Fyrir viðmiðunarverk B væri mest hægt að afgreiða 3000 L af blandaðri dísilolíu á dag ef knýja á allan vinnuvélaflotann á slíkri blöndu. Heppileg stærð á tanki væri 10 m³. Fyrir 16% lífdísilblöndu væri magn af lífdísil mest um 500 L.

⁴² U.S. Department of Energy (2014). [Costs Associated With Compressed Natural Gas Vehicle Fueling Infrastructure](#)

⁴³ Líklega væri aldrei um 100% hreinan VLO lífdísil að ræða þar sem þyngri olíutegund(um) væri blandað í hann til að hækka eðlisþyngdina

5. Niðurstöður og tillögur

5.1 Samantekt

Eins og kemur fram í köflum 2 og 3 þá eru eftirfarandi kostir í boði varðandi endurnýjanlegt eldsneyti fyrir ökutæki á Íslandi:

- Rafmagn
- Vetni
- Metan
- Lífdísill

Aðrir kostir, svo sem metanól eða lífetanól, eru ekki taldir ákjósanlegir kostir eins og staðan er í dag ef horft er til framboðs og óvissu um hentugleika og ávinning.

Eftirfarandi er samantekt helstu atriði fyrir hvern orkugjafa.

Rafmagn

- Framboð á rafmagn er nægt svo hægt væri að keyra allan tækjafloa í stóru framkvæmdaverki eingöngu á rafmagn.
- Rafmagn er mjög ódýrt í samanburði við aðra orkugjafa fyrir ökutæki.
- Verð á rafknúnum ökutækjum fer sífellt lækkandi og drægni eykst með hverju árinu. Í mörgum tilvikum er heildarkostnaður þegar lægri fyrir rafknúð ökutæki en ökutæki sem nýta jarðefnaeldsneyti (sjá myndir 17-19).
- Framboð á rafknúnum ökutækjum er orðið þó nokkuð og í boði er fjöldi tegunda af minni bílum, þ.e. fólksbílum og sendibílum. Einnig eru nýlega komnir á markað hjá þekktum framleiðendum rafmagnspallbílur og einnig stærri ökutæki, þ.e. trukkar og hópferðabílar. Fyrirséð er að framboð á rafknúnum ökutækjum muni aukast mikið á næstu árum.
- Framboð á rafknúnum vinnuvélum er enn sem komið er takmarkað við lítil tæki (þetta er þó ekki algilt og má nefna að rafknúnir lyftarar hafa verið í boði um langa hríð og einnig orkufrek, staðbundin tæki eins og jarðborar). Þróunin er hins vegar hröð á þessum markaði og hafa helstu framleiðendur kynnt áform um framleiðslu á stærri vinnuvélum á næstu árum.
- Innviðir til að knýja allan tækjafloa í stóru framkvæmdaverki (viðmiðunarverki A) gætu kostað um 350-400 m.kr. Þar með talið er heimtaug ásamt spennistöðvum og hraðhleðslustöðvum fyrir stærri tæki og litlar hleðslustöðvar fyrir minni bíla. Innviðir fyrir minna framkvæmdaverk (viðmiðunarverk B) kosta mun minna eða um 130 m.kr.
- Ef eingöngu eru settir upp innviðir til að knýja minni bíla í framkvæmdaverki er möguleg hægt að nýta hefðbundna rafmagnstengingu að framkvæmdasvæði og setja upp hleðsluaðstöðu fyrir 300-350 þús.kr. per bíl (fer eftir stærð framkvæmdaverks).
- Engin kolefnislosun er af notkun rafknúinna ökutækja.

Vetni

- Framboð á vetni er takmarkað í dag við eina stöð á Hellisheiði sem framleiðir vetni sem ökutækjaeldsneyti (max. 300 kg á dag). Ýmsar hugmyndir eru um uppsetningar nýrra vetnisframleiðslustöðva svo framboðið gæti breyst á næstu árum. Það er þó ekki líklegt að þetta verði fyrr en eftir 3-4 ár í fyrsta lagi.

- Verð á vetni er í dag nokkuð hátt og svipað verði á bensíni (þá er meira að segja miðað við bensínverð án ívilnana). Spár gera ráð fyrir að verðið eigi eftir að lækka en þó nokkur óvissa er um hver þróunin verður raunverulega. Hefur væntanlegt framboð og eftirspurn eftir vetni talsverð áhrif í þessu sambandi. Einnig má nefna háan flutningskostnað og hagkvæmni þess að vetnisframleiðsla sé nálægt notanda.
- Framboð á vetnisbílum er takmarkað í dag. Einungis eru tvær gerðir vetnisfólksbíla framleiddir í dag og eitthvað af stærri ökutækjum, vinnuvélum og sérhæfðum tækjum svo sem lyfturum.
- Heildarkostnaður við vetnisbíla er nokkuð hár í samanburði við bíla sem nýta aðra orkugjafa (sjá myndir 17-19). Á þetta bæði við um minni ökutæki og stærri. Spár gera þó ráð fyrir að verð á vetnisbílum eigi eftir að lækka mikið á næstu árum en nokkur óvissa er um hversu hratt verðið muni lækka í raun.
- Áfyllistöð til að afgreiða vetni á allan tækjafloa í stóru framkvæmdaverki (viðmiðunarverk A) kostar um 200 m.kr. Áfyllistöð fyrir minna verk (viðmiðunarverk B) kostar um 130 milljónir kr.
- Engin kolefnislosun er af notkun vetnisbíla.

Metan

- Framboð á metani er takmarkað í dag. SORPA og Norðurorka eru einu framleiðendur metans og er framleiðslu- og afgreiðslugetan takmörkuð.
- Metan er nokkuð ódýrara en bensín og dísilolía en talsverður kostnaður er fólgin í flutningi á metani um langa leið sem hækkar einingarverðið.
- Framboð á metanbílum er nokkuð, bæði fyrir minni og stærri ökutæki.
- Heildarkostnaður við metanbíla er sambærilegur og við bensín- og dísilbíla og nokkuð lægri fyrir minni bíla ef tekið er tillit til ívilnana á vörugjöldum og sköttum (sjá myndir 17-19).
- Áfyllistöð til að afgreiða metan á allan tækjafloa í stóru framkvæmdaverki (viðmiðunarverk A) kostar um 250 m.kr. Áfyllistöð fyrir minna verk (viðmiðunarverk B) kostar um 150 milljónir kr.
- Nær engin (nettó) kolefnislosun er af notkun metanbíla.

Lífdísil

- Hægt að nota innfluttan VLO lífdísil í stað dísilolíu, annaðhvort hreinan⁴³ eða sem íblöndun í hefðbundna dísilolíu (t.d. 16%), fyrir ökutæki og vinnuvélar í framkvæmdaverki.
- Ef leyfilegt er að nota hærri íblöndun FAME lífdísils á ökutæki en sem svarar hlutfalli FAME í dísilolíu á markaði í dag (7%), þá mætti athuga nánar framboð á lífdísil framleiddum hér á landi og hvort hann uppfylli tilskyldar kröfur.
- Hugsanlega er hægt að semja við olíubirgja um að afgreiða VLO lífdísil í sérstakan tank. Annars þarf að koma upp blöndunarbúnaði á framkvæmdasvæði.

Heildarniðurstöður

Rafmagn er ákjósanlegur kostur til að minnka kolefnisspor ökutækja á framkvæmdasvæðum. Í dag er mikið framboð á minni rafbílum, það er fólksbílum og sendibílum, og ekkert því til fyrirstöðu að gera kröfur á verktaka um að nýta rafmagn á slíka bíla á framkvæmdasvæðum eins og kostur er. Innviðakostnaður hleðslustöðva fyrir minni bíla í framkvæmdum er tiltölulega lítill. Útreikningar sýna jafnframt að heildarkostnaður við minni rafbíla er þegar í dag minni en við bíla sem nýta jarðefnaeldsneyti svo það ætti að vera nokkur ávinningur af því fyrir verktaka að skipta yfir í rafmagnsbíla.

Framboð á rafknúnum vinnuvélum og stærri tækjum er enn takmarkað og því ekki taldar forsendur fyrir að gera frekari almennar kröfur til verktaka um að nota rafknúna vinnuvélar umfram það sem þegar er gert í dag. Hins vegar eru líkur á að framboðið aukist á komandi árum og því er ráðlegt að skoða stöðuna aftur að nokkrum árum liðnum (t.d. 2025) og meta hvort þá sé hægt að gera kröfur á verktaka að nota rafknúna vinnuvélar í meira mæli.

Rafknúna flutningabifreiðar eru enn sem komið er með takmarkaða drægni og því ekki forsendur til að gera kröfur um að slíkar bifreiðar sé notaðar til að flytja efni og búnað á framkvæmdastað. Þetta gæti þó breyst hratt á næstu árum (sbr. umfjöllun í kafla 3.1) og vert að skoða stöðuna aftur eftir nokkur ár.

Vetni og metan eru ekki taldir ákjósanlegir kostir til notkunar á ökutæki á framkvæmdasvæðum eins og staðan er í dag. Helgast það fyrst og fremst af takmörkuðu framboði á þessum eldsneytistegundum, litlu rekstraröryggi og dýrum flutningi. Nokkuð hár kostnaður er einnig fólgin í innviðum, jafnvel þótt nota eigi lítið magn af vetni eða metani. Framboð á vetnisökutækjum er jafnframt lítið og þau hlutfallslega dýr. Heildarkostnaður við vetnis- og metanökutæki er í dag hár miðað við rafknúin ökutæki og eldsneytisverð er hátt miðað við raforkuverð.

Spár gera ráð fyrir að vetnisökutæki lækki í verði á komandi árum, framboð aukist og vetnisverð lækki einnig. Jafnframt eru áform hjá SORPU um að vökvagera metan og bjóða upp á meira magn af metani. Gangi þessi atriði eftir gætu forsendur fyrir notkun vetnis og metans í framkvæmdaverkum breyst og því er ráðlagt að skoða stöðuna aftur að nokkrum árum liðnum (eins og fyrir rafknúna vinnuvélar og flutningabifreiðar).

Lífdísil er hægt að nota til að minnka kolefnisspor vinnuvéla og tækja. Skoða mætti nánar forsendur fyrir því að gera kröfur til verktaka að nota hreinan innfluttan VLO lífdísil eða lífdísilblöndu fyrir vinnuvélar í framkvæmdaverkum. Athuga þarf nánar framboð á innlendri framleiðslu lífdísils og hvort hann uppfylli tilskýldar kröfur.

5.2 Tillögur að kröfum til verktaka

Almennar kröfur

Lagt er til að almennar kröfur sem Landsvirkjun gerir til verktaka varðandi notkun eldsneytis og orku í skjali LEI-0237 (sjá lista í kafla 1.2) verði uppfærðar á eftirfarandi hátt (rauðlituðum atriðum hefur verið bætt við en blálituð atriði eru til að skýra breytingatillögurnar):

- Verktaki skal draga eins og kostur er úr notkun jarðefnaeldsneytis og leggja fram áætlun þar um áður en verk hefst.
- ~~Verktaki skal skila yfirliti yfir raunnotkun jarðefnaeldsneytis til Landsvirkjunar.~~ **Verktaki skal halda bókhald yfir raunnotkun á endurnýjanlegum orkugjöfum og jarðefnaeldsneyti sem notuð eru á ökutæki og vinnuvélar. Verktaki skal skila bókhaldinu reglulega inn til Landsvirkjunar.** *ATH: Þetta er mikilvægt fyrir Landsvirkjun til að geta metið og mælt árangur af minnkun kolefnislosunar í framkvæmdaverkum með nákvæmari hætti. Einnig er þetta nauðsynlegt til að geta fylgt eftir sértökum kröfum til verktaka í útboðsverkum (sjá nánar að neðan).*
- Allar staðbundnar vélar, sbr. jarðborar og grjótmulningstæki, skal keyra á rafmagni eða öðru vistvænu eldsneyti nema um annað sé samið.
- **Allar fólksbifreiðar og sendibifreiðar skulu keyrðar á rafmagni eða öðru vistvænu eldsneyti nema um annað sé samið.** *ATH: Hægt væri að innleiða þessa kröfu í skrefum til að koma til móts við verktaka og þjónustuaðila, t.d. krafa um 50% bifreiða 2022, 75% 2024 og 100% 2026.*

- Ekki skal skilja ökutæki og vinnuvélar eftir í lausagangi.
- Tryggja skal ábyrga nýtingu endurnýjanlegra orkuauðlinda, svo sem rafmagns og heits vatns, og koma í veg fyrir sóun.
- Halda skal skrá yfir notkun á rafmagni í viðkomandi verkefni og skila til Landsvirkjunar.
- Velja skal vistvænt ökutæki og vinnutæki eins og kostur er.

Til að verktaki geti uppfyllt kröfur um keyrslu véla og bifreiða á rafmagni þarf Landsvirkjun að huga að tengingu rafmagns að hverju framkvæmdasvæði og uppsetningu hleðslustöðva á svæðinu í samræmi við áætlanir verktaka um notkun á rafknúnum vélum.

Einn möguleiki er að Landsvirkjun sjái um útvegum og tengingu hleðslustöðva á framkvæmdasvæðum. Hægt væri að nýta hleðslustöðvar úr einu verki aftur í öðru verki ef stöðvarnar eru í eigu Landsvirkjunar. Annar möguleiki er að gera kröfur á verktaka að setja sjálfir upp hleðslustöðvar til eigin nota. Verktakar gætu þá keypt hleðslustöðvarnar sjálfur eða leigt þær af viðeigandi aðilum.

Eins þarf að ákveða fyrirkomulag á lífdísiltanki (og mögulega blöndunarbúnaði) samkvæmt áætlunum verktaka um notkun á lífdísil.

ATH → Æskilegt væri að Landsvirkjun kostaði alla innviði fyrir rafmagn og lífdísil, a.m.k. um sinn eða þar til jarðefnaeldsneyti verður alfarið bannað í framkvæmdaverkum. Ekki er talið heppilegt að slíkur kostnaður leggist aukalega á þá verktaka sem bjóða vistvæn tæki (eða hækki tilboðsupphæð þeirra). Slíkt myndi letja verktaka frá því að bjóða tæki sem nota endurnýjanlega orkugjafa.

Sértækar kröfur fyrir útboðsverk

Eftirfarandi eru þrjár hugmyndir að leiðum til að stuðla að orkuskiptum og minnkun í notkun jarðefnaeldsneytis í framkvæmdaverkum. Hugmyndirnar eru ekki fullmótaðar og ætlaðar til frekari umræðu og útfærslu.

a) Einkunn fyrir kolefnishlutleysi

Til að hvetja verktaka til frekari nota á endurnýjanlegum orkugjöfum mætti útbúa einkunnakerfi fyrir útboðsverk. Veitur hafa eitthvað prófað sig áfram með slíkt kerfi og einnig þekkt þetta fyrirkomulag í Noregi.

Dæmi um svona einkunnakerfi væri að 20% af heildareinkunn útboðs væru fyrir notkun á endurnýjanlegum orkugjöfum á vinnuvélar og tæki – t.d. væri hægt að kalla þennan hluta af heildareinkunn kolefnishlutleysis-einkunn. Þeir verktakar sem bjóða tæki sem nota endurnýjanlega orkugjafa fá hærri einkunn fyrir kolefnishlutleysi en aðrir sem hyggjast nota jarðefnaeldsneyti.

Kolefnishlutleysis-einkunn væri reiknuð út frá áætlaðri minnkun í losun gróðurhúsalofttegunda (GHG sem stendur fyrir *GreenHouse Gases*). Í boði væru 0-20 stig (af 100 heildarstigum í útboði) og hámarksfjöldi stiga, 20, fengist fyrir að nota eingöngu tæki sem keyra á rafmagni (eða vetni/metani), þ.e. kolefnishlutlaus framkvæmd (e. zero-emission construction).

Forsendur stigaútreikninga þyrftu að byggja á áætlaðri notkun eldsneytis í verkinu eða ákveðnum verkhlutum. Hægt væri að skoða notkun jarðefnaeldsneytis í eldri verkum til samanburðar og nota sem viðmið eða grunn (t.d. dísilnotkun per m³ í jarðvinnuverki).

Verktakar myndu áætla eigin notkun á orkugjöfum fyrir hvern verklið (með rökstuðningi og tækjalista) og losun GHG væri reiknuð samkvæmt losunarstuðlum UST¹⁷. Kolefnishlutleysis-einkunn verktaka væri ákvörðuð samkvæmt hlutfallslegri minnkun í losun GHG miðað við viðmiðunarlosun.

Til að reyna að útskýra hugmyndina betur er sett upp sýnidæmi í töflu 2 að neðan. Þar liggja tveir verkliðir til grundvallar ákvörðunar á kolefnis-hlutleysiseinkunn, jarðvinna og sprengingar. Gefin er upp viðmiðunarnotkun dísilólú fyrir hvorn verklið og verktaki áætla hvað hann muni nota mikið af dísilólú, lífdísil og rafmagni. Losun GHG er reiknuð samkvæmt losunarstuðlum UST og hlutfallsleg minnkun ræður einkunninni – hlutfallsleg minnkun í losun GHG er 51% og því fær verktaki kolefnishlutleysis-einkunnina 10,2 af 20 mögulegum.

Einkunnakerfið sem hér er lýst hvetur verktaka til að minnka notkun á jarðefnaeldsneyti, hvort heldur með notkun á endurnýjanlegum orkugjöfum eða sparneytnari tækjum eða tækjum af heppilegri stærð.

Hafa þyrfti eftirlit með bókhaldi um raunverulega notkun verktaka á endurnýjanlegum orkugjöfum og jarðefnaeldsneyti. Ákveða þyrfti refsingar ef verktaki stendur ekki við áætlun sína um minnkun í notkun jarðefnaeldsneytis. T.d. mætti hafa sektarákvæði ef frávik í hlutfallslegri minnkun er meira en 10%.

Tafla 2: Dæmi um töflu til útreikninga á einkunn fyrir kolefnishlutleysi í útboði

<i>Verkliður</i>	<i>Magn</i>	<i>Viðmiðunar- dísilnotkun</i>	<i>Áætluð dísilnotkun</i>	<i>Áætlun lífdísilnotkun</i>	<i>Áætluð rafmagnsnotkun</i>
Jarðvinna	5000 m ³	500.000 L	252.000 L	48.000 L	300.000 kWh
Sprengingar	1000 m ³	100.000 L	42.000 L	8.000 L	50.000 kWh
...
...
Samtals		600.000 L	294.000 L	56.000 L	350.000 kWh
Losun GHG		1.632 tCO₂-íg	800 tCO₂-íg	0,4 tCO₂-íg	0 tCO₂-íg
Hlutfallsleg minnkun í losun GHG: 51% -> Kolefnishlutleysis-einkunn: 10,2 af 20					

b) Greiðslukerfi

Önnur möguleg leið til að hvetja verktaka til að minnka notkun jarðefnaeldsneytis er að greiða sérstaklega fyrir minnkun í losun GHG.

Til grundvallar slíkum greiðslum þyrfti að liggja viðmið/grunnur um eldsneytisnotkun (og losun GHG) ef eingöngu eru notuð jarðefnaeldsneyti. Þetta er í raun sama viðmið og þyrfti til að reikna kolefnishlutleysis-einkunn (tillaga a) að ofan). Viðmiðarlosun þyrfti að ákvarða með einhverjum hætti, t.d. út frá reynslutölum um eldsneytisnotkun í fyrri verkum.

Einnig þyrfti að liggja fyrir nákvæmt og staðfest bókhald verktaka um notkun jarðefnaeldsneytis og endurnýjanlegra orkugjafa.

Verktaki fengi greitt fyrir hvert tonn CO₂-ígilda sem raunlosun hans sparar miðað við viðmiðunarloosun. Ákveða þyrfti einingarverð sparnaðar í kolefnislosun vandlega og mögulega væri heppilegt að gera það í samráði við helstu hagsmunaaðila, þ.e. verktaka, birgja á tækjum o.fl. Til samanburðar má nefna að í dag er verð á losunarheimild í Evrópu um 60 EUR/tonn CO₂-ígildi (9000 kr.) en hækkar á næstu misserum samkvæmt spám⁴⁴.

⁴⁴ tradingeconomics.com (2021)

c) Kröfur um hámarkslosun

Þriðji möguleikinn er að setja strax ófrávíkjanlegar kröfur í útboð um lágmarksnotkun endurnýjanlegra orkugjafa (eða hámarkslosun GHG). Þeir verktakar sem geta ekki boðið tæki sem skila þessu eru ekki metnir hæfir og tilboð þeirra ógild.

T.d. mætti hugsa sér að setja strax þær kröfur að heildarlosun frá vinnuvélum skuli vera 10% minni en ef þær væru eingöngu keyrðar á dísilolíu. Þessu væri hægt að ná með notkun lífdísils.

Þegar framboð á rafknúnum vinnuvélum eykst (eða þegar vetni eða metan verða raunhæfir kostir) væri hægt að hækka þetta hlutfall og svo aftur og aftur þar til það verður orðið 100%.

Að lokum má nefna að hægt væri að blanda saman þessum leiðum, a), b) og c), sem nefndar eru hér að ofan. T.d. væri hægt að vera með kröfur um hámarkslosun GHG en greiða einnig fyrir sparnað í losun umfram þessar kröfur (ef hámarkslosun er 90% en sýnt er að verktaki hafi sparað 50% miðað við viðmiðunarlosun, þá fengi hann greitt fyrir umfram 40 prósentin).

Eins væri hægt að gefa verktökum kolefnishlutleysis-einkunn en greiða þeim samt fyrir sparnað í losun GHG (þetta myndi hvetja verktaka til að standa við áætlun sína og einkunn fyrir kolefnishlutleysi og jafnvel gera enn betur!).

Kynna þarf vel fyrir verktökum og öðrum hagaðilum þá leið sem verður valin.