

[Skrifa mánuð og ár]



Orkuskipti í flugi

Stefna og aðgerðaáætlun

Reykjavík 30 mars 2022

Höfundar:

[Nafn/nöfn]

Útgefandi:

[Útgefandi]

Unnið í samstarfi við [Nafn/nöfn].

©2022 Innviðaráðuneytið

ISBN [Færa inn ISBN-númer]

Efnisyfirlit

1.1 Samhengi við aðrar áætlanir stjórnvalda.....	Err
or! Bookmark not defined.	
1.2 Horfur í flugi.....	8
1.2.1 Áhrif COVID 19 á flugsamgöngur.....	10
1.2.2 Eldsneytisspá.....	10
2.1 Flugvélar/Flugfélög.....	12
2.2 Orkugjafar og innviðaþróun.....	14
2.2.1 Sjálfbært flugvélaeldsneyti.....	14
2.2.1.1 Innviðaþróun.....	15
2.2.2 Lífdísill.....	15
2.2.2.1 Innviðaþróun.....	15
2.2.3 Rafmagn.....	15
2.2.3.1 Innviðaþróun.....	16
2.2.4 Vetni.....	16
2.2.4.1 Innviðaþróun.....	17
2.3 Nágrannalönd.....	17
2.3.1 Noregur.....	17
2.3.2 Skotland.....	18
2.3.3 Svíþjóð.....	19
2.4 Regluverk.....	19
2.5 Hvatar og ívilnanir.....	20
3.1 Veðurfar og staðsetning.....	21
3.2 Innviðir.....	21
3.3 Nýsköpun.....	22

5.1	Hertar reglur í viðskiptakerfi með losunarheimildir (ETS).....	24
5.2	Þátttaka í alþjóðlegu kerfi um samdrátt í losun frá flugi	24
5.3	Vistvænt innanlandsflug.....	25
5.4	Samstarf við framleiðendur nýrra flugvéla.....	25
5.5	Stuðningur við vistvænt innanlandsflug.....	26
5.6	Átaksverkefni skilgreint innan Orkusjóðs.....	26
5.7	Regluverk og leyfisveitingaferli	26
5.8	Stuðningur og hvatar fyrir endurnýjanlegt eldsneyti.....	27
5.9	Orkusparnaður í loftrýmisstjórnun.....	27
5.10	Innviðaupbygging fyrir endurnýjanlegt eldsneyti á flugvöllum.....	27
5.11	Þjónustutæki á flugvöllum landsins verði knúin endurnýjanlegum orkugjöfum og innviðir til staðar fyrir farþega og starfsfólk.....	28
5.12	Vistvænar samgöngur að og frá Keflavíkurflugvelli	28

Hugtakalisti

Árangursmælikvarði:	Við allar aðgerðir er að finna árangursmælikvarða en þeir eru mælikvarðar á framgang aðgerða. Fylgst er með árangursmælikvörðum yfir tíma til að sjá hvernig viðkomandi aðgerð miðar.
CORSIA:	Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation. Kerfi á vegum Alþjóðaflugmálastofnunarinnar sem hefur það að markmiði að ná fram kolefnishlutlausum vexti í alþjóðaflugi
Endurnýjanlegt eldsneyti:	Eldsneyti sem er unnið úr endurnýjanlegum orkugjöfum, svo sem lífdísill, etanól, metanól, vetni og metan.
Endurnýjanlegir orkugjafar:	Orkugjafar sem ekki eru jarðefnaeldsneyti heldur af endurnýjanlegum uppruna, hvort heldur er af lífrænum eða ólífrænum, þ.e. vatnsorka, vatnsvarmaorka, jarðvarmi, vindorka, sólarorka, sjávarorka, lífmassi, hauggas, lífgas og gas frá skólphreinsistöðvum.
ETS:	Emission Trading System. Viðskiptakerfi Evrópusambandsins með losunarheimildir.
Lífeldsneyti:	Endurnýjanlegt eldsneyti, í formi vökva eða gass, sem unnið er úr lífmassa (e. bio fuel).
Kolefnishlutleysi:	Þegar losun og binding CO ₂ jafnast út verður nettólosunin núll og þá er talað um kolefnishlutleysi (e. carbon neutrality).
Orkuskipti:	Þegar jarðefnaeldsneyti er skipt út fyrir endurnýjanlega orkugjafa. Orkuskipti geta meðal annars átt sér stað í samgöngum, við húshitun eða rafmagnsframleiðslu.
Umhverfisvænir orkugjafar:	Eldsneyti unnið úr endurnýjanlegum orkugjöfum, samheiti fyrir endurnýjanlega orkugjafa.

1. Inngangur

Í febrúar 2021 (151. löggjafarþing, 330. mál) samþykkti Alþingi þingsályktunartillögu umhverfis og samgöngunefndar þingsins um orkuskipti í flugi. Samkvæmt henni er samgöngu- og sveitarstjórnarráðherra falið í samráði við ferðamála-, iðnaðar- og nýsköpunarráðherra og umhverfis- og auðlindaráðherra að setja á fót starfshóp sérfræðinga til að móta stefnu og gera aðgerðaráætlun um orkuskipti í flugi á Íslandi. Er starfshópnum falið að ræða og gera tillögur að eftirfarandi:

- a. Hvernig Ísland geti orðið í fremstu röð í orkuskiptum í flugi.
- b. Hvernig styðja megi við nýsköpun á sviði orkuskipta í flugi.
- c. Fýsileika landsins með tilliti til veðurfars og þess hvaða innviðir þurfi að vera til staðar hér á landi vegna orkuskipta í flugi, m.a. í tengslum við nýsköpun, umhverfisvæna orkugjafa og þátttöku í prófunum og alþjóðlegri þróun orkuskipta í flugi.
- d. Að sett verði markmið um að byrjað verði að nota umhverfisvæna orkugjafa í innanlandsflugi fyrir árið 2030 og hvernig áætlun um það samrýmist öðrum áætlunum ríkisins í orkuskiptum, nýsköpun og loftslagsmálum.

Samgöngu- og sveitastjórnarráðherra skipaði starfshópinn í apríl 2021 en hann skipuðu Valgerður B. Eggertsdóttir (samgöngu- og sveitarstjórnarráðuneytinu), Helga Barðadóttir (umhverfis- og auðlindaráðuneytinu), Erla Sigríður Gestsdóttir (atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytinu), Páll S. Pálsson (Samgöngustofu) og Valur Klemensson (Isavia). Verkefnastjóri verkefnisins var Sandra Rán Ásgrímsdóttir (Mannvit).

Við vinnu starfshópsins voru haldnir fundir með helstu hagsmunaaðilum í flugi hér á landi ásamt því sem rætt var við erlenda aðila. Fundað var með eftirfarandi hagaðilum;

Jan Petter Steinland, Norska flugmálastofnunin.

Valur Klemensson, deildarstjóri umhverfisdeildar Isavia.

Jens Þórðarson, framkvæmdastjóri flugrekstrarsviðs Icelandair.

Fulltrúar Universal Hydrogen.

1.1 Samhengi við aðrar áætlanir stjórnvalda

Losun frá alþjóðaflugi er um 2% af heimslosun gróðurhúsalofttegunda af mannavöldum og fer sú losun vaxandi. Þessi losun er utan bókhalds einstakra ríkja samkvæmt bæði Kýtótó-bókuninni og Parísarsamningnum. Losunin fellur því ekki undir beina ábyrgð Íslands þegar kemur að aðgerðum í loftslagsmálum en ríki heims eiga þó að koma sameiginlega böndum á þessa losun innan ramma Alþjóðaflugmálastofnunarinnar [1].

Stjórnvöld hafa sett fram **aðgerðaráætlun í loftslagsmálum** sem inniheldur yfir 50 aðgerðir í átt til markmiða Íslands í loftslagsmálum. Aðgerðirnar snerta á fjölbreyttum atriðum tengdum m.a. orkuskiptum í samgöngum og er þar ein aðgerð sem snýr sérstaklega að flugi, aðgerð H.3., þó fjölmargar aðgerðir komi að orkuskiptum í flugi á einn eða annan hátt. Aðgerð H.3. snýr að þátttöku í alþjóðlegu kerfi um samdrátt í losun frá flugi. Alþjóðaflugmálastofnunin hefur unnið að því að koma upp nýju kerfi til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda frá flugi, CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation). CORSIA hefur það að markmiði að ná fram kolefnishlutlausum vexti í alþjóðaflugi frá og með árinu 2020 með kolefnisjöfnun og losun koltvísýrings í gegnum sérstök verkefnavottorð. Auk þess að taka þátt í ETS (Emission Trading Systems) viðskiptakerfi Evrópusambandsins með losunarheimildir sem er ætlað að mynda hagrænan hvata til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda. Ísland er einnig hluti af samnorrænu verkefni þar sem kortlagður er sá samdráttur sem orkuskipti í flugi geta haft [1].

Samgönguáætlun fyrir árin 2020–2034 felur í sér **flugstefnu** fyrir Ísland en þar kemur m.a. fram að Ísland eigi að verða í fremsta flokki í umhverfismálum tengdum flugi og flugrekstri. Þar segir að stefna eigi að hvötum til orkuskipta í flugi þegar fullnægjandi tækni hefur verið þróuð [2]. Enn fremur hefur verið skilgreind **Orkustefna** fyrir Ísland til ársins 2050 sem felur í sér skýra framtíðarsýn og tólf meginmarkmið. Í framtíðarsýninni kemur m.a. fram að Ísland verði leiðandi í sjálfbærri orkuvinnslu og orkuskiptum. Meginmarkmið sem snúa sérstaklega að orkuskiptum í flugi eru að Ísland verði óháð jarðefnaeldsneyti; orkuskipti verði á landi, á hafi og í lofti fyrir árið 2050 [3].

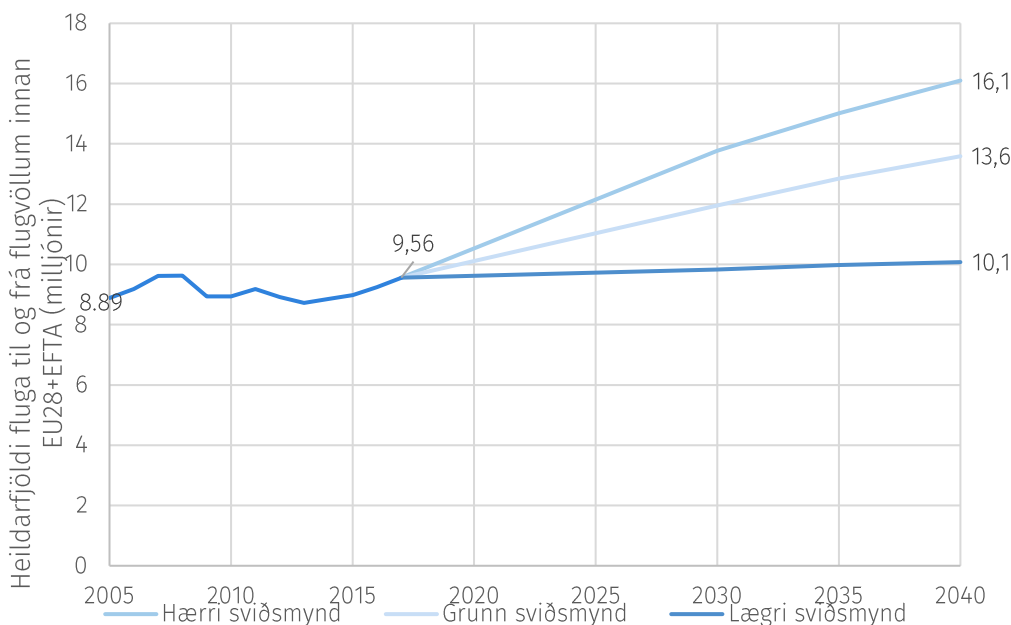
Aðgerðaráætlun um orkuskipti sem var samþykkt af Alþingi 31. maí 2017 felur í sér hlutdeild innlendra endurnýjanlegra orkugjafa sé aukin á kostnað jarðefnaeldsneytis. Með orkuskiptunum verði stuðlað að nýrri atvinnustarfsemi sem byggist á sjálfbærri þróun og nýsköpun. Þeir þættir sem snúa að flugi í aðgerðaráætluninni eru helst markviss uppbygging nauðsynlegra innviða til að tryggja framgang orkuskipta í flugtengdri starfsemi og orkusparnaður á öllum sviðum. Þá snýr ein aðgerðanna að því að öllum flugvélum verði skylt að nota landtengingu þegar þær standa á stæðum við flugstöðvarbyggingar. Enn fremur er lögð áhersla á orkusparnað með því að bæta orkunýtni hvort sem eldsneytið er af jarðefna- eða endurnýjanlegum uppruna [4].

Þessu til viðbótar hefur ferðamála-, iðnaðar- og nýsköpunarráðherra ákveðið að láta vinna Vegvísi fyrir vetni og rafeldsneyti. Í aðgerðaáætlun Orkustefnu til 2050 er m.a. kveðið á um að stutt verði við rannsóknir og uppbyggingu vetnis- og rafeldsneytisframleiðslu. Einnig að kanna skuli uppbyggingu innviða í tengslum við framleiðslu og flutning á vetni. Vegvísir fyrir vetni og rafeldsneyti mun styðja enn frekar við þau markmið og um leið styðja við orkuskipti í flugi. [5]

1.2 Horfur í flugi

Talið er að á næstu árum verði aukning í millilandaflugi á meðan horfur í innanlandsflugi benda til þess að það sé heldur að dragast saman. Þó að innanlandsflug sé almennt að dragast saman virðist það vera í sókn þegar horft er til hlutdeildar í almenningssamgöngum milli sveitarfélaga innanlands. Auk þess fer sá fjöldi ferðamanna sem nýtir sér innanlandsflug síðastliðin ár vaxandi. [6].

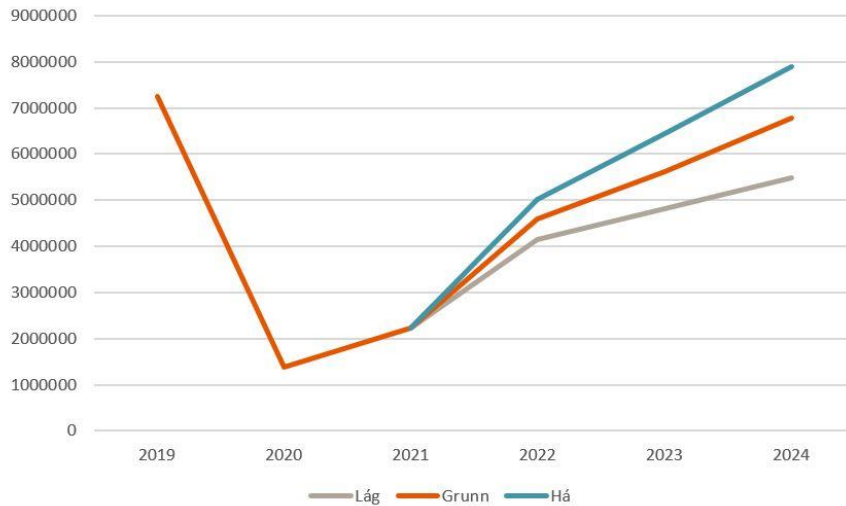
Flugöryggisstofnun Evrópusambandsins (EASA) hefur gefið út þrjár sviðsmyndir fyrir horfur til 2040 í flugi í Evrópu. Samkvæmt grunnsviðsmynd sem sýnd er á mynd 1 er gert ráð fyrir að fjöldi fluga aukist um 42% milli ára 2017 og 2040 [7].



Mynd 1: Spá um heildarfjölda fluga til og frá flugvöllum innan EU28 + EFTA [7].

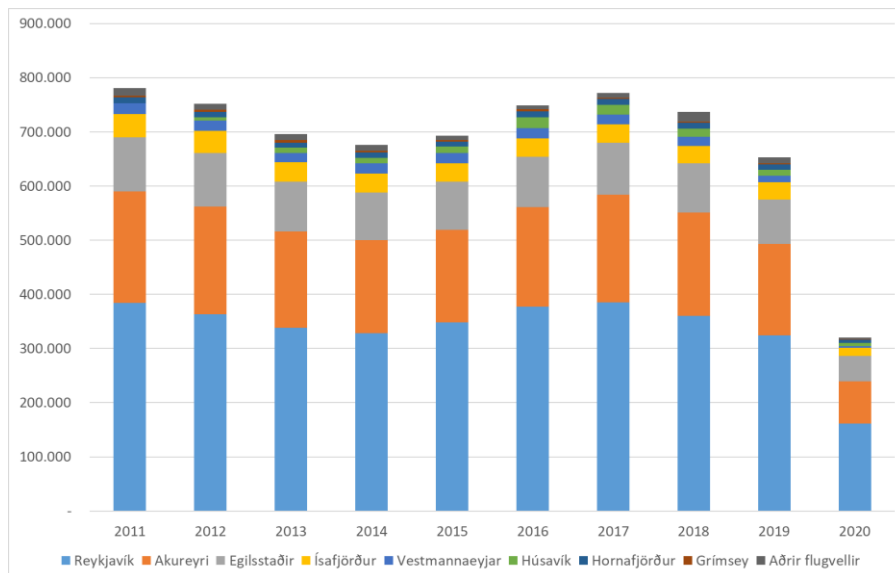
Isavia gaf út þróunaráætlun Keflavíkurflugvallar árið 2015 þar sem birt var framtíðarsýn flugvallarins byggð á farþega- og umferðarspá til ársins 2040 [8]. Áætlunin hefur verið uppfærð reglulega. Í henni kemur fram að farþegar í alþjóðaflugi og í millilendingum voru tvöfalt fleiri árið 2014 en árið 2004. Samhliða þróunaráætlun Keflavíkurflugvallar birti Isavia langtímaspá fyrir farþegafjölda fyrir árin 2015 til 2040. Sú spá var uppfærð árlega allt þar til heimsfaraldur Covid-19 skall á. Nýjasta uppfærða spá Isavia fyrir flugfarþega um Keflavíkurflugvöll er því fyrir árið 2020. Í október 2021 birti Isavia hins vegar samantekt um mögulegan fjölda farþega um Keflavíkurflugvöll fram til ársins 2024 enda ljóst að eldri spár tóku ekki mið af núverandi ástandi. Samkvæmt samantektinni sýna bjartsýnustu spár að fleiri farþegar gætu farið um flugvöllinn árið 2024 en árið 2019, þ.e. áður en Covid-19 heimfaraldurinn skall á.

Rúmlega 7 milljónir farþega fóru um völlinn árið 2019 en 2020 voru þeir aðeins 1,3 milljónir. Sviðsmyndir Isavia gera ráð fyrir að þeir verði á bilinu 4-5 milljónir 2022, á bilinu 4-6 milljónir 2023 og loks á bilinu 5,5-7,9 milljónir á árinu 2024 sbr. meðfylgjandi mynd.



Mynd 2: Spá um farþegafjölda fram til ársins 2024 á Keflavíkurflugvelli

Þegar kemur að innanlandsflugi má sjá á mynd 3 að þróunin hefur verið tiltölulega stöðug undanfarinn áratug ef frá er talin dýfa vegna Covid-19 faraldursins [9]. Talið er að með rafvæðingu styttri flugferða bjóðist tækifæri til að auka tíðni flugferða með aukinni hagkvæmni sem gæti fjölgað farþegum.



Mynd 2: Farþegafjöldi í innanlandsflugi 2011 – 2020 [9].

1.2.1 Áhrif COVID 19 á flugsamgöngur

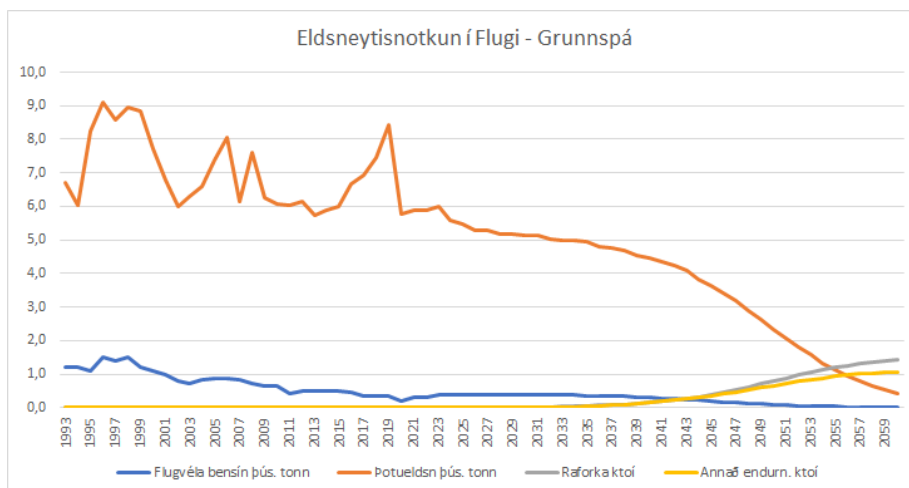
Enn þá er óvíst hvernig ferðavenjur munu breytast eftir Covid-19. Faraldurinn getur enn haft í för með sér að flugfélög geta endað í gjaldþroti sem leiðir til minni samkeppni og hugsanlega hækkunar á verði fargjalda. Fyrirtæki hafa þurft að spara og vinnuferðum fækkað í kjölfarið auk þess sem fjarfundir eru orðnir algengari. Líklega mun þessi þróun leiða til fækkunar viðskiptaferða frá því sem var fyrir faraldurinn. Aftur á móti hefur reynslan sýnt að í framhaldi af heimskreppum síðustu áratugi hefur farþegafjöldi aukist aftur eftir 1-2 ár [10].

Covid-19 hefur haft veruleg áhrif á ferðalög fólks en þess má geta að í október 2019 var heildar farþegahreyfing¹ í gegnum Keflavíkurflugvöll 552.936 farþegar en í október 2020 var heildarfjöldinn aðeins 19.288 farþegar sem gerir um 97% samdrátt í umferð gegnum flugvöllinn milli ára í sama mánuði [11].

Farþegafjöldi um Keflavíkurflugvöll féll um 26% árið 2019 og 81% árið 2020 miðað við árin á undan og má tengja það við gríðarlega breytinga á borð við fall WOW air, kyrrsetningar Boeing 737-Max farþegavéla í eigu Icelandair og heimsfaraldur Covid-19. Áhrif faraldursins á farþegafjölda árið 2021 eru enn óljós. Vonir standa til að auknar bólusetningar ásamt auknum ferðavilja muni valda því að flugstarfsemi rísi hratt aftur [12].

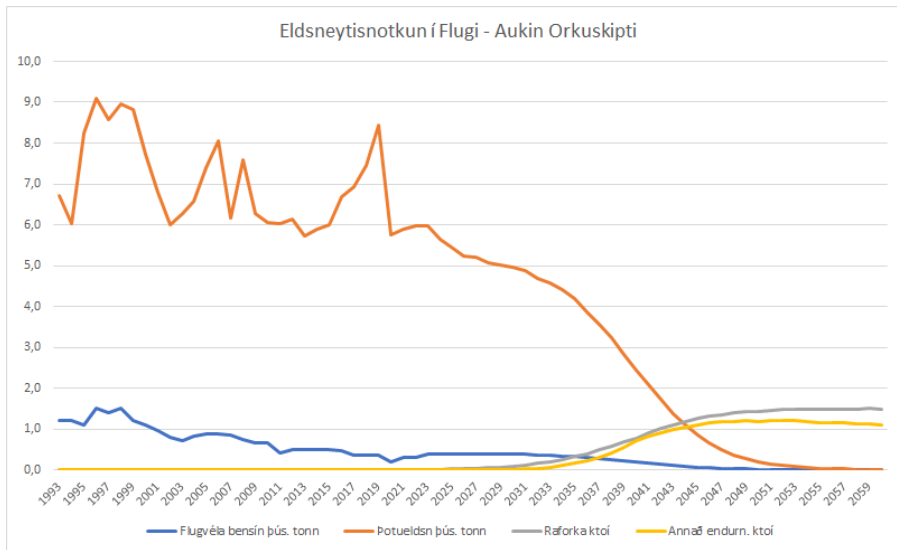
1.2.2 Eldsneytisspá

Í eldsneytisspá Orkustofnunar 2021 - 2060 hefur verið stillt upp tveimur sviðsmyndum fyrir innanlandsflug, grunnsviðsmynd og aukin orkuskipti. Sú fyrri byggir á núverandi horfum miðað við þær forsendur sem eru til staðar í dag. Sviðsmynd um aukin orkuskipti gerir ráð fyrir að Ísland verði óháð jarðefnaeldsneyti fyrir árið 2050. Gröfin hér að neðan sýna hlutdeild orkugjafa þegar kemur að eldsneytisnotkun í flugi miðað við báðar sviðsmyndir.



Mynd 3. Sviðsmyndir úr eldsneytisspá fyrir innanlandsflug: Grunnspá

¹ Innifelur brottfarir, komur og skiptifarþega (skiptifarþegar eru taldir tvisvar)

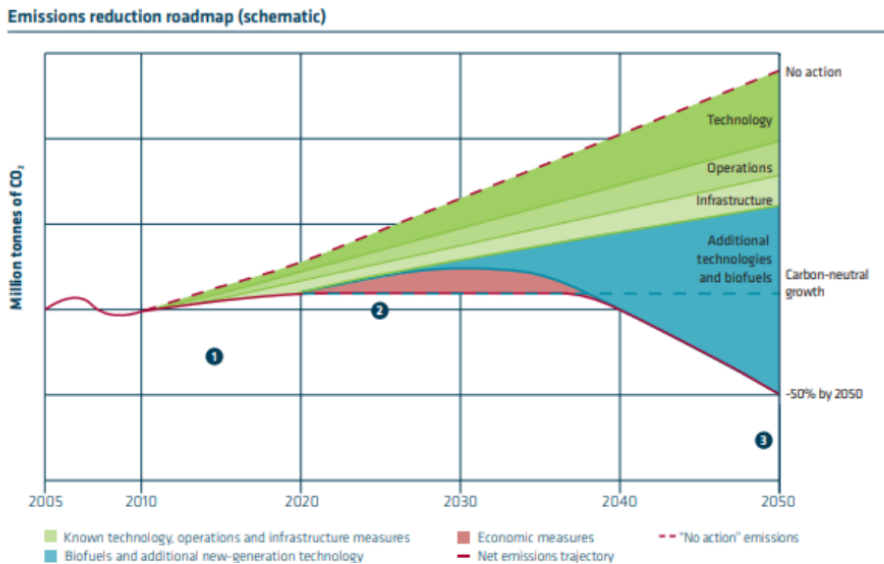


Mynd 4. Sviðsmyndir úr eldsneytisspá fyrir innanlandsflug: Aukin orkuskipti

Samkvæmt grunnsviðsmyndinni þá nær Ísland ekki að verða óháð jarðefnaeldsneyti í innanlandsflugi fyrr en árið 2060. Til að hraða orkuskiptum og standast markmið Orkustefnu 2050 um að verða óháð jarðefnaeldsneyti er því ljóst að stjórnvöld þurfa að grípa til aðgerða til að ná markmiðum sínum [13].

2. Orkuskipti í flugi

Meira en 95% af losun gróðurhúsalofttegunda í flugi koma frá flugvélum. Mikilvægustu aðgerðirnar til að minnka losun í flugi snúa að endurnýjun flugflota, aðgerðum til bættrar nýtingar á loftrými (e. airspace), notkun á endurnýjanlegum orkugjöfum, innleiðingu rafmagns- og blendingsflugvéla, kolefnisgjöldum og verslun með losunarkvóta [14].



Mynd 5: Sýnir framtíðarspá um mögulega losun CO₂ frá alþjóðaflugi í heiminum. Spáin sýnir losun út frá því að ekki verði farið í neinar aðgerðir yfir í mögulega tækniþróun og notkun á sjálfbærni lífildsneyti [15]

Þó stærsti hluti losunar gróðurhúsalofttegunda frá flugi komi beint frá flugvélunum má jafnframt rekja töluverða losun til rekstrar á flugvöllum, s.s. farþegaflutningum til og frá flugvöllum, rekstrar ökutækja á flugvöllum o.s.frv. Hér er hins vegar fyrst og fremst horft til orkuskipta flugvéla þeirra innviða sem nauðsynlegt er að séu til staðar á flugvöllum svo orkuskipti megi verða. Hins vegar er mikilvægt samhliða orkuskiptum flugvéla að huga að jafnframt að tengdum rekstri og orkuskiptum í því sambandi.

Hér að neðan er farið yfir núverandi stöðu á orkuskiptum í flugi, meðal annars þegar kemur að flugvélum, orkugjöfum og innviðum ásamt því sem farið er yfir framtíðarspár og stöðuna á þessum verkefnum í nágrennalöndum Íslands.

2.1 Flugvélar/Flugfélög

Mikil tækniþróun er á flugvélum í dag og mörg nýsköpunarfyrirtæki sem hafa sprottið upp í kringum orkuskipti í flugi. Framleiðendur hreyfla og flugvéla leggja töluverða áherslu á að þróa og aðlaga sínar flugvélar að umhverfisvænum orkugjöfum.

Fyrirtækin Roll Royce, Airbus og Siemens hafa átt í samstarfi um þróun á blendingsflugvél frá árinu 2017. Markmiðið þróunarverkefnisins var að skipta út

einum af fjórum hreyflum flugvélarinnar BAE 146 fyrir rafmagnshreyfil með möguleika á að skipta út öðrum til viðbótar í náinni framtíð. Með þessum aðgerðum vonast fyrirtækin til þess að standast markmið Evrópusambandsins undir verkefninu „Flightpath 2050 Vision for Aviation“ um að eftir árið 2050 muni flugvélar losa 75% minna af CO₂, 90% minna af NO_x og að hljóðmengun verði 65% minni miðað við getu nýrra flugvéla árið 2000. Verkefninu lauk í apríl 2020 að loknum reynsluflugum á vélinni og munu niðurstöður verkefnisins nýtast við áframhaldandi þróun vistvænni flugvéla hjá félögunum [16]. Þá hefur Boeing gefið út að fyrirtækið ætli að þróa flugvél fyrir árið 2030 sem geti flogið með 100% sjálfbæru flugvélaeldsneyti [17].

Mikil nýsköpun er einnig að eiga sér stað í þróun umhverfisvænni orkukosta í flugi. Nýsköpunarfyrirtækið Heart Aerospace er með áætlanir um að koma fyrstu rafknúnu 19 sæta farþegaflugvélinni í loftið árið 2026 en vélin mun búa yfir 400 km drægni og nýtast í innanlandsflugi m.a. í Svíþjóð. Nýverið undirritaði Icelandair viljayfirlýsingu við fyrirtækið um rafvæðingu innanlandsflugs með kaupum/leigu á slíkri flugvél. Þá hefur Icelandair einnig skrifað undir viljayfirlýsingu við nýsköpunarfyrirtækið Universal Hydrogen. Það fyrirtæki stefnir að því að umbreyta DHC-8 Q300 vélum félagsins fyrir árið 2025 þannig að þær verði knúnar hreyflum sem gangi eingöngu fyrir vetni. Vélarnar bera um 56 farþega óbreyttar en eftir umbreytinguna mun vélin hafa allt að 48 sæti og drægni upp á 750 til 1.000 km [18].

Þá er hönnun og prófun lítilla flugvéla sem knúnar eru umhverfisvænum orkugjöfum, einkum rafmagni, til farþegaflugs og flugkennslu á norrænum slóðum langt komin. Flugskóli Reykjavíkur hefur nýverið fest kaupa á þremur rafknúnum eFlyer kennsluflugvélum frá Bye Aerospace. Vélarnar munu hafa yfir þriggja klukkustunda flugþol og gert er ráð fyrir afhendingu á þeim eftir 2 til 3 ár [19].

Miðað við þá þróun sem er að eiga sér stað er gert ráð fyrir að á næstu áratugum muni rafvæddar flugvélar geta sinnt flugi á styttri vegalengdum, svo sem innanlandsflugi hérlendis. Einnig má teljast líklegt að blendingsvélar sem búnar bæði hefðbundnum hreyfli og rafmagnshreyfli geti spilað hlutverk í að minnka losun í innanlandsflugi og jafnvel í flugi til Grænlands og Færeyja.

Samhliða orkuskiptum í flugvélum er bætt nýting loftrýmis samhliða bestun á landingum og flugtökum mikilvægar aðgerðir sem flugmálayfirvöld geta haft áhrif á til samdráttar í losun frá flugi. Tækniþróun í leiðsögutækni gerir það að verkum að hægt er að nýta nákvæmari og sveigjanlegri ferla í landingum og flugtökum. Flugvélar geta flogið styttri og sveigjanlegri leiðir sem hefur í för með sér minni eldsneytisnotkun og losun gróðurhúsalofttegunda. Avinor, þjónustufyrirtæki í rekstri flugvalla og flugleiðsögu í Noregi, hefur innleitt frjálst leiðarval í loftrými (e. Free Route Airspace) og sett fram nýjar verklagsreglur sem styðja þessa aðgerð með því að bjóða uppá breytt fyrirkomulag við flugtök og landingar á Gardemoen flugvælinum í Osló. Frá því að þessar reglur voru

innleiddar árið 2018 er reiknaður meðaltals eldsneytissparnaður um 75 kg á hverja landingu fyrir um 25.000 flug sem skilar sér í 6.000 tonnum af CO₂ [14].

2.2 Orkugjafar og innviðapróun

Í orkustefnu fyrir Ísland er sett fram sviðsmynd fyrir árið 2050 og lýst þeim framförum sem stefnt er að því að ná á næstu þrjátíu árum. Þar er sett fram markmið um að árið 2050 í síðasta lagi víki jarðefnaeldsneyti alfarið fyrir endurnýjanlegum orkugjöfum á Íslandi. Þá skal stefnt að orkuskiptum í flugi eins hratt og tækni og hagkvæmni leyfir en orkustefna er hlutlaus þegar kemur að vali á orkugjafa [20].

Keflavíkurflugvöllur er stærsti flugvöllur landsins og sinnir nær öllu millilandaflugi. Því er mikilvægt að hugað sé að nauðsynlegum innviðum fyrir orkuskipti við áframhaldandi uppbyggingu á svæðinu. Uppbygging Keflavíkurflugvallar er unnin samkvæmt þróunaráætlun flugvallarins og gerir ráð fyrir að völluminn geti tekið á móti allt að 14 milljón farþegum árið 2040. Ríkið lagði til nýtt hlutafé til Isavia, samtals 19 milljarða króna, á árunum 2019 og 2020 til þess að tryggja að hægt verði að standa að áframhald á uppbyggingu flugvallarins. Hlutverk flugvallarins sem tengiflugvallar er þá talinn lykilþáttur þegar kemur að möguleikum á fjölgun áfangastaða og farþega [21]. Á Keflavíkurflugvelli er nú þegar unnið að tveimur verkefnum í tengslum við orkuskipti á flugvöllinum, annars vegar um fýsileika á nýtingu vetnis og hins vegar á íblöndun repjuolíu á stórvirk tæki [21]. Einnig er í gangi verkefni á Akureyrarflugvelli þar sem verið er að skoða fýsileika á nýtingu vetnis sem hluta af varaafli [22].

Mikil þróun hefur verið í umhverfisvænum orkugjöfum undanfarin ár og samhliða því innviðapróun átt sér stað. Nokkrar tegundir orkugjafa eru taldir ákjósanlegir fyrir orkuskipti í flugi á Íslandi en nánar er fjallað um þá og nauðsynlega innviði hvers orkugjafa hér að neðan.

2.2.1 Sjálfbært flugvélaeldsneyti

Mikil þróun á sér stað í framleiðslu sjálfbærs flugvélaeldsneytis (e. Sustainable Aviation Fuel, SAF). SAF er eldsneyti sem hefur fengið sjálfbærnivottun frá óháðum þriðja aðila. Það eru til ýmsar tegundir af SAF eldsneyti en margar þeirra byggja á nýtingu einhverskonar lífsmassa og hafa því lægra kolefnisspor en hefðbundið flugvélaeldsneyti. Eldsneytið þarf að vera vottað til þess að það megi nota það á farþegaflugvélar. Í dag eru 6 tegundir sem hafa fengið SAF vottun² fyrir allt að 50% blöndun við hefðbundið flugvélaeldsneyti. Unnið er að þróun nokkurra tegunda til viðbótar og eru þær flestar dýrari en hefðbundið flugvélaeldsneyti [22].

² American Society for Testing of Materials (ASTM) vottun á sjálfbærni eldsneytis, notuð af EASA.

Ein tegund SAF sem er í þróun og lofar góðu er svokallað rafgreint flugvélaeldsneyti (e. e-kerosene). Um er að ræða tilbúna steinolíu sem framleidd er með rafgreiningu á vetni úr vatni. Vetninu er í framhaldi umbreytt í e-jet eldsneyti með blöndun við kolefni sem getur annað hvort komið úr lífmassa eða öðru bundnu kolefni. Losun þessa eldsneytis er mjög lítil í samanburði við jarðefnaeldsneyti en orkutapið í framleiðslunni er mikið. Stærsta áskorunin er því mikill kostnaður við framleiðslu en búist er við að hann lækki á næstu áratugum [22].

2.2.1.1 Innviðaþróun

Icefuel (Icelandic Electrical Fuel) hefur greint og gefið út skýrslu sem snertir á fýsileika þess að framleiða rafeldsneyti. Framleiðsla rafeldsneytis er dýr fjárfesting í dag en ætla má að kostnaður muni lækka hratt á næstu árum eða í samræmi við þróun tækninnar. Aðgengi að raforku og í nokkrum tilfellum koltvísýringi þarf að vera til staðar og á hagstæðu verði til að framleiðslan verði samkeppnishæf til framtíðar. Gert er ráð fyrir að þessir kostnaðarliðir muni lækka á heimsvísu næstu árin. Enn er verið að skoða margar ólíkar leiðir til framleiðslu, geymslu og dreifingar rafeldsneytis og því óljóst hvaða innviðapörf verður fyrir notkun eldsneytisins. Búast má við því að ólíkar leiðir verðir farnar fyrir mismunandi tæki, s.s. skip og flugvélar [23].

2.2.2 Lífdísill

Í dag er aðeins um 0,05% af eldsneytisnotkun í flugi innan Evrópusambandsins SAF-vottuð. Er þar aðallega um að ræða lífeldsneyti úr úrgangsolíu og dýrafitu. Hægt er að vinna lífeldsneyti úr öðru hráefni s.s. sykrum og alkohóli en erfitt er sjá fyrir skalanleika á þeirri framleiðslu og óljóst hvort hún muni ná að uppfylla þörf fluggeirans. Til þess að það verði hægt er ljóst að þörf er á skýru regluverki og aukinni nýsköpun [22].

Orkey hefur staðið fyrir þróun og framleiðslu á lífdísil úr notaðri steikingarolíu og dýrafitu og eru nánast öll önnur efni í framleiðslunni af endurnýjanlegum uppruna. Verksmiðjan er hönnuð fyrir 300.000 lítra ársframleiðslu og hefur lífdísillinn verið ætlaður til nota á stærri dísilknúin ökutæki. Lífdísill Orkeyar er umhverfisvænn og uppfyllir alþjóðlega staðla um eldsneyti. Þá hafa farið fram tilraunarverkefni í tengslum við nýtingu repjuolíu til íblöndunar, bæði á skip og önnur tæki [24].

2.2.2.1 Innviðaþróun

Lífeldsneyti nýtir sambærilega innviði og hefðbundið jarðefnaeldsneyti og því er ekki þörf á sértækri innviðaupbyggingu til nýtingar þess.

2.2.3 Rafmagn

Raforka á Íslandi er að öllu leyti framleidd án jarðefnaeldsneytis og hér eru því kjöraðstæður fyrir rafknúna flugvélar sem hafa einnig þann kost að vera hljóðlátari en hefðbundnar vélar. Nýting rafmagns til samgangna, s.s. í bílum og

skipum, er tækni sem er langt á veg komin. Þá er framleiðsla rafmagns eða dreifing þess ekki fyrirstaða.

Um leið og rafknúna vélur eru umhverfisvænn kostur fylgja rafvæðingu flugs ákveðnar áskoranir. Lágur orkubéttleiki rafhlaðna vegur þar þyngst en mikil þróunarvinna er í gangi til að leysa það vandamál. Önnur áskorun er hve skammt á veg þróun rafvæðra flugvéla er komin en Heart Aerospace er með áætlanir um að koma fyrstu rafknúnu 19 sæta farþegaflugvélinni á loft árið 2026, sbr. 2.1. Vélin mun búa yfir 400 km drægni og getur því nýst vel í innanlandsflugi. Aðrir framleiðendur, svo sem Joby Aviation [26] og Bye Aerospace, eru einnig að þróa vélar til kennsluflugs og styttri flugferða fyrir allt að 5 farþega.

2.2.3.1 Innviðaþróun

Mikil þróun er í rafvæðingu hreyfla flugvéla og því er mikilvægt að fylgjast vel með henni og styðja með réttum hætti við flugrekendur, meðal annars við uppbyggingu nauðsynlegra innviða sem styrkja þróunina. Unnið er að stefnumótun á sviðinu undir forystu samgöngu- og sveitarstjórnarráðuneytisins í samvinnu við atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytið, umhverfisráðuneytið, Samgöngustofu og Isavia ohf [12]. Fyrir rafvæðingu flugs þarf að koma upp öflugum hleðslustöðvum sem geta fullhlaðið flugvél innan þess tíma sem tekur að afferma hana, ferma aftur og undirbúa fyrir brottför. Til að veita slíka þjónustu þarf í flestum tilvikum að stækka heimtaugar og í einhverjum tilvikum að styrkja flutnings- og dreifikerfi raforku að stærstu flugvöllunum svo hægt sé að þjónusta þær flugvélar sem fara þar um.

2.2.4 Vetni

Vetni er líklegt til að verða mikilvægur orkumiðill í framtíðinni, hvort sem um er að ræða í innanlands- eða millilandaflugi. Þróun flugvélahreyfla sem ganga fyrir vetni er þó skammt á veg komin, en talið er að fljótandi vetni (LH₂) verði hagkvæmasti kosturinn í styttri og meðallöngum flugum um 2040 [25]. Sem dæmi um verkefni þá stefnir ZeroAvia að því að prófa 19 sæta vél með flugdrægni upp á 563 km á fyrri hluta ársins 2023 [28]. Enn fremur vinnur Universal Hydrogen að umbreytingu á DHC-8 Q300 vélum fyrir árið 2025 svo þær verði knúna hreyflum sem ganga eingöngu fyrir vetni [28].

Orka náttúrunnar er í dag með framleiðslu á vetni við Hellisheiðarvirkjun. Um er að ræða 700 kW rafgreini og er hámarks framleiðslugeta stöðvarinnar um 300 kg á dag. Landsvirkjun hefur einnig til skoðunar framleiðslu vetnis fyrir innanlandsmarkað sem og til útflutnings. Landsvirkjun hefur lagt í töluverða vinnu við skoðun á vetni og rafeldsneyti sem orkugjafa. Hefur fyrirtækið rætt við hugsanlega kaupendur vetnis hér á landi og skoðað hvernig dreifingu þess yrði best fyrir komið [26]. Hydrogen Ventures Limited (H2V), alþjóðlegt orkufyrirtæki, hyggur á umfangsmikla framleiðslu vetnis hér á landi sem verður nýtt við framleiðslu metanóls. Fyrirhugað er að verksmiðja H2V rísi í Auðlindagarðinum á Reykjanesi, í nágrenni við annað af tveimur raforkuverum

HS Orku. Verkefnið skiptist í tvo áfanga. Í fyrri áfanganum er áætlað að orkupörf verksmiðju H2V nemi 30 megavöttum við framleiðslu á grænu metanóli [27].

2.2.4.1 Innviðaþróun

Vetni er hægt að flytja í lögnum, með flutningabílum eða með skipi. Fyrir styttri og meðallangar vegalengdir (undir 500 km) er ódýrast er að flytja vetnið eftir lögn ef notkun og nýtingarhlutfallið er nægjanlega hátt. Í samanburði við háspennulínur getur vetnislögn flutt tífalt magn orku fyrir um 12% af kostnaði við háspennulínuna. Þar að auki er líftími vetnislagnarinnar lengri [25]

Ef nýtingarhlutfallið er ekki nægjanlega hátt til að réttlæta lögn eru flutningabílar hentug lausn. Þörf á afhendingarstað hefur mikil áhrif á hvort hentugra sé að flytja vetnið í fljótandi eða gas formi á flutningabíl. Flutningabílar nú til dags eru flestir dísilknúnir en horfa má til þess sett verði markmið um að vistvænt eldsneyti sé almennt flutt með vistvænum ökutækjum. Til að einfalda innleiðingu vetnis eru fyrirtæki eins og Universal Hydrogen að þróa heildarlausnir á dreifingu vetnis með framleiðslu á hylkjum undir vetni sem flytja má með hefðbundnum aðferðum í þeirra flugvélar. Einu innviðirnir sem slíkar lausnir þurfa er nægt framboð af vetni innanlands [29].

2.3 Nágrannalönd

Töluverð vinna hefur farið fram í tengslum við orkuskipti í flugi í nágrannalöndum Íslands. Avinor í Noregi stefnir að því í samstarfi við flugrekendur og framleiðendur þar í landi að rafvæða allar flugferðir sem eru styttri en 90 mínútur fyrir árið 2040 [28]. Þá eru sambærileg verkefni farin af stað m.a. í Svíþjóð, Skotlandi, Hollandi, Púertó Ríkó, Havaíeyjum og Nýja Sjálandi.

Á næstu árum er búist við að þær rafmagnsflugvélar sem koma á markaðinn verði fyrst um sinn tveggja til tíu manna vélar. Í Noregi og Svíþjóð er jafnframt stefnt að því að í kringum 2025 verði byrjað að nota smærri rafmagns- eða blendingsflugvélar í reglubundnu áætlunarflugi fyrir allt að 19 manns.

Norræna nýsköpunarmiðstöðin (Nordic Innovation), sem starfar undir hatti Norrænu ráðherranefndarinnar, hefur styrkt sameiginlegt verkefni Swedavia, Finavia og Avinor um 4 milljónir sænskra króna til þess að þróa staðla fyrir rafmagnsflugvélar rétt eins og Svíar gerðu með því að þróa staðla fyrir farsíma (NMT, GSM). Þannig stefna Norðurlöndin að því að verða í forystu á þessu sviði [29].

2.3.1 Noregur

Flugfélög eru stöðugt að leita leiða til að auka orkunýtni sína þegar kemur að endurnýjun flugflota. Í Noregi hefur t.d. tekist að lækka losun per sætis-kílómetra um meira en helming frá árinu 2001 til 2019 með endurnýjun flugflotans. Sparneytnari hreyflar, minni loftmótstaða með breytttri hönnun, minni þyngd og fleiri sæti gera það að verkum að nýjar vélar frá Boeing og

Airbus nota umtalsvert minna eldsneyti og hafa minni losun per sætis-kílómetra en fyrri kynslóðir flugvéla.

Noregur býr yfir þeirri sérstöðu eins og Ísland að vera með nánast 100% hreina raforku og standa einna fremstir í heiminum þegar kemur að rafvæðingu bíla og ferja. Noregur er því í sérstöðu til að nýta rafmagnsflugvélar og stefnir Noregur að því að fyrstu rafmagns- eða blendingsvélarnar verði teknar í notkun í innanlandsflugi um 2025 [14].

Noregur hefur haft frumkvæði í hönnun og þróun á rafmagnsflugvélum. Fyrirtækið Norwegian Equator Aircraft eru að hanna og þróa tveggja sæta rafmagns sjóflugvélar og Rolls Roys electrical Norway og Widerøe eru að hanna rafmagns rafala og hreyfla fyrir farþegaflugvélar.

Noregur hefur gert kröfu um að flugvélaeldsneyti skuli að lágmarkið blandað með 0,5% af vistvænu eldsneyti frá árinu 2019. Til stendur að hækka það í 30% til ársins 2030 en það hefur ekki enn verið sett inn í löggjöf [10].

Mikilvægasta framlag Avinor er uppbygging innviða við sína flugvelli sem styðja við orkuskipti og að upplýsa farþega um þá þjónustu sem þeim stendur til boða og snýr að þessum innviðum, s.s. almenningsamgöngur til og frá flugvelli, hleðslumöguleikar og annað slíkt. Við kaup á nýjum ökutækjum gerir Avinor mat á því hvort hægt sé að skipta út ökutækjum sem eru knúin jarðefnaeldsneyti fyrir rafknúin ökutæki. Flugvöllurinn í Osló var fyrsti flugvöllurinn til þess að bjóða upp á lífeldsneyti fyrir allar flugvélar til þess að blanda við jarðeldsneyti að litlum hluta. Avinor hefur lagt mikið upp úr því að fjölga hleðslustöðvum á bílastæðum fyrir farþega og vinnur nú að því að kanna hvernig og hvar verði hægt að koma fyrir hleðslustöðvum þegar rafmagnsflugvélar líta dagsins ljós [14].

2.3.2 Skotland

Skotar hafa sett á fót prófunarsvæði fyrir sjálfbærar flugvélar á Kirkwall flugvelli á Orkneyjum. Verkefnið býður upp á aðstöðu fyrir flugvélar sem nýta rafmagn, vetni og rafeldsneyti í stað jarðefnaeldsneytis.

SATE verkefnið (e. Sustainable Aviation Test Environment) sem hlotið hefur um 645 milljóna króna (3,7 milljóna punda) styrk frá breska ríkinu stefnir að því að vera vegvísir að kolefnishlutlausu (e. net zero) flugi um hálönd Skotlands og nærliggjandi eyjar. SATE er álitnið mikilvægt skref að markmiði Skotlands um kolefnishlutlaust innanlandsflug árið 2040 [30].

Orkneyjar þykja vera kjörin staðsetning þar sem þar eru fjölbreyttar styttri flugleiðir sem tengja eyjasamfélög Orkneyja saman um Kirkwall flugvöll. Að mörgu leyti svipar því aðstæðum þar til innanlandsflugs á Íslandi. Í ágúst var flogið prufuflug með 6 sæta Cessnu Skymaster flugvél sem breytt hefur verið í rafmagns-blendingsvél af Ampaire. Samkvæmt framleiðanda munu blendingsvélarnar lækka kolefnislosun um allt að 25% til að byrja með.

EMEC er einnig í samstarfi við ZeroAvia undir HyFlyer verkefninu um að nota vetni sem orkugjafa fyrir efnarafal (e. fuelcell) sem knýr rafmagnshreyfla. Verkefnið, sem hefur fengið 2.150 milljóna króna (12,3 milljóna punda) styrk, mun styðja við þróun ZeroAvia á vottaðri vetnis-rafmagnsaflrás sem getur knúið allt að 19 sæta flugvélar. Aflrásin hefur þegar verið notuð við flug á 6 sæta flugvél í fyrri áfanga verkefnisins. Stefnt er að því að 19 sæta vél fljúgi 350 mílur á fyrri hluta ársins 2023 [31].

2.3.3 Svíþjóð

Í Svíþjóð hefur verið sett metnaðarfull markmið um að landið verði laust við jarðefnaeldsneyti fyrir 2045. Sem hluti af átakinu hafa stjórnvöld sett kröfu um að losun gróðurhúsalofttegunda frá flugvélaeldsneyti sem selt er í Svíþjóð skuli lækka um 0,8% árið 2021 og mun sú krafa stigvaxa upp í 27% árið 2030. Swedavia mun samhliða þessum kröfum veita styrki fyrir allt að 50% af þeim viðbótarkostnaði sem fylgir vistvænu eldsneyti [32].

Miklar rannsóknir, þróun og hönnun á sér stað á rafmagnsflugvélum í Svíþjóð. Má þar nefna fyrirtækið Heart Aerospace sem eru að þróa 19 sæta rafmagnsflugvélar. Í Svíþjóð eru margir flugvellir með stuttar flugbrautir sem henta einstaklega vel fyrir rafmagnsflugvélar en þær eru taldar þurfa styttri flugbraut fyrir flugtak og landingu.

Annað fyrirtæki er Swedish Katla Aero sem er að þróa litlar rafmagnsflugvélar auk þess að sýna því áhuga að taka þátt í frekari þróun á rafmagnsfarþegaflugvélum [10].

2.4 Regluverk

Losun frá alþjóðaflugi er um 2% af heimslosun gróðurhúsalofttegunda af mannavöldum og fer vaxandi. Þessi losun fellur ekki undir skuldbindingar Íslands gagnvart Kýótó-bókuninni eða Parísasamningnum. Ríki heims eiga þó að koma sameiginlega böndum á hana innan ramma Alþjóðaflugmálastofnunarinnar.

Evrópusambandið hefur nú þegar gefið út viðbæti við reglugerð ESB nr. 2018/1139 um sameiginlegar reglur um almenningsflug og stofnun Flugöryggisstofnunar Evrópusambandsins (EASA) þar sem fjallað er um vottanir á framleiðsluvörum á sviði flugmála í samhengi við umhverfisvernd. Í reglugerðinni, sem hefur enn ekki verið innleidd hér á landi, eru gerðar kröfur um að EASA skuli gera nauðsynlegar ráðstafanir þannig að vottunarforskriftir miði að því að koma í veg fyrir veruleg skaðleg áhrif á loftslag, umhverfi og heilsu manna. Þá eru gerðar kröfur um að framkvæmdastjórn ESB, EASA, aðrar stofnanir ESB og aðildarlönd skuli vinna saman að framþróun á þessu sviði. Gert er ráð fyrir að gerðin verði tekin upp í EES-samninginn innan tíðar og innleidd í íslenskan rétt.

EASA hefur sett fram aðgerðaráætlun ([EPAS](#)) sem á m.a. að stuðla að rannsóknum og nýsköpun sem miði að því að flugsamgöngur verði

umhverfissvænni. Markmiðið er að nota hreinni orkugjafa, hljóðlátari hreyfla og gera þennan samgöngumáta á allan hátt sjálfbærari en verið hefur. Með notkun rafmagnshreyfla og annarra umhverfissvænna orkugjafa skapast tækifæri til þess að draga verulega úr kolefnisfótspori (e. environmental footprint). Í þessu samhengi er talið nauðsynlegt að skapa sveigjanleika í regluverki sem fram til þessa hefur miðast við hefðbundna orkugjafa. EASA hefur unnið markvisst að þessu á undanförunum árum og gefið út sértæk skilyrði fyrir hönnun og vottun hreyfla sem nota umhverfissvæna orkugjafa en síðar er gert ráð fyrir að hefðbundnar vottunarskriftir verði uppfærðar m.t.t. þessa. Fyrsta vottun EASA á loftfari sem er eingöngu knúið rafmagni var gefin út 15. júní 2020.

Alþjóðlegt kerfi, CORSIA, hefur þá það markmið að draga úr losun frá alþjóðaflugi. Verkefnið er í þróunarfasa en stefnt er að því að það verði orðið fullvirkt árið 2024 og verði þá innleitt í Evrópu með breytingum á svokölluðu ETS regluverki. [1].

2.5 Hvatar og ívilnanir

Langtíma efnahagslegt virði fyrir Ísland liggur í því að vera óháð innflutningi á jarðefnaeldsneyti. Efnahagslegur hvati getur verið í orkuskiptum þar sem að heimsmarkaðsverð á olíu hefur hækkað mikið síðastliðin ár. Almenn er það dýr fjárfesting og kostnaðarsamt að framleiða endurnýjanlegt eldsneyti í dag og í mörgum tilvikum er það ekki samkeppnishæft við jarðefnaeldsneyti. Ef það á að verða hagkvæmt að hefja framleiðslu á endurnýjanlegu samkeppnishæfu eldsneyti þarf að verða meiri tækniþróun auk þess sem að hvatar og ívilnanir þurfa að brúa kostnaðarbilið við hefðbundna orkugjafa.

Svíþjóð og Noregur eru með farþegaskatta sem eru mismiklir eftir lengd flugferðarinnar. Noregur hefur einnig sett eldsneytisskatt á innanlandsflug sem samsvarar 55 evrum fyrir hvert losað tonn af koltvísýringi [10].

Þegar kemur að innanlandsflugi þá eru ákveðnar áskoranir í rekstri. Til að viðhalda innanlandsflugi hefur ríkið boðið út hluta flugleiða og ríkisstyrkt innanlandsflug þar sem markaðsforsendur eru ekki fyrir slíku flugi. Flutningur á flugvélaeldsneyti er sem dæmi stór þáttur í kostnaði við innanlandsflug. Þar sem flytja þarf flugvélaeldsneyti langar leiðir til flugvalla á landsbyggðinni þá hefur það veruleg áhrif á verð á flugmiðum til þeirra staða sem gerir rekstar grundvöll flugsins erfiðan [33].

Til að auka hlutvistvæns innanlandsflugs má því skoða auknar styrkveitingar til vistvæns innanlandsflugs umfram þann stuðning sem veittur er innanlandsflugi í dag. Þar má sem dæmi nefna stuðning við framleiðslu á endurnýjanlegum orkugjöfum ætluðum flugsamgöngum, innviðaupbyggingu flugvalla eða breytingar á gjöldum fyrir vistvænt innanlandsflug.

3. Tækifæri Íslands

Sérstaða íslenska raforkukerfisins felst í því að nær öll orkuvinnsla telst græn því hún nýtir endurnýjanlegar auðlindir. Eitt af tækifærum Íslands við framleiðslu rafeldsneytis er að nýta mögulega árstíðabundna umframorku vatnsaflsvirkjana og hámarka arðsemi þeirra. Ísland er það land í heiminum sem státar af hæsta hlutfalli endurnýjanlegrar frumorku og hefur því tækifæri til að verða kolefnishlutlaust fyrst þjóða, sem styður við mikilvægar atvinnugreinar svo sem ferðaþjónustu og sjávarútveg [23].

3.1 Veðurfar og staðsetning

Staðsetning Íslands gæti orðið að styrkleika þegar kemur að flugi yfir Atlantshafið með vetnisflugvélum þar sem þær verða líklega í fyrstu með fluggetu takmarkaða við nokkra klukkutíma. Tengiflug á Íslandi gæti orðið góður umhverfisvænn kostur. Ísland býr yfir þeirri sérstöðu að hafa greiðan aðgang að ódýrri og hreinni raforku og því möguleiki á arðbærri vetnisframleiðslu [28].

Framleiðslugeta endurnýjanlegrar raforku hérlendis stýrist mjög af veðurfarslegum aðstæðum sem gerir það að verkum að erfitt getur reynst að nýta alla umframorku án þess að breyta henni í önnur orkuform. Í dag er raforkukerfi Íslands einangrað sem takmarkar því dreifingu raforku beint til annarra markaða og því er kjörið tækifæri að nýta umframorku hér til þess að framleiða vetni og rafeldsneyti [19].

Samkvæmt Universal Hydrogen þá munu breytingar þeirra á Dash 8 vélunum ekki fela í sér beina skerðingu á afkastagetu annarri en þeirri að vélarnar verða með færri farþegasæti og flugdrægi verður minna sem skiptir þó ekki máli m.t.t. vegalengda í innanlandsflugi á Íslandi. Þrátt fyrir takmarkaða afkastagetu í farþegafjölda og drægi geta vélarnar sinnt sömu verkefnum og núverandi floti hvað varðar flug við þær veðurfarslegu aðstæður sem eru á Íslandi [34]. Sama á við um rafknúnar kennsluflugvélar frá Bye Aerospace. Þær munu verða knúnar öflugri hreyflum en sambærilegar kennsluflugvélar. Rafhreyflar munu skila um 40 til 50% meira afli en hefðbundnir brunahreyflar í svipuðum flokki [35].

3.2 Innviðir

Gott aðgengi er að endurnýjanlegri orku hérlendis og stuttar vegalengdir eru í innanlandsflugi sem hentar vel fyrir rafvæddar flugvélar. Skóinn kreppir helst þegar kemur að framleiðslu og dreifingu á endurnýjanlegu eldsneyti öðru en rafmagni. Á flestum innanlandsflugvöllum vantar einnig innviði fyrir rafmagn. Mörg verkefni eru á mismunandi stigum undirbúnings eins og rakið er í þessari skýrslu en ljóst er að ríki og sveitarfélög þurfa að styðja við bakið á þeirri uppbyggingu til að flýta fyrir henni óháð vali á orkugjafa.

3.3 Nýsköpun

Við þróun og hönnun á flugvélum og búnaði vélanna fyrir orkuskipti mun alþjóðleg framþróun tæknilausna ráða ferðinni að miklu leyti.

Icelandair stefnir að því að verða eitt af fyrstu flugfélögum heims til að gera innanlandsflug kolefnislaust og tekur fyrirtækið þátt í tveimur verkefnum sem gætu gjörbreytt því á fáum árum. Icelandair hefur annars vegar undirritað viljayfirlýsingu við fyrirtækið Universal Hydrogen sem hefur hannað orkuskiptabúnað sem mun gera Icelandair kleift að knýja Dash-8 innanlandsvélarnar eingöngu með vetni. Hins vegar hefur Icelandair skrifað undir viljayfirlýsingu við fyrirtækið Heart Aerospace sem vinnur að því að þróa farþegaflugvélar sem ganga fyrir rafmagni [36].

Blámi er samstarfsverkefni Landsvirkjunar, Orkubús Vestfjarða og Vestfjarðastofu. Meginmarkmið Bláma er að styðja við og efla nýsköpun og þróun orkuskiptaverkefna með því að auka hlut vistvæns eldsneytis, vetnis og rafeldsneytis í samgöngum og iðnaði. Bláma er ætlað að leiða saman einstaklinga og fyrirtæki sem geta unnið saman við það að afla alþjóðlegs fjármagns til tilrauna, rannsókna og þróunar á orku- og loftslagsvænum lausnum [37]. Sambærileg samstarfsverkefni má finna á Norðurlandi (EIMUR) og á Suðurlandi (Orkídea).

Við innviðaðróun er hægt að sækja um fjármagn hjá Orkusjóði þegar um er að ræða fjárfestingarverkefni. Orkusjóður veitir styrki og lán, einkum til aðgerða er miða að því að draga úr notkun jarðefnaeldsneytis og auka nýtingu á innlendum endurnýjanlegum orkugjöfum. Sjóðurinn hefur undanfarið veitt bæði verkefnastyrki og innviðastyrki. Beita mætti Orkusjóði til að beina fjármagni í nauðsynlega innviðauppgjöngu og þróunarverkefni tengd orkuskiptum í flugi en til þess þyrftu fjárframlög til Orkusjóðs úr ríkissjóði að vera í samhengi við stærð og umfang verkefnanna [38].

4. Stefna um orkuskipti í flugi á Íslandi

Í Orkustefnu fyrir Ísland til 2050 segir að stefnt skuli að orkuskiptum í flugi eins hratt og tækni og hagkvæmni leyfir. Markmiðin þegar kemur að orkuskiptum eru að Ísland verði óháð jarðefnaeldsneyti og að orkuskipti séu á landi, hafi og í lofti.

Flugstefna fyrir Ísland var mótuð sem hluti af vinnu við samgönguáætlun fyrir árin 2020 – 2034. Innan flugstefnunnar hefur stefna í orkuskiptum í flugi þegar verið mótuð og samþykkt [39].

Í Flugstefnu Íslands er lykilviðfangsefni 4 sérstaklega miðað að orkuskiptum í flugi og snýr að því að draga úr neikvæðum umhverfisáhrifum flugs og flugtengds rekstrar ásamt því að greiða fyrir orkuskiptum á sviði flugsamgangna samfara tækniþróun og stuðla að uppbyggingu nauðsynlegra innviða vegna þeirra. Enn fremur er komið inn á mikilvægi flugsamgangna í íslensku samfélagi og nauðsyn þess að styðja við markmið um umhverfissvænan flugrekstur. Þá er tilgreint í flugstefnu Íslands mikilvægi þess að innviðir og hvatar séu til staðar þegar að umhverfissvænni tækni ryður sér til rúms í fluginu. Markmið 4 í flugstefnu er sérstaklega tileinkað umhverfislega sjálfbærum samgöngum og eftirfarandi áherslur lagðar fram.

1. Ísland verði fremst í flokki í umhverfismálum tengdum flugi og flugrekstri.
 - 1.1. Stefnt að hvötum til orkuskipta í flugi þegar fullnægjandi tækni hefur verið þróuð og stuðlað að nýtingu innlendra umhverfissvænna orkugjafa.
 - 1.2. Innviðir fyrir flugvélar knúnar vistvænum orkugjöfum verði til staðar á flugvöllum.
 - 1.3. Þjónustutæki á flugvöllum landsins verði knúin umhverfissvænum orkugjöfum.

Til viðbótar við þau markmið og mælikvarða sem sett eru fram í Flugstefnu Íslands leggur starfshópurinn til að stjórnvöld setji sér það markmið að byrjað verði að nota endurnýjanlega orkugjafa í innanlandsflugi fyrir árið 2030. Í vetnisvísi stjórnvalda er sett markmið um að 5% af orkunotkun í innanlandsflugi verði fengin frá rafeldsneyti.

Í Flugstefnu Íslands er sett markmið um að kolefnislosun á hvern farþegakílómetra í innanlandsflugi lækki um 10% árið 2024 miðað við losun árið 2018. Í eldsneytisspá Orkustofnunar fyrir 2021 – 2060 er í sviðsmynd fyrir aukin orkuskipti gert ráð fyrir að hlutdeild endurnýjanlegra orkugjafa í innanlandsflugi verði komin í 8,9% árið 2030. Í ljósi þeirrar hröðu þróunar sem orðið hefur í orkuskiptum í innanlandsflugi er lagt til að stjórnvöld setji sér markmið um að hlutdeild endurnýjanlegra orkugjafa verði orðin að lágmarki 20% árið 2030.

5. Aðgerðaáætlun um orkuskipti í flugi á Íslandi

Til að tryggja innleiðingu stefnu og árangur í orkuskiptum í flugi er mikilvægt að tilgreindar verði aðgerðir að markmiðum. Hér á eftir eru lagðar fram tillögur starfshóps að aðgerðaáætlun sem styður við ofangreinda stefnu stjórnvalda. Tekið skal fram að um tillögur er að ræða sem lagðar eru fram í samráðsgátt stjórnvalda. Eftir er að meta áhrif aðgerða á ríkissjóð, mögulegan samdrátt í kolefnislosun sem getur fylgt hverri aðgerð og skilgreina hvernig aðgerðir verða fjármagnaðar.

Að loknu samráði er lagt til að ávinningur og áhrif hvernar aðgerðar verði metin ásamt því að skilgreind verði ábyrgð og árangursmælikvarðar til þess að unnt verði að fylgjast með framgöngu stjórnvalda að markmiðum.

5.1 Hertar reglur í viðskiptakerfi með losunarheimildir (ETS)

Lýsing:

Hér er um að ræða aðgerð H.2 í aðgerðaáætlun í loftslagsmálum sem felur í sér áframhaldandi þátttöku Íslands í evrópsku viðskiptakerfi með losunarheimildir (ETS) en nýjar reglur munu taka gildi þegar fjórða tímabil kerfisins hefst 2021. Sjá bls. 139 í aðgerðaáætlun í loftslagsmálum, 2. Útgáfa.

Markmið Flugstefnu: 1.a.

Tengingar við aðrar stefnur stjórnvalda: H.2. í aðgerðaráætlun í loftslagsmálum.

Ábyrgð: Umhverfis, orku- og loftslagsráðuneytið og innviðaráðuneytið

Árangurmælikvarði: Innleiðingu á EES- gerðum sé lokið.

5.2 Þátttaka í alþjóðlegu kerfi um samdrátt í losun frá flugi

Lýsing:

Aðgerðin felur í sér þátttöku Íslands í nýju alþjóðlegu kerfi um samdrátt í losun gróðurhúsalofttegunda frá flugi (CORSIA kerfinu). Aðgerðin er í samræmi við aðgerð H.3 í aðgerðaáætlun stjórnvalda í loftslagsmálum.

Markmið Flugstefnu: 1.a.

Tengingar við aðrar stefnur stjórnvalda: H.3. í aðgerðaráætlun í loftslagsmálum.

Ábyrgð: Umhverfis, orku- og loftslagsráðuneytið og innviðaráðuneytið.

Árangurmælikvarði: Innleiðingu á reglugerðum tengdum CORSIA sé lokið.

Innleiðingu er lokið á þeim ESB-reglugerðum tengdum CORSIA-kerfinu sem hafa tekið gildi.

5.3 Vistvænt innanlandsflug

Lýsing:

Unnið skal að því að allt innanlandsflug verði knúið með endurnýjanlegu eldsneyti (þ.m.t. rafmagn) fyrir árið 2040. Sett verði markmið um að hlutdeild endurnýjanlegra orkugjafa í innanlandsflugi verði 20% árið 2030. Það flug sem helst kemur til álita er innanlands, almanna- og kennsluflug. Þá verði haft samráð við helstu hagsmunaaðila, svo sem við framleiðendur, flugrekendur, veitufyrirtæki, dreifingaraðila eldsneytis og Isavia í þessari vegferð og leitað eftir samstarfi við Avinor.

Markmið Flugstefnu: 1.a.

Tengingar við aðrar stefnur stjórnvalda: C.4. í aðgerðaráætlun í loftslagsmálum.

Ábyrgð: Innviðaráðuneytið.

Árangursmælikvarði: Hlutfall/fjöldi flugvalla sem hafa til staðar innviði fyrir afgreiðslu rafmagns og annarra endurnýjanlegra orkugjafa.

Hlutfall/fjöldi flugferða með rafmagnsflugvélum.

5.4 Samstarf við framleiðendur nýrra flugvéla

Lýsing:

Lagt er til að kannað verði hvernig styðja megi við nýsköpun á sviði orkuskipta í flug. Stuðlað verði að samtali á milli framleiðenda og flugrekenda með það að markmiði að Ísland verði notað til prófana á nýrri tækni í flugi. Með því að gera landið að áfangastað fyrir prófanir á flugvélum sem knúnar eru af endurnýjanlegum orkugjöfum fengist hingað dýrmæt reynsla og tækniþekking. Til viðmiðunar má horfa til þróunarverkefna í Skotlandi. Lagt er til að horft verði til þess að koma af stað tilraunverkefni með innanlandsflug sem knúið er af endurnýjanlegu eldsneyti fyrir árið 2026

Markmið Flugstefnu: 1.a

Tengingar við aðrar stefnur stjórnvalda: C.2. í aðgerðaráætlun í loftslagsmálum.

Ábyrgð: Innviðaráðuneytið.

Árangursmælikvarði: Tilraunaverkefni með innanlandsflug knúið af endurnýjanlegu eldsneyti hafið.

5.5 Stuðningur við vistvænt innanlandsflug

Lýsing:

Mikilvægt er að styðja flugrekendur í þeirri vegferð að innanlandsflug verði knúið af endurnýjanlegum orkugjöfum. Lagt er til að gerð verði fýsileikagreining á því hvernig megi best styðja við flugrekendur með ívilnunum eða hvötum með það að markmiði að flug knúið af endurnýjanlegum orkugjöfum sé ódýrara en aðrir, mengandi ferðamátar.

Markmið Flugstefnu: 1.a.

Tengingar við aðrar stefnur stjórnvalda:

Ábyrgð: Fjármála- og efnahagsráðuneyti og Innviðaráðuneytið.

Árangursmælikvarði: Fýsileikagreining framkvæmd.

5.6 Átaksverkefni skilgreint innan Orkusjóðs

Lýsing:

Árlegar úthlutanir Orkusjóðs skv. ákvörðun frá ráðuneyti verði nýttar í skilgreind verkefni tengd orkuskiptum í flugi. Fjárheimildir frá ráðuneyti fylgi slíku átaki. Styrkhæf verkefni gætu t.d. verið framleiðsla á vistvænu eldsneyti fyrir flug, uppbygging innviða s.s. áfyllistöðva og hleðslustöðva, kaup á vistvænum flugvélum og annar kostnaður sem fylgir orkuskiptum.

Markmið Flugstefnu: 1.a., 1.b., 1.c.

Tengingar við aðrar stefnur stjórnvalda: A.3. í aðgerðaráætlun í loftslagsmálum.

Ábyrgð: Fjármála- og efnahagsráðuneyti og umhverfis- orku- og loftslagsráðuneytið.

Árangursmælikvarði: Orkusjóður útfærir og auglýsir umsókn.

5.7 Regluverk og leyfisveitingaferli

Lýsing:

Þverfaglegt teymi verði sett á fót milli þeirra stofnana og ráðuneyta sem koma að regluverki og leyfisveitingaferli fyrir innleiðingu orkuskipta í flugi. Hlutverk teymis verði að skoða hvernig flýta megi fyrir og tryggja framgang verkefna í orkuskiptum. Teymi tryggir upplýsingaflæði um breytingar á alþjóðlegum reglugerðum ásamt því að vera málsvari fyrir Íslands hönd á alþjóðavettvangi.

Markmið Flugstefnu: 1.a.

Tengingar við aðrar stefnur stjórnvalda: A.6. í aðgerðaráætlun í loftslagsmálum.

Ábyrgð: Forsætisráðuneyti, umhverfis- orku- og loftslagsráðuneytið, innviðaráðuneytið og Samgöngustofa.

Árangursmælikvarði: Þverfaglegt teymi sett á laggirnar.

5.8 Stuðningur og hvatar fyrir endurnýjanlegt eldsneyti

Lýsing:

Framkvæmd verði fýsileikagreining á því hvernig megi styðja við framleiðslu og nýtingu á endurnýjanlegum orkugjöfum. Horft verði sérstaklega til eftirfarandi þriggja leiða, þ.e. a) beinn stuðningur, b) hvata/skattakerfi og c) kvaðir um íblöndun. Meðal þess sem þarf að skoða er hvernig sé hægt að styðja við nýtingu endurnýjanlegra orkugjafa á flugvöllum umhverfis landið, s.s. þegar kemur að flutningi eða framleiðslu eldsneytis. Horft verði til þess að hlutdeild endurnýjanlegra orkugjafa í innanlandsflugi verði 20% árið 2030.

Markmið Flugstefnu: 1.a., 1.b.

Tengingar við aðrar stefnur stjórnvalda: C.4. í aðgerðaráætlun í loftslagsmálum.

Ábyrgð: Fjármála- og efnahagsráðuneyti, umhverfis- orku- og loftslagsráðuneytið

Árangursmælikvarði: Greining á stuðningi og hvötum framkvæmd.

5.9 Orkusparnaður í loftrýmisstjórnun

Lýsing:

Könnun á fýsileika þessa að innleiða bættu nýtingu loftrýmis samhliða bestun á landingum og flugtökum sem gerir það að verkum að hægt er að nýta nákvæmari og sveigjanlegri verkferla í landingum og flugtökum. Innleiðing á frjálsum leiðarvali í loftrými (e. Free Route Airspace) skoðuð sambærilegu þeim aðgerðum sem Avinor hefur innleitt á Gardemoen flugvelli.

Markmið Flugstefnu: 1.a.

Tengingar við aðrar stefnur stjórnvalda:

Ábyrgð: Innviðaráðuneytið, Samgöngustofu og Isavia.

Árangursmælikvarði: Fýsileikakönnun lokið.

5.10 Innviðaupbygging fyrir endurnýjanlegt eldsneyti á flugvöllum

Lýsing:

Umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytinu í samvinnu við Isavia innanlandsflugvelli, veitufyrirtæki og dreifingaraðila eldsneytis verði falið að

greina hvaða innviði skorti á flugvöllum landsins svo hægt sé að afgangið vistvænt eldsneyti svo sem rafmagn, vetni og rafeldsneyti og hver þörfin á uppbyggingu er í þeim efnum. Á grunni greiningar skal uppbyggingu forgangsraðað eftir því hvar uppbyggingin er hagkvæmust. Einnig skal skoða rekstrarfyrirkomulag slíkrar uppbyggingar m.t.t. samkeppnissjónarmiða.

Markmið Flugstefnu: 1.b.

Tengingar við aðrar stefnur stjórnvalda:

Ábyrgð: Umhverfis- orku- og loftslagsráðuneytið í samvinnu við innviðaráðuneytið, Isavia Innanlandsflugvelli, veitufyrirtæki og dreifingaraðila eldsneytis.

Árangursmælikvarði: Framkvæmd greining á innviðauppbýggingu.

5.11 Þjónustutæki á flugvöllum landsins verði knúin endurnýjanlegum orkugjöfum og innviðir til staðar fyrir farþega og starfsfólk

Lýsing:

Um leið og stutt er við orkuskipti í flugi er mikilvægt að þjónustutæki á flugvöllum fylgi þeirri þróun og innviðir séu til staðar fyrir ferðamenn sem ferðast til og frá flugvöllum á vistvænan hátt. Aðgerð er í samræmi við markmið 1.c. í flugstefnu samgönguáætlunar og felst í því að Isavia skoði breytingar í samsetningu, notkun og umbreytingu á þjónustutækjum á flugvöllum landsins svo þau verði knúin endurnýjanlegum orkugjöfum. Skal hér einnig horft til þess að varaafli verði af endurnýjanlegum uppruna.

Þá verði einnig gerð áætlun og skoðað hvernig sé best staðið að uppbyggingu á innviðum fyrir farþega og starfsfólk sem verðast með vistvænum hætti, s.s. hleðslustöðvar, hjólastæði og hjólastígar.

Markmið Flugstefnu: 1.c.

Tengingar við aðrar stefnur stjórnvalda: A.1. og A.5. í aðgerðaráætlun í loftslagsmálum.

Ábyrgð: Isavia ohf. og Isavia Innanlandsflugvellir.

Árangursmælikvarði: Kolefnislosun þjónustutækja árið 2024 verði 50% lægri en hún var árið 2018 og starfsemi flugvalla verði alfarið knúin endurnýjanlegum orkugjöfum fyrir 2030.

5.12 Vistvænar samgöngur að og frá Keflavíkurflugvelli

Lýsing:

Mikilvægt er að samgöngur til og frá flugvelli fylgi orkuskiptum í flugi. Skilgreina skal reglur um vistvænar samgöngur til og frá flugvelli sem miða að því að

einungis vistvænum ökutækjum sé heimill aðgangur á nærsvæði flugstöðvarinnar. Við vinnu er hægt að horfa til dæma erlendis frá, s.s. Noregi. Meðal þess sem skoða mættu er að opna á aðgengi fyrir umhverfissvæna strætisvagna að flugstöðinni.

Markmið Flugstefnu: 1.c.

Tengingar við aðrar stefnur stjórnvalda: A.1. til A.5. í aðgerðaráætlun í loftslagsmálum.

Ábyrgð: Isavia ohf. í samvinnu við innviðaráðuneytið.

Árangursmælikvarði: Reglur skilgreindar og teknar í gildi fyrir 2025.

Heimildir

- [1] Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, „Aðgerðaráætlun í loftslagsmálum,“ 2020.
- [2] *Tillaga til þingsályktunar um samgönguáætlun fyrir árin 2020-2034.*
- [3] Stjórnarráð Íslands, „Sjálfbær orkuframtíð,“ *Orkustefna til ársins 2050,* 2020.
- [4] R. Íslands, „Þingsályktun um aðgerðaráætlun um orkuskipti,“ 2015-2016. [Á neti]. Available: <https://www.althingi.is/altext/145/s/1405.html>. [Skoðað 13. ágúst 2021].
- [5] Atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytið, „Ráðherra lætur vinna Vegvísi fyrir vetni og rafeldsneyti,“ 13. ágúst 2021. [Á neti]. Available: <https://www.stjornarradid.is/efst-a-baugi/frettir/stok-frett/2021/06/10/Radherra-laetur-vinna-Vegvisi-fyrir-vetni-og-rafeldsneyti/>.
- [6] Stjórnarráð Íslands, „Ferðumst saman, stöðumat og valkostir,“ 2019.
- [7] EASA, „European Aviation Environmental Report,“ 2017.
- [8] Isavia, „Masterplan 2015-2040,“ 2015.
- [9] Isavia, „Flugtölur 2020,“ Isavia, Keflavík, 2020.
- [10] Norræna ráðherranefndin, „Nordic Sustainable Aviation,“ 2020.
- [11] Hagstofa Íslands, „Skammtímahagvísar ferðþjónusta í nóvember 2020,“ nóvember 2020. [Á neti]. Available: <https://hagstofa.is/utgafur/frettasafn/ferdathjonusta/skammtimahagvisar-ferdathjonustu-i-november-2020/>.
- [12] Stjórnarráð Íslands, „Grænbók um samgöngur,“ 2021.
- [13] Orkustofnun, „Eldsneytisspá 2021-2060,“ 2021.
- [14] Avinor, „Avinor and Norwegian aviation 2019,“ 2019.
- [15] A. T. A. G. [ATAG], „Reducing emissions from aviation through carbonneutral growth from 2020,“ 2013. [Á neti]. Available: https://www.realwire.com/writeitfiles/PositionPaper_ICAO-ASBY_2013_mediumres.pdf.
- [16] Airbus, „AIRBUS' ELECTRICALLY POWERED AIRCRAFT AS AN ANSWER TO THE EUROPEAN UNION'S LOW-CARBON POLICY,“ 11. nóvember 2017. [Á neti]. Available:

<https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2017/11/airbus--rolls-royce--and-siemens-team-up-for-electric-future-par.html>.

- [17] A. Technology, „Boeing commits to fly commercial aircraft on 100% SAF by 2030,“ 2021. [Á neti]. Available: <https://www.aerospace-technology.com/news/boeing-commercial-saf-aircraft/#:~:text=Boeing%20has%20committed%20to%20fly%20all%20its%20existing,evaluate%20the%20changes%20required%20to%20achieve%20the%20goal..>
- [18] Icelandair, „Icelandair,“ 13 ágúst 2021. [Á neti]. Available: <https://www.icelandair.com/en-ca/blog/exploring-the-possibility-of-electric-and-hydro-powered-flights/>.
- [19] Viðskiptablaðið, „Viðskiptablaðið,“ 30 08 2021. [Á neti]. Available: <https://www.vb.is/frettir/flugkennsla-rafknunum-velum/170204/>.
- [20] Atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytið, „Sjálfbær orkuframtíð,“ 2020.
- [21] Samgöngu og sveitarstjórnarráðuneytið, „Grænbók um samgöngur,“ Stjórnarráð Íslands, 2021.
- [22] Nordic Energy Research, „Sustainable Jet Fuel for Aviation,“ 2019.
- [23] Aðalheiður Kristinsdóttir, Bjarni Már Júlíusson og Hallmar Halldórs, „Fýsileiki þess að framleiða rafeldsneyti á Íslandi,“ Júní 2021. [Á neti]. Available: <https://www.stjornarradid.is/library/01--Frettatengt--myndir-og-skrar/ANR/Orkustefna/Fysileiki%20Rafeldsneytisframlei%3%b0slu%20Skysla%20Jun%202021.pdf>.
- [24] Orkey Ehf, „Orkey.is,“ e.d.. [Á neti]. Available: <https://orkey.is/>. [Skoðað 13. ágúst 2021].
- [25] McKinsey & Company, „Hydrogen Insights,“ 2021.
- [26] Landsvirkun, „Vetni og rafeldsneyti - Orka úr 100% endurnýjanlegum orkugjöfum,“ 17 ágúst 2021. [Á neti]. Available: <https://www.landsvirkjun.is/vetni-og-rafeldsneyti>.
- [27] HS Orka, „HS Orka,“ 05 08 2021. [Á neti]. Available: <https://www.hsorka.is/um-hs-orku/frettir/hyggjast-fj%C3%A1rfesta-15-millj%C3%B6r%C3%B0um-%C3%AD-metan%C3%B3l-framlei%C3%B0slu-%C3%A1-reykjanesi/>.
- [28] J. P. Steinland, Interviewee, *Head of Innovation and Development at Civil Aviation Authority Norway*. [Viðtal]. 2021.

- [29] *Tillaga til þingsályktunar um rafvæðingu styttri flugferða.*
- [30] EMEC European Marine Energy Centre, „Sustainable Aviation Test Environment (SATE),“ 17 ágúst 2021. [Á neti]. Available: <http://www.emec.org.uk/projects/energy-systems-projects/sate/>.
- [31] EMEC, „European Marine Energy Centre,“ 18 ágúst 2021. [Á neti]. Available: <http://www.emec.org.uk/projects/hydrogen-projects/hyflyer/>.
- [32] Swedavia Airports, „Swedavia - Sustainable Aviation Fuel (SAF) Incentive Programme 2021,“ 2021.
- [33] Jens Þórðarson, Interviewee, *Framkvæmdarstjóri flugrekstrarsviðs Icelandair Group*. [Viðtal]. Maí 2021.
- [34] Rod Williams, Interviewee, *Sölu- og markaðsstjóri hjá Universal Hydrogen*. [Viðtal]. September 2021.
- [35] A. Lincoln, „Bye Aerospace,“ Ágúst 2021. [Á neti]. Available: <https://bye-aerospace.com/press-announcement-reykjavik-flight-academy/>. [Skoðað September 2021].
- [36] Icelandair, „Vetnis- og rafmagnsknúið innanlandsflug,“ Júlí 2021. [Á neti]. Available: <https://www.icelandair.com/is/blogg/vetnis-og-rafmagnsknuid-innanlandsflug/>.
- [37] Blámi, „Blámi,“ 2021. [Á neti]. Available: <https://blami.is/um-blama/>. [Skoðað 08 2021].
- [38] Orkustofnun, „Orkusjóður,“ [Á neti]. Available: <https://orkustofnun.is/orkustofnun/rad-og-nefndir/orkusjodur/>.
- [39] Samgöngu- og sveitastjórnarráðuneytið, „Flugstefna Íslands,“ Stjórnarráð Íslands, 2019.
- [40] Jón Bernóðusson, Nóvember 2016. [Á neti]. Available: <https://www.samgongustofa.is/media/siglingar/skyrslur/SjalfbaerRaektun-JB-2016.pdf>.
- [41] Emirates, „Sustainability in operations,“ [Á neti]. Available: <https://www.emirates.com/is/english/about-us/our-planet/sustainability-in-operations/>.
- [42] Norden, „Sustainable jet fuel for aviation , Nordic perspectives on the use of advanced sustainable jet fuel for aviation,“ 2016.
- [43] Orkustofnun, „Orkusjóður,“ 2020. [Á neti]. Available: <https://orkustofnun.is/orkustofnun/rad-og-nefndir/orkusjodur/>.

