

Grænt flug

STEFNUMIÐAÐUR VEGVÍSIR
UM INNLEIÐINGU RAFKNÚINS
FLUGS Á NORÐURLÖNDUM

Rebecca Cavicchia
Jonas Kačkus Tybjerg
Hilma Salonen

NORDREGIO POLICY BRIEF 2025:6

EFNISYFIRLIT

Samantekt	3
Núverandi staða og markmið	4
Danmörk	4
Finnland	5
Ísland	5
Noregur	5
Svíþjóð	6
Helstu áskoranir og leiðir til að takast á við þær	7
Áskoranir varðandi stefnumörkun	7
Áskoranir varðandi regluverk	9
Áskoranir varðandi umhverfismál	10
Efnahagslegar og tæknilegar áskoranir	11
Stefnumiðaður vegvísir uminnleiðingu rafknúins flugs	13



(Mynd: Miia Itänen)

Samantekt

Árið 2024 má rekja um það bil 2,5 prósent allrar losunar á koldíoxíði í heiminum til flugumferðar. Þó að þessi tala kunni að virðast lítilvæg er raunverulegt framlag flugiðnaðarins til loftslagsbreytinga mun meira. Undir loftslagsáhrif flugiðnaðarins falla raunar fleiri tegundir losunar og því eru heildarumhverfisáhrif hans mun meiri en ella (Arvidsson o.fl., 2024).

Rafknúnar flugsamgöngur (electric aviation, EA)^[1] eru vænlegur kostur til að draga úr þessum áhrifum. Einkum keppast norrænu löndin við að vera í fararbroddi við að taka þessa nýju tækni upp og hafa þau sett sér metnaðarfull markmið varðandi innleiðingu hennar í náginni framtíð.

Mörgum spurningum er þó enn ósvarað og yfirstíga þarf ýmsar hindranir áður en rafknúnar flugsamgöngur geta orðið að veruleika. Er nægilegur pólitískur vilji á Norðurlöndum til þess að styðja við þessar aðgerðir? Hvernig verða þær fjármagnaðar? Er nauðsynleg tækni og innviðir til staðar?

Þetta eru aðeins nokkur af þeim mikilvægu atriðum sem fjallað er um í þessu stefnumálafyrirliti, sem byggt er á niðurstöðum frá vinnustofu fyrir hagsmunaaðila sem haldin var í júní 2024 í tengslum við verkefnið '*Electric Aviation and the Effects on the Nordic Region*'. Sjö þátttakendur tóku þátt í vinnustofunni og áttu öll norrænu löndin fimm^[2] fulltrúa. Áhersla var lögð á að kortleggja helstu hindranir við innleiðingu rafknúins flugs og að leita raunhæfra lausna. Meginniðurstaðan var að taka saman stefnumarkandi vegvísi sem fjallar um þau mikilvægu skref sem stíga verður til þess að rafknúið flug megi verða að veruleika á næstu árum.

-
1. Aðrar sjálfbærar lausnir (svo sem sjálfbært flugvélaeldsneyti (SAF) og tvinnlausnir) geta einnig haft veruleg jákvæð umhverfisleg áhrif, einkum á meðan unnið er að því að flug verði að fullu rafknúið. Vegna flækjustigs hvernar lausnar fjallar þetta stefnumálafyrirlit þó eingöngu um rafknúið flug.
 2. Fulltrúar: NISA, NEA, Icelandair, Isavia, flugmálayfirvöld Danmerkur, samgönguráðuneyti Noregs, Helsinki Electric Aviation Association.



(Mynd: Niklas Jonasson / Unsplash)

Núverandi staða og markmið

Engin samræmd löggjöf eða stefna í flugmálum er til staðar á Norðurlöndum. Formlegu samstarfi í samgöngumálum á ráðherrastigi var hætt árið 2005 þegar Norræna ráðherranefndin um samgöngumál (MR-Transport) var lögð niður í tengslum við endurskipulagningu. Þess í stað hafa ýmsar norrænar aðgerðir og samstarfsverkefni á sviði flugmála, svo sem NEA^[3] og NISA^[4], litið dagsins ljós, auk landsbundinna stefna og markmiða varðandi sjálfbært flug, þar á meðal áherslu á rafknúð flug. Hér á eftir er stiklað á stóru um helstu aðgerðir. Ítarlegri greiningu má nálgast í skýrslum sem gefnar voru út í tengslum við verkefnið *'Electric Aviation and the effects on the Nordic Region'*^[5]. (Cavicchia o.fl., 2024; Löfving o.fl., 2023; Wendt-Lucas, 2023)

Danmörk

Dönsk stjórnvöld kynntu áætlunina „Grænt flug fyrir alla“ í september 2022 þar sem stefnt er að því að allt innanlandsflug verði að fullu grænt fyrir árið 2030 (Samgönguráðuneyti Danmerkur o.fl., 2022). Aðgerðirnar fela meðal annars í sér niðurgreiðslu á flugi og beinast að mestu að notkun sjálfbærs flugvélaeldsneytis (SAF). Í Danmörku mun sjálfbært flugvélaeldsneyti fyrst og fremst verða framleitt úr lífmassa og úrgangi frá landbúnaði, öfugt við nágrannalönd á borð við Svíþjóð og Finnland sem nýta frekar lífmassa frá skógrækt. Áætlað er að með innleiðingu sjálfbærs flugvélaeldsneytis takist að gera innanlandsflug að fullu grænt fyrir árið 2030. Til lengri tíma litið er jafnframt stefnt að innleiðingu rafknúins flugs eftir 2030.

3. Nordic Network for Electric Aviation, nánar á: <https://nordicnea.com/>

4. Nordic Initiative for Sustainable Aviation, nánar á: <https://nisa.dk/NISA/#AboutNISA>

5. Nálgast má skýrslurnar á: <https://nordregioprojects.org/electric-aviation/>

Finnland

Samkvæmt stefnu Finnlands í flugmálum er rafknúið flug hluti af 12 ár á áætlun (2021–2032) þar sem stefnt er að kolefnishlutleysi fyrir árið 2030. Stjórnvöld horfa til rafknúins flugs sem lykillausnar þegar kemur að því að draga úr losun og um leið bæta innanlandsflugþjónustu. Þess vegna fjárfesta Finnar nú í rannsóknum og nýsköpun á sviði rafeldsneytis og vinna ásamt Alþjóðaflugmálastofnunin (ICAO)^[6] og Flugöryggisstofnun Evrópu (EASA)^[7] að þróun staðla fyrir raf- og tvinnflugvélar. Enn fremur er regluverk um rafknúið flug í mótn og er meðal annars horft til öryggisatriða á borð við eldhættu vegna rafgeyma og vetrarviðhalds á flugvöllum.

Ísland

Í flugstefnu Íslands, sem kynnt var árið 2020, er mikil áhersla lögð á að draga úr umhverfisáhrifum og ýta undir umskipti yfir í rafknúið flug. Alþingi skipaði því starfshóp árið 2021 sem ætlað er að setja fram stefnu um vistvæn orkuskipti í innanlandsflugi fyrir árið 2030 þar sem áherslan er á raforku. Rétt eins og hjá hinum norrænu löndunum er gert ráð fyrir að helstu tækifæri fyrir rafknúið flug felist í styttri leiðum innanlands með aukinni tíðni flugs og samdrætti í bæði losun og kostnaði (Innviðaráðuneyti Íslands, 2022). Jafnframt er lögð áhersla á þörfina á því að efla innviði, til dæmis með bættri raforkudreifingu til flugvalla á landsbyggðinni, til að styðja við þessi markmið. Ísland ætlar sér að tryggja að 20 prósent alls innanlandsflugs noti endurnýjanlega orku, þ. á m. raforku, fyrir árið 2030 og stefnt er að því að allt innanlandsflug verði knúið með endurnýjanlegri orku fyrir árið 2040. Þá er einnig stefnt að því að Ísland verði vettvangur fyrir prófanir raf- og tvinnflugvéla fyrir árið 2026.

Noregur

Norðmenn eru fremstir í flokki norrænu þjóðanna þegar kemur að rafknúnu flugi. Í landsáætlun sem unnin var árið 2020 eru sett fram markmið um innleiðingu rafknúins áætlunarflugs með stuðningi norskra stjórnvalda auk samstarfsaðila á borð við Widerøe, SAS og Zero Emission Resource Organisation (Avinor, 2020). Helstu áfangar eru meðal annars að fyrsta rafknúna áætlunarflugið verði farið fyrir 2030 og að innanlandsflug verði að fullu rafknúið fyrir 2040, sem myndi þýða 80 prósent samdrátt í losun miðað við árið 2020.

6. Alþjóðaflugmálastofnunin (International Civil Aviation Organisation, ICAO), nánar á: <https://www.icao.int/>

7. Flugöryggisstofnun Evrópu (European Union Aviation Safety Agency, EASA), nánar á: <https://www.easa.europa.eu/en>

Norðmenn stefna jafnframt að því að koma upp miðstöð fyrir þróun og prófanir á rafknúnum flugvélum og nýta sér stuttar innanlandsflugleiðir til skjótrar innleiðingar. Reiknað er með að litlar rafknúnar flugvélar með allt að 19 sætum geti hafið flug á stuttum leiðum á árunum 2025–2030, jafnvel við krefjandi vetraraðstæður. Þessi stefna er liður í stærra markmiði Noregs um jarðefnaeldsneytislaut flug fyrir árið 2050.

Svíþjóð

Svíþjóð hefur sett sér markmið um að ná jarðefnaeldsneytislautu flugi og liður í því er að vinna að rafvæðingu innanlandsflugs fyrir árið 2030 og alls flugs frá sænskum flugvöllum fyrir árið 2045. Stjórnvöld hafa þó ekki sett fram sértæk markmið í flugmálum en í rafvæðingarstefnu þeirra frá 2020 er mikilvægi þess að rafvæða flug undirstrikað og áhersla lögð á uppbyggingu innviða, raforkunets og hleðsluaðstöðu á flugvöllum (Innviðaráðuneyti Svíþjóðar, 2020). Þá er einnig unnið að ýmsum verkefnum á þessu sviði innan sænsks flugiðnaðar.

Samgöngustofnun Svíþjóðar og Greiningarmiðstöð samgöngumála hafa fengið það hlutverk að greina og styðja við rafknúið flug með áherslu á lítill og meðalstór fyrirtæki og stuðla að nýsköpun á sviði flugtækni. Swedavia, sem er rekstraraðili ríkisrekkinna flugvalla í Svíþjóð, hefur sett sér það markmið að gera alla tíu flugvelli sína tilbúna fyrir rafknúnar flugvélar fyrir árið 2025 og hefja fyrsta rafknúna áætlunarflugið á sama tíma.



(Mynd: Gina Janosch / Pixabay)

Helstu áskoranir og leiðir til að takast á við þær

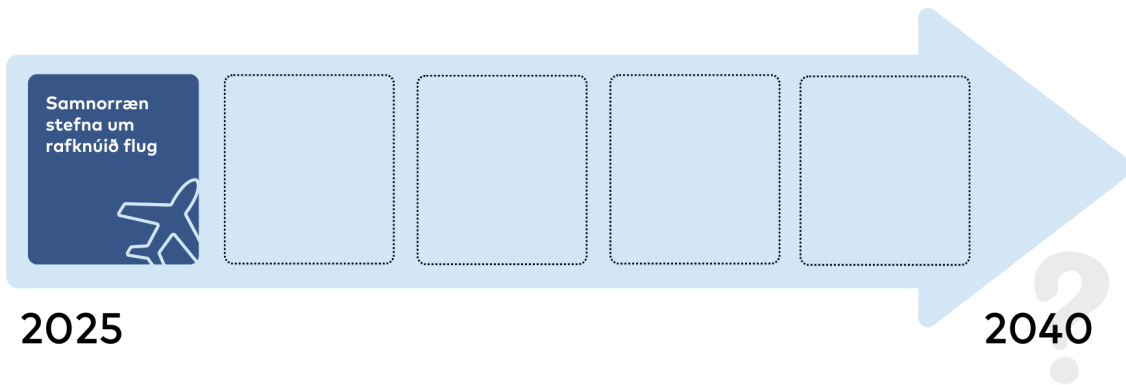
Í þessum kafla er fjallað um helstu áskoranir sem fram komu á vinnufundi hagsmunaaðila og hugsanlegar leiðir til að takast á við þær. Áskorunum er skipt niður í flokka og fyrir hvern þeirra er fjallað um lausnir sem nýtast við gerð stefnumarkandi vegvísar um framtíð rafknúins flugs.

Áskoranir varðandi stefnumörkun

Töluverðar pólitískar áskoranir tengjast innleiðingu rafknúins flugs. Þótt mikilvægt sé að norrænu löndin hafi skýra framtíðarsýn dugar það eitt og sér ekki til að ná markmiðinu án beinna aðgerða og stefnu. Áskoranir eru eftirfarandi:

- **Skortur á pólitískum vilja** sem leiðir til þess að alþjóðlegt samstarf er ekki nægilegt.
- **Óleyst fjármögnunarmál.** Fjármögnunarmál fá litla athygli á vettvangi stjórnmálanna, sem skapar stóra hindrun fyrir innleiðingu.
- **Skortur á skilningi á mikilvægi flugsamgangna fyrir dreifðar byggðir á vettvangi ESB.** Svokölluð „flugskömm“ hefur færest í vöxt, einkum þar sem ESB beinir sjónum sínum í vaxandi mæli að því að draga úr flugi og ýta undir vega- og járnbrautarsamgöngur. Slík afstaða er angi af víðtækara pólitísku andrúmslofti þar sem flugsamgöngur eru í auknum mæli litnar hornauga vegna umhverfissjónarmiða. Þetta setur norrænu löndin í erfiða stöðu þar sem þau eru háðari flugsamgöngum en aðrar Evrópuþjóðir.

- **Skortur á samræmdri nálgun norrænu þjóðanna** þegar kemur að því að tala máli rafknúins flugs.
- **Skortur á skýrum leiðbeiningum frá ESB.** Þörf er á þeim til þess að styðja við þróun og innleiðingu rafræns flugs.



Hvað er hægt að gera?

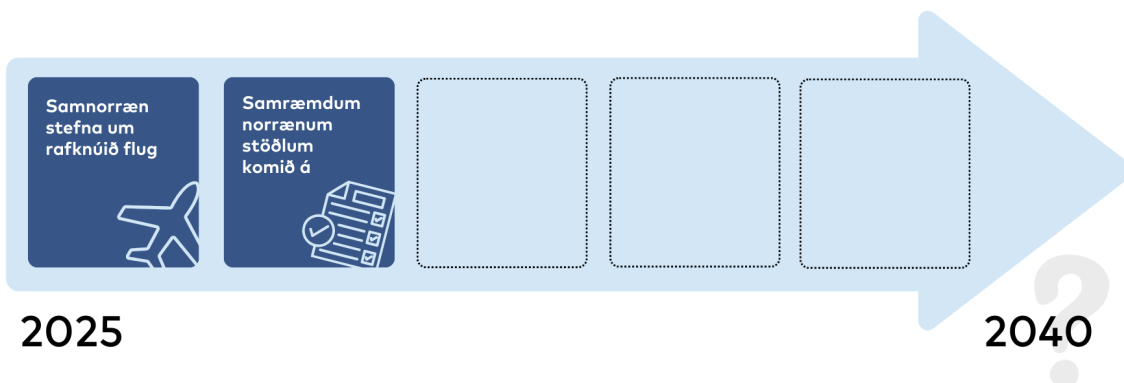
Sérfræðingarnir sem tóku þátt í vinnustofunni bentu á að mikilvægt fyrsta skref sé samnorræn stefna og aðgerðaáætlun á sviði rafknúins flugs. Slík stefna myndi skipta sköpum þegar kemur að því að samræma reglusetningu og tæknilega og fjárhagslega þróun rafknúins flugs. Jafnframt myndi hún skipta miklu máli varðandi samstillt átak við fjármögnun kolefnishlutlauss flugs ásamt því að hvetja til samstarfs hagsmunaaðila til að takast á við fjármögnunarvandann.

Hver á að bregðast við:

Ríkisstjórnir landanna og Evrópusambandið

Áskoranir varðandi regluverk

- **Skortur á sameiginlegum stöðlum um flugvallarinnviði.** Þörf er á slíkum stöðlum til að styrkja alþjóðleg tengsl og tæknilega nýsköpun á sviði rafknúins flugs. Hætta er á að skortur á þeim geti tafið innleiðingu tækninnar.
- **Gera þarf regluverk um flugþjónustu sveigjanlegra gagnvart nýrri tækni.** Núverandi landsbundnar og evrópskar reglugerðir um flugþjónustu eru oft of stífar til að aðlagast nýrri tækni. Að hluta til stafar það af réttmætum öryggissjónarmiðum í tengslum við innleiðingu og rekstur nýrrar tækni en engu að síður getur það heilt yfir hægt á framþróun í greininni. Evrópsk krafa um að banna innanlandsflug getur hægt enn frekar á þróuninni. Taki slíkar reglur gildi of snemma, áður en ný tækni er tilbúin og getur tekið við, hefði það neikvæð áhrif á núverandi samgöngukerfi, einkum í dreifðum byggðum.



Hvað er hægt að gera?

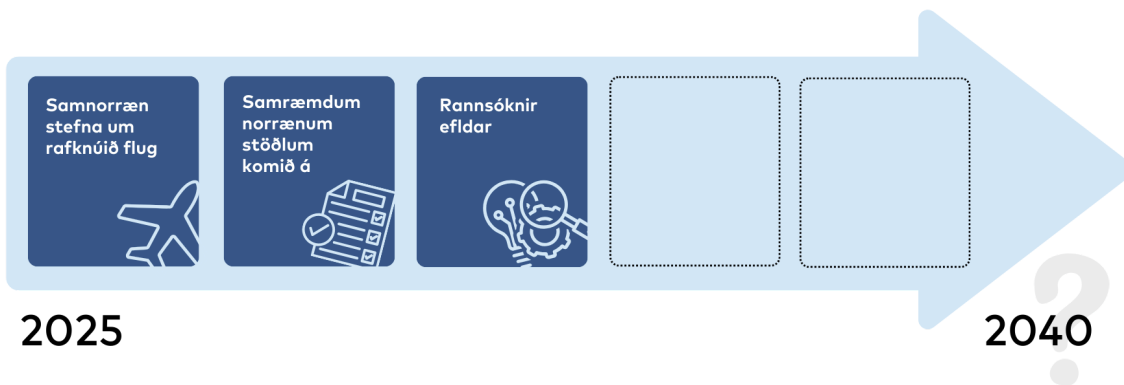
Að lokinni innleiðingu á samnorrænni stefnu í flugmálum er hægt að koma á ramma um samræmda staðla á svæðinu. Slíkt getur aukið skilvirkni í rafknúnu flugi þvert á landamæri. Jafnframt myndi sveigjanlegt regluverk á sviði flugmála styðja við tækniframfarir í rafknúnu flugi.

Hver á að bregðast við:

Norrænu ríkisstjórnirnar í sameiningu

Áskoranir varðandi umhverfismál

- **Skortur á þekkingu og rannsóknum varðandi lífsferilsgreiningar.** Takmörkuð þekking og rannsóknir eru til staðar um lífsferilsgreiningu rafknúinna flugvéla. Nauðsynlegt er að skilja heildarumhverfisáhrif slíkra flugvéla, allt frá framleiðslu til förgunar, til að geta lagt mat á sjálfbærni þeirra, einkum þegar kemur að framleiðslu á rafhlöðum. Sömuleiðis þarf að bera umhverfisáhrif rafknúins flugs saman við aðra samgöngumáta, sérstaklega með tilliti til námuvinnslu í þágu rafhlöðuframleiðslu. Það er nauðsynlegt til að tryggja að umskipti yfir í rafknúð flug valdi ekki ótilætlað meiri umhverfisskaða vegna aukinnar þarfar á námu- og hráefnisvinnslu.



Hvað er hægt að gera?

Ríkisstjórnir og háskólastofnanir þurfa að setja á laggirnar rannsóknaráætlanir þar sem sjónum er beint að því að framkvæma umfangsmiklar lífsferilsgreiningar til að ákvarða raunveruleg umhverfisáhrif rafknúinna flugvéla. Jafnframt er mikilvægt að bera umhverfisáhrif rafknúins flugs saman við aðra samgöngumáta, einkum með tilliti til hráefnisvinnslu og förgunar á rafhlöðum.

Hver á að bregðast við:

Ríkisstjórnir landanna og rannsóknarstofnanir

Efnahagslegar og tæknilegar áskoranir

- **Arðsemi.** Líklegt er að erfitt reynist að skila hagnaði af litlum rafknúnum flugvélum, sérstaklega á frumstigi innleiðingar.
- **Miðaverð.** Hátt miðaverð, einkum á fyrri stigum, getur fælt hugsanlega viðskiptavinum frá og komið í veg fyrir vöxt. Einnig er óvissa um það hver muni njóta góðs af rafknúnu flugi þegar upp er staðið, þ.e. hvort þjónustan verði á viðráðanlegu verði og aðgengileg almennum hópi notenda eða einskorðist við sérhæfða markhópa á borð við ferðaþjónustu eða viðskiptaferðalög.
- **Þróun á sveigjanlegri tækni.** Skortur á stöðlum varðandi orkukræfni þegar kemur að rafknúnu flugi er stór hindrun í vegi tækniþróunar. Núverandi rafhlöðutækni er sömuleiðis ófullnægjandi, sem þýðir að þörf er á frekari þróun til að uppfylla þarfir rafknúins flugs.



Hvað er hægt að gera?

Til að takast á við áskoranir af þessu tagi þarf bæði pólitískan stuðning, tækniframfarir og fjárfestingar í rannsóknum.

Til að takast á við arðsemisvandann gæti blanda af niðurgreiðslu af hálfu stjórnvalda og fjárhagslegum hvötum hjálpað til við að draga úr kostnaði í upphafi og gera rafknúð flug að raunhæfari kosti. Í upphafi getur borgað sig að einbeita sér að eftirsóttum, stuttum leiðum sem gera það kleift að yfirstíga landfræðilegar hindranir og hægt er að sinna vel með litlum rafknúnum flugvélum til að auka tekjur og sýna fram á arðvænleika markaðarins.

Til að takast á við vandamál tengd miðaverði má nýta fjárhagslega hvata til að lækka kostnað fyrir farþega og gera rafknúð flug meira aðlaðandi. Einnig kann að koma til greina að setja upp mismunandi verð fyrir annars vegar heimamenn og hins vegar ferðamenn og niðurgreiða þannig miða fyrir heimamenn. Þá er mikilvægt að horfa til tímapáttarins: eftir því sem framleiðsla eykst og samkeppni eflist mun framleiðslukostnaður rafknúinna flugvéla líklega lækka sem mun leiða til lægra miðaverðs þegar fram líða stundir.

Loks ber að nefna að núverandi rafhlöðutækni er mikil hindrun í vegi almennrar innleiðingar með tilliti til orkubéttleika og hleðslutíma og því skiptir sköpum að bæði hið opinbera og einkageirinn fjárfesti í rannsóknum og þróun til að flýta fyrir framförum.

Hver á að bregðast við:

Ríkisstjórnir landanna og rótgrónir aðilar í greininni



(Mynd: Chanash / Unsplash)

Stefnumiðaður vegvísir uminnleiðingu rafknúins flugs



Í vegvísinum er gerð grein fyrir áföngum á leiðinni að því markmiði að innleiða rafknúð flug. Sköpum skiptir að mótuð verði samnorræn stefna um rafknúð flug með það fyrir augum að skiptast á þekkingu, þróa tækni, setja reglur um staðla, auka nýsköpun og að lokum ná fram samfélagslegri sátt sem oft getur verið mikil áskorun, einkum á fyrstu stigum innleiðingar nýrrar tækni.

Samkvæmt vegvísinum er gert ráð fyrir því að með því að ná þessum áföngum samhliða markvissum kynningarátökum megi auka stuðning almennings við rafknúð flug. Vegna núverandi stöðu varðandi stjórnmál og regluverk, sem og þróun tækni og innviða, er mjög erfitt að segja nákvæmlega til um hvenær og hvernig þessi skref verða stigin.

Engu að síður er afar brýnt að halda þessari umræðu á lofti, ekki síst í ljósi þeirra metnaðarfullu markmiða sem flest norrænu löndin hafa sett sér um að innanlandsflug verði sjálfbært fyrir árið 2030 eða 2040.

Heimildir

Arvidsson, R., Nordelöf, A., & Brynolf, S. (2024). Life cycle assessment of a two-seater all-electric aircraft. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 29(2), 240–254. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02244-z>

Avinor. (2020). Forslag til program for introduksjon av elektrifiserte fly i kommersiell luftfart.

Cavicchia, R., Tybjerg, J. K., Salonen, H., Brynteson, M., Wendt-Lucas, N., Gísladóttir, S., & Jóhannesson, H. (2024). Ten-year Regional Outlook: Future Perspectives for Electric Aviation in the Nordic Region. Nordregio. <https://doi.org/10.6027/R2024:81403-2503>

Innviðaráðuneyti Svíþjóðar. (2020). Sveriges integrerade nationella energi- och klimatplan, government of Sweden. <https://www.regeringen.se/globalassets/regeringen/dokument/sveriges-integrerade-nationella-energi-och-klimatplan-enligt-forordning-eu-2018-19992.pdf>

Löfving, L., Salonen, H., & Gísladóttir, S. (2023). Electric Aviation Outlook in the Nordics. Nordregio. <https://doi.org/10.6027/WP2023:4.1403-2511>

Samgönguráðuneyti Danmerkur, Loftslags-, orku og veitumálaráðuneyti Danmerkur, og Skattamálaráðuneyti Danmerkur. (2022). Grøn luftfart for alle.

Stjórnarráð Íslands Innviðaráðuneytið. (2022). Staða og áskoranir í orkumálum með vísan til markmiða og áherslna stjórnvalda í loftslagsmálum. <https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/Stoeduskýrsla%20áskoranir%20í%20orkumálum%2008032022.pdf>

Wendt-Lucas, N. (2023). Implementing Electric Aviation: Critical Factors and Relevant Policy Instruments. Nordregio. <https://doi.org/10.6027/WP2023:3.1403-2511>

Um ritið

Grænt flug – Stefnumiðaður vegvísir um innleiðingu rafknúins flugs á Norðurlöndum

Rebecca Cavicchia, Jonas Kačkus Tybjerg, Hilma Salonen

Nordregio Policy Brief 2025:6

ISSN: 2001-3876

<http://doi.org/10.6027/PB2025:6.2001-3876>

© Nordregio 2025

Samskipti og umbrot: Miia Itänen

Forsíðumynd: Kaur Martin / Unsplash

Electric aviation and the effects on the Nordic regions

Þetta stefnumótunarskjal var tekið saman í tengslum við verkefnið „[Electric aviation and the effects on the Nordic regions](#)“ (maí 2022 – desember 2024). Verkefnið var á vegum Nordregio, Norrænna orkurannsókna og Háskólans á Akureyri og fólst í greiningu á áhrifum rafknúins flugs á byggðapróun á Norðurlöndum.

Nordregio

Nordregio er leiðandi norræn og evrópsk rannsóknarmiðstöð á sviði byggðamála sem Norræna ráðherranefndin setti á laggirnar árið 1997. Við stundum lausnamiðaðar, hagnýtar rannsóknir og leitum svara við brýnum viðfangsefnum bæði út frá rannsóknarsjónarhorni og út sjónarhorni stefnumótenda og fagfólks.

Nordregio stundar rannsóknir í alþjóðlegu, lands-, svæðis- og staðbundnu samhengi sem ná yfir víðfeðmt landsvæði með áherslu á Norðurlönd, Eystrasaltssvæðið, Evrópu og norðurslóðir.

Nordregio

Holmamiralens Väg 10

Skeppsholmen

Stokkhólmi, Svíþjóð

www.nordregio.org