

TÖPUÐ TÆKIFÆRI VEGNA TAKMARKANA Í FLUTNINGSKERFINU

Greining á samfélagslegu tapi sem stafar af
takmarkaðri afhendingargetu rafmagns

8. apríl 2022

Efnisyfirlit

1	Inngangur	4
2	Staða flutningskerfisins	6
3	Rafmagn og velferð	8
3.1	Rafmagn: Drifkraftur efnahagslegra framfara og velferðar	8
3.2	Raforka og velferð á Íslandi	10
3.2.1	Svigrúm og launaþróun	11
4	Dæmi um töpuð tækifæri	15
4.1	Framleiðslufyrirtæki í vaxandi iðnaði	16
4.1.1	Nýsköpunarfyrirtæki í líftækniiðnaði	16
4.1.2	Áætluð stækkun	16
4.1.3	Takmarkanir leiða til aukins kostnaðar	17
4.1.4	Samfélagslegur kostnaður vegna takmarkana	18
4.2	Vetnisframleiðsla	19
4.2.1	Samkeppnishæfni Íslands	20
4.2.2	Hægt er að helminga þörfina á jarðeldsneyti á skömmum tíma	21
4.2.3	Loftslagsheimildir	22
4.3	Raforkuframleiðsla	23
5	Lokaorð: Samfélagslegur kostnaður	24
	Viðauki A: Samband svigrúms og efnahagslegra framfara	26
	Viðauki B: Efnahagslegt velferðartap vegna takmarkana	28
	Viðauki C: Flöskuhálsar og tengingar milli svæða (kafli úr Kerfisáætlun)	30

SAMANTEKT

Aðgengi að raforku á samkeppnishæfu verði er grundvöllur efnahagslegar velferðar og efnahagsleg velferð er grundvöllur samfélagslegrar velferðar. Þetta samband má rekja til þeirrar staðreyndar að rafmagn er nauðsynlegt aðfang í nánast allri framleiðslu og neyslu. Í þessari skýrslu er þetta samband tekið til skoðunar og þrjú dæmi tekin um verkefni sem hafa sótt um tengingu við flutningskerfið og Landsnet hefur þurft að hafna á undanförunum árum vegna takmarkaðrar flutningsgetu flutningskerfisins. Þessar hafnanir eru svo skoðaðar með þau markmið sem Ísland hefur sett sér í orku- og loftslagsmálum í huga.

Landsnet hefur tekið saman um 25–30 verkefni með samanlagða aflþörf á bilinu 500–900 MW. Landsnet telur að þessi verkefni hefðu líklega raungerst ef flutningskerfi raforku væri sterkara. Dæmin í þessari skýrslu gefa til kynna að kostnaður samfélagsins vegna tafa telji líklega tugi milljarða króna ár hvert.

Fyrsta dæmið sem skoðað er hefur með fyrirtæki í nýsköpun að gera. Hvert ár sem takmarkanir í flutningskerfinu koma í veg fyrir tengingu fyrirtækisins við flutningskerfið kostar fyrirtækið á bilinu 2.000–3.500 m.kr. Ef ekki er hægt að tengja verkefnið við flutningskerfið er eina leiðin til að hefja framleiðslu með aðstoð díselrafstöðar, en óvíst er þó hvort það borgi sig og það fer gegn markmiðum fyrirtækisins og Íslands í loftslagsmálum. Verkefnið skapar 40 góð og vel launuð störf en meðallaun starfsmanna hjá þessu fyrirtæki eru í kringum eina milljón á mánuði í dag og takmarkanir í flutningskerfinu setja sköpun þessara starfa í hættu.

Annað dæmið hefur með vetnisframleiðslu að gera. Á árunum 2010–2020 mældust árleg verðmæti innfluttrar olíu að meðaltali 82 m.kr. eða um 220 þúsund krónur fyrir hvern íbúa landsins. Ríkisstjórn Íslands hefur sett sér það markmið að Ísland verði laust við jarðolíu árið 2050. Þessu markmiði verður aðeins náð með aukinni rafvæðingu samgöngumáta og skipaflotans og stóraukinni notkun græns rafeldsneytis. Ísland býr yfir samkeppnisforski þegar kemur að framleiðslu græns vetnis í gegnum raforkukerfi sem notast við 100% endurnýjanlega orkugjafa. Það gæti því sparað Íslandi tugi milljarða gjaldeyris ár hvert ef það tryggði skilvirka framleiðslu græns vetnis með aukinni raforkuframleiðslu og styrkingu flutningskerfisins. Þar að auki myndi slíkur iðnaður auka fjölbreytileika íslensks atvinnulífs og skapa fjölda góðra starfa.

Þriðja dæmið sem tekið er hefur með raforkuframleiðslu að gera. Samkvæmt Landsvirkjun hefði verið mögulegt að framleiða og selja í kringum 500 GWst til viðbótar árið 2021 úr virkjunum sem nú þegar eru í notkun ef flutningskerfið væri sterkara. Gróft reiknað má meta að tap sem verður vegna óselldrar orku sé í kringum 2.500 m.kr. ár hvert. Einnig voru tvö dæmi um orkuver sem tefjast vegna takmarkana í flutningskerfinu og má þar einnig gróflega meta tap vegna óselldrar orku í kringum 1.400 m.kr. ár hvert. Samtals má því tala um tap raforkuframleiðenda og tengdra aðila sem rekja má til ónýttar mögulegrar raforkuframleiðslu upp á tæpa fjóra m.kr. árlega.

Samfélagslegur kostnaður vegna seinkunar þeirra verkefna sem tekin eru sem dæmi að ofan nemur milljörðum króna ár hvert, og þetta eru bara örfá dæmi. Samkvæmt upplýsingum frá Landsneti hefur félagið þurft að hafna tugum vænlegra verkefna á undanförunum árum og eru því þessir útreikningar bara lítill hluti samfélagslegs kostnaðar sem getur skapast vegna takmarkana í flutningskerfinu. Það er nokkuð ljóst að þetta er ekki sjálfbær staða og ráðast verður í viðamiklar framkvæmdir með það að markmiði að styrkja flutningskerfið og auka afhendingargetu þess milli landshluta. Ef of lítið er gert mun kostnaður vegna takmarkana standa í vegi fyrir að íslenska raforkuauðlindin sé nýtt á skilvirkan hátt, draga úr getu Íslands til að ná þeim markmiðum sem það hefur sett sér í loftslagsmálum og hægja á uppbyggingu verðmætaskapandi iðnaða sem styðja við fjölbreytt atvinnulíf.

1 INNGANGUR

Árið 2020 kom út skýrslan *The Economic Benefit of Headroom in the Icelandic Power Network*. Í skýrslunni er sett fram einföld kenning um hvernig svigrúm í flutningskerfinu gæti skilað sér í efnahagslegri velferð síðar meir.¹ Kenningin byggir að hluta á þeirri hugmynd að sérfræðingar hafa takmarkaða getu til að spá fyrir um framtíðar eftirspurn og ef of lítið er fjárfest í flutningskerfinu er hætt við að ekki sé nægileg orka í boði fyrir ófyrirséð verkefni, sem gæti haft veruleg áhrif á velferð samfélagsins. Í skýrslunni var sýnt fram á að töpuð tækifæri gætu haft veruleg áhrif á velferð í landinu, sérstaklega í sveitarfélögum á landsbyggðinni þar sem svigrúm í flutningskerfinu hefur lengi verið lítið.

Þegar teknar eru ákvarðanir um fjárfestingu í flutningskerfinu ber að hafa í huga samfélagslegan ábata vegna fjárfestinga. Ef of mikið er fjárfest myndast soun vegna ónotaðrar flutningsgetu á líftíma fjárfestingarinnar. Ef of lítið er fjárfest verður samfélagið af verkefnum sem ráðist hefði verið í ef ekki væri fyrir takmarkanir í flutningskerfinu. Ian Dobbs skoðaði þetta samband og sýnir rannsókn hans að samfélagslegur kostnaður sé ósamhverfur og samfélagslegur kostnaður sem skapast vegna of lítillar fjárfestingar vegi þyngra en kostnaður vegna of mikillar fjárfestingar.² Niðurstöður rannsóknarvinnu norska stórþingsins, sem og ráðgjafafyrirtækisins Thema, ríma við niðurstöður Dobbs. Niðurstöður skýrslu Thema, *På nett med framtida*, gefa til kynna að ef óvissa ríki um framtíðareftirspurn sé samfélagslegt tap meira þegar of lítið er fjárfest í flutningskerfinu en þegar of mikið er fjárfest.³

Landsnet heldur utan um tengibeiðnir við flutningskerfið, þar á meðal þær beiðnir sem Landsnet hefur neyðst til að hafna vegna takmarkana í flutningskerfinu. Þessi gögn styðja þá kenningu sem sett var fram í áður umræddum skýrslum. Á árunum 2018–2021 neyddist Landsnet til að hafna 100 formlegum fyrirspurnum um tengingu frá framleiðendum, stórnotendum og öðrum notendum vegna takmarkana í flutningskerfinu. Bæði er um að ræða fyrirspurnir vegna nýrrar starfsemi og frá starfandi fyrirtækjum sem vilja auka umsvif sín. Rúmlega helmingur fyrirspurnanna kemur frá stórnotendum en minni framleiðendur standa einnig fyrir stórum hluta þeirra. Til viðbótar hafa borist fjölmargar óformlegar fyrirspurnir sem ekki eru skráðar í gagnagrunn Landsnets frá aðilum sem hætta við áform sín þegar þeim er gerð ljós staðan í raforkukerfinu.

Mat á virði tapaðra tækifæra er ekki auðvelt og er óhjákvæmilegt að styðjast við forsendur í slíku mati. Landsnet hefur því hóflega tekið saman um 25–30 verkefni með samanlagða aflþörf á bilinu 500–900 MW. Þetta eru verkefni sem hefðu líklega raungerst ef flutningskerfi raforku væri sterkara. Því hefur raforkusala upp á tugi milljarða tapast og fjöldi góðra starfa ekki raungerst.

Til að varpa ljósi á stöðuna hefur Landsnet ráðið Frontier Economics til að rannsaka samfélagslegan kostnað sem rekja má beint til takmarkana í flutningskerfinu, til dæmis hafnaðra fyrirspurna um tengingar eða verkefna sem eru í yfirlýstri biðstöðu vegna takmarkaðrar flutningsgetu Landsnets. Það er að segja, tilfelli þar sem raforkan er til eða gæti verið framleidd en flutningskerfið getur ekki afhent af því að ekki hefur verið fjárfest nóg í styrkingu kerfisins.

Þessi skýrsla er óbeint framhald af áður nefndri skýrslu Frontiers frá árinu 2020 og er markmið hennar ekki að setja nákvæma krónutölu á það tap sem samfélagið verður fyrir vegna tapaðra tækifæra sem rekja má til flutningskerfisins. Frekar er markmiðið að skoða samband raforku og velferðar og sýna einstök dæmi um

¹ Stutta samantekt á kenningunni sem sett var fram í skýrslunni má finna í viðauka A.

² Sjá: [Modelling welfare loss asymmetries arising from uncertainty in the regulatory cost of finance](#). Dobbs, Ian M.

³ Sjá umfjöllun á íslensku í [umsögn Landsnets um mál nr. 32/2021 — breyting á raforkulögum o.fl.](#)

verkefni sem ekki hefur verið hægt að tengja við kerfið og meta gróflega kostnað sem samfélagið verður fyrir vegna einstakra tapaðra tækifæra.

Þessi skýrsla skiptist að meginmáli í 4 kafla:

- Í kafla 2 er farið í stuttu máli yfir stöðu flutningskerfisins.
- Í kafla 3 er samband raforkunotkunar, efnahagslegrar velferðar og félagslegrar velferðar tekið til skoðunar.
- Í kafla 4 eru tekin og skoðuð þrjú dæmi um verkefni sem ekki hefur verið hægt að tengja við flutningskerfið vegna takmarkana.
- Í kafla 5 er samfélagslegur kostnaður vegna takmarkana ræddur.

Niðurstöður skýrslunnar eru skýrar og samfélagslegur kostnaður vegna þeirra verkefna sem tekin eru til skoðunar hleypur á milljörðum. Það er nokkuð ljóst að ef ekki verður ráðist í framkvæmdir sem miða að því að styrkja flutningskerfið fyrir núverandi framleiðslugetu rafmagns og framtíðar eftirspurn mun samfélagið verða fyrir talsverðu tjóni í formi tapaðrar arðsemi og tapaðra starfa.

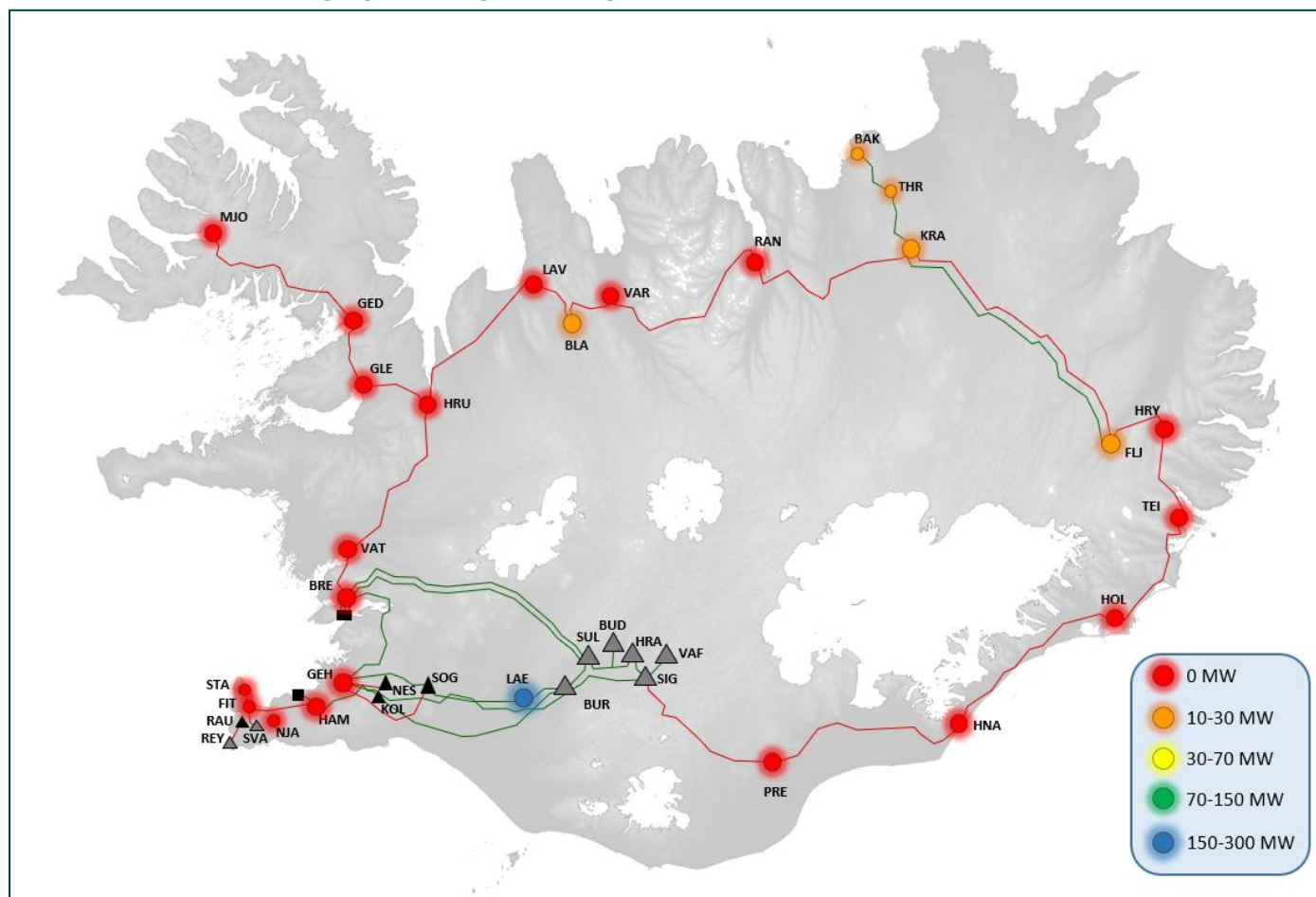
2 STAÐA FLUTNINGSKERFISINS

Samkvæmt 9. grein raforkulaga (2003/65) hefur Landsnet það hlutverk að „byggja flutningskerfið upp á hagkvæman hátt að teknu tilliti til öryggis, skilvirkni, áreiðanleika afhendingar... [og] tengja alla þá sem eftir því sækjast við flutningskerfið, enda uppfylli þeir tæknileg skilyrði fyrir því... Þó [er Landsneti] heimilt að synja nýjum aðilum um aðgang að flutningskerfinu á grundvelli sjónarmiða um flutningsgetu, öryggi og gæði kerfisins.“

Hingað til hefur Landsnet uppfyllt hlutverk sitt eftir bestu getu. Þó hafa Landsneti verið settar talsverðar skorður, þar sem regluverk og andstaða við uppbyggingu kerfisins hafa leitt til hægari uppbyggingar en hagkvæmt gæti talist. Ákjósanleg staða — fyrir Landsnet, atvinnulífið og samfélagið í heild — er staða þar sem Landsnet þarf sem sjaldnast að hafna beiðnum um tengingu. Í það minnsta ætti Landsnet aldrei að þurfa að hafna beiðnum fyrir verkefni sem uppfylla markmið í loftslagsmálum eða verkefnum sem eru líkleg til að skapa verulega velferð fyrir samfélagið.

Kortið að neðan er úr Kerfisáætlun 2021–2030 og sýnir það afl sem hægt er að flytja til viðbótar við það álag sem verður á þeim tímapunkti sem álag er mest á kerfið í heild árið 2021 samkvæmt Raforkuspá. Svigrúmið er lítið og hefur farið minnkandi. Víðast hvar er aðeins hægt að bæta við um 0–10 MW af forgangsálagi. Staðan er ögn betri á á norðausturhluta landsins í kjölfar þess að Kröflulína 4 var spennusett. Þar er hægt að bæta við allt að 30 MW en annars staðar er möguleiki á álagsaukningu mjög takmarkaður.

Mynd 1: Tiltæk afhendingargeta í meginflutningskerfinu



Heimild: Kerfisáætlun Landsnets 2021–2030

Eins og fram kemur í kerfisáætlun er „flutningskerfið á Íslandi mikið lestað og er afhendingaröryggi víða á landinu stefnt í hættu af þeim sökum. Þunglestun kerfisins leiðir af sér aukna hættu á truflunum, t.d. sökum óstöðugleika (aflsveiflna), yfirálags og/eða spennuvandamála. Til þess að tryggja afhendingaröryggi við stjórnun kerfisins hefur Landsnet skilgreint flutningssnið í meginflutningskerfinu sem segja til um hámarksaflflutning milli svæða og landshluta.“⁴ Staðan er því þannig í dag að rafmagn sem annars væri hægt að framleiða í einum landshluta (Austurlandi, til dæmis) og nota í öðrum (Suðvesturlandi) fer til spillis.

Ástæður þess að flutningsgeta á rafmagni milli landshluta (sniða) er takmörkuð eru af ýmsum toga. Landsnet hefur til dæmis bent á talsverða andstöðu vegna fyrirhugaðra framkvæmda, sífellt flóknara regluverk og hægagang í leyfisveitingum. Í dag er staðan sú að orka er læst inn á svæðum með takmarkaða eftirspurn. Ástæðan er tvíþætt: annars vegar hafa náttúrulegar sveiflur í úrkomu milli landshluta leitt til slæms vatnsárs á Þjórsár-Tungaársvæðinu en mjög góðs vatnsárs á Kárahnjúkasvæðinu; og hins vegar er flutningskerfið ekki nógu öflugt til að flytja orkuna sem hægt er að framleiða frá Austurlandi þangað sem eftirspurnin er, t.d. á Suðvesturland eða Norðurland.

Þessi staða er augljóslega ekki ákjósanleg og ef ekki er fjárfest verulega í flutningskerfinu er nokkuð ljóst að það mun draga enn frekar úr getu Landsnets til að tengja nýja notendur við kerfið, sem gæti tafið enn frekar fyrir verðmætisskapandi verkefnum með tilheyrandi kostnaði fyrir notendur og samfélagið í heild sinni.

⁴ Sjá Kerfisáætlun 2021–2030. Nánari útskýringu á sniðum og takmörkunum má einnig finna í Viðauka B.

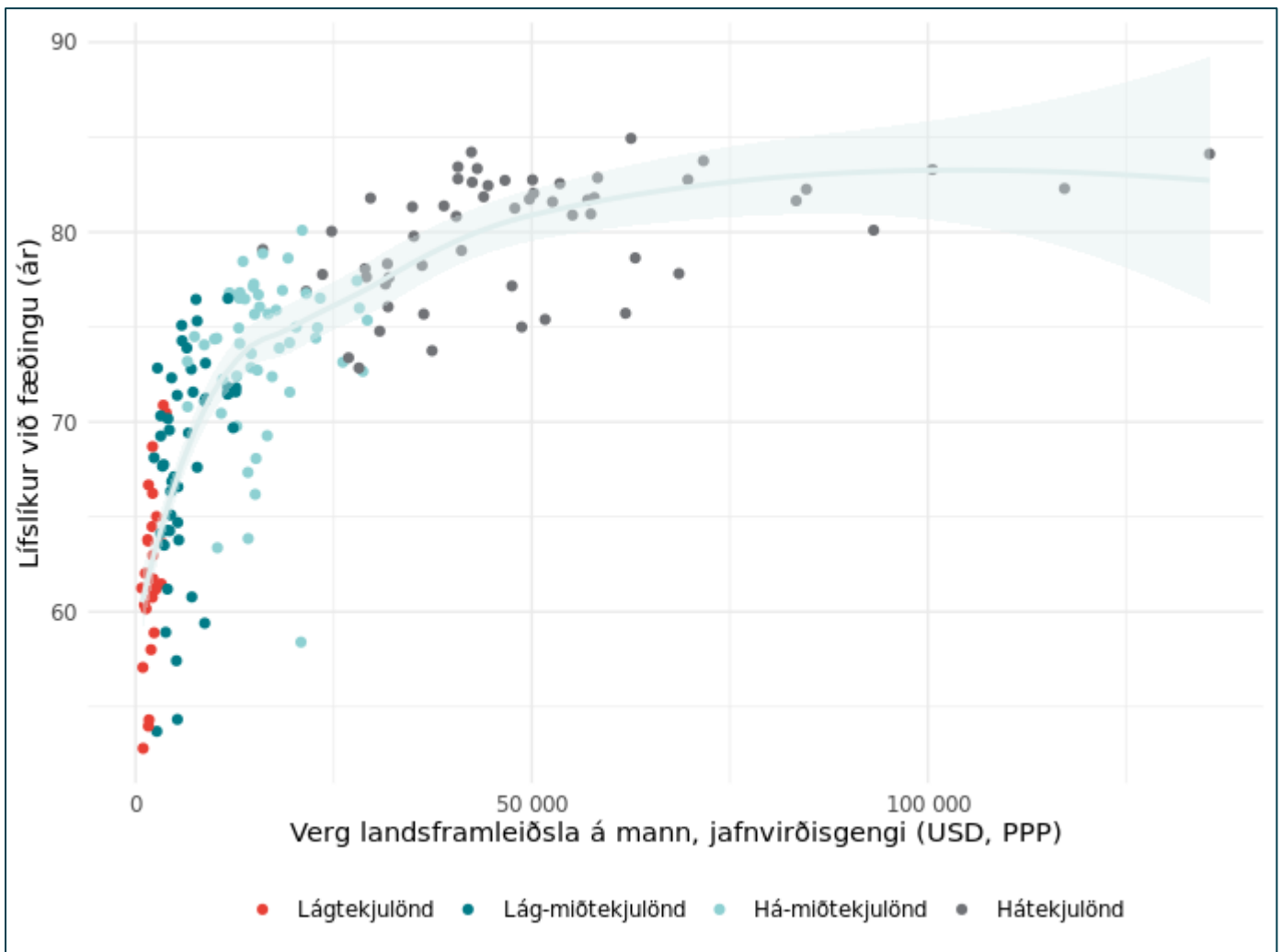
3 RAFMAGN OG VELFERÐ

Raforka spilar lykilhlutverk í nánast allri framleiðslu og neyslu samfélagsins. Öruggt og ódýrt rafmagn lækkar framleiðslukostnað fyrirtækja og eykur samkeppnishæfni þeirra og ýtir þannig undir sköpun góðra starfa og hefur sömuleiðis jákvæð áhrif á launaþróun í landinu, að öðru óbreyttu. Einnig eykur það velferð neytenda sem geta reitt sig á að með litlum tilkostnaði haldist kælikápar kaldir og ljós logi þegar sólin sest, svo eitthvað sé nefnt. Í þessum kafla verður það mikilvæga samband sem er á milli raforkunotkunar, efnahagslegrar velmegunar og samfélagslegrar velferðar útskýrt. Án ódýrrar og öruggar raforku fara fyrirtæki á mis við tækifæri og launþegar þurfa að setta sig við verri störf sem borga minna.

3.1 RAFMAGN: DRIFKRAFTUR EFNAHAGSLEGRA FRAMFARA OG VELFERÐAR

Lífsgæði ráðast að miklu leyti af efnahagslegri velmegun. Íbúar ríkari samfélaga búa almennt við betri heilsu og hafa meiri yfirráð yfir því hvernig þeir skipta tíma sínum milli launaðrar vinnu og afþreyingar. Mynd 2 sýnir sambandið á milli landsframleiðslu á mann og langlífis íbúa í 216 löndum árið 2018. Það er nokkuð skýrt — og óumdeilt — samband þar á milli; í þeim löndum þar sem efnahagsleg velmegun er meiri lifir fólk lengra og heilbrigðara lífi.

Mynd 2: Lífslíkur við fæðingu og landsframleiðsla á mann

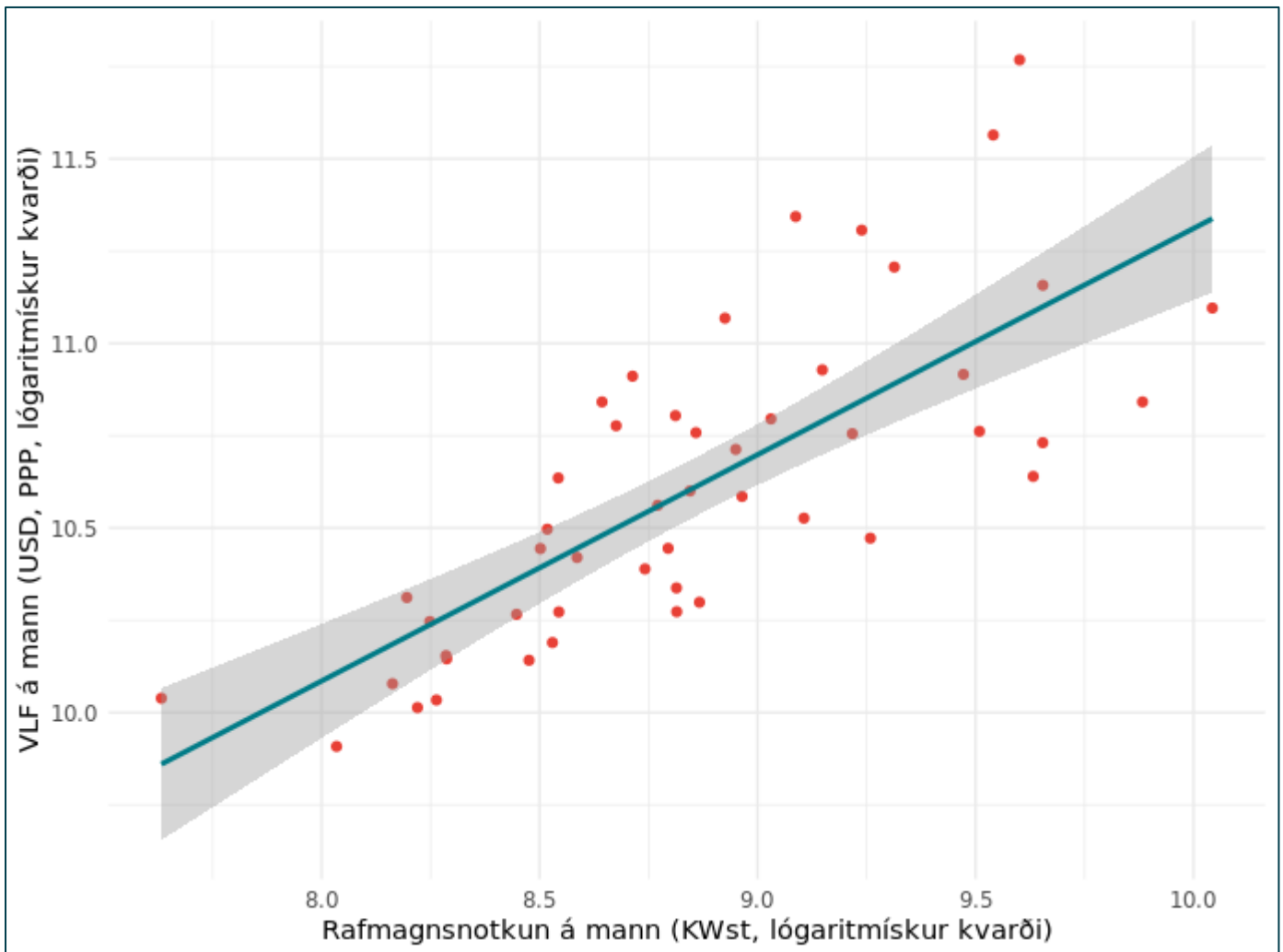


Heimild: World Bank

Verðmætasköpun í hverju landi fyrir sig er háð framleiðslugetu. Sú mælieining sem gefur hvað bestu myndina af velferð íbúa er landsframleiðsla á mann. Ríkar þjóðir skapa meiri verðmæti í gegnum framleiðslu á vöru og þjónustu en fátækari þjóðir og því meiri verðmæti sem samfélagið skapar því betri eru lífsgæði íbúa. Verð og öruggt framboð á aðföngum skiptir þar lykilmáli, ekki síst rafmagn.

Mynd 3 sýnir samband orkunotkunar á mann og landsframleiðslu á mann í 49 hátekjulöndum árið 2014.⁵ Í löndum þar sem orkunotkun er meiri er landsframleiðslan almennt hærri. Lönd sem nota eitt prósent meiri orku á mann mælast almennt með 0,6% hærri landsframleiðslu á mann.

Mynd 3: Samband landsframleiðslu (VLF) á íbúa og rafmagnsnotkunar á íbúa í hátekjulöndum



Heimild: World Bank

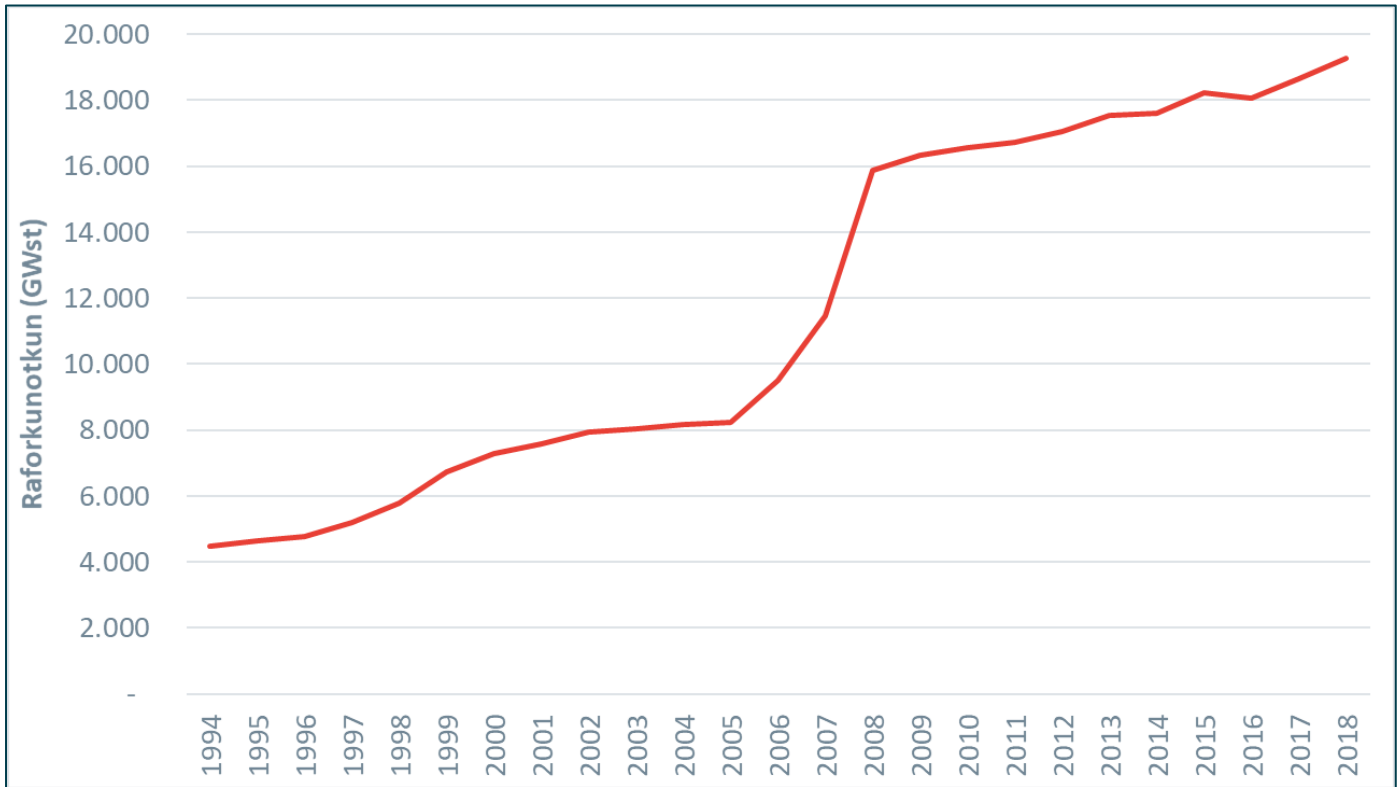
Vissulega spila fleiri þættir hlutverk í sköpun velmegunar og tekið skal fram að raforkunotkun er bæði afleiðing og orsök aukinnar velmegunar. Það er þó nokkuð ljóst að takmörkun á afhendingu rafmagns hefur neikvæð áhrif á framleiðslugetu, samkeppnishæfni og auðvitað velmegun almennings sem einnig notar orku í sínu daglega lífi.

⁵ Nýlegri gögn voru ekki í boði á heimasíðu World Bank og varð því árið 2014 fyrir valinu.

3.2 RAFORKA OG VELFERÐ Á ÍSLANDI

Árið 1994 mældist samanlögð raforkunotkun Íslendinga 4.474 GWst. Á næstu 24 árum rúmlega þrefaldaðist hún og mældist raforkunotkun 19.276 GWst árið 2018. Þessa þróun má sjá á myndinni að neðan. Mikið stökk varð í framleiðslu á rafmagni á árunum 2006 til 2009 en rekja má það að mestu leyti til gangsetningar Kárahnjúka-, Reykjanes- og Hellisheiðarvirkjana.

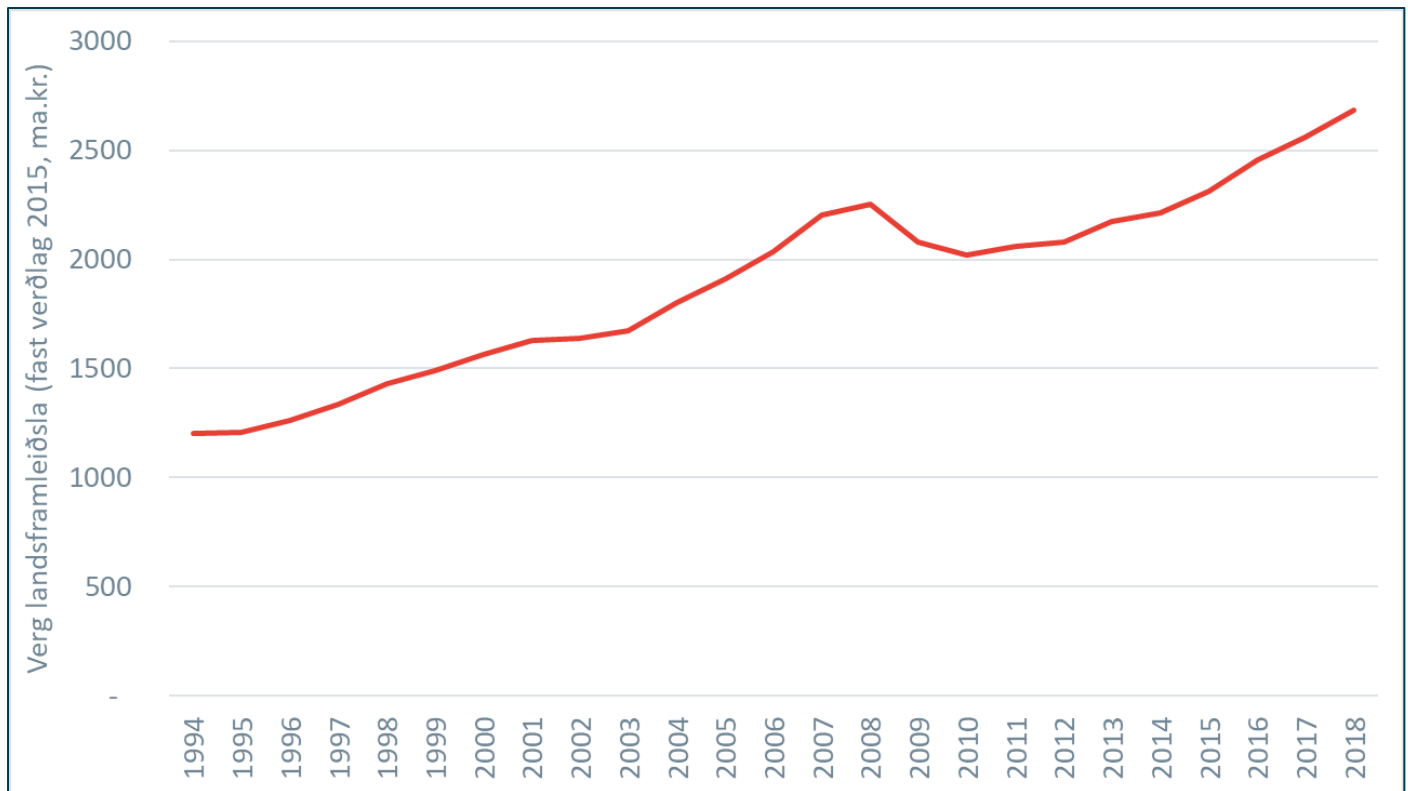
Mynd 4: Þróun raforkunotkunar á Íslandi á árunum 1994–2018



Heimild: Orkustofnun (2019). OS-2019-T014-01: Þróun raforkunotkunar á Íslandi (2018)

Á sama tímabili óx landsframleiðsla Íslands nokkuð ört. Á föstu verðlagi (ársins 2015) mældist landsframleiðsla 1.200 ma.kr. árið 1994 en árið 2018 var hún orðin 2.685 ma.kr. Raforkunotkun óx um 331% og landsframleiðsla um 125% — það jafngildir 0,4% hækkun landsframleiðslu fyrir hvert prósent raforkunotkunar. Mynd 5 sýnir þróun landsframleiðslu á tímabilinu 1994–2018.

Mynd 5: Þróun landsframleiðslu á Íslandi á árunum 1994–2018



Heimild: Hagstofa Íslands

Samband raforkunotkunar og landsframleiðslu er augljóst, hvort sem um er að ræða Ísland eða önnur lönd. Hátekjulönd eins og Ísland, rétt eins og önnur lönd óháð tekjuflokki, hagnast á hagkvæmri framleiðslu og skilvirkri dreifingu rafmagns bæði í gegnum lægri framleiðslukostnað og ódýrari raforku sem almenningur nýtur góðs af. Ódýr og örugg raforka ein og sér tryggir að sjálfsögðu ekki velferð en er nauðsynleg ef tryggja á áframhaldandi og aukna velferð.⁶ Hærri framleiðslukostnaður og takmörkuð afhendingargeta getur til lengri tíma haft veruleg neikvæð áhrif á þróun velferðar á Íslandi.

3.2.1 SVIGRÚM OG LAUNAÞRÓUN

Árið 2020 voru niðurstöður úr skýrslunni *The Economic Benefit of Headroom in the Icelandic Power Network* gerðar opinberar. Í skýrslunni er sett fram einföld kenning sem tengir efnahagslega velferð við virði valkosta (e. *option value*) sem skapast ef svigrúm er í flutningskerfinu (sjá viðauka A).

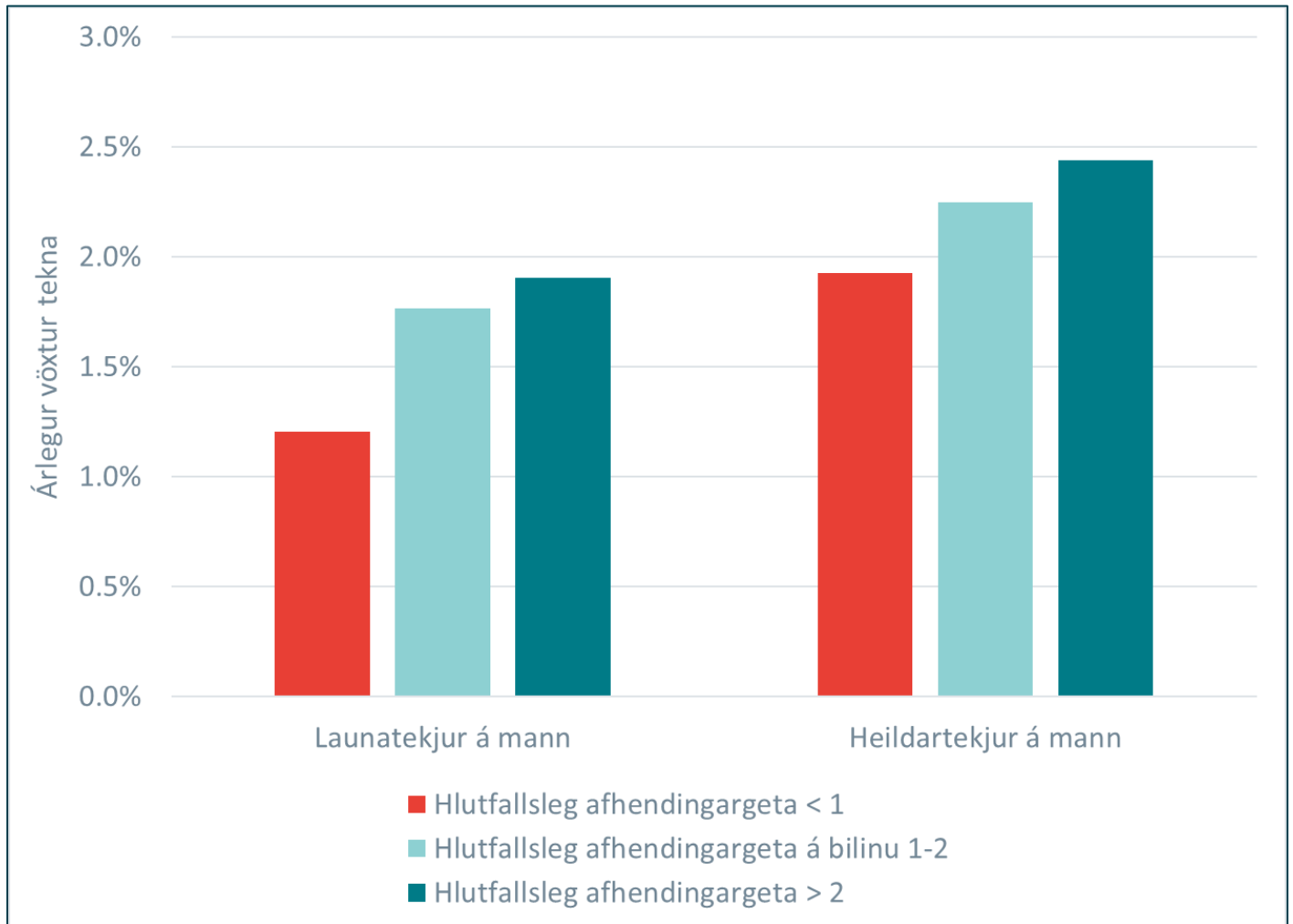
Í skýrslunni var unnin greining á launaþróun og svigrúmi í flutningskerfinu á mismunandi landsvæðum á Íslandi. Greiningin sýnir jákvætt samband svigrúms í flutningskerfinu og launaþróunar. Sveitarfélög með minna svigrúm í flutningskerfinu nutu almennt minni launavaxtar en sveitarfélög með meira svigrúm.⁷ Mynd 6 er fengin úr þeirri skýrslu og sýnir árlegan vöxt launa og heildartekna á tímabilinu 1992–2016. Í sveitarfélögum þar sem hlutfallsleg afhendingargeta í kerfinu var hvað lægst uxu tekjur og laun hægar en í sveitarfélögum þar sem hlutfallsleg afhendingargeta var hærri. Launatekjur uxu að meðaltali um 1,3% á ári

⁶ Aðrir mikilvægir þættir sem skapast í gegnum raforku spila inn í og styðja við velmegun, eins og til dæmis gott stofnunarumhverfi, eignaréttur og öruggt fjárfestingaumhverfi sem Ísland er svo heppið að búa að.

⁷ Svigrúm er skilgreint sem afhendingargeta umfram eftirspurn á þeim klukkutíma ársins sem eftirspurn náði hámarki.

á svæðum með lægstu hlutfallslegu afhendingargetuna en um 1,9% á svæðum með hæstu hlutfallslegu afhendingargetuna.⁸

Mynd 6: Launaþróun skipt eftir hlutfallslegu svigrúmi í flutningskerfinu

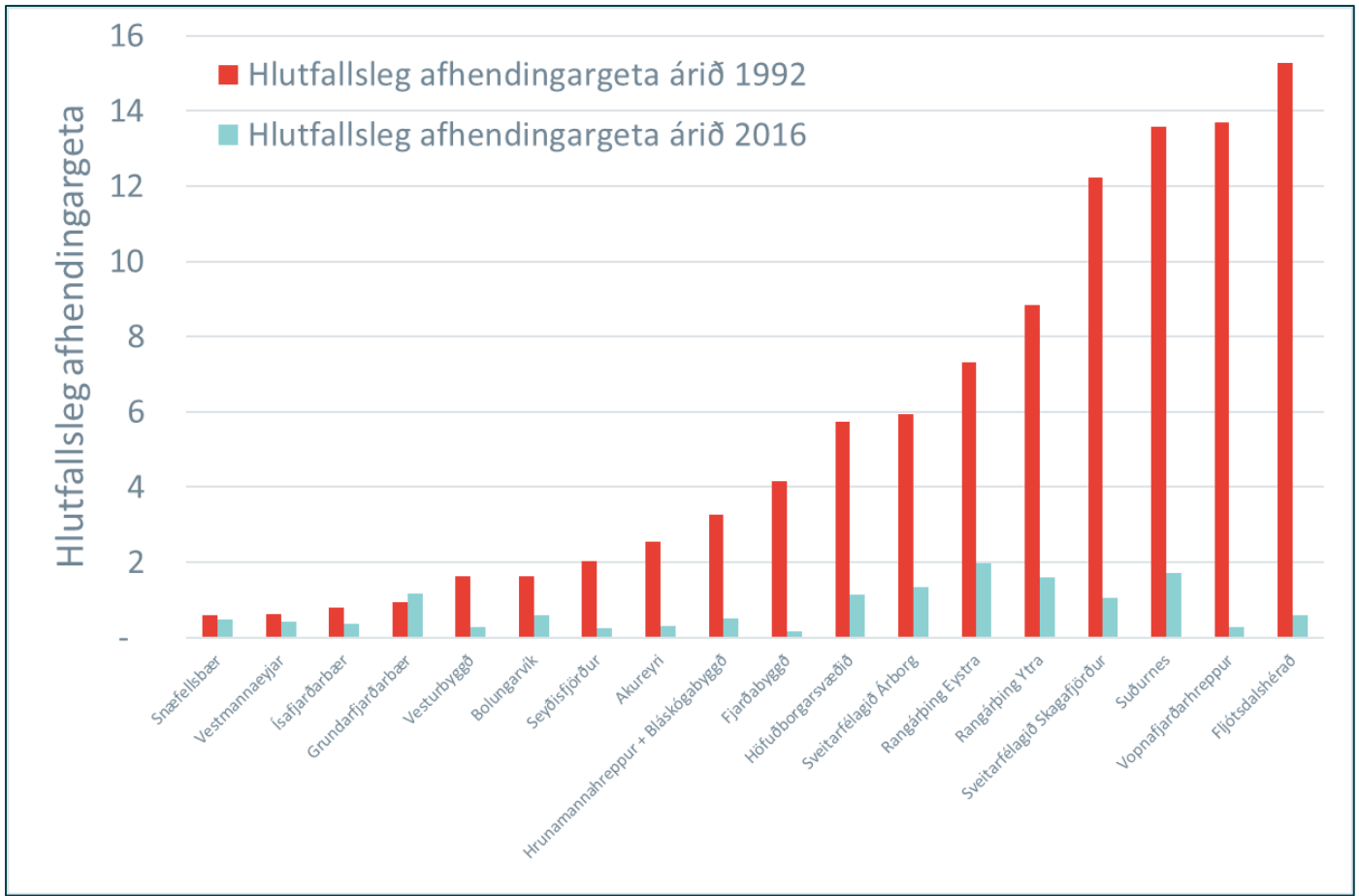


Heimild: *The Economic Benefit of Headroom in the Icelandic Power Network*

Ísafjörður er tekinn sem dæmi í skýrslunni. Um áratugabil hefur hlutfallsleg afhendingargeta á Ísafirði verið undir því sem teljast má heilbrigt fyrir ísfirskt samfélag. Á tímabilinu sem skoðað var í skýrslunni mældist svigrúm sem hlutfall af hámarkseftirspurn aðeins einu sinni yfir einum. Það er sérstaklega lágt samanborið við önnur sveitarfélög. Mynd 7 sýnir svigrúmshlutfallið í þeim sveitarfélögum sem tekin voru til skoðunar í skýrslunni annars vegar árið 1992 og hins vegar árið 2016.

⁸ Hlutfallsleg afhendingargeta er skilgreind sem svigrúm sem hlutfall af hámarkseftirspurn.

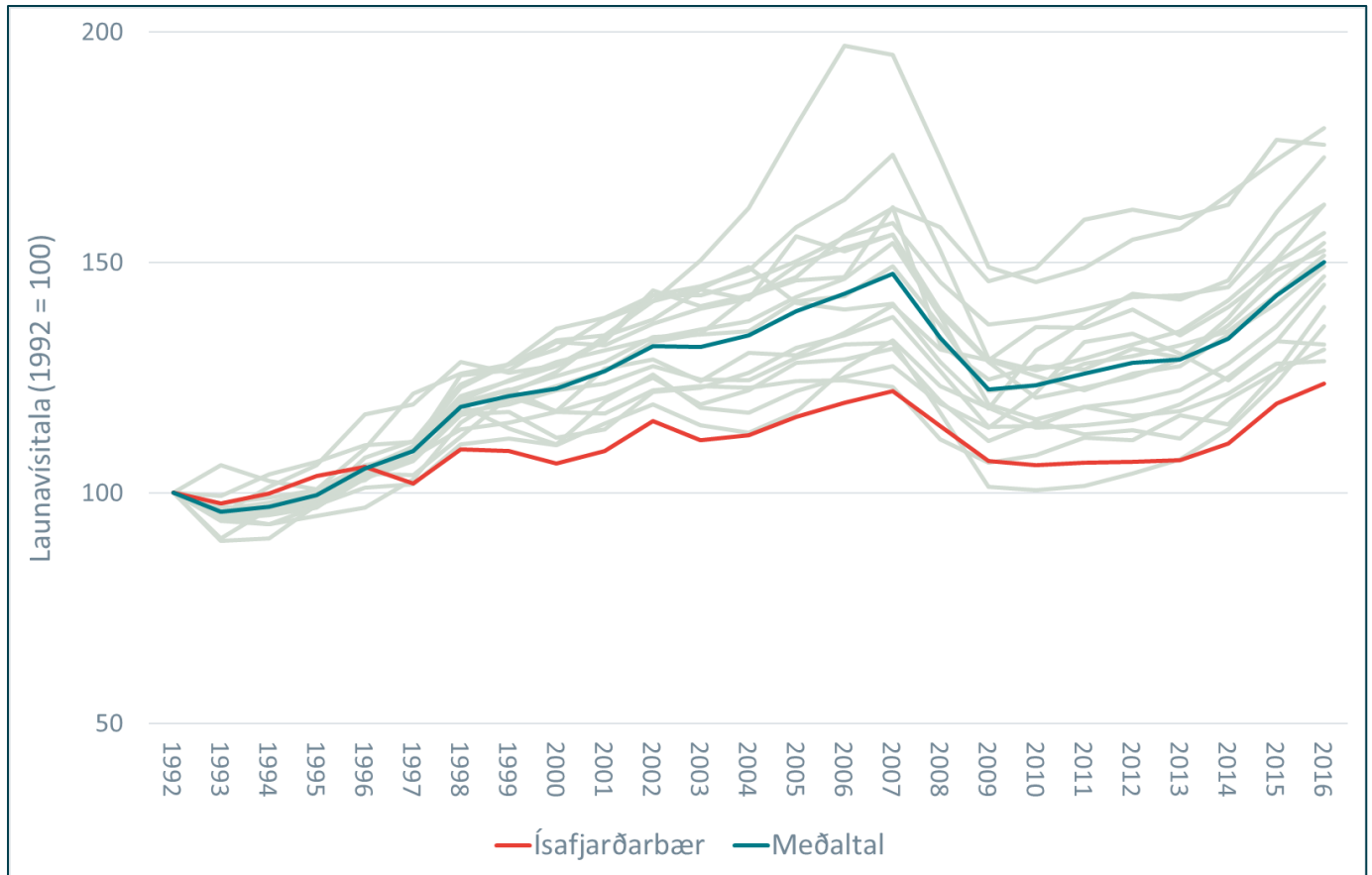
Mynd 7: Svigrúm í flutningskerfinu skipt eftir sveitarfélögum



Heimild: *The Economic Benefit of Headroom in the Icelandic Power Network*

Launapróun á Ísafirði á tímabilinu með þeirri verstu sem þekktist á landinu á tímabilinu. Ef Ísafjörður hefði haldið í við hin sveitarfélögin í greiningunni væru laun 17% hærri í sveitarfélaginu en þau eru í dag. Það er ekki þar með sagt að laun hefðu vaxið nákvæmlega eins og annars staðar en hefði Ísafjörður haft meira svigrúm og meiri getu til að tengja nýjan iðnað með stuttum fyrirvara, hefði launapróun eflaust verið betri en hún var í raun.

Mynd 8: Launaþróun eftir sveitarfélagi á árunum 1992–2016



Heimild: *The Economic Benefit of Headroom in the Icelandic Power Network*

Eins og þessi kafli sýnir er það alveg ljóst að svigrúm í raforkukerfinu er mikilvæg undirstaða efnahagslegra framfara og velferðar samfélaga, sama hvort um er að ræða fátæk eða rík lönd. Ódýrt og öruggt rafmagn bætir samkeppnishæfni samfélaga með því að lækka kostnað í framleiðslu og það bætir sömuleiðis lífsgæði neytenda sem greiða minna fyrir rafmagn. Góður aðgangur að rafmagni — og geta til að gangsetja vænleg verkefni — er lykilþáttur í launaþróun og sköpun góðra starfa.

4 DÆMI UM TÖPUÐ TÆKIFÆRI

Til að öðlast dýpri skilning á efnahagslegu tjóni sem þjóðin verður fyrir þegar Landsnet neyðist til að hafna tengingabeidnum vegna takmarkana í flutningskerfinu var rýnt í hagtölur Hagstofunnar og upplýsingar úr gagnagrunnum Landsnets. Landsnet hefur metið það svo með hóflegum hætti að á árunum 2018–2021 hafi vænlegum verkefnum með orkupörf upp á 500–900 MW verið hafnað á grundvelli takmarkana. Þessi verkefni eru af ýmsum toga, s.s. gagnaver, iðnaður og hátækniframleiðsla.⁹

Í þessum kafla munum við ræða þrjár tegundir verkefna sem orðið hafa fyrir neikvæðum áhrifum vegna takmarkana í flutningskerfinu. Tilgangurinn með umfjölluninni er að varpa ljósi á kostnað sem samfélagið verður af vegna þessara takmarkana.

- Fyrsta verkefnið sem skoðað er hefur að gera með fyrirtæki í nýsköpun með talsverð vaxtartækifæri.
- Annað verkefnið sem skoðað er hefur með vetnisframleiðslu að gera og þær afleiðingar sem hægt er að byggja upp í þeim iðnaði gæti haft.
- Þriðja verkefnið sem skoðað er hefur að gera með raforkuframleiðslu og þann skaða sem framleiðendur rafmagns verða fyrir vegna takmarkana.

Öll þrjú verkefni eiga það sameiginlegt að þau mæta mörgum mismunandi markmiðum núverandi ríkisstjórnar (bæði hvað varðar loftslags- og atvinnumál) og gætu stuðlað að auknum lífsgæðum Íslendinga. Langtímamarkmið Íslands eru sett fram í skýrslunni *Sjálfbær orka — orkustefna til ársins 2050* sem atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytið lét gera:

„Árið 2050 hefur jarðefnaeldsneyti alfarið vikið fyrir endurnýjanlegum orkugjöfum. Landið hefur náð kolefnishlutleysi árið 2040 eins og stefnt var að. Orkuöryggi hefur verið tryggt með framboði margvíslegra endurnýjanlegra orkukosta og traustum innviðum... Neytendur hafa jafnt og öruggt aðgengi að orku á samkeppnishæfu verði á virkum orkumarkaði. Orkukerfið er snjallt, sveigjanlegt og engu er sóað. Atvinnulíf nýtur góðs af verðmætasköpun, þekkingu og nýsköpun sem sprettur frá orkugeiranum.“¹⁰

Eins og fram kemur í skýrslu atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytisins eru „traustir innviðir fyrir raforku og varma grundvöllur að ásættanlegu orkuöryggi fyrir almenning og atvinnustarfsemi hér á landi. Flutnings- og dreifikerfi raforku þarf að flytja og dreifa orkunni með lágmarks truflunum frá uppruna til notanda. Nægjanleg flutningsgeta þarf að vera til staðar milli svæða í flutningskerfinu og afhendingaröryggi raforku verður að uppfylla sett viðmið.“

Takmarkanir í flutningskerfinu draga úr skilvirkni raforkuframleiðenda sem neyðast til að framleiða minna magn raforku en skilvirkt er og einnig takmarka þær getu nýrra fyrirtækja til að koma sér fyrir og hafa neikvæð áhrif á stækkunaráform vaxandi fyrirtækja. Til að ná þeim markmiðum sem Ísland hefur sett sér er nauðsynlegt að fjárfesta í kerfinu með það að markmiði að draga úr þeim takmörkunum sem nú þegar eru til staðar og koma í veg fyrir frekari takmarkanir á næstu 30 árum.

⁹ [Nánari umfjöllun má finna í grein eftir Jón Skafta Gestsson sem birtist á Vísí 16/09/2021.](#)

¹⁰ [Sjá Orkustefnu til ársins 2050 á vef Stjórnarráðsins.](#)

4.1 FRAMLEIÐSLUFYRIRTÆKI Í VAXANDI IÐNAÐI

Undanfarin ár hefur ríkisstjórn Íslands lagt mikla áherslu á samkeppnishæfni Íslands. Sérstök áhersla hefur verið lögð á nýsköpun og aukinn fjölbreytileika í atvinnulífinu. Ríkistjórn Íslands vill hvetja atvinnulífið til þess að fjölga verðmætum störfum, eins og segir í stjórnarsáttmála núverandi ríkisstjórnar:

„Ísland er nýsköpunarland með öflugra tæknilega innviði og á kjörtímabilinu verður lögð áhersla á að styrkja þá stöðu enn frekar. Með nýsköpun og hvers konar hagnýtingu hugvits gerum við atvinnulífið fjölbreyttara og fjölgum spennandi og verðmætum störfum. Við styrkjum samkeppnisstöðu Íslands, aukum velsæld og eflum samfélagið til að mæta örum tæknibreytingum og áskorunum í loftslagsmálum.“

Þessum markmiðum á að ná samhliða byggðarlags- og loftslagsmarkmiðum. Það er nokkuð ljóst að slík markmið nást einungis ef gengið er úr skugga um að afhendingargeta endurnýjanlegrar orku sé nægileg. Það nægir ekki að vera með öflugra tæknilega innviði ef ekki er hægt að tengja þá við rafmagn. Eins og áður sagði hefur Landsnet haldið utan um fyrirsurnir sem hefur þurft að hafna vegna takmarkana í flutningskerfinu og gefa þessar upplýsingar til kynna að slík verkefni tefjist, og jafnvel glattist, út af takmarkaðri flutningsgetu.

4.1.1 NÝSKÖPUNARFYRIRTÆKI Í LÍFTÆKNIÐNAÐI

Vaxandi nýsköpunarfyrirtæki í líftækniðnaði hyggur á stækkun verksmiðju sinnar á Reykjanesi. Því fylgir stóraukin orkunotkun þar sem fyrirtækið ætlar sér að vaxa upp í flokk stórnotenda raforku. Að óbreyttu er vafamál hvort Landsnet getur orðið við þessari ósk þar sem afhendingargeta á svæðinu er ófullnægjandi. Í verksmiðju sinni á Reykjanesskaganum nýtir fyrirtækið hátæknilega og að mestu sjálfvirka framleiðsluáðferð sem skilar mjög virðisaukandi afurð. Framleiðslan er að nær öllu leyti til útflutnings þar sem hún er mikilvægt hráefni, meðal annars í framleiðslu fæðubótarefna og snyrtivara.

Í dag starfa um 40 manns fyrir fyrirtækið á Íslandi og á árunum 2020-21 námu tekjur fyrirtækisins á bilinu 1.200-1.500 m.kr. Starfsmenn fyrirtækisins eru að mestu leyti hámenntaðir vísindamenn, sérfræðingar og sérhæfðir almennir starfsmenn sem fara í gegnum allt að 6 mánaða starfsspjálfun. Því má segja að fyrirtækið skapi góð og vel launuð störf fyrir mismunandi samfélagshópa.

Laun eru stærsti útgjaldaliður fyrirtækisins, eða um 35% af tekjum. Meðallaun starfsmanna þess eru vel yfir meðaltali landsmanna, en miðgildi reglulegra mánaðarlauna árið 2020 á Íslandi var 530 þúsund krónur og meðallaun starfsmanna fyrirtækisins voru í kringum eina milljón.¹¹

Það má því segja að þessi iðnaður sé einmitt sá sem passar við þau markmið sem ríkistjórnin setur sér; fyrirtæki í nýsköpun sem skapar útflutningstekjur, nýtir sér hlutfallslega yfirburði Íslands (menntunarstig, örugga og ódýra orku úr endurnýjanlegum orkugjöfum), skapar verðmæt störf og skilur lítið sem ekkert kolefnisfótspor eftir sig.

4.1.2 ÁÆTLUÐ STÆKKUN

Fyrirtækið hefur nú þegar hafið framkvæmdir við stækkun verksmiðju sinnar á Reykjanesi.¹² Áætlunin er að setja upp 16 kerfi — áætlað er að taka eitt kerfi í notkun á mánuði — sem reiknað er með að verði fullnýtt á árinu 2023. Stjórnendur fyrirtækisins meta viðbótarorkupörf sem stækkunin kallar á, þegar öll kerfi eru

¹¹ Samkvæmt upplýsingum stjórnenda fyrirtækisins og Hagstofu Íslands.

¹² [Sjá meðal annars grein sem birtist á vef Morgunblaðsins þann 07/06/2021.](#)

komin í gagnið, á bilinu sex til sjö MW. Áætlaður kostnaður stækkunarinnar er í kringum 4.000 m.kr. og má ætla, þegar framkvæmdum lýkur og öll kerfi eru fullnýtt, að árstekjur nemi allt að 5.000 m.kr.¹³

Samhliða því mun fjöldi starfsmanna fara úr 40 í 80, og þar af verða til 20 ný störf sérfræðinga og álíka fjöldi sérþjálfðra almennra starfsmanna. Ef meðallaun fyrirtækisins í dag eru vísir að launum sem framtíðarstarfsmenn munu fá greidd má með einföldu móti reikna það út að um 480 milljónir í formi launa verði ekki að raunveruleika ár hvert, svo lengi sem tenging við kerfið tefur fjárfestingu.¹⁴

Langtímaáform fyrirtækisins ganga lengra; á árunum 2023–2027 reiknar það með frekari vexti og áætla fyrirtækið að árið 2027 verði störfín í verksmiðjum þeirra á Reykjanesi í kringum 120.

4.1.3 TAKMARKANIR LEIÐA TIL AUKINS KOSTNAÐAR

Skilyrði fyrir vextinum er örugg afhending rafmagns á samkeppnishæfu verði. Í dag geta íslensk fyrirtæki annað hvort nálgast rafmagn sem framleitt er með endurnýjanlegum orkugjöfum í gegnum flutningskerfið eða fjárfest í díselstöð og framleitt sitt eigið rafmagn með því að brenna dísel sem bæði mengar og kostar margfalt meira en að kaupa rafmagn á hefðbundinn hátt í gegnum flutningskerfið.

Orkupörf stækkunar fyrirtækisins er á bilinu sex til sjö MW. Ef miðað er við meðalverð á rafmagni til stórnotenda árið 2020 þá reiknast árlegur kostnaður fyrirtækisins af hefðbundum raforkukaupum í gegnum raforkukerfið á bilinu 250 til 310 milljón krónur. Til að framleiða sambærilegt magn orku með díselstöð má gróflega reikna árlegan olíukostnað á bilinu 2.176 og 2.539 m.kr. Það er rúmlega átta sinnum meira en kostnaður við hefðbundin raforkukaup á forgangsorku áður en tekið er inn í reikninginn fjármagnskostnaður, afskriftir og rekstrarkostnaður díselstöðvar.

Taflan að neðan sýnir einfaldan útreikning á olíukostnaði vegna reksturs díselstöðvar. Í henni má finna fjórar sviðsmyndir:

- **Lægra bil olíuverðs og skilvirk díselstöð:** Í þessari sviðsmynd gefum við okkur flotaolíuverð eins og það var árið 2018 og díselstöð með 40% nýtni.
- **Miðbil olíuverðs og raunsæ nýting díselstöðvar:** Í þessari sviðsmynd gefum við okkur núverandi olíuverð og nýtni díselstöðvar 30%.
- **Hærra bil olíuverðs og lægri nýting díselstöðvar:** Í þessari sviðsmynd gefum við okkur hærra olíuverð og 20% nýtingu díselstöðvar.

¹³ Spár fyrirtækisins miða við að öll kerfi verði komin í gang árið 2023 og reikna stjórnendur með því að tekjumarkmiðum verði náð ekki síðar en í árslok 2024 ef hægt er að tryggja raforku.

¹⁴ Vissulega eru það ekki allt töpuð laun þar sem hluti starfsmannanna myndi væntanlega fá vinnu annars staðar, þó líklega væru launin lægri og marföldunaráhrifin mögulega líka.

Tafla 1: Sviðsmyndir olíukostnaðar vegna reksturs díselstöðvar

Forsendur	Lægra bil	Miðbil	Efra bil
Verð á flotaolíu, kr/lítra	110	127	144
Eðlisþyngd flotaolíu, kg/lítra	0,848	0,848	0,848
Orkuinnihald, KWst/kg	11,7	11,7	11,7
Nýtni í díselstöð	40%	30%	20%
Olíukostnaður í díselstöð	27,7	42,7	72,6

OLÍUKOSTNAÐUR			
Kostnaður á ári, mv. 8500 MWst og 6 MW	1.413.582	2.176.060	3.701.016
Kostnaður á ári, mv. 8500 MWst og 7 MW	1.649.180	2.538.737	4.317.852

Heimild: Útreikningar Frontier Economics og Landsnet

Allar sviðsmyndirnar að ofan leiða að sömu niðurstöðu: Jafnvel þó það gæti verið réttlætanlegt til skamms tíma að kaupa og reka díselstöð — fórnarkostnaður verksmiðjueininga gæti vegið þyngra en viðbótarkostnaður við rekstur díselstöðvar — þá er það ekki lausn nema til mjög skamms tíma og alltaf samhliða orku úr raforkukerfinu. Miðað við tekjuspár félagsins myndi rekstur slíkrar stöðvar skaða arðsemi alvarlega.

Það er nokkuð ljóst að brúttótap af því að geta ekki tengt fyrirtækið við raforkukerfi Íslands samanstendur af 40 vel launuðum störfum, útflutningstekjum upp á rúmlega 3,5 ma.kr. og öllum þeim afleiddu störfum sem slík starfsemi skapar. Til skamms tíma myndi fjárfesting í díselstöð mögulega draga úr samfélagslegu tapi (ef samfélagslegur kostnaður mengunar er ekki talinn með), en þó myndi slík fjárfesting draga úr arðsemi og nettó útflutningstekjum félagsins samanborið við það ef fyrirtækið fengi tengingu við flutningskerfið og keypti raforku beint úr kerfinu. Þó díselstöð gæti mögulega brúað bilið í þessu tilfelli þá er það ekki langtímalausn og önnur félög með minni arðsemi myndu líklega ekki íhuga slíka fjárfestingu.

4.1.4 SAMFÉLAGSLEGUR KOSTNAÐUR VEGNA TAKMARKANA

Samfélagslegur kostnaður vegna takmarkana í þessu tilfelli veltur á því hvort takmarkanir leiði til þess að hætt sé við fjárfestingu í nýjum verkefnum eða hvort þeim sé seinkað, og þá hversu langt fram í tímann.

Ef hætt væri við verkefni sem þetta má telja hreint tap samfélagsins vegna verkefnisins sem heildartekjur sem annars hefðu orðið að veruleika að fráteknunum aðföngum sem flutt eru inn.¹⁵ Í þessu dæmi er um að ræða viðbótartekjur upp á 3.500 m.kr. á ári sem skipta sér á raforkukaup (270–315 m.kr.), launakostnað (480 m.kr.), önnur innlend þjónustu- og vörukaup og hagnað eigenda.

Sama gildir um seinkun verkefnisins, en hvert ár sem takmarkanir í flutningskerfinu seinka tengingu verður samfélagið af verulegum fjárhæðum, allt að 3.500 m.kr. Til viðbótar má telja afleidda þjónustu, því þó ekki hafi verið reynt að meta margföldunaráhrifin í þessari skýrslu má auðveldlega reikna með því að þau væru töluverð.

Ef koma á í veg fyrir seinkun stendur fyrirtækið í þessu dæmi frammi fyrir tveimur möguleikum: 1) að vona að hægt verði að finna pláss í kerfinu; eða 2) að fjárfesta í díselstöð með tilheyrandi kostnaði og mengun. Ef seinni valkosturinn er óhjákvæmilegur vegna takmarkana í flutningskerfinu mun það draga verulega úr

¹⁵ Til frádráttar kemur fjárfesting í kerfinu sem má rekja beint til notkunar fyrirtækisins. Það myndi þá endurspeglast í verðskrá og félagið greiða fyrir það þannig. Þetta er vissulega hægt að reikna út, en það er utan ramma þessarar skýrslu.

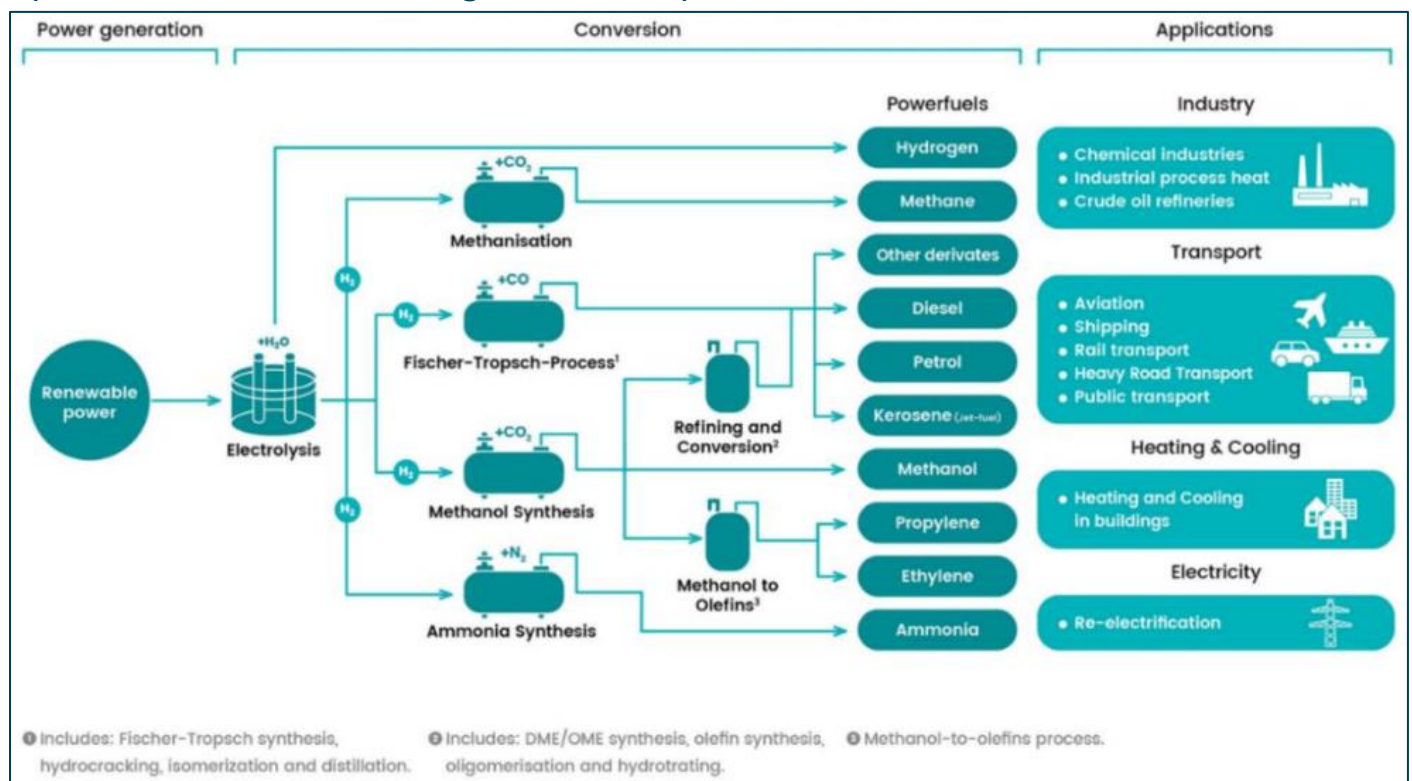
arðsemi verkefnisins og mögulega þurrka hana út á því tímabili sem díselstöðin er í keyrslu. Ólíuverð þyrfti ekki að hreyfast nema nokkrar krónur upp á við til að gera verkefnið óarðbært.

Styrking flutningskerfisins er ekki aðeins nauðsynleg til að réttlæta fjárfestingu í góðum verkefnum sem þessu heldur er hún nauðsynleg til að eyða þeirri miklu óvissu sem dregur úr væntri arðsemi verkefna.

4.2 VETNISFRAMLEIÐSLA

Vetni er grunnur að framleiðslu á rafeldsneyti og þegar vetni er framleitt með endurnýjanlegum orkugjöfum er eldsneytið svo gott sem kolefnishlutlaust og kallast þá grænt vetni.¹⁶ Myndin að neðan er fengin úr skýrslunni *Fýsileiki þess að framleiða rafeldsneyti á Íslandi* og sýnir hvaða möguleikar eru í boði þegar kemur að umbreytingu á grænu vetni og helstu notkunarmöguleika mismunandi tegunda eldsneytis sem framleitt er með grænu vetni.

Mynd 9: Framleiðsluferli helstu tegunda rafeldsneytis



Heimild: *Fýsileiki þess að framleiða rafeldsneyti á Íslandi*, júní 2021.

Framleiðsla á grænu vetni fellur vel að markmiðum sem Ísland hefur sett sér í lofslagsmálum. Eins og fram kom í kynningu Þórdísar Kolbrúnar Reykfjörð Gylfadóttur, ferðamála-, iðnaðar- og nýsköpunarráðherra undir yfirskriftinni *Orkustefna til ársins 2050: Sjálfbær orkuframtíð*¹⁷ eru orkuskipti, „nauðsynlegur liður í því að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda og annar af tveimur lykilþáttum í aðgerðaáætlun stjórnvalda í loftlagsmálum.“¹⁸

¹⁶ Sjá *Fýsileiki þess að framleiða rafeldsneyti á Íslandi*, júní 2021.

¹⁷ *Erindi Kolbrúnar og markmið ríkisstjórnarinnar má finna á vefsíðu Stjórnarráðsins.*

¹⁸ Sjá *blaðsíðu 14 í kynningunni Sjálfbær orkuframtíð — Orkustefna til ársins 2050.*

Þar að auki bendir ráðherra á fleiri rök fyrir orkuskiptum eins og: „aukið orkuöryggi með notkun innlendra orkugjafa, gjaldeyrissparnaður, nýsköpun og þróun, og ímynd Íslands sem land hreinnar orku.“ Einnig er áhersla lögð á efnahagslegan ávinning sem er „fólginn í því að byggja upp nýja atvinnugrein; innlendan umhverfisvænan eldsneytisiðnað, sem hefur í för með sér fjölgun starfa með tilheyrandi margfeldisáhrifum“ sem gæti „annað innlendri eftirspurn og mögulega verið ný útflutningsafurð.“

Ísland er í þeirri heppilegu stöðu að mest það rafmagn sem framleitt er hér á landi er nú þegar framleitt með endurnýjanlegum orkugjöfum og talsverða orku í núverandi virkjunum er hægt að leysa úr læðingi með bættu flutningskerfi. Einnig er veðurfar þannig á Íslandi að með sterkara flutningskerfi mætti bæta töluvert við raforkuframleiðslu með aðkomu bæði nýrra vatnsaflsvirkjana og vindorkuvera.

Á árunum 2018–2021 hefur Landsnet ekki getað orðið við beiðnum vegna vetnisframleiðslu á þeim grundvelli að ekki sé nægileg geta í flutningskerfinu. Það er óneitanlega óheppilegt að takmörkuð geta flutningskerfisins standi í vegi fyrir getu Íslands til að ná loftslagsmarkmiðum sínum og efnahagslegri uppbyggingu.

4.2.1 SAMKEPPNISHÆFNI ÍSLANDS

Raforka ásamt vatni eru helstu aðföng við vetnisframleiðslu. Hátt verð á raforku veldur bæði hærri framleiðslukostnaði og verri nýtingu framleiðslugetu. Því gæti áreiðanleg endurnýjanleg raforka á lágu verði veitt framleiðendum töluvert samkeppnisforskot.

Helstu takmarkanir í grænni vetnisframleiðslu í dag eru kostnaðarlegs eðlis fremur en tæknilegs. Kostnaðarskilvirkni framleiðslunnar er að miklu leyti háð skilvirkni orkugjafa og þar sem aðeins er hægt að nýta vindorku þegar vindur blæs og sólarorku þegar sólin skín er það áskorun að framleiða grænt vetni á svæðum sem ekki búa yfir mjög skilvirkum endurnýjanlegum orkugjöfum.

Ísland er í þeirri einstöku stöðu að raforkukerfið er að öllu leyti endurnýjanlegt og enn fremur stýranlegt, en það dregur úr verðsveiflum á markaði sem rekja má til framboðsbreytinga. Framleiðslukostnaður raforku hér á landi er einnig lægri en á meginlandi Evrópu og framfarir í vindorku munu ekki eyða þeim mun þar sem vindmyllur á landi hafa að meðaltali hærri nýtingarstuðul á Íslandi en almennt gerist á meginlandi Evrópu.¹⁹ Af þessum ástæðum er Ísland í einstakri stöðu til að nýta endurnýjanlega raforku til vetnisframleiðslu.

Framleiðni í vetnisframleiðslu er að miklu leyti háð nýtingu framleiðslutækja. Verksmiðja í vetnisframleiðslu getur þannig framleitt meira vetni með minni tilkostnaði ef hægt er að nýta verksmiðjuna fleiri tíma ársins. Í grundvallaratriðum eru tvær leiðir mögulegar í framleiðslu græns vetnis:

- 1) Það er hægt að framleiða vetni á sama stað og orkuverið er staðsett (vindorku- eða litlar vatnsaflsvirkjanir) og þannig er hægt að keyra verksmiðjuna þegar vindur blæs eða þegar vatn er í lóninu.²⁰
- 2) Einnig er hægt er að tengja verksmiðju við flutningskerfið og framleiða vetni á þeim stað sem hentar framleiðslunni best. Ef öll orkan í kerfinu kemur frá endurnýjanlegum orkugjöfum er hægt að framleiða svo lengi sem raforkuframleiðsla ræður við heildareftirspurn.

Seinni kosturinn er rekstrarlega ákjósanlegri. Tæknilega séð er hægt að framleiða vetni svo gott sem allar stundir ársins að frátöldum viðhaldstímum verksmiðjunnar. Einnig er möguleiki fyrir framleiðendur að gera

¹⁹ Sjá til dæmis bls. 23 í [viðauka 3 í skýrslu Orkustofnunnar, OS-2015/02](#).

²⁰ Það er að sjálfsögðu fræðilegur möguleiki að framleiða grænt vetni með sólarorku en það er ekki fjárhagslega hagkvæmt á Íslandi.

samninga við framleiðendur um að versla sveigjanlega orku með afslætti og draga úr framleiðslu þegar staða lóna er slæm, þegar minna er um vindorku eða eftirspurn eftir raforku mjög mikil. Þannig gæti vetnisframleiðandi valið vænta nýtingu með því að versla orku í gegnum kerfið og gætu íslenskir framleiðendur mögulega nælt sér í samkeppnisforskot.²¹

Kostnaður við vetnisframleiðslu er að mestu leyti kaup á raforku. Fjárfestingakostnaður og annar rekstrarkostnaður er þó talsverður. Aukinn framleiðslutími getur því skilað verulegri lækkun á einingakostnaði því fjármagnskostnaður og annar fastur rekstrarkostnaður deilist niður á fleiri framleiddar einingar. Tenging við flutningskerfi er því besta leiðin til að lágmarka einingakostnað framleiðslunnar.

4.2.2 HÆGT ER AÐ HELMINGA ÞÖRFINA Á JARÐELDSNEYTI Á SKÖMMUM TÍMA

Ef byggja á upp getu Íslands til að framleiða grænt vetni er nauðsynlegt að nýta núverandi framleiðslugetu betur og bæta við hana. Heildarnotkun olíu mældist í kringum 24.557 terajoule árið 2020 sem jafngildir 6.630 GWst. Á bilinu 20–30% af orkunni tapast í framleiðsluferli græns vetnis. Ef öllu jarðeldsneyti sem notast er við í dag væri skipt út fyrir grænt vetni þýðir það að raforkuþörfin fyrir framleiðsluna yrði í kringum 8.000 til 10.000 GWst.

Þegar kemur að framleiðslu vetnis er skali framleiðslunnar lykilatriði. Fastur kostnaður sem slík framleiðsla ber er umtalsverður og borgar það sig aðeins að leggjast í slíka fjárfestingu ef framleitt magn dregur verulega úr meðalkostnaði. Kostnaðarlágmörkun og loftslagsmarkmið Íslands haldast þó þétt í hendur. Ef fjárfest er til dæmis í stórri verksmiðju með 500 MW framleiðslugetu, má reikna það út að um helmingi allrar orkuþarfar sem í dag er uppfyllt með jarðeldsneyti mætti skipta út fyrir vetni.

Vetni er vissulega ekki auðvelt að flytja og er ekki hægt að nota á hefðbundinn bíla- og skipaflota án umbreytingar. Því þyrfti að umbreyta vetninu í eldsneyti sem hægt er að nota í hefðbundinni brunavél. Einn möguleiki er að umbreyta grænu vetni í gas og/eða rafdísel. Þeirri umbreytingu fylgir viðbótarkostnaður, orkutap vegna umbreytinga og aukin orkuþörf en fyrsta skrefið í slíkri umbreytingu væri græn vetnisframleiðsla.

Hluti orkuskiptanna mun fara beint í gegnum raforkukerfið, til dæmis mun aukin notkun rafbíla draga úr þörf fyrir grænt vetni. Þar sem minna orkutap fylgir því ferli er raunveruleg orkuþörf til framleiðslu á grænu vetni líklega minni en 8.000 GWst. Mögulegt er að uppfylla stóran hluta orkuþarfarinnar með betri nýtingu núverandi og áætlaðra virkjana. Það er þó ekki fýsilegt nema flutningskerfið sé í stakk búið til að afhenda orkuna til framleiðenda. Það er hins vegar ólíklegt að orkuþörfin fyrir slík orkuskipti komi eingöngu úr vatnsaflsvirkjunum og fyrrséð er að stórauka þurfi vindorkuframleiðslu á Íslandi á næstu árum.

Þar sem vindorka er ekki eins áreiðanleg og vatnsafl myndi slík þróun krefjast flutningskerfis sem getur borið mun meiri orku en kerfið ræður við í dag. Vissulega þyrfti að vega og meta fjárfestingu í kerfinu eftir þörfinni. Það opnar þó möguleikann á því að auka hluta sveigjanlegrar orku í kerfinu. Ef kerfið ber þörf samfélagsins ásamt þörf vetnisframleiðenda ríflega flestar stundir ársins væri augljóslega hægt að draga úr framleiðslu vetnis þegar lítið væri um vind og/eða staða lóna ekki góð. Auðvitað væri aldrei öll sú orka sem notuð væri í framleiðslunni keypt í gegnum sveigjanlega samninga en hluti hennar gæti vel verið það og þannig lækkað enn frekar framleiðslukostnað vetnisframleiðenda.

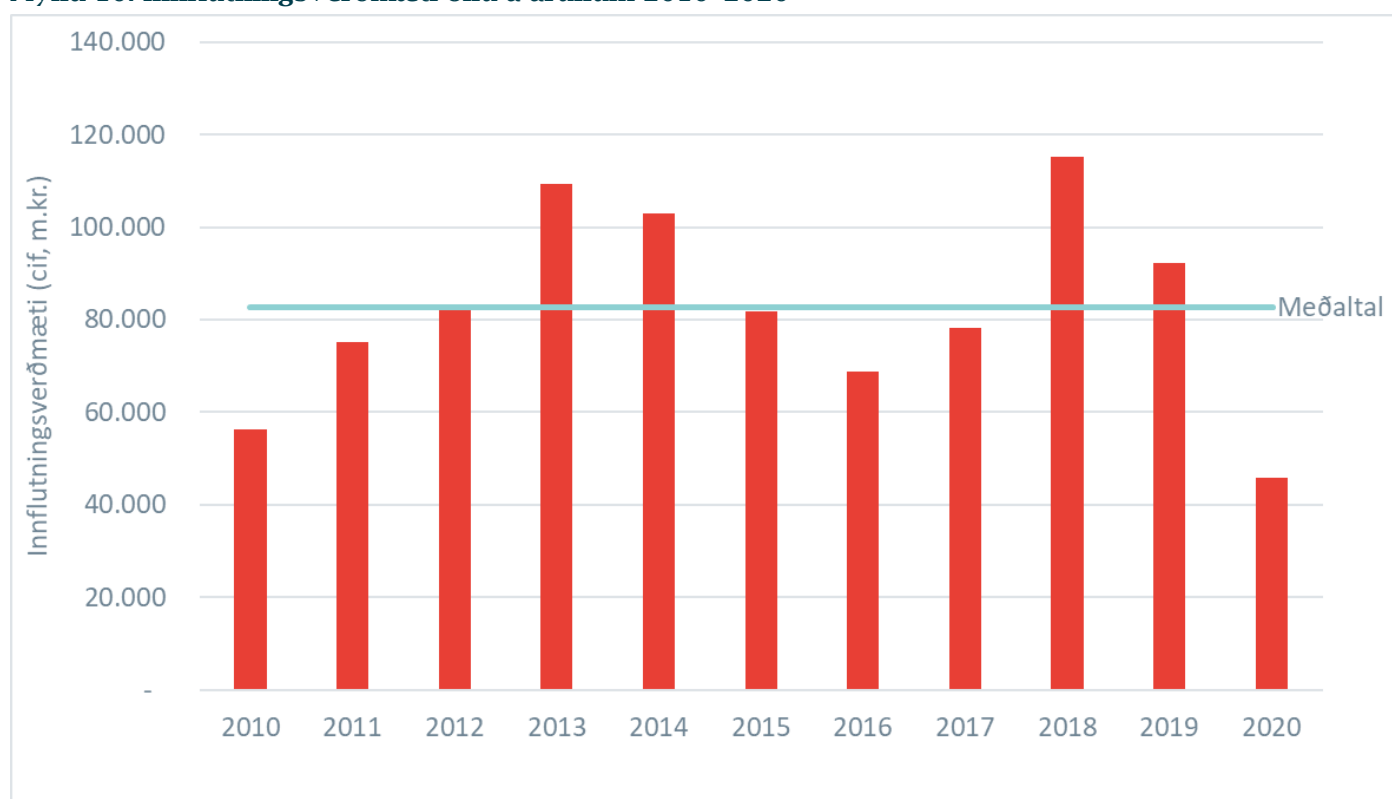
Viðskiptamódel fyrirtækja í vetnisframleiðslu er þó ekki háð sveigjanlegri orku. Talið er að framleiðslukostnaður við vetnisframleiðslu muni halda áfram að lækka á næstu árum og ef Ísland heldur

²¹Sjá til dæmis [skýrslu BEIS Hydorgen Production Costs 2021](#).

samkeppnisstöðu sinni í framleiðslu ódýrrar endurnýjanlegrar orku þá eru tækifæri í þessum iðnaði. Í öllu falli ætti Ísland að geta komið upp iðnaði sem gæti keppt við innflutt grænt vetni og jafnvel gert allan innflutning óþarfan. Kostnaður við flutning á vetni er slíkur að ólíklegt er að erlend framleiðsla yrði samkeppnishæf á Íslandsmarkaði ef framleiðslugetan væri til staðar.

Ábatinn af slíkum iðnaði er nokkuð skýr. Fyrst og fremst myndi Ísland skipta út dýrum innflutningi fyrir innlenda framleiðslu. Á árunum 2010 til 2020 var verðmæti innfluttrar olíu að meðaltali 82 m.kr. á ári, eða í kringum 220 þúsund krónur á hvern íbúa. Ef öllum þessum innflutningi væri skipt út fyrir innlenda framleiðslu myndi það endurspeglast krónu fyrir krónu í þjóðhagsreikningum. Það vanmetur þó efnahagsleg áhrif slíks iðnaðar, því margföldunaráhrif og sköpun góðra starfa myndu enn frekar auka ábatann.

Mynd 10: Innflutningsverðmæti olíu á árunum 2010–2020



Heimild: Hagstofa Íslands

4.2.3 LOFTSLAGSHEIMILDIR

Þó greiningin að ofan sýni að ávinningur af framleiðslu græns vetnis sé líklega umtalsverður þá er raunverulegur samfélagslegur ávinningur að öllum líkindum mun meiri, þar sem greiningin að ofan telur ekki raunverulegan kostnað samfélagsins vegna losunar gróðurhúsalofttegunda.

Hægt er að styðjast við skuggaverð kolefna þegar meta skal þann kostnað sem samfélagið verður fyrir vegna neikvæðra ytri áhrifa mengunar. Samkvæmt skýrslu High-Level Commission on Carbon Prices ætti verð á losun kolefna að vera á bilinu \$50–100/tCO₂ árið 2030 ef mæta skal markmiðum Parísarsamkomulagsins og má reikna með því að skuggaverðið muni hækka umtalsvert þar á eftir.

Samfélagslegur kostnaður mengunar leggst þungt á íbúa svæða þar sem mengun á sér stað og mengun dregur beint úr lífsgæðum þeirra sem anda henni að sér, en þar sem losun kolefna af mannavöldum er helsta orsök loftslagsbreytinga hefur hún þó áhrif á alla íbúa jarðar.

Ekki verður gerð tilraun til að magnfæra þennan kostnað í þessari skýrslu en þar sem olíunotkun á Íslandi er talsverð (590.153 tonn árið 2020) má með einföldu móti gefa sér að árlegur samfélagslegur kostnaður, reiknaður á grundvelli skuggaverðs kolefna, hlaupi á milljörðum.

4.3 RAFORKUFRAMLEIÐSLA

Eins og áður kom fram takmarkar flutningskerfið getu nýrra notenda til að tengjast við kerfið í dag. Flutningstakmarkanir hafa einnig leitt til þess að skerða þurfti afhendingu raforku í lok árs 2021 þótt hægt væri að vinna hana í virkjunum Landsvirkjunar. Landsvirkjun lýsti því yfir að hægt væri að framleiða og selja á bilinu 500 GWst til viðbótar árið 2021 ef núverandi flöskuhálsar í kerfinu væru leystir.²² Þetta er því framleiðsla sem fer til spillis í dag. Miðað við meðalverð á raforku í heildsölu má meta tap vegna óseldrar orku það árið í kringum 2.500 m.kr.

Til viðbótar við vannýttar virkjanir bætist við að fjöldi verkefna hefur tafist þar sem takmarkanir flutningskerfisins standa í vegi. Verkefnin eru af ýmsum toga; jarðvarmaorkuver, vatnsaflsorkuver og vindorkuver. Sem dæmi má nefna veituleið Blönduvirkjunar og Blöndulund.²³ Árleg afhendingargeta veituleiðar Blönduvirkjunar er metin í kringum 180 GWst og afhendingargeta Blöndulundar í kringum 100 GWst. Heildsöluverðmæti óseldrar orku frá þessum orkuverum einum og sér, miðað við núverandi orkuverð, er í kringum 1.400 m.kr. hvert ár.

Víða hafa komið fram áætlanir um vindorkutengd verkefni en eins og sjá má í umfjöllun fjölmiðla eru þau verkefni sem hér eru nefnd langt frá því að vera tæmandi listi tækifæra í raforkuframleiðslu sem bíða styrkingar flutningskerfisins. Samkvæmt umfjöllun Ríkisútvarpsins eru tugir vindorkuverkefna í undirbúningi og að samarlögðu umfangi langt umfram þau verkefni sem hér eru nefnd.²⁴ Þótt mörg þeirra séu komin styttra á veg í ferlinu verður að halda því til haga að án styrkingar flutningskerfisins munu þau aldrei verða að raunveruleika. Samanlagt má meta árlegt tap á áðurnefndum verkefnum og óseldri orku sem hægt er að framleiða í dag í kringum 3.900 m.kr. Líkur eru enn fremur á því að sú tala muni fara ört hækkandi á næstu árum ef styrkingar flutningskerfisins tefjast.

²² [Sjá tilkynningu Landsvirkjunar frá 06/12/2021.](#)

²³ [Sjá Svör Landsnets við athugasemdum við kerfisáætlun 2020–2023.](#)

²⁴ Ágætis umfjöllun má finna um möguleika á vindorkuframleiðslu á Íslandi í [Þættinum Kveik frá 15/03/2022.](#)

5 LOKAORÐ: SAMFÉLAGSLEGUR KOSTNAÐUR

Í þessari skýrslu var lýst sambandi raforkunotkunar og velferðar. Það er skýrt samband þar á milli og sýnir að samfélagið hefur miklu að tapa ef ekki er farið vel með orkuauðlindina og hún ekki nýtt á skilvirkan hátt.

Einnig var stutt umfjöllun um kostnað sem samfélagið ber ef framtíðareftirspurn er meiri en spár gera ráð fyrir og ný tækifæri glatast vegna takmarkana í flutningskerfinu. Eins og fram kom í greiningu Thema frá árinu 2013, *Þá nett með framtíð, „[er] þjóðhagslegt tap af því að lenda í aðstæðum með „glatað tækifæri“ hærra en tilfellið um „of fjárfestingu“.* Þetta stafar fyrst og fremst af því að tap á arðbærum verkefnum á neytendahliðinni hefur hærra gildi en lækkun á netkostnaði, í öðru lagi að verðmæti fyrirleggjandi afkastagetu sem „offjárfesting“ hefur í för með sér er umtalsvert.²⁵ Niðurstöður fræðimanna og norska stórþingsins eru samhljóða.

Landsnet heldur utan um fjölda dæma um tengibeiðnir sem Landsnet gat ekki orðið við vegna takmarkana í flutningskerfinu; þ. á m. fyrir vetnisframleiðslu, gagnaver, iðnaðarstarfsemi á Vestfjörðum og fiskeldi á landi svo örfá dæmi séu nefnd. Í þessari skýrslu voru skoðuð þrjú dæmi um verkefni sem tafist hafa vegna takmarkana og gert gróft mat á þeim kostnaði sem samfélagið verður fyrir vegna takmarkana í flutningskerfinu.

Samfélagslegt tap vegna seinkana verkefna fyrirtækis í nýsköpun

Takmarkanir í flutningskerfinu tefja fyrir mikilvægum verkefnum sem skapa góð störf og gjaldeyristekjur og draga úr losun gróðurhúslofttegunda. Fyrsta dæmið sem tekið var hafði með fyrirtæki í nýsköpun að gera. Fyrirtækið, sem var tímabundið hafnað um tengingu nýlega, réðst nýlega í stóra fjárfestingu sem mun skapa 40 ný og góð störf. Laun starfsmanna í þessum geira eru talsvert yfir meðaltali launa á Íslandi og má gera ráð fyrir því að fyrir hvert ár sem starfsemin tefst verði samfélagið af um 480 milljónum í launum.

Einnig má reikna með allt að 3.500 m.kr. tapi á útflutningstekjum ár hvert sem verkefni sem þessu seinkar vegna ástandsins á kerfinu. Þó mögulega megi hefja framleiðslu með aðstoð díselstöðvar, myndi það rýra nettótekjur verkefnisins verulega og jafnvel þurrka út allan þann ágóða sem af því hlýst þangað til hægt er að tengja verkefnið við flutningskerfið.

Að lokum ber að ræða það tap sem raforkusalar og -framleiðendur verða fyrir vegna raforku sem hægt er að framleiða en ekki selja vegna takmarkana í flutningskerfinu. Það tap má gróflega meta að sé á bilinu 250–310 m.kr. ár hvert.²⁶

Samanlagt má gera ráð fyrir því að hvert ár sem takmarkanir í flutningskerfinu seinka afhendingu raforku til verkefnis sem þessa kosti samfélagið allt að 4.300 m.kr. á ári.

Þetta er auðvitað bara eitt dæmi um eitt fyrirtæki, en þau eru mun fleiri sem standa frammi fyrir sama vandamáli. Sum bíða líklega enn eftir tengingu á meðan aðrir frumkvöðlar, sem annars hefðu leitað eftir tengingu, einfaldlega sækja ekki um og leita á önnur mið með tilheyrandi kostnaði og tapi fyrir íslenskt samfélag.

Samfélagslegt tap vegna seinkana verkefna tengdra grænu vetni

Samfélagslegt tap vegna seinkunar orkuskipta er talsvert erfiðara að magnfæra en hefðbundin verkefni. Helsta ástæða þess er að þetta er iðnaður sem enn á eftir að slíta barnsskónum. Það er þó óneitanlega mikill bati sem mun fylgja uppbyggingu slíks iðnaðar, sérstaklega í því ljósi að hann er grundvöllur orkuskipta.

²⁵ Þýðing málgreinarinnar kemur úr [umsögn Landsnets um mál nr. 32/2021 — breyting á raforkulögum o.fl](#)

²⁶ Hér er aðeins verið að benda á kostnað sem aðrir aðilar verða fyrir, en bætist ekki við áður umrætt samfélagslegt tap. Hann er hafður með því það er mikilvægt að skilja dreifingu samfélagslegs kostnaðar.

Á árunum 2010–2020 var verðmæti innfluttrar olíu að meðaltali í kringum 82 ma.kr. á ári — eða um 220 þúsund krónur á hvern íbúa. Til að skipta út öllu jarðeldsneyti á Íslandi þarf því að bæta verulega við raforkuframleiðslu á landinu með tilheyrandi fjárfestingu í framleiðslu- og flutningskerfinu. Það er þó til talsverðs að vinna þar sem vetnisframleiðsla myndi draga úr innflutningi, hvetja til innlendrar fjárfestingar og ekki hafa neikvæð áhrif á neyslulíð landsframleiðslu. Að sjálfsögðu kemur innflutningur á tækjum, tólum og sérþekkingu til frádráttar, en þó er líklegt að til lengri tíma fari Ísland á mis við arðbær tækifæri ef raforkukerfið er ekki styrkt með orkuskipti í huga.

Samfélagslegt tap vegna framleiðslu raforku

Hreint tap í orkusölu úr virkjunum sem nú þegar eru færar um að framleiða viðbótarrafmagn sem ekki er hægt að flytja til notenda og tveggja verkefna sem hafa seinkað vegna takmarkana má lauslega meta gróflega í kringum 3.900 m.kr. á ári. Það er auðvitað ekki tæmandi. Vitað er um fleiri verkefni sem stranda vegna takmarkana í flutningskerfinu.

Þar sem raforka er að sjálfsögðu aðfang í framleiðslunni sem rædd var að ofan ber að minnast á tvítalningu ábata. Arðsemi raforkuframleiðslu endurspeglast annars vegar í neyslu og velferð almennra notenda og hins vegar í framleiðsluverðmætum iðnaðar, eins og til dæmis vetnisframleiðenda og fyrirtækja í nýsköpun. Stór hluti samfélagslegs ábata aukinnar raforkuframleiðslu ætti því að sjálfsögðu að vera í formi frekari getu samfélagsins til að nýta sér orkuna til að ná samkeppnisforskoti og framleiða verðmætar vörur sem háðar eru orku aftar í virðiskeðjunni.

Samfélagslegt tap vegna takmarkaðs flutningskerfis

Hér hefur verið dregin upp mynd af þeim kostnaði sem samfélagið verður fyrir þegar arðbær verkefni tefjast eða jafnvel verða aldrei vegna takmarkana í flutningskerfi raforku. Vísað hefur verið til greininga fræðimanna, ráðgjafafyrirtækja og norska stórbingsins sem komist hafa að sambærilegum niðurstöðum. Þá renna niðurstöður styrkari stöðum undir fyrri skýrslu Frontier Economics fyrir Landsnet um tengsl launapróunar og aðgengis að raforku.

Hér voru tekin þrjú dæmi sem sýna að takmarkanir sem flutningskerfið leggur á atvinnuþróun bitna jafnt á stórum verkefnum sem smáum, orkuvinnslu og orkunotendum. Í hverju því tilfelli sem hér var skoðað var um að ræða milljarða kostnað ár hvert.

Þegar allar krónurnar eru taldar er nokkuð ljóst að takmarkanir í flutningskerfinu hafa mikil neikvæð áhrif á velferð samfélagsins sem og getu Íslands til að ná markmiðum sínum í loftslagsmálum. Ef ekki er ráðist í stórar framkvæmdir í flutningskerfinu tefjast fleiri verkefni eins og nefnd eru í skýrslunni með tilheyrandi kostnaði sem hleypur á milljörðum — ef ekki tugum milljarða — króna ár hvert.

VIÐAUKI A: SAMBAND SVIGRÚMS OG EFNAHAGSLEGRA FRAMFARA

Í skýrslunni *The Economic Benefit of Headroom in the Icelandic Power Network* sem Frontier vann fyrir Landsnet og kom út árið 2020 var sett fram einföld kenning um hvernig svigrúm í flutningskerfinu skilar sér í aukinni velferð. Þegar ákveðið er hversu mikið rafmagn flutningskerfi á að geta borið í framtíðinni er venjan að styðjast við eftirspurnarspá. Vandamálið við að notast við spár er að ef þær vanmeta raunverulega eftirspurn endar samfélagið í þeirri stöðu sem nú er upp komin á Íslandi, flutningsfyrirtæki neyðist til að hafna verkefnum sem annars hefðu skapað velferð.

Kenningin sem sett var fram sýnir hvernig velferð, mæld í þessu tilfelli sem landsframleiðsla, tapast ef flutningskerfi er byggt upp til að mæta eftirspurn samkvæmt spámódeli og seinna koma upp óvænt tækifæri. Myndin á næstu blaðsíðu er grafísk útfærsla á kenningunni.

Í fyrri sviðsmyndinni er gefið dæmi þar sem uppbygging flutningskerfisins fylgir „skilvirkri uppbyggingu miðað við spá um eftirspurn“. Í þessu dæmi gefum við okkur að fjárfest sé í lágmarks svigrúmi sem getur tekið við sveiflum en ekki þjónustað ófyrirséð verkefni (sjá grafið í vinstra horni myndarinnar á næstu síðu). Í þessari sviðsmynd er niðurstaðan sú að ef ný verkefni koma upp er ekki hægt að ráðast í þau og afleiðingin sú að efnahagsþróun eru sett takmörk við efri mörk flutningsgetu kerfisins. Afleiðingin sést þá í grafinu í neðra vinstra horninu, landsframleiðsla er minni en hún hefði annars verið.

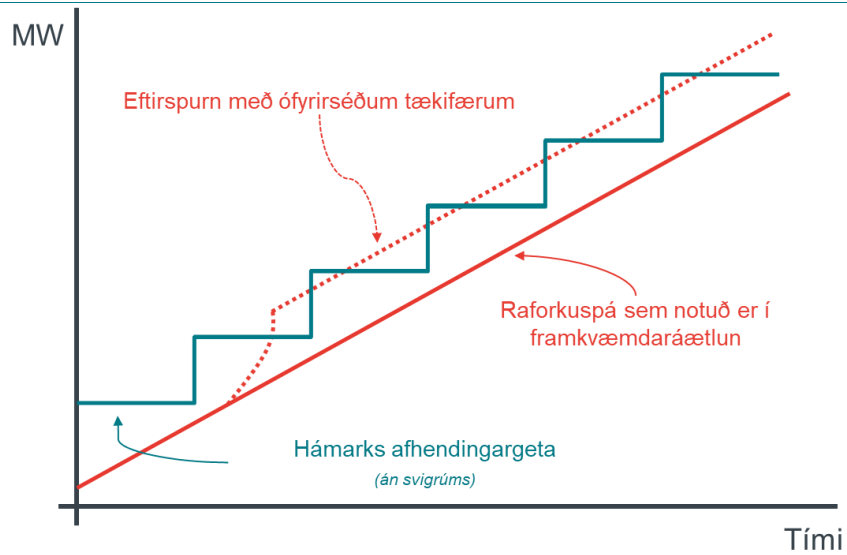
Seinni sviðsmyndin sýnir sömu kringumstæður. Eini munurinn er sá að í þessari sviðsmynd er fjárfesting í kerfinu meiri en lágmarkspörf samkvæmt spám. Í þessu tilfelli virkar flutningskerfið ekki sem takmörkun á efnahagslega framþróun, óvænt verkefni fer af stað og skilar sér í meiri efnahagslegri velferð en annars. Þessi áhrif má sjá í neðra hægra horninu á myndinni.

Vissulega er fjárfesting í afhendingargetu yfir spám að einhverju leyti áhættusöm, sér í lagi ef eftirspurn er minni eða jafn mikil og spáin gerir ráð fyrir. Þá má segja að of mikið sé fjárfest í kerfinu og sóun sé af fjárfestingunni. Sú sóun er þó takmörkuð af framtíðaraukningu í eftirspurn. Þ.e.a.s. ef meira er byggt í dag en þörf er fyrir á næstu árum er þó nokkuð ljóst að til lengri tíma litið heldur eftirspurn eftir rafmagni að aukast og hægt er að aðlaga framkvæmdaráætlun til að draga úr slíkri sóun. Og eins og bent var á fyrr í þessari skýrslu er samfélagslegur kostnaður ósamhverfur og hærri þegar of litið er fjárfest.

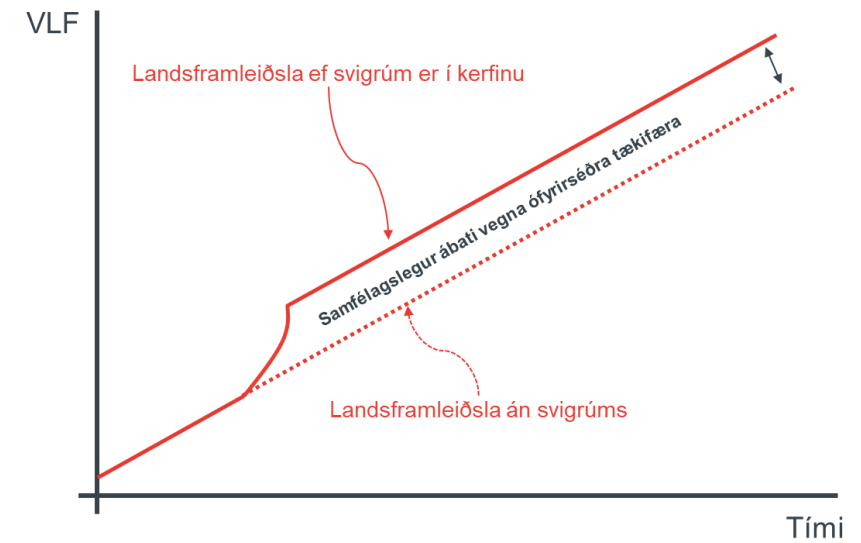
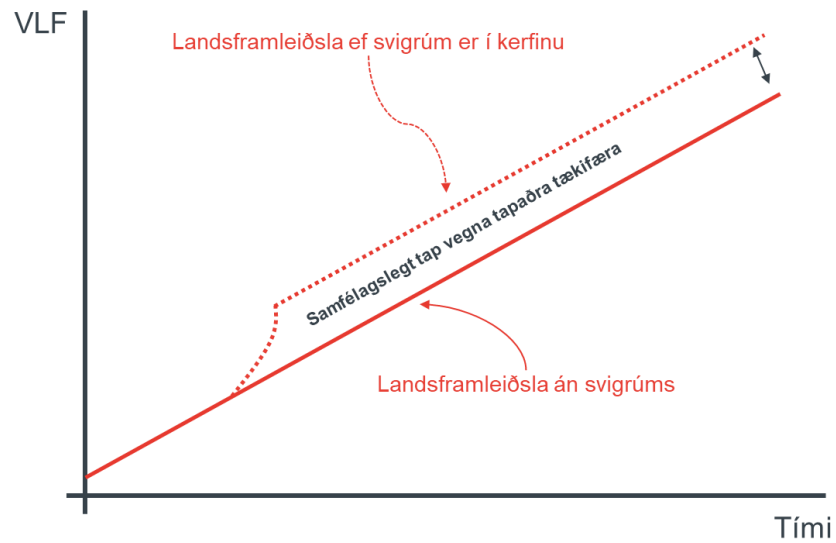
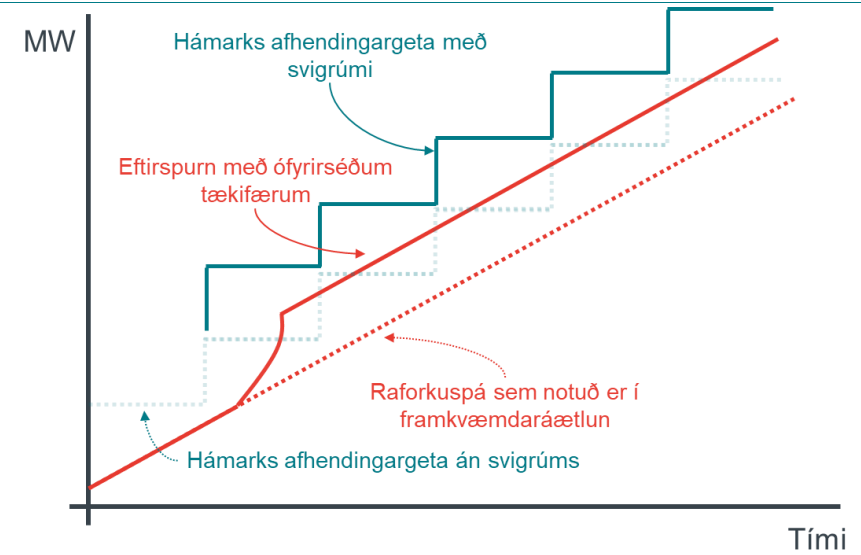
Gögn sem Landsnet safnar, og rædd voru í þessari skýrslu, gefa sterklega til kynna að það borgi sig að fjárfesta fram yfir lágmarkspörf samkvæmt spám. Ef svigrúm í kerfinu er of litið er ekki hægt að tengja ný verkefni við flutningskerfið og kostar það samfélagið talsverð verðmæti. Ef marka má einfalda módelið sem sett er fram í myndinni að neðan, þá er Ísland í þeirri stöðu sem teiknuð er upp í sviðsmynd eitt.

Ef litið er á ástandið eins og það er í dag og hafnanir verkefna vegna takmarkana vegnar á móti mögulegum fórnarkostnaði yfir stutt tímabil vegna offjárfestingar er nokkuð ljóst að töpuð tækifæri hafa meira að segja en fórnarkostnaður fjármagns. Samfélagið verður að öllum líkindum af meiri velferð með of hófsamri uppbyggingu en uppbyggingu sem gerir ráð fyrir þeim óvæntu tækifærum sem samfélagið veit ekki af þegar ákvarðanir eru teknar um fjárfestingu í uppbyggingu flutningskerfisins en koma upp seinna.

Sviðsmynd 1: Lágmarks fjárfesting í flutningskerfinu



Sviðsmynd 1: Fjárfest til viðbótar (ráð gert fyrir ófyrirséðum tækifærum)



VIÐAUKI B: EFNAHAGSLEGT VELFERÐARTAP VEGNA TAKMARKANA

Í kafla 3 voru sambandi velferðar og raforkunotkunar gerð skil. Eins og staðan er í dag er framleiðslugeta orkuvera meiri en flutningskerfið býður upp á. Einnig er eftirspurnin til staðar en svo lengi sem flutningskerfið ræður ekki við að flytja rafmagn frá framleiðendum til notenda þá nýtist auðlindin ekki samfélaginu sem skyldi. Afleiðingin er að minna rafmagn er í boði en mögulegt er að framleiða. Einnig er það verð sem greitt er fyrir rafmagnið herra en það væri ef allt það rafmagn sem mögulegt er að framleiða í dag væri í boði.

Takmarkanir í flutningskerfinu virka því eins og kvóti á selt magn og er því gott að gera því skil hvaða áhrif slíkar takmarkanir hafa á verð, selt magn og velferð samfélagsins. Á myndinni á næstu síðu má sjá einfalt dæmi. Rafmagnsverð er á lóðréttu ásnum og seldar KWst eru á láréttu ásnum. Þrjú dæmi eru tekin:

1. Útkoma á samkeppnismarkaði með engar takmarkanir í flutningi rafmagns. Í þessu tilfelli mynda markaðsöfl verð á markaði og allt það rafmagn sem notendur eru tilbúnir að greiða fyrir fer á markað.
2. Verð er ekki reglað og flutningsgeta kerfisins er takmarkað. Í þessu tilfelli setja takmarkanir í flutningskerfinu verð á markaði. Afleiðingin er sú að verð sem greitt er fyrir rafmagn er herra en í fyrsta dæminu, minna rafmagn er selt og framleiðendur og flutningsfyrirtæki fá herra verð fyrir selt rafmagn en annars.
3. Ef verð er reglað, eins og er tilfellið, eru útkomurnar svipaðar og í dæmi tvö, nema verð er sett í þessu dæmi þar sem framboð og eftirspurn hefðu mæst ef engar takmarkanir væru í flutningskerfinu. Í þessu dæmi er skaðinn sem notendur rafmagns hljóta minni en í dæmi tvö en meiri en í dæmi eitt. Framleiðendur verða þó fyrir meira tjóni í þessu tilfelli heldur en í dæmi eitt og tvö.

Greiningin sem hér er sett fram er einföldun til að minna lesendur á grunnhugmyndir hagfræðinnar og hvernig velferðartap verður til frekar en segja nákvæmlega til um raunverulegar útkomur á þessum markaði. Til dæmis má vel vera að með styrkingu flutningskerfisins myndi framboð á öruggri orku aukast og framboð á skerðanlegri orku dragast saman. Í því tilfelli mætti vel vera að meðalverð á rafmagni myndi standa í stað.²⁷

Hvernig ábatinn skiptist milli framleiðenda og notenda veltur á halla eftirspurnarfallsins og jaðarkostnaði framleiðenda, sem og regluverki. Greiningin gefur þó innsýn í þau áhrif sem takmarkanir í flutningskerfinu hafa; þær skapa soun og skaða alltaf samfélagið í heild sinni, hver þjáist meira, framleiðendur eða notendur, er þó óljóst og veltur og veltur að miklu leyti á getu eftirlitsstofnana til að setja verð.

²⁷ Ef uppbygging kerfisins myndi leiða til þess að öll seld orka væri forgangsorka þá yrði meðalverðið einfaldlega það sama og verð á forgangsorku.

Mynd 4: Dæmi um velferðartap vegna takmarkana í flutningskerfinu.

	Ef engar takmarkanir eru í flutningskerfinu og verð fær að myndast á forsendum markaðsafla þá myndast verð þar sem framboð mætir eftirspurn. Framboð er jaðarkostnaður framleiðenda. Neytendaábatinn er þá mældur sem það verð sem neytendur eru til í að greiða fyrir rafmagn að verðinu sem þeir greiða frádregnu. Þetta er þá svæðið sem merkt er á grafinu, „Neytendaábatí“. Framleiðendaábatí er þá einfaldlega það verð sem framleiðendur fá umfram kostnað raforkuframleiðslu, dreifingu og sölu.
	Ef flutningsgeta takmarkar það magn sem hægt er að selja á frjálsum samkeppnismarkaði þá ákvarðar flutningsgetan verð. Í þessu tilfalli er minna rafmagn selt og neytendur greiða hærri verð. Afleiðingin er því sú að neytendur tapa, framleiðendur, flutnings- og sölufyrirtæki græða og allratap myndast (sjá príhyrninginn með merkingunni DWL).
	Raforkumarkaðir eru oftast reglaðir og er því mikilvægt að skoða hvað gerist í síðasta dæminu ef eftirlitsstofnun reglar verð þannig að það sé það sama og það væri ef framboð og eftirspurn réðu för. Í þessu tilfalli, sem er hvað raunsæjast, er dregið úr því tapi sem neytendur verða fyrir og rentan sem framleiðendur, flutnings- og sölufyrirtæki fá fjarlægð. Allir eru þó verr settir en í umhverfi þar sem engar takmarkanir eru og allratap myndast með sama hætti og í dæmi 2. Einnig væri hægt að regla verð þar sem flutningsgeta mætir jaðarkostnaði, en það myndi draga enn frekar úr ábata framleiðenda og auka ábata neytenda.

VIÐAUKI C: FLÖSKUHÁLSAR OG TENGINGAR MILLI SVÆÐA (KAFLI ÚR KERFISÁÆTLUN)

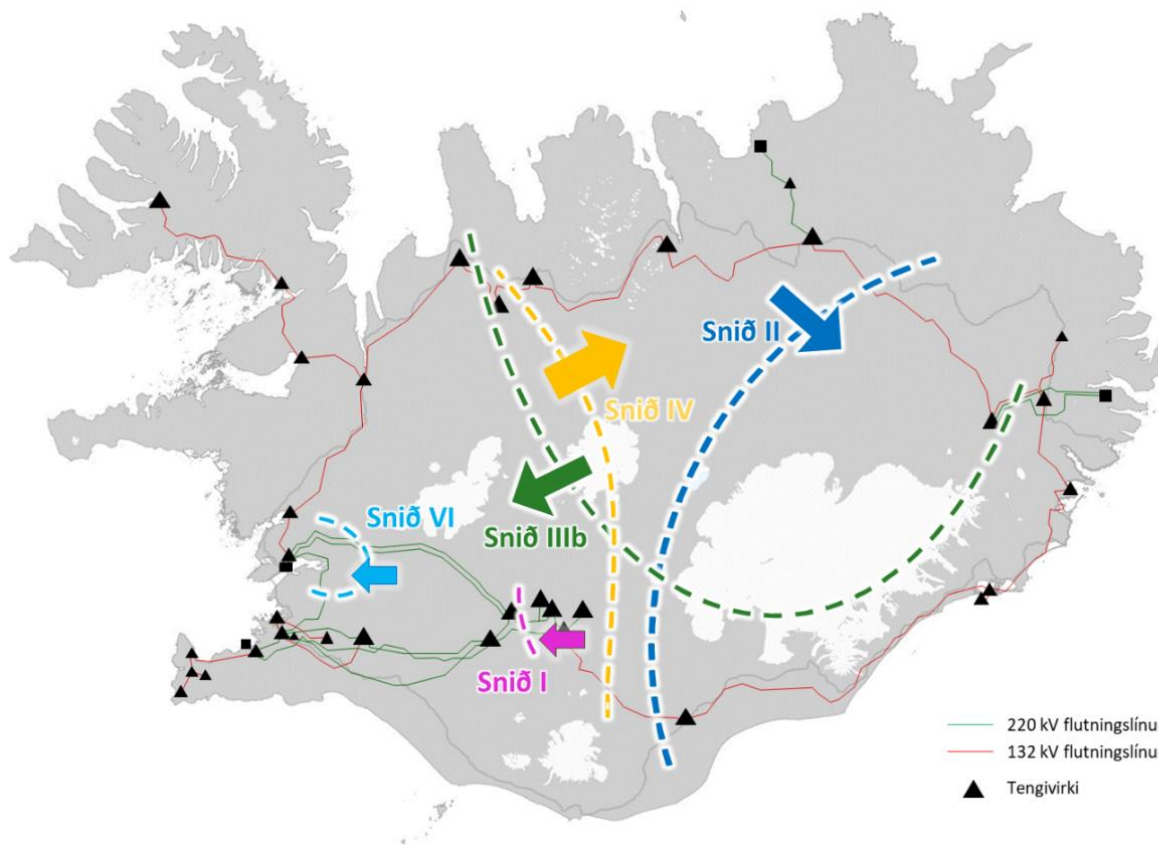
Flutningskerfið á Íslandi er mikið lestað og er afhendingaröryggi víða á landinu stefnt í hættu af þeim sökum. Þunglestun kerfisins leiðir af sér aukna hættu á truflunum, t.d. sökum óstöðugleika (aflsveiflna), yfirálags og/eða spennuvandamála. Til að tryggja afhendingaröryggi við stjórnun kerfisins hafa verið skilgreind flutningssnið í meginflutningskerfinu sem segja til um hámarks aflflutning milli svæða og landshluta.

Alls eru skilgreind fimm snið í meginflutningskerfinu og flutningsmörk þeirra tilgreind. Flutningsmörkin í sniðum eru stefnuháð, eins og sjá má á mynd 2-2. Flutningssniðin eru háð uppsetningu kerfisins hverju sinni og hafa styrkingar á meginflutningskerfinu, sem leiða af sér aukna möskvun kerfisins, þau áhrif að sniðin breytast og ekki víst að núverandi snið verði til staðar. Því eru þau snið sem fjallað er um hér miðuð við að engar styrkingar eigi sér stað í meginflutningskerfinu. Flutningstakmarkanir um þessi snið eru það sem átt er við þegar talað er um flöskuhálsa í flutningskerfinu.

Megintilgangur með skilgreiningu sniðanna er að fylgjast með því að aflflutningur um sniðið verði ekki það mikill að einföld truflun valdi óstöðugleika í kerfinu eða kerfishruni. Flutningur innan þessara svokölluðu stöðugleikamarka sniðanna tryggir að kerfisreksturinn haldist stöðugur við einfalda truflun og ekki þurfi að skerða raforku til notenda. Flutningstakmarkanir í gegnum snið miðast oftast við flutningsgetu þeirrar línu sem minnsta flutningsgetu hefur af þeim línunum sem sniðið sker.

Sveiflur í vatnsbúskap uppistöðulóna milli ára geta haft áhrif á afhendingu raforku þar sem flutningssnið geta takmarkað möguleika á að flytja raforku milli landshluta. Um árabíl hafa flutningstakmarkanir og óstöðugleiki verið vandamál í rekstri byggðalínunnar og hafa skerðingar á orkuafhendingu aukist ár frá ári.

Mynd: Skilgreind flutningssnið í meginflutningskerfinu 2020



Heimild: Kerfisáætlun

Snið I

Sker Hrauneyjafosslínu 1 og Sigöldulínu 3. Hrauneyjafosslína 1 liggur frá Hrauneyjafossstöð að Sultartangastöð og Sigöldulína 3 liggur frá Sigöldustöð að Búrfellsstöð. Um þessar línur fer mestöll orkuvinnsla frá Sigöldustöð, Vatnsfellsstöð, Hrauneyjafossstöð og Búðarhálsstöð. Aflflæði til vesturs um sniðið takmarkast af endabúnaði Hrauneyjafosslínu 1 og eru efri mörk þess 475 MW. Hitaflutningsmörk beggja flutningslína eru tæp 600 MW og er því mögulegt að hækka sniðmörkin með uppfærslu á endabúnaði.

Snið II

Sker Kröflulínu 2 og Sigöldulínu 4. Kröflulína 2 liggur frá Kröflustöð að Fljótsdalsstöð og Sigöldulína 4 liggur frá Sigöldustöð að tengivirkinu á Prestbakka. Aflflæði til austurs um snið II takmarkast bæði af endabúnaði Kröflulínu 2 og 220/132 kV aflspennis í Sigöldustöð og eru núverandi stöðugleikamörk 100 MW. Með aukinni orkuvinnslu á Norðausturlandi, t.d. á Þeistareykjum, eykst pressan á snið II töluvert en að sama skapi minnkar pressan á snið IV, þar sem þessi vinnsla er staðsett innan sniðs IV.

Snið IIIb

Sker Blöndulínu 1 og Fljótsdalslínu 2. Blöndulína 1 liggur frá Laxárvatni að Blöndustöð og Fljótsdalslína 2 frá Fljótsdalsstöð að Hryggstekk. Snið IIIb takmarkar aflflutning í vesturátt frá Blöndu og til suðurs frá Fljótsdal, þ.e. öfugt miðað við snið II og snið IV. Núverandi stöðugleikamörk eru 130 MW og takmarkar það flutning frá Fljótsdalsstöð, Kröflu- og Þeistareykjastöð ásamt Blöndustöð eftir byggðalínunni til vesturs.

Snið IV

Sker Blöndulínu 2 og Sigöldulínu 4. Blöndulína 2 liggur frá Blöndustöð að Varmahlíð og Sigöldulína 4 liggur frá Sigöldustöð að tengivirkinu á Prestbakka. Um árábil hafa flutningstakmarkanir og óstöðugleiki verið mikið vandamál í rekstri byggðalínunnar, þá helst vegna flutnings til austurs um snið IV. Skerðingar á orkuafhengingu verða tíðari með hverju árinu. Helsta ástæða þess er aukið álag á Norðausturlandi og rafvæðing fiskimjölsverksmiðja á Austurlandi. Nú er svo komið að ástandið hamlar atvinnuuppbyggingu á landsbyggðinni, s.s. rafvæðingu fiskiðjuvera og virkni raforkumarkaðar. Stöðugleikamörk sniðs IV eru 100 MW.

Snið VI

Sker Sultartangalínu 1, Sultartangalínu 3 og Brennimelslínu 1. Sultartangalínur 1 og 3 liggja frá Þjórsársvæðinu að tengivirkinu á Brennimel og Brennimelslína 1 liggur frá tengivirkinu á Geithálsi að tengivirkinu á Brennimel. Snið VI takmarkar aflflutning til vesturs að Brennimel, en þar eru stórnotendur eins og Norðurál og Elkem. Brennimelslína 1 og Sultartangalína 1 takmarka aflflutning að Brennimel þar sem flutningsgeta þeirra er töluvert minni en flutningsgeta Sultartangalínu 3. Í truflanatilfellum, þegar Sultartangalína 3 leysir út, þurfa Sultartangalína 1 og Brennimelslína 1 að geta flutt aflið í gegnum snið VI og eru stöðugleikamörk því 580 MW, sem er samanlögð flutningsgeta Sultartangalínu 1 og Brennimelslínu 1.

Kerfisvarnir eru staðsettar víðsvegar í flutningskerfinu og er hlutverk þeirra að mæla aflflæði eftir flutningslínunum og koma í veg fyrir yfirlestun á flutningslínunum, aflsveiflur og undirtíðni á afhendingarstöðum Landsnets. Aflflæði eftir byggðalínunni hefur aukist með auknu álagi á Norðurlandi, Norðausturlandi og Austurlandi. Til að mögulegt sé að minnka aflflæðið á byggðalínunni, og þar með aflflæði í gegnum sniðin, þarf að auka framleiðslu inn á kerfið innan þessara tilteknu sniða.

Frontier Economics Ltd is a member of the Frontier Economics network, which consists of two separate companies based in Europe (Frontier Economics Ltd) and Australia (Frontier Economics Pty Ltd). Both companies are independently owned, and legal commitments entered into by one company do not impose any obligations on the other company in the network. All views expressed in this document are the views of Frontier Economics Ltd.

WWW.FRONTIER-ECONOMICS.COM