



LANDSNET

Mat á þjóðhagslegri arðsemi
uppbyggingar flutningskerfis raforku

Ítarefni með kerfisáætlun Landsnets 2018-2027

Landsnet-18021

Efnisyfirlit

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Inngangur | 3 |
| 2 | Aðferðarfræði og forsendur við hagrænt mat á valkostum..... | 3 |
| 2.1 | Flutningstöp..... | 4 |
| 2.2 | Flutningstakmarkanir á flæði í meginflutningskerfinu | 4 |
| 2.2.1 | Langæislína almennrar notkunar..... | 5 |
| 2.2.2 | Orkuvinnsla með olíu..... | 6 |
| 2.3 | Betri nýting virkjana | 7 |
| 2.3.1 | Rekstrartruflanir | 8 |
| 3 | Niðurstöður | 10 |
| 3.1 | Hægar framfarir..... | 10 |
| 3.2 | Raforkuspá..... | 11 |
| 3.3 | Græn framtíð..... | 12 |
| 3.4 | Aukin stórnotkun..... | 13 |
| 3.5 | Samantekt á niðurstöðum | 14 |
| 4 | Heimildaskrá..... | 15 |

1 Inngangur

Samhliða kerfisáætlun 2018-2027 hefur þjóðhagsleg hagkvæmni uppbyggingar flutningskerfis raforku verið metin. Í kerfisáætlun eru lagðar fram forendur fyrir uppbyggingu valkostanna, kostnað þeirra og tímasetningar framkvæmda. Einnig eru lagðar fram forsendur fyrir hámarks lengd jarðstrengja. Líkt og í kerfisáætlun er í mati þessu notast við sviðsmyndir sem Raforkuhópur orkuspárnefndar birti á síðasta ári.

Skilvirkt flutningskerfi raforku hefur verulegan þjóðhagslegan ávinning í för með sér líkt og kom fram í skýrslu Landsnets frá 2013 og í drögum að kerfisáætlun Landsnets 2016-2025. Aðferðarfræðin sem notast er við í þessu mati er lýst hér á eftir í köflum 2 og 3 en einnig má nálgast ítarlegri umfjöllun í skýrslu Landsnets frá 2013 (Landsnet, 2013).

2 Aðferðarfræði og forsendur við hagrænt mat á valkostum

Í því mati sem hér fer á eftir er notast við sviðsmyndir Raforkuhóps orkuspárnefndar auk raforkuspár frá 2017. Sviðsmyndirnar nefnast *Hægar framfarir*, *Græn framtíð* og *Aukin stórnotkun*. Raforkunotkun vex hægar í *Hægum framförum* samanborið við raforkuspá en hraðar í *Grænni framtíð* og hraðast í *Aukinni stórnotkun* (Orkustofnun, 2017a).

Í mati á kostnaði og ávinningi af flutningskerfinu er litið til tímabilsins 2018 til 2050 líkt og í raforkuspá. Nauðsynlegt er að núvirða bæði kostnað og ávinning sem fellur á mismunandi árum innan tímabilsins. Grunnárið er 2018 í útreikningunum og notast er við 5,5% raunvexti.

Í þessu mati er reynt að meta kostnað og ávinning við uppbyggingu raforkukerfisins í samræmi við framkvæmdaáætlun og þá notkun sem fram kemur í sviðsmyndunum og raforkuspá. Hvorki er unnt að meta allan kostnað né allan ávinning í matinu en metin hafa verið atriði sem eru veigamikil og góð víska ríkir um. Til dæmis eru áhrif á umhverfið ekki metin til kostnaðar. Í umhverfismati hérlandis hefur ekki verið lagt mat á umhverfiskostnað þar sem erfitt er að meta hann með góðri vissu og má til dæmis sjá umfjöllun um mat á umhverfiskostnað í úrskurði Umhverfiráðuneytisins frá 2001 um mat á umhverfisáðhrifum Kárahnjúkavirkjunar (Umhverfiráðuneytið, 2001). Að sama skapi má ætla að annar ávinningur komi fram við uppbyggingu raforkukerfisins sem ekki er metinn. Til dæmis mætti þar nefna virði ónýttar flutningsgetu í kerfinu, virði betri samnýtingu á orkuframleiðslu á Norðausturlandi og Suður- og Suðvesturlandi, virðisaukandi áhrif á rafvæðingu samgangna eða afleidd efnahagsáhrif.

Takmarkandi flutningskerfi raforku skapar bæði beinan og óbeinan kostnað fyrir notendur raforku. Hinn beini kostnaður er til dæmis fólgin í töpum í flutningskerfinu. Kostnaður vegna þeirra fellur á notendur kerfisins. Flutningstöp eru sýnilegur þjóðhagslegur kostnaður sem krefst þess að kaupa raforku til að mæta töpunum og er hann reiknaður í mati þessu.

Óbeinn kostnaðurinn er ekki jafn áþreifanlegur og hinn beini en ekki er síður mikilvægt að meta hann þar sem notendur raforku greiða kostnaðinn með einum eða öðrum hætti að lokum. Hinn óbeina og óáþreifanlega kostnað getur í mörgum tilvikum verið vandasamt að meta vegna þess að hann liggur m.a. í tæknilegum atriðum flutningskerfisins og óþægindum og tjóni notenda. Hinn óbeini og óáþreifanlegi kostnaður sem lagt er mat á er eftirfarandi:

1. Flutningstakmarkanir í meginflutningskerfinu þar sem afhending raforku er skert vegna þess að flutningskerfið annar ekki notkuninni
2. Skert framleiðslu virkjana vegna flutningstakmarkana
3. Rekstrartruflanir

Nánari umfjöllun um kostnaðarlina fjóra má sjá í næstu undirköflum.

2.1 Flutningstöp

Flutningstöp eru óhjákvæmileg við flutning raforku en umfang þeirra er mismunandi í þeim leiðum sem skoðaðar eru varðandi uppbyggingu kerfisins. Flutningstöp eru sýnilegur þjóðhagslegur kostnaður sem krefst þess að afla þarf raforku til að mæta töpunum. Nauðsynlegt afl til að mæta flutningstöpum er metið með kerfisgreiningum í sviðsmyndunum.

Í sviðsmyndunum og raforkuspá er gert ráð fyrir að töpin þróist línulega frá áætluðum töpum ársins 2018 (64,5 MW) (Orkustofnun, 2017b) til þeirra flutningstapa sem metin hafa verið í kerfisgreiningum fyrir sviðsmyndirnar og raforkuspá á árinu 2050.

TAFLA 1 METIN FLUTNINGSTÖP ÁRSINS 2050 (MW).

| | A.1 | A.1 J50 | A.1 DC | A.2 | B.1 | B.2 | B.3 | B.4 |
|-------------------------|-------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Hægar framfarir | 82,6 | 71,1 | 71,1 | 71,1 | 72,8 | 68 | 71,3 | 72,1 |
| Raforkuspá | 100,0 | 85,4 | 85,4 | 85,4 | 88,8 | 80,2 | 83,7 | 85,1 |
| Grænar framfarir | 123,5 | 95,7 | 95,7 | 95,7 | 98,9 | 89,1 | 91,4 | 94,5 |
| Aukin stórnotkun | 180 | 118,9 | 118,9 | 118,9 | 131,8 | 111,7 | 112,4 | 115,9 |

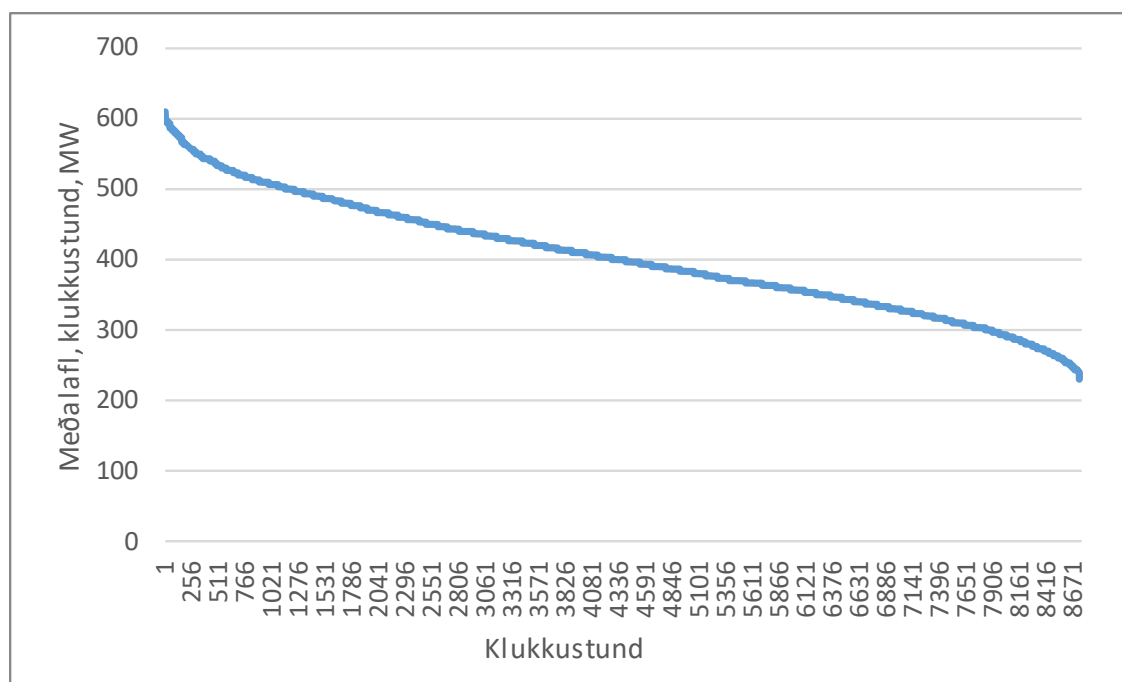
Miðað er við 5.000 stunda nýtingartíma þess afls sem þarf til að mæta töpunum og að kostnaður raforku sé 4,5 kr./kWh sem metinn er jaðarkostnaður raforkuöflunar.

2.2 Flutningstakmarkanir á flæði í meginflutningskerfinu

Notast er við sviðsmyndir raforkuhóps orkusparnefndar og þar kemur fram m.a. orku- og aflnotkun. Í sviðsmyndunum getur t.d. verið um takmörkun í flutningi að ræða þangað til nýframkvæmdir hafa aukið flutningsgetuna eða ný virkjun tekur til starfa innan sniðsins sem leiðir til þess að ekki verður lengur takmörkun í flutningi um sniðið. Í næsta undirköflum verður lýst hvernig langæislína almennrar notkunar er nýtt til þess að meta þá orku sem kerfið nær ekki að afhenda vegna takmarkana. Í undirkaflanum þar á eftir er farið yfir forsendur fyrir kostnað notkunar olíu við að mæta orkuskerðingunum.

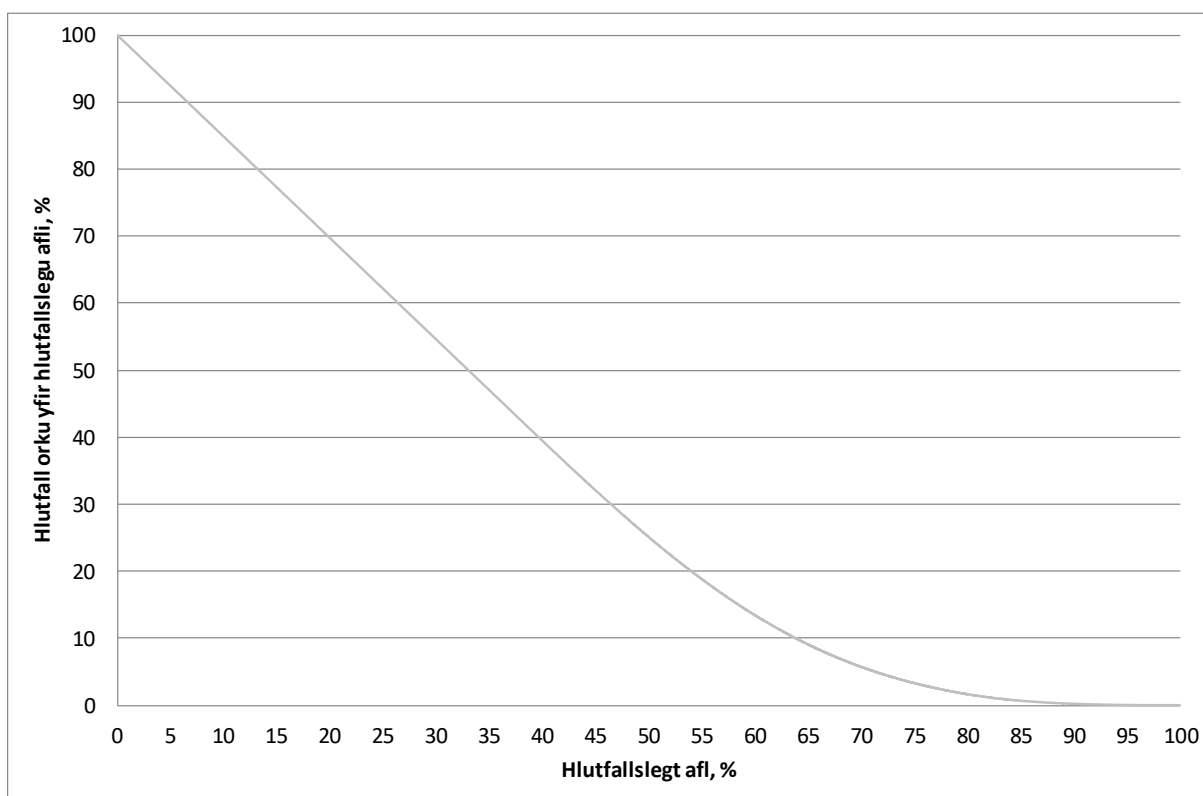
2.2.1 Langæislína almennrar notkunar

Á mynd 1 má sjá langæislínu allrar almennrar raforkunotkunar ársins 2017. Á langæislínu hefur aflnotkun verið raðað frá mestu notkun til hinnar minnstu fyrir hverja klukkustund. Mesta aflnotkunin nam um 609 MW en notkunin var yfir 600 MW 9 klukkustundir á árinu. Líkt og á undanföllum árum þá standa afltopparnir stutt og lítil orkunotkun felst í þeim. Á árinu 2017 var nýtingartími allrar almennrar notkunar nærri 5.800 klukkustundum. Í raforkuspá er gert ráð fyrir að nýtingartími forgangsorku til almennra nota verði 6.000 klukkustundir á árinu 2050 (Orkustofnun, 2015). Í þessu mati er gert ráð fyrir að nýtingartími alls almenns markaðs sé 5.900 klukkustundir á tímabilinu.



MYND 1 LANGÆISLÍNA ÚTTEKTAR FRÁ LANDSNETI VEGNA ALLRAR ALMENNRRAR RAFORKUNOTKUNAR ÁRIÐ 2017.

Kerfisgreiningar á flutningi um snið flutningskerfisins hafa verið notaðar til að meta aflflæði um takmarkandi snið í meginflutningskerfinu á tímabilinu sem koma til vegna þess að notendur vilja taka út meira afl í afhendingarstöðum en flutningskerfið nær að anna. Til þess að meta umfang þeirrar orku sem felst í þeim aflskerðingunum sem koma fram í kerfisgreiningum hefur verið reiknað samspil hlutfallslegs afls og orku og kemur það fram á mynd 2. Til dæmis má sjá að við 35% aflskerðingu (þ.e. notkun 65% hlutfallslegs afls á mynd 2) er um 10% skerðing í orkunotkun. Þau gögn sem koma fram á mynd 2 eru notuð til þess að meta þá orkuskerðingu sem verður í hverju sniði flutningskerfisins við takmarkanir í flutningu raforku um þau.



MYND 2 SAMSPIL AFLÚTTEKTAR OG ORKUÚTTEKTAR FRÁ LANDSNETI SAMKVÆMT RAUNGÖGNUM ALLRAR ALMENNAR NOTKUNAR ÁRIÐ 2017.

Hafa þarf í huga að í sumum tilvikum getur orkuskerðing verið meiri en reikningar sem þessir sýna þar sem ekki er víst að notkunin komi strax inn þegar flutningur fer undir skerðingarmörk auk þess sem notkun getur verið tekin út og sett inn í stórum þrepum og skerðing verður þannig meiri en nauðsynleg er skv. álagsflæðireikningum.

2.2.2 Orkuvinnsla með olíu

Við takmörkun á flutningi um snið hefur kostnaðurinn við þá orku sem ekki kemst til endanlegra notenda verið metinn með því að reikna út hver kostnaðurinn hefði verið við að mæta eftirspurninni með jarðefnaeldsneyti í kötlum hitaveitna og iðnfyrirtækja. Með þeim hætti losnar flutningskerfið við að flytja raforku til þessara katla og aðrir notendur á svæðinu geta þá nýtt hana. Kostnaður við orkuvinnslu með kötlum er áætlaður miðað við eldsneytisverð héraendis við upphaf árs 2018. Notaðar eru eftirfarandi forsendur:

TAFLA 2 FORSENDUR OG TÖLULEGAR STÆRÐIR ÞEIRRA

| Forsenda | Tölulegar stærðir |
|--------------------------------|-------------------|
| Eldsneytisverð, flotaolía | 110,089 kr./l |
| Eðlisþyngd, flotaolía | 0,848 kg/l |
| Orkuinnihald, flotaolía | 11,7 kWh/kg |
| Nýtni í eldsneytiskatli | 0,9 |
| Olúkostnaður við hitun í katli | 12,3 kr./kWh |

Gert er ráð fyrir að hægt sé að mæta orkuskerðingu með orkuvinnslu í kötlum í þessu mati og er kostnaðurinn, eins og fram kemur í töflunni að ofan, 12,3 kr./kWh¹. Búist er við að kostnaður við orkuvinnsluna með jarðefnaeldsneti aukist í framtíðinni þar sem olíuverð er sögulega lágt um þessar mundir og er stuðst við spár Energy Information Agency sem gera ráð fyrir um 6% hækkun á ári fyrir þær tegundir eldsneytis sem notast þarf við fram til 2030 en 2% hækkun eftir það (EIA, 2018).

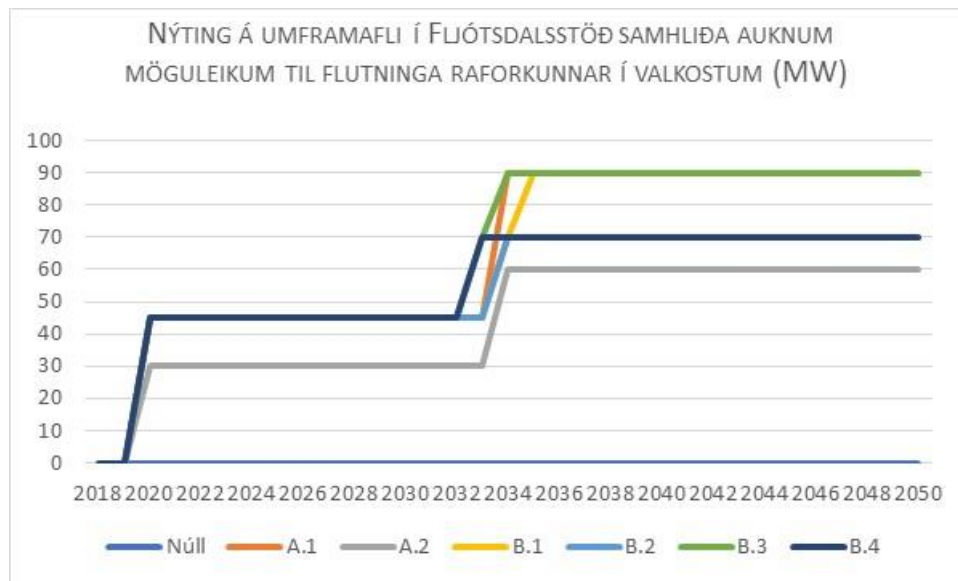
Eins og áður segir er miðað við 5.900 klukkustunda nýtingartíma þess afls sem þarf til að mæta flutningstakmörkunum og raforku við að mæta orkuskerðingu sé 12,3 kr/kWh árið 2018 og þróist í kjölfarið í samræmi við orkuspá EIA.

2.3 Betri nýting virkjana

Uppbygging flutningskerfisins mun auka hagkvæmni virkjana þar sem meiri möguleikar verða á því að samnýta virkjanakostina en áður. Til dæmis má búast við því að vatnsaflsvirkjanir á Suður- og Austurlandi verði samnýttar í samræmi við stöðu í vatnsbúskap þegar flutningstakmarkanir verða ekki til staðar með tilheyrandi ávinningi fyrir vinnsluaðila. Ávinninginn í formi aukinnar hagkvæmni við nýtingu virkjana er erfitt að meta nema með ítarlegum greiningum. Hér verður notast við einfalda nálgun og litið til þess umframafls (90 MW) sem er í Fljótsdalsstöð til þess að meta ávinning af uppbyggingu flutningskerfisins fyrir vinnsluaðila. Hér er um afar varfærna nálgun að ræða sem að öllum líkindum vanmetur raunverulegan ávinning.

Ekki hefur verið unnt að nýta allt uppsett afl í Fljótsdalsstöð vegna þeirra flutningstakmarkana sem hafa verið á Austurlandi. Í þeim valkostum sem metnir hafa verið er í öllum tilvikum um að ræða styrkingu flutningskerfisins frá Kröflu til Fljótsdals árið 2020. Í valkostum A.1 og A.2 er fyrirhugað að hálendisliða verði tekin í notkun 2033 og í valkostum B1, B3 og B4 er til viðbótar fyrirhugað að styrkja flutningskerfið frá Sigöldu til Fljótsdals árið 2034. Með auknum flutningum um annað hvort hálendið eða frá Fljótsdal til Sigöldu er búið að samtengja vatnsaflsvirkjanir á Suðurlandi og svo Fljótsdalsstöð betur og má þá nýta vatnsrennsli í vatnsaflsvirkjununum á hagkvæmari hátt en áður. Á mynd 3 má sjá hvernig metið hefur verið að aflið í Fljótsdalsstöð muni nýtast.

¹ $Kostnaður = \frac{Eldsneytisverð/eðlisþyngd}{Orkuinnihald/nýtni}$



MYND 3 NÝTING Á UMFRAMAFLI Í FLJÓTSDALSTÖÐ SAMHLIÐA AUKNUM MÖGULEIKUM TIL FLUTNINGA RAFORKUNNAR Í VALKOSTUM (MW)

Í öllum valkostum má því gera ráð fyrir að mögulegt verði að auka raforkuflutninga til og frá Austurlandi þegar lokið hefur verið við væntar styrkingar og þar með nýta það umframafl sem er í Fljótsdalsstöð. Nákvæm nýting á umframaflinu í mismunandi valkostum er töluverðri óvissu háð og hér er nákvæmt mat á nýtingu þess ekki lagt fram. Í valkostum A.1, B.1 og B.3 má gera ráð fyrir að umframaflið verði að fullu nýtt á því tímabili sem litið er til og að umframaflið verði komið í nýtingu hraðast í valkosti A.1. Í valkostum A.2, B.2 og B.4 nægja fyrirhugaðar styrkingar ekki til að nýta umframaflið að fullu auk þess sem hægar gengur að nýta það snemma á tímabilinu samanborið við aðra valkosti. Nýting umframaflsins mun leiða til minni fjárfestingarþarfar í nýjum virkjunum og því kemur nýting þess fram sem sparnaður í meðfylgjandi töflum.

Ítarleg gögn um kostnað við uppbyggingu virkjana liggja ekki opinberlega fyrir en í þessu mati er gert ráð fyrir að kostnaðurinn sé 441 MKr./MW við byggingu jarðvarma- eða vatnsorkuvera. Í matinu er því gert ráð fyrir sem nemur fyrrgreindum kostnaði við það afl sem nýta má á hverju ári í samræmi við uppbyggingu flutningskerfisins. Afskriftartími vatnsaflsvirkjana er 50 ár og er hér miðað við þann árlega sparnað sem orðið hefði ef fjárfest hefði verið fyrir það afl sem mögulegt er að nýta úr Fljótsdalsstöð.

2.3.1 Rekstrartruflanir

Þegar rekstrartruflanir koma upp í flutnings- og dreifikerfum getur þurft að grípa til skerðinga á afhendingu raforku til endanlegra notenda. Skerðingarnar skapa heimilum og fyrirtækjum kostnað og óþægindi sem metin hafa verið til fjár um langt skeið hérlandis. Kostnaðurinn felst m.a. í því að starfsemi flestra fyrirtækja lamast við skerðingar og heimili verða fyrir margvíslegum óþægindum og beinum kostnaði við að geta ekki notað raforku.

Starfshópur um rekstrartruflanir, START, er samstarfshópur dreifiveitna, Landsnets og Orkustofnunar og var settur saman fyrir um þremur áratugum til að samræma og hefja skráningu á rekstrartruflunum í raforkukerfinu en þar er m.a. skráð skert orkuafhending. Einnig hefur hópurinn metið kostnað vegna

skerðingar í raforkuafhendingu og birtir árlega slíkar upplýsingar (Sjá Starfshópur um rekstrartruflanir, 2017).

Í töflu 3 má sjá mat hópsins á áætluðum kostnaði vegna truflana í flutnings- og dreifikerfum raforku á undanförunum árum.

TAFLA 3 KOSTNAÐUR VEGNA RAFORKUSKORTS UNDAFARIN ÁR SKV. SKRÁNINGU VEITUFYRIRTÆKJA OG LANDSNETS Á TRUFLUNUM

| Ár | Kostnaður (Mkr.) | Vinnsla (GWh) | Vísitala neysluverðs (VNV) | Kostnaður á orkueiningu í vinnslu (kk./GWh) | Kostnaður á orkueiningu í vinnslu (kk./GWh) (verðlag 2017) |
|---------|------------------|---------------|----------------------------|---|--|
| 2005 | 1.128 | 8.681 | 244,1 | 129,9 | 235,8 |
| 2006 | 1.411 | 9.925 | 260,6 | 142,2 | 241,7 |
| 2007 | 1.186 | 11.976 | 273,7 | 99,0 | 160,3 |
| 2008 | 1.260 | 16.467 | 307,7 | 76,5 | 110,2 |
| 2009 | 693 | 16.834 | 344,6 | 41,2 | 52,9 |
| 2010 | 611 | 17.059 | 363,2 | 35,8 | 43,7 |
| 2011 | 1.126 | 17.210 | 377,7 | 65,4 | 76,7 |
| 2012 | 2.842 | 17.549 | 397,3 | 161,9 | 180,6 |
| 2013 | 996 | 18.116 | 412,7 | 55,0 | 59,0 |
| 2014 | 999 | 18.122 | 421,1 | 55,1 | 58,0 |
| 2015 | 1.995 | 18.799 | 428 | 106,1 | 109,8 |
| 2016 | 641 | 18.549 | 435,3 | 34,6 | 35,2 |
| Samtals | 14.888 | 189.288 | | 78,7 | 101,1 |

Í mati þessu er gert ráð fyrir að hlutur Landsnets við skerta orkuafhendingu sé 65% af heildarkostnaðinum, eða 65,7 kkr./GWh á verðlagi ársins 2017 (gildi vísitölu neysluverðs (VNV) 443,0).

Engin leið er til að losna við rekstrartruflanir að fullu þar sem ætíð verða einhverjar truflanir í rekstri sama hve öflugt flutningskerfi raforku er. Samanborið við Norðurlöndin eru þó orkuskerðingar hérlandis meiri á hverja orkueiningu og má rekja þann mun einna helst til þess að landið er strjálbýlt, flutningskerfið veikt og veðurfar erfitt.

Öflugra flutningskerfi leiðir af sér færri rekstrartruflanir þar sem unnt er að mæta með betri hætti áföllum í flutningi raforkunnar. Til dæmis er gert ráð fyrir að öflugari flutningslínur í valkosti A.1. leiði til færri rekstrartruflana en A.2. Að sama skapi er gert ráð fyrir að uppbygging skv. B.1. leiði til færri rekstrartruflana en B.2 þar sem uppbyggingin er meiri í B.1. Ekki hefur verið framkvæmt ítarlegt mat fyrir fækkun rekstrartruflana fyrir valkostina þar sem slíkt mat er mjög umfangsmikið. Í töflu 4 má sjá forsendur sem notast er við í matinu fyrir fækkun rekstrartruflana m.v. núllkostinn.

TAFLA 4 FÆKKUN REKSTRARTRUFLANA M.V. NÚLLKOST

| | A.1 | A.2 | B.1 | B.2 | B.3 | B.4 |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Fækkun m.v. núllkost | 30% | 20% | 40% | 20% | 30% | 30% |

3 Niðurstöður

Í næstu undirköflum koma fram niðurstöður fyrir sviðsmyndirnar þrjár og raforkuspá. Í töflum í undirköflunum koma fram þeir þættir sem metnir hafa verið og lýst hér að framan. Að auki kemur fram núvirtur framkvæmdakostnaður og endurgreiðslutími í árum hvers valkosti í sviðsmyndunum og raforkuspá. Í kafla 3.5 má sjá samantekt á endurgreiðslutíma fyrir sviðsmyndirnar og raforkuspá.

3.1 Hægar framfarir

Í töflu 5 má sjá niðurstöður fyrir þá kostnaðarliði sem metnir hafa verið í *Hægum framförum*. Heildarkostnaður í núllkostinum er metinn nærri 52 milljörðum króna á tímabilinu en kostnaðurinn í valkostunum (að teknu tillits til ávinning af betri nýtingu virkjana) nemur 29-37 milljörðum króna. Mesti ávinningurinn kemur fram í minni flutningstakmörkunum og nemur hann samanlagt rúmlega 4 milljörðum króna á tímabilinu. Ávinningur af betri nýtingu virkjana hefur verið metinn samanlagt um 5-8 milljarðar króna. Metinn ávinningur af minni rekstrartruflunum nemur einnig um 4-9 milljörðum króna á tímabilinu.

TAFLA 5 SAMANBURÐUR Á NÚVIRTUM ÞJÓÐHAGSLEGUM KOSTNAÐI VEGNA ÞEIRRA ÞÁTTA SEM METNIR HAFU VERIÐ FRÁ 2018-2050 FYRIR VALKOSTI OG *HÆGAR FRAMFARIR* EF VIÐKOMANDI VALKOSTUR VÆRI ÞRÓAÐUR Á TÍMABILINU Í SAMRÆMI VIÐ FRAMKVÆMDAÁÆTLUN.

| | Núll | A.1 | A.1 J50 | A.1 DC | A.2 | B.1 | B.2 | B.3 | B.4 |
|------------------------------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Flutningstöp | 25.383 | 23.919 | 23.919 | 23.919 | 24.135 | 23.525 | 23.944 | 24.046 | 24.021 |
| Flutningstakmarkanir | 4.608 | 164 | 164 | 164 | 164 | 164 | 164 | 164 | 164 |
| Betri nýting virkjana | 0 | -7.471 | -7.471 | -7.471 | -4.981 | -7.540 | -6.612 | -7.713 | -6.711 |
| Rekstrartruflanir | 21.966 | 15.376 | 15.376 | 15.376 | 17.573 | 13.179 | 17.573 | 15.376 | 15.376 |
| Samtals | 51.956 | 31.988 | 31.988 | 31.988 | 36.891 | 29.328 | 35.069 | 31.873 | 32.850 |
| Hlutfall, % | | 61,6 | 61,6 | 61,6 | 71,0 | 56,4 | 67,5 | 61,3 | 63,2 |

Núvirtur kostnaður samkvæmt framkvæmdaáætlun nemur á bilinu 32-47 milljörðum króna (sjá töflu að neðan) og er endurgreiðslutíminn metinn frá 49 – 64 árum í þessari sviðsmynd fyrir valkostina.

TAFLA 6 NÚVIRTUR KOSTNAÐUR VIÐ UPPBYGGINGU VALKOSTANNA OG ENDURGREIÐSLUTÍMI Í ÁRUM Í *HÆGUM FRAMFÖRUM*.

| | A.1 | A.1 J50 | A.1 DC | A.2 | B.1 | B.2 | B.3 | B.4 |
|--|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Núvirtur kostnaðar uppbyggingar valkosti (Mkr.) | 35.468 | 40.163 | 46.385 | 37.315 | 45.477 | 32.653 | 45.661 | 46.684 |
| Endurgreiðslutími m.v. upphafsárið 2018 (ár) | 49 | 55 | 62 | 60 | 57 | 51 | 61 | 64 |

Í kerfisáætlun hefur kostnaður valkostanna einnig verið reiknaðir með hámarks lengd jarðstrengja í hverjum valkosti. Í töflu 7 má sjá núvirtan heildarkostnað valkostanna þar sem auknum kostnaði vegna jarðstrengja hefur verið bætt við:

TAFLA 7 NÚVIRTUR KOSTNAÐUR VIÐ UPPBYGGINGU VALKOSTANNA OG ENDURGREIÐSLUTÍMI Í ÁRUM Í HÆGUM FRAMFÖRUM ÞAR SEM GERT HEFUR VERIÐ RÁÐ FYRIR HÁMARKSLENGD JARÐSTRENGJA

| | A.1 | A.1 J50 | A.1 DC | A.2 | B.1 | B.2 | B.3 | B.4 |
|---|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Núvirtur kostnaðar uppbyggingar valkosta (Mkr.) | 41.786 | 46.481 | 52.703 | 43.633 | 53.366 | 40.542 | 53.550 | 54.573 |
| Endurgreiðslutími m.v. upphafsárið 2018 (ár) | 57 | 62 | 69 | 67 | 65 | 61 | 70 | 74 |

Ef litið er á valkostanna í þessari sviðsmynd og hámarkslengdar valkostanna er endurgreiðslutíminn metinn 57-74 ár.

3.2 Raforkuspá

Á sama hátt og áður eru niðurstöður fyrir kostnað í núllkostinum og valkostunum samkvæmt raforkunotkun í raforkuspá í töflu 8. Raforkunotkun er meiri í raforkuspá samanborið við *Hægar framfarir* og þar af leiðandi er kostnaður við flutningstöp, flutningstakmarkanir og rekstrartruflanir hærri. Ávinningurinn nú í valkostunum af því að komast hjá flutningstakmörkunum er nærri 16 milljörðum króna á tímabilinu. Rekstrartruflanir í valkostunum eru hærri nú en í *Hægum framförum* en einungis lítillega.

TAFLA 8 SAMANBURÐUR Á NÚVIRTUM ÞJÓÐHAGSLEGUM KOSTNAÐI VEGNA ÞEIRRA ÞÁTTA SEM METNIR HAFU VERIÐ FRÁ 2018-2050 FYRIR VALKOSTI OG RAFORKUSPÁ EF VIÐKOMANDI VALKOSTUR VÆRI ÞRÓAÐUR Á TÍMABLINU Í SAMRÆMI VIÐ FRAMKVÆMDAÁÆTLUN.

| | Núll | A.1 | A.1 J50 | A.1 DC | A.2 | B.1 | B.2 | B.3 | B.4 |
|-----------------------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Flutningstöp | 27.642 | 25.784 | 25.784 | 25.784 | 26.217 | 25.122 | 25.568 | 25.746 | 25.937 |
| Flutningstakmarkanir | 15.876 | 271 | 271 | 271 | 271 | 271 | 271 | 271 | 271 |
| Betri nýting virkjana | 0 | -7.471 | -7.471 | -7.471 | -4.981 | -7.540 | -6.612 | -7.713 | -6.711 |
| Rekstrartruflanir | 22.415 | 15.691 | 15.691 | 15.691 | 17.932 | 13.449 | 17.932 | 15.691 | 15.691 |
| Samtals | 65.934 | 34.276 | 34.276 | 34.276 | 39.440 | 31.303 | 37.159 | 33.995 | 35.188 |
| Hlutfall, % | | 52,0 | 52,0 | 52,0 | 59,8 | 47,5 | 56,4 | 51,6 | 53,4 |

Endurgreiðslutíminn ef miðað er við raforkuspá er metinn frá 34-41 ára (sjá töflu að neðan).

TAFLA 9 NÚVIRTUR KOSTNAÐUR VIÐ UPPBYGGINGU VALKOSTANNA OG ENDURGREIÐSLUTÍMI Í ÁRUM Í RAFORKUSPÁ

| | A.1 | A.1 J50 | A.1 DC | A.2 | B.1 | B.2 | B.3 | B.4 |
|---|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Núvirtur kostnaðar uppbyggingar valkosta (Mkr.) | 35.468 | 40.163 | 46.385 | 37.315 | 45.477 | 32.653 | 45.661 | 46.684 |
| Endurgreiðslutími m.v. upphafsárið 2018 (ár) | 34 | 37 | 41 | 39 | 39 | 34 | 40 | 40 |

Ef litið er til þeirrar útfærslu sviðsmyndanna að leggja hámarks lengd jarðstrengja í valkostunum er endurgreiðslutíminn frá 38-45 ára, eða um 4-5 árum lengri en án hámarks lengdar jarðstrengja.

TAFLA 10 NÚVIRTUR KOSTNAÐUR VIÐ UPPBYGGINGU VALKOSTANNA OG ENDURGREIÐSLUTÍMI Í ÁRUM Í RAFORKUSPÁ ÞAR SEM GERT HEFUR VERIÐ RÁÐ FYRIR HÁMARKSLENGD JARÐSTRENGJA

| | A.1 | A.1 J50 | A.1 DC | A.2 | B.1 | B.2 | B.3 | B.4 |
|---|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Núvirtur kostnaður uppbyggingar valkosta (Mkr.) | 41.786 | 46.481 | 52.703 | 43.633 | 53.366 | 40.542 | 53.550 | 54.573 |
| Endurgreiðslutími m.v. upphafsárið 2018 (ár) | 38 | 41 | 44 | 43 | 43 | 39 | 45 | 43 |

3.3 Græn framtíð

Í *Grænni framtíð* er raforkunotkun meiri en í raforkuspá og kostnaður við flutningstakmarkanir í núllkosti er orðinn mun meiri en áður. Ávinningurinn af því að komast hjá flutningstakmörkunum er metinn um 39 milljarðar króna á tímabilinu.

TAFLA 11 SAMANBURÐUR Á NÚVIRTUM ÞJÓÐHAGSLEGUM KOSTNAÐI VEGNA ÞEIRRA ÞÁTTA SEM METNIR HAFU VERIÐ FRÁ 2018-2050 FYRIR VALKOSTI OG *GRÆNA FRAMTÍÐ* EF VIÐKOMANDI VALKOSTUR VÆRI ÞRÓAÐUR Á TÍMABLINU Í SAMRÆMI VIÐ FRAMKVÆMDAÁÆTLUN.

| | Núll | A.1 | A.1 J50 | A.1 DC | A.2 | B.1 | B.2 | B.3 | B.4 |
|-----------------------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Flutningstöp | 30.665 | 27.126 | 27.126 | 27.126 | 27.534 | 26.287 | 26.579 | 26.974 | 27.432 |
| Flutningstakmarkanir | 39.423 | 276 | 276 | 276 | 276 | 276 | 276 | 276 | 276 |
| Betri nýting virkjana | 0 | -7.471 | -7.471 | -7.471 | -4.981 | -7.540 | -6.612 | -7.713 | -6.711 |
| Rekstrartruflanir | 22.821 | 15.975 | 15.975 | 15.975 | 18.257 | 13.693 | 18.257 | 15.975 | 15.975 |
| Samtals | 92.909 | 35.906 | 35.906 | 35.906 | 41.086 | 32.716 | 38.500 | 35.511 | 36.972 |
| Hlutfall, % | | 38,6 | 38,6 | 38,6 | 44,2 | 35,2 | 41,4 | 38,2 | 39,8 |

Hærri ávinningur valkostanna í þessari sviðsmynd leiðir af sér að endurgreiðslutími valkostanna er styttri, eða 26-30 ár og ef litið er til valkostanna með hámarks lengd jarðstrengja er hann 28-32 ár.

TAFLA 12 NÚVIRTUR KOSTNAÐUR VIÐ UPPBYGGINGU VALKOSTANNA OG ENDURGREIÐSLUTÍMI Í ÁRUM Í *GRÆNNI FRAMTÍÐ*

| | A.1 | A.1 J50 | A.1 DC | A.2 | B.1 | B.2 | B.3 | B.4 |
|---|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Núvirtur kostnaður uppbyggingar valkosta (Mkr.) | 35.468 | 40.163 | 46.385 | 37.315 | 45.477 | 32.653 | 45.661 | 46.684 |
| Endurgreiðslutími m.v. upphafsárið 2018 (ár) | 26 | 28 | 30 | 28 | 29 | 26 | 29 | 30 |

TAFLA 13 NÚVIRTUR KOSTNAÐUR VIÐ UPPBYGGINGU VALKOSTANNA OG ENDURGREIÐSLUTÍMI Í ÁRUM Í *GRÆNNI FRAMTÍÐ* ÞAR SEM GERT HEFUR VERIÐ RÁÐ FYRIR HÁMARKSLENGD JARÐSTRENGJA

| | A.1 | A.1 J50 | A.1 DC | A.2 | B.1 | B.2 | B.3 | B.4 |
|--|-----|---------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
|--|-----|---------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|

| | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Núvirtur kostnaðar uppbyggingar valkosta (Mkr.) | 41.786 | 46.481 | 52.703 | 43.633 | 53.366 | 40.542 | 53.550 | 54.573 |
| Endurgreiðslutími m.v. upphafsárið 2018 (ár) | 28 | 30 | 31 | 30 | 31 | 29 | 32 | 32 |

3.4 Aukin stórnotkun

Aukin stórnotkun byggist á forsendum um aukna raforkunotkun stórnotenda. Mun meiri raforkunotkun er í þessari sviðsmynd samanborið við hinar tvær sem og raforkuspá. Líkt og áður eru flutningstakmarkanir veigamestar og nema þær nú nærri 61 milljarða króna á tímabilinu í núllkostinum.

TAFLA 14 SAMANBURÐUR Á NÚVIRTUM ÞJÓÐHAGSLEGUM KOSTNAÐI VEGNA ÞEIRRA ÞÁTTA SEM METNIR HAFU VERIÐ FRÁ 2018-2050 FYRIR VALKOSTI OG AUKNA STÓRNOTKUN EF VIÐKOMANDI VALKOSTUR VÆRI ÞRÓÐUR Á TÍMABLINU Í SAMRÆMI VIÐ FRAMKVÆMDAÁÆTLUN.

| | Núll | A.1 | A.1 J50 | A.1 DC | A.2 | B.1 | B.2 | B.3 | B.4 |
|-----------------------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Flutningstöp | 37.827 | 30.051 | 30.051 | 30.051 | 31.692 | 29.134 | 29.223 | 29.669 | 30.929 |
| Flutnings-takmarkanir | 61.415 | 485 | 485 | 485 | 485 | 485 | 485 | 485 | 485 |
| Betri nýting virkjana | 0 | -7.471 | -7.471 | -7.471 | -4.981 | -7.540 | -6.612 | -7.713 | -6.711 |
| Rekstrartruflanir | 25.735 | 18.015 | 18.015 | 18.015 | 20.588 | 15.441 | 20.588 | 18.015 | 18.015 |
| Samtals | 124.977 | 41.079 | 41.079 | 41.079 | 47.785 | 37.521 | 43.684 | 40.455 | 42.717 |
| Hlutfall, % | 0 | 32,9 | 32,9 | 32,9 | 38,2 | 30,0 | 35,0 | 32,4 | 34,2 |

Ávinningur valkostanna er mun meiri en í öðrum sviðsmyndum og endurgreiðslutíminn er styttri, eða 22-26 ár.

TAFLA 15 NÚVIRTUR KOSTNAÐUR VIÐ UPPBYGGINGU VALKOSTANNA OG ENDURGREIÐSLUTÍMI Í ÁRUM Í AUKINNI STÓRNOTKUN.

| | A.1 | A.1 J50 | A.1 DC | A.2 | B.1 | B.2 | B.3 | B.4 |
|---|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Núvirtur kostnaðar uppbyggingar valkosta (Mkr.) | 35.468 | 40.163 | 46.385 | 37.315 | 45.477 | 32.653 | 45.661 | 46.684 |
| Endurgreiðslutími m.v. upphafsárið 2018 (ár) | 23 | 24 | 25 | 24 | 24 | 22 | 25 | 26 |

Ef litið er til hámarks lengdar jarðstrengja er endurgreiðslutíminn 1-2 árum lengri.

TAFLA 16 NÚVIRTUR KOSTNAÐUR VIÐ UPPBYGGINGU VALKOSTANNA OG ENDURGREIÐSLUTÍMI Í ÁRUM Í AUKINNI STÓRNOTKUN ÞAR SEM GERT HEFUR VERIÐ RÁÐ FYRIR HÁMARKSLENGD JARÐSTRENGJA

| | A.1 | A.1 J50 | A.1 DC | A.2 | B.1 | B.2 | B.3 | B.4 |
|---|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Núvirtur kostnaðar uppbyggingar valkosta (Mkr.) | 41.786 | 46.481 | 52.703 | 43.633 | 53.366 | 40.542 | 53.550 | 54.573 |

| | | | | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Endurgreiðslutími m.v. upphafsárið 2018 (ár) | 24 | 25 | 27 | 26 | 26 | 24 | 27 | 27 |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|

3.5 Samantekt á niðurstöðum

Niðurstöður fyrir sviðsmyndirnar þrjár og raforkuspá gefa til kynna að verulegur ávinningur sé fólgin í valkostunum m.v. núllkostinn. Minnstur er ávinningurinn í *Hægum framförum* og þar af leiðandi er endurgreiðslutíminn lengstur, eða 49-64 ár. Í raforkuspá er endurgreiðslutíminn nokkru styttri, eða um 34-41 ár. Í *Grænni framtíð* er enn styttri eða 26-30 ár og stytur í *Aukinni stórnotkun* eða 22-26 ár.

TAFLA 17 ENDURGREIÐSLUTÍMI VALKOSTANNA FYRIR SVIÐSMYNDIR OG RAFORKUSPÁ

| | A.1 | A.1 J50 | A.1 DC | A.2 | B.1 | B.2 | B.3 | B.4 |
|------------------|-----|---------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Hægar framfarir | 49 | 55 | 62 | 60 | 57 | 51 | 61 | 64 |
| Raforkuspá | 34 | 37 | 41 | 39 | 39 | 34 | 40 | 40 |
| Græn framtíð | 26 | 28 | 30 | 28 | 29 | 26 | 29 | 30 |
| Aukin stórnotkun | 23 | 24 | 25 | 24 | 24 | 22 | 25 | 26 |

Ef notast er við forsendur um hámarks lengd jarðstrengja er endurgreiðslutíminn lengri þar sem kostnaður við frekari jarðstrengi bætist við. Endurgreiðslutíminn lengist mest í *Hægum framförum* en minnst í *Aukinni stórnotkun*.

TAFLA 18 ENDURGREIÐSLUTÍMI VALKOSTANNA FYRIR SVIÐSMYNDIR OG RAFORKUSPÁ MEÐ HÁMARKSLENGD JARÐSTRENGJA

| | A.1 | A.1 J50 | A.1 DC | A.2 | B.1 | B.2 | B.3 | B.4 |
|------------------|-----|---------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Hægar framfarir | 57 | 62 | 69 | 67 | 65 | 61 | 70 | 74 |
| Raforkuspá | 38 | 41 | 44 | 43 | 43 | 39 | 45 | 43 |
| Græn framtíð | 28 | 30 | 31 | 30 | 31 | 29 | 32 | 32 |
| Aukin stórnotkun | 24 | 25 | 27 | 26 | 26 | 24 | 27 | 27 |

4 Heimildaskrá

EIA, 2018: *Annual Energy Outlook 2017* (www.eia.gov)

Landsnet, 2013: *Þjóðhagslegt gildi uppbyggingar flutningskerfis Landsnets* (https://www.landsnet.is/library/Skrar/Landsnet/Upplýsingatorg/Skyrslur/Annad/Virdi_flutningskerfis.pdf)

Landsnet, 2013: *Innviðirnir okkar – leiðin að rafvæddri framtíð. kerfisáætlun Landsnet 2016-2025.* <https://www.landsnet.is/landsnet/um-okkur/utgafa-og-samskipti/frettir/stok-frett/2016/11/18/Innviðirnir-okkar-Leidin-ad-rafvaeddri-framtid/>

Orkustofnun (2015): *Raforkuspá 2015-2050.* (<https://orkustofnun.is/gogn/Skyrslur/OS-2015/OS-2015-05.pdf>)

Orkustofnun, 2017a: *Sviðsmyndir um raforkunotkun 2017-2050.* <https://orkustofnun.is/gogn/Skyrslur/OS-2017/OS-2017-10.pdf>

Orkustofnun, 2017b: *Raforkuspá 2017-2050.* <https://orkustofnun.is/gogn/Skyrslur/OS-2017/OS-2017-01.pdf>

Starfshópur um rekstrartruflanir, 2017: *Kostnaðar vegna raforkuskorts – Tölur til notkunar árin 2017, 2018 og 2019.* (www.truflun.is)

Umhverfisráðuneytið, 2001: *Mál 01080004. Úrskurður um mat á umhverfisáhrifum Kárahnjúkavirkjunar* (https://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF_skrar/urskurdurkaraahnjukar2001.pdf)