

Mat á þjóðhagslegri arðsemi

Fylgiskjal kerfisáætlunar 2019-2028

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	5
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	9
3.1	Hægar framfarir.....	9
3.2	Raforkuspá.....	10
3.3	Græn framtíð.....	11
3.4	Aukin stórnotkun.....	13
3.5	Samantekt á niðurstöðum.....	14
4	Heimildaskrá.....	15

1 Inngangur

Við gerð Kerfisáætlunar 2019-2028 hefur þjóðhagsleg hagkvæmni uppbyggingar flutningskerfis raforku verið metin. Í Kerfisáætlun eru lagðar fram forsendur fyrir uppbyggingu valkostanna, kostnað þeirra og tímasetningar framkvæmda. Líkt og í Kerfisáætlun er í mati þessu notast við sviðsmyndir frá raforkuhóp Orkuspárnefndar(1).

Skilvirkt flutningskerfi raforku hefur verulegan þjóðhagslegan ávinning í för með sér. Það er viðvarandi verkefni Landsnets að meta sem best ávinning þróunar flutningskerfisins. Matið í ár byggir því á því sem áður hefur komið. Sérstaklega má nefna skýrslu Landsnets frá 2013 og Kerfisáætlanir undanfarinna ára.

Þær aðferðir 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) og Kerfisáætlun 2018-2027 (2). Nokkrum atriðum hefur verið breytt við gerð matsins í ár. Þar ber helst að nefna annars vegar að reiknivextir eru nú látnir fylgja vegnum fjármagnskostnaði Landsnets og hins vegar að ný aðferð var tekin upp við mat á ávinningi við bættu nýtingu virkjana.

Þessar breytingar eru báðar í samræmi við athugasemdir sem Landsneti bárust í umsagnarferli við síðustu kerfisáætlun.

2 Aðferðir og forsendur við hagrænt mat á valkostum

Í því mati sem hér fer á eftir er notast við sviðsmyndir raforkuhóps orkuspárnefndar auk raforkuspár frá 2018. 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 2019 til 2050 líkt og í raforkuspá. Kostnaður og ávinningur sem fellur til á mismunandi árum innan tímabilsins er núvirtur með 5,32% reiknivöxtum sem er veginn fjármagnskostnaður Landsnets.

Í þessu mati er reynt að meta kostnað og ávinning við uppbyggingu meginflutningskerfisins í samræmi við valkosti í langtímaáætlun og þá notkun sem fram kemur í sviðsmyndunum og raforkuspá. Uppbygging í landshlutakerfunum eru ekki hluti af þessu mati.

Hvorki er unnt að meta allan kostnað né allan ávinning í matinu en metin hafa verið atriði sem eru veigamikil og góð vissa ríkir um. Til dæmis eru áhrif á umhverfið ekki metin til kostnaðar en umhverfisáhrif eru metin ítarlega í umhverfisskýrslu sem fylgir kerfisáætlun og eru yfirleitt svipuð að umfangi milli valkosta. Umhverfisáhrif eru því ólíkleg til að velta valkostum nema ef kostnaðarmunur þeirra er með minnsta móti.

Þetta er í samræmi við venjur héraendis en í umhverfismati héraendis 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 Umhverfissráðuneytisins frá 2001 um mat á umhverfisáhrifum Kárahnjúkavirkjunar (Umhverfissráðuneytið, 2001).

Á hinn bóginn er vitað að ávinningur við uppbyggingu raforkukerfisins er ekki fullmetinn þar sem til kemur ávinningur sem of flókið er að meta eða gögn skortir til að meta. Til dæmis mætti þar nefna virði ónýttar flutningsgetu í kerfinu, takmarkandi áhrif lítillar afhendingargetu á atvinnuþróun, virðisaukandi áhrif á rafvæðingu samgangna eða afleidd efnahagsáhrif. Þá er ekki heldur settur verðmiði á orkuöryggi til lengri tíma.

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.

Óbeinni kostnaður er ekki jafn óþreifanlegur og hinn beini en hann er ekki síður mikilvægt að meta þar sem notendur raforku greiða kostnaðinn með einum eða öðrum hætti að lokum. Hinn óbeina og óþreifanlega kostnað getur í mörgum tilvikum verið vandasamt að meta vegna þess að hann liggur m.a. í tæknilegum atriðum flutningskerfisins, óþægindum og tjóni notenda auk þátta eins og fyrirtækja sem ná ekki að vaxa eða taka aldrei til starfa vegna óáreiðanlegrar raforku.

Hinn óbeini og óþreifanlegi 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 kostnaðarliðina má sjá í næstu undirköflum.

2.1 Flutningstöp

Flutningstöp eru óhjákvæmileg við flutning raforku en umfang þeirra fer vaxandi eftir því sem flutningur nálgast hámarksgetu kerfisins. Þar af leiðandi eru flutningstöp mismikil eftir því hvaða valkostir og sviðsmyndir er verið að meta. Flutningstöp eru sýnilegur þjóðhagslegur kostnaður sem krefst þess að afla þarf og greiða fyrir raforku til að mæta töpunum. Nauðsynlegt afl til að mæta flutningstöpum er metið með kerfisgreiningum í sviðsmyndunum.

Í sviðsmyndunum er gert ráð fyrir að töpin þróist línulega frá áætluðum töpum ársins 2019 (69 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).

	Núll	A.1	A.2	B.1	B.2	B.3	B.4	C.1
Hægar framfarir	72,3	66,2	66,1	62,5	66	67,8	66,2	66,4
Raforkuspá	92,3	82,6	82,3	76,9	80,4	83,7	82,4	83,2
Græn framtíð	139,1	106,2	106,6	93,6	94,3	96,7	92,6	121,2

Aukin stórnotkun	178,4	144,2	147,1	132,6	139,2	138,4	140,5	145,1
------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

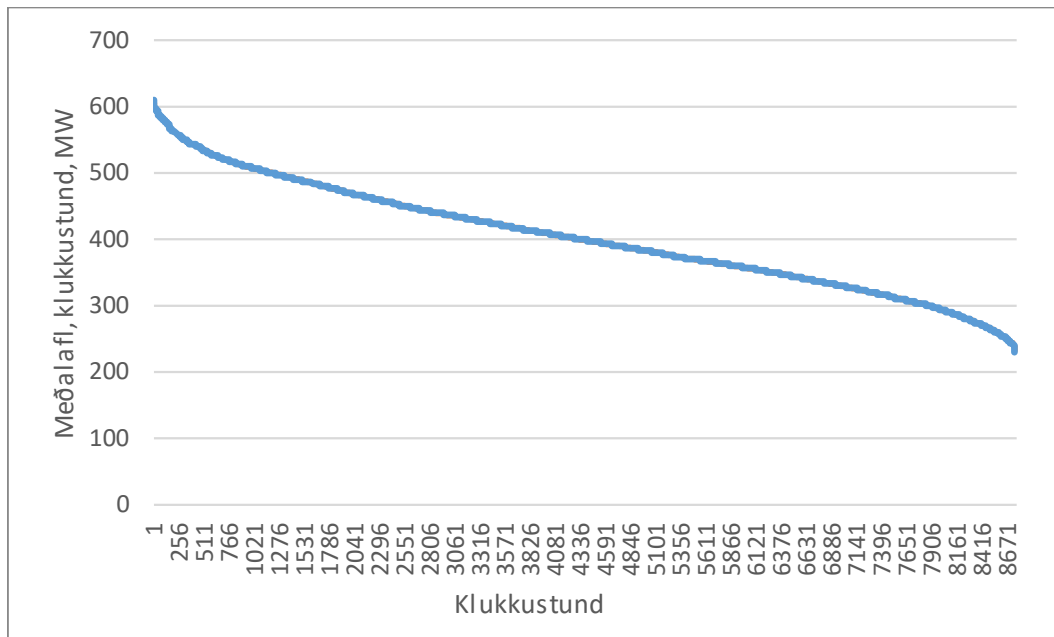
Miðað er við 5.000 stunda nýtingartíma þess afls sem þarf til að mæta töpunum og að kostnaður raforku sé 4,5 kr./kWh sem metinn er jaðarkostnaður raforkuöflunar.

2.2 Flutningstakmarkanir á flæði í meginflutningskerfinu

Notast er við sviðsmyndir raforkuhóps orkuspárnefndar 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 undirkafla verður því 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

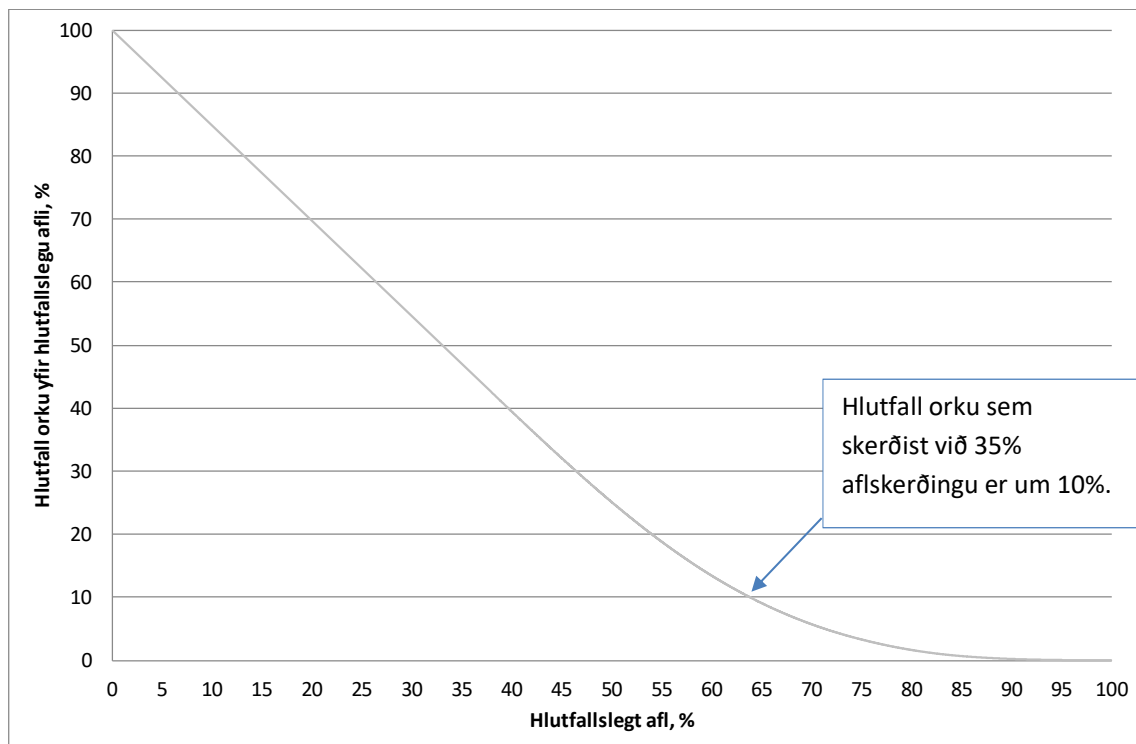
Á mynd 1 má sjá langæislínu allrar almennrar raforkunotkunar ársins 2017. Á langæislínu hefur aflnotkun verið raðað frá mestu notkun til hinnar minnstu fyrir hverja klukkustund. Mesta aflnotkunin nam um 609 MW en notkunin var yfir 600 MW 9 klukkustundir á árinu. Líkt og á undanförunum árum þá standa 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 forgangsortku 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 ÁRÍÐ 2017.

Kerfisgreiningar á flutningi um snið flutningskerfisins hafa verið notaðar til að meta aflflæði um takmarkandi snið í meginflutningskerfinu á tímabilinu. Takmarkandi snið koma til vegna þess að notendur vilja taka út meira afl á afhendingarstöðum en flutningskerfið nær að afhenda.

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 ALMENNRRAR 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 olú

Takmörkun á flutningi veldur kostnaði hjá þeim notendum sem ekki fá þá orku sem þeir ósk afhenda. Það er þó þannig að í sumum tilfellum er hægt að mæta takmörkunum á afhentri raforku með óbeinum leiðum. Hér verður stuðst við það tilfelli þar sem kostnaður við skerðingar er minnstur. Það er að segja þegar olúkynding kemur í stað kyndingar með raforku. Með þeim hætti losnar flutningskerfið við að flytja raforku til þessara katla og aðrir notendur á svæðinu geta þá nýtt hana.

Önnur dæmi mætti til taka eins og raforkuframleiðslu með olíu. Notkun þeirra forsenda við kostnaðarmat myndi auka metin ábata fjárfestinga en til að halda mati varfærnu er hér eingöngu stuðst við olíukyndingu. Kostnaður við orkuvinnslu með kötlum er áætlaður miðað við eldsneytisverð héraendis við upphaf árs 2019.

Notaðar eru eftirfarandi forsendur:

TAFLA 2 FORSENDUR OG TÖLULEGAR STÆRÐIR ÞEIRRA

Forsenda	Tölulegar stærðir
Eldsneytisverð, flotaolía	127,26 kr./l
Eðlisþyngd, flotaolía	0,848 kg/l
Orkuinnihald, flotaolía	11,7 kWh/kg
Nýtni í eldsneytiskatli	0,9
Olíukostnaður við hitun í katli	14,3 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, 14,3 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 afsls sem þarf til að mæta flutningstakmörkunum og raforku við að mæta orkuskerðingu sé 14,3 kr/kWh árið 2018 og þróist í kjölfarið í samræmi við orkuspá EIA.

2.3 Betri nýting virkjana

Styrking flutningskerfisins getur leitt til bættrar nýtingar virkjana sem skila þá meiri orku inn á kerfið sem annars hefði aldrei verið hægt að nýta vegna flutningstakmarkana. Bætt samnýting virkjana getur til dæmis stuðlað að því 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 vinnsluáðila og notendur orkunnar.

Í síðustu kerfisáætlun var gerð varfærin tilraun til að meta ábata við bættu nýtingu virkjana með því að líta svo á að spara mætti fjárfestingar í nýjum virkjunum. Vegna ábendinga frá vinnsluáðilum í umsagnarferli kerfisáætlunar var ákveðið að breyta um matsaðferð. Í stað þess að meta kostnað við uppsetningu á sambærilegu afli er nú metið markaðsvirði þeirrar orku sem talið er að losni til afhendingar. Mat á þeirri viðbótarorku er fengið með samráði við vinnsluáðila og kerfisgreiningum hjá Landsneti.

Niðurstöður samráðs við vinnsluáðila er að með styrkingu á samtengingum í flutningskerfinu megi bæta nýtingu virkjana um allt að 300-400 GWst árlega. Forsendur um markaðsverð orkunnar eru 4,7 kr/kWst sem leiðir til ábata upp á 1.880 milljónir króna á ári.

Ávinningur af bættri nýtingu virkjana er mjög ólíkur milli valkosta og langminnstur í valkosti C þar sem ekki er kláruð full samtenging milli virkjanasvæða á Suður- og Suðvesturlandi annars vegar og

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

Norðausturlandi og Austurlandi hins vegar. Samtenging þessara svæða, annað hvort með tengingu milli Brennimels og Blöndu eða með hálandislínu, er forsenda bættrar nýtingar virkjana í þessu mati.

Einnig var ákveðið að meta áhrif þess að klára samtengingu svæðanna árið 2028 annars vegar og svo árið 2032 hins vegar. Niðurstaðan er sú að þjóðhagsleg arðsemi eykst um 4,4 milljarða við að klára samtengingu árið 2028 fremur en 2032. Endurgreiðslutími valkosta stýttist einnig um 1-4 ár eftir sviðsmyndum.

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 héraendis. 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 UNDANFARIN ÁR SKV. SKRÁNINGU VEITUFYRIRTÆKJA OG LANDSNETS Á TRUFLUNUM

Ár	Kostnaður	Vinnsla	VNV	kk./GWh	kk./GWh á verðlagi 2018
2005	1.128	8.681	244	130	242
2006	1.411	9.925	261	142	248
2007	1.186	11.976	274	99	165
2008	1.260	16.467	308	77	113
2009	693	16.834	345	41	54
2010	612	17.059	363	36	45
2011	1.143	17.210	378	66	80
2012	2.860	17.549	397	163	187
2013	995	18.116	413	55	61
2014	999	18.122	421	55	60
2015	1.996	18.799	428	106	113
2016	707	18.549	435	38	40
2017	1.068	19.239	443	56	57
Samtals	16.058	208.527	455	77	100

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	C.1
Fækkun m.v. Núllkost	30%	20%	40%	20%	30%	30%	10%

3 Niðurstöður

Í næstu undirköflum koma fram niðurstöður fyrir sviðsmyndirnar fjórar. 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 **Error! Reference source not found.** má sjá niðurstöður fyrir þá kostnaðarliði sem metnir hafa verið í *Hægum framförum*. Heildarkostnaður í núllkostinum er metinn rúmlega 51 milljarður króna á tímabilinu en kostnaðurinn í valkostum A og B (að teknu tillits til ávinnings af betri nýtingu virkjana) nemur 27-32 milljörðum króna. Mesti ávinningurinn kemur fram í betri nýtingu virkjana sem skilar tæpum tólf milljarða ávinningi á tímabilinu. Metinn ávinningur af minni rekstrartruflunum nemur einnig um 2-9 milljörðum króna á tímabilinu, mestur í *valkosti B1* en minnstur í *valkosti C1*. Kostnaður á tímabilinu í *valkosti C* er svo metin 46,4 milljarðar og munar þar mestu um að bætt nýting virkjana næst ekki í þeim valkosti.

TAFLA 5 SAMANBURÐUR Á NÚVIRTUM ÞJÓÐHAGSLEGUM KOSTNAÐI VEGNA ÞÉIRRA ÞÁTTA SEM METNIR HAFU VERIÐ FRÁ 2019-2050 FYRIR VALKOSTI OG HÆGAR FRAMFARIR EF VIÐKOMANDI VALKOSTUR VÆRI ÞRÓAÐUR Á TÍMABILINU Í SAMRÆMI VIÐ FRAMKVÆMDAÁÆTLUN.

	Núll	A1	A2	B1	B2	B3	B4	C1
	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.
Flutningstöp	26.616	25.773	25.759	25.261	25.745	25.994	25.773	25.800

Flutningstakmarkanir	1.802	212	212	212	212	212	212	212
Betri nýting virkjana	0	-11.886	-11.886	-11.886	-11.886	-11.886	-11.886	0
Rekstrartruflanir	22.663	15.864	18.131	13.598	18.131	15.864	15.864	20.397
Samtals	51.081	29.963	32.216	27.185	32.202	30.184	29.963	46.410
Hlutfall, %	0	58,7	63,1	53,2	63,0	59,1	58,7	90,9

Núvirtur kostnaður samkvæmt framkvæmdaáætlun nemur á bilinu 27-45 milljörðum króna (sjá töflu að neðan) og er endurgreiðslutíminn metinn frá 50-69 árum í þessari sviðsmynd fyrir valkostina.

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

	A1	A2	B1	B2	B3	B4	C1
Núvirtur kostnaður uppbyggingar valkosta	36.334	37.448	42.587	33.652	44.279	44.900	27.412
Endurgreiðslutími í árum m.v. upphafsárið 2019	55	62	59	56	69	69	140

Í Kerfisáætlun hefur kostnaður valkostanna A.1 og B.1 einnig verið reiknaður ef samtengingu virkjanasvæða er hraðað, annað hvort með tengingu yfir hálandið eða með tengingu milli Brennimels og Blöndu. Í töflu 7 má sjá núvirtan heildarkostnað valkostanna þar sem þessum tengingum hefur verið flýtt:

TAFLA 7 NÚVIRTUR KOSTNAÐUR VIÐ UPPBYGGINGU VALKOSTANNA OG ENDURGREIÐSLUTÍMI Í ÁRUM Í HÆGUM FRAMFÖRUM ÞAR SEM GERT HEFUR VERIÐ HRAÐARI SAMTENGINGU VIRKJANASVÆÐA

	A.1	B.1
Núvirtur kostnaðar uppbyggingar valkosta (Mkr.)	38.361	44.025
Endurgreiðslutími m.v. upphafsárið 2019 (ár)	51	54

Ef litið er á valkostina tvo í þessari sviðsmynd stýttist endurgreiðslutími um fjögur ár í *valkosti A1* og fimm ár í *Valkosti B1* og verður þá 51 ár annars vegar og 54 ár hins vegar.

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 rúmir tíu milljarðar króna á tímabilinu. Rekstrartruflanir í valkostunum eru hærri nú en í *Hægum framförum* en einungis lítillga. Mesti ávinningurinn kemur með bættri nýtingu virkjana í valkostum A og B en sá ávinningur fæst ekki í valkosti C. Hlutfall kostnaðar í *valkosti C* er því 78% af núllkosti sem er hæst allra valkosta. Lægsta hlutfalli er í *valkosti B1*, 47%.

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	A1	A2	B1	B2	B3	B4	C1
	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.
Flutningstöp	29.462	28.121	28.080	27.333	27.817	28.273	28.093	28.204
Flutningstakmarkanir	10.367	192	192	192	192	192	192	192
Betri nýting virkjana	0	-11.886	-11.886	-11.886	-11.886	-11.886	-11.886	0
Rekstrartruflanir	23.404	16.383	18.723	14.042	18.723	16.383	16.383	21.064
Samtals	63.234	32.810	35.109	29.681	34.846	32.962	32.782	49.460
Hlutfall, %	0	51,9	55,5	46,9	55,1	52,1	51,8	78,2

Endurgreiðslutíminn ef miðað er við raforkuspá er metinn frá 32-42 ára (sjá töflu að neðan), lengstur í *valkosti C1* og stytstur í *A1*.

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

	A1	A2	B1	B2	B3	B4	C1
Núvirtur kostnaður uppbyggingar valkosta	36.334	37.448	42.587	33.652	44.279	44.900	27.412
Endurgreiðslutími í árum m.v. upphafsárið 2019	35	37	36	34	40	40	42

Ef litið er til þeirrar útfærslu valkosta A1 og B1 þar sem samtengingum er flýtt sést að endurgreiðslutími styttest um eitt ár í *valkosti B1* en tvö í *valkosti A1*.

TAFLA 10 NÚVIRTUR KOSTNAÐUR VIÐ UPPBYGGINGU VALKOSTANNA OG ENDURGREIÐSLUTÍMI Í ÁRUM Í RAFORKUSPÁ ÞAR SEM GERT HEFUR VERIÐ RÁÐ FYRIR HRAÐARI SAMTENGINU VIRKJANASVÆÐA

	A.1	B.1
Núvirtur kostnaður uppbyggingar valkosta (Mkr.)	38.361	44.025
Endurgreiðslutími m.v. upphafsárið 2018 (ár)	33	35

3.3 Græn framtíð

Í *Grænni framtíð* er almenn 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 53 milljarðar króna á tímabilinu og er rúmur helmingur ábatans. *Valkostur B1* er með minnstum kostnaði en mestur er kostnaðurinn í *Valkosti C*. Munar þar mest um að bætt nýting virkjana næst ekki fram í *valkosti C*.

TAFLA 11 SAMANBURÐUR Á NÚVIRTUM ÞJÓÐHAGSLEGUM KOSTNAÐI VEGNA ÞEIRRA ÞÁTTA SEM METNIR HAFU VERIÐ FRÁ 2019-2050 FYRIR VALKOSTI OG GRÆNA FRAMTÍÐ EF VIÐKOMANDI VALKOSTUR VÆRI ÞRÓAÐUR Á TÍMABLINU Í SAMRÆMI VIÐ FRAMKVÆMDAÁÆTLUN.

	Núll	A1	A2	B1	B2	B3	B4	C1
	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.
Flutningstöp	35.978	31.429	31.484	29.687	29.784	30.115	29.549	33.503
Flutningstakmarkanir	52.971	226	226	226	226	226	226	226
Betri nýting virkjana	0	-11.886	-11.886	-11.886	-11.886	-11.886	-11.886	0
Rekstrartruflanir	24.110	16.877	19.288	14.466	19.288	16.877	16.877	21.699
Samtals	113.058	36.646	39.112	32.493	37.412	35.333	34.766	55.428
Hlutfall, %	0	32,4	34,6	28,7	33,1	31,3	30,8	49,0

Hærrí ávinningur valkostanna í þessari sviðsmynd leiðir af sér að endurgreiðslutími valkostanna er styttri, eða 22-24 ár. Stysti endurgreiðslutíminn er í valkosti og B2.

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

	A1	A2	B1	B2	B3	B4	C1
Núvirtur kostnaður uppbyggingar valkosti	36.334	37.448	42.587	33.652	44.279	44.900	27.412
Endurgreiðslutími í árum m.v. upphafsárið 2019	23	23	23	22	24	24	24

Ef samtengingum er hraðað í valkostum A1 og B1 breytist endurgreiðslutíminn ekki ef sviðsmyndin *Græn framtíð* raungerist.

TAFLA 13 NÚVIRTUR KOSTNAÐUR VIÐ UPPBYGGINGU VALKOSTANNA OG ENDURGREIÐSLUTÍMI Í ÁRUM Í GRÆNNI FRAMTÍÐ ÞAR SEM GERT HEFUR VERIÐ RÁÐ HRAÐARI UPPBYGGINGU SAMTENGINGA

	A.1	B.1
Núvirtur kostnaður uppbyggingar valkosti (Mkr.)	38.361	44.025
Endurgreiðslutími m.v. upphafsárið 2018 (ár)	22	23

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 í *Grænni framtíð* áður eru flutningstakmarkanir veigamestar og nema þær nú nærri 47 milljörðum króna á tímabilinu í núllkostinum en eru hverfandi í öðrum. Næst mestur ábati fæst svo með bættri nýtingu virkjana sem skilar um 12 milljörðum í öllum kostum nema C og svo minni rekstrartruflunum sem skila á bilinu 2,7-11 milljörðum. Kostnaður við flutningstöp minnkar svo um 4-6 milljarða.

TAFLA 14 SAMANBURÐUR Á NÚVIRTUM ÞJÓÐHAGSLEGUM KOSTNAÐI VEGNA Þeirra þátta sem metnir hafa verið frá 2019-2050 fyrir valkosti og aukna stórnotkun ef viðkomandi valkostur væri þróaður á tímabilinu í samræmi við framkvæmdaáætlun.

	Núll	A1	A2	B1	B2	B3	B4	C1
	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.	Mkr.
Flutningstöp	41.362	36.634	37.034	35.030	35.942	35.832	36.122	36.758
Flutningstakmarkanir	47.200	270	270	270	270	270	270	270
Betri nýting virkjana	0	-11.886	-11.886	-11.886	-11.886	-11.886	-11.886	0
Rekstrartruflanir	26.452	18.516	21.161	15.871	21.161	18.516	18.516	23.807
Samtals	115.013	43.534	46.580	39.285	45.488	42.732	43.022	60.835
Hlutfall, %	0	37,9	40,5	34,2	39,5	37,2	37,4	52,9

Ávinningur valkostanna er mun meiri en ef *Raforkuspá* raungerist og endurgreiðslutími á bilinu 22-24 ár.

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

	A1	A2	B1	B2	B3	B4	C1
Núvirtur kostnaður uppbyggingar valkosti	36.334	37.448	42.587	33.652	44.279	44.900	27.412
Endurgreiðslutími í árum m.v. upphafsárið 2019	23	24	24	23	25	25	25

Ef litið er til hraðari uppbyggingar samtenginga stýttist endurgreiðslutími *Valkosti B1* um eitt ár og eru þeir jafnlengi að borga sig til baka.

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

	A.1	B.1
Núvirtur kostnaðar uppbyggingar valkosti (Mkr.)	38.361	44.025
Endurgreiðslutími m.v. upphafsárið 2018 (ár)	23	23

3.5 Samantekt á niðurstöðum

Niðurstöður fyrir sviðsmyndirnar fjórar gefa til kynna að verulegur ávinningur sé fólgin í flestum valkostum umfram núllkostinn. Minnstur er ávinningurinn í *Hægum framförum* og þar af leiðandi er endurgreiðslutíminn lengstur, eða 50-140 ár. Í *raforkuspá* er endurgreiðslutíminn umtalsvert styttri, eða um 32-42 ár sem er þá í öllum tilvikum styttri en líftími mannvirkjananna. Í *Grænni framtíð* og *Aukinni stórnotkun* er hann enn styttri eða 22-25 ár.

TAFLA 17 ENDURGREIÐSLUTÍMI VALKOSTANNA FYRIR ALLAR SVIÐSMYNDIR

	A1	A2	B1	B2	B3	B4	C1
Hægar framfarir	55	62	59	56	69	69	140
Raforkuspá	35	37	36	34	40	40	42
Græn framtíð	23	23	23	22	24	24	24
Aukin stórnotkun	23	24	24	23	25	25	25

Þessar niðurstöður breytast ekki verulega ef samtengingu virkjanasvæða verður hraðað nema ef *Hægar framfarir* raungerast. Annars mun endurgreiðslutími stytta um 1-2 ár.

TAFLA 18 ENDURGREIÐSLUTÍMI VALKOSTANNA FYRIR ALLAR SVIÐSMYNDIR EF SAMTENGINGUM ER FLÝTT

	A.1	B.1
Hægar framfarir	51	54
Raforkuspá	33	35
Græn framtíð	22	23
Aukin stórnotkun	23	23

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-rafvæddri-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/urskurdurkarahnjukar2001.pdf)