

Þjóðhagslegur ábati  
af virkum  
raforkumarkaði



## 1 Helstu atriði um ábata af virkum raforkumarkaði

- Núverandi fyrirkomulag raforkuviðskipta er úr sér gengið og hindrun í vegi orkuskipta og skilvirks raforkukerfis. Þetta er niðurstaða starfshóps um orkuöryggi á heildsölumarkaði, Hagfræðistofnunar Háskóla Íslands og Landsnets.
- Einungis 10% af raforku fer á virkan heildsölumarkað og viðskipti milli raforkusala, annarra en Landsvirkjunar, eru nánast engin.
- Núverandi fyrirkomulag raforkuviðskipta viðheldur fákeppni. Virkur raforkumarkaður opnar leið fyrir nýja aðila inn á markaðinn. Núverandi fyrirkomulag skapar miklar aðgangshindranir fyrir nýja aðila og stendur í vegi fyrir nýsköpun. Virkari raforkumarkaður skapar bæði tækifæri fyrir nýja aðila til þess að koma inn á markaðinn og tækifæri fyrir þá sem fyrir eru til að virkja nýja tekjustrauma með því að veita nýjar tegundir þjónustu.
- Í raforkuspá Landsnets er gert ráð fyrir aukningu raforkueftirspurnar fram til ársins 2050 sem nemur nálægt 135% umfram 2023. Það liggur því ljóst fyrir að aukin orkuvinnsla er nauðsynleg forsenda þess að mæta eftirspurn.
- Lokun eins eða fleiri stórnotenda raforku mun ekki duga til að mæta orkupörf framtíðarinnar en virkari þátttaka stórnotenda á raforkumarkaði gæti dregið úr virkjanapörf framtíðarinnar. Virk þátttaka þeirra eykur aflöryggi á mun hagkvæmari hátt en fjárfesting í afli til að mæta aflþörf öllum stundum.
- Virkjanakostir í rammaáætlun munu ekki duga til að mæta orku- og aflþörf framtíðarinnar. Í virkjanaflokki rammaáætlunar eru 1.299 MW tilgreind og í biðflokki eru 967 til viðbótar, samanlagt 2.266 MW. Samkvæmt raforkuspá Landsnets er aflþörf fram til ársins 2050 að fara að aukast um 3.300 MW. Frá virkjanakostum í rammaáætlun munu því í mesta lagi koma 2/3 þess afls sem þarf til að mæta eftirspurn framtíðarinnar.
- Sömu sögu er að segja af orkuframboði. Það liggur því skýrt fyrir að án vindorku og annarra breytilegra orkugjafa munu markmið stjórnvalda um orkuskipti og skuldbindingar í loftslagsmálum ekki nást.
- Breytilegir orkugjafar geta ekki starfað án virks raforkumarkaðar. Núverandi fyrirkomulag raforkuviðskipta á Íslandi er ekki nægilega kvikt til þess að tryggja nauðsynlegt jafnvægi milli framboðs og eftirspurnar.
- Vinnslukostnaður raforku með breytilegum orkugjöfum eins og vindorku er líklegur til að vera tugum prósentustiga lægri á kWst en eftirstandandi kostir í rammaáætlun, skv. hagkvæmniflokkun rammaáætlunar. Líklegt er að árlegur framleiðslukostnaðarábati gæti numið á bilinu 6-22 milljörðum króna við lok orkuskipta. Lægri vinnslukostnaður mun skila sér í lægra verði til neytenda.
- Væri miðað við þær allra ítrustu forsendur um að vindorkukostir myndu koma í stað allra virkjunarkosta í nýtingar- og biðflokki gæti munur á vinnslukostnaði við lok orkuskipta numið á bilinu 16-50 milljörðum króna árlega ef allir kostir úr bið- og virkjanaflokki rammaáætlunar yrðu virkjaðir.
- Valdefling neytenda, eftirspurnarstýring, hagkvæmari orkukostir og auknið raforkuöryggi eru meðal helstu ábataliða virks raforkumarkaðar.
- Virkur raforkumarkaður mun leiða til nýrra og hagkvæmari lausna við rekstur raforkukerfisins. Svo sem með virkri eftirspurnarstýringu sem getur dregið úr aflþörf sem kostar milljarða að mæta.
- Skerðingar á orkuafhendingu vegna skorts er óskilvirk leið til þess að stýra auðlindanýtingu. Virkur raforkumarkaður, með virkum verðmerkjum er líklegur til að leiða til hagkvæmari úthlutunar takmarkaðra gæða en skömmtnun. Þannig stuðlar virkur raforkumarkaður að bættri auðlindanýtingu.
- Þjóðhagslegur ábati virks raforkumarkaðar mun vaxa á komandi árum. Virkur raforkumarkaður verður nauðsynleg rekstrarforsenda raforkukerfisins þegar breytilegir orkukostir verða komnir í rekstur.

## Efnisyfirlit

<b>1</b>	<b>Helstu atriði um ábata af virkum raforkumarkaði.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Hlutverk og ábati raforkumarkaðar.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Uppbygging og virkni íslenska raforkumarkaðarins .....</b>	<b>5</b>
3.1	Takmörkuð viðskipti á heildsölumarkaði fyrir almenna notendur .....	6
3.2	Samantekt um virkni heildsölumarkaðar .....	7
<b>4</b>	<b>Orkuskipti eru verkefnið: Raforkuspá Landsnets .....</b>	<b>7</b>
4.2	Raforkuspá Landsnets – full orkuskipti 2050 .....	7
4.3	Framboð á raforku .....	8
4.4	Framboð á afli .....	9
4.5	Markaður getur breytt framboðspróun – meiri vindorka og lægri kostnaður .....	10
<b>5</b>	<b>Þjóðhagslegt virði aukinnar orkuvinnslu .....</b>	<b>13</b>
5.2	Samantekt um þjóðhagslegt virði raforkuvinnslu .....	13
<b>6</b>	<b>Hlutverk markaðar í raforkuöryggi – orkuskortur 2022 .....</b>	<b>14</b>
6.2	Forsendur fyrir skilvirkum markaði .....	14
6.3	Evrópskir raforkumarkaðir og Úkraínustríðið .....	14
6.4	Virkni íslenska raforkumarkaðarins.....	15
6.5	Markaðsbrestur á skammtímamarkaði .....	17
6.6	Samantekt um raforkumarkað og raforkuöryggi .....	18
<b>7</b>	<b>Aflskortur og eftirspurnarstýring.....</b>	<b>19</b>
7.2	Samantekt um virði sveigjanleika og eftirspurnarstýringar .....	22
<b>8</b>	<b>Samantekt .....</b>	<b>23</b>
<b>A.</b>	<b>Viðauki I.....</b>	<b>24</b>

## 2 Hlutverk og ábati raforkumarkaðar

Í niðurstöðum starfshóps um kortlagningu heildsölumarkaðar frá árinu 2020 segir „Ýmsar leiðir má fara til að tryggja jafnvægi í framboði og eftirspurn út frá sjónarmiðum um raforkuöryggi. Í grófum dráttum má segja að þær séu af tvennum toga. Annars vegar leiðir til að auka virkni heildsölumarkaðar með raforku. Hins vegar reglusetning sem einkum lýtur að því að skýra ábyrgð og hlutverk stjórnvalda og markaðsaðila, og gefa stjórnvöldum heimildir til að bregðast við sé það nauðsynlegt til að tryggja að framboð raforku geti mætt eftirspurn. Samkvæmt EES- reglum verður slíkum heimildum almennt ekki beitt nema ljóst sé að markaðurinn geti ekki tryggt fullnægjandi öryggi“.

Valið stendur því á milli aukinnar miðstýringar eða virkari markaðar. Niðurstöður starfshópsins eru skýrar. Virkur heildsölumarkaður er besta leiðin til að tryggja hagkvæmar leiðir til að ná settum markmiðum um tryggt framboð raforku á hagkvæman hátt.

Íslenskur raforkumarkaður ber þess merki að hafa verið hannaður á tíma lóðréttar samþættingar þar sem fáir stórir aðilar á markaðnum voru ráðandi um uppbyggingu og þróun kerfisins og aðrir aðilar löguðu sig að því. Landsvirkjun er langstærsta fyrirtækið á framboðshliðinni og á eftirspurnarhliðinni eru tiltölulega fáir stórnotendur búnir að kaupa stærstan hlut orkunnar til lengri tíma. Sá hluti raforku sem fer nú á virkan markað er því hlutfallslega lífill og tiltölulega fáir þátttakendur á þeim markaði. Skortur á gagnsæi leiðir enn fremur til þess að minna er um viðskipti á markaði en annars gæti verið. Saman stuðla þessi áhrif að því að einungis um helmingur þeirrar raforku sem að endingu ratar til almennra notenda skiptir um hendur í heildsölu.<sup>1</sup>

Í skoðanagrein tveggja framkvæmdastjóra Landsvirkjunar frá febrúar 2023 er þessari stöðu skilmerkilega lýst. Þar lýsa höfundar þeirri skoðun að Landsvirkjun geti ekki jafnað vindafl annarra fyrirtækja nema sem nemur um 0-30 MW þar sem fyrirtækið þurfi að hugsa um að jafna eigin vindafl áður en það getur jafnað fyrir önnur fyrirtæki. Segir enn fremur í greininni: „Stórfelld uppbygging á vindorku er því ekki möguleg nema með samhentum átaki til þess að auka sveigjanleika í raforkukerfinu, m.a. með því að notendur taki á sig sveiflur í orkunotkun.“<sup>2</sup>

Hagfræðistofnun Háskóla Íslands tekur undir áhyggjur af núverandi markaðsfyrirkomulagi. Í minnisblaði sem fylgir umsögn Náttúrugriða um frumvarp til breytinga á lögum um verndar- og orkunýtingaráætlun frá maí 2022 segir: „En verðlagning á rafmagni á Íslandi er frumstæðari en í grannlöndunum. Heildsöluverð er tregbreytilegt og varla hægt að segja að það taki mið af framboði og eftirspurn. Meginástæðan er yfirburðastaða Landsvirkjunar, sem í raun er einráð á heildsölumarkaði.“<sup>3</sup> Vart verður fastar kveðið að orði um mikilvægi þess að auka virkni á raforkumarkaði. Virkur raforkumarkaður spilar æ veigameira hlutverk í starfsemi raforkukerfa og þar með hagkerfum heimsins eftir því sem breytingum á orkubúskap fleygir fram. Virkir raforkumarkaðir skapa forsendur fyrir margs konar verðmætasköpun. Mætti þar nefna að með virkari markaði verður auðveldara fyrir sjálfstæða vinnsluáðila að hasla sér völl, með því eykst samkeppni og framboðsöryggi, verðmerki verða gagnsærri sem aftur leiðir til betri og hagkvæmari uppbyggingaráforma. Samhliða þessu má einnig gera ráð fyrir því að virði stýranlegra aflstöðva muni aukast umfram aðra og velta á dýrari raforkumörkuðum eins og fyrir jöfnunarorku muni aukast.

Vaxandi hlutur óstýranlegrar raforkuvinnslu, sérstaklega sólar- og vindorku, hefur í för með sér auknar áskoranir við að halda á öllum stundum jafnvægi milli vinnslu og notkunar en slíkt er nauðsynleg rekstrarforsenda allra raforkukerfa. Fari það jafnvægi úr skorðum geta orðið truflanir á afhendingu rafmagns með miklum þjóðhagslegum kostnaði. Þessi grunnforsenda eykur bæði þörf fyrir og virði sveigjanleika í raforkukerfinu, bæði á vinnslu- og notendahlið. Komi til fráviks þar sem óstýranleg raforkuvinnsla skili minni orku en búist var við má viðhalda jafnvæginu bæði með því að auka stýranlega raforkuvinnslu, sé hún til staðar, eða með því að minnka notkun. Það gagnstæða á svo jafnmikið við þegar vinnsluáætlun óstýranlegrar raforkuvinnslu vanmetur raunverulega orkuvinnslu. Þá má viðhalda jafnvæginu með því að minnka vinnslu stýranlegrar raforkuvinnslu eða með því að auka orkunotkunina tímabundið. Mikilvægi markaðslausna við að viðhalda jafnvægi í raforkukerfinu mun aukast með auknum hlut vindorku þar sem ljóst liggur fyrir að virkjanakostir í rammaáætlun duga ekki til að mæta orkuskiptum.

Markaðir veita mikilvægar upplýsingar og henta betur til að stýra framboði og eftirspurn en miðlæg stjórnsýð. Í endurnýjanlegu raforkukerfi er

<sup>1</sup> ANR, *Skýrsla starfshóps um orkuöryggi á heildsölu-markaði fyrir raforku*, 2020, bls 17

<sup>2</sup> Landsvirkjun, *Hvað gerist þegar vindinn lægir?*, <https://www.visir.is/g/20232372387d/hvad-gerist-thegar-vindinn-laegir>

<sup>3</sup> Alþingi.is, *Umsögn Náttúrugriða um frumvarp til breytinga á lögum um verndar- og orkunýtingaráætlun*, <https://www.althingi.is/alttext/erindi/152/152-3298.pdf>



heildarframboð raforku hvers árs breytilegt þar sem vatnsár eru misgóð, vindur mismikill og sólardagar mismargir. Þetta skapar bæði óvissu til skamms tíma sem leysa má á skammtíma- eða jöfnunarorkumarkaði. Breytileiki vatnsára hefur svo þá aukavídd að geta teft framboðsöryggi í tvísýnu þegar illa árar. Þessi staða kom upp á síðasta ári og raforkumarkaður var ekki með nægjanlega virk verðmerki til að koma í veg fyrir orkuskort með því að draga úr eftirspurn í lengri tíma. Í stað þess að verðmerki tryggja jafnvægi í framboði og eftirspurn er raforka skömmtuð í samræmi við leynilegar heimildir í orkusölusamningum til stórnotenda og skerðanlegra notenda. Í skýrslu sem Hagfræðistofnun Háskóla Íslands frá árinu 2018 er fjallað um það óhagræði sem sú nálgun hefur umfram markaðslausnir.<sup>4</sup> Á Íslandi eru í dag verulegar aðgangshindranir á markaði vegna skorts á gagnsæi, verðmerkja á bæði framboðs- og eftirspurnarhlið og nánast algerrar einokunarstöðu á jöfnunarorkumarkaði. Illmögulegt er fyrir sjálfstæðan framleiðanda óstýranlegrar raforkuvinnslu að stíga inn á slíkan markað þar sem sú starfsemi sem getur starfað eftir forsendum breytilegrar vind- eða sólarorku er vandfundinn og framleiðandinn sjálfur þyrfti að treysta á jöfnunarorkumarkað þar sem samkeppnisaðilar hafa mikla yfirburðastöðu. Að framangreindu má sjá að það eru mörg tækifæri til að bæta virkni íslenska raforkumarkaðarins. Stofnun viðskiptavettvangs um raforku er mikilvægur liður í því að ryðja frá aðgangshindrunum, auka gagnsæi og upplýsingaflæði til markaðsaðila. Með því eykst framboðsöryggi og nýting auðlinda batnar. Stofnun kauphallar getur leyst úr læðingi þjóðhagslegan ábata sem getur á endanum numið hundruðum milljarða króna árlega og er nauðsynleg forsenda orkuskipta.

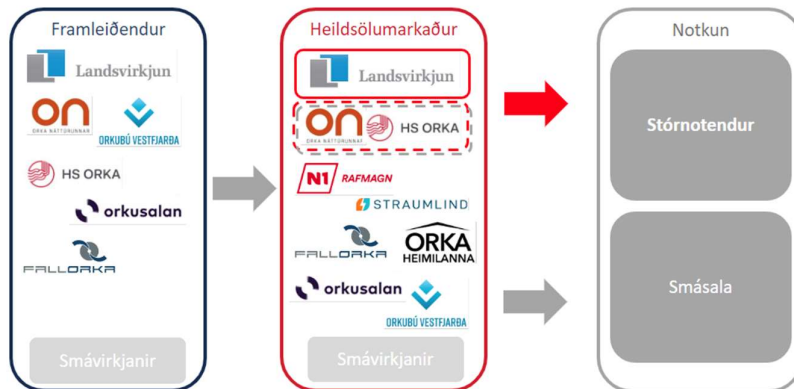
Í samantekt á orkustefnu stjórnvalda til 2050 segir: „Almannahagsmunir verða ávallt í fyrirrúmi og gætt er að réttindum neytenda. Leikreglur á orkumarkaði grundvallast af jafnræði, gagnsæi og samráði. Ákvarðanir stjórnvalda miða við tæknilegt hlutleysi.“ og að „Orkukerfið styður við hagsæld landsins með því að vera samkeppnishæft og skilvirkt, lúta frjálsum markaðslögmálum og stuðla að verðmætasköpun.“ Stofnun virks raforkumarkaðar er því bæði í samræmi við orkustefnu stjórnvalda og nauðsynleg forsenda fyrir lausnir á þeim áskorunum sem þjóðin stendur frammi fyrir.

<sup>4</sup> Öryggi á almennum markaði með rafmagn, bls 25 - <https://ioes.hi.is/files/2021-05/Oryggi-a-almennum-markadi-med-rafmagn.pdf>

### 3 Uppbygging og virkni íslenska raforkumarkaðarins

Samkvæmt raforkulögum er raforkumarkaður skilgreindur sem skipulagður markaður með raforku. Í grófum dráttum má flokka aðila á markaði í eftirfarandi flokka: Framleiðendur, miðlara og orkusala á framboðshlið og svo á eftirspurnarhlið eru almennir notendur og stórnotendur sem skilgreindir eru í raforkulögum.

Á mynd 1 er yfirlit yfir hverjir framleiðendur eru á raforkumarkaði, hvaða fyrirtæki stunda viðskipti á heildsölumarkaði og hvaða aðilar eru á notkunarhlið markaðarins.



MYND 1 RAFORKUMARKAÐURINN Á ÍSLANDI, FRAMLEIÐENDUR, HEILDSÖLUMARKAÐUR OG NOTKUN

Framleiðendur eru þeir sem vinna orkuna og má skipta þeim í tvo hópa annars vegar þeir sem framleiða orku í stórum virkjunum og hins vegar þeir sem framleiða orku í smávirðjunum. Stóru fyrirtækin í raforkuframléðslu eru Landsvirkjun, ON, Fallorka, HS Orka, Orkusalan og Orkubú Vestfjarða. Til viðbótar við framléðslu stórra fyrirtækja eru Smávirðjanir víða um landið sem framleiða beint inn á kerfið eða til eigin nota. Á Íslandi er eitt markaðsráðandi fyrirtæki sem framleiðir alls yfir 72% af raforkunni og framleiðir þar að auki alls um 95% af uppsettu rafafli í vatnsaflsvirkjunum.<sup>5</sup>

Heildsölumarkaður raforku er markaður þar sem höfð eru viðskipti með heildsöluorkuafurðir óháð því hvar og með hvaða hætti viðskiptin fara fram. Hér undir falla viðskipti innan og utan viðskiptavettvangs raforku.<sup>6</sup> Notendur á smásölumarkaði eru heimili og fyrirtæki sem flokkast ekki sem stórnotendur. Fyrirtæki sem selja raforku til þessara notenda eru N1 rafmagn, Straumlind, Fallorka, Orka heimilanna, Orkusalan, Orkubú Vestfjarða, ON og HS Orka. Vert er að taka fram að ON og HS Orka framleiða orku til eigin nota, inn á smásölumarkaðinn og til annarra raforkusala sem selja orku í smásölu. Landsvirkjun, ON og HS Orka framleiða orkuna og selja þessum fyrirtækjum sem nefnd voru hér að framan raforku sem voru um 2,03 TWst árið 2022. Það er hins vegar einungis um 10% af heildarmagni á markaðinum. Framleiðsla raforkusala sem selja einnig í smásölu er um 10% af heildarmagni og um 80% raforkunnar selja þessi þrjú fyrirtæki til stórnotenda í gegnum langtímasamninga.

Íslenski raforkumarkaðurinn hefur ákveðin einkenni. Hann er einangraður frá öðrum mörkuðum, stór hluti framléðslu er bundinn í langtímasamningum við stóriðju sem dregur úr virkni og umfangi viðskipta. Framleiðslan byggist á vatnsafla og jarðvarma og eitt fyrirtæki er langstærst á söluhlið heildsölumarkaðar og jöfnunarorkumarkaðar. Arfleifð löðréttrar samþættingar fortíðar sem sjá má í takmörkuðum viðskiptum milli markaðsaðila skapar aðgangshindranir á markaði þar sem gagnsæi skortir og verðmerki eru skekkt. Erfitt er fyrir nýja aðila á markaði að koma auga á fýsileg viðskiptatækifæri við þessar aðstæður.

Í ágúst 2017 skipaði ráðherra ferðamála, iðnaðar og nýsköpunar starfshóp sem var falið að greina og kortleggja heildsölumarkað raforku á Íslandi. Tilfærni skipunar starfshópsins voru ábendingar og áhyggjur um að vegna þróunar á

<sup>5</sup> Íslensk raforka, Ávinningur og samkeppnishæfni, bls. 10-11. Samtök Iðnaðarins, 2019.

<sup>6</sup> Frumvarp til laga um breytingu á raforkulögum nr. 65/2003 (raforkuviðskipti), 1.gr., bls 1.

raforkumarkaði gæti mögulega komið upp sú staða að framboð raforku á almennum markaði yrði ekki nægjanlegt. Skýrsla starfshóps um orkuöryggi á heildsölumarkaði fyrir raforku var gefin út í ágúst 2020.<sup>7</sup>

Starfshópurinn skoðaði hvernig auka mætti virkni markaðarins og draga úr óvissu raforkukaupenda. Starfshópurinn setti fram eftirfarandi tillögur og ábendingar:

- Heildsölumarkaður: Æskilegt er að koma á heildsölumarkaði sem tekur mið af markaðsaðstæðum hér á landi.
- Fjölgun söluaðila á heildsölumarkaði: Erfitt er að koma á virkum heildsölumarkaði við núverandi aðstæður þar sem eitt fyrirtæki, Landsvirkjun, er ráðandi á söluhlíð markaðarins og lóðrétt samþætting annarra orkufyrirtækja hefur í för með sér að raforkuvinnsla þeirra skiptir að takmörkuðu leyti um hendur í heildsölu.
- Lengd samninga: Lengd samninga á heildsölumarkaði ákvarðast í frjálsum viðskiptum en stuttur gildistími heildsölusamninga um breytilega orku, sem nú er að hámarki til 1 árs, veldur óvissu hjá smásölum og dregur úr möguleikum þeirra til að semja við notendur til lengri tíma.
- Skýr eigendastefna: Orkufyrirtæki sem starfa á samkeppnismarkaði eru flest í eigu opinberra aðila. Mikilvægt er að fyrirtækin starfi eftir skýrri eigendastefnu þar sem lögð er áhersla á að samkeppnissjónarmið séu leiðandi í rekstri þeirra.

Frá því að þessar tillögur voru lagðar fram hafa áhyggjurnar af framboðsöryggi sem voru hvatinn að stofnun hópsins raungerst í orkuskerðingum ársins 2022. Líkur standa frekar til þess að framboðsöryggi minnki á næstu árum þar sem illa gengur að bæta við framboði og virkar markaðslausrir hafa ekki komið til framkvæmda.

### 3.1 Takmörkuð viðskipti á heildsölumarkaði fyrir almenna notendur

Gera má ráð fyrir því að framboð raforku fyrir almenna notendur, heimili og fyrirtæki sem ekki eru stórnotendur sé sá hluti markaðarins sem verða virk skammtíma viðskipti með á heildsölumarkaði til þess að byrja með. Framleiðsla raforku árið 2022 var 19,2 TWst og var forgangssorkunotkun almennra notenda 3,7 TWst. Virkni heildsölumarkaðar með raforku er takmörkuð en kaup raforkusala á heildsölumarkaði á sama tíma voru 2,03 TWst. Áætluð heildsöluviðskipti á milli raforkusala er því 56% af forgangssorkunotkun þeirra, 44% forgangssorkunotkuna er því seld utan markaðar á milli skyldra aðila. Lóðrétt samþætting á markaðnum er töluverð og samþætting mikil. HHI stuðull út frá seldri orku er yfir 5.700 en í evrópskum viðmiðum er talað um mikla samþættingu þegar HHI-stuðull fer yfir 2.000<sup>8</sup>.

Notkun stórnotenda tekur stóran hluta af raforkuframleiðslu. Viðskipti með þá raforkunotkun eru bundin í langtímasamninga og takmörkuð virkni tengd þeim á heildsölumarkaði. Það eru því nálægt 10% af raforkuframleiðslu sem fara í virk viðskipti á heildsölumarkaði.

Þróun söluverðs á forgangssorku hjá Landsvirkjun hefur verið nokkuð stöðugt undanfarið og hefur nafnverð fyrir grunnorku, mánaðarblokk, breytilega orku og skammtímaorku hafi hækkað úr 7,1 kr/kWst í 10,8 Kr/kWst á milli 2021 – 2022. Ekki er auðvelt að átta sig á því hvað veldur þeirri hækkun eða hækkun á öðrum flokkum forgangssorku. Í skýrslu Hagfræðistofnunar Háskóla Íslands um öryggi á almennum markaði með raforku kemur fram að Landsvirkjun gefur upp meðalverð á ári en að öðru leyti er litlar upplýsingar að fá um viðskiptin. Heildsöluverð Landsvirkjunar virðist meðal annars taka mið af efnahagsástandi. Verð á forgangssorku lækkaði um 15% að raungildi frá 2007 til 2009, en frá 2009 til ársins 2017 hélst verðið nokkuð svipað að raungildi.<sup>9</sup>

<sup>7</sup> Skýrsla starfshóps um orkuöryggi á heildsölumarkaði fyrir raforku, bls 8-9

<sup>8</sup> HHI-stuðull mælir samþættingu á markaði. Fræðilegt hámarksgildi er 10.000 en þá væri einn aðili með 100% markaðshlutdeild. Stuðullinn er reiknaður með því setja prósentutölu markaðshlutdeildar hvers markaðsaðila í annað veldi og leggja saman heildartöluna sem verður þá á bilinu 0-10.000.

<sup>9</sup> Skýrsla nr. C18:03 Öryggi á almennum markaði með rafmagn bls. 13, Hagfræðistofnun Háskóla Íslands.

Skortur á gagnsæi í verðlagningu á raforku er ekki aðeins óhagkvæm fyrir notendur heldur getur það einnig verið aðgangshindrun fyrir aðra framleiðendur. Þar sem Landsvirkjun býr yfir nánast öllu sveigjanlegu afli í raforkukerfinu og útvega vel yfir 90% af öllum jöfnunarorkutilboðum eru aðrir framleiðendur háðir því að kaupa jöfnun af þeim. Virkur markaður á eftirspurnarlið getur stuðlað að verulegri þjóðhagslegri arðsemi með því að ryðja úr vegi aðgangshindrunum og minnka markaðsafl á jöfnunarorkumarkaði.

### 3.2 Samantekt um virkni heildsölumarkaðar

- Virkni heildsölumarkaðar með raforku á Íslandi er mjög lítil. Landsvirkjun er langstærst á markaði en aðrir orkuframleiðendur versla nánast ekki neitt hver við annan.
- Einungis 10% af raforku fer á virkan heildsölumarkað.
- Vægi langtímasamninga utan virkra viðskipta skapar aðgangshindranir og skort á gagnsæi. Vinnur þannig gegn nýsköpun og hagkvæmum markaðslausnum.
- Niðurstöður starfshóps um orkuöryggi á heildsölumarkaði fyrir raforku frá ágúst 2020 benda til þess að auka þurfi samkeppni og virkni raforkumarkaðar.

## 4 Orkuskipti eru verkefnið: Raforkuspá Landsnets

Landsnet hefur gefið út raforkuspá sem tekur tillit til fleiri þátta og forsenda en þeirra sem voru í raforkuspá raforkuhóps Orkusparnefndar. Byggt er á sviðsmyndum Samorku sem birtar voru í Grænbók en einnig eru notaðar upplýsingar sem fyrirtækið hefur um vænta eftirspurn á raforkumarkaði. Mikilvægt er að taka fram að mesta óvissan sem snýr að orkuþörf vegna orkuskipta liggur ekki í því magni raforku sem þarf heldur hversu hratt jarðefnaeldsneyti verður skipt út fyrir raforku.

Í forsendum raforkuspár er gert ráð fyrir að:

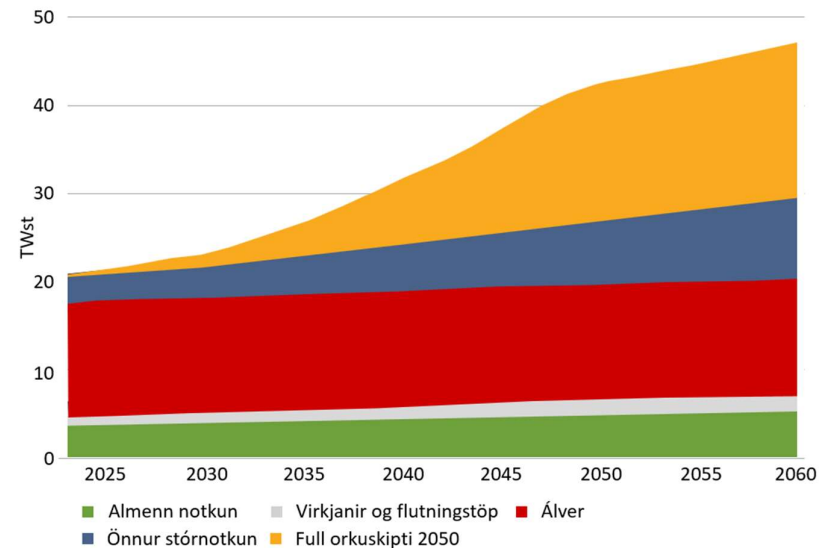
1. Almenn raforkunotkun muni halda áfram að aukast í takt við þróun fólksfjölda, en með almennri raforkunotkun er átt við orkunotkun heimila, þjónustu og þeirri atvinnustarfsemi sem tengist raforkukerfinu um dreifiveitur

2. Gert er ráð fyrir að stórnotendanotkun muni halda áfram að aukast í takt við þróun síðustu ára.
3. Tölur um orkuþörf til orkuskipta koma frá orkuskiptalíkani Samorku.

Í raforkuspánni er stillt upp þremur sviðsmyndum í þeim tilgangi að ná utan um mismunandi hraða í orkuskiptum. Munur á milli sviðsmynda liggur í því hvenær markmiði um full orkuskipti er náð.

### 4.2 Raforkuspá Landsnets – full orkuskipti 2050

Hér er gert ráð fyrir því að full orkuskipti sem fara fram með framleiðslu á innlendu rafeldsneyti verði lokið árið 2050 líkt og eldra markmið stjórnvalda gerði ráð fyrir. Gert er ráð fyrir að orkuskipti í samgöngum á landi, í vélum og tækjum sem og í innanlandsflugi verði lokið árið 2040. Almenn notkun fylgi sama mynstri sem og önnur stórnotkun.



MÝND 2 ORKUEFTIRSPURN SAMKVÆMT RAFORKUSPÁ LANDSNETS FRAM TIL 2060

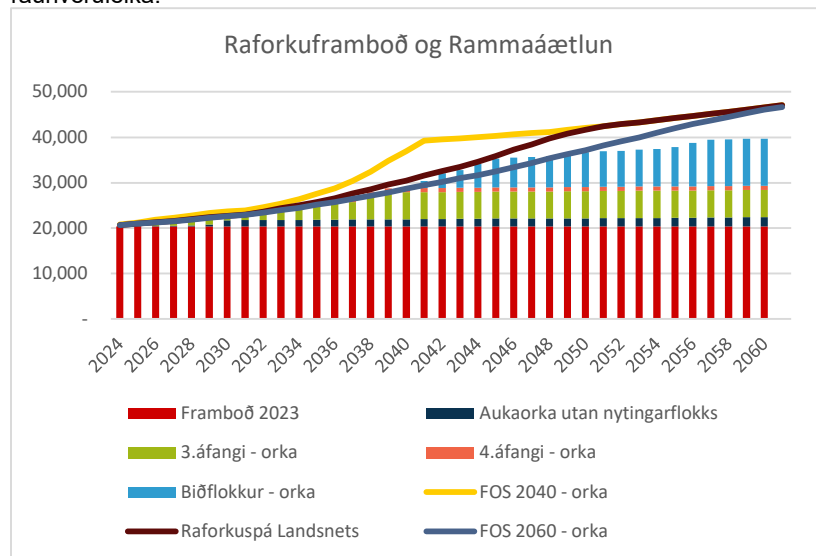
Samkvæmt spánni verður heildareftirspurn eftir raforku 22.963 GWst árið 2030 og 31.526 GWst árið 2040. Reiknað er með að fullum orkuskiptum sé



náð árið 2050 sem þýðir að allar flugvélar í millilandaflugi séu knúnar tilbúnu kolefnishlutlausu rafeldsneyti framleiddu innanlands. Það sama gildir um skip og er heildareftirspurn eftir raforku á þeim tímapunkti 42.433 GWst. Eftirspurn mun svo halda áfram að vaxa og enda í 47.094 GWst árið 2060, aukning um nálægt 27 TWst eða 140% frá árinu 2022. Er þar um að ræða nálægt tvöfaldri orkunotkun stórnotenda í

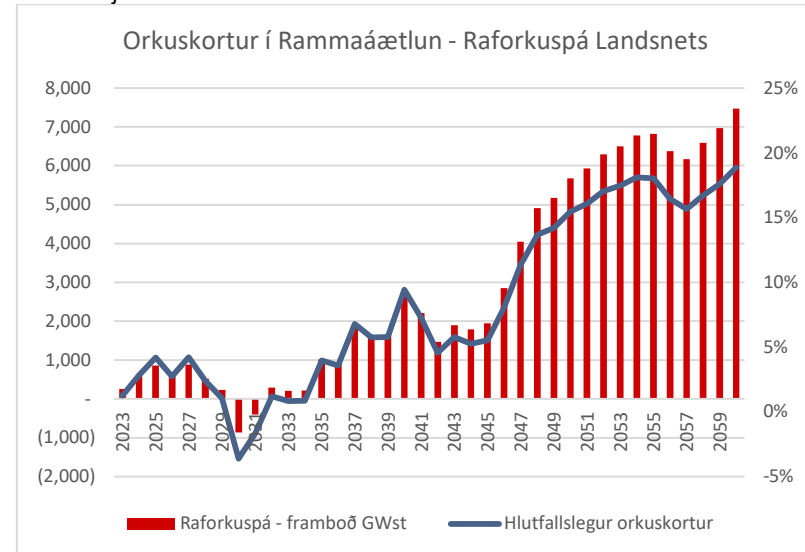
### 4.3 Framboð á raforku

Fyrirséð er mikill vöxtur í eftirspurn eftir raforku á næstu áratugum til að mæta orkuskiptum og öðrum þörfum vaxandi samfélags. Nú þegar er nánast engin umframframleiðslugeta í kerfinu sem þýðir óhjákvæmilega að viðbótareftirspurn þarf að mæta með nýrri orkuvinnslu. Sú staða er hins vegar uppi að þeir orkuvinnslukostir sem eru í Rammaáætlun duga ekki til að mæta fyrirséðri eftirspurn. Það munu því þurfa að koma fram aðrir valkostir. Þar er nærtækast að horfa til vindorkunnar til að brúa bilið en án virks raforkumarkaðar er erfitt að sjá hvernig vindorkuvinnsla á að verða að raunveruleika.



MYND 3 RAFORKUFRAMBOÐ OG RAMMAÁÆTLUN

Eins og sjá má á þeim sviðmyndum sem sýndar eru á Mynd 4 sýnir eru virkjanakostir í Rammaáætlun ófullnægjandi fyrir markmið um orkuskipti, jafnvel þótt gert sé ráð fyrir þeirri ólíklegu forsendu að allir kostir í biðflokki verði virkjaðir.



MYND 4 ORKUSKORTUR Í RAMMAÁÆTLUN - RAFORKUSPÁ LANDSNETS

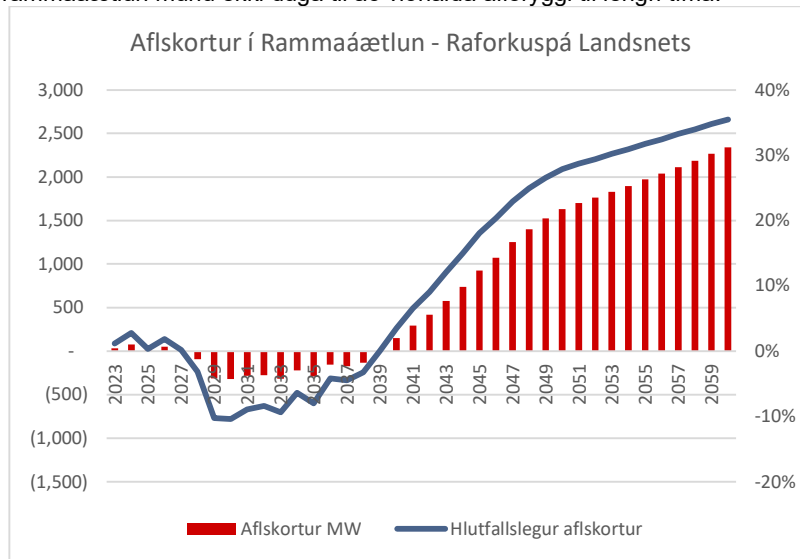
Hvort sem lítið er til sviðsmyndar um full orkuskipti árið 2040 í samræmi við markmið stjórnvalda eða raforkuspá Landsnets er nú þegar kominn orkuskortur sem verður viðvarandi og þeim mun meiri sem orkuskiptin gerast hraðar. Á Mynd 4 má sjá hvernig orkuskorturinn fer vaxandi í sviðsmyndinni Raforkuspá Landsnets. Fyrir utan árin 2030 og 2031 er orkuskortur allt spátímabilið. Árið 2040 er orkuskortur upp á 2.700 GWst eða 9% eftirspurnar. Þegar lítið er til loka spátímabils þegar orkuskipti hafa raungerst er hlutfallslegur raforkuskortur á bilinu 15-20%. Samkvæmt raforkuspá Landsnets er viðvarandi og verulegur orkuskortur í kortunum. Ef eftirspurn á ekki að fara varanlega fram úr framboði árið 2032 verður að mæta þessari orkuþörf með orkugjöfum utan rammaáætlunar. Þar

verður að horfa til breytilegra orkugjafa sem geta ekki starfað án virks raforkumarkaðar.<sup>10</sup>

Raforkumarkaður er nauðsynleg forsenda þess að lengri tíma orkuöryggi geti náðst með því að skapa rekstrargrundvöll fyrir breytilega orkugjafa.

#### 4.4 Framboð á afli

Árið 2019 varaði Landsnet við hættu á aflskorti í íslenska raforkukerfinu. Samkvæmt útreikningum fyrirtækisins voru líkur á aflskorti fyrir árið 2022 yfir viðmiðunarmörkum.<sup>11</sup> Þessi staða raungerðist svo í skerðingum og orkuskortum á fyrri helming ársins. Sé lítið til þeirra markmiða sem sett hafa verið fram í loftslagsmálum og orkuskiptum er ljóst að þeir kostir sem er að finna í rammaáætlun munu ekki duga til að viðhalda aflöryggi til lengri tíma.



MYND 5 AFLSKORTUR Í ÍSLENSKA RAFORKUERFINU

<sup>10</sup> Líklegt er að framboð nýrra orkukosta í rammaáætlun sé ofmetið í þessari sviðsmynd þar sem allir kostir í biðflokki eru teknir með í reikninginn. Ólíklegt er að allir þeir kostir verði virkjaðir. Vindorkukostir og aðrir breytilegir orkugjafar munu því líklegast þurfa að útvega meiri orku en mynd 5 sýnir.

Þótt gert væri ráð fyrir því að allir virkjanakostir í orkunýtingarflokki og biðflokki rammaáætlunar<sup>12</sup> væru nýttir myndi engu að síður stefna í aflskort í lok næsta áratugs. Sé miðað við raforkuspá Landsnets verður aflskortur út þennan áratug og aftur frá og með árinu 2039. Þar eftir mun hann fara ört vaxandi og yfir 2.000 MW í lok tímabilsins, eða sem nemur rúmum þriðjungum af aflþörf kerfisins.

Þessum aflskorti þarf að mæta með orkugjöfum utan Rammaáætlunar sem að mestu leyti munu vera breytilegir orkugjafar. Þeir geta einir og sér ekki tryggt aflöryggi þótt þeir minnki líkurnar á aflskorti. Til að tryggja aflöryggi munu því þurfa að koma til markaðslausnir, bæði til þess að tryggja rekstrargrundvöll breytilegra orkugjafa en einnig til að vinna með því að breytilegir orkugjafar eru óstýranlegir og óáreiðanlegir aflgjafar. Markmið í loftslagsmálum og orkuskipti munu ekki nást með öðrum hætti. Markaðslausnir eru ein augljósasta leiðin til að breyta rekstri kerfisins og koma þannig í veg fyrir aflskort. Með skýrum verðmerkjum og auknum viðskiptum er bæði hægt að stuðla að aflmeiri vatnsaflsvirkjunum sem leggja til aukinn sveigjanleika á móti breytilegum orkugjöfum og með aukinni þátttöku stórnótenda á markaði er hægt að draga úr mestu álagstoppum kerfisins og minnka þannig verulega aflþörf án þess að til samsvarandi minnkunar í orkunotkun komi. Einnig eru örur framfarir í rafhlöðutækni sem gætu mögulega orðið hagkvæmar lausnir á ýmis konar áskorunum í raforkukerfum eins og að mæta aftoppum við hámarksálag í raforkukerfinu.

<sup>11</sup> Landsnet, *Afl- og orkujöfnuður 2019-2023*.

<sup>12</sup> Ljóst má vera að það sé verulegum vafa undirorpið hvort sátt muni nást um þessar forsendur um uppbyggingu vatnsafls og jarðvarmavirkjana í rammaáætlun. Það má því leiða að því líkur að sá aflskortur sem hér er gert ráð fyrir sé varlega áætlaður.

#### 4.5 Markaður getur breytt framboðspróun – meiri vindorka og lægri kostnaður

Stofnun kauphallar með virkari orkumarkaði sem gerir aukinn hlut vindorku mögulegan mun líklega leiða til mikils ábata í formi lægri vinnslukostnaðar raforku. Samkvæmt IRENA<sup>13</sup>, sem gefur út kostnaðarmat á vinnslukostnaði endurnýjanlegrar raforku, var meðalkostnaður við vindorku árið 2022 33 USD/MWst eða 4,5 kr/kWst. Það myndi setja vindorku í hagkvæmniflokk númer 2 og á mörkum þess að vera í efsta hagkvæmniflokki, sjá töflu.<sup>14</sup>

TAFLA 1 VINNSLUKOSTNAÐUR EFTIR HAGKVÆMNIFLOKKUM VIRKJANAKOSTA Í RAMMAÁÆTLUN

Hagkvæmniflokkun Rammaáætlunar			
Flokkur	kr/kWst - Verðlag maí 2023	Vindorka - Irena 2022	Mismunur - kr/kWst
1	<4,0	4,5	-0,5
2	4,5-5,2	4,5	0-0,7
3	5,5-6,3	4,5	1,0-1,8
4	6,9-8,0	4,5	2,4-3,5
5	8,9-10,2	4,5	4,4-5,7
6	10,8-13,5	4,5	6,3-9
7	>13,5	4,5	>9

Vatnsafls og jarðvarmakostir í orkunýtingar- og biðflokki Rammaáætlunar eru í 3.-5. hagkvæmniflokki að tveimur virkjanakostum undanskildum. Það má því leiða að því sterkar líkur að uppbygging vindorkukosta muni ryðja út óhagkvæmari kostum með samsvarandi þjóðhagslegri hagkvæmni. Til samanburðar er uppsafnaður þjóðhagslegur ábati af nýjum vind- og sólarorkuverkefnum í Evrópu sem komið hafa í stað jarðefnaeldsneytiskosta 176 milljarðar dollara frá árinu 2010, samkvæmt mati IRENA.<sup>15</sup>

<sup>13</sup> IRENA, *Renewable Power Generation Costs in 2022*, bls 5

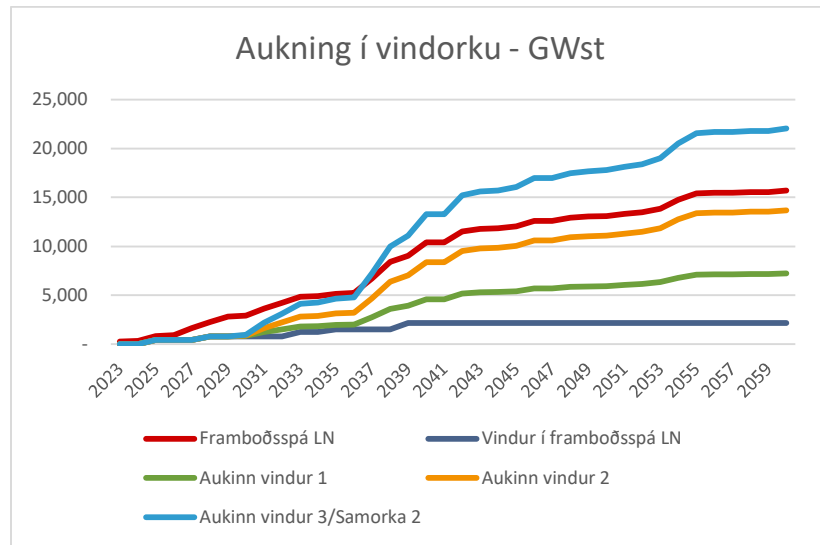
<sup>14</sup> Samorka, *Levelized Cost of Energy (LCOE) og virkjunarkostir til umfjöllunar í 3. áfanga rammaáætlunar hagkvæmniflokkun eru uppreiknaðar tölur frá LCOE greiningu Samorku frá 2016, bls 13*

Hraði uppbyggingar og umfang vindorkukosta er háð töluverðri óvissu og ólíkar sviðsmyndir hafa verið settar fram. Í raforkuspá Landsnets er gert ráð fyrir því að uppsett afl í vindorkukostum vaxi um 602 MW fram til ársins 2040. Það er minni uppbygging en sést í sumum öðrum sviðsmyndum sem dregnar hafa verið upp en endurspeglar hversu skammt á veg mörg vindorkuverkefni eru komin og hversu miklar líkur eru á orkuskipti í fyrirsjáanlegri framtíð. Til dæmis mætti nefna að kynntar hafa verið hugmyndir um vindorkuvinnslu sem nemur nálægt 700 MW á Vesturlandi einu. Til viðbótar liggur fyrir að vindorkukostir eru til skoðunar víða um landið enda þótt sumir þeirra séu komnir skammt á veg.

Þá kom fram á vörfundum Landsnets að hægt væri að tengja allt að 2.500 MW af vindorku við flutningskerfið án þess þó að Landsnet hefði sett fram spá um að slíkt stæði til.

Til að meta þjóðhagslegan ávinning af lægri vinnslukostnaði vindorku eru settar fram tvær viðbótarsviðsmyndir um þátt vindorku í að mæta aukinni eftirspurn frá og með árinu 2030 en óbreyttri framboðsspá þangað til. Í þessum sviðsmyndum er gert ráð fyrir því að full orkuskipti náist árið 2050 og að viðbótarorkuþörf vegna þeirra sé tæpar 16 TWst. Í skýrslu ráðuneytis Umhverfis- loftslags- og orkumála árið 2022 komu fram mun stærri sviðsmyndir eins og Samorka 2 sem gerir ráð fyrir um 24 TWst fram til ársins 2040.

<sup>15</sup> IRENA, *Renewable Power Generation Costs in 2022*, bls 5



MYND 6 SVIÐSMYNDIR UM AUKNA VINDORKU

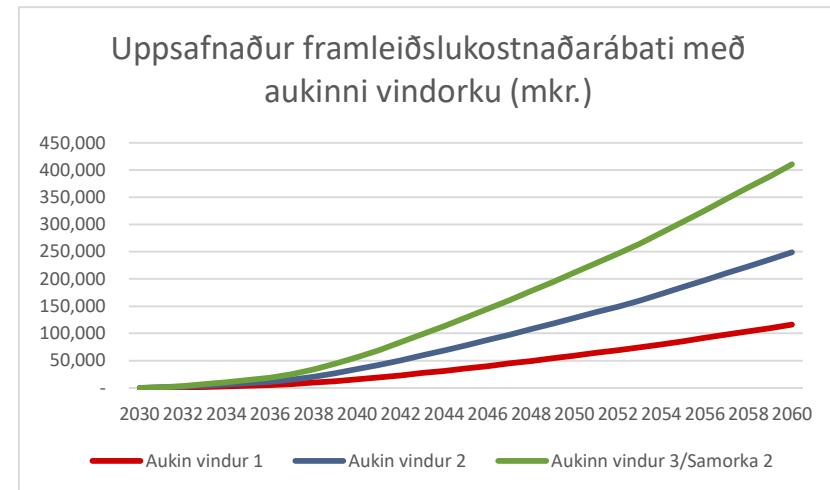
Sviðsmyndin Aukinn vindur 1 gerir ráð fyrir því að frá og með árinu 2030 verði 50% af viðbótarorkuframboð mætt með vindorku en innbyrðishlutfall vatns- og jarðvarma haldist óbreytt. Í sviðsmyndinni Aukinn vindur 2 er gert ráð fyrir því að allt viðbótarorkuframboð komi frá vindi. Sviðsmyndin Aukinn vindur 3 er svo byggð á að sviðsmyndinni Samorka 2 sé mætt með 100% vindi frá og með 2030. Þetta er ítrasta sviðsmynd um vindorkuframboð og samsvarar nálægt 2500 MW af álagi frá vindorku. En það er nálægt því hámarki sem flutningskerfið getur tekið við eins og kynnt var á vorkundi Landsnets.

TAFLA 2 SVIÐSMYNDIR UM AUKIÐ VINDORKUFRAMBOD

Sviðsmynd	Aukið orkuframboð - GWst
Vindur í framboðsspá LN	2.152
Aukinn vindur 1	7.236

Aukinn vindur 2	13.683
Aukinn vindur 3/Samorka 2	22.063

Sé miðað við þessar sviðsmyndir, kostnaðarmat IRENA fyrir vindorku og hagkvæmniflokka rammaáætlunar fyrir jarðvarma- og vatnsaflskosti þar sem flestir falla í 3. hagkvæmniflokk er ekki óvarlegt að áætla að vinnslukostnaðarmunur sé að jafnaði 1 kr/kWst að jafnaði milli vindorku og þeirra kosta í rammaáætlun sem vindorka myndi ryðja burt.



MYND 7 UPPSAFNAÐUR FRAMLEIÐSLUKOSTNAÐARÁBATI MEÐ AUKINNI VINDORKU (MKR.)

Eins og sjá má á Mynd 7 fer uppsafnaður framleiðslukostnaðarábati ört vaxandi þegar vindorka fer að ryðja dýrari virkjanakostum burt. Í sviðsmyndinni vex hann frá því að vera um 46 mkr. árið 2030 og upp í 6,1 mkr. árið 2060 og hefur uppsafnaður ábati á tímabilinu numið 116 mkr. Í sviðsmyndinni Aukinn vindur 2 er ábatinn rúmar 90 mkr. árið 2030, tæpir 13. Mkr. árið 2060 og hefur þá safnast upp í tæpa 250 mkr. á tímabilinu. Í ítrustu sviðsmyndinni um þróun vindorku er framleiðslukostnaðarábati rúmar 21 mkr. árið 2060 og uppsafnaður framleiðslukostnaðarábati um 410 mkr.

#### 4.6 Samantekt um orkuskipti og raforkumarkað

- Orkuskipti munu ekki nást án virks raforkumarkaðar.
- Virkur raforkumarkaður styrkir framboðshliðina með því að opna fyrir nýja aðila.
- Nauðsynleg forsenda fyrir rekstri breytilegra orkugjafa.
- Skapar forsendur fyrir aflöryggi.
- Leysir úr læðingi þjóðhagslegan ábata með ódýrari orkuvinnslu.



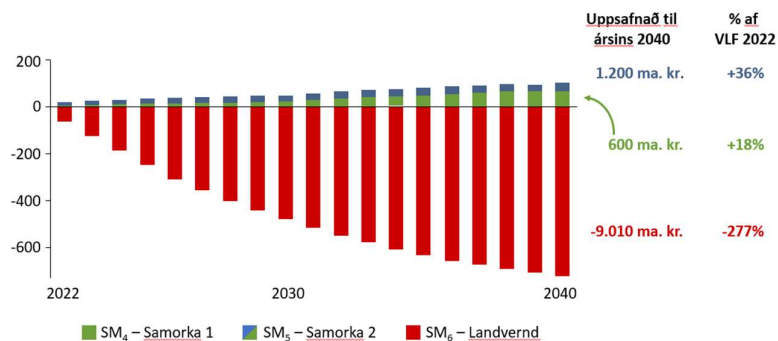
## 5 Þjóðhagslegt virði aukinnar orkuvinnslu

Þjóðhagslegt virði raforku er óumdeilanlega mikið enda er það forsenda alls atvinnulífs.

Aukinni notkun raforku hefur hér á landi sem annars staðar fylgt hagvöxtur. Meðal hátektjulanda OECD er sambandið þannig að 1% meiri raforkunotkun fylgir 0,6% vöxtur landsframleiðslu en hér á landi er sambandið 0,4% meiri landsframleiðsla.<sup>16</sup> Þjóðhagslegt virði raforkumarkaðar sem skapar forsendur fyrir aukinni raforkuvinnslu er því verulegt. Það gefur til kynna að hagvöxtur sem fylgir framboðssþá Landsnets væri 32% en 49% fyrir Samorku 2.

Í skýrslu Viðskiptaráðs Íslands um framtíð orkumála kom fram það mat að uppsafnaður ávinningur af því að sviðsmyndin Samorka 2 rættist væri um 1.200 mkr. fram til ársins 2040, eða 36% af landsframleiðslu síðasta árs.

Áhrif á landsframleiðslu að núvirði í ma. kr.<sup>1</sup>



MYND 8 ÁHRIF Á LANDSFRAMLEIÐSLU - MYND ÚR SKÝRSLU VIÐSKIPTARÁÐS ÁRIÐ 2023

Aðferð Viðskiptaráðs skilar því lægra mati á hagvexti en söguleg fylgni.<sup>17</sup> Báðar aðferðir skila hins vegar sömu niðurstöðu. Aukinni orkunotkun fylgir aukinn hagvöxtur.

Við þessar niðurstöður má svo bæta að virkjanakostir í Rammaáætlun duga ekki fyrir fullum orkuskiptum og munar þar 10 TWst. Líklegast er að vindorka þurfi að brúa það bil eins og kom fram í kafla um framboð raforku en án virks raforkumarkaðar er rekstur vindorkuvera svo gott sem ómögulegur.

<sup>16</sup> Landsnet, Töpuð tækifæri vegna takmarkana í flutningskerfinu, 2022, bls 9-10

<sup>17</sup> Viðskiptaráð, Orkulaus/nir – skýrsla Viðskiptabings 2023, 2023, bls 37

Viðskiptavettvangur um raforku með virkum raforkumarkaði er því forsenda fyrir því að brúa þetta bil.

Í kjölfar orkuskipts síðasta vetrar var unnin greining á því hversu mikill þjóðhagslegur kostnaður varð af skortinum. Niðurstaðan var að úppfyllt eftirspurn upp á 300 GWst hefði kostað þjóðarþúið um 5 mkr. eða 17.800 kr/MWst.<sup>18</sup> Sé sú stærð yfirfærð á úppfyllta eftirspurn upp á 10 TWst eins og Mynd gefur til kynna að geti orðið raunin árið 2040 myndi árlegt tap þjóðarþúsins nema 178 mkr. eða sem nemur tæpum 4,7% af landsframleiðslu ársins 2022.

Fyrir liggur að framboð raforku þarf að aukast verulega á næstu árum og áratugum ef markmið um orkuskipti og loftslagsaðgerðir eiga að nást. Vatnsafls- og jarðvarmavirkjanakostir í Rammaáætlun standa ekki undir þessari auknu orkuþörf. Það má því leiða að því líkur að til mikillar uppbyggingar vindorku þurfi að koma. Að þeirri uppbyggingu geta sjálfstæðir framleiðendur hins vegar illa komið nema að hér sé starfræktur virkur raforkumarkaður með skammtíamarkaði til að draga úr þeim frávikum þar sem vindorka krefst aðgangs að jöfnunarorku til að vega á móti þeim sveiflum sem eru í vinnslu og ekki síður þeim frávikum sem eru milli vinnsluáætlana og raunverulegrar vinnslu.

Það er því ekki fjarri lagi að segja að án virks raforkumarkaðar mun vindorka ekki vera hluti af orkuskiptum okkar Íslendinga þótt í raun sé erfitt að sjá hvernig þeim markmiðum verður náð án hennar. Virkur raforkumarkaður er því bæði lykilforsenda fyrir farsælum orkuskiptum og forsenda fyrir þjóðhagslega mikilvægri raforkuvinnslu.

### 5.2 Samantekt um þjóðhagslegt virði raforkuvinnslu

- Virkur raforkumarkaður er nauðsynleg forsenda vindorkuvinnslu og annarra breytilegra orkugjafa.
- Án vindorkunnar og annara breytilegra orkugjafa munu markmið um orkuskipti ekki nást.
- Þjóðhagslegt virði vindorkunnar er tvíþætt. Annars vegar lægri kostnaður en kostir í rammaáætlun og hins vegar virðissköpun sem fylgir orkunotkun.

<sup>18</sup> Efla, Þjóðhagslegur kostnaður vegna takmarkana í flutningskerfi raforku, 2023, bls 3

## 6 Hlutverk markaðar í raforkuöryggi – orkuskortur 2022

Skilvirkir markaðir með virkum viðskiptum leika lykilhlutverk í raforkuöryggi þjóða. Til skemmri tíma dregur verðlagning sem tekur virkt mið af stöðu framboðs og eftirspurnar úr orkusóun þegar framboðsstaða er slæm og hvetur til aukinna umsvifa þegar hún er góð. Virkur markaður með skýrum og kvikum verðmerkjum eykur þannig aflöryggi með því að skapa hvata til þess að notendur raforku hniki til notkun sinni og framleiðendur auki framboð af afli með ýmsum leiðum. Með sama hætti eykst orkuöryggi í slæmum vatnsárum ef virk verðmerki draga úr orkunotkun yfir lengri tíma frekar en að skortur leiði til skömmtunar þegar í ófni er komið líft og gerðist árið 2022. Verðmerki og hegðun á markaði veita svo mikilvægar upplýsingar og fjárfestingahvata til lengri tíma. Með því er virkur raforkumarkaður lyklatríði í raforkuöryggi þjóða. Til þess að markaður geti leikið þetta mikilvæga hlutverk í raforkuöryggi er mikilvægt að huga að því að setja upp skilvirkt markaðsfyrirkomulag.

### 6.2 Forsendur fyrir skilvirkum markaði

Í skýrslu Hagfræðistofnunar Háskóla Íslands, *Skyndimarkaður með raforku á Íslandi*, frá árinu 2013 er að finna eftirfarandi umfjöllun um forsendur fyrir skilvirkum markaði. Umfjöllun Hagfræðistofnunar rennir stöðum undir nauðsyn þess að breyta núverandi fyrirkomulagi raforkuviðskipta og hefur gott forspárgildi fyrir þá atburðarás sem varð á íslenska raforkumarkaðnum árið 2022:

*Á mörkuðum myndast markaðsverð í samræmi við eftirspurn kaupenda og framboð seljanda og þannig gefur markaðsverð aðilum til kynna hvort ábatasamt sé að taka þátt í viðskiptum*

*Á fullkomnum markaði er alla jafna gert ráð fyrir að eftirfarandi skilyrði þurfi til að markaðurinn teljist skilvirkur:*

- *Varan er einsleit og þar af leiðandi skiptir það kaupendur ekki máli hver seljandinn er.*
- *Engin ytri áhrif (e. Externalities), Hvert fyrirtæki ber fullan kostnað af framleiðslu sinni og framleiðsla þess hefur hvorki jákvæð né neikvæð áhrif á aðra markaði.*

- *Enginn viðskiptakostnaður. Hvorki kaupendur né seljendur bera kostnað af því að taka þátt í markaðnum.*
- *Fullkomnar upplýsingar. Kaupendur og seljendur hafa allar nauðsynlegar upplýsingar um markaðinn og þar með talið verðið og gæði vörunnar.*
- *Verðþegar (e. Price taking), Kaupendur og seljendur geta ekki einir og sér haft áhrif á verðið sem varan er seld og keypt. Verðið ákvarðast á markaði og kaupendur og seljendur taka því verði sem gefnu.*

*Á fullkomnum samkeppnismarkaði getur seljandi ekki selt vöru sína á hærra verði heldur en markaðsverð án þess að tapa viðskiptum. Á sama hátt geta kaupendur ekki heldur fundið seljanda til þess að selja vöru sína undir markaðsverði og því verða kaupendur að líta á markaðsverðið sem óbreytanlega staðreynd. Ein afleiðing þess að verð er ákvarðað á markaði er að markaðurinn jafnar framboð og eftirspurn og þar af leiðandi geta þátttakendur keypt það magn sem þeir kjósa á markaðsverði hvers tíma. Fæstir markaðir uppfylla öll skilyrði fyrir fullkomnum markaði og því er mikilvægt að líta til þess hvort markaðir séu nógu skilvirkir til þess að leiða í ljós ávinning þeirra. Erfitt getur verið að meta nákvæmlega skilvirkni markaða og geta frávik frá þeim forsendum um fullkominn samkeppnismarkað dregið úr skilvirkni án þess þó að markaðurinn hætti að vera skilvirkur. Vísbendingar um óskilvirkan markað geta strjál viðskipti, óstöðugt verð og óútskýranlegar verðbreytingar.<sup>19</sup>*

Strjál viðskipti, óstöðugt verð og óútskýranlegar verðbreytingar eru allt atriði sem koma upp þegar virkni íslenska raforkumarkaðarins árið 2022 er skoðuð. Hér að aftan verður fjallað um áhrif framboðsskorts á raforku árið 2022, fyrst með umfjöllun um kostnaðargreiningu Eflu á þjóðhagslegum kostnaði vegna framboðsskortsins en svo með umfjöllun um markaðsbrest sem varð á skammtímamarkaði.

### 6.3 Evrópskir raforkumarkaðir og Úkraínustríðið

Evrópskir neytendur hagnast um 34 milljarða evra ár hvert á á þeirri hagkvæmni sem næstadagsmarkaðir hafa leyst úr læðingi. Þetta mat kemur fram í skýrslu samvinnustofnunar evrópskra eftirlitsaðila (e. ACER) sem kom út í apríl árið 2022.<sup>20</sup> Íbúafjöldi innan Evrópusambandsins árið 2022 var 447

<sup>19</sup> Skyndimarkaður með raforku á Íslandi, Hagfræðistofnun Háskóla Íslands, apríl 2013

<sup>20</sup> ACER's Final Assessment of the EU Wholesale Electricity Market Design: April 2022, bls 6

milljónir og því um 11.000 króna ábata að ræða fyrir hvert mannsbarn í Evrópu.

Innrás Rússa í Úkraínu 24. febrúar 2022 olli gasframboðsskelli til Evrópu með og þar með framboðsskelli á raforkumörkuðum með tilheyrandi verðhækkunum á raforkumörkuðum. Í annari skýrslu ACER kemur fram: „Árið 2022 einkenndist af miklum verðhækkunum á öllum rafmagnsmörkuðum, aðallega vegna Rússnesku innrásarinnar í Úkraínu. Mikinn lærdóm má draga af þeirri krísu sem fylgdi. Þá helst um þá áfallapól samtengdra raforkumarkaða.“<sup>21</sup>

Ein afleiðing framboðsskellsins var að langtímasamningum fækkaði og viðskipti á skyndimarkaði og næsta-dagsmarkaði jukust. Virk verðmerki leika lykilhlutverk í virkni markaða þegar upplýsingar um framboð og eftirspurn eru óljós eða síbreytileg eins og í kjölfar innrásarinnar. Leiðir ACER að því líkur að virkir heildsólumarkaðir með samfelldum viðskiptum hafi tryggt það orkuöryggi sem ekki fékkst lengur með langtímasamningum og enn fremur dregið þannig úr skyndilegum verðhækkunum (e. price spikes).

#### 6.4 Virkni íslenska raforkumarkaðarins

Virkur raforkumarkaður getur leikið mikilvægt hlutverk í raforkuöryggi með því að miðla upplýsingum og skapa hvata til breyttrar hegðunar í gegnum verðmerki. Virk verðmerki geta til dæmis skapað hvata til þess að flytja starfsemi milli landshluta ef flutningstakmarkanir valda framboðsskort í einum landshluta en ekki öðrum. Virk verðmerki geta einnig aukið skilvirkni í kerfinu með því að tryggja að orkuskorti sé mætt með hærra verði og umframframboði með lægra verði svo orkusóun sé lágmarkuð.<sup>22</sup>

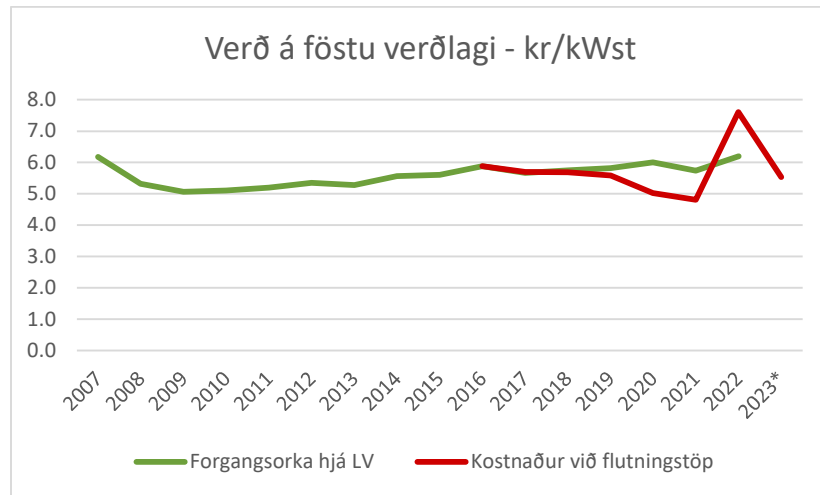
Sú staða kom upp árið 2022 að vegna þurrkatíðar var staða miðlunarlóna á Þjórsár- og Tungnaársvæðinu mjög lág í byrjun vatnsársins 2021/2022. Vatnsstaða í Þórisvatni var raunar langt undir meðallagi nánast allan veturinn á meðan vatnsstaða í Blöndulóni og Háslóni var um eða yfir meðallagi. Flutningstakmarkanir og ólík vatnsstaða milli landshluta mynduðu tímabundinn framboðsskort á suður- og vesturhluta landsins sem í virkara markaðsumhverfi hefði leitt til nýs jafnvægis framboðs og eftirspurnar með verðbreytingum. Verðsvæði sitt hvorum megin við flutningstakmarkanirnar hefðu einnig geta skapað langvarandi hvata fyrir fyrirtæki að staðsetja starfsemi sína réttu megin við flutningstakmarkanirnar og njóta þannig lægri

orkukostnaðar. Með því væri til lengri tíma einnig hægt að draga úr uppbyggingarþörf flutningskerfisins með tilheyrandi lækkun orkukostnaðar. Sambland framboðsskorts og aukinnar eftirspurnar gerði það að verkum að ekki var hægt að anna allri eftirspurn eftir raforku. Flutningstakmarkanir um byggðalínuna leiddu til langvarandi skerðinga til fiskvinnslu, fjarvarmaveitna og stóriðju þar sem ekki var hægt að fullnýta vinnslugetu m.a. í Blöndu og Fljótsdal til að anna eftirspurn vegna takmarkaðrar flutningsgetu. Þessi framboðsskortur birtist í miklum kostnaðarhækkunum fyrir Landsnet vegna kaupa á flutningstöpum sem Landsnet kaupir með útboðum. Árið 2022 var kostnaður Landsnets 2,92 milljarðar samanborett við 1,7 milljarða árið 2021. Hækkun um 1,2 milljarða króna eða 70%.

Leiða má að því líkur að framangreindur skortur og flutningstakmarkanir hefðu átt að leiða til verðhækkana á markaði fyrir forgangsortu eins og varð á markaði fyrir flutningstöp. Raunin varð hins vegar sú að litlar verðbreytingar urðu á verði forgangsortu þrátt fyrir mikla umframeftirspurn eftir raforku vegna m.a. mikillar veiði uppsjávarfisks og óvenju góðrar samkeppnishæfni íslenskrar stóriðju, sökum orkukrísu í Evrópu. Þess í stað var gripið til skerðinga á orkuafhendingu til að mæta óuppfylltri orkuþörf.

<sup>21</sup> Progress of EU electricity wholesale market integration – Market Monitoring Report 2023, ACER, bls 5

<sup>22</sup> Sambærilegar niðurstöður má sjá fjölda skýrsla um orkuöryggi og raforkumarkaði. T.d. bls 23 í Skýrslu starfshóps um orkuöryggi á heildsólumarkaði fyrir raforku frá árinu 2020 og skýrslum frá HHÍ árin 2013 og 2018.

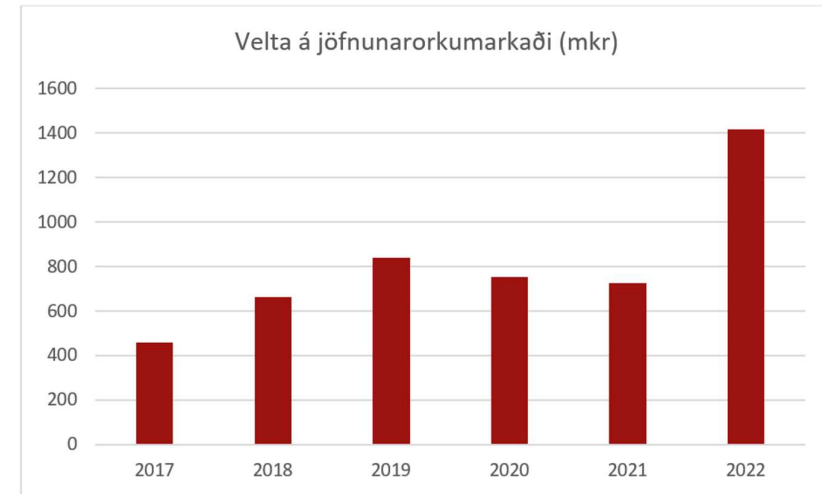


MYND 9 VERÐ Á FORGANGSORKU HJÁ LANDSVIRKJUN OG KOSTNAÐUR LANDSNETS VIÐ FLUTNINGSTÖP \*(EKKI HEILT ÁR 2023)

Í skýrslu sem EFLA vann fyrir Landsnet var áætluð úppfyllt orkuþörf, þ.e. sú eftirspurn eftir raforku sem þurfti að skerða, metin auk þess sem að hámarksvinnslugeta í Blöndu og Fljótsdal var áætluð. Niðurstöður sýndu að úppfyllt eftirspurn nam um 300 GWst (~1,5% af orkunotkun ársins) en vinnslugeta hefði getað aukist um á bilinu 200 til 350 GWst ef ekki hefði verið fyrir flutningstakmarkanir milli landshluta. Því hefði verið hægt að anna allri eftirspurn ef ekki væri fyrir flutningstakmarkanir.

Margt mælir með því að hagkvæmara sé að bregðast við skorti með verðhækkun en skömmtunum.<sup>23</sup> Niðurstaða greiningarinnar var að þjóðhagslegur kostnaður vegna skerðinganna hefði verið um 5 milljarðar króna. Með virkari orkumarkaði hefði mögulega verið hægt að bregðast við og láta markaðslausnir koma í veg fyrir skerðingar að miklu eða öllu leyti. En vegna þess hve stór hluti íslensks raforkumarkaðar er bundinn í langtímasamninga með föstum verðum varð markaðsbrestur á framboðshlið skammtíamarkaðar sem færðist í raun yfir á jöfnunarorkumarkað með

verulegum kostnaðarauka fyrir orkukaupendur. Sjá umfjöllun um markaðsbrest á skammtíamarkaði hér að aftan.



MYND 10 VELTA Á JÖFNUNARORKUMARKAÐI

Árið 2022 hafði orkuskortur áhrif til verðhækkunar á jöfnunarorkumarkaði og nam velta á þessum markaði 1.415 mkr. sem er rúmlega tvöföldun á meðalveltu síðustu fimm ára á undan.

Í skýrslu sem EFLA vann fyrir Landsnet var áætluð úppfyllt orkuþörf, þ.e. sú eftirspurn eftir raforku sem þurfti að skerða, metin auk þess sem að hámarksvinnslugeta í Blöndu og Fljótsdal var áætluð. Niðurstöður sýndu að úppfyllt eftirspurn nam um 300 GWst en vinnslugeta hefði getað aukist um á bilinu 200 til 350 GWst ef ekki hefði verið fyrir flutningstakmarkanir milli landshluta. Því hefði verið hægt að anna allri eftirspurn ef ekki væri fyrir flutningstakmarkanir.

<sup>23</sup> Öryggi á almennum markaði með rafmagn, bls 4, HHÍ, 2018

Niðurstaða greiningar EFLU var að þjóðhagslegur kostnaður vegna skerðinganna hefði verið um 5 milljarðar króna og er þá ótalin sá 700 mkr. viðbótarkostnaður á jöfnunarorkumarkaði sem varð til vegna markaðsbrests á skammtímamarkaði og 1.200 mkr. hækkun á kostnaði vegna flutningstapa.

### 6.5 Markaðsbrestur á skammtímamarkaði

Erfitt vatnsár og flutningstakmarkanir, í bland við óvirk verðmerki, urðu til þess að orkuskortur myndaðist á almennum skammtímamarkaði árið 2022. Sá orkuskortur virðist hafa leitt til óvenjulegrar hegðunar á jöfnunarorkumarkaði þar sem markaðsaðilar settu ítrekað inn vanmetnar vinnsluáætlanir og treystu í raun á jöfnunarorkumarkað til að tryggja sér orku sem þeir gátu ekki orðið sér úti um á almennum skammtímamarkaði.

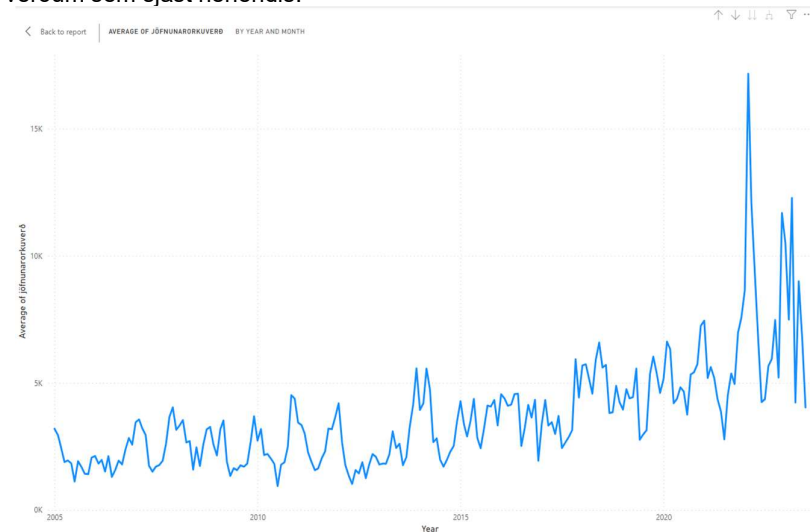
Sú aðstaða sem þarna skapaðist varð í raun til þess að jöfnunarorkumarkaður var farinn að sinna hlutverki sem honum var ekki ætlað en hlutverk jöfnunarorkumarkaðar er að jafna smávægileg frávik milli áætlana um framboð og eftirspurn á markaði, ekki að leysa úr framboðsskortri.

*Á jöfnunarorkumarkaði er tvenns konar reglun á framboði til jöfnunar við eftirspurn. Svokölluð uppreglun þar sem tiltækt afl er nýtt til að jafna meiri eftirspurn en gert var ráð fyrir í áætlunum. Niðurreglun er svo andstæðan. Þá er dregið úr vinnslu raforku til að mæta minni eftirspurn en gert var ráð fyrir.*

*Jöfnunarorkumarkaðir leika lykilhlutverk í að viðhalda öllum stundum jafnvægi milli framboðs og eftirspurnar í raforkukerfi.*

Við eðlilegar aðstæður er hátt jöfnunarorkuverð í uppreglun og lágt verð í niðurreglun skýr hvati til þess að jöfnunarábyrgir aðilar áætli eftir bestu vitund. Þegar nýting uppreglunartilboða er orðin óæskilega mikil miðað við framboð þá er jöfnunarorkuverðið öllu jafna hátt miðað við verð á skammtímaorku. Því ætti ekki að vera hvati til þess að vanáætla notkun forgangsorku. Eins þegar nýting niðurreglunartilboða er óæskilega mikil miðað við framboð, þá er

jöfnunarorkuverðið öllu jafna lágt (nánast alltaf 0 kr./MWst) og því engin ástæða til þess að vanáætla framleiðslu í jöfnunarorkuáætlunum. Þessi innbyggði hvati í fyrirkomulagi jöfnunarorkumarkaðarins, til þess að áætla eftir bestu vitund, brotnar hins vegar þegar eftirspurn eftir raforku er orðin meiri heldur en framboð. Smásalar raforku sjá sér þann einan kost að vanáætla notkun forgangsorku til þess að mæta eftirspurn sinna viðskiptavina, þrátt fyrir að frávikkið sé gert upp sem jöfnunarorka á hæstu verðum sem sjást hérlandis.



MYND 11 VERÐ Á JÖFNUNARORKUMARKAÐI ISK/MWst

Þessi staða kom upp á jöfnunarorkumarkaði árið 2022. Smásalar raforku skiluðu ítrekað vanáætluðum söluáætlunum og keyptu jöfnunarorku til að brúa bilið. Smásalarnir voru verðtakar í þessari stöðu á sama tíma og þeim var ómögulegt að hækka verð til endanotenda og draga þannig úr eftirspurn. Bæði stórnótnendur og almennir notendur raforku voru skertir vegna framboðsskortsins sem myndaðist. Sú staða kom upp að skerða þurfti viðskiptavini annara smásala en þeirra sem skiluðu vanáætluðum söluáætlunum sem skapaði deilur milli markaðsaðila hvort þess konar



skerðingarheimild sé að finna í samningum eða ekki. Kristallast þar mikilvægi gagnsæis á markaði.

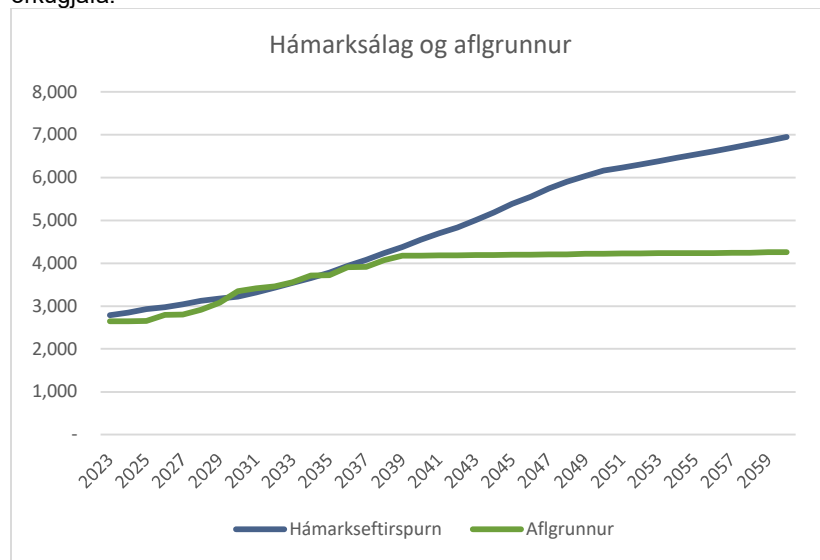
Þessi atburðarás sýnir hvort tveggja hvernig virkir markaðir stuðla að raforkuöryggi og hvernig óvirkir markaðir vinna gegn því. Almennur skammtíamarkaður virkaði ekki til að tryggja jafnvægi milli framboðs og eftirspurnar sökum ógagnsærra langtímasamninga, skorts á verðmerkjum og lóðréttar samþættingar markaðsaðila sem dregur úr framboði á markaði. Skerðingar utan markaðar og virkni jöfnunarorkumarkaðar út fyrir skilgreint hlutverk hans urðu til þess að skapa jafnvægi milli framboðs og eftirspurnar en með miklum tilkostnaði.

## 6.6 Samantekt um raforkumarkað og raforkuöryggi

- Margt mælir með því að hagkvæmara sé að bregðast við skorti með verðhækkun en skömmtunum.
- Skortur á verðmerkjum skerðir raforkuöryggi í slæmum vatnsárum. Eftirspurn svarar verði og framboð þarf að hafa áhrif á verð.
- Hægt hefði verið að afstýra orkuskorti ársins 2022 með virkari markaði. Til lengri tíma litið er of lágt verð líklegt til að leiða til endurtekinna skortára.
- Orkuskortur ársins 2022 kostaði samfélagið yfir fimm milljarða króna.
- Markaðsbrestur varð árið 2022 þar sem hlutverk jöfnunarorkumarkaðar breyttist vegna skorts á almennum heildsölumarkaði. Kostnaður vegna markaðsbrests fyrir neytendur var um 700 mkr.
- Kostnaður vegna tapa í flutningskerfinu jókst um 1,2 milljarða króna. Þessum kostnaði er velt beint á neytendur.
- Virkir raforkumarkaðir eru jafnan skilgreindir sem lykilatriði við tryggingu raforkuöryggis.

## 7 Afskortur og eftirspurnarstýring

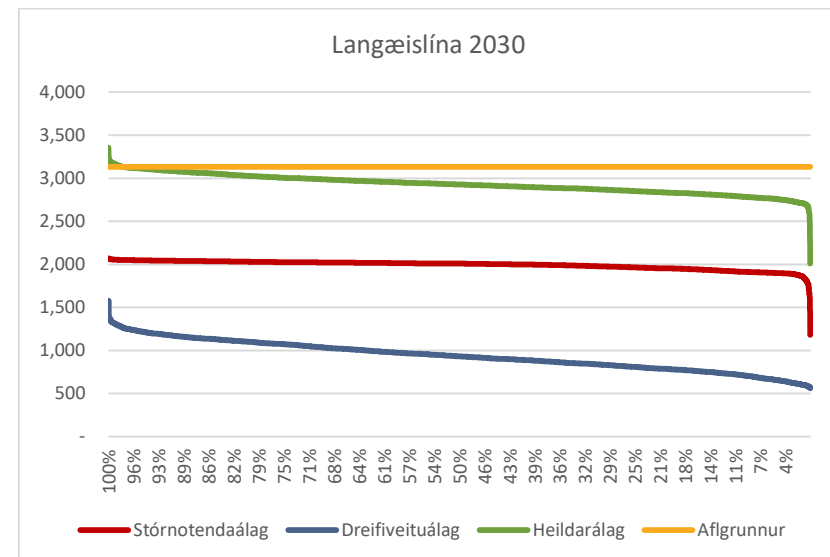
Árið 2022 kom til skerðinga á afhendingu raforku vegna samspils flutningstakmarkana og slæms vatnsárs á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu sem takmörkuðu sveigjanleika til afhendingar. Ekki var um eiginlegan orkuskort að ræða þar sem vatnsbúskapur í Háslóni var ekki fullnýttur. Fyrirséð er að sambærileg staða geti komið upp á næstu árum þar sem afskortur í kerfinu leiðir til þess að skerða þurfi afhendingu á raforku. Eins og sjá má á Mynd 12 þá eru verulegar líkur á því að eftirspurn muni fara umfram aflgetu kerfisins á næstu árum og að ástandið muni versna til muna þegar virkjanakostir úr rammaáætlun eru fullnýttir. Eftirspurnarstýring mun ekki ein og sér leysa þann vanda sem blasir við eftir 2030 en getur með hagkvæmum hætti stuðlað að betri rekstri raforkukerfisins fram að þeim tíma og verður nauðsynleg rekstrarforsenda kerfisins til frambúðar með auknum hluta breytilegra orkugjafa.



MYND 12 HÁMARKSEFTIRSPURN OG AFLGRUNNUR (UPPSETT AFL STÝRANLEGRA ORKUGJAJA)

Samkvæmt rammaáætlun og raforkuspá Landsnets stefnir í að verulegur orku- og afskortur myndist í fyrirsjáanlegri framtíð ef ekki kemur til verulegrar

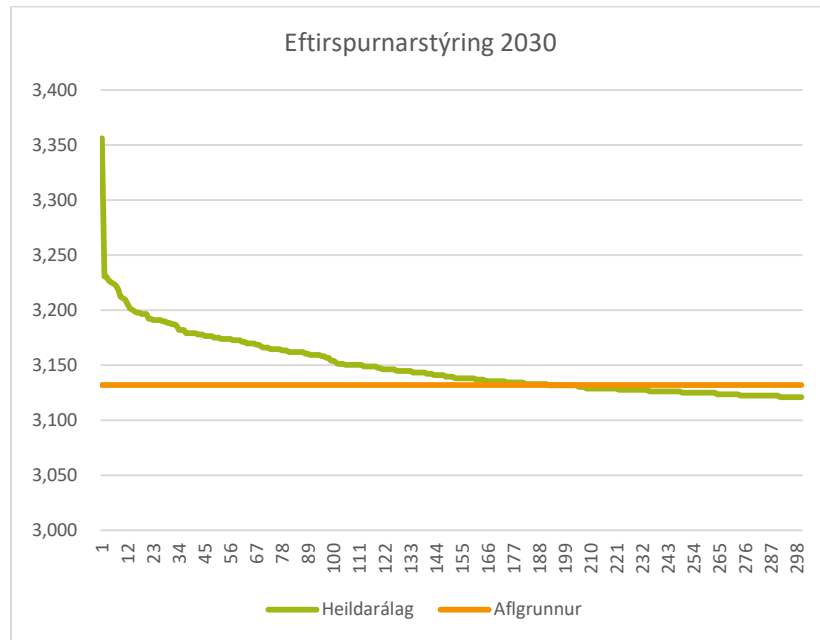
uppbyggingar á breytilegum orkugjöfum svo sem vindorku. Vindorka er hins vegar óstýranleg þar sem vindurinn blæs ekki samkvæmt sveiflum í eftirspurn. Það getur því komið til þess að afl skorti í kerfinu þótt næg orka sé til á ársgrundvelli ef mikið álag fer saman við lítinn vind. Þá geta notendur leikið mikilvægt hlutverk í rekstri raforkukerfisins með því að draga úr eftirspurn sinni. Gera má ráð fyrir því að þetta hlutverk muni vaxa að umfangi á næstu árum og frá og með 2030 verði um vaxandi áskorun að ræða. Ef lítið er til annars vegar álagsdreifingar eins og hún hefur verið undanfarnin ár í íslenska raforkukerfinu og vexti eftirspurnar samkvæmt raforkuspá er hægt að sjá fyrir í grófum dráttum hvernig líklegt er að þróun afls og orkunotkunar verði.



MYND 13 LANGÆISLÍNA 2030 HLUTI ÁRS Á X-ÁS, ÁLAG (MW) Á Y-ÁS

Langæislína er aðferð til að sýna breytileika álags.<sup>24</sup> Sé farið eftir x-ásnum má sjá hluta hvers árs sem álag er minna en það sem y-ás sýnir. Með öðrum orðum hefur heildarálagi, álagi vegna stórnotenda og álagi vegna dreifiveitna verið raðað frá mesta álagi til minnsta álags innan árs. Mesta álagið lengst til vinstri og minnsta lengst til hægri.

Hámark heildarálags er það hámark sem verður samanlagt en ekki hámark stórnotenda að viðbættu hámarki dreifiveitna. Þegar litið er til væntanlegs álags árið 2030 kemur í ljós að aflgrunnur, sá hluti uppsetts afls sem er stýranlegur, er ekki nóg til að standa undir hámarksálagi í kerfinu. Reiknuð langæislína fyrir heildarálag fer yfir aflgrunn í 190 klst eða tæp 2% ársins, sjá einnig Mynd 14.



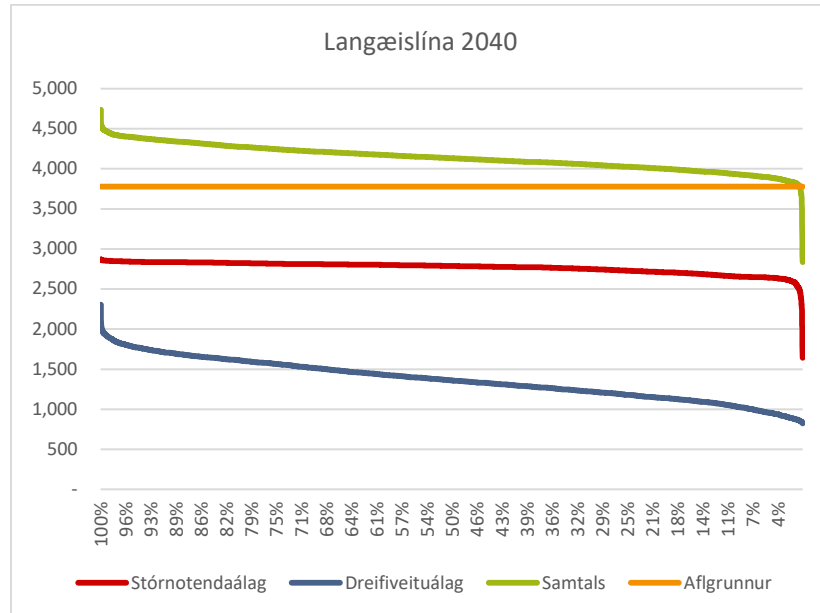
MYND 14 EFTIRSPURNARSTÝRING 2030 - FJÖLDI KLUKKUSTUNDA Á X-ÁS, ÁLAG (MW) Á Y-ÁS

Á Mynd 14 má sjá fjölda klukkustunda þar sem eftirspurn er meiri en stýranlegt afl. Þessari eftirspurn, merkt á grafinu með svæði fyrir neðan gráu línuna en fyrir ofan gulu, þarf að mæta með blöndu af óstýranlegri orku og eftirspurnarstýringu.

Árið 2030 er ekki við því að búast að um stórt mál sé að ræða. Fyrirséð eftirspurn verður undir aflgrunni 98% ársins og hlutfall orku sem þarf að hliðra eftirspurn fyrir er um 0,02%. Engu að síður þyrfti yfir 220 MW af stýranlegu afli til að geta áreiðanlega mætt hámarksálagi ársins. Þar sem ekki er um skort á orkugetu að ræða mætti mæta þeirri áskorun með aflaukningu virkjanakosta og ekki þyrfti endilega að koma til nýrra virkjanakosta. Gera má gera ráð fyrir því að kostnaður við slíka aflaukningu væri um 200 mkr./MW eða nálægt 4,5 mkr. Þótt þar sé um fjárfestingu að ræða er ljóst að um skammgóðan vermi yrði að ræða þar sem aflþörf í kerfinu heldur áfram að hækka.

Til samanburðar mætti líta til þess að samkvæmt niðurstöðu greiningar EFLU og Landsnets var þjóðhagslegt virði skertrar raforku árið 2022 17.800 kr/MWst. Sé miðað við slíka tölu sem markaðsvirði þess að draga úr raforkunotkun eða að hliðra henni væri kostnaðurinn um 100 mkr. eða 0,2% af því sem fjárfesting í aflaukningu til að ná sama markmiði kostar. Eins og fram kemur í raforkuspá Landsnets munu stýranlegir orkugjafar ekki geta staðið undir orkuþörf landsmanna mikið lengur en 2030 og mikilvægi sveigjanleika mun fara ört vaxandi á árunum þar eftir. Árið 2040 hefur hlutfall tíma þar sem stýranlegt afl stendur undir eftirspurn snúist við, frá því að standa undir eftirspurn 98% tímans 2030 niður undir 1% árið 2040.

<sup>24</sup> Nánari útskýringu á framsetningu langæislínu má sjá í viðauka I



MYND 15 LANGÆISLÍNA 2040 HLUÐI ÁRS Á X-ÁS, ÁLAG (MW) Á Y-ÁS

Sé litið til ársins 2040 í raforkuspá Landsnets kemur fram að stýranlegir orkugjafar munu geta reitt fram afl upp á tæp 3.800 MW en gera má ráð fyrir að álagstoppur verði um 4.800 MW. Enn fremur verður heildarálag yfir 3.800 MW í meira en 8.700 klst. eða 99,6% ársins. Það munu því óhjákvæmilega skapast aðstæður þar sem afhending raforku er háð breytilegum orkugjöfum, líklegast vindorku. Við svona stöðu í raforkukerfinu er illmögulegt að sjá fyrir sér að hægt sé að aflstækka virkjanir til þess að standa undir aflöryggi. Sveigjanleiki og eftirspurnarstýring verður að vera hluti af reglubundnum rekstri raforkukerfisins.

Til að sýna umfang og virði eftirspurnarstýringar er sett fram sviðsmynd um uppbyggingu 10 150 MW vindorkugarða sem gætu framleitt næga orku á

ársgrundvelli til að mæta orkuþörf samfélagsins en með óstýranlegum hætti sem hefur óhjákvæmilega í för með sér hættu á tímabundnum aflskorti.

TAFLA 3 SVIÐSMYNDIR UM AFLSKORT

Aflskortur (MW)	Fjöldi klukkustunda	Hlutfall árs	Hlutfall orku
0-100	629	7,2%	0,08%
100	401	4,6%	0,16%
200	150	1,7%	0,10%
300	43	0,5%	0,04%
400+	15	0,2%	0,02%

Eins og sjá má á töflu er þörf fyrir sveigjanlega eftirspurn stóran hluta ársins, nánar tiltekið tæpar 1.250 klst eða nálægt 15% árs. Hlutfall þeirrar orkunotkunar sem þyrfti að draga úr eða flytja væri hins vegar mun minna þar sem afl væri ávallt til staðar til að mæta stærstum hluta eftirspurnarinnar. Með þessum einföldu forsendum mætti ætla að flytja þyrfti eða draga úr um 0,4% orkunotkunar.

<sup>25</sup> Stuðst er við reiknaða langæislínu fyrir árið 2040 og bætt við breytilegri vindorkuvinnslu frá 10x150 MW vindorkugörðum.

Sé miðað við þjóðhagslegt virði raforkunotkunar upp á 17.800 kr/MWst mætti áætla að kostnaðurinn við að draga úr allri þessari notkun væri 2,6 mkr. Sú tala er fræðilegt hámark og ávallt líklegra að sveigjanleiki í eftirspurn þýði að stór hluti þessarar orkunotkunar verði færð til í tíma. Uppsafnaður kostnaður við sveigjanleika til 50 ára myndi svo safnast upp í 45 mkr. Samanborið við þær kostnaðarforsendur að hvert MW í aflaukningu kosti 200 mkr. er því mikil hagkvæmni fólgin í sveigjanleikanum.

TAFLA 4 SVEIGJANLEIKI EÐA AFLAUKNING?

Sveigjanleiki eða aflaukning?	
Hámarksafskortur (MW)	600
Tímabundinn orkuskortur frá afskorti (MWst)	145.671
Þjóðhagslegt virði tímabundins orkuskorts (mkr)	2.593
Virði/MW-afskorti (mkr/MW)	4,3
Kostnaður við aflaukningu mkr/MW	200
Heildarkostnaður við aflaukningu (mkr)	120.000
Hlutfall sveigjanleikakostnaðar af aflaukningu	2,2%

Til lengri tíma litið getur orkugeymsla á borð við dæluvirkjanir eða rafhlöður mögulega orðið hagkvæm, en raforkumarkaður með virkum verðmerkjum myndi flýta fyrir þeirri þróun. Virk verðmerki skapa hvata til þess að kaupa orku á lágu verði þegar framboð er mikið og eftirspurn lítil og selja svo aftur þegar verð hækkar.

## 7.2 Samantekt um virði sveigjanleika og eftirspurnarstýringar

Virði sveigjanleika mun fara ört vaxandi í íslensku raforkukerfi þar sem nú þegar er farið að bera á afskorti í kerfinu og áætlanir um orkuskipti og kolefnishlutleysi þýða að raforkubörf mun fara umfram það sem hægt er að veita með áreiðanlegum og stýranlegum orkugjöfum. Vindorka mun þurfa að spila stórt hlutverk í að tryggja orkuöryggi og hún gerir kröfur um aukin sveigjanleika annara þátta í raforkukerfinu hvort sem hann kemur frá neytendum eða aflaukningu annara framleiðslueininga. Hér hefur verið sýnt fram á að hagkvæmni sveigjanleika með markaðslausnum er langtum hagkvæmari en aflaukning til að tryggja aflöryggi í raforkukerfinu. Kostnaður við sveigjanleika var metinn 45 mkr. að núvirði til 50 ára en sé litið til aflaukningar væri sá kostnaður um 120 mkr. Sveigjanleiki gæti því staðið á bata upp á 1.500 mkr. árið 2030 ef forsendur í raforkuspá Landsnets rætast. Sú tala er líkleg til vaxa með auknum umsvifum breytilegra orkugjafa og tilheyrandi sveigjanleika á raforkumarkaði.

- Virkur og sveigjanlegur markaður verður nauðsynleg rekstrarforsenda raforkukerfisins eftir 2030 með vaxandi hlut breytilegra orkugjafa.
- Stýranlegt afl verður í vaxandi mæli ófullnægjandi til að mæta eftirspurn. Sveigjanleg framleiðsla og notkun verður að vera hluti af reglubundnum rekstri raforkukerfisins.
- Virkur og sveigjanlegur markaður stuðlar að hagkvæmum leiðum til að halda jafnvægi í raforkukerfinu.
- Eftirspurnarstýring er mikið hagkvæmari kostur en aflaukning til að mæta stuttum afskorti en tryggir ekki orkuöryggi yfir heilt ár.
- Rafhlöður og aðrar aðferðir við geymslu orku verða mögulega hagkvæmar sé litið til lengri tíma.



## 8 Samantekt

Miklar breytingar standa yfir á orkubúskap heimsins. Þjóðir heims hafa sett sér metnaðarfull markmið um umbreytingu orkukerfa sinna til að koma í veg fyrir alvarlegar og óafturkræfar breytingar á loftslagi og vistkerfum jarðarinnar. Allar þjóðir standa frammi fyrir fjölbreyttum áskorunum til að ná þessu markmiði og þarf hver þjóð að finna sína leið að settu markmiði. Eitt er þó sameiginlegt með þeim öllum. Alls staðar þurfa breytilegir og endurnýjanlegir orkugjafar að koma í stað jarðefnaeldsneytis. Virkir raforkumarkaðir eru því í lykilhlutverki við að ná loftslagsmarkmiðum heimsins. Sama á við hér á landi. Farið hefur verið yfir helstu atriði um hlutverk og ábata af virkum raforkumarkaði og vitnað til skrifta Hagfræðistofnunar Háskóla Íslands og orkustefnu stjórnvalda. Virkur raforkumarkaður mun meðal annars stuðla að aukinni fjárfestingu, bættri nýtingu auðlinda og auknu raforkuöryggi auk þess að ryðja burt aðgangshindrunum.

Án virks raforkumarkaðar munu markmið um orkuskipti ekki nást. Virkjanakostir í Rammaáætlun sem gætu starfað eftir núverandi markaðsfyrirkomulagi eru ófullnægjandi til að mæta raforkuþörf fyrir orkuskipti. Það mun þurfa að koma til vindorkunýtingar eða nýtingar annarra breytilegra orkugjafa sem geta ekki starfað án virks raforkumarkaðar. Sýnt hefur verið fram á að virkni á markaði er mjög lítil við núverandi fyrirkomulag og viðheldur í raun lóðréttari samþættingu orkufyrirtækja sem er bæði aðgangshindrandi fyrir nýja aðila á markaði og líklegt til að draga úr nýsköpun og þróun á markaði sem til lengri tíma dregur úr arðsemi fyrirtækja á markaði og neytendaábata.

Fjallað hefur verið um hvernig núverandi fyrirkomulag hindrar innkomu nýrra aðila á markað einkum þeirra sem myndu framleiða vindorku en arðsemi þess að virkja vindinn í stað dýrari jarðvarma- og vatnsaflskosta úr Rammaáætlun getur munað nálægt 1 kr./kWst sem mun skila sér í uppsöfnuðum ábata sem nemur milljarði króna árlega fyrir hverja TWst raforku. Í samhengi við 16 TWst orkuþörf vegna orkuskipta er ljóst að ábatinn við hagkvæmari orkuvinnslu er verulegur hvort sem hlutur vindorku verður meiri eða minni.

Umfjöllun Hagfræðistofnunar Háskóla Íslands um skilvirka raforkumarkaði sýnir að núverandi fyrirkomulag raforkuviðskipta uppfyllir illa þau skilyrði. Strjál viðskipti, óstöðugt verð og óútskýranlegar verðbreytingar eru allt atriði sem einkenna virkni íslenska raforkumarkaðarins árið 2022. Skortur á skýrum og rökréttum verðmerkjum er grundvallaratriði til að skilja þann markaðsbrest sem varð á raforkumarkaði það ár.

Fjallað hefur verið um hlutverk markaðar í að tryggja raforkuöryggi en skortur á verðmerkjum var ein orsaka orkuskipta á síðasta ári en sá orkuskiptur kostaði samfélagið um 5 milljarða króna. Kostnaður sem raforkunotendur báru á jöfnunarorkumarkaði voru 700 milljónir króna og 1.200 vegna kostnaðar við flutningstöp. Allar líkur eru á að sú skömmun sem varð á raforku hafi verið óhagkvæmari en virkari markaðslausnir hefðu skilað. Orku- og aflskortur er þegar byrjaður að gera vart við sig eins og staðan í raforkukerfinu árið 2022 sýndi glögglega. Raforkuspá Landsnets bendir til að þessi staða sé komin til að vera og að án virkari markaðslausna sé staðan frekar líkleg til að versna en skána til lengri tíma litið. Án virks raforkumarkaðar geti breytilegir orkugjafa ekki starfað og án þeirra er framboðsskortur óumflýjanlegur þar sem virkjanakostir í Rammaáætlun munu ekki standa undir eftirspurn. Verð sem endurspeglar ekki skort eða aðra raunverulega stöðu í raforkukerfinu mun auka skortinn og fjölga tilvikum skömmunar eða skerðinga.

Virkur raforkumarkaður er lykilatriði, bæði til þess að nýta betur auðlindir og núverandi kerfi en einnig til þess að stuðla að auknu framboði til lengri tíma. Sýnt hefur verið að eftirspurnarstýring með virkum raforkumarkaði er mun hagkvæmari en aflaukning upp að vissu marki en hún kemur ekki í stað framboðsaukningar til lengri tíma. Komi til þess framboðsskipta sem framboðsspá Landsnets og sviðsmyndir um orkuþörf gefa til kynna munu tapaðar tekjur geta numið nálægt 5% af þjóðarframleiðslu síðasta árs (2022). Þegar litið er til framangreindra atriða er ljóst að virkur raforkumarkaður er ekki bara nauðsynleg forsenda orkuskipta. Virkur raforkumarkaður er einnig nauðsynleg forsenda þess að ná fram skilvirkara raforkukerfi og auka þannig þjóðhagslegum ábata, öllum til hagsbóta. Ábati sem mun á endanum nema tugum milljarða árlega.

## A. Viðauki I

Langæislinur eru einföld leið til að setja fram breytileika álags í raforkukerfi. Sveiflur í álagi, orkunotkun á hverju augnabliki, eru sýndar með bláu línunni. Þar má sjá að á fyrsta klukkutíma ársins 2022 var álagið 2.195 MW. Á 13. Klukkutímanum lækkaði álagið skyndilega og var þá minnsta álag þess sólahringa eða 2.034 MW. Álagið jókst svo hratt aftur og náði hápunkti á 18. tímanum þegar það var 2.291 MW.

Langæislína tekur álagstölur dagsins og raðar þeim í stærðarröð frá mesta álagi til minnsta. Þannig fer álagið á 18. tímanum fremst í langæislinu og álagið frá 13. tímanum aftast. Þessi endurröðun er sýnd með rauðum örvum á grafinu hér að neðan. Langæislína tekur því tímaþáttinn úr sambandi og endurraðar álagi þannig að auðveldara sé að átta sig á hvernig álag dreifist yfir valið tímabil.

Langæislína 1. janúar 2022

