

# ***Íslenska raforkukerfið***

**Viðauki 87 af 92 við skýrslu Orkustofnunar OS-2015/04**

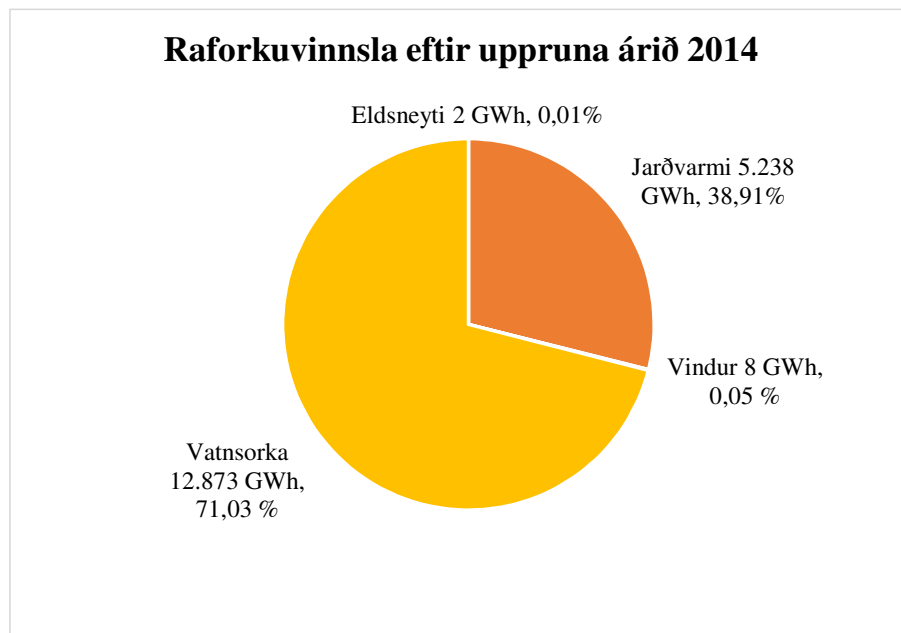
***Virkjunarkostir til umfjöllunar í 3. áfanga rammaáætlunar***



## Íslenska raforkukerfið

Viðauki 87 af 92 við skýrslu Orkustofnunar OS-2015-04

### *Virkjunarkostir til umfjöllunar í 3. áfanga rammaáætlunar*





## EFNISYFIRLIT

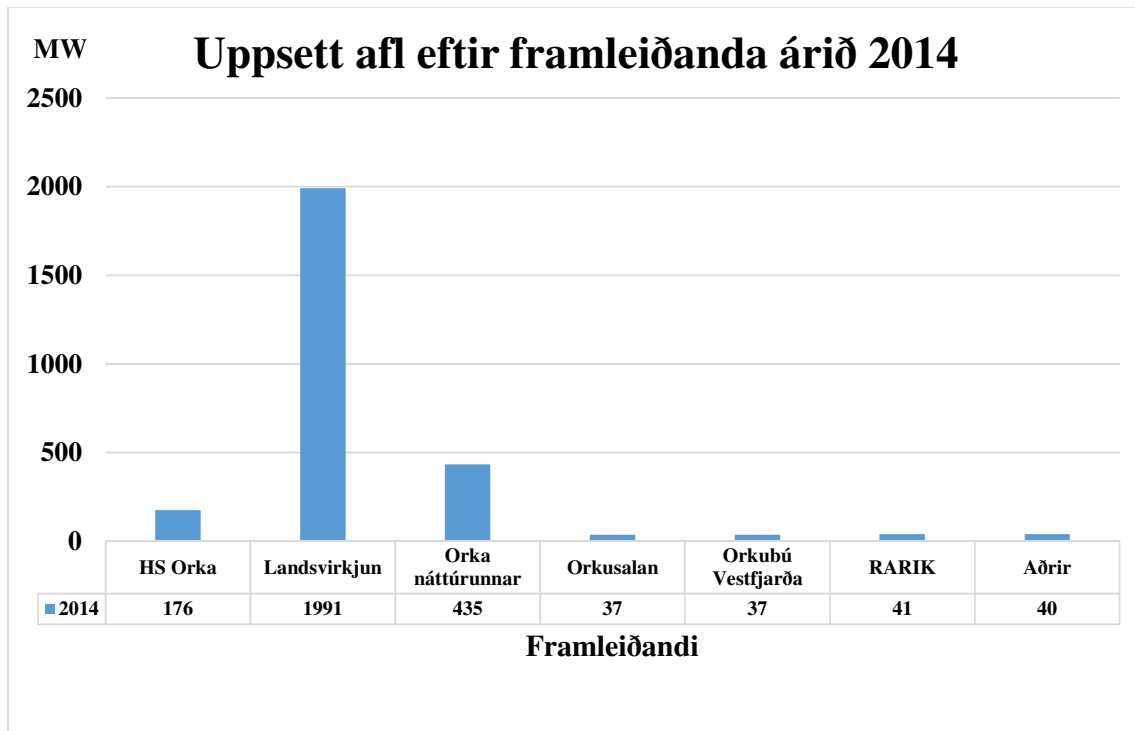
1	Inngangur .....	6
2	Uppsett afl .....	6
3	Raforkuvinnsla .....	6
4	Raforkunotkun.....	8
5	Flutningskerfið .....	10
6	Gæði raforku og afhendingaröryggi .....	11
7	Nýir orkugjafar .....	12
8	Mælieiningar orku .....	13
	Mynd 2-1: Uppsett afl eftir framleiðanda árið 2014. ....	6
	Mynd 3-1: Raforkuvinnsla á Íslandi eftir uppruna. ....	7
	Mynd 3-2: Raforkuvinnsla á Íslandi eftir framleiðanda. ....	7
	Mynd 3-3: Raforkuvinnsla og þróun hennar. ....	8
	Mynd 4-1: Þróun almennrar notkunar, stóriðjunotkunar og orkutapa í raforkukerfinu. ....	9
	Mynd 4-2: Almenn notkun, stóriðjunotkun og flutnings- og dreifitöp árið 2014. ....	9
	Mynd 4-3: Skipting almennrar raforkunotkunar árið 2014. ....	10
	Mynd 5-1: Flutningskerfi Landsnets í upphafi árs 2013. ....	11

## 1 INNGANGUR

Raforkunotkun Íslendinga hefur aukist mikið frá því að rafvæðing landsins hófst á fyrrihluta síðustu aldar. Á árinu 2012 nam heildarraforkunotkunin tæpri 17,1 TWh og hafði þá ríflega tvöfaldast frá árinu 2005. Almenn notkun raforku hefur verið í hæðum en stöðugum vexti en raforkunotkun stóriðju óx gríðarlega á fyrsta áratug þessarar aldar vegna tilkomu Kárahnjúkavirkjunar og Fjarðaáls.

## 2 UPPSETT AFL

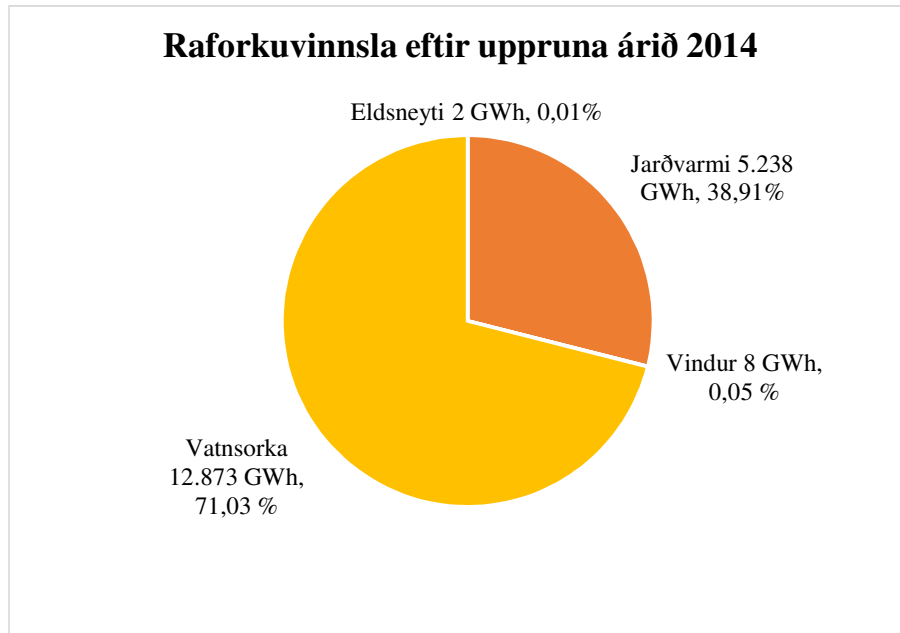
Landsvirkjun hefur um árabil framleitt mestan hluta raforku á Íslandi. Orka Náttúrunna (ON) og HS Orka hafa á undanförunum árum aukið framleiðslu sína verulega en aðrir framleiðendur veða lítið í heildarframleiðslu raforku á Íslandi. Athugið að uppsett afl hjá RARIK er eingöngu varaafli. Uppsett afl í landinu í dag er 2.757 MW, þar af er Landsvirkjun með stærsta hlutann eða 72%.



Mynd 2-1: Uppsett afl eftir framleiðanda árið 2014.

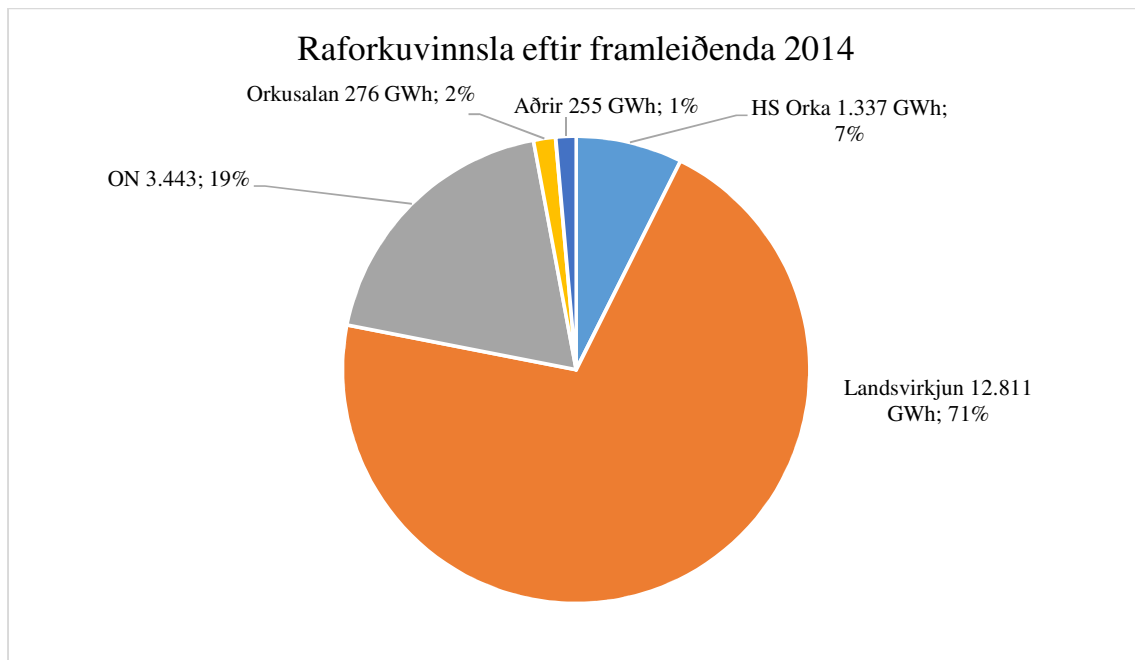
## 3 RAFORKUVINNSLA

Nær öll raforkuvinnsla á Íslandi eru úr endurnýjanlegri orku en raforka er framleidd með eldsneyti í Grímsey og Flatey á Breiðafirði en annars aðeins í vararafstöðvum ef flutnings og dreifikerfi bregst. Árið 2014 var heildar raforkunotkun á Íslandi 18,1 TWh, þar af var 71% af raforkunni framleidd í vatnsaflsvirkjunum sem lengi hafa séð um stærsta hluta raforkuframleiðslu í landinu. Jarðvarmavirkjanir hafa aukið hlut sinn á síðari árum og áttu 29% af markaðnum árið 2014. Aðrir orkugjafar eins og vindur og eldsneyti samsvara ekki nema broti úr prósentu sjá Mynd 3-1.



Mynd 3-1: Raforkuvinnsla á Íslandi eftir uppruna.

Stærstu framleiðendur raforku á Íslandi eru Landsvirkjun, ON, HS Orka og Orkusalan. Raforkuvinnsla eftir framleiðanda hefur lítið breyst á síðastliðnum árum. Þó hefur hlutur Orkuveitu Reykjavíkur aukist nokkuð og hlutur Landsvirkjunar minnkað að sama skapi. Í hópnun aðrir framleiðendur eru fyrirtæki eins og Orkubú Vestfjarða, Rafveita Reyðarfjarðar og smávirkjanir um land allt. Þess utan eiga og reka dreifiveitur varaafsstöðvar sem staðsettar eru víðsvegar um landið, auk þess sem til eru færanlegar varaafsstöðvar.



Mynd 3-2: Raforkuvinnsla á Íslandi eftir framleiðanda.

Raforkuvinnsla á Íslandi hefur farið ört vaxandi síðustu áratugi en þó aldrei jafn mikið og á fyrsta áratug þessarar aldar. Ef skoðuð er þróun í raforkuvinnslu milli áratuga jókst hún um 118% á milli 1970 og 1980, 52% næsta áratug þar á eftir, síðan um 73% en á fyrsta áratug tuttugustu aldar jókst raforkuvinnslan um 122%. Á áttunda áratug síðustu aldar munar mest um Kröfluvirkjun (60 MW) og Sigölduvirkjun (150 MW). Hrauneyjafossvirkjun veldur aðal framleiðsluaukningunni á níunda áratugnum (210 MW) og á síðasta áratug síðustu aldar munar mest um Blöndu (150 MW) og Nesjavelli (120 MW). Kárahnjúkavirkjun á síðan heiðurinn af stökki í raforkuvinnslu í upphafi þessarar aldar (690 MW) en einnig munar talsvert um Hellisheiði (213 MW) og Reykjanesvirkjun (100 MW).

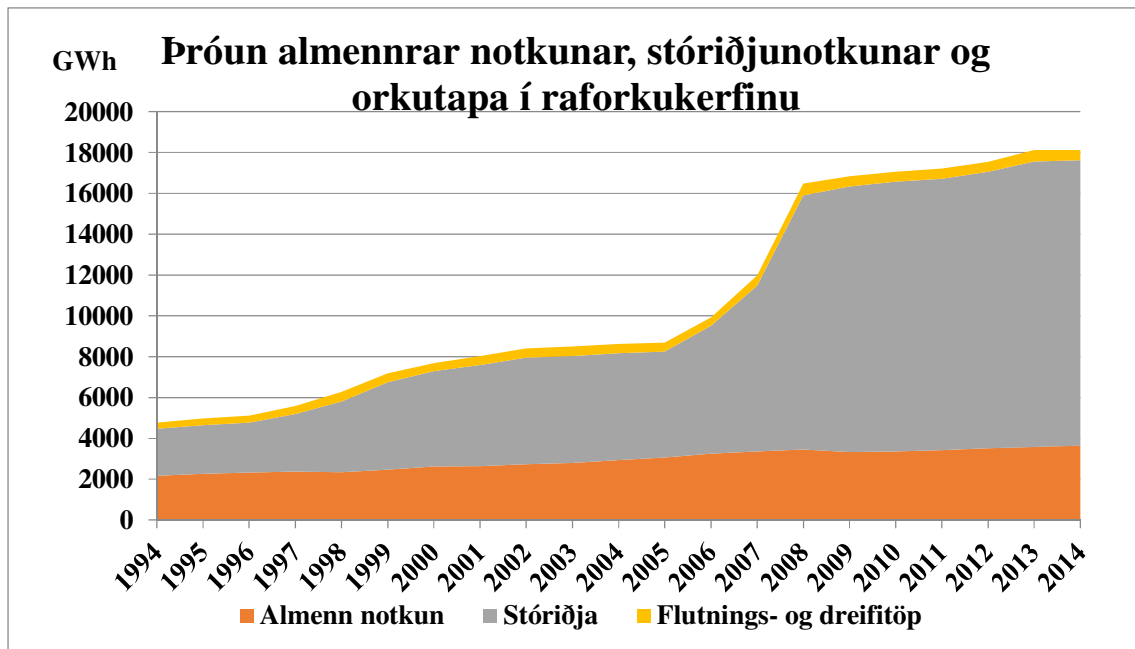


Mynd 3-3: Raforkuvinnsla og þróun hennar.

## 4 RAFORKUNOTKUN

Almenn notkun raforku hefur verið í hægum en stöðugum vexti síðustu tvo áratugi en sjá má stökk í raforkunotkun stóriðu á árunum 2006 og 2007 með tilkomu Kárahnjúkavirkjunar og Fjarðaáls. Flutnings og dreifitöp hafa hins vegar lítið breyst á síðustu árum en sem hlutfall af heildar raforkunotkun hefur heldur dregið úr töpum í raforkukerfinu.

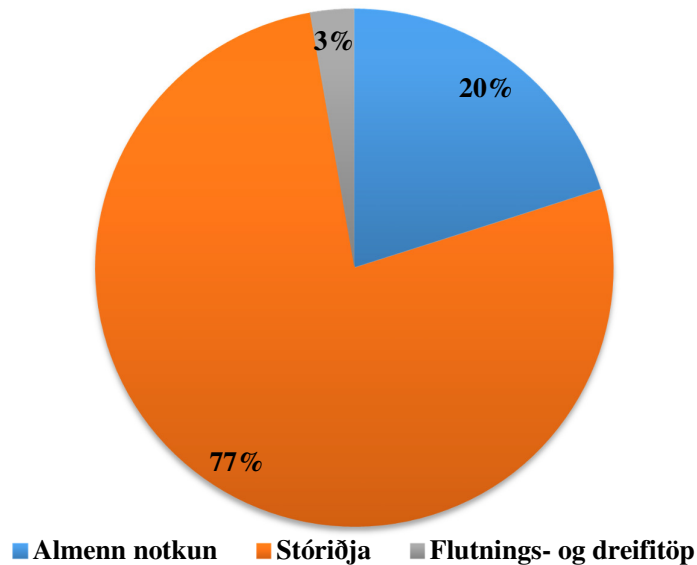




Mynd 4-1: Próun almennrar notkunar, stóriðjunotkunar og orkutapa í raforkukerfinu.

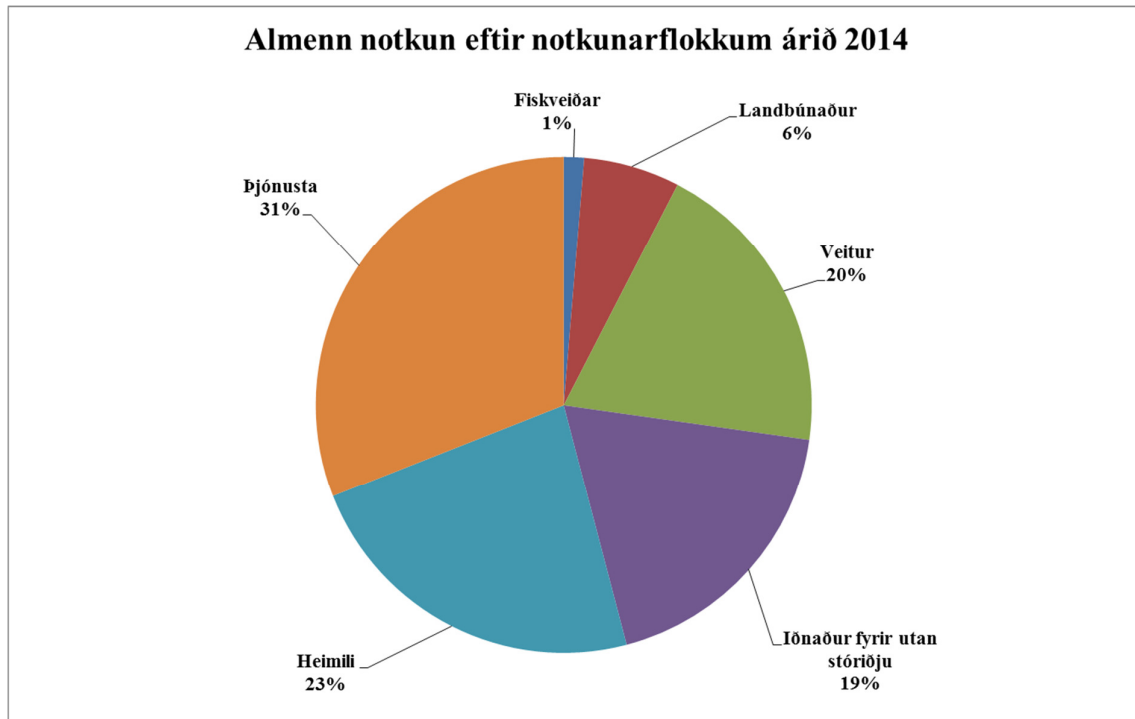
Almenn notkun ásamt dreifitöpum árið 2014 nam 3.778 GWh, sem svarar til 23% af heildarnotkuninni meðan notkun stórnotenda nemur 13.983 GWh sem svarar til 77% af heildarnotkuninni. Árið 1996 var raforkunotkun stóriðju um 50% af heildarnotkuninni

### Almenn notkun, stóriðjunotkun og flutnings- og dreifitöp árið 2014



Mynd 4-2: Almenn notkun, stóriðjunotkun og flutnings- og dreifitöp árið 2014.

Í Raforkuspá 2013-2050 er gert ráð fyrir að heildarnotkun raforku aukist úr 17,55 TWst í 19,14 TWst á árinu 2020 en það svarar til 1,1% árlegrar aukningar. Í raforkuspánni er aðeins tekin með notkun sem þegar gerðir samningar við stóriðjufyrirtækin fela í sér. Til stóriðju teljast nú álver Alcan í Straumsvík, álver Norðuráls á Grundartanga, álver Alcoa í Reyðarfirði, verksmiðja Íslenska járnblendifélagsins á Grundartanga og aflþynnuverksmiðja Becromal á Akureyri. Almenn raforkunotkun er raforkunotkun allra annarra notenda en stóriðju. Árið 2014 var þjónusta stærsti notandi raforku fyrir utan stóriðju en heimilin eru næst stærsti almenni notandinn. Veitur og iðnaður nýta svipað magn af raforku en notkun landbúnaðar og fiskveiða er hverfandi.



Mynd 4-3: Skipting almennrar raforkunotkunar árið 2014.

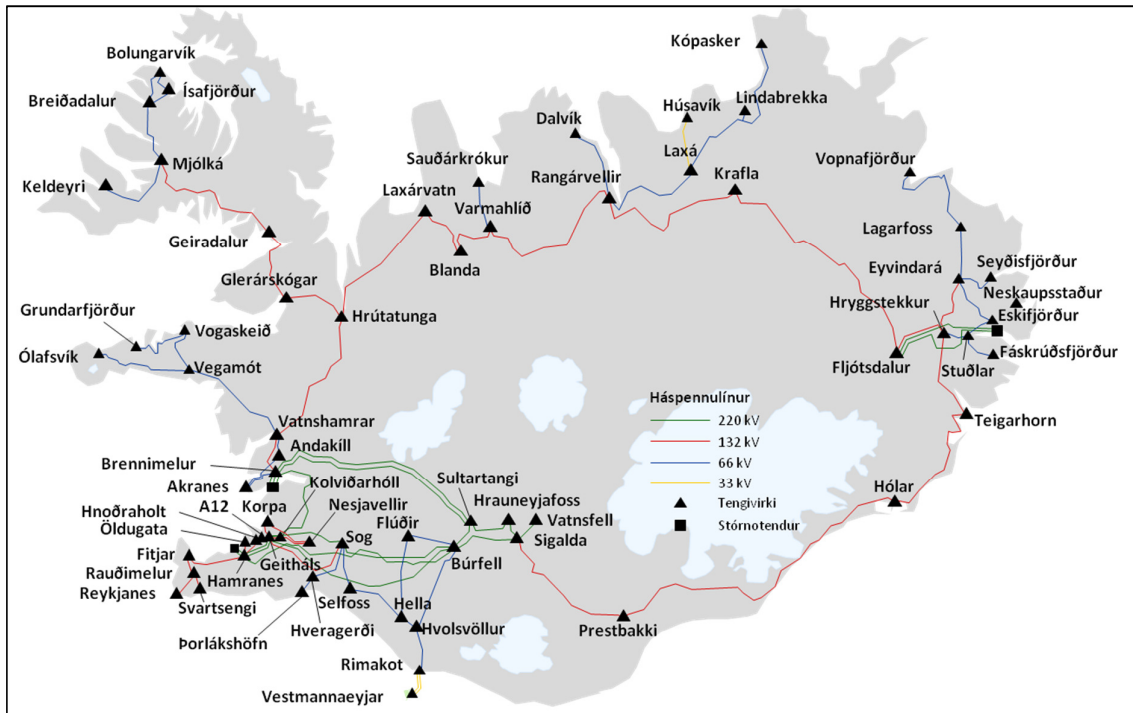
## 5 FLUTNINGSKERFIÐ

Flutningskerfið er það kerfi sem sér um að flytja raforku frá virkjunum til stórnotenda og til dreifiveitna, sem sjá síðan um dreifingu raforku til almennings og annarra fyrirtækja en stóriðju. Rekstur flutningskerfisins er sérleyfisstarfsemi sem er í höndum ríkisfyrirtækisins Landsnets sem er að stærstum hluta í eigu Landsvirkjunar og tilheyrði fyrir setningu raforkulaga nr. 65/2003 Landsvirkjun.

Kveðið er á um skyldur flutningsfyrirtækisins í þriðja kafla raforkulaga. Þar segir meðal annars í 9. gr. að tengja skuli alla þá sem eftir því sækjast við flutningskerfið enda uppfylli þeir tæknileg skilyrði fyrir því og greiði tengigjald. Flutningsfyrirtækið ber ábyrgð á öruggri stýringu raforkukerfisins og skal tryggja öryggi og gæði við raforkuafhendingu með því að stilla saman raforkuvinnslu og raforkuþörf. Fyrirtækinu ber skylda til þess að sjá til þess að fyrir liggi spá um raforkuþörf og áætlun um uppbyggingu flutningskerfisins.

Áætlun Landsnets um uppbyggingu flutningskerfisins er sjálfstæð áætlun á forræði fyrirtækisins. Tenging við flutningskerfið er því ekki á valdi virkjunaraðila heldur fellur áætlunargerð um flutningskerfi raforku undir Landsnet skv. raforkulögum.

Flutningskerfi Landsnets samanstendur af öllum flutningsvirkjum á 66 kV spennu og hærri ásamt flutningsvirkjum á 33 kV spennu sem tengja Vestmannaeyjar og Húsavík við hærri spennur. Hæsta spenna kerfisins er í dag 220 kV en nokkrar línur eru byggðar sem 400 kV línur þótt þær séu reknar á 220 kV. Mögulegt er síðar að spennuhækka þær í 400 kV þegar þörf verður á að flytja enn meira afl eftir þeim.



Mynd 5-1: Flutningskerfi Landsnets í upphafi árs 2013.

Flutningsgeta byggðalínu sem er hringtenging Landsnets umhverfis Íslands getur aðeins flutt 100 MW sem er aðeins lítil hluti af þeim 2.757 MW sem uppsett eru í landinu. Það er því augljóst að þeirri hugmyndafræði sem liggur að baki raforkulaga um frjáls viðskipti með raforku verður illa eða ekki fullnægt á meðan flutningskerfi raforku ræður aðeins lítið brot af uppsettu afli í landinu. Það er því ekki hægt að selja orku í stórum stíl á milli landshluta eins og æskilegt væri ef vel ætti að vera. Þessi staða er einnig áhyggjuefni út frá orkuöryggissjónarmiðum.

## 6 GÆÐI RAFORKU OG AFHENDINGARÖRYGGI

Raforka er ein af mikilvægustu grunnþörfum samfélagsins. Aðgangur að raforku er lykilatriði til að nútímaþjófðfélag geti gegnt sínu hlutverki og uppfyllt þær kröfur sem til þess eru gerðar. Megnið af tækjabúnaði hvort sem hann er á heimilum, skrifstofum eða hjá iðnaðarfyrirtækjum er háður raforku. Þá krefjast notendur þess að afhending raforkunnar sé samfelld og órofin og að raforkan sé afhent á réttri spennu og með réttri og stöðugri tíðni. Hvað þessi atriði varðar eru kröfur notenda, hvort sem þeir eru stórir eða smáir, heimili eða iðnaðar- og þjónustufyrirtæki, sífellt að aukast. Kröfurnar auka þrýsting á veitufyrirtækin um að bæta enn frekar afhendingaröryggi veitukerfa með styrkingu þeirra eða endurbyggingu ásamt aukinni sjálfvirkni og fullkomnari eftirlits- og varnarbúnaði.

Gagnsemi og verðmæti raforku fyrir notendur er háð gæðum hennar og afhendingaröryggi. Truflun á afhendingu hennar leiðir til margvíslegra óþæginda og framleiðslutaps hjá atvinnufyrirtækjum. Kostnaður af truflun á orkuafhendingu er mismunandi mikill hjá notendum og atvinnufyrirtækjum, háður eðli starfseminnar á hverjum stað og á hvaða tíma sólarhringsins truflunin verður.

Afhendingarþjónustu veitufyrirtækjanna má skipta í tvennt, annars vegar þeirrar er varða afhendingarspennu og tíðni og hins vegar þeirrar er tekur til áreiðanleika í afhendingu rafmagnsins. Nútímaþjóðfélag krefst þess að rekstraröryggi raforkukerfa sé mikið. Flókið og erfitt er að meta hinn raunverulega kostnað vegna truflunar á orkuafhendingu, en víða er unnið að þróun aðferðafræða til að komast nær því hver hann í reynd er.

Hönnun og uppbygging raforkukerfanna svo og viðhald þeirra og rekstur eru þættir, sem tryggja eiga áreiðanleika kerfanna. Tækniframfarir hafa leitt til breytinga á aðferðum við uppbyggingu veitukerfa, sem jafnframt auka rekstraröryggi. Í þessu tilliti þarf samt að hafa í huga heildarhagkvæmni, þ.e. annars vegar stofn- og rekstrarkostnað við veitukerfin og hins vegar kostnað sem tengist truflun á orkuafhendingu til notenda.

Samspil orkuframleiðslu og flutningskerfisins skiptir sköpum varðandi orkuöryggi í landinu og í dag er staðan sú að ekki er hægt að flytja raforku landshorna á milli eftir þörfum, þar sem flutningskerfið sem er á forræði Landsnets er rekið nærri stöðugleikamörkum.

## 7 NÝIR ORKUGJAFAR

Orkustofnun fylgist með þróun mála í virkjun vinds, sólar og sjávarfalla. Hagkvæmni og umhverfisvænleiki vatnsorku- og jarðvarmavirkjana í lokuðu raforkukerfi hér á landi skapa lítið svigrúm markaðslega fyrir aðra orkugjafa. Þó er eftirtektarvert að Landsvirkjun flokkar sína virkjunarkosti í vindi á Hafinu fyrir ofan Búrfell og við Blönduvirkjun í kostnaðarflokk 4 í þriðja áfanga rammaáætlunar. Þessi flokkun Landsvirkjunar er vísbending um að vindorka sé samkeppnishæf við margar vatnsafls- og jarðvarmavirkjanir.

Á Íslandi eru víða aðstæður til nýtingar á vind- og sjávarorku og á árið 2012 var stigið stórt skref í vindorkumálum þegar tvær vindrafstöðvar, í eigu Landsvirkjunar, risu norðan við Búrfell á hraunsléttu sem kölluð er Hafíð. Vindmyllurnar eru reistar í rannsóknarskyni og eru hvor um sig 900 kW og samanlögð raforkuframleiðsla þeirra er áætluð um 5,4 GWh á ári. Svæðið hentar vel til verkefnisins af ýmsum ástæðum. Náttúruleg vindgöng liggja um svæðið og þar er vindhraði í 55 metra hæð frá jörðu að jafnaði 10-12 metrar á sekúndu. Svæðið er fjarri byggð en skammt frá nauðsynlegum innviðum, línnum og vegum.

Af nýorkugjöfum má segja að vindorkan sé einna lengst komin varðandi hagkvæmni og vöxtur vindorku á heimsvísu hefur verið mikill undanfarin ár. Alþjóðlegu vindorkusamtökin (World Wind Energy Association) tilkynnti í ársskýrslu sinni, fyrir árið 2012, að Ísland sé hundraðasta landið í heiminum til að virkja vind til almennrar raforkuvinnslu. Í skýrslunni segir einnig að uppsett vindafli hafi aukist um 19% frá fyrra ári og er nú 282 þúsund MW um gjörvallan heim.

Nýting sjávarorku er að minnsta kosti áratug á eftir vindorkunni hvað varðar þróun á hagkvæmum og áreiðanlegum lausnum. Þegar fram líða stundir kann að vera að nýting sjávarorku verði samkeppnishæf við aðra orkugjafa en í dag eiga Íslendingar margra annarra og hagkvæmari kosta völ.

Sólarorka hefur lítið verið notuð á Íslandi nema þar sem dreifikerfis nýtur ekki við eins og uppi á hálendinu eða á fjallvegum, en með fallandi verði í þeirri tækni, getur sú tækni orðið samkeppnisfær í framtíðinni.

## 8 MÆLIEININGAR ORKU

SI-einingakerfið er lögbúið kerfi mælieininga hér á landi. Samkvæmt því er grunneining fyrir orku júl (e. joule) (J) og grunneining fyrir afl watt (W). Samhengið milli orkueiningarinnar júl (J) og watt (W) er að  $1\text{ W} = 1\text{ J/s}$ . Orka er því margfeldi af afli og tíma og er það venjan að tilgreina raforku í Wh (watthours/wattstundum/vattstundum) þar sem h vísar til orðsins hour á ensku.

Raforkunotkun 11 W sparperu sem logar í 12 klukkustundir er því margfeldi af 11 W og 12 stundum (e. hours (h)) eða 132 Wh.

Þar sem ein klukkustund samsvarar 3.600 sekúndum er samhengið milli wattstundar og júla:  $1\text{ Wh} = 3.600\text{ J}$

Sem margfeldiseiningar eru notaðar grunneiningarnar eða aukaeiningar með forskeytum:

*Margföldunarforskeyti SI-kerfisins fyrir orkueiningar.*

Forskeyti	Tákn	Margfeldi grunneiningar
Exa	E	$10^{18}$
Peta	P	$10^{15}$
Tera	T	$10^{12}$
Gíga	G	$10^9$
Mega	M	$10^6$
Kíló	k	$10^3$

Með öðrum orðum er 1 TWh jafngildi 1000 GWh, 1 GWh er jafngildi 1000 MWh og 1 MWh er jafngildi 1000 kWh.

Á vefsíðu Staðlaráðs má finna handbókina SI-kverið sem er handbók um SI-einingar og notkun þeirra:

<http://www.stadlar.is/ahugavert-efni/nr/375/>