A tall, silver metal electricity pylon stands in a lush green field. The pylon is supported by two concrete bases and has several power lines extending from it. The background shows a vast, flat landscape under a bright blue sky with scattered white clouds. The overall scene is peaceful and rural.

Landsnet-25011

DRÖG AÐ KERFISÁÆTLUN 2025-2034
LANGTÍMAÁÆTLUN

Kynningartillaga

Kynningartímabil 9. apríl – 31. maí 2025

Drög að kerfisáætlun 2025-2034

Langtímaáætlun

Efnisyfirlit

1	Ávarp forstjóra – Saga okkar er saga uppbyggingar	5
2	Saga uppbyggingar í 20 ár.....	6
3	Samantekt.....	7
4	Um kerfisáætlun	11
4.1	Uppbygging kerfisáætlunar	11
4.2	Helstu breytingar í aðferðum og rannsóknum frá fyrri áætlun.....	12
4.3	Stefnur, lög og reglugerðir sem stýra gerð kerfisáætlunar.....	13
	FORSENDUR KERFISÁÆTLUNAR	16
5	Flutningskerfið í dag.....	17
5.1	Flutningstakmarkanir	17
5.2	Viðhaldspörf	19
5.3	Takmarkandi þættir fyrir þróun flutningskerfisins.....	20
6	Umskipti	22
6.1	Þróun notkunar og framleiðslu	22
6.2	Þróun viðskiptaumhverfis.....	24
6.3	Nýir orkugjafar – nýjar áskoranir fyrir raforkukerfi landsins.....	25
6.4	Rannsóknarverkefni um flutningskerfi framtíðar	26
7	Öryggi	30
7.1	Orkuöryggi.....	30
7.2	Afhendingaröryggi	31
7.3	Rekstraröryggi	33
8	Samkeppnishæfni	35
8.1	Áhrif tiltækrar afhendingargetu á samkeppnishæfni	35
8.2	Auknir möguleikar fyrir atvinnulíf og nýsköpun	35
8.3	Örugg afhending raforku styrkir traust og stöðugleika	36
8.4	Flutningstakmarkanir hamla nýrri orkuvinnslu	36
8.5	Flutningskerfið sem lykill að orkuskiptum	36
8.6	Jöfnun búsetuskilyrða og dreifing atvinnuuppbyggingar	36
8.7	Aukin verðmætasköpun og útflutningsmöguleikar.....	37
8.8	Alþjóðleg samstaða um mikilvægi flutningskerfa.....	37
	ÞRÓUN FLUTNINGSKERFISINS	38
9	Forgangsröðun framkvæmda.....	39
10	Langtímaþróun meginflutningskerfisins.....	41

10.1 Samantekt frá fyrri kerfisáætlunum	42
10.2 Meginflutningskerfið til skemmri og lengri tíma.....	43
10.3 Orkuflæðilíkan Landsnets	43
10.4 Auknar kröfur til flutningskerfisins	43
10.5 Sveigjanleiki til skemmri tíma.....	44
10.6 Vísbendingar um þróun fram til 2050.....	47
10.7 Bætt nýting með spennuhækkun	54
10.8 Þróun meginflutningskerfis næstu 10 árin	56
10.9 Áætluð aflgeta afhendingarstaða eftir 10 ár	56
11 Langtímaáætlun - styrkingar í flutningskerfinu fram til 2035.....	58
11.1 Framkvæmdir til næstu þriggja ára	58
11.2 Framkvæmdir til næstu 10 ára	59
12 Langtímapróun flutningskerfisins eftir landshlutum	60
12.1 Höfuðborgarsvæði og Suðurnes	60
12.2 Vesturland	64
12.3 Vestfirðir	68
12.4 Norður- og Norðausturland	72
12.5 Austurland	76
12.6 Suðurland	80
12.7 Áhrif framkvæmda á afhendingaröryggi	84
ÞJÓÐHAGSLEG ÁHRIF KERFISÁÆTLUNAR	90
13 Þjóðhagslegt virði fjárfestinga í flutningskerfinu	91
13.1 Virði aukins orkuflutnings.....	91
13.2 Kostnaður við truflanir.....	93
13.3 Kostnaður við flutningstöp.....	94
13.4 Kostnaður vegna skerðinga	95
13.5 Niðurstöður þjóðhagslegar greiningar	96
14 Styrking flutningskerfis eykur samkeppnishæfni þjóðar.....	97
14.1 Söguleg þróun gjaldskrár	98
14.2 Áhrif kerfisáætlunar á samkeppnishæfni þjóðarinnar	99
15 Áhrif áætlaðra fjárfestinga á flutningskostnað	101
15.1 Áhrif framkvæmda í framkvæmdaáætlun á flutningsgjaldskrá.....	101
15.2 Samantekt	103
HEIMILDIR	104

1 Ávarp forstjóra – Saga okkar er saga uppbyggingar

Í tuttugu ár höfum við hjá Landsneti lagt grunninn að öflugum og áreiðanlegum flutningskerfi raforku um allt land – kerfi sem heldur samfélaginu gangandi og styður við framfarir, nýsköpun og uppbyggingu. Nú horfum við fram á við, tilbúin að takast á við nýjar áskoranir og gegna áfram lykilhlutverki í orkuumbreytingu og sjálfbærri framtíð Íslands.

Kerfisáætlun Landsnets sem hér er lögð fram endurspeglar ekki aðeins tæknilega þróun og áætlanir næstu ára, heldur einnig sameiginlega framtíðarsýn okkar um örugga og sjálfbæra orkuflutninga fyrir íslenskt samfélag.

Í þessari áætlun er lögð sérstök áhersla á að efla flutningskerfið með markvissum aðgerðum sem tryggja áreiðanleika, stuðla að orkuskiptum og styðja við vöxt atvinnulífs og samfélags. Við lifum á tíma mikilla breytinga og vaxandi orkuþarfar, þar sem sveigjanleiki, framtíðarsýn og agi í framkvæmd skipta öllu máli.

Styrking og viðhald innviða er grunnstoð í þessari vegferð. Við höfum markvisst unnið að umbótum og viðhaldi í kerfinu, sem er forsenda þess að hægt sé að treysta á örugga og stöðuga raforkuflutninga um allt land. Þessi vinna byggir á reynslu og fagmennsku, þar sem stöðugar endurbætur og hæfni til að bregðast við breyttum aðstæðum skipta sköpum.

Á sama tíma höfum við þróað viðskiptaumhverfi með það að markmiði að tryggja gagnsæi, skilvirkni og hagkvæmni. Við leggjum áherslu á að skapa skýra umgjörð þar sem ný tækifæri fá að njóta sín og samvinna við notendur kerfisins er í fyrirrúmi.

Landsnet gegnir mikilvægu samfélagslegu hlutverki – að vera burðarás í þeirri umbreytingu sem orku- og loftslagsmál standa frammi fyrir. Með kerfisáætluninni leggjum við okkar af mörkum til að tryggja orkuöryggi, skapa skilyrði fyrir nýsköpun og styðja við byggð og atvinnulíf um allt land.

Kerfisáætlunin er afrakstur þverfaglegs samstarfs og mikillar vinnu. Hún markar stefnu Landsnets í flutningsmálum raforku og er lykiláhöld fyrir alla sem koma að framtíð orkumála á Íslandi.

Við horfum fram á veginn með ábyrgð og bjartsýni – reiðubúin að mæta þeim áskorunum sem fylgja umbreytingum í orkumálum og áframhaldandi þróun samfélagsins.

Guðmundur Ingi Ásmundsson
Forstjóri Landsnets

2 Saga uppbyggingar í 20 ár

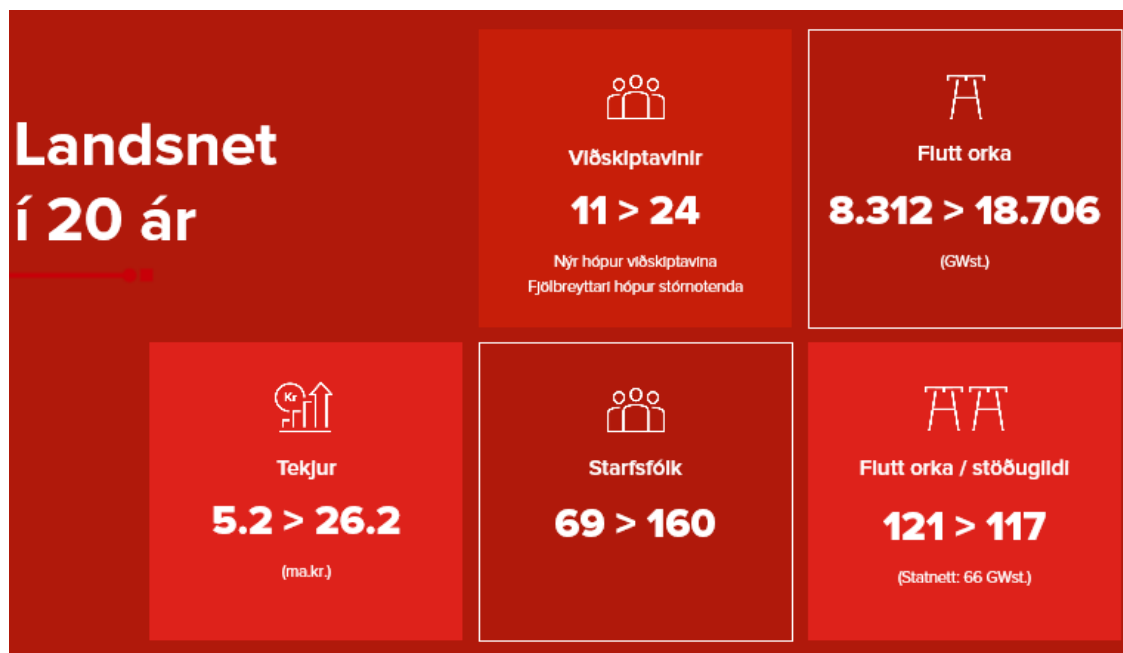
Á þeim 20 árum sem Landsnet hefur starfað hefur orkuflutningur ríflega tvöfaldast. Við höfum margfaldað orkuöryggi landsmanna, meðal annars með tvítengingum byggðakjarna og uppfærslu á tengivirkjum og línunum. Spennistöðvar hafa verið endurbýggðar, stafvæddar og settar inn í hús til að koma þeim í skjól fyrir veðri og vindum. Ísland er í dag í fremstu línu í stafrænni og snjallri stýringu raforkukerfisins.

Stærsta verkefnið fyrstu árin var tenging Fljótisdalsvirkjunar og álversins á Reyðarfirði. Stórnotendum hefur fjölgað og eðli þeirra hefur breyst. Þar sem áður voru einungis stór iðnaðarfyrtæki, eru núna fleiri, smærri og fjölbreyttari stórnotendur, til dæmis fiskeldi og gagnaver. Orkuframleiðsla hefur aukist líka og við erum í þann mund að tengja fyrstu vindorkuverin inn á kerfið.

Nú eru að verða tímabær kynslóðaskipti. Gamla byggðalínan hefur fylgt okkur í áratugi. Hún er barn síns tíma og annar ekki notkun og framleiðslu nútíma samfélags, hvað þá þeirri notkun sem orkuskiptin munu krefjast á næstu árum. Staðan í dag er sú að flutningskerfið annar ekki þeirri framleiðslu sem gæti verið. Sumar virkjanir keyra á lægra afli en þær gætu gert, vegna þess að flutningskerfið getur ekki flutt alla orkuna til notenda. Ný kynslóð byggðalínu eru miklar og kostnaðarsamar framkvæmdir en þó hefur okkur tekist þetta án þess að gjaldskrá til almennings hafi hækkað umfram almennt verðlag. Gjaldskrá stórnotenda hefur meira að segja lækkað.

Við hefðum viljað vera komin lengra, til að vera betur undirbúin undir framtíðina. Til þess að Ísland geti staðið við loftslagsskuldbindingar sínar án þess að draga úr framleiðni, þarf enn að tvöfalda flutningsgetuna. Til þess að svo megi verða þarf að halda vel á spilunum. Innviðaskuldin er nú þegar 86 milljarðar króna. Við þurfum bæði að endurnýja það sem á stutt eftir og bæta við flutningsgetu þar sem þörf er á.

Stærstu verðmæti Landsnets eru starfsfólkið, þekking þess og reynsla. Það stendur vaktina fyrir okkur hin, allan ársins hring. Starfsmönnum hefur fjölgað í takt við aukinn flutning en enn náum við að leysa stór og flókin verkefni með minni mönnun en í flestum nágrannalöndum okkar.



Mynd 2-1: Lykiltölur úr rekstri flutningskerfisins

3 Samantekt

Kerfisáætlun kemur nú út í fordæmalausri óvissu um þróun öryggismála og alþjóðahagkerfisins. Sjaldan hefur verið meiri þörf á skýrri stefnumótun um þá innviði sem samfélagið getur illa lifað af án. Þegar fjallað er um orkuöryggi Íslendinga, er ekki lengur hægt að gera ráð fyrir því að aðkeypt orka verði aðgengileg og á viðráðanlegu verði um ókomna tíð. Hafa ber í huga að orkunotkun Íslendinga er nærri að líkum hlutum heimafengin raforka og innflutt jarðefnaeldsneyti. Orkuskiptin eru enn sem fyrr bakgrunnur áætlanagerðarinnar enda hefur verið sýnt fram á þjóðhagslegt mikilvægi þeirra.

Gera má ráð fyrir því að raforkuþörf Íslendinga muni tvöfaldast, ef samfélagið á að halda sömu virkni og lífsgæðum, á eingöngu endurnýjanlegri orku í stað jarðefnaeldsneytis. Óvissan snýr frekar að hraða orkuskiptanna en stærðargráðu. Varðandi áætlun um uppbyggingu flutningskerfisins er ekki gengið út frá því að orkuskiptin klárast á tilteknu ári. Einn meginhvata fyrir uppbyggingunni er að án sterkara flutningskerfis er vandséð að markmið okkar um að hætta notkun jarðefnaeldsneytis náist nokkurn tíma.

Þörf fyrir raforku fer vaxandi en framboðið hefur ekki aukist jafnhvatt. Líkur eru á skerðingum enn um sinn, allt þar til ný framleiðsla bætist við. Flutningskerfið á nokkurn hlut að máli. Takmörkuð flutningsgeta á milli landshluta gerir það að verkum að ekki er hægt að keyra allar virkjanir á fullum afköstum. Þetta takmarkar líka möguleika á uppbyggingu nýrrar orkuframleiðslu. Eins og er skilar takmörkuðum ávinningi að virkja frekar á Norður- eða Austurlandi þar sem ójafnvægi myndi aukast í veikri byggðalínu. Þetta takmarkar verulega nýtingu nýrra og núverandi orkuauðlinda. Flutningstakmarkanir hafa kostað Ísland um 11-15 milljarða króna á ári undanfarin ár og eru þá ekki tekin með glötuð tækifæri í atvinnuuppbyggingu.

Stærstu verkefni þessarar áætlunar eiga að bæta þá stöðu allverulega, þegar ný kynslóð byggðalínu tengir Akureyri við Hvalfjörð og bætir þar með tengingu stóru virkjanasvæðanna tveggja á Austurlandi og Suðurlandi. Við sjöndeildarhringinn bíður annað víðlíka verkefni. Enn á eftir að fjalla um hvernig nýja byggðalínuhringnum verði lokað sunnan megin. Um það verður ekki fjallað í þessari umferð kerfisáætlunar en Landsnet mun undirbúa þá umræðu með rannsóknum næstu tvö árin, fram að næstu kerfisáætlun.

Önnur grundvallarbreyting sem knýr dyra er uppbygging breytilegrar orku á borð við vindorku og birtuorku. Tenging fyrsta vindorkuversins á Íslandi er á framkvæmdaáætlun. Tugir vindorkukosta hafa verið kynntir og allnokkrir aðilar hafa haft samband við Landsnet um tengingu. Enn sem komið eru aðeins tveir vindorkukostir í nýtingarflokki rammaáætlunar og mikil óvissa um það hvaða verkefni verði að veruleika. Íslenska raforkukerfið hefur ekki sömu getu til að taka á móti breytilegri orku og raforkukerfi nágrannalandanna. Því hefur Landsnet unnið mikla greiningarvinnu til að skoða hvernig búa megi í haginn fyrir þessa nýju virkni.

Niðurstöður nýs orkuflæðilíkans Landsnets benda til þess að sveiflur í orkuframboði, sérstaklega vegna innrennslis í vatnsaflsvirkjanir og tilkomu vindorku, muni kalla á aukinn sveigjanleika og styrkingu kerfisins. Á styttri tímaskala sýna niðurstöður stöðugleika í 66 kV kerfinu, vaxandi sveiflur í 132 kV kerfinu og greinilega aukningu í breytileika 220 kV kerfisins. Þetta undirstrikar þörfina fyrir markvissa uppbyggingu á meginflutningskerfinu, bæði hvað varðar endurnýjun og nýjar tengingar. Þegar ekki er hægt að stýra því hvenær orkan verður til, þarf að skoða hvort hægt sé að stýra því hvenær hún er notuð, hvar hún er notuð eða geyma hana á stórum rafgeymum til að jafna sveiflur. Lausnin verður alltaf samspil ólíkra þátta: tækni, samfélags, atvinnulífs og markaðar.

Flutningskerfið sem skilaði Íslandi inn í nútímann hefur þjónað okkur vel en áratuginir í íslenski veðráttu hafa tekið á. Gamlar línur og tengivirki fá nú hvíldina eitt af öðru. Við endurnýjun eru sumar af línunum uppfærðar með meiri flutningsgetu, sem eykur möguleika á nýrri atvinnuuppbyggingu. Nýju tengivirkin eru undir þaki, í vari fyrir veðri og vindum, og að miklu leyti fjarstýrð frá stjórnstöð Landsnets. Það sparar sporin og bætir kerfisstjórnun. Í leiðinni er skaðlegum flúorgösnum skipt út fyrir gastegundir sem ekki hafa jafnmikil loftslagsáhrif.

Loftslagsbreytingar munu hafa áhrif á líftíma lína og geta aukið náttúruvá. Í sjálfbærnistefnu og upplýsingagjöf Landsnets er nú fjallað um umhverfis- og loftslagsáhættu og aðgerðir henni tengdar. Ekki er hægt að minnast á áhættu án þess að nefna eldvirkni á Suðurnesjum, sem hefur brotið möstur og slitið línur. Landsnet metur nú áfallapol flutningskerfisins alls á suðvesturhorninu út frá hraunrennslisgermunum, með sérstakri áherslu á tvítengingu virkjananna í Svartsengi og á Reykjanesi. Fyrstu niðurstöður verða kynntar síðar í ár og þá þarf einnig að ræða hvernig eigi að fjármagna framkvæmdir sem snúast fyrst og síðast um áhættustjórnun vegna náttúruvá.

Meginhlutverk kerfisáætlunar er að gera grein fyrir þeirri uppbyggingu og endurnýjun sem verður sett í forgang næstu árin. Samantekt á þessum verkefnum má finna á næstu tveimur síðum, í töflum 3-1 og 3-2. Á framkvæmdalista þessarar kerfisáætlunar er fátt um nýnæmi. Að hluta til helgast það af því að í undirbúningi eru stórar framkvæmdir sem nú færast nær í tíma og munu taka talsvert af framkvæmdagetu Landsnets. Framkvæmdahraði liðinna ára hefur einnig mótast af aðfangakeðju þar sem verð hækkar og biðtími eftir íhlutum og efnum lengist. Þetta ástand getur versnað ef enn frekar molnar undan trausti í alþjóðahagkerfinu.

Hér heima fyrir verða einnig talsverðar tafir í skipulagsmálum og leyfisveitingum. Tafirnar hljóta ekki alltaf af ágreiningi, heldur stundum bara af óskilvirkni í skipulagsferlum. Hins vegar þekkjum við líka dæmi þess að mál teygjast úr hömlu í kerfinu af því að ekki er til staða úrskurðarvald sem getur höggvið á óleysanlega hnúta. Afleiðingin verður sú að flutningsfyrirtækið getur ekki sinnt hlutverki sínu sem skyldi og á erfiðara með að gera áreiðanlegar áætlanir. Sem betur fer eru þetta undantekningartilfelli. Flestar framkvæmdir Landsnets standast bæði tíma- og kostnaðaráætlanir. Þverpólískur vilji er fyrir því að einfalda þessa ferla. Þess er þörf, ef við eigum að geta tryggt orkuöryggi Íslendinga til framtíðar, sem er stórt þjóðaröryggismál.

Svæði	Framkvæmdaáætlun 2026 - 2028	
	Endurnýjun	Þróun
Höfuðborgarsvæði og Suðurnes	<ul style="list-style-type: none"> Ísallínur 3 og 4 	<ul style="list-style-type: none"> Öldugata – tvítenging Hafnarfjarðar Njarðvíkurheiði og Fitjar – Tvítenging Verne á 132 kV
Vesturland		<ul style="list-style-type: none"> Klafastaðir – nýtt 220 kV tengivirki Holtavörðuheiði – nýtt 220/132 kV tengivirki Holtavörðuheidarlína 1
Vestfirðir		<ul style="list-style-type: none"> Mjólka – búnaður til launafslútföfnunar Miðdalur – nýr 132 kV afhendingarstaður Kollafjörður – nýtt 132 kV tengivirki Miðdalslína 1 – tenging Miðdalur – Kollafjörður Hvalarlína 1 – tenging Hvalárvirkjunar í Miðdal
Norðurland og Norðurland eystra	<ul style="list-style-type: none"> Varmahlíð – 132 kV tengivirki 	<ul style="list-style-type: none"> Blöndulína 3 Holtavörðuheidarlína 3 Laugarbakkí – nýr afhendingarstaður Mælifellssel – nýtt tengivirki Varmahlíðarlína 1 – tenging Mælifellssel – Varmahlíð Spóla á Rangárvöllum
Austurland		<ul style="list-style-type: none"> Hryggstekkur – 220 kV tengivirki
Suðurland	<ul style="list-style-type: none"> Írafoss – 132 kV tengivirki 	<ul style="list-style-type: none"> Þorlákshafnarlína 2 – 132 kV lína Ferjufit – tenging Vaðölduvers Skarð – tenging Hvammsvirkjunar

Tafla 3-1: Framkvæmdir sem áætlað er að hefjist 2026-2028. Nánari upplýsingar um valkosti sem hafa verið skoðaðir, kostnaðarmat og tímaáætlun má finna í framkvæmdaáætlun kerfisáætlunar 2026-2028.

Svæði	Langtímaáætlun 2029 - 2034	
	Endurnýjun	Próun
Höfuðborgarsvæði og Suðurnes	<ul style="list-style-type: none"> • Geitháls • Brennimelslína 1 	<ul style="list-style-type: none"> • Öldugata – tvítenging Hafnarfjarðar • Njarðvíkurheiði og Fitjar – Tvítenging Verne á 132 kV
Vesturland	<ul style="list-style-type: none"> • Vatnshamralína 2 – 132 kV lína • Vogaskeið • Vatnshamrar 	<ul style="list-style-type: none"> • Vegamótalína 2 – tvítenging Snæfellsness
Vestfirðir	<ul style="list-style-type: none"> • Keldeyri – tengivirki • Tálknafjarðarlína 1 • Ísafjarðarlína 1 – hlutaendurnýjun 	<ul style="list-style-type: none"> • Mjólkár lína 3 – tvítenging Vestfjarða • Breiðadal lína 2 – ný 132 kV lína
Norðurland og Norðurland eystra	<ul style="list-style-type: none"> • Blöndulínur 1 og 2 – hlutaendurnýjun 	<ul style="list-style-type: none"> • Bakki – 132 kV tengivirki
Austurland	<ul style="list-style-type: none"> • Seyðisfjörður – 66 kV tengivirki • Hryggstekkur – 132 kV tengivirki • Stuðlalína 1 – aukin flutningsgeta • Eyvindarárlína 1 – 132 kV lína • Eyvindará – 66 kV tengivirki • Stuðlar – 66 kV tengivirki • Vopnafjörður – 66 kV tengivirki 	<ul style="list-style-type: none"> • Fáskrúðsfjarðarlína 2 – tvítenging Fáskrúðsfjarðar
Suðurland	<ul style="list-style-type: none"> • Hvolsvallarlína – 132 kV lína • Flúðalína 1 – ásamt breyttri línuleið • Hrauneyjafoss lína 1 – aukin flutningsgeta • Prestbakki – 132 kV tengivirki 	<ul style="list-style-type: none"> • Hveragerði – 220/132 kV tengivirki

Tafla 3-2: Framkvæmdir sem áætlað er að hefjist 2029-2034. Nánari upplýsingar um forgangs röðun framkvæmda á langtímaáætlun má finna í köflum 9-12 hér að neðan.

4 Um kerfisáætlun

Kerfisáætlun er ætlað að tryggja að vel sé staðið að þróun flutningskerfisins, ákvarðanatakan byggja á bestu tiltæku þekkingu og sé opin og aðgengileg hagaðilum. Við gerð kerfisáætlunar þarf að leggja mat á þróun flutnings og notkunar raforku, þróun markaða og annarra þátta sem geta haft áhrif á raforkukerfið. Gegnum kerfisáætlun geta orkufyrirtæki, notendur, sveitarfélög og aðrir hagaðilar fengið upplýsingar um hvaða framkvæmdir eru á döfinni, hvers vegna þær hafi verið settar í forgang og hvernig þær muni hafa áhrif á afhendingargetu og gæði raforkukerfisins.

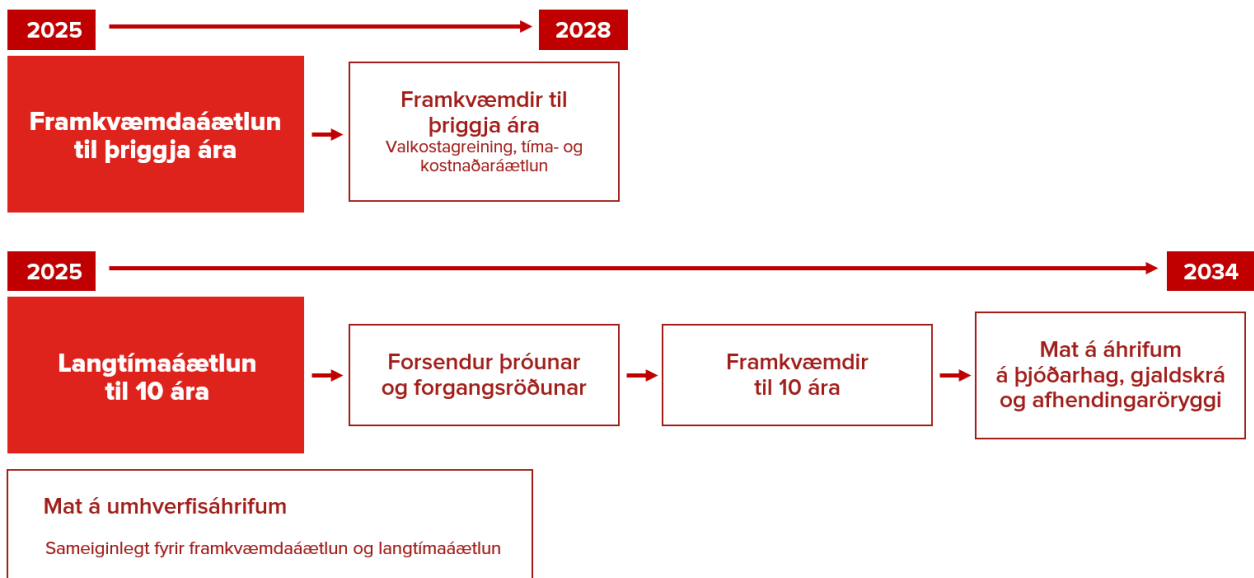
Kerfisáætlun er endurnýjuð annað hvort ár. Hún er kynnt og að lokum rýnd og samþykkt af Raforkueftirlitinu. Kerfisáætlunin fer í gegnum tvöfalt umsagnarferli: fyrst opið umsagnarferli þar sem öllum áhugasömum gefst kostur á að senda inn athugasemdir og síðan lokað umsagnarferli þar sem viðskiptavinir, núverandi og verðandi, geta sent inn athugasemdir.

4.1 Uppbygging kerfisáætlunar

Kjarninn í kerfisáætlun er forgangs röðun framkvæmda til uppbyggingar flutningskerfisins. Í langtímaáætlun er kynnt hvaða framkvæmdir verði ráðist í á næstu 10 árum. Í framkvæmdaáætlun er greint nánar frá þeim framkvæmdum sem farið verður í á næstu þremur árum, hvaða valkostir hafi verið skoðaðir og hvað hafi ráðið vali.

Langtímaáætlunin er hryggjarstykkið í kerfisáætluninni. Þar er útskýrt hvaða forsendur liggja til grundvallar þeirri forgangs röðun sem kynnt er í kerfisáætlun; hvaða forsendur, sviðsmyndir og spár er stuðst við. Þar á meðal er þar fjallað um afhendingaröryggi raforku og þau markmið sem Landsnet hefur sett sér um afhendingaröryggi. Einnig er þar sett fram mat á áhrifum af komandi uppbyggingu, hvort heldur sem er til þriggja eða 10 ára.

Til viðbótar við það áhrifamat sem liggur í kerfisáætluninni sjálfri er gefið út mat á umhverfisáhrifum, í samræmi við lög nr. 111/2021 um mat á umhverfisáhrifum framkvæmda og áætlana.



Mynd 4-1: Skipting kerfisáætlunar í framkvæmda- og langtímaáætlun. Umhverfismat er gert fyrir kerfisáætlun í heild

4.2 Helstu breytingar í aðferðum og rannsóknum frá fyrri áætlun

Frá síðustu kerfisáætlun hafa orðið nokkrar veigamiklar breytingar í aðferðum og rannsóknum sem styðja betur við stefnumótun Landsnets. Helstu breytingarnar felast í því að Landsnet hefur hafið gerð eigin raforkuspár, innleitt nýtt orkuflæðilíkan og sett af stað rannsóknarverkefnið *Flutningskerfi framtíðar*.

Sjálfstæð raforkuspá Landsnets

Mikilvæg breyting hefur átt sér stað í vinnslu raforkuspár þar sem Landsnet gaf í fyrsta sinn sjálfstætt út raforkuspá árið 2023. Í nýjustu spánni fyrir 2024-2050 er lögð áhersla á aukna eftirspurn vegna orkuskipta, vaxandi hlutdeild sveigjanlegra orkugjafa og breytingar í notkunarmynstri. Einnig var framkvæmd sérstök greining á orkuskiptum í millilandaflogi, þar sem metin var raforkuþörf fyrir framleiðslu rafeldsneytis. Með því að þróa eigin spá hefur Landsnet aukið færni sína í að meta framtíðareftirspurn og stuðlað að markvissari ákvarðanatöku um þróun flutningskerfisins.

Nýtt orkuflæðilíkan

Til að meta betur álagsdreifingu og áhættu í flutningskerfinu hefur Landsnet innleitt orkuflæðilíkan sem opnar betri sýn á orkuvídd í flutningskerfinu í megavattstundum sem byggir á líkindadreifingum. Líkanið er lykilmáttur að gefa út Kerfisjöfnuð, sem er skýrsla um stöðu og horfur jafnvægis milli framboðs og eftirspurnar í kerfinu.

Niðurstöður nýjustu greininga sýna að án viðbótaruppbyggingar í flutningskerfinu og nýrra virkjana muni líkur á skerðingum aukast verulega á næstu árum, sérstaklega yfir vetrarmánuðina. Jafnframt er sýnt fram á að jafnvel með framkvæmdum í flutningskerfinu og nýrri orkuvinnslu verður ástandið viðkvæmt fyrir vatnsári og öðrum sveiflum í framleiðslu. Líkanið gerir Landsneti kleift að greina með meiri nákvæmni hvar og hvenær hætta á orkuskorti er mest og hvaða aðgerðir eru árangursríkastar til að tryggja stöðugleika kerfisins og orkuöryggi.

Í kerfisáætlun er orkulíkanið nýtt til greininga á þróun meginflutningskerfisins, greininga á þjóðhagslegum ávinningi uppbyggingar og áhrifum framkvæmda á gjaldskrá svo eitthvað sé nefnt.

Flutningskerfi framtíðar

Landsnet hefur sett af stað rannsóknarverkefnið *Flutningskerfi framtíðar*, sem miðar að því að greina hvernig flutningskerfi raforku þarf að þróast til að mæta þörfum fram til og eftir árið 2050. Verkefnið skiptist í tvo hluta þar sem fyrri áfanginn (2025) einblínir á rekstrarhæfi framtíðarkerfisins og seinni áfanginn (2026) á tæknilausnir og fjárfestingar.

Aðrar breytingar og framtíðarhorfur

Auk þessara breytinga hefur Landsnet eflt samstarf við erlend flutningsfyrirtæki til að læra af reynslu þeirra í aðlögun raforkukerfa að nýjum orkugjöfum. Þróun reglugerðarumhverfis og aukin þátttaka í alþjóðlegum rannsóknarverkefnum er einnig hluti af þessari stefnu.

Þessar breytingar leggja grunn að markvissari stefnumótun Landsnets og tryggja að flutningskerfið verði betur í stakk búið til að mæta áskorunum framtíðarinnar.

4.3 Stefnur, lög og reglugerðir sem stýra gerð kerfisáætlunar

4.3.1 Lög, reglugerðir og stefnur stjórnvalda um uppbyggingu flutningskerfis raforku og um lagningu raflína

Landsneti ber að leggja fram kerfisáætlun að minnsta kosti annað hvert ár. Nánar er fjallað um innihald og form kerfisáætlunar og ferli kynningar og samþykktar í raforkulögum nr. 65/2003, 9. gr. a., og reglugerð um kerfisáætlun fyrir uppbyggingu flutningskerfis raforku nr. 870/2016. Í lögum þessum og reglugerð er aðferðafræði greininga, innihaldi og framsetningu lýst, án þess að kveðið sé á um hvernig flutningsfyrirtækið skuli forgangsraða framkvæmdum.

Slík forgangsröðun kemur hins vegar fram í stefnu stjórnvalda. Tvær þingsályktanir liggja til grundvallar stefnu stjórnvalda um flutningskerfi raforku. Sú ítarlegri og nýrri er þingsályktun nr. 26/148 um stefnu stjórnvalda um uppbyggingu flutningskerfis raforku. Sú eldri, stefna stjórnvalda um lagningu raflína, nr. 11/144, setur fram viðmið og meginreglur varðandi lagningu raflína. Báðar þessar stefnur liggja til grundvallar áætlun þessari.

Stefna stjórnvalda um uppbyggingu flutningskerfis raforku er í þremur liðum:

- A-liður snýr að almennum atriðum er varða uppbyggingu flutningskerfis raforku.
- B-liður fjallar um rannsóknir og greiningar á jarðstrengjum í flutningskerfinu
- C-liður snýr að viðmiðum og meginreglum varðandi lagningu raflína. Þar er kveðið á um að þar til stefnan hafi verið endurskoðuð, gildi viðmið og meginreglur í fyrri stefnu, nr. 11/144.

Almenn ákvæði A-liðs eru flest leiðbeinandi fyrir forgangsröðun. Þó eru tveir liðir bindandi. Annars vegar er kveðið á um að ekki skuli lögð raflína yfir hálandið og hins vegar að landið skuli ekki tengt við raforkukerfi annarra landa með sæstreng.

Fyrir öll verkefni sem eru á framkvæmdaáætlun er lagt mat á það hvernig einstaka framkvæmdir og/eða valkostir samræmast almennum atriðum í stefnu stjórnvalda og stefnu um línutegund skv. stefnu um lagningu raflína. Mat á samræmi allra valkosta á langtímaáætlun við stefnuna má finna í umhverfismatsskýrslu.

B-liður stefnunnar snýr að rannsóknum og greiningum á jarðstrengsmöguleikum. Samkvæmt henni skulu sérfróðir aðilar gera óháðar og sjálfstæðar rannsóknir á áhrifum mismunandi tæknilegra lausna við lagningu raflína. Jafnframt skuli fari fram óháð greining á þjóðhagslegri hagkvæmni þess að aukið hlutfall flutningskerfis raforku verði lagt í jörð, með tilliti til áhrifa á raforkuverð, afhendingaröryggis, hagkvæmni, byggðapróunar, tæknilegra lausna og umhverfiskostnaðar. Skýrsla um framangreind rannsóknarefni hefur verið lögð fram og er nánar fjallað um efni hennar í fyrri kerfisáætlunum.

Þar til framangreindri endurskoðun er lokið skulu gilda þau viðmið og þær meginreglur varðandi lagningu raflína sem fram koma í þingsályktun nr. 11/144 um stefnu stjórnvalda um lagningu raflína, líkt og gert er í þessari kerfisáætlun.

Megininntak skýrslunnar, sem nefnd er hér í tl. 5.2.2, er þó það að ekki sé tilefni til þess að slaka á takmörkunum á lagningu jarðstrengja í flutningskerfi raforku, sem lýst er í ofangreindri þingsályktun 11/144.

4.3.2 Stefna Landsnets

Stefnan okkar miðar að því að setja viðskiptavininn í fyrsta sæti með því að leggja áherslu á viðskiptalegar nálganir á öll okkar verkefni og huga að því hvaða virði við erum að afhenda með þjónustu okkar.

Við leggjum áherslu á umhverfisvænar lausnir, það gerum við með því að nýta betur og nota minna.

Við byggjum upp traust og hvetjum til uppbyggilegrar umræðu. Við höfum þjónustu og samstarf að leiðarljósi og byggjum þannig upp árangursríka menningu og náum árangri saman með hagsmunaaðilum okkar.

Við komum auga á þær breytingar sem þarf að gera og höfum öflugan farveg nýsköpunar og umbreytinga fyrir hendi til að ná árangri fyrir okkur og viðskiptavinum okkar.

Við byggjum á traustum grunni, náum árangri með hagkvæmu og áreiðanlegu flutningskerfi og förum vel með fjármagn. Horfum til hraða í þjónustu, afhendingaröryggis og hagkvæms verðs, sem byggir á gagnsæi í orkuverðum í okkar virðissköpun.



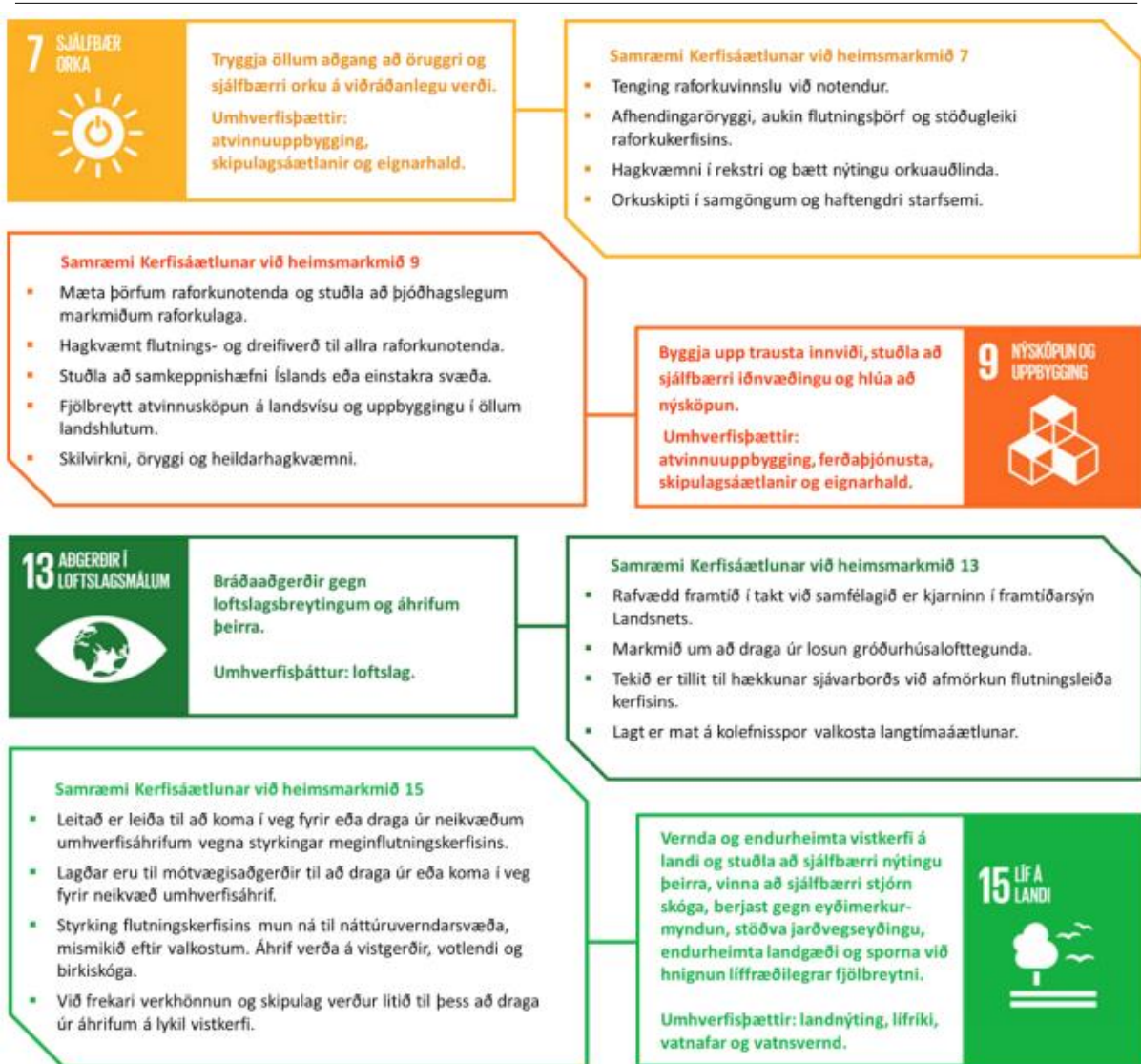
Mynd 4-2: Viðskiptamiðuð þjónusta með virðissköpun að leiðarljósi

4.3.3 Heimsmarkmið Sameinuðu þjóðanna

Sú þróun flutningskerfisins sem lýst er í kerfisáætlun stuðlar með beinum hætti heimsmarkmiðum Sameinuðu þjóðanna, sérstaklega eftirfarandi markmiðum:

- Heimsmarkmið nr. 7 – Tryggja öllum aðgang að öruggri og sjálfbærri orku á viðráðanlegu verði
- Heimsmarkmið nr. 9 – Byggja upp trausta innviði, stuðla að sjálfbærri iðnvæðingu og hlúa að nýsköpun
- Heimsmarkmið nr. 13 – Bráðaaðgerðir gegn loftslagsbreytingum og áhrifum þeirra

Að auki vinnur Landsnet ötullega að því að lágmarka neikvæð áhrif uppbyggingar á **heimsmarkmið 15** um líf á landi. Í undirbúningi allra verkefna er kappkostað að velja þá línuleið og staðsetningu einstakra mastra sem hefur sem minnst áhrif á vistkerfi. Allt er þetta gert í nánú samráði við vísindamenn og heimamenn, sem þekkja umhverfið vel.



Mynd 4-3: Fjögur heimsmarkmið Sameinuðu þjóðanna eru til skoðunar í kerfisáætlun 2025–2034. Nánar er fjallað um tengsl þróunar flutningskerfisins við heimsmarkmið Sameinuðu þjóðanna í umhverfismati kerfisáætlunar.



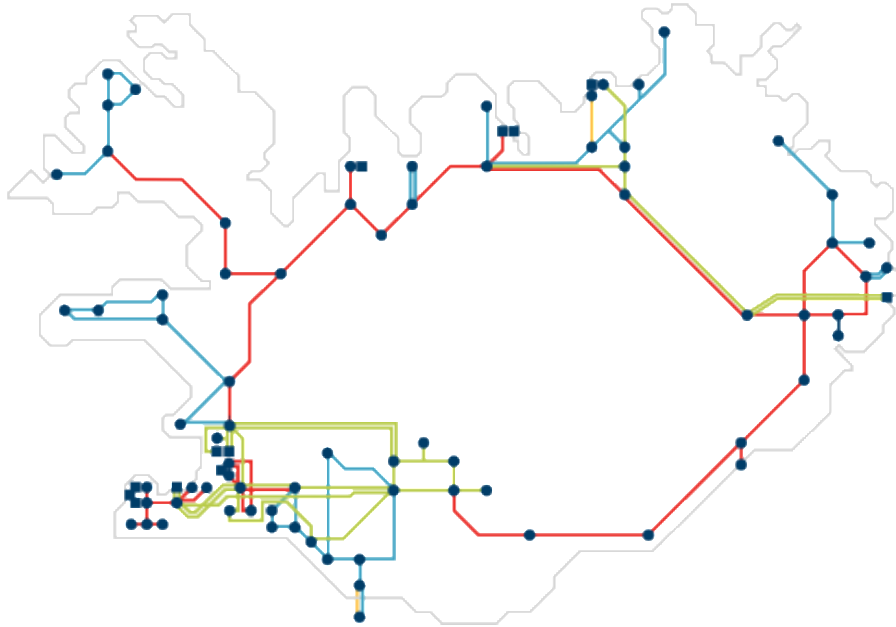
FORSENDUR KERFISÁÆTLUNAR

Kerfisáætlun á, lögum samkvæmt, að byggja á raunhæfum spám og forsendum um þróun raforkuframleiðslu, raforkunotkunar og markaðsþróun. Einnig skulu markmið um afhendingaröryggi raforku skilgreind fyrir tímabil áætlunarinnar og koma fram hvernig þeim verði náð með fullnægjandi hætti. Það á líka að koma skýrt fram hvaða sviðsmyndum og spám Landsnet byggji sína forgangsröðun á.

Margt hefur áhrif á þróun og uppbyggingu flutningskerfisins. Því er hér fjallað um fleira en það sem lögin krefjast. Meðal annars er mikilvægt að fjalla um takmarkandi þætti, sem hafa komið í veg fyrir að þróun flutningskerfisins hafi gengið eftir áætlun. Umfjöllun um öryggi er einnig breiðari en lögin krefjast. Meðal annars er þörf á að gera vel grein fyrir launafli, þar sem allnokkur verkefni á áætlun takast á við það.

Þannig er hér reynt að fjalla nægilega um mikilvægustu þætti sem ráða forgangsröðun framkvæmda á þessari kerfisáætlun og einnig gera grein fyrir óvissu í áætlanagerðinni, með því að fjalla um takmarkandi þætti.

5 Flutningskerfið í dag



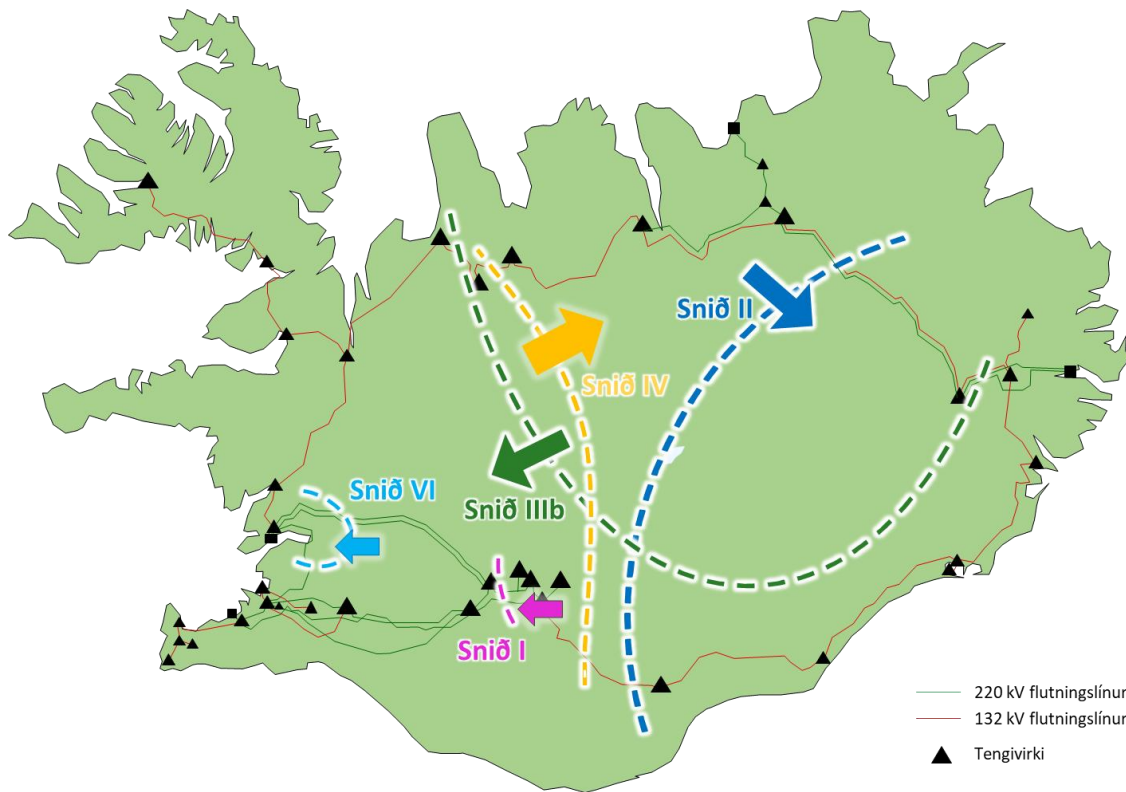
Mynd 5-1: Flutningskerfi Landsnets í dag

Flutningskerfi Landsnets samanstendur í dag af 3.236 km af loftlínunum og 362 km af jarð- og sæstrengjum. 84 tengivirki tengja línurnar saman og miðla orkunni út til notenda, annað hvort beint eða í gegnum dreifikerfin. Árið 2024 fóru 18,3 terawattstundir um kerfið og til notenda. Nokkuð af orkunni tapast alltaf á leiðinni. Flutningstöpin hafa haldist í kringum 2% af innmattaðri orku síðustu ár.

5.1 Flutningstakmarkanir

Flutningstakmörkunum má líkja við umferðarteppu. Þegar margir vilja komast á sama svæði á sama tíma fyllast göturnar og teppast. Á sama hátt getur mikil notkun í einum landshluta fyllt kerfið og komið í veg fyrir að allir notendur fái þá orku sem þeir þurfa. Þó að kerfið anni meðalálagi, getur þurft að skerða orkuafhendingu á háannatímum.

Íslenska flutningskerfið er mjög lestað og af þeim sökum er afhendingaröryggi víða á landinu stefnt í hættu. Þessi mikla lestun kerfisins leiðir af sér aukna hættu á truflunum, t.d. vegna óstöðugleika (aflsveiflna), yfirálags eða spennuvandamála. Til þess að tryggja afhendingaröryggi við stjórnun kerfisins hafa verið skilgreind flutningssnið (flöskuhálsar) í meginflutningskerfinu sem segja til um hámarksafflutning milli svæða og landshluta. Þessir flöskuhálsar hindra það að nýta megi orkuframleiðslu á skilvirkan hátt.



Mynd 5-2: Meginflutningskerfið og flutnings-snið (flöskuhálsar)

Árstíðabundnar sveiflur í vatnsbúskap uppistöðulóna geta haft áhrif á afhendingu raforku þar sem flutnings-snið geta takmarkað svigrúm kerfisins til þess að flytja raforku milli landshluta. Um árabil hafa flutningstakmarkanir og óstöðugleiki verið vandamál í rekstri byggðalínunnar og hafa skerðingar á orkuafhendingu aukist ár frá ári. Snið IIIb, sem tengir saman Suðurland og Norður- og Austurland (og samanstendur af Blöndulínu 1 og Fljótsdalslínu 2), er enn einn helsti flöskuhálsinn í kerfinu. Án aðgerða munu flutningstakmarkanir áfram koma í veg fyrir að nýjar virkjanir norðan sniðsins nýtist utan sniðs en þar er eftirspurnin mest. Nú er svo komið að örðugt er að bæta við orkuframleiðslu á Norðausturlandi ásamt notkun þar sem stöðugleikavandamál fara ört vaxandi með slíku fyrirkomulagi. Það vandamál leysist ekki fyrr en komin er trygg, 220 kV, tenging milli Norður- og Suðvesturlands. Fram að því er hættu á því að einfaldar truflanir í kerfinu framkalli aflsveiflur milli þessara svæða. Nýjar vinnslueiningar norðan sniðs IIIb auka á þessar sveiflur og þar með verða vaxandi líkur á því að kerfið skiptist í rekstrareyjar. Það þýðir aukna áhættu í rekstri með líkum á tilheyrandi rafmagnsleysi og tjóni fyrir samfélagið.

Flutnings-snið sýna okkur hvar flöskuhálsar í flutningskerfinu takmarka flutning raforku á milli landshluta. Þessir flöskuhálsar hindra það að nýta megi orkuframleiðslu á skilvirkan hátt.

Snið VI á Vesturlandi, sem afmarkast af Sultartangalínunum 1 og 3 auk Brennimelslínu 1, er einnig yfirkeyrt, sérstaklega vegna aukinnar notkunar á Grundartanga. Þessar flutningstakmarkanir hamlu eðlilegri þróun atvinnulífs og draga úr sveigjanleika kerfisins. Ný 220 kV byggðalína frá Klafastöðum til Fljótsdals mun létta á þessu sniði.

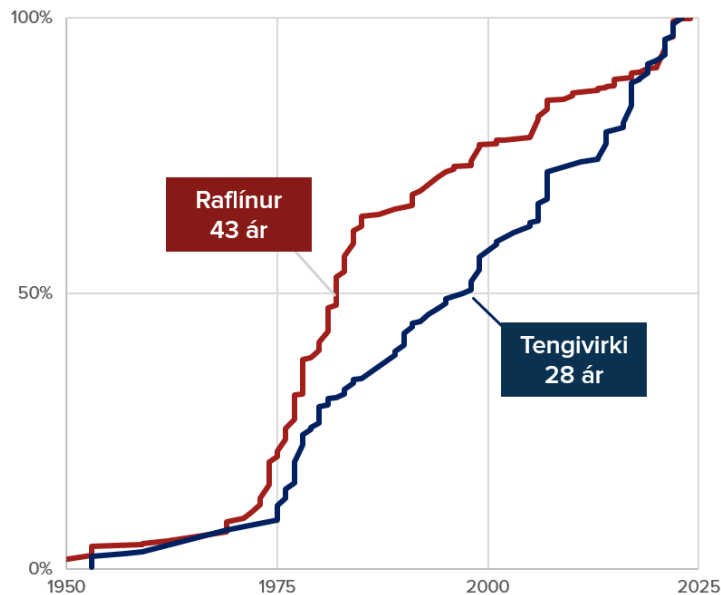
Önnur snið, sem sýnd eru á mynd 6, valda að jafnaði ekki vanda í rekstri kerfisins, kannski að undanskildu sniði I á Þjórsár-/Tungnaársvæðinu. Þar er um að ræða Sigöldulínu 3 og Hrauneyjafosslínu 1. Flutningsmörk í þessu sniði takmarka flutning frá fjórum af stærstu vatnsaflsstöðvum landsins og

líklegt má telja að Vaðölduver muni auka áraun á þetta snið. Tiltölulega auðvelt væri að bæta úr, með uppfærslu á endabúnaði lína og uppfærslu á Hrauneyjafosslínu 1.

Til þess að gera það mögulegt að reka meginflutningskerfið með þessum takmörkunum hefur Landsnet sett upp svokallaðar kerfisvarnir víðs vegar í kerfinu. Hlutverk þessara varna er að vakta flæði í línunum og búnaði og koma í veg fyrir yfirlestun, aflsveiflur milli svæða, undirtíðni og undirspennu með því að grípa til varnaraðgerða áður en í óefni er komið. Langtímalausnin á þessu flutningstakmörkunum er hins vegar uppbygging og styrking flutningskerfisins.

5.2 Viðhaldspörf

Ör uppbygging var í flutningskerfinu á áttunda og níunda áratug síðustu aldar. Þá voru landshlutarnir tengdir í eitt heildstætt kerfi með byggðalínu. Sú uppbygging sést glögglega í mynd 7. Með góðu viðhaldi er reiknað með að líftími hluta flutningskerfisins sé um 75 ár. Því má sjá að helmingur raflínukílómetra Landsnets er á seinni hluta líftíma síns. Sogslína, fyrsta stálmastralína Íslands, og Laxárlína, eru báðar frá 1953. Þær hafa þjónað sínum tilgangi og innan skamms verða þær teknar niður og skilið við umhverfið eins það var fyrir. Elsta línan er þó Húsavíkurlína, frá 1948.



Mynd 5-3: Aldur raflína og tengivirkja. Af öllum raflínukílómetrum er helmingurinn eldri en 43 ára. Af öllum tengivirkjarofum er helmingurinn eldri en 28 ára.

Mikið hefur mætt á byggðalínunni, enda hefur hún verið fulllestuð yfir lengri tíma. Hún er að mestu byggð sem tréstaurlína og liggur víða þar sem hún er útsett fyrir bilunum af veðurfarslegum orsökum. Ný kynslóð byggðalínu mun létta álagi af henni. Holtavörðuheidiarlínur 1 og 3 og Blöndulína 3 eru lykिलframkvæmdir til þess að minnka áhættu í kerfinu.

Aldur tengivirkja endurspeglar mikla endurnýjun og framþróun henni samfara á undanförunum árum. Nýrri tengivirki eru yfirbyggð og þar með ekki jafn viðkvæm fyrir veðri og vindum. Í dag eru um 70% tengivirkja Landsnets yfirbyggð. Nýju tengivirkin eru einnig stafræn, sem lækkar líftímakostnað og eykur fjarstýrimöguleika og notkun snjalltækni við kerfisstjórnun. Hins vegar þarf að huga að endurnýjun lykiltengivirkja. Tengivirkið á Írafossi fær þarfa endurnýjun á tímabilinu. Farið verður í hlutaendurnýjun á Geithálsi. Einnig þarf að huga vel að tengivirkinu að Brennimeil. Nýtt tengivirki á Klafastöðum mun létta miklu álagi af því.

Landsnet hefur á liðnum árum unnið að því að bæta og þróa viðhaldsáætlanir, með aukinni áherslu á fyrirbyggjandi viðhald og miðlífsendurnýjun. Upphengibúnaður á línunum er endurnýjaður jafnt og þétt en brátt þarf áttak í endurnýjun lykilkafila í flutningskerfinu.

5.3 Takmarkandi þættir fyrir þróun flutningskerfisins

5.3.1 Tafir í skipulagsferlum og leyfisveitingum

Skipulagsmál og leyfisveitingar eru mikilvægir ferlar til að finna hinn gullna meðalveg þar sem jákvæð áhrif eru háværkuð, meðan neikvæðum áhrifum er haldið í lágmarki. Landsnet leggur sig í líma við að hafa góð samskipti við heimamenn og safna góðum upplýsingum um umhverfisáhrif til þess að ákvarðanir um línuleiðir og framkvæmdir verði sem best úr garði gerðar. Ítrekað kemur upp staða þar sem tafir í skipulagsferlum og leyfisveitingum gera að verkum að framkvæmdir geta ekki hafist eins og áætlað var. Landsnet hefur komið til móts við breytingatillögur og oft hefur náðst lending sem sátt er um.

Línuframkvæmdir á borð við Holtavörðuheildarlínur 1 og 3 og Blöndulínu 3 ætti að líta á sem þjóðhagslega mikilvæga innviði og tryggja að þær gangi greiðlega fyrir sig.

Heildaráhrifin eru hins vegar þau að áætlanir um uppbyggingu standast ekki, sem hamlar bæði hagrænni þróun og orkuöryggi. Því hefur myndast þverpólitísk samstaða um að einfalda ákvarðanatöku um þjóðhagslega mikilvæga innviði flutningskerfa. Uppbygging þjóðhagslega mikilvægra innviða er eitt af 9 lykilviðfangsefnum *Landsskipulagsstefnu 2024-2038* (1):

Tryggt verði að ákvarðanir um uppbyggingu og viðhald þjóðhagslega mikilvægra innviða nái fram að ganga. Í samvinnu við hagsmunaaðila verði lagt mat á hvaða innviðir flutningskerfa, svo sem samgöngu- og veitukerfis, hafi þjóðhagslegt mikilvægi og skoðaðar leiðir til að einfalda og stuðla að ákvarðanatöku um uppbyggingu og viðhald þeirra.

Landsnet lítur svo á flutningskerfið allt séu *mikilvægir innviðir* (e. critical infrastructure). Þó er sérstök ástæða til greiða fyrir þeim framkvæmdum sem gegna lykilhlutverki í samtengingu landssvæða og tryggja afhendingaröryggi á landsvísu. Línuframkvæmdir á borð við Holtavörðuheildarlínur 1 og 3 og Blöndulínu 3 ætti að líta á sem *þjóðhagslega mikilvæga innviði* og tryggja að þær gangi greiðlega fyrir sig.

Við komandi endurskoðun á regluverkinu vill Landsnet sérstaklega benda á fjögur úrlausnarefni:

- **Almenn óskilvirkni:** Oft tefjast mál þrátt fyrir að enginn ágreiningur sé uppi. Sennilega er samnefningarinn oft á tíðum annríki í stjórnkerfi fámennra en víðfeðmra sveitarfélaga. Það væri kostur ef hægt væri að létta álagi af sveitarfélögum þar sem þörf er á.
- **Úrskurðarvald:** Undirbúningur sumra framkvæmda hefur hrokkið í óleysanlegan hnút, þar sem ekki eru til valdheimildir eða ferlar til að miðla málum og höggva á hnúttinn. Raflínunefndir hafa ekki verið virkjaðar, þrátt fyrir umleitan Landsnets.
- **Samræmt ferli:** Sveitarfélögin hafa mismunandi nálgun í skipulagsferlum. Til dæmis vilja sum sveitarfélög ekki hefja skipulagsbreytingu fyrr en Landsnet hefur náð sátt við landeigendur, meðan önnur vilja ekki að rætt sé við landeigendur fyrr en fjallað hefur verið um málið í skipulagi.
- **Eitt ferli:** Mikill kostur væri ef hægt væri að fjalla um hverja línuframkvæmd í einu og sama ferli þvert á sveitarfélög. Öll ferli yrðu fyrirsjáanlegri.

Nágrannalönd okkar vinna sífellt að því að auka skilvirkni þessara ferla. Landsnet horfir m.a. til þeirrar vinnu og vill gjarnan leggja sitt af mörkum við mótun úrbóta á okkar umgjörð m.a. með hliðsjón af þeim leiðum sem önnur lönd hafa þróað.

5.3.2 Óvissa á framkvæmdatíma

Orkuskipti á heimsvísu valda því að eftirspurn eftir búnaði til flutnings raforku hefur aukist. Afhendingartími búnaðar hefur því lengst og verð hækkað. Síðustu þrjú árin hefur spennan aukist enn frekar. Innrás Rússlands í Úkraínu færði aukna alvöru í umræðu um langtímaorkuöryggi í Evrópu. Ofan á það bætist nú spenna í alþjóðahagkerfinu. Þetta hefur valdið verðhækkun og töfum í afhendingu búnaðar sem Landsnet þarf í sínar framkvæmdir og fyrirséð er að svo muni verða áfram.

Þrátt fyrir þetta hafa tíma- og kostnaðaráætlanir Landsnets ekki riðlast umfram það sem vænta má af aðfangakeðjum. Við höfum gert markaðskannanir hjá erlendum birgjum og gert ýmsar breytingar í kjölfarið. Við höfum leitað nýrra birgja og keypt búnað frá nýjum mörkuðum. Einnig höfum við leitað nýrra leiða í skipulagi verkefna, til dæmis með uppskiptingu verkefna.

Almennt séð munum við áfram leggja okkur í líma við að lækka einingarkostnað mannvirkjanna okkar með öllum tiltækum ráðum og að stytta framkvæmdatíma sem kostur er. Þó er fyrirséð að óvissa í áætlanagerðinni er meiri nú en áður.

6 Umskipti

Orkukerfi heimsins standa á tímamótum þar sem loftslagsbreytingar krefjast breytinga á orkunotkun mannkynsins. Markmiðið er að draga verulega úr og að lokum hætta notkun jarðefnaeldsneytis sem orkugjafa. Þetta kallar á miklar breytingar á raforkukerfum heimsins, bæði í framleiðslu, dreifingu og framleiðslu endurnýjanlegrar raforku.

Ísland hefur skuldbundið sig til að draga úr losun koltvísýrings vegna bruna jarðefnaeldsneytis. Þótt nánast öll raforka á Íslandi sé framleidd með endurnýjanlegum orkugjöfum, kemur enn umtalsverður hluti frumorkunotkunar frá jarðefnaeldsneyti. Þetta á sérstaklega við um samgöngur á landi, iðnaðarferli, skipaflotann, flugið og hitaveitur á köldum svæðum.

Notkun jarðefnaeldsneytis á Íslandi er enn svo umfangsmikil að orkan frá jarðefnaeldsneyti er næstum því sambærileg við það sem framleitt er í vatnsaflsvirkjunum landsins. Til að Ísland geti staðið við skuldbindingar sínar án þess að draga úr lífsgæðum eða framleiðslu, þarf að auka orkuframleiðslu. Til viðbótar við vatnsafl og jarðvarma, mun einnig þurfa orkugjafa sem eru nýir hér á landi eins og vindorku, sólarorku og sjávarfallaorku. Þessir nýju orkugjafar eiga það sammerkt að framleiðslan sveiflast upp og niður og erfitt er að stýra framleiðslunni. Þetta mun kalla á meiri sveigjanleika í raforkukerfum og krefst nýrrar hugsunar í þróun flutningskerfisins.

Til viðbótar við vatnsafl og jarðvarma, mun einnig þurfa orkugjafa sem eru nýir hér á landi eins og vindorku, sólarorku og sjávarfallaorku.

Þessir nýju orkugjafar eiga það sammerkt að framleiðslan sveiflast upp og niður og erfitt er að stýra framleiðslunni. Þetta mun kalla á meiri sveigjanleika og krefst nýrrar hugsunar í þróun flutningskerfisins.

6.1 Þróun notkunar og framleiðslu

Miklar breytingar á orkukerfinu eru fyrirsjáanlegar á næstu áratugum þar sem raforkueftirspurn mun aukast í takt við orkuskipti, atvinnuuppbyggingu og þróun samfélagsins. Eins og er er kerfið uppselt – víðast hvar um landið er ekki hægt að afhenda meiri orku til atvinnuuppbyggingar eða orkuskipta en þegar er gert. Þörfin mun aukast og til þess að kerfið geti annað henni þarf að hraða uppbyggingu.

Samkvæmt [Raforkuspá Landsnets](#) fyrir tímabilið 2024-2050 eru helstu drifkraftar aukinnar eftirspurnar heimili, fyrirtæki og rafvæðing samgangna. Reiknað er með að rafvæðingu fólksbílaflotans verði lokið upp úr 2040. Rafvæðing stærri bíla, s.s. vörubíla og hópferðabíla og vinnuvéla mun hins vegar taka lengri tíma og ekki verða að fullu lokið í lok spátímabilsins árið 2050.

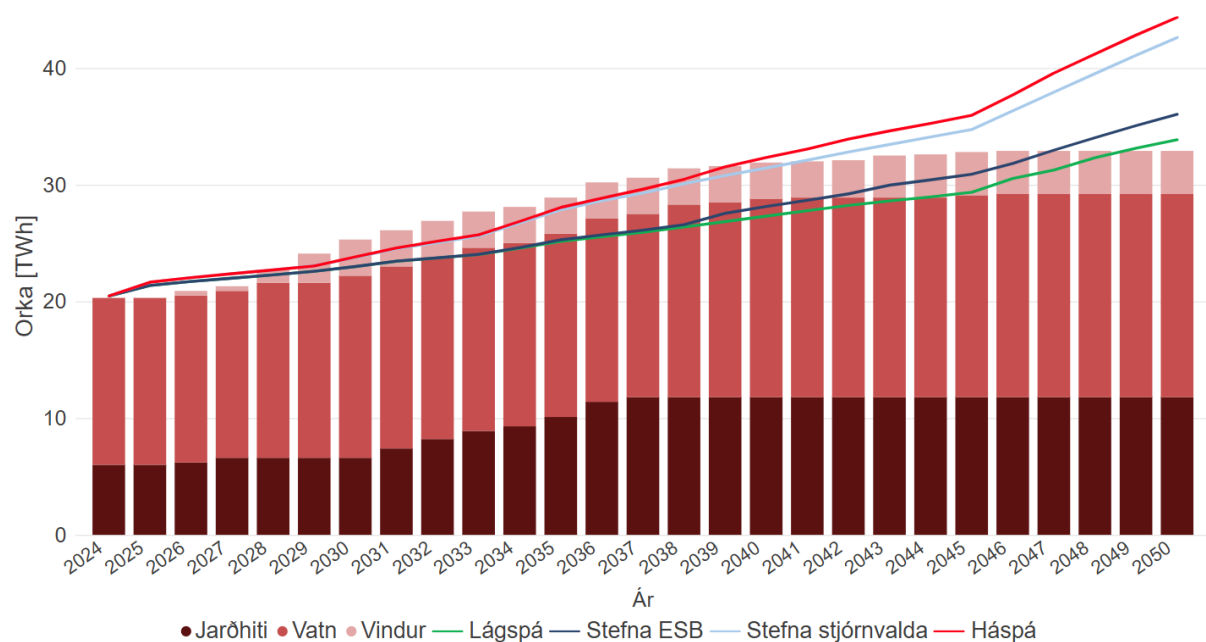
Heildarvöxtur í raforkueftirspurn vegna orkuskipta í samgöngum á landi verður um 2,5 TWh næstu 25 árin samkvæmt spánni. Gert er ráð fyrir að eftirspurn til almennrar notkunar raforku muni vaxa úr 3,8 TWh í 4,9 TWh. Undir almenna notkun má telja raforkunotkun heimila, þjónustu og orkunotkun smærri fyrirtækja sem tengjast dreifiveitum. Einnig er gert ráð fyrir vaxandi eftirspurn eftir raforku til stórnotkunar, þ.e. notendum sem tengjast flutningskerfinu beint, og skv. spánni mun hún aukast um 4,2 TWh fram til ársins 2050. Er það einkum tilkomið vegna matvælaframleiðslu, efnisvinnslu og vaxtar gagnavera, á meðan ekki er gert ráð fyrir aukinni raforkuþörf álvera.

	2025	2050	% Aukning frá 2025
Almenn notkun	3.854	4.913	27%
Stórnotkun	16.262	19.699	21%
Orkuskipti án rafeldsneytis	321	3.290	926%
Rafeldsneyti - Lágspá	-	4.386	
Rafeldsneyti - Háspá	270	14.420	5240%

Tafla 6-1: Vænt orku eftirspurn í GWh árin 2025 og 2050 eftir notkunarflokkum og sviðsmyndum

Meginmunurinn á sviðsmyndunum er þróun rafeldsneytisframleiðslu á tímabilinu. Aðrir flokkar, þ.e. almenn notkun, stórnotkun og orkuskipti án rafeldsneytis, eru eins í öllum sviðsmyndum. Árleg eftirspurn eftir raforku fyrir þann hluta orkuskipta sem verður mætt með rafmagni beint, t.d. samgöngur á landi og iðnaður, eykst margfalt yfir tímabilið, eða um tæpar 3 TWh. Í millilandaflugi og í skipasiglingum mun rafeldsneytisframleiðsla verða lykilmáttur í orkuskiptum en framgangur hennar mun þó aðallega ráðast af tækniframförum og hagkvæmni. Í Raforkuspá Landsnets er gert ráð fyrir að orkuskiptum í siglingum og millilandaflugi verði mætt fyrst um sinn með íblöndun á lífrænu eldsneyti í hefðbundið jarðefnaeldsneyti í takti við áætlanir Evrópusambandsins. Á seinni hluta spátímabilsins er gert ráð fyrir að framleiðsla á lífrænu eldsneyti staðni en notkun á rafeldsneyti aukist samfara tækniþróun og aukinni hagkvæmni á framleiðslu þess. Gert er ráð fyrir að árleg eftirspurn eftir raforku til framleiðslu á rafeldsneyti muni á næstu 25 árum vaxa um 4,4 TWh í lágspá og upp í 14,4 TWh í háspá.

Framboð á raforku mun ekki duga til að mæta aukinni eftirspurn nema framkvæmdir við nýjar vatnsafls-jarðvarma- og vindorkuvirkjanir, ásamt stækkunum núverandi virkjana, verði settar í gang. Nauðsynlegt verður að halda áfram uppsetningu smávirkjana og nýta nýja breytilega orkugjafa, svo sem vindorku, sólarorku og sjávarfallaorku. Þetta mun auka sveiflur í framleiðslu og kalla á betri orkustýringu, orkugeymslur og snjallkerfi til að tryggja stöðugt framboð. Til skemmri tíma er gert ráð fyrir áframhaldandi raforkuskorti sem aftur leiðir til hækkandi raforkuverðs, en frá 2030 gæti staðan batnað ef áætlanir um nýjar virkjanir ganga eftir. Hins vegar verður áfram þörf á fleiri virkjanakostum til að mæta framtíðareftirspurn og tryggja orkuöryggi.



Mynd 6-1: Spá um framboð og eftirspurn yfir tímabilið eftir mismunandi sviðsmyndum og gerð orkugjafa

Vind- og sólarorka munu skipa stærri sess í raforkukerfinu og fyrsta vindorkuverið, Vaðölduver, verður brátt tengt meginflutningskerfinu. Sólarorka er enn á byrjunarstigi hérlandis en er spáð hröðum vexti á næstu árum, bæði í stórum sólarorkuverum og minni einingum á heimilum og fyrirtækjum. Í nágrannalöndum okkar sjáum við einnig fleiri virka notendur, sem bæði framleiða og neyta eigin raforku og veita umframorku inn á netið. Taki þessi þróun af stað hérlandis líka, mun það hafa áhrif á dreifikerfið og krefjast nýrrar hugsunar í rekstri raforkumarkaðarins.

Til að tryggja stöðugt framboð og afhendingaröryggi raforku þarf að styrkja flutningskerfið. Ef allar áætlanir ganga eftir gæti heildareftirspurn raforku árið 2050 orðið á bilinu 33–44 TWh, sem jafngildir 65–116% aukningu frá 2024.

Orkuskiptin hafa ekki gengið jafnhvatt og væntingar voru um og spá um nýja notkun hefur verið leiðrétt í þessari raforkuspá. Einnig hefur framboðs aukning verið hægari en búast mátti við. Í ljósi þessa leggur Landsnet lágspána til grundvallar í útreikningum í þessari kerfisáætlun.

Þær virkjanir sem gert er ráð fyrir að tengist flutningsnetinu á tímabili langtímaáætlunar má sjá í töflu 2. Um er að ræða virkjanir sem eru í undirbúningi eða framkvæmd og Landsnet hefur forsendur til að hefja undirbúning tengingar. Engar nýjar virkjanir eru því seinni hluta tímabilsins, eftir 2030, þar sem Landsnet hefur ekki forsendur til að áætla slíkt. Gert er ráð fyrir virkjunum í töflu 2 í útreikningum og greiningum kerfisáætlunar.

	Afl [MW]	Gangsetning
Stækkun Svartsengis	10	2026 – 2027
Vaðölduver	120	2026
Stækkun Sigöldu	65	2028
Þeistareykir – toppþrýstivél	22	2028
Hrauneyjafoss - aflaukning	22	2028 – 2030
Hvammsvirkjun	95	2030
Hvalárvirkjun	55	2030

Tafla 6-2: Ný vinnsla á tímabili áætlunarinnar

6.2 Þróun viðskiptaumhverfis

Virkur raforkumarkaður spilar veigamikið hlutverk í starfsemi raforkuflutningsfyrirtækja 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 vinnsluaðila að hasla sér völl þar sem möguleikar til að selja raforku aukast, aukin framleiðsla tryggir aukið framboð á raforku, verðmerki verða gagnsærri sem aftur leiðir til betri og hagkvæmari uppbyggingaráforma vinnsluaðila og flutningskerfis. Samhliða þessu má einnig gera ráð fyrir því að virði stýranlegra aflstöðva muni aukast umfram aðrar 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 frávika 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 vind- og sólarorku þar sem ljóst liggur fyrir að virkjanakostir í rammaáætlun duga ekki til að mæta orkuskiptum. Í raforkukerfi sem styðst við endurnýjanlega orkugjafa er heildarframboð raforku hvers árs breytilegt þar sem vatnsár er misgóð, vindur mismikill og sólardagar mismargir. Þetta skapar bæði óvissu til skamms tíma sem leysa má á skammtíma-eða jöfnunarorkumarkaði. (2)^[10].

Næsta dags markaður fyrir raforku skapar hvata til fjárfestinga í flutningskerfinu með því að veita regluleg verðmerki sem sýna þegar framboð og eftirspurn eru í ójafnvægi. Markaðsverð stuðla einnig að auknum áreiðanleika og stöðugleika í kerfinu með því að gera fjárfestingar í styrkingu flutningskerfisins hagkvæmar. Verð á raforku getur hækkað ef flöskuhálsar eru til staðar í flutningskerfinu og gefur það til kynna að þörf er á fjárfestingu í styrkingu á flutningskerfinu til þess að bæta flutningsgetu, minnka mögulegt orkutap og tryggja jafnframt meira jafnvægi á milli framboðs og eftirspurnar. Virkir raforkumarkaðir tryggja þar með að fjárfestingar í flutningskerfinu byggja á skýrum verðmerkjum frá markaði, sem skilar sér í skilvirkara flutningskerfi, auknu orkuöryggi og lægri langtímakostnaði fyrir samfélagið.

6.3 Nýir orkugjafar – nýjar áskoranir fyrir raforkukerfi landsins

Orkukerfi landsins er á margan hátt einstakt á heimsvísu, þar sem nánast öll raforkuframleiðsla landsins kemur frá endurnýjanlegum orkugjöfum, að mestu leyti vatnsafli og jarðvarma. Aðrir endurnýjanlegir orkugjafar, s.s. vindorka og sólarorka, hafa ekki verið nýttir nema að mjög takmörkuðu leyti hérlendis. Vindorka og sólarorka eru frábrugðnir þeim endurnýjanlegu orkugjöfum sem við erum vön á þann hátt að þeir eru minna stýranlegir, fylgja veðrinu og oft talað um þá sem breytilega orkugjafa.

Innleiðing vindorku og fleiri orkugjafa sem þriðju stoðarinnar í íslenskri orkuöflun eykur fjölbreytni í orkubúskapnum og getur dregið úr hættu á orkuskerðingu vatnsaflsvirkjana í þurrum árum. Vindorka getur þannig hjálpað til við að viðhalda framleiðslu þegar vatnsmiðlun er lág og aukið þannig nýtingu miðlunarlóna. Hins vegar fylgja innleiðingu breytilegra orkugjafa ýmsar áskoranir. Meðal helstu áskorana er að tryggja stöðugleika raforkukerfisins með sveigjanlegum lausnum, eins og sveigjanleika notkunar, orkugeymslum og snjallstýringu á flutningskerfinu. Eins mun meiri sveigjanleiki jafngilda minni nýtni á flutningskerfinu. Flutningskerfið þarf að rúma hámarks framleiðslu en þar sem framleiðslan er oft ekki í hámarki, mun oft verða ónýtt flutningsgeta í kerfinu.

Orkugeymslur munu verða eitt af lykilatriðum í að viðhalda jafnvægi milli framboðs og eftirspurnar, bæði í formi uppistöðulóna en einnig byggt á öðrum lausnum t.d. rafhlöðutækni, (e. BESS - Battery Energy Storage System). Slíkar lausnir hafa í vaxandi mæli verið þróaðar og settar upp í orkukerfum erlendis samfara innleiðingu breytilegra orkugjafa en krefjast þó áframhaldandi þróunar og fjárfestinga. Önnur leið til þess að bregðast við breytileika er með notkunarsvörun, (e. Demand Side Response). Það hugtak lýsir því þegar neytendur, t.d. heimili eða fyrirtæki, aðlaga rafmagnsnotkun sína að framboði og verði orkunnar, til að mynda með því að hlaða rafbíl á nóttunni, þegar verðið er lægst. Einnig gætu stórnotendur raforku að einhverju leyti aðlagð rekstur sinn að þessari aðferðafræði. Þannig gætu til dæmis álver lækkað kerstram tímabundið eða rafeldsneytisver haft vetnisframleiðsluhlutann meira breytilegan en framleiðslu á lokaafurðinni. Þannig verður hægt að keyra stóra rafgreina sem búa til vetnið á breytilegu álagi háð

Breytilegir orkugjafar leggja ekki til kerfisstyrk eins og hefðbundnar virkjanir á Íslandi en eru háðir nægum kerfisstyrk til þess að geta starfað eðlilega.

vindi og framboði á raforku hverju sinni og framleiða vetni til geymslu og sveiflujöfnunar á frekari vinnslu vetnisins til rafeldsneytis.

Önnur áskorun fyrir rekstur raforkukerfisins sem mun fara vaxandi samhliða innleiðingu breytilegra orkugjafa í auknum mæli tengist styrk kerfisins, eða skammhlaupsafli. Flutningskerfið, sem var upphaflega hannað fyrir vatnsafl, gæti þurft uppfærslu til að takast á við dreifða raforkuframleiðslu frá vind- og sólarorku. Það sem helst einkennir kerfið er lágur kerfisstyrkur víða í kerfinu. Breytilegir orkugjafar sem tengdir eru netinu með hálfleiðaratækni leggja ekki til kerfisstyrk eins og hefðbundnar virkjanir á Íslandi en eru hins vegar háðir nægum kerfisstyrk til þess að geta starfað eðlilega.

Kerfisstyrkur kemur venjulega frá stórum samfasa vélum í virkjunum sem ýmist eru knúnar af vatns- eða gufuhverflum. Það er sú hreyfiorka sem felst í massa þessara vélasamstæðna sem býr til kerfisstyrkinn. Hann flyst á milli svæða með flutningslínunum. Stórar línur með lágu rafviðnámi í vel möskvuðu kerfi eru besta leiðin til að flytja kerfisstyrk á milli svæða. Sú er ekki raunin með íslenska raforkukerfið en sú uppbygging sem felst í byggingu nýrrar kynslóðar byggðalínu á 220 kV spennustigi mun þó laga ástandið eitthvað.

Það eitt og sér dugar þó ekki til að hægt sé að taka á móti breytilegum orkugjöfum í miklu magni og þurfa því að koma til aðrar lausnir í framtíðinni. Má í því samhengi nefna uppsetningu á svokölluðum samfasavélum en einnig eru til aðrar leiðir sem hægt er að samþætta við innleiðingu á vindorku, eða GFC umriðill (e. Grid Forming Converters). Notkun þeirra fer vaxandi í raforkukerfum heimsins og er talið að þeir muni gegna lykilhlutverki í að tryggja stöðugleika raforkukerfa, þar sem þeir geta tekið þátt í stýringu kerfisins og viðhaldið spennu og tíðni án þess að reiða sig á hefðbundnar samfasavélar.

Samþætting sveigjanleika orkukerfisins við vind- og sólarorku er því lykilatriði í þeirri umbreytingu orkukerfisins sem framundan er og er gott skipulag og víðtækt samráð við hagsmunaaðila frá upphafi undirstaða vel heppnaðrar innleiðingar. Með markvissri stefnumótun, tækniframförum og réttum fjárfestingum verður hægt að tryggja að Ísland nýti að fullu þau tækifæri sem felast í breytilegum orkugjöfum og leiði þannig áframhaldandi sjálfbærni og nýtingu endurnýjanlegra orkugjafa.

Þegar þetta er skrifað hefur farið fram allnokkur greiningarvinna fyrir tengingu vindorkukosta sem ekki eru komnir í nýtingarflokk rammaáætlunar. Fari svo að framkvæmdaleyfi verði gefin út, verður sú vinna tekin upp að nýju. Landsnet vinnur einnig að rannsóknum á heildaráhrifum breytilegrar orku til lengri tíma á flutningskerfið.

6.4 Rannsóknarverkefni um flutningskerfi framtíðar

Flutningsmannvirki eru í eðli sínu langtímafjárfestingar. Þeim er ætlað að þjóna sínu hlutverki í allt að 70 ár og því er mikilvægt við skilgreiningu verkefna á kerfisáætlun að horft sé til lengri tíma en áætlunin nær yfir. Þetta er sérstaklega mikilvægt núna í ljósi þeirrar miklu umbreytingar á raforkukerfinu sem framundan er. Til þess geta mætt þessari umbreytingu hefur Landsnet sett af stað umfangsmikið rannsóknarverkefni sem á að svara eftirfarandi spurningum:

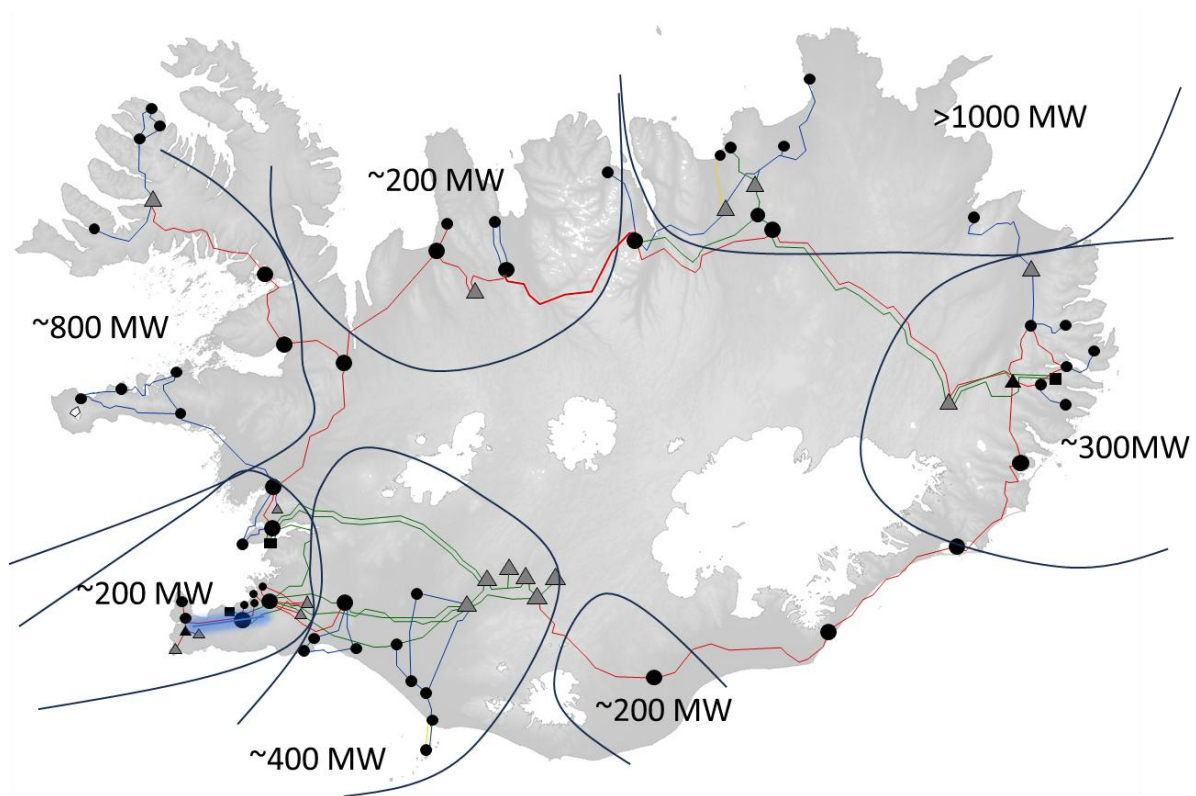
Er flutningskerfið tilbúið fyrir aukna vindorku og nýja notendur?

Hvernig þarf flutningskerfið að vera hannað til að ráða við aukninguna?

Verkefnið, sem fengið hefur vinnuheimtið „flutningskerfi framtíðar“, lítur lengra fram í tímann en langtímaáætlun kerfisáætlunar eða í takt við það tímabil sem horft er til í útgáfu Raforkuspár Landsnets.

Verkefni á langtímaáætlun Landsnets munu liggja til grundvallar auk þess sem leitast verður við að svara spurningunni „hvað svo?“. Þetta tvennt, þ.e. langtímaáætlun og framhaldið þarf að passa saman og er mikilvægt að þær fjárfestingar sem Landsnet leggur í næstu 10-15 árin samkvæmt kerfisáætlun nýtist sem best út líftímann.

Til þess að fá hugmynd um umfang væntanlegra vindorkukosta er hægt að líta til þeirra kosta sem teknir hafa verið til umfjöllunar í 4. áfanga rammaáætlunar (3). Þar er um að ræða u.þ.b. 3.300 MW af uppsettu afli í vindorkuverum, sem gert er ráð fyrir að dreifist um allt landið.



Mynd 6-2: Uppsett afgeta vindorkukosta í til athugunar í 4. áfanga rammaáætlunar eftir landshlutum

Þar sem framleiðsla og notkun á raforku þarf að vera í jafnvægi öllum stundum er nauðsynlegt að mæta öllu þessu afli (og orku) með samtímanotkun og/eða einhverju formi af útjöfnun eða orkugeymslum. Íslenska raforkukerfið er einangrað eyjakerfi án tengingar við meginlandið og því er ekki mögulegt að jafna framleiðslu og notkun með inn- og útflutningi eins og gert er í löndunum í kringum okkur. Einnig skiptir staðsetning og eðli notkunarinnar miklu máli fyrir kerfið. Greina þarf getu flutningskerfisins til að flytja þá orku sem þörf er í rauntíma þangað sem notkunin er. Þó að anna megi sveiflum í framleiðslu að einhverju leyti með markaðslausnum (t.d. með notkunarsvörum) er erfitt eða jafnvel ómögulegt að stóla á slíkt í truflanatilfellum. Það verður þannig að gæta að því að ekki sé hlaðið svo miklu á kerfið að það verði óstarfhæft við minnstu truflun.

Greiningar á innmötunargetu sýna að flutningskerfið verður mjög háð því að ný 220 kV byggðalína frá Hvalfirði að Fljótsdal sé byggð og komin í rekstur.

Greiningar sem Landsnet hefur gert á svokallaðri innmötunargetu sýna að flutningskerfið verður mjög háð því að ný 220 kV byggðalína frá Hvalfirði að Fljótsdal sé byggð og komin í rekstur. Um leið og ein 220 kV lína á þeirri leið fer úr rekstri minnkar innmötunargetan verulega og fer í sumum tilfellum niður í 25-35% af getu í óskertu kerfi. Þessi mikli munur vekur upp spurningar um það hvort raunhæft sé að

tala um innmötunargetuna eins og hún er í óskertu kerfi. Til þess að kerfið fari ekki á hliðina við einfalda útleysingu þegar innmötun er mikil þarf að keyra niður vinnslu og leysa út mikið álag mjög hratt.

Rekstur kerfisins gæti því orðið mjög flókin og gert miklar kröfur á frekari snjallvæðingu. Staðsetning álags hefur líka afgerandi áhrif á getuna, sem segir okkur að staðsetningarhvatari séu eitt af þeim úrræðum sem skoða þarf og sú vinna þegar hafin. Með staðsetningarhvata er hér átt við úrræði sem Landsneti væri kleift að grípa til í því skyni að beina orkunotanda eða vinnsluaðila á ákveðið svæði, þar sem kerfisaðstæður væru þannig að hagfelld væri að tengja viðkomandi. Eins ef um væri að ræða að tenging viðkomandi aðila hefði jákvæð áhrif á kerfisreksturinn, t.d. spennustýringu eða að með tilkomu hans dragi úr áraun á flöskuhálsa í kerfinu.

Niðurstöður fyrrnefndra greininga á innmötunargetu gefa vísbendingu um að þrátt fyrir 220 kV styrkingu flutningskerfisins, með byggingu nýrrar kynslóðar byggðalínu, muni flutningskerfið ekki geta tekið við mikilli nýrri orkuvinnslu eða -notkun óháð staðsetningu. Sveiflur í innmötunargetu eru svo miklar að sennilega verður erfitt að leysa þær með markaðslausnum eingöngu, þó vissulega verði þær hluti af lausninni. Sveiflur í innmötun, þ.e. orkuvinnslu einstakra vindorkuvera, geta líka verið miklar og jafnvel þannig að afflæði milli landshluta breytist skyndilega og við því þarf að bregðast. Það er ekki endilega hægt að treysta á hefðbundin stýrimerki (t.d. tíðni) til þess að stýra álagi eða annarri orkuvinnslu til útjöfnunar.

Markmiðið er að rannsóknarverkefnið, „flutningskerfi framtíðar“, svari því hvaða lausnir þurfa að vera til reiðu svo nýta megi vindorku í íslenska kerfinu á sem hagkvæmastan hátt án þess að ógna rekstraröryggi þess. Gildir það um mögulegar tæknilausnir (m.a. uppbyggingarþörf, markaðslausnir (t.d. sveigjanleika sem og kerfisrekstrarlausnir. Erlend flutningsfyrirtæki hafa mörg hver skilgreint svokallað „target grid“, sem er það framtíðarflutningskerfi sem stefnt skal að. Ein af afurðum Flutningskerfis framtíðar verður slíkt framtíðarkerfi (2050+) Landsnets.

Fyrstu niðurstöður úr greiningum á vindorkuflæði milli landshluta varpa ákveðnu ljósi á uppbyggingarþörfina í meginflutningskerfinu. Sé gengið út frá raforkuspá Landsnets og miðað við að drjúgum hluta þeirrar raforkuþarfar sem þar er spáð verði annað með vindorkuverum er brýn þörf að hefja á næstu árum undirbúning á því hvernig eigi að ljúka 220 kV byggðalínuhringnum, þ.e. syðri tenginguna milli Fljótsdals og Suðurlands. Orkuframleiðsla með jarðvarma- og/eða vatnsaflsvirkjunum er ekki sveiflukennd og veldur því ekki sömu áraun á flutningskerfið, að því gefnu að staðsetning nýrrar vinnslu og nýs álags sé hagstæð m.t.t. flutningskerfisins. Samt sem áður er það metið svo að hefja þurfi undirbúning þessarar tengingar á gildistíma þessarar langtímaáætlunar.

Greiningarnar á vindorkuflæðinu veita líka mikilvægar upplýsingar um þörfina á jöfnun vegna sveiflna í vindorkuframleiðslunni. Jöfnunarþörfin er að sjálfsögðu háð magni þeirrar vindorku sem verið er að mata inn í kerfið en það kemur líka vel fram að staðsetning vindorkuveranna (og dreifing um landið) hefur verulega þýðingu. Jafnvel þó uppsett afl í vindorku sé tvöfaldað þýðir það ekki endilega að útjöfnunarþörfin tvöfaldist.

Núverandi flutningskerfi er frekar veikt og kvíkt. Þó nú sé unnið að styrkingum í því, m.a. með byggingu nýrra 220 kV lína milli landsvæða, er ljóst að kerfisstyrkurinn verður áfram í lægri kantinum miðað við það sem gerist annars staðar. Vind- og sólarorkuver bæta litlu sem engu við kerfisstyrkinn og þess vegna þarf að fara varlega í uppbyggingu á þeim. Mögulega þarf að gera meiri kröfur um að slík orkuver taki þátt í kerfisrekstri en gert er víða annars staðar þar sem kerfin eru stífari, til dæmis að tengja þurfi orkuverin við flutningskerfið með GFC umriðlum, (e. grid forming). Einnig þarf að meta það hvort, og þá hvaða kröfur eigi að gera til notenda. Á það til að mynda við um uppsetningu á vetnisframleiðslu og rafeldsneytisvinnslu. Það þarf að gera í samræmi við áætlanir stjórnvalda og mikilvægt er að flutningsfyrirtækið komi að þeirri vinnu.

Niðurstöðum þessa verkefnis verða gerð ítarleg skil eftir því sem verkefninu vindur fram. Það er von Landsnets að þær verði mikilvægt innlegg í umræðuna um innleiðingu vindorku í íslenska

flutningskerfið. Rannsóknarverkefnið „Flutningskerfi framtíðar“ mun gefa okkur þá þekkingu sem við þurfum til þess að mæta aukinni breytilegri orku með réttri uppbyggingu.

7 Öryggi

Öryggi er lykilatriði í öllum okkar rekstri og áætlunum. Það eru fjölmargir þættir sem þarf að huga að þegar kemur að öryggi flutningskerfisins og orkuöryggi á Íslandi almennt. Þættir sem snúa beint að hlutverki Landsnets fela meðal annars í sér rekstraröryggi, afhendingaröryggi, upplýsinga- og netöryggi, kerfisvarnir og ekki síst öryggi starfsfólksins okkar sem vinnur við þessa mikilvægu innviði.

Auk þess þarf að horfa til orkuöryggis í víðara samhengi, þar sem áhersla er lögð á að áætlanir um uppbyggingu raforkukerfisins tryggi að framleitt rafmagn komist til notenda – þegar og þar sem þess er þörf. Það krefst þess að bæði nægileg framleiðslugeta og flutningsgeta sé til staðar og að hún standist framtíðarþarfir samfélagsins. Síðustu misseri hefur ný vídd bæst við, þar sem þörf er á að ræða orkuöryggi út frá stöðu alþjóðamála. Flutningskerfi raforku er án efa hluti af þeim mikilvægu innviðum sem samfélagið getur illa lifað af án.

Í þessum kafla förum við yfir orkuöryggi, afhendingaröryggi og rekstraröryggi og hvernig þessir þættir snerta kerfisáætlunina okkar.

7.1 Orkuöryggi

Landsnet leikur lykilhlutverk í að tryggja orkuöryggi á Íslandi og tekur virkan þátt í stefnumótun raforkumála til framtíðar. Með árlegri útgáfu *Kerfisjöfnuðar* greinum við hvort framleiðslu- og flutningsgeta raforkukerfisins dugi til að mæta eftirspurn. Forgangsröðun í kerfisáætlun byggir á rannsóknarvinnu sem veitir mikilvæga innsýn um líkur á orkuskort og styður við forgangsröðun framkvæmda með það að markmiði að lágmarka skerðingar. Í ár verður *Kerfisjöfnuður* birtur skömmu á eftir kerfisáætlun og inniheldur nánari upplýsingar um þessar greiningar.

Til að tryggja afhendingaröryggi þurfa vinnslueiningar og flutningsvirki að vera í stöðugu viðhaldi og þróun. Mikilvægt er að tryggja að slíkar framkvæmdir hafi ekki neikvæð áhrif á notendur, með vönduðum áætlunum og virku samráði. Í stjórnstöð Landsnets fer svo fram rauntímarekstur raforkukerfisins þar sem tryggt er að jafnvægi haldist í kerfinu og viðbragðstími sé eins og best verður á kosið. Allar áætlanir um stækkun og þróun kerfisins miða að því að bæta bæði rekstur og rauntímaafhendingu til notenda.

	<p>Langtíma orkustefna</p> <p>Stefnumótun sem snýr að aðgengi, uppbyggingu, öryggi og Rammaáætlun</p>	<p>Kerfisjöfnuður</p> <p>Framleiðslu- og flutningsgeta fullnægi áætlaðri eftirspurn</p>	<p>Framboðs- og rekstraröryggi</p> <p>Áætlanir Landsnets og framleiðenda tryggja samfleyta afhendingu til notenda</p>	<p>Rauntímaöryggi</p> <p>Tryggja viðbragðsgetu kerfisins við truflunum og sveiflum</p>
Tímarammi	5-10 ár	2-5 ár	Innan árs	Sekúndur til klukkustundir
Abyrgð	Alþingi, ráðuneyti og stefnumótandi aðilar	Landsnet, Orkustofnun og framleiðendur	Landsnet og framleiðendur	Landsnet

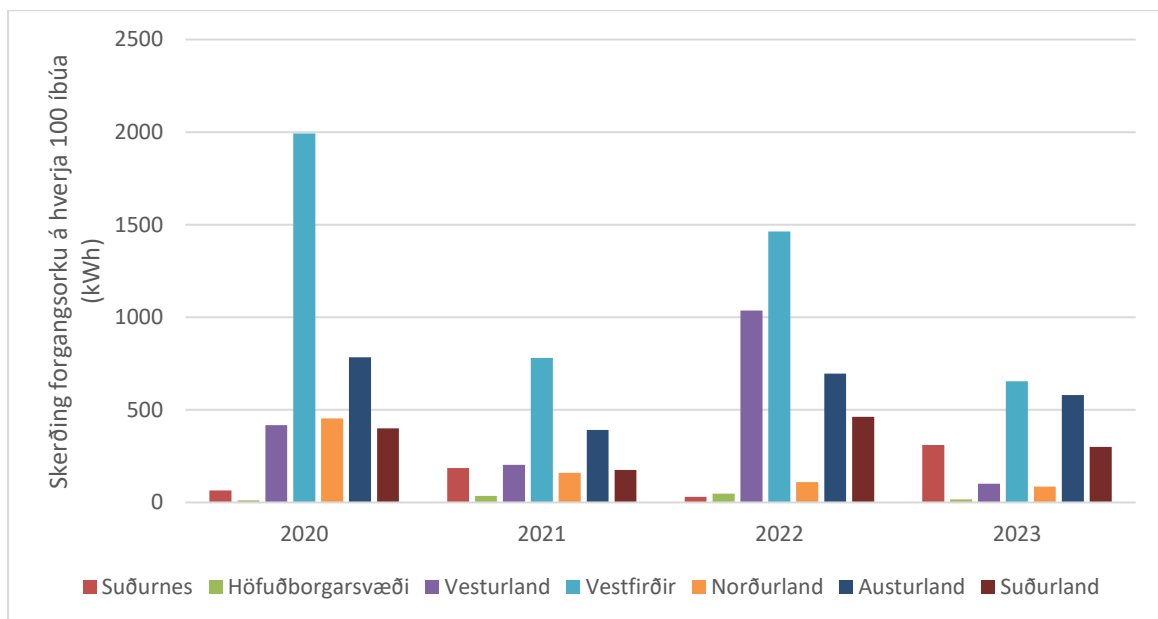
Mynd 7-1: Yfirlit yfir það sem þarf til að tryggja orkuöryggi, hverjir bera ábyrgð og á hvaða tímaramma hver hluti þarf að vera unninn.

7.2 Afhendingaröryggi

Á hverju ári gefur Landsnet út frammistöðuskýrslu sem fer meðal annars yfir hvernig tókst til í að tryggja gæði raforku og afhendingaröryggi[3]. Stuðlar eru notaðir til þess að setja markmið og bera saman frammistöðuna milli ára. Þessi viðmið setjum við fyrir bæði lengd og fjölda truflana en einnig um magn orku sem ekki er afhent. Þar má sjá að Landsnet náði öllum markmiðum sínum þetta árið. Áreiðanleikastuðullinn sem sýnir áreiðanleika kerfisins sem hlutfall af fjölda skertra klukkustunda á ári er 99,999% fyrir árið 2024. Það telst mjög góður áreiðanleiki á heimsvísu.

En betur má ef duga skal. Afhendingaröryggi er mjög misskipt eftir landshlutum. Í skýrslu START hópsins um rekstrartruflanir í flutnings- og dreifkerfum landsins (4) má sjá hvernig truflanirnar dreifast niður á landshluta en einnig milli dreifiveitna og stórnotenda. Þar má sjá að skert orka í dreifiveitum er mun meiri en hjá stórnotendum. Ef horft er á skerðingar í dreifiveitukerfinu eftir landshlutum má sjá að það verða einhverjar truflanir á afhendingu rafmagns í öllum landshlutum, mismiklar eftir árum.

Ef þessar niðurstöður eftir landshlutum eru skoðaðar út frá fjölda íbúa þá fást niðurstöðurnar sem að sjást á Mynd 7-2: Skerðing forgangsorku á hverja 100 íbúa vegna fyrirvaralausra truflana árin 2020-2023 niður á landshluta. Þar sést skýrt hvað áreiðanleikanum í afhendingu til íbúa er misskipt eftir búsetu. Afhendingaröryggi er ábótavant víða um land. Eins og komið er inn á í kafla 0 um samkeppnishæfni út frá öryggi þá er trygg afhending lykilorðsenda fyrir aukna verðmætasköpun. Til þess að við getum tryggt að verðmætasköpun geti orðið um allt land þurfum við að forgangsraða fjárfestingum sem snúa beint að afhendingaröryggi á þeim svæðum sem verða fyrir hvað mestu rekstrartruflunum ár eftir ár.



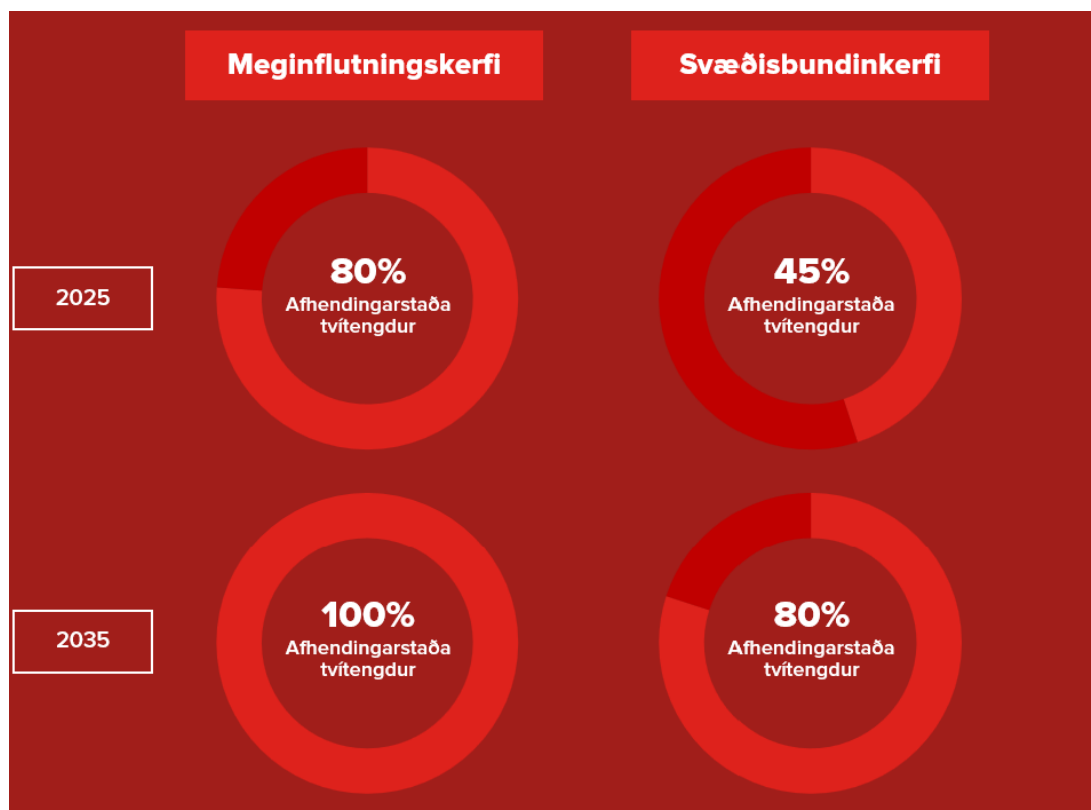
Mynd 7-2: Skerðing forgangsorku á hverja 100 íbúa vegna fyrirvaralausra truflana árin 2020-2023 niður á landshluta.

Í frammistöðuskýrslunni má sjá yfirlit yfir fjölda bilana í flutningskerfinu og straumleysismínútur til almennra notenda eftir landshlutum. Þrátt fyrir að bilanir séu tíðar á Suðurlandi, eru straumleysismínútur fáar. Á Suðvesturlandi er enda kerfið einna sterkast og möskvun mest. Á Norðurlandi og Vesturlandi hafa undanfarin ár orðið straumleysisatburðir sem dregist hafa á langinn. Þetta sýnir veikleika í kerfinu sem geta reynst afdrifaríkir fyrir íbúa og atvinnulíf. Á Vestfjörðum forða varaafsstöðvar íbúum oft frá langvarandi straumleysi. Fjöldi straumleysismínútna segir hins vegar ekki alla söguna, því að það getur tekið tíma að ræsa allar vélar til þess að atvinnustarfsemi geti haldið áfram þar sem frá var horfið.

Þannig getur framleiðsla raskast svo klukkustundum skiptir, þó svo að sjálft straumleysið hafi aðeins varað í nokkrar mínútur.

Okkar áætlanir eru markaðar af stefnu stjórnvalda (5). Stefnan kveður á um að við skulum leggja áherslu á að auka afhendingaröryggi á landssvæðum sem búa við skert afhendingaröryggi. Einnig er kveðið á um að við skulum tvítengja alla staði í meginflutningskerfinu fyrir 2030 og í svæðisbundnu kerfunum fyrir 2040. Á Mynd 7-3 sést hlutfall afhendingarstaða okkar sem eru tvítengdir í dag og hvert við ætlum að vera komin 2035 miðað við þá áætlun sem er kynnt hér í kafla 11 og 12. Þetta gerum við til skemmri tíma með skilvirkri notkun á varaafli og til lengri tíma með verkefnum á kerfisáætlun.

Stefnan kveður líka á um að Eyjafjörður, Vestfirðir og Suðurnes séu sett í forgang en þá ber að hafa í huga að stefnan hefur ekki verið uppfærð síðan 2019. Tengingar í Eyjafirði og Suðurnesjum eru nú þegar komnar í framkvæmd eða rekstur og því er full ástæða til að endurskoðunar á stefnunni. Örygginu á Vestfjörðum verður þó áfram ábótavant þangað til þau verkefni sem við erum með á framkvæmdaáætlun ná fram að ganga. Launafsbúnaðurinn sem við erum að setja á áætlun núna mun auka afhendingaröryggi á svæðinu því hann gerir okkur kleift að reka allt 66kV kerfið á norður- og suðurfjörðunum samtengt ef Vesturlína fer út. Þessi búnaður gerir líka frekari strenglagnir á Vestfjörðum mögulegar, sem mun gera okkur og Orkubúi Vestfjarða kleift að tryggja frekara afhendingaröryggi óháð veðri og vindum.



Mynd 7-3: Afhendingarstaðir okkar í meginflutnings- og svæðisbundnu kerfunum í ár og við lok þessarar áætlunar.

7.3 Rekstraröryggi

Rekstraröryggi flutningskerfisins okkar byggir á samspili margra þátta sem allir þurfa að haldast í hendur til að tryggja öruggan og órofinn rekstur undir síkvikum og krefjandi aðstæðum. Það felur meðal annars í sér markvisst viðhald og endurnýjun á búnaði, vandað áhættumat aðgerða sem krefjast rofs eininga í daglegum rekstri, yfirbyggingu tengivirkja og aukna strenglagningu á lægri spennustigum þar sem kerfið verður að þola erfiðar veðuraðstæður. Þá er netöryggi sífellt mikilvægari þáttur í rekstraröryggi, þar sem traustur aðgangur að upplýsingum, stýringum og fjarskiptum er forsenda skilvirkrar kerfisstjórnunar og viðbragða. Aðrir mikilvægir þættir eru gott viðbragð og regluleg álags- og áhættugreining sem styður við ákvarðanatöku. Sérstakur fókus í þessari kerfisáætlun er þó á launafli og áhrif þess á rekstraröryggi. Magn launafli í okkar kerfi er stöðugt að aukast vegna strenglagna okkar og dreifiveitna. Því hafa verið að koma upp tilfelli þar sem launafli takmarkar sveigjanleika í rekstri á flutningskerfinu.

7.3.1 Launafli og kerfisstyrkur

Til að flytja og dreifa raforku eru notaðar raflínur, oftast loftlínur eða jarðstrengir en einnig stöku sæstrengir. Dreifikerfi, sem starfa á lægri spennu en flutningskerfi (oftast 19 kV eða 11 kV), eru að stórum hluta komin í jörðu. Hins vegar gengur strengvæðing flutningskerfisins hægar fyrir sig vegna tæknilegra áskorana og meiri kostnaðar, sérstaklega eftir því sem spennan hækkar. Þrátt fyrir þetta hafa jarðstrengir verið algengari í nýlögnum á lægri spennustigum flutningskerfisins, þ.e. á 66 kV og 132 kV spennu.

Afl í riðstraumsraforkukerfi skiptist í tvo þætti: raunafli, sem er sá hluti aflsins sem skilar vinnu,

og launafli, sem sveiflast fram og til baka í kerfinu og tekur upp pláss í flutningslínunum án þess að skila vinnu. Launafli er tilkomið vegna rýmdaráhrifa (Capacitance) og spanáhrifa (Inductance) í raforkukerfinu en munur er á hve mikið launafli einstakir íhlutir í raforkukerfinu framleiða (eða eyða).

- Jarðstrengir framleiða launafli í meira mæli en loftlínur. Það er vegna uppbyggingar þeirra. Þeir virka eins og þéttar, þar sem sterkt rafsvið er yfir einangrunarhluta þeirra (yfirleitt plastefni) á milli rafleiðarans (í miðju strengsins) og ysta hlutans (skermsins) sem er jarðtengdur.
- Loftlínur eru ekki plasteinangraðar og rafsviðið um rafeinangrun þeirra (andrúmsloftið) er mun veikara en í jarðstreng, auk þess sem einangrunarfjarlægðir (þ.e. fjarlægð frá jörðu) eru mun meiri. Þær framleiða því mun minna launafli en jarðstrengir með sambærilega flutningsgetu.
- Spennar, spólur og rafmótorar eru hins vegar dæmi um íhluti sem nota launafli. Riðstraumurinn myndar segulsvið sem er þessum tækjum nauðsynlegt til að þau vinni rétt. Spólur eru notaðar til útjöfnunar á launafli í orkukerfum.

Launafli er háð spennustigi og eykst það með spennunni í öðru veldi, sem þýðir að jarðstrengur á 132 kV framleiðir fjórfalt meira launafli en sambærilegur strengur á 66 kV spennu. Þetta veldur því að erfiðara er að leggja hluta af flutningskerfinu sem jarðstrengi eftir því sem rekstrarspennan hækkar.

Launafli dreifist um raforkukerfið og hefur áhrif á spennuna. Að vissu marki er það gagnlegt, þar sem það getur viðhaldið spennugæðum. Hins vegar, ef launafli verður of mikið, getur það valdið vandkvæðum í kerfisrekstri, sérstaklega í spennustýringu. Því þarf að huga vel að jafnvægi launafli og raunafli í raforkukerfinu til að tryggja stöðugleika og áreiðanleika flutningskerfisins.

Launafli er afl sem tekur pláss í kerfinu án þess að skila vinnu. Að vissu marki er það gagnlegt, þar sem það getur viðhaldið spennugæðum en það þarf að gæta þess að það aukist ekki úr hófi.

Launafli má líkja við aukaslög í hjartslætti, sem viðbótarálag á eðlilega starfsemi hjartans. Það er eðlilegt að upplifa nokkur aukaslög en ef hjartsláttaróregla eykst úr hófi getur það riðið hjartanu að fullu.

Kerfisstyrkur eða skammhlaupsaflíð er mælikvarði á styrk eða stífleika kerfisins og hefur kerfisstyrkur áhrif á það hve vel kerfið er í stakk búið að mæta áhrifum launafis á kerfisreksturinn. Skammhlaupsafl í íslenska raforkukerfinu er lágt miðað við löndin í kringum okkur. Það er mismikið eftir landssvæðum og fer meðal annars eftir nálægð við virkjanir, möskvun kerfisins (þ.e. fjöldi tengileiða milli punkta) og spennustigi. Í íslenska flutningskerfinu er skammhlaupsaflíð mest á Suður- og Suðvesturlandi, sem helgast af því að þar eru flest af stærstu orkuverum landsins og kerfið er þar eins og þéttriðið net, þar sem tengipunktur tengjast saman með mörgum, sterkum flutningslínnum. Kerfisstyrkur hefur bein áhrif á spennugæði, þ.e. því hærri sem kerfisstyrkurinn er þeim mun stöðugri er spennan á afhendingarstað.

Samspil svæðisbundins kerfisstyrks og launafisframleiðslu strengs í tengipunkti hefur úrslitaáhrif á það hversu mikið er hægt að leggja af jarðstrengjum á viðkomandi svæði og því er nauðsynlegt að skoða hvert tilvik fyrir sig. Til að mynda gætu útreikningar sýnt að mögulegt væri að leggja 15 km af 132 kV jarðstreng á ákveðnum stað á landinu. Það gæti hins vegar reynst ómögulegt á öðrum stað.

Á undanförunum árum hefur Landsnet unnið að greiningum á launafistengdum vandamálum á ákveðnum svæðum á landinu og þeim greiningum verður haldið áfram í náninni framtíð. Unnið hefur verið að greiningum á Austurlandi, Norðurlandi, höfuðborgarsvæðinu og Vestfjörðum. Markmiðið með þessum greiningum er meðal annars að bæta rekstrarástandið og finna ásættanlegt jafnvægi milli spennugæða, afhendingaröryggis og skynsamlegrar nýtingar svigrúms til lagningar jarðstrengja á lægri spennustigum.

8 Samkeppnishæfni

Styrking flutningskerfis raforku er ekki aðeins tæknilegt verkefni heldur lykilsenda fyrir framtíðarhagvöxt, atvinnuuppbyggingu og sjálfbærni. Með því að tryggja örugga og sveigjanlega afhendingu raforku skapast traustari staðir fyrir fjárfestingar, nýsköpun og útflutning sem styrkir samkeppnishæfni Íslands á alþjóðavettvangi. Á sama tíma tryggir öflugt raforkukerfi að orkuskiptin gangi hraðar fyrir sig sem dregur úr losun gróðurhúsalofttegunda og eykur sjálfbærni þjóðarinnar.

Styrking flutningskerfisins í samræmi við þau áform sem birtast hér í kerfisáætlun er því í samræmi við markmið 1.gr raforkulaga um að „stuðla að þjóðhagslega hagkvæmu raforkukerfi og efla þannig atvinnulíf og byggð í landinu“ og 7. og 8. gr. reglugerðar 870 /2016 um kerfisáætlun.

Þar að auki er ljóst að núverandi staða flutningskerfisins setur skorður við nýrri orkuvinnslu sem dregur úr möguleikum á nýtingu þeirra tækifæra sem felast í endurnýjanlegri orku. Með því að tryggja að hagkvæmir virkjanastir strandi ekki í flutningskerfinu tryggjum við að kostnaður við afhenta raforku verði lágmarkaður, atvinnulífi og almenningi til hagsbóta.

Framtíðarsýn Íslands sem leiðandi lands á sviði endurnýjanlegrar orku byggir á traustum innviðum og vel skipulögðu flutningskerfi. Með skynsamlegri uppbyggingu og markvissum fjárfestingum getum við tryggt að raforkukerfið styðji við efnahagslega framþróun, laði að ný tækifæri og geri Ísland að enn eftirsóttari stað fyrir sjálfbæra starfsemi og framtíðaruppbyggingu um land allt í samræmi við markmið raforkulaga.

8.1 Áhrif tiltækrar afhendingargetu á samkeppnishæfni

Samband landsframleiðslu og raforkunotkunar er vel þekkt og mikið rannsakað. Um er að ræða gagnverandi jákvætt samband þar sem aukin raforkunotkun skilar sér í aukinni framleiðni vinnuafis og þar með aukinni landsframleiðslu til lengri tíma. En aukin velmegun sem fylgir aukinni landsframleiðslu leiðir einnig til aukinnar eftirspurnar eftir raforku, t.d. vegna fleiri heimilistækja, stærri heimila og nýrra notkunarmöguleika. Á árunum 1994-2018 var fylgni raforkunotkunar og hagvaxtar hér á landi 40%, sem þýðir að fyrir hvert prósent í hagvexti, jókst raforkunotkun um 0,4%. Landsnet hefur einnig sýnt fram á að laun hafa hækkað hægar í þeim sveitarfélögum á Íslandi þar sem aðgangur að raforku hefur verið takmarkaður.

Af þessu leiðir að aukið tiltæki skapar aukna möguleika fyrir atvinnulíf um land allt og bætir lífsgæði. Þannig eykst samkeppnishæfni þjóðarinnar. Nánar er fjallað um áhrif þeirra framkvæmda sem hér eru sett á kerfisáætlun á samkeppnishæfni í köflum 13 og 14.

8.2 Auknir möguleikar fyrir atvinnulíf og nýsköpun

Styrking flutningskerfisins skapar öflugan grunn fyrir atvinnuuppbyggingu og nýsköpun í öllum landshlutum. Óhætt er að taka undir orð formanns Samtaka Iðnaðarins sem féllu á iðnþingi í ár. Án orku verður ekki hagvöxtur. Með betra flutningskerfi og aukinni afhendingargetu raforku geta fyrirtæki treyst á stöðuga orkuafhendingu, óháð staðsetningu. Þetta eykur möguleika á uppbyggingu atvinnugreina sem krefjast mikillar raforku, svo sem gagnavera, landeldis, vetnisframleiðslu, grænna iðngarða og framleiðslu á rafeldsneyti.

Fjölbreyttara atvinnulíf stuðlar að aukinni verðmætasköpun og styrkir efnahag landsins. Þar að auki skapar betra flutningskerfi rými fyrir nýsköpun á sviði orkugjafa þar sem fyrirtæki og frumkvöðlar geta þróað lausnir sem nýta endurnýjanlega orku með skilvirkari hætti. Það mun styrkja samkeppnistöðu Íslands í alþjóðlegri samkeppni um grænar lausnir og sjálfbærar iðnaðargreinar.

8.3 Örugg afhending raforku styrkir traust og stöðugleika

Eitt af grundvallaratriðum í efnahagslegri velgengni er örugg og áreiðanleg afhending raforku. Þegar flutningskerfið er sterkt og sveigjanlegt er hægt að tryggja áreiðanleika og gæði í afhendingu, jafnvel við miklar sveiflur í eftirspurn eða náttúruhamfarir. Þetta er sérstaklega mikilvægt, ekki bara í ljósi þess að íslenskt atvinnulíf er í síauknum mæli háð stafrænum lausnum og háþróaðri tækni sem krefst stöðugar orkuafhendingar heldur líka í ljósi þess að stórir notendur í þungt lestuðu kerfi auka áhættuna á skaðlegum áhrifum truflana eins og nýleg dæmi sýna og áhætta tengd eldvirkni og öðrum náttúruhamförum hefur aukist.

Traust og áreiðanleiki raforkukerfisins hefur einnig bein áhrif á erlenda fjárfestingu. Fyrirtæki sem íhuga að setja upp starfsemi hér á landi þurfa að vita að þau geta reitt sig á örugga orkuafhendingu. Með því að styrkja flutningskerfið eykst traust fjárfesta á Íslandi sem ákjósanlegum stað fyrir orkufreka starfsemi sem leiðir til meiri fjárfestinga og aukins hagvaxtar.

8.4 Flutningstakmarkanir hamla nýrri orkuvinnslu

Sterkt flutningskerfi stuðlar einnig að jafnvægi í byggðapróun. Sumir landshlutar hafa lengi staðið frammi fyrir skorti á bæði öruggri raforkuafhendingu og afhendingargetu sem dregur úr möguleikum til nýsköpunar og atvinnuuppbyggingar á viðkomandi svæðum. Fjöldmörg dæmi má telja til um töpuð tækifæri til atvinnusköpunar á þeim svæðum þar sem flutningskerfið er takmarkandi og það hefur til lengri tíma leitt til þess að laun almennings á þeim svæðum hafa hækkað hægar en annars staðar. Með því að efla flutningsgetu kerfisins er unnt að tryggja jafnan aðgang að raforku um allt land og stuðla þannig að fjölbreyttara atvinnulífi og sterkari byggðum.

Þetta er sérstaklega mikilvægt fyrir ný tækifæri í matvælaframleiðslu, ferðaþjónustu og grænni iðnvæðingu í dreifðum byggðum. Öflugra raforkukerfi er forsenda fyrir nýtingu rafvæðra lausna í framleiðslu og ferðaþjónusta þróað sjálfbærari þjónustu með aukinni rafvæðingu sem eykur gæði og dregur úr umhverfis- og loftslagsáhrifum.

8.5 Flutningskerfið sem lykill að orkuskiptum

Orkuskipti eru meðal mikilvægustu viðfangsefna samtímans og Ísland hefur einstaka möguleika til að vera áfram í fararbroddi á þeirri vegferð. Til þess að nýta þá möguleika til fulls er nauðsynlegt að styrkja og bæta flutningskerfið svo að raforka geti verið nýtt með hagkvæmum og sveigjanlegum hætti um allt land.

Stór hluti orkuskipta felst í rafvæðingu samgangna, iðnaðar og annarra lykilþátta í hagkerfinu. Með því að bæta flutningsgetu raforkukerfisins má hraða orkuskiptum og tryggja að hægt sé að skipta út jarðefnaeldsneyti fyrir hreina og endurnýjanlega orku. Þetta hefur ekki einungis umhverfislegan ávinning heldur skapar einnig ný atvinnutækifæri og styrkir forsendur fyrir grænum lausnum.

8.6 Jöfnun búsetuskilyrða og dreifing atvinnuuppbyggingar

Sterkt flutningskerfi stuðlar einnig að jafnvægi í byggðapróun. Í dag standa sumir landshlutar frammi fyrir skorti á raforkuafhendingu sem dregur úr möguleikum til nýsköpunar og atvinnuuppbyggingar á viðkomandi svæðum. Með því að efla flutningsgetu kerfisins er unnt að tryggja jafnan aðgang að raforku um allt land og stuðla þannig að fjölbreyttara atvinnulífi og sterkari byggðum í samræmi við markmið í 1.gr. raforkulaga.

Þetta er sérstaklega mikilvægt fyrir ný tækifæri í landbúnaði, ferðaþjónustu og grænni iðnvæðingu í dreifðum byggðum. Með öflugra raforkukerfi getur t.d. landbúnaður nýtt sér rafvæddar lausnir í framleiðslu, og ferðaþjónusta þróað sjálfbærari þjónustu með aukinni rafvæðingu sem eykur verðmætasköpun og dregur úr umhverfisáhrifum.

8.7 Aukin verðmætasköpun og útflutningsmöguleikar

Betri nýting raforku með öflugra flutningskerfi skapar einnig tækifæri fyrir útflutning á þekkingu og tæknilausnum. Ísland hefur þegar haslað sér völl á alþjóðavettvangi með sérfræðþekkingu á sviði hreinnar orku og sjálfbærra lausna. Með því að tryggja sterkt flutningskerfi og stuðla að framþróun grænna lausna getur Ísland orðið leiðandi í útflutningi á tækni og þjónustu tengdri sjálfbærri orkunýtingu.

Þetta getur skapað nýja verðmætasköpun og eflt samkeppnishæfni þjóðarinnar. Hvort sem um ræðir þekkingarútflutning, sviði vetnisframleiðslu, rafeldsneytis eða stafrænnar orkustýringar, gefur öflugt flutningskerfi tækifæri til að laða að sér erlenda samstarfsaðila og fjárfestingu.

8.8 Alþjóðleg samstaða um mikilvægi flutningskerfa

Styrking flutningskerfa er hvarvetna á meðal helstu áskorana í orkumálum heimsins. Alþjóðaorkumálastofnunin hefur ítrekað gert flutningstakmarkanir að umfjöllunarefni undanfarin misseri og á vegum Evrópusambandsins¹ hefur verið ráðist í fjölda átaksverkefna til að styrkja flutningskerfi svo greiða megi leið orkuskipta í álfunni.

Mikill samhljómur er um efnahagslegt mikilvægi sterkra flutningskerfa enda kemur virði flutningskerfa fljótlega í ljós þegar þess nýtur ekki við. Kostnaður við truflanir og skerðingar hefur mælst í tugum milljörðum króna undanfarin ár og stóran hluta þeirra verður rakinn beint til flutningskerfisins. Á sama tíma hefur efnahagsleg uppbygging verið að færast til þeirra svæða þar sem afhendingargeta raforku er til staðar. Hvort tveggja, alþjóðleg þróun og aðstæður undanfarinna ára á Íslandi rímar vel við niðurstöðu skýrslu norska Stórþingsins: Kostnaðurinn við of lítið flutningskerfi er meiri en við of stórt flutningskerfi.²

Niðurstöður kerfisáætlunar gefa til kynna að styrking flutningskerfisins sé aðkallandi aðgerð til styrkingar samkeppnishæfni þjóðarinnar.

¹ Til dæmis. [EU Action Plan for Grids](#) þar sem fram kemur „Investing in grids today will help to reduce greenhouse gas emissions and energy costs for consumers”

² NOU 2022: 6 Nett i tide – om utvikling av strømmettet, [NOU 2022: 6 - regjeringen.no](#)



ÞRÓUN FLUTNINGSKERFISINS

Hryggjarstykkið í kerfisáætlun er ákvörðunin um það hvaða framkvæmdir skuli setja í forgang. Þessi ákvörðun skal byggja á gagnsæjum forsendum og stefnu stjórnvalda um uppbyggingu flutningskerfisins.

Kerfið á að geta flutt þá orku sem hægt er að framleiða, með minnstu mögulegu töpum á leiðinni. Þess vegna er tenging nýrrar framleiðslu í forgangi, sem og framkvæmdir sem fjarlægja flöskuhálsa og flutningstakmarkanir.

Ákvarðanir eru teknar út frá heildarhagsmunum þjóðarinnar en einnig út frá orkuöryggi einstakra svæða. Við lok tímabilsins mun flutningskerfið vera mun betur í stakk búið til að tryggja órofna afhendingu raforku víðast hvar á landinu.

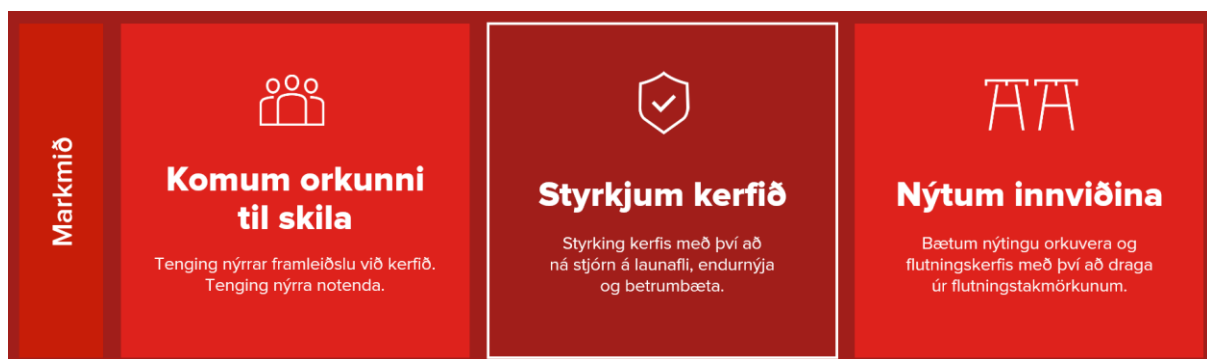
9 Forgangsröðun framkvæmda

Áreiðanlegt aðgengi að raforku er ein af grunnstoðum verðmætasköpunar í nútímapjódfélögum. Það er flutningskerfi Landsnets sem flytur orkuna frá framleiðslustað og til stórnotenda eða dreifiveitna. Forgangsröðun framkvæmda þarf að stuðla að því að innviðirnir standi ekki í vegi fyrir nýtingu tækifæra og verðmætasköpun um allt land, líkt og fjallað er um í kafla 8 hér að ofan. Forgangsröðun í uppbyggingu flutningskerfisins er meðal mikilvægustu verkefna okkar og krefst heildstæðrar sýnar á framtíðarþarfir samfélagsins og öryggis raforkukerfisins.

Nauðsyn forgangsröðunar stafar fyrst og fremst af eðlilegum takmörkunum á fjárfestingargetu fyrirtækisins. Landsneti ber skylda til að reka hagkvæmt flutningskerfi og leitast við að halda í samkeppnishæfni á alþjóðavísu. Það felur í sér að leita jafnvægis milli hóflegra flutningsgjalda og uppbyggingar flutningskerfis sem mætir framtíðarþörfum samfélagsins. Þessi tvö markmið þurfa ávallt að vera leiðarljós við forgangsröðun verkefna.

Framarlega í forgangi er að búa til tækifæri fyrir tengingu nýrra raforkuframleiðslukosta við flutningskerfið. Það er eitt mikilvægasta framlag okkar til að draga úr líkum á orkuskortri og tryggja afhendingaröryggi. Á næstu 5-10 árum mun tenging Hvalárvirkjunar stórbæta raforkuöryggi á Vestfjörðum og fyrsta vindorkuver Íslands, Vaðölduver við Búrfell, verður tengt. Á framkvæmdaáætlun er einnig verkefni sem undirbýr tengingu Hvammsvirkjunar.

Til þess að við getum gegnt hlutverki okkar þurfum við að setja í forgang verkefni sem snúa að því að létta á flutningstakmörkunum í flutningskerfinu. Með því stuðlum við að aukinni nýtingu virkjana og bættri afkastagetu flutningskerfisins. Sumar af stærstu framkvæmdunum á kerfisáætlun miða að því að sem minnst af raforkunni tapist og að hún komist þangað sem hennar er þörf. Þar má nefna framkvæmdir við nýja kynslóð byggðalínu, sem munu draga markvert úr flutningstakmörkunum. Þær framkvæmdir gera það mögulegt að auka raforkuframleiðslu í þeim virkjunum sem áður voru takmarkaðar af flutningsgetu. Annað verkefni sem gerir okkur kleift að auka orkuafhendingu er nýtt 220kV tengivirki í Hryggstekk sem færir flutningstakmörkun byggðalínunnar suður fyrir Austfirði. Til þessa hefur álag sem tengist notkun á Austfjörðum þurft að fara um þennan flöskuhál en með breytingunni færast notkunin þeim megin hans sem hagfelldara er afhengingargetu kerfisins. Þar með losnar aukin flutningsgeta milli landshluta.



Mynd 9-1: Framkvæmdir á kerfisáætlun þjóna fjölbreyttum tilgangi

Forgangsröðun framkvæmda í flutningskerfinu tekur mið af stefnumörkun stjórnvalda og þeim áherslum sem lagðar eru um þróun raforkukerfisins. Verkefni sem styðja við þessi markmið njóta forgangs og á það meðal annars við um svæði sem skilgreind hafa verið sem lykilsvæði til styrkingar[5]. Slík forgangsröðun hefur skilað sér í mikilli uppbyggingu á Suðurnesjum sem klárast með Suðurnesjalínu 2 og sterkari tengingu Eyjafjarðarsvæðisins með tilkomu Hólasandslínu 3 og tvítengingar Dalvíkur. Á

Vestfjörðum eru verkefni í framkvæmd og á framkvæmdaáætlun sem snúa að tvítengingu svæðisins, annars vegar svæðisbundið með Mjólkárlínu 2 og hins vegar með tengingu Hvalárvirkjunar sem treystir tvítengingu svæðisins við meginflutningskerfið.

Einnig er horft til orkuskipta í samfélaginu og hlutverks flutningskerfisins í því að gera þau möguleg – bæði með auknum sveigjanleika og tengingum þar sem þörfin er að aukast hratt. Gott dæmi um verkefni sem þjónar orkuskiptum í samgöngum er nýr afhendingarstaður á Laugarbakka sem kom inn á seinustu framkvæmdáætlun fyrir tímabilið 2024-2026.

Lögð er rík áhersla á verkefni sem stuðla að rekstrar- og afhendingaröryggi kerfisins. Fleiri tengivirki verða endurnýjuð og yfirbyggð, til þess að verja þau veðri og vindum, þar má nefna Írafoss sem kom inn á síðustu framkvæmdaáætlun og tengivirkið í Mjólká. Verkefni sem miða að útjöfnun launafis í flutningskerfinu fá einnig stóran sess í framkvæmdaáætlunum. Þar má nefna spólu á Rangárvöllum og launafsbúnað í Mjólká sem er meðal nýrra verkefna á framkvæmdaáætlun.

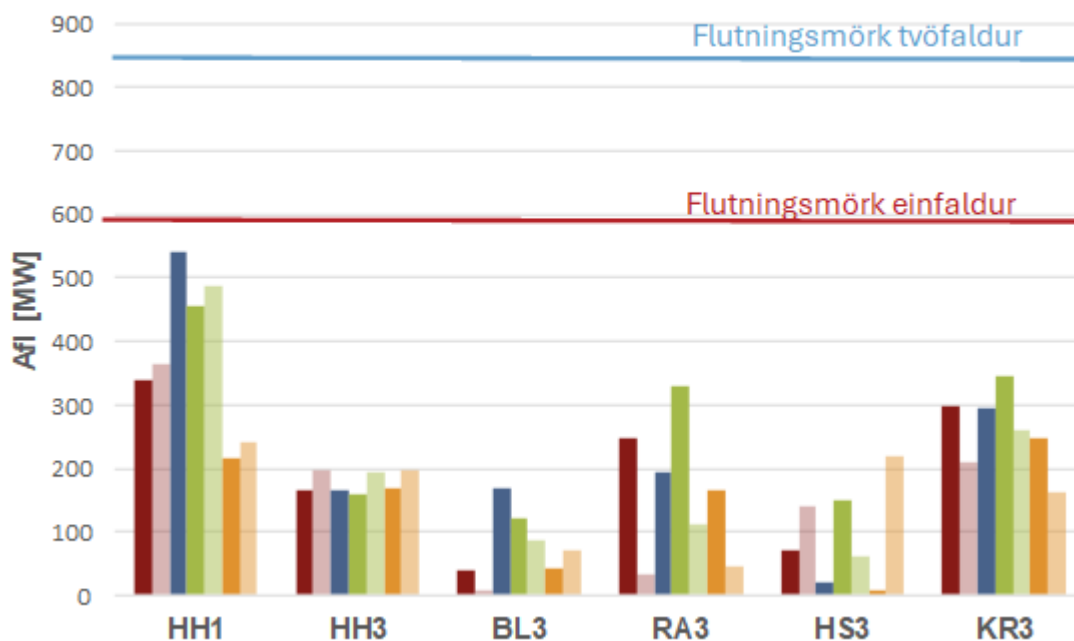
Svo að hægt sé að setja tengingu nýrrar raforkuframleiðslu eða notenda á framkvæmdaáætlun þarf samningur um undirbúning eða tengingu að liggja fyrir. Til þess að takmarka óvissu í áætlanagerðinni eru ekki settar á áætlun tengingar virkjanakosta sem ekki eru í nýtingarflokki rammaáætlunar. Í mörgum tilvikum hefur þó nokkur undirbúningur farið fram hjá Landsneti samhliða því að virkjunarkostir eru til skoðunar í rammaáætlun. Til dæmis hafa farið fram ýmsar greiningar tengdar vindorkukostum víða um land. Fari svo að einhverjir þeirra virkjanakosta endi í nýtingarflokki eru hæg heimatök fyrir Landsnet að halda áfram greiningum og undirbúningi tengingar.

10 Langtímaþróun meginflutningskerfisins

Raforkuframleiðsla og -notkun á Íslandi er í hraðri þróun. Rannsóknir Landsnets miða allar að því að hanna kerfi sem mun anna því álagi sem við megum búast við á næstu áratugum. Til þess mæta bæði auknum flutningi og auknum breytileika, þarf að styrkja kerfið. Til lengri tíma litið, er ekki hægt að halda áfram að tengja nýja framleiðslu og notkun án þess að huga að kerfisstyrknum. Þess vegna skyggjast greiningar Landsnets langt út fyrir þann 10 ára sjóndeildarhring sem er lögbundinn í kerfisáætlun.

Í kerfisáætlun 2023-2032 (6) var lýst greiningu sem gerð var á þróun flutningsþarfar í meginflutningskerfinu miðað við nokkrar sviðsmyndir um uppbyggingu vindorku á landinu. Þessi greining gaf til kynna að flutningsþörf nýrrar kynslóðar byggðalínu milli Hvalfjarðar og Blöndu yrði meiri en annarra hluta hennar. Þessi greining var unnin í hefðbundnu álagsflæðilíkani sem hentar vel til að greina aflgetu flutningskerfa miðað við tiltekna punktstöðu en hentar síður til að fá góða mynd af sveiflum í flutningi og þar með þörf fyrir sveigjanleika yfir lengri tímabil. Mikilvægt er að gert sé ráð fyrir slíkum þáttum strax í hönnun mannvirkja sem þjóna eiga kerfinu til að minnsta kosti 50 ára.

Greiningin á þróun flutningsþarfar frá síðustu kerfisáætlun gaf meðal annars eftirfarandi mynd af þörfinni sem má sjá á Mynd 10-1.



Mynd 10-1: Samanburður á flutningsþörf nýrrar kynslóðar byggðalínu og flutningsgetu mismunandi leiðarrafjölda.

Hinir mismunandi litir tákna þær sviðsmyndir sem settar voru fram og vísað er til kerfisáætlunar 2023-2032 til nánari glöggvunar. Flutningsþörfin er svo borin saman við viðmiðunargetu einfalds og tvöfalds leiðarafyrirkomulags 220 kV loftlína. Þarna er um að ræða tilfelli þar sem gert var ráð fyrir að allir vindlundir í líkaninu væru að skila 50% af uppsettu afli sínu. Forsendur síðustu kerfisáætlunar miðuðu við sviðsmyndir orkuskiptahóps Samorku um full orkuskipti og horfði greiningin einkum til að þeim yrði náð árið 2050.

Frá því kerfisáætlun var gefin út síðast hefur Landsnet gefið út sína eigin raforkuspá. Nýjasta útgáfa raforkuspár Landsnets (7) gerir ekki ráð fyrir að fullum orkuskiptum í samgöngum á landi verði náð fyrir 2050 og stillir upp nokkrum sviðsmyndum fyrir mögulega þróun orkuskipta í millilandaflugi.

Í umfjöllun um meginflutningskerfið að þessu sinni verður einkum lögð áhersla á að draga upp mynd af auknum kröfum um flutningsgetu og sveigjanleika þar sem miðað er við þróun í notkun samkvæmt raforkuspá Landsnets og framboðsspá sem henni fylgir.

10.1 Samantekt frá fyrri kerfisáætlunum

Í langtímaáætlun kerfisáætlunar síðustu ára hafa verið kynntar valkostagreiningar fyrir styrkingar meginflutningskerfisins til 10 ára.

Í kerfisáætlun 2019-2028 (8) var valkostagreining kynnt fyrir styrkingar meginflutningskerfisins til ársins 2028 og voru valkostirnir í þeirri greiningu fyrst og fremst vegna styrkingar byggðalínunnar ásamt því að nokkrar styrkingar á suðvesturhorninu voru sameiginlegar öllum valkostum. Frá árinu 2019 hafa áherslur Landsnets beinst að því að styrkja kerfið meðfram gömlu byggðalínunni á milli Blöndu og Hvalfjarðar þar sem greiningar hafa sýnt að álag á kerfið á þessari leið mun vaxa mikið á næstu árum. Hinn meginvalkosturinn í greiningunni snéri að því að leggja línu fyrir hálendið en greiningar hafa sýnt að sú tenging myndi ekki skila jafn miklu og sterk lína eftir vesturvængnum og því eru hugmyndir um línu yfir miðhálendið í bið um sinn. Áður hafði verið skoðaður sá valkostur að styrkja eingöngu leiðina milli Fljótisdals og Blöndu en fallið var frá þeirri hugmynd þegar greining leiddi í ljós að tenging Austurlands við suðvesturhornið er kerfislega og þjóðhagslega mikilvæg aðgerð.

Í framhaldinu, í kerfisáætlun 2020-2029 (9) voru kynntar hugmyndir um áframhaldandi þróun meginflutningskerfisins út frá sviðsmyndum Raforkuspár. Þar voru skoðaðir tveir valkostir um línu yfir hálendið, 220 kV loftlína með 50 km jarðstrengshluta og jafnstraumstenging. Þessir hálendisvalkostir voru bornir saman við endurbyggingu eldri 132 kV lína milli Fljótisdals og Sigöldu (suður fyrir Vatnajökul) sem 220 kV línur og engar frekari styrkingar umfram 10 ára áætlun sem kynnt var árið áður. Niðurstöðurnar gáfu ekki tilefni til að leggja til frekari styrkingar að svo stöddu. Forsendur áætlunarinnar (Raforkuspá og sviðsmyndir) gerðu ráð fyrir takmörkuðum orkuskiptum. Greiningar hafa gefið vísbendingar um að niðurstöður umræddrar valkostagreiningar séu úreltar m.v. markmið stjórnvalda í loftslagsmálum og áætlanir um orkuskipti í samgöngum.

Í kerfisáætlun 2021-2030 (10) var kynnt valkostagreining fyrir tvítengingu Vestfjarða í ljósi þess að stefna stjórnvalda um uppbyggingu flutningskerfisins gerir ráð fyrir að allir afhendingarstaðir í meginflutningskerfinu njóti tvöfaldrar tengingar árið 2030. Þar voru kynntir þrjú valkostir, þar á meðal valkostur sem felur í sér nýjan afhendingarstað fyrir botni Ísafjarðardjúps sem kynntur hefur verið í framkvæmdaáætlun. Þessi valkostur er háður því að Hvalárvirkjun verði að veruleika og því voru kynntir aðrir valkostir til að uppfylla kröfur í stefnu stjórnvalda á tilsettum tíma. Hinir valkostirnir fela báðir í sér langar línulagnir til tengingar við byggðalínakerfið.

Kerfisáætlun 2023-2032 sýndi fram á að línurnar tvær á vesturvæng nýrrar kynslóðar byggðalínu þurfi meiri flutningsgetu en hinar línurnar þar sem þær verða tenging milli landssvæða í norðri og suðri og þurfa að geta staðist miklar sveiflur og orkuflutning. Því gáfu niðurstöður greininga til kynna að skýr þörf væri á að Holtavörðuheidiarlína 1 og Holtavörðuheidiarlína 3 verði byggðar með tvo leiðara í hverjum fasa í stað eins. Sú niðurstaða stuðlar einnig að því að lágmarka flutningstöp í línunum og hámarka þannig nýtni núverandi og nýrrar orkuvinnslu til orkuskipta.

Sýnt var fram á að 220 kV kerfi allan byggðalínuhringinn er nægjanlegt til að anna sveigjanlegum orkuflutningi orkuskipta í óskertu kerfi. Greint hefur verið hvað þarf til viðbótar til þess að kerfið hafi getu til að standa af sér verstu truflanatilvik. Á þessu eru tvær mögulegar lausnir sem gæti verið hægt að ráðast í eftir að framkvæmdum við 220 kV hringkerfi er lokið.

1. Tvöföldun línuleiða HH1, RA3 og KR3, samtals um 300 km.
2. Lína yfir hálendið – AC eða DC lína frá Þjórsár-Tungnaársvæði í Blöndu/Akureyri/Kröflu, um 140-200 km.

Leið 1 leysir vandann með þeim hætti að gera verstu rof á hringkerfinu N-1 örugg þannig að 220 kV kerfið rofni ekki á versta mögulega hátt en leið 2 er lausn sem miðar að því að geta áfram flutt orku milli landshluta og jafnað þannig út aflflutninga sem upp á vantar. DC lína þykir áhugaverður kostur í því sambandi þar sem slík lausn er ákjósanleg til vinna með breytileika vindorkuframleiðslu og spennustýringu í sveiflukenndu aflflæði.

10.2 Meginflutningskerfið til skemmri og lengri tíma

Landsnet hefur frá útgáfu síðustu kerfisáætlunar markvisst eftir greiningargetu fyrirtækisins. Eitt af nýjustu skrefunum í þeirri vegferð er útgáfa *Kerfisjöfnuðar*, áður þekkt sem *Afl- og orkujöfnuður*, þar sem innleiðing orkuflæðilíkans hefur stutt við greiningar á stöðu og þróun flutningskerfisins.

Hingað til hefur yfirsýn yfir langtímaþróun skort. Orkuflæðilíkanið bætir úr þessu með því að meta getu raforkukerfisins – bæði framleiðslu og flutnings – til að mæta eftirspurn eftir orku með hliðsjón af breytilegu framboði. Þetta er sérstaklega mikilvægt í íslenska raforkukerfinu þar sem stór hluti orkunnar kemur frá vatnsaflsvirkjunum sem eru háðar innrennsli vatns í uppistöðulón.

Til viðbótar við þessa náttúrulegu sveiflu í framboði mun vindorka brátt ryðja sér til rúms á íslenskum orkumarkaði, sem eykur enn á sveiflur í orkuframboði. Í ljósi óvissu sem ríkir um nýjar vatnsaflsvirkjanir verður sífellt augljósara að markmið stjórnvalda um orkuskipti munu vart nást án vindorku í bland við aðrar lausnir eins og virkan orkumarkað, álagssvörun notenda og orkugeymslur svo eitthvað sé nefnt.

10.3 Orkuflæðilíkan Landsnets

Orkuflæðilíkanið er hannað til að líkja eftir framtíðarhegðun raforkukerfa þar sem óvissa er til staðar, sérstaklega varðandi innrennsli vatns, raforkuþörf og takmarkanir í flutningskerfinu. Úttök líkansins gefa mynd af því hvernig raforka streymir um kerfið við mismunandi aðstæður og hvaða ákvarðanir eru teknar til að tryggja áreiðanlegt og hagkvæmt orkuframboð yfir lengri tíma.

Til þess að meta ólíkar framtíðarsviðsmyndir keyrir líkanið marga mismunandi reikniferla þar sem hver þeirra lýsir mögulegri þróun innrennslis og raforkuframleiðslu. Niðurstöður líkansins fela í sér tímaröð af orkuflæði um raflínur, ráðstöfun vatns í uppistöðulónum, rekstur orkuvera og væntanlegan kostnað við rekstur kerfisins. Líkanið veitir einnig innsýn í hvernig mismunandi ákvarðanir um vatnsnotkun og raforkuflutning hafa áhrif á framtíðarstöðuna, þar með talið áhrif af sveiflum í orkuframboði og verðmyndun á raforkumarkaði.

Úttök líkansins eru notuð til að skilja hvernig vatnsforði og raforkuflutningur breytist í takt við ólíkar aðstæður. Þannig er hægt að greina líkleg viðbrögð kerfisins við mismunandi framtíðarsviðsmyndum og finna bestu leiðina til að tryggja að orkan sé nýtt á hagkvæman hátt, án þess að stofna afhendingaröryggi í hættu.

10.4 Auknar kröfur til flutningskerfisins

Orkuflæðilíkanið nýtist einnig til að greina orkuflæði eftir einstökum flutningsleiðum innan kerfisins. Með því má greina hvar forgangsraða þarf styrkingum og hvar aukin flutningsgeta verður nauðsynleg í

framtíðinni. Í *Kerfisjöfnuði* er staða orkuöryggis tekin út til næstu fimm ára og má lesa nánar um það á þeim vettvangi.

Auk þess hefur nýverið verið gerð ítarleg greining á þróun raforkukerfisins út frá *Raforkuspá Landsnets 2024-2050*. Sú greining varpar ljósi á hvernig kröfur til flutningskerfisins munu þróast og breytast á næstu 25 árum. Orkufælðilíkanið var sett upp út frá forsendum framboðsspárhauta Raforkuspár, þó án þess að tilgreina nákvæmlega hvaða virkjanir liggja þar að baki. Markmiðið er fremur að sýna á hvaða hátt hlutverk flutningskerfisins breytist með fjölbreyttari samsetningu virkjana og aukinni fjölbreytni í notkun raforku.

Þess ber að geta að hér er stuðst við lágspá orkuskipta í millilandaflugi fram til ársins 2050. Nánari upplýsingar um muninn á lágspá og háspá má finna í Raforkuspánni sjálfri.

10.5 Sveigjanleiki til skemmri tíma

Til að átta sig á því hvernig álag á flutningskerfið gæti þróast á næstu 25 árum er mikilvægt að skoða breytingar til skemmri tíma. Meginflutningskerfið er sá hluti raforkukerfisins sem rekinn er á 220 kV og 132 kV spennustigi, þó með nokkrum undantekningum. Tengingar notenda á þessum spennustigum teljast ekki til meginflutningskerfisins, frekar en hlutar af dreifikerfi Veitna sem eru reknir á 132 kV spennu.

Staðalfrávik sem mælikvarði á breytileika

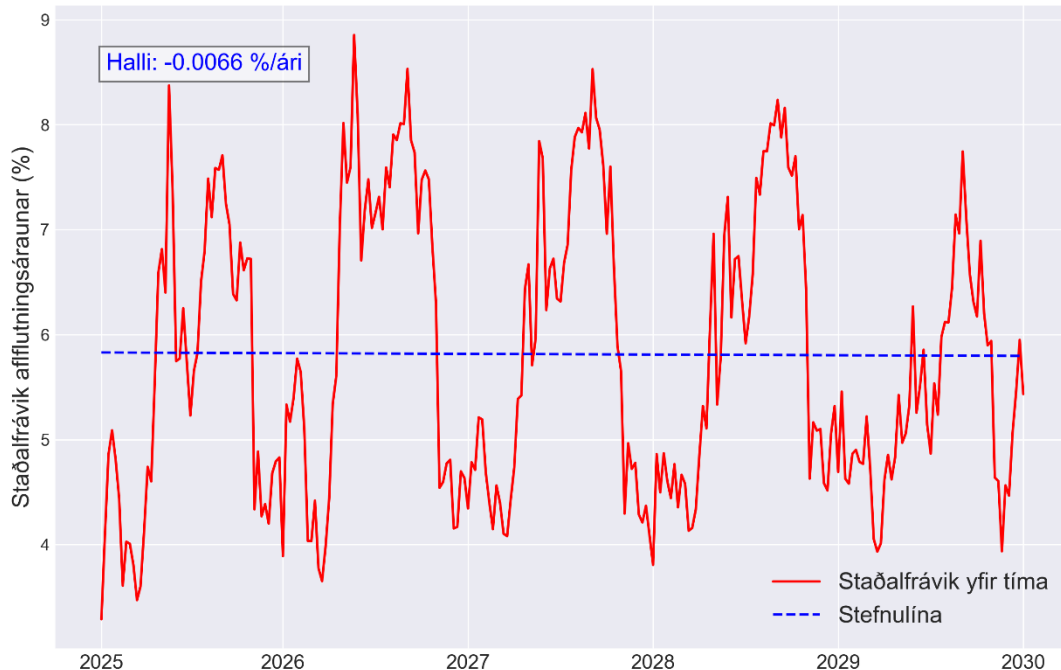
Góður mælikvarði á breytileika í raforkukerfinu – hvort sem litið er til heildarframboðs á raforku eða flæðis um einstakar flutningslínur – er **staðalfrávik**. Staðalfrávik mælir hversu mikið einstök gildi í gagnasafni víkja að jafnaði frá meðaltalinu.

- Lágt staðalfrávik bendir til stöðugleika, þar sem gildin eru flest nálægt meðaltalinu.
- Hátt staðalfrávik bendir til meiri sveiflna og breytileika í flutningi.

Hér að neðan eru myndir sem sýna staðalfrávik yfir tímaraðir niðurstaðna orkulíkansins, sem gefa innsýn í mismunandi möguleg framtíðarsvið. Myndirnar sýna nýtt flutningsgetu í prósentum af heildarflutningsgetu og hvernig breytileikinn þróast yfir tíma. Mikilvægt er að fram komi að myndirnar sýna ekki hvort stakar línur séu með fullnýtt flutningsgetu. Línur með stóran hluta flutningsgetu sinnar fullnýtt stóran hluta tímans skila miklum flutningstöpum. Hér er verið að einblína á hegðun breytileika í flutningi kerfisins í heild.

66 kV kerfið – stöðugur breytileiki

Hér að neðan má sjá staðalfrávik yfir tímaraðir niðurstaðna orkulíkansins – mismunandi möguleg tilbrigði framtíðar. Myndin sýnir aflflutningsáraun, þ.e. nýtta flutningsgetu í prósentum af heildar flutningsgetu.



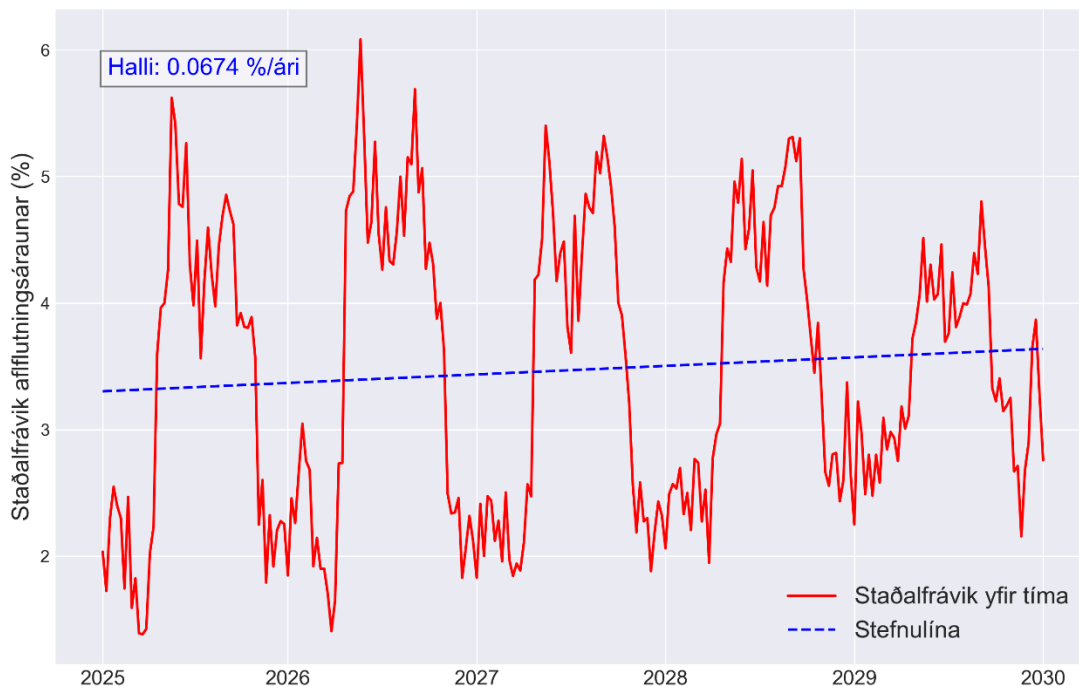
-Mynd 1010-2: Staðalfrávik á nýttri flutningsgetu fyrir allar 66 kV línur – til ársins 2030

Á mynd 15 má sjá staðalfrávik fyrir flutning um 66 kV línur, sem mynda stóran hluta svæðisbundinna flutningskerfa. Hér kemur skýrlega í ljós árstíðabundinn munur – breytileikinn er mismunandi eftir árstíma – en engin greinileg aukning í breytileika yfir lengri tíma.

Stefnulínan sýnir örlitla lækkun á breytileika en hún er það lítil að áhrifin eru óveruleg. Þetta er ekki óvænt niðurstaða, þar sem flæði um svæðisbundnar línur er almennt nokkuð stöðugt. Hins vegar ætti ekki að túlka þetta sem vísbendingu um að engin aukning sé í almennri raforkunotkun – því slíkt er vissulega raunin – heldur að hlutfallslegur breytileiki í flutningi um þessar línur helst stöðugur á milli mismunandi sviðsmynda líkansins.

132 kV kerfið – aukinn breytileiki með meiri sveiflum í vinnslu

Til samanburðar skulum við skoða sambærilega mynd sem sýnir 132 kV kerfin sem eru nokkurs konar blendingar milli meginflutningskerfis og svæðisbundinna kerfa þó svo að línur á 132 kV teljist jafnan til meginflutningskerfisins. Það er einkum vegna byggðalínuhringsins en þessi kerfi eru þó víða nokkurs konar brú frá hinum stærri meginæðum 220 kV meginflutningskerfisins og til svæðisbundinna kerfa sem koma orku til almennra notenda.



Mynd 10-3: Staðalfrávik á nýtttri flutningsgetu fyrir allar 132 kV línur – til ársins 2030

Á Mynd 10-3 sést greinileg hækkun á breytileika í flutningi um 132 kV línur. Þessi þróun tengist auknum sveiflum í vinnslu, þar sem staðsetning orkuframleiðslu verður sífellt meira breytileg yfir tíma.

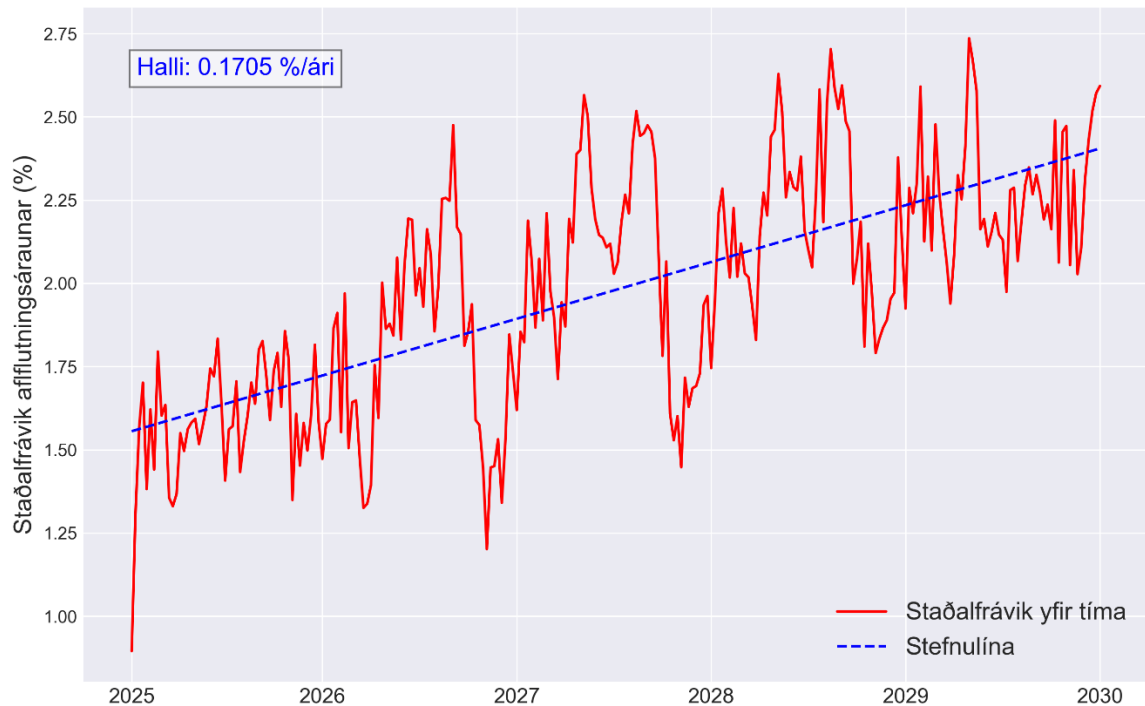
Einnig sést skýr árstíðabundin sveifla, þar sem sumartíminn hefur meiri breytileika. Þetta má rekja til þess að á sumrin er almennt reynt að spara vatn í uppistöðulónum, sem veldur meiri sveiflum í því hvar orkan er unnin. Orkuflæðilíkanið tekur ákvarðanir um hvar skuli spara vatn hverju sinni og óvissan eykst eftir því sem horft er lengra fram í tímann. Þessi aukna óvissa endurspeglast í minnkandi breytileika undir lok tímabilsins (rauða línan), þar sem lengri tíma ákvarðanir verða jafngildari.

Stefnulínan sýnir þó áframhaldandi aukningu í breytileika yfir tímann, sem bendir til þess að 132 kV kerfið muni standa frammi fyrir meiri sveiflum í framtíðinni.

220 kV kerfið – vaxandi breytileiki yfir tíma

Þegar horft er á sömu framsetningu fyrir 220 kV kerfið blasir önnur mynd við.

Á Mynd 1010-4 sést mun greinilegri aukning í breytileika eftir því sem líður á tímabilið. Hér er, ólíkt því sem sást í 132 kV kerfinu, ekki hægt að greina sérstaka aukningu á breytileika yfir sumartímann, þrátt fyrir að nánast allar stærstu vatnsaflsvirkjanir landsins séu tengdar 220 kV kerfinu.



Mynd 1010-4: Staðalfrávik á nýttri flutningsgetu fyrir allar 220 kV línur – til ársins 2030-

Þessi niðurstaða er fengin með því að skoða allar 220 kV línur saman, þar með talið tengingar notenda sem hafa mjög stöðugt flæði (og því lítið staðalfrávik). Ef greiningin væri eingöngu framkvæmd á línunum sem tilheyra meginflutningskerfinu sjálfu, væri líklega enn skýrari aukning í breytileika.

Hins vegar er þessi breytileiki þó að vissu leyti eðlilegur þegar eðli orkuflæðilíkansins sjálfs er haft í huga. Þegar horfa þarf lengra og lengra inn í framtíðina þá verður hver og ein ákvörðun um vinnslu stakrar megavattstundar minna og minna háð ákvörðun sem tekin er í dag.

10.6 Vísbendingar um þróun fram til 2050

Landsnet vinnur reglulega greiningar til að spá fyrir um þróun raforkukerfisins og áhrif orkuskipta á flutningskerfið. Ein slík greining hefur nú verið gerð til ársins 2050, þar sem þróun orkuflæðis er skoðuð til langs tíma.

Greiningin byggir á því að eftirspurn eftir raforku þróist í samræmi við lágspá *Raforkuspár Landsnets 2024*, þar sem gert er ráð fyrir hægri uppbyggingu rafeldsneytisframleiðslu. Samhliða er reiknað með að orkuvinnsla byggist á fjölbreyttum orkugjöfum, þar á meðal vatnsafl, jarðvarma og vindi.

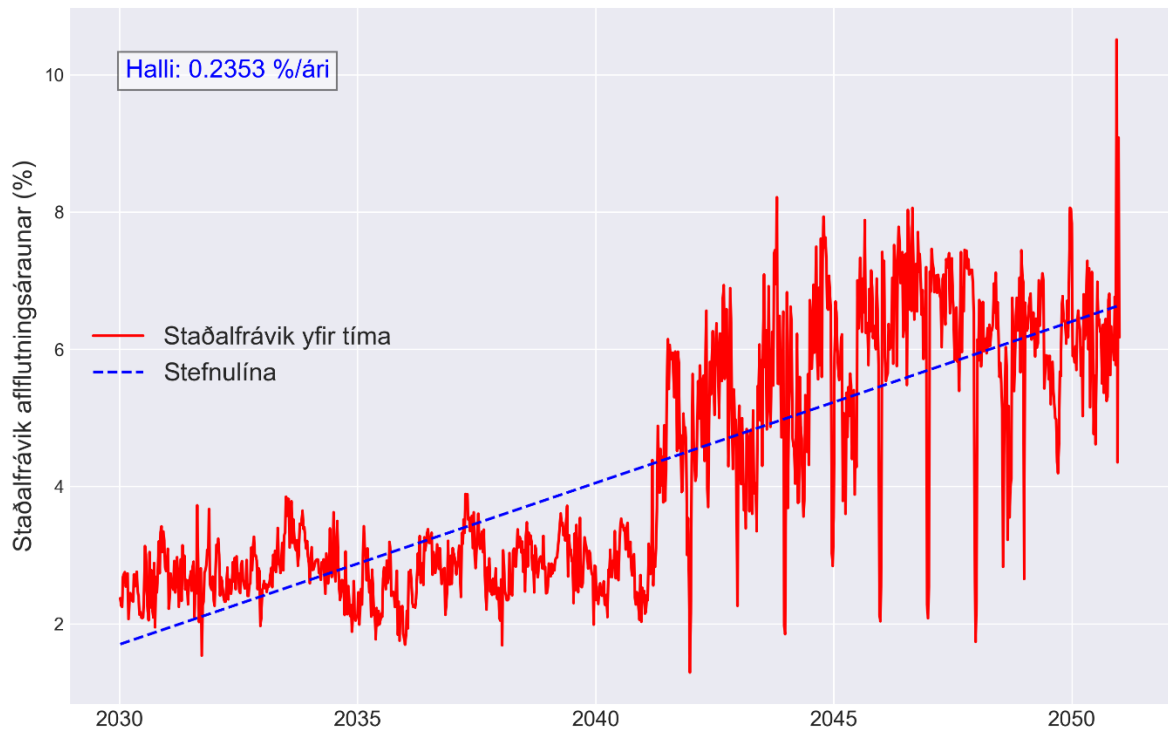
Í þessari sviðsmynd eru notendur sem framleiða rafeldsneyti taldir sveigjanlegir, sem þýðir að þeir geta stýrt raforkunotkun sinni og brugðist við sveiflum í orkuvinnslu, til dæmis þegar minna afl fæst frá vindorkuverum.

Mótun raforkukerfisins fyrir orkuskipti

Markmið þessarar greiningar er ekki að taka afstöðu með eða á móti tilteknum virkjunarkostum eða notendahópum. Þess í stað er hér sett fram sýnidæmi um hvernig raforkukerfi þjóðar, sem stefnir að markmiðum sínum í loftslagsmálum, þarf að þróast.

Með skýrri mynd af framtíðinni er hægt að móta stefnu fyrir uppbyggingu flutningskerfisins þannig að hún takmarki ekki tækifæri þjóðarinnar til að ná þessum markmiðum. Ljóst er að án nægilega sterks og sveigjanlegs flutningskerfis verða orkuskiptin ekki að veruleika.

220 kV kerfið – aukinn breytileiki eftir 2030



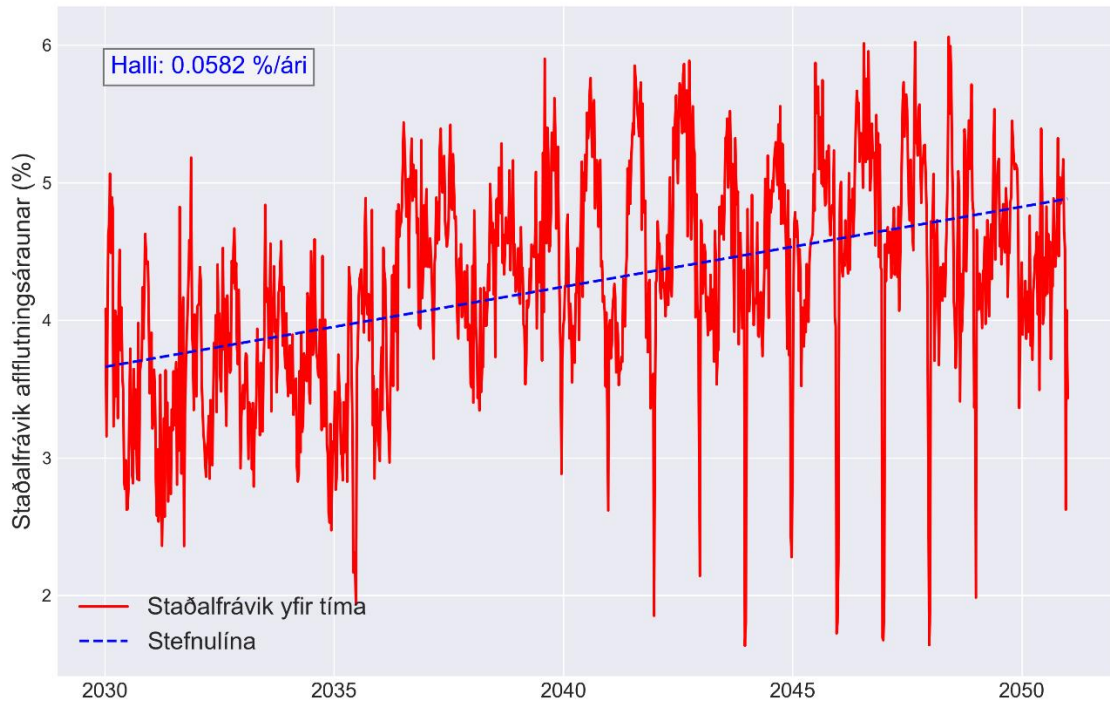
Mynd 1010-5: Staðalfrávik á nýtttri flutningsgetu fyrir allar 220 kV línur – til ársins 2050-

Á Mynd 1010-5 má sjá að um miðbik tímabilsins frá 2030 til 2050, eykst breytileiki í nýtttri flutningsgetu verulega. Sú þróun er mun meiri en á fyrra tímabili fram til 2030. Ástæða mikillar aukningar í breytileika á miðju tímabilinu er innkoma sveigjanlegra notenda en samkvæmt sviðsmyndum Raforkuspár Landsnets er gert ráð fyrir að vinnsla rafeldsneytis hefjist hér á landi á næsta áratug. Sú orkufreka framleiðsla sem við höfum þekkt hér á landi hingað til hefur haft þörf á stöðugri og fyrirsjáanlegri afhendingu raforku. Ólíkt henni á rafeldsneytisframleiðslan hægara með að auka og minnka framleiðslu í takt við breytilegt framboð raforku.

Í greiningunni er miðað við að rafeldsneytisframleiðsla fari að aukast eftir 2040 og að nýting vindorku haldist í hendur við þá þróun. Rafeldsneytinu er ætlað að knýja millilandaflug og sjóflutninga, með sívaxandi íblöndun græns orkugjafa.

Rafeldsneyti gæti einnig orðið stór útflutningsvara, þar sem framleiðsla þess byggir alfarið á endurnýjanlegum orkugjöfum. Þetta myndi leiða til breytilegrar eftirspurnar eftir raforku og þar með aukinna sveiflna í flutningskerfinu.

132 kV kerfið – stöðug þróun í átt að auknum sveiflum



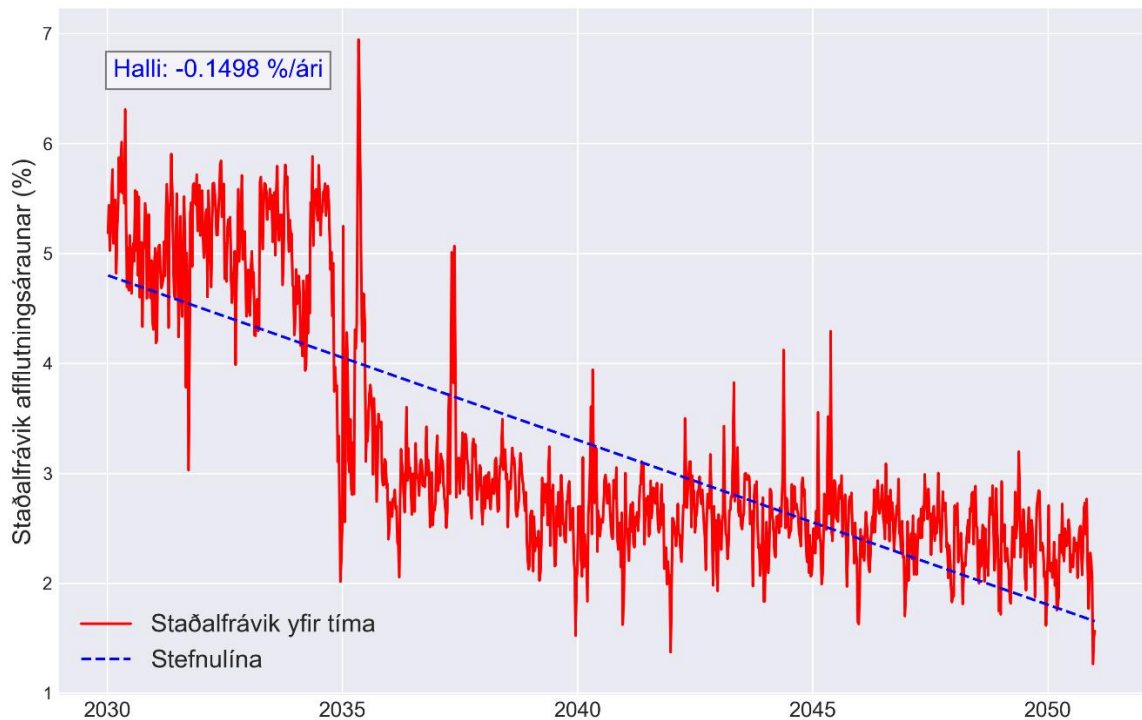
Mynd 1010-6: Staðalfrávik á nýttri flutningsgetu fyrir allar 132 kV línur – til ársins 2050-

Á Mynd 1010-6 sést að breytileiki í 132 kV kerfinu heldur áfram að aukast, í takt við þróunina sem sást á tímabilinu fram til 2030.

Þetta bendir til þess að hlutverk og kröfur til 132 kV kerfisins haldist svipaðar þegar kemur að sveiflum sem orsakast af breytilegri orkuvinnslu og notkun. Þó gefur þessi mynd ekki skýra mynd af því hvort einstakar línur í 132 kV kerfinu séu við það að yfirlestast. Hins vegar gætu legið að baki vísbendingar um að flutningshindranir gætu komið upp og þarf að greina það nánar í framhaldinu.

Einnig er mikilvægt að hafa í huga að á þessu tímabili er gert ráð fyrir að 132 kV línur taki við hlutverki 66 kV kerfanna á mörgum svæðum, sem gæti dregið úr álagi á þau lægri spennustig.

66 kV kerfið – minni sveiflur með fækkun lína



Mynd 1010-7: Staðalfrávik á nýttri flutningsgetu fyrir allar 66 kV línur – til ársins 2050-

Á Mynd 1010-7 sést að breytileiki flutnings í 66 kV kerfunum minnkar þegar líður á tímabilið fram til 2050.

Þetta skýrist að mestu af því að margar 66 kV línur víkja fyrir 132 kV línunum með tímanum. Þeir hlutar 66 kV kerfisins sem áfram verða í rekstri munu þó áfram þjóna almennu álagi á landsbyggðinni, sem hefur almennt litlar sveiflur milli mismunandi sviðsmynda.

Þrátt fyrir að staðalfrávik minnki í þessu spennustigi er mikilvægt að árétta að raforkuspáin gerir ráð fyrir stöðugum vexti í álagi á svæðisbundin kerfi á landsbyggðinni. Lækkandi breytileiki er því ekki vísbending um samdrátt, heldur einfaldlega merki um að hlutverk 66 kV kerfa verði skýrara og stöðugra í framtíðinni.

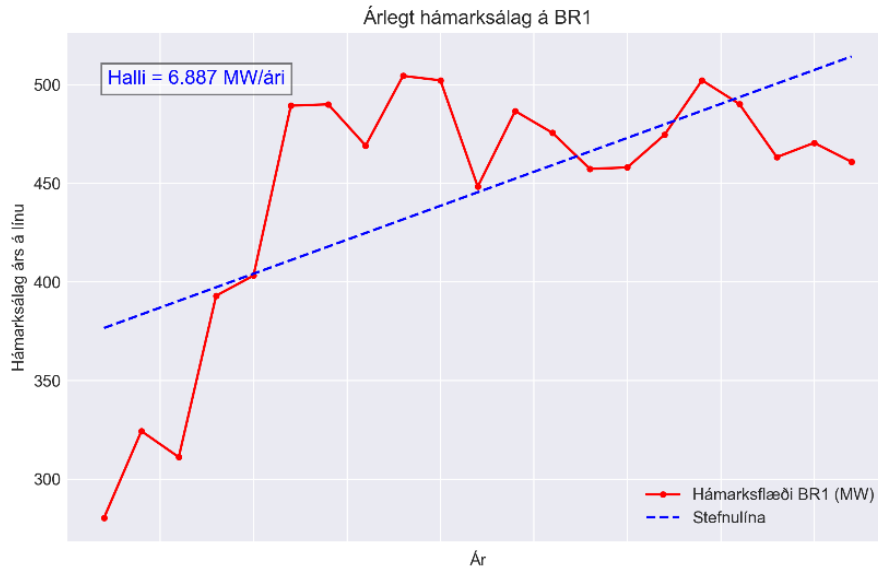
Auknar kröfur um flutningsgetu

Í langtímagreiningunni komu upp úr kafinu ákveðnar takmarkanir í flutningskerfinu sem þurfti að leysa til þess að greiningin gengi upp. Orkuflæðisgreining sem þessi er þó ekki til þess ætluð að koma auga á veikleika sem fela í sér flutningsþörf í truflanarekstri, eða N-1 tilfalli. Allar styrkingar sem gera þarf á kerfinu þarf að setja í ítarlegri greiningar og hefðbundið ferli valkostagreiningar þegar fram í sækir en ástæða er þó til að benda á takmarkanir sem vísbendingar voru um að leysa þarf ef rekstur kerfisins á að ganga upp í óskertu kerfi.

Styrking milli höfuðborgarsvæðis og Hvalfjarðar

Lengi hefur legið fyrir að styrkja þarf þessa tengingu enda er núverandi tenging þarna á milli mjög takmarkandi, með flutningsgetu upp á um 300 MW.

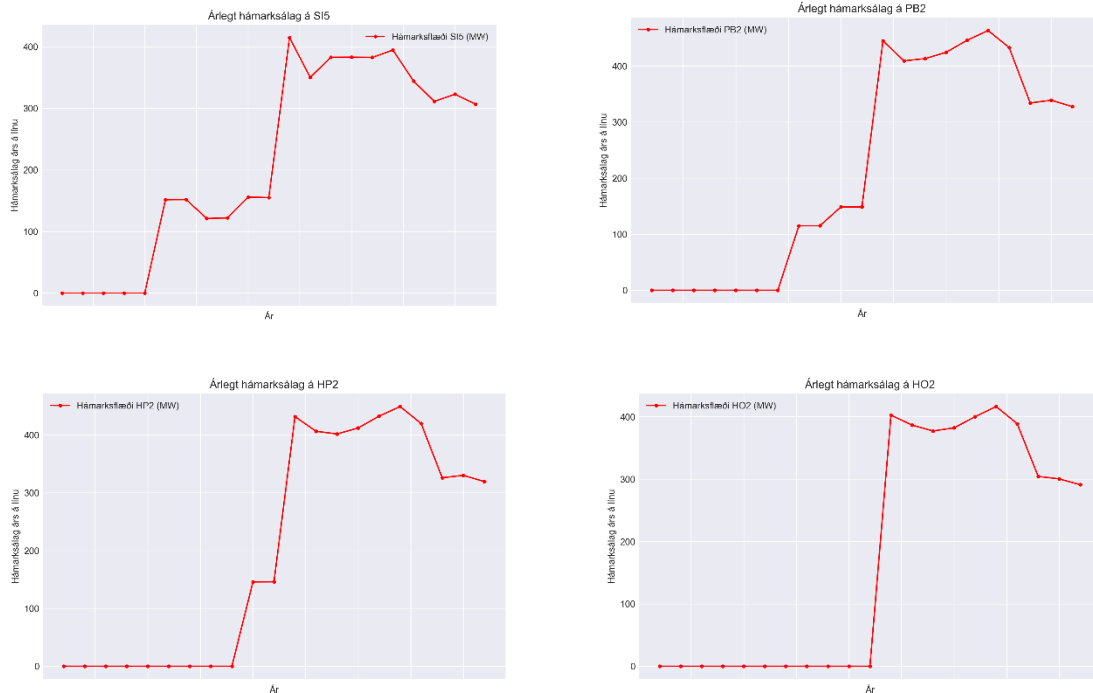
Meðfylgjandi graf gefur til kynna að þessi tenging þurfi að vera mikið sterkari til lengri tíma litið en grafið sýnir hámarksflutning á ári fram til 2050 í óskertu kerfi. Það þýðir að engin önnur lína fór úr rekstri til að framkalla þennan flutning.



Mynd 10-8: Hámarksflutningur á milli höfuðborgarsvæðis og Hvalfjarðar í óskertu kerfi sýnir nauðsyn þess að styrkja tenginguna þar á milli til lengri tíma litið

Lokun byggðalínuhrings eftir Suðurlandi

Sterkar vísbendingar eru um að haga þurfi endurnýjun 132 kV lína eftir Suðurströndinni (syðri leiðina milli Sigöldu og Fljótsdalshéraðs) þannig að öll leiðin verði endurbyggð fyrir 220 kV rekstrarspennu. Eftirfarandi myndir sýna hvernig hámarksflutningur verði eftir þessari leið ef spennuhækkun á leiðinni muni fara fram á árunum 2035-2040 sem dæmi. Gert var ráð fyrir að fyrsti áfangi nýrrar kynslóðar byggðalínu (nyrðri leiðina frá Fljótsdal í Hvalfjörð) væri kominn í rekstur við upphaf tímabilsins 2030. Þar sem um er að ræða hringtengt kerfi er mikilvægt að horfa á aftölur á myndunum í því ljósi að við einfalda útleysingu annars staðar á hringkerfinu munu þessar línur þurfa að geta tekið á sig umtalsvert meira afþléði.



Mynd 10-9: Hámarksflutningur byggðalínurings á Suðurlandi ef spennuhækkun færir fram á árunum 2035-40

Sterkari tengingar innan Þjórsár-Tungnaárvæðis

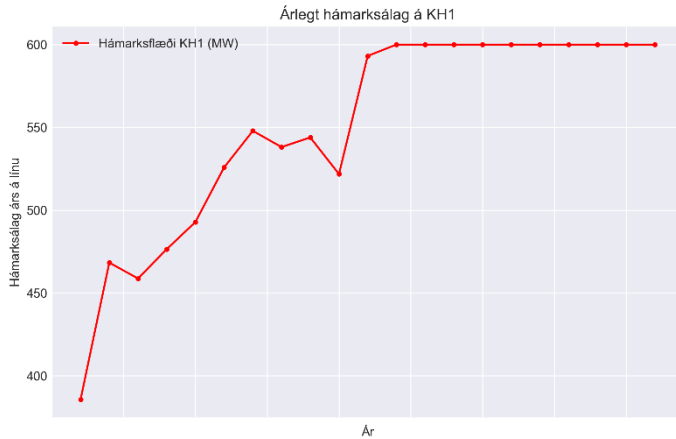
Skýr merki eru um að bæta þurfi tengingar í 220 kV línakerfinu innan Þjórsár-Tungnaárvæðisins þar sem líklegt er að aukið verði við aflgetu fyrirliggjandi virkjana á svæðinu auk þess að framkvæmdir hefjast brátt við byggingu 120 MW vindorkuvers á svæðinu. Flutningsgeta línutenginga frá svæðinu inn að suðvesturhorninu og Vesturlandi virðast þó enn um sinn ætla að standast tímans tönn.

Bætt tenging iðnaðarsvæðis á Bakka

Þessi styrking er vissulega háð því að meiri uppbygging verði á iðnaðarsvæðinu. Ef ákvörðun verður tekin um að staðsetja umfangsmeiri iðnað, eins og mögulegt rafeldsneytisver, á svæðinu þarf að bæta við tengingu að svæðinu. Svæðið er í dag tengt með einni 220 kV tengingu sem stenst ekki kröfur um áreiðanleika ef umsvif eiga að aukast svo einhverju nemi.

Bætt tenging við höfuðborgarsvæðið og Reykjanesskaga

Þungamiðja aukningar í almennum álagi mun eiga sér stað á höfuðborgarsvæðinu, einkum vegna orkuskipta í samgöngum á landi. Stærsti alþjóðaflugvöllur landsins er á Suðurnesjum og nærtækt að rafeldsneytisvinnslu gæti verið valinn staður í grennd við hann. Þessir tvær þættir þýða að styrkja þarf tengingar inn á þessi svæði þar sem þau deila að talsverðu leyti meginflutningsæðum sínum. Sem dæmi má nefna Kolviðarhólslínu 1 sem er ein mikilvægasta tengingin inn að höfuðborgarsvæðinu. Á henni hefur flutningsgeta verið augin upp á síðkastið og enn á eftir að klára lokaáfangann í þeirri styrkingu, upp í 600 MW getu. Þó eru merki um að sú geta verði ónæg til lengri framtíðar og því merki um að bæta tengingar innan svæðisins.



Mynd 10-10: Hámarksflutningur Kolviðarhólslínu 1 nær 600 MW eftir 2040

Sjá má að hámarksflutningur fer upp í 600 MW eftir 2040 skv. greiningum. Ein leið til að bæta úr þessu væri að endurvekja gamlar hugmyndir um að bæta við tengingu milli Suðurnesja og Hellisheiðar og leggja af Suðurnesjalínu 1 í kjölfarið. Þannig væri orkuflæði veitt framhjá höfuðborgarsvæðinu beint út á Suðurnes þar sem orkan er notuð.

Ofantaldar styrkingar eru nokkur dæmi um þær vísbendingar sem komið hafa út úr langtíma greiningum á orkuflæði til 2050. Greiningar sem þessar eru nýlunda hjá Landsneti og munu reynast gagnlegt verkfæri í verkfærakassanum þegar móta þarf framtíðarfyrirkomulag flutningskerfisins.

Samantekt

Greiningar Landsnets á þróun meginflutningskerfisins til skemmri og lengri tíma sýna að orkuflæðilíkanið er lykiltæki í að skilja hvernig flutningskerfið bregst við breytilegri raforkuframleiðslu og eftirspurn. Niðurstöður þess benda til þess að sveiflur í orkuframboði, sérstaklega vegna innrennslis í vatnsaflsvirkjanir og tilkomu vindorku, muni kalla á aukinn sveigjanleika og styrkingu kerfisins.

Á styttri tímaskala sýna gögnin stöðugleika í 66 kV kerfinu, vaxandi sveiflur í 132 kV kerfinu og greinilega aukningu í breytileika 220 kV kerfisins. Þetta undirstrikar þörfina fyrir markvissa uppbyggingu á meginflutningskerfinu, bæði hvað varðar endurnýjun og nýjar tengingar.

Þegar litið er lengra fram í tímann, allt til ársins 2050, er ljóst að flutningsþörf kerfisins mun aukast verulega, sérstaklega með tilkomu rafeldsneytisvinnslu og frekari orkuskipta. Til að mæta þessari þróun þarf að styrkja lykiltengingar, meðal annars milli höfuðborgarsvæðisins og Hvalfjarðar, á Suðurlandi og á iðnaðarsvæðum eins og Bakka.

Auk þess koma skýrar vísbendingar um að byggðalínuhringurinn þurfi að þróast áfram með endurnýjun á 132 kV línunum og spennuhækkun á Suðurlandi, sem myndi styrkja heildarkerfið og stuðla að betra orkuflæði.

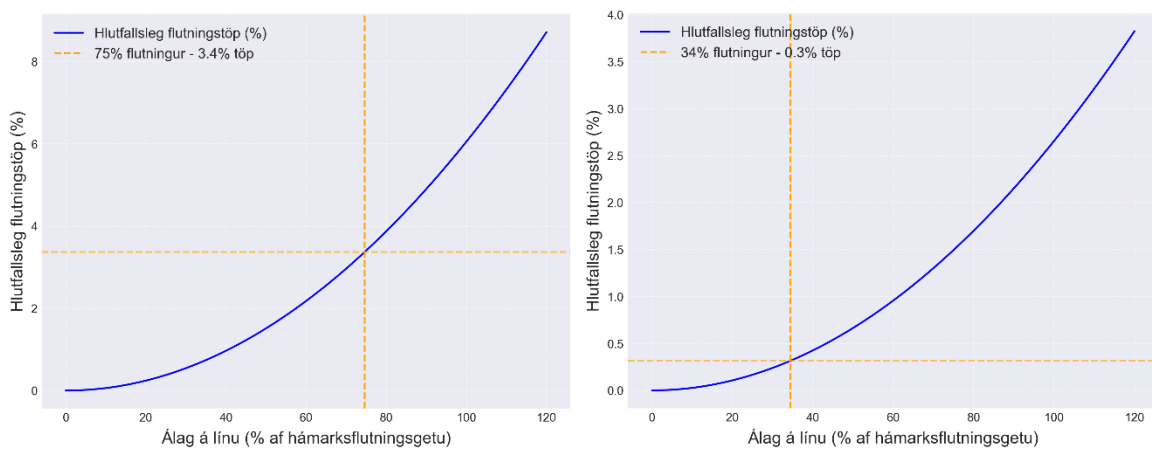
Þessar niðurstöður undirstrika mikilvægi þess að kerfisáætlun og stefnumörkun Landsnets haldist í hendur við breytta orkunotkun, aukna raforkuframleiðslu og sífellt meiri kröfur um sveigjanleika og afhendingaröryggi. Skilvirk uppbygging flutningskerfisins er grundvöllur þess að Ísland nái markmiðum sínum í orkuskiptum og haldi áfram að tryggja stöðugt og hagkvæmt raforkuframboð til framtíðar.

10.7 Bætt nýting með spennuhækkun

Flutningskerfið á Íslandi er að megninu til rekið á þremur spennustigum. Meginflutningskerfið samanstendur af 220 kV og 132 kV flutningslínunum en svæðisbundin flutningskerfi eru að mestu leyti rekin á 66 kV spennu.

Afflutningur um raflínur er margfeldi af spennu og þeim straumi sem fer um línuna hverju sinni. Það þýðir að ef rekstrarspenna tvöfaldast en straumurinn er sá sami þá tvöfaldast einnig aflið sem flutt er um línuna. Að sama skapi er hægt að helminga strauminn sem fer um línuna m.v. sama afl ef rekstrarspennan er tvöfölduð, t.d. ef rekstrarspenna línu er hækkuð úr 66 kV í 132 kV, þá dregur 10 MW álag helmingi lægri straum en það gerði á 66 kV spennu. Flutningstöp í línunum er margfeldi af straumnum í öðru veldi og viðnámi línunnar og því er mögulegt að ná fram talsverðum ávinningi með því að hækka rekstrarspennu flutningslínu.

Myndirnar hér að neðan sýna samanburð á hlutfallslegum flutningstöpum í 132 kV og 220 kV línunum sem flytja sama straum, þar sem sést hversu mikið minni töpin eru á hærri spennustigi.



Mynd 10-11: Minna er um flutningstöp á 220 kV línunum heldur en 132 kV línunum sem flytja sama straum

Dæmi um þetta er bygging nýrrar kynslóðar byggðalínu sem verður byggð upp sem 220 kV línur. Gamla byggðalínan, sem rekin er á 132 kV spennu var byggð upp á árunum 1972-1984 og var tiltölulega lítið lestuð fyrstu árin. Flutningur um hana hefur hins vegar margfaldast með árunum og hafa töpin að sama skapi aukist mikið. Með tilkomu nýrra 220 kV byggðalínu og breyttu hlutverki gömlu byggðalínunnar má gera ráð fyrir að lestun einstakra lína verði hlutfallslega minni sem mun leiða til minni flutningstapa. Eins og sést á Mynd 10-11 aukast töpin hratt þegar nálgast flutningsmörk lína og því óæskilegt að lesta línur sem mikill flutningur er um nálægt flutningsmörkum í lengri tíma. Flutningsgeta raflína er háð rekstrarspennu, sem og öðrum þáttum s.s. þvermáli leiðarar, staursetningu loftlína og fl.

Gróf viðmiðun um flutningsgetu einstakra flutningslína á Íslandi eftir spennustigum eru eftirfarandi:

- 66 kV: 30 MVA til 50 MVA
- 132 kV: 100 MVA til 170 MVA
- 220 kV: 300 MVA til 900 MVA

Hluti af flutningslínunum Landsnets eru byggðar fyrir hærri spennu en þær eru reknar á. Þetta á meðal annars við hluta af línunum í 220 kV kerfinu. Má þar nefna Fljótsdalslínur 3 og 4 sem liggja á milli Fljótsdalsstöðvar og álvers Alcoa í Reyðarfirði. Einnig á þetta við um háspennulínur á milli Sultartanga og Búrfells og þaðan til Hvalfjarðar og Lyklafells á Sandskeiði. Línurnar sem um ræðir eru

Sultartangalína 3, sem liggur til Grundartanga, hluta af Búrfellslínu 3 á milli Búrfells og Lyklafells og Sultartangalína 2 á milli Sultartanga og Búrfells. Til að hægt sé að loka þeim hring og spennuhækka í 400 kV vantar því að uppfæra, eða byggja nýja línu á milli Lyklafells og Grundartanga. Þó er búið að uppfæra hluta af Brennimelslínu 1 frá Brennimel og að Ferstiklu með 400 kV möstrum. Hvort og þá hvenær ákvörðun verður tekin um spennuhækkun í 400 kV í hringnum mun ráðast af þróun flutningsþarfar á milli Þjórsár- og Tungnaársvæðisins og Hvalfjarðar og Höfuðborgarsvæðisins. Með spennuhækkun verður hægt auka flutningsgetuna talsvert mikið án þess að þurfa að byggja nýjar línur sem er umhverfislega góður kostur. Helsti gallinn tengist þó kostnaði en nauðsynlegt verður að byggja a.m.k. 4 ný 400 kV tengivirki með stórum 400/220 kV spennum auk þess sem æskilegt væri að færa eins mikla framleiðslu beint upp á 400 kV spennustig með tilheyrandi endurnýjun á vélaspennum virkjana sem tengjast þessum hring.

Í kjölfar ört vaxandi raforkunotkunar, vegna fólksfjölgunar, uppbyggingar atvinnulífs og ekki síst framgangs orkuskipta hefur myndast þörf fyrir aukna afhendingargetu í svæðisbundnum flutningskerfum víða um landið. Til að mæta þessu hefur Landsnet hafið þá vegferð sem snýr að spennuhækkun í ákveðnum landshlutakerfum úr 66 kV í 132 kV. Búið er að spennuhækka Austurlandshringinn, sem liggur á milli Hryggstekks í Skriðdal, Eyvindarár við Egilstaði, Eskifjarðar og Stuðla í Reyðarfirði. Með spennuhækkuninni jókst afhendingargetan á Austfjörðum talsvert og mun aukast enn frekar með tengingu Hryggstekks við 220 kV kerfið.

Á Suðurlandi standa yfir framkvæmdir við lagningu Þorlákshafnarlínu 2, sem er 132 kV lína frá Soginu niður í Þorlákshöfn. Línan verður lögð sem jarðstrengur frá Þorlákshöfn að Hveragerði þar sem hún verður tengd inn á Sogslínu 2 upp í Sogið. Sá hluti Sogslínu sem liggur frá Hveragerði yfir Helligshéiði og inn á Geitháls verður aflagður og rifinn. Með tilkomu línunnar mun afhendingargeta aukast töluvert í Þorlákshöfn og styðja þannig við þá atvinnuuppbyggingu sem þar er í gangi. Austan Rangár er einnig hafinn undirbúningur að spennuhækkun í 132 kV. Nýtt tengivirki í Lækjartúni var byggt upp með 132 kV búnaði en er rekið á 66 kV. Sama gildir um Lækjartúnslínu 2, að Hellu og Rimakotslínu 2 frá Hellu að Rimakoti. Þær eru báðar lagðar sem 132 kV jarðstrengir en reknar á 66 kV spennu. Rimakotslína 1 er 66 kV loftlína frá Rimakoti að Hvolsvelli sem er byggð sem 132 kV loftlína og því klár til spennuhækkunar. Áætlanir Landsnets ganga út á að loka hringnum með endurnýjun Hvolsvallarlínu 1, sem 132 kV frá Hvolsvelli og inn á nýtt tengivirki við Hvammsvirkjun. Þegar þeirri endurnýjun verður lokið er unnt að spennuhækka austari Suðurlandshringinn og nær því tvöfalda afhendingargetuna á öllu svæðinu. Framkvæmdin við sjálfa spennuhækkunina felst í byggingu nýrra 132 kV tengivirkja á Hellu, Hvolsvelli og í Rimakoti.

Á Snæfellsnesi er hafinn frumundirbúningur að byggingu nýrrar línu frá Vatnshömrum við Hvanneyri að Vegamótum. Fyrirhugað er að línan verði byggð sem 132 kV lína en rekin fyrst um sinn á 66 kV spennu. Í framhaldinu er svo áætlað að endurnýja Vogaskeiðslínu 1 sem 132 kV lína. Síðar yrði svo hringnum lokað með þriðju tengingunni, mögulega á milli Vogaskeiðs við Stykkishólm og Glerárskóga eða nýs tengivirkis á Holtavörðuheidi. Samfara slíkri tengingu er þá hægt að spennuhækka allan þann hring í 132 kV og auka þannig afhendingargetu á svæðinu.

Á Vestur- og Norðvesturlandi eru einnig áform um aukningu á afhendingargetu. Með tilkomu Holtavörðuheidarlína 1 og 3, mun hlutverk gömlu byggðalínunnar á svæðinu breytast og fá það meginhlutverk að þjóna sem fæðing inn á svæðisbundnu flutningskerfin í landshlutanum með tilheyrandi aukningu á afhendingargetu.

Einnig eru upp hugmyndir um breytingu á 132 kV kerfinu í nágrenni við Hvalfjörð. Þær ganga út á það að í stað þess að endurnýja Vatnshamralínu 1 (gera niðurrif hennar mögulegt), þá verði Vatnshamralína 2 endurnýjuð sem 132 kV lína. Vatnshamralína 1 er hluti af gömlu byggðalínunni sem liggur frá Brennimel í Hvalfirði, yfir Skarðsheiði og að Vatnshömrum. Vatnshamralína 2, liggur hins vegar á láglandi, frá Vatnshömrum undir Hafnarfjalli, um Melasveit og til Akraness. Í framhaldinu yrði svo byggt nýtt 132 kV virki á iðnaðarsvæði utan Akraness og lögð ný 132 kV lína í Klafastaði í Hvalfirði. Þannig

verður komið á 132 kV spennustig á Akranesi með tilheyrandi aukningu á afhendingargetu á svæðinu, en afhending á Akranesi fer í dag fram um 66 kV Akraneslínu 1 frá Brennifel.

10.8 Þróun meginflutningskerfis næstu 10 árin

Á næstu tíu árum er gert ráð fyrir umfangsmikilli uppbyggingu meginflutningskerfis raforku á Íslandi með það að markmiði að styrkja afhendingaröryggi og flutningsgetu kerfisins í takt við aukna raforkuþörf og orkuskipti. Megináhersla er lögð á að ljúka fyrsta hluta nýrrar kynslóðar byggðalínu á 220 kV spennustigi, sem verður kjarnahluti í framtíðarkerfi Landsnets. Hvalárvirkjun verður einnig tengd inn á Mjólkárlínu, sem mun bæta til muna raforkuöryggi og afhendingargetu á Vestfjörðum.

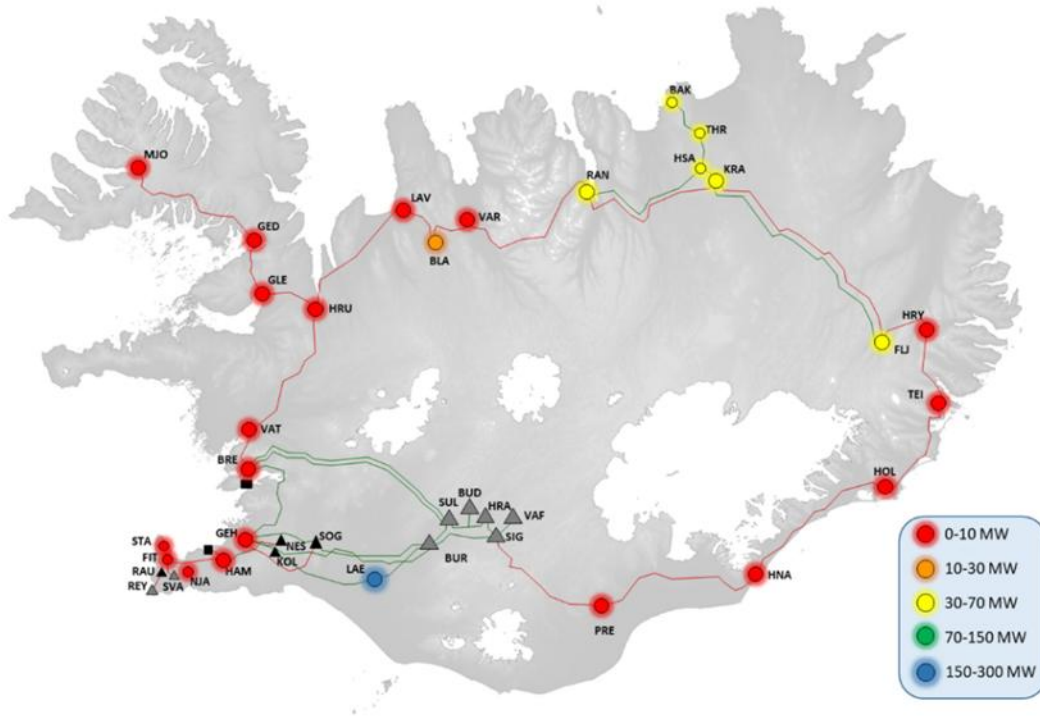
Áætlanir um framkvæmdir ná yfir uppbyggingu nýrra 220 kV flutningslína og tengivirkja, þar sem nýjar línur verða lagðar meðfram eldri 132 kV línunum sem verða reknar áfram þar til þær hafa lokið líftíma sínum. Þá verða ákvarðanir teknar um hvort þær verði endurnýjaðar eða aflagðar. Þessi nálgun tryggir stigvaxandi endurnýjun og hámarks nýtingu innviða meðan unnið er að framtíðarmótun flutningskerfisins.

Styrkingar eru einnig fyrirhugaðar á meginflutningskerfinu á suðvesturhorninu, þar sem sumir innviðir ná ekki lengur að mæta vaxandi eftirspurn og auknu álagi. Framkvæmdum verður forgangsraðað með hliðsjón af bæði tæknilegum og efnahagslegum þáttum.

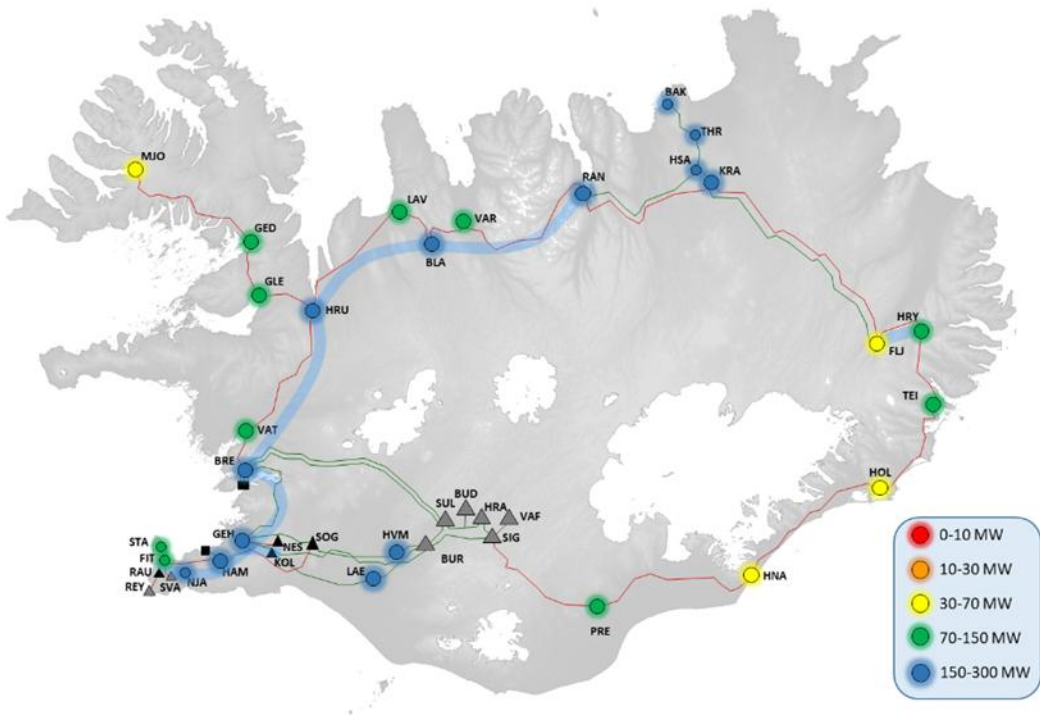
10.9 Áætluð aflgeta afhendingarstaða eftir 10 ár

Ef þróunaráætlun meginflutningskerfisins nær fram að ganga mun afhendingargeta flutningskerfisins aukast þó nokkuð til hagsbóta fyrir notendur og framleiðendur raforku. Niðurstöður kerfisrannsóknna sýna að tilkoma nýrra flutningslína og tengivirkja mun bæta tiltæka afhendingargetu á fjölmörgum afhendingarstöðum.

Hafa ber í huga að tiltæk afhendingargeta einstakra afhendingarstaða er háð samspili raforkunotkunar á öðrum afhendingarstöðum innan kerfisins. Ef raforkuálag eykst á einum afhendingarstað getur það haft áhrif á tiltæka getu annarra staða, sem undirstrikar mikilvægi samfelldrar greiningar og aðlögunar við breytta raforkuþörf.



Mynd 10-12: Afhendingargeta afhendingarstaða í dag.



Mynd 10-13: Áætluð tiltæk afhendingargeta afhendingarstaða eftir 10 ár

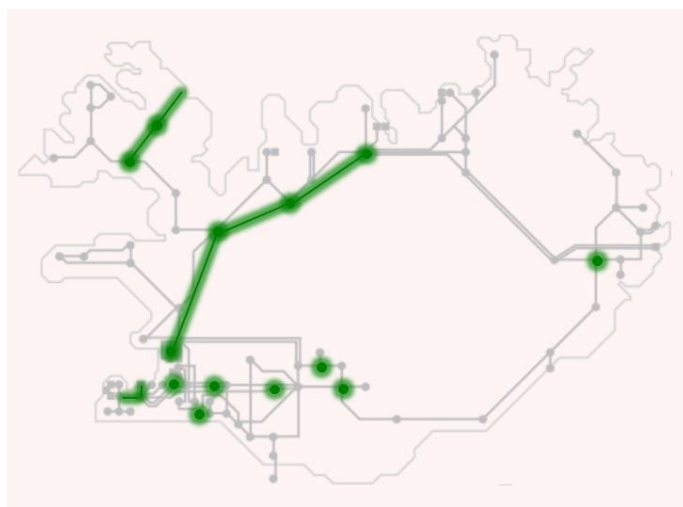
Mynd 10-13 sýnir að í dag er kerfið víðast hvar uppselt, það er að segja að ekki er hægt að afhenda meiri raforku en gert er í dag. Mynd 10-13 sýnir að við lok tímabilsins sem langtímaáætlunin nær yfir, má gera ráð fyrir því að afhendingargetan hafi aukist allverulega.

11 Langtímaáætlun - styrkingar í flutningskerfinu fram til 2035

Í kerfisáætlun er skylt að gera grein fyrir fjárfestingum í flutningskerfinu öllu næstu þrjú árin og í meginflutningskerfinu næstu 10 árin, skv. raforkulögum 9.gr.a, 1. og 2. tl.

Í umfjöllun um landshluta í 12. kafla er einnig fjallað um fyrirsjáanlega þörf á framkvæmdum til lengri tíma lítið en til 10 ára.

11.1 Framkvæmdir til næstu þriggja ára



Mynd 11-1: Framkvæmdir sem áætlað er að hefjist á tímabilinu 2025-2028

Þær framkvæmdir sem koma fram á framkvæmdaáætlun og áætlað er að hefjist til og með árinu 2028 eru eftirtaldar. Nánari grein er gerð fyrir hverri framkvæmd á framkvæmdaáætlun.

- Stækkun tengivirkis á Fitjum
- Spóla á Rangárvöllum
- Blöndulína 3
- Klafastaðir – nýtt 220 kV tengivirki
- Hryggstekkur – 220 kV tengivirki
- Ferjufit – tenging Vaðölduvers
- Holtavörðuheiðarlína 1
- Holtavörðuheiðarlína 3
- Írafoss – endurnýjun tengivirkis
- Skarð – tenging Hvammsvirkjunar
- Hvalárlína 1 og Miðdalslína 1 - Tenging Hvalárvirkjunar
- Mjólka – útjöfnun launafis
- Öldugata - tvítenging

Framkvæmdaáætlun Landsnets til næstu þriggja ára er metnaðarfull og miðar að því að efla raforkuflutningskerfið til að tryggja stöðugleika, afhendingaröryggi og hagkvæmni til lengri tíma lítið. Uppbygging nýrrar kynslóðar byggðalínu og styrking annarra meginflutningsleiða mun auka sveigjanleika og rekstraröryggi raforkukerfisins á Íslandi. Skilvirk framkvæmd þessarar áætlunar er grundvöllur að farsælli þróun orkumarkaðarins í takt við framtíðaráskoranir og vaxandi eftirspurn eftir raforku.

11.2 Framkvæmdir til næstu 10 ára

Á langtímaáætlun er skylt að gera grein fyrir framkvæmdum í meginflutningskerfinu næstu tíu árin. Hér eru því ekki tilgreind þau verkefni sem geta komið til í svæðisbundna flutningskerfinu. Verkefni í meginflutningskerfinu sem eru á framkvæmdaáætlun, koma líka fyrir í þessu yfirliti.

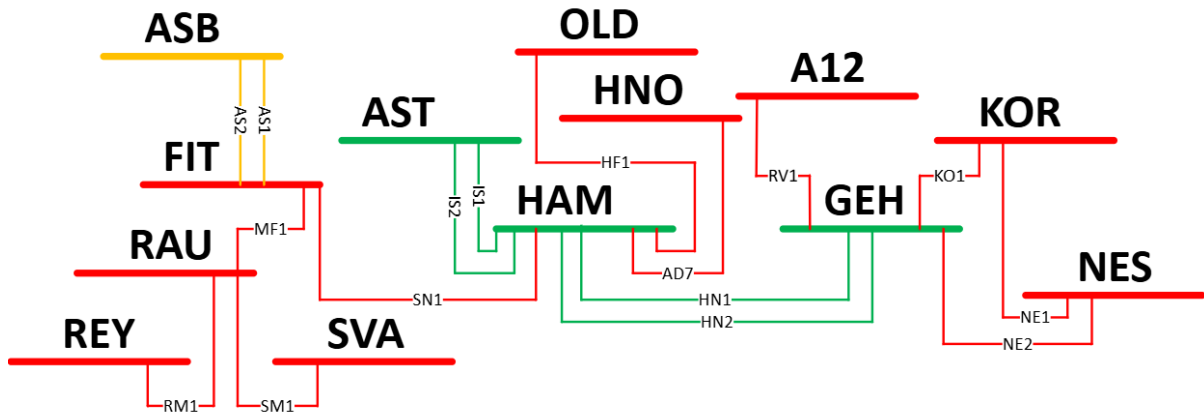
	Endurnýjun	Þróun
T0 Í framkvæmd 2025	<ul style="list-style-type: none"> • Korpa • Kolviðarhólslína 1 – endurbygging • Sigalda – 220 kV tengivirki 	<ul style="list-style-type: none"> • Suðurnesjalína 2 • Njarðvíkurheiði – nýtt 220 kV tengivirki • Ný tenging Rauðimelur – Fitjar • Rangárvellir – spóla til launafslútföfnunar • Ferjufit – tenging Vaðölduvers • Klafastaðir – nýtt 220 kV tengivirki
T1 Framkvæmdaáætlun 2026-2028	<ul style="list-style-type: none"> • Geitháls – nýr 220/132 kV aflspennar • Varmahlíð – 132 kV tengivirki • Írafoss – 132 kV tengivirki 	<ul style="list-style-type: none"> • Blöndulína 3 • Holtavörðuheiðarlína 1 • Holtavörðuheiði – nýtt 220/132 kV tengivirki • Holtavörðuheiðarlína 3 • Skarð – tenging Hvammsvirkjunar • Þorlákshafnarlína 2 • Öldugata – tvítenging Hafnarfjarðar • Laugarbakkí – nýr afhendingarstaður • Mælifellssel – nýtt tengivirki • Varmahlíðarlína 1 – tenging Mælifellssel – Varmahlíð • Hryggstekkur – 220 kV tengivirki • Mjólka – búnaður til launafslútföfnunar • Miðdalur – nýr 132 kV afhendingarstaður • Kollafjörður – nýtt 132 kV tengivirki • Miðdalslína 1 – tenging Miðdalur – Kollafjörður
T2 Langtímaáætlun 2029-2031	<ul style="list-style-type: none"> • Geitháls • Brennimelslína 1 • Vatnshamralína 2 – 132 kV lína* • Vatnshamrar • Hvolsvallarlína 1 – 132 kV lína* • Hryggstekkur – 132 kV tengivirki 	<ul style="list-style-type: none"> • Vegamótalína 2 – tvítenging Snæfellsness* • Hveragerði – 220/132 kV tengivirki
T3 Langtímaáætlun 2032-2034	<ul style="list-style-type: none"> • Blöndulínur 1 og 2 – hlutaendurnýjun • Hrauneyjafosslína 1 – aukin flutningsgeta • Prestbakkí – 132 kV tengivirki • Stuðlalína 1 – aukin flutningsgeta • Eyvindaralína 1 – 132 kV lína 	<ul style="list-style-type: none"> • Akraneslína 2 – 132 kV lína*

Mynd 11-2 : Tímalína framkvæmda í meginflutningskerfinu á tímabili langtímaáætlunar

* nýjar línur og endurnýjaðar sem eru nú í svæðisbundnum flutningskerfum en verða í meginflutningskerfi eftir spennuhækkun

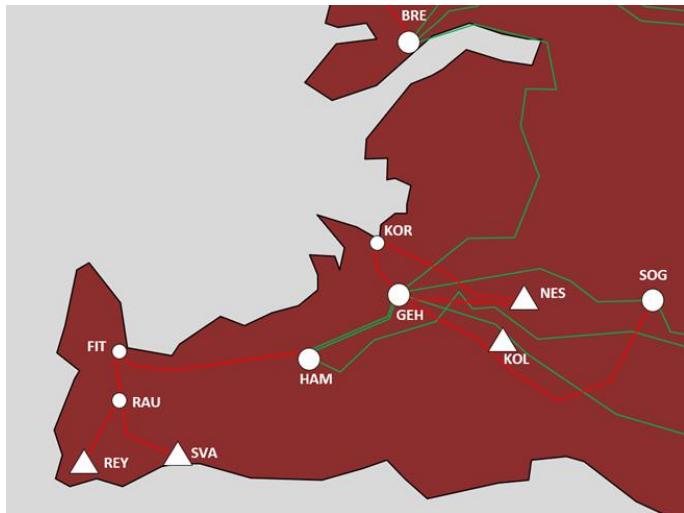
12 Langtímapróun flutningskerfisins eftir landshlutum

12.1 Höfuðborgarsvæði og Suðurnes



Mynd 12-1: Einlínumynd af núverandi flutningskerfi á suðvesturhorninu

12.1.1 Flutningskerfið á Höfuðborgarsvæðinu og á Suðurnesjum



Mynd 12-2: Núverandi meginflutningskerfi á höfuðborgarsvæðinu og Suðurnesjum

Meginflutningskerfið á höfuðborgarsvæðinu og Suðurnesjum er tengt 220 kV meginflutningskerfi Landsnets í Hamranesi og Geithálsi. Geitháls er eitt stærsta og mikilvægasta tengivirki Landsnets og tengist Brennimmel um 220 kV Brennimmelslínu 1, Kolviðarhól um 220 kV Kolviðarhólslínu 1 og Sogið um 220 kV Sogslínu 3 og 132 kV Sogslínu 2. Hamranes tengist Þjórsársvæðinu um 220 kV Búrfellslínu 3 og er tvítengt við Geitháls með 220 kV Hamraneslínunum 1 og 2. Að auki er 132 kV hringtenging um Geitháls í Korpu og á Nesjavelli. Suðurnes tengjast flutningskerfinu um 132 kV Suðurnesjalínu 1 frá Hamranesi til Fitja. Tvær virkjanir eru á sunnanverðu Reykjanesi, tengdar við Fitjar í gegnum

Rauðamel; Reykjanesvirkjun um 132 kV Rauðamelslínu 1 og Svartsengisvirkjun um 132 kV Svartsengislínu 1. Á höfuðborgarsvæðinu fá Veitur afhent rafmagn á 132 kV spennustigi í Aðveitustöð 12 (A12, við Rauðavatn), Korpu í Reykjavík og í Hnoðraholti í Kópavogi. A12 og Hnoðraholt (A7) eru geislatengdar við meginflutningskerfið, A12 frá Geithálsi og Hnoðraholt frá Hamranesi en Korpa er tvítengt frá Geithálsi um Korpulínu 1 og frá Nesjavöllum um Nesjavallalínu 1. HS Veitur fá afhendingu frá flutningskerfinu í Öldugötu í Hafnarfirði um Hafnarfjarðarlínu 1 og í Hamranesi í Hafnarfirði.

Á svæðinu eru fjórir stórnotendur, þrjú gagnaver á Reykjanesi og álver Rio Tinto í Hafnarfirði, sem er tengt við 220 kV meginflutningskerfið um Ísallínur 1 og 2 frá Hamranesi.

Meginflutningskerfið á Suðvesturlandi byggðist upp vegna mikillar raforkuframléiðslu á Suðurlandi og tveggja stórnotenda á svæðinu. Áreiðanleiki þess hefur verið mjög góður undanfarna áratugi, en undanfarin ár hafa flöskuhálsar í fæðingu svæðisins farið að myndast. Helsta vandamálið var þung lestun á Kolviðarhóslínu 1, sem liggur á milli Kolviðarhóls á Hellisheiði og Geitháls en flutningur um hana var orðinn nálægt hitaflutningsmörkum með tilheyrandi flutningstöpum og takmörkunum á afhendingargetu á öllu svæðinu. Úr því hefur nú verið bætt en línur hefur verið endurbyggð og flutningsgeta hennar aukin talsvert.

Helstu styrkleikar:

- *Búrfellslína 3A*
- *Fjöldi 220 kV tenginga inn á Geitháls, N-1*

Helstu veikleikar:

- *Suðurnesjalína 1*
- *Brennimelslína 1*
- *Svartsengislína 1*
- *Spennar 1 og 2 á Geithálsi*
- *Hafnarfjarðarlína 1*

Styrking Kolviðarhóslínu 1 mun klárast við Geitháls þegar að Sogslína 2 hefur verið fjarlægð. Flestar 220 kV línur sem tengja höfuðborgarsvæðið hafa flutningsgetu á bilinu 300–400 MVA, sem hefur reynst nægileg til þessa, en mun verða fyrirstaða fyrir atvinnuuppbyggingu og orkuskipti á næstu tveimur áratugum. Vandinn hefur ekki verið áberandi vegna fjölda tenginga og góðs N-1 rekstraröryggis, en á háalagstímum er kerfið við hættumörk ef einstakar línur fara úr rekstri. Einföld 132 kV tenging milli meginflutningskerfisins og Suðurnesja, Suðurnesjalína 1 hefur einnig verið takmarkandi fyrir atvinnuuppbyggingu á Suðurnesjum síðustu ár, en leyfismál hafa tafið framkvæmdir við Suðurnesjalínu 2 úr hófi fram.

12.1.2 Staða launaflsmála á höfuðborgarsvæðinu

Höfuðborgarsvæðið er frekar sterkur punktur í íslenska raforkukerfinu og orsakast það aðallega af öflugum tengingu við virkjanir á Þjórsár- og Tungnaársvæðinu. Skammhlaupsaflíð er í 132 kV kerfinu á bilinu 2.000 MVA til 2.900 og í 220 kV kerfinu á milli 4.000 og 5.000 MVA.

Vegna mikillar strengvæðingar í og við höfuðborgina er mikil launaflsframléiðsla á svæðinu. Sökum mikils kerfisstyrks er spennustöðugleiki ekki vandamál og auðvelt er að stýra spennunni á hefðbundinn hátt með þrepastillingu spenna í Geithálsi. Af sömu orsökum eru ekki vandamál með spennuprep þegar línur er slegið út og inn eins og tilfellið er á svæðum með lágt skammhlaupsafl. Helstu áskoranir fyrir rekstur kerfisins á höfuðborgarsvæðinu tengist miklu launaflslæði í almennum rekstri frá 132 kV kerfinu upp á 220 kV kerfið í Geithálsi.

Launaflíð veldur aukinni straumlestun í spennunum og hefur það valdið yfirlestun á þeim í einhverjum tilfellum. Kerfið er sérstaklega viðkvæmt fyrir því þegar tenging við Nesjavelli rofnar og megnið af launaflinu þarf að fara um spennana. Að jafnaði flæðir 40 MVA til 70 MVA af launafli um spenna í Geithálsi og er flæðið um 56 MVA um helming tímans. Þetta deilist niður á tvo spenna og notar upp rýmd í þeim. Hluti af launaflinu sem verður til á svæðinu heldur sig á 132 kV kerfinu og fer m.a. yfir á Sogslínu 2 sem liggur frá Soginu og yfir í Geitháls.

Til stendur að afleggja og rífa niður Sogslínu 2 á milli Hveragerðis og Geitháls. Við það mun stærstur hluti af því launafli sem flæðir inn á hana leggjast á spennana í Geithálsi og auka enn frekar straumlestun á þá. Því hefur tímasetning á aflagningu Sogslínu 2 verið sett þannig að miðað sé við gangsetningu nýrra spenna á Geithálsi en endurnýjun tveggja 220/132 aflspenna á Geithálsi er í undirbúningi. Spennarnir verða einnig stækkaðir þannig að launaflslæðið mun verða minna vandamál, allavega fyrst um sinn.

Uppruna launafls á höfuðborgarsvæðinu má skipta í tvo meginflokka. Stærsti hlutinn, eða u.þ.b. einn þriðji, kemur frá 132 kV flutningslínunum í eigu Landsnets, sem eru ýmist að hluta lagðar sem jarðstrengir eða að öllu leyti. Þær línur sem tengjast inn á Geitháls eru Nesjavallalína 2, Sogslína 2, Rauðavatnslína 1 og Korpulína 1. Tvær síðastnefndu hafa nýlega verið endurnýjaðar og þá lagðar sem jarðstrengir alla leið en Korpulína 1 var áður loftlína og Rauðavatnslína 1 var bæði loftlína og jarðstrengur. Inn á Korpu kemur svo ein flutningslína, auk Korpulínu 1, Nesjavallalína 1. Hún er að hálfu leyti loftlína frá Nesjavöllum en er svo jarðstrengur síðari helmninginn að Korpu. Syðsti hluti Hamraneslína 1 og 2 á milli Geitháls og Hamraness hefur nýlega verið endurnýjaður sem jarðstrengir á 4 km kafla út frá tengivirkinu í Hamranesi. Launaflsframleiðsla þessara tveggja 4 km strengja á 220 kV spennu er um 10 MVAR frá hvorum streng. Þetta launafl er á 220 kV kerfinu og veldur því ekki aukinni lestun á aflspenna í Hamranesi né á Geithálsi.

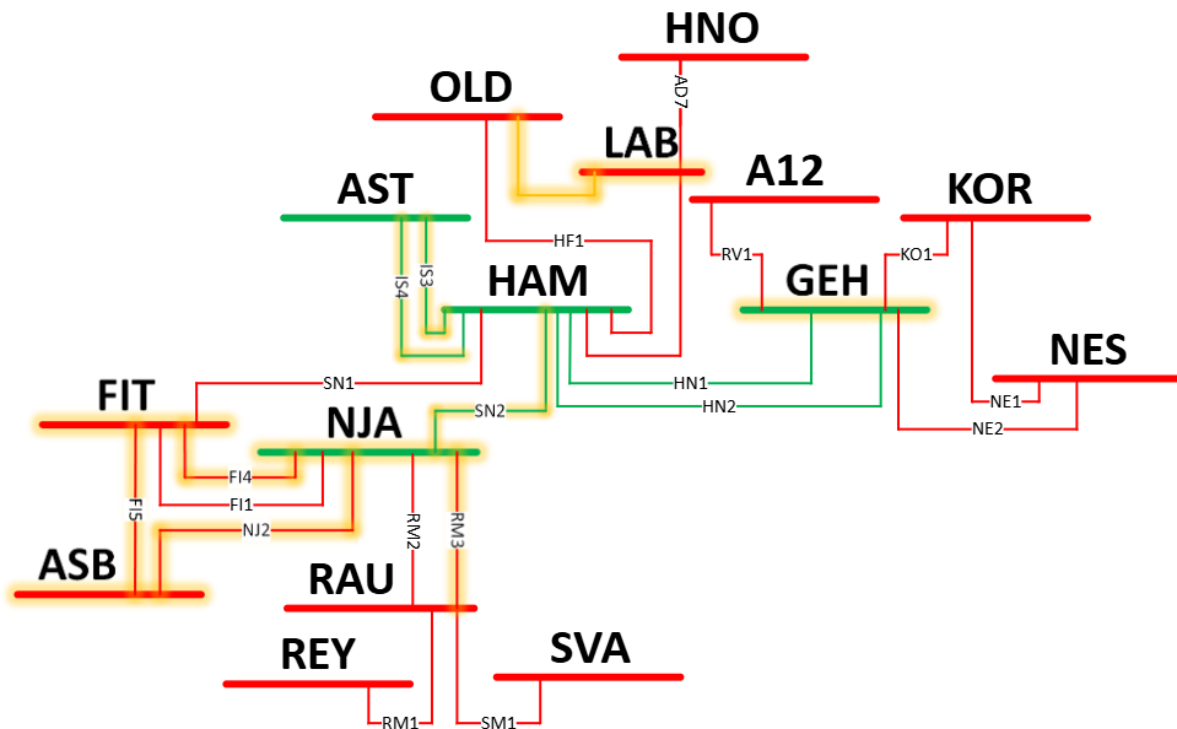
Um þriðjungur af launaflinu kemur hins vegar frá kerfi Veitna og stafar það frá jarðstrengjum í þeirra kerfi. Hluti af því launafl sem kemur frá kerfi Veitna heldur sig á 132 kV spennustigi en hluti af því fer upp á 220 kV spennustig gegnum aflspenna á Geithálsi. Niðurstöður greininga sem Landsnet hefur unnið sýna að um það bil 40% af straumlestun spenna í Geithálsi vegna launafls stafar frá jarðstrengjum í dreifiveitunni á meðan að 60% koma frá jarðstrengjum í flutningskerfinu.

Niðurstaðan var sú að fresta uppsetningu á spólu fram að þeim tíma þegar tengivirkið á Geithálsi verður endurnýjað. Eins og fram kom hér að ofan stendur nú yfir undirbúningur að endurnýjun á báðum aflspennum á Geithálsi. Með nýjum spennum verður til meiri rýmd fyrir launafl sem mun tímabundið létt á þrýstingi vegna of hás launafls á svæðinu. Með endurnýjun á tengivirkinu sem fyrirhuguð er á næstu fimm árum er svo áætlað að bætt verði við þriðja spenninum á Geithálsi. Uppsetning á stærri spennum ein og sér lagar ekki stöðu launaflsins og því er gert ráð fyrir að í endurnýjuðu tengivirki verði sett upp 25 MVAR spóla til útjöfnunar. Síðasta skrefið í útjöfnun yrði svo með uppsetningu á annarri 25 MVAR spólu í Korpu og ætti þá útjöfnun á launafl vegna jarðstrengja í flutningskerfinu að vera frágengin. Eins má gera ráð fyrir að Veitur hugi að uppsetningu á spólu til útjöfnunar á launafl sem stafar frá jarðstrengjum í dreifikerfinu.

12.1.3 Endurnýjunar- og uppbyggingarverkefni á Höfuðborgarsvæðinu og á Suðurnesjum

Talsverð endurnýjun hefur átt sér stað undanfarin ár í og við höfuðborgina. Auk áður nefndrar endurbyggingar Kolviðarhólslínu 1, má nefna endurnýjun Korpulínu 1 og Rauðavatnslínu 1 sem 132 kV jarðstrengi í stað gamalla loftlína. Endurnýjun tengivirkisins Korpu er á lokametrunum og eins síðari áfangi endurnýjunar tengivirkisins á Fitjum. Hlutar af Hamraneslínunum 1 og 2 hafa verið endurnýjaðir sem jarðstrengir til að rýma fyrir íbúabyggð í Áslandi í Hafnarfirði og bygging nýs tengivirkis á Njarðvíkurheiði er langt komin. Sama gildir um nýja tengingu á milli Rauðamels og Fitja sem ætlað er að auka öryggi afhendingar á svæðinu með tvítengingu frá Rauðamel.

Til stendur að auka afhendingaröryggi í Hafnarfirði með tvítengingu Öldugötu og er verkefnið komið á framkvæmdaáætlun. Einnig stendur til að endurnýja tengivirkið á Geithálsi en virkið er eldra útvirki og aðaltengipunktur höfuðborgarsvæðisins við meginflutningskerfið. Til að auka afhendingargetuna inn á svæðið verða settir upp tveir nýir 220/132 kV aflspennar á Geithálsi í stað tveggja eldri með minni flutningsgetu sem þarfnast endurnýjunar. Að lokum má nefna uppsetningu á tveimur 132 kV rofum, öðrum á Fitjum en hinum á Njarðvíkurheiði sem ætlað er að þjóna viðskiptavinum á Ásbrú sem hyggur á stækkun sinnar starfsemi.

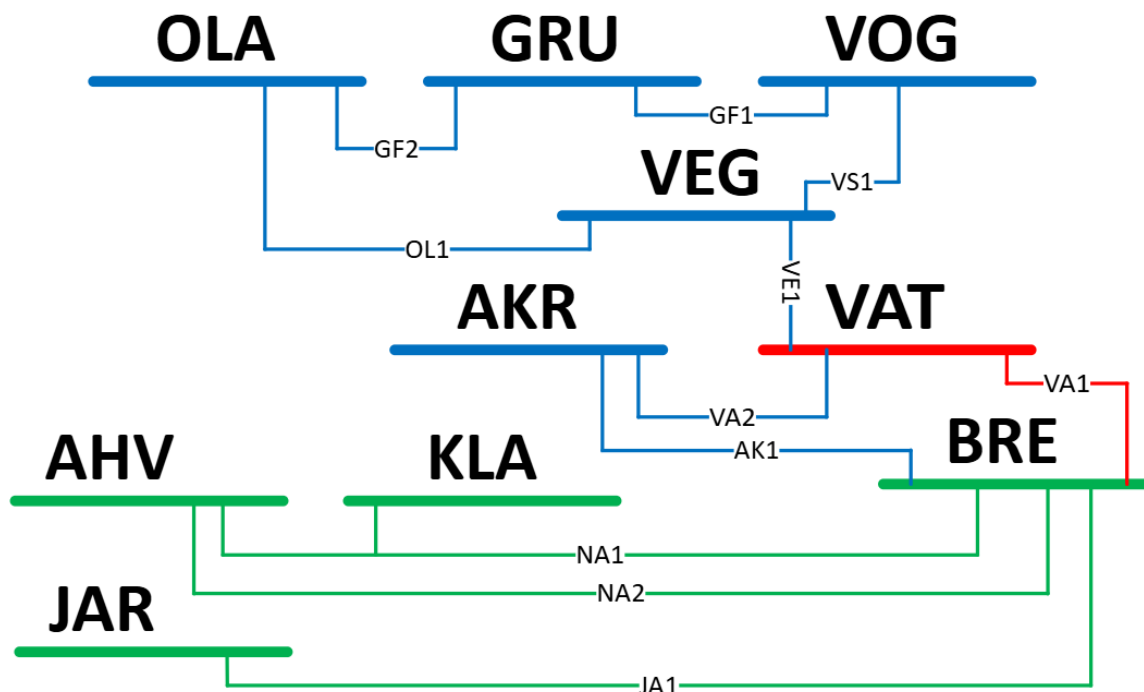


Mynd 12-3: Einlínuneynd af flutningskerfinu á suðvesturhorninu miðað við 10 ára áætlun Landsnets

		Endurnýjun	Þróun
T0	Í framkvæmd 2025	<ul style="list-style-type: none"> Korpa Kolviðarhólslína 1 – endurbygging Ísallínur 3 og 4 	<ul style="list-style-type: none"> Suðurnesjalína 2 Njarðvíkurheiði – nýtt 220 kV tengivirki Ný tenging Rauðimelur – Fitjar
T1	Framkvæmdaáætlun 2026-2028	<ul style="list-style-type: none"> Geitháls – nýir 220/132 kV aflspennar 	<ul style="list-style-type: none"> Öldugata – tvítenging Hafnarfjarðar Tvítenging Verne á 132 kV
T2	Langtímaáætlun 2029-2031	<ul style="list-style-type: none"> Geitháls Brennimelslína 1 	
T3	Langtímaáætlun 2032-2034		
T4	Fyrirséðar þarfir til lengri tíma lítið	<ul style="list-style-type: none"> Hamranes Hnoðraholt Öldugata 	<ul style="list-style-type: none"> Bætt tenging við Suðurnes Ný 220 kV tenging / styrking við Höfuðborgarsvæðið

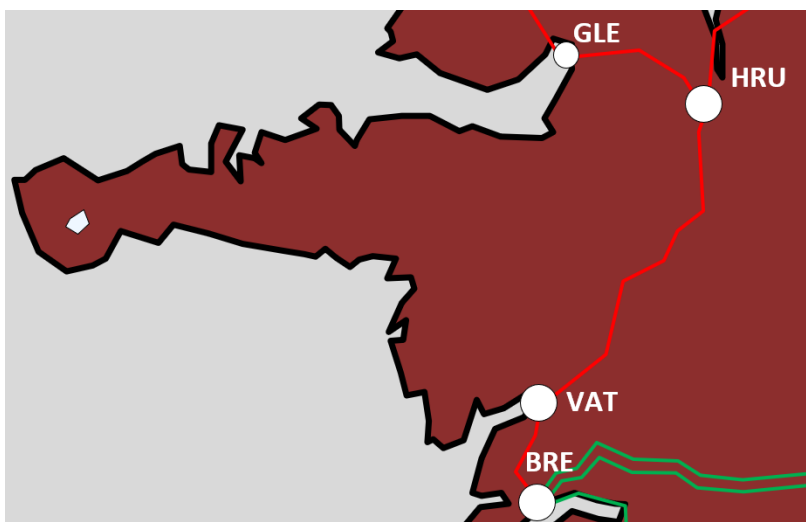
Mynd 12-4: Fyrirhuguð framkvæmdarverkefni á höfuðborgarsvæðinu og Reykjanesi

12.2 Vesturland



Mynd 12-5: Einlínuneynd af núverandi flutningskerfi á Vesturlandi

12.2.1 Flutningskerfið á Vesturlandi



Mynd 12-6: Núverandi meginflutningskerfi á Vesturlandi

Meginflutningskerfið á Vesturlandi inniheldur þrjú tengivirki, Brennifel í Hvalfirði, Vatnshamra í Borgarfirði og Hrútatungu í Hrútafirði. Brennifelur er tengdur á 220 kV við Sultartanga um Sultartangalínu 1 og 3 og við Geitháls um Brennifelslínu 1. Vatnshamrar eru tengdir á 132 kV við Brennifel um Vatnshamralínu 1 og norður í Hrútatungu um Hrútatungulínu 1.

Svæðisbundna flutningskerfið á Snæfellsnesi er tengt við

Vatnshamra um Vegamótalínu 1 sem rekin er á 66 kV spennu. Í gegnum tíðina hafa orðið tíðar truflanir á Vatnshamralínu 1 sem liggur yfir Skarðsheiði þar sem vindstyrkur verður gjarnan ofsafenginn. Sultartangalína 3 er byggð sem 400 kV lína, rekin á 220 kV og er því mjög sterkur hlekkur í kerfinu á Vesturlandi. Veikir hlekkir í kerfinu eru hins vegar Vatnshamralína 1, hluti af gamla byggðalínurhringnum

sem liggur yfir Skarðsheiði og Brennimelslína 1 sem tengir saman 220 kV kerfin í Hvalfirði og á Höfuðborgarsvæðinu. Hún hefur verið flöskuháls fyrir álagsaukningu á Grundartanga og stendur til að uppfæra hana á næstu árum. Tengivirkið á Brennimel í Hvalfjarðarsveit er álagsmesti afhendingarstaðurinn í flutningskerfinu og þjónar stórnotendum, dreifiveitu staðarins og tengipunktur fyrir byggðalínuna. Það er byggt sem lofteinangrað útivirki og eru hlutar þess að nálgast lok líftíma síns. Ákveðið var að endurnýja virkið í skrefum og felst fyrsta skrefið í að byggja upp nýtt, yfirbyggt 220 kV tengivirki við Klafastaði og færa hluta af 220 kV tengingum svæðisins þangað. Sú framkvæmd er þegar hafin og mun auka öryggi orkuafhendingar í Hvalfirði. Tengivirkið í Hrútatungu er nýtt, en gamla útivirkið varð illa úti í óveðri í desembermánuði 2019 og var í kjölfarið endurnýjað sem yfirbyggt virki.

Helstu styrkleikar:

- Sultartangalína 3
- Launaflsvirki á Klafastöðum

Helstu veikleikar:

- Vatnshamralína 1
- Brennimelslína 1
- Brennimelur
- Vegamótalína 1

Svæðisbundna flutningskerfið á Vesturlandi er tvískipt. Á Snæfellsnesi er 66 kV hringkerfi sem tengist við Vatnshamra um Vegamótalínu 1. Í hringnum eru fjórir afhendingarstaðir; Vegamót, Ólafsvík, Grundarfjörður og Vogaskeið. Sunnar á svæðinu tengist Akranes við Vatnshamra á 66 kV í gegnum Vatnshamralínu 2 og við Brennimel um Akraneslínu 1.

Á Vesturlandi eru tveir stórnotendur og eru þeir báðir staðsettir á Grundartanga í Hvalfirði. Annars vegar er það álver Norðuráls og hins vegar járnblendiverksmiðja Elkem.

12.2.2 Staða launaflsmála á Vesturlandi

Á Vesturlandi er að finna möskvað 220 kV kerfi með tiltölulega háu skammhlaupsafli eða í kringum 3.000 MVA. Kerfisstyrkur í 66 kV kerfinu á Snæfellsnesi hins vegar mjög lágur eða á milli 100 og 200 MVA.

Lágt skammhlaupsafli í flutningskerfinu á Snæfellsnesi gerir reksturinn krefjandi og þá sérstaklega í truflanatilfellum. Fyrir nokkrum árum var lögð ný flutningslína á milli Grundarfjarðar og Ólafsvíkur. Samfara lagningu línunnar sem er 66 kV jarðstrengur alla leið var sett upp þrepaskipt spóla í Ólafsvík til útjöfnunar á launafli frá strengnum sem sérstaklega er þörf fyrir á léttari álagstímum. Strengurinn sem er næstlengsti samfelldi jarðstrengur í flutningskerfinu er jafnframt staðsettur í einum af veikustu hlutum kerfisins. Því varð fljótt ljóst að útjöfnun launafls frá honum yrði nauðsyn.

Stærsta launaflsvirki Landsnets er staðsett í landshlutanum en það er á Klafastöðum við Grundartanga. Þetta virki kom í rekstur árið 2013 og hefur vinnslusvið frá -185 til 150 Mvar. Auk þess er 70 Mvar þéttavirki á Brennimel sem stjórnað er af stýrða launaflsvirkinu sem gerir stýrisviðið allt að 220 Mvar.

12.2.3 Endurnýjunar- og uppbyggingarverkefni á Vesturlandi

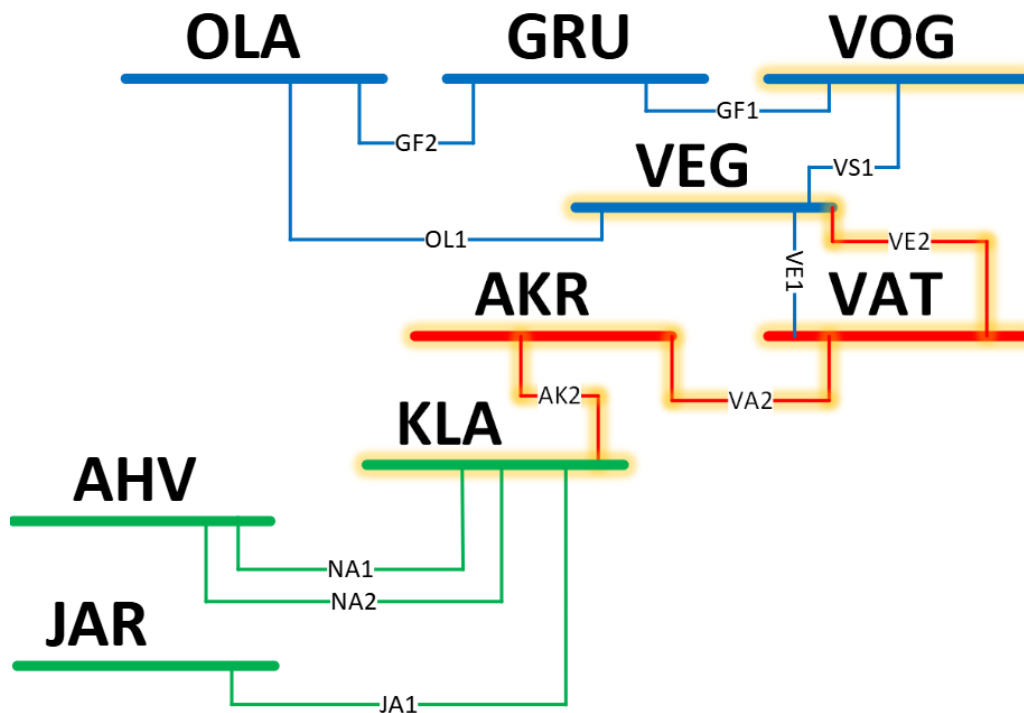
Talsverð uppbygging í flutningskerfinu á Vesturlandi er fyrirhuguð á næstu árum. Undirbúningur undir tvítengingu Snæfellsnes með nýrri 132 kV línu milli Vatnshamra og Vegamóta er að hefjast, en í framhaldinu verður unnið áfram að tvítengingu svæðisins til framtíðar. Í því samhengi er verið að skoða hvort endurnýja eigi Vegamótalínu 1 á 132 kV eða leggja nýja línu, sem myndi tengja Vogaskeið við annað hvort Glerárskóga eða nýtt tengivirki á Holtavörðuheiði.

Með tilkomu Holtavörðuheiðarlína 1 og 3 skiptir Hrútatungulína 1 um hlutverk og mun í auknum mæli þjónusta Vesturland, Vestfirði og Norðurland vestra. Einnig hefur verið til skoðunar að tvítengja Akranes á 132 kV með nýrri línu milli Akraness og Hvalfjarðar og með endurnýjun Vatnshamralínu 2 sem 132 kV línu, án þess þó að tímasetning liggji fyrir. Þessar nýju línur myndu taka við hlutverki Vatnshamralínu

1 en að mestu leyti þjóna svæðisbundna flutningskerfinu, þar sem Holtavörðuheidiarlína 1 mun bera meginflutning raforku milli landssvæða.

Endurnýjun tengivirkis á Vegamótum er á lokametrunum en, endurnýjun tengivirkisins Vatshömrum hefur verið frestað tímabundið. Endurnýjun tengivirkisins í Vogaskeiði, ásamt Vogaskeiðslínu 1 og Ólafsvíkurlínu 1, er fyrirhuguð á næstu 20 árum.

Framkvæmdir við nýtt tengivirki á Klafastöðum eru þegar hafnar. Það mun leysa Brennimel af hólmi sem tengipunktur fyrir stórnotkun á athafnasvæðinu á Grundartanga og styðja við frekari uppbyggingu þar. Samhliða þessu eru áætlanir um að afleggja 66 kV spennustigið á Brennimel og í Vatshömrum.



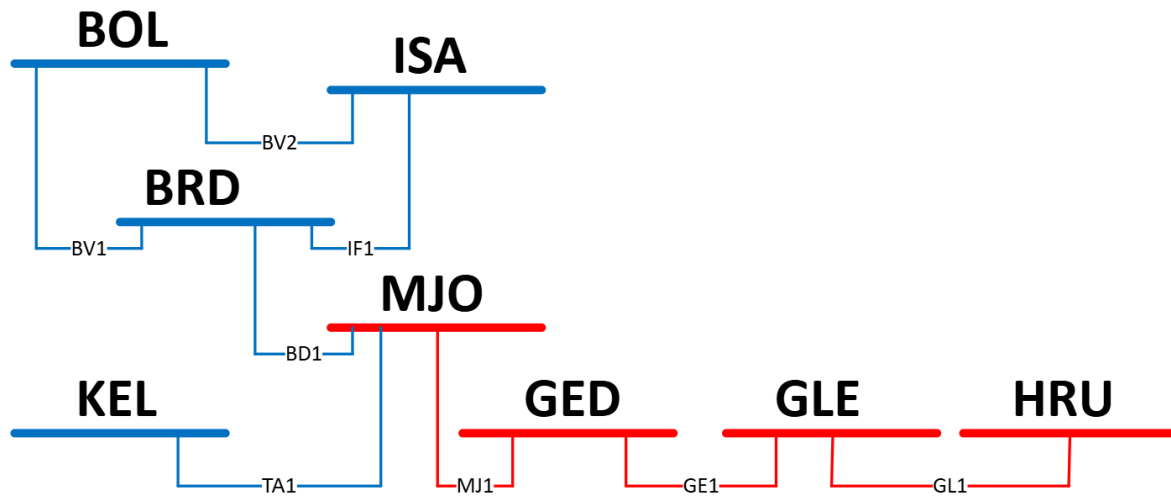
Mynd 12-7: Einlínummynd af flutningskerfinu á Vesturlandi miðað við 10 ára áætlun Landsnets ef spennuhækkun Akranes reynist fýsilegur kostur.

Helstu áherslur á framkvæmdáætlun eru að auka afhendingaröryggi með byggingu nýrra yfirbyggðra tengivirkja.

		Endurnýjun	Próun
T0	Í framkvæmd 2025	<ul style="list-style-type: none"> Vegamót – 66 kV tengivirki 	<ul style="list-style-type: none"> Klafastaðir – nýtt 220 kV tengivirki
T1	Framkvæmdaáætlun 2026-2028		<ul style="list-style-type: none"> Holtavörðuheiði – nýtt 220/132 kV tengivirki Holtavörðuheidarlína 1
T2	Langtímaáætlun 2029-2031	<ul style="list-style-type: none"> Vatnshamralína 2 – 132 kV lína 	<ul style="list-style-type: none"> Vegamotalína 2 – tvítenging Snæfellsness
T3	Langtímaáætlun 2032-2034	<ul style="list-style-type: none"> Vogaskeið Vatnshamrar 	<ul style="list-style-type: none"> Akraneslína 2 – 132 kV lína
T4	Fyrirséðar þarfir til lengri tíma litið	<ul style="list-style-type: none"> Ólafsvíkurlína 1 Grundarfjarðarlína 1 Hrútatungulína 1 Vegamotalína 1 	

Mynd 12-8: Fyrirhuguð framkvæmdarverkefni á Vesturlandi

12.3 Vestfirðir



Mynd 12-9: Einlínuneynd af núverandi flutningskerfi á Vestfjörðum

12.3.1 Flutningskerfið á Vestfjörðum



Mynd 12-10: Núverandi meginflutningskerfi á Vestfjörðum

Vestfirðir eru geislatengdir við byggðalínuhringinn um Vesturlínu³, sem liggur í gegnum Glerárskóga og Geiradal til Mjólkár. Þessi tenging telst til meginflutningskerfisins og eru þær þrjár línur sem Vesturlína samanstendur af samanlagt um 160 km langar. Þær liggja um veðurfarslega krefjandi svæði, sérstaklega Mjólkár lína, og því eru truflanir á Vesturlínu tíðari en víða annars staðar.

Svæðisbundna flutningskerfið á Vestfjörðum er rekið á 66 kV spennu og tengist meginflutningskerfinu um tvo spennu í Mjólká. Keldeyri við Tálknafjörð er geislatengd við Mjólká um Tálknafjarðarlínu 1. Á norðanverðum Vestfjörðum er hringtenging milli Breiðadals, Bolungarvíkur og Ísafjarðar, en sá hringur er tengdur frá Breiðadal í Önundarfirði við Mjólká um Breiðadalslínu 1. Inn á norðurhringinn, í Bolungarvík, er tengd díselknúin varaafsstöð með uppsett afl upp á rúmlega 10 MW. Hún er tengd snjallneti sem ræsir hana sjálfkrafa og tengir netinu við straumrof á svæðinu.

Helstu styrkleikar:

- *Hrútatunga*

Helstu veikleikar:

- *Vesturlína*
- *Tálknafjarðarlína 1*
- *Breiðadalslína 1*
- *Launafslsframleiðsla í svæðisbundna kerfinu*

12.3.2 Staða launafismála á Vestfjörðum

Kerfisstyrkur er lágur á Vestfjörðum og hefur það mikil áhrif á allan rekstur kerfishlutans. Skammhlaupsafl á 132 kV teini í Mjólká er um 260 MVA, 360 MVA í Geiradal og um 160 MVA í 66 kV kerfinu. Til að setja þetta í samhengi þá er þetta einungis í kringum 1/10 hluti kerfisstyrks á Höfuðborgarsvæðinu og u.þ.b. ¼ hluti þess sem er á Norðurlandi. Þessi lági styrkur veldur ýmsum vandkvæðum við rekstur kerfisins og hefur bæði áhrif á flutningsgetu Vesturlínu vegna mikils spennufalls, sem og rekstur flutningslína í bilanatilfellum, t.d. vegna of hás spennupreps. Við truflanir á Vesturlínu þá fer kerfið á Vestfjörðum í eyjarekstur sem hefur í för með sér mikla lækun í skammhlaupsafl, eða niður fyrir 100 MVA.

Á Vestfjörðum er hlutfall launafslsframleiðslu hátt miðað við skammhlaupsafl í Vestfjarðakerfinu. Það reynir því mikið á spennustýringarbúnað í rafölum Mjólkárveirjónar sem þó er takmarkað vegna smæðar veirjónarinnar. Það er því þörf á uppsetningu búnaðar til útjöfnunar á launafli á Vestfjörðum, en æskilegt er einnig að auka skammhlaupsafl á svæðinu, annað hvort með staðbundinni orkuvinnslu eða með uppsetningu á búnaði sem býr til skammhlaupsafl.

Talsverð uppbygging í flutningskerfinu hefur átt sér stað á Vestfjörðum á undanförunum árum, bæði endurnýjun tengivirkja sem og lagning nýrra flutningslína. Framkvæmdir við svokallaðan Suðurhring standa yfir, en í því felst m.a. lagning 66 kV jarðstrengs, Mjólkár línu 2, frá Mjólká út Arnarfjörð og í sæstreng yfir fjörðinn til Bíldudals. Einnig er fyrirhugað á næstu árum að hefja framkvæmdir við Norðurhring sem felst í nýrri línu á milli Mjólkár og Breiðadals, Breiðadalslínu 2. Hún verður lögð sem 132 kV lína þó fyrirhugað sé að reka hana fyrst um sinn á 66 kV spennu og hefur hluti hennar þegar verið lagður sem jarðstrengur um Dýrafjarðargöng. Ekki er mikið svigrúm fyrir frekari jarðstrengslagnir á línuleiðinni, en takmarkaðir jarðstrengsmöguleikar munu verða nýttir þar sem þeir nýtast best. Bæði Mjólkár lína 2 og Breiðadalslína 2 verða útjafnaðar 50% með spólum en munu engu að síður auka við launafslsframleiðslu á svæðinu og gera stöðuna verri.

Launafslsbúnaðar er þörf til þess að geta stýrt spennunni á Vestfjörðum og geta rekið flutningskerfið á Vestfjörðum samtengt þegar það er í eyjarekstri. Launafslsbúnaðurinn verður þess vegna staðsettur í Mjólká á 66kV. Í framkvæmdaáætlun er kynnt valkostagreining sem að ber saman eftirfarandi þrjár

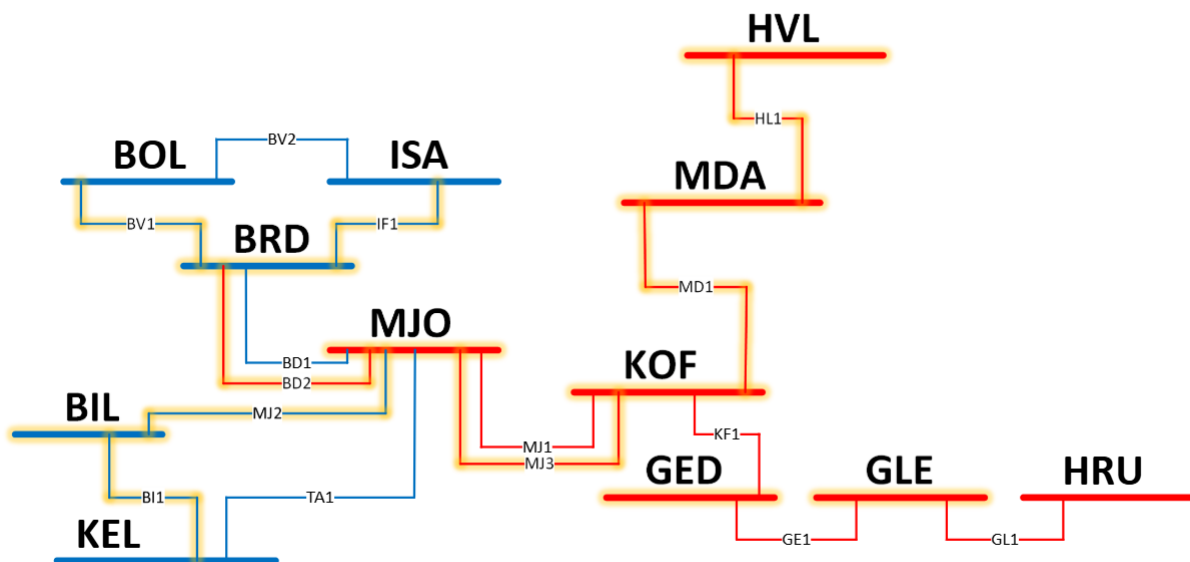
³ Vesturlína er gamalt samheiti yfir þrjár flutningslínur frá Hrútatungu til Mjólkár, þ.e. Glerárskógarlínu 1, Geiradalslínu 1 og Mjólkár línu 1.

tengundir af launafsbúnaði. Það er þrepanleg spóla og tvær lausnir með kvikum launafsbúnaði, STATCOM og Syncon. Valkostagreining sýndi að það er þörf á kvikum launafsbúnaði og því mun undirbúningur þess verkefnis nú fara af stað en óvíst er hvort STATCOM eða Syncon verði fyrir valinu.

12.3.3 Endurnýjunar- og uppbyggingarverkefni á Vestfjörðum

Mikil uppbygging hefur átt sér stað í flutningskerfinu á Vestfjörðum á síðustu árum og stendur enn yfir. Endurnýjað tengivirki á Breiðadal var spennusett á fyrri hluta þessa árs. Framkvæmdir við svokallaðan Suðurhring standa yfir, en þær felast í uppsetningu á nýjum afhendingarstað (tengivirki) á Bíldudal og lagningu Mjólkárlnu 2, sem er 66 kV jarðstrengur frá Mjólká, út Arnarfjörð að norðanverðu og í sæstreng yfir Arnarfjörð til Bíldudals inn á afhendingarstaðinn. Þessari tengingu er ætlað að bæta afhendingaröryggi og auka flutningsgetu á sunnanverðum Vestfjörðum og er mikilvægt skref í því að tryggja tvítengingu afhendingarstaða á svæðinu. Samhliða framkvæmdum við Suðurhringinn stendur yfir endurnýjun á 66 kV hluta tengivirkisins á Mjólká. Einnig er á framkvæmdaáætlun verkefni sem snýr að uppsetningu á búnaði til útjöfnunar launafls í Vestfjarðakerfinu.

Önnur verkefni sem eru í undirbúningi á svæðinu eru uppsetning á nýjum tengipunkti í Miðdal í Ísafjarðardjúpi og tengingu hans inn á Mjólkárlnu 1 í Kollafirði. Tengingin mun verða um 132 kV loftlínu yfir Kollafjarðarheiði og tengjast inn á nýtt tengivirki á Mjólkárlnu 1, sem verður þá skipt í tvo hluta. Uppsetning tengipunktsins býður upp á tengingu nýrra virkjana í Djúpi og myndi fela í sér byggingu tengivirkis í Miðdal fyrir tengingu Hvalárvirkjunar og annarra virkjana í Djúpi. Samhliða undirbúningi við nýjan tengipunkt stendur yfir undirbúningur að tengingu Hvalárvirkjunar við tengipunktinn, en verkefni munu fylgjast að í tíma.



Mynd 12-11: Einlínuneynd af flutningskerfinu á Vestfjörðum miðað við 10 ára áætlun Landsnets

Helstu áherslur verkefna á framkvæmdaáætlun er að byggja upp afhendingaröryggi á sunnanverðum Vestfjörðum ásamt því að setja upp afhendingarstað í Ísafjarðardjúpi og tengja inn á hann nýja vatnsaflsvirkjun.

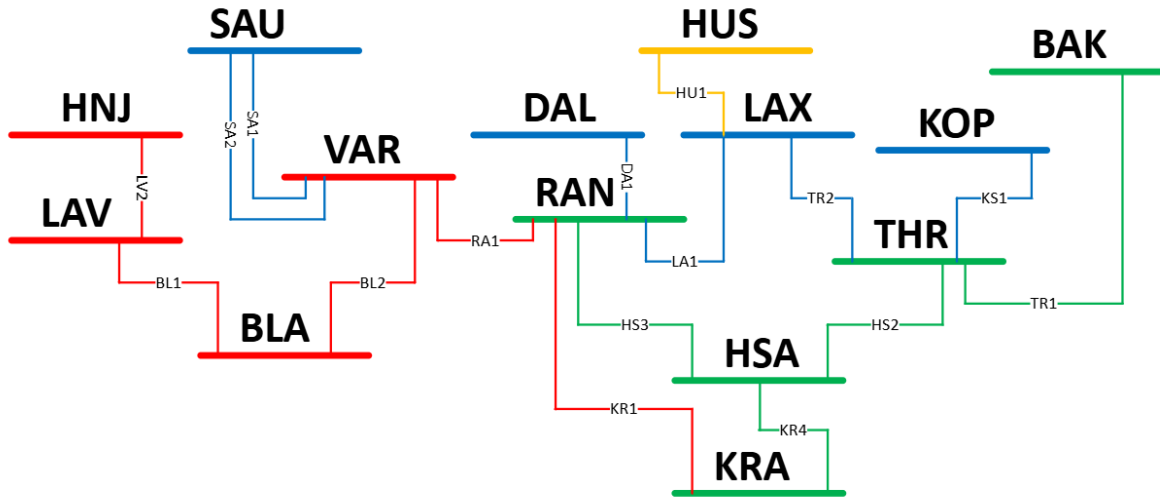
Áherslur í langtímaáætlun eru tvítengingar, annars vegar með byggingu á nýrri flutningslínu á milli Kollafjarðar og Mjólkár, sem mun tryggja tvítengingu meginflutningskerfisins á Vestfjörðum og bæta afhendingaröryggi raforku á svæðinu og hins vegar tvítengingar Breiðadals við Mjólká með byggingu á

Breiðadalslínu 2. Einnig er áhersla lögð á áframhaldandi endurnýjun flutningsmannvirkja sem komin eru að endalokum líftíma síns.

	Endurnýjun	Próun
T0 Í framkvæmd 2025	<ul style="list-style-type: none"> Mjólká – 66 kV tengivirki 	<ul style="list-style-type: none"> Bíldudalur – nýr 66 kV afhendingarstaður Mjólkárhlína 2 – 66 kV lína Mjólká – Bíldudalur
T1 Framkvæmdaáætlun 2026-2028		<ul style="list-style-type: none"> Mjólká – búnaður til launafsúttjónunar Miðdalur – nýr 132 kV afhendingarstaður Kollafljörður – nýtt 132 kV tengivirki Miðdalslína 1 – tenging Miðdalur – Kollafljörður Hvalárlína 1 – tenging Hvalárvirkjunar í Miðdal
T2 Langtímaáætlun 2029-2031		<ul style="list-style-type: none"> Mjólkárhlína 3 – tvítenging Vestfjarða Breiðadalslína 2 – ný 132 kV lína
T3 Langtímaáætlun 2032-2034	<ul style="list-style-type: none"> Keideyri – tengivirki Táknafjarðarlína 1 Ísafjarðarlína 1 - hlutaendurnýjun 	
T4 Fyrirséðar þarfir til lengri tíma lítið	<ul style="list-style-type: none"> Glerárskógalína 1 Geiradalslína 1 Breiðadalslína 1 Glerárskógar – tengivirki Geiradalur – tengivirki 	

Mynd 12-12: Fyrirhuguð framkvæmdarverkefni á Vestfjörðum

12.4 Norður- og Norðausturland



Mynd 12-13: Einlínunmynd af núverandi flutningskerfi á Norð- og Norðausturlandi

12.4.1 Flutningskerfið á Norður- og Norðausturlandi



Mynd 12-14: Núverandi flutningskerfi á Norð- og Norðausturlandi

Norðurland er tengt saman með löngum 132 kV loftlínunum sem eru hluti af gamla byggðalínurhringnum. Þær tengja Kröflu, Rangárvelli, Varmahlíð, Blöndu, Laxárvatn og Hrutatungu. Þessar línur, sem voru byggðar 1974–1977, hafa takmarkaða flutningsgetu, eru komnar til ára sinna og hafa í nokkur ár takmarkað afhendingargetu rafmagns á svæðinu og annars staðar á landinu. Bygging nýrrar kynslóðar byggðalínu er þegar hafin og hefur aukið afhendingargetu og öryggi á Rangárvöllum og í Kröflu með nýjum 220 kV línunum, Kröflulínu 3 og 4 og Hólasandslínu 3. Nýtt tengivirki á Hólasandi tengir Þeistareyki og Bakka við nýju byggðalínuna á 220 kV spennu. Blöndulína 3 er á lokastigum undirbúnings og mun tengja Akureyri og Blöndu, sem hluti af áframhaldandi uppbyggingu og betri samtengingu landshluta. Nokkur svæði á Norðurlandi eru tengd með einfaldri tengingu með tiltölulega löngum línunum frá meginflutningskerfinu, sem eykur þörf á tvítengingu afhendingarstaða fyrir 2030–2040, í samræmi við stefnu stjórnvalda.

Helstu styrkleikar:

- Hólasandur – Þeistareykir – Bakki
- Kröflulína 3 og 4

Helstu veikleikar:

- 132 kV byggðalína frá Akureyri að Hrutafirði
- Jarðstrengir í Hólasandslínu 3 og Kröflulínu 1
- Kröflulína 1
- Kópaskerslína 1
- Húsavíkurlína 1

Svæðisbundin flutningskerfi tengjast meginflutningskerfinu í Varmahlíð og á Rangárvöllum. Sauðárkrókur er tvítengdur frá Varmahlíð með 66 kV loftlínu frá 1974 (Sauðárkrókslína 1) og nýlegum jarðstreng (Sauðárkrókslína 2). Dalvík er tengd við Rangárvelli með Dalvíkurlínu 1 á 66 kV. Húsavík er tengd með 33 kV tréstaurlínu frá Laxá sem er yfir 75 ára gömul. Laxárvirkjun er tengd við Þeistareyki um 66 kV línu og Kópasker er tengt frá Þeistareykjum með 66 kV línu. Einnig eru afhendingarstaðirnir Lindarbrekka og Silfurstjarnan tengdir við þessa línu. Á Norðurlandi eru fjórir stórnotendur. Gagnaver Borealis á Hnjúkum við Blönduós, TDK Foil á Krossanesi og atNorth á Rangárvöllum, bæði á Akureyri og Kísilver PCC á Bakka við Húsavík.

12.4.2 Staða launaflsmála á Norður- og Norðausturlandi

Kerfisstyrkur á Norðurlandi er frekar lágur og því er rekstur flutningskerfisins á Norðurlandi viðkvæmur fyrir launaflsjafnvægi. Skammhlaupsafl í 132 kV kerfinu er af stærðargráðunni 700 til 1.400 MVA, hæst í Kröflu. Í 220 kV kerfinu á Norðurlandi er styrkurinn eilítið hærri eða 1.100 til 1.750 MVA.

Talsverð vandamál hafa verið með launafl í flutningskerfinu á Norðurlandi. Í september 2022 var Hólasandslína 3 hönnuð og byggð fyrir 550 MVA flutningsgetu. Til að ná þessari flutningsgetu í jarðstrengshlutanum er nauðsynlegt að notast við tvö strengsett. Ekki var gert ráð fyrir að þörf væri á fullri flutningsgetu línunnar fyrstu árin en henni er ætlað að þjóna kerfinu í um 70 ár, með auknum flutningi yfir þann tíma. Þannig er reiknað með að fyrstu 10–15 árin af rekstartíma línunnar verði nægilegt að nota annað strengsettið, með hámarksflutningsgetu upp á 290 MVA. Þrátt fyrir þetta var ákveðið, í samráði við bæjaryfirvöld á Akureyri, að leggja bæði strengsettin strax og nota seinna settið tímabundið sem hluta af 132 kV Kröflulínu 1, sem liggur milli Kröflu og Rangárvalla. Þetta gerði mögulegt að fjarlægja loftlínur sem lágu nálægt flugvellinum, tjaldsvæði og útivistarsvæði við Hamra. Til að útjafna launaflsframléiðslu í 220 kV jarðstrengnum var sett upp útjöfnunarspóla með tveimur þrepum, en aðeins fyrra þrepið er í notkun. Hitt verður ekki virkjað fyrr en bæði strengsettin verða tengd við Hólasandslínu 3, þar sem full útjöfnun gæti mögulega valdið tjóni á strengnum í truflanatilvikum. Ekki var sett upp 132 kV útjöfnunarspóla fyrir strenginn sem notaður er fyrir Kröflulínu 1.

Frá spennusetningu jarðstrengja í Hólasandslínu 3 og Kröflulínu 1 hefur rekstrarspenna á Rangárvöllum verið of há og yfir viðmiðum Landsnets. Hún hefur einnig stundum farið yfir mörk sem reglugerð nr. 1048/2004 setur, eða 110% af málsþennu. Til að laga ástandið hefur þegar verið gripið til

bráðabirgðalausna, eins og að breyta umsetningarhlutfalli 220/132 kV spennis og hækka rekstrarspennu á 132 kV teininum. Við þá aðgerð lækkaði spennan á 220 kV teini sem er engu að síður enn of há. Spennan er einnig mjög viðkvæm og sveiflast hratt við álagsbreytingar eða truflanir. Það er því ljóst að ráðast þarf í frekari aðgerðir á Rangárvöllum til að lækka spennuna í venjulegum rekstri og halda henni stöðugri við truflanir.

Þegar tekið er tillit til 50% útjöfnunar á því jarðstrengsetti sem er í Hólasandslínu 3, þá er launafisframléiðsla beggja strengja samtals 31,5 MVAR, sem hækkar spennuna. Að auki er 20 MVAR þéttir í rekstri á 132 kV teini á Rangárvöllum. Þessi þéttir er notaður til að viðhalda spennugæðum, en hann hækkar á sama tíma spennuna.

Ýmsar lausnir hafa verið skoðaðar til úrlausnar á vandamálinu, m.a. að:

- Slökkva á Kröflulínu 1 yfir sumartímann þegar kerfið er léttlestað.
- Setja útjöfnunarspólu á Kröflulínu 1.
- Útjafna Hólasandslínu 3 að fullu.
- Endurhanna yfirtónasíu á Rangárvöllum.
- Útjöfnun á 132 kV teini á Rangárvöllum.

Niðurstaðan var að besta langtímalausnin er að setja þrepaskipta spólu á 132 kV teinin á Rangárvöllum. Stærðin á spólunni var ákvörðuð með langtímaþróun flutningskerfisins í huga, en stærð hennar verður 40 MVAR þar sem að 20 MVAR er fast en seinni 20 MVAR eru stýranleg í 5 MVAR þrepum.

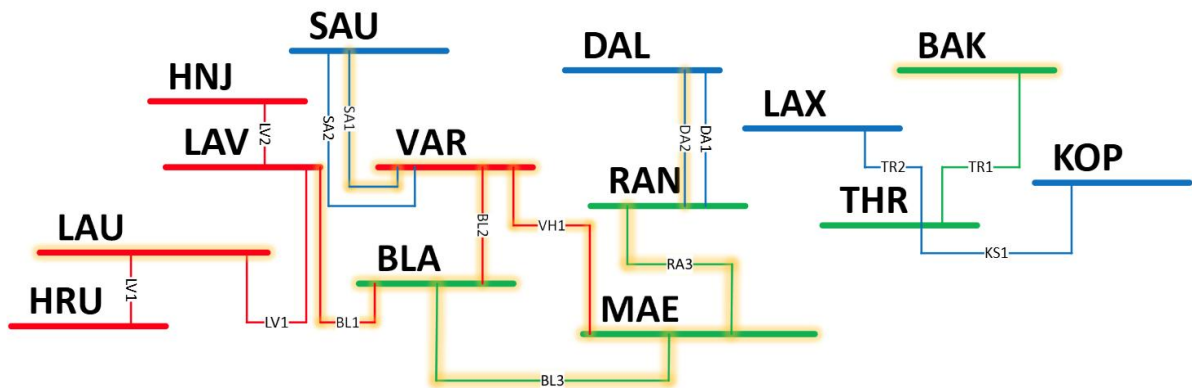
12.4.3 Endurnýjunar- og uppbyggingarverkefni á Norðurlandi

Mikil uppbygging í flutningskerfinu er í gangi á svæðinu og hefur verið síðustu ár. Á næstu árum mun ný kynslóð byggðalínu verða fullbyggð og mun þá eldri byggðalínan fá nýtt hlutverk og þjóna sem hluti af svæðisbundnum flutningskerfum og auka þannig afhendingargetu á svæðinu. Afhendingargetan á Norðurlandi eystra hefur þegar aukist með nýjum línunum á milli Fljótisdals, Kröflu, Hólasands og Rangárvalla. Uppbygging á Bakka og Þeistareykjum hefur einnig skapað tækifæri fyrir þróun svæðisins. Til að fullnýta þessi tækifæri þarf mögulega að endurskoða flutningskerfið austan Akureyrar og er sú vinna í gangi í samvinnu við dreifiveitu svæðisins. Verið er að leggja nýja línu til Dalvíkur frá Akureyri sem mun heita Dalvíkurlína 2. Hún verður lögð sem 66 kV jarðstrengur frá Rangárvöllum og í tengivirkið á Dalvík og með tilkomu hennar mun afhendingaröryggi á Tröllaskaga aukast til muna. Niðurrif Laxárlínu 1 er í undirbúningi en tekin var ákvörðun um að afleggja hana samfara byggingu Hólasandslínu 3.

Landsnet hefur ásamt Rarik unnið að greiningu um framtíð raforkuflutnings- og dreifingar á NA-landi. Þegar þetta er skrifað liggur niðurstaðan ekki fyrir, en hún mun verða kynnt hagsmunaaðilum þegar að því kemur og verkefni færð inn á áætlanir fyrirtækjanna í takt við niðurstöðurnar. Stefna stjórnvalda kveður á um að allir afhendingarstaðir Landsnets verði tvítengdir fyrir 2040. Enn á eftir að tvítengja Kópasker og Vopnafjörð og er fyrirkomulag þess eitt af því sem er til skoðunar í greiningunni. Horft er til þess að tvítengingin muni liggja um Þórshöfn og verði framkvæmd af Rarik eða Landsneti eftir því sem framtíðarþróun kallar eftir. Ef mikil uppbygging verður á svæðinu gæti því Þórshöfn orðið nýr afhendingarstaður í kerfinu. Það myndi styðja rafvæðingu fiskiðnaðar á Þórshöfn, orkuskipti á svæðinu og uppbyggingu í Finnafirði, auk þess að bæta afhendingaröryggi á Norðausturhorninu. Einnig er til athugunar hvernig fyrirkomulag orkuafhendingar á Húsavík verði best fyrir komið til framtíðar, þ.e. hvort hún verði á flutnings- eða dreifikerfi. Landsnet er með öflugan afhendingarstað á Bakka í nágrenni Húsavíkur og má reikna með að þróun atvinnulífs á svæðinu verði að mestu leyti tengd þar inn.

Í norðvesturhlutanum eru helstu framkvæmdaverk bygging nýrra 220 kV lína frá Akureyri í Blöndu, Blöndulína 3 og frá Blöndu í Holtavörðuheidi, Holtavörðuheidiarlína 3.

Með tilkomu nýrra 220 kV lína frá Rangárvöllum suður í Borgarfjörð mun gamla byggðalínan á Norðvesturlandi verða nýtt í svæðisbundinn flutning. Á næstu 20 árum verður hún endurnýjuð milli Varmahlíðar, Laxárvatns og Hrutatungu. Eftir spennusetningu Blöndulínu 3 er svo fyrirhugað að afleggja og rífa niður Rangárvallalínu 1 á milli Akureyrar og Varmahlíðar. Er miðað við að niðurrifi verði lokið eigi síðar en þremur árum frá spennusetningu Blöndulínu. Til að tryggja afhendingaröryggi í Skagafirði þarf því að koma til önnur leið til tvítengingar Varmahlíðar við meginflutningskerfið. Sú lausn sem nú eru uppi á borðinu er bygging nýs tengivirkis í Skagafirði og lagning 132 kV strengs til Varmahlíðar sem tengdur verður inn á sama rofa og Rangárvallarlína er tengd inn á í dag. Við Laugarbakka í Miðfirði er fyrirhugað að setja upp nýjan afhendingarstað á Laxárvatnslínu 1 að beiðni Rarik. Þetta er til þess að mæta vaxandi þörf fyrir hleðsluinnviði á svæðinu en mun einnig skapa tækifæri til frekari uppbyggingar í Vestur-Húnavatnssýslu.

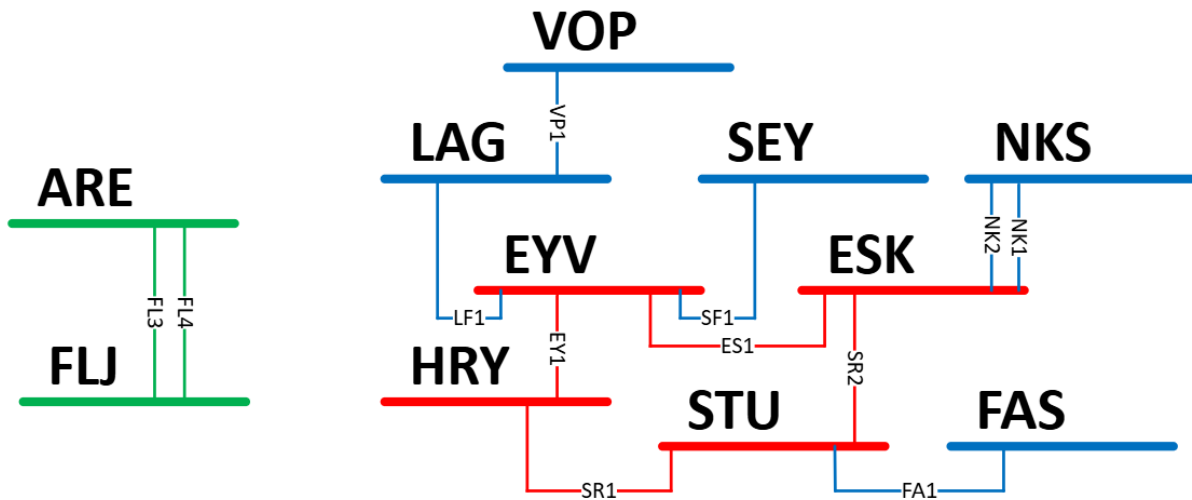


Mynd 12-15: Einlínuneynd af flutningskerfinu á Norð- og Norðausturlandi miðað við 10 ára áætlun Landsnets

		Endurnýjun	Þróun
T0	Í framkvæmd 2025		<ul style="list-style-type: none"> Dalvíkurlína 2 – tvítenging Dalvíkur Rangárvellir – spóla til launafslúttjöfnunar
T1	Framkvæmdaáætlun 2026-2028	<ul style="list-style-type: none"> Varmahlíð – 132 kV tengivirki 	<ul style="list-style-type: none"> Blöndulína 3 Hóltavörðuheidiarlína 3 Laugarbakki – nýr afhendingarstaður Mælifellssel – nýtt tengivirki Varmahlíðarlína 1 – tenging Mælifellssel – Varmahlíð
T2	Langtímaáætlun 2029-2031		
T3	Langtímaáætlun 2032-2034	<ul style="list-style-type: none"> Blöndulínur 1 og 2 – hlutaendurnýjun 	<ul style="list-style-type: none"> Bakki – 132 kV tengivirki
T4	Fyrirséðar þarfir til lengri tíma lítið	<ul style="list-style-type: none"> Krafla – 132 kV Sauðárkrókslína 1 Dalvíkurlína 1 Blanda – 132 kV Rangárvellir – 132 kV Laxárvatn 	<ul style="list-style-type: none"> Hólasandslína 1 – tvítenging Bakka Tvítenging Kópaskers Þórshöfn – nýr afhendingarstaður

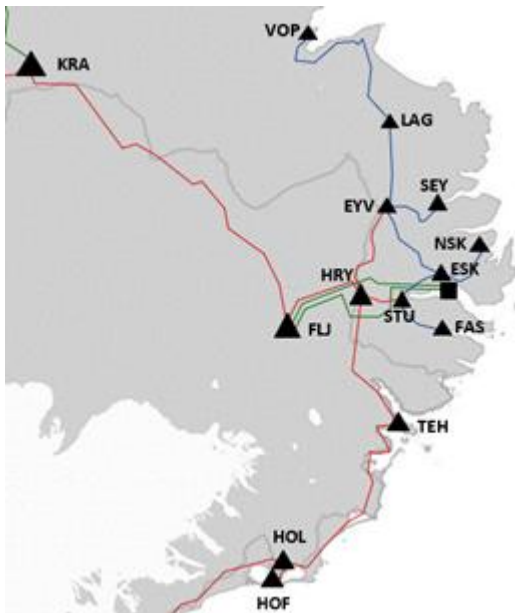
-Mynd 12-16: Fyrirhuguð framkvæmdarverkefni á Norð- og Norðausturlandi

12.5 Austurland



Mynd 12-17: Einlínuneynd af núverandi flutningskerfi á Austurlandi

12.5.1 Flutningskerfið á Austurlandi



Mynd 12-18: Núverandi flutningskerfi á Austurlandi

Meginflutningskerfið á Austurlandi samanstendur af 132 kV byggðalínu sem tengist frá Hólum í gegnum Teigarhorn, Hryggstekk og Fljótsdal til Kröflu. Ný kynslóð byggðalínu hefur verið byggð á Austurlandi með 220 kV Kröflulínu 3 á milli Kröflu og Fljótsdals, sem styrkir afhendingaröryggi svæðisins og bætir nýtingu virkjana. Einnig skipta Fljótsdalslínur 3 og 4 miklu máli í rekstri svæðisins þar sem þær tengja 220 kV kerfið milli Fljótsdals og álvers Alcoa á Reyðarfirði. Tenging Austurlands við byggðalínuna fer í gegnum Hryggstekk í Skriðdal, sem tengist Fljótsdalsstöð með Fljótsdalslínu 2. Þessi lína hefur verið veikleiki í kerfinu þar sem hún takmarkar nýtingu virkjana á svæðinu. Með því að byggja 220 kV tengivirki á Hryggstekk og færa þannig Austurland út fyrir snið IIIB má draga úr þessum takmörkunum og bæta flutningsgetu milli Blöndu og Fljótsdals. 132 kV kerfið myndar hringtengingu frá Hryggstekk til Eyvindarár, Eskifjarðar og Stuðla. Á síðustu 10 árum var spennan hækkuð úr 66 kV í 132 kV, sem hefur bætt afhendingaröryggi á svæðinu. Stuðlalína 1, 132 kV jarðstrengur á milli Hryggstekks og Stuðla, er veikasti hlekkurinn í Austurlandshringnum sökum lítillar flutningsgetu og því fyrirsjáanlegt að hana þurfi að endurnýja á næstu árum. Tengingin við byggðalínuna er um 132 kV tengivirkið í Hryggstekk, sem er staðsett á veðurfarslega krefjandi svæði og er því veikur hlekkur í kerfinu. Þó eru til staðar vatnsaflsvirkjanir sem geta tryggt rafmagn fyrir svæðið ef Hryggstekkur verður óstarfhæfur.

Helstu styrkleikar:

- Fljótsdalslínur 3 og 4
- Kröflulína 3

Helstu veikleikar:

- Stuðlalína 1
- Fljótsdalslína 2
- Launafslframleiðsla í svæðisbundna kerfinu

Svæðisbundna flutningskerfið á Austurlandi tengist 132 kV Austfjarðahringnum. Neskaupsstaður er tvítengdur með 66 kV línunum frá Eskifirði, en aðrir afhendingarstaðir – Lagarfoss, Vopnafjörður, Seyðisfjörður og Fáskrúðsfjörður – eru einungis tengdir með einni 66 kV línu hver. Fáskrúðsfjörður er tengdur frá 66 kV teini í Stuðlum við Reyðarfjörð, en Seyðisfjörður, Vopnafjörður og Lagarfoss tengjast 66 kV hluta tengivirkisins á Eyvindará. Á næstu fimm árum verður Fáskrúðsfjörður tvítengdur, en hluti þeirrar tengingar er þegar kominn, þar sem jarðstrengur var lagður í Fáskrúðsfjarðargöng þegar þau voru grafin á árunum 2003–2005. Seyðisfjörður hefur einnig aðeins eina tengingu, en þar eru tvær litlar virkjanir sem geta veitt rafmagn ef bilun verður í flutningskerfinu.

12.5.2 Staða launafismála á Austurlandi

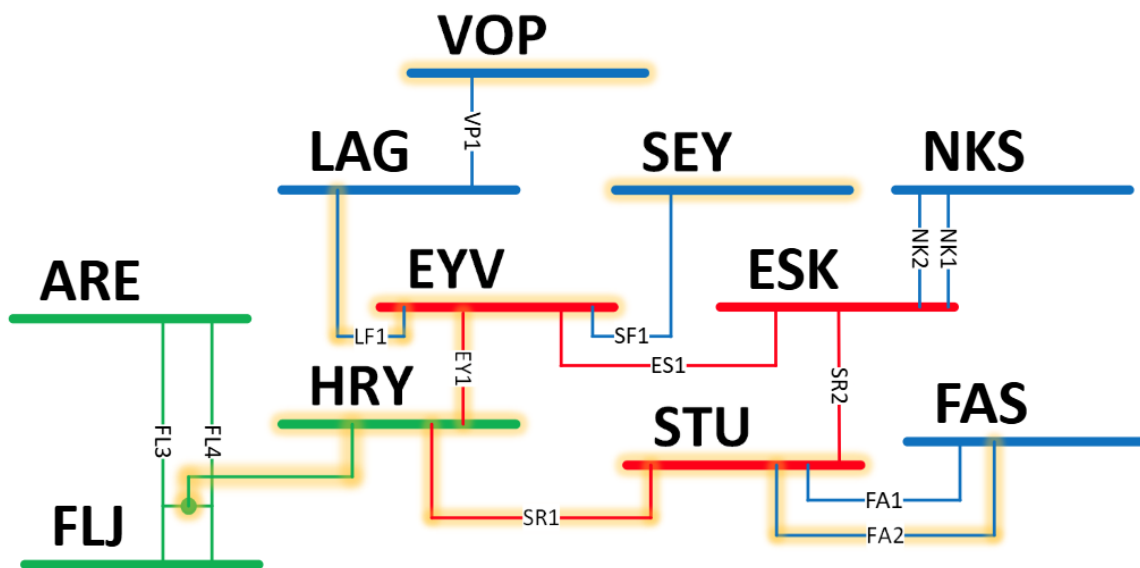
Á Austurlandi er að finna stærstu vatnsaflsvirkjun landsins sem leggur 220 kV kerfinu til háan kerfisstyrk eða um 3.600 MVA í Fljótsdal. Kerfisstyrkurinn í 132 kV kerfinu er frá ríflega 1.400 MVA í Fljótsdal niður í um 800 MVA í Austurlandshringnum. Í 66 kV kerfinu út frá Austurlandshringnum er skammhlaupsaflíð á bilinu 300 til 480 MVA sem má teljast viðunandi í slíku kerfi.

Talsverð jarðstrengjavæðing hefur átt sér stað í svæðisbundna kerfinu Austurlandi með tilheyrandi launafslframleiðslu. Fyrir nokkrum árum var lagður nýr 66 kV jarðstrengur til Neskaupsstaðar frá Eskifirði og er hann án útjöfnunar. Eins var hluti af Vopnafjarðarlínu 1 endurnýjaður á 10 km kafla yfir Hellisheiði, sömuleiðis án uppsetningar á útjöfnunarspólu. Stuðlalína 1 frá Hryggstekk til Stuðla í Reyðarfirði er 132 kV jarðstrengur sem framleiðir talsvert af launafli. Þessi jarðstrengjavæðing í kerfinu hefur skapað áskoranir í rekstrinum sem vert er að gefa gaum. Til útjöfnunar á launafli í kerfinu er á 132 kV teininum í Hryggstekk kvikur launafslbúnaður (DVAR) ætlaður til spennustýringar. Greiningar hafa leitt í ljós að með tilkomu 220 kV tengingar á Hryggstekk verður ekki lengur þörf á DVAR á Hryggstekk. Nýja tengingin dregur betur úr launafslálagi á 132 kV kerfið og heldur spennu innan æskilegra marka, bæði við sumar- og vetrarálag. Á hinn bóginn sýna greiningar að í tilvikum þar sem Fljótsdalslína 2 (FL2) er úr rekstri, 220 kV tengingin er ekki til staðar og Austurlandskerfið er í eyjarekstri (rofið frá meginflutningskerfi), verða alvarleg spennuvandamál á svæðinu vegna of mikils launafsl innan eyjunnar. Til að bregðast við því er æskilegt að setja upp spólu innan hringsins til útjöfnunar á launafli og/eða setja upp snjallnetsvarnir sem leysa út ákveðnar línur sem framleiða mikið launafli í þessum tilfellum.

Ekki liggur fyrir nánari greining á æskilegri spólustærð, eða staðsetningu útjöfnunarspólu í Austurlandskerfinu en ljóst er að þörf er á uppsetningu á búnaði til launafslúttjöfnunar innan Austurlandskerfisins á næstu árum.

12.5.3 Endurnýjunar- og uppbyggingarverkefni á Austurlandi

Mikil uppbygging hefur átt sér stað í flutningskerfinu á Austurlandi á síðustu árum og er frekari endurnýjun fyrirhuguð á næstu árum, sem hefur skapað og mun halda áfram að skapa tækifæri til orkuskipta og atvinnuuppbyggingar á svæðinu. Eitt af helstu framkvæmdaverkum næstu ára er áður nefnd bygging 220 kV tengivirkis á Hryggstekk sem þegar er hafin. Með uppfærslu í 220 kV og tengingu við Fljótsdalslínur 3 og 4 mun Austurland lenda inn fyrir áhrifasvæði sniðs IIIB og þannig draga úr mikilvægi Fljótsdalslínu 2 og bæta bæði afhendingargetu og öryggi kerfisins á svæðinu. Einnig þarf að huga að endurnýjun á þremur af fjórum 132 kV línunum í Austfjarðahringnum á næstu 20 árum. Rökrétt er að byrja á Stuðlalínu 1, þó svo að hún sé yngst línanna, þar sem hún takmarkar nú þegar flutningsgetu inn á svæðið. Eftir það verða Stuðlalína 2 og Eyvindarárlína 1 endurnýjaðar. Í skoðun er að tvítengja Vopnafjörð og Lagarfoss ásamt mögulegri tvítengingu Þórshafnar og Kópaskers, en Landsnet og Rarik vinna um þessar mundir sameiginlega að greiningu á framtíðaruppbyggingu flutningskerfisins á NA-landi. Tengivirkið á Seyðisfirði verður endurnýjað innan fimm ára og á næstu tíu árum þarf einnig að endurnýja 66 kV búnað á Eyvindará, Stuðlum og Vopnafirði. Við undirbúning þessara framkvæmda verður metið hvort 66 kV kerfið haldist óbreytt eftir spennuhækkun Austfjarðahringins.



Mynd 12-9: Einlínunmynd af Austurlandi miðað við 10 ára áætlun Landsnets

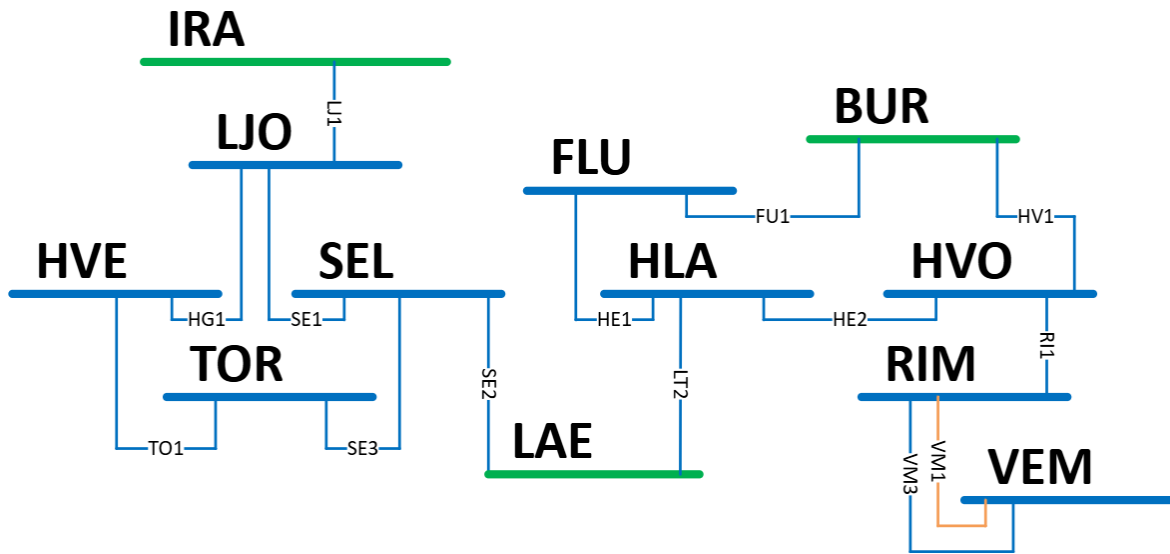
Helstu áherslur í framkvæmdaáætlun eru að færa Austurland inn fyrir þekktan flöskuháls í flutningskerfinu með framkvæmdum sem miða að því að tengja Hryggstekk við 220 kV kerfið.

Helstu áherslur í langtímaáætlun eru á tvítengingar afhendingarstaða á Austurlandi sem enn eru geislatengdir og endurnýjun flutningsmannvirkja sem lokið hafa líftíma sínum.

		Endurnýjun	Þróun
T0	Í framkvæmd 2025		
T1	Framkvæmdaáætlun 2026-2028		<ul style="list-style-type: none"> Hryggstekkur – 220 kV tengivirki
T2	Langtímaáætlun 2029-2031	<ul style="list-style-type: none"> Seyðisfjörður – 66 kV tengivirki Hryggstekkur – 132 kV tengivirki 	<ul style="list-style-type: none"> Fáskrúðsfjarðarlína 2 – tvítenging Fáskrúðsfjarðar
T3	Langtímaáætlun 2032-2034	<ul style="list-style-type: none"> Stuðlalína 1 – aukin flutningsgeta Eyvindarlína 1 – 132 kV lína Eyvindará – 66 kV tengivirki Stuðlar – 66 kV tengivirki Vopnafjörður – 66 kV tengivirki 	
T4	Fyrirséðar þarfir til lengri tíma litið	<ul style="list-style-type: none"> Vopnafjarðarlína 1 – 66 kV lína Stuðlalína 2 – 132 kV lína Hólar Hólalína 1 Teigarhornslína 1 	<ul style="list-style-type: none"> Tvítenging Vopnafjarðar

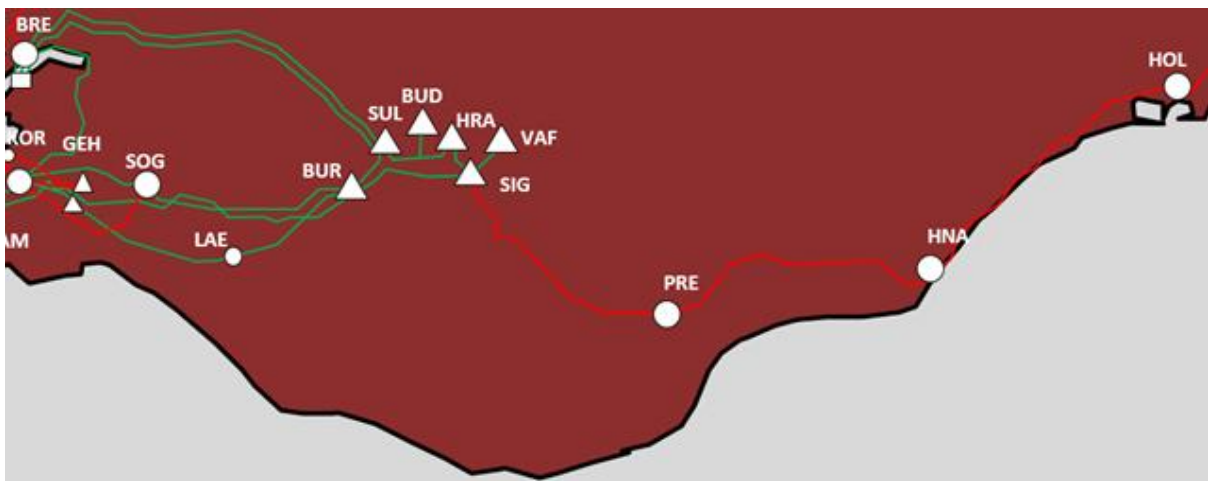
Mynd 12-20: Fyrirhuguð framkvæmdarverkefni á Austurlandi

12.6 Suðurland



Mynd 12-21: Einlínuneynd af núverandi flutningskerfi á Suðurlandi

12.6.1 Flutningskerfið á Suðurlandi



Mynd 12-22: Núverandi flutningskerfi á Suðurlandi

Meginflutningskerfið á Suðurlandi einkennist helst af löngum línunum reknum á 220 kV spennustigi. Þær tengja Þjórsársvæðið við Grundartanga annars vegar um Sultartangalínu 1 og 3 og höfuðborgarsvæðið, Sogið og Lækjartún hins vegar úr Búrfelli um Búrfellslínu 1, 2 og 3. Í Sigöldu er einnig 132 kV tengipunktur flutningskerfisins við byggðalínuhringinn um Suðurland í Prestbakka um Sigöldulínu 4 og þaðan austur eftir í Hnappavelli og Hóla. Veikleiki í kerfinu er tenging byggðalínunnar í Sigöldu um 220/132 kV spenni sem hefur minni flutningsgetu en línurnar í byggðalínunni og takmarkar hann því flæði um suðurleið byggðalínuhringins.

Enginn landshluti er með jafn mikla framleiðslu umfram álag og því þarf mikla flutningsgetu frá honum. Síðustu áratugi hafa ekki verið neinar teljandi flutningstakmarkanir sem trufla sveigjanlegan rekstur svæðisins í óskertu kerfi gagnvart notkun á sunnanverðu landinu. Miklu munar um þær línur sem hannaðar eru og byggðar sem 400 kV línur eins og Búrfellslínu 3 og Sultartangalínu 3. Aukin orkuvinnsla á svæðinu mun þó kalla á styrkingar á flutningskerfinu á Þjórsár- og Tungnaársvæðinu og má þar helst nefna uppfærslu á Hrauneyjarfosslínu 1 sem þarf að ráðast í á næstu árum sem og bættu tengingu Búðarhálsvirkjunar, sem í dag er T-tengd við Hrauneyjarfosslínu 1.

Svæðisbundna flutningskerfinu á Suðurlandi má skipta í tvo megin hluta. Annars vegar er vestari hlutinn, sem tengir Sogið við Hveragerði, Þorlákshöfn og Selfoss með 66 kV hringtengingu. Austurhluti kerfisins samanstendur af 66 kV hringtengingu út frá Búrfelli um Flúðir, Hellu og Hvolsvöll. Rimakot er geislatengt frá Hvolsvelli um 66 kV loftlínu, og Vestmannaeyjar tengjast við Rimakot um tvo sæstrengi, Vestmannaeyjalínu 1 og 3.

Þessir tveir hlutar Suðurlandskerfisins eru svo samtengdir um Lækjartún, annars vegar með Lækjartúnlínu 2 að Hellu, sem er nýr jarðstrengur, og Selfosslínu 2 að Selfossi, sem er ein elsta lína í eigu Landsnets.

Lækjartún er nýlegt tengivirki sem spennusettt var árið 2022. Það tengir Suðurlandskerfin við meginflutningskerfið um Búrfellslínu 2. Tilkoma þess hefur gjörbreytt rekstri raforkukerfisins á Suðurlandi með því að létta á flöskuhálsum og auka flutningsgetu, sérstaklega á austurhluta svæðisins.

12.6.2 Staða launaflsmála á Suðurlandi

Í flutningskerfinu á Suðurlandi má finna hæsta kerfisstyrk á Íslandi í 220 kV kerfinu. Hins vegar valda takmarkaðar tengingar frá 220 kV kerfinu og niður á svæðisbundna flutningskerfið á Suðurlandi því að kerfisstyrkur lágur í samanburði. Skammhlaupsafl í 66 kV kerfinu er á bilinu 400 til 600 MVA.

Talsvert hefur verið um lagningu á jarð- og sæstrengjum í flutningskerfinu á Suðurlandi síðustu árin. Frá Lækjartúni var lagður jarðstrengur að Hellu og er lagning annars strengs frá Hellu að Rimakoti á lokametrunum. Strengirnir eru báðir 132 kV strengir en verða reknir á 66 kV spennu fyrst um sinn þar til að Suðurlandskerfið verður spennuhækkað. Eins stendur yfir lagning á tveimur nýjum 66 kV strengjum til Vestmannaeyja. Samfara lagningu strengja eru settar upp útjöfnunarspólur sem ætlað er að jafna út helming af því launafli sem strengirnir framleiða. Möguleikar til áframhaldandi jarðstrengslagna á Suðurlandi eru takmarkaðir vegna hás hlutfalls jarðstrengja á svæðinu og því má reikna með að áframhaldandi þróun kerfisins og endurnýjun þurfi að einhverju leyti að fara fram með byggingu eða endurnýjun á loftlínunum.

Helstu styrkleikar:

- Búrfellslínur
- Sigöldulína 3
- Sultartangalínur 1 og 2
- Lækjartún

Helstu veikleikar:

- Tengivirki Sigöldu
- Spennir 4 í Sigöldu
- Tenging Búðarháslínu 1
- Hrauneyjarfosslína 1

12.6.3 Endurnýjunar- og uppbyggingarverkefni á Suðurlandi

Endurnýjun tengivirkisins við Sigölduvirkjun er í framkvæmd. Virkið er útítengivirki sem þjónað hefur virkjuninni frá gangsetningu hennar árið 1977. Ástand þess er orðið verulega lakt og er orðið erfitt í rekstri auk þess sem spennirinn sem tengir virkið við byggðalínuna í austurátt er flöskuháls. Þegar nýtt yfirbyggt tengivirki verður tekið í rekstur mun áreiðanleiki þessa mikilvæga tengipunkts í kerfinu aukast og einnig verður nýtt virki klárt til að taka við tengingu fjórðu vélar virkjunarinnar sem er í undirbúningi. Að sama skapi verður áðurnefndum byggðalínuspenni skipt út fyrir nýjan stærri sem mun hafa flutningsgetu á pari við línurnar í byggðalínuhringnum suður fyrir Vatnajökul. Við Vaðöldu standa yfir framkvæmdir við nýjan tengipunkt í kerfinu sem hlotið hefur nafnið Ferjufit. Tilgangur hans er að tengja nýtt vindorkuver, Vaðölduver, sem staðsett verður ofan Búrfells í Rangárþingi ytra. Vaðölduver er fyrsti stóri vindlundur sem byggður er á Íslandi og er áætlað að uppsett afl hans verði 120 MW. Einnig er í undirbúningi bygging nýs tengivirkis við Þjórsá í tengslum við byggingu Hvammsvirkjunar. Tengivirkið verður staðsett austan megin Þjórsár nálægt stöðvarhúsi virkjunarinnar og mun til framtíðar einnig þjóna sem önnur af tveimur aðaltengingum austari hluta Suðurlandskerfisins við meginflutningskerfið.

Í svæðisbundna flutningskerfinu er talsverð uppbygging í gangi. Lagning Rimakotslínu 2 á milli Hellu og Rimakots er langt komin. Um er að ræða 132 kV jarðstrengslögn sem rekin verður á 66 kV spennu fyrst um sinn. Er verkefnið liður í undirbúningi að spennuhækkun austari hluta Suðurlandskerfisins en markmiðið er að í framtíðinni verði rekinn 132 kV hringur á milli Lækjartúns og Hvammsvirkjunar, með viðkomu á Hellu, Hvolsvelli og í Rimakoti. Þannig mun afhendingargeta aukast talsvert á svæðinu og styðja þannig við orkuskipti sem og þróun atvinnuvega.

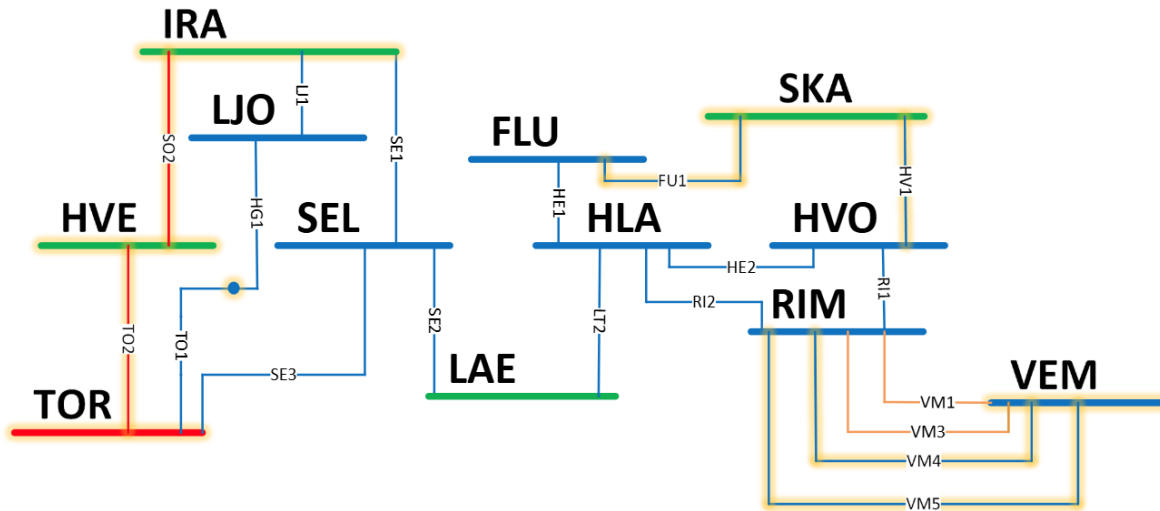
Í Þorlákshöfn í Ölfusi standa yfir framkvæmdir við tengingar stórnotenda. Um er að ræða lagningu 66 kV strengja til tveggja landeldisstöðva ásamt breytingum á tengivirki. Til þess að mæta þörfum viðskiptavina í Ölfusi um orkuafhendingu er í framkvæmd lagning á 132 kV línu, Þorlákshafnarlínu 2 á milli Hveragerðis og Þorlákshafnar. Línan sem verður lögð sem jarðstrengur mun tengjast inn á Sogslínu 2 við Hveragerði, en sá hluti Sogslínu 2 sem liggur til Höfuðborgarsvæðisins mun verða aflagður og rifinn.

Önnur framkvæmd sem einnig miðar að því að bæta afhendingargetu í vestari hlutanum er hlutaendurnýjun á Selfosslínu 1. Línan er að mestu leyti byggð sem 132 kV loftlína, nema þeir hlutar hennar sem liggja yfir Ölfusá og inn á tengivirkið í Selfossi og í hinum endanum inn á Ljósafoss þar sem að hún liggur sem 66 kV jarðstrengur. Verkefnið miðar að því að endurnýja þessa tvo hluta sem 132 kV jarðstrengi, annars vegar að fylgja framkvæmdum vegagerðarinnar við nýja Ölfusárbrú og hins vegar að færa tengingu hennar frá Ljósafossi og inn á Írafoss. Þannig verður línan tilbúin fyrir 132 kV spennuhækkun síðar.

Lagning tveggja sæstrengja til Vestmannaeyja er í framkvæmd. Um er að ræða tvær nýjar 66 kV tengingar á milli Rimakots og Vestmannaeyja sem hafa fengið nöfnin Vestamanneyjalínur 4 og 5. Tilgangur framkvæmdarinnar er að bæta afhendingaröryggi og afhendingargetu í Vestmannaeyjum en Vestmannaeyjalína 3 sem lögð var árið 2013 hefur bilað tvisvar síðan hún var spennuhækkuð árið 2017 og valdið miklum truflunum á afhendingu raforku í Eyjum. Eftir spennusetningu VM4 og VM5 stendur til að breyta tengingum VM3 og reka hana sem 33 kV línu samhliða hinum tveimur.

Fleiri verkefni á svæðinu eru fyrirhuguð en eru ekki komin í framkvæmdar- eða undirbúningsfasa. Það eru bæði endurnýjunarverkefni sem og þróunarverkefni sem er ætlað að styðja við orkuskipti í samgöngum og/eða að skapa ný tækifæri fyrir notendur á svæðinu. Má þar nefna tengingu Hveragerðis við meginflutningskerfið í gegnum Lækjartúnslínu 1, með byggingu nýs 220 kV tengivirkis. Þetta mun auka afhendingargetu á svæðinu og styðja við uppbyggingu í nálægð við þéttbýliskjarnana. Samhliða þessu þarf að tryggja stöðugan flutning afls frá Soginu, en það verður gert með styrkingu Sogslínu 2 og tengingu hennar við Hveragerði.

Þá er fyrirhugað að byggja aðra 132 kV tengingu til Þorlákshafnar til að auka við afhendingargetu á forgangsflutningi og styðja þannig við áframhaldandi uppbyggingu á svæðinu. Í austari hlutanum stendur til að endurnýja Hvolsvallarlínu 1 og Flúðalínu 1, en í stað þess að tengjast inn á Búrfell eins og nú er, munu þær tengjast nýju tengivirki Hvammsvirkjunar. Þetta mun draga úr flöskuhálsnum í Búrfelli og gera áðurnefnda spennuhækkun Suðurlandshringsins í 132 kV mögulega, þegar þörf krefur.



Mynd 12-23: Einlínamynd af Suðurlandi miðað við 10 ára áætlun Landsnets

Helstu áherslur í framkvæmdaáætlun eru tengingar nýrra notenda og virkjana, ásamt aukningu á afhendingargetu í Ölfusi og austari hluta kerfisins og Vestmannaeyjum.

Með langtímaáætluninni er aðaláherslan lögð á áframhaldandi aukningu á afhendingargetu á öllu Suðurlandi með framkvæmdum sem styðja við spennuhækkun kerfisins úr 66 kV í 132 kV. Þannig verður hægt að styðja við vöxt atvinnuvega og orkuskipti í samgöngum en reiknað er með miklum álagsvexti vegna rafhleðsla á svæðinu m.a. vegna fjölda ferðamanna.

		Endurnýjun	Þróun
T0	Í framkvæmd 2025	<ul style="list-style-type: none"> • Sigalda – 220 kV tengivirki 	<ul style="list-style-type: none"> • Rimakotslína 2 – 132 kV lína • Vestmannaeyjalínur 4 og 5 – nýir sæstrengir • Ferjufit – tenging Vaðölduvers • Þorlákshöfn – tenging viðskiptavína
T1	Framkvæmdaáætlun 2026-2028	<ul style="list-style-type: none"> • Selfosslína 1 – hlutaendurnýjun • Írafoss – 132 kV tengivirki 	<ul style="list-style-type: none"> • Þorlákshafnarlína 2 – 132 kV lína • Skarð – tenging Hvammsvirkjunar
T2	Langtímaáætlun 2029-2031	<ul style="list-style-type: none"> • Hvolsvallarlína 1 – 132 kV lína 	<ul style="list-style-type: none"> • Hveragerði – 220/132 kV tengivirki
T3	Langtímaáætlun 2032-2034	<ul style="list-style-type: none"> • Flúðalína 1 – ásamt breyttri línuleið • Hrauneyjafosslína 1 – aukin flutningsgeta • Prestbakki – 132 kV tengivirki 	
T4	Fyrirséðar þarfir til lengri tíma litið	<ul style="list-style-type: none"> • Selfosslína 2 – spennuhækkun • Sigöldulína 4 	<ul style="list-style-type: none"> • Selfoss – 132 kV tengivirki • Tvítenging Þorlákshafnar á 132 kV • Spennuhækkun austurhluta Suðurlandskerfis í 132 kV • Bættar tengingar virkjana á Þjórsársvæði

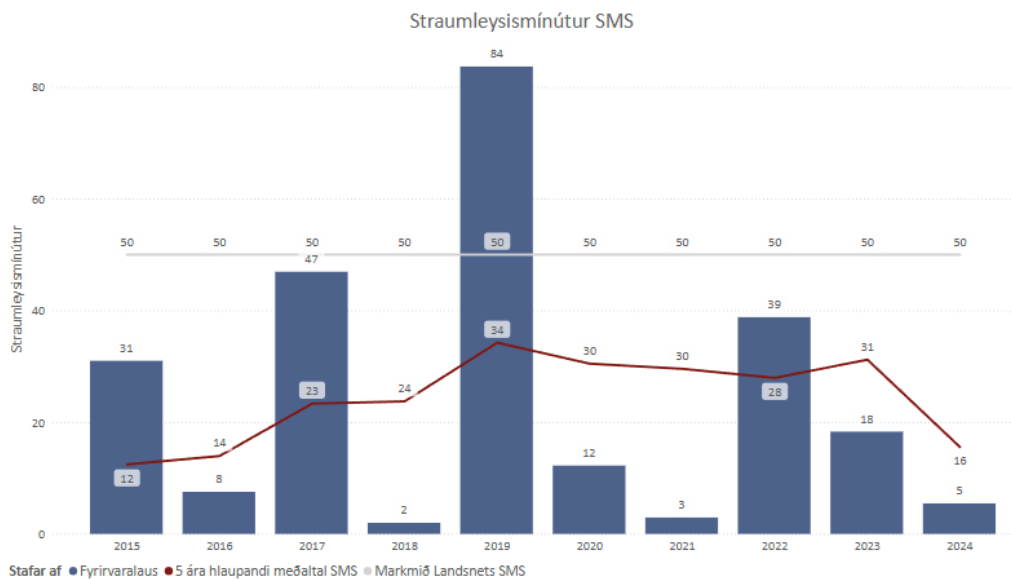
Mynd 12-24: Fyrirhuguð framkvæmdarverkefni á Suðurlandi

12.7 Áhrif framkvæmda á afhendingaröryggi

Gott afhendingaröryggi er einn af mikilvægustu mælikvörðum um öflugt og áreiðanlegt raforkukerfi sem gegnir lykilhlutverki í að tryggja stöðugt aðgengi að raforku fyrir heimili, atvinnulíf og samfélagslega innviði. Til að tryggja slíkt öryggi þarf flutningskerfið að standast skyndilegar bilanir og sveiflur í álagi og framleiðslu. Afhendingaröryggi er mælt með sex stuðlum samkvæmt reglugerð nr. 1048/2004 og ber Landsneti að setja markmið um þrjá þeirra:

- **Stuðull um rofið álag (SRA):** sýnir hlutfall aflskerðingar á móti mesta álagi ársins.
- **Straumleysismínútur (SMS):** metur áhrif orkuskerðingar yfir árið, umbreytt í mínútur.
- **Kerfismínútur (KM):** flokka skerðingartilvik eftir alvarleika og áhrifum á kerfið.

Markmið Landsnets um hámarks SRA er 0,85 MW/MWár, en niðurstaðan árið 2024 var 0,19. Straumleysismínútur voru aðeins 5, langt undir markmiðinu sem er 50 mínútur. Þó eitt skerðingartilvik hafi farið yfir 10 mínútur (viðmiðunarmörk KM), liggur fjöldi slíkra tilvika undir einu til tveimur á ári, sem telst ásættanlegt miðað við markmið Landsnets. Þessi niðurstaða er eftirtektarverð í ljósi vaxtar í orkunotkun síðustu tvo áratugi í samanburði við lítinn vöxt kerfisins.

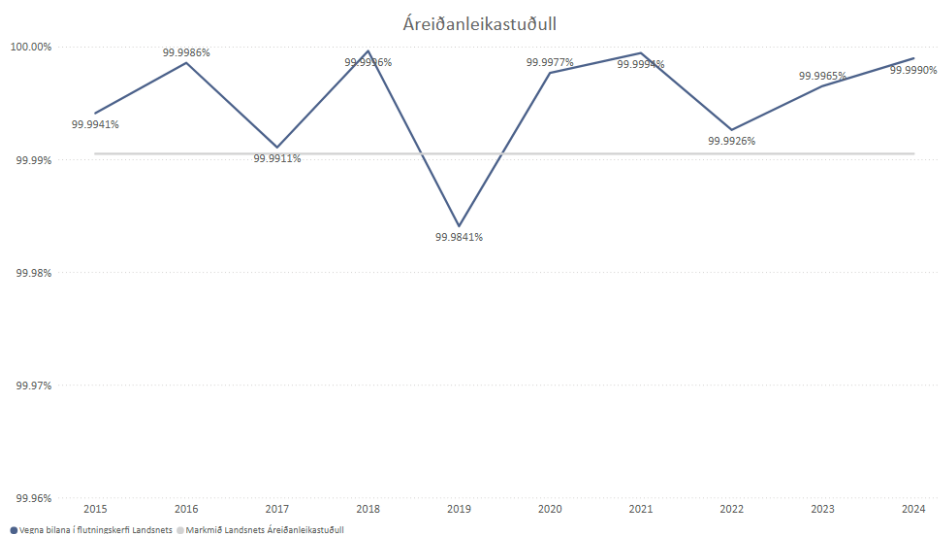


Mynd 12-2: Raunþróun straumleysismínútna undanfarin 10 ár

Til viðbótar við ofangreinda þrjá öryggismælikvarða er einnig skv. reglugerð haft eftirlit með þremur stuðlum við viðbótar:

- **Stuðull um skerta orkuafhendingu (SSO)**
- **Stuðull um meðalskerðingu álags (SMA)**
- **Áreiðanleikastuðull (AS)**

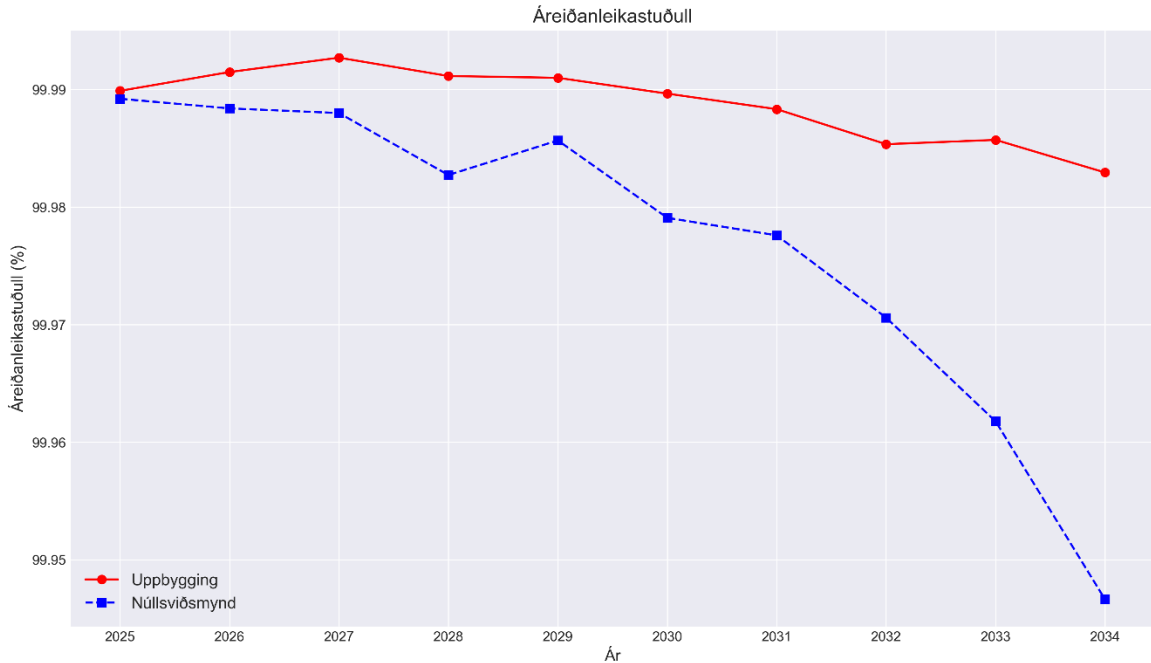
Eins og áður var vikið að í forsendum áætlunarinnar er að síðastnefndi mælikvarðinn, stuðull um áreiðanleika flutningskerfisins (AS), var í góðu horfi árið 2024 eða um 99,999%. Skv. reglugerð 1048/2004 um gæði raforku og afhendingaröryggi á stuðullinn að vera 99,9905% eða hærri á ársgrundvelli. Mikilvægt er þó að hafa í huga að hver hundraðshluti úr prósentu á áreiðanleikastuðli þýðir talsverða skerðingu á orkuafhendingu ef um er að ræða almenna notendur.



Mynd 12-3: Áreiðanleikastuðull síðustu 10 ár

Mat á þróun stuðulsins til næstu 10 ára hefur verið reiknaður út m.v. forsendur áætlunarinnar. Hér er gert ráð fyrir að áætlanir viðskiptavina um aukna orkuvinnslu gangi eftir. Mikilvægt er einnig að hafa

hugfast að hermilíkan eins og það sem notað er við útreikningana sér ekki einstaka stórtuflun t.d. vegna 10 eða 25 á veðuratburðar sem getur haft stór áhrif á niðurstöðu árs. Líkanið reiknar með meðaltali síðustu 10 ára í líkum á truflunum eininga flutningskerfisins. Árið 2019 er dæmi um slíkt ár eins og sjá má á Mynd 12-3. Þannig er útreikningur á stuðli sem þessum ætlað að gefa mynd af þróun og frammistöðu kerfisins við eins konar meðalaðstæður.

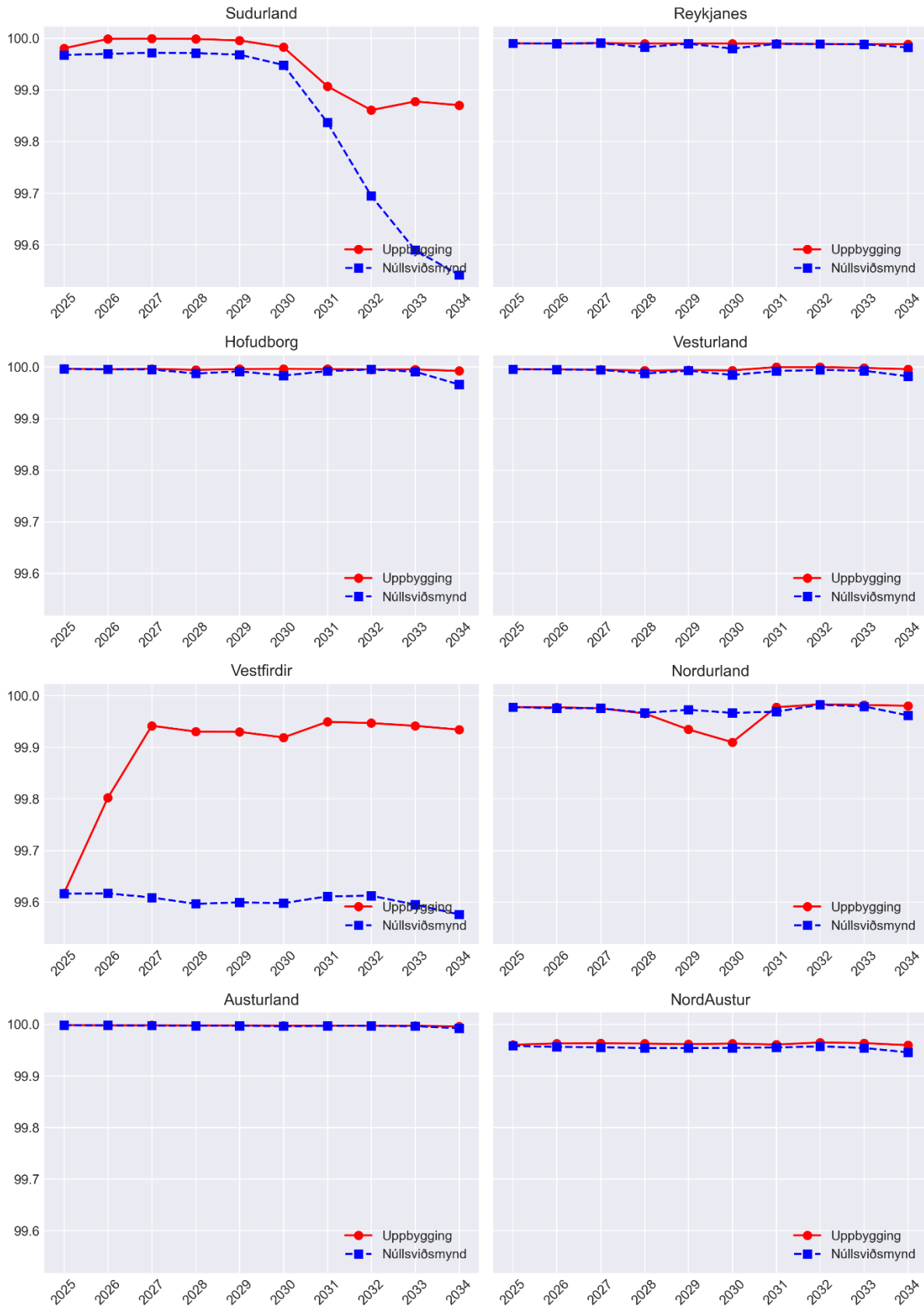


Mynd 12-4: Þróun áreiðanleikastuðuls fyrir árin 2025-2034

Sjá má að útlit er fyrir að stuðullinn gefi nokkuð eftir þegar líða fer á tímabil áætlunarinnar og gæti verið að fara niður fyrir 99,95% undir lok tímabilsins. Ef þróun í orkuöflun, sérstaklega á suðvesturhorninu, gengur ekki sem skyldi má gera ráð fyrir að stuðullinn dali enn frekar.

Hafa þarf í huga að um 80% af orkunotkun er mjög stöðug þar sem um er að ræða stóra notendur með mjög háan áreiðanleika á tengingum sínum við flutningskerfið. Skyggnast má betur inn í áreiðanleikastuðulinn með því að skoða þróun eftir landshlutum næstu 10 ár.

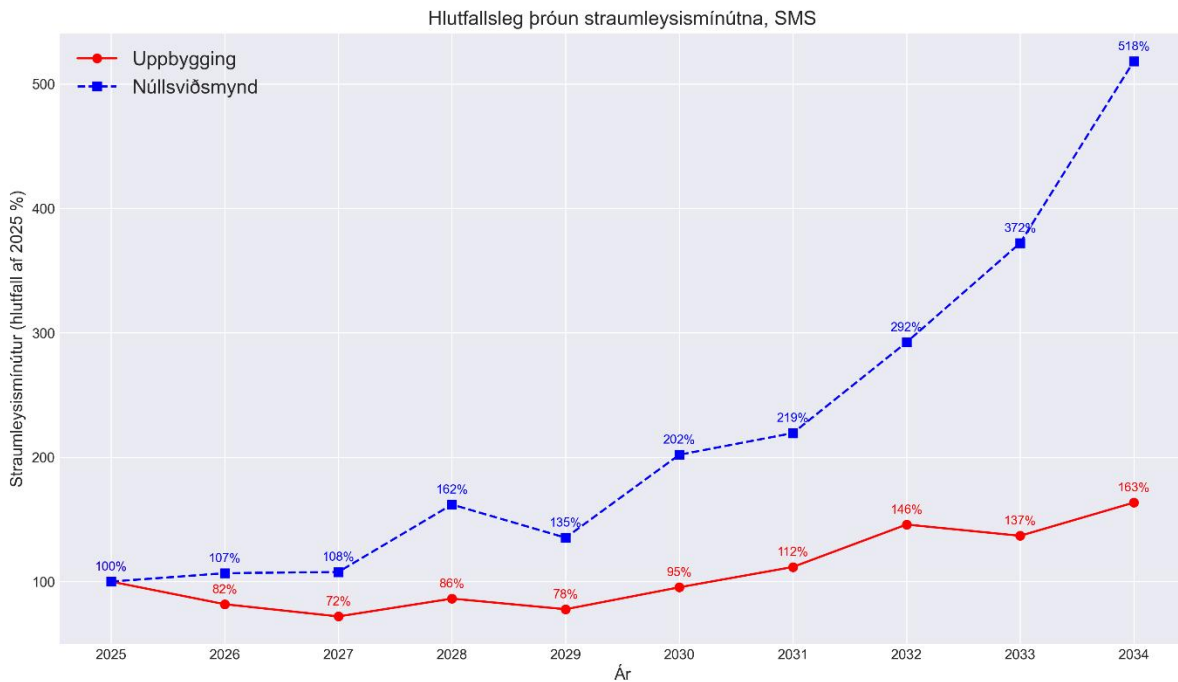
Á má sjá hvernig afhendingaröryggi skv. áreiðanleikastuðli er misskipt á milli landshluta. Á höfuðborgarsvæði, Vesturlandi og Austurlandi er mjög stórir notendur sem gera það að verkum að verra er að sjá hvernig afhendingaröryggi kerfisins kemur við almenna notendur. Með uppbyggingu er horfur til batnaðar á Vestfjörðum og Suðurlandi.



Mynd 12-5: Áreiðanleikastuðull eftir landshlutum

Með sama hætti og fyrir áreiðanleikastuðul má áætla þróun straumleysismínútna yfir tímabilið m.v. við sömu tvær sviðsmyndir en það er einn þeirra stuðla sem Landsnet setur sér markmið fyrir. Straumleysismínútur sýnir hlutfall orkuskerðinga í rekstrartruflunum af heildar orkuafhendingu árs, umreiknað yfir í mínútur.

Sem fyrr er ekki hægt að reikna út eða áætla fyrir einstökum stóratburðum en slíkir atburðir eru fólgnir í meðaltali síðustu 10 ára sem reiknilíkanið miðar við. Mynd 12-6 sýnir þróun straumleysismínútna sem hlutfall af gildi ársins 2025 sem er góð leið til að sýna hvernig stuðullinn gæti komið til með þróast vegna stöðu kerfisins og getu þess til að standa af sér einfaldar truflanir.



Mynd 12-6: Hlutfallsleg þróun straumleysismínútna 2025-2034 (hlutfall af útreiknuðu gildi 2025)

Mynd 12-6 sýnir glögglega að orkuskerðingar vegna truflana í flutningskerfinu lækka framan af tímabilinu en eftir 2031 er útlit fyrir að gildi stuðulsins verði hærri en hann var árið 2025 eða allt að 63% hærri en í upphafi tímabilsins. Aftur á móti sjást áhrif af áætluðum framkvæmdum bersýnilega þar sem án styrkinga kerfisins er viðbúið að gildi stuðulsins meira en fimmfaldist fram til loka árs 2034. Mestu munar þar um fyrirætlanir um tvítengingar afhendingarstaða og afléttingar flöskuhálsa.

Ofangreindar niðurstöður sýna að rekstur kerfisins hefur gengið vel, en stöðugleiki þess til framtíðar er háður áframhaldandi fjárfestingum. Án frekari framkvæmda getur kerfið farið að gefa eftir þegar nýjar áskoranir, svo sem orkuskipti, fjölgun stórnotenda og aukin dreifing orkuvinnslu, raungerast.

Afhendingaröryggi raforku er mælt fyrir allt landskerfið í heild, en í reynd er kerfisstaða einstakra svæða afar mismunandi. Ákveðin landsvæði búa við meiri áhættu á truflunum en önnur, einkum þar sem aðeins er ein tenging við meginflutningskerfið eða takmarkað framboð af varaafli. Þetta á meðal annars við um Snæfellsnes, Suðurnes, Norðausturland og Vestfirði, þar sem skortur á tvítengingu og takmörkuð flutningsgeta hefur skapað viðvarandi áskoranir. Slík einangrun eykur líkur á afhendingartruflunum þar sem kostnaðarsamara er að sinna viðhaldi á mannvirkjum sem þjóna sem eina tenging heilu byggðalaganna.

Með fyrirhuguðum verkefnum verður unnt að:

- Hringtengja einstök svæði og tryggja betra rekstraröryggi.

- Auka flutningsgetu yfir snið sem nú eru yfirlestuð á háálagstímum og hamla orkunýtingu
- Draga úr þörf á færanlegum varaafsstöðvum og þróa notkunarsvörun.



ÞJÓÐHAGSLEG ÁHRIF KERFISÁÆTLUNAR

Aðgangur að öruggri raforku er grundvöllur allrar atvinnustarfsemi og án raforku verður ekki hagvöxtur. Flutningskerfi raforku hefur áhrif á alla atvinnustarfsemi landsins og lífsgæði um land allt. Þetta endurspeglast í markmiði raforkulaga: að stuðla að þjóðhagslega hagkvæmu raforkukerfi og efla þannig atvinnulíf og byggð í landinu.

Því er mikilvægur prófsteinn að meta þjóðhagsleg áhrif framkvæmda á kerfisáætlun enda um hagsmunamál að ræða sem varðar alla þjóðina. Hér er fjallað um þjóðhagslegt mat á áformuðum fjárfestingunum, áhrifum á samkeppnishæfni þjóðarinnar og gjaldskráráhrif þar sem áhrif áformaðra fjárfestinga eru metin með tilliti til væntinga um raforkunotkun.

13 Þjóðhagslegt virði fjárfestinga í flutningskerfinu

Þjóðhagslegt mat í Kerfisáætlun Landsnets byggist á niðurstöðum kerfisgreininga. Stuðst er við kerfisgreiningabúnað sem skilar mati á orkuflutningi, skerðingum á orkuafhendingu, væntum truflunum og mati á flutningstöpum. Forsendur um raforkunotkun byggjast á bestu upplýsingum Landsnets um breytingar á framboði raforku og Raforkuspá Landsnets um þróun eftirspurnar fram til 2050. Þjóðhagsleg greining kerfisáætlunar miðar að því að meta samfélagslegan ávinning af fyrirhuguðum fjárfestingum í flutningskerfi raforku miðað við kostnað.

Fjárfestingarnar eru bornar saman við svonefndan „núllkost“ sem felur í sér að flutningskerfið verði áfram rekið á núverandi grunni. Fjárfestingar einskorðist við tengingar virkjana, viðhald og endurnýjun búnaðar við endalok líftíma, án nýrra fjárfestinga í kerfisstyrkingum. Með því móti er metinn sá viðbótarábatí sem felst í því að efla flutningsgetu, bæta afhendingaröryggi og draga úr skerðingum og flutningstöpum.

Greiningin tekur mið af tveimur tímabilum: tímabili kerfisáætlunar, 2025–2034, og lengra mati til ársins 2050 í samræmi við raforkuspá Landsnets. Fjárfestingum Landsnets er ætlað að endast í 40-70 ár í rekstri og hugsaðar til mjög langs tíma, langt umfram gildistíma kerfisáætlunar. Það er mikilvægt að áætlanir Landsnets séu líklegar til þess að vera þjóðinni arðbærar til bæði lengri og skemmri tíma.

Til viðbótar við mislangan tímaramma greininga er stuðst við ólíkar forsendur um virði aukins orkuflutnings til að draga upp sviðsmyndir í mati á virði viðbótarorkunotkunar. Mat á virði aukins orkuflutnings er afgerandi þáttur í þjóðhagslegu arðsemismati kerfisáætlunar að þessu sinni og áberandi stærsti ábataliðurinn.

Áætlaðar fjárfestingar í kerfisáætlun nema að núvirði 119 milljörðum króna á næstu 10 árum. Við mat á lengri tíma ábata er gengið út frá fjárfestingum upp á 7,25 makr á ári umfram afskriftir. Meiri óvissa er um þær forsendur sem gilda fyrir árin 2035-2050 þar sem tímasetningar eru óljósar og kostnaðarmat á frumstigi.

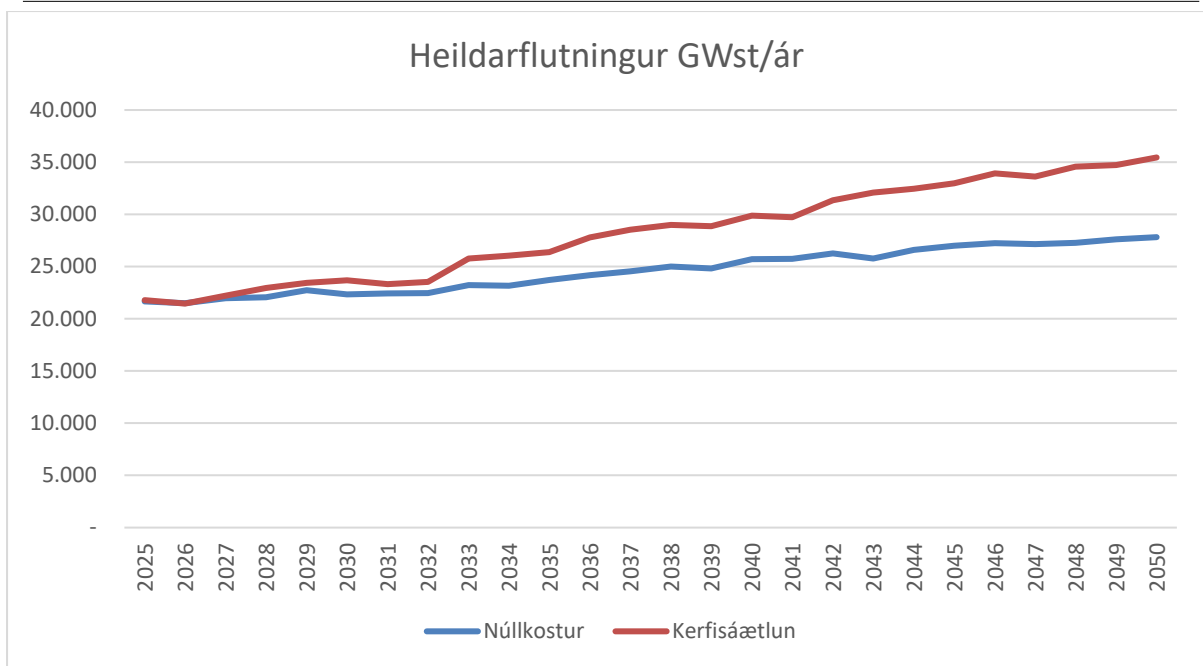
Niðurstöður þjóðhagslegs mats á uppbyggingaráformum Landsnets eru jákvæðar. Áætlaður heildarábati fjárfestinga á gildistíma kerfisáætlunar er á bilinu frá því að vera neikvæður um 35 makr til jákvæður um 1.200 makr. 1.200 makr ef stuðst er við ítrustu forsendur um virði raforku en neikvæð um 35 makr ef stuðst er við lágmarksvirði raforkunotkunar. Sé horft til lengra tímabils til ársins 2050 hefur heildarábati safnast upp í 2.300 makr ef stuðst er við ítrustu forsendur um virði raforkunotkunar en 450 makr ef stuðst er við lágmarksvirði. Niðurstöðurnar eru því jákvæðar, óháð forsendum um virði aukins raforkuflutnings, þegar litið er til líftíma flutningsvirkja sem er á bilinu 40-70 ár.

Endurgreiðslutími uppbyggingar flutningskerfisins er metinn á bilinu 4 til 13 ár fyrir mannvirki sem hafa líftíma 40 til 70 ár

Forsendur um virði raforkunotkunar hafa nokkur áhrif á hversu hratt fjárfestingaráform borga sig. Sé stuðst við ítrustu forsendur um virði raforkunotkunar mun endurgreiðslutími framkvæmda einungis vera fjögur ár en sé stuðst við lágmarksvirði raforkunotkunar mun það taka 13 ár.

13.1 Virði aukins orkuflutnings

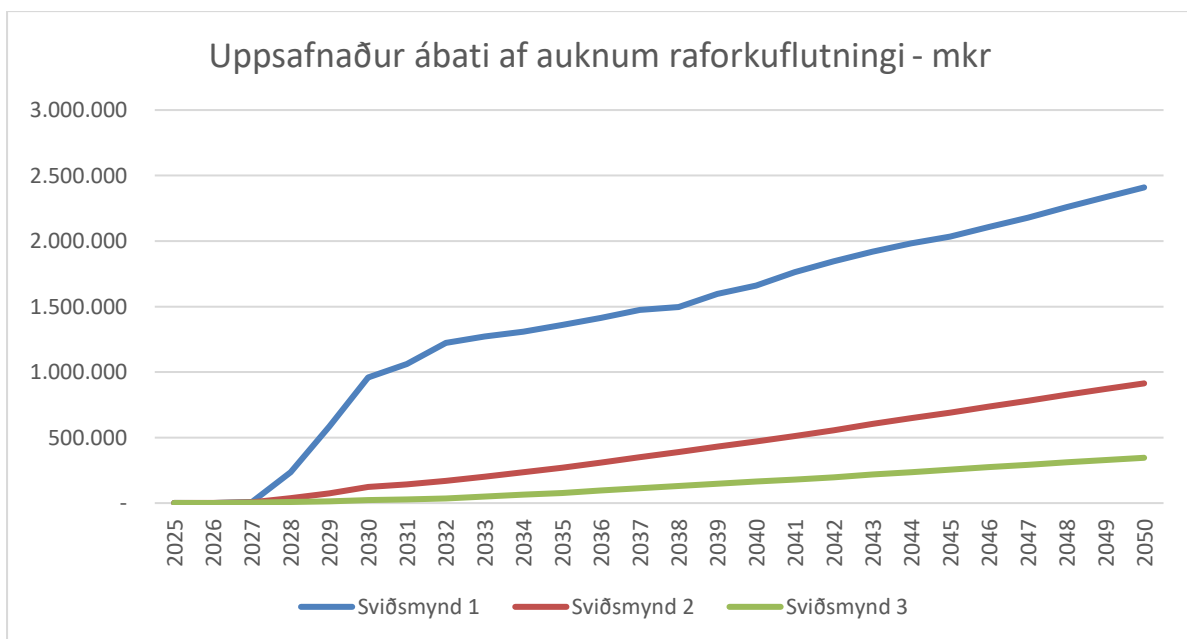
Mikilvægasti ábati styrkingar flutningskerfisins er að með því styrkja flutningskerfið stóreykst raforkuflutningur og afhending raforku. Aðgangur að raforku er bæði grunnforsenda alls atvinnulífs og forsenda orkuskipta. Niðurstöður kerfisgreiningar á heildarflutningi sýna vel hversu aðþrengt flutningskerfið er án styrkinga. Flutningur í uppbyggingarsviðsmynd kerfisáætlunar er 12% meiri árið 2034 og 27% meiri árið 2050, samanborett við núllkost. Munar þar að lokum 7,6 TWst eða rúnum þriðjungum orkuvinnslu ársins 2024. Vöxtur orkuflutnings í núllkosti næst með því að setja fleiri virkjanir inn en þær ná ekki fullum afköstum sökum takmarkana í flutningskerfinu.



Mynd 13-1: Heildarflutningur GWst/ár

Mat á virði aukins orkuflutnings er háð nokkurri óvissu þar sem orkunotkun hefur mjög mismikinn efnahagslegan ábata í för með sér. Virði aukinnar raforkunotkunar almennra notenda er meira en virði aukinnar notkunar hjá stórnotendum ef litið er til virðisauka á orkueiningu en á móti kemur að magnaukningin er mun meiri hjá stórnotendum, sérstaklega á seinni hluta greiningartímabilsins. Sviðsmyndagreiningar eru því gagnlegar til þess að ramma inn líklegt bil niðurstaðna.

Virði aukins flutnings raforku er metið út með þremur sviðsmyndum sem byggjast á ólíkum forsendum um það virði sem hægt er að setja á virði orkuflutnings. Forsendur eru á bili þess að vera ítrasta mat á virði raforku frá því að vera það sem kalla má algert lágmark. Með því fæst mynd af því bili virði aukins raforkuflutnings eins og sjá má á Mynd 13-2 hér að neðan.



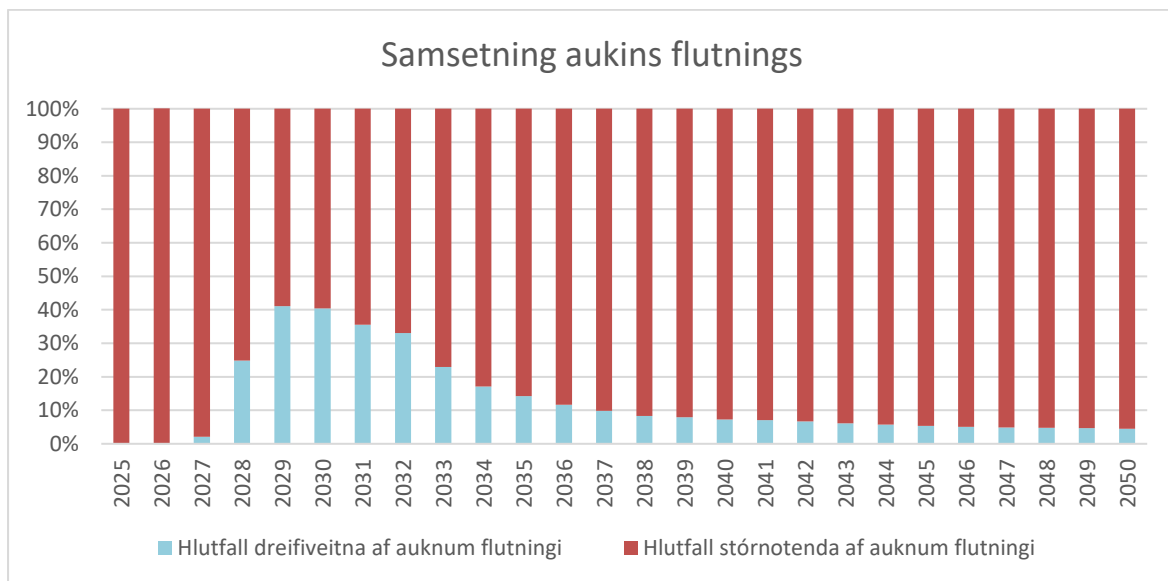
Mynd 13-2: Uppsafnaður ábati af auknum raforkuflutningi

Sviðsmynd 1 byggist á ítrustu forsendum um virði raforkunotkunar. Gert er ráð fyrir því að raforka sé takmarkandi þáttur í hagkerfinu og nauðsynleg forsenda allrar atvinnustarfsemi auk þess sem hún skapar heimilum verðmæti í bættum lífsgæðum. Í þessari sviðsmynd um virði raforkunotkunar er stuðst við mat START-hópsins á vinnsluvirði atvinnugreina og raforkunotkun. Niðurstöður hópsins má sjá í skýrslu um kostnað vegna skorts á heimasíðu hópsins, truflun.is.

Sviðsmynd 2 byggist á því að meta kostnað til að bæta afhendingaröryggi almennra notenda með öðrum leiðum en styrkingu flutningskerfis og þess kostnaðar sem stórnotendur verða fyrir þegar þeir verða fyrir takmörkuðum skerðingum á orkuafhendingu. Virði almennrar raforkunotkunar er metið á kostnaði varaafis og notkun stórnotenda á jaðarkostnaði þeirra við skerðingu á raforku. Við þessar forsendur er stuðst við leiðbeinandi verð fyrir varaafisþjónustu dreifiveitna sem Orkustofnun gefur út og verðspá EIA um olíuverð. Fyrir jaðarkostnað stórnotenda vegna takmarkaðra skerðinga er stuðst við sömu aðferðir og voru nýttar í skýrslu Eflu og Landsnets um þjóðhagslegan kostnað vegna takmarkana í flutningskerfinu.

Í sviðsmynd 3 er virði raforku metið á markaðsvirði raforku, óháð því hvort um er að ræða almenna eða stórnotendur. Þessi sviðsmynd skilar í nokkurs konar lágmarksmati og kallast því að vissu leyti á við sviðsmynd 1 sem byggist á ítrustu forsendum um virði raforku. Þessi sviðsmynd skilar minnsta ábata aukinnar raforkunotkunar enda er hún mjög varfærin og að öllum líkindum verulegt vanmat á virði raforkunotkunar.

Eins og sjá má á Mynd 13-2, þá kemur stórt stökk í ábata aukins flutnings á árunum 2028-30. Það stökk má rekja til samsetningar aukins flutnings, sjá Mynd . Vöxtur almennrar notkunar er hraður á þessu tímabili og virði raforkunotkunar almennra notenda er mikið meira en hjá stórnotendum. Lækkandi hlutur almennra notenda í auknum raforkuflutningi endurspeglast því í hægari uppsöfnun ábata eftir 2030 eins og sjá má á Mynd 13-3.



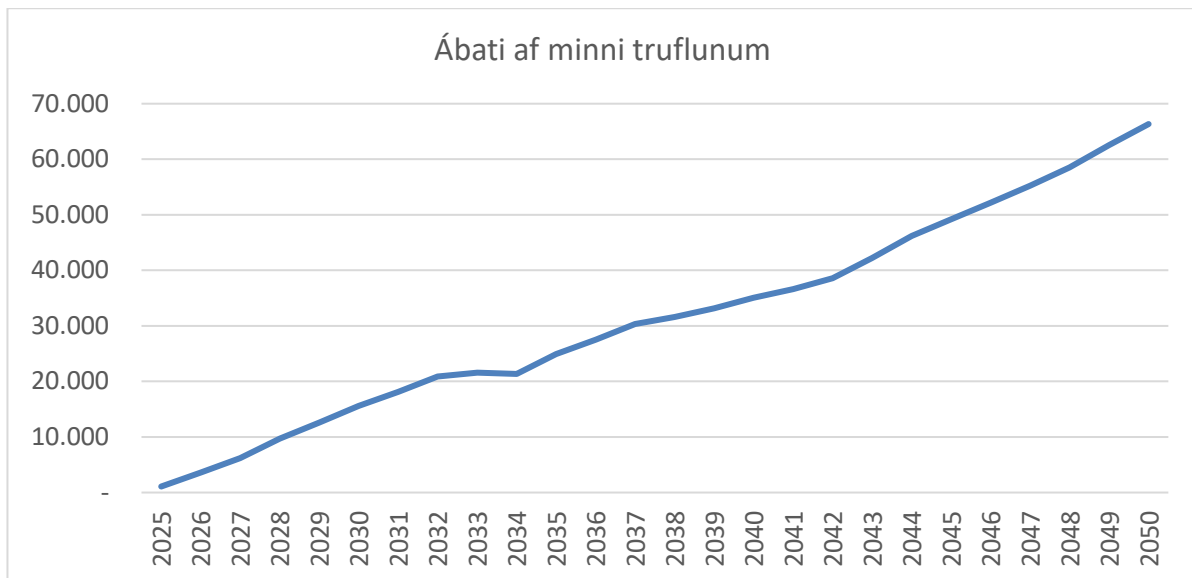
Mynd 13-3: Samsetning aukins flutnings

13.2 Kostnaður við truflanir

Kostnaður við fyrirvaralausar truflanir er mjög breytilegur en hann er háður tímalengd truflunar, notanda og tímasetningu. Almennt séð er hann þó mjög mikill og margfalt hærri en vinnsluvirði eða markaðsvirði raforku þar sem truflun á afhendingu raforku getur bæði stöðvað starfsemi lengur en truflunin varir og valdið skemmdum á afurðum og tækjum bæði fyrirtækja og heimila. Kostnaður er til að mynda að jafnaði hæstur á vinnutíma á virkum degi að vetri til en lægstur um helgarnóttu að sumri til. Þá er almennt

umtalsvert lægri kostnaður við truflun á afhenta raforkueiningu fyrir stórnotanda en almennan notanda, nógu mikill til þess að meirihluti kostnaðar sem fellur til vegna fyrirvaralausra truflana lendir á almennum notendum þótt þeir noti einungis um 20% raforku.

Kostnaður við fyrirvaralausar truflanir í raforkukerfinu hefur verið metinn til margar ára af START-hópnum og uppfærður reglulega. Hér er stuðst við veginn meðalkostnað af klukkustundar löngu rafmagnsleysi sem nemur 3.140 kr/kWst. Stuðst er við veginn meðalkostnað við truflanir því ómögulegt er að spá fyrir með nokkurri vissu hvar og með hvaða hætti truflanir verða fyrir einstaka notendur og á hvaða tíma straumleysi verður.

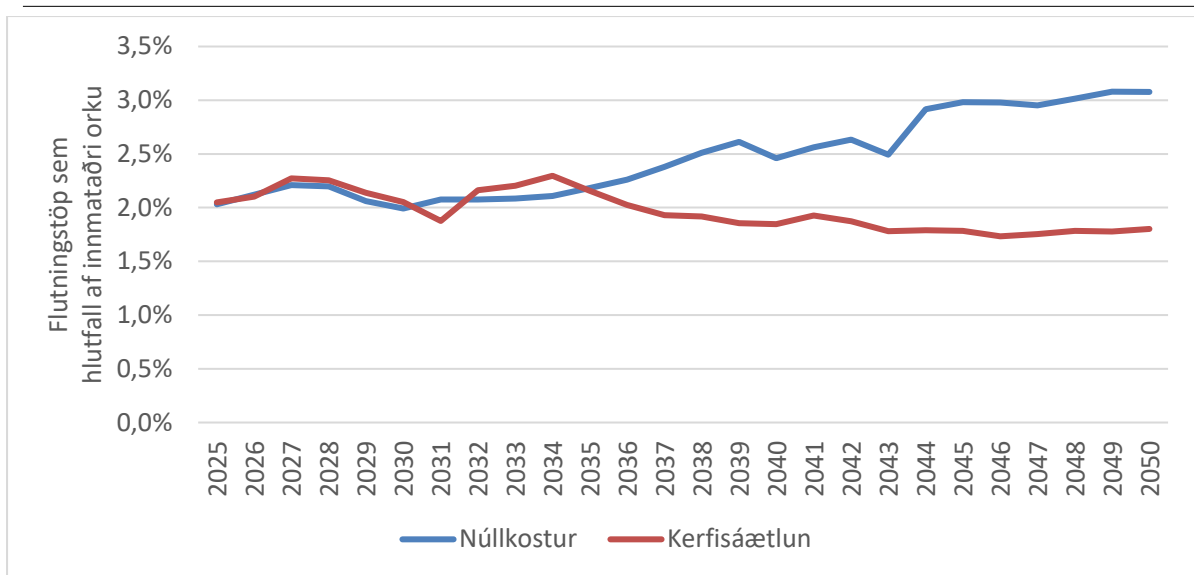


Mynd 13-4: Uppsafnaður ábati af minni truflunum

Niðurstöður kerfisgreininga gefa til kynna að fjárfestingaáætlun Landsnets muni auka afhendingaröryggi í raforkukerfinu sem birtist sem mismunur í væntum truflunum í núllkosti og uppbyggingarkosti. Ábatinn af aukningu í afhendingaröryggi er metinn á 21,3 makr á gildistíma kerfisáætlunar en hann fer vaxandi með auknum raforkuflutningi og fram til ársins 2050 safnast ábatinn upp í 66,3 makr að núvirði. Að meðaltali er ábatinn af minni truflunum 2,2 makr á ári fram til 2034 en 2,8 makr eftir það.

13.3 Kostnaður við flutningstöp

Flutningstöp eru óhjákvæmileg í rekstri raforkukerfa en þau fara hratt vaxandi þegar flutningskerfið nálgast hámarksflutningsgetu. Flutningstöp má minnka með ýmsum aðgerðum í flutningskerfinu og uppbyggingaáætlun Landsnets gerir ráð fyrir framkvæmdum sem munu hafa í för með sér minni flutningstöp en óbreytt kerfi, sérstaklega á seinni hluta tímabilsins þegar raforkuflutningur fer vaxandi með nýju framboði og samtengingu Akureyrar og Hvalfjarðar er lokið.



Mynd 13-5: Hlutfall flutningstapa af innmataðri orku.

Flutningstöp eru þó ávallt hlutfall af orkuflutningi og þegar hann vex eins og kerfisgreiningar Landsnets sýna þá munu flutningstöpin aukast líka. Þetta leiðir til þess að metinn ábati af minnkun flutningstapa er á vissan hátt vanmetinn vegna aukins orkuflutnings þar sem hann er falinn í virði aukins flutnings.

Fram til ársins 2034 vega áhrif aukins flutnings þyngra en hlutfallsleg lækkun flutningstapa og kostnaður við flutningstöp eykst um 2,1 mkr. Á seinni hluta greiningartímabils breytist myndin hins vegar og kostnaður vegna flutningstapa hefur þá safnast upp í 4,1 mkr ábata frá 2025-2050.

13.4 Kostnaður vegna skerðinga

Skerðingar á afhendingu raforku eru birtingarmynd takmarkana í flutningskerfinu, einkum þegar framboð getur ekki mætt eftirspurn vegna skorts á flutningsgetu. Þótt uppbygging kerfisins dragi úr skerðingum minnkar kostnaður vegna skerðinga lítið við uppbyggingu kerfisins samanborið við núllkostinn. Metinn ávinningur er mun minni ávinningi en hefur áður sést í kerfisáætlun og raungerst undanfarin ár. Að miklu leyti er það vegna þess að minni skerðingar birtast einnig sem meiri flutningur en fleira kemur til:

- Í fyrsta lagi er staða lóna sterkur áhrifaþáttur í því hversu mikil orka er skert vegna flutningstakmarkana sem rekja má til flutningsniða sem takmarka flutning milli landshluta. Slæm vatnsár hafa skilað af sér lónstöðum sem hafa leitt til mikillar flutningsparfar milli landshluta undanfarin ár. Þetta hefur leitt til mun meiri skerðinga en vænta má að jafnaði til lengri tíma.
- Í öðru lagi hafa snjalllausnir og kerfisvarnir hækkað stöðugleikamörk. Það eykur flutningsgetu milli landshluta og dregur mjög úr væntum skerðingum.
- Í þriðja lagi er svo, líkt og með flutningstöp, áhrifin af auknum raforkuflutningi. Aukinn raforkuflutningur vegur upp áhrif af hlutfallslega minni skerðingum en munurinn reiknast lítill í rauntölum.

Þessar niðurstöður byggjast þó á meðaltali líkindadreifingar og gætu hæglega vaxið hratt í óheppilegum vatnsárum eins og undanfarin ár. Að því sögðu þá reiknast ábatinn við minni skerðingar sem minnsti ábataliðurinn í þessari kerfisáætlun. Uppsafnaður ábati af minni skerðingum í uppbyggingarsviðsmynd nemur ekki nema 119 mkr fram til ársins 2034 og 302 mkr fram til ársins 2050.

13.5 Niðurstöður þjóðhagslegar greiningar

Þjóðhagsleg greining leiðir ótvírætt í ljós mikinn ábata af fjárfestingum Landnets. Endurgreiðslutími er metinn á bilinu 4-13 ár fyrir eignir sem verða í rekstri í 40-70 ár. Svona stuttur endurgreiðslutími sýnir svart á hvítu hversu aðkallandi það er orðið að styrkja flutningskerfi raforku.

Niðurstöður kerfisgreininga eru ótvíræðar. Styrking flutningskerfisins er nauðsynleg forsenda orkuskipta. Áður hefur þjóðhagslegt virði þess að ná orkuskiptum verið metið af Viðskiptaráði og á vefnum orkuskipti.is. Þar var mat á þjóðhagslegum ábata annars vegar 1.200 mkr fram til ársins 2040 og hins vegar 1.700 mkr fram til ársins 2060.

Niðurstöður þjóðhagsgreiningar Landsnets gefa til kynna sambærilegar niðurstöður. Ítrustu forsendur um virði orkunotkunar leiða til 1.200 mkr ábata fram til ársins 2034 og 2.300 mkr. fram til ársins 2050. Aðrar sviðsmyndir um virði raforkunotkunar leiða til minni uppsafnaðs ábata en allar skila þær nettóábata sem er margfaldur á við kostnaðinn við uppbyggingu flutningskerfisins.

Kostnaður og ábati fram til 2034			
Sviðsmynd	1	2	3
Kostnaður	118.764	118.764	118.764
Ábati	1.308.682	236.707	64.199
Nettóábati	1.189.918	117.943	-54.565
Endurgreiðslutími í árum	4	5	13

Tafla 13-1 Kostnaður og ábati fram til 2034

Sviðsmyndir 1 og 2 borga sig á 4-5 árum sem sýnir hversu aðkallandi þörfin fyrir styrkingu flutningskerfisins er. Sviðsmynd 3 er sú eina sem er með endurgreiðslutíma sem fer út fyrir gildistíma þessarar kerfisáætlunar. 13 ára endurgreiðslutími er þó til marks um mikla hagkvæmni styrkingar flutningskerfisins þar sem flutningsvirkin endast í 40-70 ár.

Kostnaður og ábati fram til 2050			
Sviðsmynd	1	2	3
Kostnaður	167.092	167.092	167.092
Ábati	2.409.520	913.754	345.712
Nettóábati	2.242.428	746.662	178.620
Endurgreiðslutími í árum	4	5	13

Tafla 13-2 Kostnaður og ábati fram til 2050

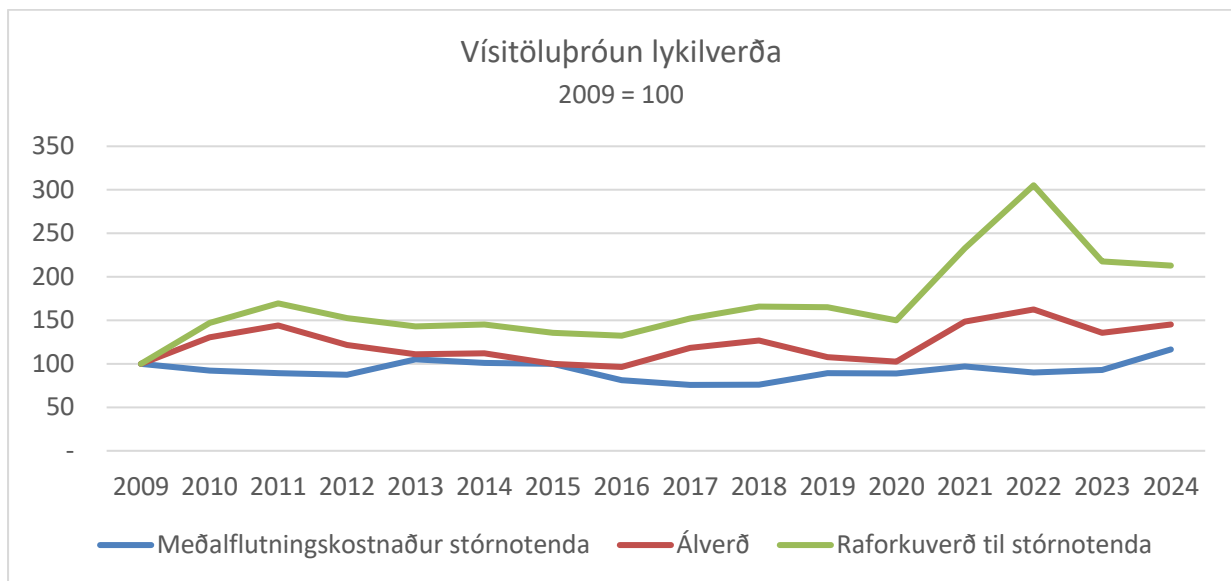
Sé horft til 2050, þegar ábatinn af aukinni flutningsgetu hefur fengið meiri tíma til að skila sér sést enn betur hversu hagkvæmt það er að fjárfesta í flutningskerfinu.

14 Styrking flutningskerfis eykur samkeppnishæfni þjóðar

Styrking flutningskerfis raforku er lykilatriði fyrir framtíðarþróun íslensks samfélags og atvinnulífs til lengri tíma. Öflugt og nútímalegt flutningskerfi tryggir ekki aðeins örugga og hagkvæma afhendingu raforku heldur opnar einnig á fjölmörg ný tækifæri fyrir atvinnuþróun, nýsköpun og aukna samkeppnishæfni þjóðarinnar (11). Með því að byggja upp og bæta innviði raforkukerfisins leggjum við grunninn að sjálfbærri framtíð sem eykur möguleika Íslands á að leiða orkuskipti á heimsvísu.

Samkeppnishæfni þjóða byggist á mörgum samverkandi þáttum sem eru breytilegir eftir því hvaða atvinnustarfsemi er verið að skoða en eitt er sameiginlegt þeim öllum. Aðgengi að raforku og annarri grunnþjónustu þarf að vera til staðar og áreiðanlegt. Samkeppnishæfni þjóðar án aðgengis að raforku er verulega löskuð og það sama á við um þjóð sem býr við óruggt aðgengi. Með því að tryggja að Landsnet standi undir lögbundnum kröfum um öruggt aðgengi að raforku um land allt tryggjum við samkeppnishæfni þjóðar til lengri tíma.

Frá upphafi hefur Landsnet lagt áherslu á að halda flutningskostnaði eins stöðugum og hægt er með tilliti til lögbundins hlutverks fyrirtækisins. Séu vísitölur ákveðinna lykilstærða skoðaðar er vart hægt að sjá annað en að Landsneti hafi tekist það ætlunarverk sitt vel.



Mynd 14-1 Vísitölupróun lykilverða miðað við verðlag ársins 2009.

Á Mynd 14-1 má sjá vísitölupróun ákveðinna lykilverða aftur til ársins 2009, sem er eins langt aftur og áreiðanleg gögn ná. Meðalflutningskostnaður stórnotenda hækkaði um 17% á tímabilinu. Til samanburðar hækkaði vísitala álverðs um 45% og raforkuverðs Landsvirkjunar til stórnotenda um 113%. En það er ekki bara endapunkturinn sem gefur til kynna minnkandi hlut flutningskostnaðar, samanborið við orku- og afurðaverð heldur var vísitalan fyrir meðalflutningskostnað stórnotanda á þessu tímabili að jafnaði 93, 7% lægri en í upphafi tímabils. Því til samanburðar var meðalvísitala tímabilsins 123 fyrir álverð og 170 fyrir raforkuverð (12) (13) (14)⁴.

⁴ Heimildir: Gagnabanki Landsnets, ársreikningar Landsvirkjunar og World Bank Pink Sheet

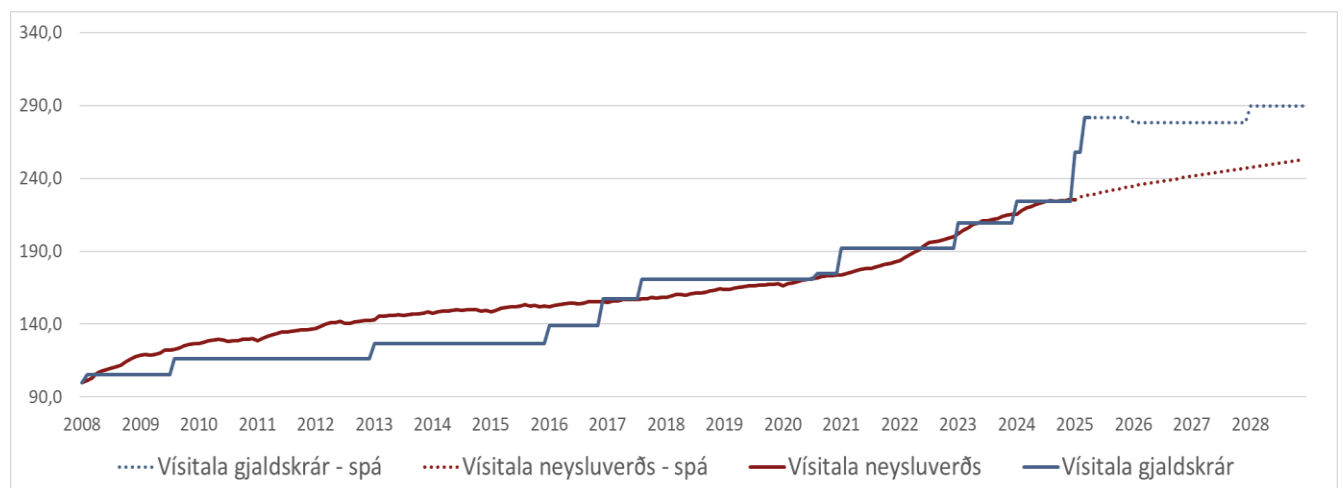
Gjaldskrá Landsnets er skipt í tvennt því Landsnet þjónar samfélaginu öllu. Söguleg þróun gjaldskrár hefur verið ólík fyrir stórnotendur og almenna notendur.

14.1 Söguleg þróun gjaldskrár

Eignastofni Landsnets var skipt í tvennt árið 2008. Gjaldskrá fyrirtækisins hefur síðan þá verið rekin í tveimur hlutum, annars vegar í krónum fyrir almenna notendur í gegnum dreifiveitur og hins vegar í bandaríkjadollar fyrir stórnotendur sem fá afhenta orku beint frá Landsneti.

Flutningsgjaldskrá dreifiveitna hefur lengst af fylgt þróun vísitölu neysluverðs og þannig gefið til kynna að fjárfestingar Landnets hafi verið í nánú samhengi við vöxt almennrar raforkunotkunar. Undanfarin ár hafa hækkanir á gjaldskrá dreifiveitna hins vegar verið umfram vísitölu neysluverðs. Hækkanir umfram vísitölu má fyrst og fremst rekja til tveggja atriða. Í fyrsta lagi setti Alþingi stefnu um uppbyggingu flutningskerfis raforku árið 2018 sem lagði skyldu á Landsnet að bæta þjónustu við almenna raforkunotendur með því að tvítengja alla afhendingarstaði. Tvítengingar hafa aukinn kostnað í för með sér sem endurspeglast óhjákvæmilega í gjaldskrá. Í öðru lagi var tekin ákvörðun um að endurnýja og styrkja raforkuflutning til Vestmannaeyja í kjölfar bilunar Vestmannaeyjastrengs 2023 sem mun leiða til tímabundinna hækkunaráhrifa á meðan uppbygging á sér stað.

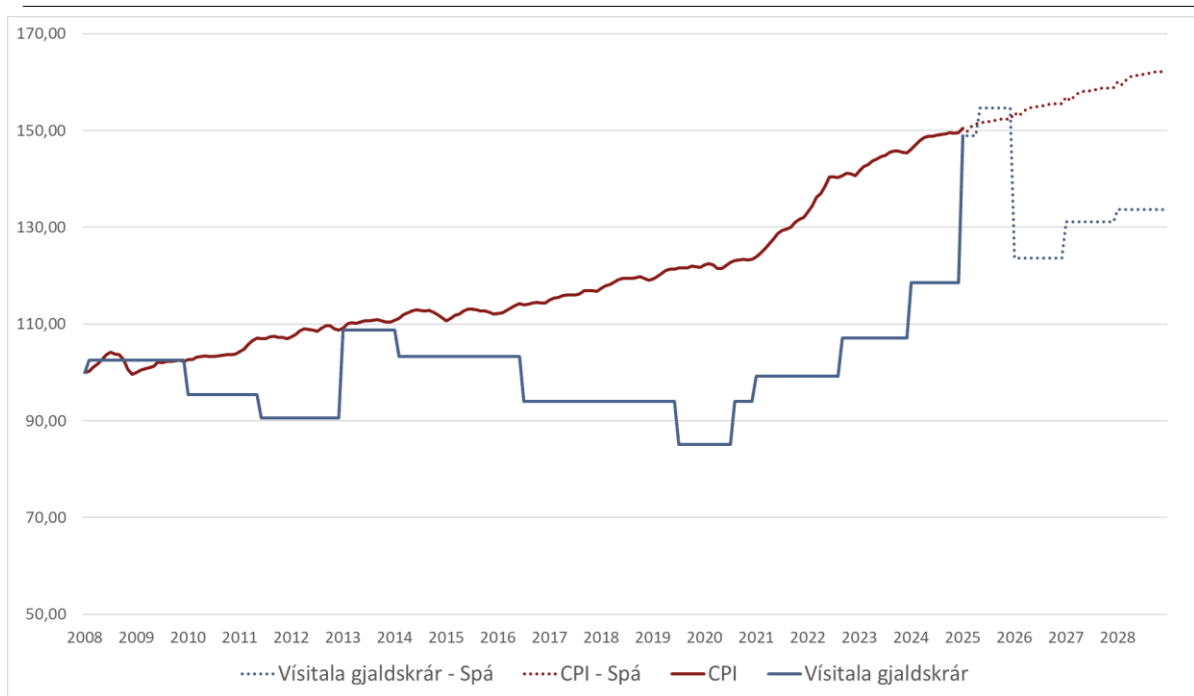
Þessa þróun má sjá á Mynd 14-2 sem sýnir þróun gjaldskrár fyrir dreifiveitur síðan 2008. Sé lítið til framtíðar er hins vegar ekki gert ráð fyrir því að þróun gjaldskrár fyrir dreifiveitur muni halda áfram að vaxa umfram vísitölu neysluverðs



Mynd 14-2 Þróun gjaldskrár til dreifiveitna. Heilar línur sýna raunþróun en punktalínur sýna spá.

Gjaldskrárþróun fram til 2028 gerir ráð fyrir því að hækkun muni nema um 1% að nafnvirði en á sama tíma jafngildir verðbólguþá í Peningamálum 9,1% hækkun. Á Mynd 14-2 Þróun gjaldskrár til dreifiveitna má einnig sjá að þegar næstu ár eru skoðuð sést að hækkun gjaldskrár er seinni af stað en hækkun vísitölu og byrjar ekki að hækka fyrr en 2028 sem felur í sér tímabil raunlækkunar á gjaldskrá. Jákvæða þróun gjaldskrár má rekja til aukinnar raforkunotkunar, meðal annars í kjölfar aukinnar uppbyggingar í Vestmanneyjum.

Eins og áður var vikið að hefur gjaldskrá stórnotenda þróast á hagfelldan hátt fyrir notendur. Frá og með árinu 2010 hefur þróun gjaldskrár lengst af verið langt undir þróun vísitölu neysluverðs og því um raunlækkun á flutningskostnaði að ræða lengst af á þessu tímabili.



Mynd 14-3 Þróun gjaldskrár til stórnotenda. Heilar línur sýna raunþróun en punktalínur sýna spá.

Stórt stökk í vísitölu gjaldskrár árið 2025 má rekja til leiðréttingar á teknum tekjum fyrirtækisins í samræmi við tekjumörk i kjölfar dóms um lögmæti innmötunargjalds. Áætlanir gera ráð fyrir því að gjaldskrá Landsnets muni lækka strax á næsta ári þegar ónýttar tekjuheimildir fyrri ára hafa verið nýttar í samræmi við tekjumörk. Sambærileg staða, en þó með öfugum formerkjum, var uppi á tímabilinu 2010-2020. Þá var flutningsgjaldskrá til stórnotenda lægri en heimiluð tekjumörk vegna oftekinna tekna frá árinu 2008. Þær ofteknu tekjur sem um var að ræða voru að fullu endurgreiddar við uppgjör tekjumarka 2019. Því hefur gjaldskrá stórnotenda til langs tíma verið undir lengri tíma jafnvægi. Stefnt er að því að sá munur verði að fullu leiðréttur á þessu ári. Gjaldskráin árið 2025 er því yfir lengri tíma jafnvægi og mun lækka árið 2026.

14.1.1 Heildarkostnaður afhentar orku eða flutningskostnaður

Kostnaður við flutning raforku fer hækkandi um heim allan. Það er óumflýjanlegur fylgifiskur endurnýjanlegrar raforku. Bæði er vinnsla endurnýjanlegra raforkukosta stopull en hefðbundinna orkugjafa á borð við gas, kol eða kjarnorku og svo eru þeir ekkert endilega staðsettir á heppilegum stöðum, ólíkt fyrrgreindum orkuverum sem hægt er að staðsetja að vild. Afleiðingin er að minni orka kemur frá hverjum virkjunarstað og hana þarf að flytja um lengri veg. Hvort tveggja hækkar auðvitað kostnað.

Markmið við uppbyggingu raforkukerfa er auðvitað að orkan komist til þeirra sem nota hana með sem minnstum tilkostnaði. Í því felst að það er rangt og ógagnlegt að taka einstaka kostnaðarliði samhengislaust út fyrir sviga og bera saman. Flutningskostnaði mætti auðveldlega útrýma með því að setja olíuknúna rafstöð í hvert hús. Það væri þó miklu dýrara þegar dæmið er reiknað til enda.

Að þessu öllu sögðu hefur Landsneti tekist að reka flutningskerfi með kostnaði sem er með þeim lægri sem þekkist.

14.2 Áhrif kerfisáætlunar á samkeppnishæfni þjóðarinnar

Styrking flutningskerfis raforku er ekki aðeins tæknilegt verkefni heldur lykilforsenda fyrir framtíðarhagvöxt, atvinnuuppbyggingu og sjálfbærni. Með því að tryggja örugga og sveigjanlega afhendingu raforku skapast traustari stoðir fyrir fjárfestingar, nýsköpun og útflutning sem styrkir samkeppnishæfni Íslands á alþjóðavettvangi. Á sama tíma tryggir öflugt raforkukerfi að orkuskiptin gangi hraðar fyrir sig sem dregur úr losun gróðurhúsalofttegunda og eykur sjálfbærni þjóðarinnar.

Þar að auki er ljóst að núverandi staða flutningskerfisins setur skorður við nýrri orkuvinnslu sem dregur úr möguleikum á nýtingu þeirra tækifæra sem felast í endurnýjanlegri orku. Með því að tryggja að hagkvæmir virkjanakostir strandi ekki í flutningskerfinu tryggjum við að kostnaður við afhenta raforku verði lágmarkaður, atvinnulífi og almenningi til hagsbóta.

Framtíðarsýn Íslands sem leiðandi lands á sviði endurnýjanlegrar orku byggir á traustum innviðum og vel skipulögðu flutningskerfi. Með skynsamlegri uppbyggingu og markvissum fjárfestingum getum við tryggt að raforkukerfið styðji við efnahagslega framþróun, laði að ný tækifæri og geri Ísland að enn eftirsóttari stað fyrir sjálfbæra starfsemi og framtíðaruppbyggingu um land allt í samræmi við markmið raforkulaga.

15 Áhrif áætlaðra fjárfestinga á flutningskostnað

Við mat á áhrifum fjárfestinga á gjaldskrá er horft til þess markmiðs að lágmarka sveiflur í gjaldskrá. Spá um þróun gjaldskrár er til þriggja ára (2026-2028) og tekur mið af framkvæmdaráætlun og forsendum kerfisáætlunar um aukinn raforkuflutning yfir þetta tímabil. Í þessu mati er tekið tillit til stöðu vantekinna tekna (flutningspotta) síðustu ára, áætlaðrar verðbólgu á Íslandi (skv. Peningamálum SÍ) og áætlaðrar verðbólgu í Bandaríkjunum (skv. IMF).

Flutningsgjaldskrá Landsnets er í grunninn byggð á samspili fluttrar raforku og tekjumarkna sem byggja á rekstrarkostnaði, afskriftum og arðsemi eignastofns. Það flækir hins vegar oft myndina að þessir þættir og aðrir sem skipta máli eru síbreytilegir og utan áhrifa fyrirtækisins. Flutningsgjaldskráin er því í raun byggð á kvikum grunni og mun óhjákvæmilega sveiflast í kringum meðaltal til lengri tíma.

Í þeim útreikningum sem fylgja er ekki gert ráð fyrir breytingum á ytri aðstæðum fyrir utan þær sem sviðsmyndir um raforkunotkun gera ráð fyrir.

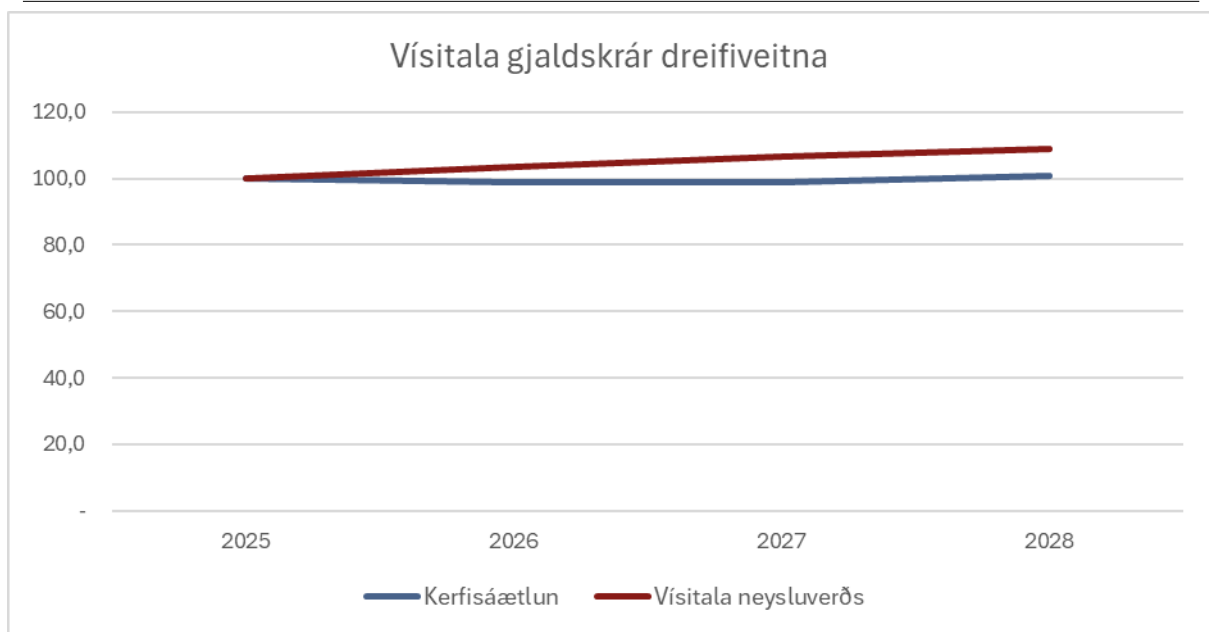
15.1 Áhrif framkvæmda í framkvæmdaáætlun á flutningsgjaldskrá

Til þess að meta áhrif fjárfestinga á flutningsgjaldskrá vegna raforkuflutninga þarf að huga að samspili fjárfestingarþarfar, fjárfestingargetu, afskriftum og orkuflutningi. Eignastofni félagsins er skipt í tvennt, annars vegnar fyrir stórnotendur og hins vegar fyrir almenna notendur eða dreifiveitur. Afskriftir af hvorum stofni fyrir sig ákvarðar þær fjárhæðir sem félagið getur að öðru óbreyttu ætlað í endurnýjun kerfisins án þess að það hafi áhrif á gjaldskrá. Félagið rekur í samræmi við tvískiptan eignastofn tvær gjaldskrár, eina fyrir stórnotendur og aðra fyrir almenna notendur eða dreifiveitur. Afl og orka sem flutt er í kerfi Landsnets er grundvöllur gjaldskrár og þegar aukið flutningsmagn fylgir nýjum fjárfestingum hefur það jákvæð áhrif á gjaldskrána (áhrif til lækkunar). Tekjur félagsins eru ákveðnar á grundvelli ákvæða í raforkulögum og setur Raforkueftirlitið Landsneti tekjumörk sem byggjast á sögulegum rekstrarkostnaði, afskriftum og arðsemi eignastofns. Tekjumörk eru þær hámarkstekjur sem félaginu er heimilt að innheimta af viðskiptavinum þess.

15.1.1 Flutningsgjaldskrá dreifiveitna 2026-2028

Útreikningar á flutningsgjaldskrá dreifiveitna byggja á framkvæmdaráætlun kerfisáætlunar, áætlaðri stöðu vantekinna tekna, áætlunum um flutning raforku og áætlaðri vísitölu neysluverðs yfir spátímann.

Næstu þrjú ár gerir Landsnet ráð fyrir því að gjaldskrá til dreifiveitna muni haldast stöðug. Gjaldskrá mun fyrst lækka lítillega, eða sem nemur 1,2% árið 2026, en svo hækka um 2% árið 2028. Gjaldskrá dreifiveitna mun þá hafa hækkað um minna en 1% að nafnvirði. Til samanburðar er verðbólguþá Peningamála á sama tímabili. Gert er ráð fyrir því að uppsöfnuð verðbólga á tímabilinu sé 9,1% og því felur gjaldskráráætlun Landsnets í sér raunlækkun á næstu þremur árum sem nemur 7,6%.

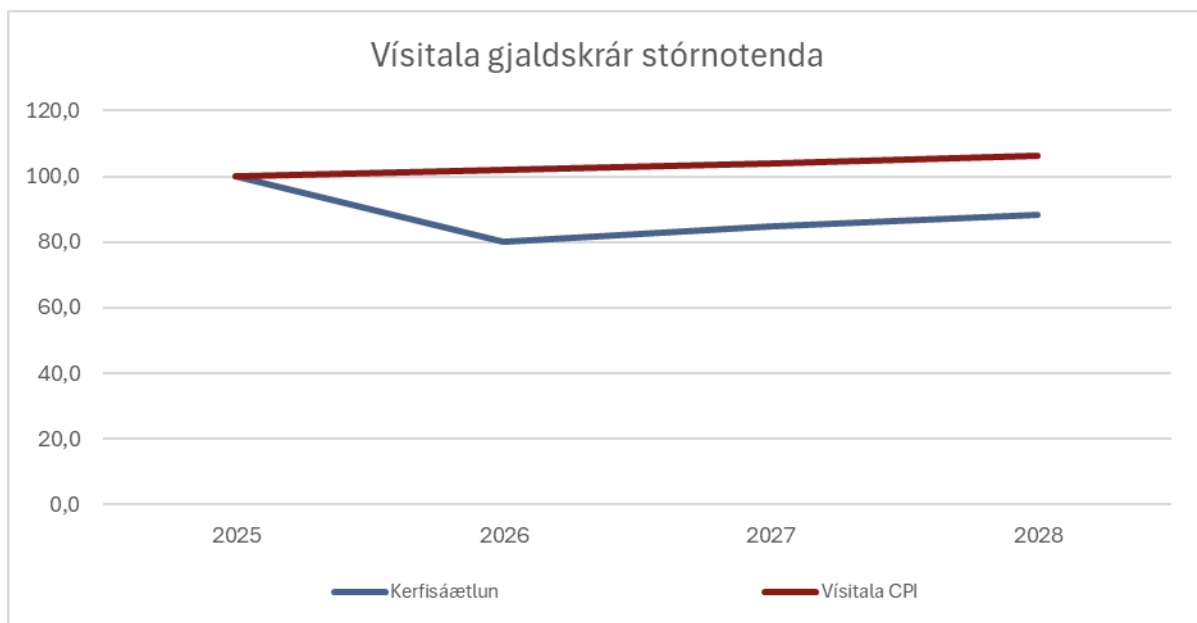


Mynd 15-1 Spá um þróun gjaldskrár dreifiveitna, sýnd sem vísitölubrúun með 2025=100.

15.1.2 Flutningsgjaldskrá stórnotenda 2026-2028

Útreikningar á flutningsgjaldskrá stórnotenda byggja á framkvæmdaráætlun kerfisáætlunar, áætlaðri stöðu vantekinna tekna, áætlunum um flutning raforku og áætlaðri vísitölu neysluverðs í Bandaríkjunum yfir spátímann.

Til næstu þriggja ára gerir Landsnet ráð fyrir því að gjaldskrá til stórnotenda muni lækka. Á næsta ári er gert ráð fyrir því að gjaldskrá muni lækka um allt að 20% þegar tímabundin frávik í gjaldskránni og tekjum Landsnets hafa verið leiðrétt en lækkunin getur tekið breytingum ef forsendur breytast. Í framhaldi af því er gert ráð fyrir 6% hækkun árið 2027 og 4% hækkun árið 2028 vegna fjárfestinga og verðlagsþróun. Niðurstaða gjaldskrágreininga er að gjaldskrá til stórnotenda mun ekki halda í við hækkun vísitölu neysluverðs í Bandaríkjunum. Gjaldskráin mun því lækka að raunvirði.



Mynd 15-2 Spá um þróun gjaldskrár stórnotenda, sýnd sem vísitölubrúun með 2025=100.

15.2 Samantekt

Gjaldskrárgreiningar bera saman væntan flutning raforku við þróun tekjumarka eins og var rakið stuttlega að framan. Þegar næstu ár eru skoðuð kemur í ljós að væntanleg gjaldskrárþróun er jákvæð. Raunlækkun gjaldskár blasir við bæði stórnotendum og dreifiveitum. Lækkunin er meiri hjá stórnotendum en hjá almennum notendum en þann mun má rekja til hlutfallslega meiri fjárfestinga í afhendingu til almennra notenda og bættrar þjónustu með tvítengingum afhendingarstaða.

*Gjaldskrár dreifiveitna og stórnotenda munu **lækka** að raunvirði á næstu þremur árum.*

HEIMILDIR

1. *Landsskipulagsstefna 2024-2038*. s.l. : Stjórnarráð Íslands, 2024.
2. *Þjóðhagslegur ábati af virkum raforkumarkaði*. s.l. : Landsnet, 2024.
3. *Rammaáætlun, Verkefnisstjórn 4. áfanga. Yfirlit yfir virkjanakosti 4. áfanga*.
4. *Kostnaður vegna raforkuskorts vegna fyrirvaralausra truflana - Tölur til notkunar árin 2024, 2025, 2026 og 2027*. s.l. : Efla, Starfshópur um rekstrartruflanir, 2024.
5. *Þingsályktun nr. 26/148 um stefnu stjórnvalda um uppbyggingu flutningskerfis raforku*. s.l. : Alþingi, 2018.
6. *Kerfisáætlun 2023-2032*. s.l. : Landsnet, 2023.
7. *Raforkuspá Landsnets 2024-2050*. s.l. : Landsnet, 2024.
8. *Kerfisáætlun 2019-2028*. s.l. : Landsnet, 2019.
9. *Kerfisáætlun 2020-2029*. s.l. : Landsnet, 2020.
10. *Kerfisáætlun 2021-2030*. s.l. : Landsnet, 2021.
11. *Economics, Frontier. The economic benefit of headroom in the Icelandic power network*. s.l. : Landsnet, 2020.
12. *Ársreikningar Landsvirkjunar 2010, 2011, 2016, 2020, 2024*. s.l. : Landsvirkjun.
13. *www.landsnet.is*. [Á neti]
https://vefir.landsnet.is/gagnabanki/me%C3%B0alver%C3%B0_flutningsgjalda.xlsx.
14. *www.worldbank.org*. [Á neti] 2025.
<https://thedocs.worldbank.org/en/doc/18675f1d1639c7a34d463f59263ba0a2-0050012025/related/CMO-Historical-Data-Monthly.xlsx>.

20 LANDSNET