

# Álit/Greinargerð – Mögulegar strenglagnir í Blöndulínu 3

Ragnar Kristjánsson Phd. Raforkuverkfræðingur.

## Formáli

Skipulagsfulltrúi Skagafjarðar óskaði eftir álitum undirritaðs á niðurstöðum Landsnets varðandi mögulegar lengdir jarðstrengja í Blöndulínu 3, sem koma fram í minnisblöðum, dagsettu 16.01.2023 [M1] og 22.09.2021 [M2]. Álitin byggja eingöngu á fyrirbyggjandi minnisblöðum Landsnets og skýrslum sem gerðar hafa verið um efnið. Í tengslum við gerð álitsins var haldinn fundur með Landsneti ásamt skipulagsfulltrúa Skagafjarðar þann 27.06.2023, þar sem farið var yfir helstu forsendur varðandi greiningar Landsnets á mögulegum jarðstrengslengdum sem fram koma í minnisblöðunum, sjá nánar í viðauka A.

## Inngangur

Jarðstrenglagnir í raforkukerfinu hafa mikið verið í umræðunni á Íslandi á undanförunum árum líkt og annarstaðar í Evrópu. Aukinn áhugi á jarðstrengslögnum má segja að hafi verið í byrjun drifinn áfram af rekstraröryggissjónarmiðum í raforkukerfinu á lægri spennustigum (dreifikerfinu). Dæmi um þetta er strengvæðing dreifikerfisins í Danmörku sem tók mikinn kipp eftir óveður þar í landi árið 1999 [1] og hér heima má nefna sem dæmi að strengvæðing dreifikerfis RARIK tók við sér upp úr 1990 vegna mikils óveðurs. Um 70 % af dreifikerfi RARIK var svo komið í jörðu árið 2021 þegar jarðstrengsvæðing var flýtt enn frekar [2]. Varðandi flutningskerfi raforku sem rekið er á hærri spennu hefur strengvæðing verið mun hægari af ýmsum ástæðum.

Ein helsta ástæðan hefur verið að mikill kostnaður er við jarðstrenglagningu á hærri spennu og er hann oft margfaldur á við lagningu sambærilegra háspennulína. Í samanburði við Evrópu, t.d. Danmörku, er þessi kostnaðarmunur jafnvel enn meiri vegna óhagstæðra aðstæðna hér á landi en þar má helst nefna varmaleiðni jarðvegs sem er almennt mun minni en t.d. í Danmörku [3][4].

Aðrir þættir sem hafa áhrif á mögulegar strenglagnir og lengdir þeirra snúa að áhrifum þeirra á rekstur raforkukerfisins. Þær tæknilegu áskoranir í rekstri sem fylgja lagningu jarðstrengja snúa að mestu að rýmd þeirra sem er margföld eða allt að 35 föld á við rýmd loftlína [5]. Rýmd er stærð sem reiknuð er út frá uppbyggingu og efniseiginleikum jarðstrengsins og er notuð til að reikna svokallaðan rýmdarstraum og launafl. Bein tengsl eru á milli launafls og spennu í raforkukerfinu.

Í stórum dráttum má segja að nokkrir takmarkandi þættir aukinnar rýmdar hafi áhrif á mögulega jarðstrengslögn og lengd í raforkukerfi en þeir sem eru oftast nefndir og helst eru takmarkandi eru [3][6][5], [M1]:

- Að spenna á opnum enda strengs við spennusetningu sé innan 110% af nafnspennu kerfis.
- Að spennuþrep við spennusetningu strengs sé ekki meira en 5%.

Þessar kröfur eru samkvæmt reglugerð nr. 1048/2004 um gæði raforku og afhendingaröryggi með síðari breytingum [10].

Aðrir þættir sem oft er þörf á að skoða í samhengi við auknar strenglagnir í raforkukerfum eru:

- Að spennubjöggun og/eða mögnun yfirtóna sé innan marka
- Að svipular yfirspennur séu innan marka.

Og jafnframt:

- Að undirsegulmögnun nálægra vinnslueininga, við eðlilegan kerfisrekstur, sé ekki meiri en 50% af hámarksgetu.

Síðasta atriðið snýr meira að því hvernig rekstri vinnslueininga er háttað hverju sinni og áhrif þess á launaflsflæði í kerfinu, sjá til dæmis [M1][M2] og [6] .

Eins og fyrr segir eru þeir þættir sem hvað mest er horft til varðandi takmörkun á lengdum jarðstrengja kröfur um rekstrarspennu og spennuþrep [5] og möguleika vinnslueininga á að gleypa launafl [M1][6].

Áhrif rýmdarstraums eða launafls á spennu í kerfinu kemur til vegna flæði hans í gegnum span (spólu) kerfisins og eru þau áhrifin hvað mest ef álag er lítið eða ekkert (sbr. opinn endi jarðstrengs sem er spennusettur). Þessi áhrif eru svo aftur háð því hve mikil rýmd er tengd kerfinu við spennusetningu og þar með hve rýmdarstraumurinn er stór. Því lengri sem strengurinn er því meiri er straumurinn og áhrifin.

Á sama hátt hefur það áhrif ef tengja á tvo eða fleiri strengi við ákveðið kerfi (stundum kölluð samlegðaráhrif). Oft má líta á það þannig að samkvæmt niðurstöðum greininga sé hægt að tengja ákveðið magn rýmdar eða magn launafls við kerfið og sé jafnframt ætlunin að tengja fleiri en einn streng við kerfið verður að skipta þeirri rýmd/launaflí á milli og velja lengdir strengjanna til samræmis. Í því sambandi verður að hafa í huga að magn launafls sem strengur framleiðir er spennuháð og sem dæmi framleiðir 1200 mm<sup>2</sup>, 6 km, 220 kV strengur svipað magn launafls og 630 mm<sup>2</sup>, 41 km langur, 66 kV strengur.

Vandamálið er því rýmd strengja og launafl sem veldur óæskilegri spennuhækkun bæði í spennusetningu strengsins og rekstri.

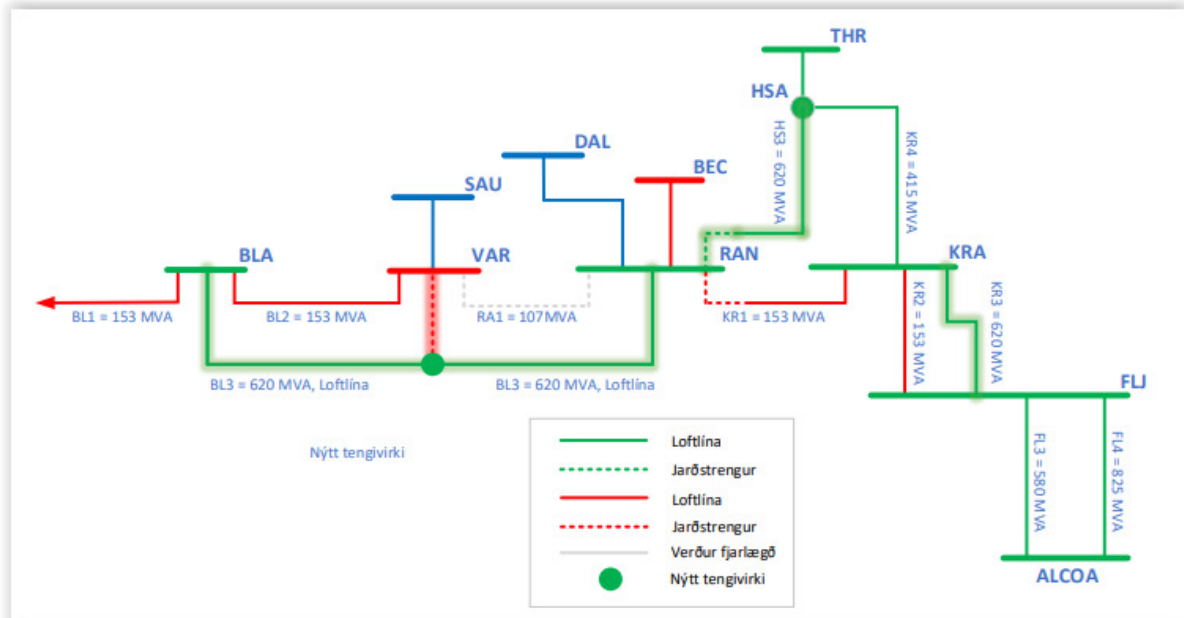
Áhrif aukins launafls er einnig háð því hversu sterkt raforkukerfið er þar sem strengurinn tengist. Þannig er sterkara kerfi betur í stakk búíð að takast á við rýmdarstraum í spennusetningum og í venjulegum rekstri. Í þessu sambandi verður að hafa í huga að íslenska raforkukerfið telst fremur veikt t.d. í samanburði við samtengt raforkukerfi Evrópu.

Ef við setjum þetta í samhengi við t.d. danska kerfið þá kemur fram í athugun þeirra á hámarkslendum strengja í nýjum háspennulínum [7] að miðað er við að lágmarki 2500 MVA tengingu en mest 20.000 MVA styrk kerfisins í þeirri athugun. Skammhlaupsafl íslenska kerfisins er að hámarki um 5000 MVA á Búrfellsvæðinu [M3] og á Rangárvöllum er skammhlaupsaflíð 1111 MVA og áætlað um 1300 MVA ef miðað er við framtíðaráform um tengingu suður til Hvalfjarðar [M3][8].

Hægt er að vinna á móti þessum rýmdaráhrifum og launaflí í kerfinu vegna jarðstrengs með því að tengja við hann spólu sem gleypir launaflíð frá strengnum. Þessi leið sem kölluð er launaflsútjöfnun er þó ekki möguleg nema að takmörkuðu leiti því ef meira en 50 % launaflsins sem strengurinn framleiðir er „jafnað út“ á þennan hátt verður til annað raffræðilegt vandamál sem kallað er á ensku „Zero – Missing“ Þetta vandamál lýsir sér þannig að við

spennusetningu strengsins fer straumurinn ekki í gegnum núllið (sem er nauðsynlegt til að geta rofið strenginn frá kerfinu) fyrr en eftir einhvern tíma sem aftur þýðir að hætta er á skemmdum á streng og rofabúnaði. Vegna þess er jafnan miðað við að launaflúttjöfnun sé ekki meiri en 50% við ákvörðun á lengd jarðstrengja [5][7][17].

### Íslenska raforkukerfið á norðurlandi og Blöndulína 3.



Mynd 1: Einlínuneynd af fyrirkomulagi raforkukerfis á norðurlandi samkvæmt drögum að kerfisáætlun Landsnets 2023 [8].

Á Íslandi hafa á undanförunum árum verið gerðar nokkrar athuganir og birtar skýrslur varðandi lagningu jarðstrengja í íslenska raforkukerfinu sem fjallað hafa m.a. um kostnað vegna þeirra, raffræðilegar eiginleika, rekstrarlega áskoranir og takmarkanir.

Þannig var gerð nokkuð ítarleg skýrsla árið 2015 varðandi strenglagnir í flutningskerfinu sem fjallaði um helstu þætti og takmarkanir jarðstrengja á hærri spennum [3]. Í þeirri skýrslu er farið yfir raffræðilegar áskoranir vegna jarðstrengja og tekinn nokkur dæmi varðandi lengdartakmarkanir í ákveðnum línnum sem uppi voru hugmyndir um að byggja. Þar er lína milli Rangárvalla og Kröflu tekinn sem dæmi og var niðurstaðan að hámarks lengd strengja á þeirri leið væri um 12 km og þá miðað við lagningu strengs næst Rangárvöllum.

Árið 2017 var gerð önnur athugun og var niðurstaðan birt í skýrslu [6] þar sem skoðað var hve langan streng hægt væri að leggja í Blöndulínu 3 milli Rangárvalla og Blöndu og var komist að þeirri niðurstöðu að hámarks lengd jarðstrengs á þeirri leið væri 10 km að teknu tilliti til hámarks 5% spennuþreps og 50% hámarks launaflsúttjöfnun. Bent var á að skammhlaupsaflið væri lítið á Rangárvöllum og var varað við að keyra þurfi þrjár vélar Blönduvirkjunar í hámarksundirsegulmögnun til að halda rekstrarspennu innan marka eða innan 110% gildis.

Í skýrslunni var jafnframt varað við því að væru fleiri strengir lagðir á 220 kV kerfinu, 12 km strengur í línu milli Rangárvalla og Hólasands og 15 km strengur í línu milli Kröflu og Fljótsdals væru samlegðaráhrifin mjög neikvæð og fyrirséð að rekstrarspennan á 220 kV

kerfinu yrði mjög há og kerfið viðkvæmt fyrir truflunum. Jafnframt var bent á að skammhlaupsafl kerfisins væri of lítið til að tryggja samtengdan rekstur allra línanna með fyrrgreindum strenglengdum. Forsenda fyrir samtengdum rekstri sé aukið skammhlaupsafl sem helst sé fengið með 220 kV tengingu við Kröflu og Fljótsdal og með tengingu suður til Hvalfjarðar.

Í september árið 2019 var gefin út skýrsla á vegum stjórnvalda þar sem fjallaði var um áhrif þess að aukið hlutfall flutningskerfis raforku á Íslandi verði lagt í jörðu [5]. Í skýrslunni var m.a. skoðuð hámarks lengd jarðstrengja við mismunandi stöðu íslenska kerfisins og ein þeirra var sviðsmynd 2 eða “220 kV styrking á Norðurlandi”. Þar var komist að þeirri niðurstöðu að hámarklengd strengs í línu milli Rangárvalla og Blöndu væri á bilinu 4.4 – 7.2 km háð því hvar strengurinn væri staðsettur á línuleiðinni. Jafnframt var bent á neikvæð samlegðaráhrif af lagningu fleiri strengja og tekið sem dæmi að væri búið að leggja 11,9 km streng í línu milli Rangárvalla og Hólasands, Hólasandslínu 3, hefði það þau áhrif að hámarks lengd strengs sem hægt væri að leggja í Blöndulínu 3 væri minna eða á bilinu 3.7 – 5.5 km háð staðsetningu.

Í sviðsmynd 3 í sömu skýrslu „ 220 kV hringtenging “ var komist að þeirri niðurstöðu að hámarks lengd strengs í Blöndulínu 3 væri 8.9 – 12 km. Jafnframt var komist að þeirri niðurstöðu að sé miðað við að kominn sé 11.9 km strengur á Hólasandslínu 3 er hámarkið á bilinu 5.4 – 8.4 km eða aðeins lengra en í fyrri sviðsmynd. Ástæða þess að hægt er að leggja lengri streng samkvæmt þessari sviðsmynd er að kerfið mun styrkjast við lagningu fyrirhugaðra 220 kV lína suður í Hvalfjörð.

### **Staðan í íslenska kerfinu í dag.**

Búið er að leggja línu milli Rangárvalla og Hólasands, Hólasandslínu 3, þar sem 10 km strengur var lagður næst Rangárvöllum. Eins var Kröflulína 1 sem er 132 kV lína lögð í streng á sama 10 km kafla næst Rangárvöllum. Þá er búið að leggja Sauðárkrókslínu 2 sem streng. Búið er að leggja nýja Kröflulínu milli Kröflu og Fljótsdals og hefur kerfið á norðurlandi styrkst við það og er skammhlaupsaflíð nú um 1111MVA.

Mat Landsnets á stöðunni í dag, samkvæmt minnisblaði [M1] frá 22.09.2021, er að eigi að vera hægt að leggja Dalvíkurlínu 2 í jarðstreng er hámarks lengd jarðstrengs í Blöndulínu 3, 3 km. Bent er á að verði þessir 3 km af streng lagðir í Blöndulínu 3 kæmi það í veg fyrir að 66 kV, Dalvíkurlína 1, sem er 39 km og 66 kV, Sauðárkrókslína 1, sem er 25 km verði lögð í streng.

Í minnisblaði Landsnets er gengið út frá að fram að þessu hafi verið miðað við að strengur gæti ekki orðið lengri en 4 -7 km. Miðar greiningin við 6 km streng í Blöndulínu 3 annars vegar og hins vegar við 3 km langan streng í Blöndulínu 3 ásamt 66 kV Dalvíkurlína 2 í jörð. Í minnisblaðinu kemur fram að gert er ráð fyrir að 132 kV, 15 km strengur tengi Varmahlíð við Blöndulínu 3 um 132/220 kV spennu um 20 km frá Blöndu.

Í minnisblaði Landsnets frá 16.01.2023 [M2] er gerð frekari grein fyrir þessari niðurstöðu og farið nánar út í útreikninga og hermanir á kerfinu eins og það er í dag. Að auki eru skoðuð áhrifin af mögulegri styrkingu kerfisins (tenging suður í Hvalfjörð og tilkoma þriðju vélar á Þeistareykjum.)

Niðurstöður þessa minnisblaðs staðfesta fyrri niðurstöðu um að með 3 km streng í Blöndulínu 3 og strenglagningu Dalvíkurlínu 2 er ekkert frekara svigrúm til strenglagna á 220 kV í kerfinu á Norðurlandi.

Þá kemur fram að með lagningu bæði Dalvíkurlínu 1 og Sauðárkrókslínu 1 í streng sé hæpið að hægt verði að leggja streng í Blöndulínu 3. Ef miðað er við 1 km jarðstreng í Blöndulínu 3 er kerfið mjög þanið og á mörkum þess að vera rekstrarhæft vegna hárrar spennu.

Á fundi með Akureyrarbæ í byrjun maí [9] kom fram í kynningu Landsnets að nokkur reynsla væri komin af rekstri Hólasandslínu 3 þar sem rekstrar spennan kerfisins sé mjög há að staðaldri og mjög nálægt þolmörkum 220 kV búnaðar. Þá séu rekstrartruflanir vegna hárrar spennu vandamál og ljóst sé að kerfið sé mjög viðkvæmt. Í samanburði við fyrri niðurstöður er bent á að þær niðurstöður hafi verið byggðar á hermunum og útreikningum en hér sé um raunverulega stöðu á kerfinu að ræða og ástæða til að „staldra við“ eins og það er orðað.

Í drögum að kerfisáætlun Landsnets sem kom út nú í vor er það tíundað að „*Núna er komin nokkurra mánaða reynsla á rekstur flutningskerfisins með jarðstrengi í Hólasandslínu 3 og Kröflulínu 1. Rekstur kerfisins hefur ekki gengið áfallalaust fyrir sig. Spenna í eðlilegum rekstri er mjög há og nálægt öryggismörkum og því afar lítið svigrúm til að bregðast við komi upp truflanir í kerfinu. Áhrifa þessarar háu spennu gætir allt austur að Þeistareykjum og veldur erfiðleikum við rekstur Þeistareykjavirkjunar. Viðbúið er að ástandið á Rangárvöllum verði viðvarandi þar til komin er 220 kV tenging frá Rangárvöllum og suður í Hvalfjörð. Það er óhætt að fullyrða að frekari strenglagnir á 220 kV spennu á Norðurlandi muni stefna rekstraröryggi kerfisins í hættu. Staðan er sú að það þarf að forgangsraða með því að leggja lægri spennustigin í jörðu samanber stefnu stjórnvalda eins og er rætt í kafla 3.2.1..”[8]*

### Samantekt

Ljóst er að möguleikar á jarðstrengslögnum á hærri spennu í flutningskerfi raforku eru takmarkaðir. Þessar takmarkanir eru háðar spennustigi og orðnar verulegar þegar komið er yfir 132kV spennu. Dæmi um athuganir og umfjöllun um slíkt má m.a. finna í skýrslum frá Danmörku og Írlandi [7] [11] og skýrslu sem var gerð á vegum stjórnvalda [5]

Á Íslandi hafa verið gerðar athuganir á mögulegum jarðstrengslögnum í flutningskerfinu sem fyrir hafa verið nefndar [3][6][5].

Ef skoðaðar eru niðurstöður þessara skýrslna um mögulegar strenglagnir á Norðurlandi er samhljómur í þeim þar sem í eldri skýrslum er talað um að hægt sé að leggja að hámarki 10 – 12 km langan streng í 220 kV kerfinu [3][6] og allt að 8 km í skýrslu sem var gerð á vegum stjórnvalda árið 2019 [5].

Í öllum þessum athugunum er bent á að takmarkandi þáttur er veikt kerfi (lágt skammhlaupsafl) á Norðurlandi sem sé þess vegna illa í stakk búíð að bregðast við auknu launafslæði vegna mögulegs nýs 220 kV strengs í Blöndulínu 3.

Þá kemur fram í þessum skýrslum að vegna veiks kerfis þá sé það spennuþrepið, sem verður við spennusetningu nýs strengs, takmarkandi þáttur við mat á lengdum einstakra strengja í kerfinu. Þá er janframt varað við ákveðnum samlegðaráhrifum séu fleiri en einn þessara strengja tengdir við flutningskerfið á Norðurlandi [6][5]. Þetta þýðir að lagning eins strengs í kerfinu á Norðurlandi geti haft áhrif á mögulegar lengdir seinni strenglagna í sama kerfi. Ekki var alltaf tekið tillit til þessara samlegðaráhrifa við mat á mögulegum strenglengdum í þessum skýrslum t.d. í [6].

Þessi samlegðaráhrif koma samkvæmt þessum skýrslum helst fram í hærri rekstrarspennu þegar viðkomandi strengur er kominn í rekstur enda gert ráð fyrir að nálægar framleiðslueiningar séu undirsegulmagnaðar (gleypi launafl) að því marki sem mögulegt er.

Samkvæmt niðurstöðum skýrslunnar frá árinu 2019 [5] þar sem tekið er tillit til þessara samlegðaráhrifa vegna 11.9 km langs streng í Hólasandslína 3 er metið að hámarkslengd nýs strengs í Blöndulína 3 sé um 3.7 – 5.5 km háð staðsetningu.

Í minnisblöðum Landsnets frá september 2021 og janúar 2023 [M1][M2] er staðan tekin og metin út frá fyrirliggjandi gögnum og breytingum sem orðið hafa á kerfinu frá árinu 2019. Í byrjun er gengið út frá því að mögulegt sé að leggja 4 – 7 km langan streng í Blöndulínu 3 í samræmi við niðurstöðu í [5]. Í fyrra minnisblaðinu er komist að þeirri niðurstöðu að miðað við stöðuna sé 6 km langur strengur í Blöndulínu 3 algert hámark þar sem 110% rekstrarspenna er takmarkandi þáttur. Þá er í minnisblaðinu komist að því, vegna samlegðaráhrifa, að eigi að vera hægt að koma Dalvíkurlínu 2 streng þá væri ekki hægt að leggja nema 3 km streng í Blöndulínu 3. Þá er tekið fram að ef 3 km strengur verði lagður í Blöndulínu 3 þá hefði það mjög neikvæð áhrif á mögulega streng lagningu á Dalvíkurlínu 1 og Sauðárkrókslínu 1 og gæti jafnvel komið alfarið í veg fyrir strenglagningu þessara lína.

Þessi niðurstaða Landsnets er mjög eðlileg því ef borin er saman launaflsframleiðsla 220 kV strengja og 66 kV þá samsvarar framleiðsla 3 km strengja í Blöndulínu 3 (tvö sett af strengjum) nokkurn veginn launaflsframleiðslu fyrirhugaðrar Dalvíkurlínu 2 (sé miðað við 630 mm<sup>2</sup> og 41 km langan streng þar). Á sama hátt ef borin er saman launaflsframleiðsla mögulegs strengs í Dalvíkurlínu 1 (sé miðað við 630 mm<sup>2</sup> og 39 km langna streng þar) og Sauðárkrókslínu 1 (sé miðað við 400 mm<sup>2</sup> og 25 km langan streng þar) er framleiðsla þeirra saman sambærileg eða ívið meiri en framleiðsla 3 km, 220 kV strengs í Blöndulínu 3.

Í seinna minnisblaðinu [M2] kemur sama niðurstaða Landsnets fram þar sem aðrir mögulegir áhrifaþættir svo sem þriðja vél í Þeistareykjum og framtíðar tenging suður er skoðuð. Niðurstaðan er sem fyrr að hægt er að leggja 3 km af streng í Blöndulínu 3 ef tekið er mið af lagningu Dalvíkurlínu 2 alfarið i jörð en það sé tæplega hægt að leggja streng í Blöndulínu 3 ef leggja á Dalvíkurlínu 1 og Sauðárkrókslínu 1 í jörðu. Ef miðað er við að tenging suður sé kominn þá aukast möguleikarnir og komist að því að um 5km streng væri hægt að leggja í Blöndulínu 3 .

Bent er á að vegna samlegðaráhrifa af lagningu þessara strengja í kerfinu á Norðurlandi þá verði rekstrarspenna kerfisins há og daglegur rekstur erfiður. Landsnet hefur bent á þetta á öðrum vettvangi bæði í drögum að Kerfisáætlun [8] og á fundi með Akureyrarbæ [9].

Tekið er undir þessar niðurstöður Landsnets í fyrrgreindum minnisblöðum frá árunum 2021 og 2023 enda eru þær í fullu samræmi við aðrar athuganir varðandi lagningu jarðstrengja í flutningskerfi raforku, tæknilegar takmarkanir og rekstrarlegar áskoranir vegna þeirra.

Sérstakt tillit verður að taka til þess að kerfið á Norðurlandi er veikt og skammhlaupsafl á Rangárvöllum, aðeins um 1100 MVA og áætlað um 1300 MVA við framtíðar tengingu suður til Hvalfjarðar. Þá eru möguleikar framleiðslueininga á svæðinu til þess að koma á ásættanlegu launaflsjafnvægi (gleypa launafl) takmarkaðir vegna þess hve fáar þær eru. Möguleikar á að draga úr samlegðaráhrifum jarðstrengslagna (áhrifum þeirra strengja sem fyrir eru) eru því afar takmarkaðir sem aftur veldur enn hærri rekstrarspennu við tilkomu nýs strengs. Aðrar strenglagningar við núverandi kerfi takamarkast því við háa rekstrarspennu kerfisins eins og raunin

er núna þegar skoðaðir eru möguleikar á frekari tengingu jarðstrengja á svæðinu og ákvörðun jarðstrengslengda í Blöndulínu 3.

Hægt væri að draga úr launaflsflæði í kerfinu með byggingu spennustýrðs launaflsvirkis (eða í tilviki eins og þessu spóluvirkis sem myndi gleypa launafl) á Rangárvöllum. Slíkt launaflsvirki er þegar í kerfi Landsnets á Klafastöðum í Hvalfirði og hefur það verið í rekstri síðan árið 2013. Ef forsendur væru fyrir byggingu slíks launaflsvirkis gæti það dregið að hluta eða öllu leiti úr umræddum samlegðaráhrifum jarðstrengja sem tengdir væru við Rangárvelli og nálæg kerfi. Áhrif slíks launaflsvirkis á mögulegar lengdir jarðstrengja í Blöndulínu 3 virðist ekki hafa verið skoðuð en gæti mögulega breytt niðurstöðunni þar sem dagleg rekstrarspenna og 110 % efri mörk við spennusetningu væri að öllum líkindum ekki lengur takmarkandi þáttur. Áhrif á mögulegar strenglengdir eru ekki ljósar. Ítarlegri greining þyrfti að fara fram til að meta slíkt.

Eins og komið hefur fram áður er einnig hægt að hafa áhrif á launaflsflæði vegna strengja í kerfinu með því að útjafna framleiðslu strengsins umfram þau 50 % sem miðað er við í niðurstöðum [3][6][5]. Vandamálið sem þá er við að eiga er svokallaða „Zero- miss“ vandamálið en aðferðir til að takast á við það snúast að mestu um fjölgun aflrofa og tímastýringar þar sem spóla og strengur eru t.d. ekki spennusett samtímis [17]. Fram að þessu hafa þessar aðferðir verið metnar af rekstraraðilum of flóknar og ekki nægilega áreiðanlegar til að byggja á, sjá til dæmi umfjöllun í [7] og [5].

### Niðurstaða

Tekið er undir niðurstöður Landsnets sem koma fram í minnisblöðum frá árunum 2021 og 2023 um afar takmarkað svigrúm til að leggja streng í Blöndulínu 3. Eru þær niðurstöður í fullu samræmi við aðrar athuganir sem hafa verið gerðar á undanförunum árum á mögulegum strenglögnum í 220 kV flutningskerfinu á Norðurlandi. Helsta ástæðan er veikt flutningskerfi á þessu svæði sem hefur takamarkaða getu til að takast á við aukið launaflsflæði vegna nýrra strengja. Nú þegar hafa nokkrir strengir verið tengdir við kerfið t.d. í Hólasandlínu 3 og í Kröflulínu 1. Aukið launaflsflæði vegna þessara tenginga veldur hárrí rekstrarspennu sem er nú þegar orðið verulegt vandamál í daglegum rekstri. Núverandi há rekstrarspenna á svæðinu undirstrikar vandamálið sem við er að eiga.

Ef forsendur væru fyrir byggingu launaflsvirkis á Rangárvöllum, til dæmis vegna núverandi hárrar rekstrarspennu á svæðinu, er mögulegt að svigrúm til strenglagna á Norðurlandi yrði meira. Ekki er ljóst hve mikið það svigrúm er og þyrfti ítarlegri greining að fara fram þar sem samspil flutningskerfisins og möguleg útfærsla slíks launaflsvirkis væri skoðuð.

**Heimildir.**

**Minnisblöð:**

[M1] Minnisblað *Áhrif Dalvíkurlínu 2 (66 kV jarðstrengur) á mögulega jarðstrengslengd í Blöndulínu 3*, Landsnet 2021

[M2] Minnisblað *Meginflutnings- og svæðisbundnu flutningskerfin á Norðurlandi – innbyrðis áhrif jarðstrengslagna*, Landsnet 2023

[M3] Minnisblað : *Samantekt á nokkrum tæknilegum atriðum vegna mata á umhverfisáhrifum Blöndulínu 3*. Landsnet 17.02.2021

**Aðrar heimildir:**

[1] ENERGISEKTORENS HISTORISKE OMSTILLING OG BETYDNING FOR DANMARK UDARBEJDET AF QUARTZ+CO JANUAR 2015

[2] RARIK, Aðgengilegt : <https://www.rarik.is/timalina> (skoðað 25.06 2023).

[3] High Voltage Underground Cables in Iceland - Research project concerning options and cost for 132 kV and 220 kV underground cables for different system and ground conditions. General discussion and study of three different cases. Landsnet 2015.

[4] Comparison of High Voltage Cables with Existing Overhead Lines to Increase Energy Security in the Westfjords of Iceland, METSCO Energy Solutions, 2017

[5] Jarðstrengir í flutningskerfi raforku - Takmarkanir og áhrif notkunar jarðstrengja á hæstu spennustigum flutningskerfa raforku - Rannsóknar- og greiningarverkefni Hjörtu Jóhannsson, september 2019

[6] Jarðstrengslengdir í meginflutningskerfinu Mat á mögulegum jarðstrengslengdum í nýju 220 kV flutningskerfi á Norðurlandi Kerfisgreining, Landsnet 2017 .

[7] TECHNICAL ISSUES RELATED TO NEW TRANSMISSION LINES IN DENMARK West Coast Line from German border to Endrup and Endrup-Idomlund, Energinet Denmark 2018.

[8] KERFISÁÆTLUN LANDSNETS 2023-2032 LANGTÍMAÁÆTLUN UM ÞRÓUN FLUTNINGSKERFIS RAFORKU DRÖG, Landsnet 2023.

[9] Kynning Landsnets - Blöndulína 3, Fundur með bæjarstjórn Akureyrar 5. maí 2023

[10] Reglugerðarsafn: <https://www.reglugerd.is/reglugerdir/eftirraduneytum/idnadarraduneyti/nr/7565>, skoðað 19 júní 2023

[11] Cable Studies for Grid West, EirGrid 2015

[12] KABELHÁNDBOGEN AC – Kabelanlæg 132 – 400 kV: Energinet 2018.

[13] Aðgengilegt : <https://www.stjornarradid.is/library/01--Frettatengt---myndir-og-skrar/ANR/ANR--Raflinur-i-jord/33-Underground-high-voltage-cables-Leonardo.pdf>, Skoðað 25.06.2023

[14] XLPE Land Cable System Users Guide, ABB rev 5.



[15] Aðgengilegt : [https://www.nationalgrid.com/sites/default/files/documents/39111-Undergrounding\\_high\\_voltage\\_electricity\\_transmission\\_lines\\_The\\_technical\\_issues\\_INT.pdf](https://www.nationalgrid.com/sites/default/files/documents/39111-Undergrounding_high_voltage_electricity_transmission_lines_The_technical_issues_INT.pdf), skoðað 25.06.2023

[16] Undergrounding high voltage electricity transmission lines: National Grid UK.

[17] Hossein Khalilnezhad et. al. „Countermeasure of Zero-Missing Phenomenon in (E)HV Cable Systems“ IEEE Transactions of Power Delivery 2018.

**Viðauki A.**

**From:** Magni Þ. Pálsson <[magnip@landsnet.is](mailto:magnip@landsnet.is)>  
**Sent:** 29 June 2023 08:58  
**To:** Ragnar Kristjánsson <[ragnark@ru.is](mailto:ragnark@ru.is)>  
**Cc:** Sæunn Kolbrún Þórólfsdóttir <[saeunnkth@skagafjordur.is](mailto:saeunnkth@skagafjordur.is)>; Hlín Benediktsdóttir <[hlin@landsnet.is](mailto:hlin@landsnet.is)>  
**Subject:** RE: Fundur v strenglengda í BL3

Sæll Ragnar,

Sjá mín svör með rauðu (feitu) skáletri hér að neðan.

Kveðja,

Magni

**Magni Pálsson**

Verkefnastjóri rannsókna / Program Manager for R&D  
Viðskipta- og kerfispróun / Market and System Development  
Tel / Sími +354 563 9437 / Mobile / Gsm. +354 856 9313 / [magnip@landsnet.is](mailto:magnip@landsnet.is)

**LANDSNET**

[www.landsnet.is](http://www.landsnet.is) / [www.facebook.com/landsnet](https://www.facebook.com/landsnet) / [www.linkedin.com/company/landsnet](https://www.linkedin.com/company/landsnet) /  
[www.instagram.com/landsnet](https://www.instagram.com/landsnet)

**From:** Ragnar Kristjánsson <[ragnark@ru.is](mailto:ragnark@ru.is)>  
**Sent:** Wednesday, June 28, 2023 4:27 PM  
**To:** Magni Þ. Pálsson <[magnip@landsnet.is](mailto:magnip@landsnet.is)>; Hlín Benediktsdóttir <[hlin@landsnet.is](mailto:hlin@landsnet.is)>; Sæunn Kolbrún Þórólfsdóttir <[saeunnkth@skagafjordur.is](mailto:saeunnkth@skagafjordur.is)>  
**Subject:** Fundur v strenglengda í BL3

**Athugið** að sendandi tölvupóstsins er utan Landsnets. Ekki smella á tengla eða opna viðhengi nema þú þekkir sendandann og veist að innihaldið er öruggt.

Sæl öll,

Hér koma punktarnir frá fundinum í gær eins og við ræddum. Vinsamlegast staðfestið ef þið hafið engar athugasemdir.

Bestu Kveðjur

Ragnar

Fundur með Landsneti 27/6 2023

Þær upplýsingar sem voru ræddar, komu fram eða voru staðfestar á fundi með Landsneti 26/6 2023 voru eftirfarandi :

- 1) Alltaf er gert ráð fyrir tvöföldu strengsetti 2 x 1600mm<sup>2</sup>, 220 kV við mat á strenglengd í BL3 með þeirri undantekningu að skoðuð var útfærsla á 1km löngum streng næst Akureyri .  
**Staðfest**
- 2) Möguleg lengd strengja í BL3 var metinn í minnisblöðum Landsnets dagsettum 22.09.2021 og 16.01.2023 út frá rekstrarspennu kerfisins eins og hún var áætluð á hverjum tíma. Ekki var miðað við ákveðið fast gildi spennu kerfisins fyrir spennusetningu né gert ráð fyrir að mögulegt væri að stilla hana sérstaklega fyrir spennusetningu strengs. Lengdartakmarkanir

voru svo metnar út frá 110 % efri mörkum á rekstrarspennu á opnum strengenda eftir spennusetningu. **Staðfest**

- 3) Ekki var gert ráð fyrir spennustýrðu Launafsvirki á Rangárvöllum við mat á mögulegum strenglengdum í BL3 í minnisblöðum Landsnets. **Staðfest**
- 4) Frekari gögn um flutningskerfið á Norðurlandi sem komu fram eða voru staðfest á fundinum eru samkvæmt eftirfarandi:

Nafn	Strengur lengd [km]	Spenna [kV]	Stærð [mm <sup>2</sup> ]	Útjöfnun [%/ MVar]
Dalvíkurlína 1	39	66 eða 132	630 áætlað	? <b>50%</b>
Dalvíkurlína 2	41	66	630	? <b>50%</b>
Sauðárkrókslína 1	25	66 eða 132	400 áætlað	? <b>50%</b>
Sauðárkrókslína2	25	66	400	2 MVar
Mælifellsá-Varmahlíð	15	132	1200	50%
Strengur KR1	10 /eitt sett	220/ rekinn á 132	1600	0 %
Hólasandslína 3	10 /eitt sett	220	1600	50 % / um 18 MVar
Strengur BL3 –		220	1600	50 %

- 5) Skammhlaupsafl á Norðurlandi er samkvæmt minnisblaði Landsnets frá 17.02.2021 í töflu 2.1 þar sem tekið er mið af að tenging Hólasandslínu 3 austur að Hólasandi og áfram um nýja Kröflulínu til Fljótsdals sé komin í rekstur. Gildi skammhlaupsafls er gefið upp með og án „ Vesturvængs“ þ.e. framtíðar tengingu suður til Hvalfjarðar. **Staðfest**

Tafla 2.1 – Áhrif Vesturvængsins á skammhlaupsafl á Norðurlandi

	BLA132	BLA220	RAN132	RAN220
Án Vesturvængs	1369	1002	960	1111
Með Vesturvæng	1547	1503	1061	1309
Aukning	13%	50%	11%	18%