

**ÁHRIF STÆKKUNAR LJÓSAFOSSTÖÐVAR  
Á AFL OG ORKUVINNSLU SOGSKERFISINS  
1964 - 1970**

**ORKUSPÁ OG REKSTRARATHUGUN**

Eftir

Hauk Pálmason og Jakob Björnsson verkfræðinga

Reykjavík, ágúst 1964

Áhrif stækkunar Ljósafossstöðvar  
á afl og orkuvinnslu Sogskerfisins  
1964-1970

Orkuspá og rekstrarathugun

Eftir

Hauk Pálmason

og

Jakob Björnsson

verkfræðinga

Reykjavík, ágúst 1964

## E f n i s y f i r l i t

1. Inngangur og niðurstöður.
2. Álag og orkuvinnsluþörf Sogskerfisins 1964-1970.
3. Skipting orkuvinnslunnar á aflstöðvar og áhrif stækkunar Ljósafoss á hana.
4. Möguleg vinnsla afgangsortku í Sogi og áhrif stækkunar Ljósafoss á hana.
5. Hugsanlegar leiðir til að auka afl Sogskerfisins.
6. Rekstraröryggi Sogsstöðvanna og áhrif stækkunar Ljósafoss á það.

Töflur:

1. Áætlað álag á Sogskerfið 1964-1970 og samanburður við uppsett vélaafli ef Ljósafoss er ekki stækkaður.
2. Skipting áætlaðrar orkuvinnslu Sogskerfisins 1964-1970, og áhrif stækkunar Ljósafoss á hana.
3. Útreikningur á vinnslu raforku til almennra nota á Suðvesturlandi utan Vestmannaeyja 1955-1963.
4. Áætlað álag og vinnsluþörf Sogskerfisins 1964-1970.
5. Áætluð skipting orkuvinnslu Sogskerfisins 1964-1970 á vatn og eldsneyti.

Myndir

1. Skýringamynd af skiptingu orkuvinnslu Sogskerfisins á vatn og eldsneyti.
2. Langæislína almenningsveitna í veitukerfi Sogsins 1963 og samsvarandi hlutfallslína afls og orku.

## 1. Inngangur og niðurstöður

Í greinargerð þessari er tekið til athugunar hvaða áhrif það hefði á getu Sogskerfisins til að fullnægja eftirspurninni eftir rafafli og raforku á árunum 1964-1970, að bæta við nýrri vélasamstæðu í Ljósafossstöðina, 7,2 MW að ástimpluðu aflri á rafala, þannig að heildarafli allra Sogsstöðvanna yrði 96 MW í ástimplun. Með "Sogskerfi", er alls staðar átt við það kerfi, sem myndað er af aflstöðvunum við Sog og Elliðaár og háspennulínunum þar á milli.

Í þessu skyni er fyrst gerð afl- og orkuspá fyrir Sogskerfið fram til 1970. Því næst er áætluð aflþörf borin saman við uppsett afl á kerfinu, með og án stækkunar Ljósafoss. Þessi samanburður er bæði gerður við venjulegar kringumstæður, þ.e. allar vélasamstæður starfhæfar, og einnig með stærstu vélina í Írafossi óstarfhæfa, vegna bilana eða af öðrum ástæðum, svo sem vegna ístruflana.

Þá er athuguð skipting orkuvinnslunnar á vatnsaflsstöðvarnar annarsvegar og Varastöðina hins vegar, með og án stækkunar Ljósafoss. Fæst á þann hátt fram hver áhrif stækkunin hefur á orkuvinnslu vatnsaflsstöðvanna.

Áhrifin á vinnslu afgangorku fyrir Áburðarverksmiðjuna eru einnig athuguð.

Niðurstöður þessara athugana má draga saman þannig í stuttu máli, en þær eru að öðru leyti að finna í töflum 1 og 2 aftast í greinargerðinni:

- (1) Ef Ljósafoss er ekki stækkaður getur afl Sogskerfisins við venjulegar kringumstæður, þ.e. ef allar aflvélar eru starfhæfar á toptíma, annað álaginu fram til 1968 eða 1969 eftir því hvort reiknað er með 7% eða 6% vexti álagsins á ári.

Aflið endist einu ári skemur ef gert er ráð fyrir að stærsta vél kerfisins sé óstarfhæf á toptíma, enda sé álagi Keflavíkurflugvallar og Vestmannaeyja létt af Sogskerfinu í slíkum neyðartilvikum.

Sé Ljósafoss stækkaður endist aflið einu ári lengur en að framan er talið.

- (2) Þegar kemur fram á 1966-1967 verður bilið milli álagsins á Sogskerfið samkvæmt þeirri álagsspá, sem hér er gengið út frá, og vélaafli þess, sem kerfið hefur yfir að ráða, orðið minna en svo að forsvaranlegt geti talizt. Verður að telja varlegra að hafa þá bætt við nokkru afli umfram þá aflviðbót sem felst í þeirri stækkun Varastöðvarinnar, sem nú er ákveðin.
- (3) Stækkun Ljósafossstöðvar eykur orku þá, sem vinna má úr vatni um 9-12 GWh árið 1968 og 17-21 GWh árið 1970, eftir því hve hratt orkuþörfin vex á tímabilinu 1964-1970.
- (4) Fram til 1968 kemur mestur hluti þess orkuávinninga, sem stækkun Ljósafoss hefur í för með sér, fram í aukinni vinnslu afgangsortku. Aukningin er mest á því ári, 8-10 GWh. Eftir 1968 kemur allur orkuávinningurinn af stækkuninni fram í sparnaði í orkuvinnslu með eldsneyti; eftir þennan tíma er ekki um neina vinnslu afgangsortku í Sogi að ræða, fyrr en ný grunnorkustöð tekur til starfa á Suðvesturlandi.
- (5) Stækkun Ljósafossstöðvarinnar myndi að því er bezt verður séð, draga úr hættunni á ístruflunum hjá Írafossi. Taka þyrfti til athugunar með hverjum hætti Sogsstöðvarnar, og þá fyrst og fremst Írafoss og Ljósafoss, verði bezt gerðar öruggar gagnvart slíkum truflunum, og það hvort sem Ljósafoss er stækkaður eða ekki.

## 2. Álag og orkuvinnsluþörf Sogskerfisins 1964-1970

Álag og orkuvinnsluþörf Sogskerfisins á næstu árum er áætluð með hliðsjón af vextinum undanfarin ár, eða á tímabilinu 1955-1963. Fyrir þann tíma gætir enn áhrifa af orkuskorti þeim, sem gerði vart við sig áður en Írafossstöðin tók til starfa; því þótti ekki rétt að láta athugunina ná lengra aftur í tímann.

Til þess að eðlilegur samanburður fái stá á vexti álags og orkuvinnslu á undanförunum árum og í framtíðinni er nauðsynlegt að undanskilja í vaxtarathuguninni þá hluta Sogsálagsins, sem af tæknilegum eða öðrum ástæðum geta ekki vaxtið, a.m.k. ekki óhindrað. Hér er um að ræða álag Keflavíkurflugvallar, sem stærð riðbreytistöðvarinnar á flugvellinum takmarkar við 6,5 MW, reiknað í orkuveri; álag Vestmannaeyja á Sogskerfið, sem flutningsgeta línunnar austur á Hvolsvöll takmarkar við 1,5 MW eða svo og loks grunnálag Áburðarverksmiðjunnar, sem telja má 3,4 MW, reiknað í orkuveri. Gengið er út frá þessum álagstölum óbreyttum á tímabilinu 1964-70, sem vitaskuld þýðir að ekki er reiknað með stækkun riðbreytistöðvarinnar, né aukningu á flutningsgetu Suðurlandskerfisins né stækkun Áburðarverksmiðjunnar á umræddu tímabili.

Þar eð Sogskerfið er nú tengt með öflugri línu við Andakílskerfið er eðlilegt að gera ráð fyrir að öll aukningin á Andakílsvæðinu komi á Sogskerfið, umfram það sem Andakílsárverkjun annar.

Í athuguninni á vextinum undanfarin ár er leitað að hlutfallslegum árlegum meðalvexti, eða meðalvaxtarprósentu á ári. Af þeim sökum er eðlilegra að taka alla notkunina á Andakílsvæðinu með í vaxtarathugunina, en ekki aðeins þann hluta, sem kemur á Sogskerfið, því að sá hluti sem kemur á Andakíl vex ekki í framtíðinni, heldur verður nokkurnveginn óbreyttur. Ef gengið væri út frá aðeins þeim hluta, sem nú kemur á Sogskerfið og hann

margfaldaður með vissum árlegum vaxtarstuðli gæfi það lægri útkomu en rétt er.

Í samræmi við þetta var í vaxtarathuguninni gengið út frá eftirfarandi:

1. Álagi og orkuvinnslu Sogskerfisins vegna almenningsveitna árin 1955-1963 eins og þau eru gefin upp árlega af Sogsvirkjuninni.
2. Bætt er ofan á þetta 7% fyrir flutningstöpum og stöðvarnotkun og fást þá tölur, sem eiga að gilda í orkuveri.
3. Frá þessu er dregið álag og orkusala um riðbreytistöðina, samkv. skýrslum RARIK, að viðbættum 10% fyrir töpum.
4. Ennfremur er dregið frá álag og orkusala til Vestmannaeyja að töpum meðtöldum.
5. Loks er dregið frá 3,4 MW og 29,8 GWh grunnálag og grunnorka Áburðarverksmiðju, reiknað í orkuveri.
6. Við er bætt álagi og orkuvinnslu Andakílsársvirkjunar skv. skýrslum hennar.

Útkoman úr þessu er það sem kalla mátti álag og orkuvinnslu vegna almennrar notkunar á Suðvesturlandi utan Vestmannaeyja (þ.e. bæði Keflavíkurflugvöllur og Áburðarverksmiðjan eru undanskilin).

Þessir útreikningar eru sýndir í töflu 3 aftast í þessari greinargerð.

Sem vænta mátti er vöxturinn nokkuð breytilegur frá ári til árs á þessu tímabili (1955-1963), en þegar sveiflur einstakra ára hafa verið jafnaðar út fást eftirtaldar vaxtarkúrfur:



Fyrir orkuvinnslunar:

$$W = 184,0 \cdot 1,065^{(N-1954)} \quad \text{GWh}$$

Fyrir álagið

$$P = 46,6 \cdot 1,046^{(N-1954)} \quad \text{MW}$$

Táknar N hér ártalið.

Þetta þýðir, að orkuvinnslan hefur vaxið um 6,5% á ári að meðaltali á tímabilinu, en álagið um 4,6% eða mun hægar. Þessi niðurstaða er í samræmi við það, að nýtingartíminn hefur farið vaxandi á undanförunum árum.

Þegar áætla skal orkuvinnslu og álag fram í tímann kemur auðvitað til álita hvort reikna skuli með sama vaxtarhraða og verið hefur, eða ekki. Varðandi orkuvinnsluna má telja að vaxtarhraðinn undanfarin 9 ár, 6,5% á ári, sé nokkurnveginn "eðlilegur", en vaxtarhraði álagsins hins vegar óvenjulega hægur. Niðurstaðan varð, hvað orkuvinnslunni viðkemur, að reikna með tvennskonar vaxtarhraða fyrir tímabilið 1964-1970, 6% og 7% á ári. Má telja líklegt að hinn raunverulegi vöxtur verði einhversstaðar þarna á milli. Varðandi álagið þótti hins vegar óvarlegt að reikna með óbreyttum vaxtarhraða, 4,6%, sem myndi þýða, að nýtingartíminn héldi stöðugt áfram að lengjast. Varð því að ráði að gera ráð fyrir að nýtingartíminn væri nokkurnveginn staðnaður og myndi haldast óbreyttur á tímabilinu fram til 1970. Þetta þýðir, að álagið vex með sama hraða og orkuvinnslan.

Fyrir tímabilið 1964-1970 er því reiknað með eftirtöldum vaxtarkúrfum:

Miðað við 6% vöxt á ári:

$$\text{Orkuvinnsla } W = 324,0 \cdot 1,06^{(N-1963)} \quad \text{GWh}$$

$$\text{Álag } P = 69,7 \cdot 1,06^{(N-1963)} \quad \text{MW}$$

Miðað við 7% vöxt á ári:

$$\text{Orkuvinnsla } W = 324,0 \cdot 1,07^{(N-1963)} \quad \text{GWh}$$

$$\text{Álag } P = 69,7 \cdot 1,07^{(N-1963)} \quad \text{MW}$$

Hér táknar N ártalið, eins og áður.



Vaxtarkúrfur þessar gilda, sem fyrr segir fyrir álag og orkuvinnslu til almennra nota á Suðvesturlandi (Vík-Borgarnes), að Vestmannaeyjum frátöldum. Þær gefa álag og orkuvinnslu Sogskerfisins ekki beint. Til þess að finna það þarf að endurtaka þá reikninga, sem að framan voru raktir, en í öfugri röð. Þetta er gert í töflu 4 hér á eftir. Sýna dálkar (2) og (3) álag og orkuvinnslu samkvæmt framangreindum vaxtarkúrfum; dálkar (4) og (5) áætlaða hlutdeild Andakíls; dálkar (6) og (7) áætlað álag Keflavíkurflugvallar og dálkar (8) og (9) það sama fyrir Vestmannaeyjar. Sem fyrr segir er gert ráð fyrir að álag flugvallarins takmarkist við 6,5 MW og Vestmannaeyja við 1,5 MW. Hins vegar er reiknað með vaxandi orkuvinnslu þeirra vegna í samræmi við vaxandi grunnorkuþörf undir 6,5 og 1,5 MW. Dálkar (10) og (11) í töflunni sýna grunnálag og grunnorku Áburðarverksmiðju; er hvorttveggja óbreytt frá undanförunum árum. Loks sýna dálkar (11) og (12) álag og orkuvinnslu Sogskerfisins, sem fundið er þannig:

1. Gengið er út frá álagi og orkuvinnslu til almennra nota skv. framangreindum vaxtarkúrfum (d. (2) og (3)).
2. Bætt er við álagi og orku Keflavíkurflugvallar (d (6) og (7)); Vestmannaeyja (d. (8) og (9)) og Áburðarverksmiðju (d. (10) og (11)).
3. Dregin er frá hlutdeild Andakílsárvirkjunar í álagi og vinnslu (d. (4) og (5)).

Niðurstöðurnar af þessum athugunum eru hvað álaginu viðkemur einnig sýndar í töflu 1. Álagið við "venjulegar kringumstæður" er tekið beint úr töflu 4. Við þetta álag er borið saman vélaafli allra stöðvanna á Sogskerfinu ef Ljósafoss er ekki stækkaður. Vélaafli einstakra stöðva er talið sem hér segir:

## 8.

Steingrímsstöð	26,4 MW
Ljósafoss	14,6 -
Írafoss	<u>47,8 -</u>
Sog samtals	88,8 MW
Vatnsaflsstöðin v. Elliðaár	<u>2,5 -</u>
Vatnsafl samtals	91,3 MW
Varastöðin v. Elliðaár	<u>7,5 -</u>
Samtals nú	98,8 MW
Stækkun varastöðvar	<u>11,5 -</u>
Samtals eftir stækkun varastöðvar	110,3 MW

Taflan sýnir, að við venjulegar kringumstæður ætti vélaaflið að endast til og með 1969 miðað við 6% vöxt og til og með 1968 miðað við 7% vöxt.

Í töflunni eru einnig sýnt álag og vélaafli ef gert er ráð fyrir að stærsta vél kerfisins, 16,8 MW vélin í Írafossi, bili. Vélaaflið er þá 16,8 MW lægra en við venjulegar kringumstæður, en álagið 8 MW lægra. Sú tala er þennig til komin, að gert er ráð fyrir að í slíkum neyðartilvikum sem bilun stærstu vélarinnar væri, sé með öllu tekið fyrir orkusölu til flugvallarins og Vestmannaeyja. Forsenda þess að slíkt sé hægt er að sjálfsögðu að nægilegt dísilafli sé stöðugt til taks á báðum þessum stöðum til að anna allri aflþörfinni þar. Taflan sýnir, að við vélbilun endist kerfið einu ári skemur en við venulegar kringumstæður, eða til 1968 við 6% vöxt og 1967 við 7% vöxt.

Eins og tafla 1 ber með sér er afl kerfisins umfram álag orðið mjög lítið þau ár, sem að framan eru nefnd, 1967-69; aðeins örfá % umfram álagið. Enda þótt telja megji að álagsspáin sé varleg, þar eð reiknað er með mun meiri vaxtarhraða álagsins en verið hefur undanfarið, þá ber jafnframt að hafa í huga, að framangreindar vaxtarkúrfur taka eðli máls samkvæmt aðeins til meðalvaxtarins á nokkurra ára bili. Einstök ár getur álagið mætavel vikið nokkuð frá kúrfunni; bæði upp fyrir og niður fyrir. Til að mæta slíkum sveiflum einstakra ára þarf afl kerfisins jafnan að vera nokkru meira en áætlað álag. Með tilliti til þessa

verður að telja varlegra að hafa aukið afl kerfisins nokkuð þegar komið er fram yfir 1966-67 eða svo. Er þá átt við aukningar umfram þá stækkun Varastöðvarinnar, sem nú er ákveðin.

### 3. Skipting orkuvinnslunnar á aflstöðvar og áhrif stækkunar Ljósafoss á hana

Til þess að meta hver áhrif stækkun Ljósafoss hefur á orkuvinnslu Sogsstöðvanna er nauðsynlegt að athuga skiptingu álags og orkuvinnslu á aflstöðvar Sogskerfisins.

Skipting álagsins er í meginráttum sjálfgefin. Vatnsaflíð hlýtur að koma neðst á álagslínunni, en Varastöðin efst, á toppnum. Ennfremur virðist sjálfsagt að skiptingin milli vatnsaflsstöðvanna sé þannig, að Sogstöðvarnar taki grunnálagið, en vatnsaflsstöðin við Elliðaár komi þar ofan á. Skiptingin milli Sogsstöðvanna innbyrðis hlýtur hins vegar að vera að nokkru undir því komin hvort Ljósafoss er stækkaður eða ekki. Sé Ljósafoss ekki stækkaður kemur svonefnt aðfylgdar afl Sogsstöðvanna neðst á álagslínuna. Aðfylgdaraflið er samanlagt afl Sogsstöðvanna þriggja þegar þær eru allar reknar með vatnsnotkun, sem er jöfn fullri vatnsnotkun Ljósafoss. Þetta aðfylgdar afl er í greinargerð Steingríms Jónssonar, fyrrv. rafmagnsstjóra, varðandi stækkun Ljósafossstöðvar dags. 15. maí s.l., talið 64,9 MW, og er þeirri tölu haldið í þessari athugun. Næst dæm við aðfylgdaraflið kemur það afl í Steingrímsstöð og Írafossi, sem á vantar fullt afl þessara stöðva. Til þess að fullnýta þetta afl verður að hleypa vatni framhjá Ljósafossi. Við það tapast að sjálfsögðu sú orka, sem þetta framhjárennsli hefið gefið á fallhæð Ljósafossstöðvarinnar, sem er 22% af heildarfallhæðinni í Sogi. Fyrir hverja kilowattstund, sem umfram afl Steingrímsstöðvar og Írafoss umfram aðfylgd vinnur tapast þannig  $\frac{22}{78} = 0,282$  kWh.

Ef Ljósafoss er stækkaður geta allar Sogsstöðvarnar haft aðfylgd um vatnsnotkun, þannig að ekki þarf neitt framhjárennsli hjá einstökum stöðvum að eiga sér stað. Þá er eðlilegt að gera ráð fyrir að stöðvarnar hafi ávallt aðfylgd, a.m.k. yfir lengri tíma talið en nokkrar klukkustundir, sem það þýðir, að þær skipta álaginu á milli sín í hlutfalli við fallhæðirnar.

1. mynd er skýringamynd af þeirri skiptingu álagsins, sem að ofan er lýst, og samsvarandi skiptingu orkuvinnslunnar.

Framangreind álagsskipting var lögð til grundvallar í athugnn þessari. Til þess að finna tilsvarendi skiptingu orkuvinnslunnar var miðað við langæislínu Sogskerfisins árið 1963. Sú langæislína, ásamt samsvarandi vinnslulínu (hlutfallslínu afls og orku) er sýnd á 2. mynd.

Tafla 2 sýnir áætlaða vinnsluþörf forgangsorku 1964-1970, og skiptingu orkuvinnslunnar á ofangreindum forsendum. Sjálfir útreikningarnir á þesaari skiptingu eru sýndir í töflu 5 aftast í þessari greinargerð. Í töflu 2 er ennfremur sýnt hve mikla afgangsorku Sogskerfið getur unnið ár hvert fram til 1970, miðað við að vatn það, sem til ráðstöfunar er geti gefið 530 GWh á ári. Eins og vænta mátti fer þessi afgangsorka ört minnkandi á tímabilinu, eftir því sem forgangsorkuþörfin vex.

Neðst í töflunni eru dregin saman áhrifin af stækkun Ljósafoss hvað orkuvinnslu viðkemur. Heildarávinningurinn er að sjálfsögðu jafn því orkutapi vegna framhjárennslis, sem óhjákvæmilegt er ef Ljósafoss er ekki stækkaður. Hann kemur sumpart fram sem sparnaður í orkuvinnslu með eldsneyti og að hinum hlutanum sem aukning afgangsorkunnar, og sýnir taflan hvorn hlutann um sig.

Þessar tölur byggjast að sjálfsögðu á því, að framhjárrennslið um Ljósafoss sé ekki meira en óhjákvæmilegt er til þess að sú skipting álagsins sem að framan er lýst sé möguleg. Í raunverulegum rekstri kann að vera örðugt að koma með öllu í veg fyrir "óþarfa" framhjárrennsli, og sýnist ekki óeðlilegt að hækka orkuávinningstölurnar um svo sem 10% af þeim sökum.

Niðurstaðan af þessari athugun á orkuvinnslunni verður því sú, að ávinningurinn í orkuvinnslu af stækkun Ljósafossstöðvar nemi 9-12 GWh 1968 og 17-21 GWh 1970, eftir því hve hratt orkuþörfin vex á tímabilinu.

#### 4. Möguleg vinnsla afgangsortu í Sogi og áhrif stækkunar Ljósafoss á hana

Tafla 2 sýnir, eins og þegar er sagt, einnig mögulega vinnslu afgangsortu, sem fer ört minnkandi á næstu árum skv. töflunni. Að sjálfsögðu er meiri vinnsla afgangsortu möguleg í vatnsríkum árum, sem eru fleiri en hin þegar gengið er út frá 530 GWh orkuframboði í ársvatni Sogsins. Mun láta nærri að um 90% ára hafi meira orkuframboð en þetta, þannig að tölur töflunnar ættu að sýna nálægt því lágmark afgangsortuvinnslunnar.

Taflan sýnir enn fremur að áhrif Ljósafossstækkunarinnar á þessa afgangsortu eru mjög lítil. Aukningin nemur mest 8-10 GWh 1968, en er minni bæði áður og eftir.

#### 5. Hugsalegar leiðir til að auka afl Sogskerfisins

Samanburðurinn hér að framan á afl Sogskerfisins og álaginu á það benti til að varlegra væri að hafa aukið afl kerfisins nokkuð á árunum 1966-1967 eða svo. Athuginin á skiptingu

orkuvinnslunnar sýnir hins vegar að þetta viðbótarafli myndi ekki þurfa að vinna nema hverfandi lítinn hluta orkuþarfarinnar. Aflviðbótin væri m.ö.o. toppafl. Gildir þar að sjálfsögðu einu með hverjum hætti hún er fengin.

Auk stækkunar Ljósafoss má nefna sem leiðir til slíkrar aflaukningar a.m.k. þessar tvær:

1. Að setja upp nýjan ketil og nýja eimhverfissamstöðu í Varastöðina.
2. Að reisa gastúrbínustöð í nágrenni Reykjavíkur, helzt við Elliðaár.

Ekki skal hér frekara rætt um þessar leiðir, nema hvað bent skal á að gastúrbínustöðvar munu nú fáanlegar fyrir innan við 3.000 kr/kW (án aðflutningsgjalda) og að slíkar stöðvar eru mjög viðbragðsfljótar og að því leyti hentugar til toppreksturs. Þeim má einnig koma upp með tiltölulega skömmum fyrirvara.

## 6. Rekstraröryggi Sogsstöðvanna og áhrif stækkunar Ljósafoss á það

Eins og kunnugt er hafa rekstrartruflanir komið fyrir í Sogsstöðvunum vegna krapmyndunar í vatninu. Truflanir af þessum sökum hafa einkum orðið í Írafossstöð og Ljósafossstöð og fylgir þeim venjulega veruleg lækkun nýtanlegs afls. Sérstök hættu er á slíkum truflunum í frosthörkum áður en vötn leggur. Líklegt er, að nokkuð dragi úr kraptruflunum á Írafossi, þegar Ljósafoss er fullvirkjaður. Til þess liggja eftirfarandi ástæður.

Sjaldgæft er, að inntakslón Írafossstöðvar leggi og verður því í frostum veruleg kæling á vatninu á leiðinni frá Ljósafossi að Írafossi. Hitastig vatnsins við Írafoss er oft við slíkar aðstæður allt að  $0,2^{\circ}\text{C}$  lægra en við Ljósafoss, og getur sá hitastigsmunur nægt til þess, að nokkuð beri á krapmyndun við inntaksristar Írafossstöðvar, enda þótt slíks verði ekki vart við Ljósafoss. Við fullt álag á vélum er vatnsnotkun á Írafossstöð nú 50% meiri en í Ljósafossstöð. Án stækkunar Ljósafoss verður því að hleypa vatni framhá vélum stöðvarinnar, þegar dægurálag kerfisins er mest og er það venjulega gert á þann hátt að opna botnloku í Ljósafossstíflu. Óhjákvæmilega verður mikil kæling á vatninu, sem þannig er hleypt í fossinn, og hefur krapmyndun við Írafoss stundum aukizt svo af þeim sökum, að lokast hefur að mestu fyrir vatnsrennsli gegnum inntaksristar. Eru þess dæmi, að nýtanlegt afl á Írafossi hafi lækkað úr 31 MW í um 6 MW, meðan tvær vélasamstæður voru í stöðinni, en reynsla í þessu efni er ekki fyrir hendi, síðan þriðja vélin var tekin í notkun.

Þegar Ljósafoss er fullvirkjaður, er vatnsnotkunin sú sama í báðum stöðvunum, Ljósafossi og Írafossi, og framhjárrennsli í Ljósafossi því óþarft. Kæling vatnsins á leiðinni milli stöðvanna verður minni en ella og nokkuð dregur úr hættu á kraptruflunum á Írafossi. Stækkun Ljósafoss eykur því rekstraröryggi Sogskerfisins á háálagstímum, þegar þörfin fyrir óskert vélaafl er mest.





TAFLA 2

SKIPTING ÁÆTLAÐRAR ORKUVINNSLU SOGSKERFISINS 1964-1970  
OG ÁHRIF STÆKKUNAR LJÓSAFOSS Á HANA

		1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
<u>6% VÖXTUR</u>								
Áætluð vinnsluþörf forgangsorku	GWh	398,9	412,7	446,7	472,2	498,9	527,1	555,9
<u>1. Ljósafooss ekki stækkaður</u>								
Vinnsluþörf forgangsorku úr vatni skv. langæisliínu álags	GWh	398,9	412,7	446,7	472,1	498,6	526,2	552,8
Topporkuvinnsla með eldsneyti	GWh	-	-	-	0,1	0,3	0,9	3,1
Orkutap vegna framhjárennslis hjá Ljósafoossi	GWh	1,0	1,7	3,2	5,2	7,9	11,6	15,1
Möguleg vinnsla afgangorku, miðað við 530								
GWh/ári orkuframboð í vatni	GWh	130,1	115,6	80,1	52,7	23,5	-	-
Nauðsynleg grunnorkuvinnsla m. eldsneyti, miðað við 530 GWh/ári orkuframboð í vatni	GWh	-	-	-	-	-	7,8	37,9
<u>2. Ljósafooss stækkaður (Sogið allt 96 MW)</u>								
Vinnsluþörf forgangsorku úr vatni skv. langæisliínu álags	GWh	398,9	412,7	446,7	472,2	498,8	526,9	555,3
Topporkuvinnsla með eldsneyti	GWh	-	-	-	-	0,1	0,2	0,6
Möguleg vinnsla afgangorku, miðað við 530								
GWh/ári orkuframboð í vatni	GWh	131,1	117,3	83,3	57,8	31,2	3,1	-
Nauðsynleg grunnorkuvinnsla með eldsneyti, miðað við 530 GWh/ári orkuframboð í vatni	GWh	-	-	-	-	-	-	25,3
Spöruð topporkuvinnsla v. stækkunar Ljósafooss	GWh	-	-	-	0,1	0,2	0,7	2,5
Spöruð grunnorkuvinnsla m. eldsneyti, v. stækkunar Lf.	GWh	-	-	-	-	-	7,8	12,6
Spöruð vinnsla m. eldsneyti, samtals	GWh	-	-	-	0,1	0,2	8,5	15,1
Aukning í vinnslu afgangorku v. stækkunar Ljósafooss	GWh	1,0	1,7	3,2	5,1	7,7	3,1	-
Samtals orkuávinningur við stækkun Ljósafooss	GWh	1,0	1,7	3,2	5,2	7,9	11,6	15,1
<u>7% VÖXTUR</u>								
Áætluð vinnsluþörf forgangsorku	GWh	402,2	428,7	457,8	487,9	519,9	553,9	589,2
<u>1. Ljósafooss ekki stækkaður</u>								
Vinnsluþörf forgangsorku úr vatni skv. langæisliínu álags	GWh	402,2	428,7	457,8	487,7	519,2	550,5	581,4
Topporkuvinnsla með eldsneyti	GWh	-	-	-	0,2	0,7	3,4	7,8
Orkutap vegna framhjárennslis hjá Ljósafoossi	GWh	1,0	2,3	3,6	7,0	11,0	14,8	19,2
Möguleg vinnsla afgangorku miðað við								
530 GWh/ári orkuframboð í vatni	GWh	126,8	99,0	68,6	35,3	-	-	-
Nauðsynleg grunnorkuvinnsla með eldsneyti, miðað við 530 GWh/ári orkuframboð í vatni	GWh	-	-	-	-	0,2	35,3	70,6
<u>2. Ljósafooss stækkaður (Sogið allt 96 MW)</u>								
Vinnsluþörf forgangsorku úr vatni skv. langæisliínu álags	GWh	402,2	428,7	457,8	487,9	519,8	553,3	586,8
Topporkuvinnsla með eldsneyti	GWh	-	-	-	-	0,1	0,6	2,4
Möguleg vinnsla afgangorku, miðað við								
530 GWh/ári orkuframboð í vatni	GWh	127,8	101,3	72,2	42,1	10,2	-	-
Nauðsynleg grunnorkuvinnsla með eldsneyti, miðað við 530 GWh/ári orkuframboð í vatni	GWh	-	-	-	-	-	23,3	56,8
Spöruð topporkuvinnsla vegna stækkunar Ljósafooss	GWh	-	-	-	0,2	0,6	2,8	5,4
Spöruð grunnorkuvinnsla m. eldsneyti v. stækkunar Lf.	GWh	-	-	-	-	0,2	12,0	13,8
Spöruð vinnsla m. eldsneyti, samtals	GWh	-	-	-	0,2	0,8	14,8	19,2
Aukning í vinnslu afgangorku v. stækkunar Ljósafooss	GWh	1,0	2,3	3,6	6,8	10,2	-	-
Samtals orkuávinningur við stækkun Ljósafooss	GWh	1,0	2,3	3,6	7,0	11,0	14,8	19,2

TAFLA 3

ÚTREIKNINGUR Á VINNSLU RAFORKU TIL ALMENNRA NOTA  
Á SUÐVESTURLANDI UTAN VESTMANNAEYJA 1955-1963

Ár	Alm. veitur, inkl. Keflavíkurflugv., án tapa		Alm. veitur, inkl. Keflavíkurflugvöllur + 7% töp		Keflav. flugv. + 10% töp		Vinnsla Andakfls		Álag Vestmannaeyja á Sogskerfið		Vinnsla til alm. nota utan Vestmannaeyja	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1955	42,66	164,950	45,65	176,497	-	-	3,63	18,491	-	-	49,28	194,988
56	43,75	176,415	46,81	188,764	-	-	3,81	19,095	-	-	50,62	207,859
57	45,12	185,755	48,28	198,758	-	-	3,82	19,245	-	-	52,10	218,003
58	48,21	203,205	51,58	217,429	-	-	3,88	22,710	-	-	55,46	240,139
59	51,29	222,364	54,88	237,929	-	-	3,89	25,910	-	-	58,77	263,839
60	60,30	240,395	64,52	257,223	5,96	14,891	3,80	23,840	-	-	62,36	266,172
61	60,71	273,735	64,96	292,896	6,05	38,096	3,80	24,610	-	-	62,71	279,410
62	66,34	293,205	70,98	313,729	6,13	37,991	3,85	26,950	1,50 <sup>x</sup>	5,000 <sup>x</sup>	67,20	302,688
63	68,44	316,849	73,23	339,028	6,21	40,389	3,80	26,150	1,50 <sup>x</sup>	6,000 <sup>x</sup>	69,32	324,789

\* Áætluð tala

Skýringar: Dálkar (2) og (3) eru teknir úr skýrslum Sogsvirkjunarinnar ("mesta álag almenningsvatna". Grunnálag Áburðarverksmiðju er ekki meðtalit).  
Dálkar (4) og (5) eru dálkar (2) og (3) að viðbættum 7% töpum.  
Dálkar (6) og (7) eru fengnir úr söluskýrslum RARIK, að viðbættum 10% töpum.  
Dálkar (12) og (13) eru = (dálkar (4) og (5)) + (dálkar (6) og (7) + (dálkar (10) og (11)) + (dálkar (8) og (9)).

TAFLA 4

ÁETLAD ÁLAG OG VINNSLUPÖRF SOGSKERFISINS 1964-1970

Ár	Vinnsla til alm. nota utan Vestmannaeyja		Andakflsárv.		Keflav. flugv. + 10% töp		Vestm. eyjar		Áburðarverksm. grunnafli og orka		Álag alls á Sogskerfið	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	6% aukn. á ári											
1964	73,8	343,4	3,5	25,0	6,5	44,0	1,5	6,7	3,4	29,8	81,7	398,9
65	78,2	364,0	"	"	"	46,0	"	6,9	"	"	86,1	412,7
66	83,0	385,8	"	"	"	49,0	"	7,1	"	"	90,9	446,7
67	87,9	409,0	"	"	"	51,0	"	7,4	"	"	95,8	472,2
68	93,2	433,5	"	"	"	53,0	"	7,6	"	"	101,1	498,9
69	98,8	459,5	3,5	25,0	6,5	55,0	"	7,8	"	29,8	106,7	527,1
70	104,7	487,1	"	"	"	56,0	"	8,0	"	"	112,6	555,9
	7% aukn. á ári											
1964	74,5	346,7	3,5	25,0	6,5	44,0	1,5	6,7	3,4	29,8	82,4	402,2
65	79,7	371,0	"	"	"	46,0	"	6,9	"	"	87,6	428,7
66	85,3	396,9	"	"	"	49,0	"	7,1	"	"	93,2	457,8
67	91,3	424,7	"	"	"	51,0	"	7,4	"	"	99,2	487,9
68	97,7	454,5	"	"	"	53,0	"	7,6	"	"	105,6	519,9
69	104,6	486,3	3,5	25,0	6,5	55,0	1,5	7,8	3,4	29,8	112,5	553,9
70	111,9	520,4	"	"	"	56,0	"	8,0	"	"	119,8	589,2

Skýringar: Dálkar (2) og (3) eru reiknaðir eftir jöfnunum  $W = 324,0 \cdot 1,06^{(N-1963)}$  eða  $324,0 \cdot 1,07^{(N-1963)}$  fyrir orku og  $P = 69,7 \cdot 1,06^{(N-1963)}$  eða  $69,7 \cdot 1,07^{(N-1963)}$  fyrir afl, þar sem N er ártalitið.

Dálkar (4) og (5); (6) og (7); (8) og (9) eru áætlaðir með hlífðsjón af stærð Andakflsárvirkjunar, stærð ríðbreytistöðvarinnar á Keflavíkurflugvelli og núv. flutningsgetu línunnar frá Sogi að Hvolsvelli.

Dálkar (12) og (13) = (dálkar (2) og (3)) + (dálkar (4) og (5)) + (dálkar (6) og (7); (8) og (9); (10) og (11)).

TAFLA 5

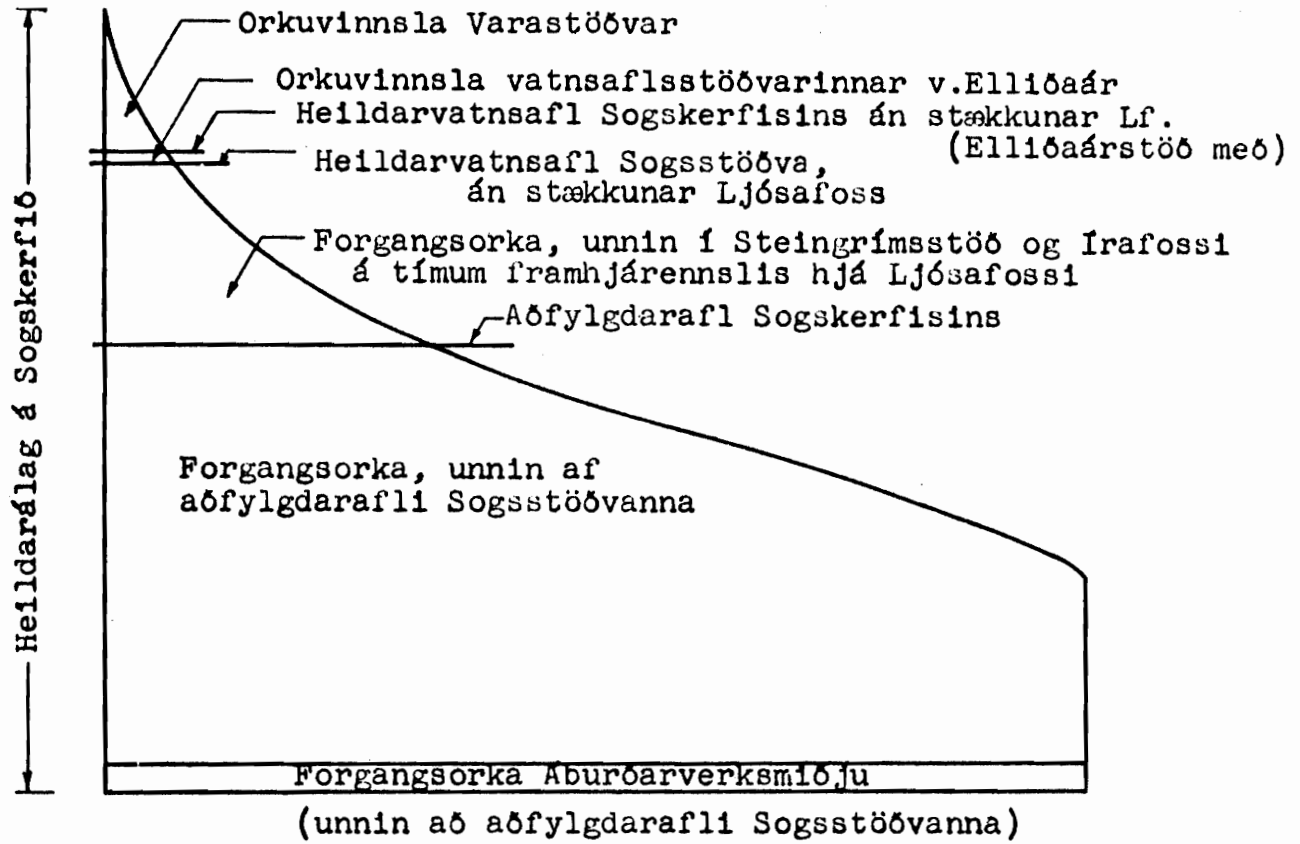
ÆTLUÐ SKIPTING ORKUVINNSLU SOGSKERFISINS  
1964-1970 Á VATN OG ELDSNEYTI

		1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
					Vöxtur 6%.	Ljósafoss ekki aukinn		
Ætluð heildaraflþörf Sogskerfis	MW	81,7	86,1	90,9	95,8	101,1	106,7	112,6
Þar af forgangsafl Áburðarverksmiðju	MW	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Aflþörf til annarra nota	MW	78,3	82,7	87,5	92,4	97,7	103,3	109,2
Aðfylgdarafli Sogsins	MW	64,9	64,9	64,9	64,9	64,9	64,9	64,9
Þar af fer til vinnslu forgangsalags Áb.	MW	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Eftir af aðfylgdarafli til alm. þarfa	MW	61,5	61,5	61,5	61,5	61,5	61,5	61,5
Sama; % af aflþörf til annarra nota		78,5%	74,3%	70,2%	66,6%	63,0%	59,5%	56,1%
Tilsvarendi grunnorkuprósentu		99,0	98,4	97,3	95,8	93,9	91,4	88,8
Ætluð forgangorkuþörf Sogskerfis	GWh	398,9	412,7	446,7	472,2	498,9	527,1	555,9
Þar af forgangorka Áburðarverksmiðju	GWh	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8
Forgangorkuþörf til annarra nota	GWh	369,1	382,9	416,9	442,4	469,1	497,3	526,1
Grunnorka, unnin af aðfylgdarafli	GWh	365,4	376,8	405,6	423,8	440,5	454,5	467,2
Afl Steingr. stöðvar og Írafoss umfr. aðf.	MW	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8
Heildarafl Sogsstv. til alm. þarfa (61,5 + 23,8)		85,3	85,3	85,3	85,3	85,3	85,3	85,3
Sama; % af aflþörf til annarra nota		109,0	103,0	97,5	92,5	87,2	82,5	78,0
Tilsvarendi grunnorkuprósentu		100,0	100,0	99,99	99,96	99,88	99,65	99,0
Grunnorka, unnin af heildarafli til alm.	GWh	369,1	382,9	416,9	442,2	468,5	495,6	520,8
Vinnsla afls Steingr. st. og Írafoss umfr. aðf.	GWh	3,7	6,1	11,3	18,4	28,0	41,1	53,6
Tilsvarendi orkutap v. framhjärennslis Ljósaf.	GWh	1,0	1,7	3,2	5,2	7,9	11,6	15,1
Heildarvatnsafl Sogskerfis til alm. þarfa (85,3 + 2,5)		87,8	87,8	87,8	87,8	87,8	87,8	87,8
Sama; % af aflþörf til alm. nota		100	100	100	95	90	85	81
Tilsvarendi grunnorkuprósentu		100	100	100	99,98	99,93	99,81	99,41
Grunnorka, unnin af heildarvatnsafl Sogskerfis til alm. nota	GWh	369,1	382,9	416,9	442,3	468,8	496,4	523,0
Topporkuvinnsla með eldsneyti	GWh	-	-	-	0,1	0,3	0,9	3,1
					Vöxtur 6%.	Ljósafoss aukinn		
Ætluð heildaraflþörf Sogskerfis	MW	81,7	86,1	90,9	95,8	101,1	106,7	112,6
Þar af forgangsafl Áburðarverksmiðju	MW	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Aflþörf til annarra nota	MW	78,3	82,7	87,5	92,4	97,7	103,3	109,2
Afl Sogsstöðvanna samtals	MW	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0
Þar af til vinnslu forgangsalags Áb.	MW	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Eftir til annarra þarfa	MW	92,6	92,6	92,6	92,6	92,6	92,6	92,6
Sama; % af aflþörf til alm. nota		100	100	100	100	95	90	85
Tilsvarendi grunnorkuprósentu		100	100	100	100	99,98	99,93	99,81
Ætluð forgangorkuþörf Sogskerfis	GWh	389,9	412,7	446,7	472,2	498,9	527,1	555,9
Þar af forgangorka Áburðarverksmiðju	GWh	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8
Forgangorkuþörf til annarra nota	GWh	369,1	382,9	416,9	442,4	469,1	497,3	526,1
Grunnorka, unnin af afli Sogsst. til a. nota	GWh	369,1	382,9	416,9	442,4	469,0	497,0	525,1
Heildarvatnsafl Sogsk. t. alm. nota (92,6 + 2,5)		95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1
Sama; % af aflþörf til alm. nota		100	100	100	100	98	92	87
Tilsvarendi grunnorkuprósentu		100	100	100	100	99,99	99,96	99,88
Grunnorka, unnin af heildarvatnsafl til a. nota	GWh	369,1	382,9	416,9	442,4	469,0	497,1	525,5
Topporka, unnin með eldsneyti	GWh	-	-	-	-	0,1	0,2	0,6
Spöruð topporkuvinnsla v. stækkunar Ljósaf.	GWh	-	-	-	0,1	0,2	0,7	2,5

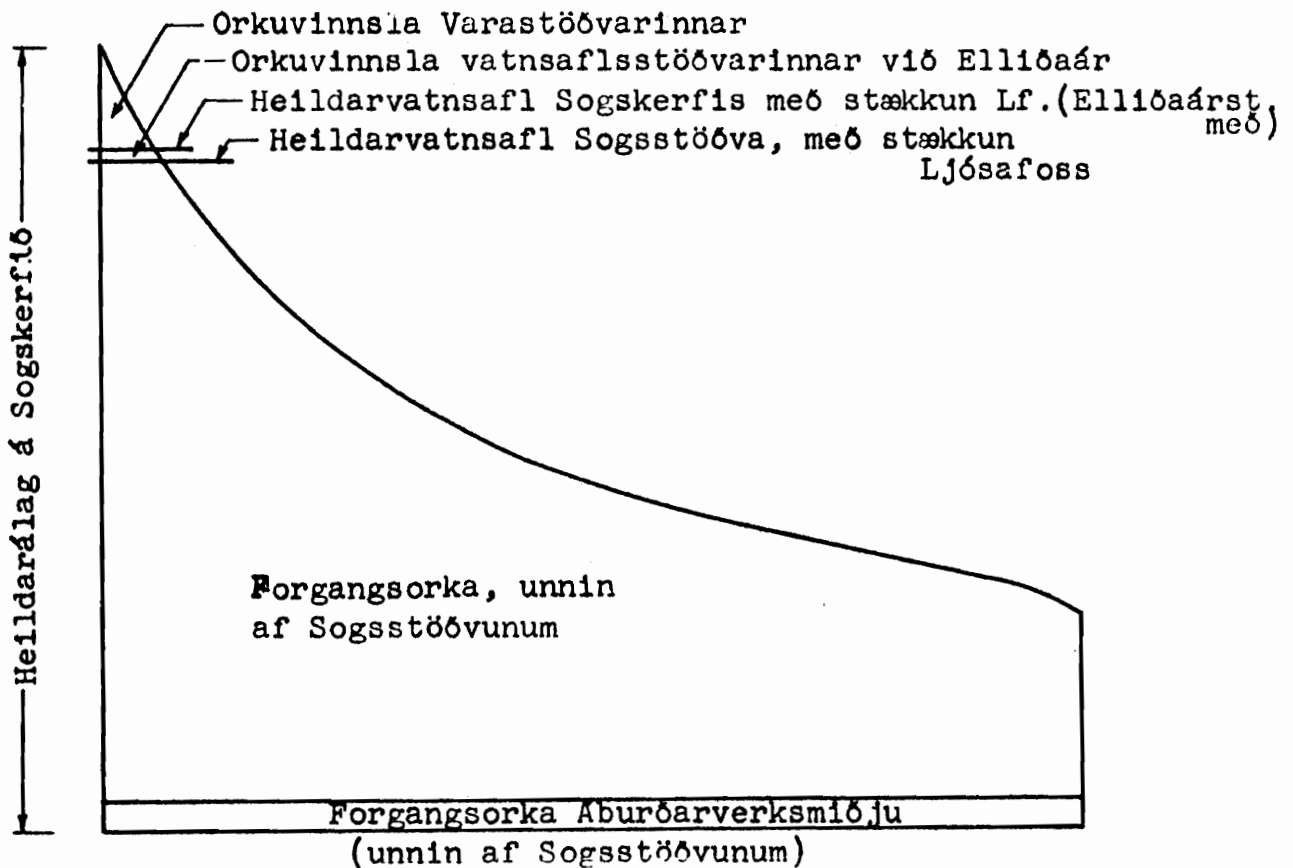
TAFLA 5, framh.

		1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
		Vöxtur 7%. Ljósafoss ekki aukinn						
Áætluð heildaraflþörf Sogskerfis	MW	82,4	87,6	93,2	99,2	105,6	112,5	119,8
Þar af forgangsafl Áburðarverksemiðju	MW	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Aflþörf til annarra nota	MW	79,0	84,2	89,8	95,8	102,2	109,1	116,4
Aðfylgdarafi Sogsins	MW	64,9	64,9	64,9	64,9	64,9	64,9	64,9
Þar af til vinnslu forgangsalags Áb.	MW	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Eftir af aðfylgdarafli til alm. þarfa	MW	61,5	61,5	61,5	61,5	61,5	61,5	61,5
Sama; % af aflþörf til annarra nota		78,0	73,0	69,4	64,2	60,0	56,5	52,9
Tilsvarendi grunnorkuprósentu		99,0	98,0	97,0	94,5	91,8	89,0	86,0
Áætluð forgangsortkupörf Sogskerfis	GWh	402,2	428,7	457,8	487,9	519,9	553,9	589,2
Þar af forgangsortka Áburðarverksemiðju	GWh	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8
Forgangsortkupörf til annarra nota	GWh	372,4	398,9	428,0	458,1	490,1	524,1	559,4
Grunnorka, unnin af aðfylgdarafli	GWh	368,7	390,9	415,2	432,9	449,9	466,4	481,1
Afl Steingr. stöðvar og Írafoss umfr. aðf.	MW	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8
Heildarafl Sogsst. til alm. þarfa (61,5+23,8)	MW	85,3	85,3	85,3	85,3	85,3	85,3	85,3
Sama; % af aflþörf til annarra nota		100	100	95	89	83,5	78	73,2
Tilsvarendi grunnorkuprósentu		100	100	99,98	99,92	99,74	99,0	98,2
Grunnorka unnin af heildarafli til alm.	GWh	372,4	398,9	427,9	457,7	488,8	518,90	549,3
Vinnsla afle Steingr.st. og Írafoss umfr. aðf.	GWh	3,7	8,0	12,7	24,8	38,9	52,5	68,2
Tilsvarendi orkutap v. framhjärennslis Ljósaf.	GWh	1,0	2,3	3,6	7,0	11,0	14,8	19,2
Heildarvatnsafl Sogskerfis til alm. nota (85,3 + 2,5)		87,8	87,8	87,8	87,8	87,8	87,8	87,8
Sama; % af aflþörf til alm. nota		100	100	98	92	86	80,5	75,5
Tilsvarendi grunnorkuprósentu		100	100	99,99	99,96	99,85	99,35	98,6
Grunnorka unnin af heildarvatnsafl Sogskerfis til alm. nota	GWh	372,4	398,9	428,0	457,9	489,4	520,7	551,6
Topporkuvinnsla með eldsneyti	GWh	-	-	-	0,2	0,7	3,4	7,8
		Vöxtur 7%. Ljósafoss aukinn						
Áætluð heildaraflþörf Sogskerfis	MW	82,4	87,6	93,2	99,2	105,6	112,5	119,8
Þar af forgangsafl Áburðarverksemiðju	MW	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Aflþörf til annarra nota	MW	79,0	84,2	89,8	95,8	102,2	109,1	116,4
Afl Sogsstöðvanna samtals	MW	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0
Þar af til vinnslu forgangsafls Áb. verksm.	MW	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Eftir til annarra þarfa	MW	92,6	92,6	92,6	92,6	92,6	92,6	92,6
Sama; % af aflþörf til alm. nota		100	100	100	97,0	90,5	85	79,5
Tilsvarendi grunnorkuprósentu		100	100	100	99,99	99,94	99,82	99,1
Áætluð forgangsortkupörf Sogskerfis	GWh	402,2	428,7	457,8	487,9	519,9	553,9	589,2
Þar af forgangsortka Áburðarverksemiðju	GWh	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8
Forgangsortkupörf til annarra nota	GWh	372,4	398,9	428,0	458,1	490,1	524,1	559,4
Grunnorka, unnin af afli Sogs til alm. nota	GWh	372,4	398,9	428,0	458,0	489,8	523,2	551,4
Heildarvatnsafl Sogsk. til alm. nota (92,6+2,5)	MW	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1
Sama; % af aflþörf til alm. nota		100	100	100	99,5	93,3	87,0	82,0
Tilsvarendi grunnorkuprósentu		100	100	100	100	99,97	99,88	99,57
Grunnorka, unnin af heildarvatnsafl til a. nota	GWh	372,4	398,9	428,0	458,1	490,0	523,5	557,0
Topporka, unnin með eldsneyti	GWh	-	-	-	-	0,1	0,6	2,4
Spöruð topporkuvinnsla v. stækkunar Ljósaf.	GWh	-	-	-	0,2	0,6	2,8	5,4

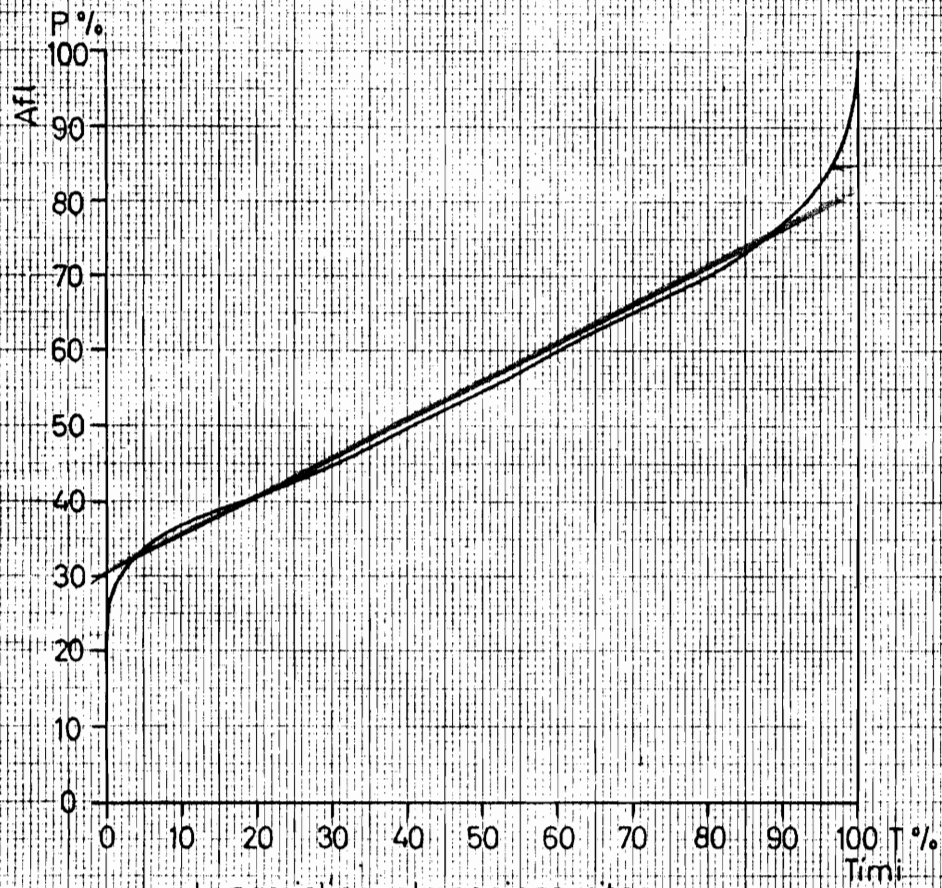
Skýringarmynd af skiptingu orkuvinnslu Sogskerfisins á vatn og eldsneyti.



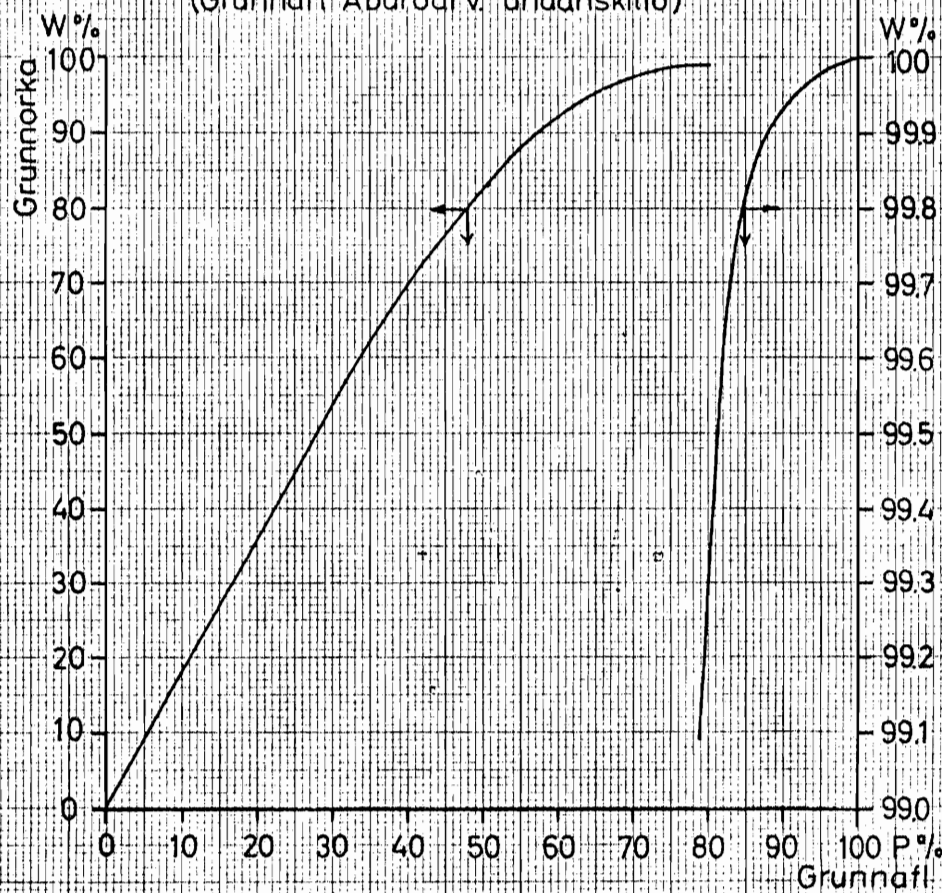
1. Ljósafoß ekki stækkaður



2. Ljósafoß stækkaður.



Langæisliða almenningsveitna  
 í veitukerfi Sogsins 1963  
 (Grunnaflí Aburðarv. undanskilið)



Hlutfallsliða afls og orku almennings-  
 veitna í veitukerfi Sogsins 1963  
 (Afl og orka Aburðarv. undanskilið)