

EINBÚAVIRKJUN

MINNISBLAÐ

VERKNÚMÉR: 15026002

DAGS.: 2020-01-10

VERKHLUTI:

NR.: 113471

HÖFUNDUR: Hörn Hrafnsdóttir

DREIFING:

Efni: Áhrif Einbúavirkjunar á rennsli og aurburð

Í þessu minnisblaði eru tekin saman helstu atriði um áhrif Einbúavirkjunar á rennsli og aurburð í Skjálfandafljóti.

1 Rennsli

1.1 Áhrif virkjana á rennsli

Til að skilja áhrif vatnsaflsvirkjana á rennsli er mikilvægt að skilja muninn á mismunandi tegundum vatnsaflsvirkjana.

Meiri hluti framleiddrar orku á Íslandi kemur frá virkjunum sem hafa miðlað rennsli, þ.e. vatn er geymt tímabundið í miðlunarlónum (e: reservoir¹) sem gerir virkjunaraðila kleyft að framleiða orku eftir hentugleika. Miðlunarlónið virkar á sambærilegan hátt og rafhlaða, þ.e. sem eins konar geymir. Almennt er litið á þetta form sem hina „hefðbundnu“ virkjun og því oftast vísað til þessa forms þegar rætt er um vatnsaflsvirkjun, enda tryggir þetta form besta nýtingu vatnsins til orkuframleiðslu. Þessi tegund virkjunar hefur í för með sér breytingu á rennsli neðan miðlunarlóns samanber myndræna skýringu á mynd 1 b).

Á myndinni tákna:

- Q_N Óbreytt rennsli, þ.e. óbreytt af viðkomandi virkjun. Þar sem ekkert hefur raskað náttúrulegu rennsli árinna ofar í farveginum er hér um að ræða náttúrulegt rennsli árinna, sbr. fótskriftina N fyrir náttúrulegt í tilfelli Einbúavirkjunar.
- Q_V Rennsli til virkjunar sem er það rennsli sem rennur um virkjunina í hefðbundnum rekstri og skilar sér jafnóðum í sama magni til baka til árinna neðan við virkjunarsvæðið.
- Q_M Minnkað rennsli, þ.e. rennsli árinna að frádrögnum því rennsli sem fer til virkjunar á hverjum tíma. $Q_M = Q_N - Q_V$.
- Q_{L+U} Lágmarksrennsli og umframrennsli. Q_L er lágmarksrennsli til verndar vistkerfum og hefur forgang fram yfir rennsli til virkjunar. Þetta er lágmarksrennsli á virkjuðum kafla og allt annað rennsli fer annað hvort til virkjunar eða er sett í geymslu í miðlunarlóni ef lónið er ekki fullt. Þegar náttúrulegt rennsli er mjög lítið er geymsluforði miðlunar nýttur bæði fyrir lágmarksrennsli í farvegi og rennsli um virkjun. Q_U er umframrennsli þegar miðlunarlón er fullt og rennsli árinna er meira en lágmarksrennsli og virkjað rennsli, þá er umframvatni veitt um yfirföll og aðra vatnsvegi stíflumannvirkis í virkjaða hluta árinna.

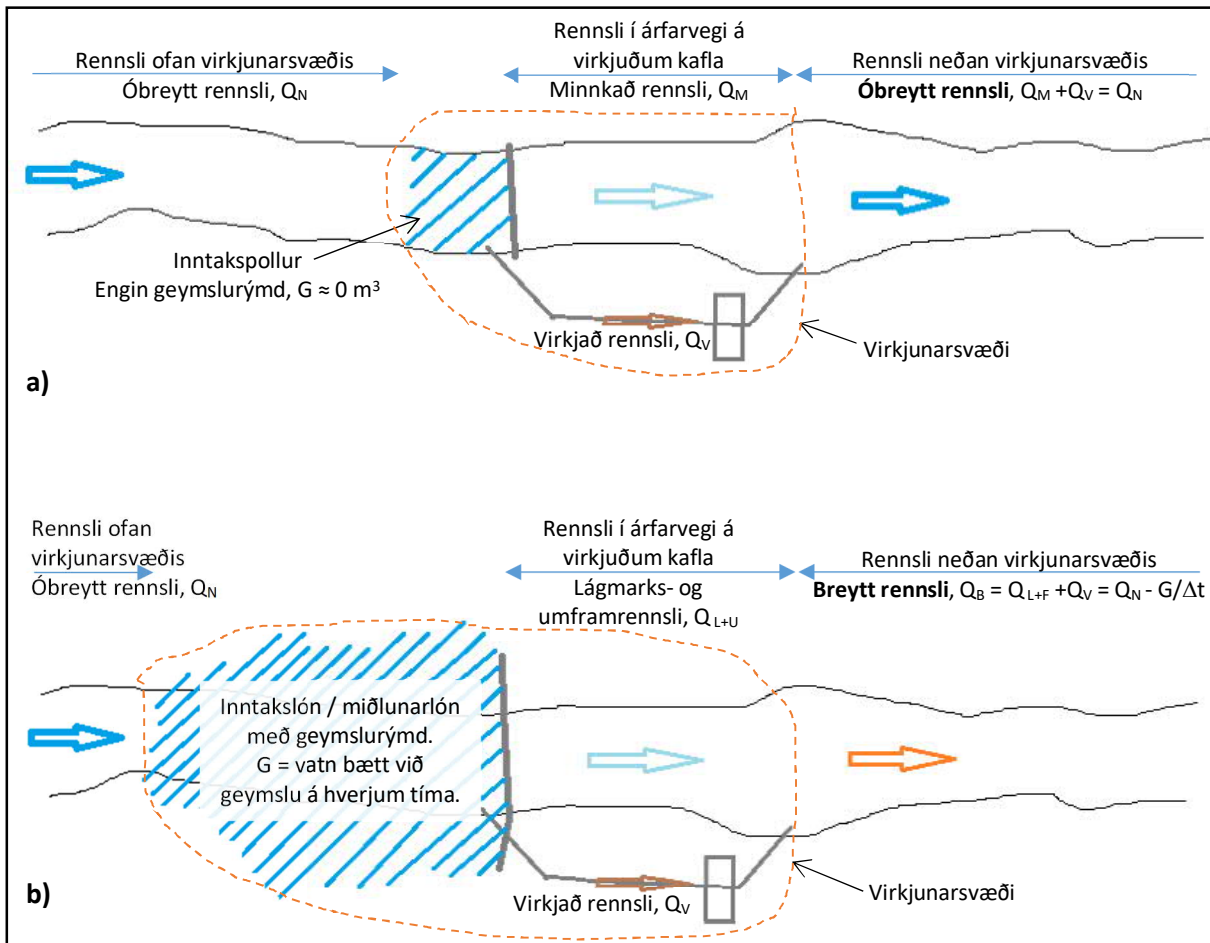
¹ Orðið reservoir kemur úr frönsku og þýðir „to reserve“ eða að geyma. Orðið felur því í sér geymslu. Samkvæmt orðabók er orðið notað bæði fyrir náttúrulega formað svæði eða tilbúið svæði þar sem vatni er safnað og síðar nýtt t.d. til drykkjar, áveitu eða orkuvinnslu.



Q_B Breytt rennsli, þ.e. rennsli árinna að frádregnu því vatni sem bætt er við geymslurýmd miðlunar eða losað úr lóni á hverjum tíma. $Q_B = Q_N - G/\Delta t$.

Δt Tímabil.

Rennslisvirkjun (e: run of the river hydroelectricity), eins og Einbúavirkjun, er virkjun með mjög litla til enga miðlun vatns við virkjunina. Í sumum tilfellum er um smávægilega miðlun að ræða sem getur minnkað dægursveiflur en í öðrum tilfellum eru miðlunaráhrifin hverfandi og því rennslisbreytingar neðan við virkjaða svæðið engin. Sýnidæmið á mynd 1 a) sýnir dæmi um rennslisvirkjun með enga geymslurýmd.



Mynd 1 Einfölduð skýringarmynd af virkjun. a) Rennslisvirkjun. b) Hefðbundin virkjun með miðlunarlóni.

Í tilfalli rennslisvirkjunar haldast rennslissveiflur árinna neðan virkjunarsvæðis (dægursveiflur og flóð). Í tilfalli hefðbundinnar virkjunar með miðlun minnkar hins vegar rennslið neðan virkjunarsvæðis sem nemur því vatni sem bættist við miðlunarlón á hverjum tíma við söfnun vatns og á tímabilum með lágrennsli eykst rennslið þegar vatn úr miðlun er nýtt. Miðlunaráhrifin eru því ráðandi fyrir rennslið og dægursveiflur jafnast út sem og, a.m.k. að hluta til, stærri sveiflur eins og flóð. Í lágrennsli að vetri getur rennsli neðan inntaksmannvirkis í báðum virkjunartilfellum minnkað niður í lágmarksrennsli.



1.2 Einbúavirkjun

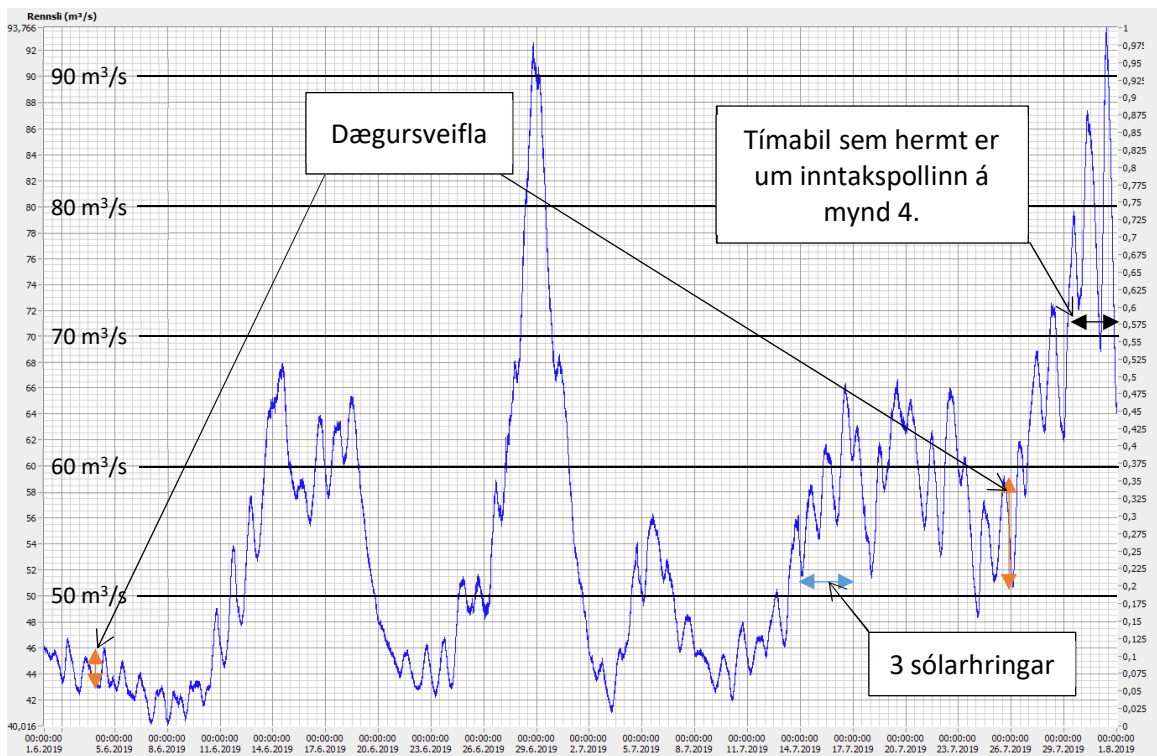
1.2.1 Skjálfandafljót

Uptök Skjálfandafljóts er í Tungnafellsjökli og Vatnajökli, 178 km frá ósi og vatnasvið þess er áætlað tæplega 4.000 km².² Meðalrennsli Fljótsins við Goðafoss er 93 m³/s.³ Skjálfandafljót er blönduð á, þ.e. með jökul-, lindar- og dragárþátt. Jökulvatnið kemur úr Bárðarbungu Vatnajökuls og úr Tungnafellsjökli, lindarvatn kemur víðs vegar úr Ódáðahrauni í austri og mest dragvatn kemur úr vestri, af Sprengisandi og úr vesturhlíðum Bárðardals.

Áhrif jökulþáttarins má greinilega sjá á mynd 2 þar sem dægursveifluþátturinn er um 2 m³/s fyrri hluta júní en eykst jafnt og þétt þegar líður á júlí. Þessi hegðun er dæmigerð fyrir jökulár þar sem rennslið minnkar yfir nóttina þegar kólnar og eykst svo jafnt og þétt vegna sólbráðar yfir daginn. Á myndinni sjást einnig dragáreinkenni árinna þar sem minni úrkomuflóð eru greinileg en áhrif þeirra ná yfir lengri tímaskala en dægursveiflurnar.

Mynd 3 sýnir rennsli í nóvember og desember 2018, þ.e. vetrarrennsli. Þar eru lindarþátturinn (grunnrennslið) og dragárþátturinn ráðandi. Á þessari mynd er grunnrennslið rétt undir 40 m³/s. Mestu frávik frá grunnrennslinu er augljós ísatrufun og vetrarflóð sem merkt eru inn á myndina.

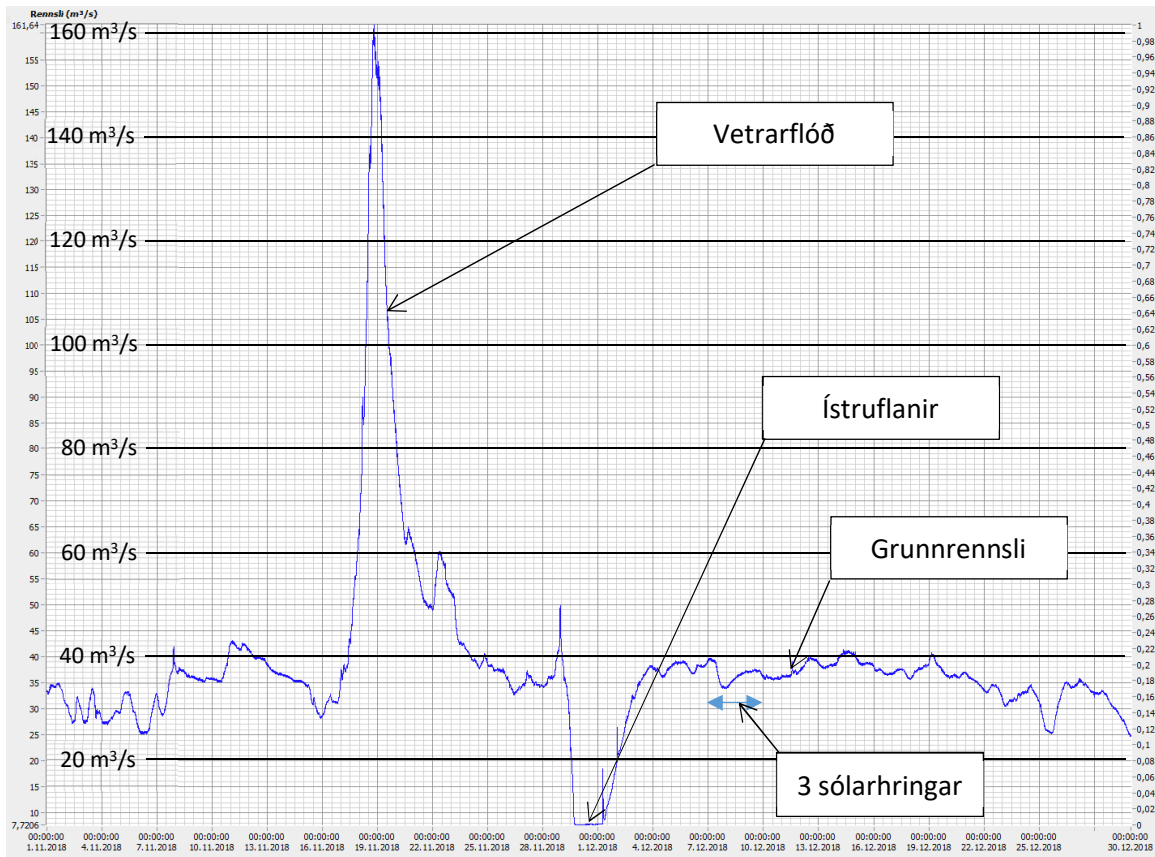
Báðar þessar myndir eru fengnar af vef Veðurstofu Íslands. Um er að ræða gögn frá vatnshæðarmæli V238 sem er við Aldeyjarfoss í Skjálfandafljóti. Aldeyjarfoss er um 30 km ofan við Einbúavirkjun og því vantar í rennslið nokkrar þverár, þar á meðal Svartá sem er með nokkuð stöðugt lindarrennsli.



Mynd 2 Rennslismælingar fyrir júní og júlí 2019. Dægursveiflur rennslis eru greinilegar. Ath. óyfirfarin gögn beint af vef Veðurstofu Íslands, mælir V238, Skjálfandafljót, Aldeyjarfoss.

² Hörður Svavarsson og Freysteinn Sigurðsson (1986). *Íshólsvatnsvirkjun. Forathugun*. Orkustofnun OS-86065/VOD-21 B.

³ Verkfræðistofan Vatnaskil (2001). *Skjálfandafljót. Rennslislíkan*. Reykjavík: Orkustofnun OS-2001/029. 123 s.



Mynd 3 Rennslismælingar af síðu Veðurstofu Íslands fyrir nóvember og desember 2018. Dægursveiflur stundum merkjanlegar en ekki alltaf til staðar. Ath. óyfirfarin gögn beint af vef Veðurstofu Íslands, mælir V238, Skjálfandafliót, Aldeyjarfoss.

1.2.2 Áhrif Einbúavirkjunar á rennsli við hefðbundinn rekstur

Við tilkomu Einbúavirkjun myndast inntakspollur (e: intake pond)⁴ ofan við yfirfallið sem þveraði ána á mótis við bæinn Hlíðarenda. Yfirfallið myndi lyfta vatnshæð um 1,6 m næst yfirfallinu. Áhrif vatnsborðshækkunarinnar myndi ná alla jafna (háð rennsli árinna) á bilinu 300 m til 450 m upp með ánni en hækkunaráhrifin lækka eftir því sem fjær dregur frá yfirfallinu. Breidd árinna á þessum stað er innan við 200 m. Ef miðað er við rennslisbilið 53-135 m³/s (er á þessu bili 75% tímans) er flatarmál inntakspollsins á bilinu 60.000 til 85.000 m² (eða < 0,1 km²) og rúmmál vatns í inntakspollinum í upphafi, áður en set hefur fyllt upp í óvirka hluta þess, væri á bilinu 65.000 til 110.000 m³. Hér er allt vatn aftan við yfirfallið talið með en möguleg „miðlun“ á einungis við það vatnsborð sem hægt er að vinna með í hverri virkjun. Einbúavirkjun er bundin af lágmarksrennsli sem þýðir að ákveðin lágmarksvatnshæð er alltaf yfir ísfleytingaryfirfallinu sem skilar hluta lágmarksrennslisins til virkjaða kafla árinna. Því er miðlunarrýmud einungis sá hluti sem er ofan við þá vatnshæð eða sem nemur um 45.000 m³ (eða < 0,05 Gl sem er sú eining sem oftast er notuð um rýmud miðlunarlóna) ef miðað er við rennslisbilið hér að ofan.

Tafla 1 sýnir samanburð á stærðum inntakspolls Einbúavirkjunar annars vegar og miðlunarlóns Hrafnabjargavirkjunar, tilhögun C, sem fjallað var um af verkefnastjórn um rammaáætlun 3, hins vegar. Samanburðurinn sýnir hve mikill munur er á þessum tveimur virkjanakostum í Skjálfandaflióti enda önnur virkjunin rennslisvirkjun og hin hefðbundin virkjun með miðlunarlóni. Til að sýna muninn enn betur var rennsli hermt um inntakspoll Einbúavirkjunar annars vegar og hins vegar um miðlunarlón sem er sambærilegt að flatarmáli og lón Hrafnabjargavirkjunar, þ.e. ímyndað miðlunarlón í stað

⁴ Í ensku er ýmist talað um intake pond, head pond eða pondage um þá litlu uppistöðu vatns sem notuð er til að beina vatni að inntaki rennslisvirkjana. Valið hefur verið að nota fremsta hugtakið hér og þýða á íslensku sem inntakspollur.



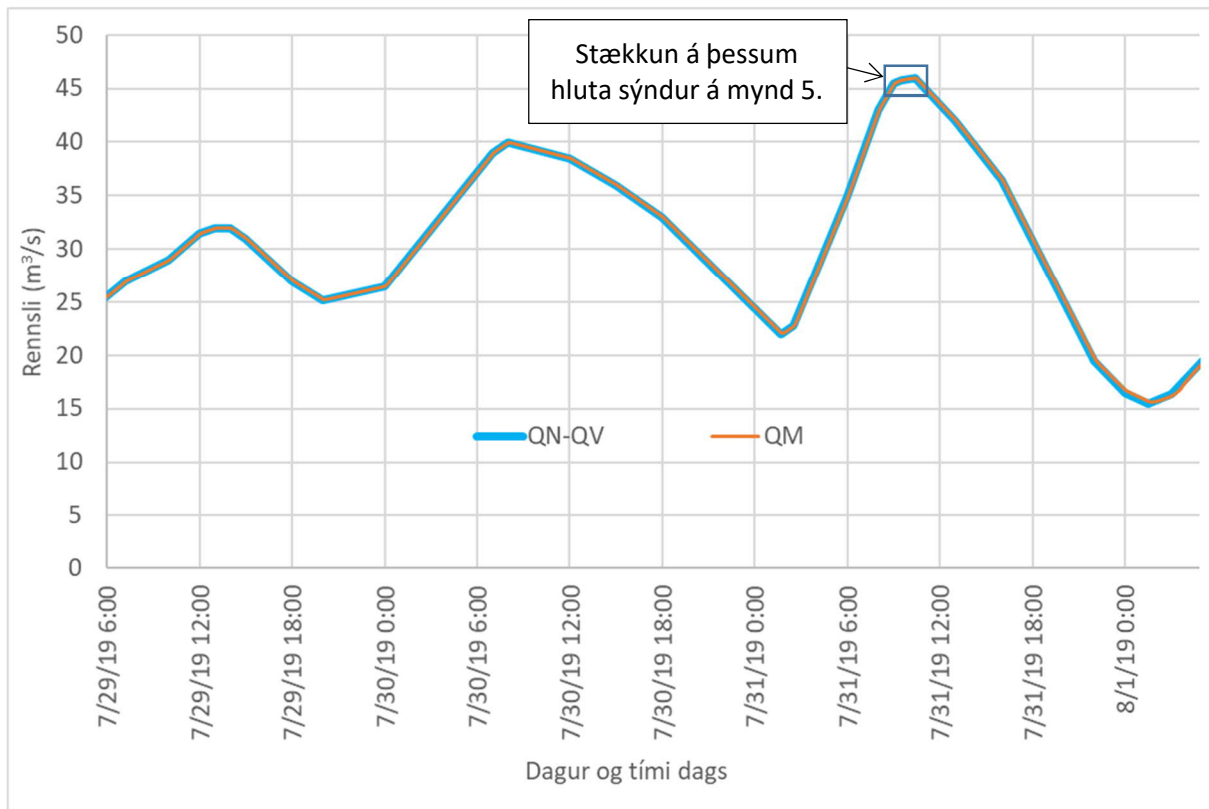
inntakspollsins sem væri staðsett þar sem inntakspollur Einbúavirkjunar yrði. Í síðara tilfellinu er miðað við að lónið sé fullt og því einungis um dempun að ræða vegna flatarmáls lónsins en ekki vegna rýmdar þess til miðlunar neðan yfirfallsbrúnar. Myndir 4 og 6 sýna inn og útrennslið. Rennsli um virkjun er dregið frá innrennslinu til að gera samanburðinn auðveldari.

Munurinn er augljós. Engin dempun er merkjanleg á mynd 4 og þarf að stækka upp lítinn hluta grafsins til að geta séð muninn, sjá mynd 5. Á mynd 5 sést smávægileg töf í gegnum inntakspollinn sem er innan við 5 mínútur. Rennslistoppurinn er í raun sá sami, munar innan við 0,04%. Til samanburðar er töfin á mynd 6 um 8 klukkustundir og dempun rennslis í hámarki dægursveiflunnar yfir 30%.

Tafla 1 Samanburður stærða inntakspolls Einbúavirkjunar og miðlunarlóns Hrafnabjargavirkjunar.

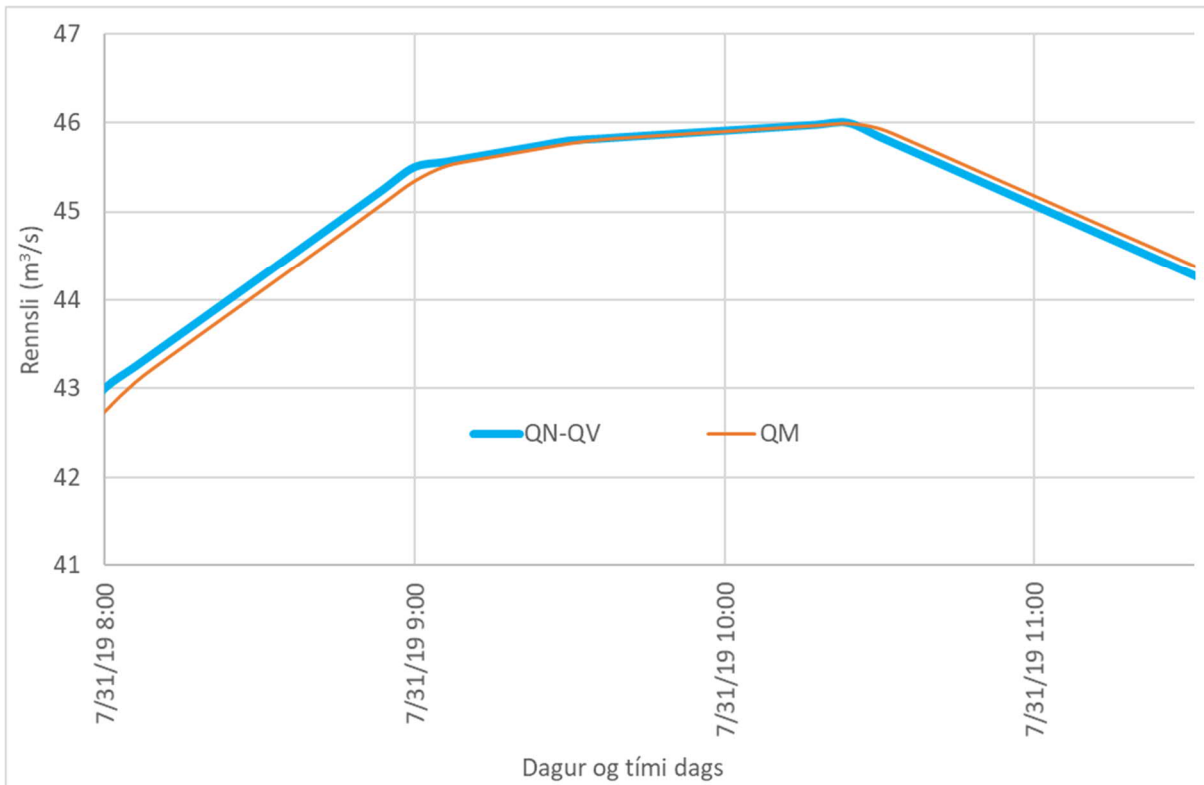
	Einbúavirkjun, inntakspollur	Hrafnabjargavirkjun, miðlunarlón ⁵
Virkjunartegund	Rennslisvirkjun	Hefðbundin virkjun
Lengd frá stíflu/yfirfalli upp eftir farvegi	< 0,5 km	20 km
Breidd í farvegi (breiðast)	< 200 m	2000 m
Flatarmál	< 0,1 km ²	26,8 km ²
Miðlun	≈ 0,1 Gl	297 Gl*

* milljón m³

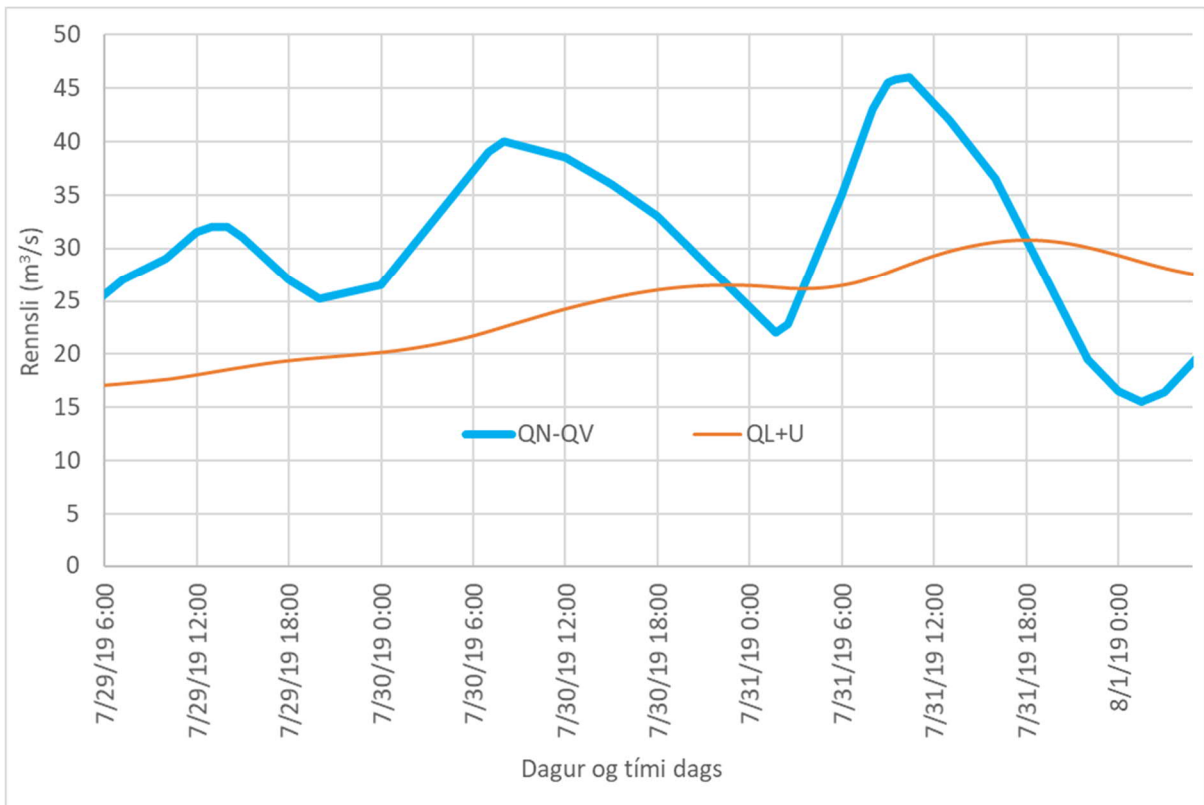


Mynd 4 Hermt rennsli um inntakspoll Einbúavirkjunar. Bláa línan sýnir innrennsli að fráðregnum þeim hluta sem er virkjaður (Q_N-Q_V) og appelsínugula sýnir rennsli yfir yfirfall til virkjaða hluta farvegarins (Q_M).

⁵ Ómar Örn Ingólfsson og Ólafur Sigurðsson (2014). *Hrafnabjargavirkjun C. Tilhægun virkjunarkosts R3110C*. Mannvit, unnið fyrir Landsvirkjun. LV-2014-126.



Mynd 5 Stækkaður hluti af mynd 4.

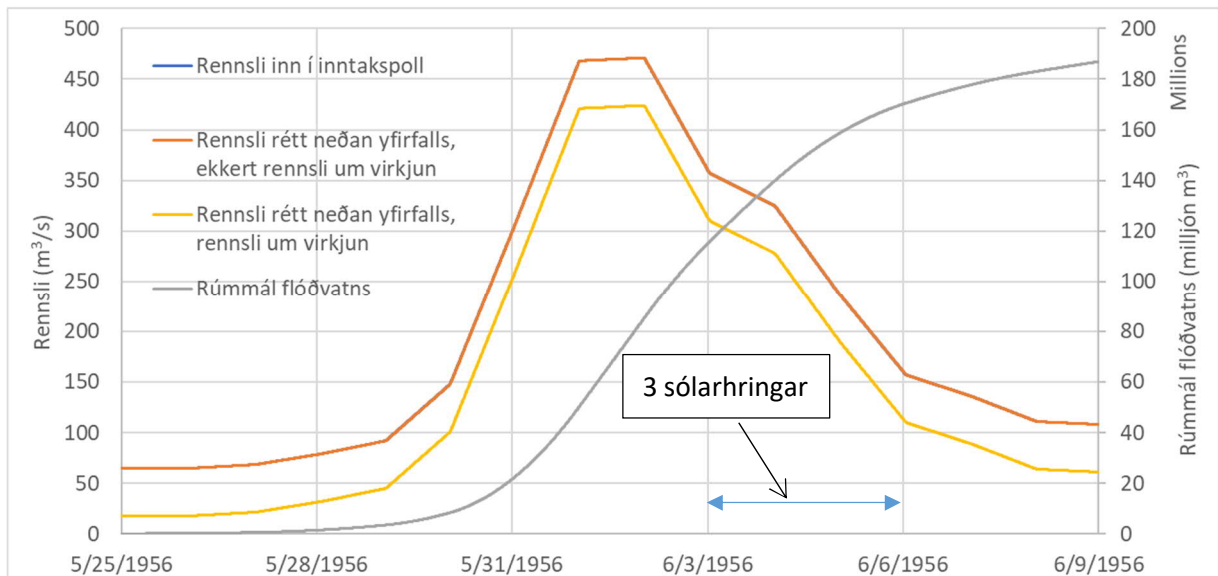


Mynd 6 Hermt rennsli um lón við Einbúavirkjun ef flatarmál lóns væri eins og gert var ráð fyrir við Hrafnabjargavirkjun. Miðað er við að lónið sé fullt og dempun því eingöngu vegna stærðar lónsins að flatarmáli. Bláa línan sýnir innrennsli í lónið að frádregnum þeim hluta sem er virkjaður (Q_N-Q_V) og appelsínugula sýnir rennsli yfir yfirfall til virkjaða hluta farvegarins (Q_{L+U}).



Af ofangreindu má sjá að inntakspollur Einbúavirkjunar er það lítilt að hann nær ekki einu sinni að hafa áhrif á dægursveiflur árinna. Svörunartími inntakspollsins er styttri en náttúrulegur breytileiki rennslis árinna, þ.e. rennslisbreytinganna gerast á stærri tímaskala en 5 mínútum.

Flóð eru massameiri en dægursveiflur og með lengri tímaskala. Því er einnig ljóst að inntakspollurinn hefur enga burði til að hafa áhrif á þau. Til samanburðar má taka dæmi um flóðið sem sýnt er á mynd 7, rúmmál þess er hátt í 190 milljón rúmmetrar, sjá hægri lóðréttu ásin. Inntakspollur Einbúavirkjunar hefur engin áhrif á flóðið en samanburður við miðlunargetu Hrafnabjargavirkjunar sýnir að slíkt lón gæti geymt allt flóðið og miðlað til baka síðar til árinna ef það væri í lágri stöðu við upphaf flóðs.



Mynd 7 Rennsli ofan og neðan við inntakspollinn, á virkjuðum kafla árinna, í dæmigerðu vorflóði. Hér stuðst við dagsmeðaltöl frá vatnshæðarmæli Vhm 204 í flóði dagana 25. maí til 9. júní 1956. Ath. Fyrstu tveir ferlarnir, blái og appelsínuraði, falla saman.

Af ofangreindu ætti að vera ljóst að inntakspollur Einbúavirkjunar hefur ekki burði til að hafa nokkur áhrif á rennsli Skjálfandafljóts hvorki fyrir ofan né neðan virkjunarsvæðið. Með öðrum orðum þá hefur virkjunartilhögunin ekki burði til að stýra rennsli árinna og getur þar af leiðandi ekki haft áhrif á jarðfræðileg ferli árinna nema á virkjunarsvæðinu sjálfu. Áhrifasvæðið er eingöngu bundið við árfarveginn á milli yfirfalls/inntaksmannvirkis og frárennslisskurðar þar sem hluti rennslisins fer til virkjunarinnar og verður skilað jafnóðum til baka neðan virkjunarsvæðisins.

Sú virkjun sem var til skoðunar hjá verkefnastjórn um rammaáætlun 3 í Skjálfandafljóti, þ.e. Hrafnabjargavirkjun, hefur hins vegar getu til þess að stýra rennsli árinna. Umfjöllun verkefnastjórnarinnar á við um þá virkjanatilhögun.

2 Aurburður

Mat á aurburði í Skjálfandafljóti byggist á mælingum sem gerðar voru við Stóruvelli á árunum 1974-1995. Um er að ræða svifaurburðarmælingar sem taka því einungis til svifaurshluta aurburðarins, þ.e. þann hluta sem berst með vatninu sjálfu. Til viðbótar berst aur einnig fram sem botnskrið en ekki eru til aðgengilegar mælingar af þeim þætti. Til viðbótar við svifaaur og botnskrið getur áin borið með sér efni og jafnvel stærri steina, með ís á veturnum.



Ef eingöngu er byggt á svifaursmælingum við Stóruvelli og eingöngu skoðaðar þær kornastærðir sem eiga auðvelt með að setjast til þar sem vatnshraði fellur niður⁶, t.d. ofan við þröskulda í farvegi, þá er áætlaður svifaur um 210.000 m³/ári. Í frummatsskýrslunni var þessi tala hækkuð í 290.000 m³/ári vegna óvissu og skorts á botnskriðsmælingum.

2.1 Möguleg áhrif á aurburð neðan virkjunar/setmyndun í inntakspoli

2.1.1 Mælanlegar kornastærðir við hefðbundna sýnatöku

Ef bornar eru saman stærðir inntakspollsins (um 90.000 m³) og magn aurburðar sem getur sest til þar sem vatnshraði er lágur (200-300.000 m³/ári) sést að þeir staðir innan inntakspollsins sem hafa lítinn rennslisraða fyllast fljótt af seti. Ferlið er þannig að í upphafi berst efnið inn í inntakspollinn og sest til þar sem rennslisraði er lágur. Á stuttum tíma, innan við ári (líklega á einu vori eða sumri), verður setmyndunin búin að þrengja að vatnsstraumnum. Þannig eykst vatnshraðinn í gegnum inntakspollinn það mikið að aurburðurinn nær ekki að setjast fyrir heldur berist í gegn og inn í aðrennslisskurðinn. Þar fellur hann til í aurgröfju sem inniheldur aurskolunarbúnað sem aurnum er skolað út um (líklega 2-3 í viku) til baka í árfarveginn neðan yfirfallsins.

Ef aurskolunarbúnaðurinn virkar ekki, einhverra hluta vegna, myndi aurburðurinn ná sambærilegu jafnvægi í gegnum vatnsvegi virkjunarinnar og skila sér beint í gegnum virkjun eftir að jafnvægi næst á milli rennslisraða og aurburðar. M.ö.o. þá er ekki til staðar geymslurými fyrir aurinn og mun virkjunin því einungis ráða við að minnka aurburð tímabundið í upphafi (innan við ári) á meðan að jafnvægi er að myndast.

Aurburðurinn nær því fljótt jafnvægi og skilar sér þá jafnóðum gegnum virkjunarsvæðið.

2.1.2 Grófara efni sem ekki mælist á hefðbundinn hátt

Eitthvað mun berast af grófara efni (steinum) en lítið er vitað um magn þess. Þessi þáttur er erfiður viðureignar þar sem ekki eru til einfaldar mæliaðferðir. Náttúrulegur endastaður slíks efnis sem bærast að virkjanasvæðinu væri á eyrunum neðan við Þingey. Ef loftmyndir (sjá map.is) eru skoðaðar frá mismunandi tímum (hér miðað við 2009 og 2018) sést að á þessu svæði eru sumir steinar á sínum stað í ánni á eyrunum allan þennan tíma á meðan nokkrir koma og fara. Þetta styður að tilfærsla á stærri einingum (steinum) er mun minni í sniðum að magni til en hinn mældi aurburður á minni kornastærðum. Því er ólíklegt að mikið magn berist í einu af þessum stærri einingum nema um hamfarir væri að ræða. Því er miðað við að fylgst verði með þróuninni og metið hvenær og hvort eitthvað þurfi að gera þegar þar að kemur.

Passað verður uppá að aðkoma að inntakspollinum verði þægileg svo hægt verði að fara úti hann með vinnuvélar og ná slíku efni upp gerist þess þörf. Ef svo verður, er einnig mikilvægt að skila efninu aftur til baka til árinna neðan virkjunar þar sem síðari flóð eða ísar geta borið efnið áfram á náttúrulegan hátt.

2.2 Möguleg setmyndun í farveginum á milli yfirfalls og frárennslis frá virkjun

Uppruni aursins sem berst niður Skjálfandafljót kemur annars vegar frá jökli (jökulþáttur árinna) og hins vegar í leysingum og flóðum með dragánum. Aurburður áa ræðst af efnisnámmum þeirra sem og burðargetu þeirra. Ef efnisnámmur árinna gefa minna af sér en burðargeta árinna orkar að bera fram flytur áin áfram allan aurinn sem efnisnámmurnar gefa henni. Ef hins vegar burðargeta árinna er minni en efnisnámmurnar láta henni í té sest efnið fyrir og getur myndað áreyrar. Eitt mat á burðargetu árinna er svokallað árafl (e: stream power) sem er í réttu hlutfalli bæði við halla árinna (fall á lengdar metra í rennslisstefnu) og rennslis hennar.

⁶ Minni kornastærðir berast óhindrað með vatninu, hvort sem það ferðast yfir yfirfallið eða um virkjunina. Óháð leiðinni sem það berst þá skilar það efni sér jafnarðan niður farveginn og magn þess því óbreytt í ánni hvort sem af virkjun verður eður ei.



Rétt ofan við Hrafnabjörg er halli Skjálfandaflijóts minni en á virkjanasvæðinu og rennur þar á áreyrum. Því má ætla að þessi hluti árinna stýri því hve mikill aur berst áfram niður farveginn. Á virkjanasvæðinu er áin hallameiri. Svartá bætir rúmunum 22 m³/s við rennslið auk þess sem nokkrar minni dragár auka rennslið sem berst að virkjanasvæðinu. Án tilkomu virkjunar er árafl Skjálfandaflijóts hærra á þessum kafla en á áreyrunum ofan við Hrafnabjörg. Með tilkomu Einbúavirkjunar minnkar rennslið á þessu svæði. Munurinn er þó ekki 47 m³/s ef rennslið er borið saman við þann stað sem er ráðandi fyrir magn aurburðar í ánni (eyrarar ofan Hrafnabjarga) þar sem Svartá og nokkrar dragár minnka muninn niður undir 25 m³/s. Ekki fundust áreiðanlegar mælingar af langhalla árinna á aurakaflanum en hæðarpunktur á gömlum kortum (Atlaskort á vef Landmælinga Íslands) benda til þess að langhallinn þar sé í kringum 0,0014 m/m. Á virkjanasvæðinu er langhallinn 0,003-0,012 m/m. Því er ljóst að oftast verður áraflíð nægilega hátt til að bera aurburðinn á milli yfirfalls og frárennslis frá virkjun.

Ekki er hægt að fullyrða að áraflíð verði nægjanlegt við lágmarksrennslis á vetri. Auðvelt er hins vegar að fylgjast með því hvort efni fer að setjast tímabundið fyrir að vetri til. Ef slík setmyndun færi að valda vandræðum væri hægt að lengja pípuna frá aurskolunarbúnaðinum alla leiðina að útrás frá virkjun þar sem áraflíð er orðið nægilega hátt öllum stundum til að bera aurinn áfram.

Með vöktun og inngripi, ef á þarf að halda, er hægt að tryggja að aurinn skili sér jafn óðum niður farveginn til sjávar.