

Verklýsing fyrir nýtt mat á vatnsafli Íslands

Kristinn Einarsson

Greinargerð KE-99-01



Verklýsing fyrir nýtt mat á vatnsaflí Íslands

Inngangur

Í orkulögum er skilgreint hlutverk Orkustofnunar. Þar á meðal er nefnt: „Að annast: Yfirlitsrannsóknir á orkulindum landsins, eðli þeirra og skilyrðum til hagnýtingar þeirra; ...” Þessi lagagrein felur m.a. í sér, að Orkustofnun beri að viðhalda yfirliti og mati á helztu orkulindunum, vatnsorku og jarðhita, og endurbæta það á hverjum tíma í ljósi nýrrar þekkingar.

Vatnsorka er háð því, að tvennt fari saman: Fallhæð og rennslí. Á Orkuþingi 1981 kynnti Haukur Tómasson [5] mat sitt á vatnsaflí Íslands. Matið byggðist á reitaskiptingu landsins, þekkingu á meðalhæð reita og mati á afrennslí í hverjum reit, sem m.a. undirritaður tók þátt í að vinna. Þetta mat hefur ekki verið endurskoðað á þeim 18 árum sem liðin eru síðan.

Reitirnir, sem byggt var á 1981, voru fjórðungur úr breiddargráðu á breidd og tíundi hluti úr lengdargráðu á lengd, eða u.þ.b. ferningslaga, og var meðalstærð hinna 916 reita um 130 km². Möskvastærðin var u.þ.b. 10–12 km. Þetta net, en nífalt þéttara í fleti, var notað á sínum tíma vegna mælinga á þyngdarsviði landsins, og því var meðalhæð reitanna þekkt. Afrennslíð var áætlað með tvennum hætti, annars vegar út frá því hvar úrkoman félli (Q_1), en hins vegar út frá því hvar vatnið kæmi fram sem yfirborðsrennslí (Q_2). Tekið var mið af afrennsliskorti Sigurjóns Rist [12] frá árinu 1956, meðalbreytingu á mældu meðalrennslí milli viðmiðunartímabíla og stökum rennslismælingum. Fyrri framsetningin var sú sama og Sigurjón notaði, og var talin eiga við þegar aðstæður líktust því sem algengast er erlendis, þ.e. á blágrýtissvæðum. Síðari fram-

setningin var nýjung, sem miðaði að því að auðvelda matið á nýtanlegri vatnsorku við íslenskar aðstæður, þ.e. þegar áhrif línna og jökla yrðu afgerandi þættir í vatnsbúskapnum.

Vatnsaflíð var metið á 5 km fresti í vatnakerfi, sem unnið var upp úr kortum í mælikvarða 1:250 000, og afrennslí- og landhæðarupplýsingar úr reitum felldar að þessu vatnakerfi á korti.

Nýtt mat á vatnsaflinu er fyllilega tímaþætt, enda eru nú fyrir hendi þekking og aðferðir, sem gætu gefið mun betri og nákvæmari mynd af afrennslí og landhæð heldur en áður. Matið gæti einnig náð til fleiri þátta en meðalrennslis, t.d. dreifingar lágrennslis og rennslis í flóðum. Tilkoma landfræðilegra upplýsingakerfa gjörbreytir notagildi slíkra gagna, því um leið og hinar mismunandi eigindir svæða eða reita hafa verið ákvarðaðar og skráðar eru þær til reiðu til að svara fljótt og greiðlega spurningum framtíðarinnar, jafnt á sviði vatnsorkurannsóknna og t.d. umhverfis- eða skipulagsmála.

Vandinn við gerð áætlunar um nýtt mat á vatnsorku landsins er margþættur, og vega þarf saman þörf, raunhæfan fjárhagsramma, stöðu þekkingar á rennslí og afrennslí (bæði með beinum mælingum og líkangerð) svo og á landhæð og vatnakerfi, nauðsynlegt og tiltækt starfslið, auk þess sem finna þarf verkinu hentugan skipulagsramma. Þróa þarf í einhverjum mæli nýjar aðferðir, t.d. reitaskipt rennslislíkön, og aðhæfa erlenda reynslu að íslenskum aðstæðum.

Auðlindadeild Orkustofnunar hefur þegar veitt nokkru fé til að vinna að verkþáttum, sem augljóslega tilheyrðu fyrstu skrefum

til endurmats á vatnsorku landsins, svo sem til lágrennslismælinga og LUK-væðingar vatnsorkumatsins frá 1981, auk áætlanagerðar. Þess utan nýtast aðrar rannsóknir til verksins, svo sem upplýsingar sem safnast í undirstöðunni, vatnshæðarmælakerfinu, auk jöklamælinga og rennslislíkan-gerðar.

Rétt er að vinna framhaldið innan ramma-áætlunar, þar sem annars vegar er hægt að skipta verkefnum í áfanga, en hins vegar fæst heildaryfirlit um markmið og framvindu verksins. Þar sem óvissa ríkir um umfang margra verkliða, er væntanlega skynsamlegt að gera fyrst afrennsliskort á tveimur hentugum, afmörkuðum svæðum, öðru með ríkjandi yfirborðsafrennsli og hinu með verulegu grunnvatnsrennsli, þar sem reynsla getur komið á aðferðir og betra mat fæst á umfang verksins í heild. Einnig er tímabært að skipa faglegan stýrihóp með verkinu til að móta það frekar og tryggja samhæfingu allra þátta.

1 Þekking og aðferðir

1.1 Mat á landhæð

Orkustofnun hefur að láni frá Landmælingum Íslands landhæðarlíkan, sem gert var af kortagerðarstofnun bandaríska hersins (sjá [4] bls. 13). Innan ramma samnings um landmælingar milli Orkustofnunar og Landmælinga Íslands á ekki að vera neitt því til fyrirstöðu að nota líkanið áfram á vegum Orkustofnunar. Möskvastærð líkansins er 3 bogasekúndur, eða um 90–100 m, í stað 3–4 km í þyngdarmælingalíkaninu. Stefnt var að 50 m nákvæmni lóðrétt og ± 30 m nákvæmni lárétt í gerð þess, og er upplýsingagildið u.þ.b. samsvarandi korti í mælikvarða 1:250.000. Hægt er að gera kort í LUK kerfi Orkustofnunar með 40–50 m hæðarlínubili af hvaða landshluta sem er út frá þessu líkani. Einnig er t.d. hægt að finna vatnasvið hvaða safnpunkts sem er, teikna vatnaskil og reikna hæðardreifingu.

Meðal niðurstaðna MS verkefnis (sjá [14]) hjá Þórörmu Ýr Oddsdóttur verkfræðingi, sem unnið var í tengslum við undirbúning verksins með stuðningi Vatnamælinga og Auðlindadeildar, er að veruleg aukning í nákvæmni þeirra reikninga fæst með því að nota einnig stefnuvirkan vatnagrúnn við afmörkun vatnasviða. Einnig er vitað, að leiðrétta þarf landhæðina sums staðar. Bæði er um að ræða beinar villur, og einnig er hæðin á jöklum landsins miklu betur þekkt en áður, og er hún einfaldlega alröng á köflum í landhæðarlíkaninu.

Með tilkomu Arc/Info, landfræðilegs upplýsingakerfis Orkustofnunar, hafa aðstæður allar gjörbreytt hvað varðar meðhöndlun land- og kortrænna gagna, miðað við stöðu mála á árinu 1981. Við samhæfingu á landhæðar- og vatnafarsupplýsingum við íslenskar aðstæður, og meðhöndlun þeirra í slíku kerfi, þarf þó að vinna þróunarstarf að vissu marki. Þar kemur einkum til færsla rennslis milli reita með grunnvatni og undan jöklum, auk samhæfingar reita við rennslilíkön.

Eins og fram kemur hér á undan er möskvastærð bandaríska landhæðarlíkansins um 90–100 m. Ekki er raunhæft að búast við því, að upplausn þeirra atriða og eiginda, sem til samans mynda bezta mat á afrennsli, sé svo mikil. Raunhæft ætti að vera, að stefna að svipaðri möskvastærð og á dagskrá er hjá Svíum og Norðmönnum, eða um 1 km. Þetta er eitt af því, sem prófa þarf á afmörkuðum sýnisvæðum.

1.2 Mat á rennsli

Mikið hefur bætzt við þekkinguna á rennsli vatnsfalla frá árinu 1981. Gildir það um tímaraðir við vatnshæðarmæla, sem reistir hafa verið síðan þá – einkum á hálendinu, stakar rennslismælingar víða um land, auk rennslislíkana, sem gerð hafa verið. Hlutfallsleg dreifing rennslisins er einnig betur þekkt en árið 1956, en sú dreifing var lögð til grundvallar 1981.

Frá 1981 hafa verið reistir og reknir í skemmri eða lengri tíma tæplega 50 nýir rennslisgæfir *vatnshæðarmælar*, aðallega til þess að mæla rennsli af hálendi landsins. Á móti hefur nokkuð verið lagt niður af eldri mælum, en gögn frá þeim eru áfram nýtileg með samiburði við aðra mæla. Um þessar mundir nær vatnshæðarmælakerfið aðeins til tæplega helmings landsins. Í meginatriðum nær það einkum til hálendisins, enda er það byggt upp með tilliti til þarfa vatnsorkurannsókna, sem miðast við hálendisbrún.

Nokkuð hefur ætíð verið um samiburðar *rennslismælingar* í nálægum vatnsföllum við vatnshæðarmælana, en undanfarnir tvö sumur hefur verið gert nokkurt átak í því að mæla svæðisbundið afrennsli. Sumarið 1996 var mælt lágrennsli á Vesturlandi og vestanverðu Norðurlandi. Sumarið 1997 var bætt við mælingum á Norðurlandi allt austur í Bárðardal, bæði á hálendi og láglandi. Hins vegar tókst ekki að fara slíka mælingaferð árið 1998 vegna anna við önnur störf hjá Vatnamælingum, og tókst samkomulag við Auðlindadeild um að færa fjárveitingu til hennar yfir á árið 1999.

Rennslislíkön, þar sem veðurgögn eru notuð til að líkja eftir rennslinu, hafa verið gerð hjá Vatnaskilum af virkjunarsvæðum Landsvirkjunar og nágrenni þeirra (Þjórsár-Tungnaásvæðið, Blanda, Fljótisdalur, Jökla, Jökulsá á Fjöllum-Skjálfandaflljót). Verið er að endurskoða líkan af Blöndu og víkka það út til Vestari-Jökulsár og í undirbúningi er líkan af vatnasviði Sogsins. Á Vatnamælingum hafa verið gerð líkön af Austari- og Vestari-Jökulsá, Norðurá í Borgarfirði, Dynjandisá, Fjarðará í Seyðisfirði, Fossá í Berufirði, Geithellnaá og Hamarsá. Líkön Vatnaskila (NAM2+AQUA) og Vatnamælinga (HBV/Karmen) eru ekki eins, en sambærileg að flestu leyti nema varðandi grunnvatnsreikninga. Hægt er t.d. að flytja milli þeirra nokkur svæðisbundin gildi stýristærða.

Sérstaklega ber að nefna athuganir á *grunnvatni* og *jöklum*, en þessi tvö atriði ljá vatnafari Íslands sérstöðu, með ríkidæmi sínu samiburði við önnur lönd. Komið hefur í ljós með langtímamælingum, að rennsli frá lindasvæðum og staða grunnvatnsborðs eru *ekki* jafn stöðug og áður var haldið, og er því nauðsynlegt að fylgjast náið með hvoru tveggja, þar sem það á við, sjá [2]. Unnið hefur verið markvisst að rannsóknnum á grunnvatni á hálendinu af hálfu Orkustofnunar undanfarna tæpa tvo áratugi, og er þar nú víða að koma fram mynd af ástandi og breytileika grunnvatnssvæða.

Jöklamælingar eru stundaðar á vegum Landsvirkjunar og Orkustofnunar, sjálfstætt og með þátttöku Raunvísindastofnunar háskólans. Þessar mælingar eru nauðsynlegar til að fá mat á vatnsbúskap jökla, og á úrkomunni þar sem hún gerist mest. Þær fá nú að auki mjög aukið vægi í tengslum við mögulegar veðurfarsbreytingar af mannavöldum [8].

Að lokum má nefna *veðurfarsathuganir* á hálendinu, sem Orkustofnun hefur stundað í áratugi. Nokkur lægð kom í þessar mælingar um tíma, og tók Landsvirkjun þó upp hluta af þeim slaka, en á síðustu árum hafa Vatnamælingar reist fjórar sjálfvirkar veðurstöðvar. Við þær vantaði þó úrkomumælingar, vegna tæknilegra örðugleika við hinar erfiðu aðstæður hér á landi, en nú virðast hin tæknilegu vandamál loks vera að leysast. Slíkar mælingar, ásamt jökla- og snjó-mælingum, eru ómetanlegar til stuðnings við gerð rennslislíkana og forsenda þess að fá fram samþættingu og hagræðingu í vatnshæðarmælakerfinu.

Úrkomukort og uppgufunarkort eru nauðsynleg, eigi að finna afrennsli út frá vatnsjöfnuði. Úrkomukortið fyrir Ísland [1] sem gildir fyrir tímabilið 1931-60 er orðið gamalt, og byggir að stórum hluta á vatnamælingum og afkomumælingum jökla. Gerð hafa verið ný svæðisbundin úrkomukort fyrir líkansvæði á vegum Landsvirkjunar, Hitaveitu Reykjavíkur og Hitaveitu Suð-

urnesja á síðari árum. Uppgufunarkortið (gnóttargufun) af Íslandi frá 1972 [10] sem gildir fyrir tímabilið 1958–67 hefur ekki verið endurskoðað.

2 Drög að áætlun um nýtt mat á vatnsaflí Íslands

Segja má, að fyrstu skref til þess að gera það mögulegt að vinna nýtt mat á vatnsaflí Íslands hafi þegar verið stigin. Verður þeim lýst hér á eftir. Talið er rétt að vinna framhaldið innan rammaáætlunar, þar sem annars vegar er hægt að skipta verkefnum í áfanga, en hins vegar fæst heildaryfirlit um markmið og framvindu verksins.

2.1 Fyrstu skref

Meðal fyrstu skrefa, sem stigin hafa verið, má nefna:

- Þótt vatnshæðarmælakerfið sjálf sé utan ramma þessarar áætlunar, verður vart hjá því komið að nefna hér mikilvægi þess, að mælakerfið hefur verið endurskoðað og aðlagð þessu verkefni, með tilliti til þess að gefa nákvæmari og betri mynd af vatnsorku landsins. Uppbygging síðustu ára hefur einnig hniðið í sömu átt, og samhliða niðurskurði á ríkisframlögum til orkumála hefur Orkustofnun skerpt þetta hlutverk kerfisins. Enn eru þó stór svæði á landinu, sem ekki eru og hafa ekki verið mæld. Í tengslum við vatnshæðarmæla til langs tíma, svonefndar svæðisstöðvar, eru reknir vatnshæðarmælar til skemmri tíma, svonefndar samburðarstöðvar. Með hæfilegum flutningi slíkra mæla með reglulegu millibili á að vera hægt að fylla víða upp í götin, með aðstoð rennslislíkana.
- Landlíkan hefur verið útvegað (sjá hér að ofan) og unnið lokaverkefni

til MS prófs í verkfræði sem innifól m.a. að prófa gæði líkansins og tengingu þess við vatnagrunn (sjá [9] og [14]). Verkefnið var skilgreint innan nýlegs rammaáætlunar Orkustofnunar og Háskóla Íslands.

- Líkangerð hefur verið eflað á Vatna-mælingum og þrír úr hópi sumarstarfsmanna þjálfaðir, enda er líkana þörf í ýmsum tilgangi, t.d. vegna virkjanaáætlana eða til úrvinnslu og túlkunar á vatnshæðarlínuritum. Rennslislíkön voru gerð af fjórum vatnsföllum sumarið 1997 og tveimur (með þremur vatnshæðarmælum hvort) 1998, með viðunandi árangri. Nokkur tími fór í þjálfun, en á móti kom að árnar voru fremur vel fallnar til líkangerðar.
- Ákveðin hefur verið þátttaka í verkefni á vegum CHIN (forstöðumenn norrænna vatnafræðistofnana), þar sem markmiðið er að gera afrennsliskort af Norðurlöndum fyrir staðaltímabilið 1961-90. Dæmi um vinnubrögð og útkomu slíkrar vinnu má t.d. sjá í [3] eða [11]. Leitað hefur verið eftir samvinnu við Veðurstofu Íslands um að gera ný úrkomu- og uppgufunarkort af landinu í tengslum við það verkefni.
- Hafnar eru svæðisbundnar rennslismælingar við lágrennslí, sjá hér að ofan. Með hæfilegu framhaldi næstu sumur má ætla, að hringferð um landið geti lokið á næstu fimm árum.

2.2 Rammaáætlun um framhaldið

Hér á eftir eru sett fram helztu atriði sem þarf að samhæfa, þannig að hægt sé að nota nýja þekkingu til að gera sem bezt mat á vatnsaflí Íslands.

Landlíkan. Með samningi Orkustofnunar við Landmælingar Íslands virðist fylgja

sjálfkrafa leyfi til afnota af landlíkani Landmælingastofnunar bandaríska hersins (DMA). Leiðrétta þarf nokkra hnökra á líkaninu og skipta út upplýsingum um landhæð á jöklum. Til þess þarf að leita eftir samvinnu við Landsvirkjun og Raunvísindastofnun háskólans. Forrita þarf sérhæft vinnuumhverfi í forritunarmáli Arc/INFO, Avenue, til að tengja allar upplýsingar viðkomandi reitum. Jafnóðum og lausnir finnast á tengingu landfræðilegra upplýsingakerfa og tímaháðra rennslislíkana, þarf að koma þeim í notkun í tengslum við verkið, eða í framhaldi þess. Mest þekking hérlendis á þróun sérhæfðra landfræðilegra upplýsingakerfa er hjá Verkfræðistofunni Hnit.

Vatnagrunnur. Unninn hefur verið vatnagrunnur skv. samningi Orkustofnunar og Landmælinga Íslands á grundvelli vatnaþekju í mælikvarða 1:250 000 og skrár Vatnamælinga um vatnsföll og stöðuvötn landsins, sjá [13]. Í núverandi formi er vatnagrunnurinn hæfur til framsetningar á kortrænum upplýsingum, en úr þremur ágöllum þarf að bæta til þess að hann nýttist við mat á afrennsli og vatnsorku [14]. Í fyrsta lagi er vatnaþekjan fyrir Austurland og Suðausturland enn á grunni eldri korta, og er það á ábyrgð LMÍ að bæta úr því. Í öðru lagi er hvert vatnsfall í vatnaþekjunni meira og minna sundurslitið í búta, sem þarf að sameina, þannig að búta megi til heildstæða miðlínugrind. Í þriðja lagi þarf að merkja alla vatnsfarvegi með rennslisstefnu, þannig að nota megi vatnagrunninn í tengslum við hæðarlíkanið til að skipta landinu í vel ákvörðuð vatnasvið, sem eru þar að auki nærri réttu lagi. Að fenginni reynslu úr MS verkefni Þóröru Ýrar Oddsdóttur er það vitað, að hér er um all umfangsmikið þolinmæðisverk að ræða.

Vatnamælingar. Minnt skal á, að núverandi vatnshæðarmælakerfi nær til minna en helmings landsins, og jafnvel á hálendinu má finna eyður í því. Með hæfilegri blöndu af langtíma- og skammtíma vatnshæðar-

mælum, og aðstoð rennslislíkana, mætti stoppa í þau göt sem tilfinnanlegust eru. Einnig þarf að ljúka mælingahringferð um landið í ýmsum smærri vatnsföllum, og mætti gera það á næstu fimm sumrum eða svo. Leita þarf eftir samvinnu við Landsvirkjun, Orkubú Vestfjarða og Rafmagnsveitur ríkisins um gerð rennslislíkana og/eða rennslismælingar á þeim svæðum sem þessi fyrirtæki bera ábyrgð á. Þess utan þarf að endurskoða eldri gögn Vatnamælinga á mikilvægustu mögulegum virkjunarsvæðum landsins, sem er bæði tímafrekt og umfangsmikið.

Veðurmælingar og úrvinnsla veðurgagna. Nauðsynlegt er að setja upp úrkomumæla, ásamt stikum til snjó-mælinga, við allar sjálfvirkar veðurstöðvar á hálendinu. Tækni til úrkomumælinga hefur setið eftir, og varð lengi vel að notast við safnmæla. Nú hafa aðstæður breytt til hins betra, og þarf að gera myndarlegt átak til þess að ná upp slaka í mælingum á dreifingu úrkomu á hálendinu. Jafnframt þarf að vinna betur úr þeim úrkomu- og snjó-mælingagögnum, sem safnast hafa saman á undanförunum áratugum, bera þau saman við úrkomumælingar í venjubundnum úrkomumælum og nýta þær upplýsingar eftir fögnum til að bæta úrkomukort af landinu. Engar rannsóknir á uppgufun hafa farið fram sl. tæplega 30 ár, eða síðan Markús Á. Einarsson reiknaði gnóttargufun fyrir landið [10], nema e.t.v. ef vera skyldi í tilraunareit Rannsóknastofnunar landbúnaðarins í Gunnarsholti, í tengslum við rannsóknir Halldórs Þorgeirssonar á umhverfisáhrifum uppvaðandi aspaskógar.

Gera þarf nýtt úrkomukort í samvinnu við sérfræðinga Veðurstofu Íslands og staðkunnuga menn á hálendi Íslands, svo sem víðförla starfsmenn Orkustofnunar og Landsvirkjunar, í nákvæmari dráttum en til stendur að gera í því samnorræna verkefni, sem drepið er á hér að framan.

Skoða þarf breytileika í reiknaðri gnóttar-

gufun og meta á grundvelli þess, hvort endurskoða þurfi gamla uppgufunarkortið, eða hvort hitaháð mat á uppgufun sem gert er í rennslislíkönnum eins og HBV líkaninu sé fullnægjandi.

Jöklamælingar. Halda ber áfram jöklamælingum Vatnamælinga Orkustofnunar á Hofsjökli og Þrándarjökli. Í báðum tilfellum er um að ræða mjög mikilvæga staði á orkuríkum svæðum, þar sem jöklabúskapurinn skiptir miklu máli fyrir vatnafarið. Þess utan má líta á jöklana sem risavaxna úrkomumæla, auk þess sem þeir gefa fyrstu skýru merkin um mögulegar veðurfarsbreytingar af mannavöldum. Safna þarf saman á einn stað niðurstöðum afkomumælinga, sem gerðar eru af Vatnamælingum, Raunvísindastofnun og Landsvirkjun.

Líkangerð. Rennslislíkan, sem gert hefur verið fyrir tiltekinn vatnshæðarmæli, má nota til að áætla dreifingu rennslis innan svæðisins og einnig að vissu marki fyrir aðliggjandi, ómæld svæði, svo framarlega sem þau eru svipuð með tilliti til jarðfræði, gróðurfars, landslags og annarra aðstæðna, sem máli skipta fyrir vatnafar. Gera þarf rennslislíkön fyrir sem flesta vatnshæðarmæla landsins, enda nýtast þau til fjölbreytilegra þarfa. Með þeim fæst t.d. mat á því hvaða viðbótarupplýsingar vatnshæðarmælir á hlutsvæði getur gefið, eða hversu nauðsynlegur hann er, og auk þess verður úrvinnsla vatnshæðarlínurita bæði auðveldari og markvissari. Þróa þarf nýjar aðferðir við íslenzkar aðstæður, t.d. í líkingu við þær sem beitt hefur verið í Svíþjóð [6] til að yfirfæra vatnasviðsbundin líkön í reitabundin líkön. Hinar íslenzku aðstæður auka raunar flækjustigið að mun, því jafn stórfelldur tilflutningur úrkomu með grunnvatni og jöklum, áður en hún kemur fram sem rennsli í lindum eða undan jökuljaðri – ef hún fer ekki beint til sjávar með grunnvatnsstraumnum – er mjög sjaldséður. Þessi atriði kalla á sérlausnir við tilflutning á rennsli milli oft og tíðum inn-

byrðis fjarlæggra reita. Ekki er hægt að búast við klæðskerasaumum lausnum á því innan landfræðilega upplýsingakerfisins erlendis frá. Nýta þarf reynslu færustu manna á þessu sviði. Staðþekkingu og vatnajarðfræðilega ráðgjöf má sækja innan Orkustofnunar. Á því má byggja grunnvatnskort, sem eru undirstöðupáttur í gerð grunnvatnslíkana. Hvað varðar endurbætur rennslislíkana og aðlögun þeirra að reitakerfi væri hins vegar rétt að leita til Verkfræðistofunnar Vatnaskila, auk þess sem farið yrði í smíðju erlendis, t.d. með samvinnu við norska sérfræðinga sem vitað er að glíma við hliðstæð vandamál um þessar mundir.

Afrennsliskort. Með því að skoða yfirborð landsins (landlíkanið) ásamt þekjum, er lýsa vatnsföllum, jarðfræði, gróðri, rofi o.s.frv., í samhengi við tímaráðir veður- og vatnafars, má draga fram upplýsingar, sem skipta máli til að afmarka vatnafræðilega einsleit svæði [7]. Vegna mikilvægis jökla og grunnvatns í mótnun vatnafars á Íslandi er síðan nauðsynlegt að vinna afrennsliskortið á tvennan hátt, svipað og gert var 1981 [5], þar sem grunnvatnskort eða grunnvatnslíkön eru tengd við úrkomukort og önnur gögn. Grunnurinn að mati afrennslis á hverju svæði eða í hverjum reit hlýtur að liggja í áratugalöngum vatnamælingum. Við þær þarf svo að tengja skemmri tíma samanburðarmælingar, ásamt stökum rennslismælingum. Rennslislíkön aðstoða við að færa þessar upplýsingar til sama tímabils (t.d. 1961–90) og áætla afrennslið á aðliggjandi, sæmilega einsleitum svæðum. Sums staðar er hægt að fá óháð mat á vatnsjöfnuðinn, þar sem úrkomumælar eru nærri og uppgufun hefur verið áætluð, og er sjálfsagt að eiga samstarf við Veðurstofuna um það. Á hitt ber að líta, að gamla úrkomukortið af Íslandi er byggt að hluta á niðurstöðum vatnamælinga, og þarf því að varast hringsannanir um vatnsjöfnuð.

Vatnsaflskort. Á grunni afrennsliskorts annars vegar, sem aftur byggir m.a. á land-

líkani, vatnagrunni, úrkomukorti, rennslis-
líkönunum, grunnvatnslíkönunum, vatnshæð-
armælakerfi, stökum rennslismælingum,
gróður-, jarðvegs- og jarðfræðikortum,
og landhæðarlíkans hins vegar, verður til
vatnsaflskort, sem getur orðið betra og ná-
kvæmara en það sem fyrir er.

Þau gögn sem liggja til grundvallar nýju
mati á vatnsaflinu verða auk þess tiltæk til
ýmiss konar annarra athugana í landfræði-
legu upplýsingakerfi, allt eftir því sem nýjar
og nú óþekktar þarfir kunna að kalla eftir.

2.3 Samantekt

Næstu skref í áttina til nýs mats á vatnsafl-
Íslands virðast vera þessi:

1. Skipun faglegs samráðshóps til að
móta nánar rammaáætlun fyrir
verkið, velja tvö sýnisvæði og gera
tillögur um áfangaskiptingu.
2. Leiðrétting landlíkans, einkum og sér
í lagi á jöklum landsins.
3. Lagfæring vatnagrunns í þágu verks-
ins með uppfærslu korta á A- og SA-
landi, samtengingu línubúta og merk-
ingu á rennslisstefnu.
4. Áframhald lágrennslismælinga hring-
inn um landið í samvinnu við virkjun-
araðila.
5. Stóreffling á kerfi úrkomumæla á há-
lendinu, úrvinnsla á eldri gögnum og
náin samvinna við sérfræðinga Veður-
stofu Íslands við gerð úrkomukorta.
6. Framhald á afkomumælingum á
jöklum landsins, söfnun gagna á einn
stað.
7. Framhald á líkangerð, þannig að gert
sé líkan fyrir alla vatnshæðarmæla um
leið og rennslisröð frá þeim nær ákveð-
inni lengd.

8. Þróunarvinna við reitbundin rennslis-
líkön, með sérlausnum fyrir íslenskar
aðstæður.

Nýtt afrennsliskort og vatnsaflskort af
landinu í nútímalegu landfræðilegu upp-
lýsingakerfi skapar víðtækan og all ná-
kvæman brunn upplýsinga um náttúrufar,
sem verður öflugt tól til að veita almenningi
og sérfræðingum svör við spurningum um
vatnsorku. Hann veitir jafnframt viðbúnað
til að leysa úr spurningum af margvíslegu
tagi um ýmis önnur atriði, er varða um-
hverfismál og vatnafar, sem vega æ þyngra
hjá almenningi og stjórnvöldum bæði inn-
anlands og utan.

Heimildir

- [1] Adda Bára Sigfúsdóttir 1976. *Ársúr-
koma á Íslandi 1931-1960* (kort). Í:
Markús Á. Einarsson 1976. *Veðurfar á
Íslandi*. Íðunn, Reykjavík, 150 s.
- [2] Árni Snorrason, 1990. *Hydrological
variability and general circulation of
the atmosphere*. Erindi haldið á NHK-
90, norrænu vatnafræðiráðstefnunni
í Kalmar 1990, OS-90027/VOD-02,
Orkustofnun, 13 s.
- [3] Maja Brandt, Torbjörn Jutman &
Hans Alexandersson, 1994. *Sveriges
vattenbalans. Årsmedelvärden 1961-90
av nederbörd, avdunstning och avrinn-
ing*. SMHI Hydrologi nr.49, 1994, 16 s.
- [4] Defense Mapping Agency, 1990. *Digit-
izing the Future*. 105 s.
- [5] Haukur Tómasson, 1981. *Vatnsafl Ís-
lands, mat á stærð orkulindar*. Erindi
á Orkuþingi 1981, 14 s.
- [6] Torbjörn Jutman 1992. *Production of
a new runoff map of Sweden*. Nordisk
Hydrologisk Konferanse 1992, Alta,
Norge, 643-651.

- [7] Irina Krasovskaia & Lars Gottschalk, 1992. *Stability of river flow regimes*. Nordic Hydrology, 23, 1992, 137-154.
- [8] Kristinn Einarsson, 1995. *Impact of climate change on runoff and floods in Iceland - Some preliminary conclusions*. Symposium on climate change, water resources and energy production in the Nordic countries, April 26-28, 1995, Reykjavík, 17 s.
- [9] Kristinn Einarsson, 1997. *Preliminary project description for Þórarinn Óddsdóttir in fulfilment of a MS degree in Engineering*. 2 s.
- [10] Markús Á. Einarsson, 1972. *Evaporation and potential evapotranspiration in Iceland*. Veðurstofa Íslands, 22 s.
- [11] Birgitta Raab & Haldo Vedin (ritstj.), 1995. *Klimat, sjöar och vattendrag*. Sveriges Nationalatlas, band 14. 176 s.
- [12] Sigurjón Rist, 1956. *Íslensk vötn 1*. Raforkumálastjóri, Reykjavík, 127 s.
- [13] Þórarinn Jóhannsson og Kristinn Einarsson 1998. *National database of rivers and lakes in Iceland*. Proc. Nordic Hydrological Conference NHK-98, Helsinki, Finland. NHP-report No. 44, vol.II, bls.381-384.
- [14] Þórarinn Óddsdóttir 1999. *Geographical Information Systems for hydrological analysis*. Ritgerð til MS prófs í verkfræði við Verkfræðideild Háskóla Íslands, í prentun.

Orkustofnun, Vatnamælingar
Kristinn Einarsson