

# FRÁ MÆLINGUM TIL LÍKANS

Kristinn Einarsson  
*Orkustofnun*  
*Grensásvegi 9, 108 Reykjavík*

## INNGANGUR

Hér verður fjallað um vatnshæðarmæla og veðurstöðvar á Íslandi og mælingar sem þar fara fram. Umfjöllunin verður tengd rennslislíkönunum sem notuð eru í þágu virkjanarannsókna, einkum til rekstrareftirlíkinga á virkjunum og orkukerfum.

Rekja má mælingar rennslis- og veðurþátta á Íslandi all langt aftur í tímann. Veðurathuganir eru sýnu eldri í hettunni en rennslisathuganir. Jafnvel má rekja sögu trúverðugra hita- og úrkomumælinga aftur til síðustu áratuga átjándu aldar, en fast form hefur verið á veðurathugunum frá því um 1870-1880. Samfelldar vatnamælingar hefjast hins vegar á þriðja áratug þessarar aldar, en kerfisbundnar verða þær ekki fyrr en eftir síðari heimsstyrjöld. Fyrsta rennslismæling var gerð á Íslandi sumarið 1881.

Margt má tína til sem ástæðu þess að mælingarnar hófust, en aðeins einstaka menn gerðu sér í upphafi grein fyrir því, hversu samofnar veður- og vatnamælingar gætu orðið. Nú á dögum eru veðurathuganir einar sér einkum notaðar með tvennum hætti; til þess að spá fram í tímann og til þess að líta um öxl. Þetta er það sem við köllum veðurspár annars vegar og veðurfarsathuganir hins vegar. Notkun veðurathugana til að spá um veður er sýnu grónari og víðtækari iðja en samsvarandi notkun veður- og rennslisathugana til að spá fyrir um rennsli. Algengari er í vatnafræði samsvörunin við veðurfarsathuganir, það að litið sé um öxl til liðins tíma, þótt eiginlegar rennslisspár fram í tímann séu einnig stundaðar.

Á sama hátt og spágildi um veður morgundagsins getur falizt í veðri nokkurra undanfarandi daga,

er einnig innra orsakasamhengi fólgið í rennsli ána. Til viðbótar hefur veðrið, t.d. hiti og úrkoma, einnig áhrif á rennsli fram í tímann. Þegar reynt er að gera sér grein fyrir eðli þessa orsakasamhengis og afleiðingum er niðurstaðan líkan hinna raunverulegu viðburða, eftirlíking sem oft er all góð en aldrei fullkomin. Slík líkön eru yfirleitt notuð í formi forrita sem keyrð eru í tölvu.

Í virkjanavatnafræði er leitast við að nota sem best gögn um rennsli, en vanti í mælingarnar nauðsynleg tímabil, eða ef þær eru augljóslega gallaðar, er gripið til líkangerðar eins og að framan greinir. Mikið skortir á að tiltæk séu á tölvutæku formi öll þau veðurgögn sem safnað hefur verið og til greina kæmu við vatnafræðilega líkangerð. Einnig þarf að setja upp fleiri hálendisstöðvar, eigi niðurstöður rennslislíkana eða líkönin sjálf að geta batnað frá því sem nú er. Það tengist m.a. þeirri staðreynd, að veðurstöðvar hafa þrengra mælisvið en vatnshæðarmælar. Í fyrra tilfellinu er um punktmælingu að ræða, en í því seinna mælast samanlögð áhrif af því sem gerist á vatnasviðinu ofan við mælistöðina.

Vatnafræðilíkönum má skipta í tvo undirflokk, ákvarðanleg líkön og tölfræðileg, eða tímaraðalíkön. Fyrri gerðin byggist á þeirri hugmynd að líkja eftir ákveðnum ferlum í hringrás vatnsins, í von um að finna lögmálið að baki þessara ferla. Seinni gerðin nýtir sér tölfræðilega eiginleika veður- og rennslisgagna, það að um er að ræða tímaháða atburði sem háðir eru óvissu. Þessi líkön blandast stundum á þann hátt, að niðurstöður einnar líkangerðar eða flokks renna sem frumgögn inn í líkan af öðru tagi.

Hin einfaldari líkön eru fljótgerð og ódýr, en krefjast yfirleitt ekki mikillar gagnasöfnunar og úrvinnslu. Þau gefa jafnframt miður ljós svör. Þau flóknari geta orðið hinar mestu ófreskjur og tímafrek og dýr í notkun, en gefa stundum allstarleg svör. Í raun er yfirleitt farinn hinn farsæli meðalvegur og leitað svars með sæmilega viðunandi nákvæmni. Með tölvubyltingu og tækninýjungum í gagnasöfnun hefur þessi meðalvegur færzt heldur í flóknu áttina á síðustu árum.

## VATNAMÆLINGAR

Samfelldar vatnamælingar hefjast á öðrum og þriðja áratug þessarar aldar, en kerfisbundnar verða þær ekki fyrr en eftir síðari heimsstyrjöld (*Sigurjón Rist*, 1956). Fyrsta rennismæling fór hins vegar fram á Íslandi sumarið 1881 (*Helland*, 1882).

Í fyrstu voru mælingarnar í umsjá vegamálastjóra, en vatnamælingar í núverandi mynd voru stofnsettar 1947 undir embætti raforkumálastjóra, síðar orkumálastjóra. Lengsta samfellda rennislíróðin, frá 1928, er úr Elliðaánum (*Rennslisskýrslur*).

Athugum lítillaga þau rennislísgögn sem notuð hafa verið til virkjanarannsóknna á Íslandi. Og hér gildir um það, sem að rekstrareftirlíkingum virkjana snýr, að ætíð hefur verið reynt að teygja gögnin aftur til ársins 1950. Grunn tímaeiningin er einn sólarhringur, síðan eru unnin ýmis meðaltöl út frá henni, svo sem yfir tvær vikur, mánuð, almanaksár eða vatnsár. Eingöngu er notast við safnrennslitveggja vikna til rekstrareftirlíkinga (*Verkfræðistofnan Stregur*, 1985). Lítum á óvissuþætti, fjölda vatnshæðarmæla og dreifingu þeirra.

### Óvissuþættir vatnamælinga

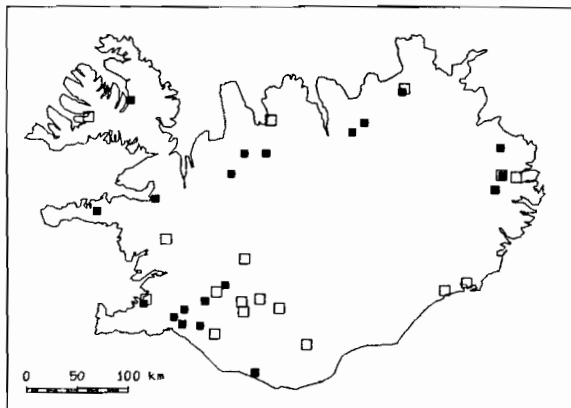
Mælingar á rennslí í ám eru nokkrum annmörkum og erfiðleikum háðar. Óvissa er í rennismælingum, vatnshæðarmælingum og í sambandi vatnshæðar og rennslis, þ.e. rennislísklinum. Þessi óvissa á uppruna sinn í skekkjum af bæði tilviljanakenndum og kerfisbundnum toga (*STAMOVAR (Starfshópur um endurskoðun á Aðferðum við Mat á Orkugetu Vatnsorkuvera og Rekstri þeirra)*, 1985,

1986). Skulu nokkur mikilvæg atriði nefnd í því sambandi.

Fyrst er að telja, að síritun er á vatnshæð en ekki rennslí. Samband er reiknað milli vatnshæðar og rennslis eftir hæfilegan fjölda rennismælinga við nægilega breytilega vatnshæð, það er nefnt rennislískill. Þessu sambandi stýrir ráðandi þversnið í ánni við vatnshæðarmælistað; klapparhaft, þröskuldur eða stöðugur botn. Rennslisskýrslur og rennislíraðir eru leiddar af vatnshæðarskýrslum með aðstoð þessa lykils að rennslínu, og hljóta því að bera þess merki, hve góður eða slæmur hann er hverju sinni. Óvissa er í hverri rennismælingu, við beztu aðstæður á bilinu 1-5 %. Henni til viðbótar er óvissa tengd ákvörðun rennislískilsins, og er hún oft hlutfallslega mest við hárennslí. Það er þó háð vatnsfallinu. Eitt atriði til viðbótar tengt rennislísklinum veldur mönnum sífelldu hugarangri, það er stöðugleiki hins ráðandi þversniðs, sem er hin óbreytilega undirstaða eða þröskuldur í árbotninum, er heldur uppi stöðugu vatnsborði í ánni við stöðugt rennslí. Þetta þversnið í ánni ræður um leið stöðugleika rennislískilsins. Aðeins eitt ráð er fyrir hendi til þess að halda þessari villuupp-sprettu í skefjum, það er að rennismæla með reglulegu millibili til að athuga hvort samhengið sé óbreytt.

Annað mikilvægasta atriðið sem veldur óvissu er ístruflunin. Nær allir vatnshæðarmælur verða fyrir ístruflunum, það þrengir að ráðandi þversniði vegna ísa, hrannir og stíflur myndast. Reynt er að ráða í það, hvar og hversu mikið vatnshæðarlínuritið er truflað, með hliðsjón af línuritum nærliggjandi mæla og veðurskýrslum, en stakar rennismælingar að vetrarlagi eru samt notadrýgstar og oft nauðsynlegar. Yfirleitt breytist rennslíð lítið yfir vetrartímenn, það minnkar smám saman fram til vors, nema í skammvinnum blotum sem gefa snögga rennislístoppa. Milli ára getur þó verið um mikinn breytileika að ræða í þessu grunnrennslí.

Þriðja óvissuatriðið er tengt vatnshæðarmælingunni sjálfri. Stopular og ósamfelldar kvarðamælingar standa þar skör lægra en stöðugar mælingar með sírita. Í upphafi vatnamælinga var eingöngu um kvarðamælingar að ræða, yfirleitt einu sinni á



MYND 1. Vatnshæðarmælar með tölvutækt sólarhringsrennsli, annars vegar frá 1950 (sýndir með ■) og hins vegar frá 1960 (sýndir með □).

dag en stundum tvisvar til þrisvar í viku. Um all langt skeið hefur verið miðað við, að tiltækt sé meðalrennsli dagsins á tölvutæku formi, en vart er hægt að tala um dagsmeðalrennsli þegar tekinn er einn einstakur álestur yfir daginn, eða jafnvel enn strjálla, nema rennslið sé því stöðugra í eðli sínu. Einnig tapast upplýsingar um einstaka atburði, þ.e. flóðtoppa og þurrðir. Gæði rennslisráðanna batna stórlega og nákvæmnin eykst, þegar síriti hefur verið reistur á staðnum og komizt hefur verið fram hjá byrjunarörðugleikum í rekstrinum.

Óvissuþættir geta haft dreifðar afleiðingar eða allar á einn veg, og er fyrirnefnda tegundin sýnu betri viðureignar. Áhrifum slíkrar óvissu er eytt með því að taka meðaltal rennslis yfir hæfilegt tímabil, t.d. eina viku, tvær vikur eða mánuð. En leggist óvissan öll á eina sveif getur verið illt í efni. Dæmi um þetta er óvissan tengd stöðugleika hins ráðandi þversniðs og gæðum rennslislykilsins.

#### Fjöldi og dreifing vatnshæðarmæla

Um þessar mundir eru 108 rennslisgæfir vatnshæðarmælar starfræktir, flestir síritandi. Byrjað var að reisa síritandi vatnshæðarmæla upp úr 1950, en á miðjum sjötta áratugnum höfðu þrettán síritar

TAFLA 1. Vatnshæðarmælar með tölvutækt sólarhringsrennsli.

Frá	Vhm	Ár
1950	Elliðaár	(1928)
	Straumfjarðará	(1944)
	Haukadalsá	(1950)
	(Þverá, Nauteyri)	(1948-60,1974)
	Vatnsdalsá	(1948)
	Blanda	(1949)
	Svartá, Skagafirði	(1932)
	Skjálfandafliót, Goðafoss	(1949)
	Laxá, Birningsstaðasog	(1947)
	Jökulsá á Fjöllum, Óxarfirði	(1939)
	Lagarfliót	(1949)
	Miðhúsaá	(1949)
	Grímsá	(1944)
	Skógá	(1947)
	Þjórsá, Urriðafoss	(1947)
	Ölfusá, Selfoss	(1950)
	Hvítá, Gullfoss	(1950)
	Brúará, Dynjandi	(1948)
	Sogið	(1940)
(Varmá, Hveragerði)	(1949-83)	
1960	Korpa	(1956)
	Hvítá, Kljáfoss	(1951)
	Dynjandi	(1958)
	Hjaltadalsá	(1956)
	Kolka	(1957)
	Smjörhólsá	(1956)
	Eyvindará	(1952)
	Fjarðará	(1958)
	(Laxá í Nesjum)	(1952-83)
	(Kolgríma)	(1952-80)
	Skaftá, Skaftárdalur	(1951)
	Ytri-Rangá	(1960)
	Tungnaá, Vatnaöldur	(1959)
	Tungnaá, Hald	(1960)
	Þjórsá, Búrfell	(1960)
	Fossá, Háifoss	(1958)
	Hvítá, Hvítárvatn	(1959)
Tungufliót, Faxi	(1951)	

verið reistir (*Sigurjón Rist*, 1956). Rennslisgæfir síritar eru nú 97 að tölu. Mikið starf hefur verið unnið hjá Vatnamælingum Orkustofnunar (*Árni Snorrason*, 1986) að undanfögnu við endurskipulagningu og endurmat mælakerfisins. Gerð var verkefnaflokkun vatnshæðarmæla í fimm höfuðflokka og ákvörðuð skipting ábyrgðar og kostnaðar í samræmi við það. Athugað var ástand mæli-

stöðva og rennslislykla og metinn kostnaður við lagfæringar einstakra mælistöðva. Jafnframt voru mótaðar hugmyndir um, hvort halda bæri áfram rekstri þeirra eður ei.

Athugum fjölda og dreifingu vatnshæðarmæla, og miðum annars vegar við, að tiltæk séu á tölvu dagsgildi rennslis frá árinu 1950, en hins vegar hið sama frá árinu 1960. Árið 1950 er mikilvægt sakir þess að rekstrareftirlíkingar virkjana eru látnar hefjast á því ári. Til samanburðar um aukningu í fjölda tiltækra vatnshæðarmæla og veðurstöðva er hentugt að miða við árið 1960, ekki sízt vegna þess að framundan er að miðað verði við nýtt meðaltalstímabil í veðurfari, árin 1961-90. Má gera ráð fyrir, að við það verði einnig miðað hvað varðar vatnafar. Gagnasöfnun hófst hins vegar of seint til þess að hægt væri að miða við tímabilið 1931-60.

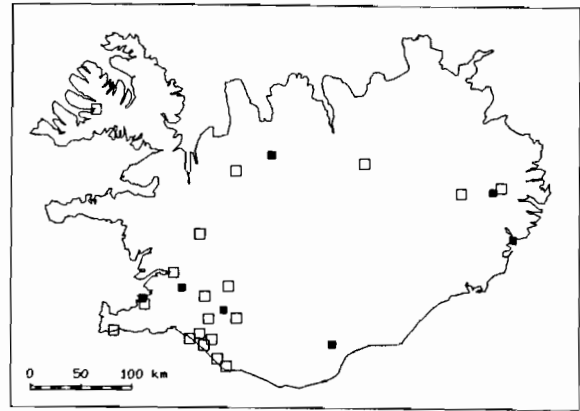
Á mynd 1 sést dreifing vatnshæðarmæla um landið samkvæmt þessu, en nöfn eru gefin í töflu 1. Um er að ræða átján vatnshæðarmæla frá árinu 1950 og tveimur betur ef teknir eru með endurreistir (Þverá) og nýlega niðurlagðir mælar (Varmá). Frá árinu 1960 eru hins vegar til raðir frá 34 vatnshæðarmælum og fjórum betur ef teknir eru með endurreistir (Þverá) og nýlega niðurlagðir mælar (Laxá í Nesjum, Kolgríma og Varmá).

Til viðbótar við þá miklu aukningu, sem verður í fjölda mæla milli 1950 og 1960, má nefna það sem að framan var greint, að mikil gæðaaukning varð við tilkomu síritanna, en þeim fór smá fjölgandi einmitt á þessum árum. Fyrsta síritakynslóðin var að vísu oft afleit og bera rennslisraðirnar merki um þá byrjunarörðugleika. Ástandið er þó að flestu leyti sýnu betra sé miðað við árið 1960, heldur en ef áfram er notað byrjunarárið 1950.

## VEÐURATHUGANIR

Eins og fyrr segir eiga mælingar á veðurbáttum á Íslandi sér all langa sögu. Brotakenndar veðurathuganir hefjast um miðbik átjándu aldar, en jafnvel má rekja sögu trúverðugra hita- og úrkomumælinga á Íslandi aftur til síðustu áratuga átjándu aldarinnar (Jón Eypórsson, 1956, 1962, 1963; Trausti Jónsson, 1987). Fast form hefur verið á veðurathugunum síðan um 1870-1880, þótt dæmi

séu til um mælingar sambærilegar við það sem nú gerist frá fyrri hluta nítjándu aldar (Páll Bergþórsson, 1957:7-13, Jón Eypórsson, 1964, Adda Bára Sigfúsdóttir, 1969, Trausti Jónsson, 1987).



MYND 2. Veðurstöðvar með tölvutæk sólarhringsgildi, annars vegar frá 1950 (sýndar með ■) og hins vegar frá 1960 (sýndar með □).

Nokkuð er misjafnt, hve mikilvæg veðurgögnin eru til vatnafræðilegrar líkangerðar. Mælingar á lofthita og úrkomu vega þyngst, en sum þau líkön, sem nú eru í þróun, eru það flókin að hægt er að hafa gagn af öllum þeim veðurbáttum sem mældir eru, og þykir þó ekki nægja til. Hér gildir það sama og um fleiri þær mælingar, sem gerðar eru úti í náttúrunni, að ekki er alltaf vitað fyrirfram að hvaða gagni þær verða síðar. Þegar best lætur þykja þær nær ómetanlegar. En þær gerðir rennslislíkana, sem nú eru notaðar á Íslandi, styðjast eða geta m.a. stuðzt við mælingar á lofthita, úrkomu, rakastigi, skýjahulu, vindhraða, inngeslun, útgeislun, snjóhulu og snjóþykkt.

### Óvissuþættir veðurathugana

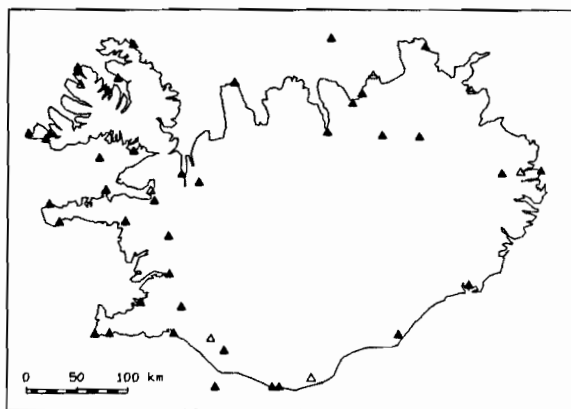
Vandamál eðlisfræðinnar, er snúa að truflun fyrirbæranna með mælingunni sjálfri og mikilli aukningu kostnaðar samfara aukinni nákvæmni, eru í fullu gildi við öflun veðurgagna. Aukin tækni bætir að nokkru úr skák, m.a. með auðveldun sjálfvirkra

TAFLA 2. Veðurstöðvar með tölvutæk sólarhringsgildi.		
Frá	Veðurstöð	Ár
1950	Reykjavík	(1949)
	Nautabú	(1949)
	Hallormsstaður	(1937)
	Teigarhorn	(1937)
	Kirkjubæjarklaustur	(1950)
	Hæll (Þingvellir)	(1949) (1949-82)
1960	Rjúpnahæð (Stóri-Botn)	(1959) (1956-82)
	Kalmanstunga	(1956)
	Mjólkárvirkjun	(1959)
	Forsæludalur	(1956)
	Mýri	(1956)
	Brú	(1957)
	Grímsárvirkjun	(1959)
	Hólmar í Landeyjum	(1960)
	Bergþórshvoll	(1960)
	Búð/Önnupartur í Þykkvabæ	(1960)
	Bjóla	(1960)
	Leirubakki	(1960)
	Jaðar	(1956)
	Blesastaðir	(1960)
	Forsæti	(1960)
	Lækjarbakki	(1960)
Austurey II	(1960)	
Grindavík	(1956)	

athugana, en ný vandamál sigla í kjölfarið með nýjum villuuppsprettum og rekstrartruflunum.

Óvissa er ekki söm og jöfn fyrir alla þá veðurþætti, sem mældir eru. Hún er t.d. all mikil við úrkomumælingar, og er m.a. háð vindhraða og tegund úrkomunnar. Virzt gæti sem svo að regnmælir, sem aldrei nær að fanga alla þá úrkomu er raunverulega fellur (sjá t.d. *Flosa Hrafn Sigurðsson*, 1987), allra sízt þegar hún er mest í slagviðri eða stórhrið, sé næsta gagnslítið og marklaust tæki. Sem betur fer er svo ekki, því hægt er að taka afstætt tillit til mældrar úrkomu. Jafnvel þarf aðeins á tölfræðilegri dreifingu slíkra mælinga að halda í sumum tegundum rennislíkana. Mikilvægt er hins vegar, að mælingarnar fari alltaf fram með sama hætti og innbyrðis samræmi þeirra tapist ekki.

Brotalóm getur komið í röð úrkomumælinga við það að setja vindhlíf á úrkomumælinn, eins geta hitamælingar raskast við það að setja upp sérstætt hitamælaskýli (*Markús Á. Einarsson*, 1976). Það gæti verið vert umhugsunar að setja aftur upp veðurathugunartæki að gömlum hætti sums staðar, þó ekki væri nema tímabundið, þannig að hægt sé að reikna betur út áhrif slíkra brotalamna og gera ráð fyrir þeim við líkangerðina, þegar þær skipta máli.



MYND 3. Möguleg viðbót veðurstöðva með tölvutæk sólarhringsgildi, annars vegar frá 1950 (sýnt með ▲) og hins vegar frá 1960 (sýnt með △).

Þegar að nýtingu veðurathugana kemur til gerðar rennislíkana veldur það nokkurri óvissu, hve stórt svæði veðurstöðin spannar umhverfis sig, þannig að lýsandi sé fyrir veðurfar eða tölfræðilega dreifingu hinna mældu þátta. Þessi óvissa er mismunandi mikil, eftir því hvaða þátt er um að ræða. Svo virðist sem að t.d. hitamæling spanni sínu stærra áhrifasvæði heldur en mæling úrkomu, og má marka það af fylgni milli stöðva.

Eina tegund óvissu má að síðustu nefna, sem algeng er víða erlendis en fremur sjaldgæf á Íslandi, en það eru staðbundin umhverfisáhrif mannsins eins og þau birtast m.a. í hækkun hita vegna borgamyndunar umhverfis veðurstöðvarnar. Erfitt er að eyða áhrifum slíkrar hægt vaxandi óvissu.

TAFLA 3.  
Möguleg viðbót veðurstöðva með tölvutæk sólarhringsgildi.

Frá	Veðurstöð	Ár
1950	(Elliðaárstöð)	(1922)
	(Stóri-Botn)	(1947-82)
	Síðumúli	(1934)
	(Haukatunga)	(1943-71,1980-)
	(Arnarstapi)	(1931-82)
	(Hellissandur)	(1934-70)
	Stykkishólmur	(1845)
	Hamraendar	(1936)
	Reykhólar	(1948)
	Flatey	(1881-87,1926-34,1941)
	Lambavatn	(1922)
	Hvallátur	(1947)
	Kvígindisdalur	(1927)
	Suðureyri	(1921)
	Galtarviti	(1948)
	Æðey	(1920-21,1946)
	Hornbjargsviti	(1931-40,1946)
	Hlaðhamar	(1940)
	Barkarstaðir	(1950)
	Hraun á Skaga	(1942)
	Grimsey	(1874)
	Akureyri	(1807-14,1846-5?,1881)
	Sandur í Aðaldal	(1933)
	Reykjahlíð	(1936)
	Húsavík	(1924)
	Grimsstaðir	(1881-83,1907)
	Raufarhöfn	(1884-1898,1920)
	Egilsstaðir/Eyvindará	(1943)
	Dalatangi	(1938)
	Hólar í Hornafirði	(1921)
	Fagurhólsmýri	(1903)
	Vík í Mýrdal	(1925)
	Loftsalir/Vatnsskarðshólar	(1939)
Stórhöfði	(1921)	
Sámsstaðir	(1927)	
Eyrbakkur	(1880-1911,1913-21,1923)	
LjósafoSS/Írafoss	(1937)	
Grindavík	(1921)	
Reykjanes	(1927)	
1960	Búðardalur	(1960)
	Pórustaðir	(1927-39,1952)
	Mánárþakki/Máná	(1956)
	Þorvaldsstaðir	(1922-29,1951)
	Seyðisfjörður	(1906-53,1957)
	Mýrar/Norðurhjáleiga	(1959)
Hella	(1957)	

### Fjöldi og dreifing veðurstöðva

Lítum nú á dreifingu veðurstöðva, en minnumst fyrst þeirrar staðreyndar, að ekki hefur enn fengizt til þess fé né unnizt til þess tími að vinna sólarhringsgildi úr öllum þeim veðurgögnum, sem Veðurstofan hefur yfir að ráða í ýmsu formi og frá mismunandi athugunartímum, en það hefur hvort tveggja verið breytilegt í gegnum tíðina. Þess sér hér raunar enn merki, að fyrsta tölvan komst í gagnið á Íslandi haustið 1964. Sólarhringsgildi eru til tölvuunnin frá nær öllum veðurstöðvum frá og með þeim tíma, en ekki mikið þar fyrir framan, hvað þá frá upphafi.

Dreifing veðurstöðva með tölvutæk sólarhringsgildi, annars vegar frá 1950 en hins vegar frá 1960, er sýnd á mynd 2. Nöfn stöðvanna og byrjunarár tölvutækra sólarhringsgilda, eða tímabil, eru gefin í töflu 2.

Eins og sjá má eru það aðeins sex veðurstöðvar, sem unnar hafa verið frá 1950 á þann hátt, er þarf til gerðar rennslislíkana og rekstrareftirlíkinga virkjana. Sú sjöunda, Þingvellir, er nú niðurlögð og var raunar fremur brotakens á stundum. Og um Reykjavík má segja, að hún er meira en tvöföld í roðinu vegna flutninga. Raunverulega eru það aðeins fimm veðurstöðvar, Nautabú, Hallormsstaður, Teigarhorn, Kirkjubæjarklaustur og Hæll, sem notaðar eru við gerð rennslislíkana til rekstrareftirlíkinga.

Þær átján stöðvar sem bætast í hópinn eftir 1960 (nítján ef Stóri-Botn er talinn með), eru nær eingöngu úrkomustöðvar. Mýri, Brú, Búð/Önnupartur og Jaðar byrjuðu einnig sem úrkomustöðvar, þótt þar fari nú fram allar venjulegar veðurfarsathuganir (*Veðráttan*).

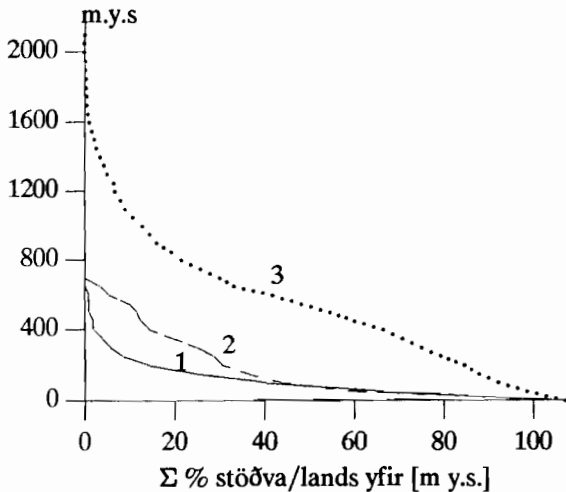
Hversu mikið verk er framundan í tölvuvinnslu og meðfylgjandi endurskoðun veðurgagna má e.t.v. marka af þeim fjölda stöðva sem bæta mætti við, en dreifing þessara stöðva um landið er sýnd á mynd 3 og nöfn þeirra gefin í töflu 3. Sýndar eru annars vegar þær stöðvar sem gefið gætu viðbótar-gögn frá 1950 og hins vegar frá 1960.

Þrjátíu og fjórum stöðvum (og fimm að auki að hluta) mætti bæta við í hóp þeirra veðurstöðva, þar sem tiltæk eru sólarhringsgildi veðurbátta frá árinu

1950. Og enn mætti bæta þar við sjö stöðvum, ef við létum okkur nægja mælingar frá 1960 í stað 1950.

Mismunandi brýnt er að bætt sé úr skorti á gögnum frá hinum ýmsu veðurstöðvum. Vatnafræðileg líkön í þágu virkjana eiga yfirleitt mest undir því að fá upplýsingar um rennsli og veður inn til landsins. Rennsli áнна er beizlað til virkjunar við eða nálægt hálendisbrún.

Þegar lítið er á málið í því samhengi nægir ekki aðeins að líta til vinnslu gagna aftur í tímann frá núverandi veðurstöðvum. Hraða þarf áætlunum og undirbúningi með það fyrir augum að setja upp hæfilega margar sjálfvirkar veðurstöðvar inn til landsins í óbyggðum. Núverandi reiknitól og líkön gætu nýtt upplýsingar frá slíkum stöðvum. Þannig fengist aukið öryggi í rekstrarefirlíkingum virkjana. Frekari þróun rennslislíkana krefst þess að meiri gagna sé aflað um veðurfar á hálendinu.



MYND 4. Hæðardreifing veðurstöðva (1) og vatnafræðileg líkön (2) (árið 1978) borin saman við hæðardreifingu Íslands (3).

Fyrir nokkrum árum leit höfundur á hæðardreifingu vatnafræðilegra líkóna og veðurstöðva (Kristinn Einarsson, 1981a), og bar saman við hæðardreifingu landsins, sjá mynd 4. Lítið hefur breytt frá

viðmiðunarárinu 1978, nema hvað nokkrir vatnafræðarmælar hafa verið reistir á hálendinu síðan þá. Hins vegar hefur veðurstöðvum ekki fjölgað í óbyggðum á sama tíma. Miðað er við vatnafræðarmælinn sjálfan, en ekki þyngdarpunkt eða meðalhæð vatnasviðs, sem sanngjarnt væri, þegar haft er í huga að mælt rennsli er summa þess sem gerist ofan við vatnafræðarmælinn. Dreifilína vatnafræðarmælanna ætti því í raun að vera nær hæðardreifingu landsins en myndin gefur til kynna. Hins vegar er um punktmælingu að ræða á veðurstöðinni, eins og fyrr segir, og samanburðurinn því sanngjarn fyrir veðurstöðvarnar. Svo sem sjá má er hæðardreifing veðurstöðva mjög óhagstæð fyrir vatnafræðilega líkangerð í þágu virkjana.

### VATNAFRÆÐILEG LÍKÖN

Hringrás vatnsins, þau ferli er drífa hana áfram og eiginleikar þeirra ferla eru sífellt rannsóknar efni. Rennslislíkön eru nærtækt dæmi um tilraunir til að gera sér grein fyrir eðli og afleiðingum þessa samhengis, en fleiri tegundir líkana af ýmsu tagi hafa verið þróuð til aukins skilnings á lögmálum náttúrunnar.

Skömmu eftir að fyrsta tölvan kom til landsins (1964) byrjuðu menn að setja upp og keyra vatnafræðileg líkön á Íslandi (sjá t.d. *Helgi Sigvaldason og Jakob Björnsson*, 1965), er allflest höfðu veðurgögn sem inntak, auk upplýsinga um rennsli og/eða grunnvatnafræð. Þau fyrstu voru einföld rennslislíkön, síðar urðu þau flóknari. Á síðari árum hafa einnig verið þróuð sérstök grunnvatnslíkön.

Aðeins verður tæpt á þróun vatnafræðilegra líkana hér á eftir og yfirleitt látið nægja að vísa til helztu heimilda, enda hefur verið meira ritað um líkangerðina sjálfa heldur en rennslis- og veðurgögn þau sem fyrir hendi eru.

#### Rennslislíkön

Skipta má rennslislíkönunum þeim, sem notuð hafa verið á Íslandi, í þrjá aðalflokka. Fyrst var notuð línuleg fylgnigreining (*Helgi Sigvaldason og Jakob Björnsson*, 1965; *Halldór Friðgeirsson, Helgi Sigvaldason og Gunnar Ámundason*, 1971), síðan

voru sett fram hendingarkennd tímaraðalíkön byggð á tölfræðilegri greiningu (*Jónas Elíasson og Júlíus Sólmes, 1972; Ámi Snorrason, 1983; Ámi Snorrason ofl., 1983*), og ákvarðanleg veður/rennislíkön byggð á tilraunum til einföldunar og eftirlíkingar á nokkrum grundvallarþáttum rennislisins (*Sigurður St. Amalds og Jónas Elíasson, 1975; Sten Bergström og Magnus Persson, 1981; Sigurður Lárus Hólm, 1981; Kristinn Einarsson, 1981b*). Yfirlit um hinar mismundandi gerðir líkana ásamt frekari heimildum gefa *Verkfræðistofan Vatnaskil* (1983) og *Kristinn Einarsson* (1984).

Hugmyndir þær, sem að baki líkansmíðinni liggja, hafa aðallega borizt hingað frá Bandaríkjunum og Norðurlöndum, einkum Danmörku.

Mikilvægustu veðurþættir er ganga inn í rennislíkön eru lofthiti og úrkoma. Vindhraði, geislun, gnóttargufun, snjóhula o.s.frv. geta einnig skipt máli. Ennfremur hefur verið prófað að nota upplýsingar um snjóhulu af gerfihnattamyndum (*Zimmermann, 1983*). Rennli á nærliggjandi eða sambærilegum stöðum er notað ásamt veðurþáttum í sumum gerðum þessara líkana. Þannig er notkun rennislis- og veðurathugana mjög samofin í vatnafræðinni.

#### *Grunnvatnslíkön*

Á áttunda áratugnum voru þróuð grunnvatnslíkön grundvölluð á tölulegri greiningu og stærðfræði svonefndra endanlegra staka eða endanlegs mismunar (sjá t.d. *Snorra Pál Kjaran, 1976*). Viðkomandi líkansvæði er skipt í þríhyrnd undirsvæði, hæfilega mörg til þess að telja meg þau einleit innan hæfilegra marka. Reiknað er í rennli fyrir hvert undirsvæði um sig, en áætlun þess byggir m.a. á mældri úrkomu. Hér eru veðurgögn ómissandi, engu síður en þegar um rennislíkön er að ræða. Niðurstöður eru bornar saman við melda grunnvatnshæð í borholum eða brunnum.

#### LOKAORÐ

Mikilvægt er að gera sér grein fyrir möguleikum og takmörkunum tímaraða af því tagi sem veður- og rennislisgögn eru. Mæling nákvæmlega sama fyrirbæris verður aldrei endurtekin, veðrið í gær

eða rennlið í nótt kemur aldrei aftur. Aukinn skilningur fylgir því að skoða fleiri en eitt fyrirbæri í einu og líta á atburði innan viðkomandi vatnsviðs sem kerfi tengdra viðburða. Upplýsingagildi einstakra raða eða margra saman er hægt að meta með tölfræðilegum aðferðum. En til þess að það sé hægt þurfa þær m.a. að vera nægilega langar.

Jafn mikið og vatnafræðileg líkön nærast á auknum og nýjum gögnum, hlýtur að vera að því mikill fengur að fá með í reikninginn áður óunnin gögn frá fleiri stöðvum. Óhjákvæmilegt er einnig að reisa á næstu árum nokkurn fjölda sjálfvirkra veðurstöðva á hálendinu. Jafnframt gætu niðurstöður í vatnafræði virkjana orðið nákvæmari við það að byrja rekstrareftirlíkingar 1960 fremur en 1950, vegna meiri gæða rennislisgagna (sítrar) og úrkomugagna (vindhlífar), auk aukningarinnar á fjölda stöðvanna.

Að lokum má hafa í huga, að árið 1990 nálgast óðfluga. Næsta staðlaða meðaltalstímabil í veðurfarsfræði og vatnafræði nær frá 1961 til 1990. Innan fjögurra ára verður að vinna upp úrvinnsluslakann fyrir allmargar veðurstöðvar landsins. Vel væri við hæfi að teygja þá úrvinnslu ofurlítið lengra aftur í tímann fyrir þær veðurstöðvar, sem á þarf að halda til langtímaathugana, bæði í vatnafræði og veðurfarsfræði.

#### HEIMILDIR

*Adda Bára Sigfúsdóttir* 1969: Hitabreytingar á Íslandi 1846-1968. í: Markús Á. Einarsson (ritstj.) 1969: Hafísinn, Almenna bókafélagið, Reykjavík, 70-79.

*Ámi Snorrason* 1983: Analysis of multivariate stochastic hydrological systems using transfer function-noise models. University of Illinois, Urbana, Illinois. 107 s. (doktorsritgerð)

*Ámi Snorrason* 1986: (án titils). Orkustofnun, greinargerð ÁSn-86/02, Reykjavík, 5 s.

*Ámi Snorrason, P. Newbold og W.H.C. Maxwell* 1983: Multiple Input Transfer Function-Noise Modeling of River Flow, í: W.H.C. Maxwell og L.R. Beard (Ritstj.) 1983: Frontiers in Hydrology, 111-126, Water Resources Publications, Littleton, Colorado.



- Bergström, Sten og Magnus Persson* 1981: Modelling av glaciärravinning på Island. Vannet i Norden 14, 3-16, Uppsala.
- Flosi Hrafn Sigurðsson* 1987: Vandamál við úrkomumælingar og samanburður úrkomumæla á Íslandi. Vatnið og landið, ágríp erinda. Orkustofnun, OS-87040/VOD-04, 47-49, Reykjavík.
- Halldór Friðgeirsson, Helgi Sigvaldason og Gunnar Ámundason* 1971: Statistical studies on stream flow data from Thjorsa and its tributaries. Landsvirkjun, Reykjavík, 102 s.
- Helgi Sigvaldason og Jakob Björnsson* 1965: Rennli Þjórsár við Tröllkonuhlaup (vhm 97) tímabilið 1. sept. 1947 - 31. ágúst 1964. Raforkumálastjóri, Reykjavík, 7 s.
- Helland, Amund* 1882: Om Jökelelverne og deres Slamgehalt. Arkiv for Matematik og Naturvidenskab VII, 213-232, Kristiania.
- Jón Eyþórsson* 1956: Elztu veðurathuganir með mælitækjum á Íslandi. Veðrið 1, 27-28, Reykjavík.
- Jón Eyþórsson* 1962: Stjörnuturninn á Lambhúsum og Rasmus Lievog. Veðrið 7, 39-49, Reykjavík.
- Jón Eyþórsson* 1963: Rasmus Lievog og veðurathuganir hans. Veðrið 8, 3-8, Reykjavík.
- Jón Eyþórsson* 1964: Jón Þorsteinsson landlæknir og veðurathuganir hans. Veðrið 9, 43-46, Reykjavík.
- Jónas Ellasson og Júlíus Sólmes* 1972: Statistical investigation of hydrological data. Stochastic analysis of the weekly mean flow at the sites Hald, Tröllkonuhlaup and Urridafoss of the Thjorsa river basin. Landsvirkjun, Reykjavík, 24 s.
- Kristinn Einarsson* 1981a: Notkun veðurathugana í rekstri vatnsvirkjana. Orkustofnun, Vatnsorkudeild, greinargerð KE-81/03, Reykjavík, 4 s.
- Kristinn Einarsson* 1981b: Rennslilíkan fyrir Efri-Þjórsá. NAM2-rennslilíkanið. Orkustofnun, OS81020/VOD09, Reykjavík, 51 s.
- Kristinn Einarsson* 1984: Nedbør/afstrømningsmodeller i Island. Orkustofnun, OS-84051/VOD-19 B, Reykjavík, 7 s.
- Markús Á. Einarsson* 1976: Veðurfur á Íslandi. Iðunn, Reykjavík, 150 s.
- Páll Bergþórsson* 1957: Loftin blá. Heimskringla, Reykjavík, 158 s.
- Rennslisskýrslur*: Orkustofnun, Vatnsorkudeild, Vatnamælingar, Reykjavík. Lausblaðaútgáfa, ársyfirlit útg. til 1983.
- Sigurður St. Arnalds og Jónas Ellasson* 1975: Bessa-staðaá í Fljótsdal. Rennslisathugun. Rafmagnsveitur ríkisins, Hönnun hf., Reykjavík, 38 s.
- Sigurður Lárus Hólm* 1981: Afströmningsmodelling for Jökulsá í Fljótsdal. Danmarks Tekniske Højskole, ISVA. (prófritgerð)
- Sigurjón Rist* 1956: Íslenzk vötn I. Raforkumálastjóri, Reykjavík, 127 s.
- Snorri Páll Kjaran* 1976: Theoretical and Numerical Models of Groundwater Reservoir Mechanism, Series Paper 13, ISVA, Danmarks Tekniske Højskole, Lyngby, 196 s. (licentiatritgerð)
- STAMOVAR* 1985: Áfangaskýrsla I. Landsvirkjun, Orkustofnun, Rafmagnsveitur ríkisins, Reykjavík, 88 s.
- STAMOVAR* 1986: Tillögur um breytingar á rekstrareftirlíkingum. Landsvirkjun, Orkustofnun, Rafmagnsveitur ríkisins, Reykjavík, 136 s.
- Trausti Jónsson* 1987: Úrkomumælingar og veðurfarsbreytingar. Vatnið og landið, ágríp erinda. Orkustofnun, OS-87040/VOD-04, 105-108, Reykjavík.
- Veðráttan*: Veðurstofa Íslands, Reykjavík. Mánaðar- og ársyfirlit útg. frá 1924.
- Verkfræðistofan Strengur* 1985: Rekstrareftirlíkingar. Reiknilíkan til langtímastýringar virkjunarkerfis. Landsvirkjun, Reykjavík, 153 s.
- Verkfræðistofan Vatnaskil* 1983: Athugun á fram- lengingu rennslisraða. Orkustofnun OS-83046/VOD-05, Reykjavík, 69 s.
- Zimmermann M.* 1983: Anvendelse af satellitdata i forbindelse med hydrologiske modelberegninger for Øvre Thjorsa. Danmarks Tekniske Højskole, ISVA. (prófritgerð)

