



ORKUSTOFNUN  
Vatnsorkudeild

Lenging rennslisraða út frá veðurmælingum  
Laufey Hannesdóttir

OS-86012/VOD-05 B

Mars 1986

Lenging rennslisraða út frá veðurmælingum  
Laufey Hannesdóttir

OS-86012/VOD-05 B

Mars 1986

EFNISYFIRLIT

	bls.
1 INNGANGUR	4
2 VEÐURGÖGN	4
3 RENNSLISGÖGN	6
4 LÍNULEG FYLGNIGREINING	6
5 REIKNAD RENNSLI	7
5.1 Ölfusá við Selfoss	8
5.2 Þjórsá við Urriðafoss	13
5.3 Lagarfljót við Lagarfoss	16
5.4 Blanda við Guðlaugsstaði	19
6 ÓVISSA OG FYRIRVARAR	21
7 NIÐURSTÖÐUR	21
HEIMILDIR	23
VIÐAUKI 1: Veðurgögn	24
VIÐAUKI 2: Rennslisgögn	27

## MYNDASKRÁ

Mynd 1	Mælt og reiknað rennsli Ölfusár, líkan 1	9
Mynd 2	Mælt og reiknað rennsli Ölfusár, líkan 2	11
Mynd 3	Mælt og reiknað rennsli Ölfusár, líkan 3	12
Mynd 4	Mælt og reiknað rennsli Þjórsár	15
Mynd 5	Mælt og reiknað rennsli Lagarfljóts	18
Mynd 6	Mælt og reiknað rennsli Blöndu	20

## TÖFLUSKRÁ

Tafla 1	Meðaltöl hita og úrkomu 1882-1910, 1924-1950, 1951-1983	5
Tafla 2	Fylgni rennslis Jökulsár á Fjöllum og Jökulsár á Dal við veður	7
Tafla 3	Reiknað og mælt rennsli Ölfusár	13
Tafla 4	Reiknað og mælt rennsli Þjórsár	14
Tafla 5	Fylgni rennslis Lagarfljóts og veðurs á Teigarhorni og Akureyri	16
Tafla 6	Reiknað og mælt rennsli Lagarfljóts	17
Tafla 7	Reiknað og mælt rennsli Blöndu	19

## 1 INNGANGUR

Hér er greint frá niðurstöðum athugunar á lengingu rennslisraða langt aftur í tímann. Fundið er samband milli ársrennslis fyrir nokkrar helstu ár á landinu og ársúrkomu og ársmeðalhita á nokkrum veðurstöðvum, þar sem mælingar hafa staðið síðan á síðustu öld. Það er síðan notað til að reikna rennsli ána aftur í tímann svo langt sem veðurmælingar ná. Ýmsar nálganir verður að gera í þeim reikningum. Til dæmis er gert ráð fyrir að sami hluti úrkomunnar skili sér til ána allt tímabilið og hver gráða í meðalhita ársins valdi sömu bráðnun á jöklum og snjó. Einnig er gert ráð fyrir sambærilegri nákvæmni mælinga allt tímabilið.

Í skýrslunni er fyrst lýst veðurgögnum og síðan rennslisgögnum. Þá er greint frá fylgnigreiningu á rennsli og veðri. Loks er lýst fyrirvörum, sem hafa verður á reiknuðu rennsli.

Verkefnið er unnið í tengslum við störf "Starfshóps um mat á orkuvinnslugetu vatnsorkuvera og rekstri þeirra".

## 2 VEÐURGÖGN

Veðurmælingar hófust á nokkrum veðurstöðvum á landinu á nítjándu öld. Fyrst var farið að mæla hita í Stykkishólmi árið 1845 og í september árið 1856 var farið að mæla þar úrkomu. Árið 1872 hófust úrkomu- og hitamælingar á Teigarhorni í Berufirði. Frá Akureyri eru til samfelldar hitamælingar síðan árið 1881, en þar hófust úrkomumælingar ekki fyrr en árið 1927. Á Eyrarbakka hófust mælingar árið 1880, en úrkomumælingar lágu niðri á árunum 1911 til 1923. Í Reykjavík hófust úrkomumælingar árið 1884, en þar lágu niðri á árunum 1907 til 1920. Hitamælingar í Reykjavík eru til samfelldar frá 1871. Einnig eru til meira eða minna glöppóttar veðurmælingar síðan á síðustu öld frá allnokkrum veðurathugunarstöðvum. Þær veðurmælingar eru ekki notaðar í þessari könnun og heldur ekki hitamælingar í Reykjavík.

Veðurstofa Íslands hefur reiknað að nýju dagsmeðaltöl fyrir hitamælingarnar, þannig að meðaltölin eru sambærileg fyrir allt mælingartímabilið, en áður höfðu reiknaðferðir á meðaldagshita verið mismunandi. Í ársskýrslu Veðurstofunnar 1975 (Veðráttan ársyfirlit, bls. 123-124) eru birt mánaðarmeðaltöl hita í Stykkishólmi frá 1845 til 1970. Adda Bára Sigfúsdóttir veðurfræðingur hefur góðfúslega látið í té óbirtar töflur yfir mánaðarmeðalhita á Teigarhorni og Akureyri og úrkomu á Teigarhorni, Eyrarbakka, Stykkishólmi og Reykjavík. Í viðauka 1 eru veðurgögnin birt.

Veðurstöðvarnar sem notaðar eru í könnuninni eru Stykkishólmur, Teigarhorn, Akureyri, Reykjavík og Eyrarbakki. Allar eru þær strandstöðvar, en í verkinu er gert ráð fyrir að þær lýsi veðrinu inni í landi á vatnasviðum ána. Það kemur fram hér á eftir, þegar farið er að bera saman mælt og reiknað rennsli, að mikill munur getur verið

á veðri við ströndina og inni í landi, sérstaklega þegar fjallgarðar skilja á milli.

Ekki eru tók á því hér að gera neina fullkomna könnun á veðurmælingunum, en gera verður ráð fyrir að nákvæmni þeirra sé sambærileg yfir allan mælingartímann. Miklar breytingar hafa verið á veðurfari síðan á nítjándu öld. Í töflu 1 eru sýnd meðaltöl hita og úrkomu á þremur tímabilum, þ. e. 1882-1910, 1924-1950 og 1951-1983. Fyrsta tímabil byrjar ekki fyrr en 1882 til þess að taka megi hita á Akureyri með, og árunum 1911 til 1923 er sleppt vegna þess að þau ár vantar úrkomumælingar á Eyrarbakka.

TAFLA 1 Meðaltöl hita og úrkomu 1882-1910, 1924-1950 og 1951-1983

Veðurpáttur	Veðurstöð	Tímabil		
		1882-1910	1924-1950	1951-1983
Hiti °C	Stykkishólmur	3,1 (-0,5)	4,2 (+0,6)	3,6
Úrkoma mm	Stykkishólmur	654 (-6%)	788 (+13%)	696
Hiti °C	Teigarhorn	3,0 (-0,8)	4,3 (+0,5)	3,8
Úrkoma mm	Teigarhorn	1234 (+2%)	1349 (+12%)	1205
Hiti °C	Akureyri	2,5 (-0,9)	4,0 (+0,6)	3,4
Úrkoma mm	Eyrarbakki	1100(-20%)	1272 (-7%)	1374
Úrkoma mm	Reykjavík	867 (+10%)*	841 (+7%)	786

\* meðaltal árána 1885-1906

Tölurnar í svigunum aftan við hitameðaltölin sýna vik frá meðaltali 1951-1983 í °C. Tölurnar í sviga aftan við úrkomu meðaltölin sýna vik frá meðaltali árána 1951-1983 í prósentum. Mjög ákveðnar sveiflur eru í hita. Meðalhitastig árána 1882-1910 var -0,5 til -0,9°C lægra en 1951-1983 og meðalhitastig árána 1924-1950 var 0,5 til 0,6°C hærra. Óljósari eru úrkomusveiflurnar. Í Stykkishólmi er sveiflan í úrkomunni þó mjög á sama veg og í hita. Úrkomun á Teigarhorni hefur sömu tilhneigingu, þ. e. að úrkoma er tiltölulega mest á hlýviðrisskeiðinu 1924-1950, en minni bæði fyrir og eftir. Á Eyrarbakka hefur úrkoma aftur á móti farið stöðugt vaxandi, en í Reykjavík hefur hún farið stöðugt minnkandi.

Í athugun, sem gerð var á Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen 1982, kemur fram að úrkomumælingar á Eyrarbakka eru eðlilegar miðað við mælingar á öðrum veðurathugunarstöðvum á Suðurlandi eftir 1934. En athugunin náði ekki lengra aftur í tímann. Úrkomumælingar á Eyrarbakka eru notaðar hér óbreyttar þrátt fyrir óvenjulitla úrkomu á fyrri hluta mælingatímans.

Úrkomumælirinn í Reykjavík hefur oft verið fluttur innan borgarinnar og hafa athuganir á mælingum þaðan leitt í ljós, að breytingar hafa orðið á mældri úrkomu miðað við mælingar á veðurathugunarstöðvum í

nágrenni. Það kom í ljós er farið var að bera saman rennsli og veður, að mælingar á úrkomu í Reykjavík hafa minni fylgni við rennsli heldur en mælingar frá Stykkishólmi og Eyrarbakka. Þess vegna eru mælingar í Reykjavík ekki notaðar til að áætla rennsli.

Á Veðurfarsdeild Veðurstofu Íslands er unnið að athugun á áreiðanleika veðurmælinga frá fyrri árum á nokkrum veðurstöðvum. Ýmislegt bendir til að veðurmælingar í Stykkishólmi séu viðunandi að sögn Trausta Jónssonar veðurfræðings á Veðurstofu. Niðurstöður úr athugunum á öðrum veðurstöðvum liggja ekki fyrir.

### 3 RENNSLISGÖGN

Árnar sem teknar eru til athugunar eru m. a. valdar með tilliti til mikilvægis þeirra í orkukerfi landsins og þess hve lengi rennslismælingar þar hafa staðið. Þær eru taldar upp hér að neðan. Fyrst kemur nafn vatnsfallsins og mælistaður, þá vatnshæðarmælisnúmer og síðast tímabil mælinga.

Þjórsá við Urriðafoss, vhm 30	1948-1983
Ölfusá við Selfoss, vhm 64	1951-1983
Blanda við Guðlaugsstaði, vhm 50	1950-1983
Jökulsá á Fjöllum, vhm 20	1940-1983
Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga, vhm 110	1964-1983
Lagarfljót við Lagarfoss, vhm 17	1950-1983

Meðalársrennsli í  $m^3/s$  er notað við alla reikninga. Í viðauka 2 eru rennslisgögnin birt sem notuð eru við fylgnigreininguna.

### 4 LÍNULEG FYLGNIGREINING

Gert er ráð fyrir að einfalt línulegt tímaraðarlíkan lýsi ársrennslinu. Almenn er líkanið skrifað,

$$Q(t) = a + b Q(t-1) + c H_i(t) + d Úr(t)$$

þar sem:  $Q$  er ársrennsli í  $m^3/s$   
 $Q(t-1)$  er ársrennsli næsta árs á undan í  $m^3/s$   
 $H_i$  er ársmeðalhiti í  $^{\circ}C$   
 $Úr$  er ársúrkomu í mm  
 $a$  er fasti í  $m^3/s$   
 $b$  er stuðull við rennsli næsta árs á undan, einingarlaus  
 $c$  er stuðull við ársmeðalhita í  $m^3/s/^{\circ}C$   
 $d$  er stuðull við ársúrkomu í  $m^3/s/mm$

Stuðlarnir  $a$ ,  $b$ ,  $c$  og  $d$  eru ákvarðaðir í fylgnigreiningu. Við hana er notuð fjölþrepa línuleg fylgnigreining ("stepwise multiple regression") á tölvu Orkustofnunar. Aðeins eru teknir með þeir stuðlar sem eru marktækt ólíkir núlli á 95% líkum, að fráteknnum fasta, sem alltaf er tekinn með hvort sem hann er marktækur eða ekki. Allir reikningar eru gerðir á ársgildum almanaksárs (jan-des). Rennsli fyrra

árs er haft með til þess að líkja eftir minninu í rennslinu. Minni er fólgið í því að rennsli fyrra árs gefur nokkuð til kynna um rennsli næsta árs á eftir.

Mjög mikil fylgni er milli ársmeðalhita á veðurstöðvunum, og á milli ársúrkomu á veðurstöðvunum er hún lítið minni. Fylgnistuðlar ársmeðalhita veðurstöðvanna eru stærri en 0,9 og fylgnistuðlar ársúrkomu veðurstöðvanna eru stærri en 0,8. Þessir fylgnistuðlar eru reiknaðir fyrir árin 1950-1983. Vegna þessarar miklu fylgni er ekki rétt að hafa mælingar á sama veðurþætti frá tveimur veðurstöðvum í reiknilíkaninu.

Það liggur í líkangerðinni og eðli matsaðferðarinnar, sem notuð er til að búa til reiknilíkanið, að rennslisröð áætluð með því hefur minni breytileika en upphaflega mældu rennslisröðin. Þess vegna er að búast við því að mesta reiknað rennsli verði minna en mesta mælt rennsli, og minnsta reiknað rennsli verði meira en minnsta mælt rennsli.

Ekki reyndist neitt reiknilíkan af rennsli Jökulsár á Fjöllum og Jökulsá á Dal marktækt, en fylgnistuðlar rennslis í þeim ám við veður eru í töflu 2.

TAFLA 2 Fylgni rennslis í Jökulsá á Fjöllum og Jökulsá á Dal við veður

	Rennsli fyrra árs m <sup>3</sup> /s	Stykkishólmur hiti °C	úr. mm	Teigarhorn hiti °C	úr. mm	Akureyri hiti °C	Rvík úr. mm	Eyrarb. úr. mm
Jökulsá á Fj. 1940-1983	0,24	0,1	-0,11	0,15	0,13	0,20	-0,02	0,20
Jökulsá á Dal 1964-1983	0,21	0,35	0,30	0,20	0,07	0,36	0,00	-0,08

Marktæk fylgni er milli rennslis í Jökulsá á Dal og meðalhita í Stykkishólmi og á Akureyri og úrkomu í Stykkishólmi, en þó ekki næg til að ástæða sé til þess að búa til reiknilíkan. Gert hefur verið tímaraðalíkan á mánaðargrunni af rennsli Jökulsár á Dal með góðum árangri, sjá Laufey Hannesdóttir, 1985. Rennsli Jökulsár á Fjöllum virðist vera óháð þeim veðurþáttum, sem athugaðir eru Marktæk reiknilíkon skv. ofangreindum forsendum fengust fyrir Ölfusá, Þjórsá, Lagarfljót og Blöndu.

## 5 REIKNAD RENNSLI

Reiknilíkonunum hverju fyrir sig er lýst hér ásamt reiknuðu rennsli. Þrjú rennslislíkon eru gerð fyrir Ölfusá. Eitt líkan er gert fyrir hverja af eftirtöldum ám: Þjórsá, Lagarfljót og Blöndu. Líkonin skýra misstóran hluta breytileikans í mældu rennsli og inn í þau ganga mismunandi veðurraðir.



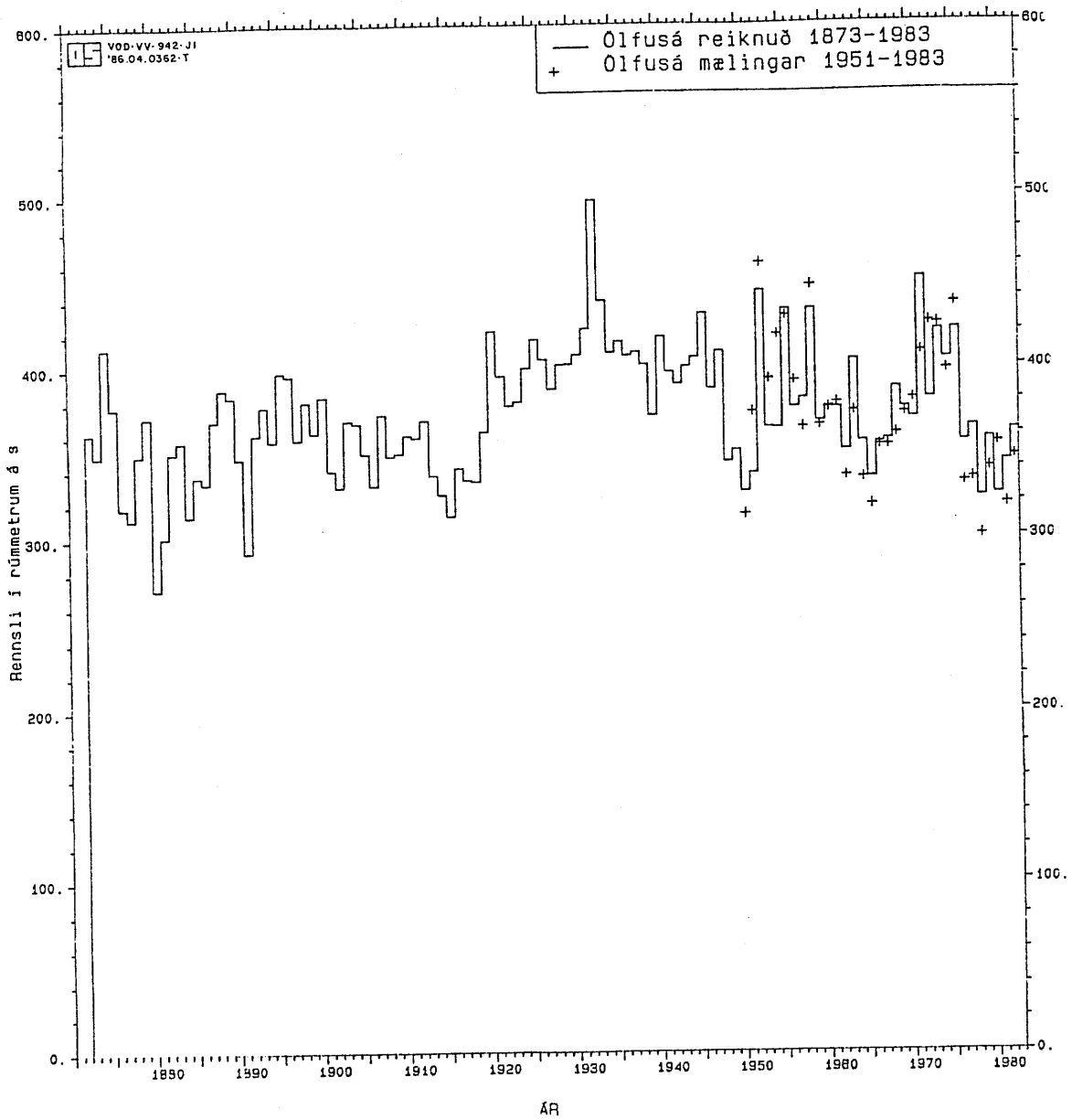
### 5.1 Ölfusá við Selfoss

Þrjú mismunandi rennslislíkön eru gerð fyrir Ölfusá, sem öll byggja á árgildum.

Líkan af rennsli Ölfusár með hita og úrkomu í Stykkishólmi er:

$$\text{Líkan 1} \quad Q_t = 169 + 21 \text{ HiS} + 0,186 \text{ ÚrS} ; R^2 = 0,69 \\ \quad \quad \quad (27) \quad (7) \quad \quad (0,03)$$

þar sem HiS er ársmeðalhiti og ÚrS er ársúrkoma í Stykkishólmi. Tölurnar sem eru innan sviga neðan við stuðlana í jöfnunni eru staðalfrávik stuðlanna ("standard error of estimate"). Líkanið skýrir 69% af heildarbreytileika mælda rennslisins, þar af skýrir úrkoman 59% og hitinn 10%. Rennslisröð áætluð með líkaninu er sýnd á mynd 1.



Mynd 1 Mælt og reiknað rennsli Ölfusár, líkan 1

Mældu og reiknuðu rennsli þer nokkuð vel saman og ekkert sérstakt ár sker sig mikið úr. Breytileiki mælda rennslisins er meiri en þess reiknaða yfir sama tímabil, eins og við er að búast. Reiknað rennsli er áberandi hátt um miðbik tímabilsins, 1920-1950, með mesta rennsli árið 1933 497 m<sup>3</sup>/s. Á fyrri hluta aldarinnar og síðari hluta 19. aldar er rennsli yfirleitt lægra en eftir 1950. Lægst reiknast rennslið árið 1881 271 m<sup>3</sup>/s harðindaárið mikla, en næst lægst 1892 292 m<sup>3</sup>/s.

Inn í reikninga á annarri rennslisröð Ölfusár gengur í stað hita í Stykkishólmi í fyrsta líkaninu hiti á Akureyri. Hiti á Akureyri hefur breyst meira síðan mælingar þar hófust heldur en í Stykkishólmi, sbr. töflu 1. Þess vegna eru rennslissveiflurnar heldur meiri. Líkan 2 er:

$$Q_t = 195 + 21 H_iA + 0,156 ÚrS ; R^2 = 0,71$$

(21) (6) (0,03)

þar sem  $H_iA$  er ársmeðalhiti á Akureyri og  $ÚrS$  er ársúrcoma í Stykkishólmi. Skýrður breytileiki með líkaninu er 71%, þar af skýrir hiti á Akureyri 12%. Reiknuð rennslisröð með líkaninu er sýnd á mynd 2. Hún er mjög svipuð fyrstu röðinni.

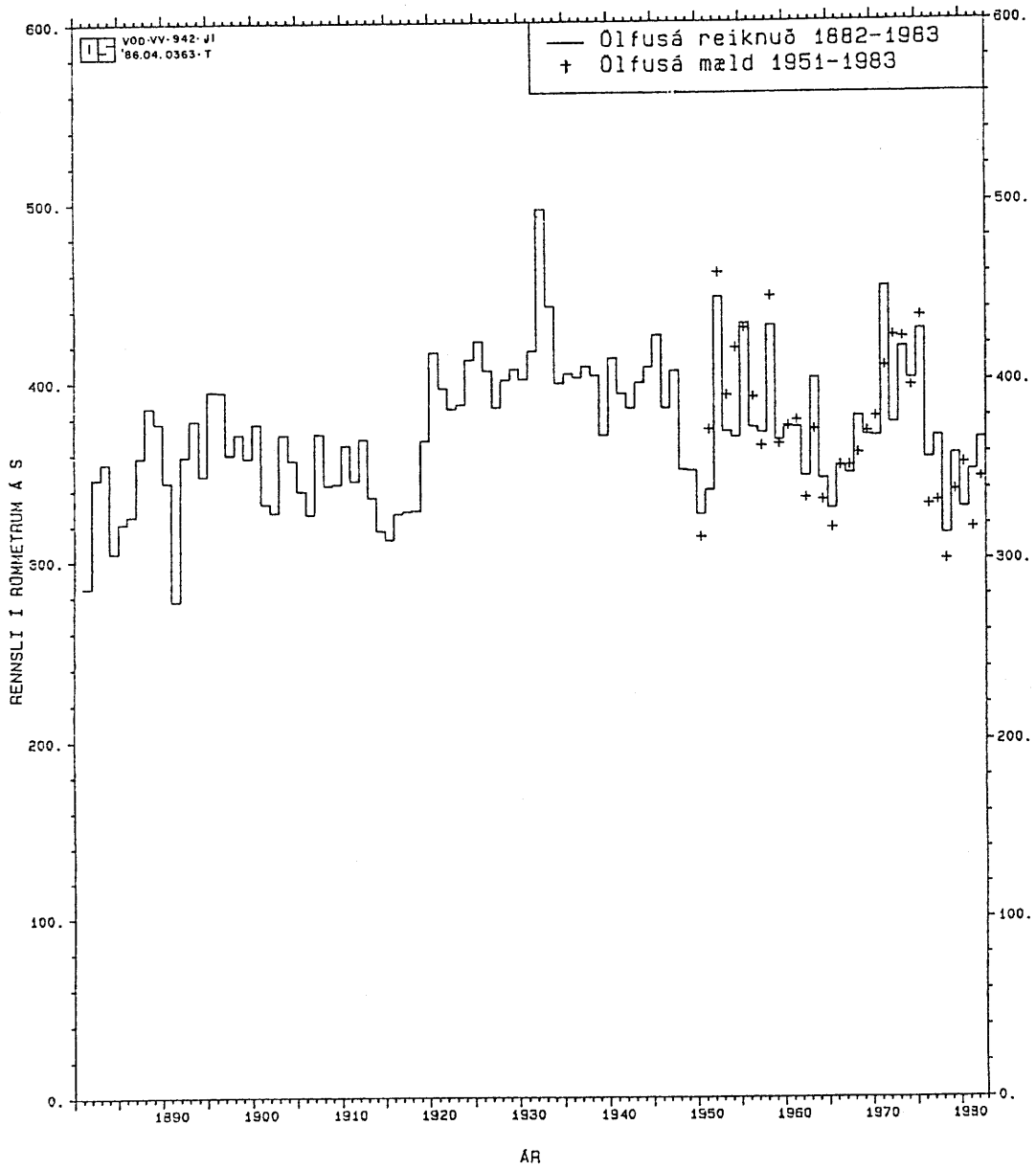
Þriðja líkanið af rennsli Ölfusár er ólíkt hinum fyrri að því leyti að það inniheldur rennsli fyrra árs auk hita og úrkomu. Líkan 3 er:

$$Q_t = 76 + 0,22 Q_{t-1} + 0,07 ÚrS + 0,07 ÚrE + 18 H_iA ; R^2 = 0,77$$

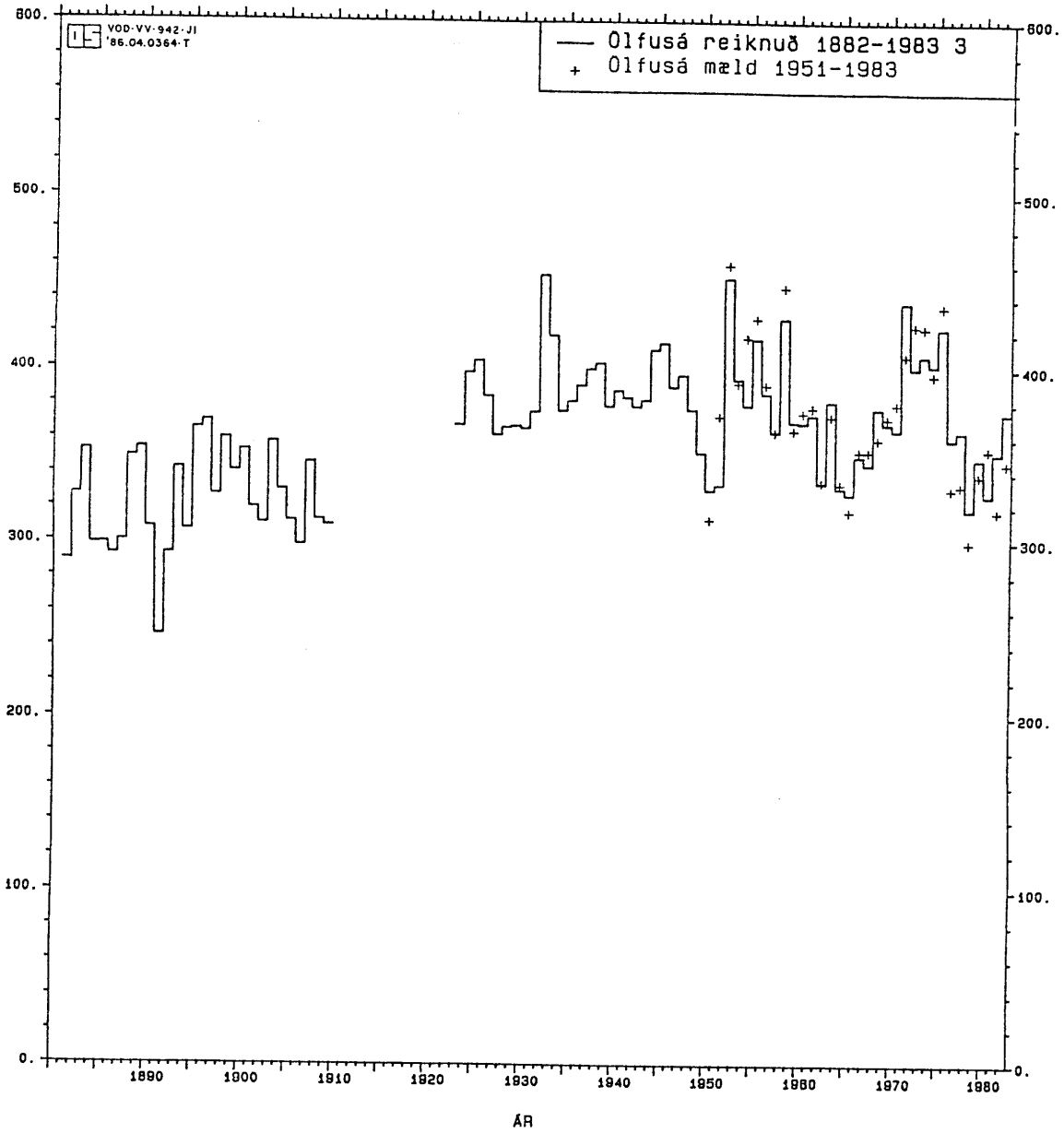
(48) (0,1) (0,05) (0,04) (6)

þar sem  $ÚrE$  er ársúrcoma á Eyrarbakka og aðrar stærðir eru eins og áður. Skýrður breytileiki er 77%, þar af skýrir hitinn eins og áður 12% og úrkoma á Stykkishólmi 59%, en úrkoma á Eyrarbakka 4% og rennsli fyrra árs aðeins 2%. Líklegast er eðlilegt að taka með rennsli fyrra árs, þótt það skýri svo lítinn hluta, þar sem mikill hluti rennslis Ölfusár er velútjafnað lindavatn. Auk þessa er úrkoma á Eyrarbakka tekin með úrkomu í Stykkishólmi. Ástæða þess að hafðar eru tvennar úrkomumælingar saman er sú, að úrkoma á Eyrarbakka var tiltölulega mun minni á 19. öld og fyrri hluta þessarar aldar en í Stykkishólmi, sjá töflu 1 hér að framan. Reiknað rennsli væri að meðaltali aðeins 306 m<sup>3</sup>/s árin 1882-1910 ef eingöngu væri reiknað með úrkomu á Eyrarbakka í líkani 3. Það er um 18% minna en fram kemur í mælingum eftir að þær hófust. Með því að taka saman úrkomu á stöðvunum er farið bil beggja og fæst þá, að meðalrennsli árin 1882-1910 reiknast 323 m<sup>3</sup>/s eða 13% minna en síðari rennslismælingar sýna. Það er því afgerandi hér hvaða veðurstöð er notuð. Reiknað meðalrennsli Ölfusár með líkani 3 er sýnt á mynd 3. Þar kemur skýrt fram að reiknað rennsli er mun minna en í báðum fyrri röðunum. Reiknað meðalrennsli á árunum 1924-1950 er svipað og mælingar eftir 1951 sýna. Á tímabilinu 1882-1910 er rennsli mun minna en í hinum röðunum. Því miður lágu úrkomumælingar niðri á Eyrarbakka 1911-1923 eins og áður er getið; þess vegna er rennsli ekki reiknað fyrir þau ár. Athugandi væri að bera saman veðurathuganir á Eyrarbakka og í Vestmannaeyjum, meðan veðurstöðin var í kaupstaðnum í Vestmannaeyjum til 1921.

Í töflu 3 er sett á einn stað reiknað rennsli með líkönunum þremur og gefið upp meðalrennsli, mesta og minnsta rennsli tímabilin 1882-1910, 1924-1950 og 1951-1983. Einnig er gefið upp mælt rennsli frá 1951 til 1983.



Mynd 2 Mælt og reiknað rennsli Ölfusár, líkan 2



Mynd 3 Mælt og reiknað rennsli Ölfusár, líkan 3

TAFLA 3

Reyknað og mælt rennsli Ölfusár

		Reyknað rennsli			Mælt rennsli
		Líkan 1	Líkan 2	Líkan 3	
		m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Meðaltal	1882-1910	355	349	323	
Mesta	1882-1910	397	395	373	
Minnsta	1882-1910	292	278	246	
Meðaltal	1924-1950	403	403	388	
Mesta	1924-1950	497	496	454	
Minnsta	1924-1950	343	350	352	
Meðaltal	1951-1983	375	374	373	373
Mesta	1951-1983	451	452	452	460
Minnsta	1951-1983	322	315	327	300

Líkönin gefa mjög svipaða niðurstöðu á mælda tímabilinu 1951-1983, og líkist reyknaða rennslið nokkuð vel mældu rennsli, nema hvað breytileiki er minni í reiknuðu röðunum. Líkön 1 og 2 gefa svipaða niðurstöðu tímabilið 1924-1950, en líkan 3 gefur mun minna rennsli. Á tímabilinu 1882-1910 gefur líkan 3 minnst rennsli, líkan 2 nokkru meira og líkan 1 mest rennsli. Líkan 3 skýrir stærstan hluta breytileika í mældu rennsli, en áreiðanleiki reyknaðs rennslis byggist á áreiðanleika veðurmælinga.

## 5.2 Þjórsá við Urriðafoss

Tímaraðalíkan fyrir rennsli Þjórsár inniheldur hitastig á Akureyri, úrkomu á Eyrarbakka og rennsli fyrra árs. Líkanið er:

$$Q_t = 57 + 0,17 Q_{t-1} + 21 HiA + 0,13 ÚrE ; R^2 = 0,58$$

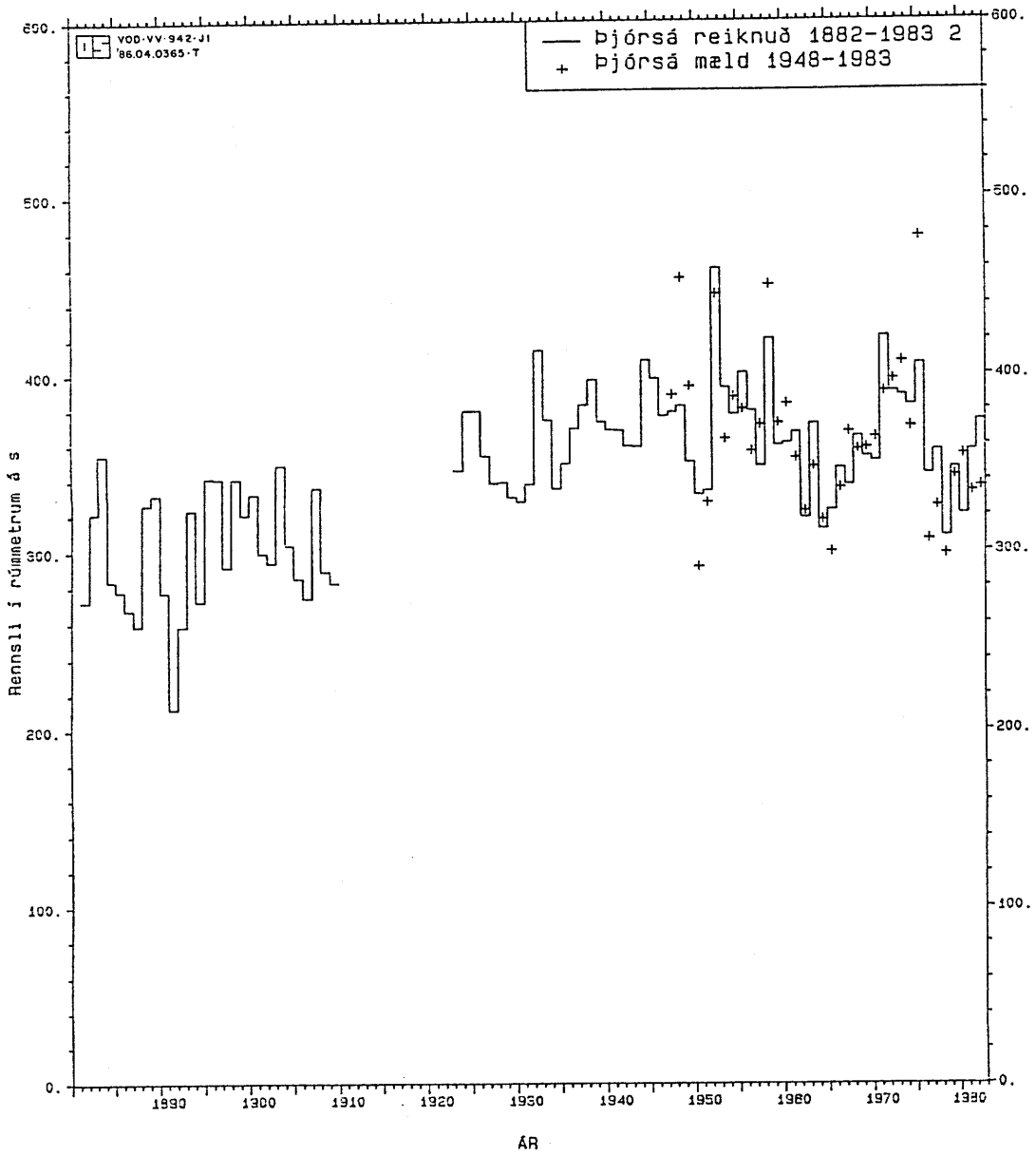
(59) (0,12) (7) (0,03)

Líkanið skýrir 58% breytileikans, þar af skýrir úrkoman 40%, hitinn 16% og rennsli fyrra árs 2%. Reiknuð rennslisröð er sýnd á mynd 4. Það er ljóst að reyknað rennsli fellur ekki jafn vel að mældu og í líkani fyrir Ölfusá. Sérstaklega skera sig úr árin 1949 og 1976 en þar er mælt rennsli rúmlega 70 m<sup>3</sup>/s meira en reyknað. Sumurin þessi ár voru fremur hlý þótt það komi lítið fram í ársmeðalhita. Gráðudagar eða sambærilegur umreikningur á mánaðarmeðalhita gefur sennilega betur til kynna bráðnunarhrif hitans, en út í slíkan reikning er ekki farið hér.

Reyknað rennsli samkvæmt líkaninu og mælt rennsli er sýnt í töflu 4.

TAFLA 4 Reiknað og mælt rennsli Þjórsár

		Reiknað rennsli m <sup>3</sup> /s	Mælt rennsli m <sup>3</sup> /s
Meðaltal	1882-1910	300	
Mesta	1882-1910	354	
Minnsta	1882-1910	212	
Meðaltal	1924-1950	365	
Mesta	1924-1950	414	(454)
Minnsta	1924-1950	327	(288)
Meðaltal	1951-1983	364	360
Mesta	1951-1983	460	477
Minnsta	1951-1983	308	291



Mynd 4 Mælt og reiknað rennsli Þjórsár



Á mynd 4 og í töflu 4 sést að reiknað rennsli er mjög lítið á tímabilinu 1882-1910, eða 18% minna en síðari rennslismælingar sýna. Í reiknilíkaninu eru bæði hiti á Akureyri og úrkoma á Eyrarbakka, en saman fer lítil úrkoma og lágur hiti á tímabilinu 1882-1910 eins og áður hefur komið fram. Ekki kemur til greina að hafa úrkomu í Stykkishólmi í stað úrkomu á Eyrarbakka í líkaninu, þar sem úrkoma á Eyrarbakka skýrir mun stærri hluta af breytileika melda rennslisins. Á tímabilinu 1924-1950 er reiknað rennsli að meðaltali mjög svipað niðurstöðum rennslismælinga eftir 1951. En það kemur til af því að úrkoma á Eyrarbakka mældist tiltölulega lítil á árunum 1924-1950. Eðlilegt er að hafa rennsli fyrra árs með í líkaninu, þar sem fylgni milli ára í Þjórsá er marktæk.

Áreiðanleiki reiknaðs rennslis Þjórsár veltur mest á úrkomumælingum á Eyrarbakka. Ef mikil skekkja er í þeim mælingum er ekki hægt að nota líkanið til að reikna rennslið.

### 5.3 Lagarfljót við Lagarfoss

Í fylgnigreiningunni kom í ljós, að fyrsta melda árið, 1950, skar sig mjög úr. Það ár er rennsli mjög mikið, nær tvöfalt meðalrennsli, en ársúrkoma á Teigarhorni var gefin um 20% undir meðallagi. Sérstök athugun Trausta Jónssonar veðurfræðings leiddi síðar í ljós að tvöfalda ætti eldri úrkomutölur frá Teigarhorni á tímabilinu 1/06 1948 - 18/10 1950.

TAFLA 5 Fylgni rennslis Lagarfljóts og veðurs á Teigarhorni og Akureyri

	Rennsli fyrra árs m <sup>3</sup> /s	Hiti Teigarhorni °C	Úrkoma Teigarhorni mm	Hiti Akureyri °C
Mælt rennsli m <sup>3</sup> /s 1949-1983	0,14	0,51	0,66	0,38

Árið 1950 var úrkoma um 70 % yfir meðallagi á Hallormsstað og um 30% yfir meðallagi á Teigarhorni, þegar búið er að leiðrétta úrkomutölurnar. Í þessu sambandi er rétt að geta þess að Sigurður L. Hólm athugaði meðal annars samband úrkomu og rennslis í Jökulsá í Fljótsdal, sjá Sig.L. Hólm 1982. Hans niðurstaða var sú, að úrkomu á vatnasviði Jökulsár í Fljótsdal væri best lýst með því að vega úrkomu á Teigarhorni og Hallormsstað saman. Samfelldar úrkomumælingar á Hallormsstað ná aftur til 1941.

Rennsli Lagarfljóts er reiknað eftir hita og úrkomu á Teigarhorni og rennsli fyrra árs,

$$Q_t = -11 + 0,09 Q_{t-1} + 10,3 \text{ HiT} + 0,07 \text{ ÚrT} ; R^2 = 0,52$$

(25) (0,10) (5,4) (0,02)

Skýrður breytileiki líkansins er 52%, þar af skýrir úrkoma 44%, hiti 6% og rennsli fyrra árs 1%. Stuðull við rennsli fyrra árs er vart

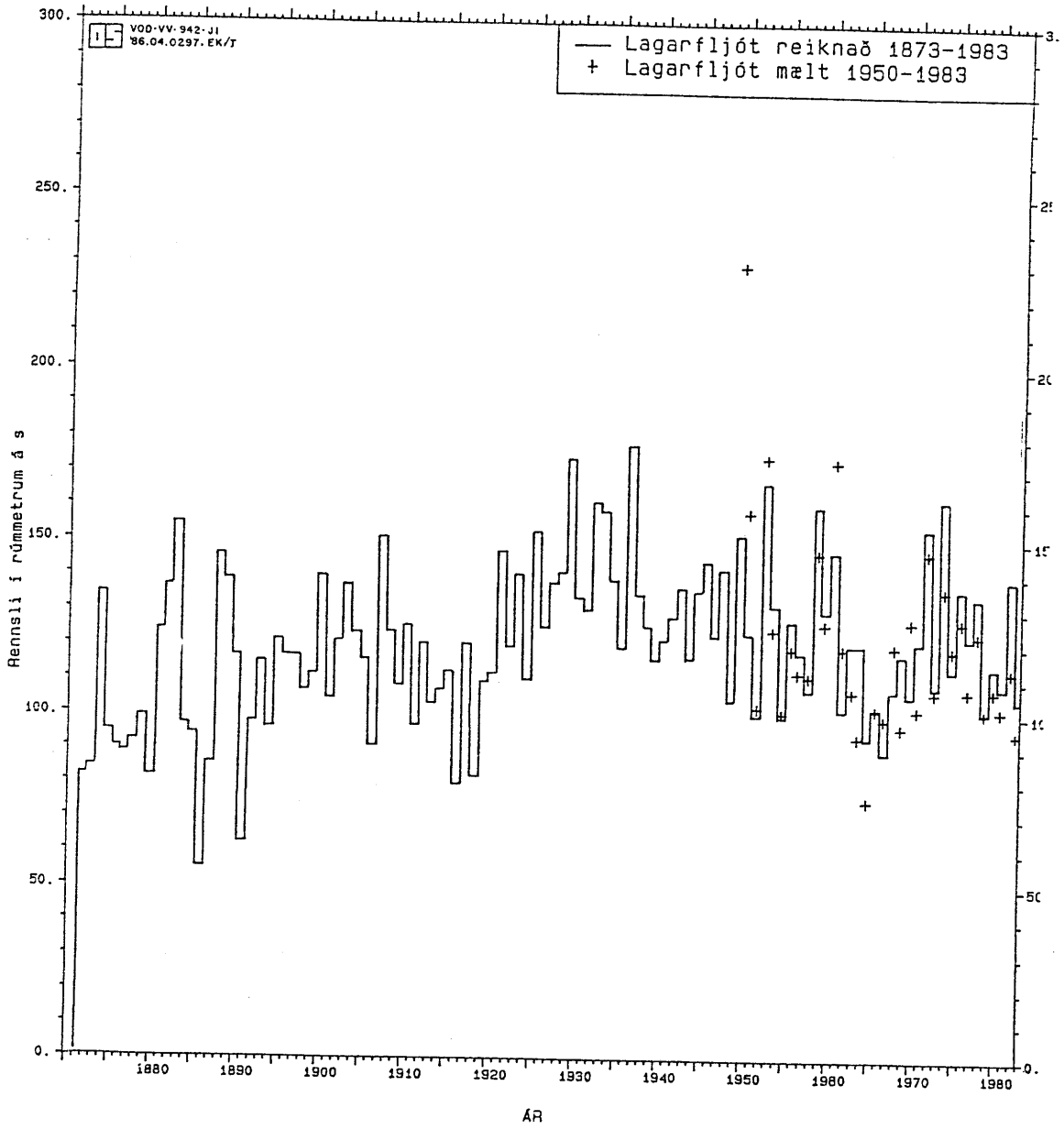
marktækur. Fastinn er ekki marktækt frábrugðinn núlli. Mikil fylgni er í leifum milli ára, eða 0,33.

Reiknað rennsli Lagarfljóts frá 1873 til 1983 er sýnt á mynd 5 ásamt mældu rennsli. Þar kemur í ljós að reiknuðu og mældu rennsli ber ekki vel saman, sérstaklega fyrstu árin eftir að mælingar hefjast. Árið 1950 sker sig úr, eins og áður segir. Þá er reiknað rennsli  $80 \text{ m}^3/\text{s}$  minna en hið melda. Í töflu 6 er yfirlit yfir meðalrennsli, mesta og minnsta rennsli á þremur tímabilum.

TAFLA 6 Reiknað og mælt rennsli Lagarfljóts

	Reiknað rennsli $\text{m}^3/\text{s}$	Mælt rennsli $\text{m}^3/\text{s}$
Meðaltal 1882-1910	113	
Mesta 1882-1910	154	
Minnsta 1882-1910	55	
Meðaltal 1924-1950	135	
Mesta 1924-1950	160	
Minnsta 1924-1950	104	
Meðaltal 1951-1983	117	117
Mesta 1951-1983	160	173
Minnsta 1951-1983	88	75

Reiknað rennsli á árunum 1882-1910 er 3,5% minna en seinni tíma mælingar gefa til kynna. Á tímabilinu 1924-1950 er reiknað rennsli að meðaltali  $130 \text{ m}^3/\text{s}$  eða 7% meira en mælingar eftir 1951 benda til. Mesta reiknað rennsli er minna en mesta mælt rennsli og sýnir það vel að reiknað rennsli er mjög útjafnað. Athyglisvert er að minnsta reiknað rennsli er þó minna en það hefur mælst, minnst er það árið 1887  $55 \text{ m}^3/\text{s}$  og næst minnst 1892  $62 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Mynd 5 Mælt og reiknað rennsli Lagarfljóts

#### 5.4 Blanda við Guðlaugsstaði

Reiknilíkan af rennsli Blöndu er gert út frá hita á Akureyri og úrkomu á Eyrarbakka. Líkanið er,

$$Q_t = 13 + 2,9 H_{iA} + 0,014 U_{rE} ; R^2 = 0,46$$

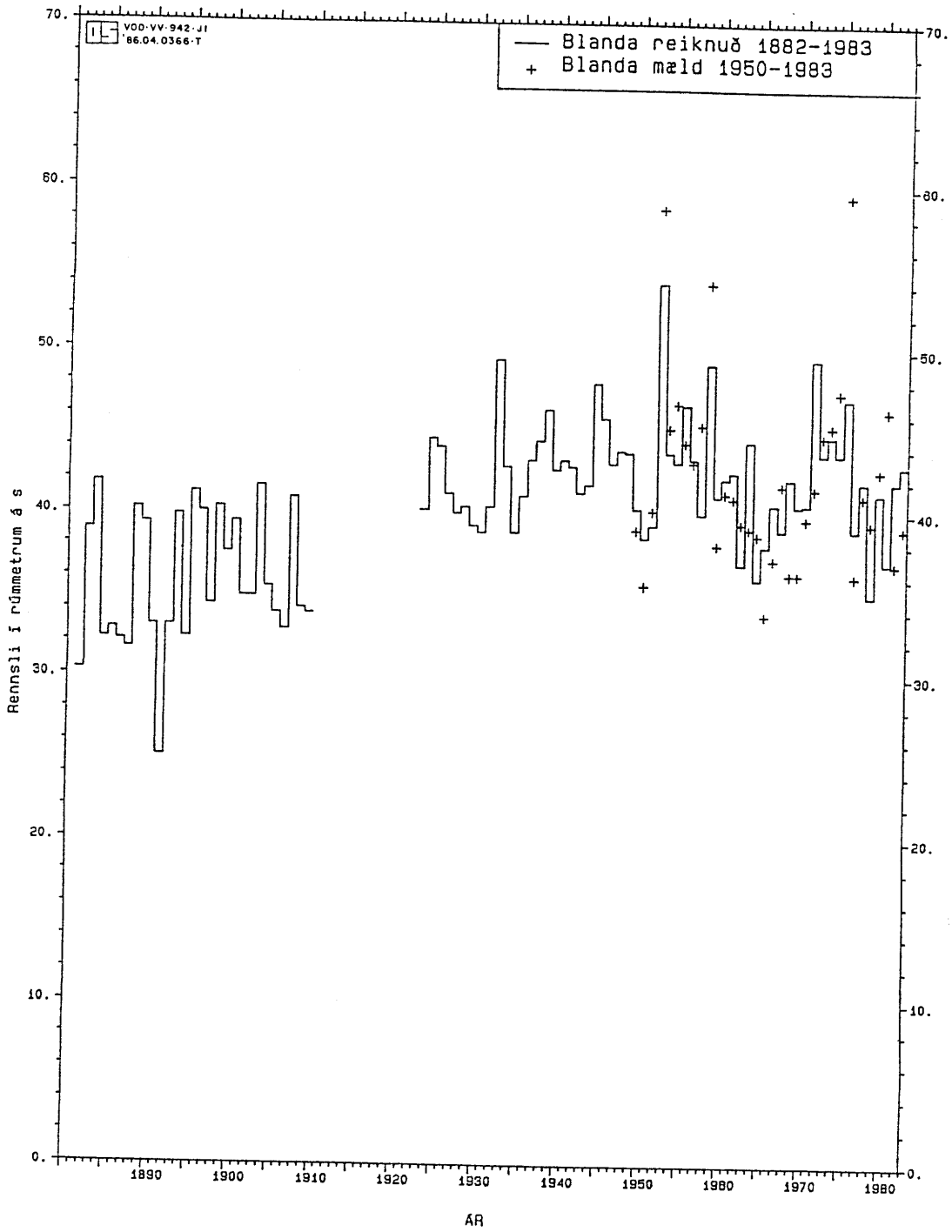
(6) (1,1) (0,004)

Líkanið skýrir aðeins 46% af breytileika mælda rennslisins, þar af skýrir úrkoma 32% og hiti 14%. Reiknað rennsli er sýnt á mynd 6. Þrjú ár skera sig sérstaklega úr, þ.e. 1953, 1959 og 1976. Sumurinn 1953 og 1976 voru löng og hlý, þótt það komi lítið fram í ársmeðalhita, og jökulrennsli var mikið í Blöndu. Mánaðargildi hita geta væntanlega betur lýst bráðnun jökuls og snævar á vatnasviði Blöndu heldur en meðalárshiti. Tímaraðalíkan á mánaðargrunni er því vænlegur kostur. Í töflu 7 er tekið saman reiknað meðalrennsli og mesta og minnsta rennsli á þremur tímabilum.

TAFLA 7 Reiknað og mælt rennsli Blöndu

	Reiknað rennsli m <sup>3</sup> /s	Mælt rennsli m <sup>3</sup> /s
Meðaltal 1882-1910	35	
Mesta 1882-1910	42	
Minnsta 1882-1910	25	
Meðaltal 1924-1950	43	
Mesta 1924-1950	49	
Minnsta 1924-1950	39	
Meðaltal 1951-1983	42	42
Mesta 1951-1983	54	59
Minnsta 1951-1983	35	34

Mesta reiknað rennsli er minna en mesta mælt rennsli, enda er reiknað rennsli mjög útjafnað. Breytileiki reiknaðs rennslis tímabilið 1951-1983 er aðeins  $16 (m^3/s)^2$ , en breytileiki mælds rennslis yfir sama tímabil er  $36 (m^3/s)^2$ . Tímabilið 1882-1910 er reiknað rennsli mjög lítið að jafnaði, samanber það sem áður er sagt um úrkomu á Eyrarbakka og hita á Akureyri á þeim tíma. Reiknað rennsli er 17% minna á því tímabili en skv. seinni tíma mælingum.



Mynd 6 Mælt og reiknað rennsli Blöndu

## 6 ÓVISSA OG FYRIRVARAR

Reiknuðu rennslisraðirnar hafa verið kynntar hér að framan, en hversu réttar eru þær? Þegar mælt og reiknað rennsli er borið saman kemur í ljós, að munurinn er ekki ýkja mikill, sérstaklega varðandi þau líkön, sem skýra upp undir 80 % af breytileikanum. Segja má, að munurinn sé í raun það "lítill" að hægt sé að setta sig við hann. Meiri munur er á mældu og reiknuðu rennsli í röðum búnum til með reiknilíkönunum, sem skýra aðeins helming breytileika í mælda rennslinu. Það er á mörkunum að taka megi þau líkön alvarlega. Í sjálfri fylgnigreiningunni, sem notuð er til að búa til reiknilíkönin, liggur að breytileiki reiknuðu raðarinnar verður minni en þeirrar mældu. En það eru fleiri ástæður fyrir því að taka ber reiknuðu rennslisraðirnar með fyrirvara.

Reiknilíkönin eru einföld og byggja á óbreyttum aðstæðum í náttúrunni. Slá verður föstu að það línulega samband, reiknilíkan, sem fundið er milli rennslis og veðurs eftir að rennslismælingar hófust um 1950 gildi utan þess tíma allt aftur til 1873. Það merkir t.d. að gera verður ráð fyrir að sami hluti úrkomunnar skili sér sem rennsli í árnar og hver gráða í meðalhita ársins valdi sömu bráðnun á jöklum og snjó. Þetta er að vísu vafasamt, þar sem jöklar hafa bæði gengið fram og hörfað á tímabilinu frá 1873 og flatarmál þeirra breyst. Einnig verður að gera ráð fyrir sambærilegri nákvæmni í veðurmælingum allt tímabilið. Vitað er þó að úrkomumælar ná stærri hluta úrkomunnar eftir að komnar eru á þá vindhlífar. Vindhlífar komu yfirleitt á úrkomumæla milli 1950 og 1960. Í sambandi við hitamælingar hafa orðið þær breytingar að komin eru sérstök hitamælaskýli og fjöldi mælinga á sólarhring hefur aukist. Nokkuð er óljóst hvaða áhrif þessar breytingar hafa á meðalhita.

Allar löngu veðurraðirnar eru á strandstöðvum og óvíst er hversu líkt veðrið þar er veðri inni á vatnasviðum ána. Athuga þyrfti nánar mun á veðri á strandstöðvunum og veðurstöðvum inni í landi sem næst vatnasviðum ána. Ef til vill mætti draga þannig fram vissa þætti í veðri strandstöðvanna, sem lýsa betur innlandsveðri og um leið rennsli ána heldur en aðrir.

## 7 NIÐURSTÖÐUR

Kannað er hvort reikna megi rennsli nokkurra helstu áa á landinu út frá veðurmælingum á strandstöðvum. Gerð er fylgnigreining á mældu rennsli og veðurþáttum og á grundvelli hennar gerð línuleg reiknilíkön af rennslinu. Marktækt samband milli rennslis og veðurs fæst fyrir fjórar ár, þ.e. Þjórsá, Lagarfljót, Blöndu og Ölfusá. Rennsli er áætlað með þessum reiknilíkönunum allt frá 1873 er hita- og úrkomumælingar hófust á Teigarhorni, en í Stykkishólmi hófust mælingar á hita 1845 og úrkomu 1856. Auk mælinga á hita og úrkomu í Stykkishólmi og á Teigarhorni frá 1873 eru notaðar hitamælingar á Akureyri frá 1882 og úrkomumælingar á Eyrarbakka frá 1880.

Taka verður þessum áætlunum um rennsli með fyrirvara. Alls óvíst er hvort einfalt reiknilíkan sem þetta geti lýst rennsli yfir löng tímabil. Einnig er óvíst hvort veðurmælingar eða vatnamælingar eru sambærilegar allt tímabilið.

Reiknað rennsli hagar sér í öllum rennslisröðunum þannig að þær hefjast með lágrennslistímabili, sem nær fram um 1920. Þá tekur við hárennslistímabil fram til þess að mælingar á rennsli hefjast um 1950. Einstök ár með mjög lágu rennsli skera sig úr fyrir aldamót, t.d. 1881, 1887 og 1892. Þessir stóru drættir eru væntanlega all nærri sanni.

Ætla má að líkan sem byggir á mánaðargildum nái betur að lýsa leysingu og á þann hátt rennsli jökulvatna. Þegar hefur tímaraðalíkan á mánaðargrunni verið aðlagð rennsli Jökulsár á Dal með góðum árangri, sjá Laufey Hannesdóttir, 1985. Einnig var reynt að reikna rennsli Ölfusár á sama hátt, en það gekk ekki vegna mikilla lundaáhrifa á rennsli árinna. Áætlun á rennsli Blöndu og Lagarfljóts má væntanlega bæta með tímaraðalíkani fyrir mánaðargildi.

## HEIMILDIR

Adda Bára Sigfúsdóttir: Óbirtar og munnlegar upplýsingar

Árni Snorrason, 1983: Rennslisgreining og lenging rennslisraða. Tölfræðileg aðferðafræði. Orkustofnun.

Laufey Hannesdóttir, 1985: Jökulsá á Dal. Rennsli áætlað með tímaraðalíkani 1882-1963. Unnið fyrir Orkustofnun (í handriti)

Rennslisskýrslur Vatnamælinga Orkustofnunar

Sigurður L. Hólm, 1982: Jökulsá í Fljótsdal. Rennsli áætlað með reiknilíkaninu NAM2. Orkustofnun.

Trausti Jónsson: Óbirtar og munnlegar upplýsingar.

Veðráttan, mánaðar- og ársyfirlit Veðurstofu Íslands, 1924-.

Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen h/f, 1982: Athuganir á úrkomumælingum á Suður- og Suðvesturlandi. Unnið fyrir Landsvirkjun.



VIÐAUKI 1  
Veðurgögn:

Stykkishólmur,	ármeðalhiti	1873-1983
Stykkishólmur,	ársúrkoma	1873-1983
Teigarhorn,	ársmeðalhiti	1873-1983
Teigarhorn,	ársúrkoma	1873-1983
Akureyri,	ársmeðalhiti	1882-1983
Eyrarbakki,	ársúrkoma	1880-1910, 1924-1983
Reykjavík,	ársúrkoma	1885-1906, 1921-1983

	Stykkishólmur		Teigarhorn		Eyrarbakki	Akureyri	Reykjavík	
	°C	mm	°C	mm	mm	°C	mm	
1873	3,0	700,0*	3,2	728,2				
1874	2,0	738,2	2,1	954,5				
1875	3,9	868,5	4,1	1370,7				
1876	3,3	747,2	3,0	955,8				
1877	2,3	541,4	2,3	1000,0*				
1878	2,7	461,1	2,1	1006,2				
1879	3,4	584,0	2,5	988,8				
1880	3,8	660,6	3,5	940,2				
1881	1,5	379,7	0,8	1104,9	1008,4			
1882	1,8	508,1	1,9	1561,0	1008,4	0,5		
1883	3,5	579,7	3,7	1459,6	1008,4	2,9		
1884	3,7	592,2	3,6	1737,1	1382,1	3,2		
1885	2,1	539,4	2,1	1121,0	1110,8	1,2	835,2	
1886	2,1	661,1	2,0	1094,8	1177,7	1,1	749,8	
1887	2,4	607,3	1,7	571,5	1003,4	1,7	1107,8	
1888	2,9	749,2	1,7	1018,9	866,1	2,2	760,6	
1889	4,0	724,6	3,3	1661,9	1163,3	3,7	617,1	
1890	3,8	722,8	3,9	1451,9	1181,4	3,3	648,8	
1891	3,7	540,0	2,9	1298,0	776,8	3,1	595,0	
1892	1,3	515,9	0,8	814,1	833,9	0,1	733,8	
1893	3,2	671,7	3,0	988,5	837,5*	2,8	891,8	
1894	3,9	680,4	4,0	1081,9	1139,2	3,7	995,9	
1895	3,5	615,9	3,1	950,0*	814,5	2,7	763,8	
1896	3,1	877,8	3,5	1259,4	1378,6	3,0	1105,4	
1897	3,4	834,1	3,5	1197,6	1232,0	3,3	928,8	
1898	3,1	666,0	3,2	1245,5	910,5	2,9	767,0	
1899	2,7	832,1	2,9	1141,3	1478,8	2,2	1058,2	
1900	3,4	653,3	3,3	1158,0	1139,8	2,9	926,9	
1901	3,8	721,9	3,9	1469,9	1192,7.	3,3	1028,2	
1902	2,7	610,3	2,5	1167,0	1131,1	2,0	854,7	
1903	2,4	593,5	2,9	1354,3	1150,3	1,9	916,1	
1904	3,0	736,9	3,8	1446,6	1424,8	2,9	1054,5	
1905	3,5	670,7	3,6	1271,3	1029,1	2,7	906,8	
1906	2,9	642,2	2,7	1304,0	1040,6	2,1	831,3	
1907	2,5	585,8	2,6	949,1	1011,8	1,9		
1908	4,1	631,4	4,1	1595,1	1217,5	3,7		
1909	3,6	554,8	3,5	1310,4	897,5	2,9		
1910	2,8	654,6	3,3	1107,6	1023,1	2,2		
1911	3,4	644,2	3,6	1303,1		3,3		
1912	3,5	626,2	3,6	869,1		2,5		
1913	3,5	680,7	3,9	1186,0		3,2		
1914	2,6	606,4	3,3	1027,4		2,2		
1915	3,6	433,3	3,3	1082,3		2,6		
1916	3,3	399,3	3,5	1136,8		2,6		
1917	2,6	629,3	2,6	786,7		1,6		
1918	2,2	637,2	2,8	1357,4		1,6*		
1919	2,6*	587,2	2,6	823,5		2,0*		
1920	3,0	701,0	3,6	1069,4		3,0		
1921	2,9	1028,3	3,3	1156,0		2,9	1291,1	
1922	3,6	806,3	3,7	1618,5		3,6*	959,3	
1923	3,3	747,6	3,6	1218,0		3,5	954,6	
1924	3,3	761,2	4,0	1474,0	1204,0	3,5*	937,0	
1925	3,4	853,5	3,4	1112,0	1414,0	4,0	1109,7	
1926	4,0	877,6	4,4	1568,0	1319,0	4,3	1019,0	
1927	4,1	801,3	3,9	1255,0	1150,0	4,1	928,0	
1928	4,8	628,9	4,5	1351,0	1010,0	4,6*	764,0	
1929	4,6	727,9	4,8	1347,0	1037,0	4,4	855,0	
1930	3,7	831,6	4,1	1953,0	1052,0	3,9	837,6	

1931	3,8	849,8	3,7	1407,8	1108,5	3,5	998,1
1932	4,6	842,3	4,1	1298,8	1057,4	4,3	735,1
1933	5,1	1186,6	4,9	1627,3	1447,6	5,5	912,0
1934	4,1	986,8	4,5	1648,1	1213,3	4,4	807,6
1935	4,0	834,1	4,1	1427,9	1109,2	3,5	654,6
1936	3,9	881,4	3,9	1170,9	1288,6	3,4	824,0
1937	4,1	813,8	4,4	1952,7	1362,1	3,8	819,4
1938	4,2	813,6	4,5	1300,3	1389,1	4,2*	839,3
1939	5,1	672,8	4,8	1119,8	1354,0	4,9	784,1
1940	4,0	636,1	4,3	1055,8	1360,1	3,6	754,9
1941	5,2	747,7	4,7	1072,4	1157,8	4,8	739,2
1942	4,5	715,1	4,3	1238,3	1276,7	4,1	825,0
1943	3,3	812,3	3,8	1437,0	1388,0	3,0	765,2
1944	3,7	822,0	3,4	1206,9	1298,5	3,6	768,9
1945	4,9	715,8	4,9	1247,1	1490,5	4,8*	840,4
1946	5,1	829,6	5,0	1356,5	1341,1	4,8	908,2
1947	4,0	718,3	4,3	1153,6	1369,8	3,7	894,7
1948	4,1	824,2	4,3	1449,8	1382,9	3,9	964,5
1949	3,3	565,6	3,6	995,6	1520,9	3,1*	742,4
1950	3,9	535,5	4,2	1574,9	1231,8	3,4	671,1
1951	3,4	460,6	3,8	1248,0	1229,9	2,8	560,3
1952	3,6	494,9	3,9	875,0	1206,3	3,2	628,1
1953	4,4	979,0	5,0	1706,0	1945,0	4,7	1079,8
1954	3,9	608,5	4,3	1290,0	1380,0	3,9	768,6
1955	3,6	641,0	3,7	910,0	1415,0	3,5	640,1
1956	4,5	911,4	4,7	1160,0	1459,0	4,5	929,6
1957	4,2	635,6	4,3	1084,0	1369,7	3,8	813,4
1958	3,9	697,7	4,2	940,0	1251,3	3,2	783,3
1959	4,2	945,0	4,8	1636,0	1698,8	4,2	1080,2
1960	4,8	524,7	5,0	1150,0	1106,8	4,3	596,6
1961	4,2	637,6	4,7	1458,0	1283,0	3,8*	720,0
1962	3,8	678,4	3,8	920,0	1376,6	3,5	764,0
1963	3,7	558,5	4,0	1180,0	1053,9	3,2*	664,2
1964	4,8	717,9	4,7	1062,0	1305,9	4,5	779,9
1965	3,9	561,8	3,1	917,3	1012,0	3,0	610,3
1966	3,0	548,8	3,3	1029,2	1293,0	2,3	711,0
1967	3,0	659,3	3,2	836,4	1418,0	2,6	835,0
1968	3,2	647,0	2,6	1209,0	1326,0	2,5*	774,0
1969	2,6	877,2	2,6	1358,0	1590,0	2,3	933,0
1970	3,0	769,0	3,3	1068,8	1411,0	2,6	845,0
1971	3,1	726,1	3,5	1271,5	1359,0	2,9	797,0
1972	4,3	1028,8	5,1	1482,3	1641,0	4,6	1028,0
1973	3,1	785,4	3,2	1123,5	1595,0	2,8	952,0
1974	4,3	865,9	4,6	1690,3	1387,0	4,2	791,0
1975	3,3	885,1	3,6	1125,9	1515,0	3,2	797,0
1976	4,0	903,1	4,3	1351,0	1507,0	4,4	911,0
1977	3,6	594,5	3,8	1223,0	1162,0	3,3	632,0
1978	3,8	619,2	3,9	1386,0	1289,0	3,7	668,0
1979	2,3	564,7	2,2	1178,0	1250,0	1,5	668,0
1980	3,8	580,9	3,7	1120,6	1287,0	3,5	746,0
1981	2,5	550,1	2,8	1182,0	1229,0	2,3	669,0
1982	3,2	563,8	3,6	1513,0	1418,0	3,1	883,0
1983	2,6	744,0	3,1	1069,0	1569,0	2,7	888,0

\* eitt eða fleiri mánaðargildi eru áætluð

VIÐAUKI 2  
Rennslisgögn

Þjórsá við Urriðafoss, vhm 30	1948-1983
Ölfusá við Selfoss, vhm 64	1951-1983
Blanda við Guðlaugsstaði, vhm 50	1950-1983
Jökulsá á Fjöllum, vhm 20	1940-1983
Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga, vhm 110	1964-1983
Lagarfljót við Lagarfoss, vhm 17	1950-1983

ÁR	ÞJÓRSA m <sup>3</sup> /s	ÖLFUSA m <sup>3</sup> /s	BLANDA J. m <sup>3</sup> /s	FJÖLLUM m <sup>3</sup> /s	J. DAL m <sup>3</sup> /s	LAGARFLJÓT m <sup>3</sup> /s
1940				182		
1941				216		
1942				176		
1943				150		
1944				164		
1945				215		
1946				169		
1947				209		
1948	388			164		
1949	454			182		
1950	393			196		229
1951	291	313	35,6	201		158
1952	327	373	40,2	201		102
1953	445	460	58,7	229		174
1954	363	392	45,3	186		125
1955	387	418	46,8	223		101
1956	446	429	44,4	164		119
1957	555	391	43,2	187		112
1958	505	364	45,5	183		111
1959	450	447	54,1	200		147
1960	372	365	38,1	185		126
1961	383	375	41,3	176		173
1962	352	378	41,0	185		119
1963	322	335	39,4	160		107
1964	347	373	39,1	160	135	94
1965	317	334	38,7	178	185	75
1966	299	318	33,8	162	145	102
1967	335	353	37,2	155	140	99
1968	367	353	41,8	166	158	120
1969	357	360	36,3	164	161	97
1970	358	372	36,3	153	143	127
1971	364	380	39,7	186	151	102
1972	390	408	41,6	162	150	146
1973	397	425	44,8	189	151	107
1974	407	424	45,4	190	157	136
1975	370	397	47,5	199	167	119
1976	477	436	59,5	195	185	127
1977	306	331	36,2	186	163	107
1978	325	333	41,1	197	137	123
1979	298	300	39,4	181	104	102
1980	342	339	42,7	200	145	107
1981	354	354	46,4	205	156	102
1982	333	318	36,9	217	135	113
1983	336	346	39,1	212	124	95