



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

Kristinn Einarsson

RENNSLISLÍKAN FYRIR EFRI-ÞJÓRSÁ

NAM 2 - rennslislíkanið

OS81020/VOD09
Reykjavík, október 1981

Unnið fyrir
Rennslisspárnefnd



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Kristinn Einarsson

**RENNSLISLÍKAN
FYRIR EFRI-ÞJÓRSÁ
NAM 2 - rennslislíkanið**

OS81020/VOD09
Reykjavík, október 1981

**Unnið fyrir
Rennslisspárnefnd**

ÁGRIP

Skýrsla þessi fjallar um gerð rennslislíkans fyrir Efri-Þjórsá (þ.e. Þjórsá ofan Tungnaár). Notað er NAM2-rennslislíkanið, sem er danskrar ættar, upphaflega gert við Straumfræðistofnun Tækniháskóla Danmerkur. Veðurathuganir í Búrfelli, á Hveravöllum og í Sandbúðum á tímabilinu 1. október 1973 til 30. júní 1978 eru notaðar til að líkja eftir rennsli Efri-Þjórsár, eins og það mælist í Þjórsá við Sandafell (vhm. 97) að frádreginni Tungnaá við Hald (vhm. 98). Tímabilið takmarkast við þann tíma, sem rekin var veðurstöð í Sandbúðum.

Vatnasvið Efri-Þjórsár mælist 2974 km^2 og er skipt í þrjú aðalsvæði: 1. Frá Sultartanga að Norðlingaöldu 875 km^2 , 2. Frá Norðlingaöldu að Hofsjökli og Tungnafellsjökli 1621 km^2 , 3. Hofsjökull og Tungnafellsjökull 478 km^2 . Aðalsvæði 1 er skipt í fjögur undirsvæði, aðalsvæði 2 í fimm undirsvæði og aðalsvæði 3 í sex undirsvæði. Samtals eru undirsvæðin 15, 9 jökulvana og 6 þakin jökli. Skipting í aðalsvæði helgast af því, að annars vegar er þá hægt síðar að bera saman reiknað rennsli af svæðum 2 og 3 og mælt rennsli Þjórsár við Norðlingaöldu (vhm. 100) og hins vegar því, að bæði meðhöndlar líkanið jökulbráðnun sérstaklega og að betra mat fæst á réttmæti útkomunnar, ef hægt er að skoða jökulþáttinn einan sér.

Vatnasvið Efri-Þjórsár var valið til samanburðar á hæfni þess líkans sem hér er lýst og svo nefnds HBV-líkans frá Sænsku veðurstofunni vegna stórs jökulþáttar í afrennslinu, en nýting vatnsorku í jökulám er helsta séreinkenni raforkuframleiðslu hérlendis og því mikilvægt að rennslislíkön geti tekið tillit til jökulrennslisins. Síðar mun verða fjallað um HBV-líkanið í sérstakri skýrslu, þegar tækifæri gefst til, en þess skal þó getið, að hæfni líkananna til rennsliseftirlíkingar er hér mjög áþekk. Hins vegar hefur HBV-líkanið fyrir Efri-Þjórsá aðeins verið sett upp á tölvu Sænsku veðurstofunnar, þegar þetta er ritað.

NAM2-rennslislíkanið er af þeirri gerð, sem nefnd er á ensku „semi-deterministic“, eða hálf-ákvarðanleg. Skilgreiningin felur það í sér, að líkanið reynir að líkja eftir nátturunni að svo miklu leyti sem það er mögulegt og hagkvæmt, en notar einfaldanir á flóknum eðlisþáttum náttúr-

unnar þegar þeim mörkum er náð. Kemur þar tvennt til: Ekki er mögulegt að reikna hluti sem mælingar ná ekki yfir, og ekki er hagkvæmt að reikna nákvæmar en að vissu marki, þegar viðbótarnákvæmnin hverfur í hafsjó óvissu í öðrum þáttum eða er óheyrilega dýr í forritun, tölvutíma, mælingum, eða öðru því, sem mælistika fjármagnsins nær yfir. Grundvallaratriði í rennislíkaninu er nálgun orkulíkingarinnar fyrir snjóhulu. Reiknað er út frá dagsmeðalhita og sólarhringsúrkomu á viðkomandi veðurathugunarstöðvum og notuð sú útgáfa líkansins sem einfaldari er, svokölluð gráðudagaútgáfa. Til er flóknari útgáfa sem krefst fleiri veðurþátta en hér eru fáanlegar mælingar á.

Ákvarðað er rennsli dag fyrir dag skv. veðurþáttum, frá jökli, snjóhulu, auðu yfirborði, jarðrakasvæði og grunnvatni frá hverju hlutasvæði og því beint gegnum viðeigandi línulega vatnsgeyma („linear reservoir“). Niðurstaðan er reiknað rennsli af svæðinu í heild sem summa afrennslis aðalsvæðanna þriggja. Er það síðan borið saman við mælt rennsli tilsvareandi dags og þannig koll af kolli, þar til búið er að reikna fyrir alla 1734 dagana, sem líkt er eftir rennsli á.

Byrjað er á að fastsetja nokkurn fjölda breyta til stýringar á líkanreikningunum áður en forritið er keyrt hverju sinni. Gerðar hafa verið rúmlega 20 útgáfur, þar sem ýmist einni breytu eða fleirum er hnikað í hvert skipti.

Tvær stærðir gefa mat á gæðum hvernar keyrslu, er það annars vegar skýrður breytileiki, R^2 , og varð hann bestur 0,80, og vatnsjöfnuður hins vegar eða lokamismunur mælds og reiknaðs vatnsmagns yfir tímabilið, og varð hann bestur 0,0.

EFNISYFIRLIT

	bls.
ÁGRIP.....	3
EFNISYFIRLIT.....	5
TÖFLUSKRÁ.....	7
MYNDASKRÁ.....	8
1 INNGANGUR.....	9
2 SVÆDISLÝSING.....	11
2.1 Landslag og lega.....	11
2.2. Jarðfræði.....	13
2.3 Vatnafar.....	13
2.4 Veðurfar.....	15
3 FRÆDILEGAR FORSENDUR.....	19
3.1 Varmaskipti snævar.....	19
3.2 Innra ástand snævar.....	21
4 LÍKANLÝSING.....	25
4.1 Rennsli af jökulvana svæðum.....	26
4.2 Snjósöfnun og snjóleysing.....	27
4.3 Jökulleysing.....	29
4.4. Undirforrit NAM2-líkansins.....	29
4.4.1 Undirforrit CREAD.....	31
4.4.2 Undirforrit IREAD.....	31
4.4.3 Undirforrit MREAD.....	31
4.4.4 Undirforrit CGEN.....	31
4.4.5 Undirforrit IGEN.....	31
4.4.6 Undirforrit MGEN.....	31
4.4.7 Undirforrit HEATIN.....	32
4.4.8 Undirforrit SHEAT.....	32
4.4.9 Undirforrit SWATER.....	32
4.4.10 Undirforrit SCOND.....	32
4.4.11 Undirforrit SROUTE.....	32
4.4.12 Undirforrit EVAPO.....	32
4.4.13 Undirforrit SWATIN.....	33
4.4.14 Undirforrit IHEAT.....	33
4.4.15 Undirforrit IWATER.....	33
4.4.16 Undirforrit STORE.....	33
4.4.17 Undirforrit NAM.....	33

	bls.
4.4.18 Undirforrit IFLOW.....	33
4.4.19 Undirforrit OUTST, COUT, OUT og RPLLOT.....	34
5 ÚRVINNSLA MÆLINGA.....	35
5.1 Rennslisgögn.....	35
5.2 Veðurgögn.....	35
5.2.1 Dreifing úrkomu.....	37
5.2.2 Dreifing hita.....	38
5.3 Skipting í hlutasvæði.....	38
5.4 Stýristærðir.....	39
5.4.1 Fastar stýristærðir.....	39
5.4.2 Breytilegar stýristærðir.....	42
6 LÍKANREIKNINGAR.....	43
7 LOKAORÐ.....	47
HEIMILDASKRÁ.....	49
ENGLISH SUMMARY.....	51

TÖFLUSKRÁ

	bls.
1 Mánaðarmeðalrennsli og staðalfrávik þess, vhm.216, Þjórsá, Skúmstungur, 1961 til 1979.	14
2 Mánaðarmeðalrennsli og staðalfrávik þess, vhm.216, Þjórsá, Skúmstungur, 1973 til 1978.	14
3 Hæstu og lægstu augnabliksgildi rennslis, vhm.216, Þjórsá, Skúmstungur, 1973 til 1978.	15
4 Mánaðarmeðalhiti í °C og staðalfrávik hans á Búrfelli, Hveravöllum og Sandbúðum 1973 til 1978.	16
5 Mánaðarúrkoma í mm og staðalfrávik hennar á Búrfelli, Hveravöllum og Sandbúðum 1973 til 1978.	17
6 Mánaðargnóttargufun í mm og staðalfrávik hennar á Hveravöllum 1973 til 1978.	17
7 Helstu jöfnur og stuðlar þeirra í NAM-líkaninu.....	26-27
8 Fastar stýristærðir í NAM2-líkaninu fyrir Efri-Þjórsá.....	39-41
9 Breytilegar stýristærðir í NAM2-líkaninu fyrir Efri-Þjórsá.....	42-43
10 Niðurstöður úr tuttugu keyrslum með NAM2-líkaninu fyrir Efri-Þjórsá.....	46

MYNDASKRÁ

bls.

1	Efri-Þjórsá, vhm.216. Vatnasviðshæð.....	12
2	Grundvallaruppbygging NAM2-rennslislíkansins.....	25
3	Meðhöndlun NAM2-líkansins á varmaflæði.....	27
4	Tæmilína snjóþekju.....	28
5	Flæðirit fyrir NAM2-rennslislíkanið.....	30
6	Efri-Þjórsá. Skipting í undirvatnasvið í NAM-rennslislíkani....	36
7	I.-II. hluti. Niðurstöður úr keyslu nr. 19, Efri-Þjórsá 1. okt. 1973 - 30. júní 1978.....	44-45

1 INNGANGUR

Á árinu 1980 vöknudu vonir manna við Orkustofnun um, að hægt væri að aðhæfa betur en áður hálf-ákvarðanleg („semi-deterministic“) rennslislíkön að íslenskum aðstæðum. Lengi hafa verið í notkun tölfraðileg („stochastic“) líkön og líkön er nota línulega bestun („regression“) til lengingar rennslisraða.

Í öðru tilfellinu er búin til ný rennslisröð út frá mældri, er inniheldur sömu tölfraðilega eiginleika. Ekki er tryggt að breytileiki mældu raðarinnar sé nægilega mikill milli ára þegar um er að ræða jafn stuttar rennslisraðir og oft er hér á landi. Jafnframt er erfiðleikum bundið að túlka vatnafræðilega hvað gerist í tölfraðilegu líkani, á því fæst aðeins tölfraðilegt mat.

Í þriðja tilfellinu er gerður línulegur samanburður við eina eða fleiri aðrar rennslisraðir. Sýna má fram á, að útkoman inniheldur minni breytileika en þær raðir sem reiknað er eftir. Þar við bætist, að tilhneigingin er fremur í þá átt að afla vitneskju um rennsli uppi á hálendi út frá þekktu rennsli í byggð, en breytileikinn er einmitt meiri ofantil í ánni en neðantil.

Áður hefur hálf-ákvarðanlegu rennslislíkani verið beitt á rennsli Bessastaðaár (Sigurður Arnalds & Jónas Elíasson 1975 og Jónas Elíasson & Sigurður Arnalds 1976) með allgóðum árangri. Fram á allra síðustu ár hafa slík rennslislíkön þó ekki þótt nægilega þróuð til að þau gætu á fullnægjandi hátt lýst ýmsum sérkennum íslenskra vatnasviða, svo sem jökulrennsli og snjóbráð, enda höfðu þau aðallega verið gerð til að lýsa sambandi úrkomu og afrennslis.

Umræður og bréfaskriftir leiddu til þess að Orkustofnun samdi við Sænsku veðurstofuna um kaup á svonefndu HBV-rennslislíkani og aðhæfingu þess að Efri-Þjórsá (S. Bergström & M. Persson 1981). Norræna vatnafræðiráðstefnan í Vemdalen, Svíþjóð, sem haldin var í ágúst 1980, var mikilvægur vettvangur skoðanaskipta og tengsla. M.a. leiddi hún af sér samstarfs- samning Vatnsorkudeildar Orkustofnunar og Straumfræðistofnunar Tækni- háskóla Danmerkur í des. '80. Í framhaldi af því var fengið hingað til lands NAM2-rennslislíkanið og það einnig reynt á Efri-Þjórsársvæðinu. Um það fjallar þessi skýrsla.

Um HBV-rennslislíkanið verður fjallað í síðari skýrslu, þegar búið verður að setja það upp á tölvu Orkustofnunar, það sem af er hefur það verið keyrt á tölvu Sænsku verðurstofunnar. Þangað til vísast til ofanefndrar greinar Bergströms og Perssons. Þess má þó geta, að ekki er marktækur munur á hæfni HBV og NAM2 rennslislíkananna til að líkja eftir rennsli Efri-Þjórsár.

Frumútgáfa af forritinu ásamt reynslugögnum kom til landsins á spjöldum um áramót 1980-81 og lauk tilfærslu og keyrslu á reynslugögnum um miðjan janúar. Einn aðalhöfundur NAM2-líkansins, lic.tech. Lars Gottlieb, verkfræðingur, kom síðan til Íslands til tveggja vikna dvalar 29. mars 1981. Auk þess að umskrifa forritið til frekari aðhæfingar að tölvu Orkustofnunar og keyra líkanið fjórum sinnum á Efri-Þjórsá ásamt höfundi þessarar skýrslu, hélt hann seminar um líkangerð á Orkustofnun dagana 7. og 8. apríl 1981. Laun Lars Gottlieb og uppihald greiddi Orkustofnun, en ferðir til og frá landinu greiddu Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf., Virkir hf. og Almenna verkfræðistofan hf. Landsvirkjun greiddi fyrir því, að hann gæti kynnt sér virkjanasvæðið við Þjórsá og Tungnaá. Var þessi heimsókn bæði ánægjuleg og árangursrík.

Hér á eftir verður stuttlega gerð grein fyrir legu og rennslisháttum Efri-Þjórsár, lýst verður nokkrum fræðilegum forsendum er liggja til grundvallar líkani af þeirri gerð er hér um ræðir, líkaninu sjálfu verður lýst svo og úrvinnslu mældra stærða sem það notast við. Gerð er grein fyrir líkanreikningum fyrir Efri-Þjórsá, en að lokum er hugleitt, hvaða frekari not megi hafa af rennslislíkönunum af þeirri gerð, sem hér er lýst.

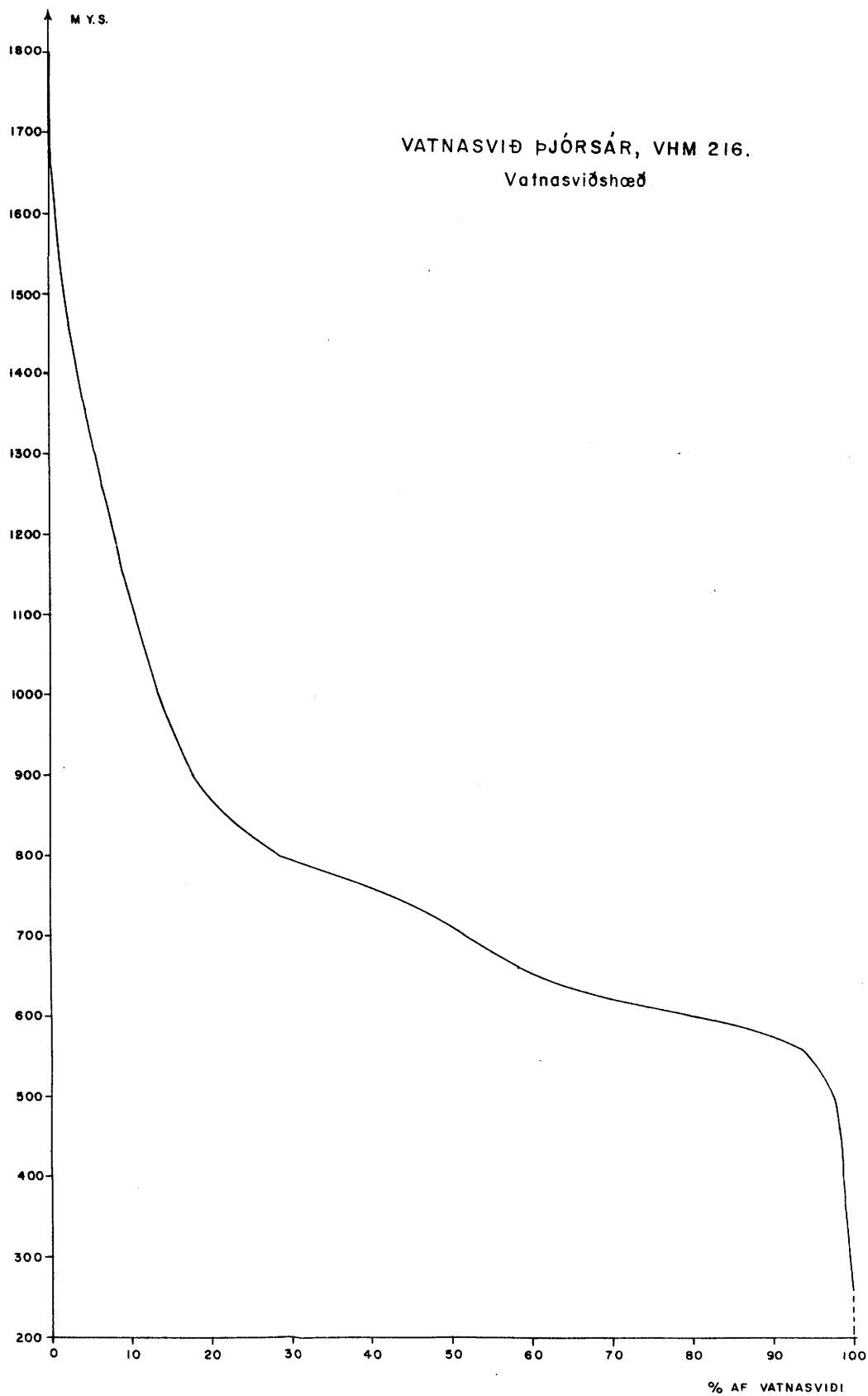
2 SVÆDISLÝSING

2.1 Landslag og lega

Vatnasvið Efri-Þjórsár, eins og það er skilgreint í þessari skýrslu, markast í suðvestri af vatnshæðarmæli nr. 97 í Þjórsá við Sandafell og vatnshæðarmæli nr. 98 í Tungnaá við Hald (mismunur þeirra kallast vhm. 216, Þjórsá við Skúmstungur). Þaðan liggja vatnaskil á yfirborði til sitt hvorrar handar allt til miðhálandis landsins. Í norðvesti markast skilin syðst og vestast af lágum ásum og öldum (500-800 m y.s.) allt til Kerlingarfjalla (900-1200 m y.s.), þaðan um Hofsjökul þveran (1000-1760 m y.s.) og áfram norðaustur undir Bleiksmýrardrög um lítt mishæðóttar öldur (800-900 m y.s.). Er þá komið að ystu mörkum í norðri. Liggur leiðin til baka að suðaustanverðu við svæðið um Fjórðungsöldu (rúmlega 900 m y.s.) og Tungnafellsjökul þveran (1400-1500 m y.s.), þaðan norðvestan við Vonarskarð (1000-1300 m y.s.) og í Hágöngur. Síðan svegja þau meira til vesturs nær því á bökkum Köldukvíslar (rúmlega 700 m y.s.) til Þveröldu og til suðvesturs austan Kjalvatna (600-700 m y.s.) niður eftir miðjum Búðarhálsi, þar til fyrrnefndum vatnshæðarmælum er náð.

Lengd svæðisins frá suðvestri til norðausturs er tæpir 120 km og mesta breidd, frá hæstu bungu Hofsjökuls í Hágöngur, rétt rúmir 40 km. Nær það yfir rúmar tvær lengdargráður og tæpa eina breiddargráðu með miðpunkt í Þjórsárverum sunnan Hofsjökuls. Flatarmálið er 2974 km².

Við útrennsli af svæðinu, hjá vhm. 97, er áin í um 270 m y.s. og við Norðlingaöldu 45-50 km ofar er hún í um 570 m y.s., meðalhallinn um 6,5 o/oo. Síðan taka við hallalitlar freðmýrar Þjórsárvera, og nær það svæði, frá um 570 m y.s. upp í um 700 m y.s., yfir tæpan þriðjung vatnasviðsins. Þar fyrir ofan er um helmingur vatnasviðsins, og gnæfir Hofsjökull að norðvestan en Tungnafellsjökull og Hágöngur að austan yfir öldóttri hálandiskvosinni (700-900 m y.s.) ofan Þjórsárvera. Vatnasviðshæð Efri-Þjórsár er dregin á mynd 1.



MYND 1

Efri-Þjórsá, vhm.216. Vatnasviðshæð. F. 8152

2.2 Jarðfræði

Hvorki er fært, né heldur nauðsynlegt fyrir tilgang skýrslu þessarar, að rekja langt mál um jarðfræði Efri-Þjórsársvæðisins. Um helmingur berggrunnsins er talinn basalhraun en hinn helmingurinn móberg, að mestu frá kvartertíma í heild sinni og tilheyrir Hreppamyndun (Tómas Tryggvason & Þorleifur Einarsson 1965). Flest fjöll umhverfis Hofsjökul eru talin tilheyra móbergsmýnduninni. Einnig er þar nokkuð um hlýskeyðshraun er tilheyra yngri grágrýtismýndun. Berggrunnurinn er víðast hulin jökulruðningi, einkum er lengra dregur inn á hálendið, einnig er nokkuð um jökulvatnaset. Jarðvegur er í flám (t.d. Þjórsárver), og töluvert er um móajarðveg neðan til á svæðinu. Laus jarðlög eru víðast fremur þunn.

2.3 Vatnafar

Efri-Þjórsá er af blönduðum uppruna vatnafræðilega, dragá og jökulá í senn (Sigurjón Rist 1956). Um 16% vatnasviðsins eru hulin jökli. Meðalrennsli árin 1961-1979 er $135 \text{ m}^3/\text{s}$. Að vetrinum (nóv.-mars) er rennslið að meðaltali um $70 \text{ m}^3/\text{s}$, nær eingöngu grunnvatnsrennsli, krýnt einstaka blotaskvettu. Slík flóð koma allsnögg fram þegar frosin er jörð. Meðalrennsli í apríl er um $100 \text{ m}^3/\text{s}$, en vorflóð hefjast yfirleitt í Efri-Þjórsá um mánaðarmótin apríl-maí. Snjóbráðnun tekur að jafnaði um tvo mánuði, og er meðalrennsli maí-mánaðar um $230 \text{ m}^3/\text{s}$, en júní um $270 \text{ m}^3/\text{s}$. Að sumrinu taka síðan jökuláreinkennin völdin með jökla-bráðnun, meðalrennsli í júlí og ágúst er um $210 \text{ m}^3/\text{s}$. Í september dregur úr rennslinu, og er það þá nálægt ársmeðaltali, tæpir $140 \text{ m}^3/\text{s}$, en í október dregur enn úr, er haustar frekar að, rennslið hangir í rúmum $100 \text{ m}^3/\text{s}$ að meðaltali. Þau ár sem valin eru til að stilla af rennislíkanið, 1973-1978, er rennslið um 10% yfir meðallagi, ársmeðalrennsli $148 \text{ m}^3/\text{s}$. Dreifing yfir árið er mjög svipuð á báðum tímabilunum. Mánaðarmeðalrennsli og staðalfrávik þess árin 1961-1979 og árin 1973-1978 í Efri-Þjórsá eru í töflum 1 og 2.

TAFLA 1

Mánaðarmeðalrennsli og staðalfrávik þess, vhm.216, Þjórsá Skúmstungur, 1961 til 1979.

Mánuður	Meðalrennsli m ³ /s	Staðalfrávik m ³ /s	Fjöldi ára
Janúar	68,8	22,6	19
Febrúar	69,6	37,8	19
Mars	71,7	29,1	19
Apríl	101	77,8	19
Mái	229	78,9	19
Júní	273	99,3	19
Júlí	212	37,9	19
Ágúst	212	56,9	19
September	138	29,8	19
Október	107	33,5	19
Nóvember	74,4	23,2	19
Desember	65,4	19,3	19
Árið	135	17,9	19

TAFLA 2

Mánaðarmeðalrennsli og staðalfrávik þess, vhm.216, Þjórsá Skúmstungur, 1973 til 1978.

Mánuður	Meðalrennsli m ³ /s	Staðalfrávik m ³ /s	Fjöldi ára
Janúar	81,2	27,3	6
Febrúar	57,2	17,9	6
Mars	61,9	12,5	6
Apríl	128	130	6
Mái	238	44,7	6
Júní	295	108	6
Júlí	255	30,0	6
Ágúst	257	77,8	6
September	150	31,5	6
Október	105	26,1	6
Nóvember	76,1	25,4	6
Desember	68,2	15,4	6
Árið	148	24,3	6

Fjögur fyrstu árin, sem líkt er eftir rennsli á, 1973-1976, hafa rennsli yfir meðaltali, en tvö þau seinustu, 1977-1978, eru undir því. Hæstu og lægstu augnabliksgildi rennslis á tímabilinu (Rennslisskýrslur) eru gefin í töflu 3.

TAFLA 3

Hæstu og lægstu augnabliksgildi rennslis, vhm.216, Þjórsá Skúmstungur, 1973 til 1978.

Ár	Mesta rennsli, m ³ /s	Mánuður	Minnsta rennsli, m ³ /s	Mánuður
1973	512	Okt.	7,60	Feb.
1974	1016	Apríl	3,80	Okt.
1975	898	Maí	20,9	Nóv.
1976	983	Maí	18,0	Nóv.
1977	898	Maí	6,65	Nóv.
1978	576	Júní	6,65	Mars

Mesta rennsli sem mælt hefur við vhm. 218 er 1400 m³/s, 31. maí 1968.

2.4 Veðurfar

Engin veðurstöð er í rekstri, þegar þetta er ritað, inni á vatnasviði Efri-Þjórsár. Verður að notast við veðurstöðvar utan vatnasviðsins til að áætla hita, úrkomu og uppgufun. Þó hafa verið gerðar mælingar við Nautöldu sumurin 1972-1974 og nokkuð samfelldar mælingar við Svartá á árunum 1966-1968 (Magnús Jónsson 1978). Samkvæmt greinargerð Magnúsar eru meðaltöl tímabilsins 1966-1975 fyrir Þjórsárver þessi:

Lofthiti.....	-0,8°C
Úrkoma.....	800 mm/ári
Algengustu áttir.....	SV og NA
Vindhraði.....	6-7 m/s
Sólskinsstundir.....	1240 á ári
Snjódýpt í alhvítu.....	35-40 sm
Frost dagar.....	220 á ári

Í greinargerðinni fjallar hann ekki um uppgufun, en til er áætlun um meðalgnóttargufun árána 1958-1967 (Markús Á. Einarsson 1972), og er hún áætluð um 420 mm/ári í Þjórsárverum.

Í þeirri gerð líkansins, sem hér um ræðir, er notast við þrjár veðurstöðvar, Búrfell (64°05'N, 19°44'V, 249 m y.s.), Hveravelli (64°52'N, 19°34'V, 642 m y.s.) og Sandbúðir (64°56'N, 17°59'V, 821 m y.s.) (Veðráttan). Hafa verið gerðar samfelldar veðurathuganir á Búrfelli frá apríl 1970, að undanskildum einum mánuði, á Hveravöllum frá júlí 1965 og í Sandbúðum frá því í október 1973 til júní 1978, en þá var veðurstöðin lögð niður. Rekstrartími Sandbúða, samtals 1734 dagar, afmarkar það tímabil sem líkanið er gert fyrir. Þann mánuð sem veðurathuganir vantar á Búrfelli hefur verið aukið í með línulegri bestun við Hæl í Hreppum. Voru fylgnistuðlar á dagsgildum þar: $r_{urk} = 0,77$ og $r_{hiti} = 0,98$.

Varðandi mánaðarmeðalhita á stöðvunum þremur vísast til töflu 4 og úrkomu til töflu 5.

TAFLA 4

Mánaðarmeðalhiti í °C og staðalfrávik hans á Búrfelli, Hveravöllum og Sandbúðum 1973 til 1978.

Mánuður	Meðalhiti, °C			Staðalfrávik °C			Fjöldi ára		
	B	H	S	B	H	S	B	H	S
Janúar	-3,6	-6,7	-8,8	2,6	3,0	2,2	6	6	5
Febrúar	-2,6	-6,2	-6,9	2,0	2,3	2,2	6	6	5
Mars	-0,4	-4,0	-5,3	1,5	1,6	1,9	6	6	5
Apríl	1,2	-2,4	-4,3	1,9	1,8	2,5	6	6	5
Mái	4,7	1,0	-0,5	0,9	1,3	1,1	6	6	5
Júní	7,1	4,2	2,8	1,1	1,3	1,7	5	6	5
Júlí	10,0	7,7	6,5	0,7	0,6	0,9	6	6	4
Ágúst	9,4	6,8	5,5	0,7	1,0	1,1	6	6	4
Sept.	5,6	2,6	0,5	1,4	1,7	2,0	6	6	4
Oktober	3,0	-0,2	-1,5	1,1	0,9	0,8	6	6	5
Nóvember	-1,6	-4,9	-6,2	2,1	2,2	2,7	6	6	5
Desember	-3,6	-6,9	-8,9	2,6	2,5	2,3	6	6	5
Árið	2,4	-0,7	-2,0	0,4	0,5	0,6	5	6	4

TAFLA 5

Mánaðarúrkoma í mm og staðalfrávik hennar á Búrfelli, Hveravöllum og Sandbúðum 1973 til 1978.

Mánuður	Mánaðarúrkoma, mm			Staðalfrávik, mm			Fjöldi ára		
	B	H	S	B	H	S	B	H	S
Janúar	96,1	68,5	40,5	58,3	13,2	17,5	6	6	5
Febrúar	94,7	77,8	39,9	75,3	59,6	24,5	6	6	5
Mars	78,9	82,1	29,8	47,1	52,1	7,1	6	6	5
Apríl	66,0	43,9	23,6	36,6	34,7	7,7	6	6	5
Mái	39,3	40,7	17,9	21,1	18,8	11,3	6	6	5
Júní	80,2	69,1	31,5	58,0	49,8	17,4	5	6	5
Júlí	58,6	58,2	48,3	33,2	13,8	17,8	6	6	4
Ágúst	78,9	89,9	55,0	78,8	65,7	40,0	6	6	4
Sept.	55,4	41,9	24,9	21,6	12,1	10,5	6	6	4
Október	125,1	87,7	39,5	78,6	37,4	11,2	6	6	5
Nóvember	112,2	64,7	28,4	49,2	33,9	7,8	6	6	5
Desember	82,2	41,6	30,8	75,8	23,6	15,4	6	6	5
Árið	949,1	766,0	408,4	340,5	180,4	67,1	5	6	4

Mælingar til útreiknings á uppgufun eru aðeins fyrir hendi frá Hveravöllum. Hefur gnóttargufun á dag verið reiknuð skv. líkingu Penmanns, með stuðlum úr grein Markúsar Á. Einarssonar (1966), og þannig verið fengin mánaðargildi uppgufunar á Hveravöllum 1973-1978. eru þau gefin í töflu 6.

TAFLA 6

Mánaðargnóttargufun í mm og staðalfrávik hennar á Hveravöllum 1973 til 1978.

Mánuður	Gnóttargufun, mm	Staðalfrávik, mm	Fjöldi ára
Janúar	5,0	2,9	6
Febrúar	6,9	3,9	6
Mars	21,5	3,1	6
Apríl	37,6	2,0	6
Mái	69,9	5,9	6
Júní	83,1	7,3	6
Júlí	89,1	5,9	6
Ágúst	63,2	5,6	6
September	30,6	3,3	6
Október	10,6	2,0	6
Nóvember	4,2	3,5	6
Desember	9,1	4,5	6
Árið	430,8	5,1	6

Varðandi svæðisdreifingu hita og úrkomu vísast að öðru leyti til korta sem af henni hafa birst fyrir allt landið, og gilda fyrir tímabilið 1931-1960 (Jón Eyþórsson & Hlynur Sigtryggsson 1971 og Adda Bára Sigfús-dóttir 1965).

3 FRÆDILEGAR FORSENDUR

Hér verður í stuttu máli fjallað um varmabúskap snævar, annars vegar orkulíkinguna fyrir snjóhulu og hins vegar um breytingar á innra ástandi snævarins. Meðhöndluninni er skipt í tvennt, og bæði fjallað um hvernig þessi atriði horfa fræðilega við og hvernig í reynd. Aðallega er stuðst við rit eftir Sigurð Lárus Hólm (1981) og Lars Gottlieb (1978a), en vísa má til stærri verka, svo sem Corps of Engineers (1956), vilji menn sjá nánari umfjöllun.

3.1 Varmaskipti snævar

Til að bráðnun snjóhulunnar, og þar með leysingarennisli frá henni, geti orðið, þarf varmaflutningur til hennar að eiga sér stað. Þessi flutningur verður aðallega gegnum yfirborð snjóhulunnar, en í minna mæli um neðra borðið. Orkulíkingu snjóhulunnar má rita þannig:

$$H = H_{rs} + H_{rl} + H_{cv} + H_{cn} + H_p + H_g \quad (3.1)$$

þar sem

- H er nettóbreyting á varmainnihaldi snjóhulunnar
- H_{rs} er móttækin stuttbylgju inngeislun
- H_{rl} er nettó langbylgju inngeislun
- H_{cv} er varmaleiðni frá andrúmsloftinu
- H_{cn} er þéttivarmi, jákvætt forteikn við þéttingu og frýstingu vatnsgufu á yfirborð snævar, neikvætt við þurrgefingun (sublimation).
- H_p er varmi í regni, sem fellur á snjóinn
- H_g er varmaflutningur til eða frá jörðu

Í reynd eru ofangreindar stærðir, eða stærðir þeim náskyldar, ekki mældar á venjulegum veðurstöðvum. Verður því að grípa til einfaldana á flóknum fyrirbærum.

NAM2-líkanið notar þá aðferð sem einna algengust er við slíka einföldun, svokallaða gráðudagaaðferð. Hún krefst aðeins athugana á hita, úrkomu og uppgufun.

Gráðudagalíkön einkennast af því að þau nota aðeins athuganir á lofthita til ákvörðunar á varmaflutningnum til snjóhulunnar. Einfaldasta gráðudagalíkanið reiknar leysinguna þannig:

$$M = \begin{cases} C_M \cdot (T - T_0) , \text{ fyrir } T \geq T_0 \\ 0 , \text{ fyrir } T < T_0 \end{cases} \quad (3.2)$$

þar sem

- M er magn leysingarvatns á tímaeiningu
- C_M er hlutfallstala, svo nefndur gráðudagastuðull
- T er meðallofthiti yfir tímabilið
- T_0 er viðmiðunarhiti (þröskuldshiti), oft 0°C

Oftast er tímabilið einn dagur, og er mismunurinn $T - T_0$ kallaður gráðudagafjöldi dagsins, en hægt er að nota aðrar tímaeiningar. Það hefur sýnt sig, að gráðudagastuðullinn er ekki eins stöðugur og í fyrstu var haldið, og eru ástæðurnar aðallega tvær, annars vegar árssveifla í stuttbylgjuinngæislun frá sólu og hins vegar breytingar á endurkasti snóhulunnar með aldri hennar.

Því hefur líking (3.2) verið umskrifuð þannig, án breytingar á kröfu um mældar stærðir:

$$H = C_H \cdot (T - T_s) \quad (3.3)$$

þar sem

- H er varmaflutningur frá andrúmsloftinu til snjóhulunnar (öfugt ef $T < T_s$)
- T er meðallofthitinn
- T_s er yfirborðshiti snjóhulunnar
- C_H er gráðudagastuðull varmaflutningsins

Til leiðréttingar á breytingum gráðudagastuðulsins er hann leystur upp:

$$C_H = K \cdot \frac{S}{S_{\max}} \cdot (1 - a) \quad (3.4)$$

þar sem

K er stuðull sem lýsir gráðudagastuðlinum 21. júní

S er Angotgildið á stuttbylgjuinngeislun sólar til ysta hluta lofthjúpsins

S_{\max} er hæsta Angotgildið, þ.e. 21. júní á norðurhvara

a er endurkast snjóhulunnar (albedo)

Jöfnu (3.4) má einfalda enn frekar, þar sem endurkast snjóhulunnar fellur mjög hratt með aldri hennar (Corps of Engineers 1956, mynd 5-2(4) og WREL 1981, mynd 3) og er þar með lágt að vorinu. Jafnvel verður það lægra hér á landi en í Bandaríkjunum og í Svíþjóð vegna sandfoksins, sem algengt er víða á hálendinu. Breytingar á endurkasti eru settar inn í K stuðulinn og jafna (3.4) umrituð þannig:

$$C_H = K \cdot \left| \cos(\pi \cdot (J-172) / 365) \right| \quad (3.5)$$

þar sem

J er dagsnúmer talið frá 1. janúar

172 er fjöldi daga frá 1. janúar til 21. júní

Þannig er hlutfallið S/S_{\max} nálgast með tölugildi cosinussveiflu. Frávik í þeirri nálgun renna á sama hátt og frávik í endurkasti inn í áætlun K stuðulsins.

Líkingar (3.3) og (3.5) eru notaðar í gráðudagaútgáfu NAM2-líkansins.

3.2 Innra ástand snævar

Innra ástand snjóhulunnar breytist, þegar til hennar flyst varmi eins og áður er lýst. Varmaskiptin verða aðallega með varmaleiðni, uppgufun/þéttingu vatnsgufu og sigi leysingarvatns frá efsta lagi snjóhulunnar til neðri laga. Þessir þættir hafa mismunandi mikla þýðingu hver um sig allt eftir ástandi snjóhulunnar. Varmaleiðninni er lýst fræðilega með varmaleiðnilíkingu Fouriers, en hún er fyrir einvíðan varmaflutning:

$$c_i \cdot \rho_s \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = k_e \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{\partial k_e}{\partial z} \cdot \frac{\partial T}{\partial z} \quad (3.6)$$

þar sem

c_i er eðlisvarmi íss
 ρ_s er eðlisþyngd fyrir fast efni í snjó
 T er snjóhiti
 t er tíminn
 k_e er virk varmaleiðnigeta snævar
 z er fjarlægðin frá yfirborði snævar

Leiðrétting á líkingu (3.6) vegna gegnumflæðis á vatnsgufu gefur viðbótarlið hægra megin, sem er margfeldið $L_s \cdot m$, þar sem L_s er þurr-
gufunarvarmi ("latent heat of sublimation") og m er nettómagn vatnsgufu, sem breytir um eðlisástand. Þetta magn er ekki föst stærð og ritast:

$$m = D_e \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} + \frac{\partial D_e}{\partial z} \cdot \frac{\partial C}{\partial z} - \frac{\partial C}{\partial t} \quad (3.7)$$

þar sem

D_e er virkur gegnumflæðisstuðull vatnsgufu í snjó
 C er þétting vatnsgufu

Ennfremur verður að taka með í reikninginn gegnsæi gagnvart sólgeislun og þann varma, sem losnar við það, að vatn frýs í snjónum. Séu þau atriði, auk líkingar (3.7), sett inn í líkingu (3.6) fæst:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{L_f \cdot \frac{\partial w}{\partial t}}{c_i \cdot \rho_s} - \frac{\partial I}{\partial z} - \left(\frac{k_e + L_s \cdot D_e \cdot f'}{c_i \cdot \rho_s} \right) \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} - \left(\frac{\frac{\partial k_e}{\partial z} + L_s \cdot f' \cdot \frac{\partial D_e}{\partial z}}{c_i \cdot \rho_s} \right) \cdot \frac{\partial T}{\partial z} - \frac{L_s \cdot D_e \cdot f''}{c_i \cdot \rho_s} \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial z} \right)^2 = 0 \quad (3.8)$$

þar sem

L_f er þéttivarmi ("latent heat of fusion")
 I er stuttbylgjuinngeslun frá sólu
 w er magn vatns í snjónum
 $f' = \frac{\partial C}{\partial T}$

Slík nákvæm lýsing á varmaástandi snævar er ekki notuð í reynd, heldur er lýst meðalástandi (yfir lóðrétt snið) snjóhulunnar. Því er lýst með tveimur stærðum, kuldainnihaldi ("cold content") og hitagildi ("thermal quality") snævar.

Kuldainnihald snjóhulu skilgreinist sem það varmamagn, sem til þarf á flatareiningu til að hita snjóinn frá meðalhita sínum og upp í 0°C.

Að teknu meðaltali yfir tímaeiningu, t.d. sólarhring, og yfir lóðrétt snið snjóhulunnar má rita:

$$H_{cc} = c_s \cdot \rho_s \cdot d_s \cdot T_s \quad (3.9)$$

þar sem

- H_{cc} er kuldainnihaldið
- c_s er eðlisvarmi snævar
- ρ_s er eðlisþyngd snævar
- d_s er snjódýpi
- T_s er frávik snjóhitans frá 0°C

Hitagildi snjóhulunnar skilgreinist sem hlutfall þess varma, sem þarf til að bræða snjóinn, og þess varma, sem þarf til að bræða sama magn af 0°C köldum ís.

Varmi, sem þarf til að bræða snjóinn er

$$H_s = \rho_s \cdot d_s \cdot L_{fs} + H_{cc} \quad (3.10)$$

þar sem

- H_s er varmamagnið sem til þarf
- L_{fs} er bræðsluvarminn fyrir snjó

Síðasti liðurinn í (3.10) kemur því aðeins með í reikninginn að snjóhitinn sé ekki þegar orðinn 0°C.

Til að bræða sama magn af ís við 0°C þarf:

$$H_i = \rho_w \cdot d_i \cdot L_f \quad (3.11)$$

þar sem

H_i er varmamagnið sem til þarf

ρ_w er eðlisþyngd vatnsins sem bráðnar

d_i er það vatnsmagn sem bráðnar, tilskilið er að $\rho_i \cdot d_i = \rho_s \cdot d_s$

Nú er hitagildið, Θ :

$$\Theta = \frac{H_d}{H_i} = \frac{L_{fs}}{L_f} + \frac{c_s \cdot T_s}{L_f} \quad (3.12)$$

Samhengi bræðsluvarma L_{fs} og þéttivarma L_f er:

$$L_{fs} = (1-W/100) \cdot L_f \quad (3.13)$$

Þar sem

W er vatnsinnihald snævar sem hundraðshluti af þyngd hans

Snjóhula með meðalhita undir 0°C getur ekki innihaldið neitt fljótandi vatn, og þá er $L_{fs} = L_f$. Hins vegar er frávik snjóhitans frá 0°C , T_s , sama og núll, ef snjóhulan er við bræðslumark og fljótandi vatn um leið fyrir hendi. Því er hitagildið:

$$\Theta = \begin{cases} 1 + \frac{c_s \cdot T_s}{L_f} & , \text{ ef snjóhitinn er undir } 0^\circ\text{C} \\ 1 - \frac{W}{100} & , \text{ ef snjóhitinn er } = 0^\circ\text{C} \end{cases} \quad (3.14)$$

Nú má reikna leysingarvatnið frá snjónum:

$$M = \frac{H}{L_f \cdot \Theta} \quad (3.15)$$

þar sem

M er magn leysingarvatns

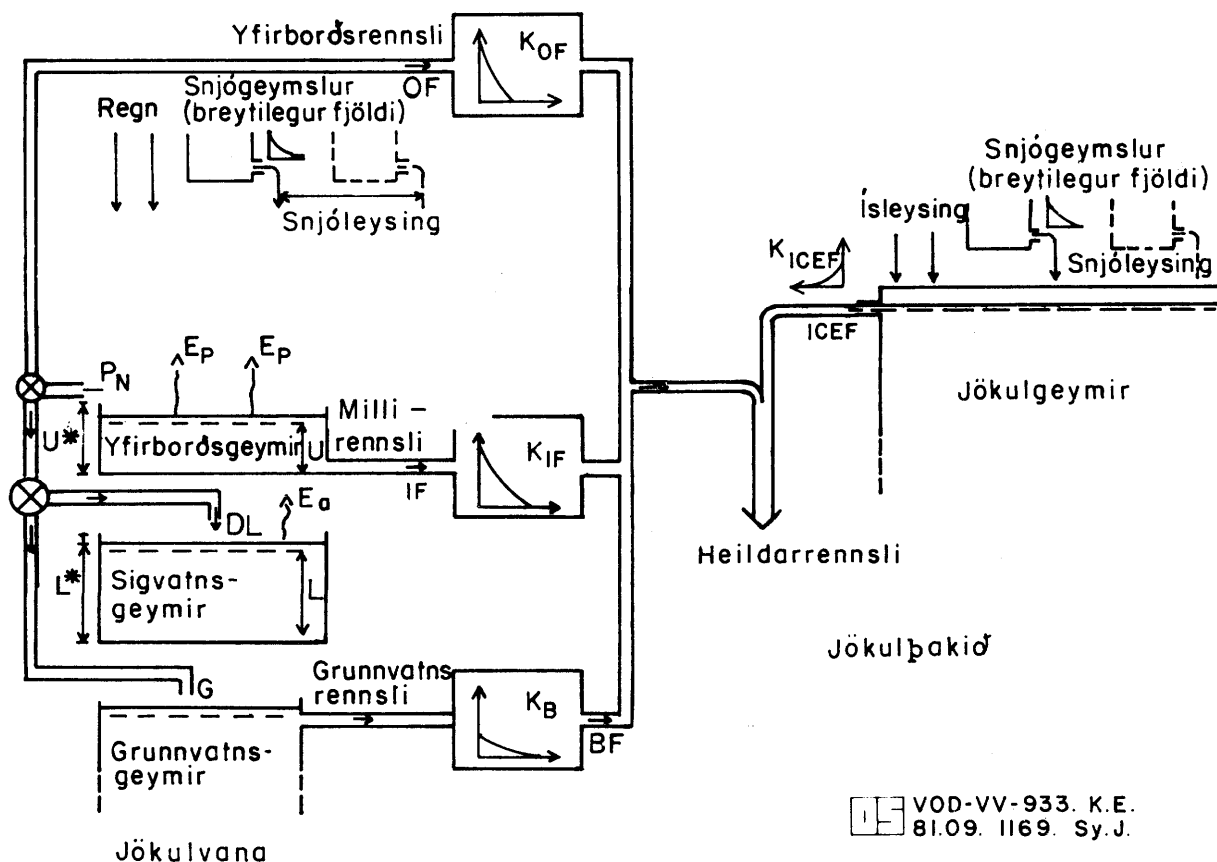
H er varmamagn sem snjór við 0°C fær til sín

Athugum nú hvaða áhrif varminn hefur á snjóhuluna, og lítum fyrst á tilfellið þegar hún gefur frá sér varma. Sé hiti undir frostmarki, er ekkert fljótandi vatn í snjónum. Tapist varmi fer hann fyrst í að frysta það regnvatn sem mögulega er fyrir hendi, afgangurinn fer í að lækka snjóhitann, þ.e. auka frávik snjóhitans frá 0°C sem kuldainnihaldið lýsir. Hinn möguleikinn er, að snjóhulan fái til sín varma. Sé hitinn undir frostmarki, nýtist varminn fyrst til að eyða fráviki hitans frá 0°C . Það sem umfram er bræðir snjóinn og myndar leysingarvatn, og hafi hitinn þegar náð núlli, þegar varmaflutningur hefst, fer allur varminn í myndun leysingarvatns.

4 LÍKANLÝSING

NAM2-líkanið, sem hér er notað til að líkja eftir rennsli Efri-Þjórsár, á rætur sínar að rekja til eldri gerðar NAM-líkansins (Nielsen S.A. & Hansen E. 1973). Er nafnið skammstöfun fyrir "nedbør-afstrømnings model". Viðbótin, sem ásamt eldri gerðinni myndar aðra útgáfu líkansins, er í tveimur hlutum, allt eftir því hve fullkomnar veðurathuganir eru fyrir hendi á viðkomandi svæði. Flóknari hlutinn (Gottlieb L. 1978b) notar orkujöfnuð snjóhulu og jökulíss, og er geislun áætluð út frá upplýsingum um skýjahulu eða fjölda sólskinsstunda. Þessi hluti líkansins hefur ekki verið reyndur enn hér á landi. Einfaldari hlutinn (Gottlieb L. 1980) notar aukið og umbætt gráðudagalíkan til útreiknings á snjó- og jökulleysingu. Er það sá hluti, auk gamla NAM-líkansins, sem notast er við til að líkja eftir rennsli Efri-Þjórsár.

Á mynd 2 er sýnt, hvernig NAM2-líkanið er byggt upp í grundvallaratriðum, og er fyrsta útgáfan til vinstri á myndinni en viðbót annarrar útgáfu til hægri. Myndin er að mestu fengin úr þeim greinum, sem hér eru síðast nefndar að ofan.



VOD-VV-933. K.E.
81.09. 1169. Sy.J.

MYND 2

Grundvallaruppbygging NAM2-rennslislíkansins.

4.1 Rennsli af jökulvana svæðum

Á þeim svæðum, sem ekki eru þakin jökli, á afrennslið uppruna sinn að rekja til regns og snjóleysingar. Á hverju slíku hlutasvæði með staðbundnum eiginleikum reiknar líkanið út það vatnsmagn sem til fellur. Rennsli allra slíkra svæða er síðan lagt saman og hleypt út í ána sem reiknuðu rennsli gegnum NAM-líkanið. Byggt er á þeim skilningi á náttúrunni, að líta megi á tilfærsluna yfir í rennsli sem röð af tilfærslum milli geyma. Þannig gerir líkanið ráð fyrir að vatnið fari í gegnum yfirborðsgeymi, sigvatnsgeymi og grunnvatnsgeymi, einn þeirra eða fleiri. Rennslið er greint sundur í yfirborðsrennsli, millirensli og grunnvatnsrennsli og hlutfallið þar á milli látið stýrast af því vatnsmagni sem er í hverjum geymi hverju sinni. Raun-
gufun af snjólausum svæðum stýrist af vatnsmagni í yfirborðsgeymi og sigvatnsgeymi. Í töflu 7 er listi yfir helstu jöfnur sem stýra rennsli-
inu og þá stuðla sem ákvarða þarf í þeim. Um nánari umfjöllun vísast til greinar Nielsen & Hansens.

TAFLA 7

Helstu jöfnur og stuðlar þeirra í NAM-líkaninu.

Skýring:	Stuðlar:	Jafna:
Geymisrýmd	U* (mm) L* (mm)	
Yfirborðsrennsli	C _{OF} (0,0-1,0) C _{L2} (0,0-1,0) K _{OF} (dagar)	$OF = \begin{cases} C_{OF} \frac{L/L^* - C_{L2}}{1 - C_{L2}} \cdot P_{N, L/L^* > C_{L2}} & , L/L^* > C_{L2} \\ 0 & , L/L^* \leq C_{L2} \end{cases}$
Millirensli	C _{IF} (0,0-1,0) C _{L1} (0,0-1,0) K _{IF} (dagar)	$IF = \begin{cases} C_{IF} \frac{L/L^* - C_{L1}}{1 - C_{L1}} \cdot U & , L/L^* > C_{L1} \\ 0 & , L/L^* \leq C_{L1} \end{cases}$
Grunnvatnsrennsli	C _{LG} (0,0-1,0) K _B (dagar)	$G = \begin{cases} (P_N - OF) \cdot (L/L^* - C_{LG}) & , L/L^* > C_{LG} \\ 0 & , L/L^* \leq C_{LG} \end{cases}$

$$DL = (P_N - OF) \cdot (1 - L/L^*)$$

$$BF = BF_0 \cdot e^{-L/K_B} + G (1 - e^{-L/K_B})$$

Raungufun

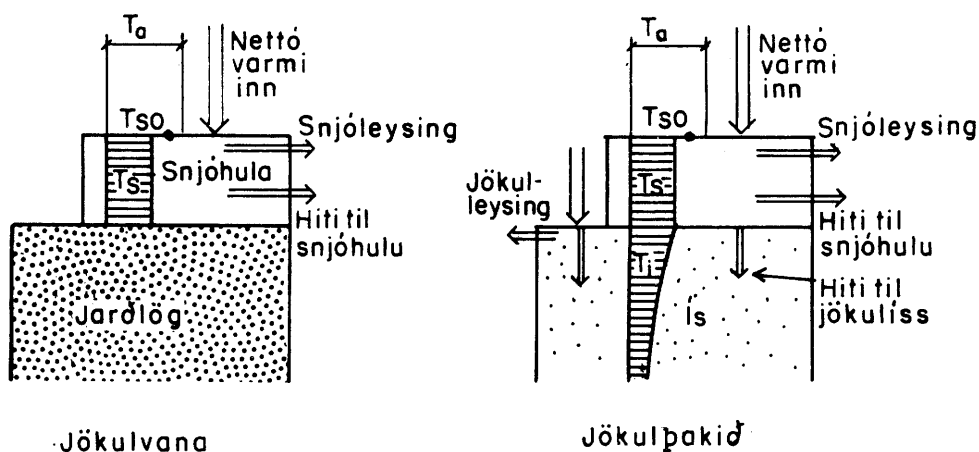
$$E_a = E_p \cdot L/L^*$$

Hinir ýmsu þættir í töflu 7 eru sýndir á mynd 2.

4.2 Snjósöfnun og snjóleysing

Þegar dagsmeðalhitinn á hverju svæði er undir ákveðnu marki (nálægt eða rétt yfir 0°C) er reiknað með, að úrkoma falli sem snjór og safnist fyrir í snjóhulu þar til snjóleysing fer fram. Varmaskipti snjóhulunnar eru reiknuð skv. jöfnum (3.3) og (3.5) og innra ástand skv. jöfnu (3.10).

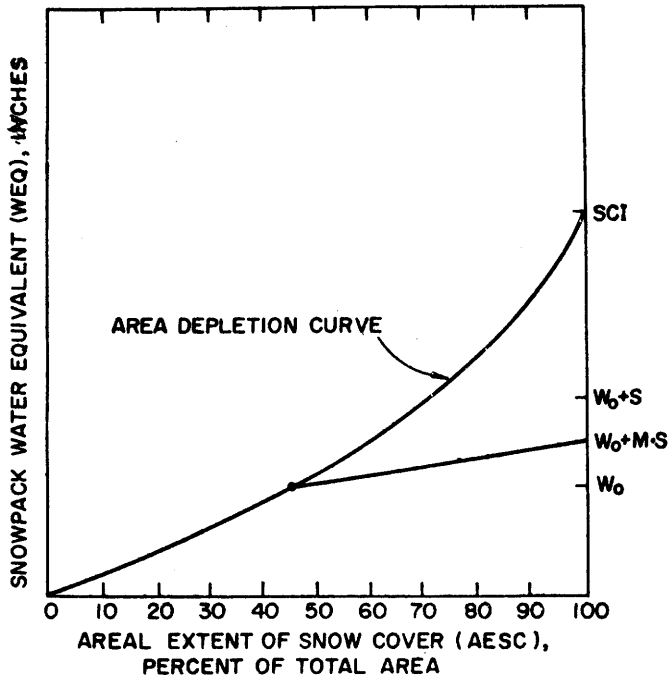
Sýnt er á mynd 3, hvernig varmaflæðið er meðhöndlað. Þar er T_a -loft-hiti, T_s -meðalhiti snjóhulu, T_{so} -yfirborðshiti snjóhulu og T_i -hiti jökulíss. Yfirborðshiti snjóhulunnar er reiknaður sem meðaltal af loft-hita og meðalhita snjóhulunnar, þó aldrei lægri en 0°C.



MYND 3

Meðhöndlun NAM2-líkansins á varmaflæði.

Eitt af þeim atriðum, sem svæðaskipting líkansins leysir úr, er dreifing vatnsgildis í snjó yfir vatnasviðið. Snjóleysingin leiðir síðan til þess að hlutar svæðanna verða auðir. Snjóí aftur, er vatnsgildið ekki jafndreift yfir svæðið. Lausn þessa atriðis er fengin frá Anderson (1968), og byggist á þeirri tilgátu að samband sé milli vatnsgildis snævar og snjóþekju. Enn fremur er leyst úr því, hvernig meðhöndla skal nýsnævið. Er það sýnt á mynd 4.



MYND 4

Tæmilína snjóþekju. (Anderson 1968)

Meðan vatnsgildi snævar (WEQ) er hærra en SCI er gert ráð fyrir fullri snjóþekju á svæðinu. Sé WEQ minna en SCI reiknast:

$$\text{AESC} = \text{Log} (\text{WEQ} + 1) / \text{Log} (\text{SCI} + 1) \quad (4.1)$$

þar sem

AESC er snjóþekjan í hundraðshlutum

Snjóí á að hluta auða jörð, fæst full snjóþekja um tíma, ef:

$$\text{WEQ} \geq W_0 + M \cdot S \quad (4.2)$$

þar sem

W_0 er vatnsgildið fyrir snjókomu

S er snjórinn sem fellur

M er sá hluti snævar, sem fellur, sem bræða þarf áður en snjóþekja að hluta fæst á ný

Gildi:

$$W_0 \leq \text{WEQ} \leq W_0 + M \cdot S \quad (4.3)$$

Þá breytist snjóþekjan línulega milli fullrar snjóþekju og þeirrar, sem var fyrir snjókomuna.

4.3 Jökulleysing

Meðhöndlun NAM2-líkansins á varmaflæði á jökli er sýnd hægra megin á mynd 3. Meðan jökullinn er snævi hulinn, er gert ráð fyrir því að enginn ís bráðni. Yfirborðshiti jökulíssins er látinn vera sá sami og meðalhiti snjóhulunnar á honum og varmaflutningur frá snjónum til íssins ákvarðaður með númerískri lausn varmaleiðnilíkingarinnar fyrir ísinn. Um leið og snjóinn leysir af jöklinum, eru varmaskiptin milli andrúmslofts og jökulíss reiknuð á sama hátt og fyrir snjóinn. Hluti varmans tapast við hitun neðri laga í ísnum. Gert er ráð fyrir að það varmatap fari fram í efstu 20 metrum jökulíssins, og er það sömuleiðis reiknað samkvæmt varmaleiðnilíkingunni. Sá varmi, sem umfram er, fer í jökulleysingu.

Sem sjá má á mynd 2, er jökulleysingin send í gegnum línulega miðlun á sama hátt og yfirborðs-, milli- og grunnvatnsrennslið. Jafna einnar slíkrar miðlunar er gefin í töflu 7 (BF - grunnvatnsrennsli). Nánari umfjöllun línulegra miðlana má finna í Hansen (1971).

4.4 Undirforrit NAM2-líkansins

Til hægðarauka við breytingar og vegna aukinnar yfirsýnar um, hvað raunverulega gerist í líkaninu, er reikniforriti þess skipt niður í nokkur undirforrit. Flæðirit þeirra er sýnt á mynd 5. Verður nú gerð nokkur grein fyrir þessum undirforritum, að lokinni umfjöllun um aðalforritið.

NAM2-aðalforritið stýrir vinnslu gagna gegnum undirforritin. Hún ákvarðast bæði af þeirri röð sem á þau er kallað í aðalforriti og auk þess af nokkrum stýristærðum. Stýristærðin IS hefur gildið 1, ef jökulsvæði er meðhöndlað, 0 ef ekki. Stýristærðin COVER hefur gildið 1, ef viðkomandi svæði er snævi þakið að hluta eða í heild sinni, annars 0. Eftirfarandi stýristærðir eru lesnar inn:

ND er fjöldi daga sem reiknað er fyrir

NS er fjöldi jökulvana hlutasvæða

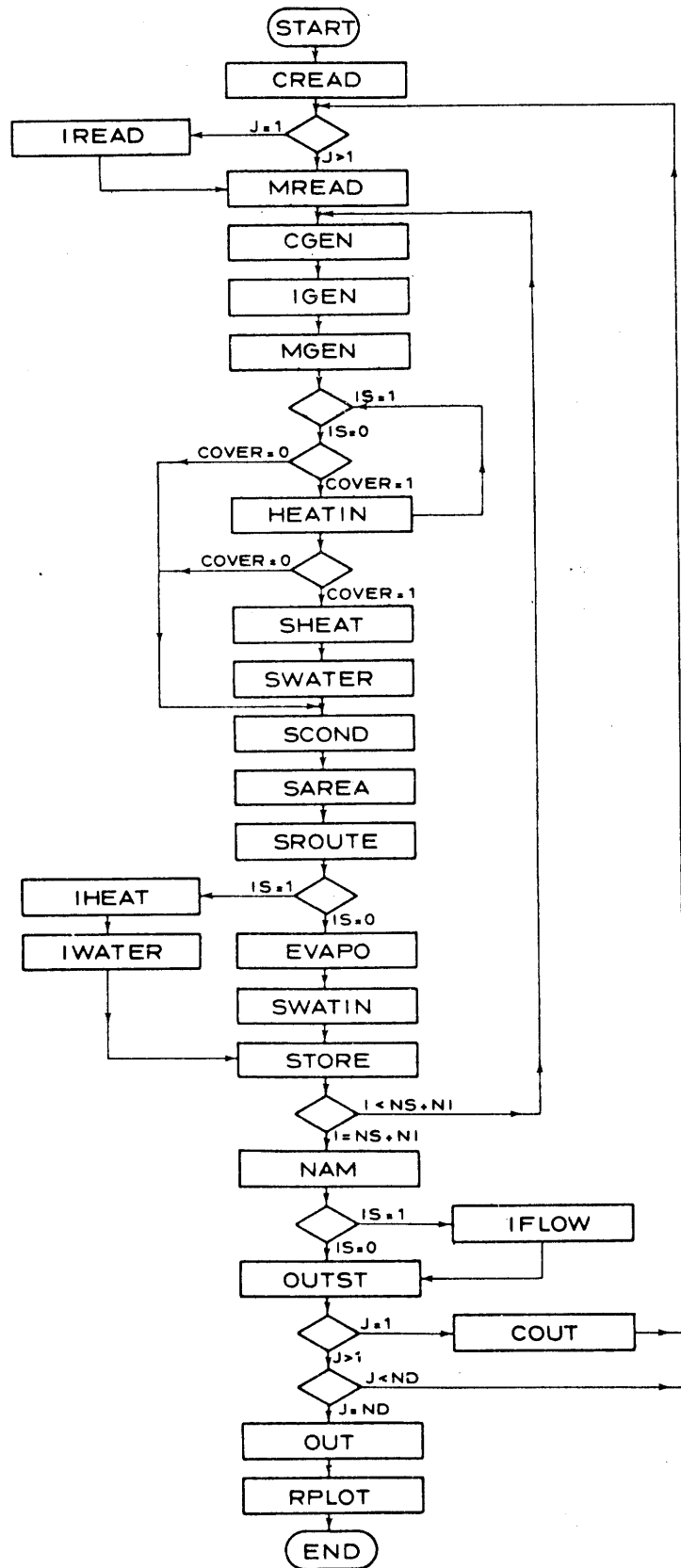
(í Efri-Þjórsárútgáfunni NS1 og NS2, tvö jökulvana aðalsvæði)

NI er fjöldi jökulþaktra hlutasvæða

NO er byrjunardagur miðað við 21. júní (þá er NO = 0)

GD er val milli orkujafnaðarútgáfu (0) og gráðudagaútgáfu (1).

Jökulvana hlutasvæði koma á undan jökulþöktum í númeraröðinni. Hér á eftir er aðeins fjallað um undirforrit gráðudagaútgáfunnar.



MYND 5

Flæðirit fyrir NAM2-rennslislikanið

4.4.1 Undirforrit CREAD

CREAD-undirforritið er fyrsta af þremur innlestarforritum. Lesnir eru inn þeir fastar sem ekki breytast forritið út í gegn.

4.4.2 Undirforrit IREAD

Lesin eru inn byrjunargildi, sem lýsa eðlisástandi snjóhulu og jökulíss. M.a. eru lesin byrjunargildi á snjódýpt, snjóhita, eðlisþyngd snævar og hitasniðum í jökli, ásamt gildum rennslisþáttanna fjögurra daginn fyrir byrjun reikninga.

4.4.3 Undirforrit MREAD

Hér eru lesnar inn veðurathuganir og mælt rennsli. MREAD-undirforritið er umskrifað með tilliti til þess svæðis sem meðhöndlað er hverju sinni. Í Efri-Þjórsárútgáfunni er hiti og úrkoma á hverju hlutasvæði reiknuð út frá hnitum miðpunkts þess og hæð yfir sjó miðað við hnit og hæð veðurstöðvanna þriggja, sem notaðar eru. Er þetta nauðsynlegt, þar sem ekki er einhlítt að úrkoma aukist með hæð á þeim slóðum. Ennfremur eru gerðar leiðréttingar fyrir lökkun hita með hæð og mismunandi hæfni úrkomumæla til að fanga regn og snjó.

4.4.4 Undirforrit CGEN

CGEN-undirforritið ákvarðar gildi á stærðum, sem ekki breytast t.d. við að varmaskipti verða við snjó eða ís, eða við úrkomu. Meðal þeirra er gráðudagastuðullinn skv. jöfnu (3.5)

4.4.5 Undirforrit IGEN

Hér eru ákvörðuð gildi á stærðum, sem breytast innan sólarhringsins t.d. vegna varmaskipta og breytts veðurs. Meðal þeirra er yfirborðshiti snjóhulunnar (sjá umfjöllun um mynd 3 hér á undan), eðlisvarmi snævar, vatnsgildi snjóhulunnar (rúmpyngd·snjódýpt+áður fengið frjálst vatn í snjónum), snjóþekja (sjá jöfnur (4.1)-(4.3)) og vatnsheldni snævar.

4.4.6 Undirforrit MGEN

MGEN-undirforritið ákvarðar dagsgildi úrkomu og hita fyrir hvert hlutasvæði.

4.4.7 Undirforrit HEATIN

Undirforritið er kallað, ef viðkomandi hlutasvæði er snævi eða jökli hulið. Varmaflutningur til snjóhulunnar er reiknaður skv. líkingu (3.3) að viðbættum varma í mögulegu regni. Tilsvarandi líking gildir fyrir jökulís, aðeins með öðrum gráðudagastuðli.

4.4.8 Undirforrit SHEAT

Undirforritið er kallað, ef viðkomandi hlutasvæði er snævi hulið. Reiknaður er nýr meðalhiti snjóhulunnar og yfirborðshiti að loknum varmaskiptum dagsins.

4.4.9 Undirforrit SWATER

Kallað er á undirforritið, ef snjór er á svæðinu. Reiknað er magn frjáls vatns í snjónum, eftir að hann hefur fengið til sín varma, og athugað hvort það er meira en nemur vatnsheldni hans. Það sem umfram er, er þá snjóleysing.

4.4.10 Undirforrit SCOND

Undirforritið reiknar nýja rúmpyngd snævar og snjódypt. Stærðirnar eru háðar rúmpyngd nýsnævis (sem aftur er fall af lofthitanum), magni nýsnævis og samþjöppun eldri snjóhulu vegna nýsnævisins.

4.4.11 Undirforrit SROUTE

Undirforritið reiknar magn snjóleysingarvatns, sem sígur niður í gegnum snjóhuluna og nær botni hennar. Segja má, að tekið sé tillit til miðlunarárhrifa snjóhulunnar á leysingarvatnið.

4.4.12 Undirforrit EVAPO

EVAPO-undirforritið er aðeins kallað ef hlutasvæðið er snjólaust og jökullaust. Gnóttargufun er reiknuð samkvæmt gráðudagalíkani sem margfeldi af fasta og fráviki lofthita frá ákveðnum þröskuldshita. Ekki er reiknað með neinni gnóttargufun frá snjóhulu.

4.4.13 Undirforrit SWATIN

Undirforritið reiknar út heildarvatnsmagn til yfirborðsgeymis af jökulvana svæðum. Tekið er vatnsmagnið, sem reiknað var út í SROUTE-undirforritinu og gnóttargufunin dregin frá. Það sem eftir verður er síðan sent áfram til meðhöndlunar í NAM-undirforritinu.

4.4.14 Undirforrit IHEAT

Kallað er á undirforritið, ef hlutasvæðið er jökulþakið. Reiknað er nýtt hitasnið gegnum jökulísinn með númerískri lausn varmaleiðni-líkingarinnar niður á 20 metra dýpi og það varmamagn sem til þess þarf. Sé það minna en það varmamagn sem jökulísinn tók til sín og reiknað var í HEATIN-undirforritinu, fer afgangurinn til jökulleysingar.

4.4.15 Undirforrit IWATER

Kallað er á undirforritið, ef hlutasvæðið er jökulþakið. Reiknuð er jökulleysing í gegnum ísmiðlunina, og er undirforritið hliðstætt SWATER-undirforritinu fyrir snjóinn.

4.4.16 Undirforrit STORE

Undirforritið varðveitir útreiknaðar stærðir til notkunar við útreikninga næsta dags.

4.4.17 Undirforrit NAM

Hér er reiknað rennsli frá jökulvana svæðum. Rennslinu frá hverju þeirra er safnað saman í eitt. Síðan sér undirforritið um að skipta því milli yfirborðsrennslis, millirennslis og grunnvatnsrennslis og senda gegnum tilheyrandi línulegar miðlanir (sjá mynd 2, vinstri hlið). Að því loknu kemur fram hlutur jökulvana svæða í reiknuðu rennsli dagsins.

4.4.18 Undirforrit IFLOW

Undirforritið reiknar rennsli frá jökulþöktum svæðum hliðstætt við NAM-undirforritið (sjá mynd 2, hægri hlið). Jökulleysingin er einnig send í gegnum línulega miðlun.

4.4.19 Undirforrit OUTST, COUT, OUT og RPLOT

Öll þessi undirforrit eru notuð til útskriftar og teikningar (RPLOT) á niðurstöðum. OUT og RPLOT undirforritin þarf yfirleitt að umskrifa með tilliti til hvers svæðis um sig og eftir óskum notandans. OUTST-undirforritið sér um tölfræðilega útreikninga á hæfni líkansins til að líkja eftir rennslinu. Auk þeirra, er sjónmat á teiknuðum niðurstöðum notað til að stilla líkanið af. Aðallega eru tvær stærðir notaðar til athugunar á hæfninni, skýrður breytileiki og vatnsjöfnuður.

Skýrður breytileiki er:

$$R^2 = 1 - \frac{\Sigma(Q_r - Q_m)^2}{\Sigma(Q_m - \bar{Q}_m)^2} \quad (4.4)$$

þar sem

R^2 er skýrður breytileiki, $-\infty < R^2 \leq 1$

(en kvaðratrót hans er R - fylgnistuðullinn)

Q_r er reiknað rennsli

Q_m er mælt rennsli

\bar{Q}_m er meðalgildi mælds rennslis

Vatnsjöfnuður er:

$$WB = \frac{\Sigma(Q_r - Q_m)}{\Sigma Q_m} \quad (4.5)$$

Þeim mun nær sem skýrður breytileiki er einum og vatnsjöfnuður núlli, því betri er hæfni líkansins til að líkja eftir mældu rennsli.

5 ÚRVINNSLA MÆLINGA

Fjallað er um þau rennslis- og veðurgögn, sem notuð eru við gerð rennslislíkansins fyrir Efri-Þjórsá. Einnig er getið um skiptingu vatnasviðsins í aðal- og hlutasvæði. Að lokum er gerð grein fyrir nokkrum af þeim föstu stærðum og byrjunargildum breytilegra stærða, sem ákvarða veður í byrjun reikninga. Á mynd 6 er sýnd skipting Efri-Þjórsár í undirvatnasvið ásamt staðsetningu vatnshæðarmæla og veðurstöðva.

5.1 Rennslisgögn

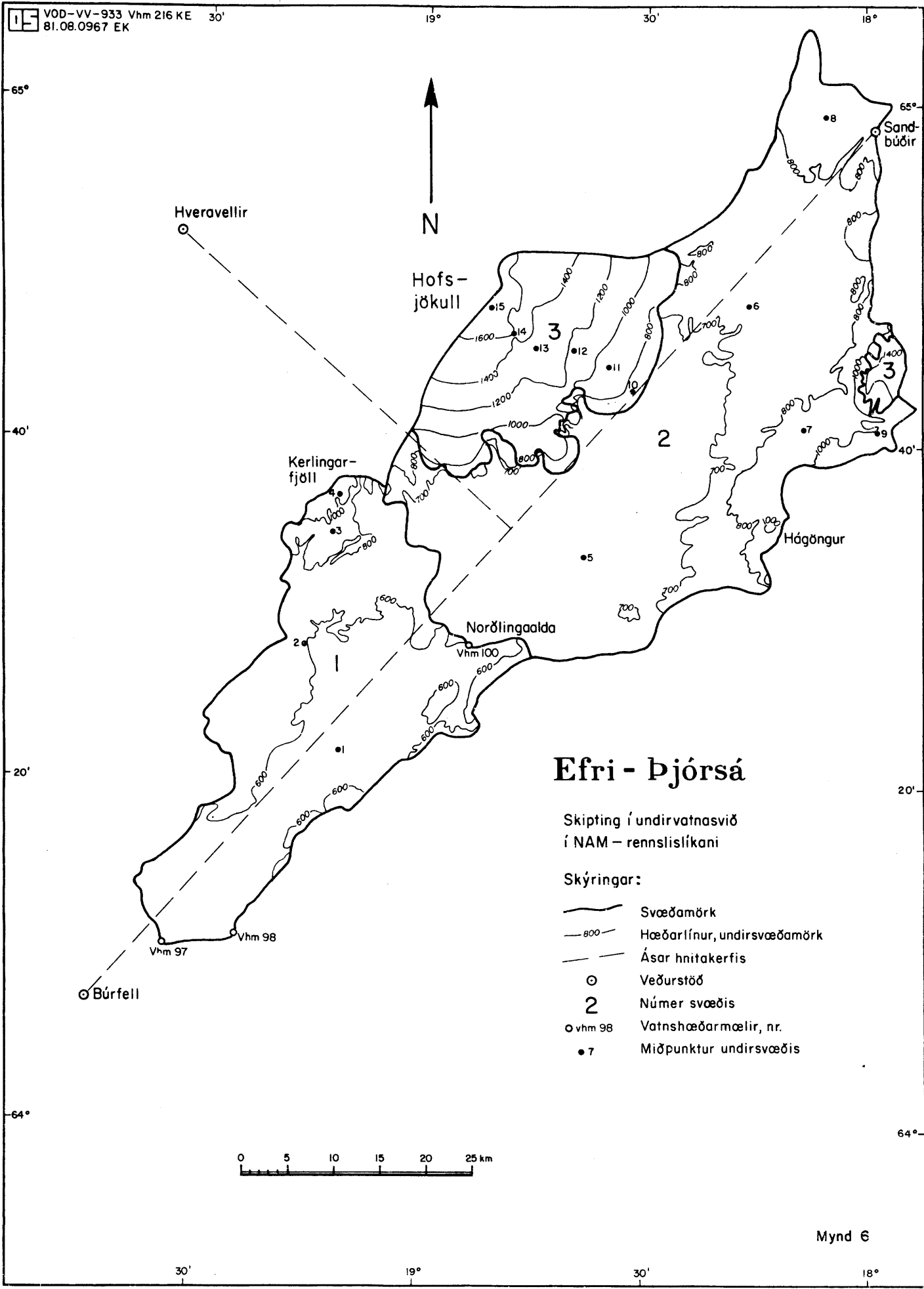
Daglegt rennsli við vatnshæðarmæli nr.97, Þjórsá, Búrfellsvirkjun að frádrögnum daglegu rennsli við vatnshæðarmæli nr.98, Tungnaá, Hald, er notað í líkanreikningunum sem mælt rennsli Efri-Þjórsár. Skapar það nokkra skekkju, að notaður er mismunur tveggja mælistöðva, einkum á vetrum, þegar ísvandamál og krapastíflur setja svip sinn á rennslið. Leiðir það m.a. til þess, að mælt rennsli verður neikvætt sex daga á því 1734 daga tímabili, sem notað er. Má gera því skóna, að skýrður breytileiki yrði að öllu öðru jöfnu meiri, ef notuð væri rennslisröð einnar stöðvar.

Mismunur vatnshæðarmæla nr.97 og 98 er nefndur vatnshæðarmælir nr.216, Þjórsá, Skúmstungur. Er til rennslisröð fyrir þann "mæli", þar sem Vatnamælingar hafa metið, hvernig jafna ber út sveiflur í mismuni stöðvanna tveggja, en ekki hefur verið reynt, hvort sú röð gefur betri fylgni.

Rennslisraðirnar voru fengnar á disklingi frá Vatnamælingum til yfirfærslu á tölvu Orkustofnunar, og naut þar góðrar aðstoðar Ásgeirs Sigurðssonar, kerfisfræðings.

5.2 Veðurgögn

Meðalhiti dagsins og úrkoma dagsins á veðurstöð nr.899, Búrfelli, veðurstöð nr.892, Hveravöllum og veðurstöð nr.449, Sandbúðum, er notuð til líkanreikninga á rennsli Efri-Þjórsár. Gnóttargufun á mánuði, skv. grein Markúsar Á. Einarssonar (1972) er notuð til mats á uppgufunarstuðlum líkansins.



Fyllt var upp í eins mánaðar hlé á mælingum á Búrfelli (júní 1976) með línulegri bestun við veðurstöð nr.907, Hæl í Hreppum, eins og lýst er í kafla 2.4.

Veðurgögnin voru fengin frá Veðurstofunni á sólarhringsspjaldaformi með góðfúslegri aðstoð Þóris Sigurðssonar, veðurfræðings, og færð yfir á tölvu Orkustofnunar á disklingum af Guðmundi Vigfússyni, kerfisfræðingi á Vatnsorkudeild Orkustofnunar. Bjarni Tómasson, eftirlitsmaður Landsvirkjunar í Búrfelli, aðstoðaði við mat á ráðandi hitastigi snjókomu eða regns á svæðinu.

Er aðstoð og góð ráð allra þessara manna hér með þökkun.

5.2.1 Dreifing úrkomu

Eins og sjá má af töflu 5 hér á undan, eykst úrkoma ekki með hæð á vatnasviði Efri-Þjórsár, a.m.k. ekki svo einhlítt sé. Þannig er ársúrkoman á Búrfelli (249 m y.s.) 949 mm, á Hveravöllum (642 m y.s.) 766 mm og á Sandbúðum (821 m y.s.) aðeins 408 mm. Einnig er dreifing úrkomunnar milli mánaða ólík á stöðvunum þremur, og er Búrfell með mesta úrkomu í október (dæmigerð Suðurlandsstöð), Hveravellir í ágúst og síðan október og Sandbúðir í ágúst og júlí (svipað og í innsveitum á Norðausturlandi, (Markús Á. Einarsson 1976)).

Algengustu úrkomuáttir Sunnanlands eru S-SA-lægar, og er vatnasviðið í regnskugga fyrir SA-átt. Algengustu vindáttir þar eru SV og NA, eins og fyrr sagði, og eru mótaðar af meginstefnu vatnasviðsins og legu milli fjallaklasa í NV og SA. Raunar er Hveravallastöðin vafalítið á öðru veðurfarssvæði en mestur hluti vatnasviðsins, Búrfellsstöðin er á braut loftmassa úr SV, sem síðan hella meiru úr sér inni á vatnasviðinu, en Sandbúðastöðin er hins vegar að miklu leyti handan við úrhellissvæði slíkra loftmassa, bleytan rokin úr þeim, og þar að auki í sterkari regnskugga Vatnajökuls en meginhluti vatnasviðsins fyrir SA-lægum áttum.

Af framansögðu má ljóst vera, að ekki er hægt að viðhafa sömu aðferð á vatnasviði Efri-Þjórsár og víða hefur verið gert annars staðar með NAM2-líkaninu, þar sem gert hefur verið ráð fyrir aukningu úrkomu með aukinni hæð yfir sjó. Úr þessum vanda er leyst með því að mynda dreifi-flöt úrkomu í gegnum veðurstöðvarnar þrjár út frá hnitum þeirra og hæð yfir sjó og leiðréttta síðan í hverjum miðpunkti hlutasvæðis fyrir frávik meðalhæðar hlutasvæðisins frá planinu út frá áætlaðri meðalúrkomu hlutasvæðisins. Sú áætlun er fengin af korti Öðdu Báru Sigfúsdóttur (1965).

Þessi aðferð leiðir síðan til þess, að erfitt getur reynst að skipta um veðurstöðvar, fjölga þeim eða fækka, sé vilji fyrir því að reikna fyrir utan tímabil það, sem notað er í líkaninu.

5.2.2 Dreifing hita

Annað er uppi á teningnum varðandi dreifingu hitans en úrkomunnar, hann lækkar með aukinni hæð (sjá töflu 4 hér á undan), og nemur sú lækkun 0,7-0,8 °C/100m á ársgrundvelli milli stöðvanna þriggja. Er það meiri lækkun en sú almenna í lofthjúpum, skv. Markúsi Á. Einarsyni (1976), en hún er 0,5-0,6 °C/100m. Koma þar líklega til meiri meginlandsáhrif að vetrarlagi en að sumarlagi á hálendi Íslands.

Í líkaninu fyrir Efri-Þjórsá er sett inn lækkun hita með hæð til að ákvarða dreifingu dagsmeðalhitans á svæðinu. Þarf hún raunar ekki að liggja á bilinu 0,7-0,8 °C/100m, því um er að ræða sameinuð áhrif gráðudagastuðulsins og hitalækkunar með hæð. Aðalatriðið er hér, hvaða lögmál stýrir breytilegum hita milli hlutasvæða, en það er hæðarmunurinn.

5.3 Skipting í hlutasvæði

Mikilvægt atriði í NAM2-líkaninu er að vatnasviðinu er skipt upp í hlutasvæði, sem hvert um sig hefur einkvæma eiginleika. Til hliðsjónar við skiptingu vatnasviðs Efri-Þjórsár var, auk hæðarlínukorta í mælikvörðunum 1:250.000 og 1:50.000, notast við úrkomukort Öðdu Báru Sigfúsdóttur (1965) og afrennsliskort Sigurjóns Rist (1956). Að lokinni þeirri skiptingu var síðan flatarmál hvers hlutasvæðis um sig mælt á hnitamæliborði, sem tengt er tölvu Orkustofnunar. Ennfremur voru ákvörðuð hnit miðpunkts hvers hlutasvæðis á hnitamæliborðinu út frá hnitakerfi, sem lagt var með X-ásinn í gegnum veðurstöðvarnar á Búrfelli og Sandbúðum, en Y-ásinn hornrétt á hann í gegnum veðurstöðina á Hveravöllum, og voru hnitin mæld í km. Einnig var metin meðalhæð hvers hlutasvæðis.

Til enn frekari glöggvunar, var hlutasvæðunum skipt milli þriggja aðalsvæða. Aðalsvæði 1 nær yfir vatnasvið vatnshæðarmælis nr.216, Þjórsá, Skúmstungur, að frádregnu vatnasviði vatnshæðarmælis nr.100, Þjórsá Norðlingaalda. Aðalsvæði 2 nær yfir vatnasvið vatnshæðarmælis nr. 100, Þjórsá, Norðlingaalda, að frádregnu jökulvatnasviði Efri-Þjórsár á Hofsjökli og Tungnafellsjökli. Aðalsvæði 3 nær síðan yfir jökul-

vatnasvið Efri-Þjórsár.

Er því hvort tveggja í senn hægt að bera saman mælt og reiknað rennsli við vatnshæðarmæli nr.100, og fá fram sérstaklega reiknað jökulrennsli Efri-Þjórsár. Fyrra atriðið hefur ekki verið framkvæmt að sinni, og bíður síðari tíma, en það síðara var notað við stillingu líkansins. Niðurstöður ofangreindra mælinga má ásamt öðru lesa í töflu 8 hér á eftir.

5.4 Stýristærðir

Ákvarða þarf, áður en líkanreikningar geta hafist, allmikinn fjölda stýristærða. Hluti þeirra breytist, eðli sínu samkvæmt, ekki milli þess sem forritið er keyrt í tölvunni. Annar hluti breytist, og í sumum tilfellum allmikið.

5.4.1 Fastar stýristærðir

Mestur hluti fastra stýristærða, sem greint er frá í töflu 8, eru fastar í þeim skilningi að þær eru hluti af skilgreiningu svæðisins sem slíks. Lítil hluti, t.d. RICE (afrennsli frá jökli í byrjun reikninga), hefur ekki breyst í rás þeirra tuttugu umferða, sem búið er að reikna í. Nöfn þessara stýristærða, stutt skýring á eðli þeirra, ásamt gildum, sem þeim eru gefin, er skráð í töflu 8.

Tefla 8
Fastar stýristærðir í NAM2-líkaninu fyrir Efri-Þjórsá

Nafn:	Skýring:	Gildi:
ND	Dásafjöldi	1734
NO	Byrjunardásur frá 21.Júní	102
NS1	Fjöldi Jökullausra hlutasvæða 1	4
NS2	Fjöldi Jökullausra hlutasvæða 2	5
NI	Fjöldi Jökulpaktra hlutasvæða	6
GD	Líkanserð	1
CEP	Uppsufunarfasti	0.02
REP	do	273.2
MA(1-15)	Leysingarhlutfall nýsnævis	0.75
CL1	Millirennslisfasti	0.000
CL2	Yfirbordsrennslisfasti	0.500
CIF	Millirennslisfasti	0.100
KOF	Yfirbordsrennslisseinkun,dásar	3.0
DZ	Skreflend varmaleidnireiknings,sm	100.0

.....tafla 8, frh.

D1	Búrfell, X-hnit,km	-69.13
EL1	do hzd yfir sjó	249.0
PM1	do meðalúrcoma	1200.0
D2	Sandbúdir, X-hnit,km	58.00
EL2	do hzd yfir sjó	321.0
PM2	do meðalúrcoma	400.0
D3	Hveravellir, Y-hnit,km	47.75
EL3	do hzd yfir sjó	342.0
PM3	do meðalúrcoma	300.0
AREL(1)	Hlutfallslest flatarmál hlutasvæða	0.1389
- (2)	do	0.1313
- (3)	do	0.0192
- (4)	do	0.0050
- (5)	do	0.2331
- (6)	do	0.1844
- (7)	do	0.0460
- (8)	do	0.0639
- (9)	do	0.0175
- (10)	do	0.0119
- (11)	do	0.0296
- (12)	do	0.0430
- (13)	do	0.0299
- (14)	do	0.0388
- (15)	do	0.0125
X1(1)	X-hnit miðpunkts hlutasvæða	-30.79
-(2)	do	-24.51
-(3)	do	-13.37
-(4)	do	-9.88
-(5)	do	2.52
-(6)	do	34.89
-(7)	do	28.90
-(8)	do	55.58
-(9)	do	33.94
-(10)	do	19.53
-(11)	do	19.85
-(12)	do	18.55
-(13)	do	16.11
-(14)	do	15.72
-(15)	do	16.14
X2(1)	Y-hnit miðpunkts hlutasvæðis	-2.25
-(2)	do	8.12
-(3)	do	13.97
-(4)	do	16.18
-(5)	do	-7.67
-(6)	do	-2.70
-(7)	do	-15.99
-(8)	do	4.84
-(9)	do	-22.03
-(10)	do	0.26
-(11)	do	4.02
-(12)	do	7.96
-(13)	do	11.15
-(14)	do	14.10
-(15)	do	17.69
EL(1)	Meðalhzd hlutasvæðis yfir sjó	480.0
-(2)	do	700.0
-(3)	do	900.0
-(4)	do	1100.0
-(5)	do	650.0
-(6)	do	750.0
-(7)	do	900.0

.....tafla 8: frh.

-(8)	do	900.0
-(9)	do	1150.0
-(10)	do	720.0
-(11)	do	900.0
-(12)	do	1100.0
-(13)	do	1300.0
-(14)	do	1500.0
-(15)	do	1650.0
PM(1)	Medalársúrkoma hlutasvæðis	1200.0
-(2)	do	1600.0
-(3)	do	2000.0
-(4)	do	2000.0
-(5)	do	1000.0
-(6)	do	800.0
-(7)	do	1200.0
-(8)	do	400.0
-(9)	do	1300.0
-(10)	do	1200.0
-(11)	do	1600.0
-(12)	do	1900.0
-(13)	do	2400.0
-(14)	do	2800.0
-(15)	do	2900.0
AREA	Heildarflatarmál, km**2	2974.2
DA(1)	Snjódept á hlutasvæði, sm	0.0
-(2)	do	1.0
-(3)	do	2.0
-(4)	do	3.0
-(5)	do	1.0
-(6)	do	1.5
-(7)	do	2.0
-(8)	do	2.0
-(9)	do	3.0
-(10)	do	1.5
-(11)	do	2.0
-(12)	do	3.0
-(13)	do	4.0
-(14)	do	5.0
-(15)	do	6.0
RSA(1-15)	Edlisþensd snævar	0.30
TSA(1-15)	Snjóhiti(Kelvinsráður)	273.2
WCA(1-15)	Hlutfell frjéls vatns í snjó	0.0
RUSA(1-15)	Afrennsli frá snjóhulu, sm/dag	0.00
QGA(1-15)	Varmi frá snjóhulu til undirláss, lú/dag	0.0
L	Vatnsinnihald nedra líkanseymis, sm	6.00
TIA(I,K)	Hitasnid í is, I=1, NI;K=1,20	
I/K	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	
1	273.2 273.1 273.0 273.0 272.9 272.9 272.8 272.8 272.7 272.7 272.6 272.5 272.5 272.4 272.4 272.3 272.2 272.2 272.1 272.0	
2	273.2 273.1 272.9 272.8 272.6 272.5 272.3 272.2 272.1 271.9 271.8 271.6 271.5 271.4 271.2 271.1 270.9 270.8 270.6 270.5	
3	273.2 273.0 272.7 272.5 272.3 272.0 271.8 271.6 271.3 271.1 270.9 270.7 270.4 270.2 270.0 269.7 269.5 269.3 269.0 268.8	
4	273.2 272.9 272.6 272.2 271.9 271.6 271.3 271.0 270.7 270.4 270.0 269.7 269.4 269.1 268.8 268.5 268.1 267.8 267.5 267.2	
5	272.4 272.0 271.7 271.3 270.9 270.6 270.2 269.9 269.5 269.1 268.8 268.4 268.0 267.7 267.3 267.0 266.6 266.2 265.9 265.5	
6	271.2 270.8 270.5 270.1 269.7 269.4 269.0 268.7 268.3 267.9 267.5 267.2 266.8 266.5 266.1 265.7 265.4 265.0 264.7 264.3	
RICE	Afrennsli frá Jökli, sm	0.00

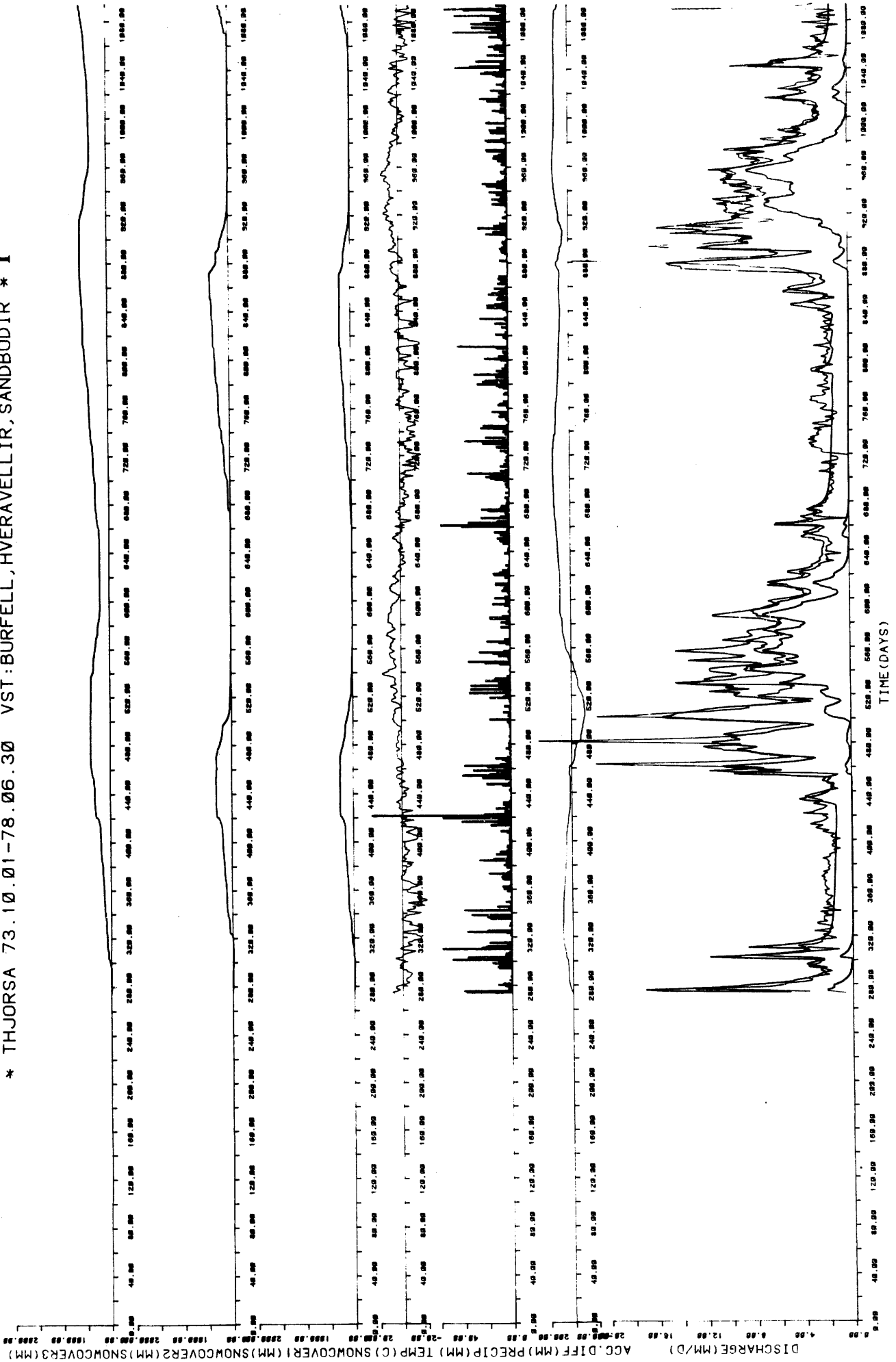
.....tafla 9, frh.

COF	Líkan- fasti, yfirb.rennsli	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
USTJ	Geymis- ráð, efri líkan- sevmir, sa	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
LSTJ	Geymis- ráð, nedri líkan- sevmir, sa	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	3.0	2.0	1.0	1.0	1.0	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5
KIF	Tíma- studull millirennsli, dásar	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
KBF	Tíma- studull srv.rennsli, dásar	300.	400.	400.	400.	400.	400.	400.	400.	400.	400.	400.	400.	400.	400.	400.	400.	400.	400.	400.	400.
KICEF	Tíma- studull Jökulrennsli, dásar	2.0	2.0	2.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
U	Vatn í efra líkansevmi, sa	1.0	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
RDF	Yfir- bords- afrennsli, sa	0.09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RIF	Milli- afrennsli, sa	0.09	0.09	0.09	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
RBF	Brunn- vatns- afrennsli, sa	0.18	0.25	0.25	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

6 LÍKANREIKNINGAR

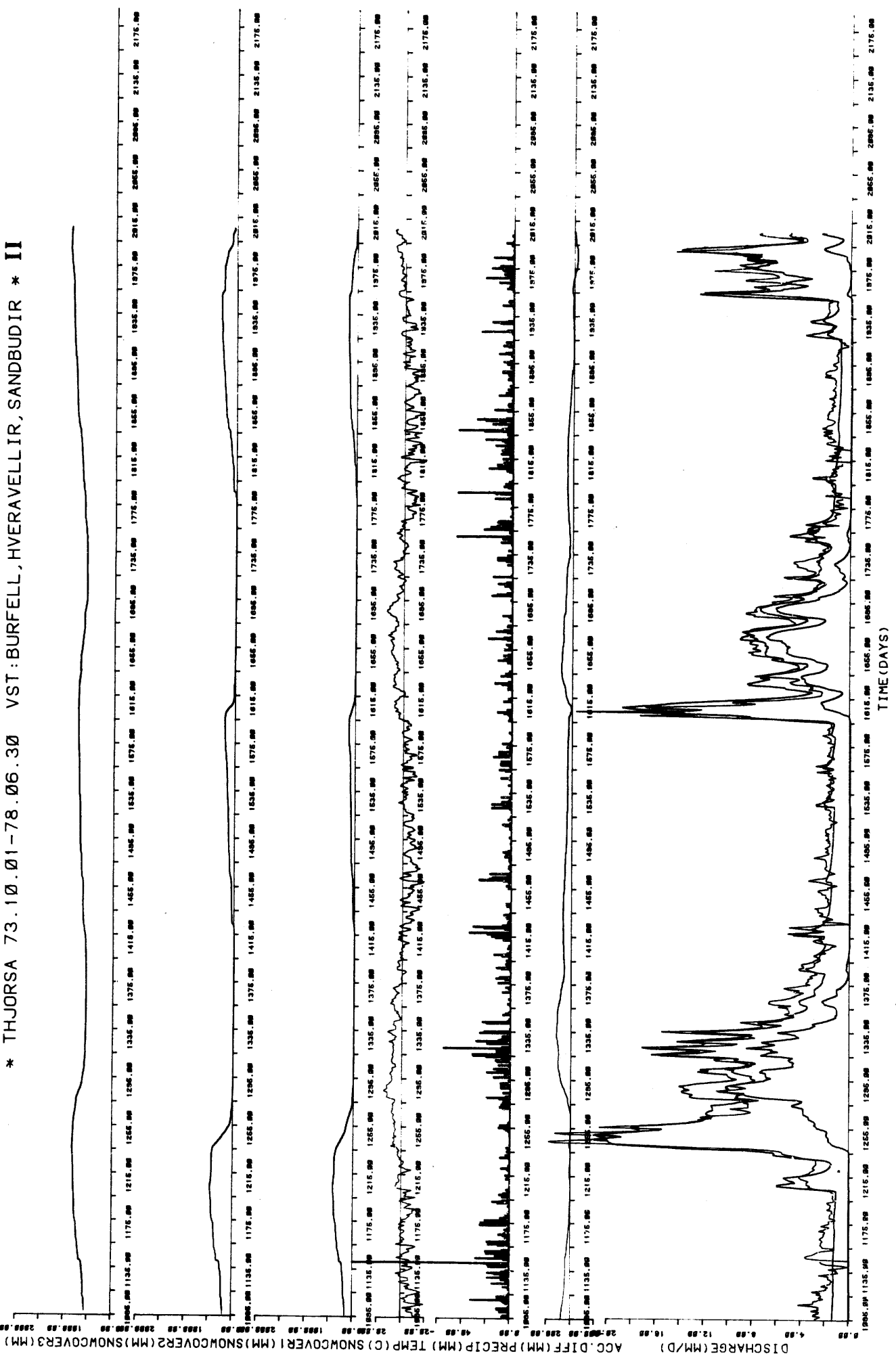
Líkanreikningar á rennsli Efri-Þjórsár hafa verið framkvæmdir tuttugu sinnum með breyttum stýristærðum hverju sinni. Koma þær breytingar fram í töflu 9. Niðurstöður úr þessum tuttugu keyslum eru í töflu 10.

* THJORSA 73.10.01-78.06.30 VST: BURFELL, HVERAVELLIR, SANDBUDIR * I



MYND 7 I. Niðurstöður úr keyrslu nr.19.

* THJORSÁ 73.10.01-78.06.30 VST: BURFELL, HVERAVELLIR, SANDBUDIR * II



MYND 7 II. Niðurstöður úr keyrslu nr.19.

1- VOD-VV-850 KE
81.09.0997 T

Tefla 10
Niðurstöður úr tuttugu keyrslum með NAM2-líkaninu fyrir Efri-Pjórsá

Viðeindun:	Keyrsia nr.:																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Hlutfallslegt frávik frá meðaltali (vatnsjöfnudur)	-0.22	-0.05	-0.02	-0.10	-0.10	-0.10	-0.06	-0.05	-0.05	-0.10	-0.09	-0.08	-0.13	-0.07	0.01	-0.02	0.01	-0.02	0.00	0.03
Skárdur brestileiki, r#2	0.59	0.67	0.65	0.75	0.77	0.77	0.76	0.75	0.77	0.78	0.79	0.79	0.78	0.79	0.77	0.80	0.77	0.79	0.79	0.77

Tölvuteiknaðar niðurstöður úr keyrslu nr.19, en hún telst einna best, eru á mynd 7. Er hún í tveimur hlutum, og sýnir fyrri hlutinn árin 1973 til 1975 og seinni hlutinn árin 1976 til 1978. Neðst á myndinni er sýnt mælt rennsli í mm/dag (ójöfn lína yfir veturinn, hvassir rennslis-
toppar á öðrum tímum árs), reiknað rennsli af svæðinu (yfirleitt nálægt
mældu rennsli, en jafnari lína) og reiknað rennsli frá jökli (neðsta
línan). Þar fyrir ofan er sýnt samanlagt frávik reiknaðs rennslis frá
mældu rennsli dag frá degi, þ.e. vatnsjöfnudur, og er það jákvætt ef
rennsli reiknast í heild of mikið, neikvætt sé það of lítið. Næst fyrir
ofan er sýnd með súluriti meðalúrkoma svæðisins í mm/dag. Síðan kemur
meðalhiti svæðisins í °C. Efst á myndinni er síðan sýnt vatnsgildi snjó-
hulu í mm á aðalsvæðunum þremur (sjá mynd 6), eins og það reiknast í
líkaninu.

Eins og fyrr segir hefur vatnsjöfnudur (lína 1 í töflu 10) og skýrður
breytileiki (lína 2 í töflu 10) verið notaður, ásamt sjónmati á tölvu-
teikningum fyrir hverja keyrslu hliðstæðum þeirri á mynd 7, til að stilla
líkanið af. Einn aðalhöfundur NAM2-líkansins, Lars Gottlieb, náði að
vera með við fjórar fyrstu keyrslurnar. Síðan tók höfundur þessarar
skýrslu við.

Ekki er hægt að gefa neina algilda reglu um, hvaða stuðlum skuli breyta
fyrst og hverjum síðast. Breytingarnar verða að stýrast af vatnafræðilegri
þekkingu á viðkomandi svæði, á vitneskju um þýðingu hvers stuðuls og fyrir
hvað hann stendur.

7 LOKAORÐ

Not þau, sem hafa má af hálf-ákvarðanlegum rennslislíkönum af svipaðri gerð og NAM2-líkanið, eru einkum þrenns konar. Í fyrsta lagi má nota þau til lengingar rennslisraða. Verður það að öllum líkindum fyrsta atriðið, sem hugað verður að. Í öðru lagi má nota þau til langtímaspár um rennsli, einkum að hausti og snemma vors. Er þá sett inn líklegasta veðurfar næstu mánuði, auk upplýsinga um grunnvatnsástand og snjógeymslur á þeim tíma sem spáin er gerð. Í þriðja lagi má nota þau til stuttímaspár um rennsli næstu fimm til tíu daga, út frá fimm til tíu daga veðurspá. Í þeirri gerð notast slík líkön beinast í rekstri virkjana, en jafnframt krefst slík notkun náinnar samvinnu þeirra sem stilla líkanið af, rekstraraðila virkjana og veðurfræðinga.

HEIMILDASKRÁ

- Adda Bára Sigfúsdóttir 1965: Nedbør og Temperatur i Island. Den 4. Nordiske Hydrologkonferanse, Bind 1, s. 112 1-11.
- Anderson E. A. 1968: Development and testing of snowpack energy balance equations. Water Resources Research, 4,1, s.19-38.
- Bergstöm S. & Persson M. 1981: Modellering av glaciäravrinning på Island. Vannet i Norden, 14,1, s.3-16.
- Corps of Engineers 1956: Snow Hydrology. Summary Report of the Snow Investigations. U.S. Dept. of the Army, Corps of Engineers, North Pacific Division, Portland, Oregon. 405 s.
- Gottlieb L. 1978a: Snehydrologi. Fyrirlestrarpunktur, ISVA, DTH, 17 s.
- Gottlieb L. 1978b: A simple energy balance model of snow and ice melt. ISVA, DTH, Progress report 47, s. 3-12.
- Gottlieb L. 1980: Development and applications of a runoff model for snowcovered and glacierized basins. Nordic Hydrology, 11, s. 255-272.
- Hansen E. 1971: Analyse af hydrologiske tidsserier. Polyteknisk forlag, Kaupmannahöfn, 170 s.
- Jón Eypórsson & Hlynur Sigtryggsson 1971: The climate and weather of Iceland. í: The zoology of Iceland, I,3. Munksgaard, Kaupmannahöfn & Reykjavík, 62 s.
- Jónas Elíasson & Sigurður St. Arnalds 1976: A Precipitation - Runoff Model. Nordic Hydrological Conference, Reykjavík, s.I 15-26.
- Magnús Jónsson 1978: Veðurfar í Þjórsárverum. Unnið fyrir Orkustofnun af Veðurstofu Íslands. OS ROD 7804, 4+5 s.
- Markús Á. Einarsson 1966: Global radiation in Reykjavík and its relation to some meteorological elements. Meteorologiske Annaler, 4,20, Oslo, s. 571-616.
- Markús Á. Einarsson 1972: Evaporation and Potential Evapotranspiration in Iceland. Veðurstofa Íslands, 22 s.
- Markús Á. Einarsson 1976: Veðurfar á Íslandi. Iðunn Rvík., 150 s.
- Nielsen S.S. & Hansen E. 1973: Numerical simulation of the rainfall-runoff process on a daily basis. Nordic Hydrology, 4, s. 171-190.

Rennslisskýrslur, ársyfirlit vatnshæðarmæla í lausblaðaformi. Orku-
stofnun, Vatnamælingar.

Sigurður St. Arnalds & Jónas Eliásson 1975: Bessastaðaá í Fljótsdal.
Rennslisathugun. Rafmagnsveitur ríkisins, Hönnun hf., 32 s.

Sigurður Lárus Hólm 1981: Afströmningsmodellering for Jökulsá í
Fljótsdal. Prófrítgerð við ISVA, DTH, 85 s.

Sigurjón Rist 1956: Íslensk vötn 1. Raforkumálastjóri, Vatnamælingar,
Reykjavík, 127 s.

Tómas Tryggvason & Þorleifur Einarsson 1965: Greinargerð um jarðfræði
Þjorsárvera; Norðlingaalda - Sóleyjarhöfði. Atvinnudeild
Háskólans, 17+7 s.

Veðráttan, mánaðar og ársyfirlit 1924-. Veðurstofa Íslands.

WREL 1981: (Water Resources Engineering, Luleå), kynningarrit frá
vatnaverkfræðideild Tækniháskólans í Luleå, Svíþjóð, 46 s.

ENGLISH SUMMARY

The paper is a report on the adaption of a semi-deterministic runoff model to the Efri-Thjórsá catchment, southern central Iceland. The bedrock of the area is composed of Quaternary volcanic rocks, half lavas and half pillow lavas and hyaloclastites, superimposed by thin glacial and glaciofluvial sediments, mainly till, and some loessian soils at lower elevations.

The catchment is 2974 km², 16% of it being glacierized, and the mean elevation is about 700 m a.s.l. Mean annual discharge 1973-1978 is 148 m³/s and the character is direct-runoff type with a glacial component.

The model used is NAM2, written by staff members of the Institute of Hydrodynamics and Hydraulic Engineering at Technical University of Denmark.

The data used are the difference of two water gauges on the Thjórsá catchment on a daily basis and mean daily temperatures and daily precipitation of three weather stations situated SW, NW and NE of the catchment. Potential evapotranspiration is estimated from Penman's equation for one of the stations.

The model is of a modified degree-day type and the efficiency is judged from the water balance (cumulative difference of measured and computed runoff) and the variance explained by the model, besides visual inspection of drawings of the runoff.

After twenty runs of the model with different values of the parameters, the best result obtained is zero for the water balance and 0,80 for the variance explained by the model, which is considered as satisfactory.