

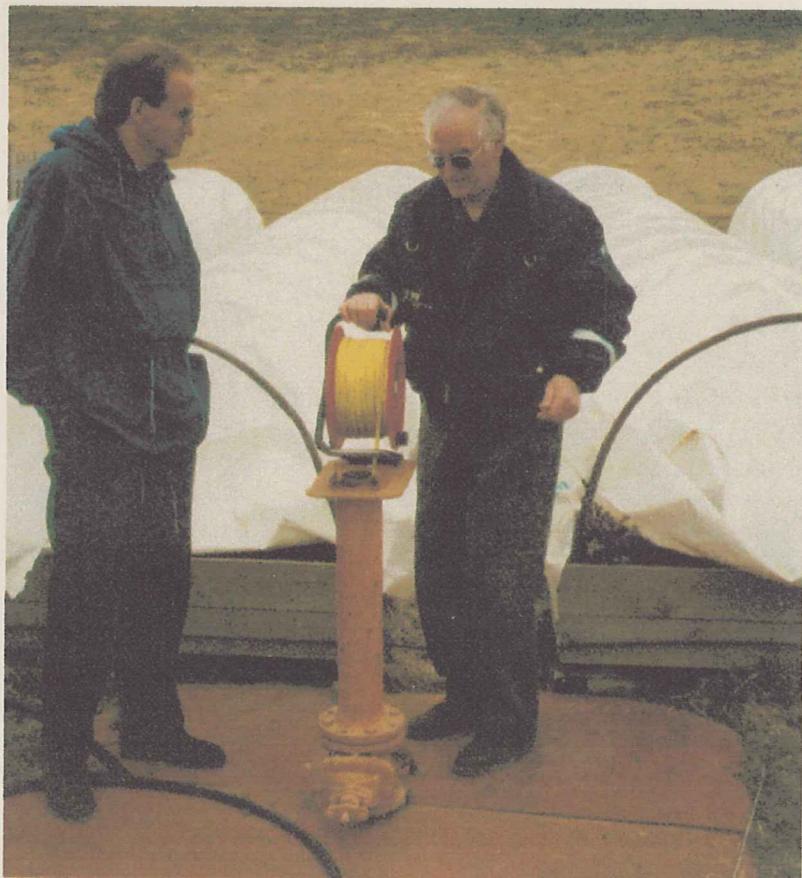


ORKUSTOFNUN

RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri

Hitaveita Akureyrar

Eftirlit með jarðhitasvæðum 1998
og horfur í orkubúskap veitunnar

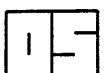


Guðni Axelsson
Steinunn Hauksdóttir
Ólafur G. Flóvenz
Guðrún Sverrisdóttir

Unnið fyrir Hita- og vatnsveitu Akureyrar

1999

OS-99087



ORKUSTOFNUN

Rannsóknasvið

Reykjavík - Akureyri

Verknr. 8-610609

**Guðni Axelsson
Steinunn Hauksdóttir
Ólafur G. Flóvenz
Guðrún Sverrisdóttir**

HITAVEITA AKUREYRAR

**Eftirlit með jarðhitasvæðum 1998
og horfur í orkubúskap veitunnar**

Unnið fyrir Hita- og vatnsveitu Akureyrar

OS-99087

Október 1999

ISBN 9979-68-041-5

ORKUSTOFNUN - RANNSÓKNASVIÐ

Reykjavík: Grensásvegi 9, 108 Rvk. - Sími 569 6000 - Fax 568 8896

Akureyri: Glerárgötu 36, 600 Ak. - Sími 463 0957 - Fax 463 0998

Netfang: os@os.is - Veffang: <http://www.os.is>



Skýrsla nr: OS-99087	Dags: Október 1999	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: HITAVEITA AKUREYRAR Eftirlit með jarðhitavæðum 1998 og horfur í orkubúskap veitunnar		Upplag: 50
		Fjöldi síðna: 90
Höfundar: Guðni Axelsson, Steinunn Hauksdóttir, Ólafur G. Flóvenz, Guðrún Sverrisdóttir	Verkefnisstjóri: Ólafur G. Flóvenz	
Gerð skýrslu / Verkstig: Árlegt vinnslueftirlit, útvíkkað	Verknúmer: 8-610609	
Unnið fyrir: Hita- og vatnsveitu Akureyrar		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Gerð er grein fyrir orkubúskap og eftirliti með jarðhitavæðum Hita- og vatnsveitu Akureyrar á árinu 1998. Framleiðslugeta vinnslusvæðanna er endurmetin og farið yfir helstu kosti til frekari orkuöflunar. Árið 1998 var heildarorkuvinnsla Hitaveitu Akureyrar um 281 GWh. Jarðhitavinnslan nam um 130 l/s að jafnaði, eða um 264 GWh, en orka framleidd með varmadælum og rafskauta- og olíukötlum um 17 GWh. Orkunotkun á Akureyri jókst um 5% frá 1997-1998. Ástand jarðhitavæðanna er stöðugt hvað hita og efnainnihald varðar en hægt vaxandi langtímaniðurdráttur vegna tregs aðrennslis skerðir smám saman vinnslugetu þeirra. Endurreiknaðar vinnsluspár frá 1993 gefa til kynna áframhaldandi minnkun í vinnslugetu á öllum svæðum nema Þelamörk. Í heild má búast við að minnkun í vinnslugetu HVA nemni allt að 10% til ársins 2010, en með niðurdælingu má hamla gegn því. Miðað við 2% vöxt í orkunotkun á ári þarf nýr orkukostur að vera tiltækur eftir 2-3 ár. Taldar eru góðar líkur á að afla megi meira vatns í grennd Akureyrar, m.a. bendir góður árangur í jarðhitaleit við vestanverðan Eyjafjörð til þess að þar kunni að vera framtíðarvinnslusvæði fyrir Akureyri. Bent er á kosti þess að tengja saman allar veitir frá Dalvík til Akureyrar.		
Lykilord: Akureyri, hitaveita, lághitasvöld, vinnsla, vatnsborð, hiti, efnastyrkur, niðurdæling, orkubúskapur	ISBN-númer: 9979-68-041-5	Undirskrift verkefnisstjóra:
	Yfirlarið af: ÓGF, GAx	

ÁGRIP

Gerð er grein fyrir orkubúskap og eftirliti með jarðhitasvæðum Hita- og vatnsveitu Akureyrar á árinu 1998, framleiðslugeta vinnslusvæðanna endurmetin og farið yfir helstu kosti til frekari orkuöflunar. Árið 1998 var heildarorkuvinnsla Hitaveitu Akureyrar um 281 GWh. Jarðhitavinnslan nam um 130 l/s að jafnaði, eða um 264 GWh, en orkuframleiðsla varmadælna og rafskauta- og olíukatla nam 17 GWh. Orkunotkun á Akureyri jókst um 5% frá 1997 til 1998, jafnframt því sem orkuframleiðsla með raforku dróst saman vegna skerðingar á afhendingu afgangsorku. Þetta leiddi til þess að álag á jarðhitasvæðin jókst og olíuketillinn var notaður í fyrsta sinn um langt árabil.

Ástand jarðhitasvæðanna er stöðugt hvað hita og efnainnihald varðar en hægt vaxandi langtímaniðurdráttur vegna tregs aðrennslis skerðir smám saman vinnslugetu þeirra. Vinnsluspár frá 1993 hafa verið endurreiknaðar að teknu tilliti til vinnslusögu síðustu 5 ára. Þær gefa til kynna áframhaldandi minnkun í vinnslugetu á öllum svæðum nema Botni og Þelamörk, ef ekki er tekið tillit til niðurdælingar. Á Botni minnkar vinnslugetan hins vegar vegna kólnunar holu HN-10. Í heild má búast við að samdráttur í vinnslugetu nemi allt að 10% til ársins 2010. Með niðurdælingu má hins vegar hamla gegn þessari þróun. Miðað við 2% vöxt í orkunotkun á ári þarf nýr orkukostur að vera tiltækur eftir 2-3 ár.

Taldar eru góðar líkur á að afla megi meira vatns í grennd Akureyrar. Leit að vinnanlegum jarðhita stendur nú yfir á mörgum stöðum og er reiknað með að boraðar verði djúpar tilraunaholur á nokkrum svæðum á komandi árum.

Góður árangur í jarðhitaleit við vestanverðan Eyjafjörð og nýlegar vísbendingar um frekari jarðhita þar benda til þess að þar kunni að vera framtíðarvinnslusvæði fyrir Akureyri. Í því sambandi er bent á kosti þess að tengja saman allar veiturnar frá Dalvík til Akureyrar og það rekstraröryggi sem slík tenging skapaði.

EFNISYFIRLIT

ÁGRIP	2
1. INNGANGUR	7
2. VINNSLA OG VATNSBORD	8
2.1 Gagnasöfnun	8
2.2 Orkuvinnsla 1998	9
2.3 Vatnsborðsbreytingar	12
3. HITI VATNS ÚR VINNSLUHOLUM	21
4. NIÐURDÆLING Á LAUGALANDI Í EYJAFJARDARSVEIT	25
5. EFNASAMSETNING VATNS ÚR VINNSLUHOLUM	27
6. LANGTÍMAEFTIRLIT MEÐ EFNASTYRK Í LAUGUM OG Á FLEIRI STÖÐUM	47
7. ORKUBÚSKAPUR HITAVEITU AKUREYRAR 1998	52
8. ENDURSKOÐAÐIR HERMIREIKNINGAR OG AFKASTAMAT	59
8.1 Endurskoðaðir hermireikningar	59
8.2 Vatnsborðsspár og afkastamat	60
8.3 Gerð og eðli jarðhitakerfanna	62
9. STAÐA OG HORFUR Í ORKUBÚSKAP HITAVEITU AKUREYRAR	74
9.1 Orkunotkun	74
9.2 Orkuvinnsla	74
9.2.1 Jarðhitavinnsla	74
9.2.2 Varmadælur og katlar	75
10. KOSTIR Í ORKUÖFLUN	81
10.1 Jarðhitaleit í grennd núverandi virkjunarstaða	81
10.1.1 Klauf	81
10.1.2 Grýta - Sigtún	81
10.1.3 Stokkahlaðir - Botn	81
10.1.4 Gríasará	82
10.1.5 Kristnes	82
10.1.6 Ytra-Gil	82
10.1.7 Garðsárdalur	82
10.1.8 Glerárdalur	82
10.1.9 Þelamörk	82
10.2 Jarðhitaleit annars staðar í Eyjafirði	83
10.3 Jarðhitaleit austan Vaðlaheiðar	83
11. SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR	84
12. HEIMILDIR	86
VIÐAUKI A: Eiginleikar þjappaðra líkana	89

MYNDASKRÁ

	Bls.
1. Yfirlitsmynd af vinnslusvæðum Hitaveitu Akureyrar	7
2. Vikuleg heildarvinnsla jarðhita síðustu fimm árin	9
3. Vikuleg heildarorkuframleiðsla Hitaveitu Akureyrar síðustu fimm árin	10
4. Vinnsla og vatnsborð á Botni árin 1997 og 1998	14
5. Vinnsla og vatnsborð á Syðra-Laugalandi árin 1997 og 1998	14
6. Vinnsla og vatnsborð á Ytri-Tjörnum árin 1997 og 1998	15
7. Vinnsla og vatnsborð á Glerárdal árin 1997 og 1998	15
8. Vinnsla og vatnsborð á Laugalandi á Þelamörk árin 1997 og 1998	16
9. Vinnsla úr HN-10 og vatnsborð í HN-10 og BÝ-3 árin 1982 - 1998	16
10. Vinnsla úr holu BN-1 á Botni árin 1982 - 1998	17
11. Vinnsla og vatnsborð á Syðra-Laugalandi árin 1976 - 1998	17
12. Vatnsborð í holu HW-9 á Hrafnagili og holu GG-1 á Gríssará árin 1982 - 1998	18
13. Vinnsla og vatnsborð á Ytri-Tjörnum árin 1978 - 1998	18
14. Vinnsla og vatnsborð á Glerárdal árin 1982 - 1998	19
15. Vinnsla og vatnsborð á Laugalandi á Þelamörk árin 1992 - 1998	19
16. Vinnsla og vatnsborð holu RWN-7 á Reykhúsum árin 1984 - 1998	20
17. Hiti vatns úr holu HN-10 á Botni árin 1981 - 1998	22
18. Hiti vatns úr holu BN-1 á Botni árin 1983 - 1998	22
19. Hiti vatns úr holu LJ-5 á Syðra-Laugalandi árin 1981 - 1998	22
20. Hiti vatns úr holu LJ-7 á Syðra-Laugalandi árin 1981 - 1998	23
21. Hiti vatns úr holu LN-12 á Syðra-Laugalandi árin 1982 - 1998	23
22. Hiti vatns úr holu TN-4 á Ytri-Tjörnum árin 1981 - 1998	23
23. Hiti vatns úr holu GÝN-7 á Glerárdal árin 1982 - 1998	24
24. Hiti vatns úr holu LPN-11 á Laugalandi á Þelamörk árin 1992 - 1998	24
25. Niðurdæling og toppþrýstingur holu LJ-8 árið 1998	25
26. Niðurdæling og vatnsborð holu LN-10 árið 1998	26
27. Styrkur kalíums og súlfats í vatni úr holu HN-10 frá upphafi vinnslu	34
28. Styrkur nokkurra efna í holu BN-1 sem fall af tíma	35
29. Styrkur nokkurra efna í holu HN-10 sem fall af tíma	36
30. Kísilstyrkur og vinnsla úr holu HN-10 síðustu fjögur árin	37
31. Hlutfall súrefnisisótópa og vinnsla úr holu HN-10 síðustu fjögur árin	37
32. Styrkur nokkurra efna í holu LN-12 sem fall af tíma	38
33. Styrkur nokkurra efna í holu LJ-5 sem fall af tíma	39
34. Styrkur nokkurra efna í holu TN-4 sem fall af tíma	40
35. Styrkur nokkurra efna í holu RWN-7 sem fall af tíma	41
36. Styrkur nokkurra efna í holu GÝN-7 sem fall af tíma	42
37. Styrkur nokkurra efna í holu LPN-11 sem fall af tíma	43
38. Mælingar HVA og OS á leiðni vatns úr holum BN-1, HN-10, LJ-5 og LN-12	44
39. Mælingar HVA og OS á leiðni vatns úr holum TN-4, RWN-7, GÝN-7 og LPN-11	45
40. Samanburður mælds hita og reiknaðs kalsedónhita fyrir holu LPN-11	46
41. Massaflæði um kerfi Hitaveitu Akureyrar árið 1998	55
42. Orkuflæði um kerfi Hitaveitu Akureyrar árið 1998	57
43. Samanburður á mældu vatnsborði holu HN-10 og reiknuðu með líkani frá '93	63
44. Samanburður á mældu vatnsborði holu LJ-8 og reiknuðu með líkani frá '93	63
45. Samanburður á mældu vatnsborði holu TN-2 og reiknuðu með líkani frá '93	64
46. Samanburður á mældu vatnsborði holu GÝN-7 og reiknuðu með líkani frá '93	64
47. Samanburður á mældu vatnsborði holu LPN-11 og reiknuðu með líkani frá '94	65
48. Samanband vatnsborðs í holum HN-10 og BÝ-3 á Botni	65

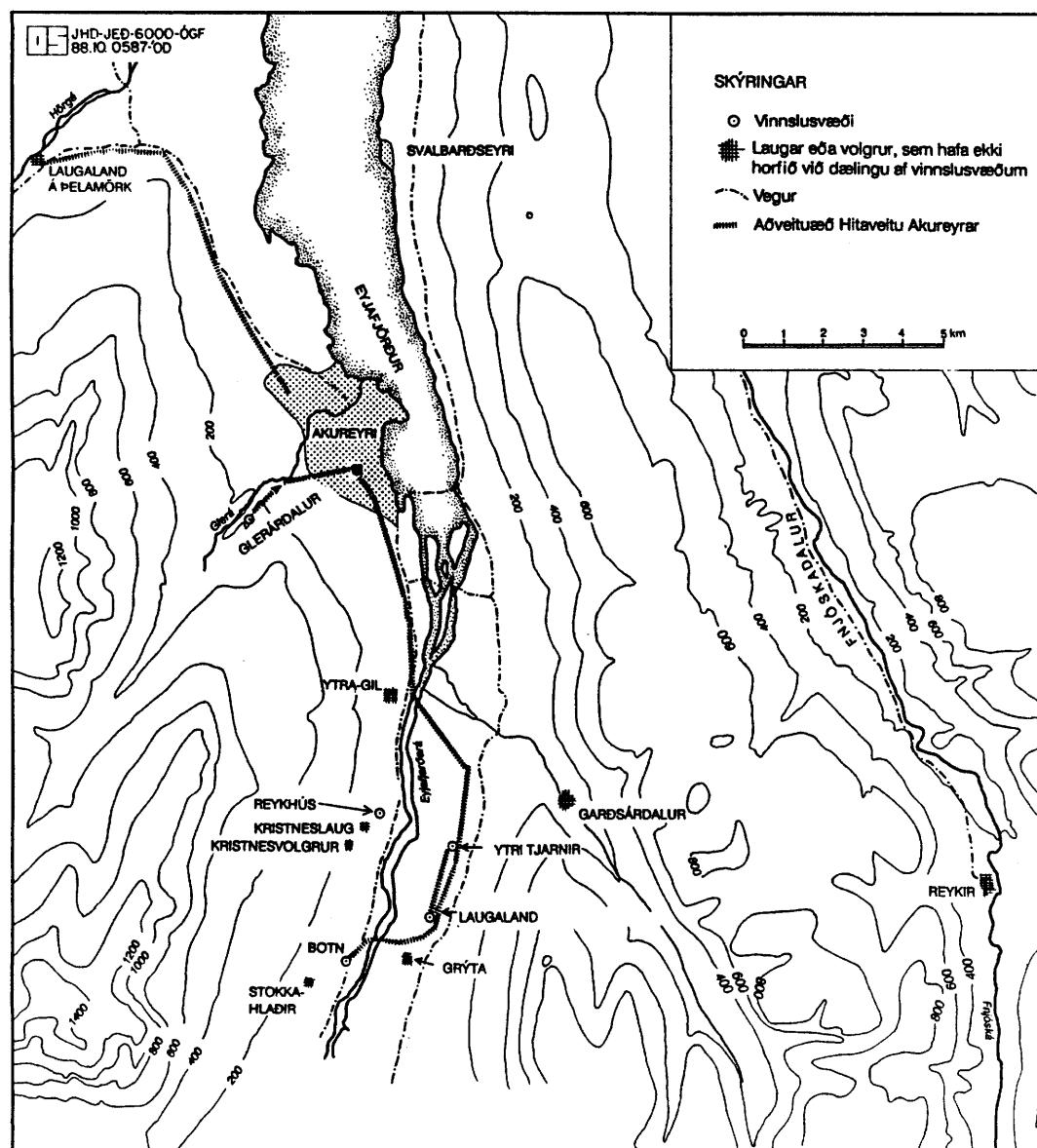
49. Mælt vatnsborð holu HN-10 og reiknað með endurskoðuðu hermilíkani	66
50. Mælt vatnsborð holu LJ-8 og reiknað með endurskoðuðu hermilíkani	66
51. Mælt vatnsborð holu TN-2 og reiknað með endurskoðuðu hermilíkani	67
52. Mælt vatnsborð holu GÝN-7 og reiknað með endurskoðuðu hermilíkani	67
53. Mælt vatnsborð holu LPN-11 og reiknað með endurskoðuðu hermilíkani	68
54. Mælt vatnsborð holu GG-1 og reiknað með endurskoðuðu hermilíkani	68
55. Eininganiðurdrættir hvers hinna fimm vinnslusvæða Hitaveitu Akureyrar	69
56. Vatnsborðspár fyrir holu HN-10 á Botni fyrir vinnslutilfelli A og B	69
57. Vatnsborðspár fyrir holu LJ-8 á Syðra-Laugalandi fyrir vinnslutilfelli A og B	70
58. Vatnsborðspár fyrir holu TN-4 á Ytri-Tjörnum fyrir vinnslutilfelli A og B	70
59. Vatnsborðspár fyrir holu TN-2 á Ytri-Tjörnum fyrir vinnslutilfelli A og C	71
60. Vatnsborðspár fyrir holu GÝN-7 á Glerárdal fyrir vinnslutilfelli A og B	71
61. Vatnsborðspár fyrir holu GÝN-7 á Glerárdal fyrir vinnslutilfelli A og C	72
62. Vatnsborðspár fyrir holu LPN-11 á Laugalandi á Þelamörk fyrir vinnslutilfelli A og B	72
63. Samanburður á mældum vatnshita fyrir holu HN-10 Botni og vatnshitaspám frá 1996	73
64. Orkuöflun, orkuvinnsla og orkumáttur Hitaveitu Akureyrar	77
65. Yfirlit um heildarorkunotkun og veðurleiðréttá orkunotkun HVA	79

TÖFLUSKRÁ

	Bls.
1. Yfirlit um mælingar á vinnslusvæðum Hitaveitu Akureyrar árið 1998	8
2. Ársmeðalvinnsla og orkuvinnsla Hitaveitu Akureyrar	11
3. Leiðréttur meðalhiti vatns úr vinnsluholum 1992-1998	21
4. Jarðhitasvæðið við Botn. Efnasamsetning vatns úr holu BN-1	28
5. Jarðhitasvæðið við Botn. Efnasamsetning vatns úr holu HN-10	28
6. Jarðhitasvæðið á Syðra-Laugalandi. Efnasamsetning vatns úr holum LN-12 og LJ-5	29
7. Jarðhitasvæðið á Ytri-Tjörnum. Efnasamsetning vatns úr holu TN-4	30
8. Jarðhitasvæðið við Reykhús. Efnasamsetning vatns úr holu RWN-7	30
9. Jarðhitasvæðið á Glerárdal. Efnasamsetning vatns úr holu GÝN-7	31
10. Laugaland á Þelamörk. Efnasamsetning vatns úr holu LPN-11	32
11. Efnasamsetning vatns í dælustöð í Þórunnarstræti (mg/l)	33
12. Efnasamsetning vatns úr laugum og holum utan vinnslusvæða í Eyjafirði, fyrri hluti	48
13. Efnasamsetning vatns úr laugum og holum utan vinnslusvæða í Eyjafirði, seinni hluti	50
14. Leiðréttar GPS staðsetningar lauga og grunnra borholna í Eyjafirði	51
15. Yfirlit um ýmsa þætti varðandi orkubúskap Hitaveitu Akureyrar 1998	54
16. Áætlanir um vinnslugetu vinnslusvæða Hitaveitu Akureyrar til ársins 2010	61
A.1 Eiginleikar þjappaðra líkana af jarðhitakerfunum sem Hitaveita Akureyrar nýtir	89

1. INNGANGUR

Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir orkubúskap og eftirlit með vinnslu jarðhita á vinnslusvæðum Hitaveitu Akureyrar árið 1998. Umfjöllunin er þó útvíkkuð, eins og jafnan er gert á fimm ára fresti. Fjallað er um vinnslu og vatnsborð á vinnslusvæðunum, breytingar á hita og efnainnihaldi vatns úr vinnsluholum og orkubúskap veitunnar árið 1998. Þá er fjallað um breytingar á efnainnihaldi í nokkrum laugum á svæðinu og um endurskoðaðar vatnsborðsspár. Að lokum er birt nýtt mat á orkumætti Hitaveitunnar næsta áratuginn og fjallað um framtíðarhorfur. Árið 1998 vann hitaveitan heitt vatn á sex jarðhitasvæðum: á Botni, Ytri-Tjörnum, Syðra-Laugalandi og Reykhúsum í Eyjafjarðarsveit, á Glerárdal og á Laugalandi á Þelamörk. Mynd 1 sýnir staðsetningu þessara svæða. Árið 1998 var haldið áfram niðurdælingu bakrásarvatns á Laugalandi í Eyjafjarðarsveit, sem hófst í tilraunaskyni árið 1997.



Mynd 1. Yfirlitsmynd af vinnslusvæðum Hitaveitu Akureyrar.

2. VINNSLA OG VATNSBORD

2.1 Gagnasöfnun

Eins og verið hefur í um tvo áratugi safnar Hitaveita Akureyrar vikulega gögnum um vinnslu og vatnsborð á jarðhitasvæðunum. Vinnslan er mæld með aflestrum af rennslismælum og vatnsborð mælt í þeim vinnsluholum þar sem mælirör eru í lagi. Jafnframt er vatnsborð mælt í allmörgum öðrum borholum. Í töflu 1 er gefið yfirlit um þessar mælingar árið 1998. En nú hefur því marki verið náð að tölvustýrður stjórn- og eftirlitsbúnaður hefur verið tengdur við allar vinnsluholur Hitaveitunnar, sem skráir mjög þétt vinnslu og vatnshita, ásamt fleiri þáttum. Enn er vatnsborð þó mælt handvirkta í flestum vatnsborðsholum, að undanskilinni holu LN-10, og þá er toppþrýstingur á LJ-8 einnig mældur samfellt. Eina vinnsluholan sem ekki hefur enn verið tengd stjórn- og eftirlitsbúnaðnum er hola RWN-7 á Reykhúsum.

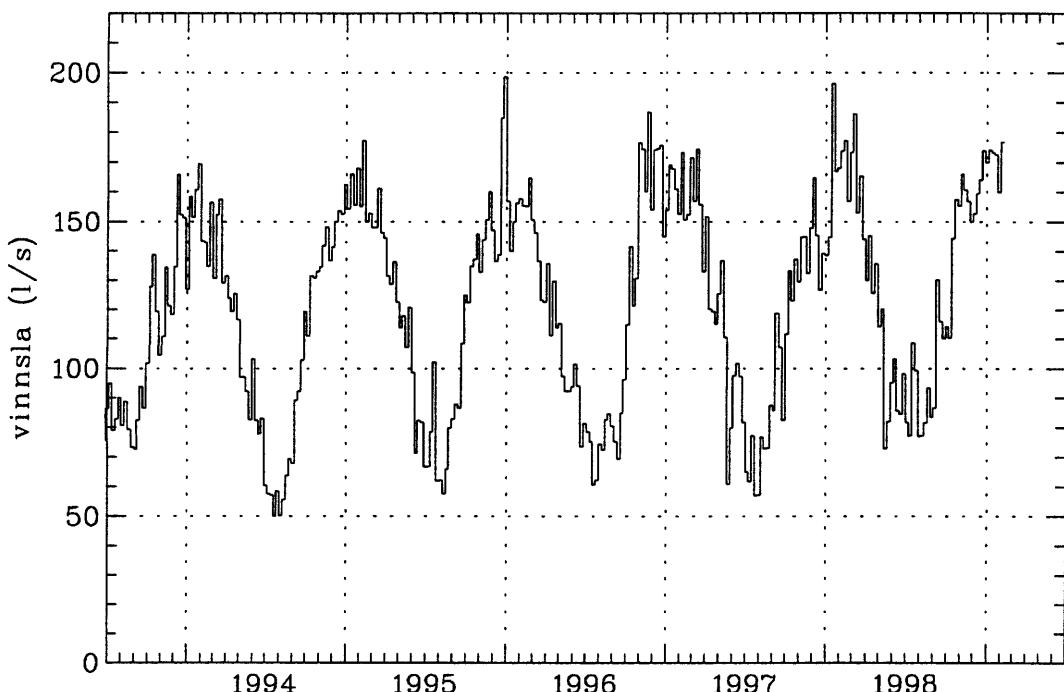
Tafla 1. Yfirlit um mælingar á vinnslusvæðum Hitaveitu Akureyrar árið 1998.

Vinnslusvæði	Hola	Vinnsla og vatnshiti	Vatnsborð
BOTN	BN-1 HN-10 BÝ-3	mælt samfellt mælt samfellt	ekkert mælirör mælirör bilað mælt vikulega
SYÐRA-LAUGALAND	LJ-5 LJ-7 LN-12 LJ-8 LN-10	mælt samfellt mælt samfellt mælt samfellt niðurd. mæld samf.	mælt u.p.b. vikulega mælirör bilað mælirör bilað þrýst. mældur samf. mælt samfellt
YTRI-TJARNIR	TN-4 TN-2	mælt samfellt	ekki mælt mælt vikulega
GLERÁRDALUR	GÝN-7 GÝ-5	mælt samfellt	mælirör bilað ekki mælt
LAUGALAND Á PELAMÖRK	LPN-11	mælt samfellt	mælt vikulega
REYKHÚS GRÍSARÁ	RWN-7 GG-1	u.p.b. hálfsmán.lega	u.p.b. hálfsmán.lega mælt vikulega

Auk ofangreindra mælinga hefur verið fylgst mjög nákvæmlega með niðurdælingunni á Laugalandi eftir að hún hófst, m.a. með tölvustýrða eftirlitsbúnaðnum. Fjallað verður nánar um niðurdælinguna hér á eftir.

2.2 Orkuvinnsla 1998

Í töflu 2 eru birtar tölur um ársmeðaldælingu og orkuvinnslu á vinnslusvæðum Hitaveitu Akureyrar, ásamt annarri orkuvinnslu, til og með árinu 1998. Tölur um orkuvinnslu eru reiknaðar út frá sömu forsendum og undanfarin ár (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1994b). Myndir 2 og 3 sýna síðan vikumeðaltöl heildardælingar af jarðhitasvæðunum fimm og vikulega heildarorkuvinnslu síðustu fimm árin. Sú síðarnefnda sýnir samanlagða orkuvinnslu á jarðhitasvæðunum ásamt orkuvinnslu með varmadælum, rafskautakötlum og svartolíukatli veitunnar, sem hefur að jafnaði numið samtals um 6% af heildarorkuvinnslunni þessi fimm ár.



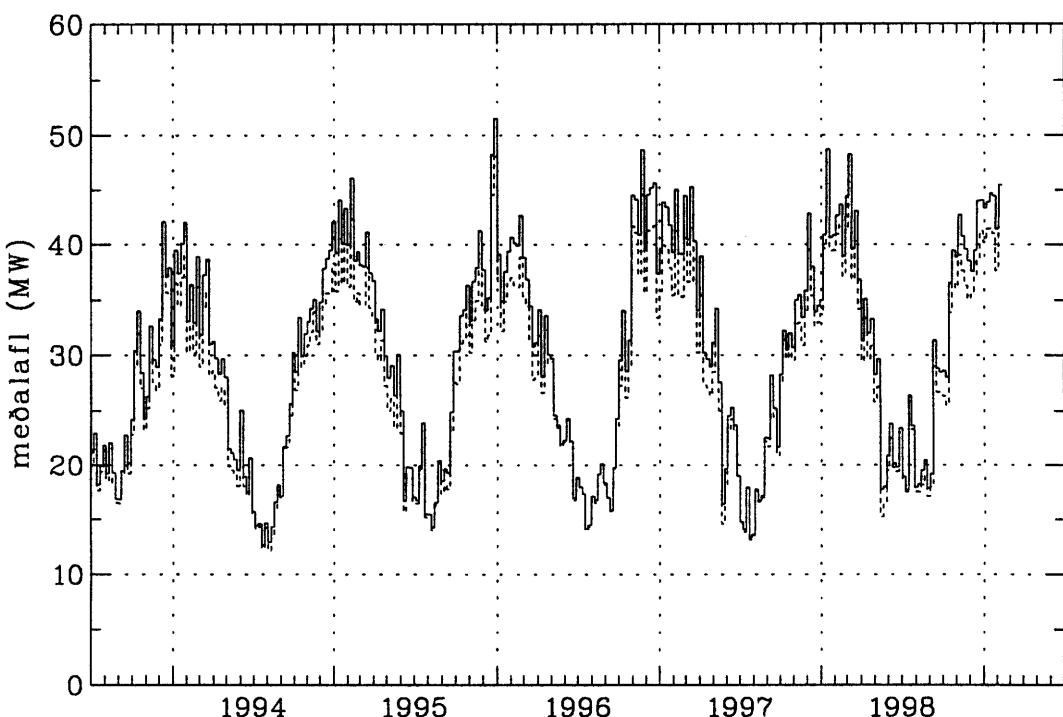
Mynd 2. Vikuleg heildarvinnsla jarðhita síðustu fimm árin.

Taflan sýnir, eins og reyndar sést líka á myndum 2 og 3, að orkuvinnslan jókst verulega milli áranna 1997 og 1998, en hafði lítið breyst á árunum 1995 - 1997. Nemur aukningin um 14 GWh, eða rúmlega 5%. Eins og kemur fram seinna í skýrslunni hefur orkuþörfin á Akureyri í raun aukist jafnt og þétt undanfarin fimm ár, en mismunandi árferði valdið því að orkuvinnsla Hitaveitunnar hefur ekki aukist eins reglulega. Þannig olli hagstætt árferði 1997 og frekar óhagstætt árferði 1998 stökkinu milli þessara ára.

Ef eingöngu er litið til jarðhitavinnslunnar sést á töflunni að hún jókst í raun enn meira, eða um 6% frá meðalvinnslu áranna 1995 - 1997. Samtals var dælt um 130 l/s að meðaltali úr jarðhitasvæðunum fimm og nam heildarorkuvinnslan á þessum svæðum alls um 264 GWh. Á Syðra-Laugalandi var ársmeðalvinnslan um 43 l/s, sem er um 20% meira en árið 1996 er vinnslan þar var í lágmarki. Að einhverju leyti er þetta vegna þess að holur þar voru hafðar meira í gangi en ella vegna niðurdælingarverkefnisins, en aðallega stafar aukningin af meiri orkuþörf. Á Botni var vinnslan um 10% minni en hún hefur verið lengst af, annað árið í röð. Þetta er vegna þess að síðan niðurdælingarverkefnið hófst haustið 1997 hefur hola HN-10 verið meira notuð til þess að mæta sveiflum í notkun en áður. Árin 1997 og 1998 var ársmeðalvinnslan á Laugalandi á Þela-

mörk um 1 l/s minni en verið hafði árin 1995 og 1996. Á Ytri-Tjörnum og á Glerárdal var vinnslan töluvert meiri árið 1998 en árið 1997. Dæling var aðeins stöðvuð í rúmlega hálfan mánuð á Ytri-Tjörnum árið 1998, vegna dælubilunar, og jafnframt var sumarhléið á Glerárdal í styttra lagi.

Auk þess sem kemur fram í töflunni er vatn úr borholum hitaveitunnar á Reykhúsum í Eyjafjarðarsveit og Reykjum í Fnjóskadal nýtt til staðbundinnar hitunar. Úr holu RWN-7 á Reykhúsum var ármeðalvinnslan 2,5 l/s, auk þess sem um 1,5 l/s af frárennslisvatni hafa runnið í holu RW-9 frá því í byrjun október 1995. Þá er nettóvinnslan á Syðra-Laugalandi í raun nokkru minni en fram kemur í töflunni, vegna þess að heitt vatn er látið renna niður í þær vinnsluholur, sem ekki eru í notkun hverju sinni. Er talið að það niðurrennslji jafngildi u.p.b. 1 l/s að meðaltali á ári, líkt og undanfarin ár.



Mynd 3. Vikulegt meðalafl Hitaveitu Akureyrar síðustu fimm árin.
Slitna línan sýnir aflið án varmadælna og rafskautakatla.

Til viðbótar orkuvinnslu á jarðhitasvæðunum voru varmadælur, rafskautaketill og olíuketill hitaveitunnar nýttir til orkuframleiðslu árið 1998. Landsvirkjun hætti afhendingu svokallaðrar ótryggrar orku frá 3. desember 1998 til áramóta. Slík orka hafði verið notuð af Hitaveitunni til þess að reka varmadælurnar og rafskautaketilinn. Rekstri þeirra var hætt síðustu fjórar vikur ársins, en olíuketillinn kynntur í staðinn (Guðni Axelsson og Ólafur G. Flóvenz, 1998). Það hafði ekki verið gert í neinum mæli síðan 1993. Orkuframleiðsla varmadælnanna var aðeins um 5,9 GWh á síðasta ári af þessum sökum, sem er töluvert minna en undanfarin ár. Þá voru 9,2 GWh framleiddar í rafskautakatlinum, sem er jafn mikil framleiðsla og árið 1997. Þetta stafar af meiri dælingu á Glerárdal, sem vegur upp á móti stoppinu í desember. Í desember 1998 framleiddi olíuketillinn 1,8 GWh. Heildarorkuframleiðsla Hitaveitu Akureyrar árið 1998 var því 281,2 GWh, sem er tæplega 5% meiri framleiðsla en árið áður.

Tafla 2. Ársmeðalvinnsla og orkuvinnsla Hitaveitu Akureyrar. Við umreikning í gigavatnssundir (GWh) er miðað við nyttingu í 27°C.

Ársmeðalvinnsla og orkuvinnsla Hitaveitu Akureyrar																
Ár	Botn			Syðra-Laugaland			Ytri-Tjarnir			Laugaland á Felandörk			Samtals	Raf-skautakilar	Svart-olíu-ketill	Heildar-orku-vinnsla
	82-86°C		I/s	95°C		GWh	60°C		GWh	91°C		GWh				
	I/s	GWh	I/s	GWh	I/s	GWh	I/s	GWh	I/s	GWh	I/s	GWh				
1981	3,8	8,0	82,1	197,6	41,6	80,3	3,3	3,9	0,0	0,0	130,8	289,8	0,0	0,0	289,8	
1982	28,5	58,8	65,8	158,4	28,1	54,3	23,4	27,9	0,0	0,0	145,8	299,4	0,0	0,0	299,4	
1983	33,0	68,7	50,4	121,3	36,2	69,9	30,0	35,8	0,0	0,0	149,6	295,7	0,0	0,0	295,7	
1984	32,7	68,7	38,3	92,4	35,0	67,8	27,3	32,7	0,0	0,0	133,3	261,6	13,5	0,0	275,1	
1985	30,8	63,8	39,7	95,6	24,9	48,1	23,1	27,6	0,0	0,0	118,5	235,1	19,8	0,0	254,9	
1986	30,3	62,5	30,9	74,4	21,7	41,9	18,8	22,4	0,0	0,0	101,7	201,2	15,1	0,0	216,3	
1987	30,6	62,7	34,7	83,5	18,5	35,7	15,6	18,6	0,0	0,0	99,4	200,5	13,1	0,0	213,6	
1988	28,4	58,6	42,5	102,6	19,6	37,9	15,3	18,3	0,0	0,0	105,8	217,4	12,3	0,0	229,7	
1989	29,9	61,0	43,8	105,4	18,7	36,1	13,5	16,1	0,0	0,0	105,9	218,6	14,0	0,0	232,6	
1990	28,9	58,8	47,2	113,6	19,1	36,9	15,9	19,0	0,0	0,0	111,1	228,3	12,3	0,0	240,6	
1991	28,1	56,6	44,0	105,9	20,8	40,2	14,5	17,3	0,0	0,0	107,4	220,0	12,3	0,0	232,3	
1992	29,5	59,3	42,0	101,3	30,1	58,3	12,9	15,4	0,0	0,0	114,5	234,3	9,6	0,0	243,9	
1993	29,8	59,4	42,3	101,8	26,2	50,6	16,0	19,1	0,0	0,0	114,3	230,9	11,5	1,4	245,0	
1994	30,7	60,8	41,3	99,4	25,5	49,2	12,1	14,4	4,9	11,2	114,5	235,0	10,9	4,6	250,5	
1995	29,6	58,0	38,2	91,9	24,6	47,5	16,2	19,3	14,0	32,0	122,6	248,9	9,2	11,6	269,7	
1996	30,0	58,3	36,1	87,1	30,9	59,8	10,5	12,6	13,8	31,3	121,3	249,1	7,8	7,4	264,3	
1997	27,4	53,9	39,8	95,8	29,2	56,3	12,4	14,8	12,9	29,2	121,7	250,0	8,1	9,2	267,3	
1998	27,1	52,2	43,3	104,2	31,1	60,0	15,4	18,4	13,0	29,5	129,9	264,3	5,9	9,2	281,2	
Vinnslugeta til 2005	30,0	58,3	46,0	110,8	33,0	63,8	15,0	17,9	19,0	43,2	143,0	294,0	12,0	14,0	320,6	
Meðalnýting 1998 (%)	90	90	94	94	94	94	103	103	68	68	90	90	50	66	88	

Seinna í skýrslunni verður fjallað um endurskoðað mat á vinnslugetu jarðhitavæðanna til ársins 2010. Ef vinnsla á einstökum svæðum árið 1998 er hins vegar borin saman við tölur um vinnslugetu svæðanna til ársins 2005, eins og hún var áætluð árið 1993 og birtar eru í töflu 2 (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1993), sést eftirfarandi: Árið 1998 var vinnslan á Botni um 90% af vinnslugetunni, en bæði á Syðra-Laugalandi og Ytri-Tjörnum náði vinnslan 94% af vinnslugetunni. Á Glerárdal fór vinnslan 3% fram yfir langtíma vinnslugetuna. Aðeins á Laugalandi á Þelamörk var vinnslan 1998 verulega undir áætlaðri vinnslugetu, eða um 68%. Árið 1998 var samanlögð vinnslan á "gómlu svæðunum", þ.e. svæðunum sunnan Akureyrar, aðeins um 6% undir áætlaðri vinnslugetu. Nánar verður fjallað um vinnslugetu jarðhitavæðanna seinna í þessari skýrslu.

2.3 Vatnsborðsbreytingar

Vinnslu- og vatnsborðsgögn ársins 1998 fyrir hin fimm vinnslusvæði Hitaveitu Akureyrar eru birt á myndum 4 - 8 hér á eftir. Þar eru gögn ársins 1997 einnig birt til samanburðar. Á myndum 9 - 16 eru svo birt vinnslu- og vatnsborðsgögn frá upphafi vinnslu fyrir hvert svæðanna og fyrir holu RWN-7 á Reykhúsum. Þar eru auk þess birt gögn um vatnsborð í holum GG-1 á Gríasará og HW-9 á Hrafagnagili (myndir 11 og 12).

Á vinnslusvæðunum fimm urðu vatnsborðsbreytingar árið 1998 eins og hér greinir:

- Hola BÝ-3 hefur verið aðalvatnsborðsholan á Botni síðustu 3 - 4 árin, en mælir ör bilaði í holu HN-10 í byrjun árs 1994. Miklar sveiflur mældust í vatnsborði á þessu svæði seinni hluta 1997 og fyrri hluta 1998, enda voru þá miklar sveiflur í vinnslu úr holu HN-10 (mynd 4). Óverulegan, eða engan, langtímaniðurdrátt er hægt að greina í fyrirliggjandi vatnsborðsgögnum (mynd 9). Er það í samræmi við núverandi hugmyndalaskan af jarðhitakerfinu, sem gerir ráð fyrir því að kaldara innrennslí, ásamt innstreyymi jarðhitavatns af meira dýpi, hafi náð jafnvægi við meðalvinnslu síðustu ára (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1996).

Dælan í holu BN-1 bilaði vorið 1998, en eftir viðgerð gefur holan töluvert minna en áður, eins og sést á mynd 10. Nú gefur holan aðeins um 3,7 l/s að jafnaði, eftir að hafa gefið 4,5 l/s árið 1997 og í kringum 5,0 l/s að meðaltali áratuginn þar á undan. Ekki er ljóst hvað veldur þessu. Annað hvort hefur eitthvað komið fyrir holuna, hún eða einhverjar æðar hennar stíflast, eða þá eitthvað er að dælunni í holunni. Þetta þarf að kanna frekar.

- Vatnsborð á **Syðra-Laugalandi** var mælt í holu LJ-8 fram að því að niðurdæling í holuna hófst í september 1997. Eftir það var vatnsborð í fyrstu mælt í holu LJ-5, en síðan í holu LN-12 og eru þau gögn sýnd á mynd 5. Því er ekki orðið eins hægt um vik að meta vatnsborðsbreytingar í jarðhitakerfinu. Athugun á vatnsborðsbreytingum á Laugalandi, sem gerð var í lok síðasta árs, sýnir að vatnsborð fór um 20 m hærra haustið 1998 en haustið 1997 (Guðni Axelsson, 1998b). Þetta er þrátt fyrir það að vinnslan á Laugalandi hafi vaxið ár frá ári síðustu þrjú árin (tafla 2) og er talið að hér sé um jákvæð áhrif niðurdælingarinnar að ræða. Án niðurdælingarinnar hefði vatnsborð á Laugalandi væntanlega lækkað verulega milli áranna 1997 og 1998.

Í lok vetrar 1997 fór vatnsborð í holu LJ-5 dýpst í 193 m dýpi, en á sama tíma árið 1998 fór það dýpst í 208 m, sem er dýpra en það hefur farið í einn og hálfan áratug. Ástæðan er sú að vinnslan jókst þarna töluvert milli ára, auk þess sem hún var mjög mikil fyrstu 3 mánuði 1998, sérstaklega í miklu kuldakasti í fyrri hluta mars. Þegar þetta er skrifað, á útmánuðum 1999, virðist ljóst að vatnsborð í LJ-5 muni ekki fara niður fyrir 195 m dýpi, þrátt fyrir að árs-

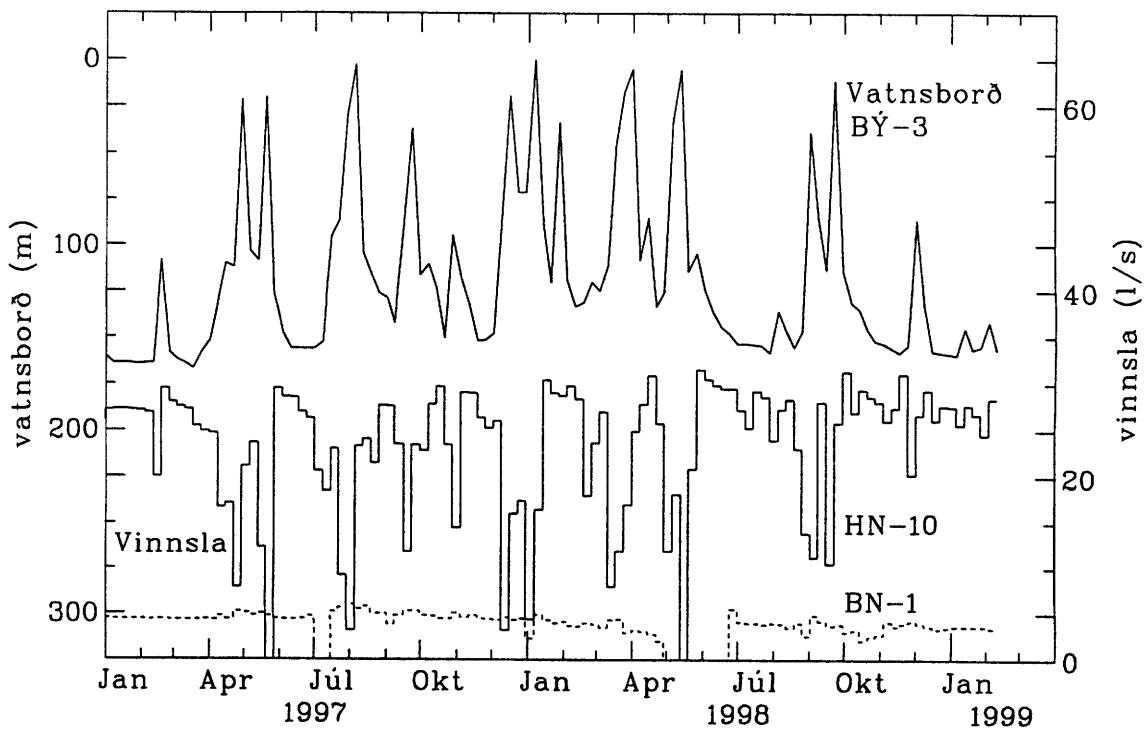
meðalvinnslan 1998 hafi verið meiri en síðan 1991. Þetta má þakka niðurdælingunni.

- Vatnsborð á **Ytri-Tjörnum** hefur verið mjög lágt undanfarin þrjú ár (mynd 13) og er ástæðan sú að hola TN-4 hefur verið nær stöðugt í gangi frá því í lok sumars 1995, ef undan eru skilin þrjú tiltölulega stutt hlé, m.a. vegna dælubilana. Vorið 1997 fór það niður í 306 m dýpi í holu TN-2, en hafði áður farið dýpst í 300 m vorið 1984. Vorið 1998 fór vatnsborð í TN-2 aðeins niður á 302 m dýpi, þrátt fyrir enn meiri vinnslu 1998 en 1997. Hér er líklega um áhrif niðurdælingarinnar á Laugalandi að ræða. Líkt og vorið 1997 hættir vatnsborð í holunni að lækka þegar dregur úr vinnslu á Syðra-Laugalandi, og því aftur líklegast um áhrif frá Syðra-Laugalandi að ræða. Þess má geta að samkvæmt eldri gögnum er vatnsborð um 30 - 35 m neðar í holu TN-4 en í holu TN-2, þegar dælt er úr þeirri fyrnlefndu. Þar af leiðandi virðist vatnsborð í holu TN-2 ekki mega fara neðar en á u.p.b. 340 m dýpi, þar sem dælan í TN-4 er nú á 385 m dýpi.
- Vatnsborð var ekki mælt á **Glerárdal** í sumarhléinu 1998, auk þess sem vatnsborðsrör í holu GÝN-7 bilaði undir lok ársins. Því eru upplýsingar um vatnsborðsbreytingar ársins 1998 í takmarkaðra lagi. Þó er ljóst að vatnsborð fór ekki neðar vorið 1998 en undanfarin vor. Mikilvægt verður að mæla vatnsborð í holu GÝ-5 þar til gert verður við mælirörið í holu GÝN-7.
- Eftir að vinnsla hófst á **Laugalandi á Þelamörk** í nóvember 1994 hefur vatnsborð í holu LPN-11 sveiflast í takt við vinnsluna. Ekki er hægt að greina neinn langtímaniðurdrátt í gögnunum þaðan (mynd 15). Athygli vekur að um mánaðarmótin janúar/febrúar 1999 aukast afköst holu LPN-11 verulega, þ.e. vinnsla eykst og vatnsborð hækkar (mynd 8). Nokkrum seinna kom ástæðan fyrir þessari afkastaaukningu í ljós, sem var það að Hörgá hafði brotið toppinn af rannsóknarholu LP-12 og fossaði árvatnið niður í hana (Guðni Axelsson o.fl., 1999). Hér var því í gangi eins konar ósjálfráð niðurdæling.

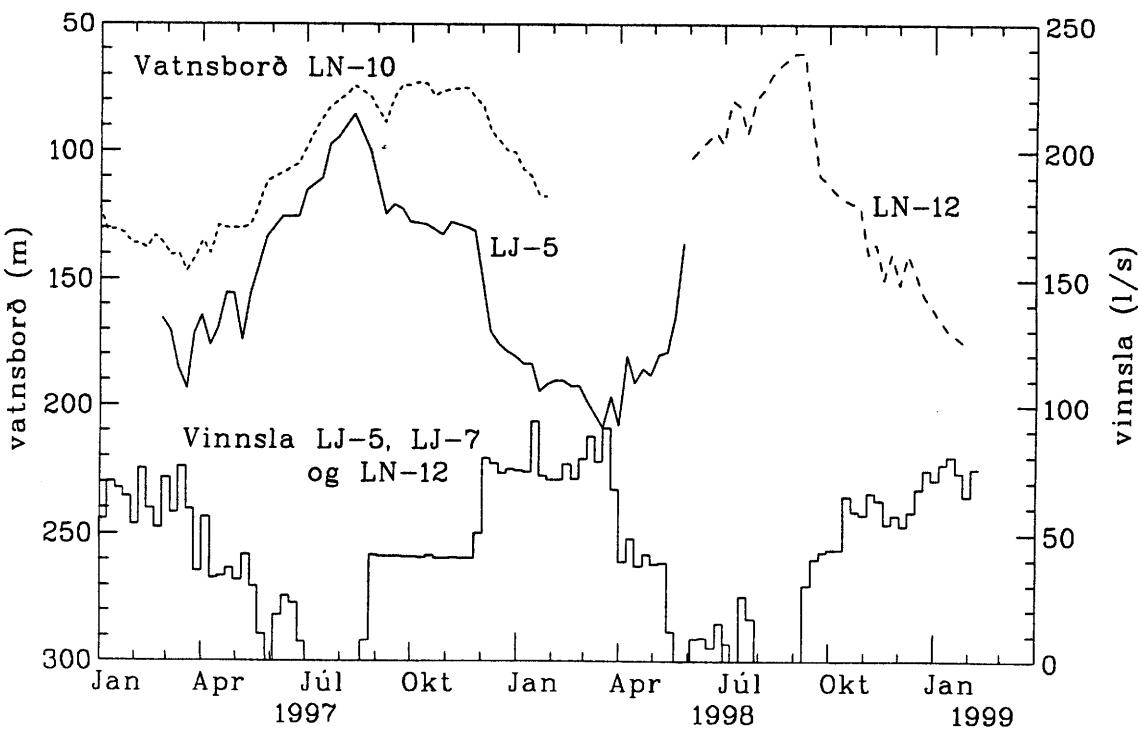
Það sem mesta athygli vekur í vatnsborðsbreytingum ársins 1998 eru greinileg áhrif niðurdælingarinnar á vatnsborð á Syðra-Laugalandi og það að líklega er niðurdælingin farin að hafa áhrif til hækkunar vatnsborðs á Ytri-Tjörnum líka. Ef undan er skilin ofangreind hækkun vatnsborð nú í byrjun árs á Laugalandi á Þelamörk kemur ekkert óvenjulegt fram í vatnsborðsbreytingum síðasta árs. En nánar verður fjallað um vatnsborðmælingarnar og nýjar vatnsborðsspár hér á eftir.

Myndir 11 og 12 sýna greinilega eins og áður hvernig vatnsborð í holu GG-1 heldur áfram að breytast í takt við vinnslu og vatnsborð á Syðra-Laugalandi, jafnt til skemmi og lengri tíma. Þá vekur athygli mun hærri sumartoppur 1998 en 1997, ásamt því að vatnsborð í holunni virðist ekki muni fara nærrí eins langt niður nú vorið 1999 og það gerði vorið 1998. Hér er augljóslega um áhrif niðurdælingarinnar á Syðra-Laugalandi að ræða.

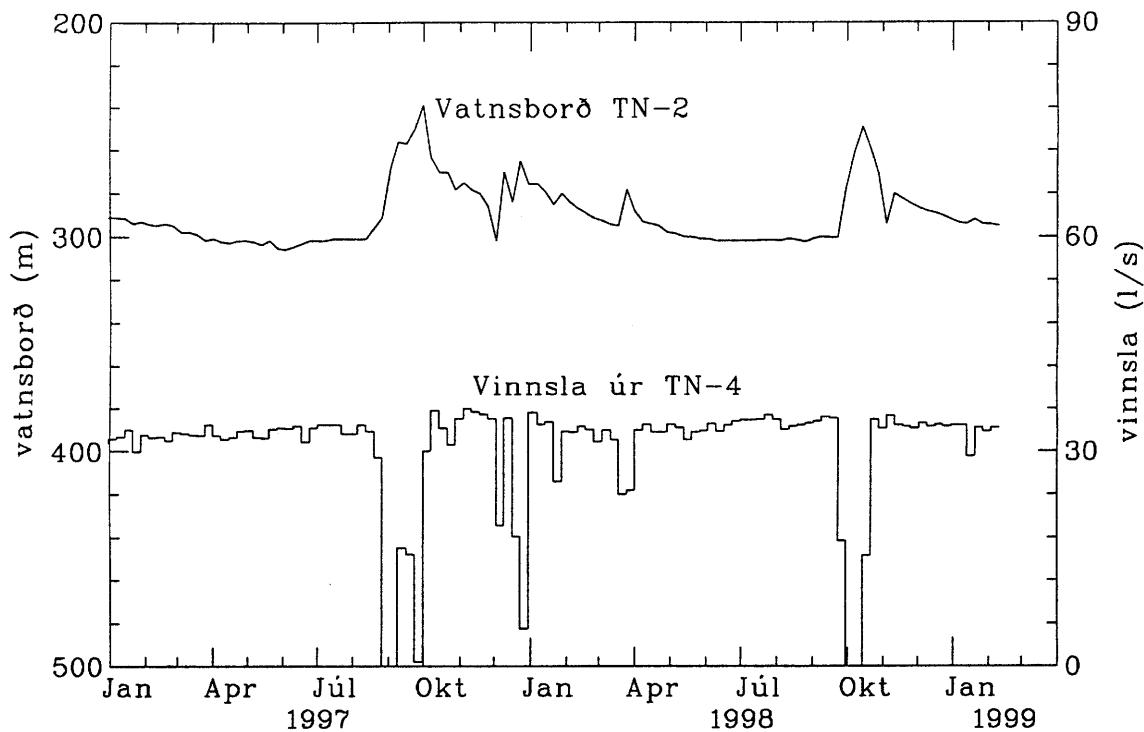
Vatnsborð og vinnsla fyrir holu RWN-7 á Reykhúsum eru sýnd á mynd 16, en þar hafa langtíma-breytingar fylgt langtíma-breytingum á Ytri-Tjörnum, en vatnsborðstoppar og aðrar skammtíma-breytingar hafa bæði fylgt breytingum í vinnslu úr holunni sjálfri og breytingum á Ytri-Tjörnum. Frá því í byrjun október 1996 hafa um 1,5 l/s af frárennslisvatni verið látnir renna í holu RW-9. Fyrir áhrif niðurrennslisins hefur vatnsborð í holu RWN-7 farið hækkandi. Jafnframt hefur verið erfitt að greina áhrif frá Ytri-Tjörnum síðustu árin, bæði vegna niðurdælingarinnar og vegna mun stöðugri vinnslu þar en áður.



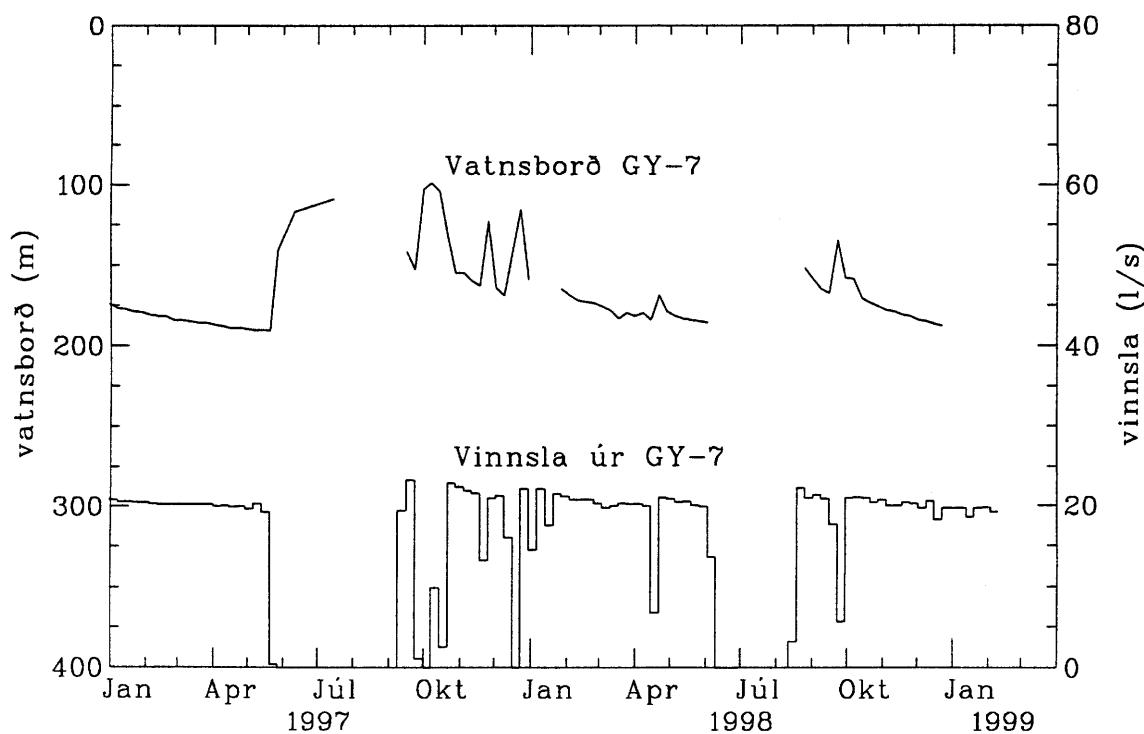
Mynd 4. Vinnsla og vatnsborð á Botni árin 1997 og 1998.



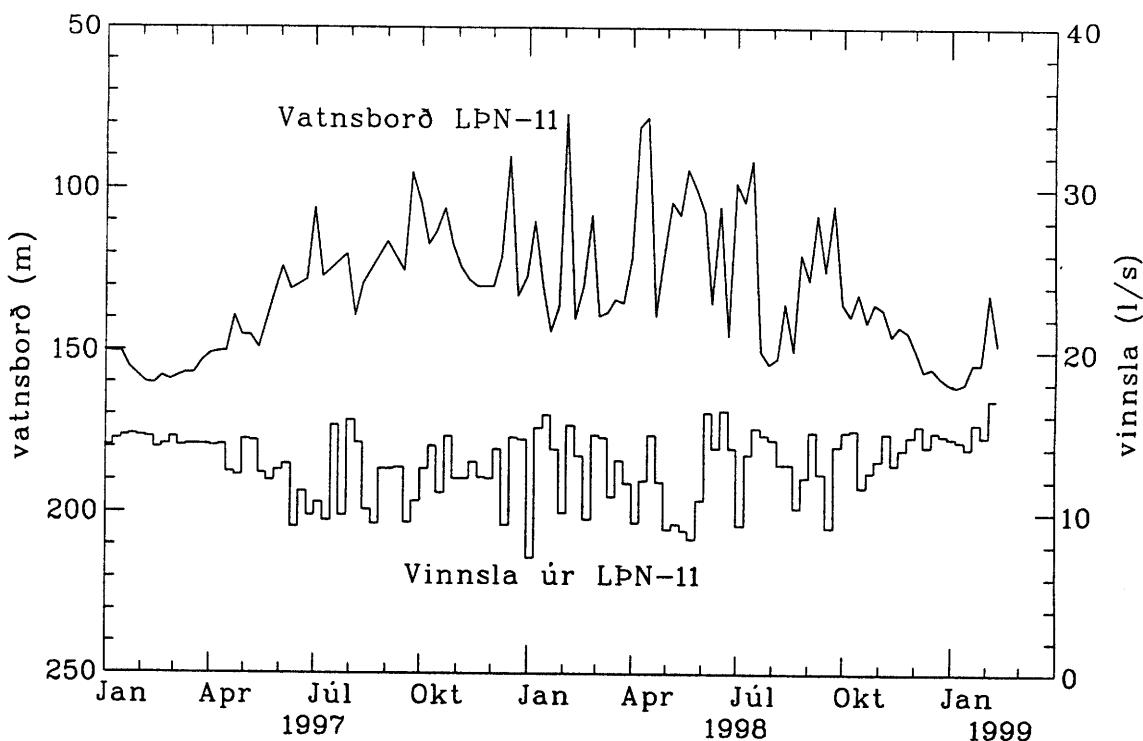
Mynd 5. Vinnsla og vatnsborð á Syðra-Laugalandi árin 1997 og 1998.



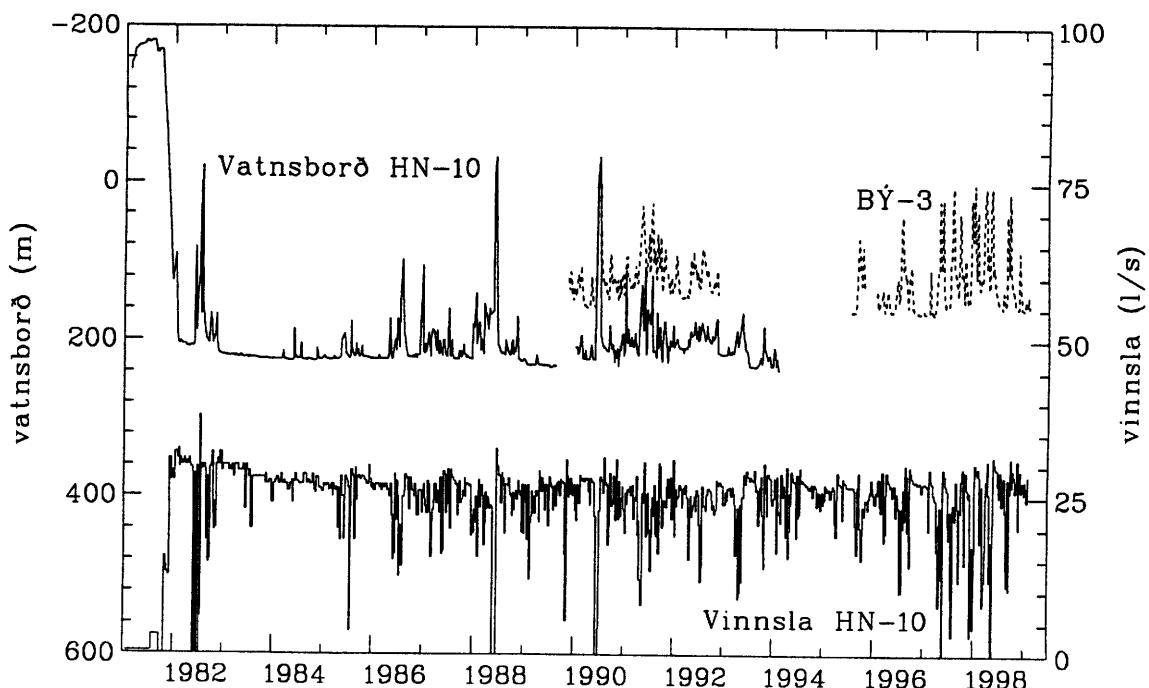
Mynd 6. Vinnsla og vatnsborð á Ytri-Tjörnum árin 1997 og 1998.



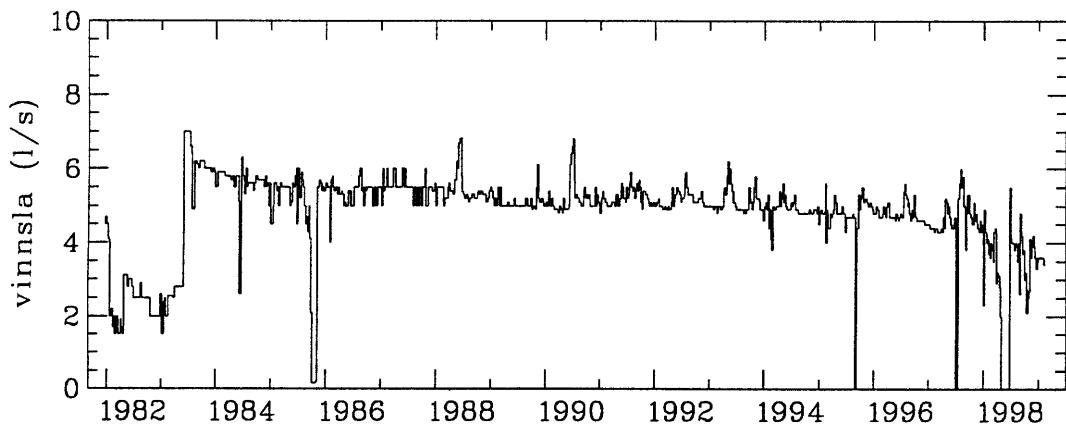
Mynd 7. Vinnsla og vatnsborð á Glerárdal árin 1997 og 1998.



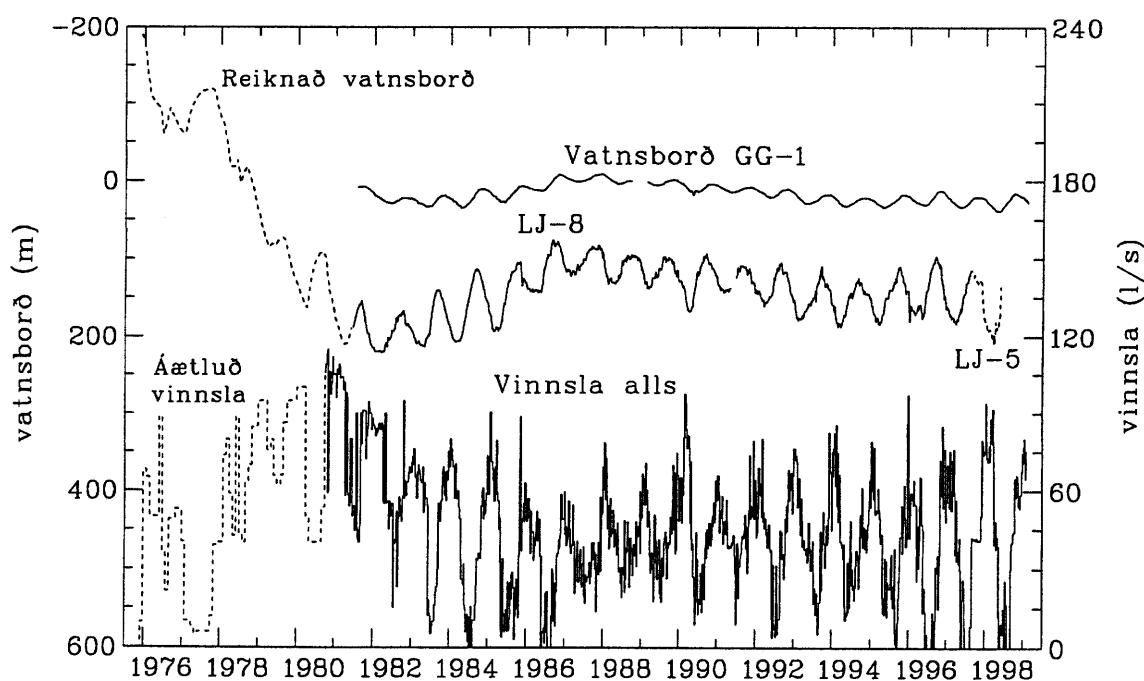
Mynd 8. Vinnsla og vatnsborð á Laugalandi á Þelamörk árin 1997 og 1998.



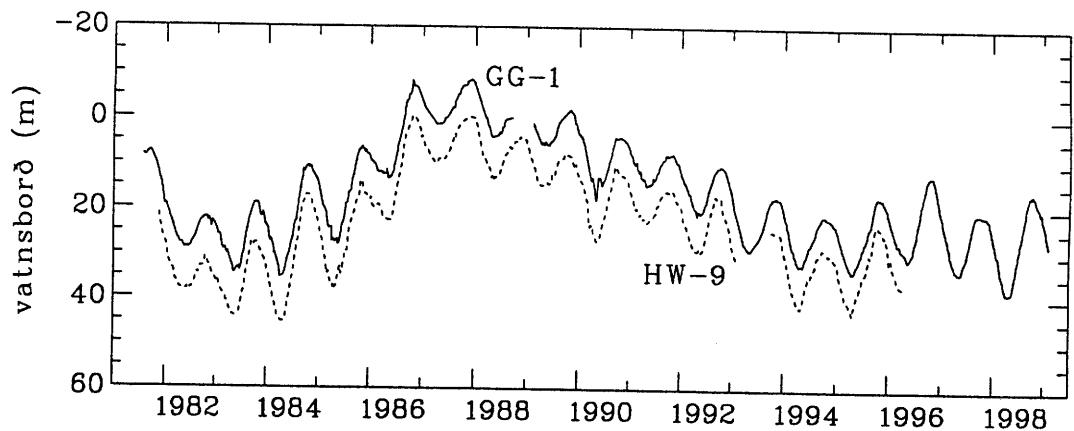
Mynd 9. Vinnsla úr HN-10 og vatnsborð í HN-10 og BÝ-3 árin 1982 - 1998.



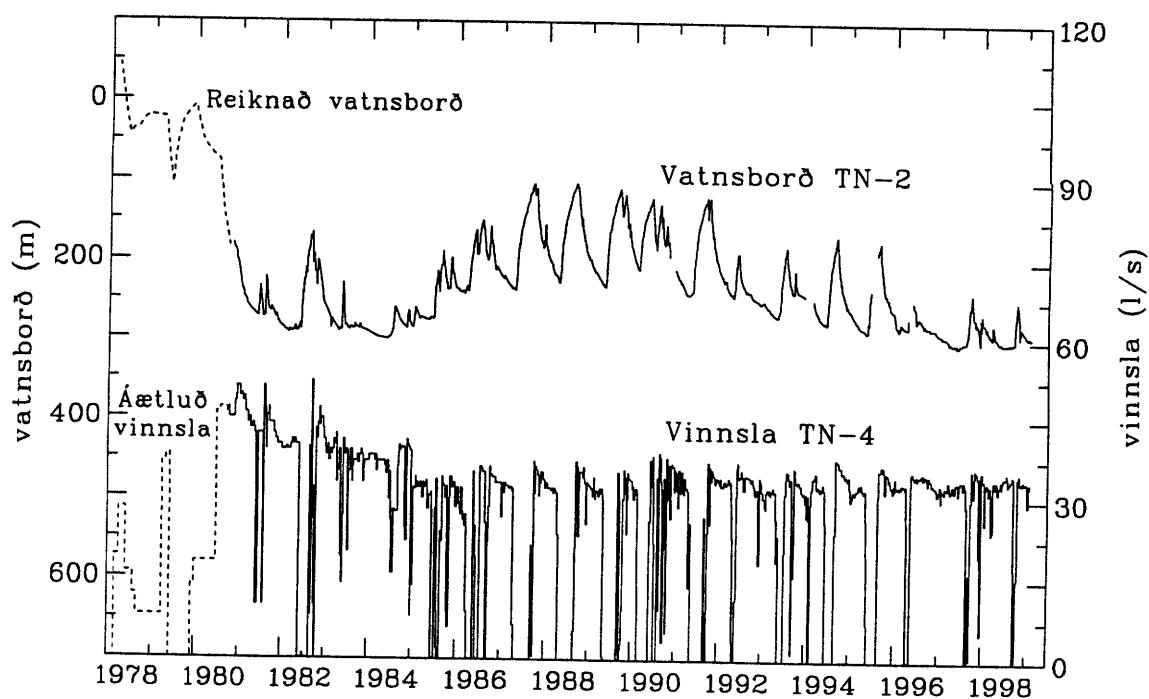
Mynd 10. *Vinnsla úr holu BN-1 á Botni árin 1982 - 1998.*



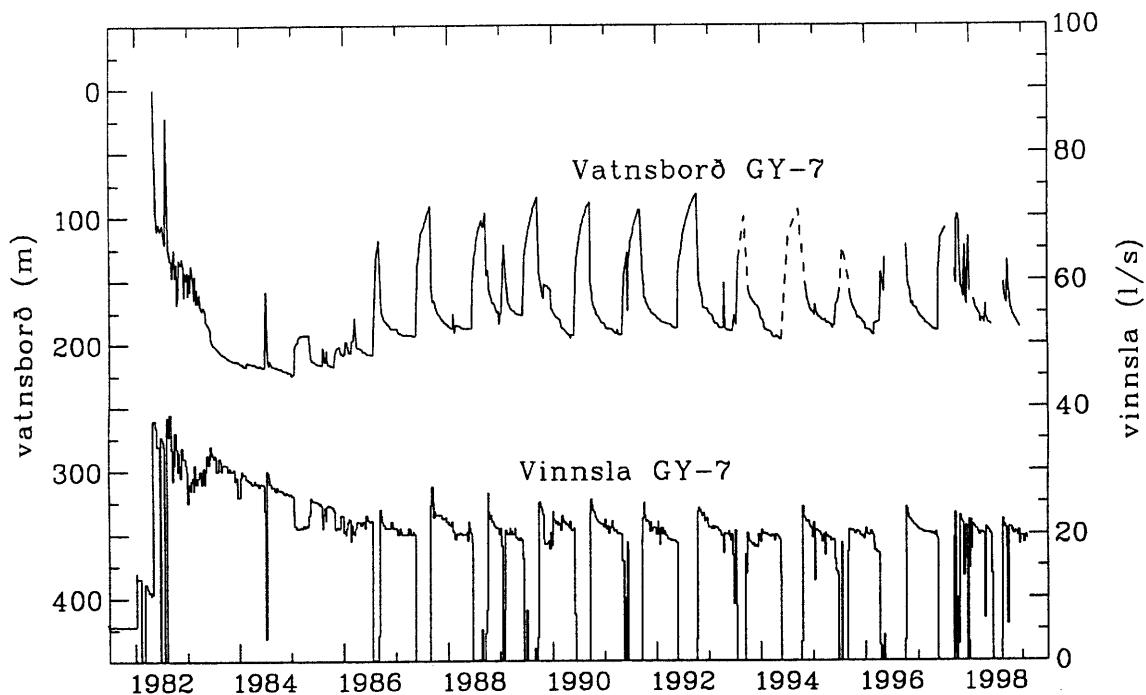
Mynd 11. *Vinnsla og vatnsborð á Syðra-Laugalandi árin 1976 - 1998
og vatnsborð í holum GG-1 og HW-9.*



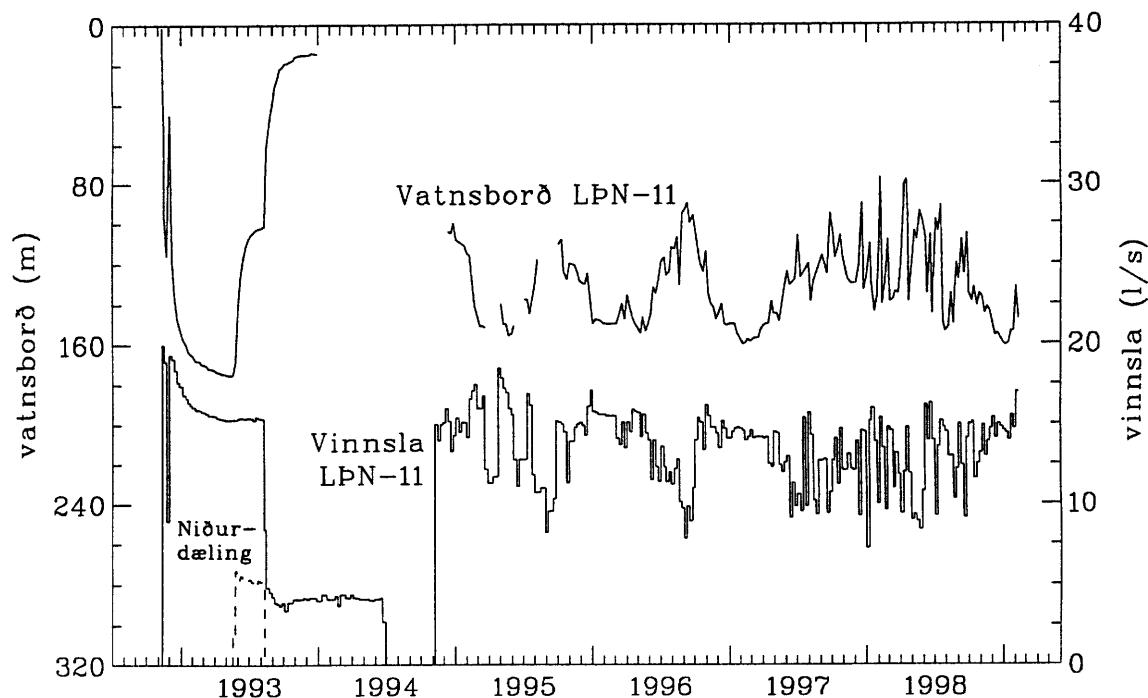
Mynd 12. Vatnsborð í holu HW-9 á Hrafnagili og holu GG-1 á Gríasará árin 1982 - 1998.



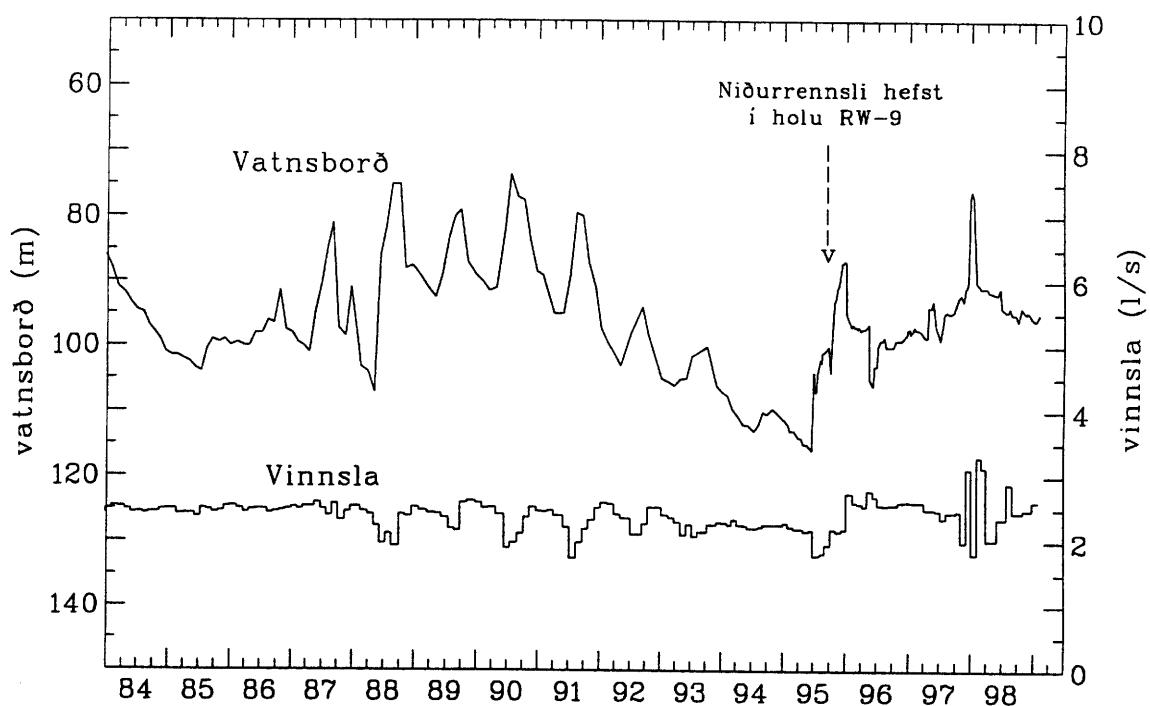
Mynd 13. Vinnsla og vatnsborð á Ytri-Tjörnum árin 1978 - 1998.



Mynd 14. Vinnsla og vatnsborð á Glerárdal árin 1982 - 1998.



Mynd 15. Vinnsla og vatnsborð á Laugalandi á Þelamörk árin 1992 - 1998.



Mynd 16. Vinnsla og vatnsborð holu RWN-7 á Reykhúsum árin 1984 - 1998.

3. HITI VATNS ÚR VINNSLUHOLUM

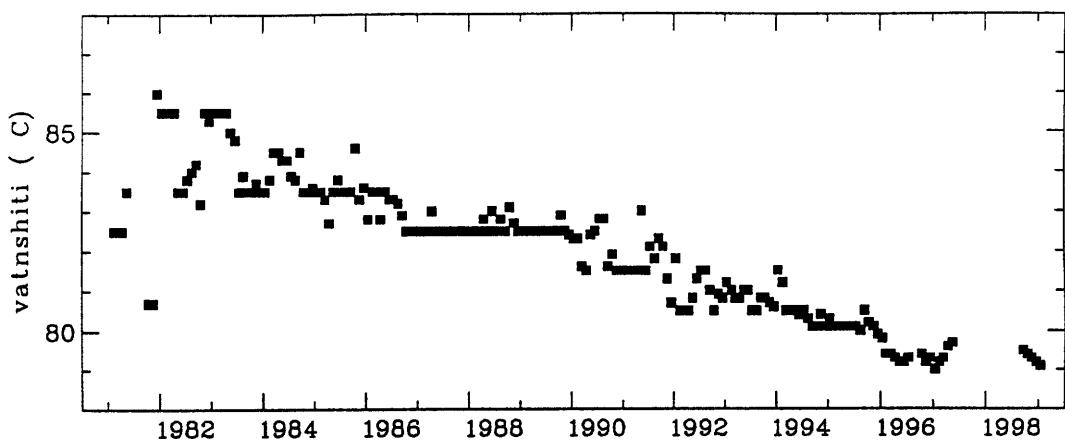
Mánaðarmeðaltöl vikulegra hitamælinga úr einstökum vinnsluholum Hitaveitu Akureyrar, allt frá árinu 1981, eru sýnd á myndum 17 - 24. Jafnframt er ársmeðalhiti vatnsins úr sömu holum síðustu sjö árin birtur í töflu 3 hér að neðan. Á myndunum og í töflunni eru birt leiðrétt gildi, því nokkrum sinnum hefur verið skipt um hitamæla eða aðrar breytingar gerðar, sem valdið hafa innbyrðis ósamræmi í mælingunum (sjá viðauka hjá Guðna Axelssyni o.fl., 1997). Þess má geta að nú er vatnshiti allra vinnsluholnanna skráður samfellt af stjórn- og eftirlitsbúnaði veitunnar. Sú óregla kom fram í mælingunum úr HN-10 seinni hluta 1997 og fyrri hluta 1998 að vatnshitinn mældist hærri en áður. Talið er að hér sé um mæliskekkju að ræða og er þeim mælingum sleppt á mynd 17, enda eru þær ekki í samræmi við mælingar starfsmanna Orkustofnunar. Þá mælist vatnshitinn aftur eðlilegur seinni hluta 1998. Þó er rétt að nefna að á sama tíma urðu breytingar í efnainnihaldi, sem eru taldar afleiðingar minni vinnslu (sjá síðar). Ekki er því hægt að útiloka að óreglan í hitamælingunum stafi af því, þó það sé talið ólíklegt.

Samkvæmt mynd 17 virðist hafa hægt á kólnun vatns úr holu HN-10, en þar hefur kaldara innrennsli valdið því að grynnstu æðar holunnar hafa kólnað með tíma. Hægari kólnun er væntanlega afleiðing minni vinnsla síðustu tvö árin (tafla 2). Hiti vatns úr holu BN-1 mælist aftur svipaður og áður, eftir að hafa mælst nokkru lægri allt árið 1997 og hálfþárið 1998. Ástæðan gæti verið minni vinnsla úr HN-10, sem aftur veldur því að grynnri æðar BN-1 gefa meira en ella. Hiti vatns úr holu LJ-5 mælist aftur nálægt því sem áður var, eftir að hafa mælst tölvert lægri árið 1997 en lengst af. Hiti vatns úr holunni hefur reyndar alltaf sveiflast nokkuð. Mældur hiti vatns úr holu LN-12 er aftur á móti lægri allt árið 1998 en áður. Sú lækkun er þó ekki í samræmi við vatnshitamælingar sem gerðar hafa verið í tengslum við niðurdælingarverkefnið (Guðni Axelson, 1998). Hiti vatns úr öðrum holum breyttist ekki marktækt á síðasta ári. Það gildir m.a. um holu LPN-11, en því hefur verið spáð að vatn úr henni muni kólna við langtímadælingu (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1994b).

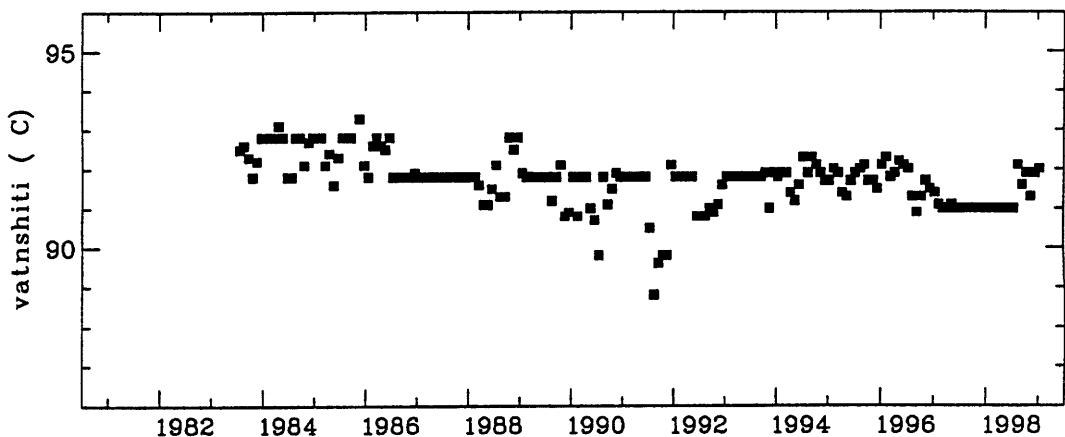
Tafla 3. Leiðréttur meðalhiti vatns úr vinnsluholum 1992-1998 (°C).

Vinnsluhola	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
HN-10 Botni	81,0	80,8	80,5	80,1	79,4	(79,4)	79,3
BN-1 Botni	91,3	91,8	91,8	91,3	91,8	91,1	91,4
LJ-5 S-Laugalandi	93,9	94,1	94,1	94,1	93,3	92,2	93,4
LJ-7 S-Laugalandi		94,8	94,2	94,1	94,3	94,0	94,1
LN-12 S-Laugalandi	96,0	95,8	95,8	96,0	96,0	95,8	94,6
TN-4 Ytri-Tjörnum	81,1	81,0	80,7	80,6	80,6	(80,5)	81,0
GÝN-7 Glerárdal		60,0	60,0	60,0	60,3	60,1	60,0
LPN-11 Þelamörk			91,1	91,4	90,7	91,1	91,0

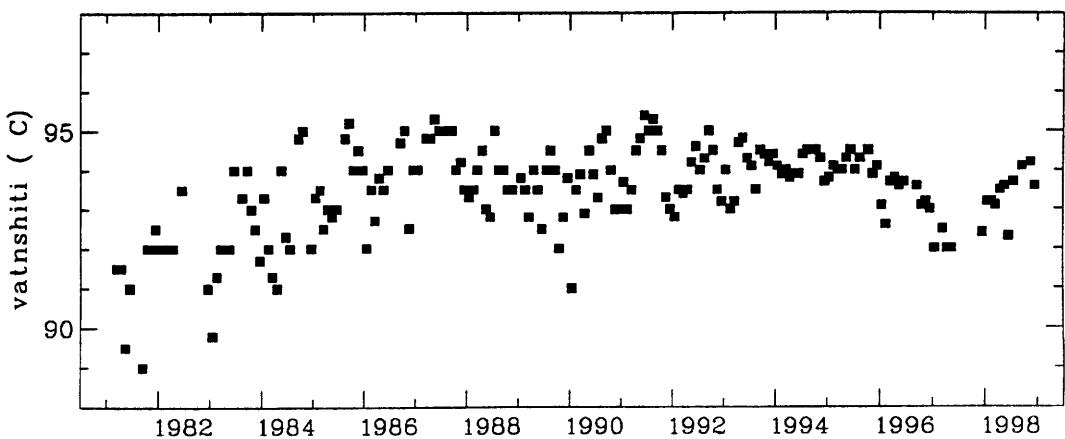
Nákvæmar og áreiðanlegar mælinga á hita vatns úr vinnsluholum Hitaveitu Akureyrar eru afar mikilvægar, svo unnt sé að greina breytingar þar á, bæði af völdum kaldara innrennslisog niðurdælingar. Í ljósi þess er mikilvægt að þeir mælar, sem notaðir eru til mælinganna, séu yfirfarnir reglulega og að tryggt sé að samræmi sé milli vikulegu- og tölvuvæddu mælinganna.



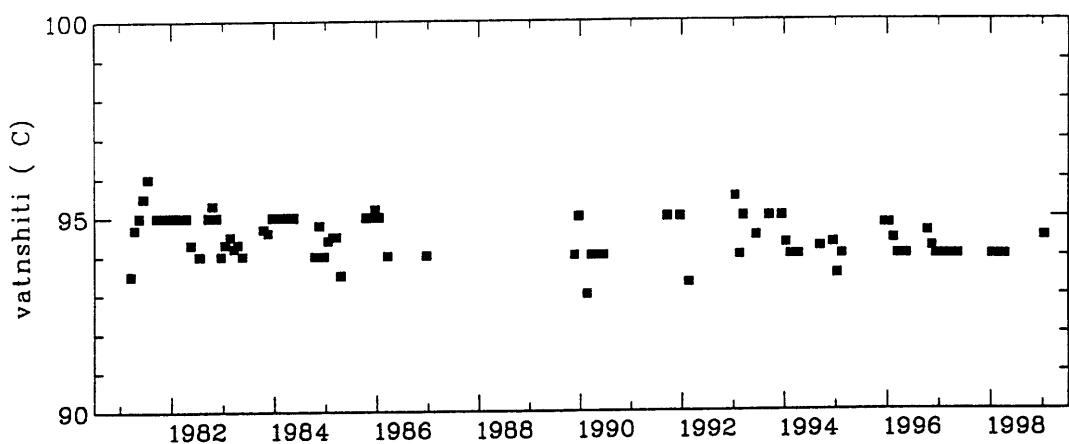
Mynd 17. Hiti vatns úr holu HN-10 á Botni árin 1981 - 1997.



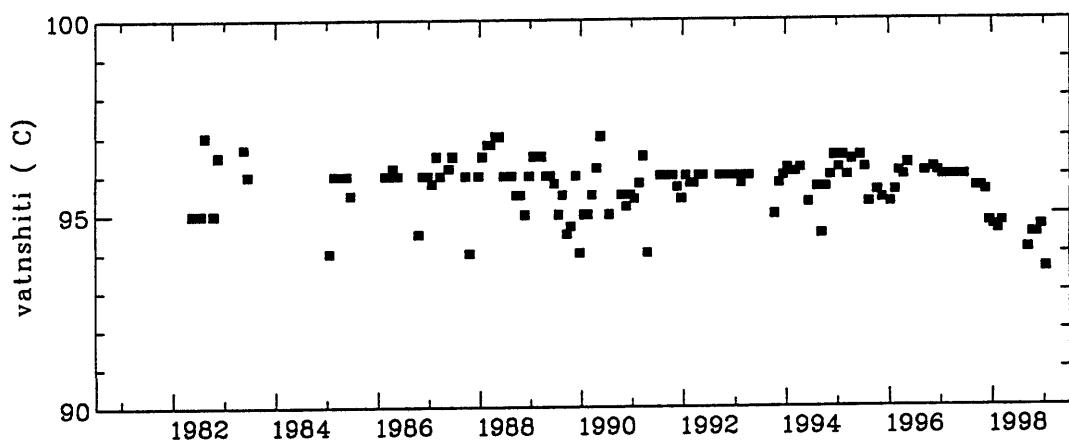
Mynd 18. Hiti vatns úr holu BN-1 á Botni árin 1983 - 1997.



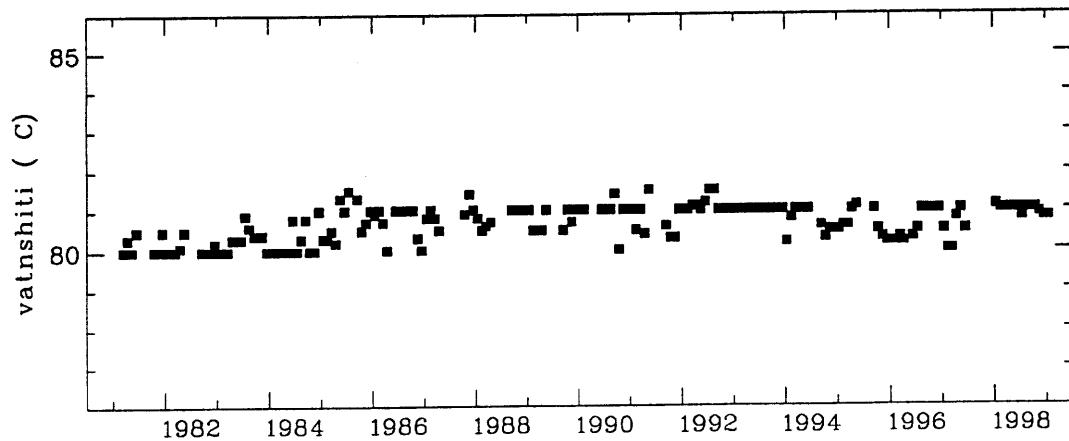
Mynd 19. Hiti vatns úr holu LJ-5 á Syðra-Laugalandi árin 1981 - 1997.



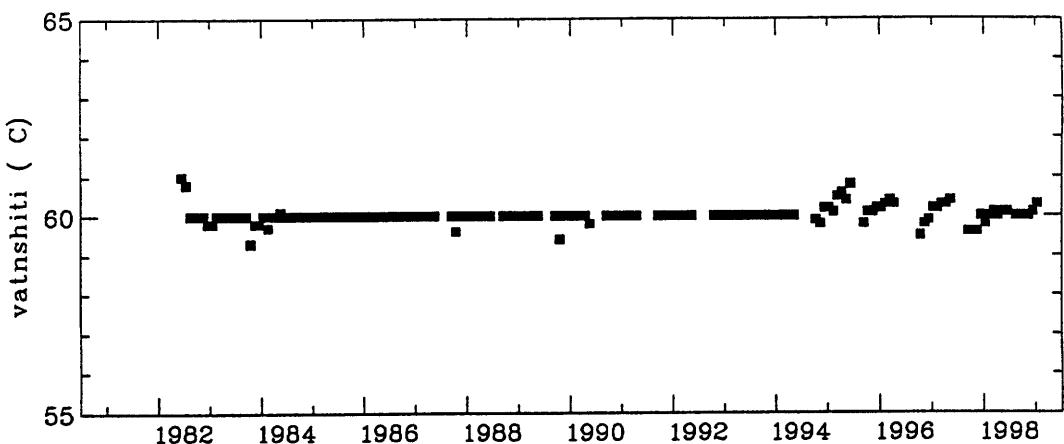
Mynd 20. Hiti vatns úr holu LJ-7 á Syðra-Laugalandi árin 1981 - 1997.



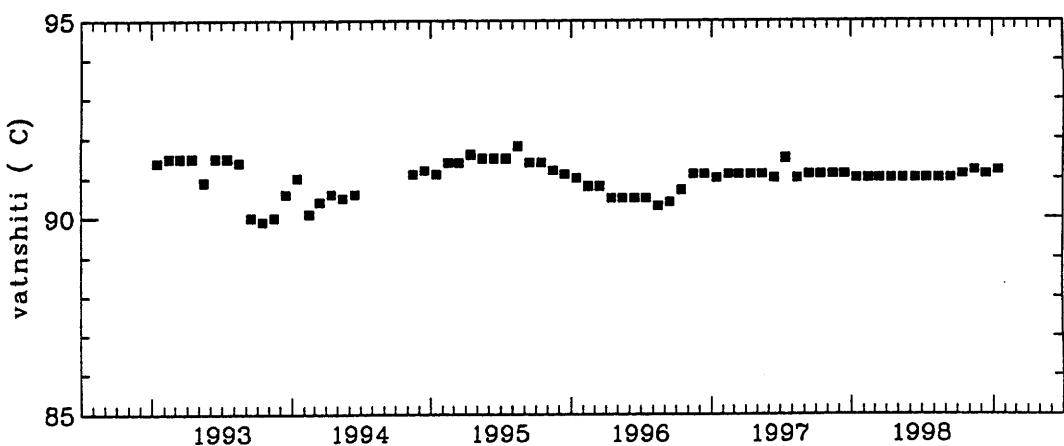
Mynd 21. Hiti vatns úr holu LN-12 á Syðra-Laugalandi árin 1982 - 1997.



Mynd 22. Hiti vatns úr holu TN-4 á Ytri-Tjörnum árin 1981 - 1997.



Mynd 23. Hiti vatns úr holu GÝN-7 á Glerárdal árin 1982 - 1997.

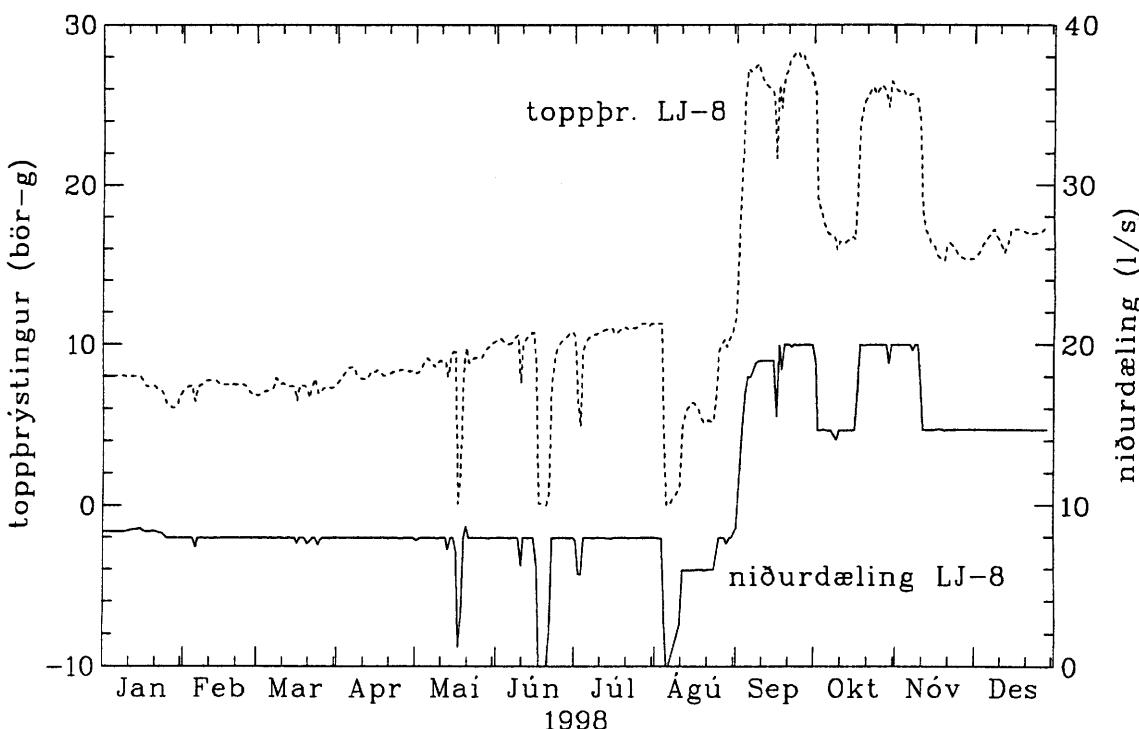


Mynd 24. Hiti vatns úr holu LPN-11 á Laugalandi á Þelamörk árin 1992 - 1997.

4. NIÐURDÆLING Á LAUGALANDI Í EYJAFJARDARSVEIT

Niðurdæling bakrásarvatns í jarðhitakerfið á Laugalandi í Eyjafjarðarsveit, sem hófst í september 1997, hélt áfram árið 1998. Hún er meginþáttur samvinnuverkefnis, sem styrkt er af Evrópusambandinu og hefur þann tilgang að sýna fram á að auka megi orkuvinnslu úr lághitakerfum með niðurdælingu. Laugaland er fyrsta lághitakerfið á Íslandi þar sem slíkt er reynt. Verkefnið hefur gengið að miklu leyti samkvæmt áætlun, en ekki er áætlunin að fjalla nákvæmlega um það í þessari skýrslu. Um framgang þess á árinu 1998 hefur verið fjallað ítarlega í þremur greinargerðum, tveimur ráðstefnugreinum og í miðsverkefnisskýrslu til Evrópusambandsins (Guðni Axelsson, 1998a og 1998b; Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1998; Guðni Axelsson o.fl., 1998a og 1998c, Hita- og vatnsveita Akureyrar o.fl., 1998).

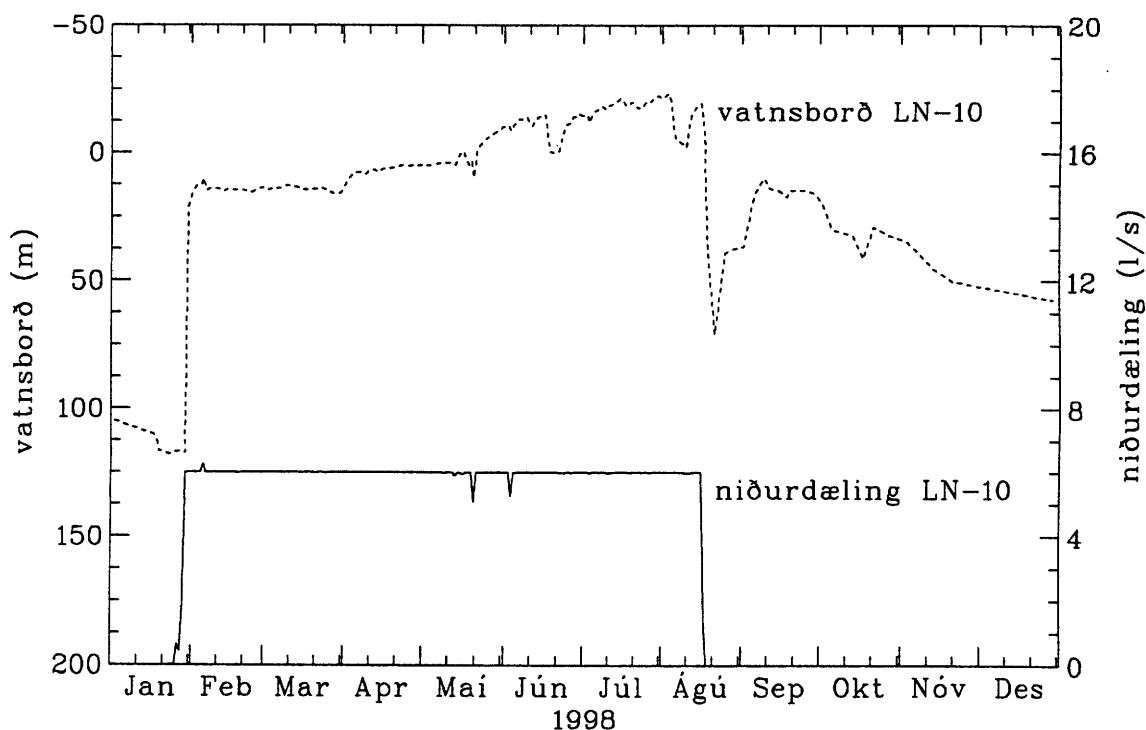
Árið 1998 var 337.000 m³ vatns dælt niður í holu LJ-8, eða um 10,7 kg/s að jafnaði. Mest var dælt niður um tíma s.l. haust, eða 20 kg/s. Þá var 105.000 m³ dælt niður í holu LN-10 á tímabilinu frá janúarlokum til miðs ágúst, það jafngildir 6 kg/s að meðaltali. Alls var því dælt niður 442.000 m³, eða 14,0 kg/s að jafnaði, árið 1998. Þetta er 1/3 af því sem dælt var upp úr svæðinu á sama tíma. Fylgst er nákvæmlega með viðbrögðum jarðhitakerfisins við niðurdælingunni, m.a. með tölvustýrðum eftirlitsbúnaði. Hann skráir ýmsa þætti, svo sem rennsli í og úr holum, vatns-hita, toppþrýsting og vatnsborð. Myndir 25 og 26 sýna hluta af þeim upplýsingum sem safnað var á árinu 1998 í tengslum við niðurdælinguna. Nánari upplýsingar ásamt túlkun þeirra er að finna í ofangreindum heimildum.



Mynd 25. Niðurdæling og toppþrýstingur holu LJ-8 árið 1998.

Þó verkefninu sé ekki lokið virðast tvær meginniðurstöður liggja ljósar fyrir. Í fyrsta lagi benda niðurstöður ferilprófana til þess að tengsl niðurdælingarholnanna og vinnsluholnanna séu það treg að ekki verði hætta á bráðri kólnun vatns úr þeim síðarnefndu í framtíðinni. Í öðru lagi hefur verið áætlað að um 2/3 niðurdælingarinnar skili sér til vatnsborðshækunar, eða vinnsluauknningar. Þetta var áætlað með því að bera saman mældar vatnsborðsbreytingar síðasta árið og þær vatnsborðsbreytingar sem áætlað má að orðið hefðu sama tímabil án niðurdælingar. Því er útlit fyrir að niðurdæling verði hagkvæm leið til þess að auka orkuvinnslu á Laugalandi í framtíðinni.

Tvennt hefur komið á óvart í verkefninu. Fyrst er að nefna það að ekki einn einasti smáskjálfti hefur orðið í jarðhitakerfinu, jafnvel ekki þegar 20 l/s var dælt niður með allt að 30 bara þrýstingi haustið 1998. Þá bregst vatnsborð í vinnsluholnum ekki eins snögglega við niðurdælingunni og reiknað var með. Þetta hvoru tveggja er túnkað þannig að bróðurpartur niðurdælingrvatnsins fari út í efri hluta jarðhitakerfisins, ofan 1000 m. Vinnsluholurnar fá aftur á móti vatn aðallega neðan 1000m.



Mynd 26. Niðurdæling og vatnsborð holu LN-10 árið 1998.

5. EFNASAMSETNING VATNS ÚR VINNSLUHOLUM

Sýni til heildarefnagreininga voru tekin af starfsmanni ROS úr vinnsluholum Hitaveitu Akureyrar í byrjun febrúar 1998. Starfsmaður Hitaveitunnar tók hlutsýni í júlí og desember sama ár, en það er liður í föstu efnaeftirliti hjá HVA, auk vikulegra mælinga á leiðni úr vinnsluholunum, sem einnig er sinnt af starfsmanni Hitaveitu Akureyrar. Á árinu fór nokkuð mikið fyrir sýnatöku vegna niðurdælingarverkefnis á Syðra-Laugalandi. Niðurstöðum þeirra greininga verða gerð skil á öðrum vettvangi.

Auk hefðbundins efnaeftirlits úr vinnsluholum Hitaveitu Akureyrar voru tekin sýni úr laugum og holum í nágrenni vinnslusvæðanna, sem ekki eru í notkun, en það er liður í útvíkkuðu vinnslueftirliti sem tekið er saman á u.p.b. 5 ára fresti.

Allar efnagreiningar voru framkvæmdar á efnafræðistofu Orkustofnunar, nema mælingar á stöðugum samsætum vetrnis og súrefnis, sem fram fóru á Raunvísindastofnun Háskólags. Niðurstöður heilgreininga og hlutgreininga úr vinnsluholum eru birtar í töflum 4 - 10 og umfjöllun um þær og aðrar mælingar fer hér á eftir.

Jarðhitasvæðið við Botn

Í töflu 4 má sjá niðurstöður greininga á vatni úr holu BN-1 ásamt heilgreiningu frá 1997 til samanburðar. Breytileiki fjögurra efna í vatninu frá upphafi vinnslu sést á mynd 28. Á árinu 1998 hafa orðið litlar breytingar á efnasamsetningu vatnsins og lækkun sem varð í kíslí árið 1997 hefur gengið til baka. Hækkun varð á hlutfalli súrefnisísótópa í sýni frá miðju árinu, sem bendir til innstreymis af staðbundnu vatni, og greina má örlistla lækkun í útreiknuðum djúphita samkvæmt gögnunum í töflu 4. Hér er trúlega um samspil holna BN-1 og HN-10 að ræða. Þegar vinnsla minnkar í HN-10 fær BN-1 hlutfallslega meira úr grunnum æðum með lægri kísilstyrk og hærra hlutfall súrefnisísótópa.

Niðurstöður greininga á vatni úr holu HN-10, sem einnig er á jarðhitasvæðinu á Botni, eru í töflu 5. Sé heilsýnið frá febrúar 1998 boríð saman við sýni frá árinu 1997 hefur styrkur margra efna hækkað. Mynd 29 sýnir breytileika í styrk nokkurra efna í sýnum frá því að vinnsla hófst. Þegar skoðuð eru hlutsýni sem bárust síðar á árinu sýna þau hins vegar að þessi breyting í efnasamsetningu virðist hafa verið tímabundin. Styrkur margra efna hefur hækkað tímabundið í lok árs 1997 og byrjun 1998. Þá lækkaði hlutfall súrefnisísótópa á sama tíma boríð saman við eldri sýni. Mynd 27 sýnir styrk K^+ og SO_4^{2-} fyrir HN-10, frá upphafi vinnslu árið 1997, en ástæða þótti til þess að skoða þessi efni nánar eftir að talsverð lækkun kalíums árið 1995 hafði bent til innstreymis grunnvatns, sem þó varð ekki vart í magnesíumstyrk vatnsins. Þegar greiningar á þessum efnum eru skoðaðar núna er ljóst að styrkur þeirra hefur hækkað talsvert aftur. Mynd 27 sýnir jafnframt að mikil hækkun varð í styrk súlfats samhliða hækkuninni í kíslí og öðrum efnum.

Tímabundna hækkunin á efnisstyrk í holu HN-10 er greinilega hægt að rekja til þess að frá því í apríl 1997 og fram í maí 1998 var vinnsla úr holunni töluvert minni en hún að öllu jöfnu er. Þetta sést vel á myndum 30 og 31, sem sýna annars vegar vinnslu og kísilstyrk úr holunni síðustu fjögur árin og hins vegar vinnslu og hlutfall súrefnisísótópa. Minni vinnsla hefur haft þær afleiðingar að hlutfall efnarískara vatns, úr dýpri æðum holunnar, hefur aukist og valdið þessari breytingu í styrk efna. Þessi minnkun í vinnslu úr HN-10 virðist einnig hafa valdið því að vægi grynnri æða í holu BN-1 hafi aukist og valdið lækkun í styrk efna eins og kísils. Eftir að vinnslan úr HN-10 jókst aftur hafa umræddar efnabreytingar gengið að fullu til baka.

Tafla 4. Jarðhitasvæðið við Botn. Efnasamsetning vatns úr holu BN-1 (mg/l).

Dagsetning Númer	1997-04-02 19970114	1998-02-18 19980039	1998-07-09 19980396	1998-12-15 19980653
Hiti (°C)	90,7	88,9	93,1	92,1
Sýrustig (pH/°C)	9,82/21	9,81/22,2	-	-
Kísill (SiO_2)	88,0	89,4	91,0	91,1
Natríum (Na)	54,8	55,6	-	-
Kalíum (K)	1,1	1,19	-	-
Kalsíum (Ca)	4,3	4,23	-	-
Magnesíum (Mg)	0	0,002	0,006	0,004
Karbónat (CO_2)	17,6	14,8	-	-
Súlfat (SO_4)	53,6	53,3	53,4	53,8
Brennist.vetni (H_2S)	0,09	0,10	-	-
Klóríð (Cl)	11,8	11,3	11,3	11,4
Flúoríð (F)	0,56	0,59	0,57	0,58
Bór (B)	0,18	0,18	-	-
Uppleyst efni	262	251	-	-
Súrefni (O_2)	0	0	-	-
$\delta^{18}\text{O}$ (‰ SMOW)	-13,84	-13,82	-13,53	-13,86

- ekki mælt

Tafla 5. Jarðhitasvæðið við Botn. Efnasamsetning vatns úr holu HN-10 (mg/l).

Dagsetning Númer	1997-04-03 19970113	1998-02-18 19980040	1998-07-09 19980397	1998-12-15 19980652
Hiti (°C)	78,6	78,4	79,3	79,2
Sýrustig (pH/°C)	9,87/21	9,85/22,3	-	-
Kísill (SiO_2)	70,7	77,8	70,3	70,7
Natríum (Na)	46,0	49,0	-	-
Kalíum (K)	0,7	0,86	-	-
Kalsíum (Ca)	3,4	3,58	-	-
Magnesíum (Mg)	0	0,002	0,006	0,005
Karbónat (CO_2)	19,5	15,9	-	-
Súlfat (SO_4)	36,2	42,3	37,3	37,1
Brennist.vetni (H_2S)	0,07	0,07	-	-
Klóríð (Cl)	7,9	8,03	7,44	7,64
Flúoríð (F)	0,47	0,57	0,50	0,49
Bór (B)	0,14	0,16	-	-
Uppleyst efni	215	211	-	-
Súrefni (O_2)	0	0	-	-
$\delta^{18}\text{O}$ (‰ SMOW)	-13,59	-13,75	-13,58	-13,60

- ekki mælt

Syðra-Laugaland

Heilsýni voru tekin úr holum LN-12 og LJ-5 á Laugalandi árið 1998 og eru greiningar á þeim birtar í töflu 6 auk greininga á hlutsýnum og eldri sýnum til samanburðar. Þá má á mynd 32 sjá hvernig styrkur fjögurra efna í vatni úr holu LN-12 hefur breyst frá árinu 1980, en hvorki urðu marktækjar breytingar á árinu 1998 né virðast slíkar breytingar hafa orðið undanfarin ár. Ekki er heldur unnt að greina neinar breytingar, sem rekja má til niðurdælingarinnar. Þetta er öfugt við holu RWN-7, en þar má greinilega greina áhrif niðurrennslis í holu RW-9 í efnasamsetningu (sjá síðar).

Ekki eru heldur teljandi efnabreytingar í holu LJ-5 (mynd 33). Sveiflur hafa þó verið í klóríð- og flúoríðstyrk vatnsins úr jarðhitasvæðinu á Laugalandi en styrkur þessara efna er nokkuð mismunandi milli grynnri og dýpri vatnsæða í kerfinu (Guðni Axelsson o.fl., 1993).

Tafla 6. Jarðhitasvæðið á S-Laugalandi. Efnasamsetning vatns úr holum LN-12 og LJ-5 (mg/l).

Hola	LN-12			LJ-5			
	Dagsetning Númer	1997-09-08 19970484	1998-02-18 19980036	1998-12-15 19980651	1996-03-28 19960062	1998-02-18 19980035	1998-07-09 19980398
Hiti (°C)	95,8	94,9	94,6	93,2	92,6	93,2	93,8
Sýrustig (pH°C)	9,76/22	9,79/22	-	9,79/22	9,76/22	-	-
Kísill (SiO ₂)	99,2	97,3	98,9	97,6	96,0	96,9	97,5
Natríum (Na)	50,8	54,0	-	54,2	55,9	-	-
Kalfürm (K)	1,1	1,16	-	1,2	1,18	-	-
Kalsfürm (Ca)	2,9	3,0	-	2,8	3,03	-	-
Magnesíum (Mg)	0,004	0,001	0,004	0,001	0,001	0,005	0,007
Karbónat (CO ₂)	18,2	19,0	-	21,0	18,8	-	-
Súlfat (SO ₄)	37,9	39,2	39,1	40,1	39,3	38,8	40,2
Brennist.vetni (H ₂ S)	0,08	0,10	-	0,09	0,10	-	-
Klóríð (Cl)	11,6	11,6	11,7	14,2	15,8	13,4	14,5
Flúoríð (F)	0,37	0,41	0,41	0,42	0,38	0,40	0,38
Bór (B)	0,16	0,16	-	0,16	0,14	-	-
Uppleyst efni	246	242	-	245	247	-	-
Súrefnir (O ₂)	0	0	-	0	0	-	-
δ ¹⁸ O (‰ SMOW)	-13,31	-13,33	-13,36	-13,26	-13,32	-13,36	-13,33

- ekki mælt

Ytri-Tjarnir

Tafla 7 sýnir niðurstöður greininga á einu heilsýni auk tveggja hlutsýna úr holu TN-4 að Ytri-Tjörnum, ásamt greiningu heilsýnis frá 1997. Mynd 34 sýnir greiningar valinna efna í samanburði við eldri greiningar. Engar markverðar breytingar urðu í efnasamsetningu vatnsins úr holu TN-4 á árinu 1998, frekar en verið hefur undanfarin ár.

Tafla 7. Jarðhitasvæðið á Ytri-Tjörnum. Efnasamsetning vatns úr holu TN-4 (mg/l).

Dagsetning Númer	1997-04-02 19970112	1998-02-18 19980038	1998-07-09 19980400	1998-12-15 19980657
Hiti (°C)	80,5	79,0	80,2	80,8
Sýrustig (pH/°C)	9,92/21	9,89/22	-	-
Kísill (SiO_2)	88,1	87,7	88,8	88,0
Natríum (Na)	57,0	58,5	-	-
Kalíum (K)	0,8	0,89	-	-
Kalsíum (Ca)	3,7	3,75	-	-
Magnesíum (Mg)	0,000	0,001	0,006	-
Karbónat (CO_2)	15,8	15,1	-	-
Súlfat (SO_4)	46,3	47,8	47,1	47,3
Brennist.vetni (H_2S)	0,10	0,09	-	-
Klóríð (Cl)	15,9	15,8	15,4	15,6
Flúoríð (F)	0,43	0,46	0,45	0,44
Bór (B)	0,20	0,18	-	-
Uppleyst efni	255	244	-	-
Súrefni (O_2)	0	0	-	-
$\delta^{18}\text{O}$ (‰ SMOW)	-14,04	-13,97	-13,98	-13,98

- ekki mælt

Tafla 8. Jarðhitasvæðið við Reykhús. Efnasamsetning vatns úr holu RWN-7 (mg/l).

Dagsetning Númer	1997-04-02 19970115	1998-02-19 19980042	1998-07-09 19980399	1998-12-15 19980656
Hiti (°C)	75,8	74,2	-	-
Sýrustig (pH/°C)	9,83/21	9,79/22	-	-
Kísill (SiO_2)	89,3	88,2	87,9	88,1
Natríum (Na)	54,6	55,7	-	-
Kalíum (K)	0,9	0,92	-	-
Kalsíum (Ca)	3,6	3,63	-	-
Magnesíum (Mg)	0	0,002	0,006	0,004
Karbónat (CO_2)	19,4	18,1	-	-
Súlfat (SO_4)	45,0	46,6	46,6	46,3
Brennist.vetni (H_2S)	0,10	0,08	-	-
Klóríð (Cl)	11,9	11,7	11,4	11,5
Flúoríð (F)	0,53	0,57	0,55	0,57
Bór (B)	0,24	0,22	-	-
Uppleyst efni (TDS)	256	234	-	-
Súrefni (O_2)	0	0	-	-
$\delta^{18}\text{O}$ (‰ SMOW)	-13,96	-14,04	-14,03	-14,02

- ekki mælt

Reykhús

Árið 1998 var tekið eitt heilsýni og tvö hlutsýni úr holu RWN-7 að Reykhúsum og eru niðurstöður greininga á þeim birtar í töflu 8. Til samanburðar er einning birt greining heilsýnis frá 1997. Mynd 35 sýnir breytileika í nokkrum efnum frá árinu 1981. Ekki hafa orðið marktækar breytingar frá fyrra ári en sú lækkun í kíslí sem varð vart 1996 er viðvarandi. Hitastig vatns úr holunni hefur einnig lækkað lítillega. Nokkuð öruggt er talið að um áhrif niðurrennslis frárennslisvatns í holu RW-9 sé að ræða, en það hófst í byrjun október 1996.

Glerárdalur

Í töflu 9 eru niðurstöður greininga á þeim tveimur sýnum sem bárust úr holu GYN-7 á árinu ásamt greiningu á einu eldra sýni til samanburðar. Engan langtímaþreytileika má sjá á mynd 36 og hefur efnasamsetning vatnins ekki breyst síðstu árin.

Tafla 9. Jarðhitasvæðið á Glerárdal. Efnasamsetning vatns úr holu GYN-7 (mg/l).

Dagsetning Númer	1997-04-03 19970117	1998-02-18 19980034	1998-12-15 19980654
Hiti (°C)	60,2	59,8	60,1
Sýrustig (pH/°C)	9,99/21	9,95/22	-
Kísill (SiO ₂)	75,4	74,5	75,9
Natríum (Na)	48,6	49,7	-
Kalíum (K)	0,60	0,61	-
Kalsíum (Ca)	2,60	2,65	-
Magnesíum (Mg)	0	0,003	0,004
Karbónat (CO ₂)	21,2	16,4	-
Súlfat (SO ₄)	30,9	32,7	32,5
Brennist.vetni (H ₂ S)	0,07	0,07	-
Klóríð (Cl)	10,7	10,3	10,4
Flúoríð (F)	0,58	0,59	0,59
Bór (B)	0,21	0,21	-
Uppleyst efni (TDS)	203	208	-
Súrefni (O ₂)	0	0	-
δ ¹⁸ O (‰ SMOW)	-13,91	-13,88	-13,84

- ekki mælt

Laugaland á Þelamörk

Tafla 10 sýnir niðurstöður efnagreininga vatns úr holu LPN-11 á Þelamörk, eins heilsýnis og tveggja hlutsýna frá 1998 auð eins eldra sýnis til samanburðar. Mynd 37 sýnir þá breytingu sem orðið hefur í efnasamsetningu síðan vinnsla úr holunni hófst. Þær efnabreytingar sem hafa átt sér stað frá 1992 benda til innstreymis kaldara og efnasnauðara vatns í jarðhitakerfið, en undanfarin 3 ár hefur hægt á þessu ferli, hugsanlega vegna þess að jafnvægi sé að nást milli innstreymisins og vinnslu. Þá gæti eilítið minni vinnsla árin 1997 og 1998, samanborið við árin 1995 og 1996,

hafa haft einhver áhrif. Snögg lækkun kísils í byrjun árs 1999 stafar af rennsli vatns úr Hörgá, sem áður hefur verið nefnt, en það hefur nú verið stöðvað. Stefnt er að því að bora dýpri vinnsluholu á svæðinu og í tengslum við það stendur nú yfir borun nokkurra rannsóknarholna. Kalsedónhiti, sem reiknaður er út frá efnainnihaldi vatnsis, er teiknaður upp á mynd 40 ásamt mældum hita. Mældi hitinn er mjög stöðugur en kalsedónhitinn lækkar eftir að hafa staðið í stað milli áranna 1996 og 1997. Þessar niðurstöður, ásamt öðrum efnabreytingum, sýna að jafnt og þétt verður vart meiri áhrifa í holu LPN-11 af innstreymi kaldara vatns þó vatnshitinn breytist ekki vegna varmanáms úr berginu.

Tafla 10. Laugaland á Þelamörk. Efnasamsetning vatns úr holu LPN-11 (mg/l).

Dagsetning Númer	1997-04-03 19970116	1998-02-19 19980043	1998-07-09 19980401	1998-12-15 19980655
Hiti (°C)	89,8	88,5	91,0	91,1
Sýrustig (pH/°C)	9,83/20	9,78/22	-	-
Kísill (SiO_2)	118,7	115,4	115,6	117,2
Natríum (Na)	54,4	55,1	-	-
Kalfum (K)	1,3	1,3	-	-
Kalsíum (Ca)	1,70	1,79	-	-
Magnesíum (Mg)	0,001	0,009	0,015	0,005
Karbónat (CO_2)	22,5	25,0	-	-
Súlfat (SO_4)	22,8	24,0	22,6	23,7
Brennist.vetni (H_2S)	0,19	0,18	-	-
Klóríð (Cl)	11,6	11,1	10,4	11,5
Flúoríð (F)	0,69	0,66	0,66	0,68
Bór (B)	0,21	0,21	-	-
Uppleyst efni (TDS)	275	227	-	-
Súrefni (O_2)	0	0	-	-
$\delta^{18}\text{O}$ (‰ SMOW)	-13,91	-13,89	-13,79	-13,81

- ekki mælt

Aðrar athuganir á efnasamsetningu 1998

Styrkur súrefnis og súlfíts var mældur í dælustöðinni við Þórunnarstræti eins og undanfarin ár. Niðurstöður mælinganna ásamt nokkrum eldri er að finna í töflu 11. Þessar mælingar eru gerðar í þeim tilgangi að fylgjast með íblöndun natríumsúlfíts til að eyða súrefni úr vatninu. Súrefni mældist ekki í vatninu og súlfítstyrkurinn reyndist um 0,7 mg/l. Þetta er nokkuð meira en mældist árið 1997, en er þó nokkuð undir því gildi súlfítstyrks sem æskilegt þykir að hafa afgangs í kerfinu (2 mg/l). Enn hefur tekist að halda kerfinu súrefnissnauðu en ef fram kæmi óvæntur súrfnisleki myndi það súlfíð sem eftir er fljótegla eyðast.

Tafla 11. Efnasamsetning vatns í dælustöð í Þórunnarstræti (mg/l).

Dagsetning Númer	1995-11-17 19950333	1996-03-29 19960068	1997-11-18 19970720	1998-11-10 19980562
Súrefni (O_2)	0	0	0	0
Súlfít (SO_3^{2-})	1,03	1,09	0,23	0,70

Leiðnimælingar

Starfsmaður Hitaveitu Akureyrar hefur mælt leiðni í vinnsluholum vikulega síðan 1993 og sent niðurstöður til Orkustofnunar til úrvinnslu. Þessar mælingar hafa verið notaðar sem mælikvarði á magn uppleystra efna í jarðhitavatninu, en breytingar á leiðni benda til efnastyrbreytinga. Komi slíkar breytingar til er nauðsynlegt að taka sýni af vatninu til efnagreininga til að finna ástæður breytinganna, t.d. ef um innstreymi kaldara vatns er að ræða. Misræmi það sem kom fram á árunum 1996 og 1997 hefur verið leiðrétt og hefur mælingum sem gerðar eru á sýnum sem berast Orkustofnun borið betur saman við mælingar HVA að undanförnu (Guðni Axelsson o.fl., 1998b). Á myndum 38 og 39 eru mælingar HVA teiknaðar fyrir hverja vinnsluholu fyrir sig ásamt samanburðarmælingum Orkustofnunar.

Mynd 38 sýnir mæligögn úr holu BN-1 á Botni. Leiðni vatnsins hækkaði aðeins á árinu 1998, en erfitt er að túlka greiningarnar þar sem hugsanleg tímabundin lækkun fellur saman við leiðréttninguna, sem gerð var í árslok 1997. Sú hækkun sem orðið hefur á árinu 1998 er í samræmi við breytingar sem má sjá í efnastyrk vatnsins úr BN-1.

Breytingar í leiðni vatns úr holu HN-10 má einnig sjá á mynd 38. Á árunum 1997 og 1998 urðu talsverðar sveiflur í efnastyrk vatnsins, sem tengja má við tímabundið minni vinnslu úr HN-10. Þessar breytingar endurspeglast í leiðninni og sl. tvö ár hafa sveiflur í henni verið meiri en áður. Mælingar HVA sýna ekki mikla breytingu frá árslokum 1997 en sé litið á mælingar gerðar á OS benda þær til sambærilegrar lækkunar í efnastyrk og efnagreiningarnar sýna.

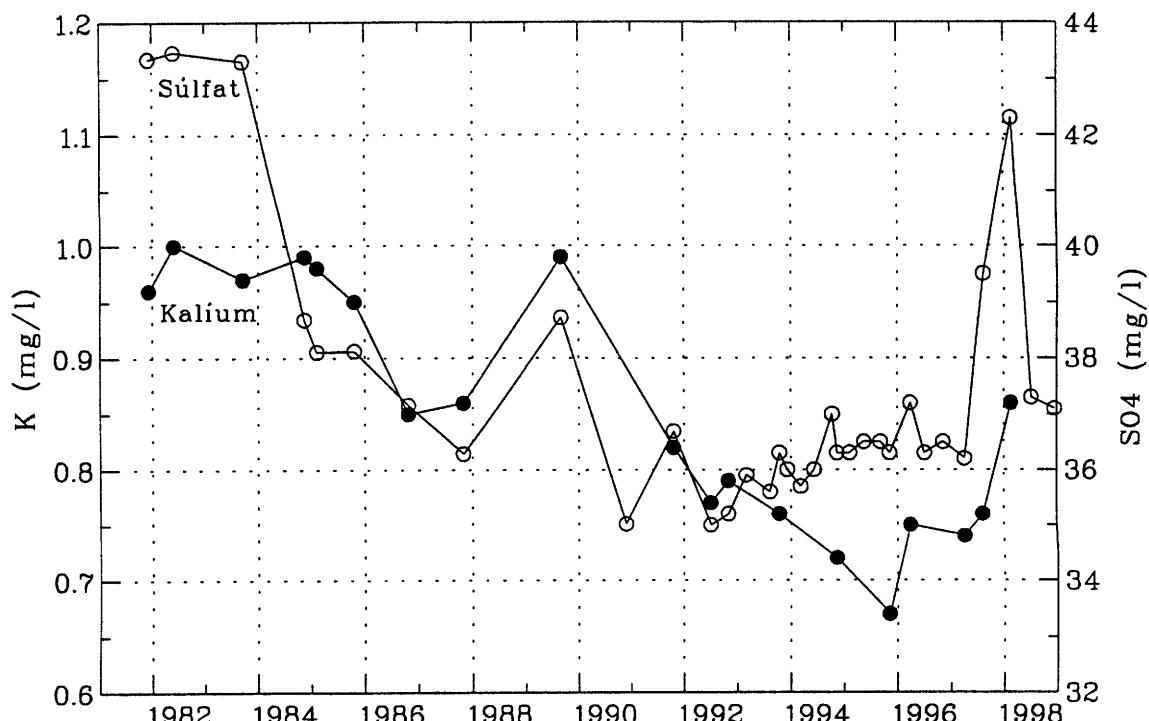
Á mynd 38 eru leiðnimælingar úr holum LJ-5 og LN-12 á Syðra-Laugalandi teiknaðar. Á þeim tíma sem liðinn er síðan mælingar OS og HVA voru samræmdar hafa ekki orðið marktækar breytingar í leiðni. Hún mælist sú sama í lok árs 1998 og í árslok 1997. Töluberðar sveiflur sjást þó í mælingum HVA, sem gætu tengst breytilegum aðstæðum á vinnslusvæðinu, m.a. því hvaða holur eru inni og hvort stutt eða langt er síðan mælingaholan var gangsett.

Mynd 39 sýnir í fyrsta lagi leiðni vatns úr holu TN-4 undanfarin ár. Leiðnin hefur ekki breyst marktækt sl. tvö ár, samkvæmt mælingum OS, en gögnin frá HVA sýna í öðru lagi að hún virðist eitthvað hækkað á árinu 1998.

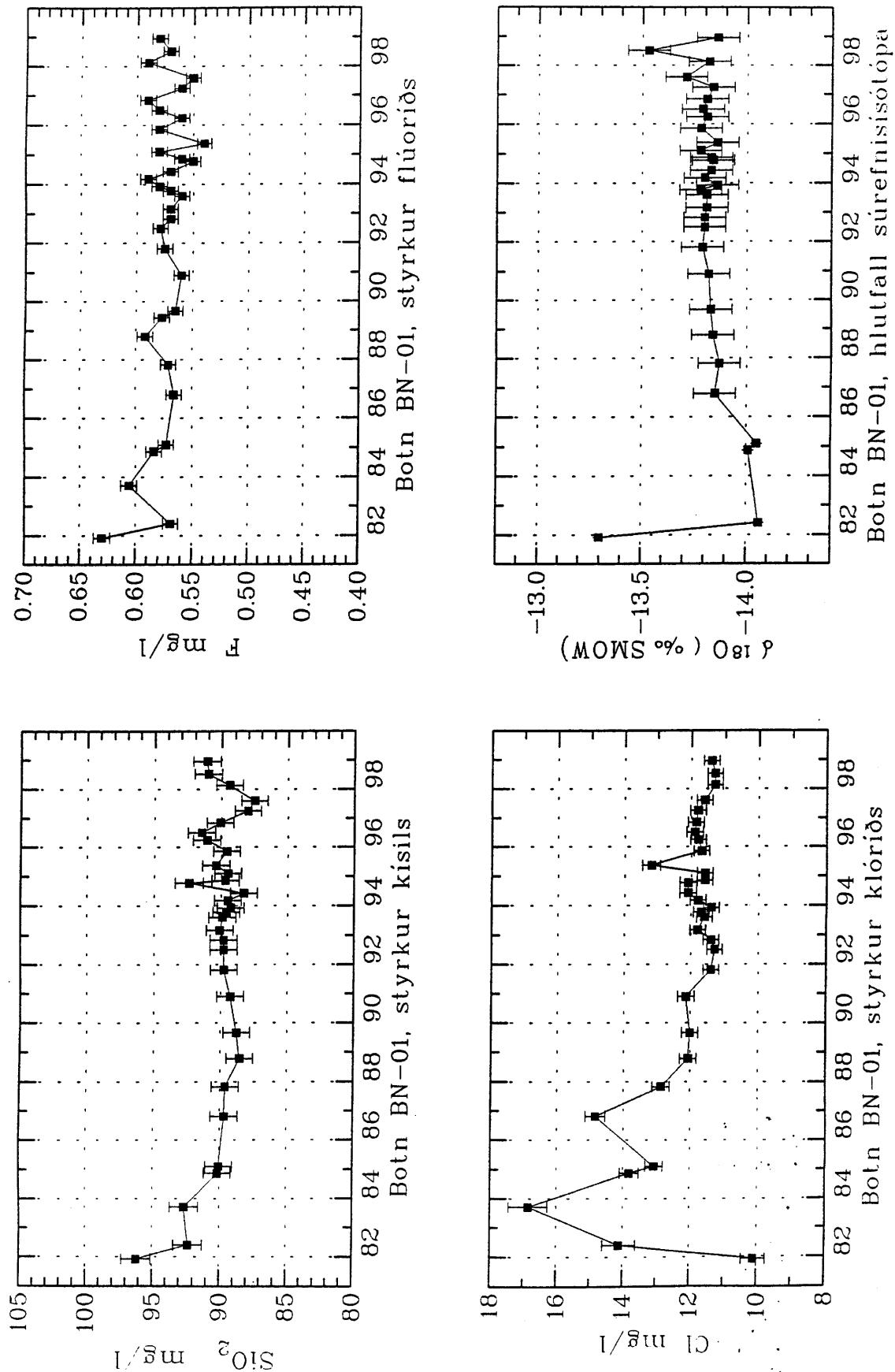
Í holu RWN-7 verða ekki teljandi breytingar í leiðni vatnsins á árinu 1998 en töluvert meiri sveiflur eru í mælingum HVA eftir leiðréttningarnar 1997 (sjá mynd 39). Sé litið á mælingar OS þá hefur orðið hægfara lækkun í leiðni frá 1995, og er orsakanna væntanlega að leita í niðurrennslinu í holu RW-9.

Á mynd 39 má einnig sjá leiðnimælingar úr holu GYN-7 á Glerárdal. Þar hafa ekki orðið marktækar breytingar á leiðninni, en þó eru mun meiri sveiflur í mælingunum síðastliðið ár en áður.

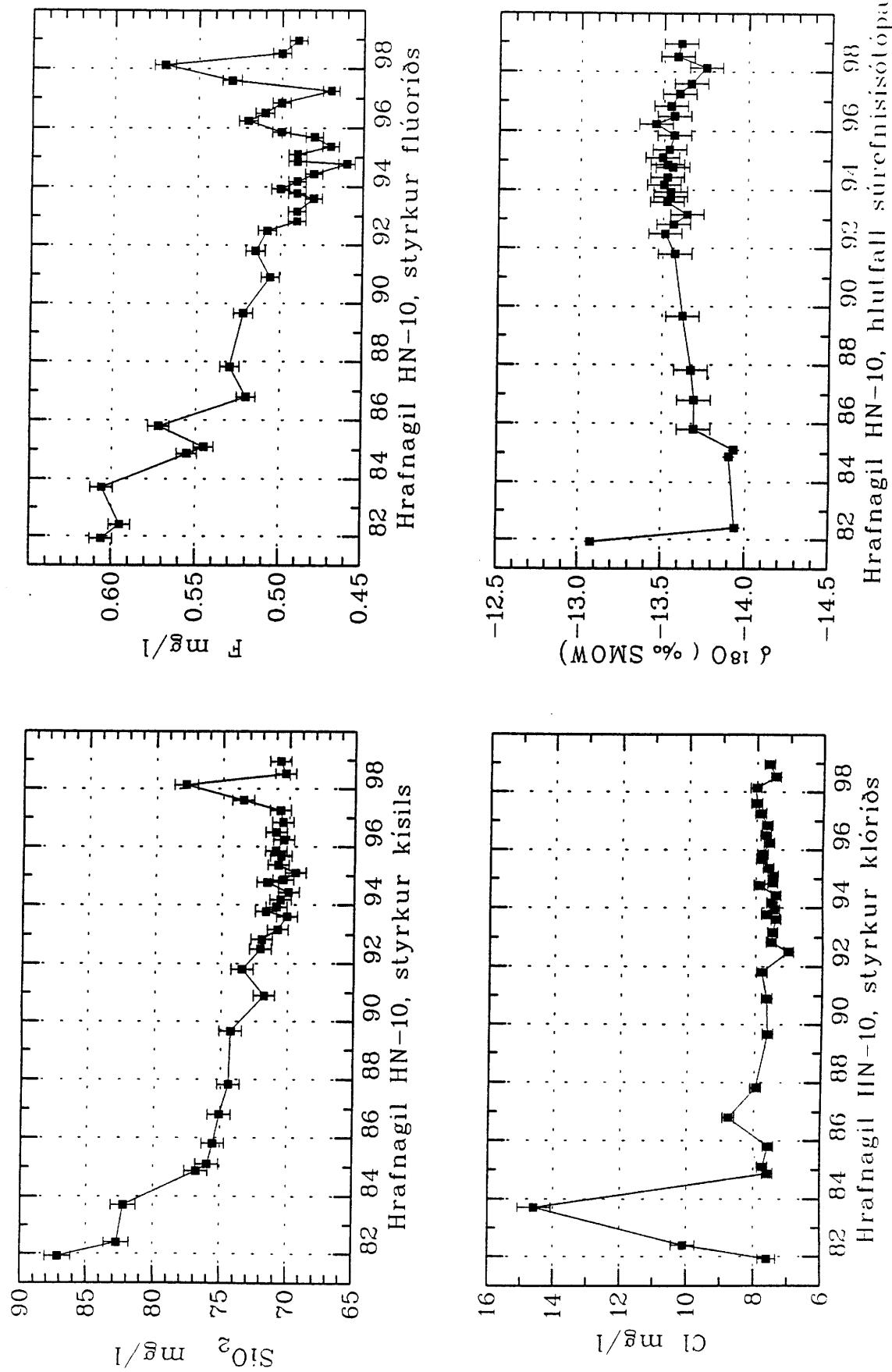
Áhrifa af völdum kaldara innsteymis í jarðhitakerfið á Laugalandi á Þelamörk hefur gætt í leiðni vatns úr holu LPN-11 síðan nýting holunnar hófst (mynd 39). Þó virðist jafnvægi hafa náðst á árunum 1997 og 1998, eins og fjallað er um hér að framan. Eilítið minni vinnsla síðustu tvö árin gæti einnig hafa haft einhver áhrif. Mælingar frá byrjun árs 1999, sem teiknaðar eru með á mynd 39, sýna óvenju lága leiðni. Ástæða þess var tímabundið niðurrennslu árvatns í jarðhitakerfið í gegnum nærliggjandi borholu (LP-12), eins og áður var nefnt.



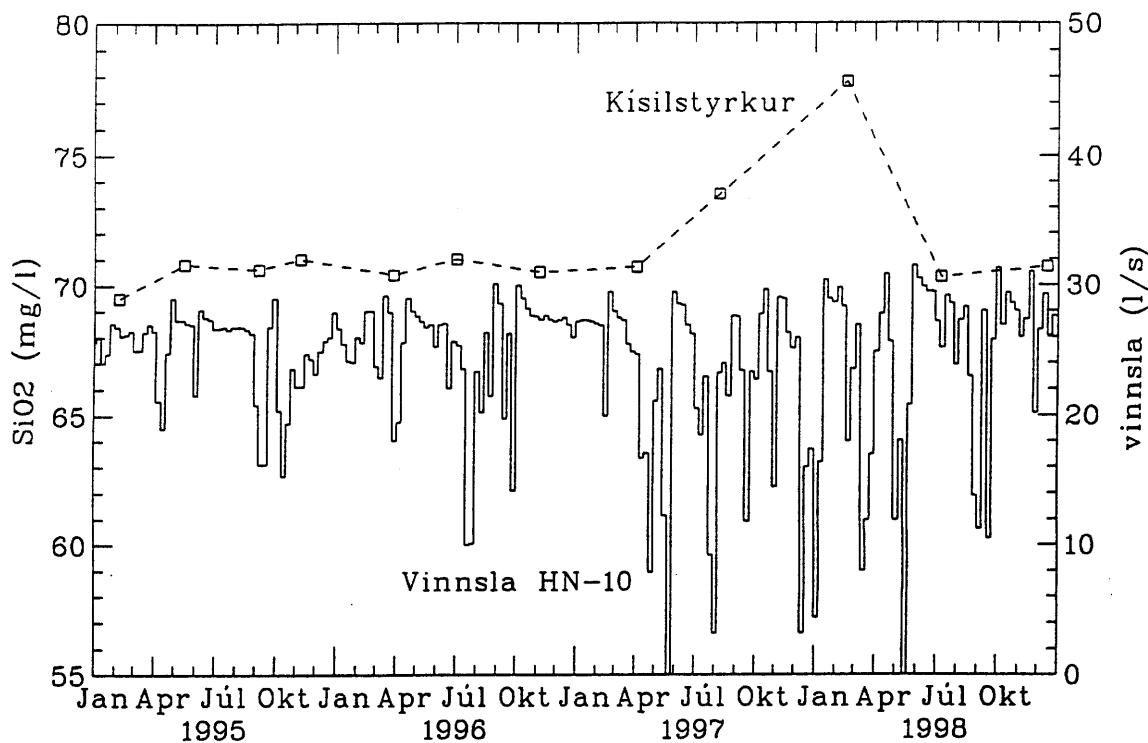
Mynd 27. Styrkur kalíums og súlfats í vatni úr holu HN-10 frá upphafi vinnslu.



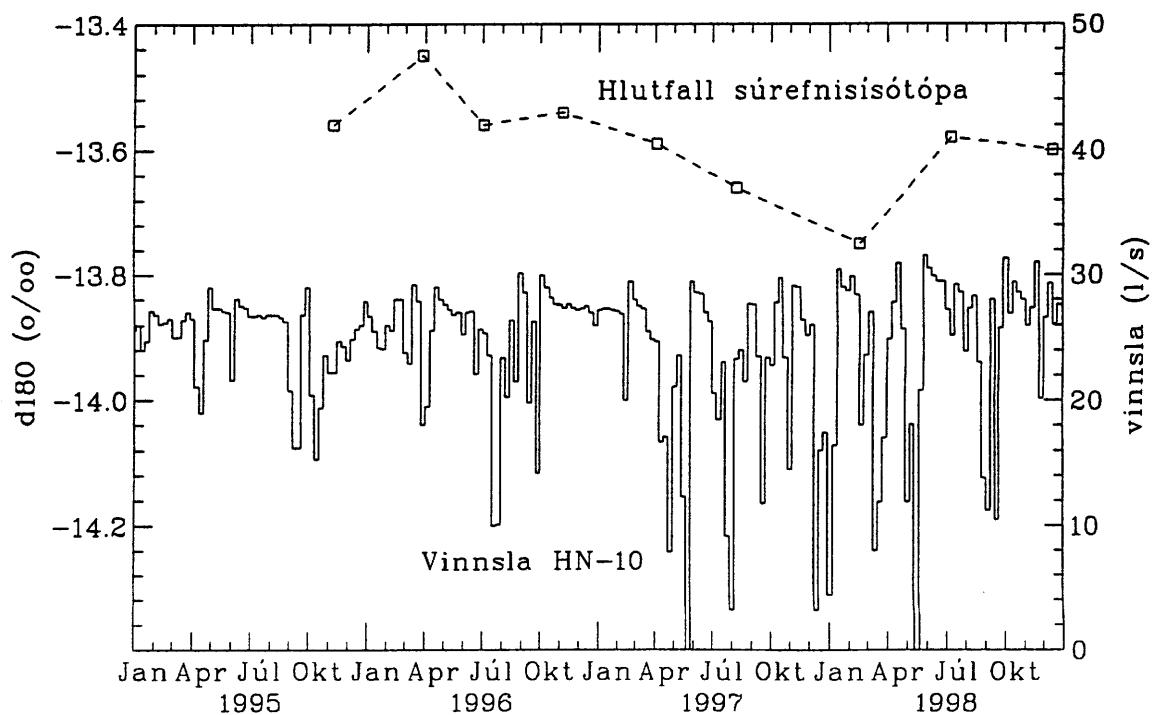
Mynd 28. Styrkur nokkurra efna í holu BN-1 sem fall af tíma.



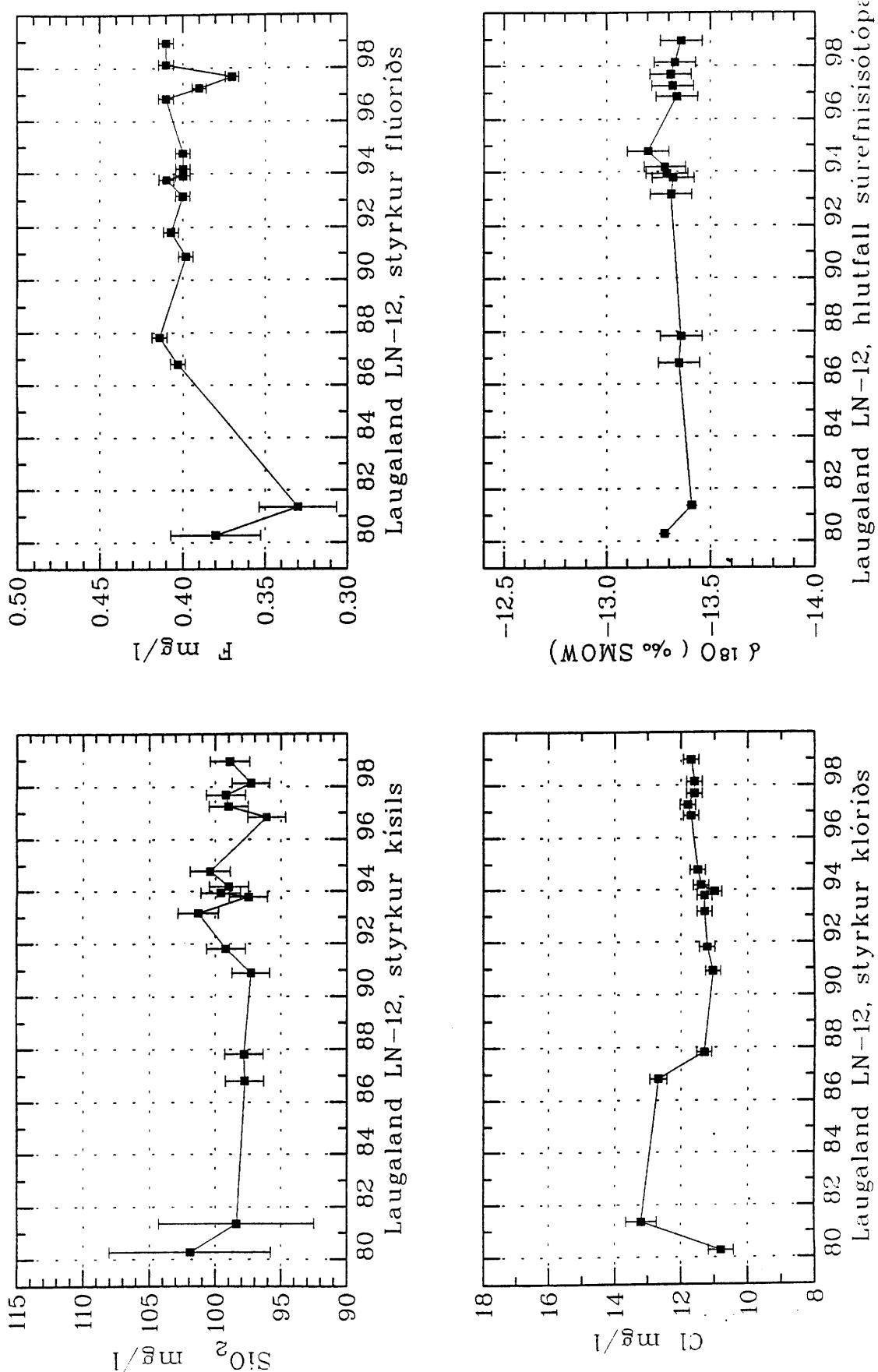
Mynd 29. Styrkur nokkurra efna í holu HN-10 sem fall af tíma.



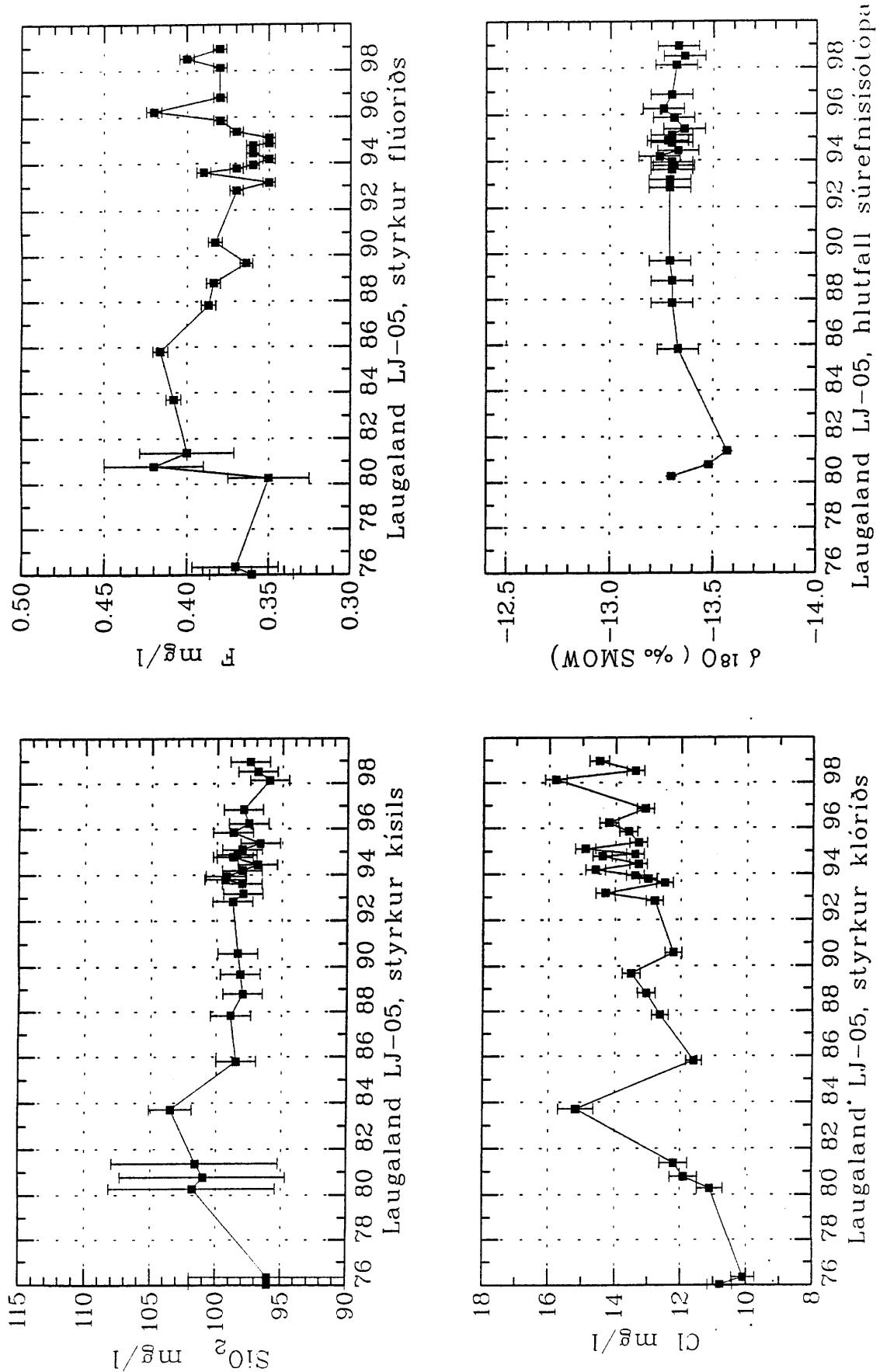
Mynd 30. Kísilstyrkur og vinnsla úr holu HN-10 síðustu fjögur árin.



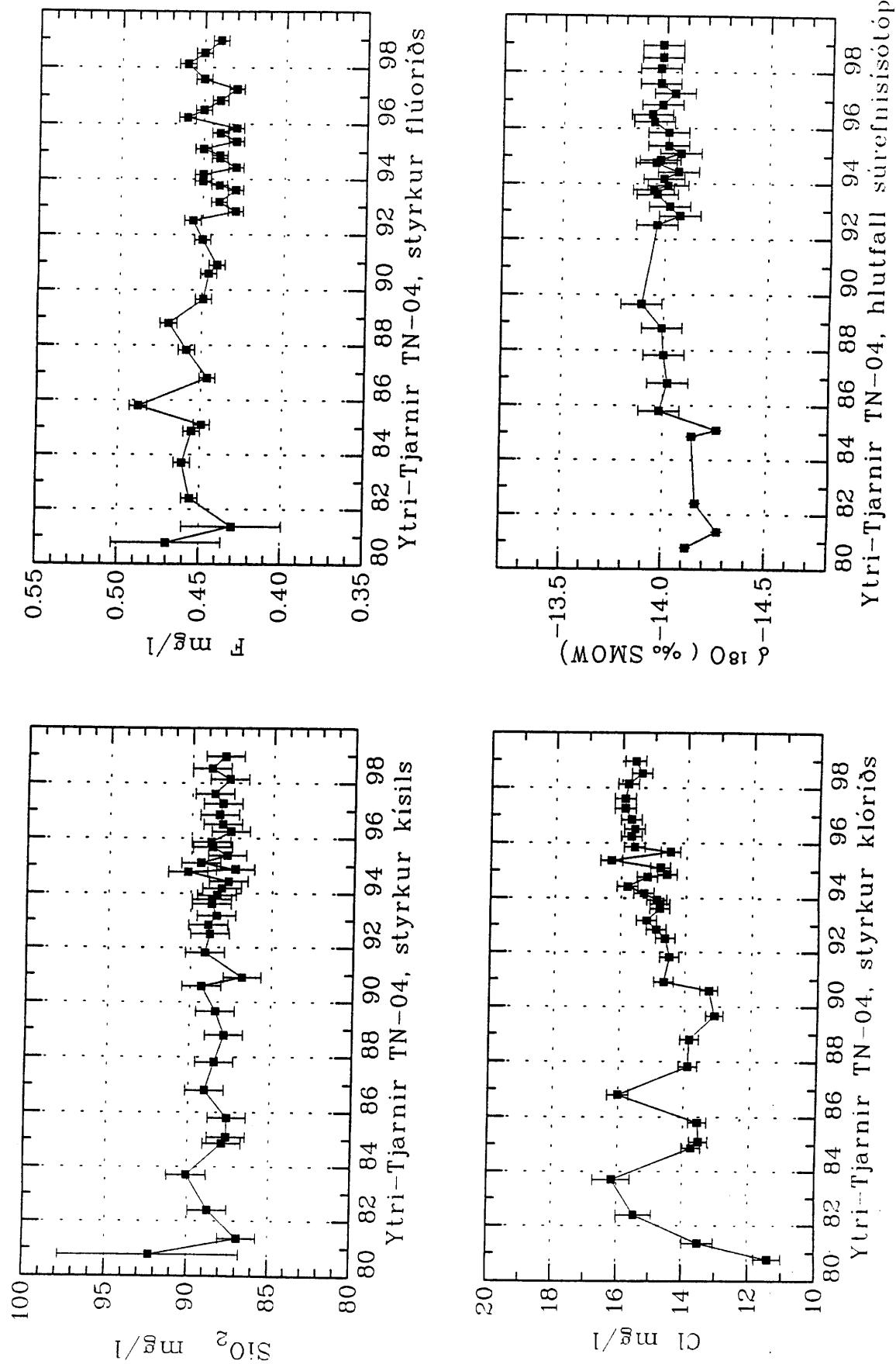
Mynd 31. Hlutfall súrefnisisótópa og vinnsla úr holu HN-10 síðustu fjögur árin.



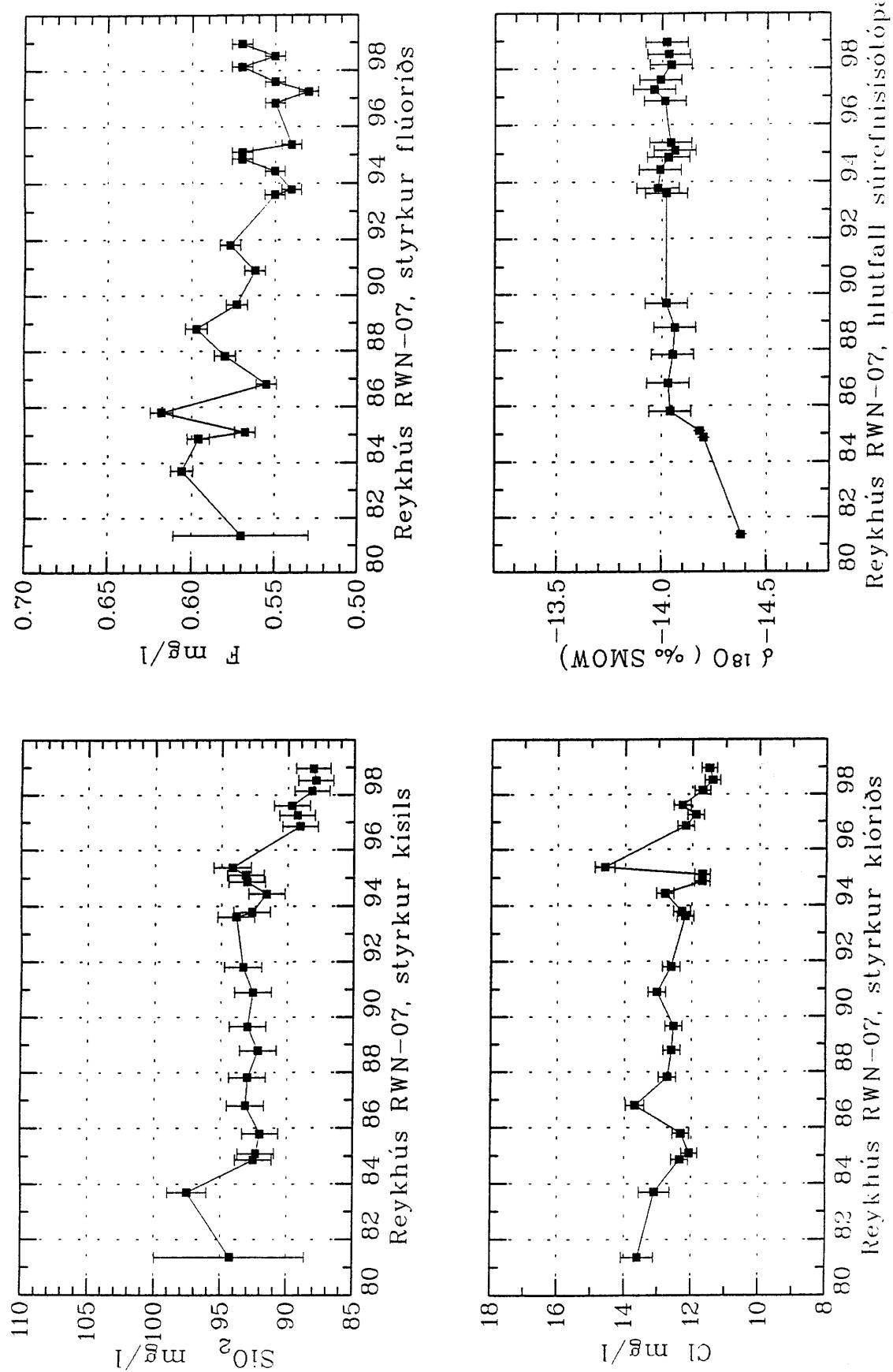
Mynd 32. Styrkur nokkura efna í holu LN-12 sem fall af tíma.



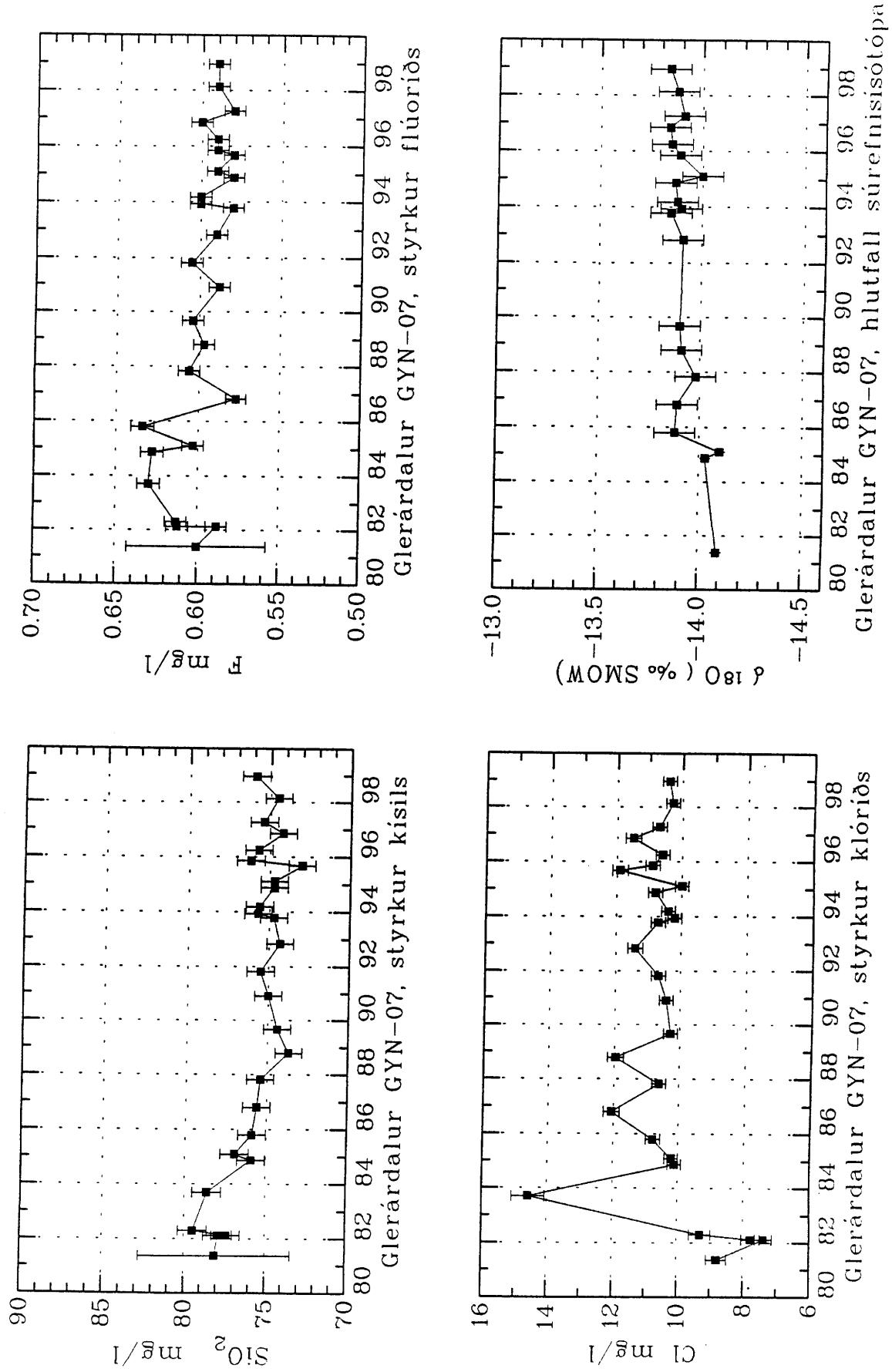
Mynd 33. Styrkur nokkurra efna í holu LJ-5 sem fall af tíma.



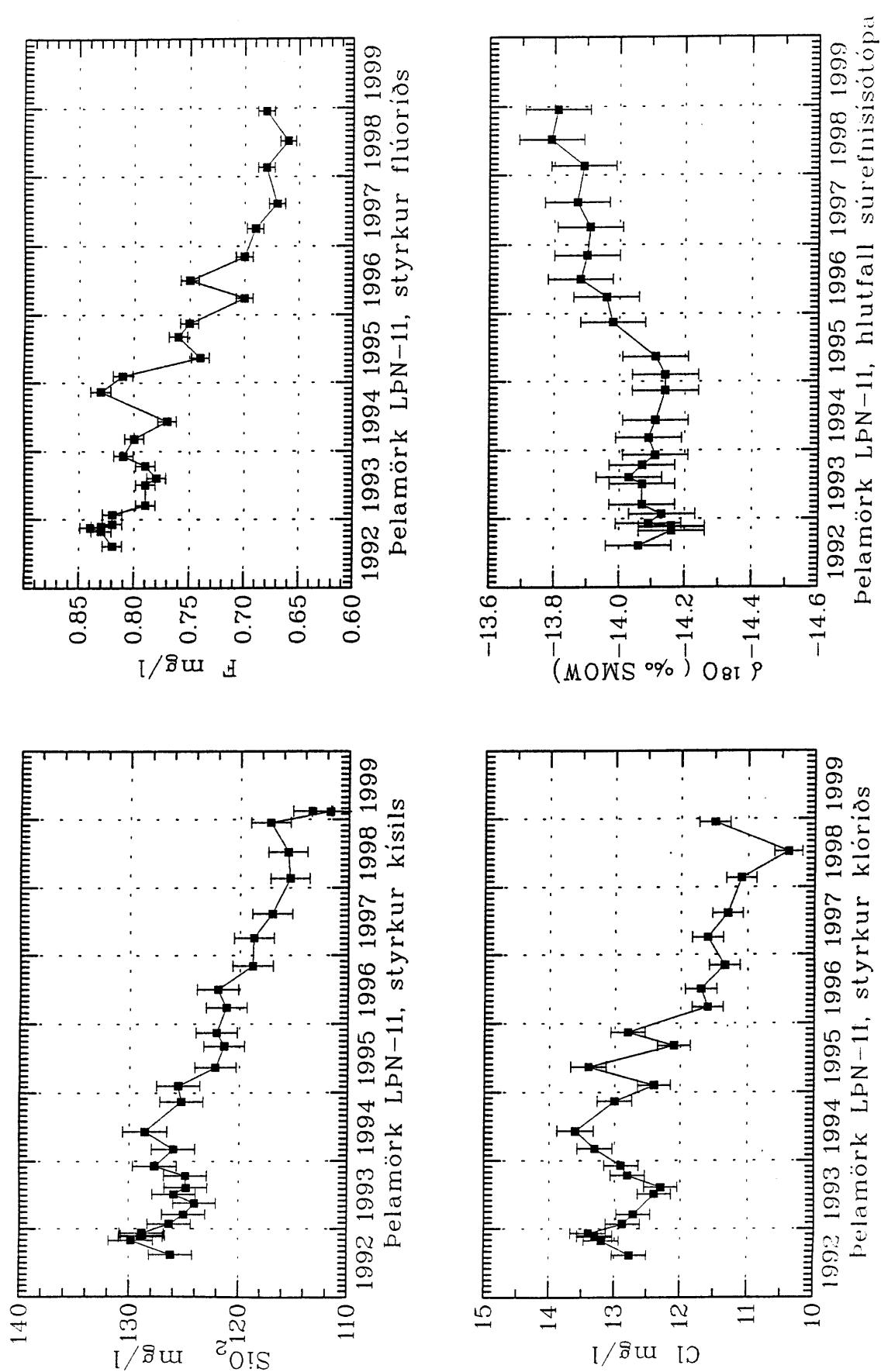
Mynd 34. Styrkur nokkura efna í holu TN-4 sem fall af tíma.



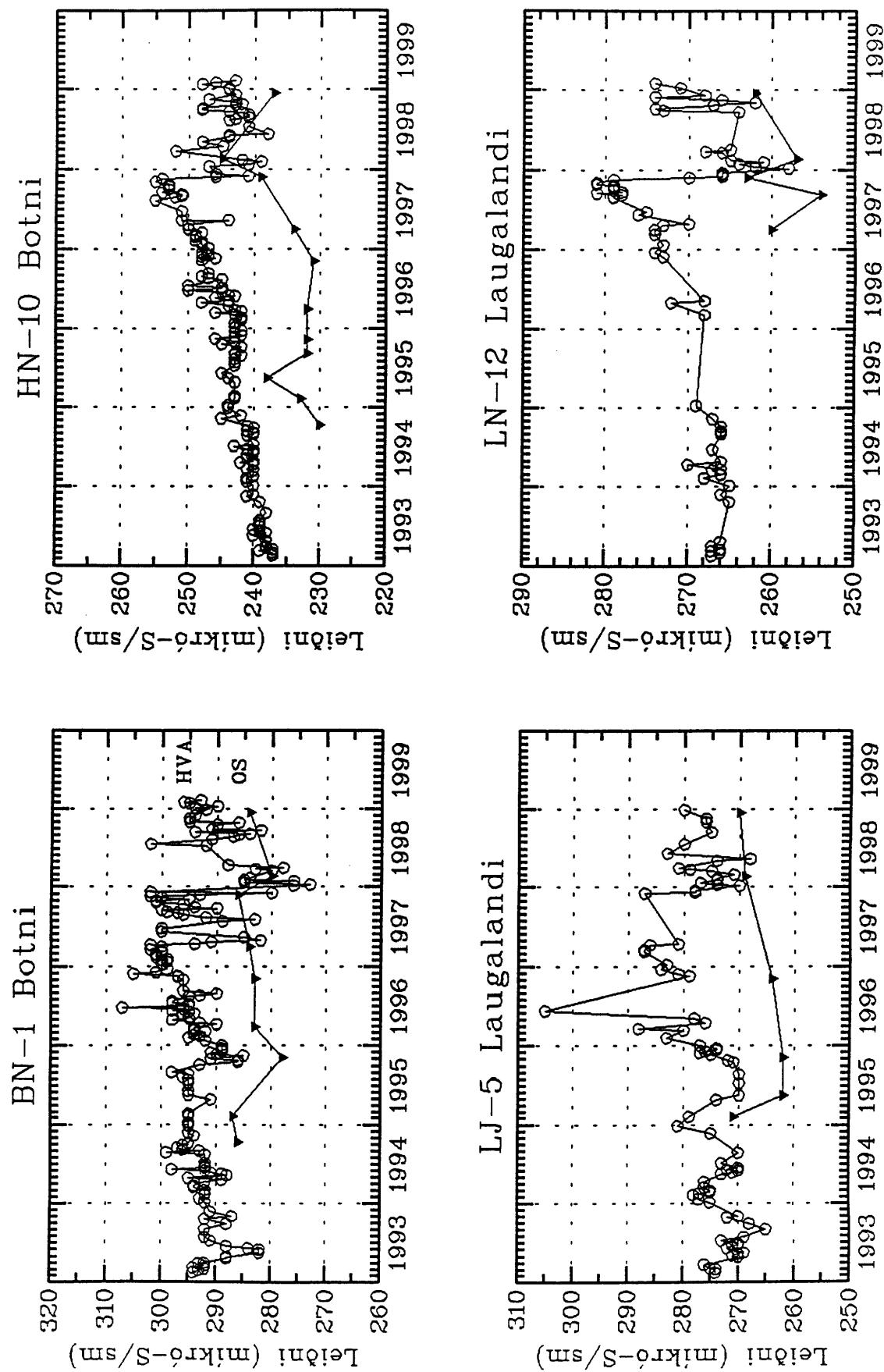
Mynd 35. Styrkur nokkurra efna í holu RWN-7 sem fall af tíma.



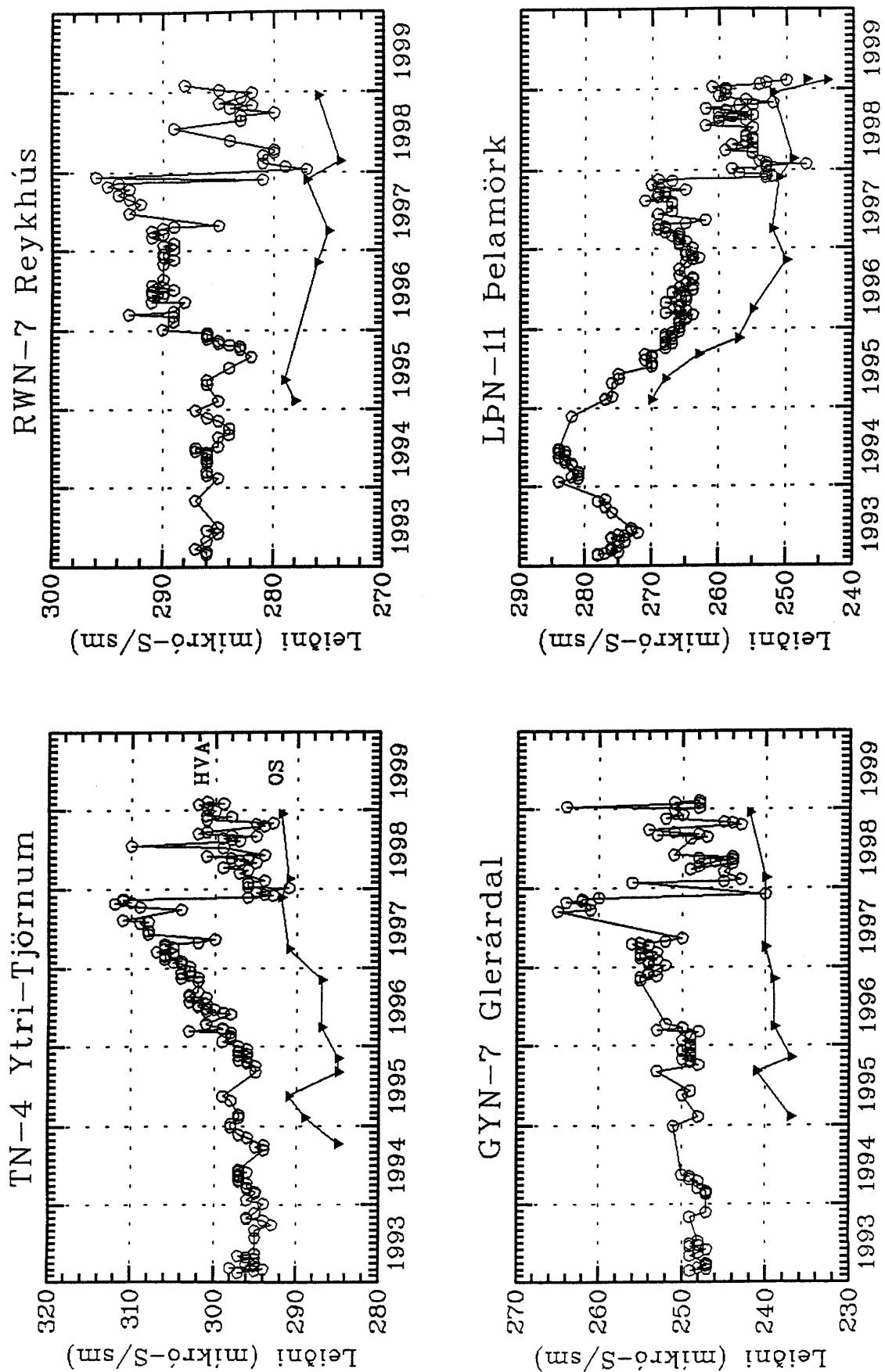
Mynd 36. Styrkur nokkurra efna í holu GÝN-7 sem fall af tíma.



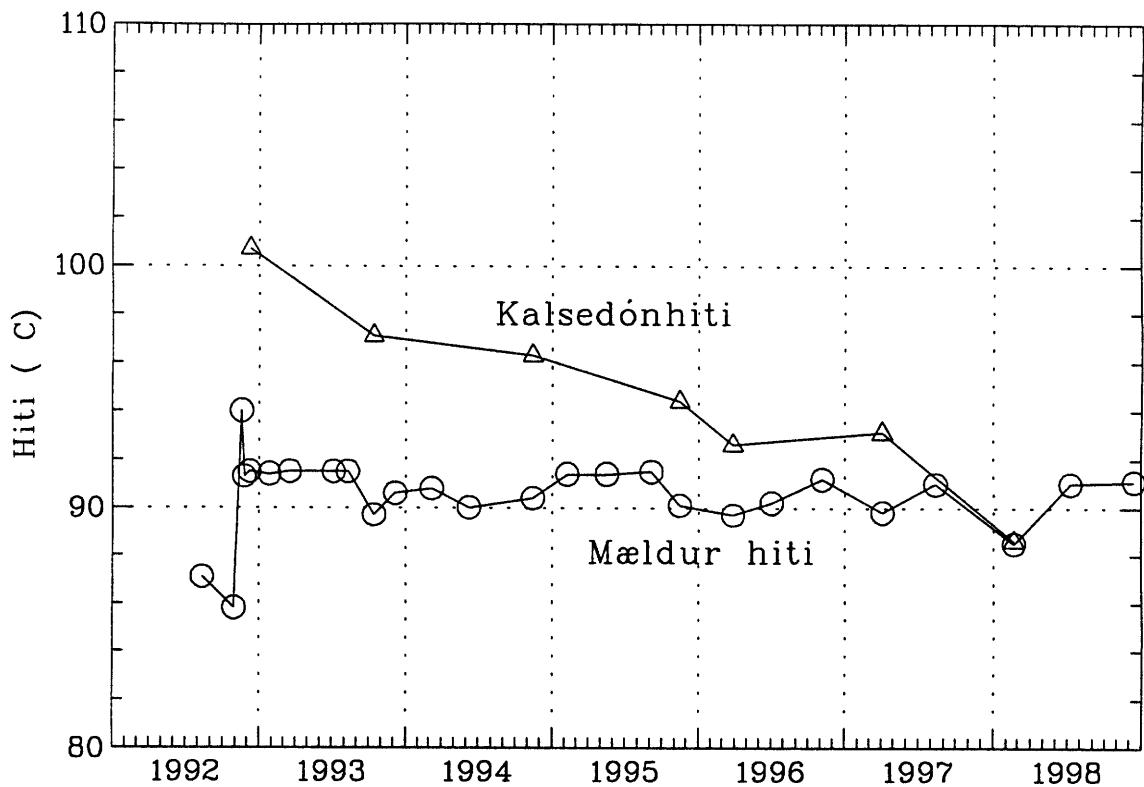
Mynd 37. Styrkur nokkurra efna í holu LPN-11 sem fall af tíma.



Mynd 38. Mælingar HVA og OS á leiðni vatns úr holum BN-1, HN-10, LJ-5 og LN-12.



Mynd 39. Mælingar HVA og OS á leiðni vatns úr holum TN-4, RWN-7, GYN-7 og LPN-11.



Mynd 40. Samanburður mælds hita og reiknaðs kaledónhita fyrir holu LPN-11.

6. LANGTÍMAEFTIRLIT MEÐ EFNASTYRK Í LAUGUM OG Á FLEIRI STÖÐUM

Samkvæmt áætlun um rannsóknir Orkustofnunar fyrir Hitaveitu Akureyrar var, auk venjubundins vinnslueftirlits, mælt efnainnihald vatns úr nokkrum laugum og borholum í Eyjafirði mælt fyrir þessa vinnslueftirlitsskýrslu. Tilgangur þess er að fylgjast með dreifingu og efnasamsetningu náttúrlegs jarðhita á Eyjafjarðarsvæðinu og hvort núverandi vinnsla hafi áhrif þar á. Sýni í þessum tilgangi voru fyrst tekin á árunum 1977-1981 (Hrefna Kristmannsdóttir og Sigfús Johnsen, 1981). Þá voru tekin sýni víða um Eyjafjarðarsvæðið, bæði úr náttúrlegum jarðhita og borholum sem boraðar voru á þessu tímabili. Árið 1989 var aftur ráðist í sýnatöku á laugum í Eyjafirði og þá tekin sýni úr sex laugum auk grunnra holna við Grýtu (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1990). Frá því að Hitaveitan hóf starfsemi sína höfðu einhverjar laugar þormað og vatnsborð í grunnum holum hafði lækkað. Athyglinni var því beint að þeim laugum sem eftir voru og sýni tekin úr laugum í Ytra-Gili, við Kristnes, Stokkahlaðir og Hólsgerði, í Mjaðmárdal, við Grýtu og Garðsá. Til stóð að taka sýni á sömu stöðum árið 1998 og sleppa lauginni við Hólsgerði en taka sýni úr holu 7 á Reykjum í Fnjóskadal. Sýnataka fór fram 8.-9. september og 10. nóvember 1998 og alls voru tekin sex sýni. Ekki tókst að ná sýni úr Mjaðmárdalslaug eða Gislslaug. Sú fyrnefnða er talsvert langt úr alfaraleið og urðu sýnatökumenn frá að hverfa vegna veðurs, en laugin á Ytra-Gili fannst ekki. Hér á eftir fer lýsing á sýnatökustöðum og staðsetningar með GPS staðsetningartæki fylgja í töflu 14. Yfirlit yfir staðsetningar lauganna og jarðfræðilegar aðstæður er að finna í skýrslu um rannsókn jarðhita í Eyjafirði (Axel Björnsson o.fl., 1979).

Niðurstöður efnagreininga á sýnum, sem voru tekin 1998, er að finna í töflum 12 og 13 og til samanburðar eru teknar með niðurstöður allra eldri efnagreininga frá sömu laugum og holum. Við samanburð frá mismunandi tímum þarf að hafa í huga að greiningaraðferðir hafa í sumum tilvikum breyst og að greiningar einstakra efna frá mismunandi tímum eru ekki alltaf sambærilegar. Pannig var klóríð og súlfat greint með öðrum aðferðum í eldri sýnunum en í þeim yngri og mælingar á pH, karbónati og brennisteinsvetni voru ónákvæmari í sýnum frá 1977-1981.

Grýtulaug og borholur við Grýtu.

Tvö sýni voru tekin við bæinn Grýtu, úr borholunum GRÝ-4 og GRÝ-3. Holan GRÝ-3 er við gömlu Grýtulaugina, undir brekkurótum vestan við bæinn Grýtu (Ólafur G. Flóvenz og Ásgrímur Guðmundsson, 1984). Aðeins seytlar úr holunni, en rennslíð fór þó smátt og smátt minnkandi sumarið 1998 (Árni Árnason, pers. uppl.).

Borholan GRÝ-4 er um 10 m ofan við trjálund sem er rétt norðan við bæinn Grýtu. Sýnið var tekið úr yfirfalli á litlum tanki sem tengdur er holunni, en hún er nýtt til hitunar bæjarins.

Ekki virðast hafa orðið marktækar breytingar á efnasamsetningu vatns úr holu GRÝ-3 síðan 1989 (tafla 12). Rennslí hefur minnkað mjög mikið úr holunni og er hitastig þar af leiðandi mun lægra en verið hefur. Öfgut við það sem oft er, þá ber vatn úr holu GRÝ-3 meiri einkenni blöndunar við kalt vatn en vatn sem tekið var beint úr Grýtulaug áður en holan var boruð. Tafla 12 sýnir niðurstöður efnagreininga þeirra sýna sem tekin hafa verið úr GRÝ-4, en ekki er heldur um breytingar að ræða í efnasamsetningu ef frá er talin hækkan í styrk karbónats og lækkun í súlfati.

Tafla 12. Efna samsetning vatns úr laugum og holum utan vinnslusvæða í Eyjafirði, fyrri hluti.

Staður	Stokkahlaðalaug				Laug				Grytulaug				GRÝ-3				GRÝ-4			
	Dagsetning	16-05-1981 19810089	29-08-1989 19890056	09-09-1998 19980515	02-05-1976 19760051	23-10-1977 19770168	29-08-1989 19890057	08-09-1998 19980512	29-08-1989 19890058	08-09-1989 19890058	08-09-1998 19980511	08-09-1989 19890058	08-09-1998 19980512	08-09-1989 19890058	08-09-1998 19980511	08-09-1998 19980511				
Hiti (°C)	23,3	19,2	18,7	30	30,8	13,8	14,8	10,3	9,59/23	9,74/20	54,7	54,9	50,7	50,9	0,19	0,19				
Sýrustig (pH/°C)	9,93/24	9,96/20	9,92/22	9,55/18	9,62/22	9,68/20	9,57/23	83,5	83,5	83,5	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2				
Kísill (SiO_2)	71,9	66,6	65,4	92,0	91,5	85,4	85,4	50,7	50,7	50,7	50,7	50,7	50,7	50,7	50,7	50,7				
Natrium (Na)	50,7	49,0	49,8	60,6	75,2	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0				
Kalíum (K)	0,6	0,6	0,49	1,30	1,4	1,0	1,0	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83				
Kalsíum (Ca)	4,0	5,1	5,41	4,1	3,2	4,2	4,2	4,03	4,03	4,03	4,03	4,03	4,03	4,03	4,03	4,03				
Magnesíum (Mg)	0,05	0,43	0,322	0,01	<0,01	0,05	0,05	0,047	0,047	0,047	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01				
Karbónat (CO_2)	10,4	15,7	17,8	30,4	34,5	41,2	57,7	30,5	30,5	30,5	38,7	38,7	38,7	38,7	38,7	38,7				
Súlfat (SO_4)	47,1	46,8	45,7	65,7	56,9	35,0	33,4	33,4	33,4	33,4	33,4	33,4	33,4	33,4	33,4	33,4				
Brennist.vetni (H ₂ S)	<0,1	<0,03	0,04	<0,1	<0,1	0,26	0,34	0,22	0,22	0,22	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36				
Klórið (Cl)	9,7	10,2	10,1	24,6	29,5	17,4	16,2	13,1	13,1	13,1	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6				
Flúoríð (F)	0,63	0,61	0,58	0,61	0,61	0,56	0,50	0,49	0,49	0,49	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43				
Bór (B)	0,20	-	0,23	-	-	-	-	0,34	0,34	0,34	-	-	-	-	-	-				
Ál (Al)	-	-	0,0012	-	-	-	-	0,003	0,003	0,003	-	-	-	-	-	-				
Mangan (Mn)	-	<0,05	0,0049	-	-	<0,05	<0,05	0,0001	0,0001	0,0001	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05				
Járn (Fe)	-	<0,025	0,066	-	-	<0,025	<0,025	0,0026	0,0026	0,0026	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025				
Uppleyst efni	225	209	-	310	302	258	-	-	-	-	201	201	-	-	-	-				
δD (‰)	-	-99,6 ^B	-104,5	-	-	-96,5 ^B	-96,5 ^B	-	-	-	-96,03 ^B	-96,03 ^B	-	-	-	-				
$\delta^{18}\text{O}$ (‰ SMOW)	-14,2	-14,1 ^B	-	-	-	-13,2 ^B	-13,2 ^B	-	-	-	-13,4 ^B	-13,4 ^B	-	-	-	-				

- ekki mælt

B Mælt við háskólanum í Akita, Japan

Stokkahlaðalaug.

Laugin er í landi Stokkahlaða í vestanverðum Eyjafirði. Sýni var tekið úr, að talið er, efri og heitari laug sem lýst er í greinargerð frá 1981 (Sigmundur Einarsson o.fl., 1981). Ekið er áleiðis upp að bænum Hranastöðum en skömmu eftir að vegurinn sveigir til vesturs er farið yfir ógirt tún sunnan vegar. Um það bil 50 m sunnan við veginn er lækjargil, sem liggur A-V, og er laugin þar í syðri bakkanum við austurjaðar túnsins (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1994). Rennsli laugarinnar var áætlað innan við 0,1 l/s.

Í töflu 12 má sjá niðurstöður efnagreininga á þremur sýnum, sem tekin hafa verið úr lauginni. Hiti mælist lægri í yngri sýnum og þegar nánar er að gáð má sjá að breytingar í efnasamsetningu benda til blöndunar með kaldara grunnvatni. Kíslstyrkur er nokkuð lægri í yngri sýnum, en í sýninu frá 1981, og einnig styrkur kalíums. Magnesíum, kalsíum og karbónatstyrkur hefur hækkað. Ekki er um marktæka breytingu að ræða milli áranna 1989 og 1998. Sú grunnvatnsblöndun, sem varð vart 1989, virðist viðvarandi og gæti tengst vinnslu úr jarðhitakerfinu að Botni. Þá er rétt að benda á að marktækur munur er á hlutfalli vetnisísótópa í tveimur yngri sýnum, en að hlutfall súrefnisísótópa hefur ekki breyst frá því sýni var fyrst tekið úr lauginni 1981. Þetta gæti þýtt að uppruni vatnsins sé að einhverju leyti annar en ádur og að um sé að ræða vatn sem er lengra að komið og e.t.v. eldra. Það ber þó að hafa í huga að hér er einungis stuðst við tvær mælingar á löngum tíma.

Kristneslaug.

Laugina er að finna í gili sunnan við Kristneshæli, u.p.b. 250 m ofan við veginn sem liggur suður frá hælinu. Rétt neðan girðingar, sem liggur þvert á gilið, eru þrjár steyptar þær. Laugin er í efstu steyptu þrónni og u.p.b. 50 cm voru niður á vatnsborð frá þróartoppi. Hitastig og rennsli hefur verið mælt af og til frá árinu 1920 og hefur hiti haldist nær óbreyttur frá því mælingar hófust (Sigmundur Einarsson o.fl., 1981, Hrefna Kristmannsdóttir og Sigfús Johnsen, 1981).

Tafla 13 inniheldur niðurstöður þriggja efnagreininga úr Kristneslaug, frá 1977, 1989 og 1998. Ekki er marktækur munur á efnasamsetningu yngri sýnanna og engar breytingar á milli þeirra, sem hægt er að rekja til vinnslu annarra jarðhitavæða. Séu borin saman elsta og yngsta sýnið, og tekið tillit til mismunandi greiningaraðferða, má sjá að hitastig hefur lækkað talsvert og breytingar hafa orðið í styrk katjónanna Ca^{++} og K^+ . Það er þó ekki hægt að segja að vatnið í Kristneslaug beri einkenni grunnvatnsblandaðs jarðhitavatns. Ástæða breytinganna gæti verið breyttar efnagreiningaraðferðir og breytingar á aðstæðum til sýnatöku.

Garðsárlaug.

Laugin er í árgili þverár SSV við bæinn Garðsá (Ásgrímur Guðmundsson og Sigmundur Einarsson, 1980, Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1981). Farið er yfir syðstu túngirðingu og stiklað yfir læk (Garðsá) og síðan niður grasi gróna bratta brekku. Neðst í henni er laugin greinileg í moldarsvaði. Kaldar lindir eru einnig í svaðinu, en volga uppsprettan er vel afmörkuð og blöndun því sennilega ekki mikil. Rennsli var áætlað 0,1 til 0,2 l/s. Alls hafa verið tekin fjögur sýni úr Garðsárlaug til efnagreininga og eru niðurstöður þeirra að finna í töflu 13 (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1989). Ekki hefur orðið nein marktæk breyting á efnainnihaldi vatnsins og hitastig hefur haldist óbreytt frá fyrstu mælingu 1977.

Tafla 13. Efnasamsetning vats úr laugum og holum utan viðslusvæða í Eyjafirði, seinni hlutí.

Staður	Kristneslaug						Garðsárlaug						Reykir	
	Dagsetning Númer	25-10-1977 19770177	29-08-1989 19890055	10-11-1998 19980563	25-10-1977 19770175	29-08-1979 19790101	29-08-1989 19890059	09-09-1998 19980514	24-03-1980 19800037	08-09-1998 19980513	Laug	RÝ-7		
Hiti (°C)	60,0	53,8	51,3	19	19	19,1	19,0	9,89/23	9,85/23	90,0	89,4			
Sýrustig (pH°C)	9,85/23	9,88/20	9,91/22	9,82/23	9,62/22	9,89/20	9,85/23	9,80/24	9,80/24		9,89/23			
Kísill (SiO ₂)	88,4	83,6	82,5	55,9	57,0	55,6	56,4			123	107			
Natrúum (Na)	50,7	49,3	49,1	54,0	54,5	54,0	55,6			49,2	48,5			
Kalíum (K)	0,84	0,8	0,69	0,50	0,55	0,6	0,50			1,22	0,89			
Kalsíum (Ca)	1,92	3,1	3,21	3,64	4,74	4,90	5,24			1,75	1,54			
Magnesíum (Mg)	0,002	<0,01	0,007	0,009	0,004	0,01	0,01			<0,005	0,005			
Karbónat (CO ₂)	24,4	18,6	18,9	22,0	17,5	18,9	21,9			25,7	24,8			
Sulfát (SO ₄)	34,4	37,1	35,5	40,3	47,9	50,6	49,2			17,0	16,1			
Brennist.vetni (H ₂ S)	<0,1	<0,03	0,05	<0,1	0,03	<0,03	<0,03			0,20	0,13			
Klóríð (Cl)	10,7	7,2	7,0	21,6	19,6	19,0	18,7			7,5	6,37			
Flúoríð (F)	0,64	0,60	0,62	0,4	0,38	0,39	0,36			0,42	0,40			
Bór (B)	-	-	0,21	0,23	0,20	-	0,27			0,07	0,11			
Ál (Al)	-	-	0,022	-	-	0,0036	-			0,0036	0,192			
Mangan (Mn)	-	<0,05	0,0002	-	-	<0,05	0,0005			-	0,0006			
Járn (Fe)	-	<0,025	0,0154	-	-	<0,025	0,0085			-	0,0078			
Uppleyst efni	249	220	-	204	202	206	-			237	-			
δD (‰)		-97,0 ^B	-	-	-99,2	-97,7 ^B	-			-	-			
δ ¹⁸ O (‰, SMOW)	-13,5 ^A	-13,8 ^B	-	-	-13,6	-13,6 ^B	-			-	-			

- ekki mælt

A Mælt 1982

B Mælt við háskólanum í Akita, Japan

RÝ-7 Reykir í Fnjóskadal.

Eitt heilsýni var tekið úr holu RÝ-7 á Reykjum í Fnjóskadal í september 1998, en eldri heilsýni eru ekki til. Tvö sýni voru tekin úr lauginni að Reykjum áður en holan var boruð 1982 og eru niðurstöður greininga á öðru þeirra birt í töflu 13 ásamt greiningu sýnisins úr borholunni. Lítill munur er á efnasamsetningu vatns úr lauginni og borholunni nema helst það að kísill mælist hærri í þeirri fyrnefndu. Brennisteinsvetni mælist lægra í holunni og einnig kalíum og kalsíum, en önnur efni eru af sama styrk.

Ytra-Gil.

Ekki tókst að ná sýni úr lauginni, sem hefur verið í gili sunnan bæjarins að Ytra-Gili, u.p.b. 750 m ofan við bæinn (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1981). Hægt er að aka vegarslóða, sem liggur upp frá bænum, fyrst í vestur upp hlíðina, en hann sveigir svo til suðurs. Samkvæmt upplýsingum ábúenda að Ytra-Gili hefur laugin ekki fundist síðan sumarið 1997. Þá var hún grafin upp en án sem rennur í gilinu ber yfir hana efni á hverjum vetri. Ekki var gerð tilraun til að grafa laugina upp síðastliðið sumar. Staðsetning laugarinnar var ákvörðuð samkvæmt leiðsögn bónans á bænum en þegar starfmenn ROS voru þar í nóvember var gilið fullt af snjó. Ekki varð laugarinnar vart með hitastaf.

Tafla 14. Leiðréttar GPS staðsetningar lauga og grunnra borholna í Eyjafirði.

Staður	Dags	Hnatthnit (WGS-84)		Hæð (m y.s.)
GRÝ-4	08-09-1998	65°33'21.38132"N	18°04'23.47832"W	114
GRÝ-3	08-09-1998	65°33'14.03279"N	18°04'43.62524"W	75
Kristnes	10-11-1998	65°35'37.68551"N	18°05'45.50519"W	158
Garðsá	09-09-1998	65°35'56.55015"N	17°59'27.19982"W	165
Stokkahlaðir	09-09-1998	65°33'32.50488"N	18°07'17.31025"W	173
RÝ-7	08-09-1998	65°34'34.12676"N	17°45'48.69575"W	295
Ytra-Gil	10-11-1998	65°37'17.68826"N	18°05'40.00716"W	191

7. ORKUBÚSKAPUR HITAVEITU AKUREYRAR 1998

Allar mælingar sem notaðar eru til að reikna orkuframleiðslu og orkunotkun eru gerðar af starfsmönnum HVA og sendar Orkustofnun á tölvutæku formi sem Excel skrár. Ýmist er notast við frumaflestra eða úrvinnslu Vignis Hjaltasonar hjá HVA úr þeim tölu. Um er að ræða tvenns konar gögn frá HVA, vikuaflestra og mánaðaraflæstra. Þeir fyrnefndu eru teknir einu sinni í viku, á þriðjudögum og falla aflestrar sjaldnast nákvæmlega á almanaksárá. Þeir síðarnefndu eru teknir síðasta dag hver mánaðar og taka því ávallt til heils almanaksárs. Þar sem þess er kostur eru mánaðaraflæstrarnir notaðir en að öðrum kosti eru vikuaflestrarnir uppreiknaðir að heilu ári.

Í töflu 2 fyrir í skýrslunni eru dregnar saman upplýsingar um orkuframleiðslu Hitaveitu Akureyrar árið 1998. Í töflu 15 er að finna mun ítarlegri upplýsingar um orkubúskap veitunnar árið 1998 auk þess sem myndir 41 og 42 sýna massa- og orkuflæði um kerfi veitunnar á árinu. Í töflunni eru tilgreindar ýmsar upplýsingar, sem tíndar hafa verið til úr ýmsum áttum. Hér á eftir er gerð grein fyrir hvernig þessar upplýsingar eru fengnar eða reiknaðar út.

Orkuframleiðslan er gefin upp í GWh og er hún reiknuð á eftirfarandi hátt:

1. Heildarorkuframleiðsla ársins í Eyjafjarðarsveit er fundin út frá rúmmetramælum við borrholar hitaveitunnar í Eyjafjarðarsveit. Vatnsvinnsla úr holu RWN-7 við Reykhús er þar meðtalinn. Byggt er á aflestrum nálægt áramótum 97/96 og 98/99, og leiðrétt að heilu ári með því að áætla daglega vinnslu um áramótin út frá næstu álestrum. Síðan er orkan reiknuð út frá þeim hita sem mældur er á holutoppi og gert ráð fyrir 27°C hita sem neðri nýtingarmörkum. Orkuframleiðsla á Glerárdal og Þelamörk er reiknuð út á sama hátt.
2. Orkuframleiðsla varmadælnanna er reiknuð út frá raforkunotkun þeirra með því að notfæra sér upplýsingar um ábatastuðul þeirra. Vegna bilunar í tölvu er aðeins fyrirliggjandi gildi fyrir ábatastuðul á tímabilinu 6. janúar til 18. febrúar 1998 og var meðalgildi hans þá 4,4. Sama niðurstaða fæst ef notast er við nýtingartíma dælnanna á árinu og gert ráð fyrir að meðalafi hvorrar dælu hafi verið 1,31 MW.
3. Orkuframleiðsla í rafskautakatli er lesin beint af orkumælum við Súluveg
4. Gert er ráð fyrir að nýtni rafskautaketils við Þórunnarstræti sé 95%
5. Orkuframleiðsla í olíukatli er reiknuð út frá meðalrennsli gegnum olíuketilinn, mældum hita vatns inn á ketilinn og þeirri forsendu að hiti út af katlinum hafi varið 78°C að jafnaði.

Varmaorkunotkunin er reiknuð á eftirfarandi hátt:

1. Notkun á Akureyri er reiknuð sérstaklega fyrir efra og neðra kerfið. Notkun á efra kerfi er summa þess sem mælt er frá geymi í Þórunnarstræti að efra kerfi að viðbættu því magni sem fer frá Glerárdal um ketil við Súluveg og því sem sent er út á kerfið í dælustöðinni í Sjöfn. Nokkurt misrämi kemur fram í mæligögnum. Þannig sýna rúmmetramælar að minna hafi farið til efra kerfis en reikna má út frá meðaldælingu þangað samkvæmt vikuaflestrum. Miðað við notkun og skiptingu notkunar milli kerfanna undanfarin ár eru vikuaflestrarnir mun trúverðugri. Líkleg skýring misräemisins er sú að um tíma í mars eða apríl hafi vatn runnið framhjá mælinum eða hann verið óvirkur. Notkun á neðra kerfi er fengin með því að draga mælt rennsli frá geymi í Þórunnarstræti að efra kerfi frá heildamagni sem sent er frá sama geymi. Gengið er út frá því að meðalhiti út á kerfið hafi verið 77°C. Orkunotkunin sem þarna er reiknuð innifelur því bæði notkun einstakra notenda og varmatap í dreifikerfi bæjarins. Áætlað er að meðalhiti bakrásarvatns sé 27°C, eins og hann mældist árið 1993.

2. Notkunin í Eyjafjarðasveit er reiknuð út frá söluskýrslum Hitaveitu Akureyrar, yfirliti um frívatn, yfirliti um vatn sem Hrafnagilsveita fær og dælingu úr holunni við Reykhús. Miðað er við meðalhita vatns úr holum í Eyjafjarðarsveit við útreikningana þannig að orkutap í dreifikerfi Eyjafjarðarsveitar er innifalið í orkunotkuninni.
3. Eigin notkun hitaveitunnar í Eyjafjarðarsveit reiknast sem mismunur framleiðslu í Eyjafjarðarsveit annars vegar og summu af notkun í Hrafnagilshreppi og því sem fer um skilju á Laugalandi hins vegar. Um er að ræða notkun í dælustöðinni á Laugalandi og það vatn sem látið er renna ofan í vinnsluholur, sem ekki eru í gangi, til að halda dæluöxlum heitum. Þessi tala er mjög ónákvæm af því að hún fæst sem mismunur tveggja stórra mælitalna, sem eru nálægt því að vera jafnstórara. Fljótt á litlum virðist hún of há miðað við þær hugmyndir sem menn gera sér um magn þess vatns sem látið er renna niður í holurnar. Ástæða er til að setja upp mæla á niðurrennslisrörin.
4. Orkunotkun í Glæsibæjarhreppi er mismunur orkuframleiðslu á Þelamörk og þeirrar orku sem berst til Akureyrar frá Þelamörk.
5. Orkutapið í aðveitukerfi er fundið sem mismunur orkuframleiðslu og orkunotkunar. Fyrir aðveituna frá Laugalandi reiknast orkutapið 4,9 GWh, sem samsvarar um 1,6°C kælingu í aðveitupípunni. Fyrir aðveituna frá Þelamörk reiknast orkutapið 1,5 GWh, sem jafngildir um 5°C kólunum í Þelamerkuraðveitunni. Orkutap í Glerárdalsáðveitu telst með orkutapi í bæjarkerfi og er hvorki reiknað eða mælt sérstaklega. Tekið skal fram að tölurnar um orkutöpin eru tölувert ónákvæmar vegna þess að þær eru ekki mældar beint heldur reiknaðar út frá öðrum stærðum.

Raforkunotkun hitaveitunnar er fengin úr gagnagrunni hitaveitunnar. Það sama á við um upplýsingarnar um **bakrásarvatnið**.

Íbúafjöldinn er samkvæmt upplýsingum Hagstofu Íslands um íbúafjölda 1. desember 1997.

Upplýsingar um **rúmmál hitaðs húsrýmis** á Akureyri er fengið úr veituskrá hitaveitunnar.

Upplýsingar um orkuverð eru tvenns konar. Annars vegar er birt orkuverð eins og það var samkvæmt gjaldskrá HVA í árslok. Í raun er þar ekki um orkuverð að ræða heldur gjald fyrir hvern rúmmetra sem notandi fær. Hann getur verið misorkuríkur. Hins vegar er birt tala um meðalorkuverð á framleidda kflóvattstund. Þarna er einfaldlega um að ræða heildartekjur HVA af heitavatnssölu deilt niður á hverja framleidda kflóvattstund. Inni í þessari tölu eru því bæði frívatn og orkutöp.

Loks eru upplýsingar um **veðurfar** fengnar frá Veðurstofu Íslands.

Tafla 15. Yfirlit um ýmsa þætti varðandi orkubúskap Hitaveitu Akureyrar 1998.

Orkuframleiðsla:			
Jarðhitasvæðin í Eyjafjarðarsveit ¹⁾	220,2 GWh	77,3%	
Jarðhitassvæðið á Glerárdal	18,4 GWh	6,4%	
Jarðhitasvæðið á Þelamörk	29,4 GWh	10,3%	
Varmadælur	5,9 GWh	2,1%	
Rafskauta- og olíukatlar	11,0 GWh	3,9%	
Heildarorkuframleiðsla ¹⁾	284,9 GWh	100 %	
Varmaorkunotkun:			
Dreifikerfi á Akureyri	243,2 GWh	85,4%	
Heildarnotkun í Eyjafjarðarsveit ¹⁾	22,2 GWh	7,8%	
Notkun í Glæsibærjarhreppi	10,0 GWh	3,5%	
Eigin notkun HVA í Eyjafjarðarsveit ²⁾	3,0 GWh	1,0%	
Orkutap í aðveitukerfi ⁶⁾	6,5 GWh	2,3%	
Heildarorkunotkun ¹⁾	284,9 GWh	100 %	
Raforkunotkun:			
Borholudælur og dælustöð í Eyjafjarðarsveit	4,8 GWh		
Dælustöðvar á Akureyri	1,2 GWh		
Dælur á Þelamörk	0,6 GWh		
Varmadælur	1,3 GWh		
Rafskautakatlar	9,2 GWh		
Niðurdæling á Laugalandi	0,2 GWh		
Raforkunotkun, alls	17,3 GWh		
Bakrásarvatn:			
Endurheimt bakrásarvatn (meðaltal)	36,4 l/s		
Meðalhiti bakrásarvatns (ágiskað)	27 °C		
Íbúafjöldi:			
Akureyri	15.103		
Eyjafjarðarsveit	949		
Glæsibærjarhreppur	263		
Akureyri, ýmsar upplýsingar:			
Rúmmál hitaðs húsrýmis ⁴⁾	3.628.400 m ³		
Orkunotkun á rúmmetra húsrýmis ⁵⁾	77,3 kWh/m ³		
Heitavatnsnotkun á rúmmetra húsr.	1,3m ³ /m ³		
Varmaorkuframleiðsla á íbúa	17.198 kWh/fbúa		
Heitavatnsnotkun á íbúa	288 m ³ /fbúa		
Aukning í hituðu húsrými frá 1996	62.000 m ³		
Orkuverð án VSK:			
Fastagjald í árslok (15 mm mælir)	8460 kr		
Rúmmetragjald í árslok	106,00 kr/m ³		
Meðalorkuverð á framleidda kWh ³⁾	1,77 kr/kWh		
Meðalrúmmetraverð út á dreifikerfið	105,63 kr/m ³		
Veðurfar:	1998	1981-1998	Staðalfrávik
Ársmeðalhiti (°C)	3,15	3,51	0,65
Meðalvindhraði (hnútar)	9,1	8,7	1,2
Vindleiðréttur meðalhiti	-0,25	0,24	0,74

¹⁾ Reykhús meðtalinn.

²⁾ Dælustöð og niðurrennslí í dæluholur sem ekki eru í notkun, ónákvæmar tölur.

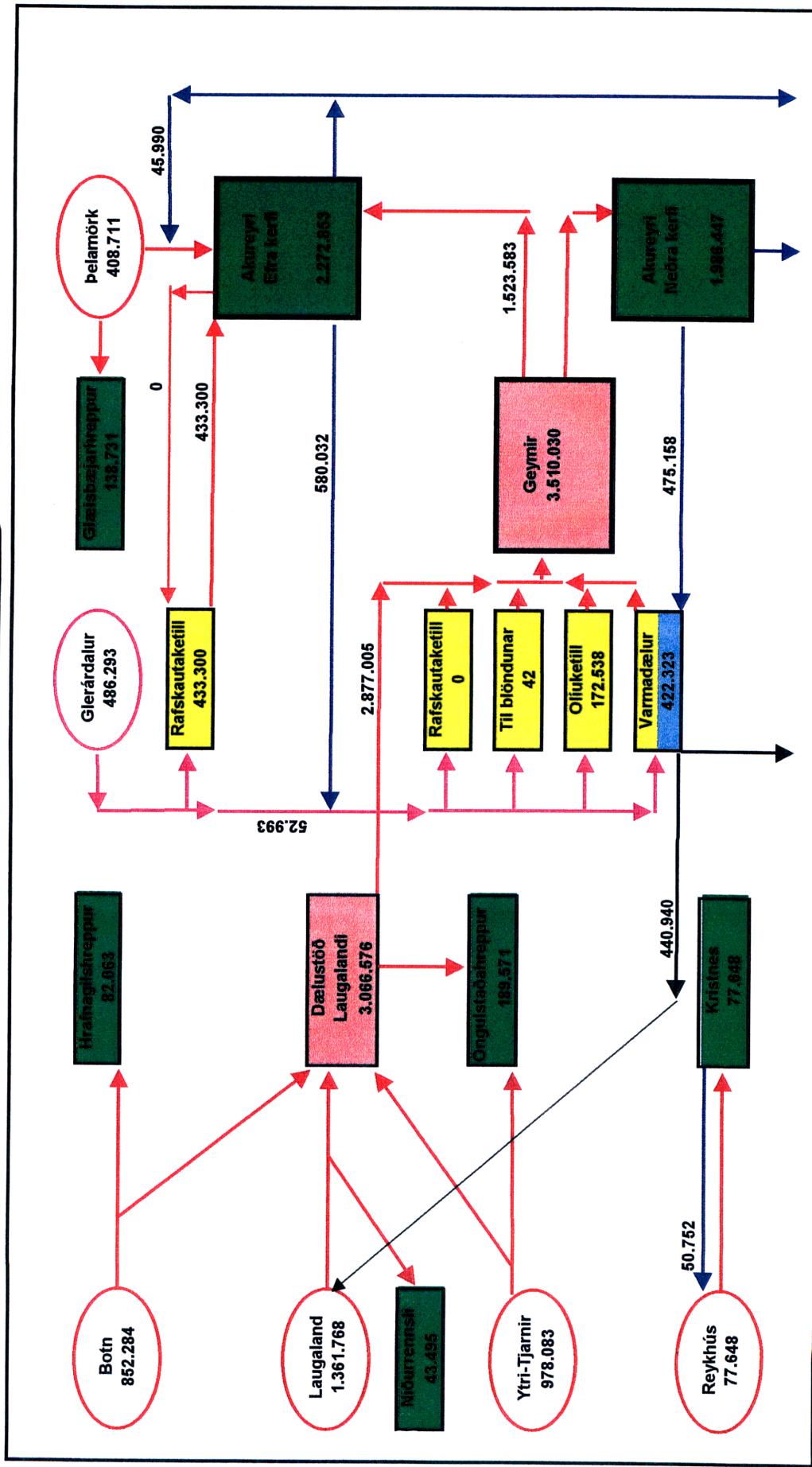
³⁾ Heildarorkusala í krónum á hverja framleidda kflóvattstund.

⁴⁾ Á Akureyri, í Eyjafjarðarsveit og Glæsibærjarhreppi.

⁵⁾ Orkutop ⁶⁾ í aðveitu ekki meðtalinn

⁶⁾ Mjög ónákvæmar tölur

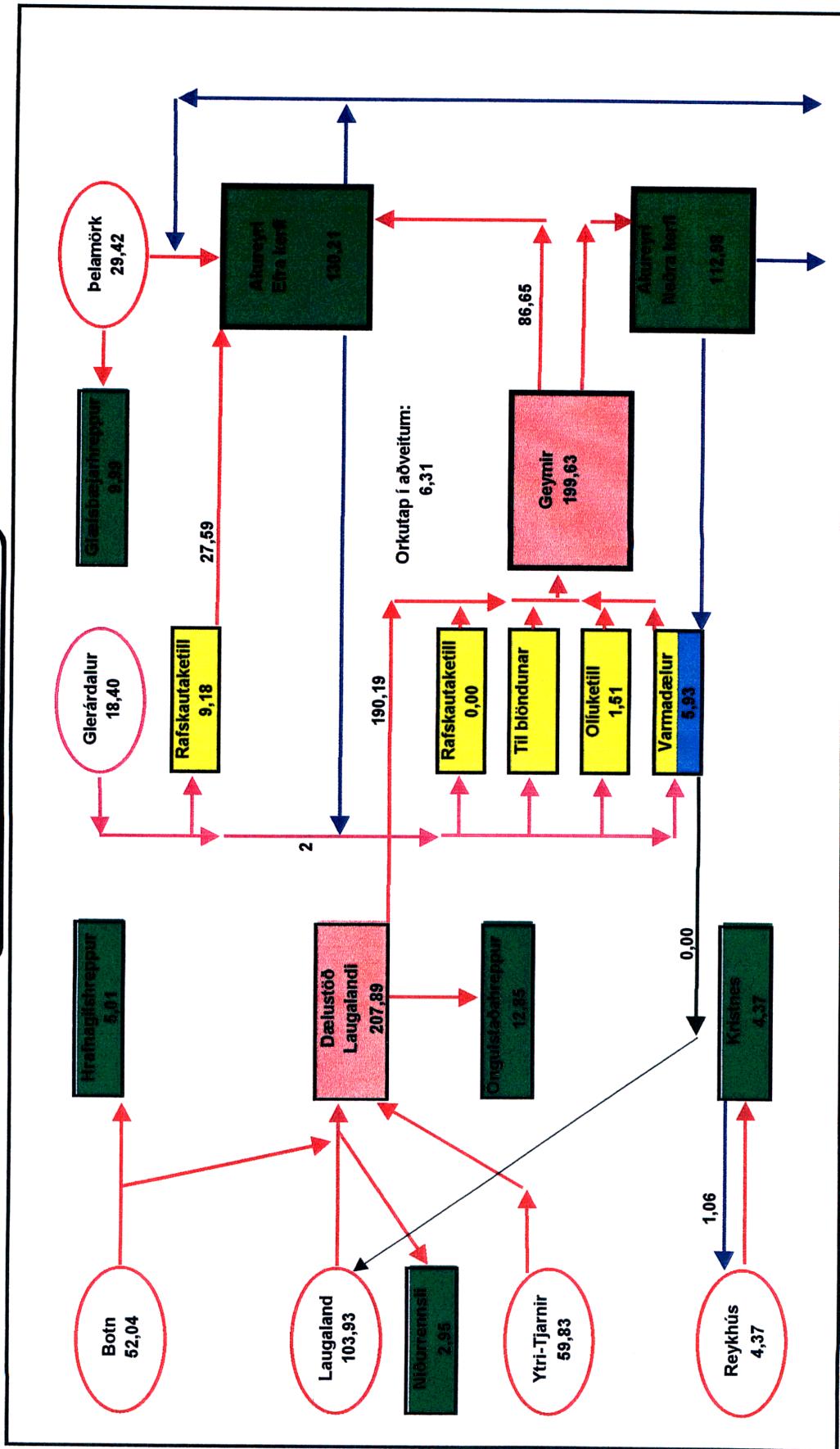
**Hitaveita Akureyrar
Massafæði 1998**
Allar tölur eru í rúmmetrum
Tímabil 31.12.1997 - 31.12.1998



Mynd 41. Massafæði um kerfi Hitaveitum Akureyrar árið 1998.



**Hitaveita Akureyrar
Orkuflæði 1998**
Allar tölu eru í gígawattstundum
Tímabil 31.12.1997 - 31.12.1998



Mynd 42. Orkuflæði um kerfi Hitaveitu Akureyrar árið 1998.



8. ENDURSKOÐAÐIR HERMIREIKNINGAR OG AFKASTAMAT

8.1 Endurskoðaðir hermireikningar

Árið 1988 voru reiknaðar vatnsborðsspár til aldamóta fyrir vinnslusvæðin fjögur sunnan Akureyrar og vinnslugeta þeirra áætluð (Guðni Axelsson o.fl., 1988). Við reikningana voru notuð þjöppuð líkön af jarðhitakerfunum, sem hermu þau gögn sem þá voru tiltæk um vatnsborð og vinnslu. Fimm árum seinna voru vatnsborðspárnar endurreiknaðar í ljósi þeirra gagna, sem þá höfðu safnast til viðbótar (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1993). Ákveðið hefur verið að halda þeirri reglu að endurskoða hermireikninga og afkastamat fyrir vinnslusvæði veitunnar á fimm ára fresti, og verður hér á eftir fjallað um nýjustu endurskoðunina.

Nokkrar ástæður eru fyrir því að talin er þörf á endurskoðun hermireikninganna:

- Í fyrsta lagi eykst nákvæmni slíkra reikninga eftir því sem meiri gögn eru lögð þeim til grundvallar (lengri vinnslusaga).
- Í öðru lagi minnkar nákvæmni vatnsborðspáa eftir því sem lengra dregur frá lokum þess tímaþils, sem lagt er til grundvallar reikningunum.
- Í þriðja lagi geta orðið breytingar í jarðhitakerfum, annað hvort skyndilegar eða hægfara, sem erfitt er að greina nema með slíkri endurskoðun.
- Í fjórða lagi getur gætt áhrifa milli nálægra vinnslusvæða, sem trufla hermireikninga eins og hér um ræðir, þar sem hvert svæði er tekið fyrir sem einangrað kerfi.

Áður en hermireikningarnir voru endurskoðaðir var samræmið milli mældra vatnsborðsbreytinga síðustu 6 árin, og vatnsborðsbreytinga skv. líkönunum frá 1993, kannað. Þannig má meta áreið-anleika líkananna. Niðurstöðurnar eru birtar á myndum 43 til 47. Reyndar er líkanið fyrir Laugaland á Þelamörk frá 1994 (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1994a). Vatnsborðsgögnin, sem reikningarnir byggðu á, eru sýnd með svörtum kössum á myndinni, en gögnin sem bæst hafa við síðan með opnum kössum. Reiknað vatnsborð er sýnt með heildregnum ferlum, sem bera þarf saman við vatnsborð mælt eftir 1993 (opnu kassana).

Myndirnar sýna að samræmið er mjög gott á Botni, Ytri-Tjörnum og Glerárdal. Það er aftur á móti hvorki eins gott á Laugalandi syðra (mynd 44) né Laugalandi á Þelamörk (mynd 47). Líkan-ið fyrir Laugaland á Þelamörk, sem byggði reyndar aðeins á 9 mánaða vinnslusögu, spáir tölувert meiri niðurdrætti en raunin hefur verið. Ástæðan er sú m.a. að reynt var að hafa spána í svart-sýnni kantinum (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1994a). Misræmið fyrir Syðra-Laugaland er öllu alvarlega, því þar spáir líkanið frá 1993 um 20 - 30 m minni niðurdrætti en verið hefur. Þessi munur virðist koma strax fram árið 1993. Þetta ósamræmi kemur nokkuð örugglega fram vegna áhrifa frá Ytri-Tjörnum. Svo vildi til að árið 1992 jókst ársmeðalvinnslan þar verulega. Á árunum 1986 - 1991 var meðalvinnslan þar tæplega 20 l/s. Árið 1992 jókst hún skyndilega í um 30 l/s og hefur verið um 28 l/s að jafnaði síðan. Því virðist sem áhrifin milli Ytri-Tjarna og Syðra-Lauglands jafngildi um 20 - 30 m fyrir hverja 10 l/s.

Þjöppuðu líkönin voru síðan endurskoðuð og látin herma þau vatnsborðsgögn sem tiltæk eru til áramóta 1998/99. Niðurstöðurnar eru birtar á myndum 49 - 53 og eiginleikar líkananna eru í töflu í viðauka. Þess ber að geta að vatnsborð í holu HN-10 á Botni hefur verið áætlað út frá vatns-

borði í holu BÝ-3 síðustu árin, en sambandið þar á milli er sýnt á mynd 48. Þá er vatnsborð í holu LJ-8 á Syðra-Laugalandi aðeins hermt fram á haust 1997, þegar niðurdælingin hófst í holuna. Hér verður ekki reynt að herma áhrif niðurdælingarinnar, það bíður lokaskýrslu um niðurdælingarverkefnið. Myndirnar sýna að líkönin herma vatnsborðsbreytingarnar mjög vel, einkum ef undan eru skildar snöggar skammtímasveiflur á Botni og Laugalandi á Þelamörk. Þau eiga þá eftir að nýtast vel til þess að spá vatnsborðsbreytingum næsta áratuginn.

Í tengslum við endurskoðun hermireikninganna voru vatnsborðsbreytingarnar í holu GG-1 á Grísará einnig hermdar með þjöppuðu líkani. Tókst sú hermun bærilega og er niðurstaðan sýnd á mynd 54. Þess ber að geta að gögn frá því eftir að niðurdælingin hófst voru ekki hermd (opnir kassar á myndinni), enda má greina þar áhrif frá niðurdælingunni. Reiknað er með að vatnsborðsbreytingarnar séu eingöngu vegna vinnslu á Syðra-Laugalandi og því að upphafsbryrstingur á Grísará hafi jafngilt 180 m vatnssúlu, líkt og á Botni. Svo hár lokunarþrystingur mældist reyndar ekki á holunni, en líkanið krefst hans svo það nái að herma sveiflurnar. Niðurstöður hermireikninganna má nota til þess að meta meðallekt berggrunnsins milli Syðra-Laugalands og Grísáras. Þannig fæst að marfeli lektar og þykktar sé kh = 2,1 Darcy-m ($2,1 \times 10^{-12} \text{ m}^3$). Þetta verður að tejast mjög sennilegt gildi.

8.2 Vatnsborðsspár og afkastamat

Þjöppuðu líkönin voru svo notuð til þess að reikna vatnsborðsspár fyrir vinnslusvæðin fimm. Eininganiðurdrættir jarðhitakerfanna eru sýndir á mynd 55, en það eru reiknuð viðbrögð hvers líkans við stöðugri 1 l/s dælingu. Myndin er með lógarithmískum tímaskala. Þar hafa viðbrögð líkananna verið framreiknuð rúmlega tú ár fram í tímann, með því að framlengja ferlana línulega með sama halla og síðustu punktar hvers ferils. Þessi framlenging er sýnd með slitinni línu á myndinni. Á þennan hátt hegða líkönin sér eins og jarðhitakerfin væru hálfopin, þ.e. mitt á milli þess að vera opin og lokað. Opin líkön gefa bjartsýnisspár því í þeim næst jafnvægi milli vinnslu og innstreymis þannig að enginn langtímaniðurdráttur verður. Á hinn bóginn gefa lokað líkön svartsýnisspár því í þau er ekkert innstreymi og vatnsborð lækkar stöðugt með tíma. Því má segja að spálíkönin séu hvorki bjartsýn né svartsýn, en vonandi frekar raunsæ.

Árið 1993 voru vatnsborðsspárnar reiknaðar fyrir mismunandi meðalvinnslu og síðan bætt við áætluðu mesta fráviki við lægsta vatnsborð. Nú hafa spárnar verið reiknaðar á annan hátt. Fyrir hvert svæðanna eru reiknaðar spár fyrir tvö til þrjú vinnslutilfelli og miða öll tilfellið við það að vatnsborð verði enn u.p.b. 10 m ofan mesta dæladýpis, miðað við núverandi dælubúnað, í lok spátímabilsins, árið 2010. Miðað er við eftirfarandi:

- Að í holum HN-10, GÝN-7 og LPN-11 fari vatnsborð ekki niður fyrir 235 - 240 m dýpi.
- Að miðað við holu LJ-8 fari vatnsborð á S-Laugalandi ekki niður fyrir 225 - 230 m dýpi, en þá má áætla að vatnsborð í holu LJ-5 fari ekki niður fyrir 235 - 240 m.
- Að í holu TN-4 fari vatnsborð ekki neðar en í 390 m dýpi, en vatnsborð í TN-4 er neðar en í holu TN-2 sem nemur iðustreymistapi í þeirri fyrرنefndu, en það er áætlað $0,029 \text{ m}/(\text{l/s})^2$.

Fyrir öll svæðin er í fyrsta lagi reiknað fyrir tilfelli stöðugrar vinnslu, þ.e. reiknað er með að svæðið sé nýtt fyrir grunnafl. Í öðru lagi er reiknað fyrir tilfelli með ársveiflu, hámarks vinnslu í þrjá mánuði og lágmarks vinnslu í jafn langan tíma. Fyrir Glerárdal og Ytri-Tjarnir eru auch þess

reiknaðar spár fyrir nýtingu sambærilega því sem hún er í dag, þ.e. stöðugri vinnslu með summarhléi. Vatnsborðsspárnar eru birtar á myndum 56 til 62, en upplýsingar um vinnslutilfelin í töflu 16.

Tafla 16. Áætlanir á vinnslugetu vinnslusvæða Hitaveitu Akureyrar til ársins 2010, byggðar á vatnsborðsspám endurskoðaðra þjappaðra líkana.

Svæði	Tilfelli	Meðaldæling Q_m (l/s)	Hámarksdæling Q_t (l/s)	Lágmarksdæling Q_0 (l/s)
Botn	A grunnafl	30,5	30,5	30,5
	B ársveifla	28,0	31,0/3 mánn.	25,0/3 mánn.
Syðra-Laugarland	A grunnafl	44,0	44,0	44,0
	B ársveifla	38,5	70,0/3 mánn.	0,0/3 mánn.
Ytri-Tjarnir	A grunnafl	31,5	31,5	31,5
	B sumarhlé	30,0	34,0/11,5 mánn.	0,0/1,5 mánn.
	C ársveifla	26,0	40,0/3 mánn.	12,0/3 mánn.
Glerárdalur	A grunnafl	17,0	17,0	17,0
	B sumarhlé	14,0	21,0/8 mánn.	0,0/4 mánn.
	C ársveifla	13,0	25,0/3 mánn.	0,0/3 mánn.
Laugaland á Þelamörk	A grunnafl	17,5	17,5	17,5
	B ársveifla	14,0	18,5/3 mánn.	9,5/3 mánn.

Niðurstöðurnar í töflunni er ekki hægt að bera beint saman við eldra vinnslugetum (tafla 2), en ljóst er að það dregur úr vinnslugetu Syðra-Laugarlands, Ytri-Tjarna og Glerárdals. Ástæðan er að nokkru leyti sú, eins og mynd 55 sýnir, að stöðugt dregur úr afkastagetu þessara svæða með tíma. Þó dregur mun meira úr áætlaðri afkastagetu Syðra-Laugarlands en hægt er að skýra eingöngu með þessu móti. Ástæða þess er að miklu leyti áðurnefnd áhrif frá Ytri-Tjörnum. Þau valda því að niðurdráttur hefur verið meiri á Syðra-Laugalandi síðustu ár en ella hefði verið, sem aftur veldur því að endurskoðað líkanið spáir meiri niðurdrætti en ella. Því er líklegt að afkastageta Syðra-Laugarlands verði nokkru meiri en hér er áætlað. Þó er ljóst að ef vinnsla er mikil á báðum þessum svæðum dregur það úr afkastagetu hvors svæðis fyrir sig.

Áætluð vinnslugeta jarðhitasvæðisins á Botni er óbreytt. Þar er eðli svæðisins að þakka því að óverulegur langtímaniðurdráttur verður þar, eins og sést á mynd 55. En á móti hefur vatn úr holu HN-10 farið kólndi í gegnum tíðina, og á þann hátt dregur úr afkastagetu svæðisins. Mynd 63 sýnir samanburð á mældum ársmeðalhita vatns úr holu HN-10 og vatnshitaspám frá 1996 (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1996). Þar sést að meðalvatnshitinn síðustu þrjú árin hefur nokkurn veginn fylgt spánum. Því má reikna með að vatn úr holunni muni enn kólna um 3 - 4°C til loka núverandi

spátímabils, árið 2010.

Áætluð vinnslugeta holu LPN-11 eykst nokkuð (um ca. 10%), enda var eldra matið varfærnislegt. Rétt er að benda á að eldra matið, sem birt er í töflu 2, gerði ráð fyrir um 3 l/s niðurdælingu, en matið í töflu 16 gerir ekki ráð fyrir slíku. Ef gert er ráð fyrir niðurdælingu má hækka matið um 3 l/s miðað við grunnafl eða meðaldælingu, en toppdælingu mætti vætanlegra auka enn meira með tímabundinni niðurdælingu. Kólnunarspáin frá 1994 (Ólafur G. Flóvenz, 1994) var ekki endurskoðuð nú, enda hefur marktækrar kólnunar enn ekki orðið vart á Laugalandi á Þelamörk. Því er óhætt að líta svo á að sú spá gefi efri mörk hugsanlegrar kólnunar næstu árin.

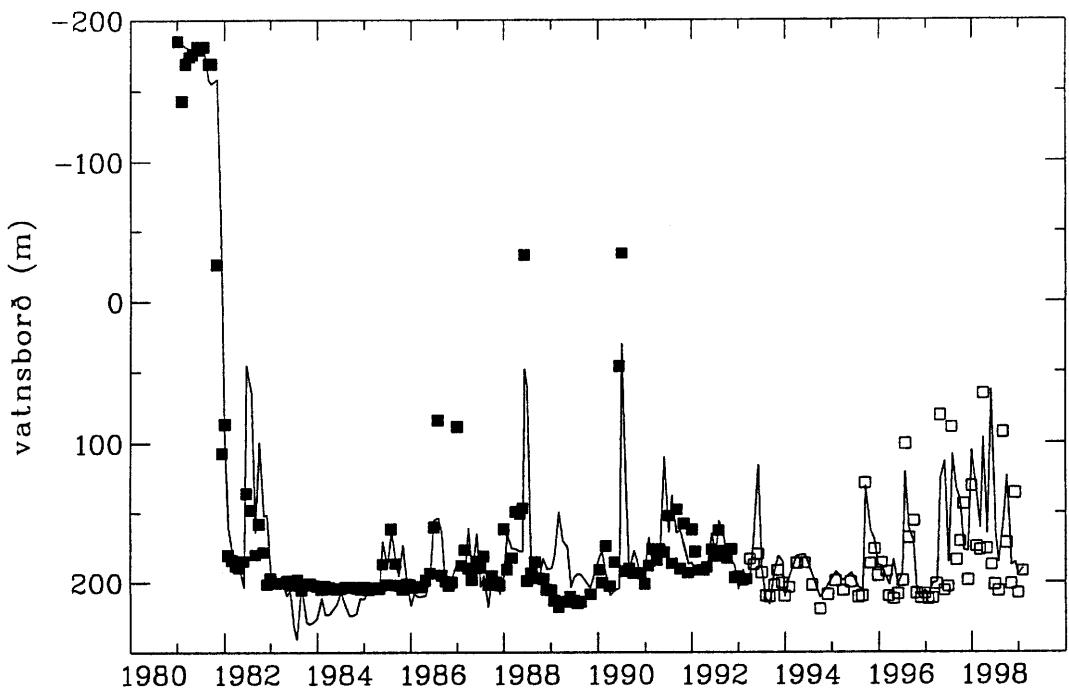
EKKI er gert ráð fyrir niðurdælingu í afkastamatinu fyrir Syðra-Laugaland, en það bíður niðurstaðna niðurdælingarverkefnisins. Þó má gera ráð fyrir því að um 2/3 niðurdælingar í holu LJ-8 nýtist sem aukning á afkastagetu svæðisins (Guðni Axelsson, 1998b). Þannig má gera ráð fyrir um 10 l/s aukningu í vinnslugetu frá því sem fram kemur í töflu 16. Þá er einnig líklegt að niðurdælingin hafi nokkur áhrif á Ytri-Tjörnum, en hversu mikil er ekki hægt að áætla að svo stöddu.

8.3 Gerð og eðli jarðhitakerfanna

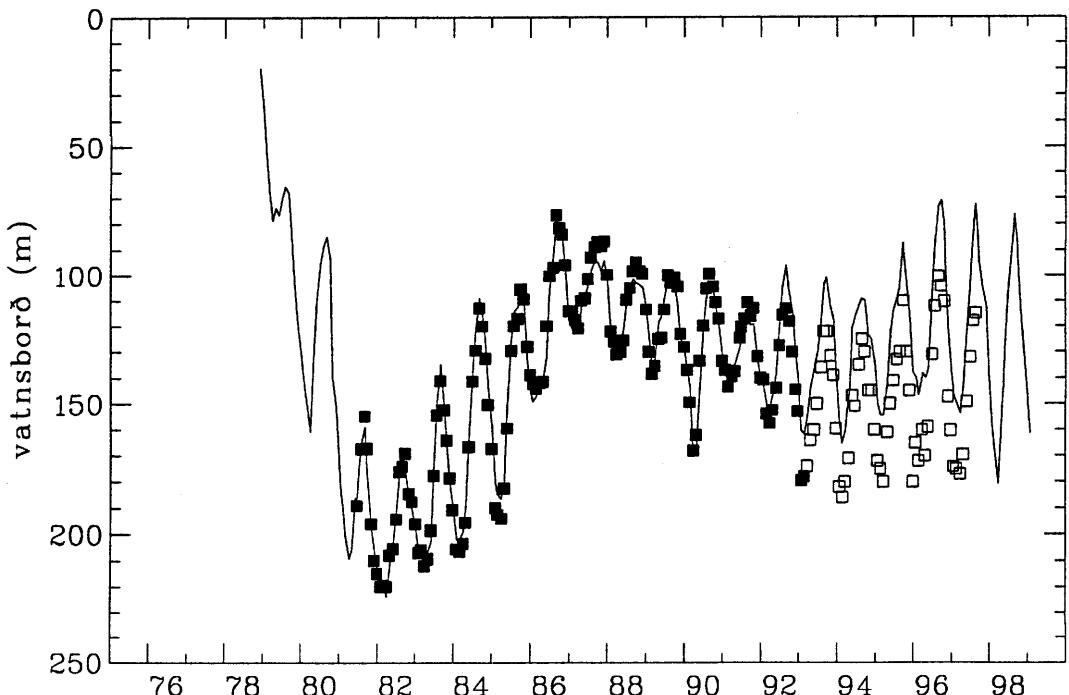
Mynd 55, ásamt töflu A.1 í viðauka A, fela í sér ýmsar upplýsingar um gerð og eðli jarðhitakerfanna, en um þau atriði var áður fjallað af Guðni Axelssyni o.fl. (1988). Á það skal bent að κ_i í töflunni stendur fyrir vatnsrýmd geymanna í þjappaða lískaninu, sem endurspeglar stærð viðkomandi jarðhitakerfisins, en σ_i stendur fyrir vatnsleiðni milli geymanna, sem endurspeglar lekt kerfisins. Í fyrsta lagi sést að eininganiðurdrátturinn er minnstur á Syðra-Laugalandi, sem er vegna þess að það jarðhitakerfi er stærst og lekt þess mest. Niðurdráttur á Glerárdal og Ytri-Tjörnum, við sömu vinnslu, er töluvert meiri en á Syðra-Laugandi, en reyndar nokkurn veginn eins fyrstu árin (mynd 55). Ástæðan er sú að stærð fyrstu tveggja geymanna í líkönunum fyrir þessi kerfi er nálægt því sú sama, svo og lekt þessara kerfa (tafla A.1). Langtímaniðurdráttur er hins vegar mun meiri á Glerárdal en á Ytri-Tjörnum, vegna þess að stærð þriðja geymisins er mun minni. Langtímaniðurdráttur er reyndar mestur á Glerárdal af svæðunum fimm, sem ræðst af því að það jarðhitakerfi er líklega minnst.

Þá má nefna að ef litið er fram hjá sveiflum í einingarniðurdrætti Ytri-Tjarna virðist svipaður halli á langtímaniðurdrætti Syðra-Lauglands og Ytri-Tjarna, eða u.p.b. 5 m/lotu. Þetta kemur ekki á óvart ef litið er til þess að kerfin virðast tengd, en þá ráðast langtímaþröögð þess af eiginleikum eins og sama kerfisins. Út frá hallanum má áætla að marfeldi meðallektar og þykktar kerfisins sé $kh = 1,3 \text{ Darcy-m}$ ($1,3 \times 10^{-12} \text{ m}^3$). Hér er þó sennilegast um vanmat að ræða þar sem einingarniðurdráttur hvors svæðis miðast aðeins við vinnslu á því svæði, en langtímaþröögðin eru háð vinnslu á báðum svæðunum. Með þetta í huga er þessi niðurstaða í góðu samræmi við matið á margfeldi lektar og þykktar, sem fékkst út frá hermun vatnsborðsbreytinga í holu GG-1, sem fjall-að var um hér að framan.

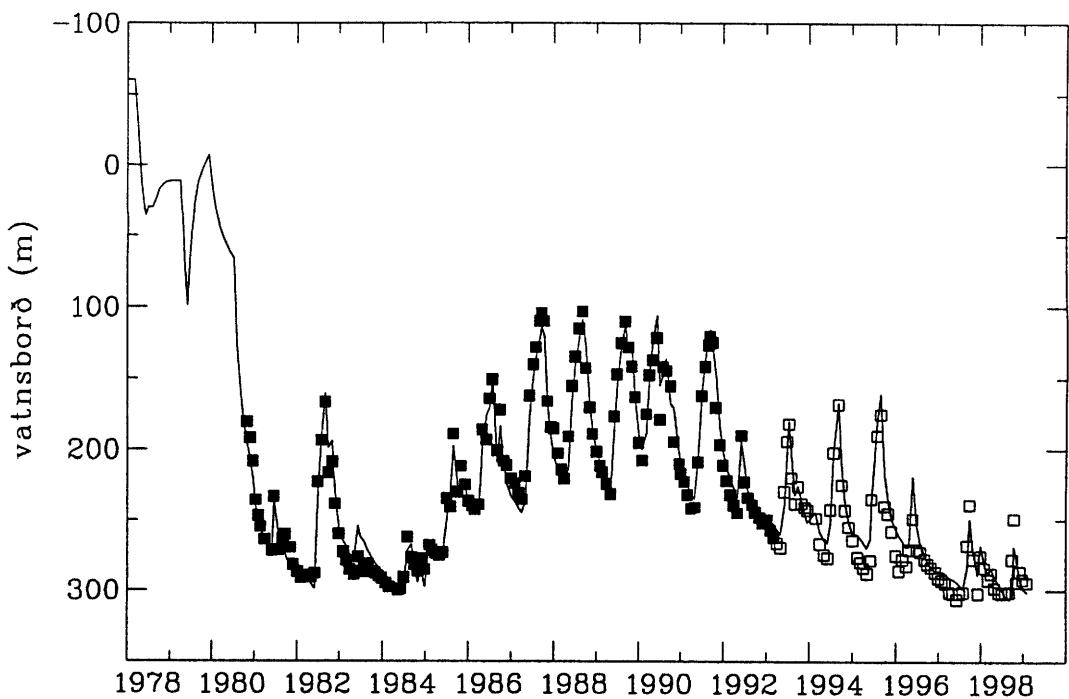
Einingarniðurdráttur á Botni, og á Laugalandi á Þelamörk, er mjög frábrugðinn viðþröögðum hinna jarðhitakerfanna þriggja (mynd 55). Mikill og snöggur niðurdráttur fyrstu mánuðina og árin, sem síðan hægir verulega á. Þetta ræðst af lítilli rýmd og lekt innsta hluta þessara kerfa (tafla A.1). Síðan tengjast kerfin stórum rúmmálum með góða lekt, sem veldur mjög hægum langtímaniðurdrætti. Þetta á sérstaklega við um Botn, en þar verður svo til enginn langtímaniðurdráttur.



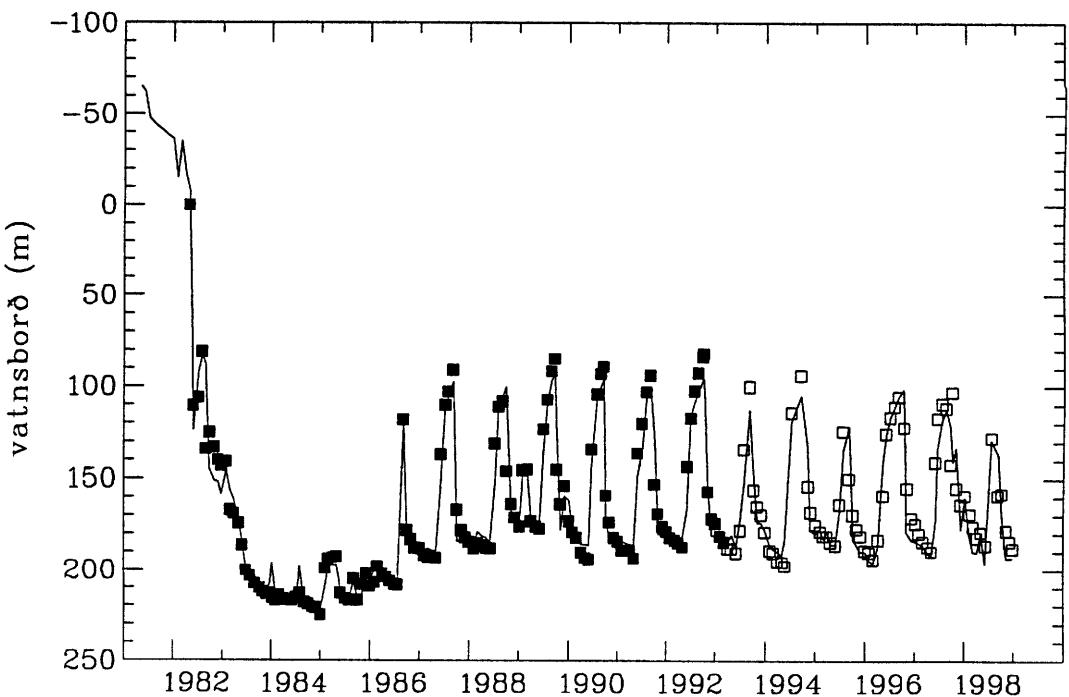
Mynd 43. Samanburður á mældu/áætluðu vatnsborði holu HN-10 Botni (kassar) og vatnsborði reiknuðu með líkani frá 1993 (lína).



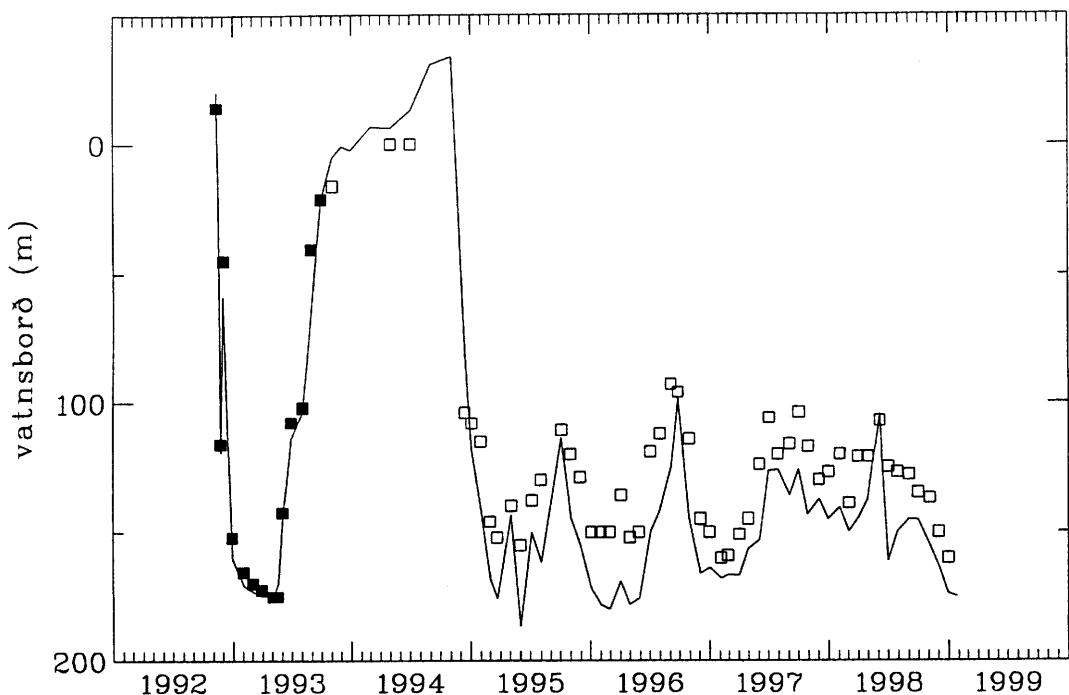
Mynd 44. Samanburður á mældu/áætluðu vatnsborði holu LJ-8 Syðra-Laugalandi (kassar) og vatnsborði reiknuðu með líkani frá 1993 (lína).



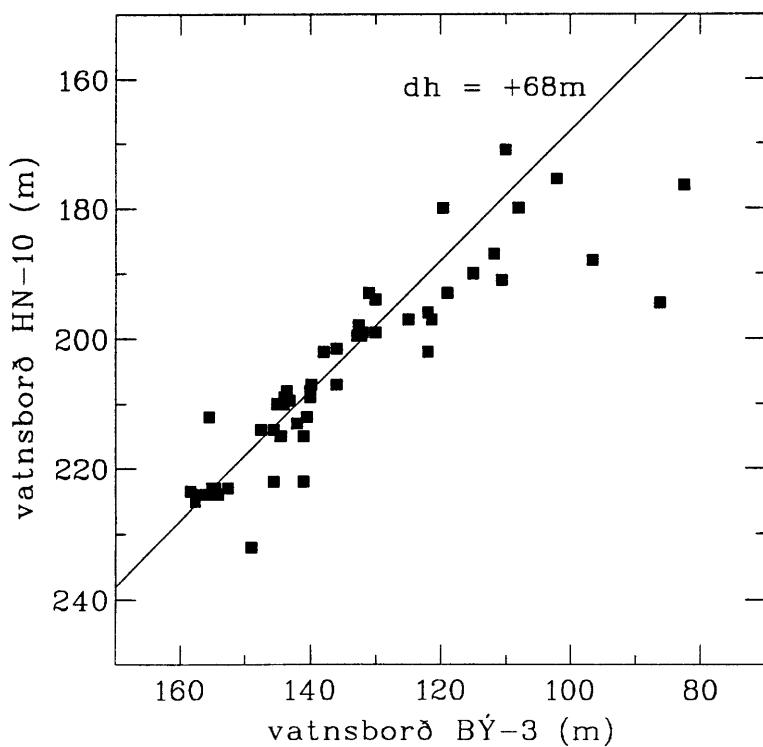
Mynd 45. Samanburður á mældu vatnsborði holu TN-2 Ytri-Tjörnum (kassar) og vatnsborði reiknuðu með líkani frá 1993 (lína).



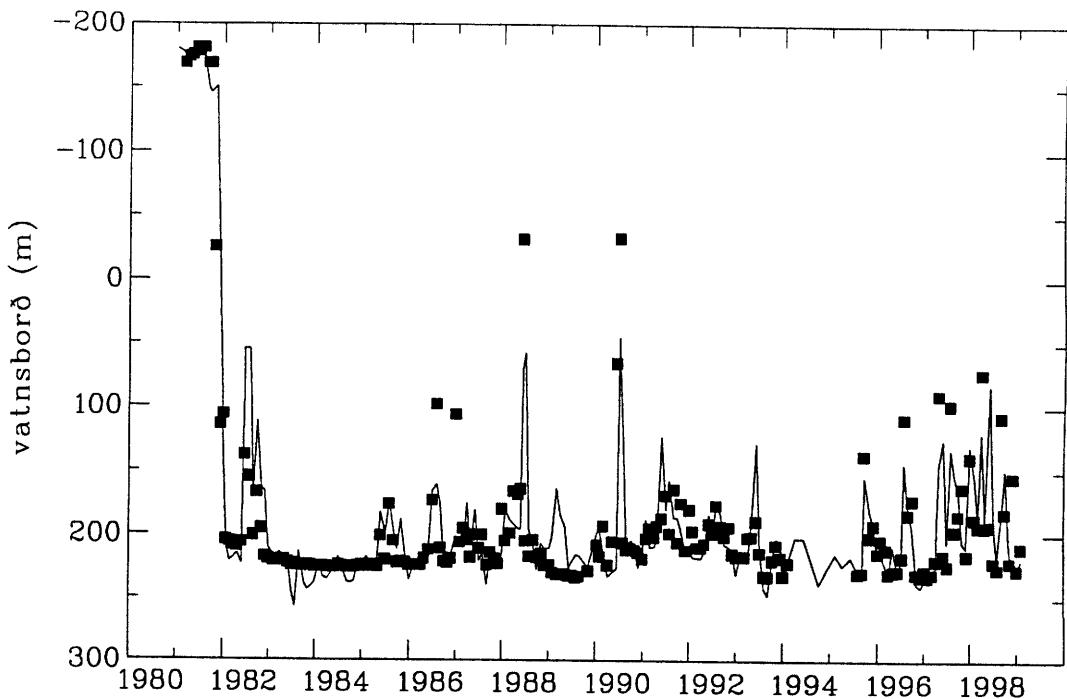
Mynd 46. Samanburður á mældu vatnsborði holu GÝN-7 Glerárdal (kassar) og vatnsborði reiknuðu með líkani frá 1993 (lína).



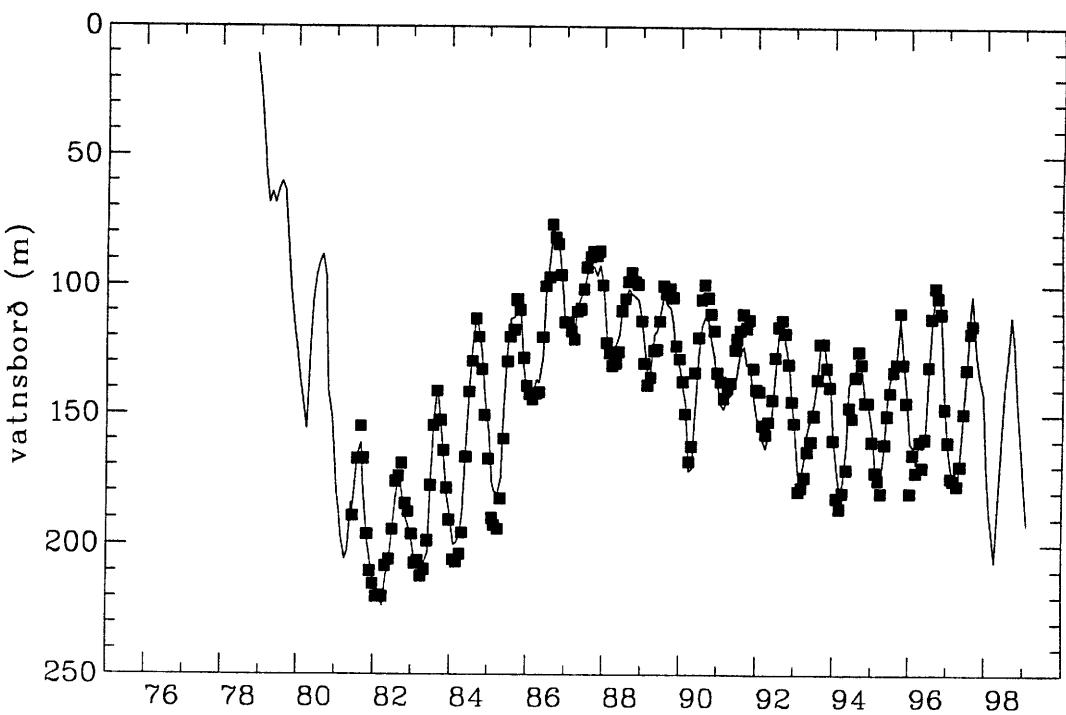
Mynd 47. Samanburður á mældu vatnsborði holu LBN-11 Laugalandi á Þelamörk (kassar) og vatnsborði reiknuðu með líkani frá 1994 (lína).



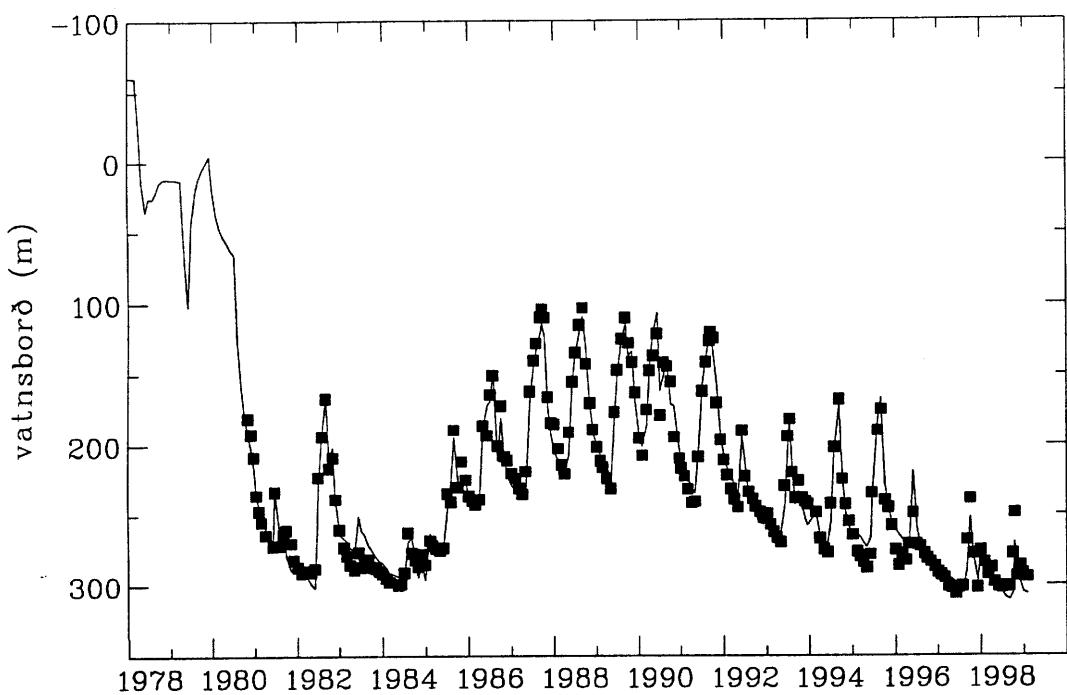
Mynd 48. Samanband vatnsborðs í holum HN-10 og BY-3 á Botni.



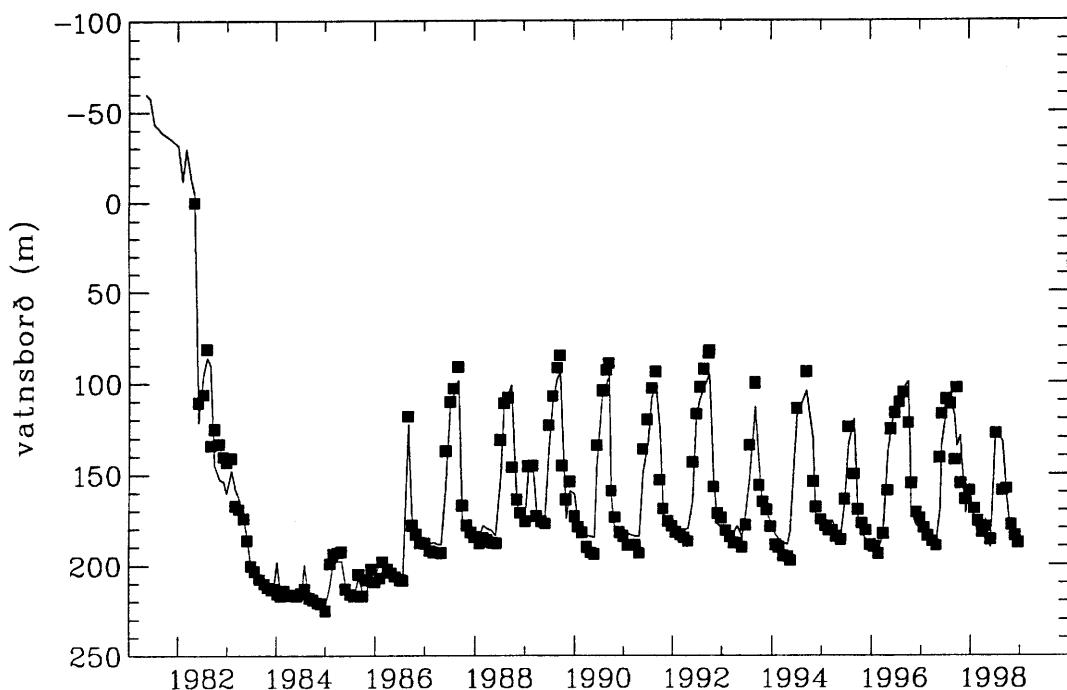
Mynd 49. Mælt/áætlað vatnsborði holu HN-10 Botni (kassar)
ásamt vatnsborði reiknuðu með endurskoðuðu hermilíkani (lína).



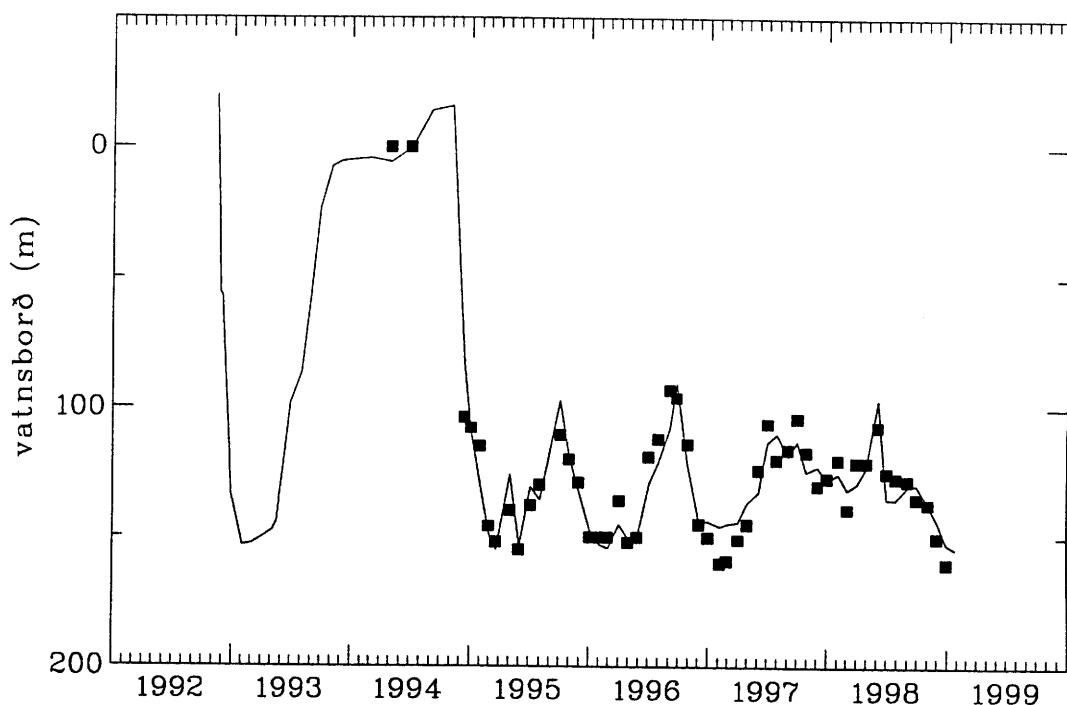
Mynd 50. Mælt/áætlað vatnsborði holu LJ-8 Syðra-Laugalandi (kassar)
ásamt vatnsborði reiknuðu með endurskoðuðu hermilíkani (lína).



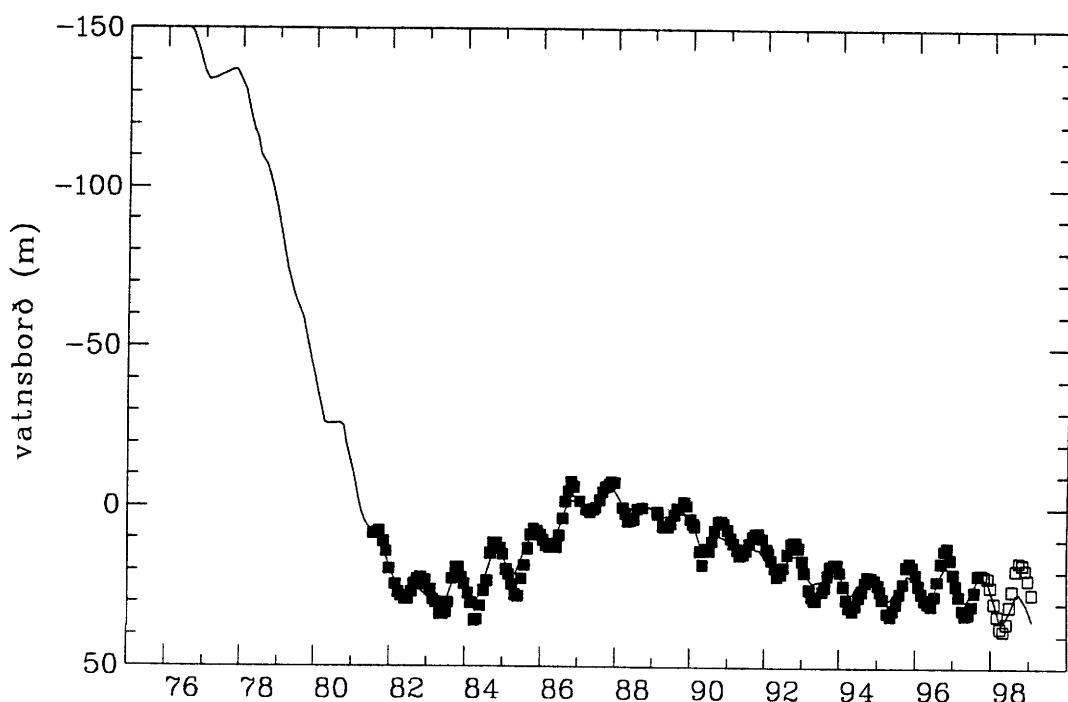
Mynd 51. Mælt vatnsborð holu TN-2 Ytri-Tjörnum (kassar)
ásamt vatnsborði reiknuðu með endurskoðuðu hermilíkani (lína).



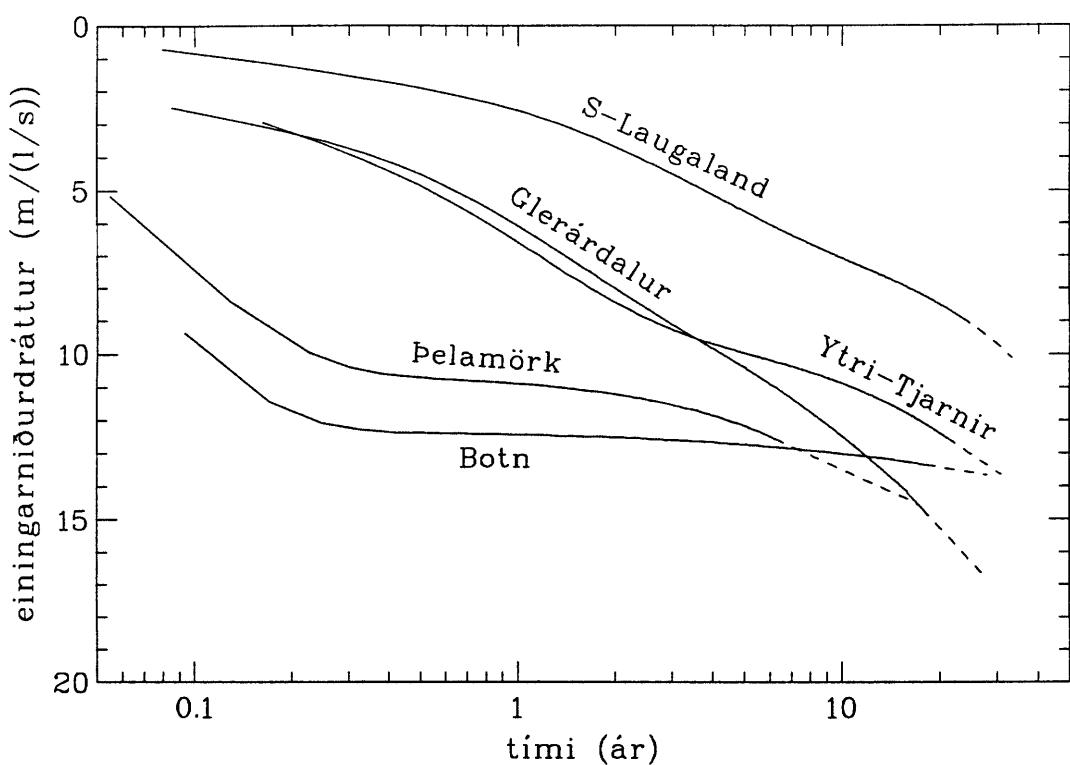
Mynd 52. Mælt vatnsborð holu GÝN-7 Glerárdal (kassar)
ásamt vatnsborði reiknuðu með endurskoðuðu hermilíkani (lína).



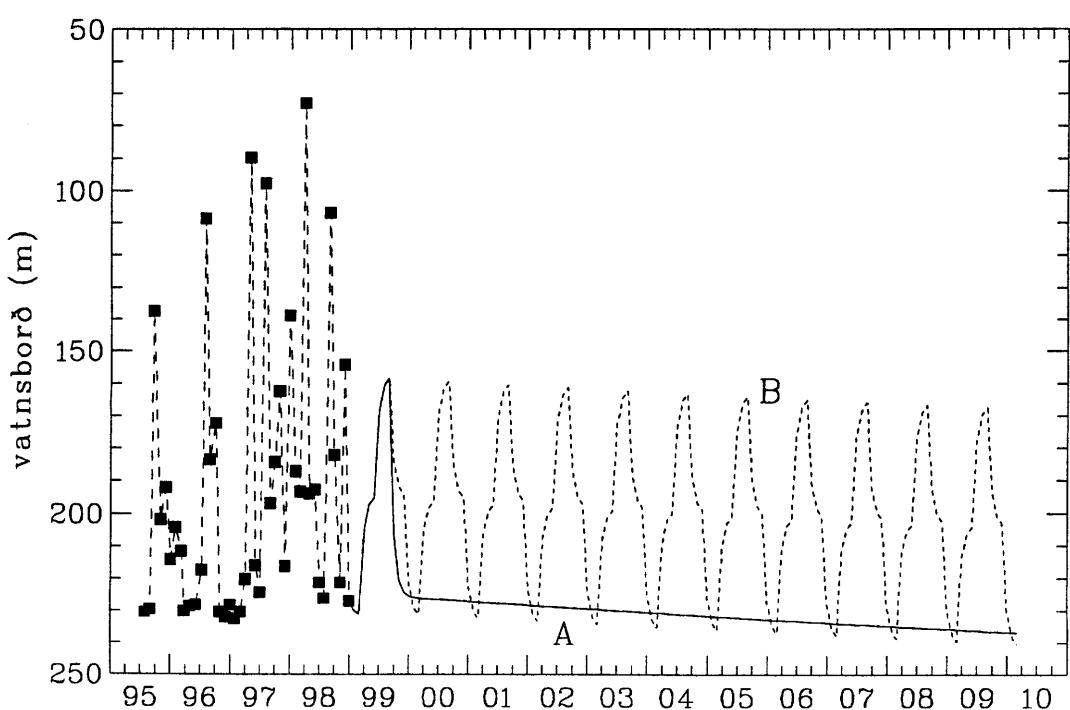
Mynd 53. Mælt vatnsborð holu LPN-11 Laugalandi á Þelamörk (kassar)
ásamt vatnsborði reiknuðu með endurskoðuðu hermilíkani (lína).



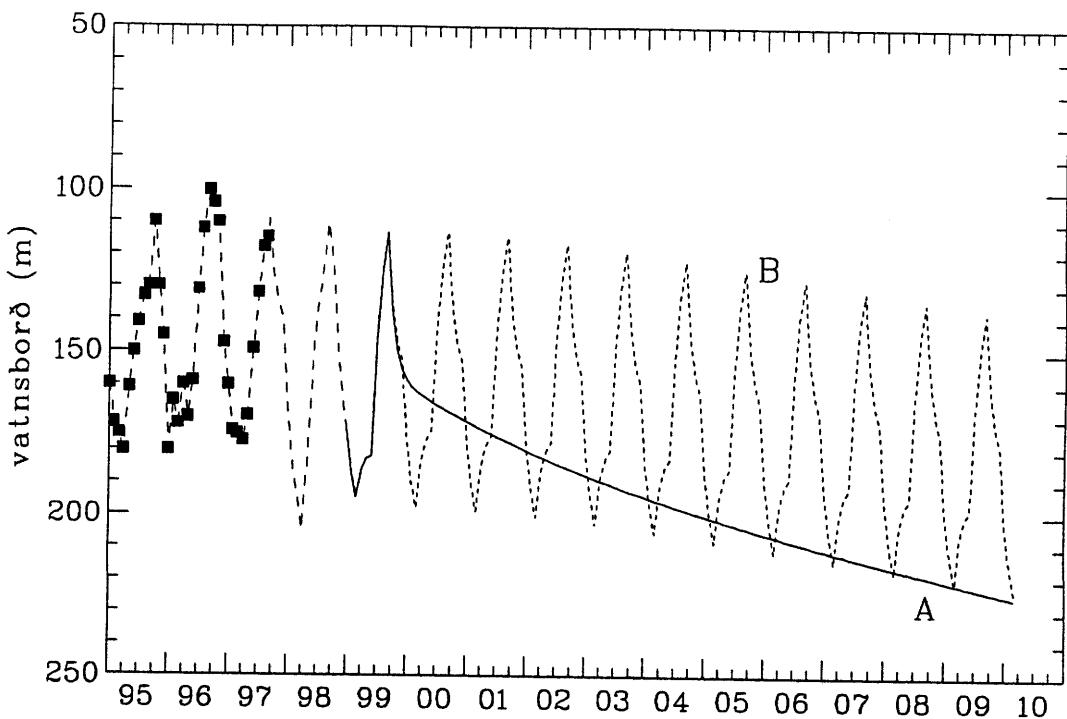
Mynd 54. Mælt vatnsborð holu GG-1 Gríasará (kassar)
ásamt vatnsborði reiknuðu með endurskoðuðu hermilíkani (lína).



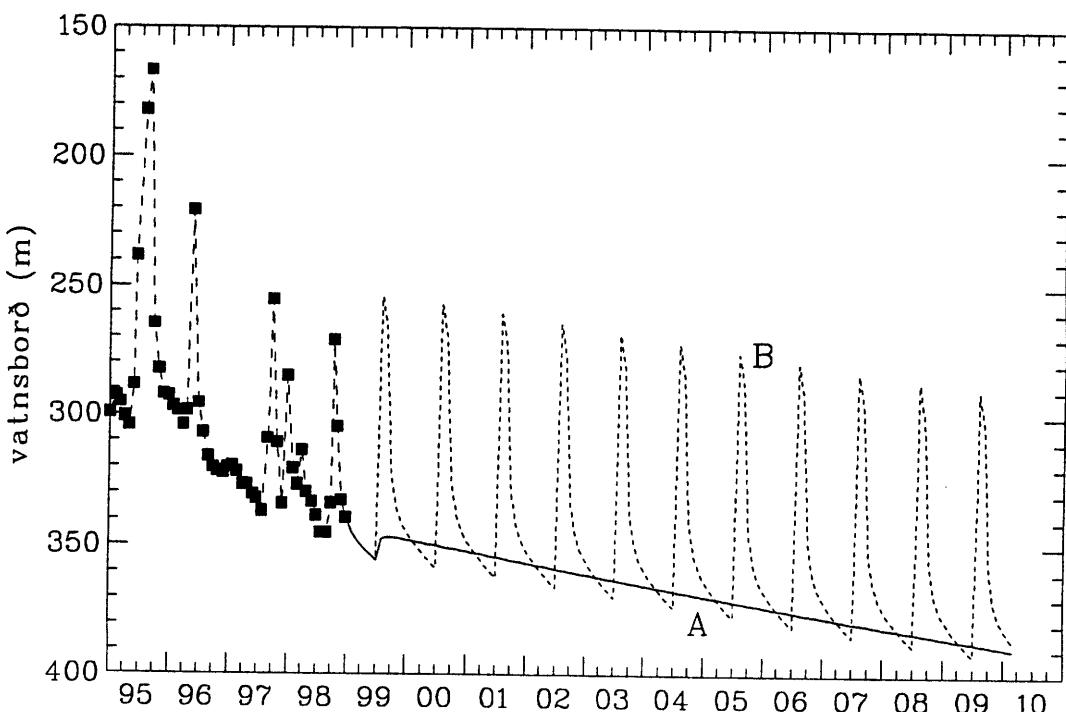
Mynd 55. Einingarniðurdrættir hinna fimm vinnslusvæða Hitaveitu Akureyrar.



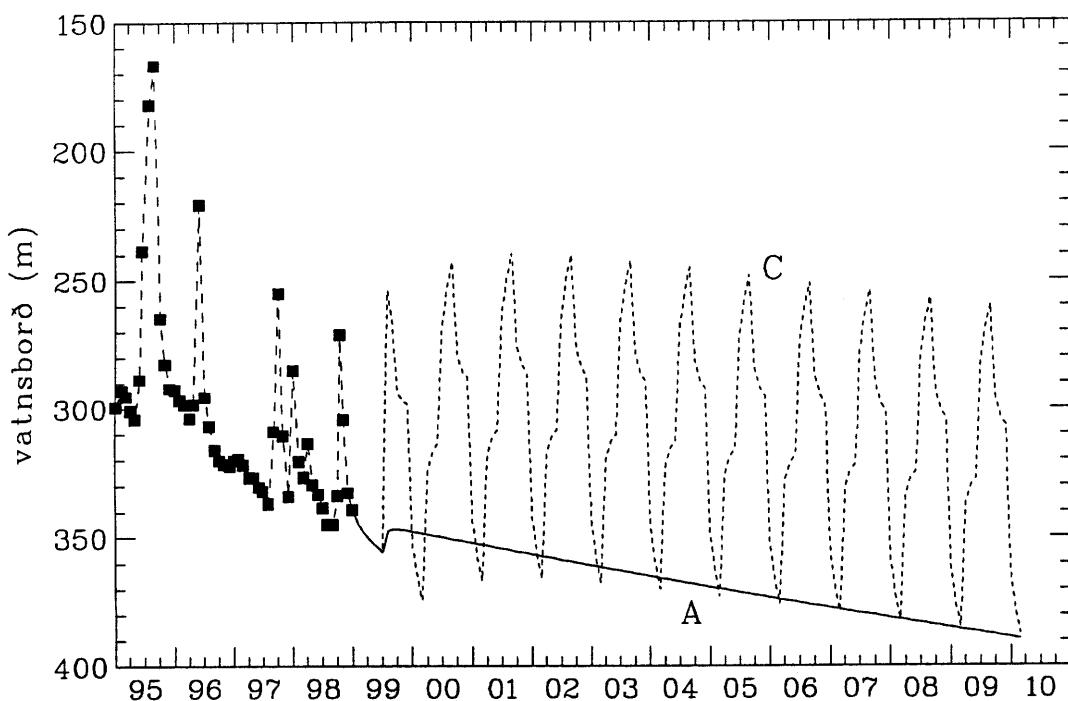
Mynd 56. Vatnsborðspár fyrir holu HN-10 á Botni fyrir vinnslutilfelli A og B.



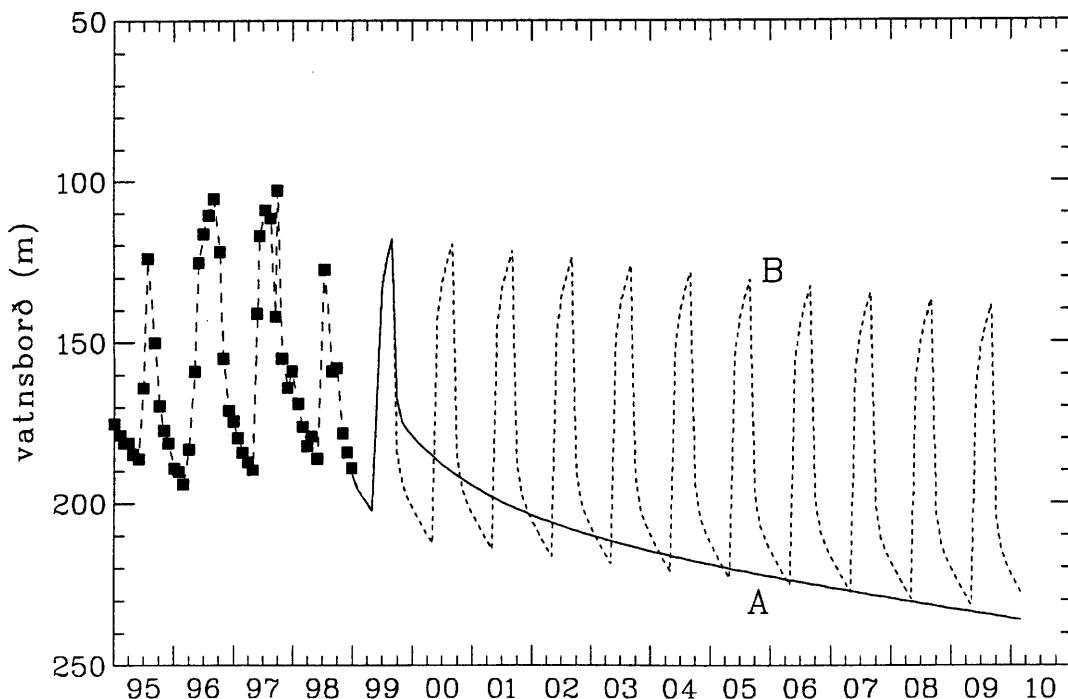
Mynd 57. Vatnsborðspár fyrir holu LJ-8 á Syðra-Laugalandi fyrir vinnslutilfelli A og B.



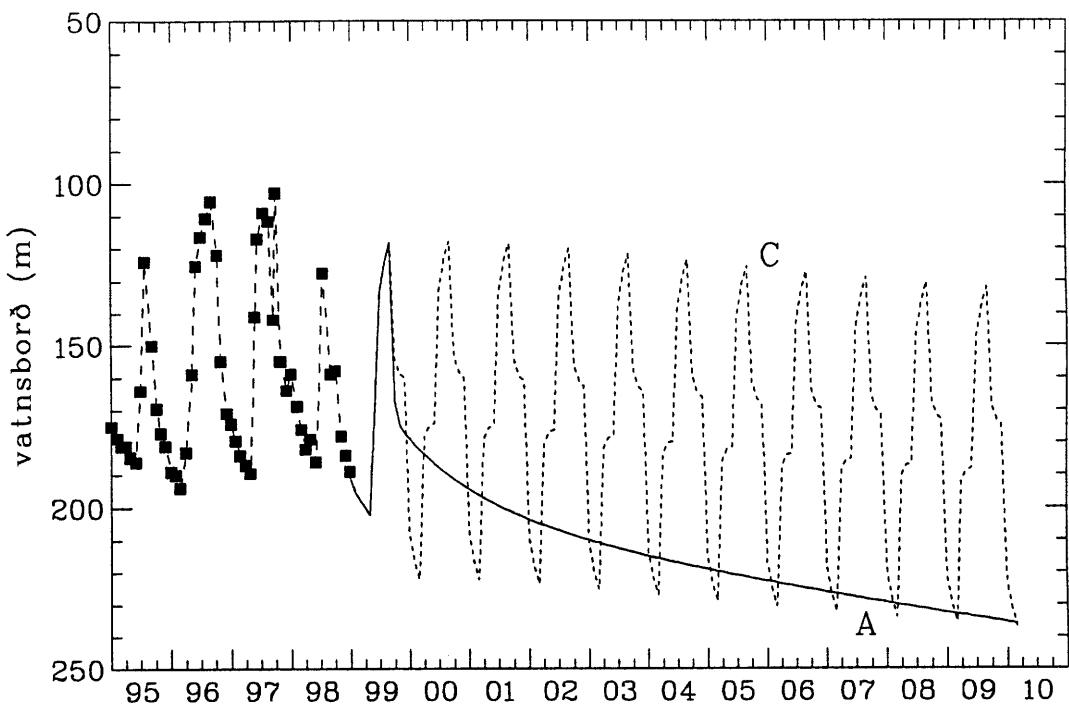
Mynd 58. Vatnsborðspár fyrir holu TN-4 á Ytri-Tjörnum fyrir vinnslutilfelli A og B.



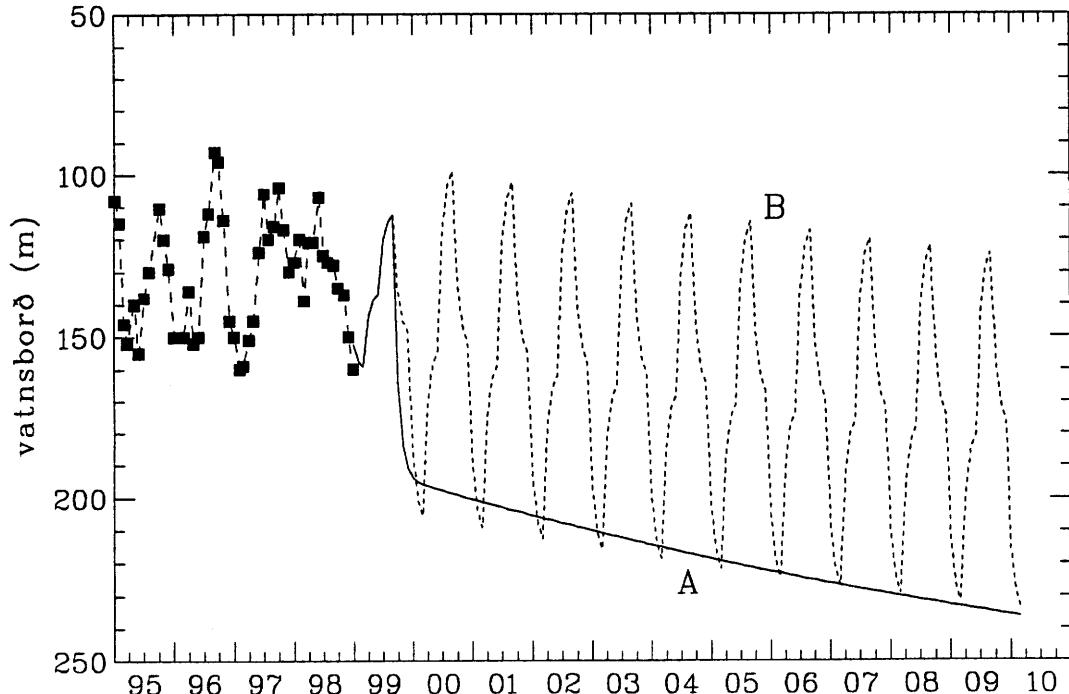
Mynd 59. Vatnsborðspár fyrir holu TN-2 á Ytri-Tjörnum fyrir vinnslutilfelli A og C.



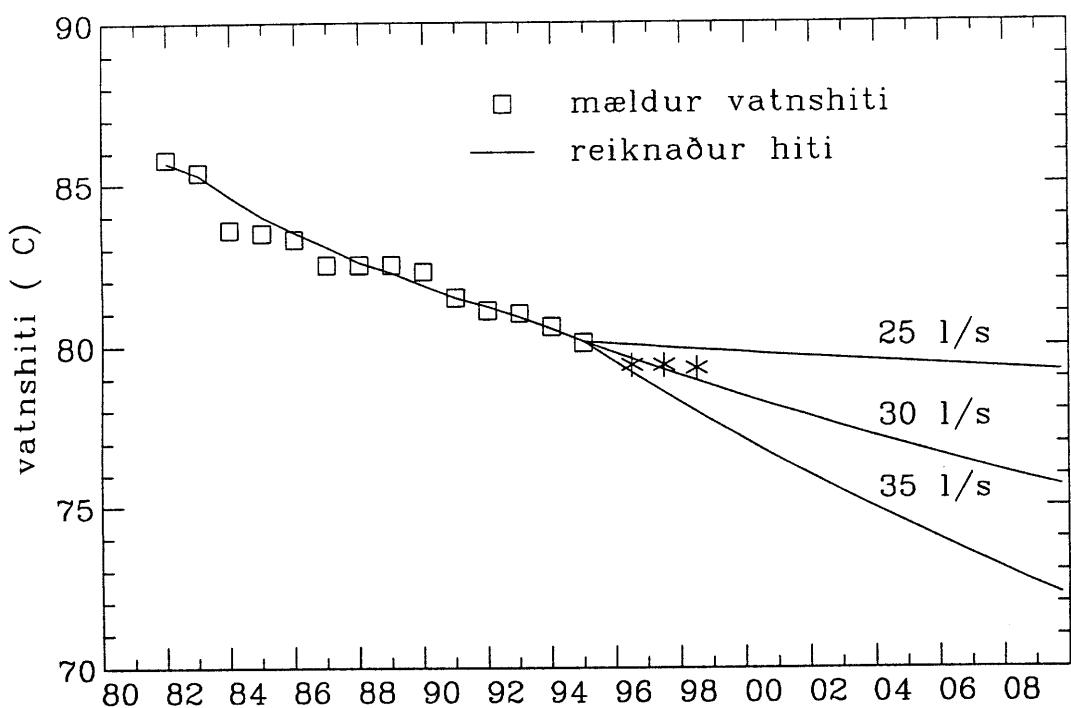
Mynd 60. Vatnsborðspár fyrir holu GÝN-7 á Glerárdal fyrir vinnslutilfelli A og B.



Mynd 61. Vatnsborðspár fyrir holu GÝN-7 á Glerárdal fyrir vinnslutilfelli A og C.



Mynd 62. Vatnsborðspár fyrir holu LPN-11 á Laugalandi á Þelamörk fyrir vinnslutilfelli A og B.



Mynd 63. Samanburður á mældum vatnshita fyrir holu HN-10 Botni (kassar/stjórnur) og vatnshitaspám frá 1996 (línur).

9. STAÐA OG HORFUR Í ORKUBÚSKAP HITAVEITU AKUREYRAR

9.1 Orkunotkun

Hitaveita Akureyrar hefur lengst af þurft að búa við það ástand að tiltæk orka úr jarðhita og frá rafskautakötlum hefur verið af mjög skornum skammti og í raun rétt dugað til að anna orkuþörfinni á hverjum tíma. Við slíkar aðstæður er brýnt að reyna að spá með sem áreiðanlegustum hætti fyrir um orkuþörf í næstu framtíð og viðbrögðum jarðhitasvæðanna við vinnslu.

Mynd 64 sýnir veðurfarsleiðréttu orkunotkun veitunnar frá 1981 til 1998. Orkunotkun var mjög mikil fyrstu ár veitunnar og gekk þá mjög hratt á orkuforða jarðhitasvæðanna. Með hækkandi verði á heitu vatni og ekki síst með sölukerfisbreytingunni árið 1986 minnkaði orkuþörfin um nálega 25% og jarðhitasvæðin jöfnuðu sig nokkuð eftir áralanga ofnotkun. Frá árinu 1986 fram til ársins 1998 hefur orkunotkunin aukist að meðaltali um 2,2% á ári. Engu að síður er orkunotkunin enn undir því sem hún komst hæst árið 1982 og ekki horfur á að hún fari fram úr því fyrr en um árið 2002 eða 2003. Orkunotkun miðað við 2,2% vöxt er sýndur myndinni. Athygli vekur að nokkrar sveiflur eru í orkunotkununni, þannig er afar lítil aukning á árunum 1990-1994 en orkunotkun vex verulega síðustu fjögur ár. Ef til vill er þarna að einhverju leyti að gæta áhrifa frá sveiflum í efnahagslífini; samdráttarskeiðsins upp úr 1990 og mikils hagvaxtar síðustu 4 árin.

Þegar horft er til framtíðar er óvarlegt að gera ráð fyrir að vöxtur orkunotkunar verði minni en hann hefur verið að meðaltali undanfarin 12 ár, þ.e. 2,2% á ári. Fyrir því eru eftirfarandi rök:

- Fyrri reynsla gefur ekki tilefni til annars
- Þótt fólk fækki víða utan höfuðborgarsvæðisins má búast við að reynt verði í vaxandi mæli að sporna gegn þeirri þróun. Ef einhvers staðar má gera ráð fyrir að umtalsverð fjölgun verði utan SV-lands er það við Eyjafjörð.
- Lækkandi verð á heitu vatni hjá Hitaveitu Akureyrar mun vætanlega leiða til aukinnar notkunnar. Því meiri sem lækkunin verður, þeim mun meira má búast við að notkunin aukist.
- Efnahagsstand er nú með besta móti og mikill hagvöxtur. Það hvetur til meiri athafna sem m.a. geta kallað á aukna heitavatnssölu. Þótt reynslan hafi kennt að slík góðæri standi sjaldan lengi er ekki vert að búast við öðru en að svo muni verða áfram næstu árin.
- Aukinn kaupmáttur fólks leiðir líklega til aukinnar orkunotkunar á sama hátt og verðlækkun á orku.

Af ofansögðu þykir rétt að reikna með að meðalauking í heitavatnsnotkun muni nema rúnum 2% á ári næsta áratuginn og hugsanlega mun meiru ef verðlækkanir verða miklar á heita vatninu.

9.2 Orkuvinnsla

9.2.1 Jarðhitavinnsla

Fjögur af þeim fimm jarðhitasvæðum, sem nú eru nýtt, komu í vinnslu á fyrstu 5 starfsárum veitunnar. Fram að sölukerfisbreytingunni árið 1986 voru sum þeirrahraustlega ofnýtt og vatnsborð komið mjög neðarlega. Jafnframt minnkaði vinnslugeta sumra þeirra hratt með tíma. Eftir breytinguna dró mjög úr vinnslunni og vatnborð hækkaði. Þetta sést t.d. glögglega á vatnborðshækku í holu LJ-8 Lauglandi á mynd 11. Nokkuð stöðugri aukningu orkunotkunar frá árinu 1986

hefur fylgt samdráttur í vinnslugetu jarðhitasvæðanna, sem mætt hefur verið með varmadælum, rafskautakatli, virkjun á Þelamörk og nú síðast með niðurdælingu bakrásarvatns.

Mynd 65 sýnir yfirlit yfir orkuframleiðslu, orkuöflun og orkumátt Hitaveitunnar frá 1981 til 1998 og spá um þróunina til ársins 2010. Spá um vinnslugetu árið 2010 er samkvæmt endurskoðuðu vatnsborðs- og vinnsluspánum þar sem talsverður samdráttur er boðaður í vinnslugetu Laugalandi miðað við eldri spár. Samdrátturinn tengist tregu aðrennsli að jarðhitasvæðunum og áhrifum af vinnslu á Ytri-Tjörnum á vinnslu á Laugalandi. Með niðurdælingu má þó hama verulega gegn þessum samdrætti í vinnslugetu.

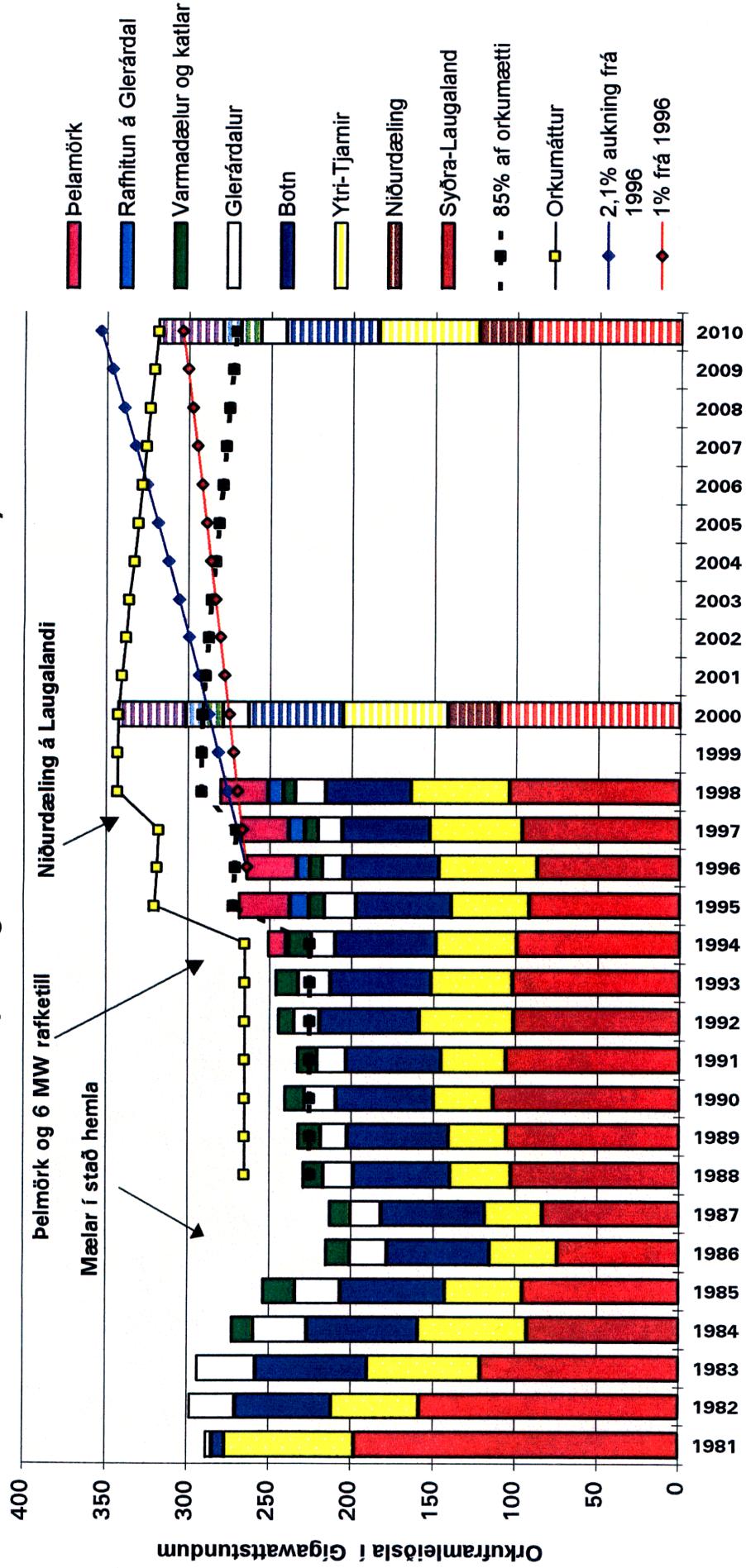
Þeiri puttareglu hefur verið fylgt undanfarin ár að forðast að láta orkunotkunina fara fram úr 90% af áætlaðri vinnslugetu. Vinnslugetan er gefin upp sem ársmeðalvinnsla en miðast þó við ákveðnar forsendur í dreifingu vinnslu innan ársins, þar á meðal að vinnsla yfir köldustu mánuðina sé innan tiltekinna marka. Ef vikið er verulega frá þessum forsendum t.d. varðandi sumarhvíld og síðan kemur langur og harður frostakafli síðla vetrar er hætta á að til aflþurrðar gæti komið. Undanfarin ár hefur það gerst að aftoppar veitunnar hafa vaxið meira en nemur vexti orkunotkunar á ársgrundvelli (Guðni Axelsson o.fl., 1998b). Jafnfraamt hefur sú staða komið upp undanfarna vetur að vatnsborð hefur farið það neðarlega að aflgetu í kuldaköstum hefur verið ógnað og það skapað visst öryggisleysi. Því er ástæða er til að vera enn varkárari og setja mörkin eitthvað niður fyrir 90%. Hér er valið að fara með þessi viðmiðunarmörk í 85%. Á mynd 65 má þannig sjá að orkuvinnsla HVA hefur undanfarin ár verið rétt við þessi viðmiðunarmörk og stefnir í að fara vel yfir þau strax á fyrstu árum nýrrar aldar. Því er æskilegt að nýr kostur í orkuöflun verði tiltækur innan 2-3 ára.

9.2.2 Varmadælur og katlar

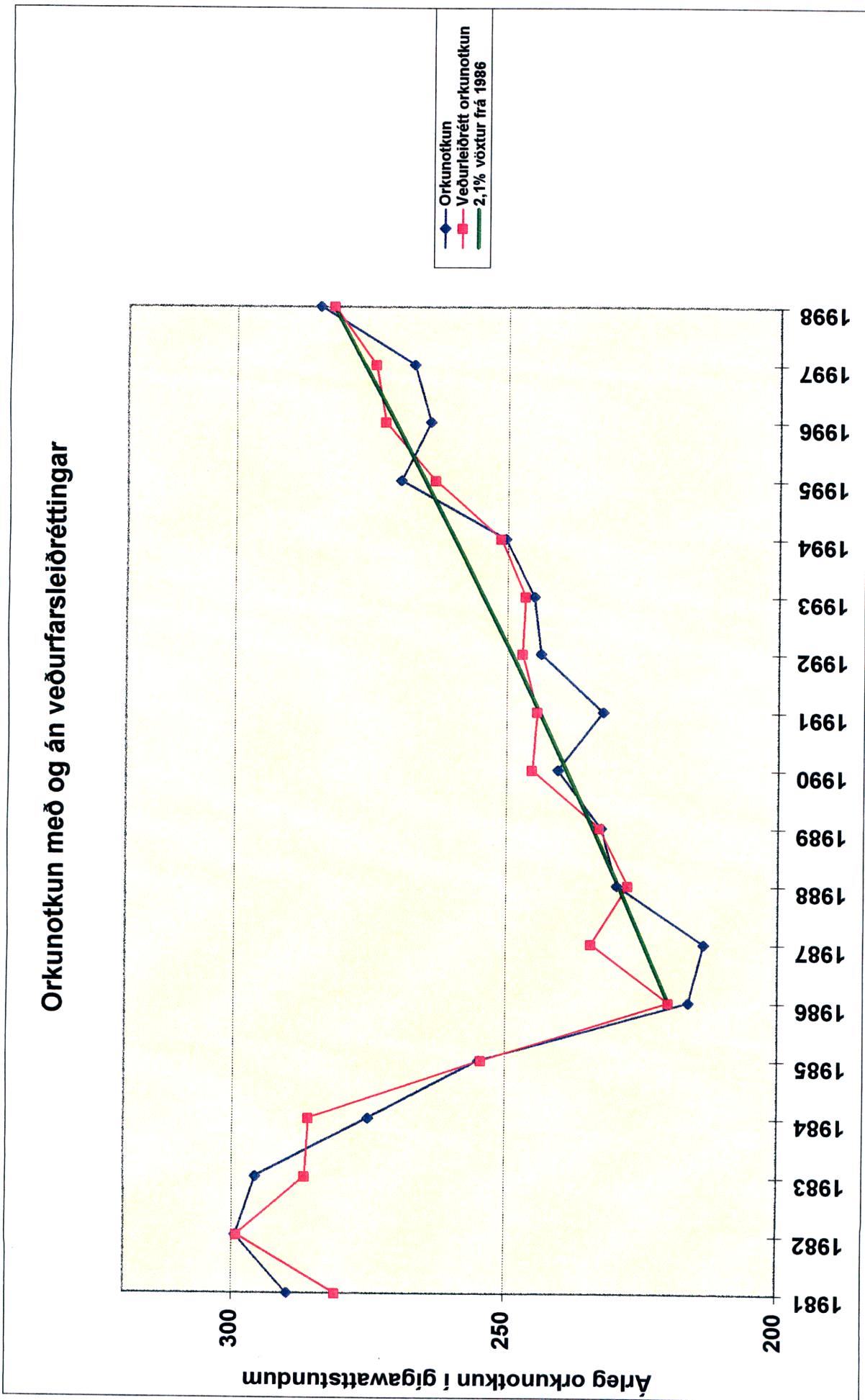
Á mynd 65 er gengið út frá því að framleiðsla á varmaorku með rafskautakötlum og varmadælum verði með svipuðum hætti og undanfarin ár. Það felur í sér að framleiddar verði um 11 GWst á ári með rafskautakatlinum við Súluveg og um 12 GWst á ári með varmadælum og kötlunum í Þórunnarstræti. Verði það ekki gert gengur hraðar á jarðhitasvæðin og orkuvinnslugeta þeirra minnkar örar en hér er gert ráð fyrir. Þegar þetta er ritað er framtíð rafhitunar nokkuð óljós vegna takmarkaðs framboðs á ótryggri raforku og óvissu um hve mikil raforka fæst keypt og á hvaða verði. Komi til áframhaldandi skerðingar á raforku á varmadælur og katlana má reikna með að grípa þurfi að sama skapi til olfuketilsins uns tekist hefur að ná í meira heitt vatn úr jörðu.



Orkunotkun, orkuþörf og orkumáttur Hitaveitu Akureyrar.



Mynd 64. Orkuðflutn, orkuvinnsla og orkumáttur Hitaveitu Akureyrar.



Mynd 65. Yfirlit um heildarorkunotkun og veðurleiðréttta orkunotkun HVA.

10. KOSTIR Í ORKUÖFLUN

Í skýrslum Orkustofnunar um málefni HVA hefur oft verið fjallað um fyrirligjandi kosti í orkuöflun og við fyrstu sýn mætti ætla að sífellt væri verið að fjalla um sömu atriði. Svo er þó ekki nema að takmörkuðu leyti. Stöðugt er unnið að rannsóknum og ný vitneskja bætist sífellt í sarpinn. Tvennt hefur þó gerst á undanförnum árum sem breytt gæti framtíðarsýn um orkuöflun, annars vegar betri upplýsingar um jarðhitasvæðin í Eyjafjarðarsveit og hins vegar vísbendingar um jarðhita í Arnarnes- og Glæsibærjarhreppum. Hér á eftir er því farið kerfisbundið yfir þá möguleika sem til greina koma við öflun meiri orku úr jarðvarma á næstu árum.

10.1 Jarðhitaleit í grennd núverandi virkjunarstaða

Æskilegast er að finna meira vatn í grennd núverandi virkjunarstaða. Fyrir því eru þau einföldu rök að þar er stutt í aðveitu- og dælustöðvar og því auðvelt að koma vatninu í notkun.

10.1.1 Klauf

Rétt við bæinn Klauf í Eyjafjarðarsveit hefur verið boruð hitastigulshola sem sýnir mjög háan hitastigul, um $400^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Þetta svæði er ekki fullrannsakað en það virðist ekki teygja sig að jarðhitasvæðinu við Grýtu. Vel er hugsanlegt að þarna sé um að ræða suðurkant Laugalandssvæðisins. Ef svo er má ekki búast við sjálfstæðu jarðhitakerfi þar.

10.1.2 Grýta - Sigtún

Grýtulaug er enn virk og þótt hitinn þar hafi lækkað úr um 33°C í um 27°C er líklegt að það stafi fremur af borun GRÝ-3 árið 1982 en áhrifum frá vinnslu á Laugalandi (Ingunn María Þorbergsdóttir, 1999). Hitastigulsmælingar haustið 1999 hafa leitt til þess að búið er að afmarka hitastigulsfrávik, sem tengist uppstreymisrás Grýtulaugar. Svæðið er nærrí landamerkjum Grýtu og Sigtúns. Líkur benda til að þarna kunni að vera sjálfstætt jarðhitakerfi. Borun allt að 400m holu þarna er áformuð innan tíðar til að afmarka kerfið frekar. Takist að finna aðfærslukerfi Grýtulaugar má búst þar við um $80 - 90^{\circ}\text{C}$ vatnskerfi miðað við kísilhita úr holu GRÝ-3 og Grýtulaug. Um magnið er erfíðara að segja en þó má benda á að flest jarðhitasvæðin sem HVA nýtir eru að gefa á bilinu 15-30 l/s. Sú tala yrði því lægri sem tengsl við núverandi vinnslusvæði reyndust meiri.

10.1.3 Stokkahlaðir - Botn

Forðafræðilegir eiginleikar jarðhitasvæðisins við Botn benda til þess að holurnar þar séu í þrýstisambandi við öflugt jarðhitakerfi sem lítið hafi hnignað við 18 ára vinnslu á Botni. Viðnámsmælingar benda einnig til þess að meginuppsteymi jarðhitans í vestanverðri Eyjafjarðarsveit sé við Botn. Þetta kerfi liggur trúlega djúpt og þarf því 1500 - 2000 m holu til að hitta á það. Ekki er vitað nákvæmlega hvar þessa kerfis er að leita. Hugsanlega er laugin við Stokkahlaðir angí af þessu kerfi og því ástæða til að fylgja rannsóknum þar eftir áður en ákvörðun um djúpa borun við Botn er tekin.

Búið er að afmarka hitastigulsfrávik í kringum Stokkahlaðalaug (Ólafur G. Flóvenz o.fl. 1994). Efnahitamælar benda til þess að vatnið sé ættað frá um 60°C heitu vatnskerfi. Það er þó trúlega vanmat á hita, því rennsli er mjög lítið úr lauginni og því trúlegt að kísill hafi fallið út í upp-

streymisrásinni. Áformað er að bora 300 - 400 m holu í hitastigulsfrávikið til að kanna það nánar. Leiði sú borun ekki til jákvæðrar niðurstöðu kann þrautarlendingin að vera borun allt að 2000 m djúprar holu skammt ofan holu HN-10. Áður en lagt er í slíka borun kemur til álita að framlengja TEM viðnámsmælingarnar til suðurs frá Botni.

10.1.4 Grísará

Við Grísará á HVA eina djúpa borholu GG-1. Sú hola er nokkuð tengd vinnslusvæðinu við Laugaland. Engu að síður benda gamlar dæluprófanir til þess að úr henni megi fá 5-8 l/s af um 80°C vatni. Þetta þyrti þó að sannreyna með dæluprófun.

10.1.5 Kristnes

Kristneslaug rennur sem fyrr lítt trufluð af vinnslu annars staðar í grændinni. Þó benda hitamælingar til þess að vatnið í henni hafi kólnað um tæpar 9°C frá 1977 til 1998 og kísilhiti lækkað úr 70°C í 65°C. Boranir þar upp úr 1980 skiluðu engum árangri. Ekki hefur verið farið út í frekari leit þar síðan, en til greina kemur að leita uppstreymisins með hitastigulsborunum.

10.1.6 Ytra-Gil

Þegar til stóð að taka sýni úr Gilslaug haustið 1998 fannst laugin ekki og var talið að breytingar á árfarvegi hefðu kaffað laugina. Heimamenn urðu síðast varir við laugina sumarið 1997 og var hún þá grafin upp. Haustið 1999 var leitað að lauginni en án árangurs (Ingunn María Þorbergsdóttir, 1999). Virðist svo sem laugin sé horfin, hvort sem kenna má um minnkandi þrýstingi í jarðhitakerfinu eða breytingum í uppstreymisrásinni við yfirborð. Hiti í lauginn var um 48°C en efnahitamælar gáfu misvísandi niðurstöður, t.d. sýndi kísilhitamælirinn lægra gildi en mældist í lauginni. Viðnámsmælingar á þessum slóðum vekja hins vegar vonir um að þarna kunni að mega fá heitara vatn (Ragna Karlsdóttir og Ólafur G. Flóvenz, 1999). Þess vegna er ástæða til að kanna þetta svæði með hitastigulsborunum á næstu árum.

10.1.7 Garðsárdalur

Engar sérstakar rannsóknir hafa farið fram við Garðsárlaug síðan 1980 (Ólafur G. Flóvenz o.fl. 1981) utan efangreininga árið 1989 og 1998. Laugin er aðeins um 19°C heit og hefur hvorki breyst í hita né efnainnihaldi. Efnahitamælar benda til um 50°C hita í jarðhitakerfinu og svæðið því ekki ofarlega á forgangslista rannsóknna.

10.1.8 Glerárdalur

Ekkert í vinnslugögnum frá Glerárdal bendir til þess að þar sé að finna meira eða heitara vatn í grenndinni. Hins vegar sýna boranir að Glerárlaugar og vinnsluholan, GYN-7, séu í útjaðri jarðhitasvæðisins, sem teygir sig undir fjallhlíðina að Fálkafelli þar sem landhæð er orðin yfir 300 m. Því hefur ekki þótt ástæða til að setja frekari rannsóknir á Glerárdal ofarlega á forgangslista. Þó má geta þess að hitastigulsboranir í Kjarnaskógi sýna lítið eitt hærri hitastigul í einni holunni. Því þarf að fylgja eftir með fleiri hitastigulsholum þar í grennd.

10.1.9 Þelamörk

Undirbúningsrannsóknir vegna borunar um 1500 m holu við Laugaland á Þelamörk eru á lokastigi. Beðið er borunar síðustu rannsóknarholunnar af 3 sem boraðar voru árin 1998 og 1999 en að henni lokinni getur staðsetning djúpu holunnar legið fyrir. Allar líkur benda þó til þess að bora þurfi úti í núverandi farvegi Hörgár til að hitta á aðfærsluæðar jarðhitakerfisins á um eða yfir 1000 m dýpi. Um árangur af borun djúprar holu er erfitt að fjölyrða fyrirfram, en holan á að svara því hvort finna má heitara vatn og meira á umræddu dýptarbili. Efnahitamælar benda til um 90-100°C hita og almenn reynsla í Eyjafirði bendir til að æðar neðan 1000 m dýpis séu heldur gjöf- ulli en grynnri æðar.

10.2 Jarðhitaleit annars staðar í Eyjafirði

Sunnan jarðhitans við Botn og Grýtu er ekki að finna jarðhita á yfirborði fyrr en um 8-10 km sunnar. Volgrur eru á Mjaðmárdal, við Stóradal og Litladal, Strjúgsá, við Hleiðargarð og laug við Hólsgerði. Öllum volgrunum er það sammerkt að hiti í þeim er lágur. Efnahiti við Strjúgsá og Stóradal er lágur, en um 85°C í Mjaðmárdal. Sú laug er hins vegar afskekkt og liggur undir brattri fjallshlíð þannig að aðstæður til jarðhitavinnslu gætu reynst vandasamar. Boruð hefur verið um 600 m djúp hola við Hleiðargarð sem sýnir að jarðhitinn þar er aðrunninn og/eða óverulegur. Við Hólsgerði hafa farið fram talsverðar rannsóknir með góðum árangri og var búið að staðsettja þar djúpa rannsóknarholu fyrir Eyjafjarðarsveit árið 1992. Vegna missættis var hætt við þá borun. Aðstæður á öllum þessum svæðum eru þess eðlis að þau verða tæplega sett á forgangslista við rannsóknir næstu ára.

Undanfarin ár hefur farið fram jarðhitaleit á Árskógsströnd, Hjalteyri og á svæðinu frá Kjarnaskógi að Hörgárósum. Niðurstöðurnar hafa leitt í ljós tvö álitleg jarðhitakerfi á Árskógsströnd. Annað er við Brimnesborgir og fæst þar gnótt af 73°C vatni af liðlega 400m dýpi sem nú er að hluta til nýtt í hitaveitu þar. Hitt er við Ytri-Vík þar sem tæplega 80°C vatn fæst úr liðlega 100m djúpri borholu og er nýtt til upphitnar á nokkrum húsum. Þá hafa nýverið fundist vísbendingar um að heitt vatn sé að finna í jörðu við Hjalteyri, en rannsóknir þar eru skammt á veg komnar. Loks má nefna að athugun á jarðskjálftaupptökum í Eyjafirði sýnir að virk sprunga liggur úti í firðinum sunnan við Grenivík og teygir sig til suðsuðvesturs eftir Eyjafirði í stefnu að Hörgárósum. Í hitastigulholunum sem boraðar voru 1998 og 1999 milli Kjarna og Hörgárósa hefur hvergi fundist vísbending um jarðhita nema við Skipalón. Jarðhiti á þeim slóðum gæti tengst umræddri sprungu.

Í ljósi þessara nýfundnu jarðhitastaða og frekari vísbendinga um jarðhita við vestanverðan Eyjafjörð blasir við að beina athyglinni þangað varðandi framtíðarvinnslusvæði fyrir Hitaveitu Akureyrar. Fjarlægðir frá Þelamörk að Árskógsströnd eru ekki svo miklar að þær geri lögn þangað óarðbæra. Í raun má vel hugsa sér þá framtíðarsýn að allar veitur frá Dalvík inn í Eyjafjarðarsveit verði samtengdar. Með slíkri samtengingu fegnist mikið öryggi fyrir þær veitur sem eru á þessu svæði, ekki síst fyrir þær sem eru á virku jarðskjálftasvæði eins og Dalvík og Árskógsströnd.

10.3 Jarðhitaleit austan Vaðlaheiðar

Engar rannsóknir sem orð er á gerandi hafa farið fram á Reykjum í Fnjóskadal síðan hola RYW-7 var boruð þar með góðum árangri árið 1982. Ekki hefur verið unnið úr gögnum sem aflað var við

þá borun eða tekin saman skýrsla um málið. Þetta þarf að gera fyrr en síðar svo að upplýsingar glatist ekki. Að öðru leyti er vart ástæða til að setja rannsóknir á Reykjum eða öðrum svæðum í Fnjóskadal ofarlega á forgangslista.

11. SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR

Helstu niðurstöður þessarar skýrslu eru:

1. Orkunotkun jókst um 5% milli áranna 1997 og 1998. Aukning í orkunotkun frá ári til árs er sveiflukennend en meðalaukning í orkunotkun frá 1986 til 1998 er um 2,2% á ári. Í ljósi þess þykir skynsamlegt að miða orkuöflun við að mæta þurfi um 2% árlegri aukningu að jafnaði næsta áratuginn.
2. Um 6% aukning varð í orkuframleiðslu úr jarðhitasvæðum. Þessi aukning stafar af samdrætti í orkuframleiðslu með rafmagni vegna skerðingar á afhendingu afgangsraforku.
3. Vinnsla af jarðhitasvæðum á árinu 1998 var í heild um 90% af áætlaðri langtíma vinnslugetu þeirra.
4. Eftir dæluskipti í holu BN-1 gefur holan nokkuð minna vatn en áður af óþekktum ástæðum. Þetta þarf að skoða nánar.
5. Lagt er til að vatnsborð í holu GÝ-5 á Glerárdal verði mælt þar til hægt verður að gera við mælirör í holu GÝN-7.
6. Niðurdæling vatns á Laugalandi hefur talsverð áhrif til hækkanar á vatnsborði á Laugalandi og að einhverju leyti á Ytri-Tjörnum. Allt bendir til að niðurdæling bakrásarvatns sé mjög góður kostur til að viðhalda og auka afkastagetu jarðhitasvæðanna.
7. Engrar kólnunar hefur orðið vart vegna niðurdælingar á köldu vatni í holur LN-10 og LJ-8 á Laugalandi. Um tveir þriðju hlutar þess sem dælt er niður skilar sér til baka á formi aukinnar vinnslugetu á Laugalandi og einhver hluti til viðbótar skilar sér í aukinni vinnslugetu á Ytri-Tjörnum.
8. Hiti vatns úr borholum veitunnar er nokkuð stöðugur milli ára. Sveiflur eru í holu LJ-5 á Laugalandi vegna mismunandi dælingar og hægt hefur á kólnun í HN-10, trúlega vegna ívið minni dælingar þaðan.
9. Efnastyrkur er nokkuð stöðugur í öllum holum veitunnar. Þannig er styrkur helstu efna í HN-10 á Botni og LPN-11 á Þelamörk orðinn stöðugur milli ára sem bendir til jafnvægis milli heita vatnsins og kaldara innrennslis. Svipað má segja um holu RWN-7 við Reykhús, þar er komið jafnvægi milli jarðhitavatnsins og niðurrennslis á bakrásarvatni í holu RÝ-9.
10. Súlfiststyrkur í dælustöðinni í Þórunnarstræti þykir fulllágur til að mæta súrefnismengun í dreifikerfinu.
11. Hermireikingar fyrir jarðhitasvæðin voru endurgerðir með hliðsjón af vinnslusögu síðustu 5 ára, eða frá því slískir reikningar voru gerðir síðast. Matið á vinnslugetu svæðanna nær fram til ársins 2010. Það byggir á því að í lok tímabilsins verði vatnsborð í dæluholum í lægstu vetrarstöðu ofan tiltekinna marka, sem miðast við núverandi dæladýpi. Nýja matið

er gert heldur nákvæmar en það gamla að því leyti að tekið er tillit til árssveiflna í dælingu. Það er því ekki alveg samanburðarhæft við eldra matið. Helstu niðurstöður eru:

- Áfram dregur úr vinnslugetu Syðra-Laugalands, Ytri-Tjarna og Glerárdals vegna tregs innstremmis í kerfin auk áhrifa milli S-Laugalands og Ytri-Tjarna.
 - Á S-Laugalandi er meðalvinnslugetan til 2010 án niðurdælingar talin vera 38,5 l/s miðað við 70 l/s dælingu 3 mánuði að vетri og þriggja mánaða sumarhlé. Gamla matið var 46 l/s. Ekki er tekið tillit til niðurdælingar í þessu mati. Ástæða þessa samdráttar er að hluta að leita í áhrifum frá vinnslu á Ytri-Tjörnum.
 - Á Ytri-Tjörnum er meðalvinnslugetan til 2010 áætluð 30 l/s miðað við 34 l/s fasta dælingu og 1,5 mánaðar sumarhlé. Gamla matið var 33 l/s.
 - Úrvinnslu gagna sem aflað var með niðurdælingu á Laugalandi er ekki lokið. Bráðabirgðaniðurstöður benda til þess að við 15 l/s niðurdælingu aukist afkastageta á Laugalandi um 10 l/s og einhver aukning verði einnig á Ytri-Tjörnum.
 - Á Glerárdal er meðalvinnslugetan áætluð 14 l/s miðað við 21 l/s fasta dælingu og 4 mánaða sumarhlé en 17 l/s ef svæðið er notað sem grunnafl allt árið. Gamla matið var 15 l/s.
 - Áætluð vinnslugeta Þelamerkur vex úr 16 l/s í 17,5 l/s miðað við fasta dælingu og án niðurdælingar.
 - Áætluð vinnslugeta á Botni er svipuð, 30,5 l/s á móti 30 l/s í eldra mati. Hins vegar er gert ráð fyrir að vatnið úr HN-10 kólni um 3-4°C á tímabilinu og orkuframleiðslan lækki sem því nemur.
12. Taldar eru góðar líkur á að afla meiri jarðhitaorku í nágrenni Akureyrar. Í gangi eru rannsóknir við jarðhitasvæðin á Grýtu, Stokkahlöðum og Laugalandi á Þelamörk til undirbúnings borunar djúpra rannsóknaholna. Kerfisbundin leit stendur yfir að hugsanlegum jarðhitasvæðum á milli Kjarnaskógar og Hörgárósa. Veikar vísbendingar hafa fundist um jarðhita við Skipalón, sem kanna þarf nánar.
13. Góður árangur af jarðhitaleit á tveimur stöðum á Árskógsströnd og nú síðast sterkar vísbendingar um jarðhitakerfi við Hjalteyri leiða hugann að því hvort framtríðarvinnslusvæði fyrir Akureyri sé að finna við vestanverðan Eyjafjörð fremur en austan Vaðlaheiðar. Það skapar möguleika á samtengingu allra hitaveitna frá Dalvík að Eyjafjarðarsveit, sem yki mjög rekstraröryggi þeirra allra.

12. HEIMILDIR

Axel Björnsson, Kristján Sæmundsson, Sigmundur Einarsson, Freyr Þórarinsson, Stefán Arnórsson, Hrefna Kristmannsdóttir, Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson og Þorsteinn Thorsteinsson, 1979: Hitaveita Akureyrar. Rannsókn jarðhita í Eyjafirði. Áfangaskýrsla 1978. Orkustofnun, OS-7827/JHD, 91 s., unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar.

Ásgrímur Guðmundsson og Sigmundur Einarsson, 1980: Garðsárlaug, Öngulssstaðahreppi, Eyjafjarðarsýslu. Orkustofnun, ÁG/SE-80/02, 2 s.

Guðni Axelsson, 1998a: Niðurdæling á Suðra-Laugalandi í Eyjafirði. Endurheimta ferilefna fyrsta árið. Orkustofnun, greinargerð GAX-98/04, 10 s.

Guðni Axelsson, 1998b: Niðurdæling á Syðra-Laugalandi í Eyjafirði. Um áhrif niðurdælingar á vatnsborð. Orkustofnun, greinargerð GAX-98/05, 7 s.

Guðni Axelsson og Ólafur G. Flóvenz, 1998: Horfur í orkuöflun Hitaveitu Akureyrar veturinn 1998/99. Orkustofnun, greinargerð GAX/ÓGF-98/07, 5 s.

Guðni Axelsson, Helga Tulinius, Ólafur G. Flóvenz og Þorsteinn Thorsteinsson, 1988: Vatnsöflun Hitaveitu Akureyrar. Staða og horfur 1988. Orkustofnun, OS-88052/JHD-10, 33 s.

Guðni Axelsson, Ólafur G. Flóvenz, Hrefna Kristmannsdóttir og Guðrún Sverrisdóttir, 1993: Laugaland í Eyjafjarðarsveit. Tilraun með niðurdælingu vatns. Orkustofnun, OS-93052/JHD-13, 69 s.

Guðni Axelsson, Guðrún Sverrisdóttir og Ólafur G. Flóvenz, 1997: Hitaveita Akureyrar. Vinnslueftirlit 1996. Orkustofnun, OS-97053, 59 s., unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar.

Guðni Axelsson, Guðrún Sverrisdóttir og Ólafur G. Flóvenz, 1998b: Hitaveita Akureyrar. Orkuþúskapur og eftirlit með jarðhitasvæðum 1997. Orkustofnun, OS-98032, 56 s., unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar.

Guðni Axelsson, Guðrún Sverrisdóttir, Ólafur G. Flóvenz, Franz Árnason, Árni Árnason og Reynir Böðvarsson, 1998c: Thermal energy extraction, by reinjection, from a low-temperature geothermal system in N-Iceland. Proceedings 4th Int. HDR Forum, Strasbourg, France, Sept. 1998, 10 s.

Guðni Axelsson, Ólafur G. Flóvenz og Steinunn Hauksdóttir, 1999: Undarlegheit á Laugalandi á Þelamörk. Samorka, fréttabréf nr. 24, 1. tbl. 1999, bls 2.

Hita- og vatnsveita Akureyrar, Orkustofnun, Uppsala University, Hoechst Danmark A/S og Rarik, 1998: Demonstration of improved energy extraction from a fractured geothermal reservoir. Mid-term report for Thermie project GE-0060/96, OS-98050, 42 s.

Hrefna Kristmannsdóttir og Sigfús Johnsen, 1981: Eyjafjörður. Efnainnihald og ísótópahlutföll jarðhitavatns. Orkustofnun, OS-81023/JHD14, 49 s., unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar.

Ingunn María Þorbergsdóttir, 1999: Athuganir við Gilslaug og hitamælingar í Grýtulaug í Eyjafirði. Orkustofnun, Greinargerð IMP-99/01.

Ólafur G. Flóvenz, Sigmundur Einarsson og Bára Björgvinssdóttir, 1981: Jarðhitarannsóknir við Gilslaug, Garðsárlaug og Mjaðmárdalslaug. Orkustofnun, OS-81030/JHD-18, 22 s., unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar.

Ólafur G. Flóvenz og Ásgrímur Guðmundsson, 1984: Viðnámsmælingar og rannsóknarboranir við Grýtu í Öngulssstaðahreppi 1982-1983. Orkustofnun, OS-84040/JHD-05, 45 s., unnið fyrir

Hitaveitu Akureyrar.

Ólafur G. Flóvenz, Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson, Hilmar Sigvaldason og Auður Ingimundardóttir, 1990: Hitaveita Akureyrar. Vinnslueftirlit 1989. Orkustofnun, OS-90019/JHD-08 B, 60 s., unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar.

Ólafur G. Flóvenz, Guðrún Sverrisdóttir og Ásgrímur Guðmundsson, 1994: Jarðhitarannsóknir við Stokkahlaðir og Hranastaði. Orkustofnun, OS-94006/JHD-02 37 s., unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar.

Ólafur G. Flóvenz, Guðni Axelsson, Grímur Björnsson, Jens Tómasson, Guðrún Sverrisdóttir Hilmar Sigvaldason og Sigurður Benediktsson, 1994a: *Laugaland á Þelamörk. Boranir og vinnsluprófun 1992-1993*. Orkustofnun, OS-94032/JHD-07, 121 s., unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar.

Ólafur G. Flóvenz, Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1994b: Hitaveita Akureyrar. Vinnslueftirlit 1993. Orkustofnun, OS-94011/JHD-03, 43 s., unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar.

Ólafur G. Flóvenz, Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1996: Hitaveita Akureyrar. Vinnslueftirlit 1995. Orkustofnun, OS-96035/JHD-06, 65 s., unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar.

Ragna Karlsdóttir og Ólafur G. Flóvenz, 1999: TEM-mælingar í Eyjafirði 1995. Orkustofnun, skýrsla í handriti.

Sigmundur Einarsson, Þorsteinn Thorsteinsson, Axel Björnsson og Kristján Sæmundsson, 1981: Laugar og volgrur í Hrafagilshreppi. Orkustofnun, SE/PTh/AB/KS-81/02 12 s.

VIÐAUKI A: Eiginleikar þjappaðra líkana

Tafla A.1. *Eiginleikar þjappaðra líkana af jarðhitakerfunum sem Hitaveita Akureyrar nýtir; h_0 táknað þann upphaflega yfirþrýsting sem reiknað er með, a_i stærð eiginvektora, λ_i stærð egingilda, κ_i rýmd geymanna í líkáninu og σ_i vatnsleiðnina milli geyma.*

	Botn	S-Laugaland	Ytri-Tjarnir	Glerárdalur	Laugaland á Þelamörk
h_0 (m)	-180	-220	-60	-60	-20
a_1 (m/kg)	$5,97 \times 10^{-6}$	$3,27 \times 10^{-7}$	$9,67 \times 10^{-7}$	$1,78 \times 10^{-6}$	$5,97 \times 10^{-6}$
λ_1 (1/s)	$4,84 \times 10^{-7}$	$2,92 \times 10^{-7}$	$4,53 \times 10^{-7}$	$7,48 \times 10^{-7}$	$4,84 \times 10^{-7}$
a_2 (m/kg)	$1,55 \times 10^{-9}$	$4,89 \times 10^{-8}$	$2,09 \times 10^{-7}$	$1,45 \times 10^{-7}$	$5,97 \times 10^{-8}$
λ_2 (1/s)	$6,10 \times 10^{-9}$	$1,06 \times 10^{-8}$	$3,01 \times 10^{-8}$	$2,47 \times 10^{-8}$	$4,84 \times 10^{-9}$
a_3 (m/kg)	$1,55 \times 10^{-9}$	$5,09 \times 10^{-9}$	$6,25 \times 10^{-9}$	$1,63 \times 10^{-8}$	
λ_3 (1/s)	$5,37 \times 10^{-10}$	$4,85 \times 10^{-10}$	$5,87 \times 10^{-10}$	$1,29 \times 10^{-9}$	
κ_1 (ms^2)	17	268	86	53	21
κ_2 (ms^2)	33400	1750	456	620	6910
κ_3 (ms^2)	46800	20100	16500	6341	mjög stór
σ_1 (ms)	$0,826 \times 10^{-5}$	$6,75 \times 10^{-5}$	$3,25 \times 10^{-5}$	$3,62 \times 10^{-5}$	$0,806 \times 10^{-5}$
σ_2 (ms)	$11,0 \times 10^{-5}$	$1,95 \times 10^{-5}$	$1,60 \times 10^{-5}$	$1,50 \times 10^{-5}$	$1,35 \times 10^{-5}$
σ_3 (ms)	$4,66 \times 10^{-5}$	$1,08 \times 10^{-5}$	$1,00 \times 10^{-5}$	$0,913 \times 10^{-5}$	