VERKFRÆÐISTOFAN VATNASKIL

HÁLSLÓN

Aurburður og setmyndun

Unnið fyrir Landsvirkjun

05.07
Apríl 2005

HÁLSLÓN

Aurburður og setmyndun

Unnið fyrir Landsvirkjun.

05.07
Apríl 2005

VERKFRÆÐISTOFAN VATNASKIL

19.04.2005

LANDSVIRKJUN
Háaleitisbraut 68
103 Reykjavík

Í þessari skýrslu verður lagt mat á aurburð sem berst inn í Hálslón og lögð verður áhersla á eftirfarandi þrjú atriði.

1. Mat á styrk og kornastærðardreifingu sem berst til virkjunar í gegnum aðrennslisgöng.
2. Mat á þykkt sets og kornastærðardreifingu sets á bökkum Hálslóns.
3. Mat á stærð aurkeilu efst í lóninu.

Megináhersla verður lögð á fyrstu tvo liðina og eingöngu lagt lauslegt mat á útbreiðslu aurkeilunnar efst í lóninu. Við fyrstu tvo liðina skiptir fínna setið megin máli þar sem sethraði þess er svo lítill að það nær að berast inn í lónið, en hins vegar eru það grófu efnin sem setjast efst í lónið og mynda aurkeiluna.

Með skýrslunni fylgir forrit á geisladiski, þar sem hægt er að skoða niðurstöður myndrænt.

Virðingarfyllst,

Snorri Páll Kjaran

Hjalti Sigurjónsson

EFNISYFIRLIT

BRÉF 2

EFNISYFIRLIT 3

MYNDASKRÁ 4

TÖFLUSKRÁ 5

1. INNGANGUR...6

2. AURBURÐUR..6

3. STRAUMAR OG SETMYNDANIR Í HÁLSLÓNI...7

3.1 Straumar í Hálslóni..7

3.2 Setmyndun í Hálslóni..8

3.3 Eyrarmyndun í Hálslóni..9

HEIMILDASKRÁ..10

VIÐAUKI I 11
Skýringar með geisladiski...12
1 Viðmót hugbúnaðarins..12
2. Notkun hugbúnaðarins 14
2.1 Haldið af stað 14
2.2 Aðgerðir..14

MYNDIR..18

MYNDASKRÁ

1. Reiknað ársmeðaltal svifaurs inn í Hálslón ... 19
2. Reiknað ársmeðaltal botnskriðs inn í Hálslón ... 20
3. Líkansvæði ... 21
4. Lónrými í Hálslóni ... 22
5. Innrennsli í Hálslón 1952 – 1953 ... 23
6. Rennsli til virkjunar 1952 – 1953 ... 24
7. Lónhæð 1952 – 1953 ... 25
8. Rennsli á yfirfalli 1952 – 1953 ... 26
9. Leki úr lóni 1952 – 1953 ... 27
10. Innrennsli í Hálslón 1980 –1981 ... 28
11. Rennsli til virkjunar 1980 – 1981 ... 29
12. Lónhæð 1980 – 1981 ... 30
13. Rennsli á yfirfalli 1980 – 1981 ... 31
14. Leki úr lóni 1980 – 1981 ... 32
15. Reiknað rennsli 1. ágúst 1953 (Q=454 m^3/s) ... 33
16. Reiknað rennsli 1. ágúst 1981 (Q=425 m^3/s) ... 34
17. Reiknaður styrkur svifaurs 1952 - 1953 ... 35
18. Reiknaður styrkur svifaurs í innstreymi 1952 - 1953 ... 36
19. Reiknaður styrkur svifaurs í útstreymi 1952 - 1953 ... 37
20. Kornastærðardreifing fyrir svifaur (leir 2 – fínmór) 1952 - 1953 ... 38
21. Reiknaður styrkur svifaurs 1980 – 1981 ... 39
22. Reiknaður styrkur svifaurs í innstreymi 1980 – 1981 ... 40
23. Reiknaður styrkur svifaurs í útstreymi 1980 – 1981 ... 41
24. Kornastærðardreifing fyrir svifaur (leir 2 – fínmór) 1980 – 1981 ... 42
25. Botnset eftir 1 ár 1.9.1952 – 1.9.1953 ... 43
26. Botnset eftir 1 ár á lónbökkum 1.9.1952 – 1.9.1953 ... 44
27. Botnset eftir 1 ár - Fínmór 1.9.1952 – 1.9.1953 ... 45
28. Botnset eftir 1 ár – Méla 1 1.9.1952 – 1.9.1953 ... 46
29. Botnset eftir 1 ár – Méla 2 1.9.1952 – 1.9.1953 ... 47
30. Botnset eftir 1 ár – Méla 3 1.9.1952 – 1.9.1953 ... 48
31. Botnset eftir 1 ár – Leir 1 1.9.1952 – 1.9.1953 ... 49
32. Botnset eftir 1 ár – Leir 2 1.9.1952 – 1.9.1953 ... 50
33. Botnset eftir 1 ár 1.9.1980 – 1.9.1981 ... 51
34. Botnset eftir 1 ár á lónbökkum 1.9.1980 – 1.9.1981 ... 52
35. Botnset eftir 1 ár – Fínmór 1.9.1980 – 1.9.1981 ... 53
36. Botnset eftir 1 ár - Méla 1 1.9.1980 – 1.9.1981 ... 54
37. Botnset eftir 1 ár - Méla 2 1.9.1980 – 1.9.1981 ... 55
38. Botnset eftir 1 ár - Méla 3 1.9.1980 – 1.9.1981 ... 56
39. Botnset eftir 1 ár - Leir 1 1.9.1980 – 1.9.1981 ... 57
40. Botnset eftir 1 ár - Leir 2 1.9.1980 – 1.9.1981 ... 58
41. Uppsafnaður massi kornastærðarflokka eftir landhæð 31. ágúst 1953 ... 59
42. Uppsafnaður heildarmassi eftir landhæð 31. ágúst 1953 ... 60
43. Uppsafnaður massi kornastærðarflokka eftir landhæð 31. ágúst 1981 ... 61
44. Uppsafnaður heildarmassi eftir landhæð 31. ágúst 1981 ... 62
45. Grófefni – botnset eftir 5 ár ... 63
46. Grófefni – botnset eftir 10 ár ... 64
47. Grófefni – botnset eftir 15 ár ... 65
48. Grófefni – botnset eftir 20 ár ... 66

49. Grófefni – botnset eftir 25 ár ... 67
50. Grófefni – botnset eftir 30 ár ... 68
51. Grófefni – botnset eftir 35 ár ... 69
52. Grófefni – botnset eftir 40 ár ... 70
53. Grófefni – botnset eftir 45 ár ... 71
54. Grófefni – botnset eftir 50 ár ... 72

TÖFLUSKRÁ

1. Skipting innrennslis í Hálslón ... 7
2. Stuðlar í aurburðarlykli ... 7
3. Kornastærðardreifing svifaurs ... 7
4. Sethraði svifaurs ... 8
5. Styrkur svifaurs í útrennsli 1952 – 1953 ... 8
6. Styrkur svifaurs í útrennsli 1980 – 1981 ... 9

1. INNGANGUR

Með Kárahnjúkavirkjun eru virkjaðar í einni virkjun jökulárnar Jökulsá á Dal og Jökulsá í Fljótsdal. Jökulsá á Dal er stífluð við Kárahnjúka og þar myndað helsta miðlunarlón virkjunarinnar Hálslón, 57 km^2 að stærð við yfirfallshæð 625 m y.s. með nýtanlegu miðlunarrými um 2100 Gl. Einnig er veitt til virkjunarinnar vatni úr nokkrum ám norðan Snæfells og á Fljótsdalsheiði og vatni úr ám á svokölluðum Hraunum austan Jökulsár í Fljótsdal.

Með tilkomu virkjunarinnar verða verulegar breytingar á aurburði í vatnsföllum á áhrifasvæði hennar. Langmest verða þessi áhrif í Jökulsá á Dal, enda er aurburður þar mjög mikill. Eftir virkjun mun aurburður árinnar berast inn í Hálslón og valda þar verulegri setmyndun. Þrátt fyrir að aðeins lítill hluti aurburðarins komist í gegnum lónið og virkjunina til Lagarfljóts, verður aukning svifaurs þar veruleg. Breytingar á aurburði og afleiðingar þeirra skipta verulegu máli bæði við hönnun virkjunarinnar og eins við mat á umhverfisáhrifum hennar.

Í þessari skýrslu verður lagt mat á aurburð sem berst inn í Hálslón og lögð verður áhersla á eftirfarandi þrjú atriði.

1. Mat á styrk og kornastærðardreifingu sem berst til virkjunar í gegnum aðrennslisgöng.
2. Mat á þykkt sets og kornastærðardreifingu sets á bökkum Hálslóns.
3. Mat á stærð aurkeilu efst í lóninu.

Megináhersla verður lögð á fyrstu tvo liðina og eingöngu lagt lauslegt mat á útbreiðslu aurkeilunnar efst í lóninu. Við fyrstu tvo liðina skiptir fínna setið megin máli þar sem sethraði þess er svo lítill að það nær að berast inn í lónið, en hins vegar eru það grófu efnin sem setjast efst í lónið og mynda aurkeiluna.

Magn sets á bökkum Hálslóns hefur afgerandi þýðingu fyrir uppfok sem getur átt sér stað þegar lágt er í lóninu.

2. AURBURÐUR

Rennsli til Hálslóns mun samanstanda að langmestu leyti af jökulrennsli frá Brúarjökli. Vatnasvið Jökulsár á Dal við Kárahnjúka er talið um 1800 km^2, þar af um 1400 km^2 á jökli. Rennsli frá jöklinum skiptist milli meginkvíslar Jökulsár á Dal, Gljúfrakvíslar, Kringilsár og Sauðár. Meðalrennsli við Kárahnjúka er talið um 103 m^3/s. Skipting rennslis frá jöklum er samkvæmt Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen hf. (VST) gefin í töflu 1, (VST, 2001).

Eitt helsta einkenni Jökulsár á Dal er mikill aurburður, sem að langstærstum hluta tengist jökulbráðnun. Á jökulleysingatímabilinu (júlí-september) koma um 70% af ársrennsli árinnar fram og um 80-90% af heildarframburði árinnar.

Aurburði í ám má almennt skipta í tvennt. Annars vegar er botnskrið, sem samanstendur af þyngsta og grófasta efninu, sem skríður fram eftir botni árinnar. Hins vegar er svifaur, fínna efni sem er dreift yfir dýpi árinnar.

TAFLA 1 Skipting innrennslis í Hálslón

Innrennsli í Hálslón	% af heildar rennsli
Jökulsá	43%
Gljúfrakvísl	27%
Kringilsá	14%
Sauðá	16%

Samkvæmt VST er aurburðarlykill fyrir svifaur og botnskrið gefinn með eftirfarandi jöfnu.

$$q = aQ^b \qquad (1)$$

Þar sem Q er rennsli reiknað samkvæmt töflu 1. Stuðlarnir a og b eru gefnir í töflu 2.

TAFLA 2 Stuðlar í aurburðarlykli

Stuðull	Svifaur	Botnskrið
a	0,00109	0,000269
b	2,6	2,5

Rennsli til Hálslóns er byggt á reiknuðum rennslisröðum frá Verkfræðistofunni Vatnaskilum sf. fyrir tímabilið 1. september 1950 – 31. ágúst 2001. Raðirnar eru á dags-grunni. Innstreymi svifaurs og botnskriðs er reiknað út frá þessum rennslisröðum með jöfnu 1 og stuðlum gefnum í töflu 2. Meðalinnstreymi svifaurs og botnskriðs ár hvert 1950-2001 er sýnt á myndum 1 og 2.

TAFLA 3 Kornastærðardreifing svifaurs

Svifaurs-flokkur	Kornastærð, mm	%
Sandur	0,2 - 2	18
Grófmór	0,06 - 0,2	22
Fínmór	0,02 - 0,06	22
Méla 1	0,008 - 0,02	13
Méla 2	0,004 - 0,008	9
Méla 3	0,002 - 0,004	6
Leir 1	0,001 - 0,002	5
Leir 2	0,0002 - 0,001	5

Samkvæmt myndunum er innstreymi svifaurs að meðaltali 6,7 milljón tonn á ári og samsvarandi tala fyrir botnskrið er 1,0 milljón tonn. Mesta magn árlegs svifaurs sem berst inn í lónið er 15 milljón tonn en mesta magn botnskriðs er rúmlega 2,0 milljón tonn. Samkvæmt ofangreindu yrði setþykkt 96,5 mm ef allur aur dreifðist jafnt yfir allt lónið sem er 57 km^2 og gert er ráð fyrir eðlisþyngd 1400 kg/m^3.

Ef miðað er við lónrými 2100 Gl þá tæki það um 400 ár að fylla lónið. Kornastærðardreifing svifaurs er fengin hjá VST og er hún gefin í töflu 3. Botnskrið er almennt mjög gróft efni og flokkast að mestu eða öllu leyti sem sandur (>0,2 mm) og þaðan af grófari efni.

3. STRAUMAR OG SETMYNDANIR Í HÁLSLÓNI

Til útreikninga á straumum og setmyndun í Hálslóni er notað rennslislíkanið Aquariver sem hefur verið þróað á Verkfræðistofunni Vatnaskilum sf. Það samanstendur af tveimur þáttum, straumlíkani og setflutningalíkani. Straumlíkanið reiknar rennsli, hraða og vatnshæð í lóninu og setflutningalíkanið reiknar flutning efna, annars vegar sem svifaur og hins vegar sem botnskrið. Nánari lýsingu líkaninu má finna í skýrslu Landsvirkjunar (2004).

3.1 Straumar í Hálslóni.

Stillt var upp straumlíkani af Hálslóni og er líkansvæðið sýnt á mynd 3. Aðalkvísl Jökulsár á Dal kemur inn í lónið að sunnanverðu og síðan Gljúfrakvísl og Kringilsá og Sauðá í réttri röð norður eftir. Rennsli út úr lóninu er þrenns konar. Í fyrsta lagi er rennsli um aðrennslisgöng að norðan til virkjunar, í öðru lagi er rennsli á yfirfalli einnig nyrst á líkansvæðinu og að lokum í þriðja lagi er leki úr vatninu sem er mismunandi eftir lónhæð. Landhæð í líkaninu er sýnd á mynd 3.

Manningtala er metin 0,03 útfrá reynslu þar sem líkanið hefur verið notað áður við svipaðar aðstæður. Á mynd 4 er sýndur samanburður á lónrými í Hálslóni, annars vegar fyrir lónrými eins og það var notað við verkhönnun og hins vegar eins og reiknilíkanið metur lónrýmið og er gott samræmi á milli.

Við útreikninga á setflutningi hér á eftir verður valið að reikna tvö tímabil. Í fyrsta lagi tímabilið 1. september 1952 til 1. september 1953 þegar svifaur er í hámarki áranna 1950 – 2001 eða um 15 milljón tonn á ári og í öðru lagi tímabilið frá 1. september 1980 til 1. september 1981 þegar streymi svifaurs inn í lónið var nálægt meðaltali áranna 1950-2001 eða um 6,9 milljón tonn. Innrennsli og útrennsli ásamt lónhæð eins og hún reiknast í líkani fyrir þessi tvö tímabil eru sýnd á myndum 5-14. Niðurstöður fyrir fyrra tímabilið eru sýndar á myndum 5-9 og á myndum 10-14 fyrir seinna tímabilið. Á myndunum er sýnt innrennsli í Hálslón skipt í Jökulsá, Gljúfrakvísl, Kringilsá og Suðurá, útrennsli er rennsli til virkjunar ásamt rennsli á yfirfalli og leka úr lóni. Leki og rennsli á yfirfalli eru breytileg eftir lónhæð og eru líkingar sem eru notaðar í líkani til að reikna þetta tvennt sem fall af lónhæð gefnar á myndum 8, 9, 13 og 14. Reiknaður straumhraði í Hálslóni 1. ágúst 1953 og 1. ágúst 1981 er síðan sýndur á myndum 15 og 16.

3.2 Setmyndun í Hálslóni.

Í þessum kafla verður með reiknilíkani lagt mat á hversu mikið set sest á bakka Hálslóns. Stór hluti efnisins kemur til með að setjast efst í lónið og eingöngu fínni efni ná að berast lengra inn í lónið og setjast á bakkana, þar sem þessi fínu efni ná að fjúka upp þegar lágt er í lóninu. Með hliðsjón af töflu 3 verður reiknuð dreifing fyrir svifaursflokka frá fínasta efni leir 2 upp í fínmó. Grófara efnið, þ.e. grófmór, sandur og botnskrið fellur strax til botns efst í lóninu og myndar eyrar og verður fjallað sérstaklega um þá eyrarmyndun í kafla 3.3.

Eins og áður segir verður reiknuð setmyndun í Hálslóni fyrir tvö tímabil. Fyrra tímabilið er 1. september 1952 til 1. september 1953 þegar setflutningur er í hámarki eða 15 milljón tonn. Seinna tímabilið er 1. september 1980 til 1. september 1981 þegar setflutningur er nálægt fimmtíu ára meðaltali eða um 6,9 milljón tonn. Kornastærðadreifing setsins var gefin í töflu 3 og er sethraði reiknaður samkvæmt líkingu sem gefin er í Morris og Fan (1998) og eru niðurstöður sýndar í töflu 4 fyrir allar kornastærðir.

TAFLA 4 Sethraði svifaurs

Flokkur	Kornastærð, mm	Sethraði, m/s
Sandur	0,2 - 2	4,90E-02
Grófmór	0,06 - 0,2	3,62E-03
Fínmór	0,02 - 0,06	3,69E-04
Méla 1	0,008 - 0,02	4,65E-05
Méla 2	0,004 - 0,008	9,14E-06
Méla 3	0,002 - 0,004	2,27E-06
Leir 1	0,001 - 0,002	5,61E-07
Leir 2	0,0002 - 0,001	7,52E-08

Niðurstöður útreikninga fyrir styrk svifaurs í innstreymi og útstreymi eru gefnar á myndum 17-19 fyrir fyrra reikningstímabilið og á myndum 21 – 23 fyrir seinna tímabilið. Kornastærðardreifing er svo sýnd á myndum 20 og 24. Hámarksstyrkur í útstreymi reiknast um 600 mg/L. Niðurstöður eru teknar saman í töflum 5 og 6.

TAFLA 5 Styrkur svifaurs í útrennsli 1952 - 1953

Flokkur	Hámarkstyrkur í útrás, mg/L	%
leir 2	166	27
leir 1	157	25
méla 3	156	25
méla 2	124	20
méla 1	16	3
fínmór	0	0
grófmór	0	0
sandur	0	0
samtals	619	100

Magn botnsets eftir eins árs setsöfnun er síðan sýnt á myndum 25-40. Myndir 25-32 sýna niðurstöður fyrir fyrra tímabilið og myndir 33-40 tilsvarandi fyrir seinna tímabilið. Myndir 25 og 33 sýna heildarsetsöfnun efst í lóninu en myndir 26 og 34 sýna botnset af fínustu efnunum á bökkum Hálslóns.

TAFLA 6 Styrkur svifaurs í útrennsli 1980 - 1981

Flokkur	Hámarkstyrkur í útrás, mg/L	%
leir 2	128	36
leir 1	112	31
méla 3	88	24
méla 2	31	9
méla 1	0	0
fínmór	0	0
grófmór	0	0
sandur	0	0
samtals	359	100

Myndir 27-32 og 35-40 sýna síðan dreifingu svifaurs í Hálslóni eftir kornastærðarflokkum. Dreifing setsins er glögglega háð kornastærð. Almennt séð þá falla þyngstu efnin til botns við ósa ánna, en léttari efni dreifast um allt lónið. Ef lónhæð væri alltaf sú sama þá féllu þyngri efni til botns í miðju lóns, en léttari efni verða meira út til bakkana. En nú er raunveruleikinn annar í Hálslóni, þar sem lónið sveiflast verulega og hefur þannig áhrif á dreifingu efna innan þess. Í ljósi þessa má segja eftirfarandi um dreifingu einstakra flokka:

Fínmór: Fellur að langstærstum hluta nærri ósum ánna.

Méla1-3. Setið berst um allt lónið. Hlutfallslega lítill munur er á setmyndun á bökkum lónsins og miðbiki þess. Það skýrist með því að langstærstur hluti þessara efna kemur inn í lónið á meðan hátt er í því, og þau falla tiltölulega hratt til botns. Að vetrinum þegar lágt er í lóninu hafa þessi efni fallið út að langmestu leyti. Af sömu ástæðu minnkar setþykkt verulega niður eftir lóninu.

Leir1 og **Leir2**. Þykkt sets breytist lítið niður eftir lóninu (einkum hjá leir 2). Hlutfallslega minna sest á bakka lónsins en í méluflokkunum. Hvort tveggja skýrist með því að sethraði kornanna er lítill og viðkomutími efnisins í vatninu er langur. Setþykkt á hverjum stað ræðst því mest af tímanum sem hann er undir vatnsborði.

Magn botnsets eftir landhæð er sýnt á myndum 41-44. Mynd 41 sýnir massa í öllum flokkum við lok fyrra reiknitímabilsins, 31. ágúst 1953. Mynd 42 sýnir samanlagðan massa allra flokkanna og hlutfallslegan massa á sama tíma. Mynd 43 sýnir massa í öllum flokkum við lok seinna reiknitímabilsins, 31. ágúst 1981. Mynd 44 sýnir samanlagðan massa allra flokkanna og hlutfallslegan massa á sama tíma.

3.3 Eyrarmyndun í Hálslóni

Eins og áður sagði þá botnfalla þyngstu efnin, þar sem jökulárnar koma inn í lónið, og mynda þar eyrar sem fylla lónið smám saman. Myndir 45-54 sýna hvernig þessi eyrarmyndun færist inn í lónið með árunum. Eftir 50 ár samanber mynd 54 þá hafa eyrarnar borist um 3 km inn í lónið.

HEIMILDASKRÁ

Almenna Verkfræðistofan hf., HÖNNUN, VATNASKIL CONSULTING ENGINEERS, 2004; **NORÐLINGAÖLDUVEITA Grunngögn og aðferðafræði fyrir skýrslu: Setmyndun og aurskolun í Norðlingaöldulóni LV-2004/108 Landsvirkjun** Ágúst 2004

Morris, Gregory L. og Fan, Jiahua, 1998: **Reservoir sedimentation handbook. Design and management of dams, reservoirs, and watersheds for sustainable use**. MCGraw Hill.

VST, 2001. **Kárahnjúkavirkjun. Aurburður og setmyndun í lóninu.** Reykjavík: VST, 2000-0304/02.

VIÐAUKI I

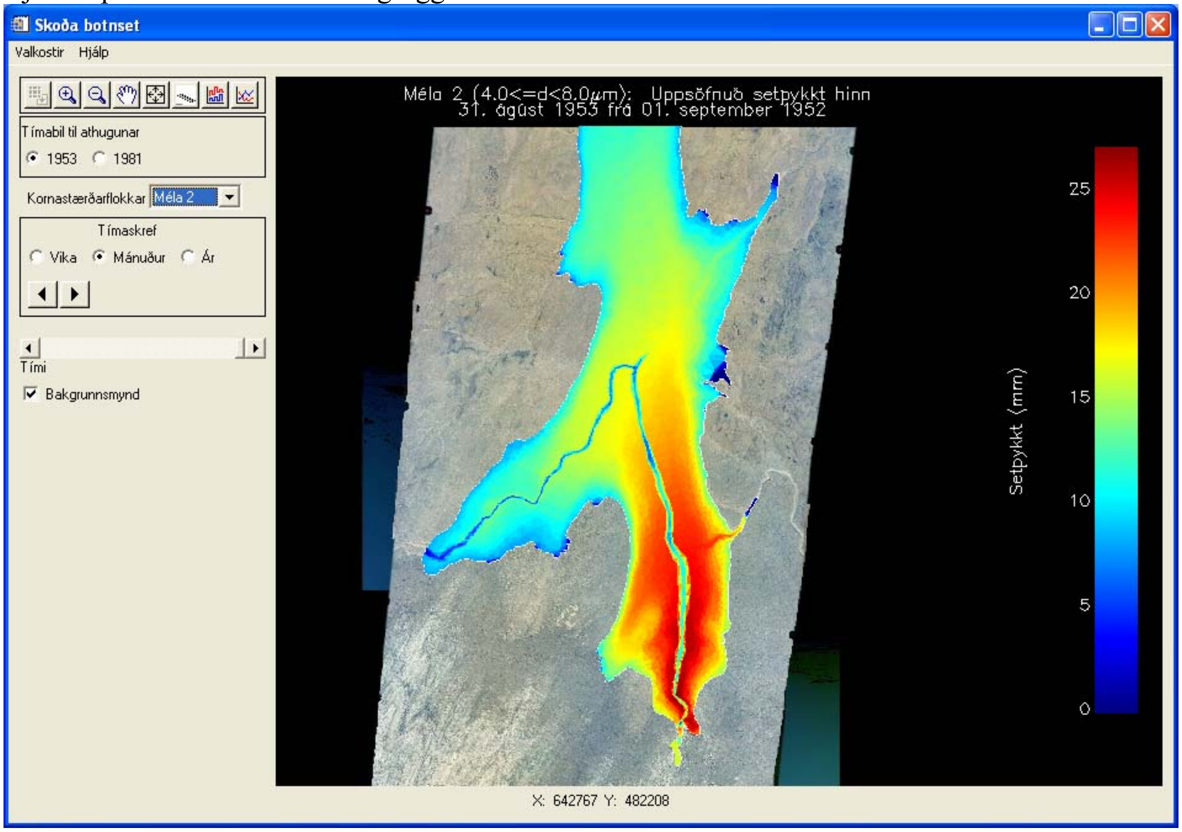
Skýringar með geisladiski

Á geisladiskinum sem fylgir skýrslunni eru niðurstöður reikninga á seti fínefnis (að þvermáli 0.2-60 µm) og hugbúnaður til að skoða niðurstöðurnar. Niðurstöður reikninganna eru í ascii-skrám sem pakkað hefur verið í eina WinZip skrá. Ein skrá er fyrir hvern hinna 6 kornastærðarflokka og hvort tímabil sem reikningarnir taka til. Skrárnar geyma setmassa á flatareiningu (kg/m^2) í sérhverjum reiknipunkti líkansins, með dags bili allt reiknitímabilið, þ.e. eitt ár. Hugbúnaðurinn kallast ***Skoða botnset***. Hann gerir notendum kleift að sjá þykkt botnsets (miðað við eðlismassa 1400 kg/m^3) hvar sem er í lóninu, hvenær sem er á reiknitímabilinu, skoða þykktarsnið og kornastærðardreifingu.

Þegar diskurinn er settur í fyrsta sinn inn í geisladrif tölvu eru nauðsynleg gögn (19 skrár) afrituð yfir á harða disk tölvunnar. Þetta getur tekið dálitla stund, sjá nánar kafla 2.1, töluliðið 1-2. Að því búnu er ***Skoða botnset*** sjálfkrafa keyrt upp. Þegar diskurinn er settur í geisladrifið framvegis er forritið strax keyrt upp, enda eru þá gögnin á vísum stað á harða diskinum. ***Skoða botnset*** er skrifað í IDL forritunarmálinu. Hugbúnaðurinn krefst aðgangs að *IDL Virtual Machine*, sem einnig er á geisladiskinum. Geisladiskurinn verður því að vera í geisladrifinu á meðan ***Skoða botnset*** er notað.

1 Viðmót hugbúnaðarins

Viðmótið sem birtist notendum þegar ***Skoða botnset*** hefur verið opnað er einn gluggi, sem inniheldur **teikniglugga**, (hægra megin) og **stjórnborð** (ýmis tæki og tól vinstra megin) sem stjórnar því hvað birtist í teiknigluganum.



Efst í stjórnborðinu eru tveir hnappar. Annar hefur titilinn **Valkostir,** undir honum er aðeins hægt að velja **Hætta**, til að hætta í forritinu. Hinn hefur titilinn **Hjálp**, undir honum er aðeins hægt að velja upplýsingar um hugbúnaðinn.

Þar fyrir neðan er **tækjaslá**. Í henni eru 8 hnappar. Fyrst eftir að forritið er opnað eru þeir allir óvirkir. Hnapparnir verða virkir eftir ástæðum þegar valið hefur verið tímabil til að skoða, og þegar gögnum hefur verið hlaðið inn. Nánar er fjallað um hnappana í tækjaslánni í kafla 2.2.

Fyrir neðan tækjaslána er rammi þar sem notandinn verður að **velja tímabil** til að skoða. Fyrst eftir að forritið hefur verið keyrt upp er þetta eina mögulega aðgerðin.

Þar fyrir neðan er **fellilisti** (drop-down list) **með nöfnum kornastærðarflokkanna** sem reikningarnir taka til. Dreifing sets í þeim flokki sem valinn er af listanum birtist í teikniglugganum. Neðst í fellilistanum má velja “Allir flokkar”, þar er átt við samanlagða þykkt allra flokka. Fellilistinn er óvirkur þar til gögnum hefur verið hlaðið inn.

Neðan við fellilistann er rammi þar sem efst stendur “**Tímaskref**” þar fyrir neðan er hægt að merkja við **viku, mánuð** eða **ár** og neðst eru **örvatakkar** sem benda til vinstri og hægri. Með því að smella á örvatakka eru niðurstöður teiknaðar við nýjan tíma, þ.e. viku, mánuði eða ári frá því sem síðast var teiknað, eftir því hvaða tímaskref merkt hefur verið við að ofan.

Neðan við þennan ramma er **sleði** sem hægt er að renna til með músinni og velja þannig **nýjan tíma** til að skoða. Einnig er hægt að smella á örvatakkana hægra megin eða vinstra megin við sleðann og færast þannig einn dag fram eða aftur í tíma.

Neðst í stjórnborðinu má haka við **Bakgrunnsmynd**. Sé það gert eru niðurstöður teiknaðar ofan á loftmynd af Hálslónsstæðinu og umhverfi þess.

2. Notkun hugbúnaðarins

Hér verður lýst notkun ***Skoða botnset***. Þessum leiðbeiningum má fylgja skref fyrir skref og fá þannig yfirsýn yfir alla möguleika sem hugbúnaðurinn býður upp á.

2.1 Haldið af stað

1. Diskurinn settur í geisladrifið.
2. Upp kemur gluggi með titlinum WinZip Self-extractor – selfextract.exe. Veljið *Unzip* (efsti hnappur). Breytið *ekki* áfangastað gagnanna. Gögnum er þá afpakkað og þau afrituð á harða disk tölvunnar. Þetta tekur dálitla stund.
3. Smellið á *OK* við tilkynningu um að gögnunum (19 skrám) hafi verið afpakkað og lokið WinZip Self-extractor glugganum með því að smella á *Close*.
4. Upp kemur gluggi með merki Vatnaskila og Landsvirkjunar. Tveir hnappar eru neðst í glugganum. Smellið á *Skoða botnset* til að halda áfram eða *Exit* til að hætta við.
5. Upp kemur upplýsingagluggi fyrir *IDL virtual machine*. Smellið einhvers staðar á gluggann. *Skoða botnset* er þá keyrt upp.
6. Veljið tímabil í rammanum neðan tækjaslárinnar, 1953 eða 1981.
7. Smellið á , hnappinn lengst til vinstri í tækjaslánni. Gögnin eru þá lesin inn í fylki í forritinu. Það getur tekið nokkrar mínútur. Að því loknu er hægt að fara að skoða botnset.

Skref 2-3 eiga aðeins við þegar diskurinn er settur í geisladrif í fyrsta skipti. Mögulegum aðgerðum í forritinu er lýst hér að neðan.

2.2 Aðgerðir

Kornastærðarflokkur valinn

Þegar gögnum hefur verið hlaðið inn birtist flatarmynd fyrir dreifingu leirs 2 í teikniglugganum. Til að velja annan kornastærðarflokk til að skoða er valið viðeigandi nafn af fellilista. Flokkunum er raðað eftir stærð kornanna, frá þeim fínustu til hinna grófustu. Neðst í listanum stendur "Allir flokkar", og er þar samanlögð þykkt allra kornastærðarflokkanna. Þegar nýr flokkur er valinn birtist strax ný mynd í teikniglugganum.

Tímaskref valið

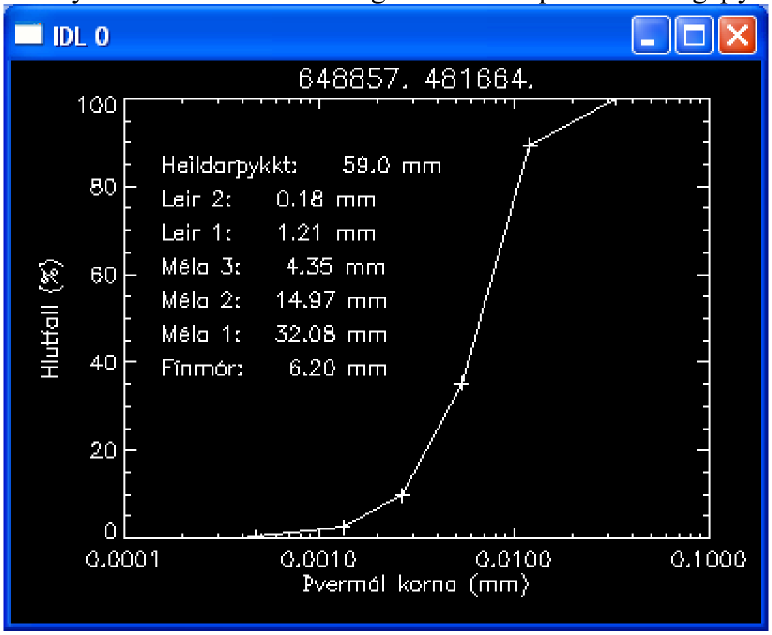
Þegar gögnum hefur verið hlaðið inn birtast niðurstöður við lok reiknitímabilsins.
Hægt er að velja nýjan tíma til að skoða með tvennum hætti.

1. Með sleðanum neðst á skjá er hægt að draga til sleðann með músinni eða smella á örvarnar við enda hans. Þegar smellt er ör er farið eitt tímaskref (sólarhring áfram (hægri ör) eða aftur á bak (vinstri ör). Farið t.d. hálft ár fram í tíma með því að stilla sleðann á mitt bilið, eða á upphaf reikninga lengst til vinstri.
2. Hægt er að velja um að taka viku, mánaðar eða árs skref með því að merkja við viku, mánuð eða ár undir titlinum 'Tímaskref', og smella svo á örvarnar þar undir. Skoðið t.d. hvernig set safnast upp mánuð fyrir mánuð með því að stilla fyrst sleðann við upphaf reikninga lengst til vinstri, merkja við mánuð og smella svo á örina til hægri.

Aðgerðir með tækjaslá

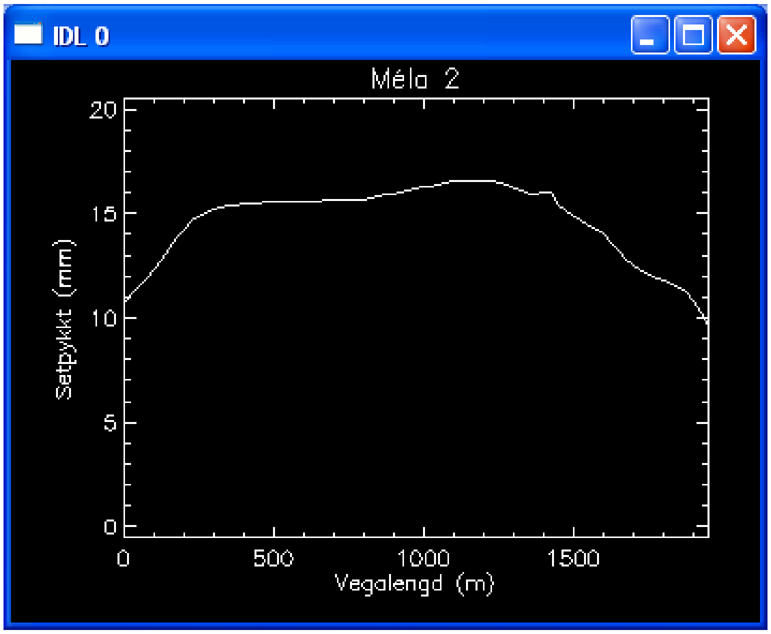
Í tækjaslánni eru 8 hnappar. Þegar músarbendilinn ber við hnappana (án þess að smellt sé) birtist rammi sem skýrir í fáum orðum verkun þeirra. Nánar er greint frá verkun hnappanna hér að neðan.

1. Hleður inn gögnum. Það hefur þegar verið gert. Þegar gögnum var hlaðið inn varð hnappurinn óvirkur. Hnappurinn verður aftur virkur ef valið er að hlaða inn gögnum fyrir annað tímabil.
2. Súma inn. Stækkar upp valið svæði. Smellið með hægri músartakka inni í teikniglugganum, haldið honum niðri meðan músin er dregin til. Þannig birtist rammi, svæðið innan hans er teiknað upp þegar músarhnappinum er sleppt
3. Súma út. Smellið á teiknigluggann. Myndin er dregin upp í kvarða 1:1.25 x fyrri kvarði, með miðpunkt í punktinum sem smellt var á.
4. Myndin dregin til. Smellið inn í teiknigluggann, haldið niðri músartakkanum og dragið til músina. Myndin í glugganum fylgir eftir.
5. Fylla í glugga. Þegar smellt er á takkann er lónið teiknað í heild þannig að það fylli út í teiknigluggann.
6. Mæla vegalengd. Þegar smellt er á hnappinn birtist orðið “Vegalengd” á skjánum neðan teiknigluggans. Vegalengd er mæld þannig að smellt er innan teiknigluggans og músarhnappinum haldið niðri meðan músin er dregin til. Fyrir aftan orðið “Vegalend” birtist vegalengdin frá punktinum sem smellt var á. Leiðin er jafnframt sýnd með hvítri línu.
7. Sýnir kornastærðardreifingu. Þegar aðgerðin hefur verið valin er smellt innan lónstæðisins. Við það opnast nýr gluggi (sé hann ekki þegar opinn) eins og hér að neðan sem sýnir kornastærðardreifingu setsins á þeim stað og þykkt sets í hverjum flokki.

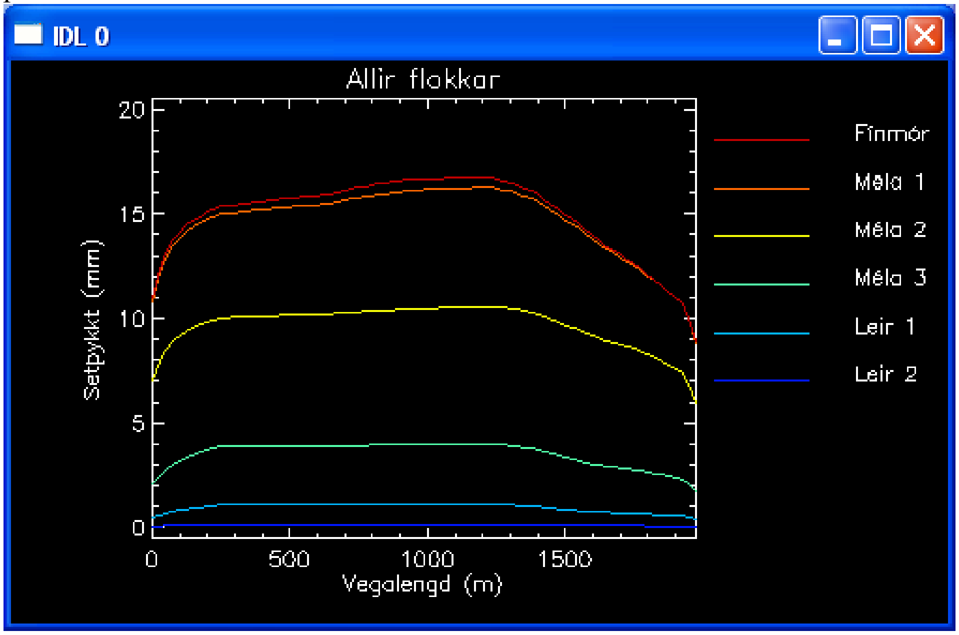


Hvítur kross birtist á flatarmyndinni þar sem smellt var. Kornastærðardreifingin gildir fyrir þann tíma sem valinn er. Sé nýr tími valinn er kornastærðardreifingin í punktinum teiknuð upp að nýju. Aðgerðin er óháð því hvaða kornastærðarflokkur er valinn.

8. Sýnir snið í set. Þegar aðgerðin hefur verið valin er smellt með hægri músartakka inni í teikniglugganum, honum haldið niðri og músin dregin til. Hvít lína er þá dregin frá staðnum þar sem smellt var, til krosshársins (músarbendils). Þegar músartakkanum er sleppt er opnast nýr gluggi (ef hann er ekki þegar opinn) eins og hér að neðan, sem sýnir setþykkt kornastærðarflokksins sem valinn er, á línunni. Setþykktin gildir fyrir þann tíma og þann kornastærðarflokk sem valinn er. Sé nýr tími eða kornastærðarflokkur valinn



þegar snið hefur verið dregið, er setþykktin í sniðinu dregin upp að nýju. Séu allir flokkar valdir er sýnd uppsöfnuð setþykkt allra flokka. Í litla glugganum birtist mynd áþekk þeirri hér að neðan. .



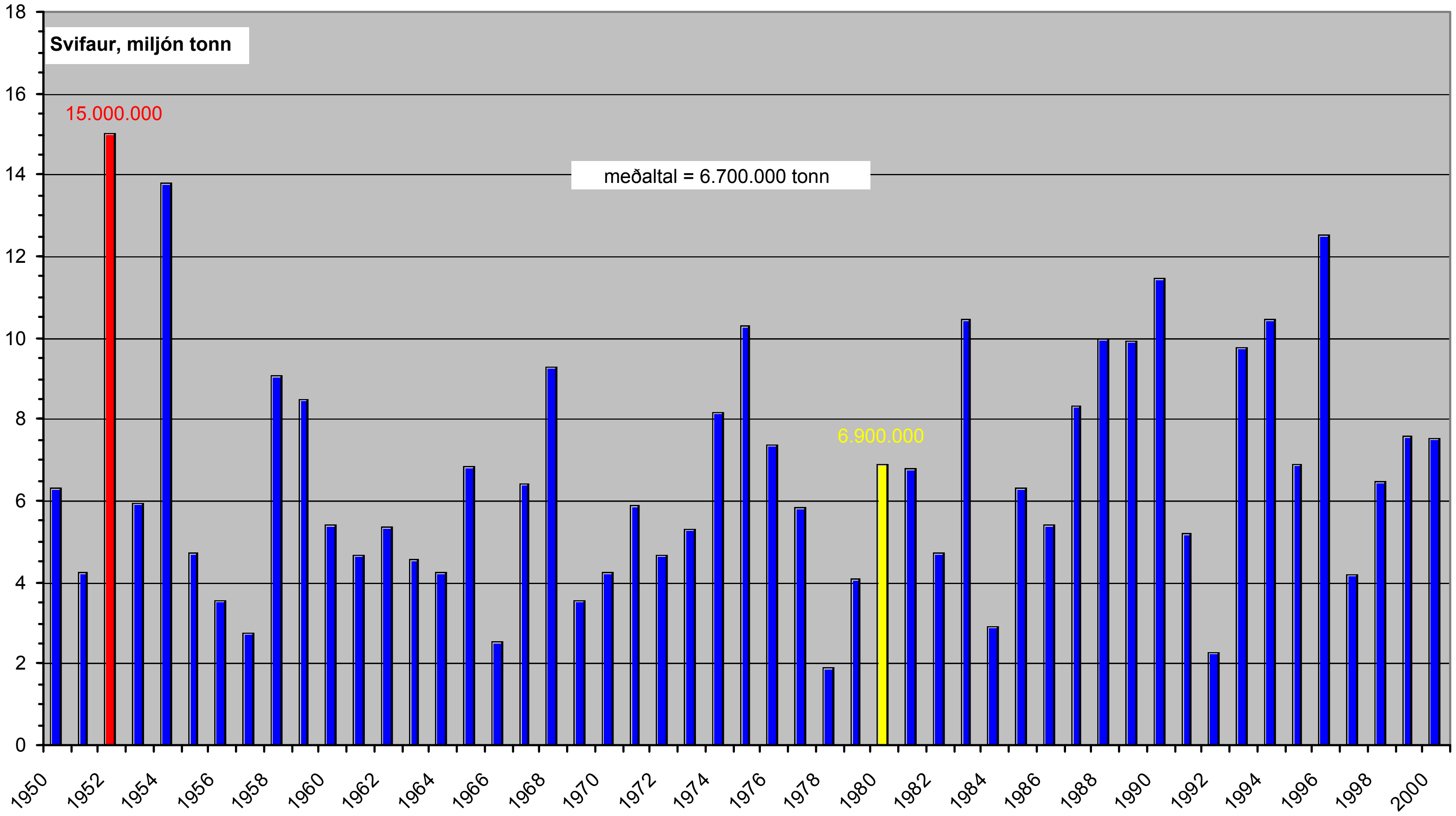
Þar sem um er að ræð uppsafnaða þykkt ber að túlka setþykkt hverjum flokki sem **bilið** milli línunnar sem merkt er flokkinum og þeirrar næstu fyrir neðan. Efsta línan sem merkt er fínmór stendur því í raun fyrir heildarsetþykktina.

Hætt í Skoða botnset

Til að hætta í **Skoða botnset** er valið **Valkostir** og **Hætta**, eða smellt á krossinn í uppi í hægra horni gluggans.

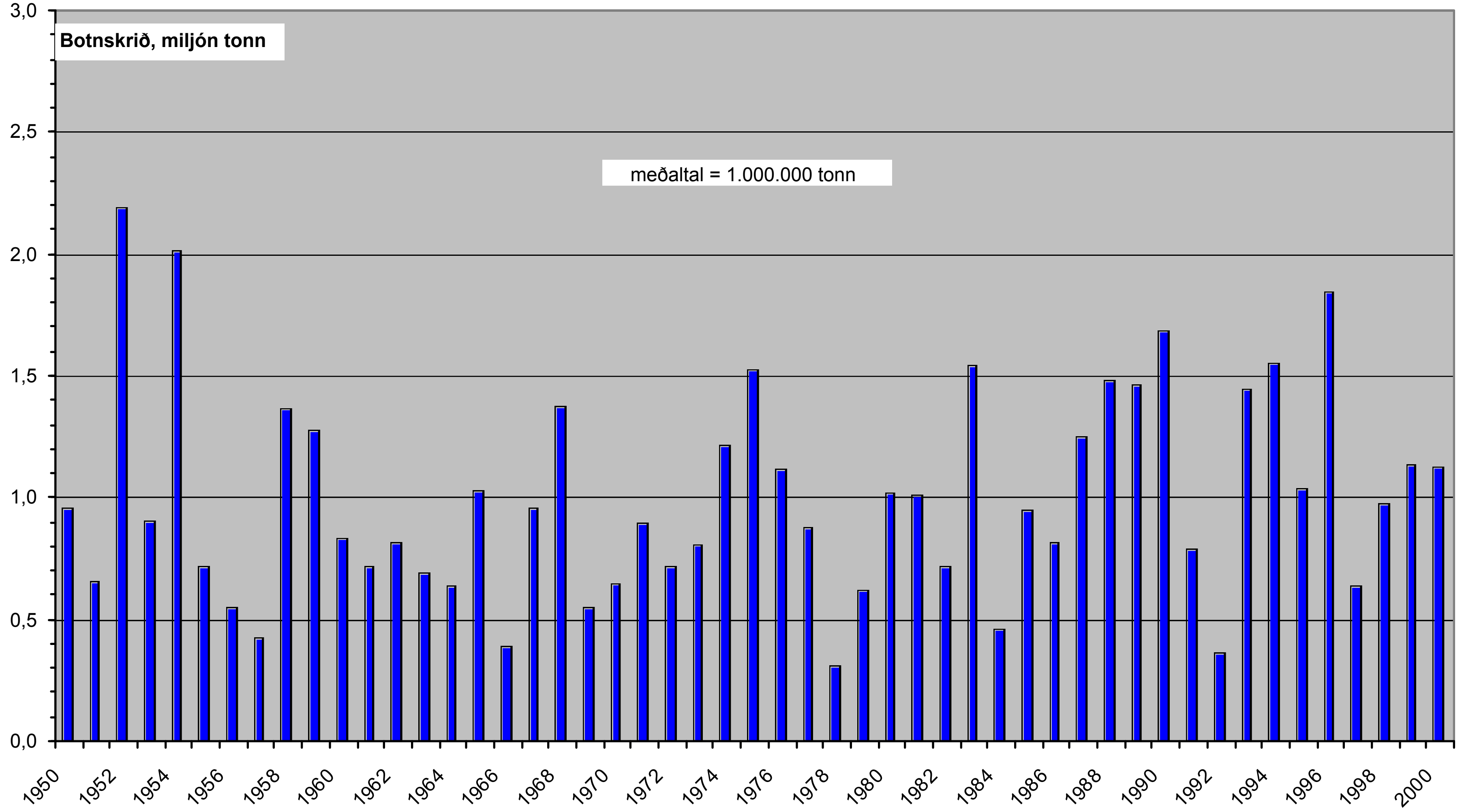
MYNDIR

Reiknað ársmeðaltal svifaurs inn í Hálslón



Mynd 1

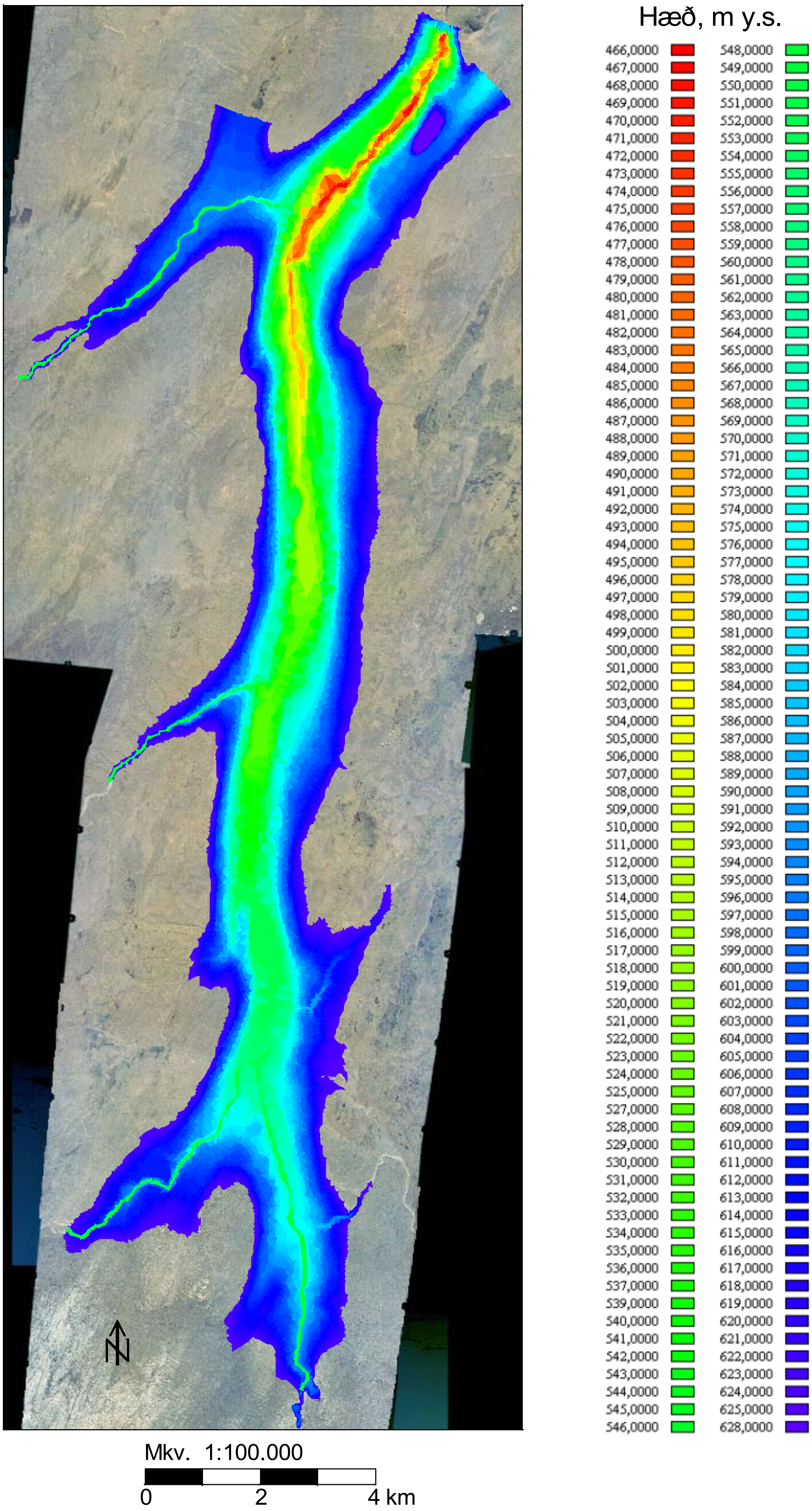
Reiknað ársmeðaltal botnskriðs inn í Hálslón



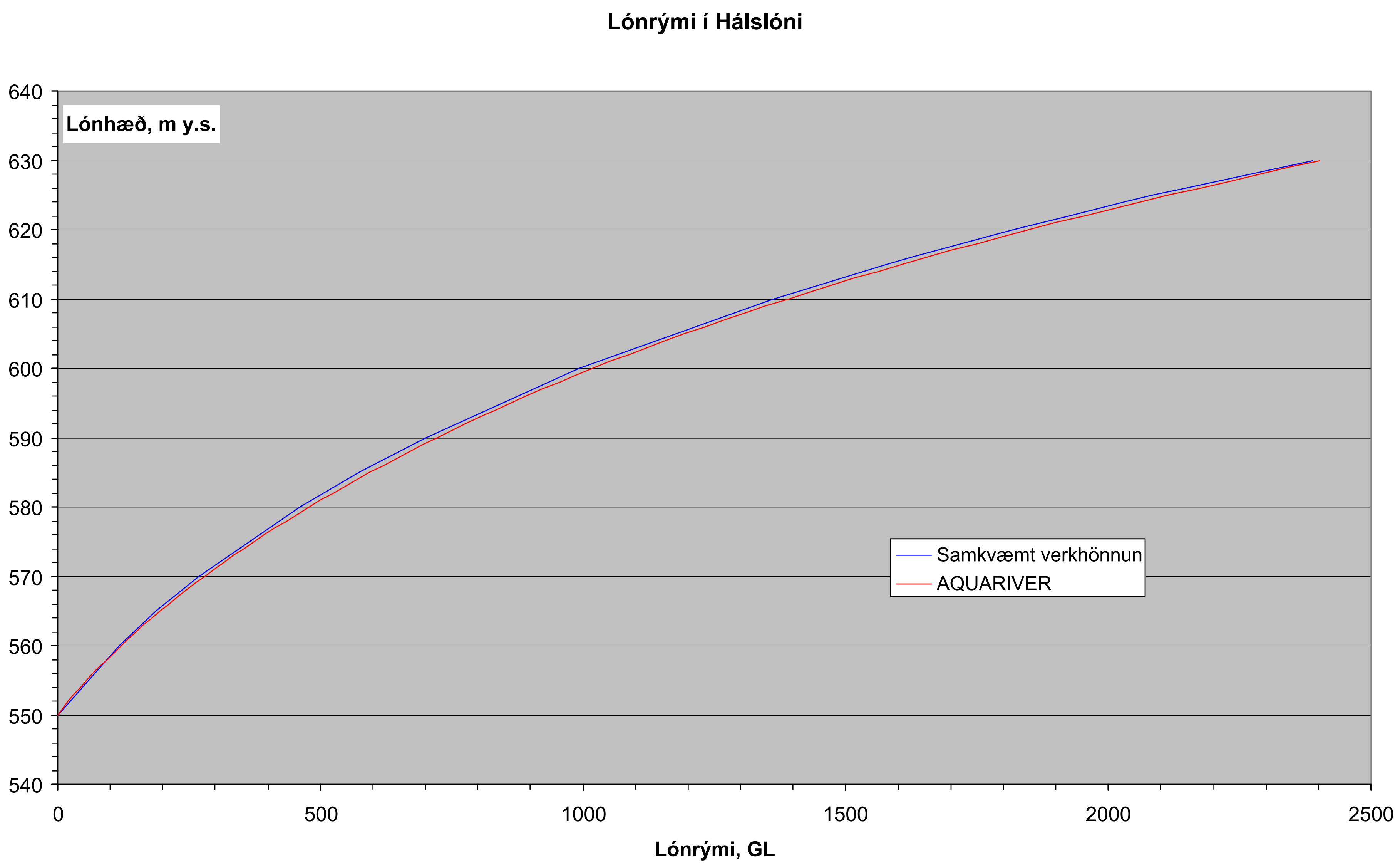
Mynd 2

VATNASKIL HÁLSLÓN LANDSVIRKJUN

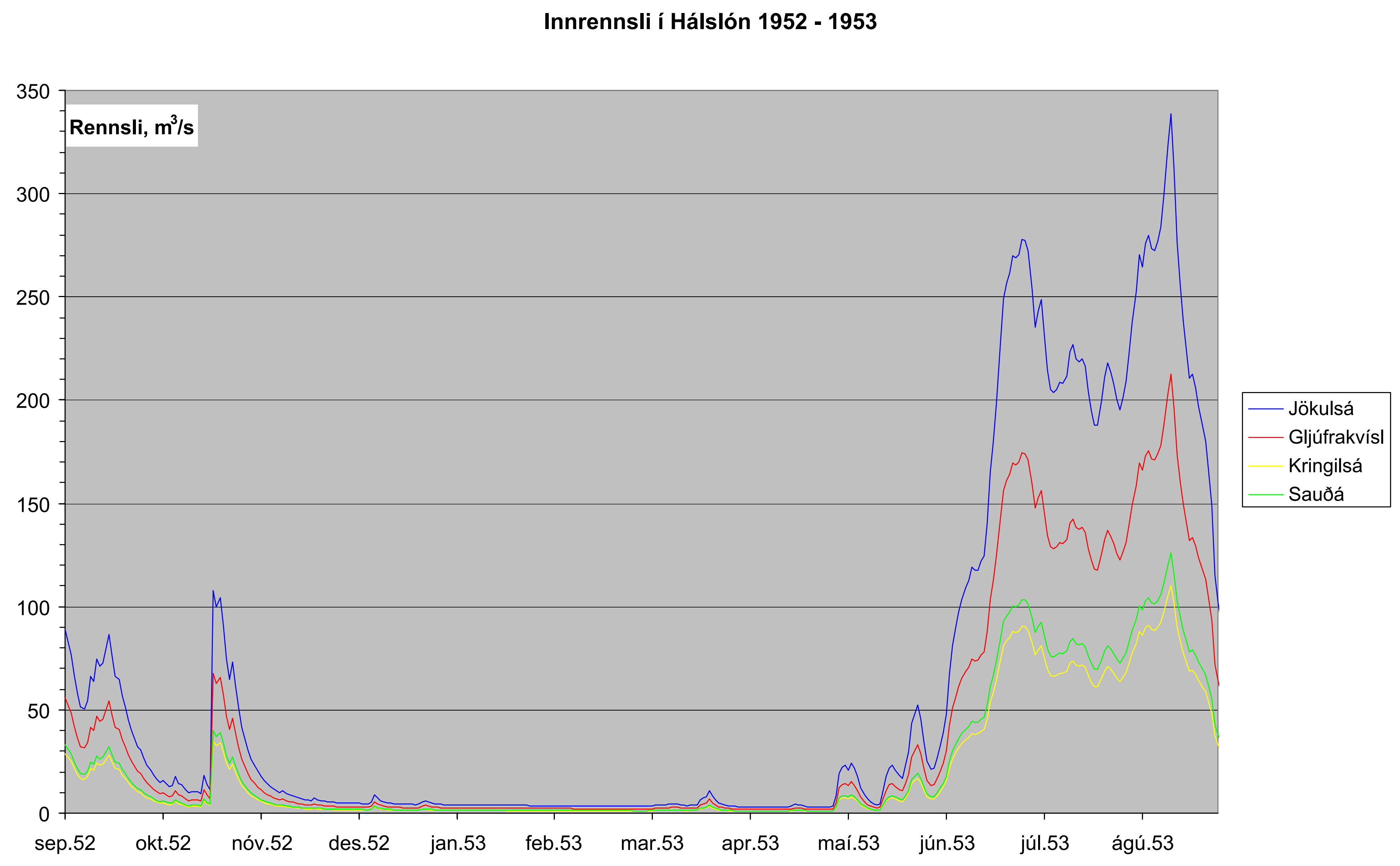
Líkansvæði



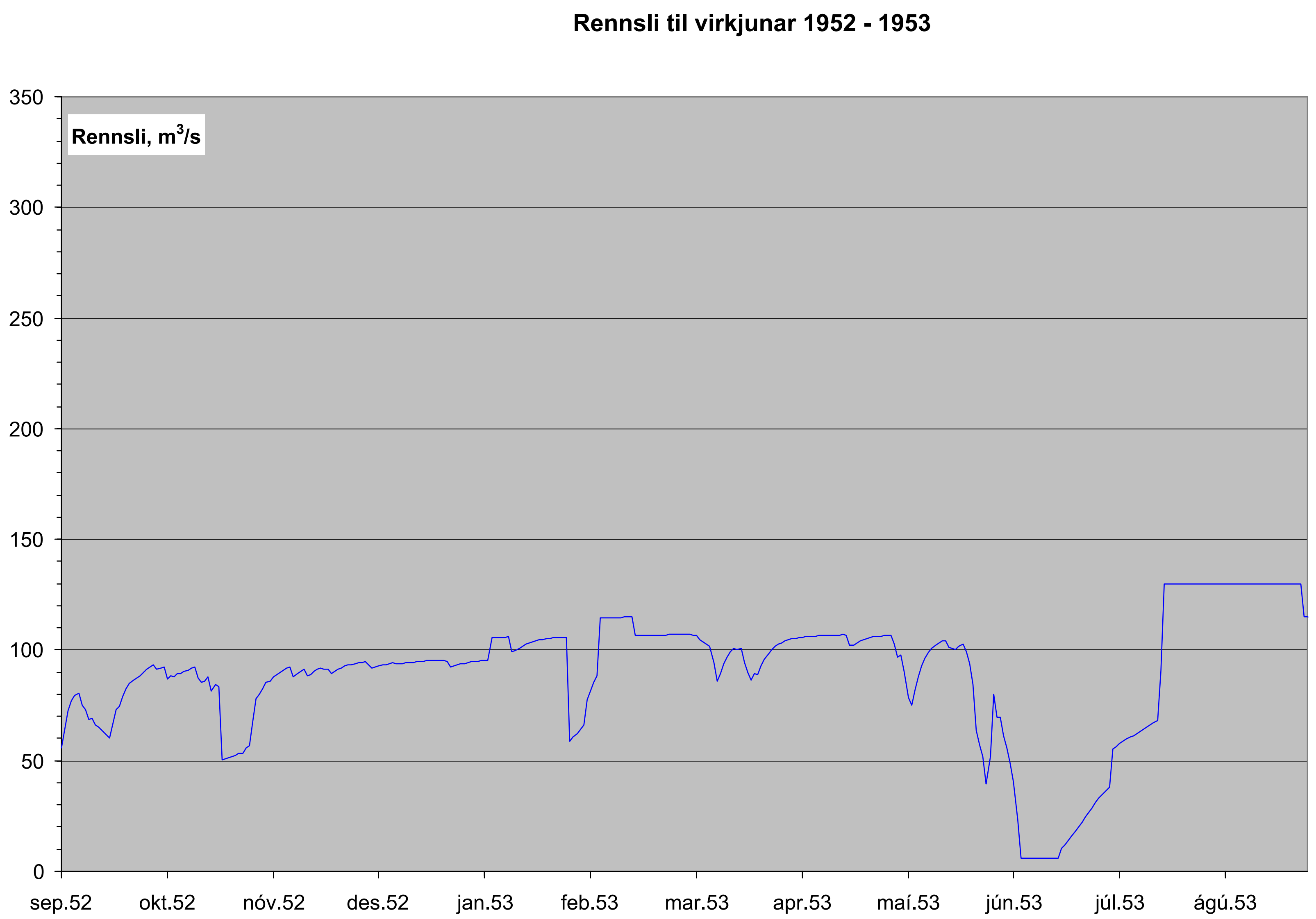
Mynd 3


Lónrými í Hálslóni
Lónhæð, m y.s.
640
630
620
610
600
590
580
570
560
550
540
0
500
1000
1500
2000
2500
Lónrými, GL
Samkvæmt verkhönnun
AQUARIVER

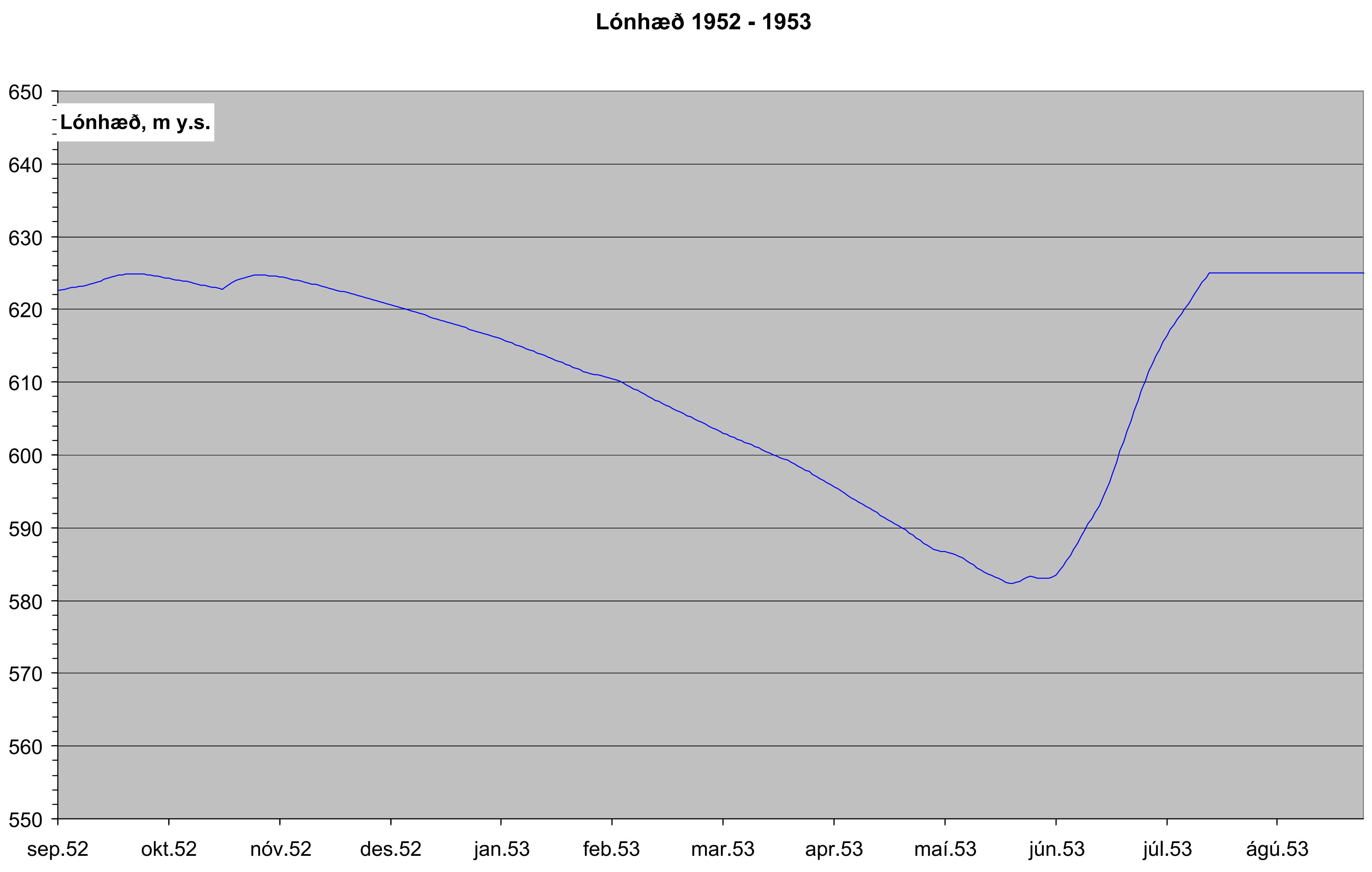
Mynd 4


Innrennsli í Hálslón 1952 - 1953
Rennsli, m3/s
350
300
250
200
150
100
50
0
sep.52
okt.52
nóv.52
des.52
jan.53
feb.53
mar.53
apr.53
maí.53
jún.53
júl.53
ágú.53
Jökulsá
Gljúfrakvísl
Kringilsá
Sauðá

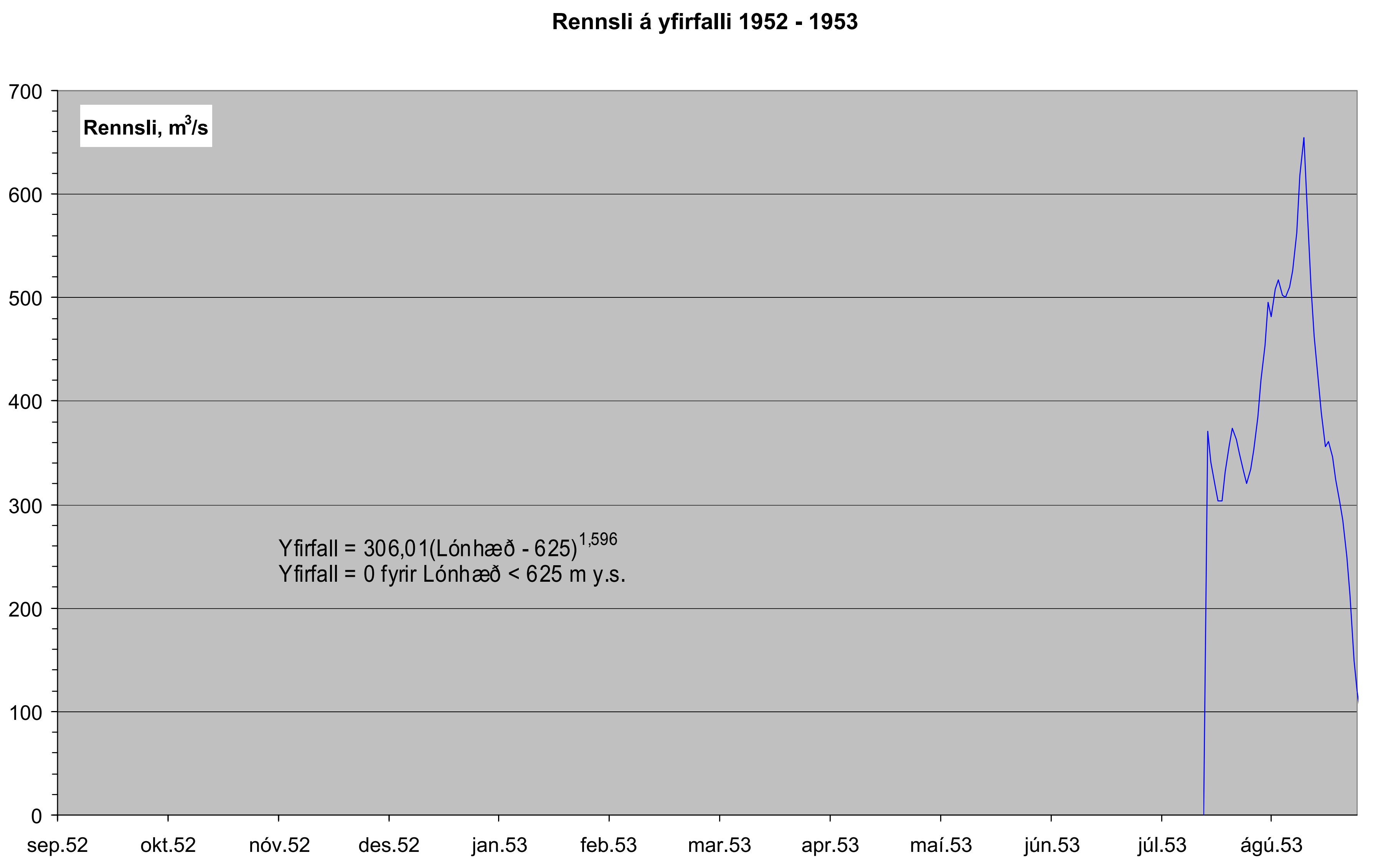
Mynd 5


Rennsli til virkjunar 1952 - 1953
Rennsli, m3/s
350
300
250
200
150
100
50
0
sep.52
okt.52
nóv.52
des.52
jan.53
feb.53
mar.53
apr.53
maí.53
jún.53
júl.53
ágú.53

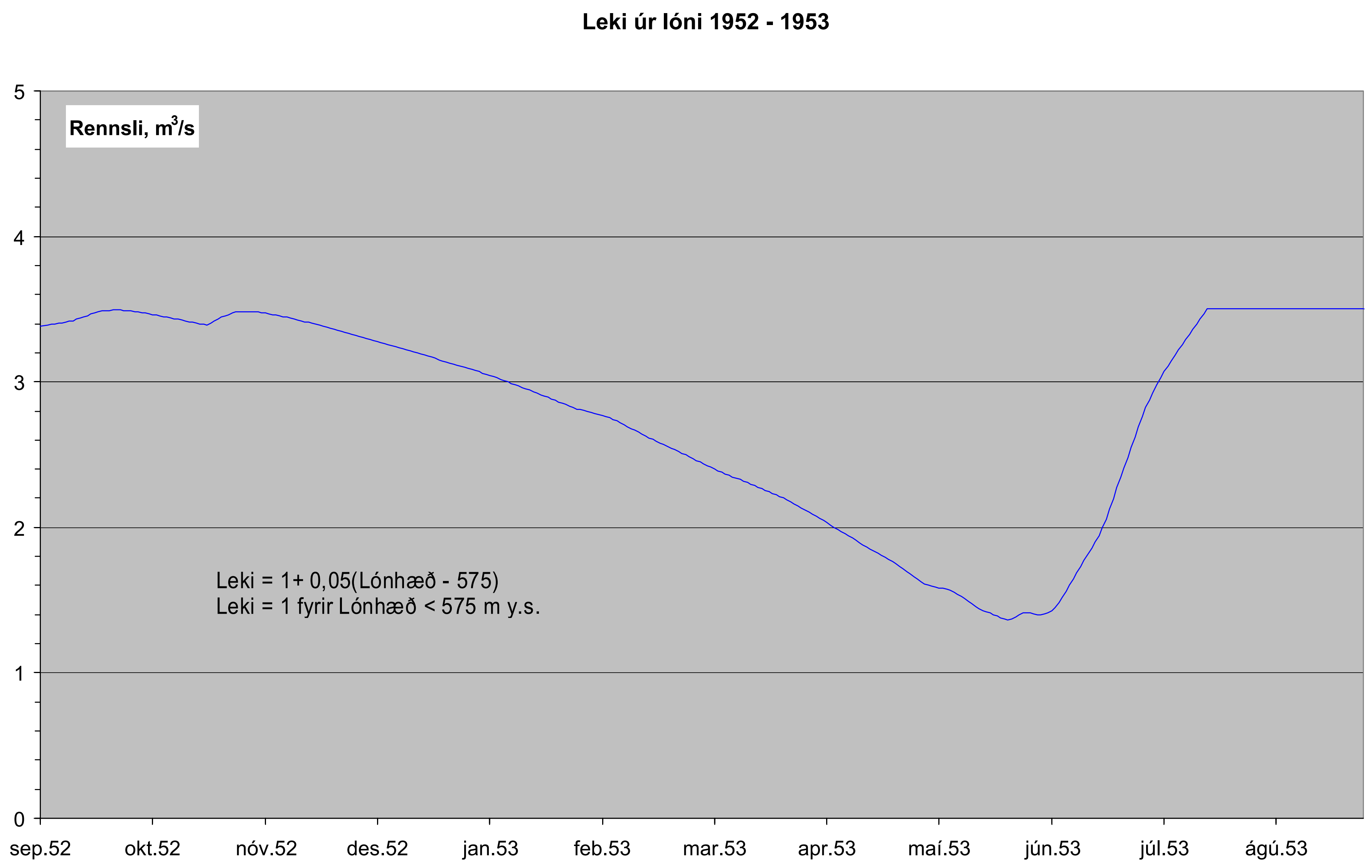
Mynd 6


Lónhæð 1952 - 1953
Lónhæð, m y.s.
650
640
630
620
610
600
590
580
570
560
550
sep.52
okt.52
nóv.52
des.52
jan.53
feb.53
mar.53
apr.53
maí.53
jún.53
júl.53
ágú.53

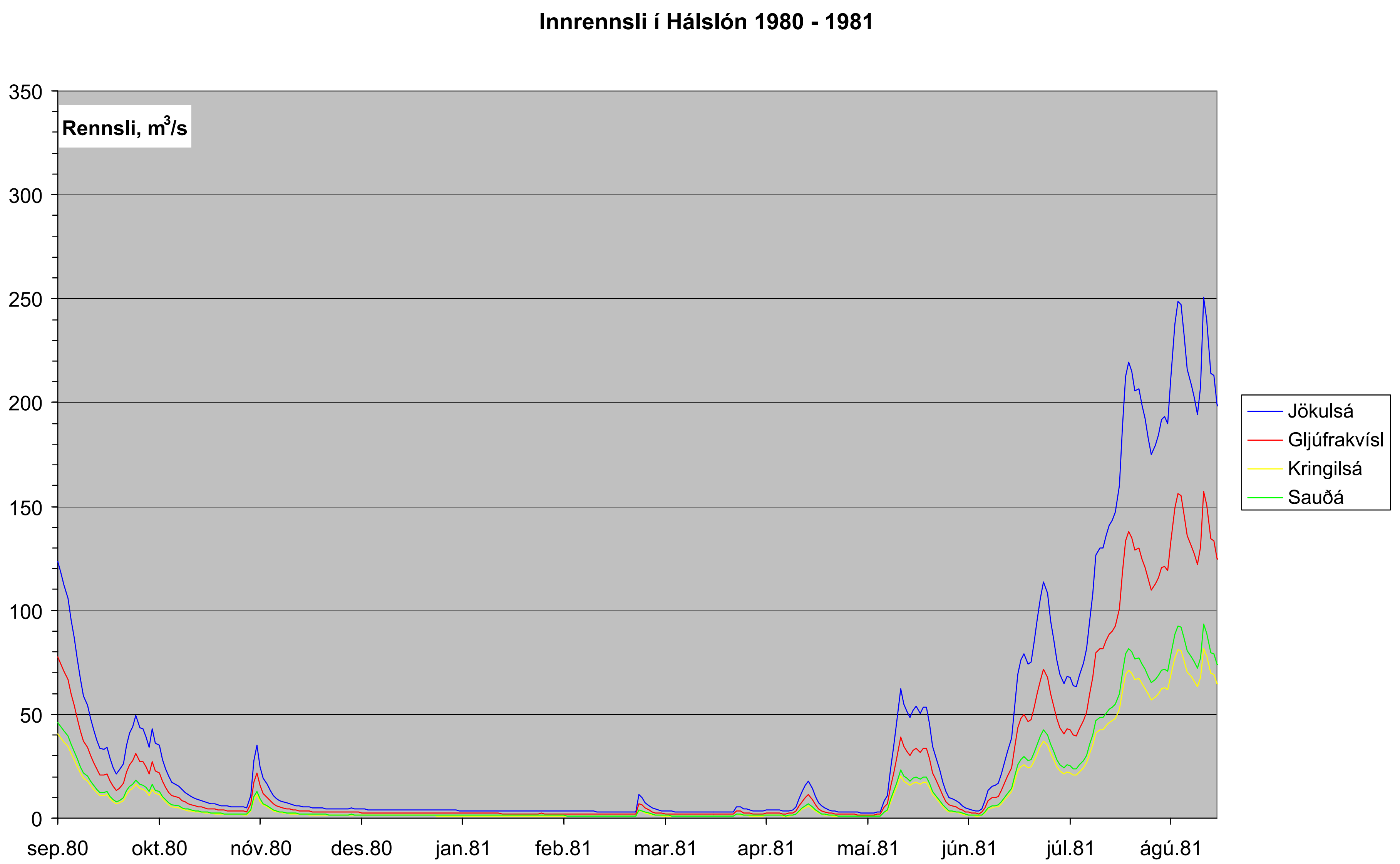
Mynd 7


Rennsli á yfirfalli 1952 - 1953
Rennsli, m3/s
700
600
500
400
300
200
100
0
Yfirfall = 306,01(Lónhæð - 625)1,596
Yfirfall = 0 fyrir Lónhæð < 625 m y.s.
sep.52
okt.52
nóv.52
des.52
jan.53
feb.53
mar.53
apr.53
maí.53
jún.53
júl.53
ágú.53

Mynd 8

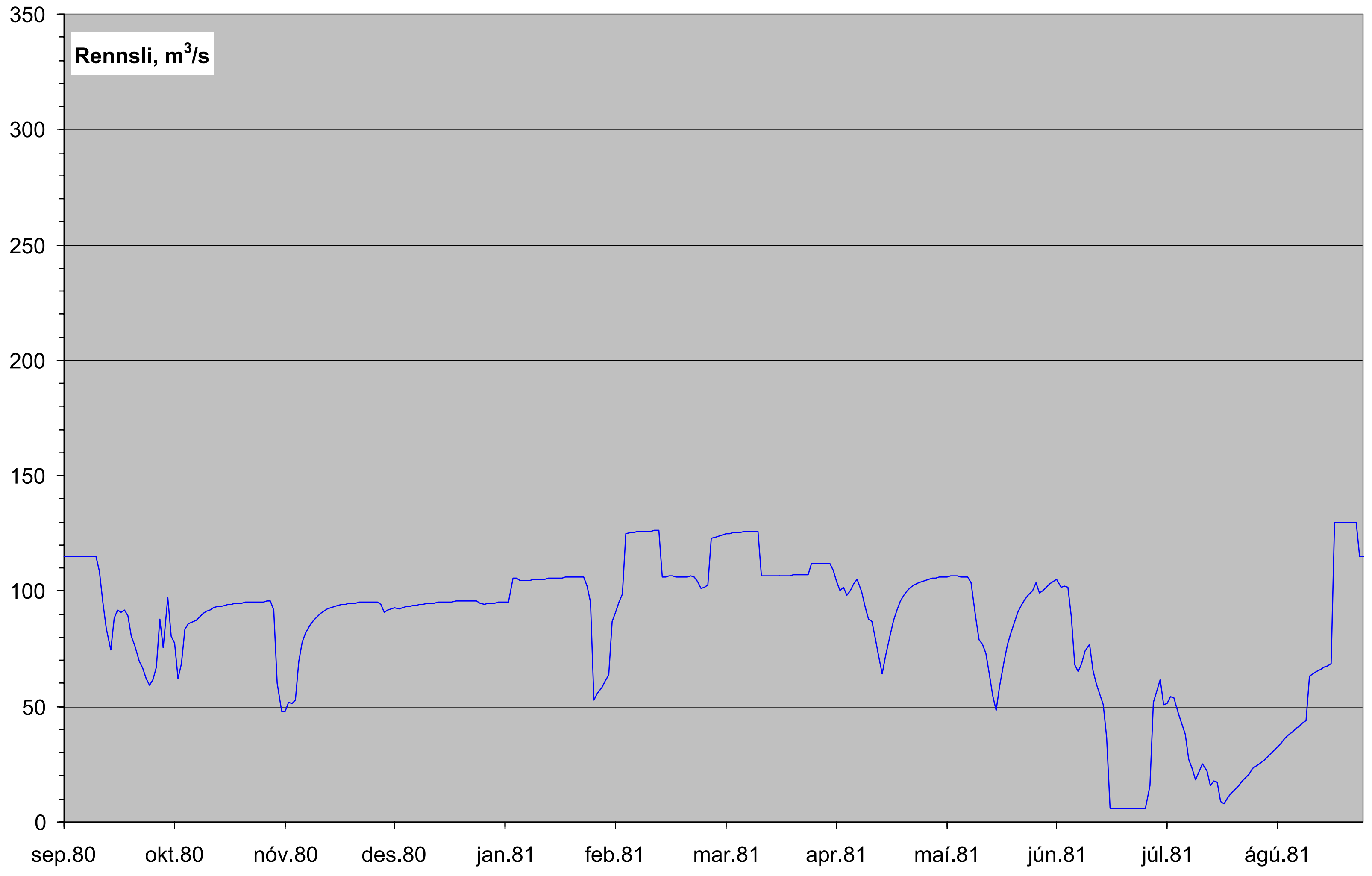

Leki úr lóni 1952 - 1953
Rennsli, m3/s
5
4
3
2
1
0
Leki = 1+ 0,05(Lónhæð - 575)
Leki = 1 fyrir Lónhæð < 575 m y.s.
sep.52
okt.52
nóv.52
des.52
jan.53
feb.53
mar.53
apr.53
maí.53
jún.53
júl.53
ágú.53

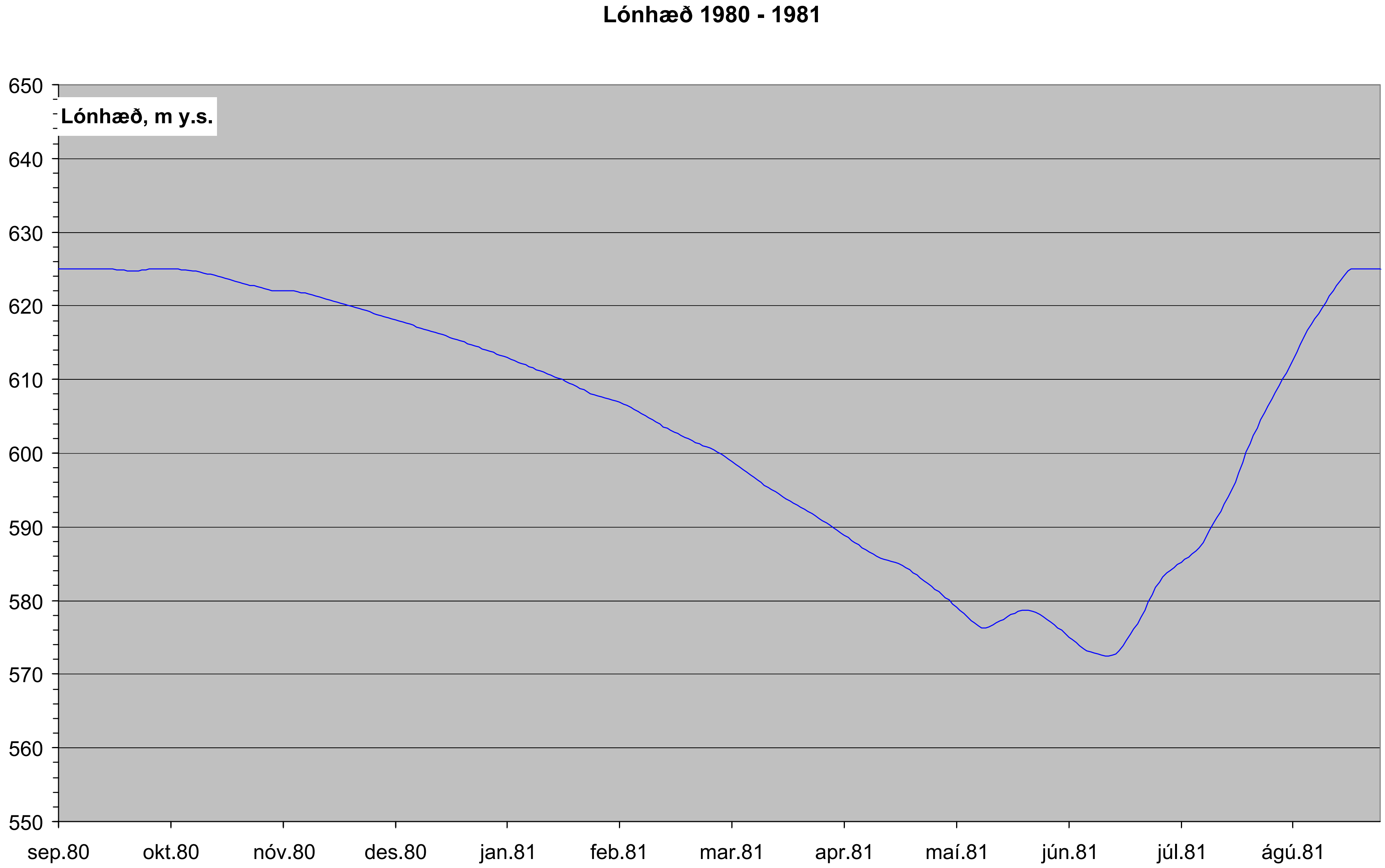
Mynd 9


Innrennsli í Hálslón 1980 - 1981
Rennsli, m3/s
350
300
250
200
150
100
50
0
sep.80
okt.80
nóv.80
des.80
jan.81
feb.81
mar.81
apr.81
maí.81
jún.81
júl.81
ágú.81
Jökulsá
Gljúfrakvísl
Kringilsá
Sauðá

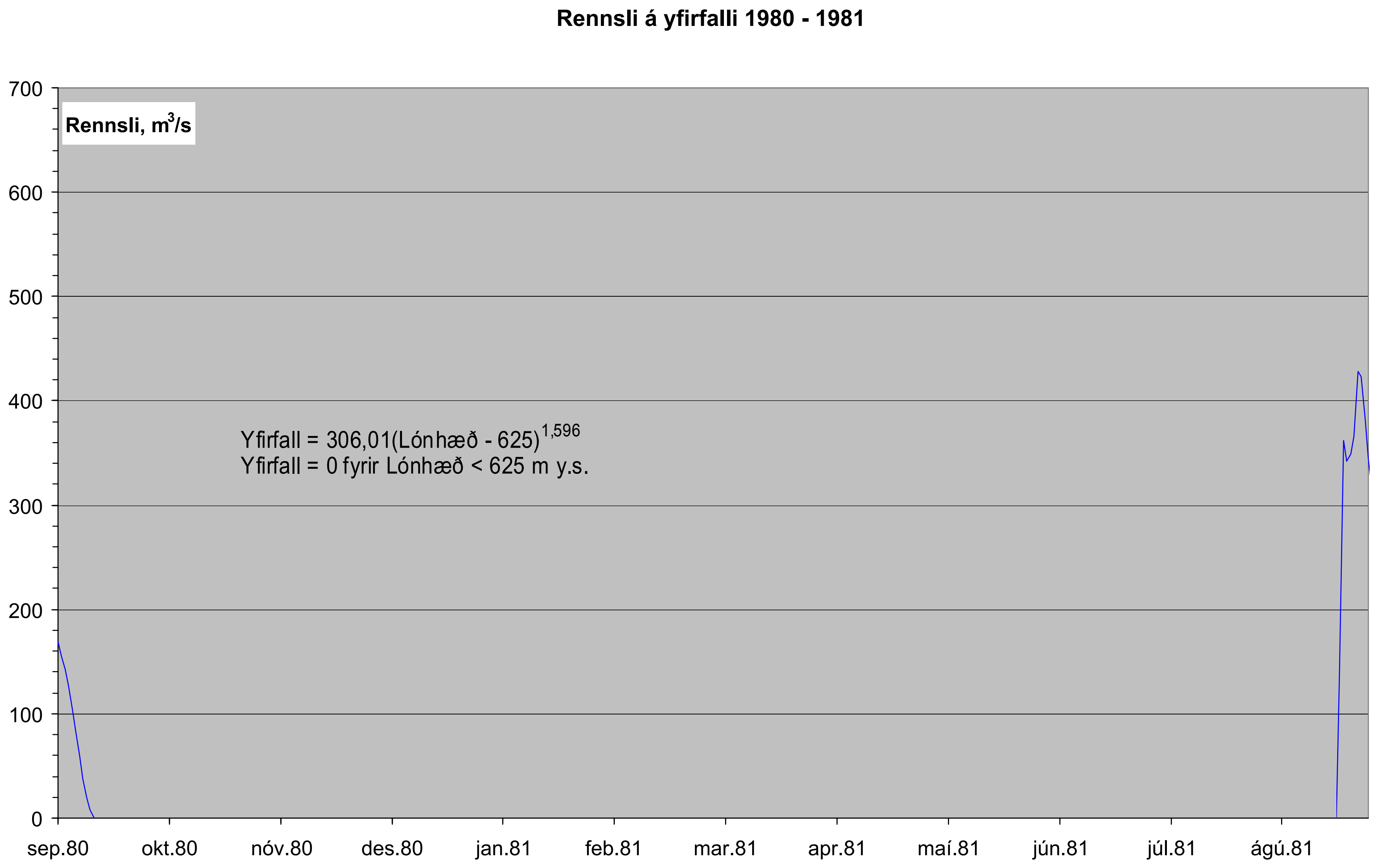
Mynd 10

Rennsli til virkjunar 1980 - 1981



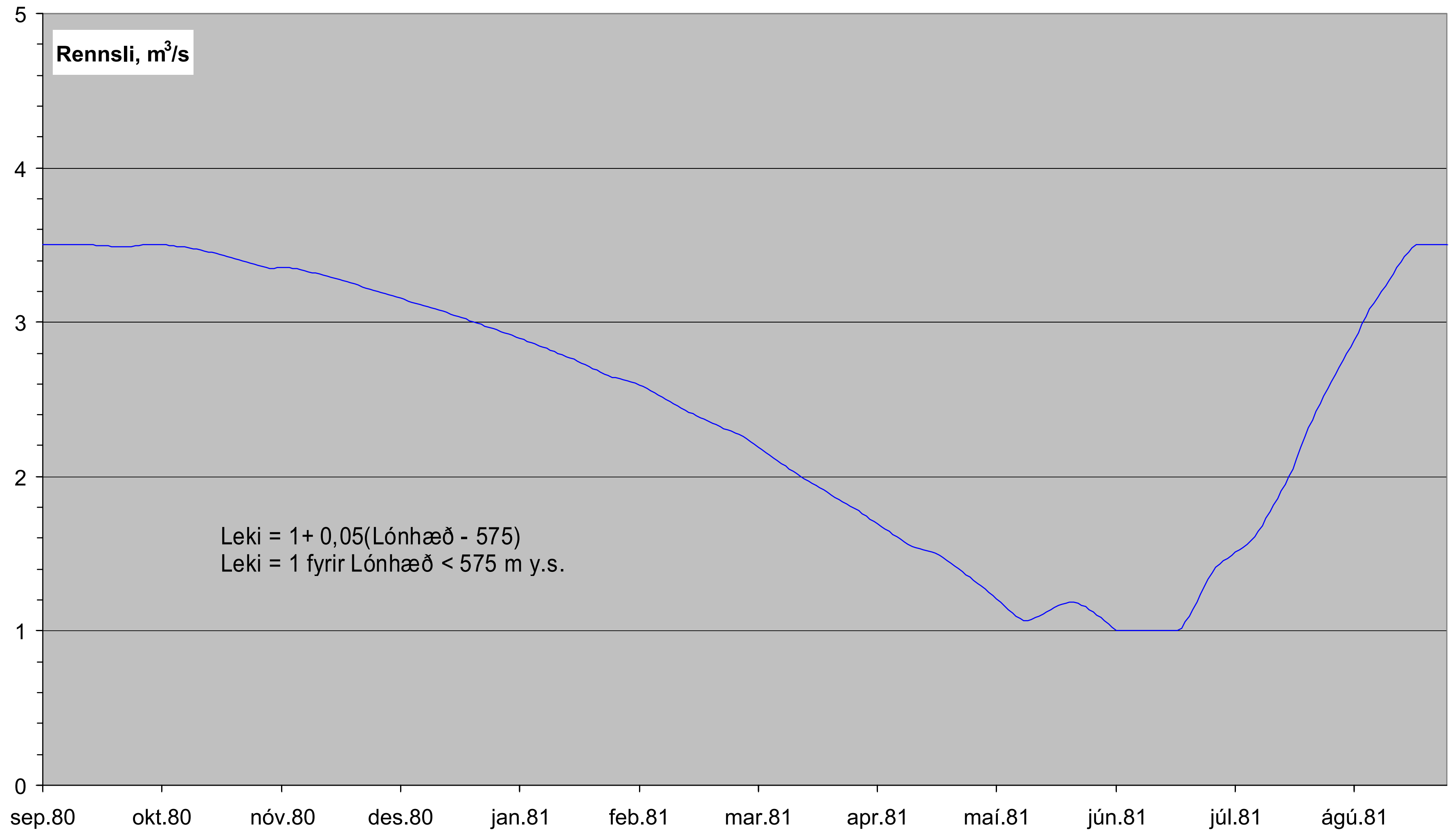

Lónhæð 1980 - 1981
Lónhæð, m y.s.
650
640
630
620
610
600
590
580
570
560
550
sep.80
okt.80
nóv.80
des.80
jan.81
feb.81
mar.81
apr.81
maí.81
jún.81
júl.81
ágú.81

Mynd 12


Rennsli á yfirfalli 1980 - 1981
Rennsli, m3/s
700
600
500
400
300
200
100
0
Yfirfall = 306,01(Lónhæð - 625)1,596
Yfirfall = 0 fyrir Lónhæð < 625 m y.s.
sep.80
okt.80
nóv.80
des.80
jan.81
feb.81
mar.81
apr.81
maí.81
jún.81
júl.81
ágú.81

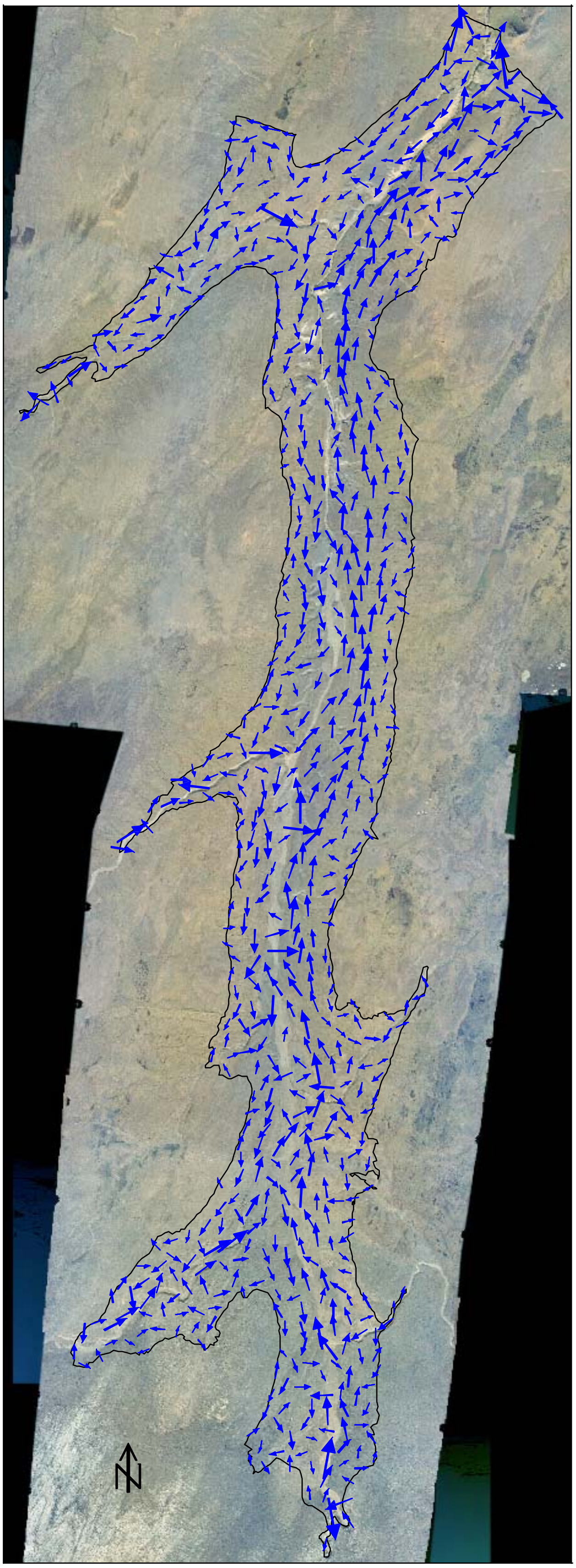
Mynd 13

Leki úr lóni 1980 - 1981



Mynd 14

Reiknað rennsli 1. ágúst 1953 (Q=454 m^3/s)



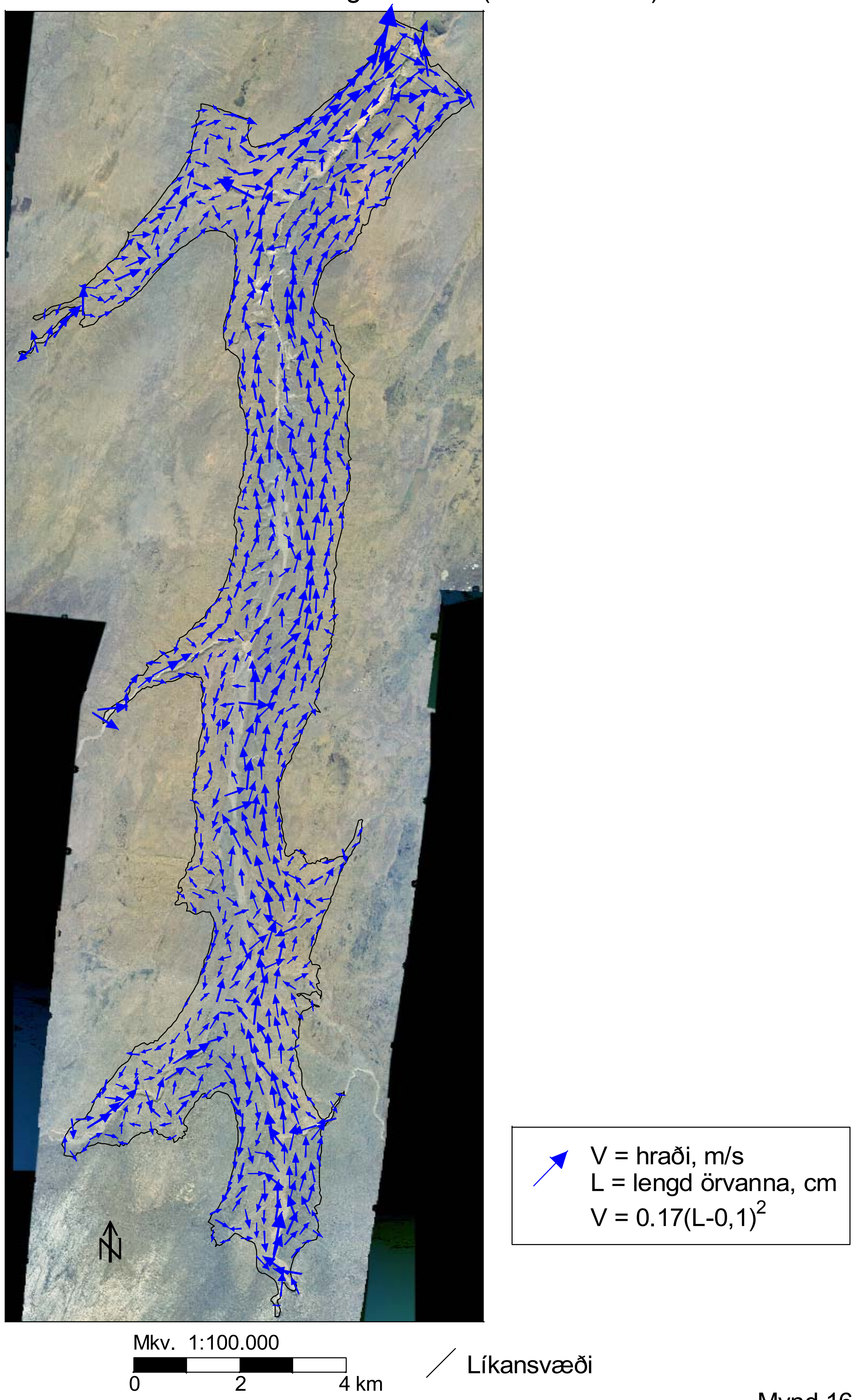
V = hraði, m/s
L = lengd örvanna, cm
$V = 0.17(L-0,1)^2$

Mkv. 1:100.000
0 2 4 km

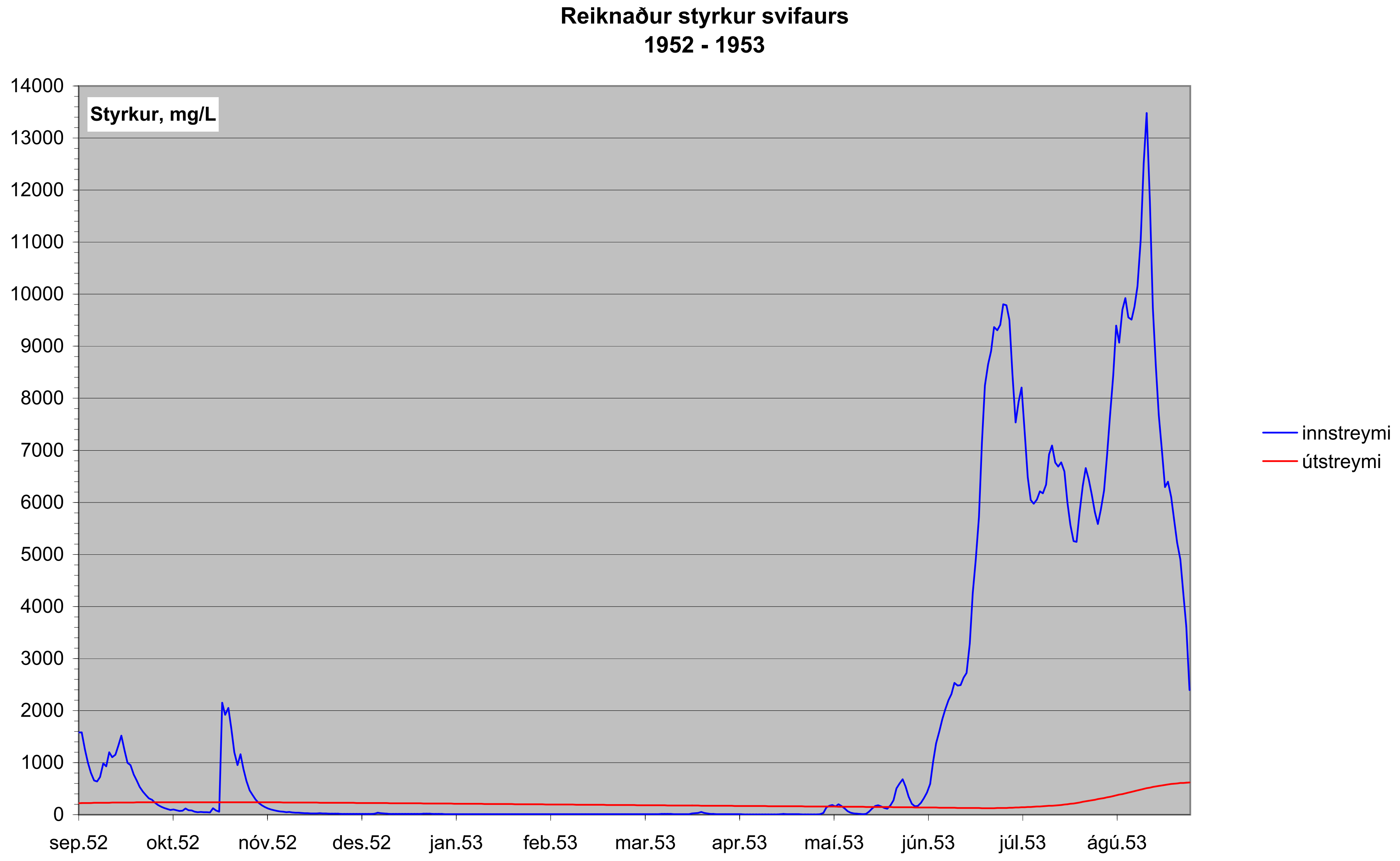
Líkansvæði

Mynd 15

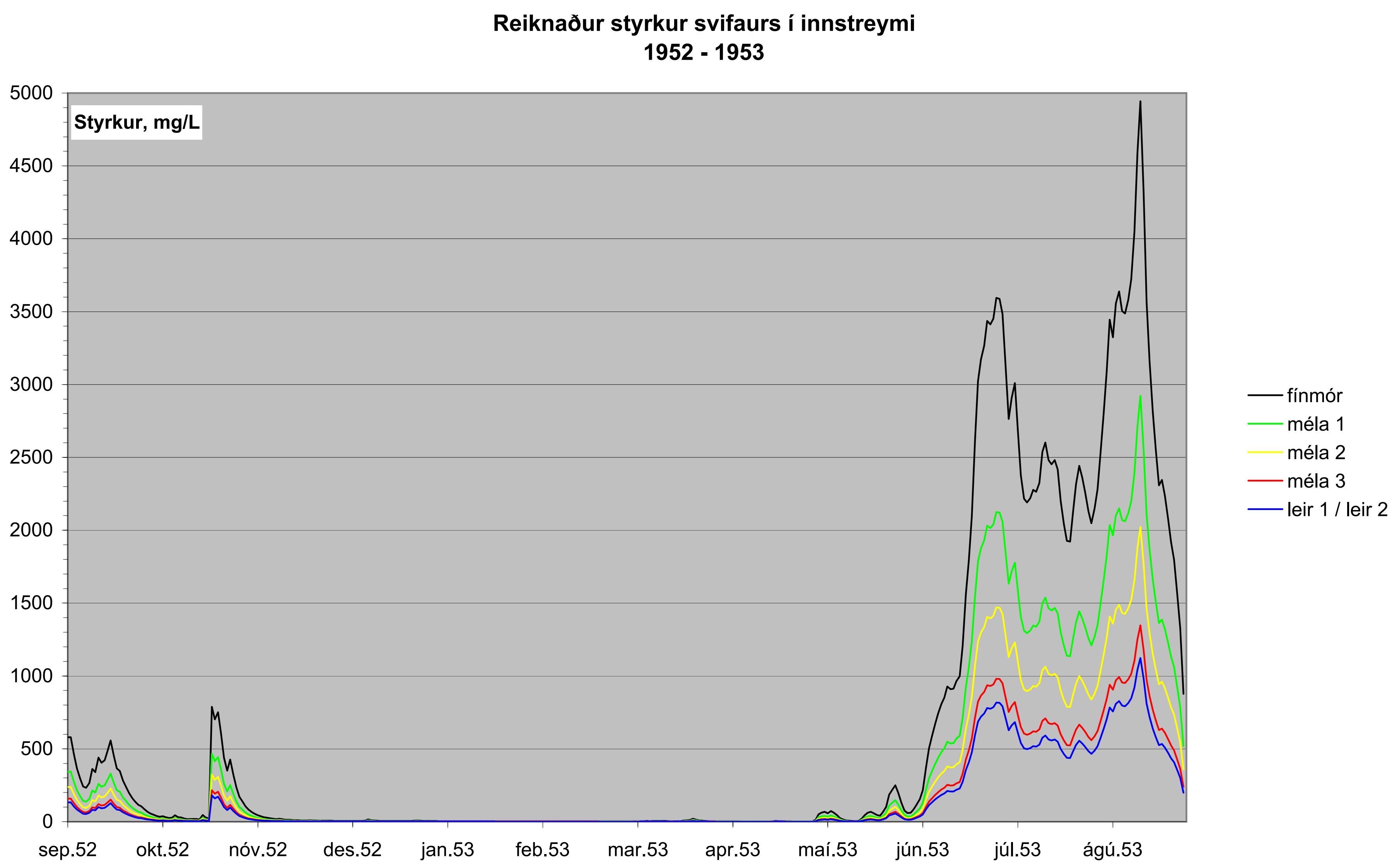
Reiknað rennsli 1. ágúst 1981 (Q=425 m^3/s)



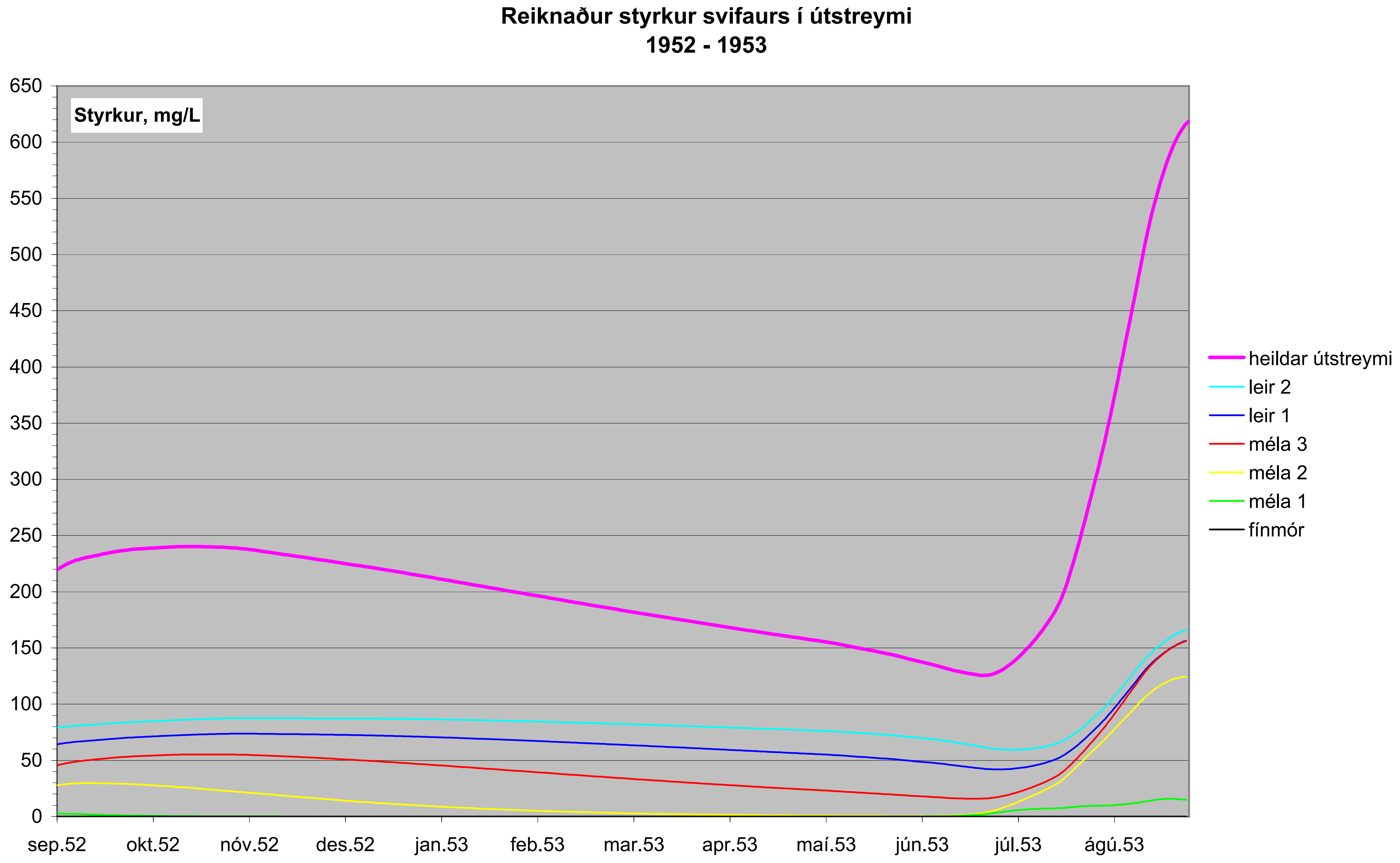
Mynd 16


Reiknaður styrkur svifaurs
1952 - 1953
Styrkur, mg/L
14000
13000
12000
11000
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
sep.52
okt.52
nóv.52
des.52
jan.53
feb.53
mar.53
apr.53
maí.53
jún.53
júl.53
ágú.53
innstreymi
útstreymi

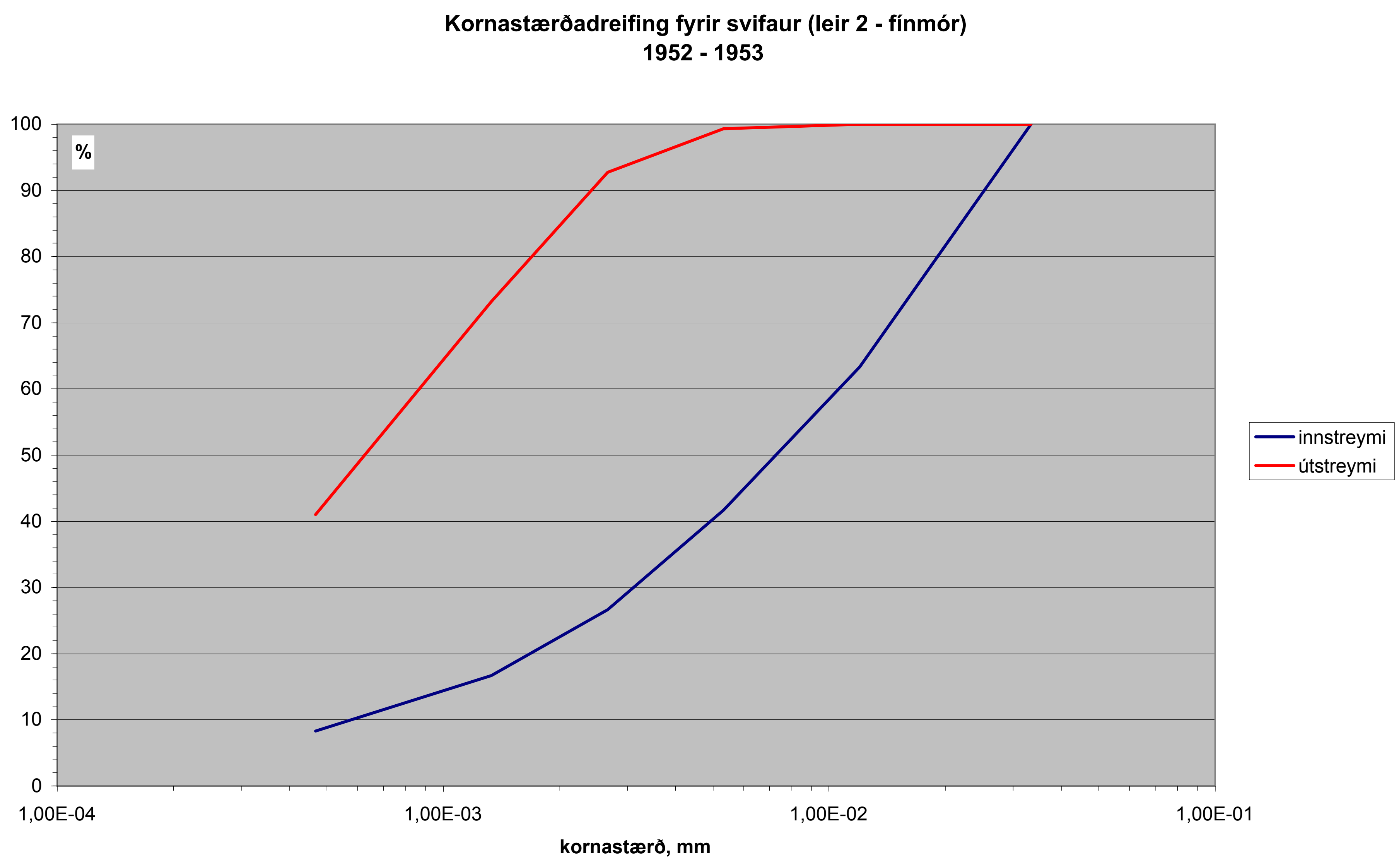
Mynd 17


Reiknaður styrkur svifaurs í innstreymi
1952 - 1953
Styrkur, mg/L
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
sep.52
okt.52
nóv.52
des.52
jan.53
feb.53
mar.53
apr.53
maí.53
jún.53
júl.53
ágú.53
fínmór
méla 1
méla 2
méla 3
leir 1 / leir 2

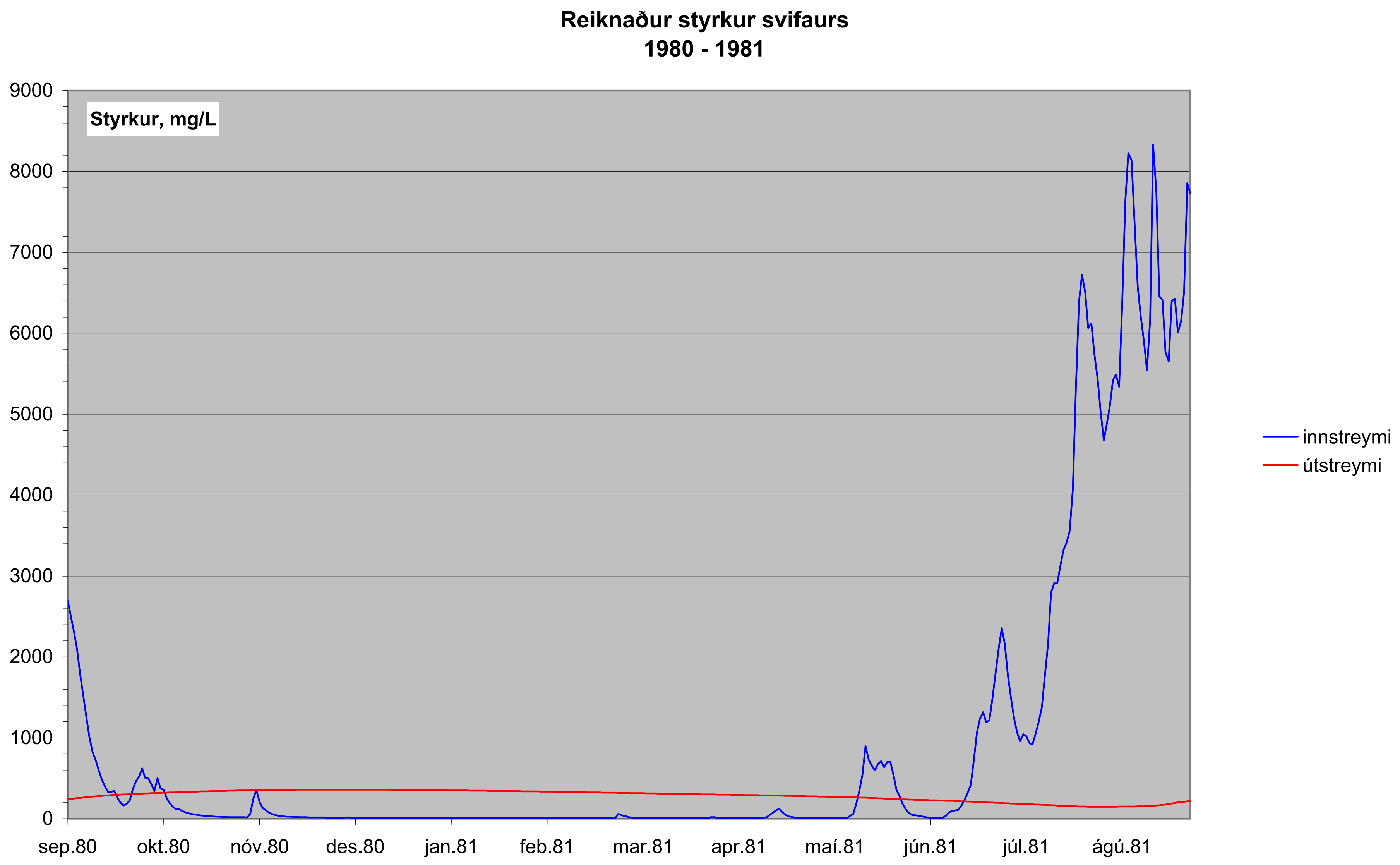
Mynd 18


Reiknaður styrkur svifaurs í útstreymi
1952 - 1953
Styrkur, mg/L
650
600
550
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
sep.52
okt.52
nóv.52
des.52
jan.53
feb.53
mar.53
apr.53
maí.53
jún.53
júl.53
ágú.53
heildar útstreymi
leir 2
leir 1
méla 3
méla 2
méla 1
fínmór

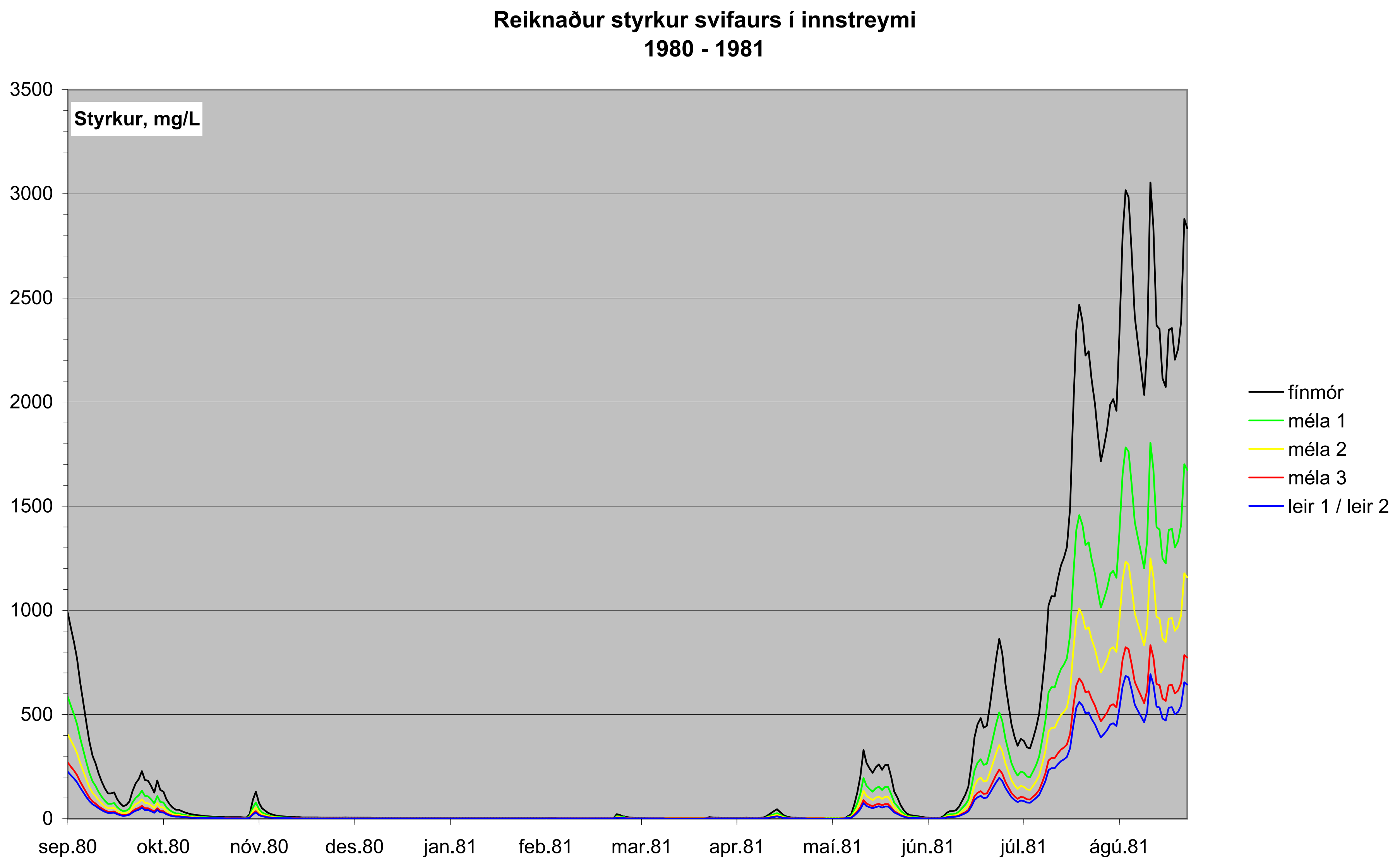
Mynd 19


Kornastærðadreifing fyrir svifaur (leir 2 - fínmór)
1952 - 1953
%
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1,00E-04
1,00E-03
1,00E-02
1,00E-01
kornastærð, mm
innstreymi
útstreymi

Mynd 20

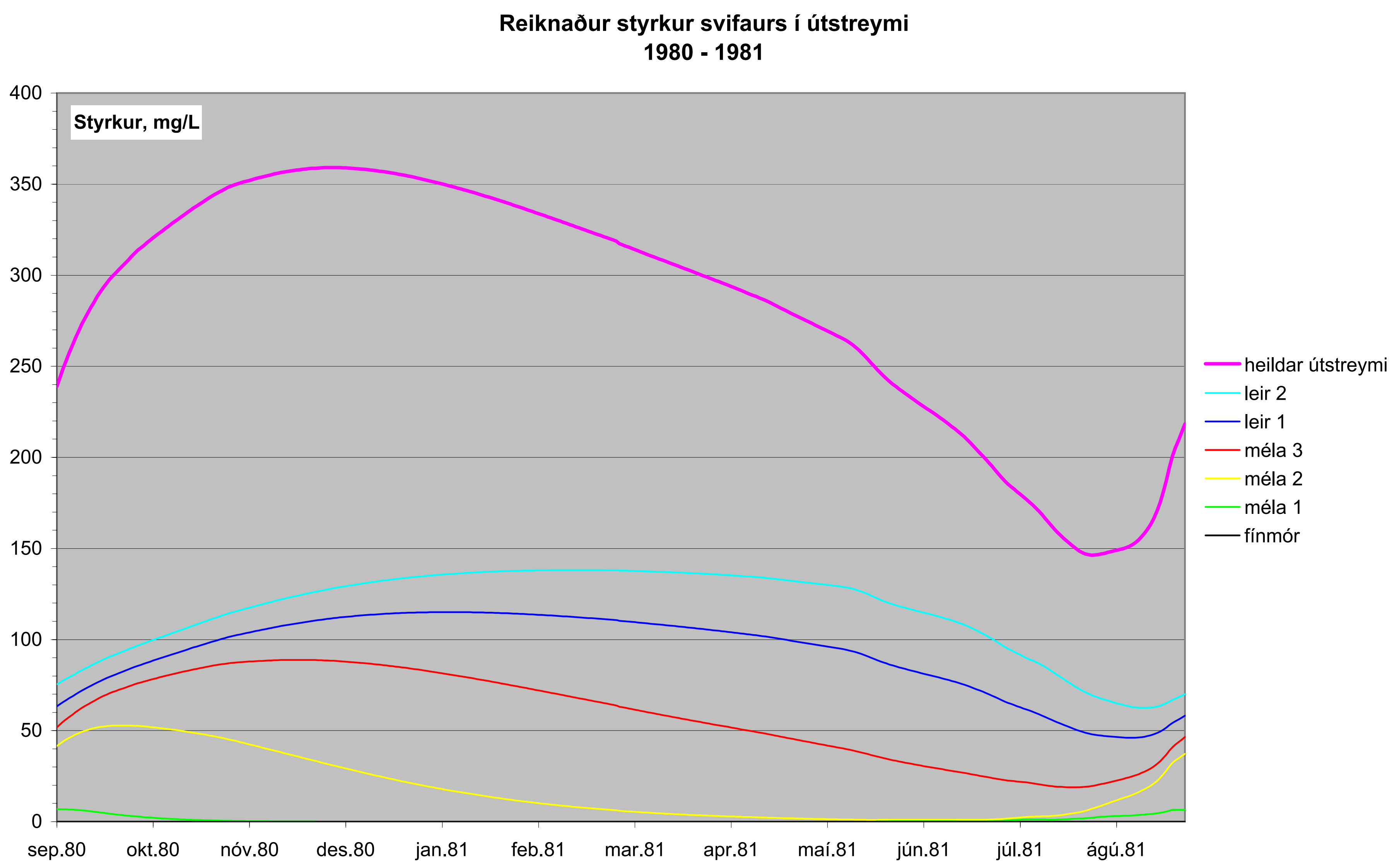

Reiknaður styrkur svifaurs
1980 - 1981
Styrkur, mg/L
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
sep.80
okt.80
nóv.80
des.80
jan.81
feb.81
mar.81
apr.81
maí.81
jún.81
júl.81
ágú.81
innstreymi
útstreymi

Mynd 21



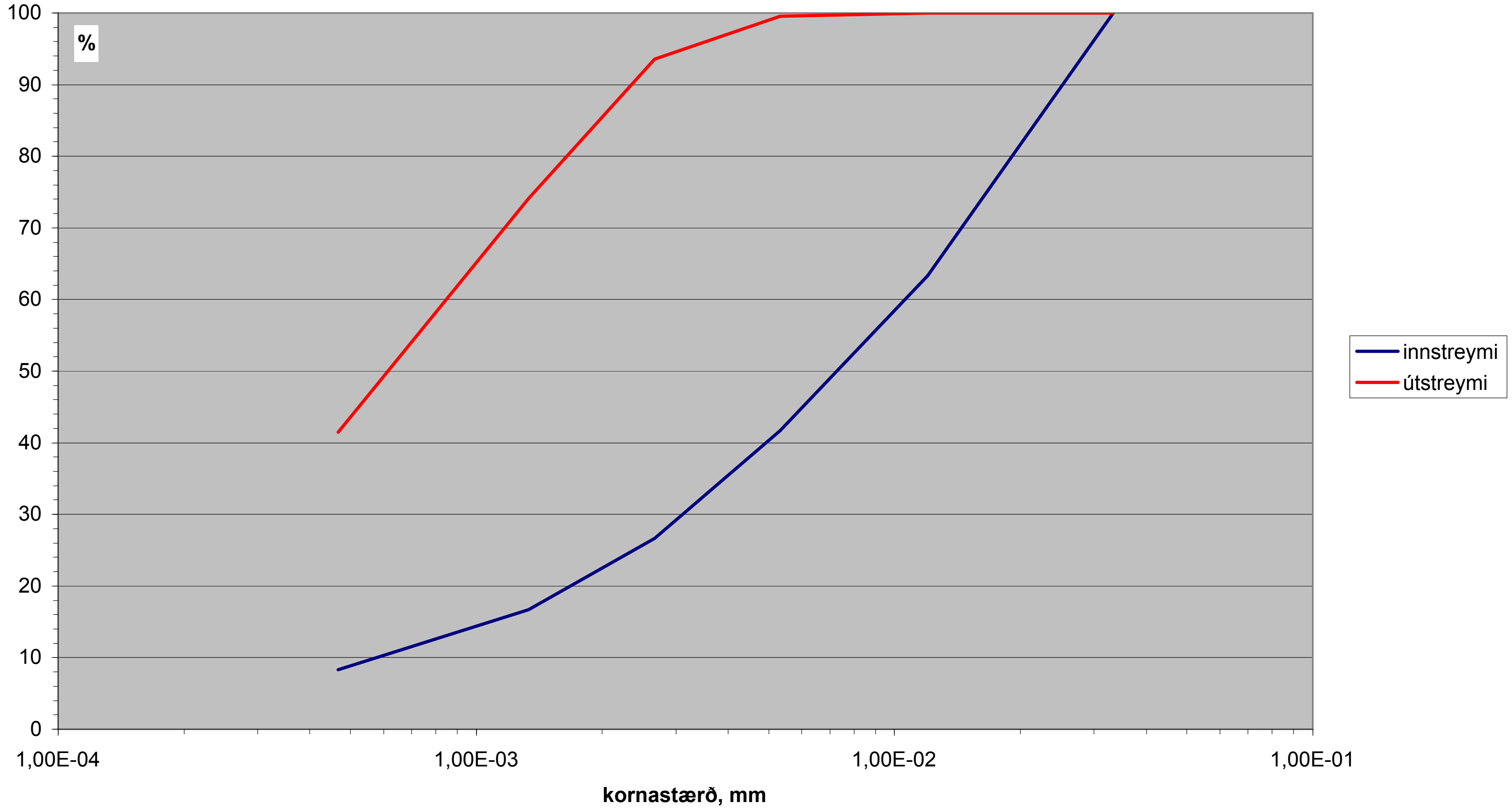
Reiknaður styrkur svifaurs í innstreymi
1980 - 1981
Styrkur, mg/L
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
sep.80
okt.80
nóv.80
des.80
jan.81
feb.81
mar.81
apr.81
maí.81
jún.81
júl.81
ágú.81
fínmór
méla 1
méla 2
méla 3
leir 1 / leir 2

Mynd 22


Reiknaður styrkur svifaurs í útstreymi
1980 - 1981
Styrkur, mg/L
400
350
300
250
200
150
100
50
0
sep.80
okt.80
nóv.80
des.80
jan.81
feb.81
mar.81
apr.81
maí.81
jún.81
júl.81
ágú.81
heildar útstreymi
leir 2
leir 1
méla 3
méla 2
méla 1
fínmór

Mynd 23

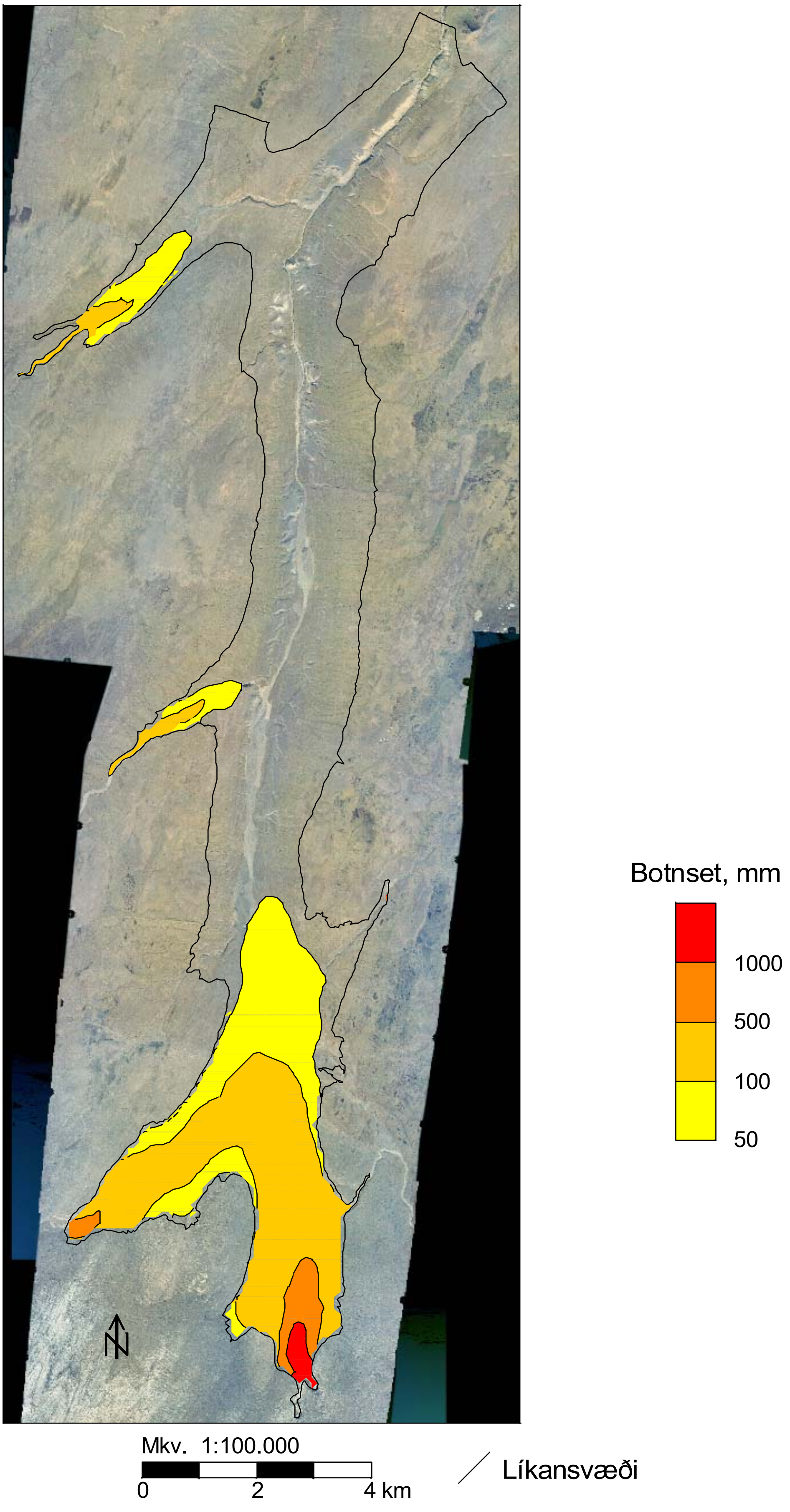
Kornastærðadreifing fyrir svifaur (leir 2 - fínmór)
1980 - 1981



Mynd 24

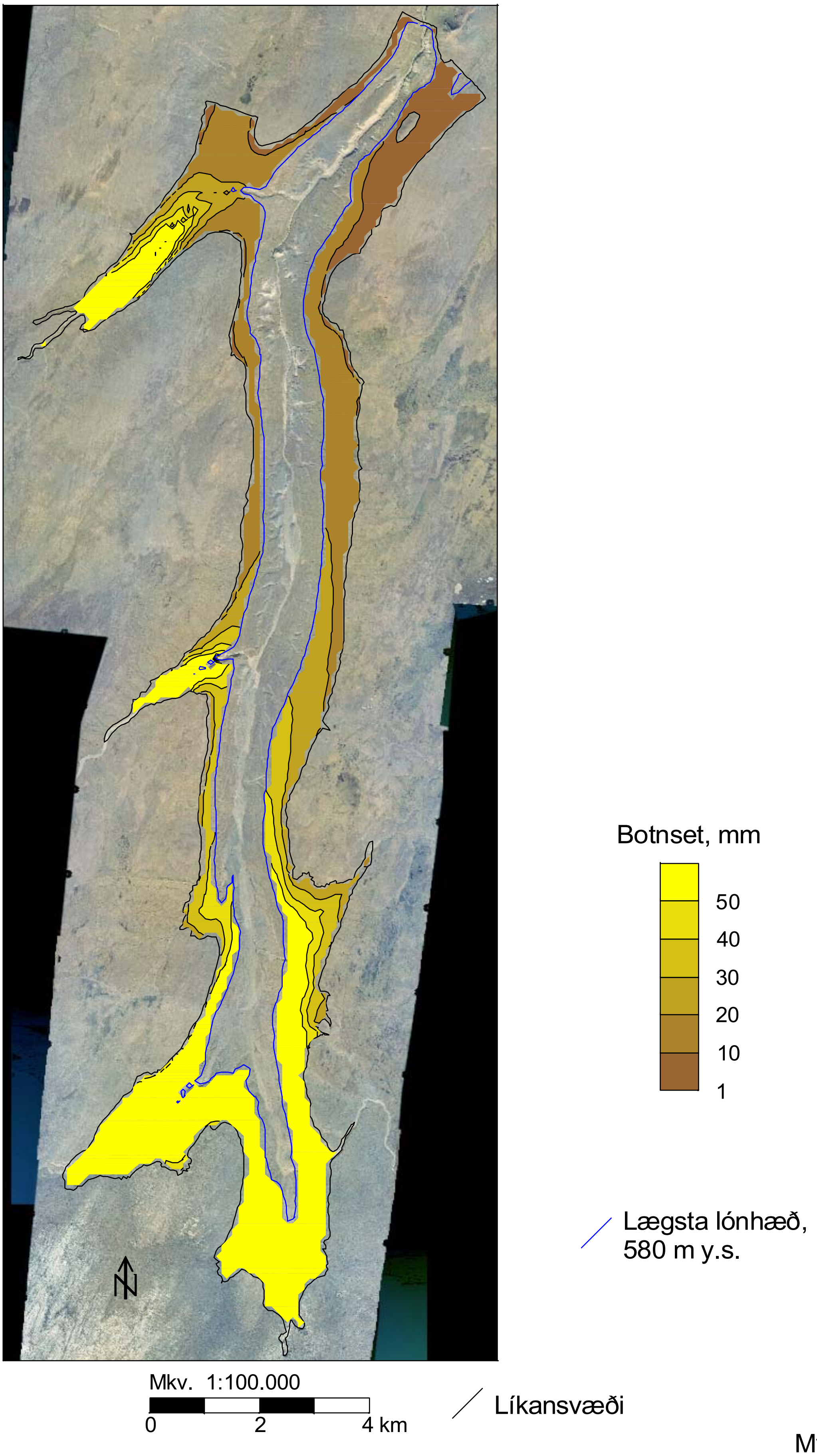
VATNASKIL HÁLSLÓN LANDSVIRKJUN

Botnset eftir 1 ár
1.9.1952 - 1.9.1953



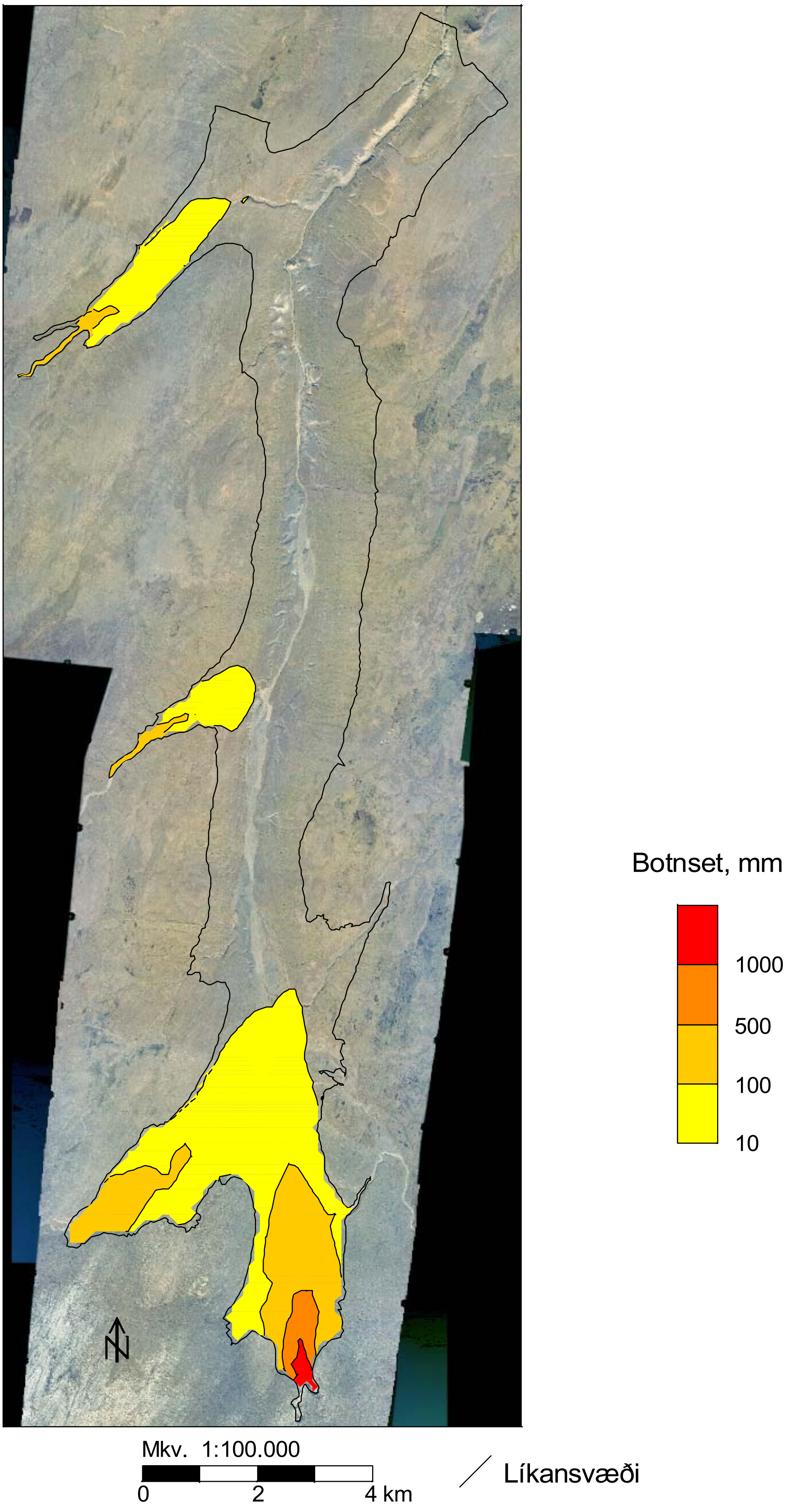
Mynd 25

Botnset eftir 1 ár á lónbökkum
1.9.1952 - 1.9.1953



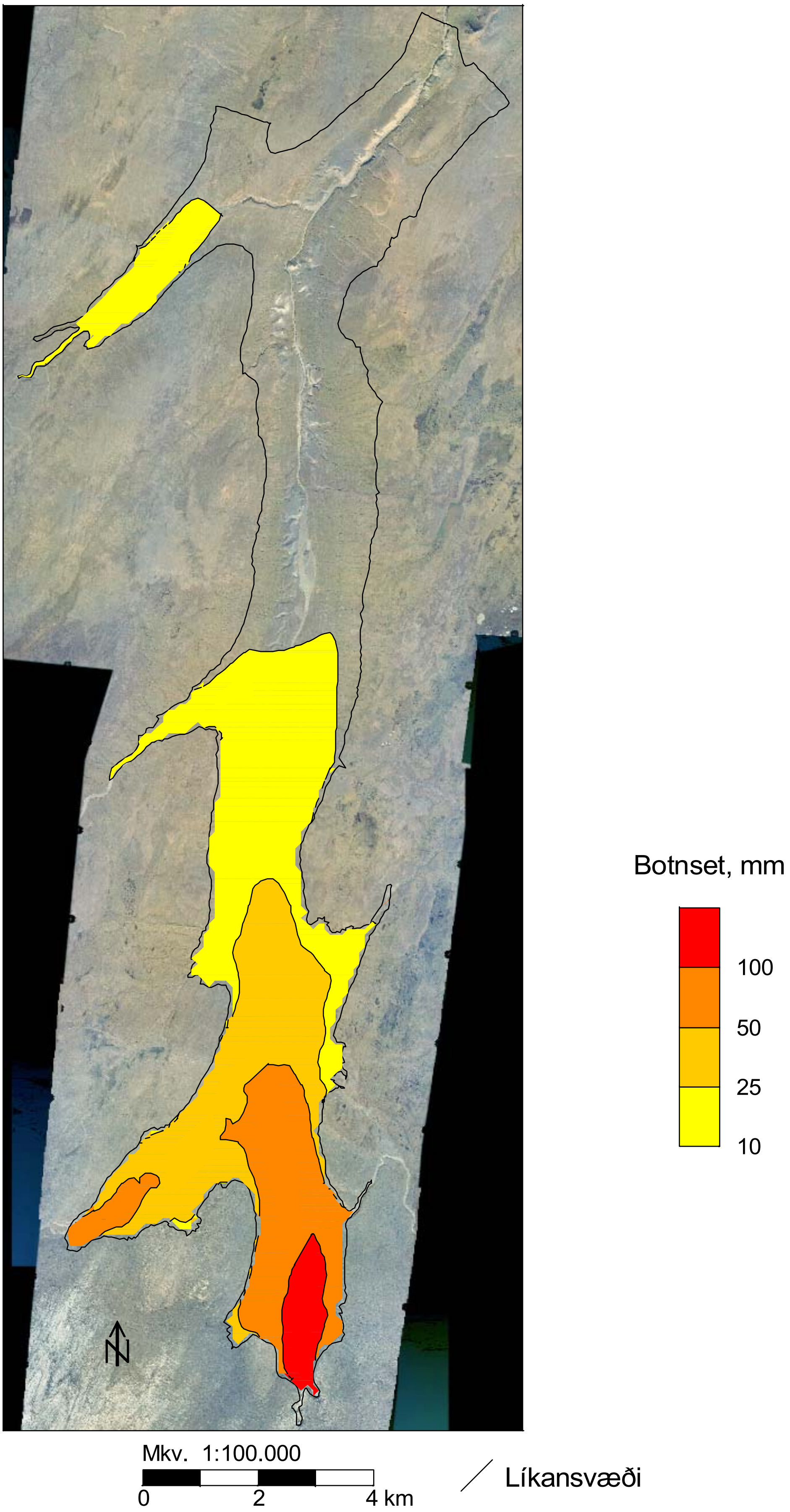
Mynd 26

Botnset eftir 1 ár - Fínmór
1.9.1952 - 1.9.1953



Mynd 27

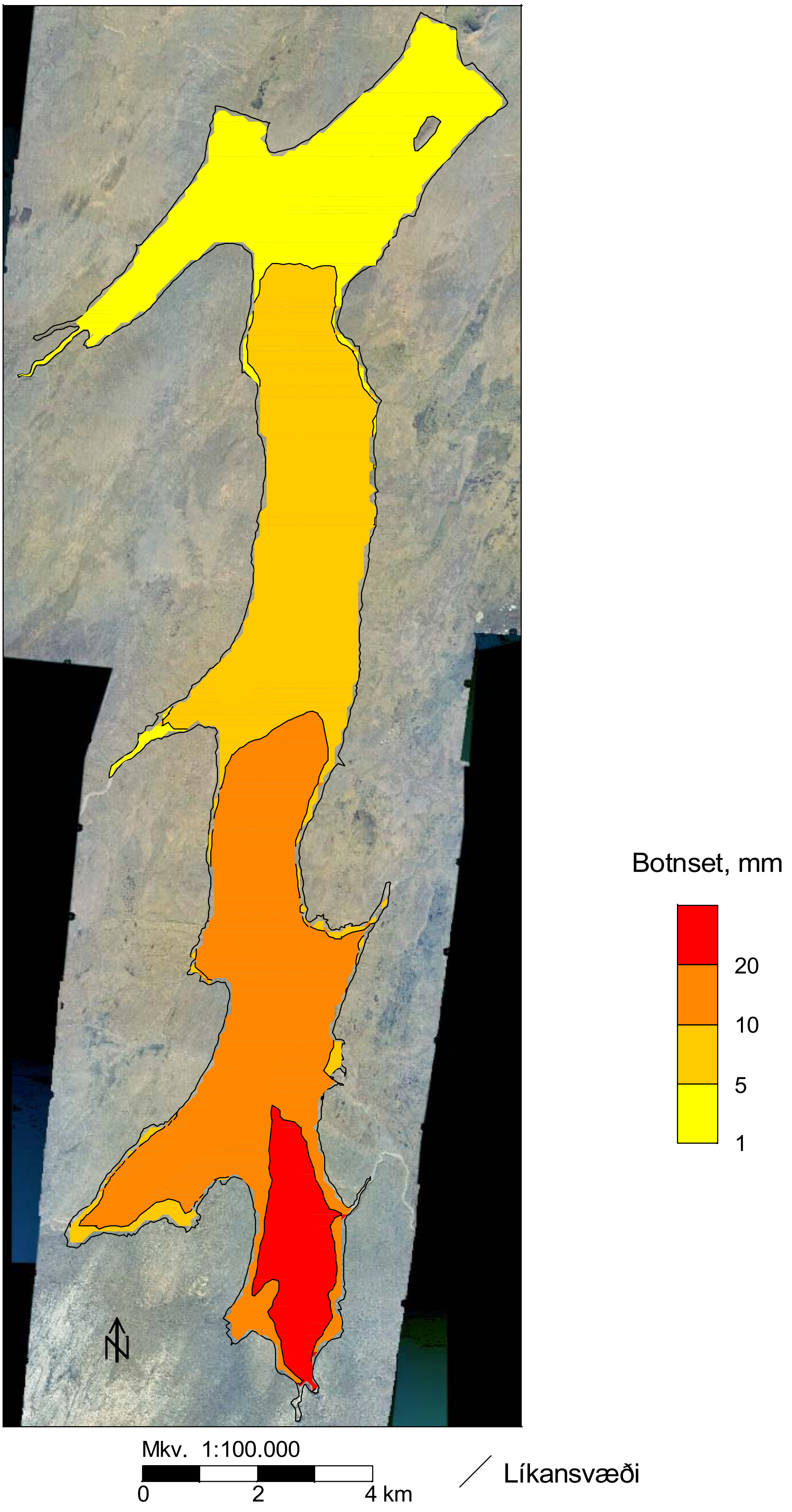
Botnset eftir 1 ár - Méla 1
1.9.1952 - 1.9.1953



Mynd 28

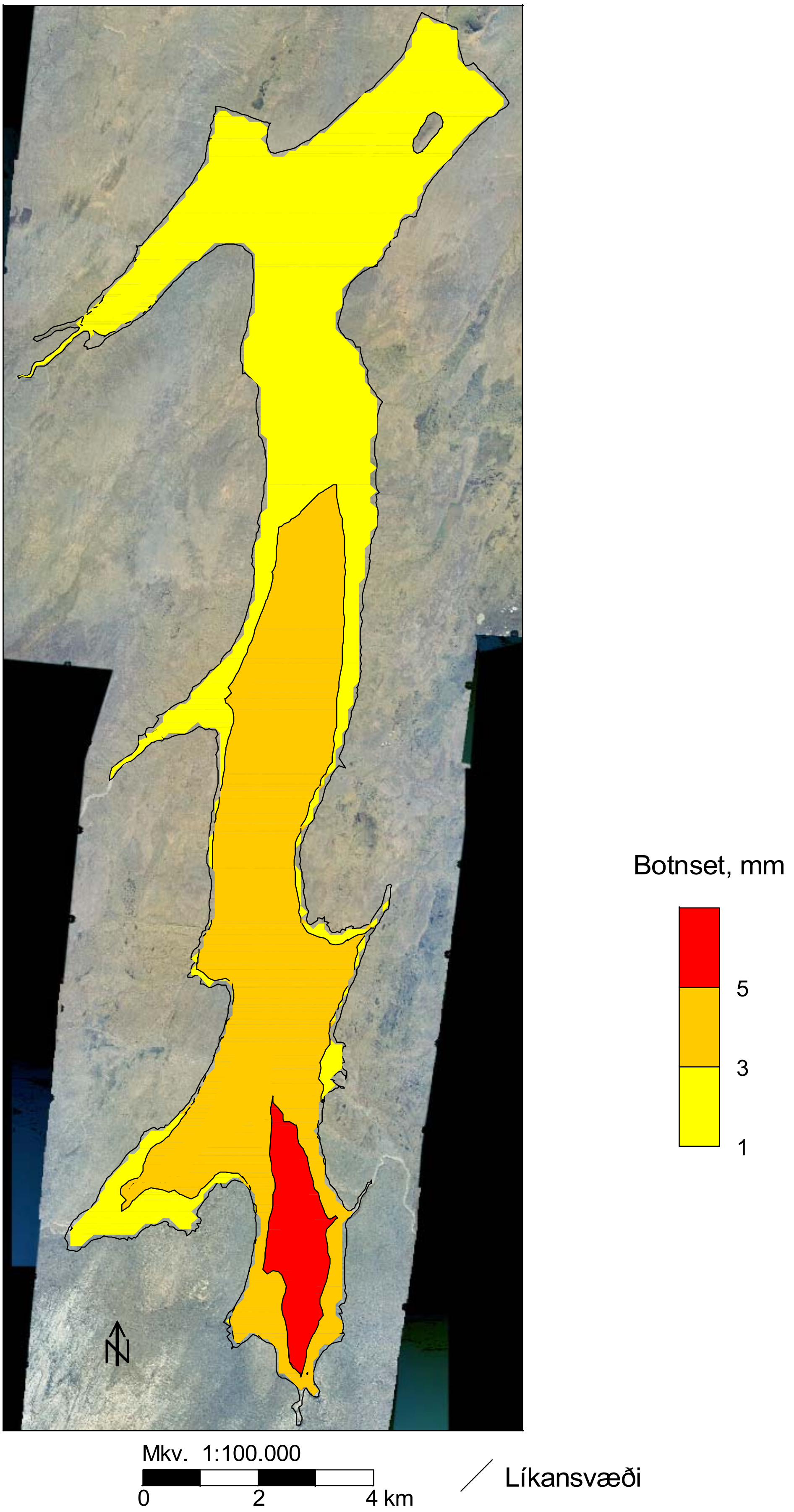
VATNASKIL HÁLSLÓN LANDSVIRKJUN

Botnset eftir 1 ár - Méla 2
1.9.1952 - 1.9.1953



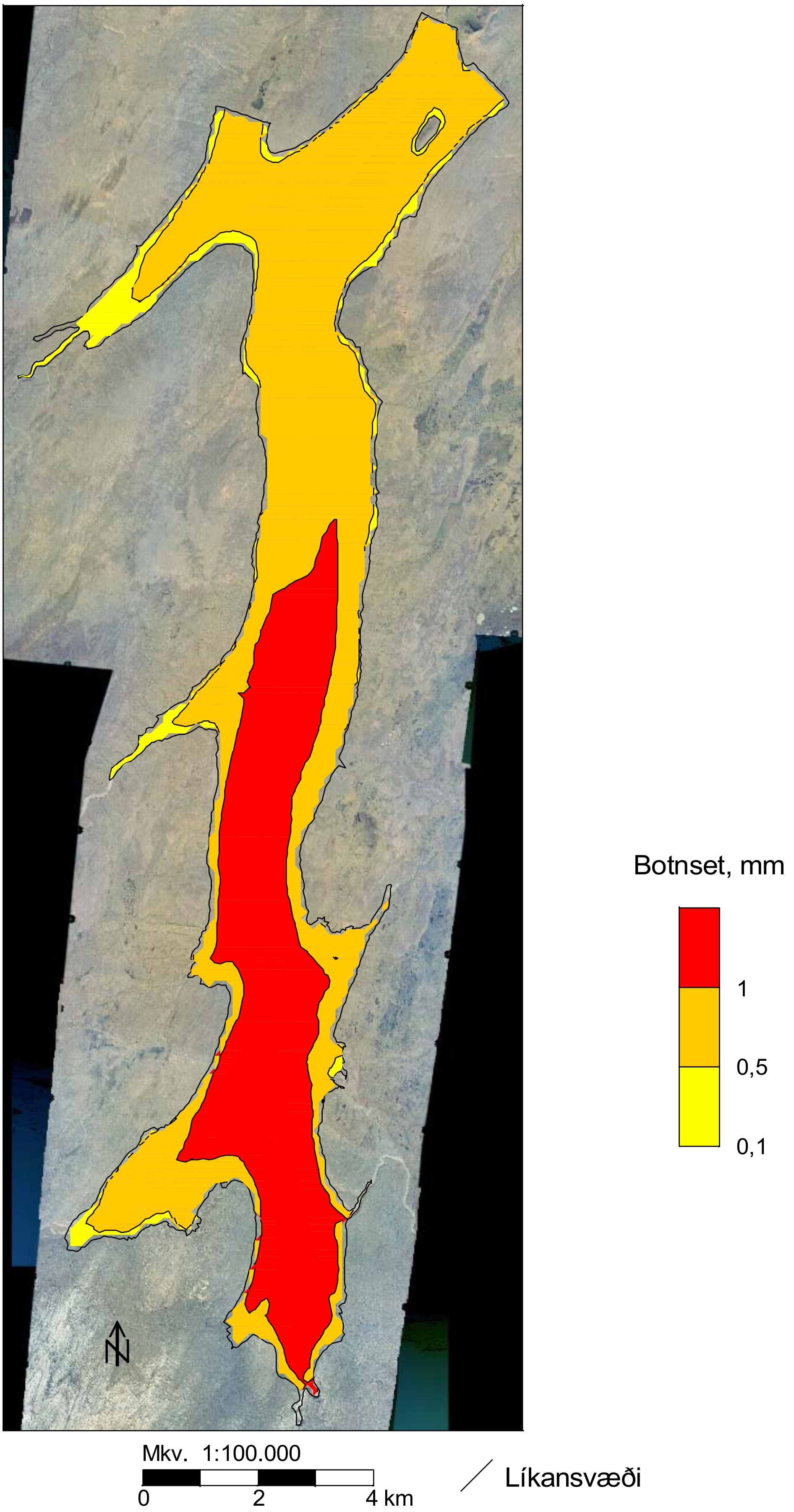
Mynd 29

Botnset eftir 1 ár - Méla 3
1.9.1952 - 1.9.1953



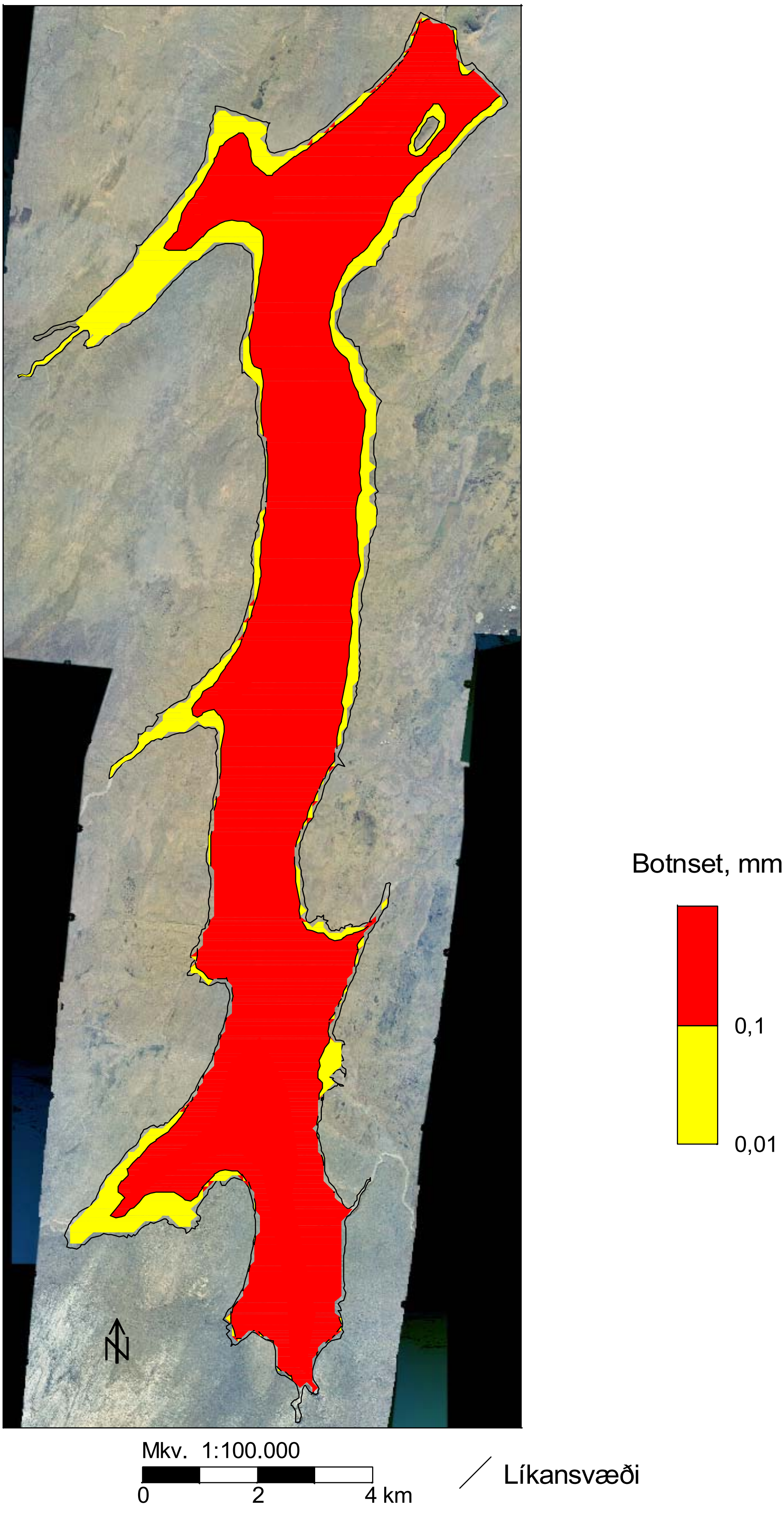
Mynd 30

Botnset eftir 1 ár - Leir 1
1.9.1952 - 1.9.1953



Mynd 31

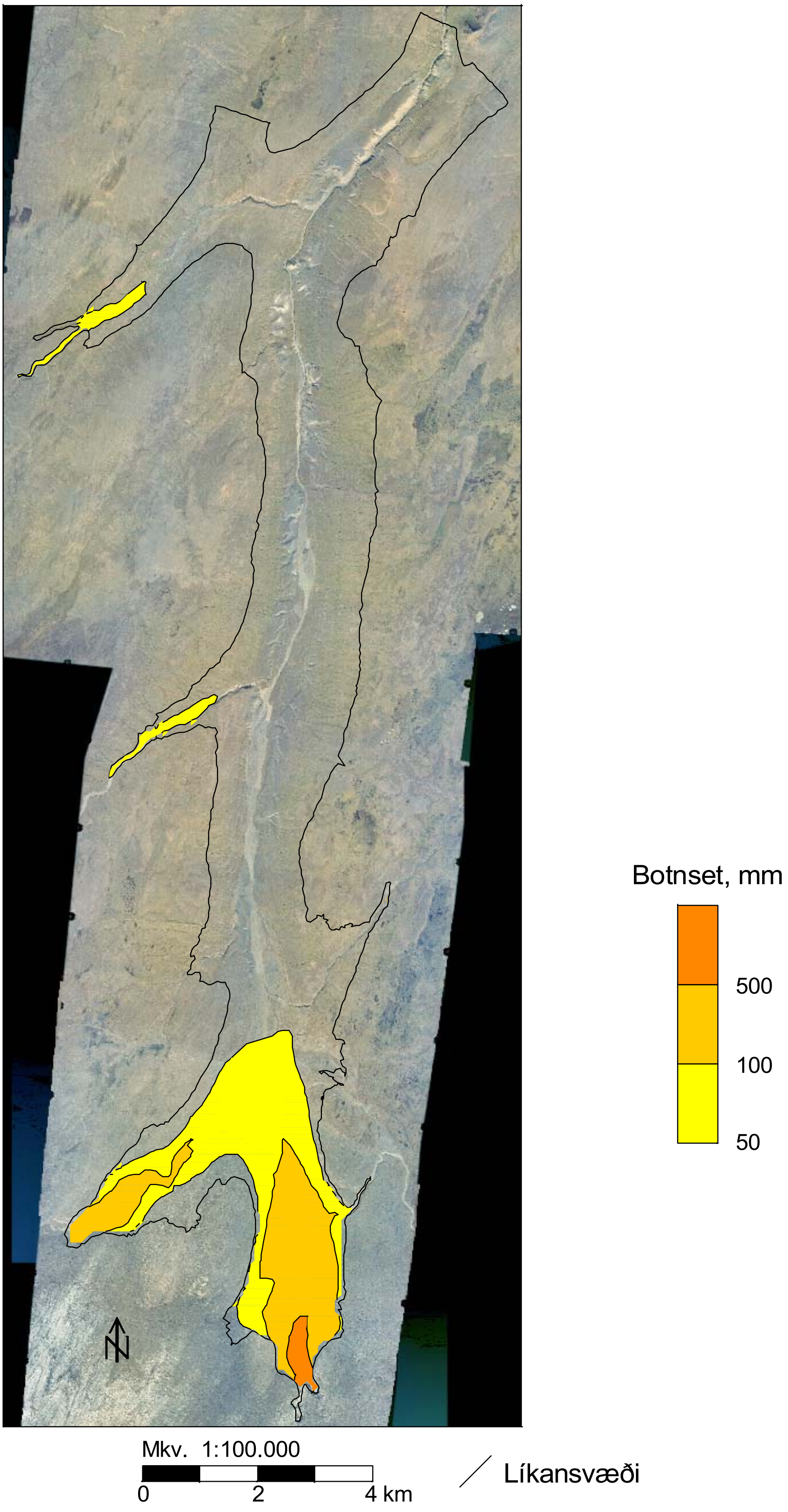
Botnset eftir 1 ár - Leir 2
1.9.1952 - 1.9.1953



Mynd 32

VATNASKIL HÁLSLÓN LANDSVIRKJUN

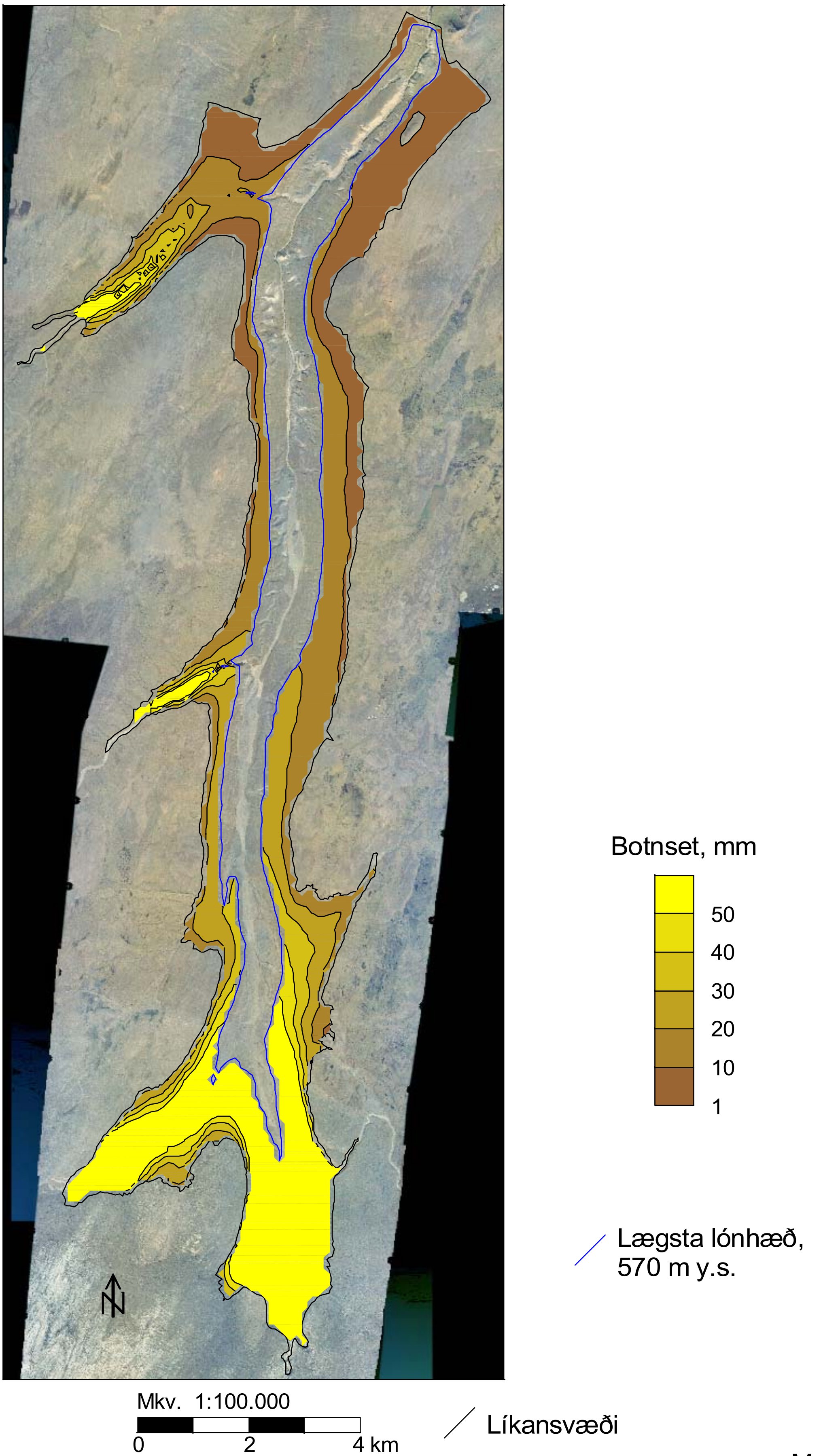
Botnset eftir 1 ár
1.9.1980 - 1.9.1981



Mynd 33

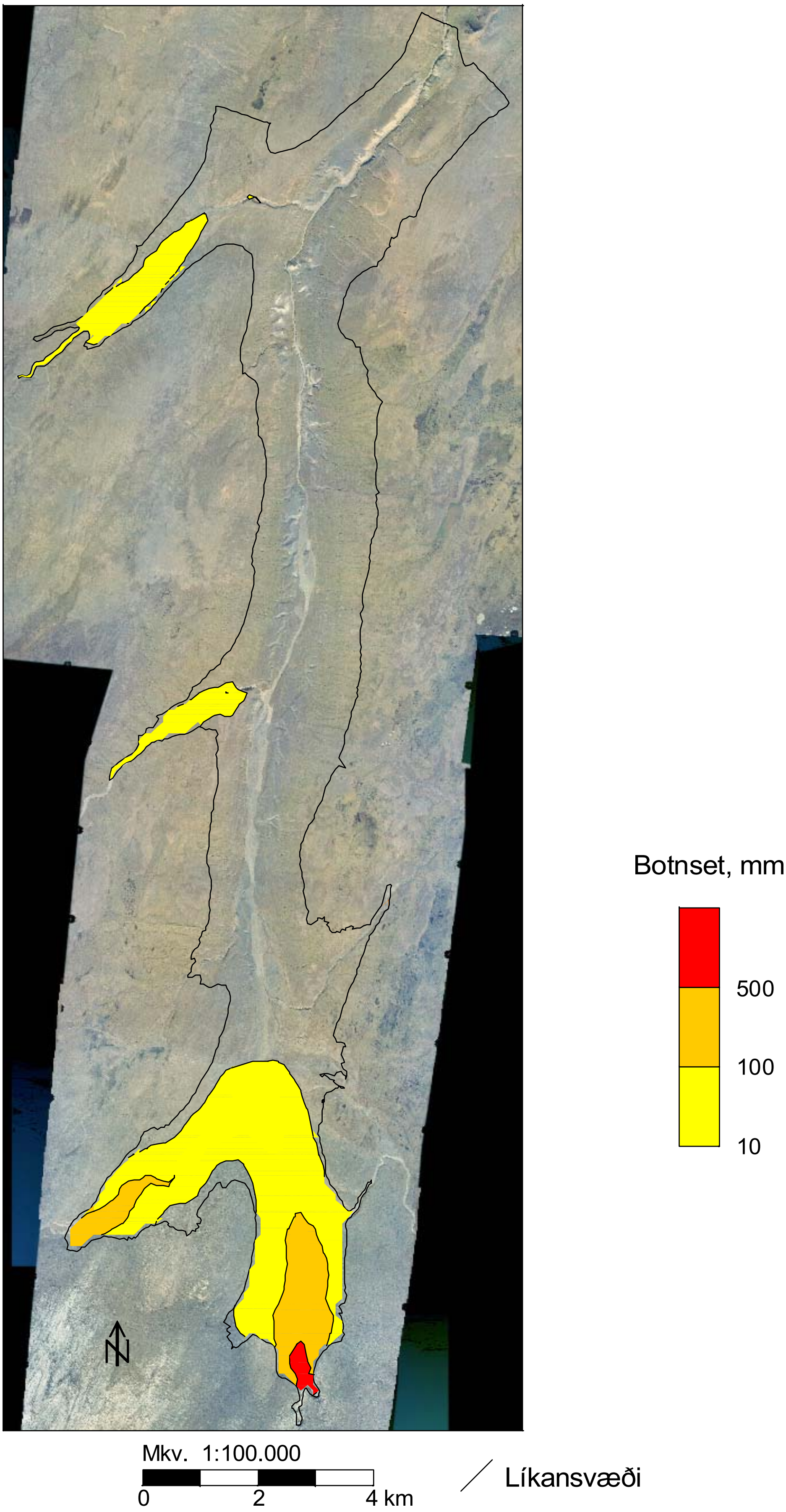
VATNASKIL HÁLSLÓN LANDSVIRKJUN

Botnset eftir 1 ár á lónbökkum
1.9.1980 - 1.9.1981



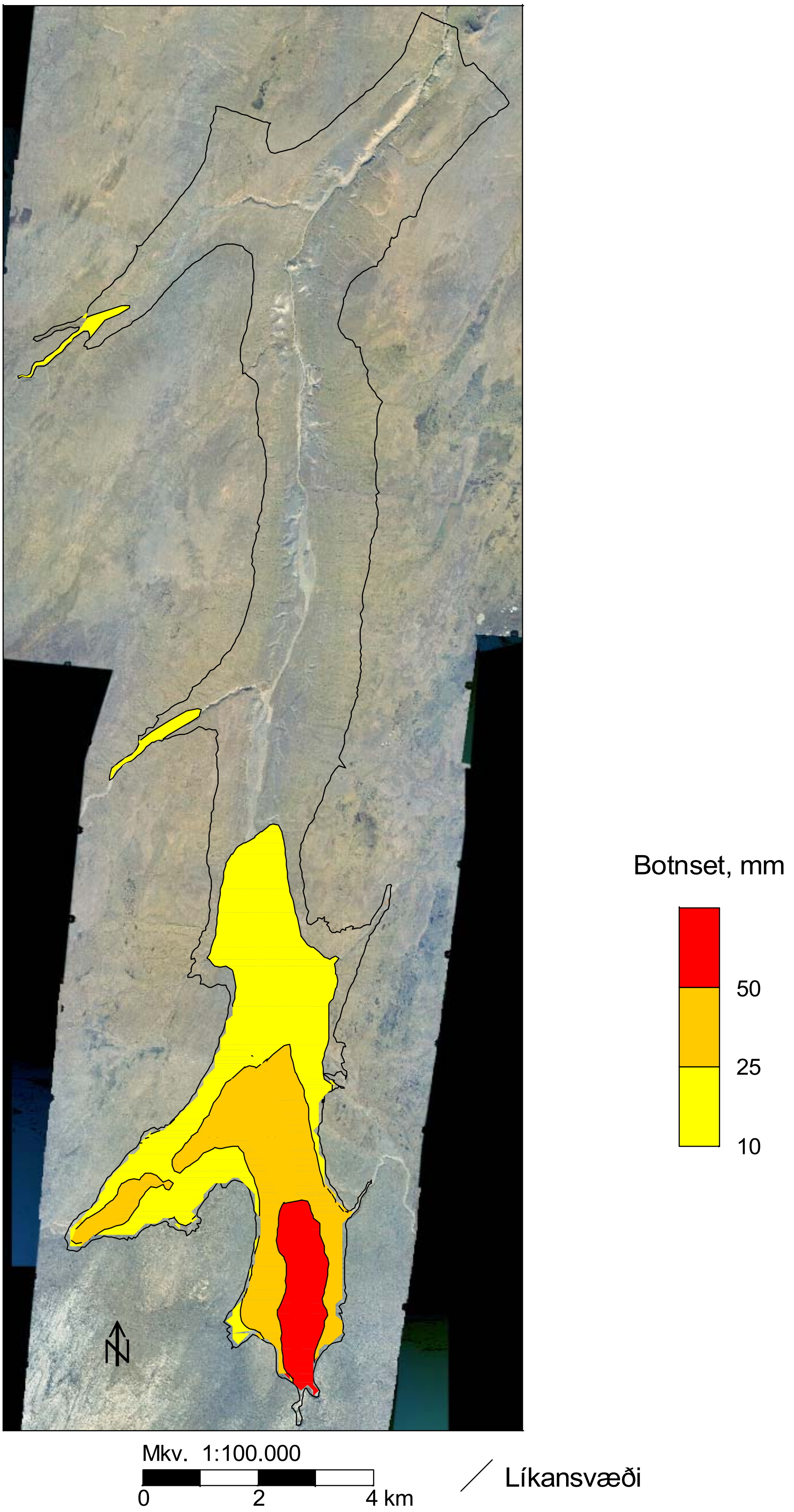
Mynd 34

Botnset eftir 1 ár - Fínmór
1.9.1980 - 1.9.1981



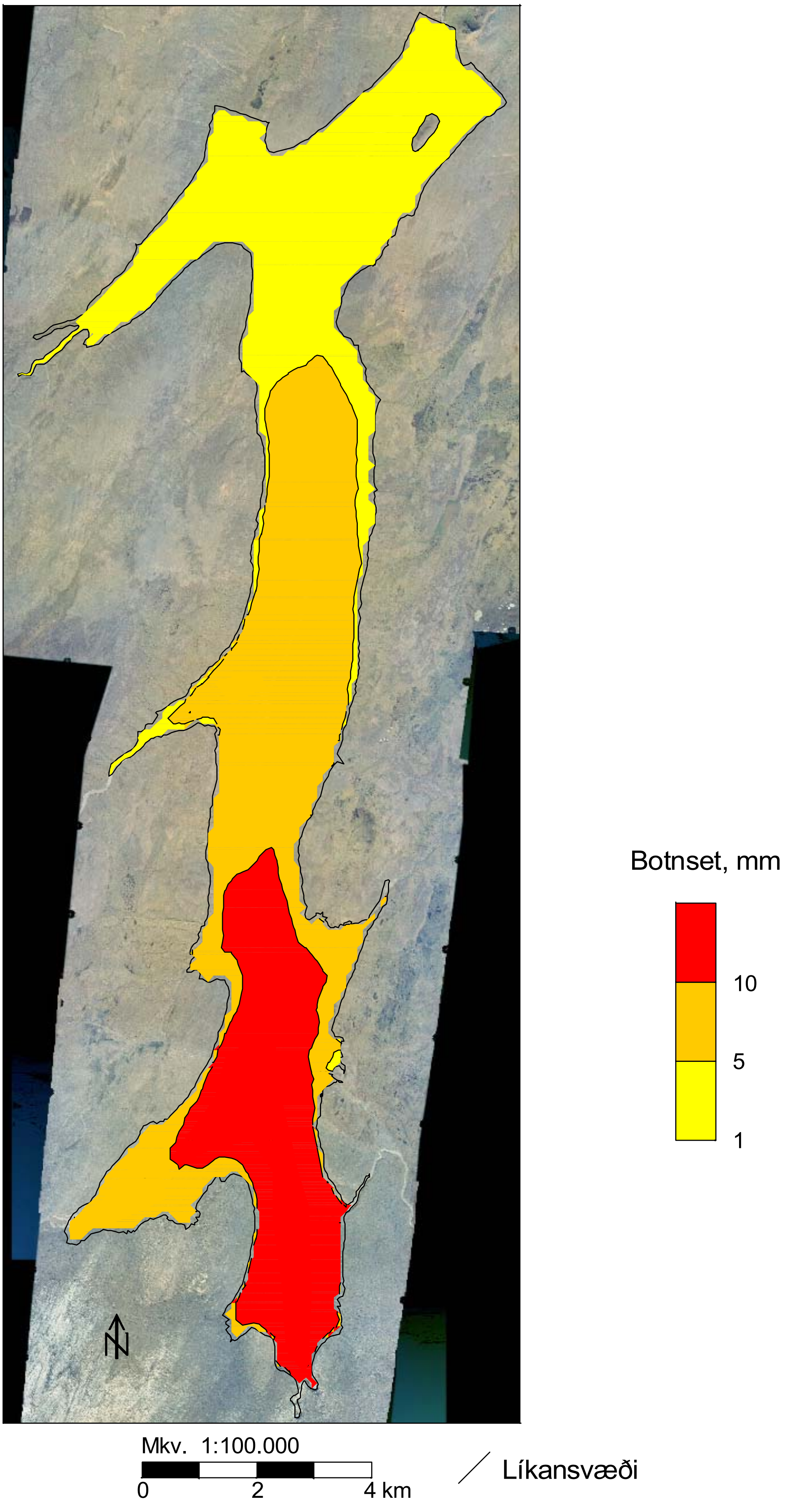
Mynd 35

Botnset eftir 1 ár - Méla 1
1.9.1980 - 1.9.1981



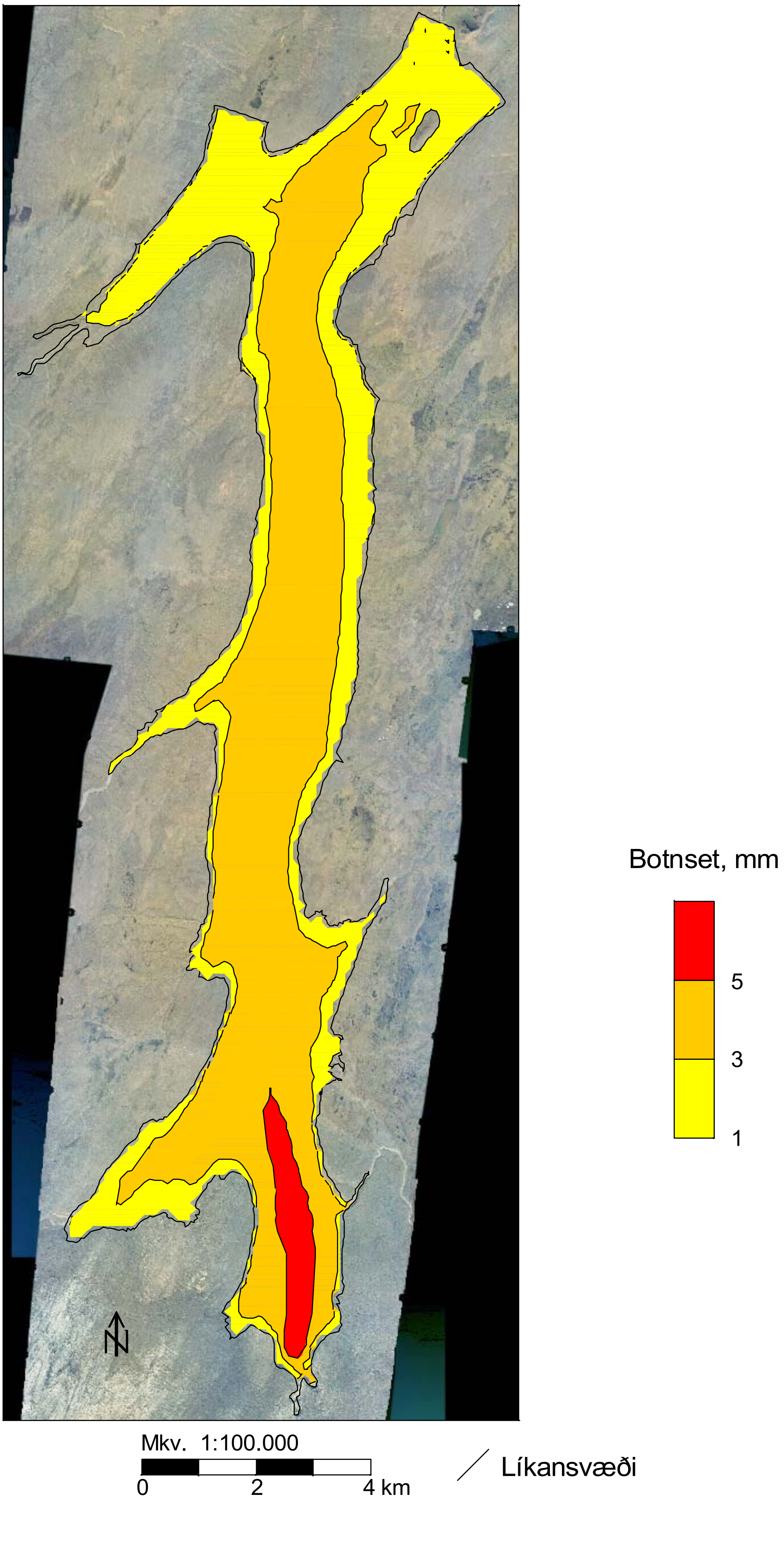
Mynd 36

Botnset eftir 1 ár - Méla 2
1.9.1980 - 1.9.1981



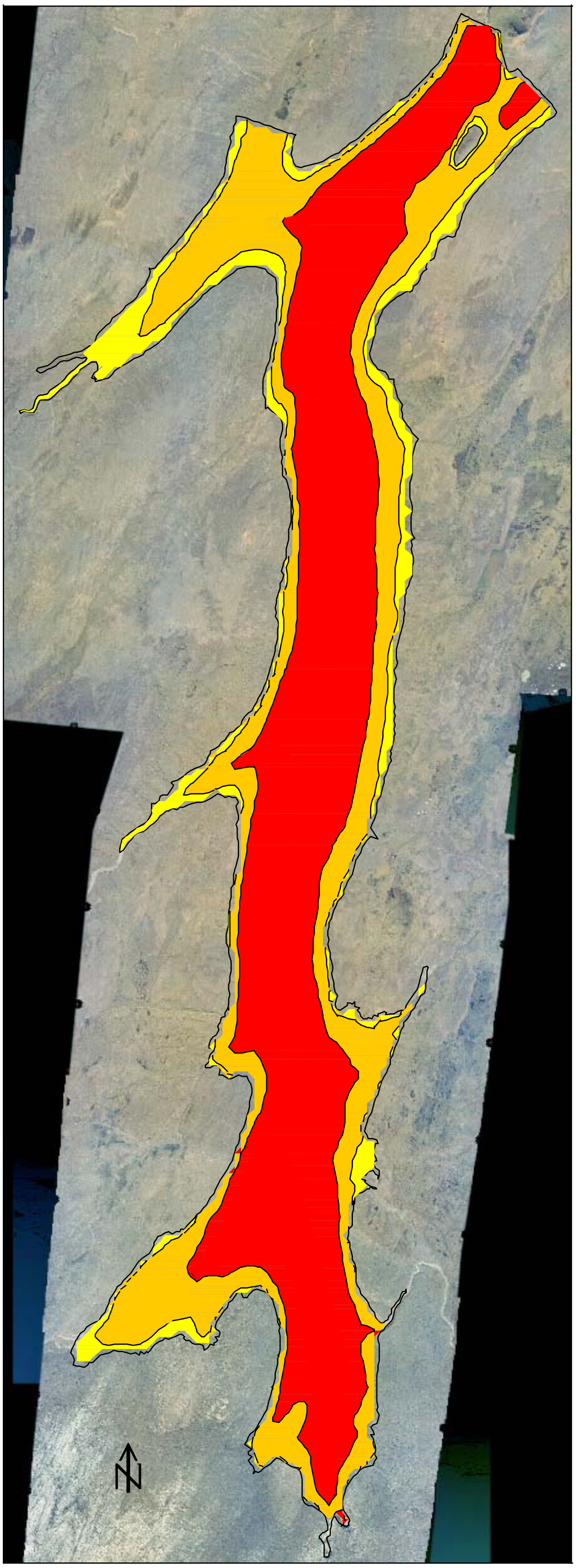
Mynd 37

Botnset eftir 1 ár - Méla 3
1.9.1980 - 1.9.1981



Mynd 38

Botnset eftir 1 ár - Leir 1
1.9.1980 - 1.9.1981



Botnset, mm

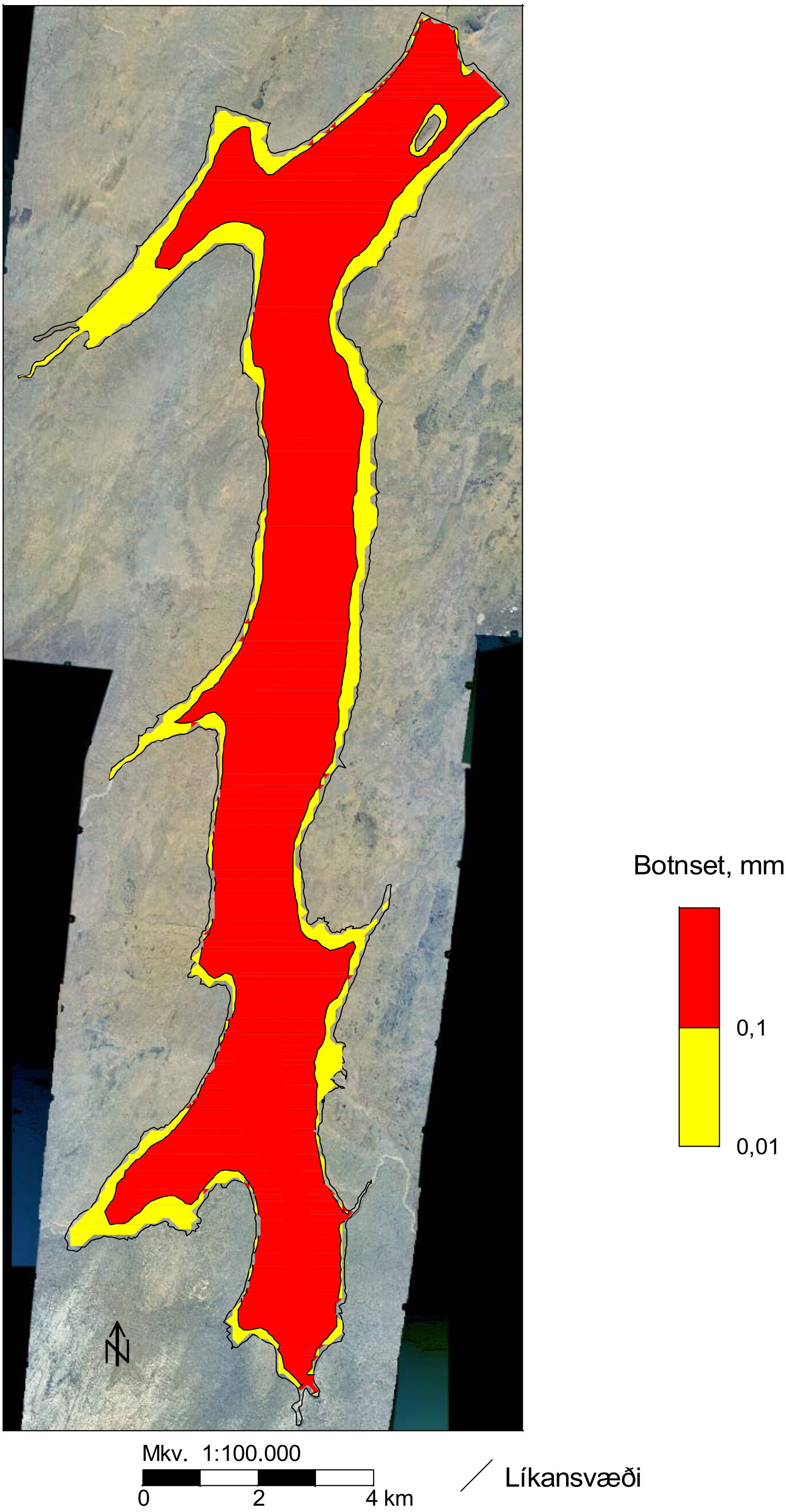
1
0,5
0,1

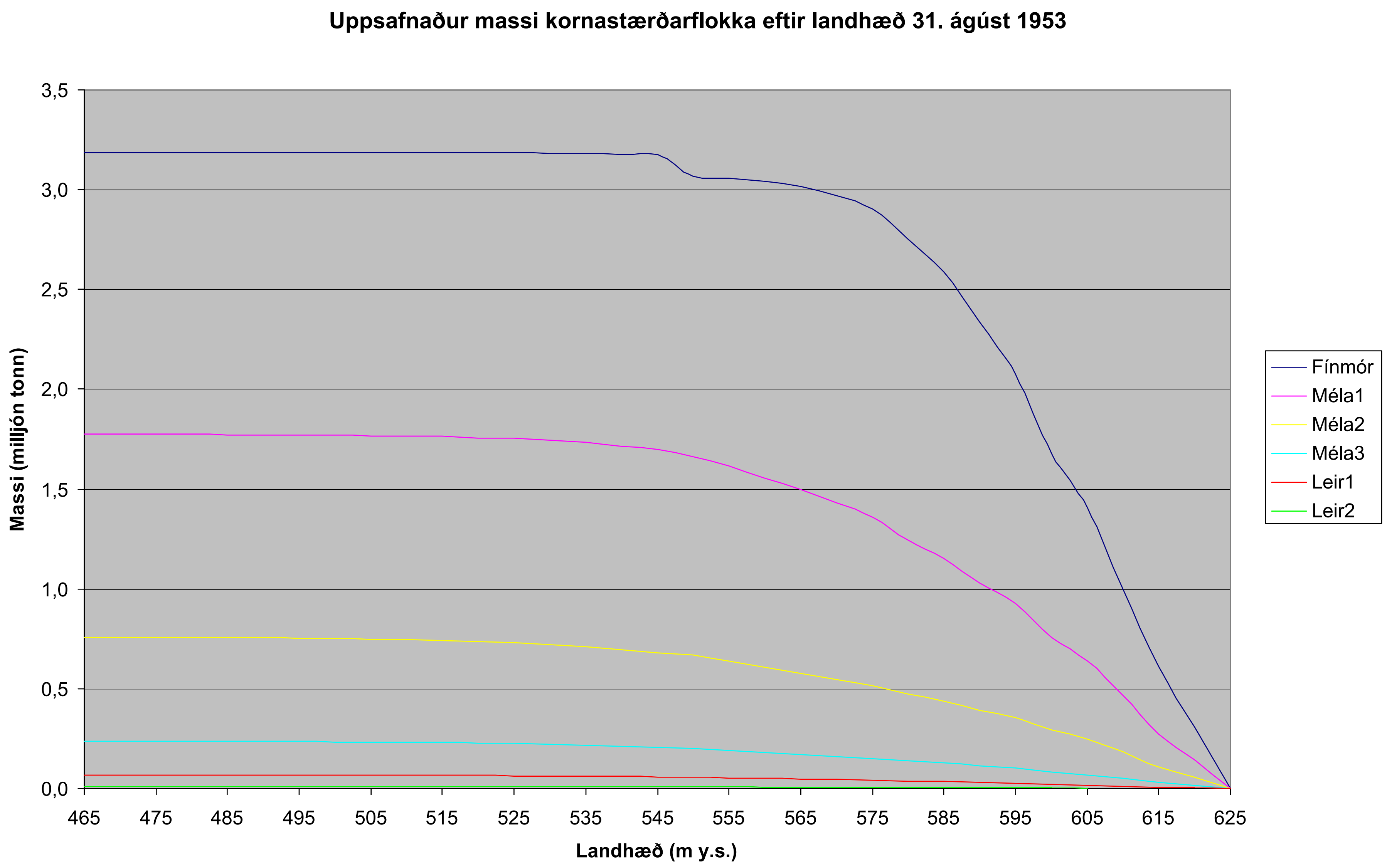
Mkv. 1:100.000
0 2 4 km

Líkansvæði

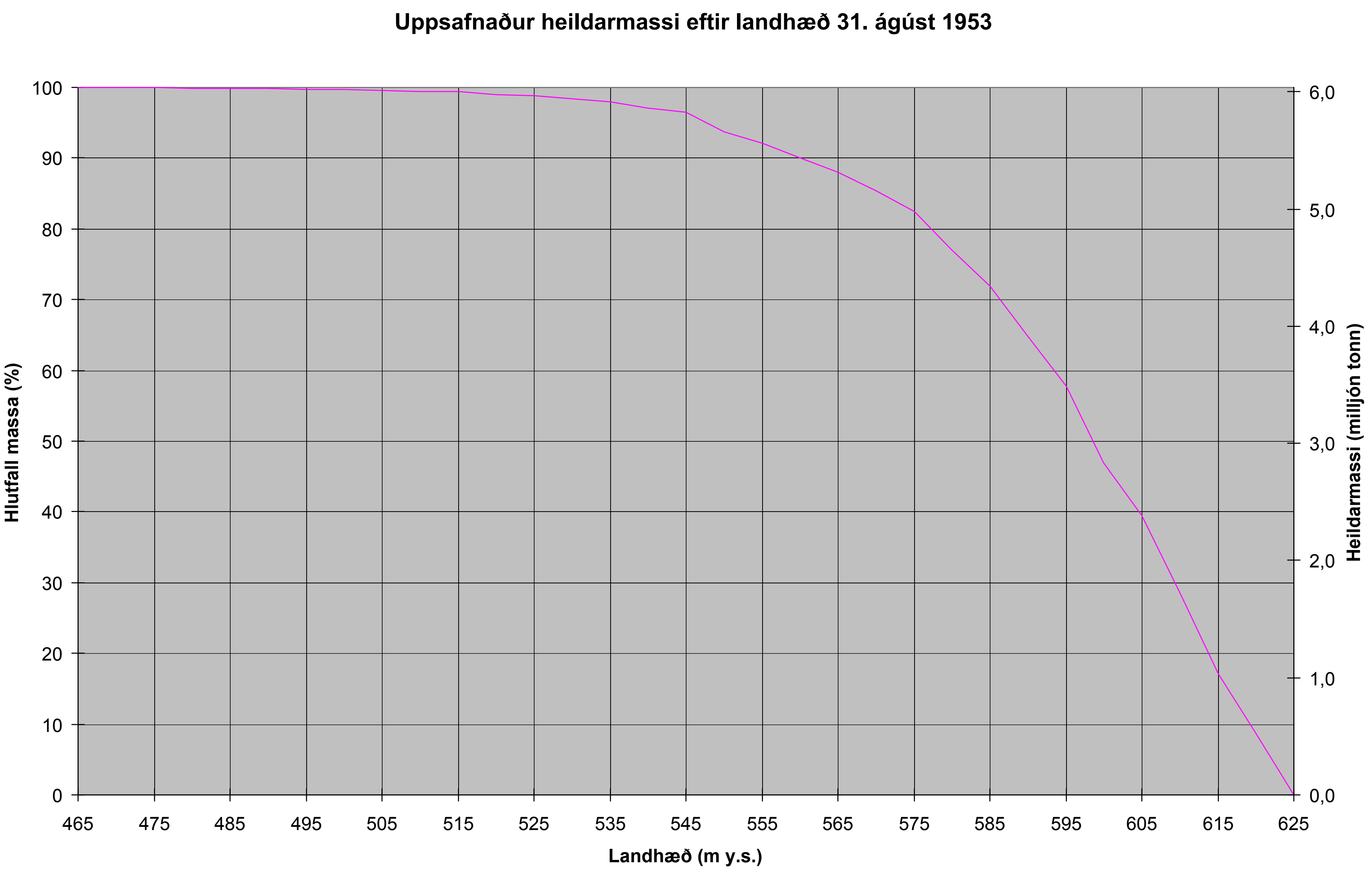
Mynd 39

Botnset eftir 1 ár - Leir 2
1.9.1980 - 1.9.1981

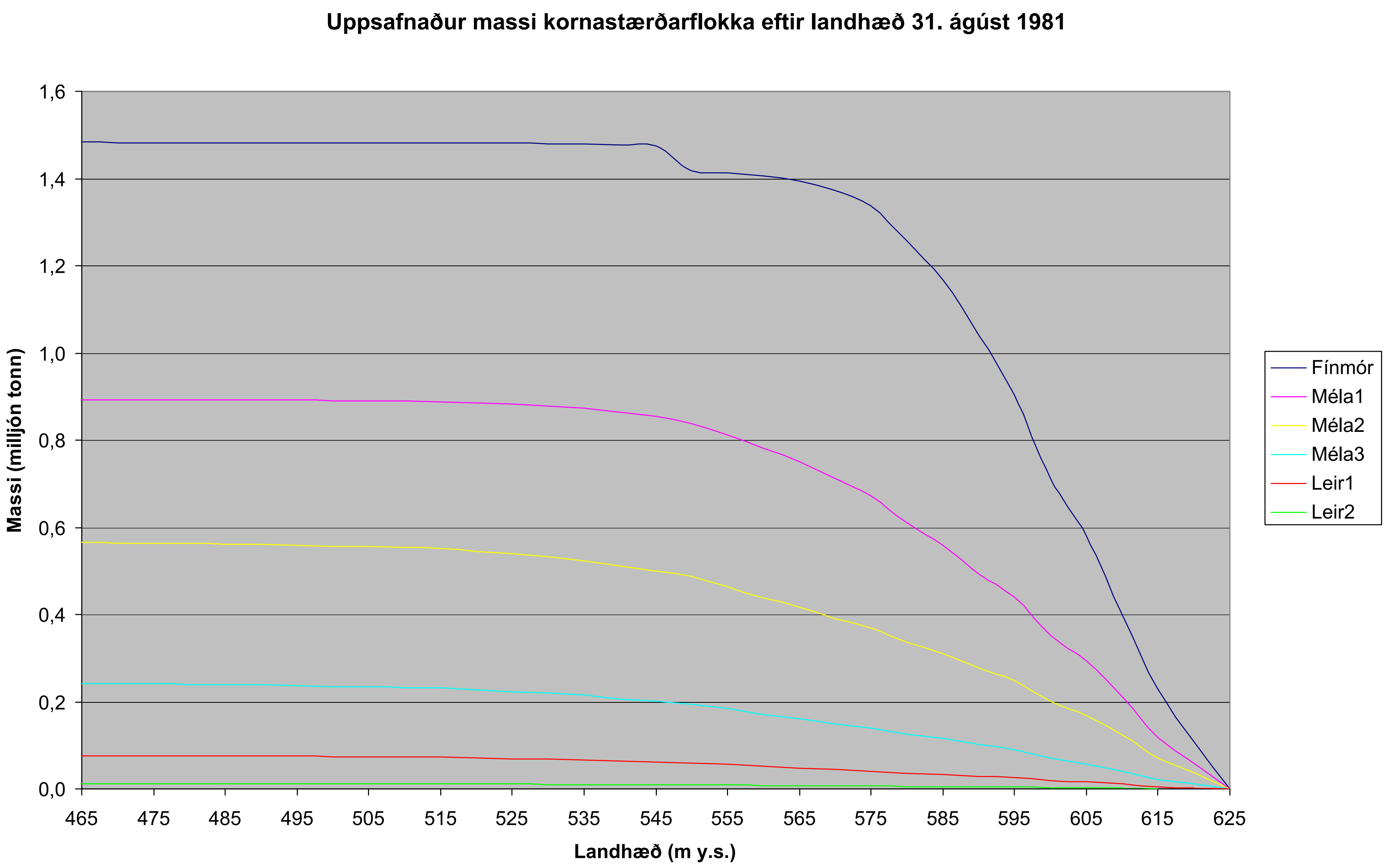



Uppsafnaður massi kornastærðarflokka eftir landhæð 31. ágúst 1953
Massi (milljón tonn)
3,5
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
465
475
485
495
505
515
525
535
545
555
565
575
585
595
605
615
625
Landhæð (m y.s.)
Fínmór
Méla1
Méla2
Méla3
Leir1
Leir2

Mynd 41


Uppsafnaður heildarmassi eftir landhæð 31. ágúst 1953
Hlutfall massa (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Heildarmassi (milljón tonn)
6,0
5,0
4,0
3,0
2,0
1,0
0,0
465
475
485
495
505
515
525
535
545
555
565
575
585
595
605
615
625
Landhæð (m y.s.)

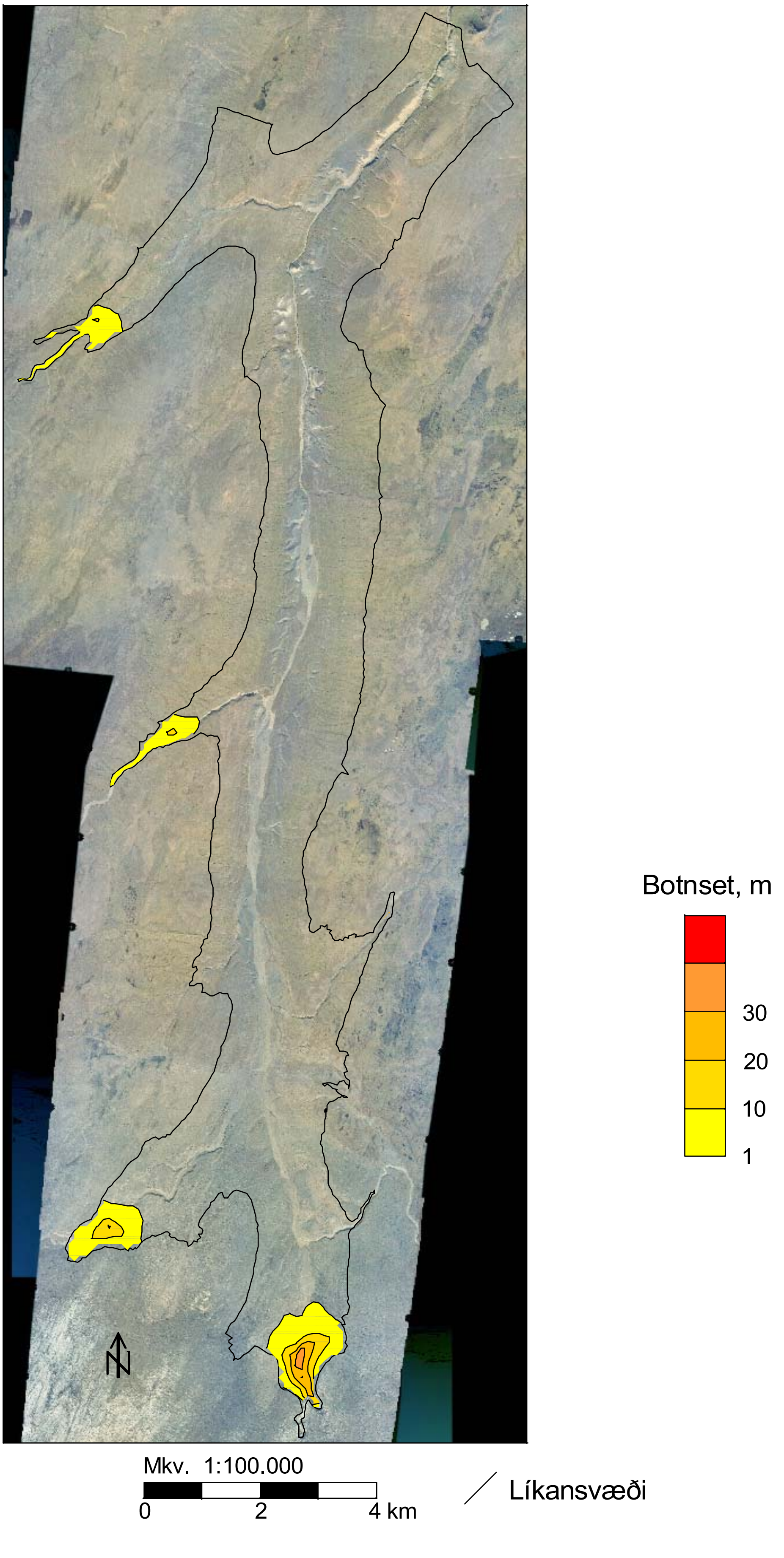
Mynd 42


Uppsafnaður massi kornastærðarflokka eftir landhæð 31. ágúst 1981
Massi (milljón tonn)
1,6
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
465
475
485
495
505
515
525
535
545
555
565
575
585
595
605
615
625
Landhæð (m y.s.)
Fínmór
Méla1
Méla2
Méla3
Leir1
Leir2

Uppsafnaður heildarmassi eftir landhæð 31. ágúst 1981
Hlutfall massa (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Heildarmassi (milljón tonn)
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
465 475 485 495 505 515 525 535 545 555 565 575 585 595 605 615 625
Landhæð (m y.s.)

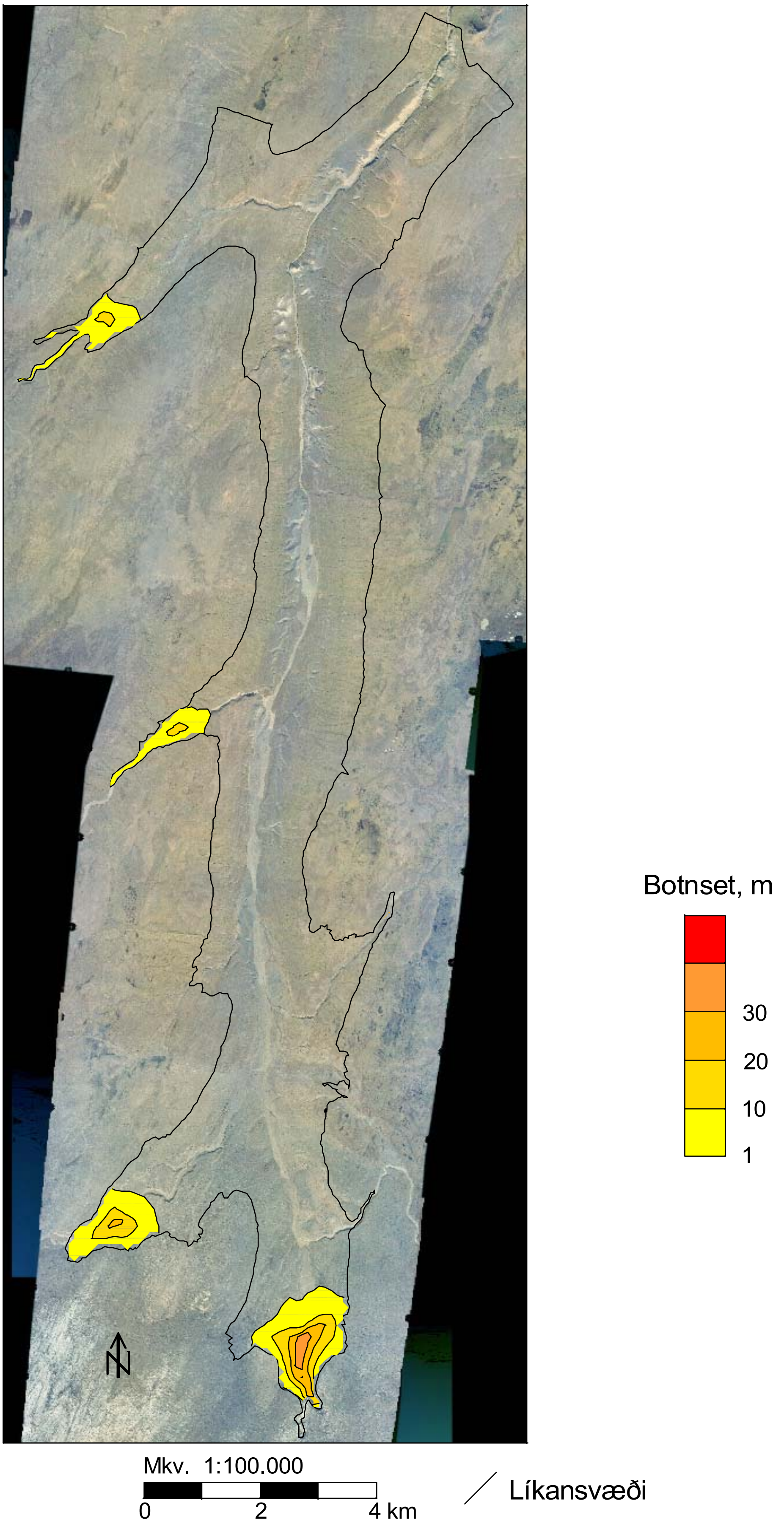
Mynd 44

Grófefni - botnset eftir 5 ár



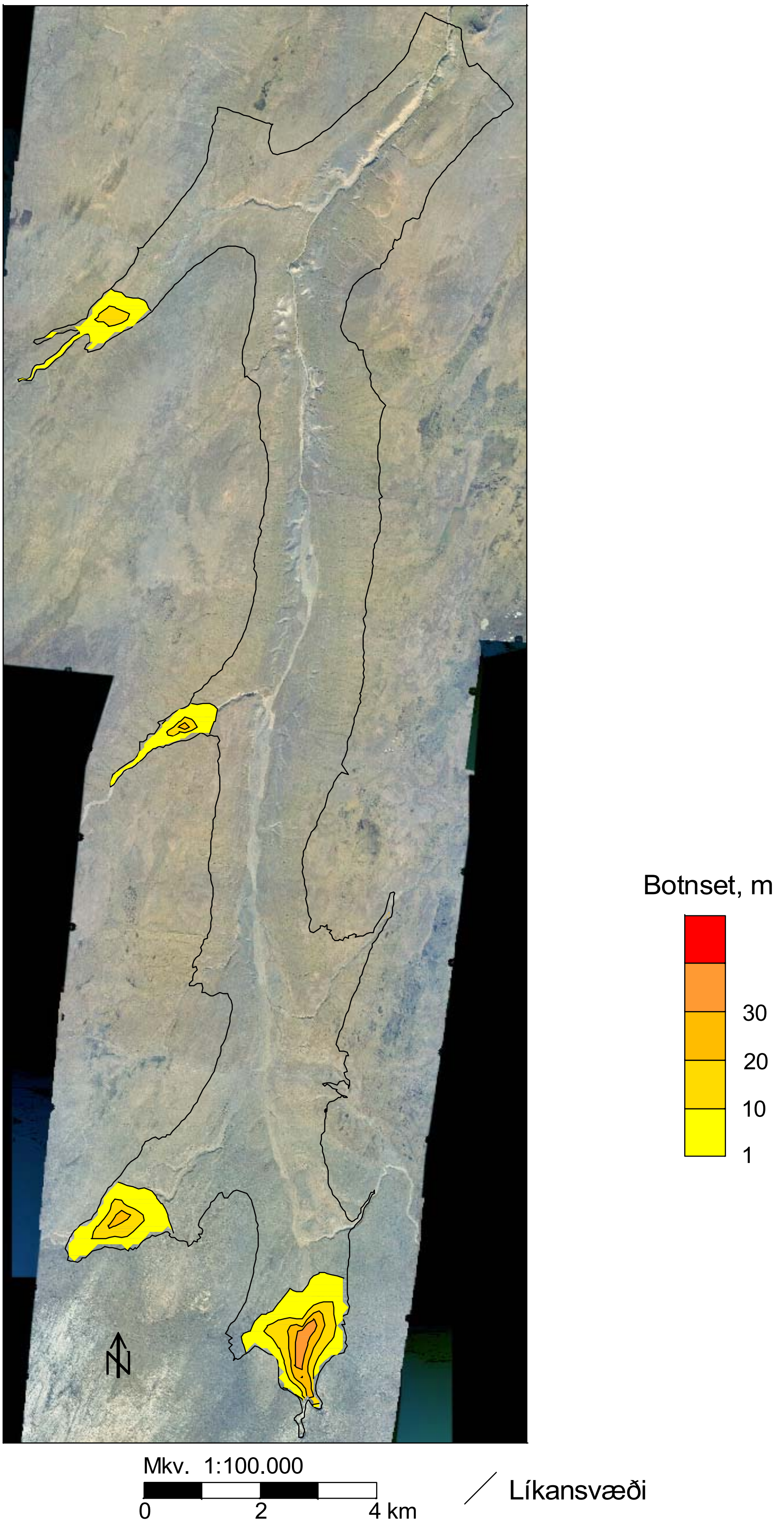
Mynd 45

Grófefni - botnset eftir 10 ár



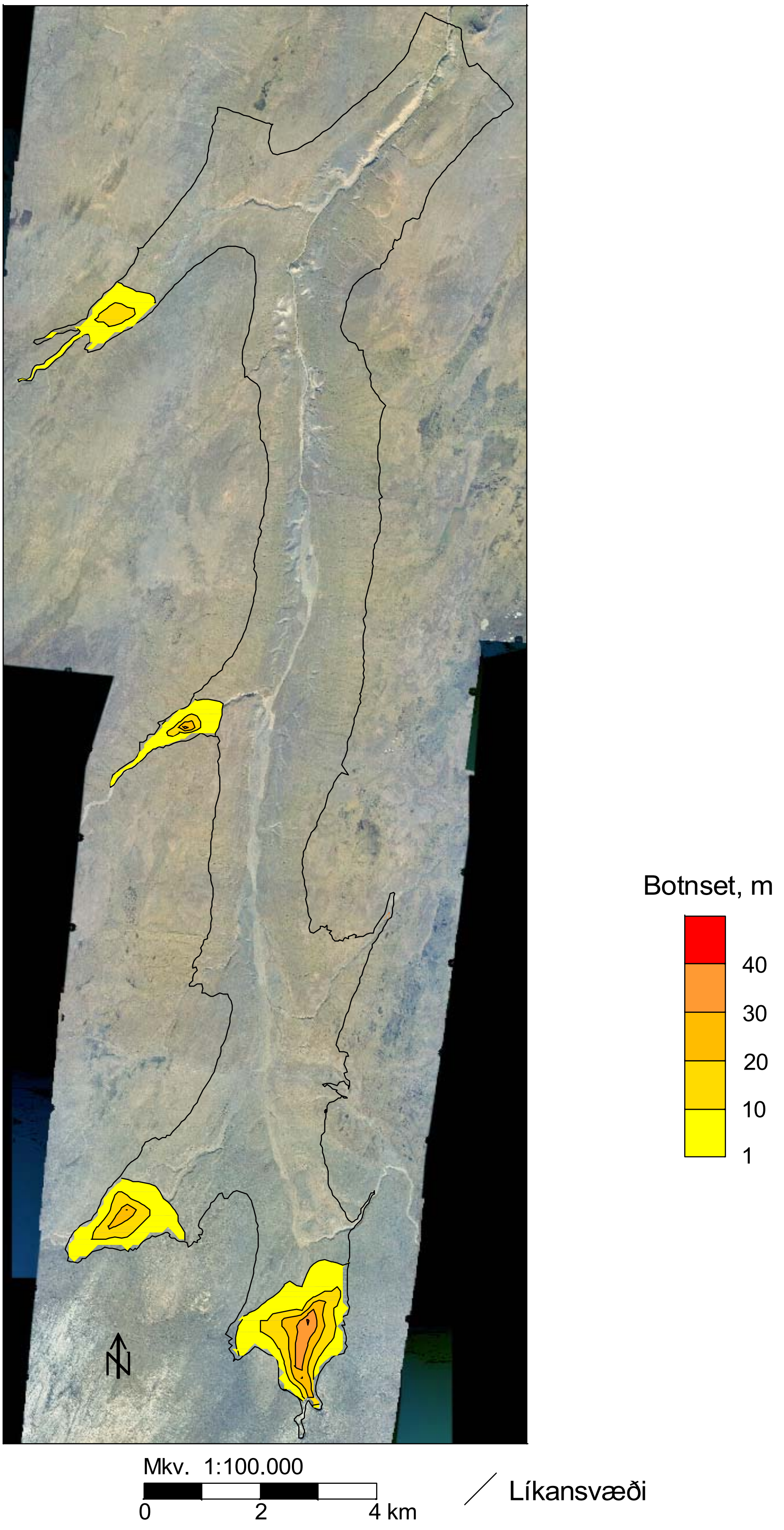
Mynd 46

Grófefni - botnset eftir 15 ár



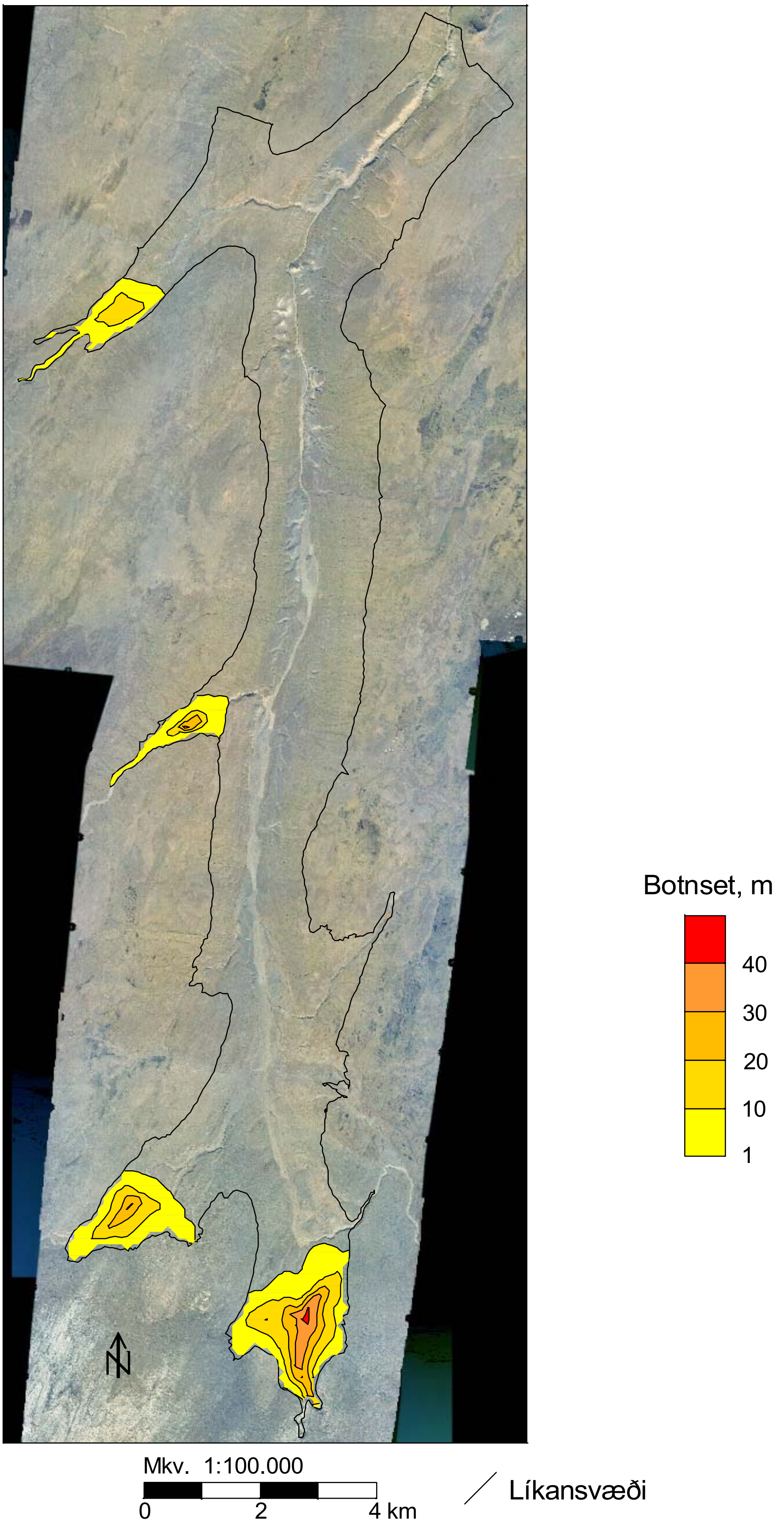
Mynd 47

Grófefni - botnset eftir 20 ár



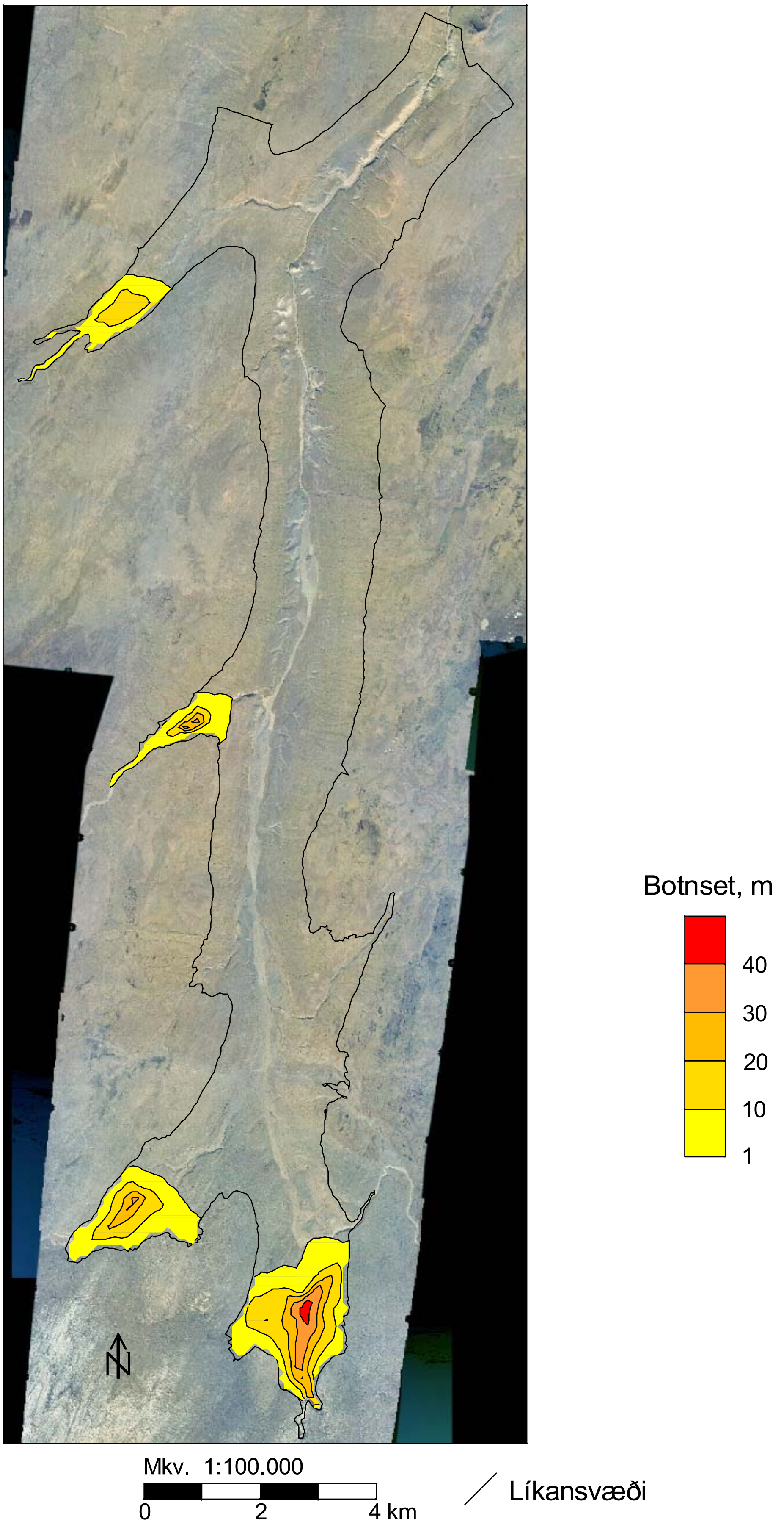
Mynd 48

Grófefni - botnset eftir 25 ár



Mynd 49

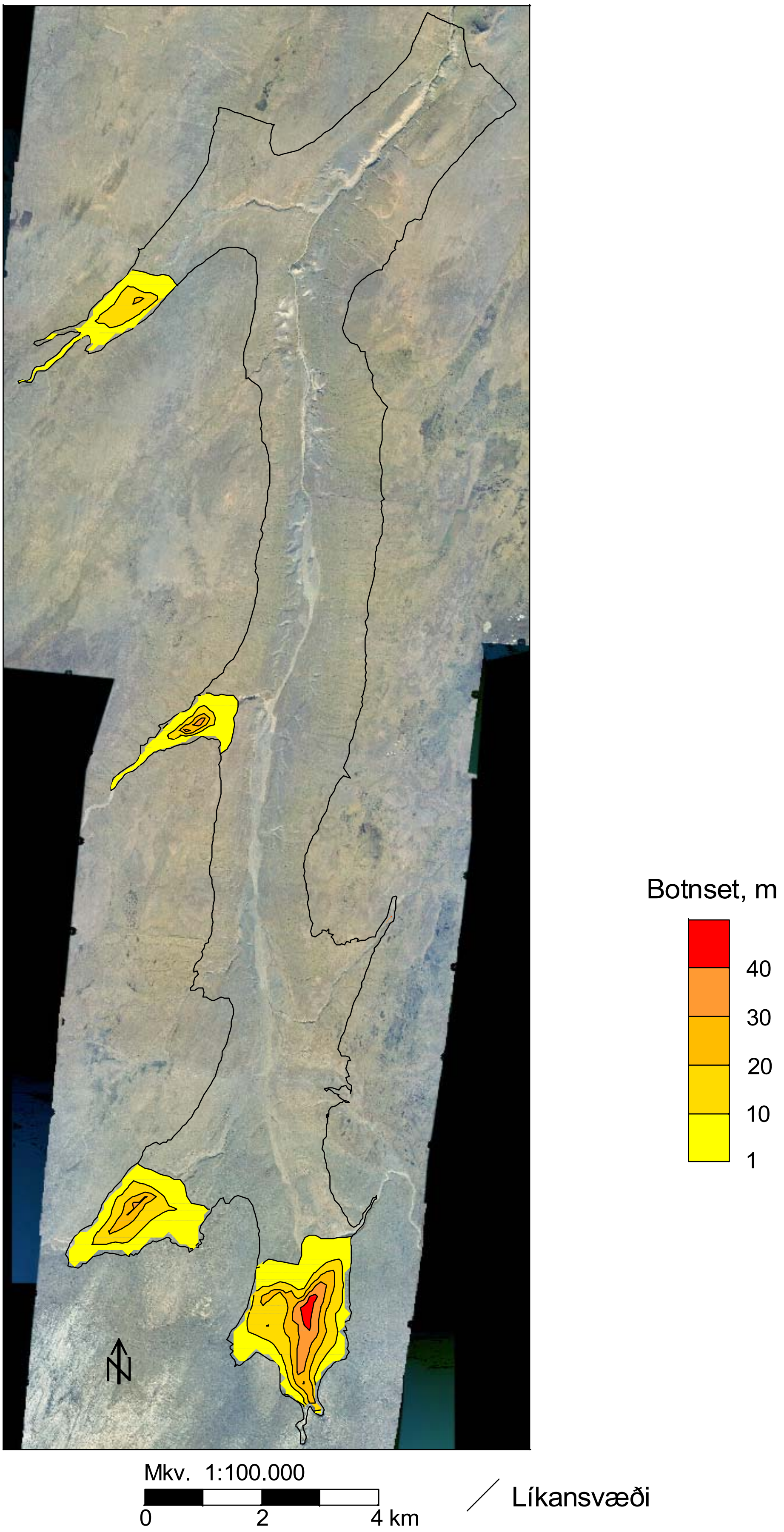
Grófefni - botnset eftir 30 ár



Mynd 50

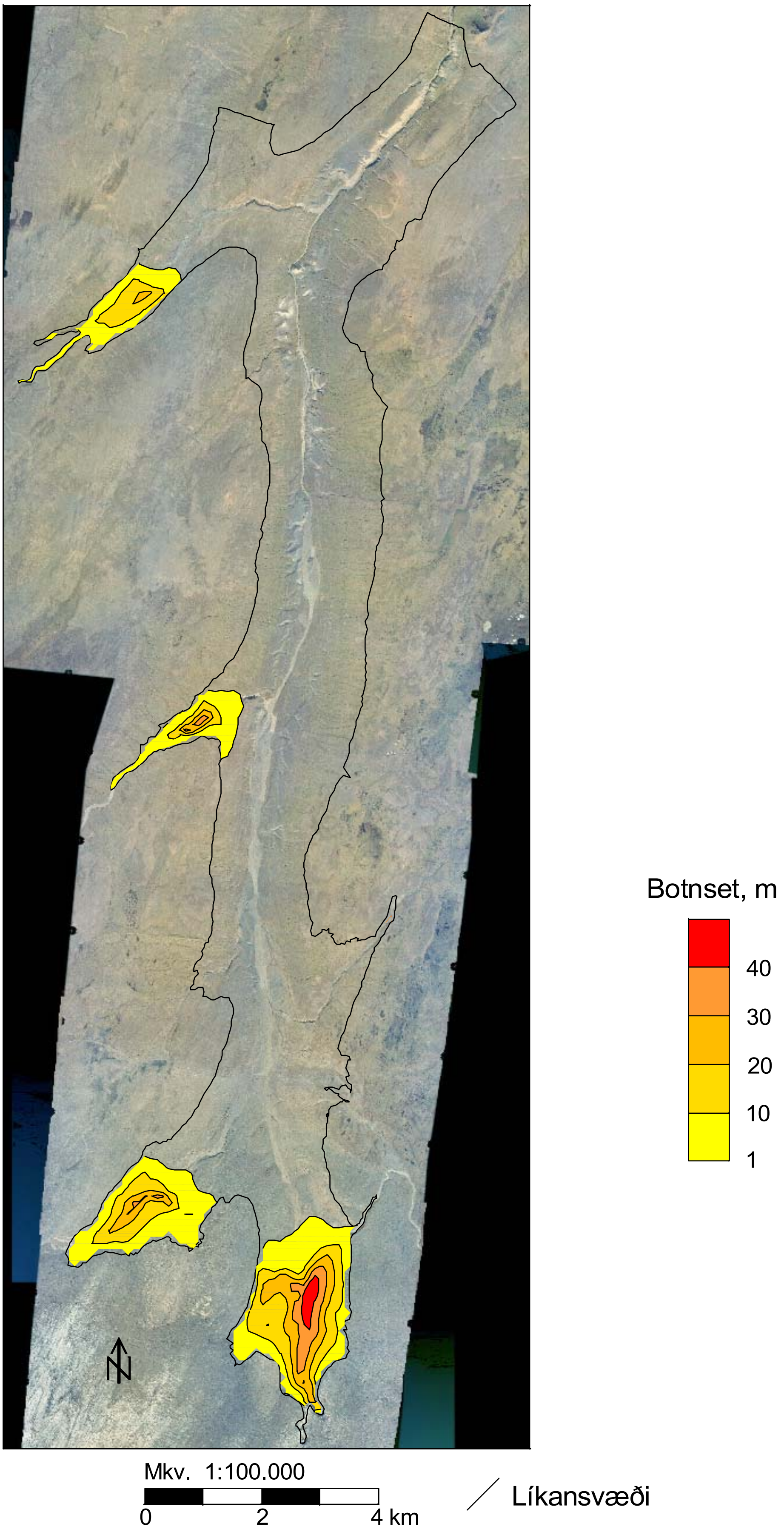
VATNASKIL HÁLSLÓN LANDSVIRKJUN

Grófefni - botnset eftir 35 ár



Mynd 51

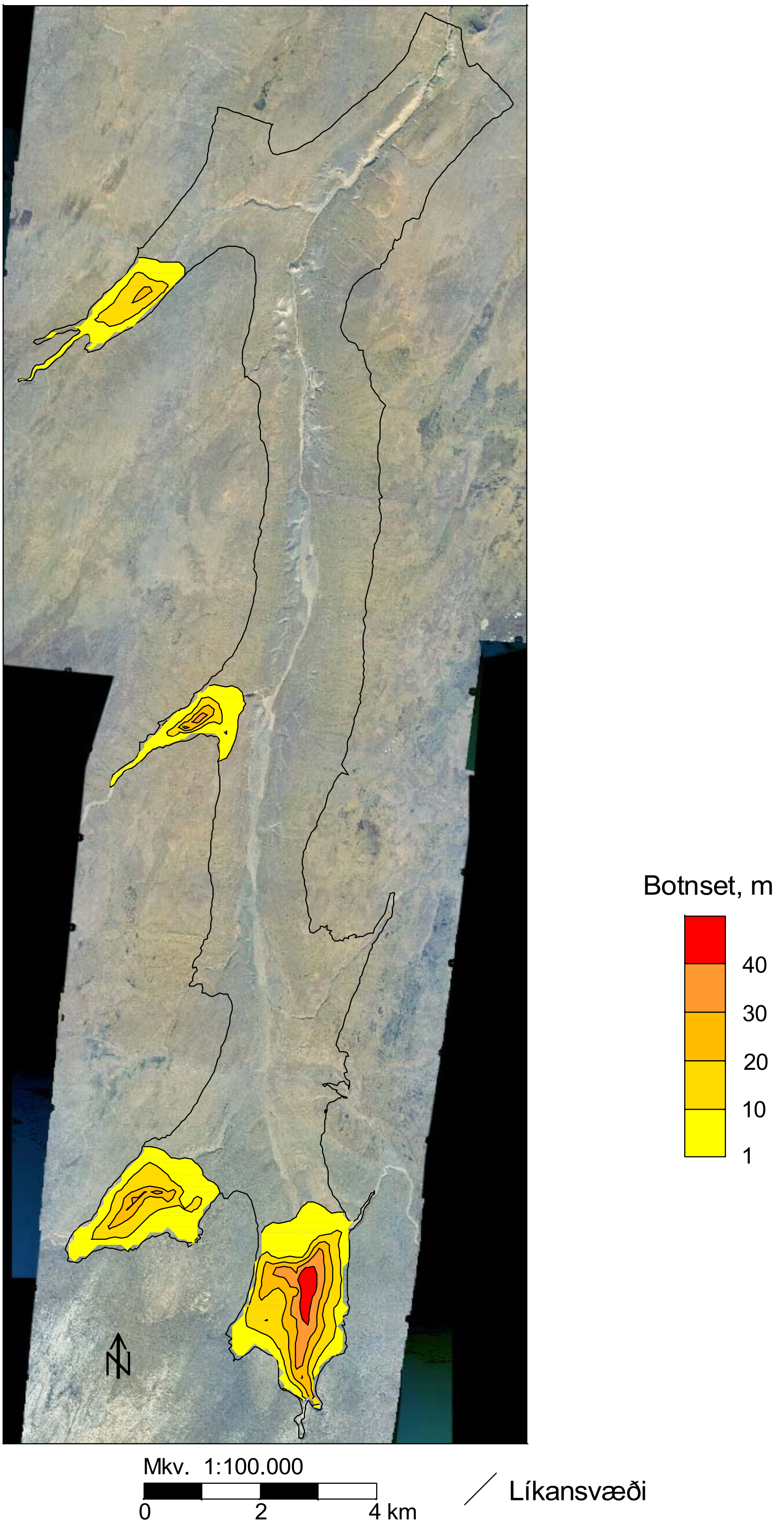
Grófefni - botnset eftir 40 ár



Mynd 52

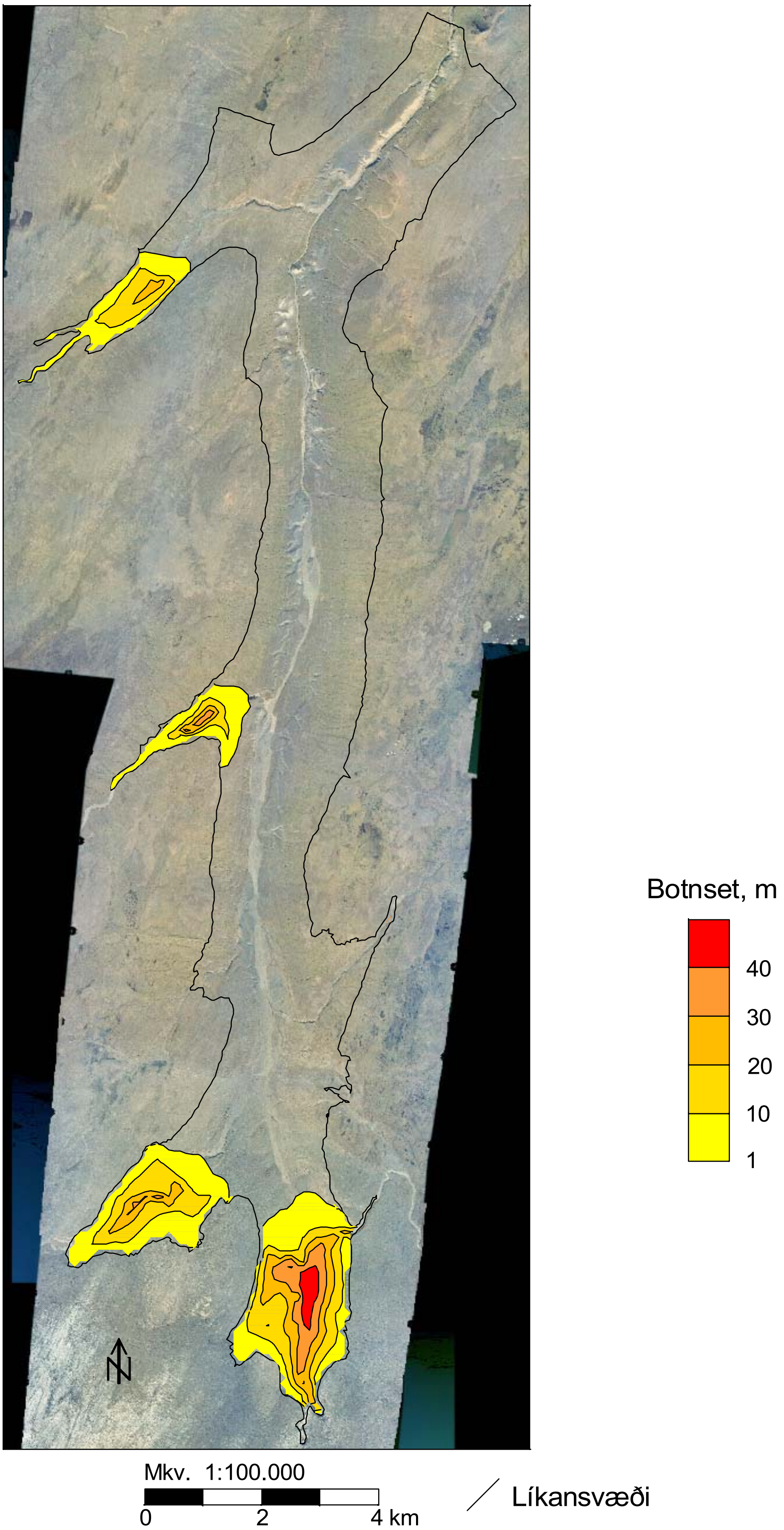
VATNASKIL HÁLSLÓN LANDSVIRKJUN

Grófefni - botnset eftir 45 ár



Mynd 53

Grófefni - botnset eftir 50 ár



Mynd 54