



ORKUSTOFNUN
RAFORKJUDING

ÚTLÁN
Bókasafn Orkustofnunar

VESTFJARÐAVIRKJANIR VATNSFJARÐARVIRKJUN

BYGGINGAREFNI OG JARÐFRÆÐI

SVETINN ÞORGRÍMSSON
ODDUR SIGURDSSON

OS 1100 7/15

MAI

V E S T F J A R ð A V I R K J A N I R

VATNSFJARÐARVIRKJUN

Byggingarefni og jarðfræði

eftir

Svein Þorgrímsson og

Odd Sigurðsson

E F N I S Y F I R L I T

	Bls.
Efnisyfirlit	i
Töflulisti	ii
Myndalisti	iii
FORMÁLI	1
1. JARÐFRÆÐI VATNSDALS OG JARÐGANGALEIÐIR	
1.1 Jarðlögin	2
1.2 Sprungur og gangar	3
1.3 Stöðvarhús og tilheyrandi göng	4
1.4 Jarðgöng milli Kjálkavatns og Hólmavatns	5
1.5 Jarðgöng við Stóra-Eyjarvatn	6
2. STÍFLUSTÆÐI OG VEITULEIÐIR	
2.1 Jarðtæknileg atriði	7
2.2 Stíflustæði við Hólmavatn	9
2.3 Stíflustæði við Kjálkavatn	10
2.4 Stíflustæði við Krókóttavatn	12
2.5 Stíflustæði við Flókavatn	13
3. EFNI Í JARÐSTÍFLUR	
3.1 Kjarnaefni	15
3.2 Síuefni	16
3.3 Stoðfyllingar og grjótvarnarefni	17
3.4 Kornadreifing	17
3.5 Þjöppunar- og lektarpróf	19
3.6 Skerstyrkur	20
4. FYLLIEFNI Í STEINSTEYPU	
4.1 Prófsteypur	23
4.2 Veðrunarþol	24
4.3 Alkalivirkni	25

T Ö F L U R

1. Helstu jarðtæknilegir eiginleikar jarðvegs
2. Námur fyrir efni í jarðstíflur
3. Nokkrar magntölur
4. Niðurstöður prófa á kjarnaefni
5. Súlfatprófun

M Y N D I R

- 1 Staðsetningarkort
- 2 Jarðlagasnið úr Vatnsdal
- 3 Jarðlagasnið meðfram Austurá í Vatnsdal
- 4 Jarðlagasnið á gangaleiðum
- 5 Jarðlagasnið, stíflustæði við Hólmavatn og Kjálkavatn
- 6 Jarðlagasnið, stíflustæði við Flókavatn og Krókóttavatn
- 7 Rannsókn á kornastærðum, sýni 1,2 og 3
- 8 Rannsókn á kornastærðum, sýni 5,6,7 og 16
- 9 Rannsókn á kornastærðum, sýni 8,9 og 10
- 10 Rannsókn á kornastærðum, sýni 11,12,13 og 14
- 11 Rannsókn á kornastærðum, sýni 15 og 17
- 12 Rannsókn á kornastærðum, sýni 21,22 og 23
- 13 Kornadreifing síuefna og síumörk jökulruðnings (sýni 21)
- 14 Kornadreifing síuefna og síumörk jökulruðnings (sýni 22)
- 15 Votþökkun, kornastærðamörk
- 16 Tíðni og magn úrkomu og meðalhiti
- 17 Þjöppunar- og lektarpróf, sýni 21
- 18 Þjöppunar- og lektarpróf, sýni 22
- 19 Þjöppunar- og lektarpróf, sýni 23
- 20 Þríásapróf, UU-1
- 21 Þríásapróf, UU-2
- 22 Þríásapróf, UU-3
- 23 Þríásapróf, UU-4
- 24 Þríásapróf, UU-5
- 25 Þríásapróf, UU, hæstu skerspennuvektorar og Mohr hringir
- 26 Þríásapróf, UU, óafvatnaður skerstyrkur
- 27 Þríásapróf, CU-1 og CU-2
- 28 Þríásapróf, CU, hæstu skerspennuvektorar og Mohr hringir
- 29 Þríásapróf, CU, drenunarpróf

Myndir (frh.)

- 30 Fylliefni í steinsteypu, sýni VS-1, VS-2 og VS-7
- 31 Fylliefni í steinsteypu, sýni VS-4, VS-5 og VS-6
- 32 Fylliefni í steinsteypu, sýni VS-3 úr Kýrholti
- 33 Fylliefni í steinsteypu, sýni VS-8 úr Langholti
- 34 Brotstyrksprófun, prófblanda, sýni VS-3
- 35 Brotstyrksprófun, prófblanda, sýni VS-8
- 36 Þensla steinsteypu vegna alkalivirkni
- 37 Staðsetning efnisnáma, fylliefni í steinsteypu
- 38 Staðsetning efnisnáma, stífluefni
- 39 Jarðfræðikort (í vasa)

FORMÁLI

Í maí 1976 kom út skýrsla á vegum Orkustofnunar um Vatnsfjarðarvirkjun (OS ROD-7620), samin af Gunnlaugi Jóns-syni. Í þeirri skýrslu er fjallað um virkjunarmöguleika á Glámusvæðinu og gert lauslegt kostnaðaryfirlit fyrir virkjun ofan í Vatnsdal, en samkvæmt því virtist virkjunin geta orðið hagkvæm. Í júlí sama ár hófust síðan virkjunarrann-sóknir, sem beindust fyrst og fremst að jarðtæknilegum og jarðfræðilegum athugunum, sem vinna mátti án verulegs tilkostnaðar, en jafnframt var unnið að rennslismælingum og komið fyrir sírita í Vatnsdalsá. Megináhersla var lögð á byggingarefnisleit og rannsóknir á byggingarefnum, sem miðuðu að því að finna heppileg efni í jarðstíflur og fylliefni í steinsteypu. Byggingarefnarannsóknirnar fóru fram á Jarðtæknistofu Orkustofnunar og hjá Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins.

Þessir þættir virkjunarrannsóknanna voru í höndum Sveins Þorgrímssonar, sem einnig gerði jarðlagasnið af stíflustæðum og mat jarðtæknilega eiginleika þeirra. Gunnlaugur Jónsson sá um rennslismælingar og endurmat á fyrri hugmyndum um virkjunartilhögun, en Oddur Sigurðsson annaðist almenna jarðfræðikortlagningu og gerði jarðlagasnið af gangaleiðum.

Í þessari skýrslu er fjallað um niðurstöður byggingarefnis-rannsóknanna, um jarðfræði stíflustæða og gangaleiða og almenna jarðfræði svæðisins. Mynd 1 er staðsetningarkort af rannsóknarsvæðinu.

Á grundvelli rannsókna Orkustofnunar var Almennu verkfræði-stofunni falið að gera tvær kostnaðaráætlanir (frumáætlanir) fyrir orkuver með 6000 stunda nýtingartíma og fyrir topp-aflstöð með 47 MW uppsett afl. Niðurstöður þeirra, sem birtast í skýrslunni OS ROD-7710, eru þær helstar, að Vatns-fjarðarvirkjun sé hagkvæmasti virkjunarvalkosturinn á Glámu-svæðinu eftir tengingu Vestfjarða við samtengt raforkukerfi.

1. JARÐFRÆÐI VATNSDALIS OG JARÐGANGALEIÐIR

1.1 Jarðlög

Jarðlagastaflinn í innanverðum Vatnsdal er úr basalt hraunlögum og þunnum rauðum millilögum. Hann tilheyrir blágrýtismyndun Vestfjarða, sem er síðtertið að aldri. Aldursgreiningar eru engar til af svæðinu, en berg úr Surtarbráðgili við Brjánslæk hefur verið greint með K/Ar aðferð og reyndist um 15 milljón ára, en berg úr Breiðdalsheiði hefur mælst 16 milljón ára gamalt. Aldursmunur þessara tveggja staða er eflaust meiri en mælingarnar gefa til kynna, og Vatnsdalur lendir milli þeirra í tímaröð.

Berglagastaflinn, sem athugaður var, er um 700 m þykkur. Hann reyndist vera að mestu leyti rétt segulmagnaður, en þó voru þrjú til fjögur hraunlög rúmlega 100 m neðan frá í staflanum (í botni Vatnsdals) öfugt segulmögnum (sjá kort og mynd nr. 2). Ekki verður gerð tilraun til þess hér að færa segulmælingar heim og saman við þekkt segulskeið.

Ummyndun bergs er lítil í innanverðum Vatnsdal og næsta lítið um holufyllingar. Aðeins vottar fyrir skán af kabasíti í holum. Berg er yfirleitt mjög ferskt með skörpum köntum og að meiri hluta þóleitt, en ólivínríkt berg myndar oft ávalar brúnir við veðrun. Holufyllingar verða meira áberandi eftir því sem sunnar dregur í dalnum. Í Lambagili við austanvert Vatnsdalsvatn er mikið um holufyllingar úr kabasíti, thomsoníti og apófyllíti og fer vaxandi allar götur suður með Vatnsfirði.

Millilög eru flest af hinni venjulegu rauðu gerð, sem ein-kennir tertíera blágrýtisstaflann hér á landi. Heyrir til undantekninga, að rauðu millilögum nái eins metra þykkt, að svo miklu leyti sem séð verður á virkjunarsvæðinu. Setlög eru nokkuð víða á Vestfjörðum, og eru þau þá oft í þykkum syrpum, svo sem við Brjánslæk og í Kerlingarfirði. Engin slík setlög er að finna í Vatnsdal, en í Lambagili er nokkurra m þykkt

setlag úr mjög grófu og lítt sorteruðu efni, sem hefur takmarkaða útbreiðslu. Steingervingar í millilögum eru mjög sjaldséðir, enda eru lögin oftast of grófkornótt til þess að varðveita þá. Hins vegar eru főr eftir trjáboli ákaflega algeng í hraunlögnum, mörg með fallegum förum eftir börk, holaða stofna eða geislandi og hringlægar sprungur í trjábolum.

1.2 Sprungur og gangar

Allt berg í nágrenni Vatnsdals er ákaflega sprungið, en þó virðist sprungum eitthvað fækka til norðurs, sbr. mynd 39, jarðfræðikort (í vasa). Við Vatnsdal austanverðan liggja sprungur aðallega í A-V og N-S, eða svo til hornrétt hver á aðra, sem er fremur óvenjulegt. Norður af Vatnsdal stefna sprungur nærri N15°A og einnig í ANA, sem er nokkuð nálægt strikstefnu jarðlaga. Viðast hvar gefur að sjá sprungur, sem stefna öðruvísi en ofan er nefnt, en þær eru hvorki eins margar né eins áberandi.

Fátt virðist benda til, að sprungur séu lekar í nágrenni Vatnsdals neðan veðrunaráhrifa (2-3 m), enda skerast þær í gegnum öll meiri háttar vötn á svæðinu, án þess að valda vatnstapi, að séð verður. Lindir eru sárafáar, en þó ein allvatnsmikil í vesturhlið Vatnsdals skammt norðan Stóragils. Er það kaldavermsl í beinum tengslum við mikinn berggang, sem skásker dalinn. Lektarmælingar í borholum við Mjólk-árvirkjun benda til, að leki geti verið mikill, en ekki er víst, að svæðin séu að öllu leyti sambærileg.

Berggangar eru margir á svæðinu og áberandi. Ekki virðast þeir fylgja neinni meginstefnu í Vatnsdal og liggja í allar áttir, að því er virðist. Þeir eru frá 0,5 m og allt upp í 6 m þykkir, sumir samsettir út tveim eða fleiri berggerðum. Alla jafna eru þeir grófkornóttari og dekkri en hraunlögin. Flestir standast þeir veðrun betur en grunnbergið, en þó er lag á mótum gangs og grunnbergs, sem er miklu veikast fyrir.

Fjöldinn af sprungunum er eflaust misgenginn, en það er ekki alls staðar auðgreint á hvern veg, og hefur það því verið látið liggja milli hluta víðast hvar. Þó hafa verið sett á kortið tvö meiri háttar misgengi til samræmingar á segulmælingum og jarðlagahalla en stærð missigsins er ekki nákvæmlega mæld.

1.3 Stöðvarhús og tilheyrandi göng

Í einni tillögu um virkjunarfyrirkomulag er gert ráð fyrir þrýstigöngum frá stíflunni við Hólmavatn með halla 1:1 að stöðvarhúsi í 33 m y.s. Þaðan er göngunum ætlað að liggja út í Vatnsdal við mynni Austurár í 29 m y.s. Aðkomugöng eiga að liggja inn í fjallið nokkru innar í dalnum í 115 m y.s., og liggja þau þess vegna ekki í því sniði, sem er á mynd nr. 3.

Frárennslisgöngin, sem verða um 4 km á lengd, liggja í ANA, og því nánast í strikstefnu jarðlaganna. Væri því e.t.v. hægt að láta göngin fylgja ákveðnum hraunlögum langan kafla leiðarinnar. Mjög erfitt er að spá um, hversu langt inn í fjallið jarðlagastaflinn helst lítt breyttur frá því, sem sjá má í hliðum, fyrr en boraðar hafa verið kjarnaholur á gangaleiðinni. Öll eru hraunlögin úr basalti og að meiri hluta þóleit. Mörg klofna áberandi eftir láréttum flötum. Millilögin eru flest örþunn, eða innan við 0,5 m. Holufyllingar eru mjög takmarkaðar, en þó vottar aðeins fyrir þeim á stöku stað.

Berggangar verða eflaust nokkrir á leið ganganna, og þarf að aðgæta, hvort fletirnir utan með þeim séu svo veikir, að þá þurfi að styrkja. Minni ástæða er til að óttast sprungur og misgengi, því þau eru næsta vatnspétt og ekki mikil hætta á hruni úr þeim.

Þrýstivatnsgöngin verða með um 45° halla og því um 600 m löng. Liggja þau gegnum 40-50 hraunlög og jafnmörg millilög, sem flest eru innan við 0,5 m þykk. Millilögin eru alltaf eitthvað veikari fyrir en hraunið, en ekki er víst að þau

þurfi styrkingar við. Ef til vill má haga göngunum þannig, að þau skerist ekki í gegnum sprungur eða bergganga, sem eru að sjálfsögðu ávallt viðkvæmari en heilt berg.

Aðkomugöngin, sem má áætla 3,5 km löng, verða líklega með mjög svipuðum halla og jarðlöggin, og gildir því nánast það sama um þau og frárennslisgöngin.

Ef meta á gerð bergs með tilliti til vinnslueiginleika með jarðgangaborvélum, má skipta því í þrennt: Þétt, heillegt basalt; blöðrótt og/eða sprungið basalt; millilög. Miðað er við harðasta berg í þversniði hverju sinni. Í láréttu göngunum (eða því sem næst láréttu), frárennslis-, aðkomu- og veitugöngum, eru um það bil 70% þétt og heillegt basalt og 30% blöðrótt basalt. Í þrýstivatnsgöngunum má gera ráð fyrir, að um 50% séu þétt og heillegt basalt, 45% blöðrótt basalt og 5% millilög.

1.4 Jarðgöng milli Kjálkavatns og Hólmavatns

Yfirborð Kjálkavatns er í 510 m y.s., en dýpi þess er óþekkt og því e.t.v. erfitt að ákveða heppilegustu hæð fyrir göngin þeim megin. Þó hefur verið gert ráð fyrir, að þau opnast í 493 m y.s. og liggi með 1°/100 halla vestur að Hólmavatni (sjá mynd nr. 4). Hér liggja göngin undir 30° horni á strikstefnu jarðlaga og hallar auk þess nokkuð á móti. Ganga þau því sennilegagægnum ein 10 basaltlög og jafnmörg millilög. Ekki er hægt að segja með neinni vissu, hvaða lögum göngin munu fylgja, nema örstuttan spöl Hólmavatnsmegin. Göngin verða um 2000 m löng og um 70 m langur skurður að vestan.

Sprungur eru fáar áberandi á gangaleiðinni, nema ein nálægt gangamunnum við Hólmavatn, og veit sú í N-S. Veldur hún væntanlega litlum erfiðleikum, því göngin eru þar ofan jarðvatnsborðs, og bergið er væntanlega stöðugt og þétt, þrátt fyrir sprungurnar.

1.5 Jarðgöng við Stóra-Eyjarvatn

Áætlað er, að göngin liggi í um 550 m y.s. úr Stóra-Eyjarvatni að vestustu bugðu Vatnsdalsár norðan Flókavatns (sjá kort). Verða þau um 1570 m löng og tæpl. 100 m langur skurður til hvors enda, allt að 7 m djúpur (sjá mynd nr. 4). Mestallt berg við Stóra-Eyjarvatn er basalt blágrýtislög, vel þétt með þunnum, þéttum og hörðnuðum millilögum. Halli jarðlaganna er um 4° til SA. Þar sem stefna ganganna viku aðeins um 15° frá strikstefnu jarðlaganna liggur gangaleiðin um örfá hraunlög og auk þess hallar göngunum 1°/oo með jarðlagahallanum.

Að vestan er gangaopið á um 20 m dýpi í vatninu, og auk þess liggur hjarnskafli í hliðinni upp af vatninu, svo að erfitt er að geta sér til um, í hvaða lagi göngin lenda þeim megin, en að austan liggja þau góðan spöl (e.t.v. allt að 600 m) í plagioklas dílóttu þóleít basalti, sem hefur sterka lárétta kleyfni.

Tvær sprungur eru sjáanlegar, sem liggja þvert á göngin; önnur um 300 m frá eystri gangaopinu, en hin um 700 m. Þótt þær kunni að vera í gangaleið undir jarðvatnsborði, er sennilegt, að þær séu alveg þéttar, eins og flestar sprungur á svæðinu, og ættur þær ekki að spilla neinu um framkvæmdir.

2. STÍFLUSTÆÐI OG VEITULEIÐIR

2.1 Jarótæknileg atriði

Berggrunnur rannsóknarsvæðisins er gerður að langmestu leyti úr tertíerum blágrýtislögum, sem flest eru 6-10 m þykk. Efsti og neðsti hluti hvers berglags er gjallkenndur, og er þykkt gjallsins hér oftast um 0,5 m. Ekki eru glögg skil á milli gjallsins og meginhluta bergsins, heldur verður gjallið að stórbliðróttu bergi, sem þéttist fljótt í þétt heillegt basalt. Oft er þykkt bliðrótta bergsins álíka mikil og þykkt gjallsins, en það er alls ekki regla, og getur allt að helmingur bergsins verið stórbliðróttur, en gjallið örþunnt. Þunna gjallið bendir til, að hraunin hafi runnið sem helluhraun. Vegna gjallagsins efst og neðst á hverju hraunlagi eru tvö gjalllög með setlagi á milli á hverjum lagmótum. Setlögin, sem oftast nefnast rauð milli- lög, voru jarðvegur, er myndaðist milli eldgosanna. Setið hefur fyllt upp í glufur í neðra gjalllaginu, svo það er yfirleitt sámilega þétt, en aðallekinn á lagmótunum á sér stað um efra gjalllagið.

Á rannsóknarsvæðinu er setið yfirleitt mjög þunnt, eða um 2-5 cm, en á nokkrum stöðum, eins og við Kjálkavatn, er það 1-2 m að þykkt. Setið er að meginhluta til gosaska með kornastærðina silt, fínn sandur og meðalgrófur sandur. Það er nú steinrunnið, en brotnar auðveldlega niður við vinnslu og hefur verið notað með sámilegum árangri sem ofan- burður í vegi á Dynjandisheiði og víðar. Aðeins lítið magn af setinu í t.d. ármöl getur gert efnið óhæft í steypu vegna vatnsdrægni, lítils styrks og einleitrar kornastærðar.

Bergið er allt eitthvað ummyndað og sumt mjög mikið. Brot- styrkur bergsins fer mjög eftir ummyndun þess, og þarf bergið ekki að vera mjög ummyndað til þess, að brotstyrkur þess miðnki í helming af styrkleika fersks bergs. Um- mynduninni fylgir útfelling kristalla í bliðrur og sprungur í berginu. Við þetta hefur bergið þéttst. Á ísöld kvartera tímabilsins hefur leir og silt borist niður í berggrunninn

um sprungur og þétt þær enn frekar. Berggrunnurinn er því allþéttur, enda hafa árnar á svæðinu mikil dragáreinkenni, en flestar lindir koma fram eftir stuttar lekaleiðir í gegnum grjóturðir.

Mikið er um útgrafnar sprungur á svæðinu, og eru þær hvað augljósastar nærri stíflustæðinu við Hólmavatn. Hér er um að ræða sprungukerfi með svipaða stefnu og skriðjökklar ísaldarinnar hafa fylgt á þessu svæði. Hefur jökulvatn lagst í sprungur og sorfið þær inn í landslagið. Sprungurnar eru vafalítið umtalsverðar lekaleiðir. Með samanburði við Mjólkár- og Dynjandissvæðið er ekki ólíklegt, að lekt í slíkum sprungum sé allt að 1000 LU. Aftur á móti má reikna með, að lekt í heillegu stuðluðu basalti sé innan við 50 LU, neðan veðrunarmarka. Frostveðrun basaltsins er yfirleitt mikil á öllu Glárusvæðinu, einkum ofan 450 m y.s. Þar eru klapparholtin klofin með djúpum sprungum, sem náð geta 2 m og jafnvel lengra niður. Þar sem þessi frostveðrun hefur náð lengst, einkennist landið af stórum klapparholtum, en ekkert heilt berg sést. Lektarprófanir frá Mjólká benda til, að jafnvel í bergi, sem virðist allheillegt á yfirborði, megi búast við meiri lekt efst í berginu en neðar, og stafar það trúlega frá slíkum sprungum. Vötnin á svæðinu eru grafin af jökli, en útlit þeirra hefur mótast af sprungustefnu, skriðstefnu jökulsins og strikstefnu jarðlaganna. Líklega er eitthvert nýtilegt set á botni vatnanna, t.d. nærri áreyrunum, en eflaust verður erfitt að nýta það. Þar sem sér til botns, virðist mest kveða að stórgrýti, en smærra efni leynist vafalaust á milli. Þess má geta, að kísilgúr fannst við Langavatn, sem er á vatnasviði Mjólkár.

Frostveðrað berg og bergmála mynda urðir og skriður á klettasyllunum og eyrar umhverfis tjarnir í lögðum. Þetta set er allt sorterað og verður finna, er kemur niður úr efstu 20-50 cm, en virðist breytast lítið úr því.

Flutningsleið setsins hefur verið stutt, enda er það allt með köntuðum kornum. Annað laust efni er vandfundið og lítið hreyfð mórena finnst aðeins á tveim stöðum á öllu rannsóknasvæðinu, í Þingmannadal og um 1,5 km norðan Krókóttavatns.

Á þípuleiðinni er fast berg víðast á um 0,5 m dýpi undir frostveðruðu grjóti og grýttri jarðvegsdreif. Hluti af leiðinni liggur þó um bert svæði. Ekki virðist þurfa að hreinsa nema þetta lausa lag undan þípunni, og fæst þá góð undirstaða undir sökkla hennar.

2.2 Stíflustæði við Hólmavatn

Hólmavatn er grafið af jökli, eins og önnur vötn á svæðinu, en útlit þess mótast af sprungustefnu, skriðstefnu jökulsins og strikstefnu jarðlaganna. Stíflustæðið er fyrirhugað við suðvestur-enda vatnsins, við útfallið og um holtin þar austur og suðaustur af. Ás stíflunnar liggur því nokkuð þvert á strikstefnuna, en halli hraunlaganna er um 4° í suðaustur.

Á stíflusvæðinu eru 10 hraunlög, sem merkt eru H-1 til H-10 á mynd 5. Öll eru hraunlögin með svipaðri áferð, dökkt basalt með fremur smáum feldspat dílum. Talsvert ber á smáblöðróttu, en óholufylltu basalti. Fjögur hraunlög (H2, H3, H6 og H9) eru að meiri hluta blöðrótt. Blöðróttu basaltið er að öðru leyti heillegt og ekki mikið ummyndað. Yfirleitt er 1 til 1,5 m þykkt gjall á lagmótum. Þunnt set er á milli gjalllaganna. Ekki virðist setið þetta gjallið vel, og má því gera ráð fyrir leka um lagamót.

Einkum má búast við alvarlegum leka á tveim stöðum, þ.e. við 700 m og á milli 820 m og 900 m á jarðlagasniði af Hólmavatni. Á báðum þessum stöðum er lekaleiðin mjög stutt, aðeins þunnt berghaft, en einnig er lagamótagjallið óþétt. Við 700 m er þar að auki um að ræða tvær samhliða sprungur, sem ísaldarjökullinn hefur grafið út.

Yfirleitt er klöppin nokkuð veðruð og víða hulin frostsprengru grjóti, sem getur náð 1-1,5 m þykkt. Það má því reikna með að hreinsa þurfi ofan af klöppinni um 1 til 2 m og jafnvel meira á lagamótum, ef fá á samilega jafna og heillega undirstöðu fyrir stíflukjarna.

Víðast hvar við vatnið er einhver jarðvegsleif, en þykkt jarðvegsins er yfirleitt lítil, eða $\leq 0,5$ m. Við suðaustanvert Hólmavatn hefur jarðveginum skolað ofan í lögðir á milli klapparholtanna og myndar þar litlar efnisnámur. Heildarefnismagn í þessum námum er áætlað um 10.000 m^3 , en 90% efnisins er neðan jarðvatnsborðs. Af efninu voru tekin 3 sýnishorn (nr. 8, 9 og 10), og er kornadreifing þeirra sýnd á mynd 9.

Nokkru norðar eru gjallkennd og talsvert ummynduð basalt-hraunlög, sem hafa veðrast mjög hratt. Veðraða bergmylsnan myndar nú umtalsverðar námur af sendinni mól, en áætlað efnismagn af samilega vinnanlegu efni er um 23000 m^3 . Fjögur sýnishorn voru tekin af efninu (nr. 11, 12, 13 og 14), og er kornadreifing þeirra sýnd á mynd 10. Staðsetning allra efnisnáma er sýnd á mynd 38.

2.3 Stíflustæði við Kjálkavatn

Þrjú hraunlög, K-1, K-2 og K-3 eru á stíflustæðinu við Kjálkavatn. Neðsta lagið, K-3, er mjög ummyndað og hefur bleika áferð vegna ildunar. Bergið er blöðrótt, en blöðrurnar eru fylltar með ummyndunar kristöllum, eins og kabasit og thomsonit. Ekki er gert ráð fyrir, að K-3 sé lekara en venjulegt basalt, sem er á svæðinu, en um það verður ekki sagt með vissu. Er þá gert ráð fyrir, að ummyndunin hafi þétt bergið allverulega, en að öðru leyti líkist áferð K-3 víða mjög blöðróttu og jafnvel gjallkenndu basalti, en slíkt berg hefur mikla vatnsleiðni. K-3 veðrast hraðar en bergið í kring, og sést það best í farvegi Kjálkafjarðarár rétt neðan útfallsins, en þar hefur bergið grafist á svipaðan hátt og lagamóttagjall.

Á norðvestasta hluta jarðlagasniðsins (mynd 5) er lagamótagjall K-3 og K-2 um 1 m að þykkt, en annars staðar er það mjög þunnt og jafnvel ekki til. Ofan á K-3 er þunnt basalt, K-2. K-2 og K-1 er fremur stórstuðlað basalt með smáum feldspatdílum. Bergið er alls staðar heillegt, en nokkuð ummyndað. Lagmót K-2 og K-3 eru nokkuð óregluleg. Á stíflustæðinu er lítið sem ekkert gjall á þessum lagamótum, og ættu þau því að vera sæmilega þétt.

Lagmótunum hallar niður farveg Kjálkafjarðarár, og koma þau fram í farvegi árinna 80 til 100 m neðan óssins. Leka-leiðin er því mjög stutt, og ef bergið eða lagamótin eru ekki eins þétt og í fljótu bragði virðist, geta þessar jarðfræðilegu aðstæður skapað lekavandamál. Á lagmótum K-2 og K-1 er misþykkt gjalllag, sem víðast er um 1 m að þykkt. Þessi lagmót eru nokkuð opin og sennilega talsvert lek.

Aðstæður til stíflugerðar eru hér ágætar. K-2 er góð undirstaða, bergið er lítið sprungið og þétt, svo auk fremur lítilla ójafna þarf sennilega ekki að hreinsa undir kjarna nema mjög þunnan lausan jarðveg, sem hylur bergið. Kjálkafjarðará rennur í gegnum K-2 um mjóan stökk, sem hún hefur grafið í berggang. Stíflugerðin fer því fram að mestu leyti á þurru landi.

Engin laus jarðefni eru við Kjálkavatn. Niður með Kjálkafjarðará eru setpollar við smávötnin, sem eru í ánni. Efnismagnið er hér fremur lítið, en það samanstendur úr veðruðu bergi, fokseti og e.t.v. jökulruðning, en engin óveðraður jökulruðningur er á vatnasvæði Kjálkafjarðarár. Um gerð efnisins við Kjálkafjarðará er lítið vitað, en það virðist um flest líkjast efninu við vatn 416 við Brunna-dalsá (sýni 15).

2.4 Stíflustæði við Krókóttavatn

Krókóttavatn er í 551 m y.s., og rennur Vatnsdalsá úr því til vesturs. Um 500 m neðan við útfallið er fyrirhugað stíflustæði í ánni. Suðurbakki árinna er brattur og myndar traust aðhald að stíflunni, en norðan árinna eru þunn og sundurskorin klapparholt, afleiðing samliggjandi strikstefnu hraunlaganna, meginsprungustefnu og skriðstefnu ísaldarjökulsins. Þessir landmótandi þættir setja mjög mikinn svip á landslagið og er t.d. útfall Krókóttavatns grafið í þessa stefnu.

Á jarðlagasniðinu (mynd 6) eru sýnd 5 hraunlög, R-1 til R-5. Yfirborðið fylgir efri mörkum R-1, sem er blöðrótt basalt, þar sem sést í það, en er að verulegu leyti hulið frostsprengdu grjóti. Veðrun bergsins á sér víðast hvar stað á þann hátt, að bergið brotnar um gjall og millilögin, en vinnur mun hægar á þetta hluta bergsins. Því myndast stallar í landslagið, sem fylgja halla berglaganna. Þetta veðrunarform má sjá á öllum jarðlagasniðunum. Helmingur jarðlagasniðsins, þ.e. að beygju 5, liggur þvert á strikstefnuna, en síðan liggur sniðið í strikstefnu. Þrjár útgrafnar samliggjandi sprungur við 130 m, 380 m og 630 m á jarðlagasniðinu hafa mest áhrif á eiginleika bergsins, þar sem aðeins er um þunn berghöft að ræða á milli djúpra lægða. Hér er lekaleiðin styttest og bergið veðrað niður á mest dýpi.

Hraunlag R-2 er dökkt, þétt og straumflögótt basalt, sem hefur veðrast um straumfletina. Þegar kemur að 530 m á jarðlagasniðinu, verður bergið mjög blöðrótt og gjallkennt, og helst það svo að 630 m. Þetta eru lagskil R-2 og R-3. R-3 er mjög blöðrótt basalt með breytilega áferð og er talsvert ummyndað. R-4 er reglulega stuðlað basalt, þar sem sést í það norðan Vatnsdalsár, en er kubbaberg með gjalleitlum sunnan árinna.

Mjög lítið er af lausum jarðefnum við Krókóttavatn. Hér og þar má þó sjá smá jarðvegsleifar, en efnismagnið er svo lítið, að varla verður það unnið. Í tæplega 3 km fjarlægð í norður frá stíflustæðinu yfir Vatnsdalsá er mikill jökulgarður, en jökulruðningurinn þarna virðist vel fallinn til stíflugerðar. Staðsetning námunnar er sýnd á mynd 38.

2.5 Stíflustæði við Flókavatn

Flókavatn er neðan Krókóttavatns í 505 m y.s., en úr því rennur Vatnsdalsá í 15-20 m rennu, og er botn árinna á lagmótum við stíflustæðið. Á jarðlagasniðum (mynd 6) koma fram 5 hraunlög, sem hallar til suðausturs um 3-4°. Þessi jarðlagahalli er alls staðar mjög svipaður á hálendinu ofan 500 m y.s., en hallinn vex þegar kemur neðar í jarðlagastaflann. Mesti halli jarðlaga mældist rúmar 5° í stefnu 135° rétt neðan við útfallið úr Kjálkavatni. Hér er um mjög staðbundinn halla að ræða. Norðaustan Hólmavatns mældist mestur halli 4,5° í stefnu 167°, en nálægt stíflustæðinu við vatnið er halli 3,5°-4° í stefnu 155°.

Hraunlögin við Flókavatn eru úr fínkornóttu, dökku basalti, með fáum og smáum feldspat dílum. Yfirleitt er bergið nokkuð blöðrótt, en lítið er um holu- og sprungufyllingar. V-1 er nokkuð stórstuðlað basalt, talsvert sprungið. Efra gjalllag V-2 er mjög óreglulegt, og má sjá gjalllinsur 3 m neðan lagmótanna. Að öðru leyti er V-2 heillegt og þétt basalt. V-3 og efri hluti V-4 er blöðrótt, rauð-oxiderað basalt og virðist nokkuð opið, en þó ekki óeðlilega sprungið. Hér má búast við eitthvað meiri leka en í heillegra basalti, þó ekki miklum, þar sem leki í blöðróttu basalti er einatt lítill, miðað við leka um sprungur. Ekki er ólíklegt, að V-4 sé tvö hraunlög. Þar sem sér í V-5, er það blöðrótt á yfirborði, en landið fylgir lagmótum V-4 og V-5.

Ekki er mikið um laus jarðefni nærri Flókavatni. Lítils háttar set er við suðurenda vatnsins og líklega í áreyrum Vatnsdalsárinnar. Best er efnið við „1“ á mynd 38, og er kornadreifing þess sýnd á mynd 7. Áætlað heildarefnismagn er um 1800 m^3 og meðalvinnsludýpi 1,3 m. Litlu norðar, við „2“ á mynd 38, er um 1000 m^3 af svipuðu efni, en heldur ríkara af rauðum setkornum og gjallmylsnu.

Þar sem Vatnsdalsáin rennur í vatnið, hafa myndast áreyrar. Eyrarnar eru mjög grófar, þaktar köntuðum steinum og stórgrýti, en m.a. frostlyfting hefur orsakað aðskilnað í efninu, og ekki er útilokað að finna efni, t.d. gróf möl, sé undir. Um magn efnisins er lítið hægt að segja, en það gæti verið 2000 m^3 til 5000 m^3 .

3. EFNI Í JARÐSTÍFLUR

3.1 Kjarnaefni

Nýtilegt kjarnaefni finnst á þrem stöðum á rannsóknarsvæðinu. Um 3 km norðan stíflustæðisins við Krókóttavatn (mynd 38) er jökulalda, sennilega með yfir 60.000 m³ af nýtilegu kjarnaefni. Innri gerð öldunnar hefur ekki verið könnuð, enda illfært með vélar þangað. Grafín var um 0,7 m hola í ölduna og tekið sýni (sýni 22), sem hefur verið greint í kornastærðir (mynd 12) og gerð á lektar- og þjöppunarpróf (mynd 18). Yfirleitt eru jökulöldur veðraðar niður á 0,5 - 1,5 m dýpi, og er því sýnið úr veðraða laginu. Gera má ráð fyrir, að kornadreifing sýnisins gefi til kynna finna efni en er í öldunni, en finefnishlutfall þess er 46%, sem er mjög hátt.

Í um 270 m hæð innarlega í Þingmannadal er jökulgarður, sem Innri Brunnadalsá hefur grafið í sundur (mynd 38). Rúmlega 2 m djúp gryfja var grafin í garðinn, og reyndist hann auðunninn og ekki mjög stórgrýttur. Sýni voru tekin af óveðruðum jökulruðningi (sýni 21) og þau greind til kornastærða (mynd 12) og gerð á þeim þjöppunar- og lektarpróf (mynd 17) auk skerprófa (myndir 20-29). Þessi jökulruðningur er besta kjarnaefnið á svæðinu, og má líklega nýta yfir 80.000 m³ af því.

Við botn Vatnsfjarðar, þar sem merkt er VS-4 á mynd 37, er talsvert af "deiglumó" ($\approx 100.000 \text{ m}^3$), sem er um 85% méla. Erfitt er að vinna méluna, þar sem hún er undir 3-4 m þykku malarlagi (malarhjalla), sem varla nýtist við virkjunarfrankvæmdirnar. Sýni voru greind til kornastærða (mynd 12) og þau lektar- og þjöppunarprófuð (mynd 19).

Heildarefnisþörf í stíflukjarna er áætluð 87.300 m³, sem dreifist þannig: Hólmavatn 35.600 m³, Kjálkavatn 22.400 m³, Krókóttavatn 20.900 m³, Flókavatn 4.000 m³ og Stóra-Eyjarvatn 4.400 m³.

3.2 Síuefni

Lítið er um jarðveg á rannsóknarsvæðinu, og var hann kannaður allitarlega. Tekin voru 17 jarðvegssýni og þau flokkuð samkvæmt "Unified Soil Classification System" (Tafla 1). Öll sýnin voru sigtuð og athugað, hvort þau fullnægðu kröfum um kornadreifingu síuefnis fyrir kjarnaefnið. Samkvæmt kornadreifingunni er jarðveginum skipt í tvo flokka, þ.e. áreyrar og annað set. Sýni 15 og 17 (mynd 11) eru af áreyrum við Innri Brunnadalsá (mynd 38), og hentar efnið samilega í síu fyrir lága stíflu með kjarna úr jökulruðningnum í Þingmannadal.

Önnur sýni (myndir 7 til 10) eru tekin af hugsanlegum námum víðs vegar um svæðið (mynd 38). Þetta efni hefur allt svipaða kornadreifingu og er allt gott í síur fyrir jökulruðninginn norðan Krókóttavatns (sýni 22, mynd 38). Rétt er að endurtaka, að frekari könnun á þessum jökulruðningi kann að leiða í ljós aðra kornadreifingu og þá aðrar síukröfur.

Efnisnámurnar eru allar litlar (Tafla 2) og dreifðar um svæðið. Meðal vinnsludýpi er lítið, yfirleitt um 1 m, og er meiri hluti efnisins neðan jarðvatnsborðs. Vinnsluferfiðleikar eru því miklir. Áætluð efnispörf í síur er 71.000 m³, og er þá stífla við Stóra-Eyjavatn talin með. Heildar-efnismagn í þeim námum, sem hér er greint frá, er aftur á móti lauslega áætlað um 60.000 m³, og verður hluti þess varla unninn á hagkvæman hátt. Það þarf því líklega að flytja um eða yfir 10.000 m³ úr malarhjöllum í Vatnsfjarðarbotni. Ef veitugöng verða boruð yfir í Kjálkavatn og Stóra-Eyjavatn fæst þaðan væntanlega nægilegt síuefni úr borsvarfinu.

3.3 Stoðfyllingar og grjótvarnarefni

Undirstöður kjarna og yfirfalla verða hreinsaðar með því að fjarlægja um 1,0-1,5 m af sprungnu og veðruðu bergi og jarðvegsleif, sem sums staðar þekur klöppina. Þetta efni verður notað í stoðfyllinguna, en auk þess er áætlað, að uppgröftur úr veituskurði frá Flókavatni í Hólmavatn nemi um 65.000 m³, útgröftur vegna veituganga frá Kjálkavatni í Hólmavatn um 23.000 m³ og vegna veituganga frá Stóra-Eyjavatni í Flókavatn um 43.000 m³, sjá töflu 3.

Áætluð efnispörf í stoðfyllingu er um 207.000 m³ og í grjótvörn um 107.000 m³. Þrátt fyrir að samanlagt falli til um 312.000 m³ af grófu efni vegna hreinsunar á stíflustæðum, gerð veituskurða og veituganga, þá gerir staðsetning efnisnámana það að verkum, að hagstætt getur verið að sérsprengja hluta af stoðfyllingunni, eins og t.d. við Kjálkavatn. Nokkurn hluta stoðfyllingarefnisins og mest allt grjótvarnarefnið þarf því að sérsprengja, en nærri öllum stíflustæðunum eru klapparholt, sem nýta má sem grjótnámur.

3.4 Kornadreifing

Kornadreifing sýnanna er sýnd á myndum 7 til 12. Hvert námusvæði, eða sambærilegar námur, eins og t.d. áreyrar, er tekið saman á mynd og meðalferill fundinn. Sýni voru tekin þannig, að þau lýsa breytileika efnisins innan námunnar. Náurnar eru aftur á móti svo litlar, að þær verða ekki unnar nema sem ein heild, sem meðalferillinn túlkar.

Flokkun jarðvegs byggist að mestu á kornadreifingu hans (Tafla 1). Grófkorna jarðvegur kallast mól, ef meira en 50% hans er grófari en sigti nr.4 (4,75 mm), en ef meira en 50% er fínna en sigti nr. 4, telst hann sandur. Mól er dreifkorna, ef stuðullinn $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ er >4 en til þess að sandur kallist dreifkorna, þarf C_u að vera >6. Auk þess þurfa bæði efnin að uppfylla skilyrðin, að $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$ sé >1 og <3. Ef þessi skilyrði eru ekki uppfyllt, telst efnið einkorna.

Frostnæmi jarðvegs fer eftir kornadreifingu hans. Í töflu 1 er sýnunum skipað í flokka eftir frostnæmi efnisins. Til þess er notað bandarískt kerfi "Frost Design Soil Classification" (F.D.S.C.). F-1 telst ekki frostnæmt efni, F-2 lítið til meðal frostnæmt, F-3 er frostnæmt efni, og F-4 mjög frostnæmt efni. Fínefnishlutfall (efni <0.074 mm, sigti nr. 200) er frá 4% til 19%. Hverfandi lítill hluti efnisins er leir. Til þess að jökulruðningur sé hæfur sem kjarnaefni, þarf fínefnishlutfall hans almennt að vera >15%, og eins og sjá má af töflu 1 er það 30% (sýni 21) og 46% (sýni 22). Kornadreifing jökulruðningsins er jöfn og virðist hann ekki innihalda mikið af grjóti.

Á mynd 15 er kornadreifing sýna 21 og 22 borin saman við algengustu kornastærðarmörk fyrir jökulruðning, sem enn hefur verið notaður við votpökkun í Svíþjóð. Votpökkun getur orðið hentug byggingaraðferð fyrir stíflurnar, vegna tíðrar og mikillar úrkomu á svæðinu. Á mynd 16 er sýnd tíðni og magn úrkomu á Reykhólum, í Kvígindisdal og við Mjólká fyrir mánuðina júní til október. Þessar mælingar eru gerðar niðri við sjávarmál, en búast má við talsvert meiri og tíðari úrkomum við Hólmavatn í 500 m hæð.

Þess ber þó að geta, að grófur jökulruðningur þolir allmikla úrkomu, þegar hann er unninn í kjarna, en til þess þarf talsvert umstang, bæði í námu og á stíflu. Votpökkunin ætti ekki að vera neinum vandkvæðum háð. Vegna kröfu um stöðugleika verða stíflurnar trúlega eitthvað flatari og efnismeiri, en þéttleiki kjarnans minnkar lítið eða ekki.

3.5 Þjöppunarpróf - lektarpróf

Kjarnaefnin þrjú (sýni 21, 22 og 23) voru þjöppunarprófuð samkvæmt Proctor Standard, sem gefur þjöppunarvinnu $6 \cdot 10^5 \text{ J. pr. m}^3$. Sömu sýni voru lektarprófuð með jafnþrýstiprófun ("constant head"), þar sem þrýstifallandi (hydraulic gradient) er rúmlega 15. Niðurstöður prófanna eru sýndar á myndum 17, 18 og 19. Við prófin er notað efni, þar sem korn, grófari en 19 mm, hafa verið skilin frá. Þetta er gert vegna lítillar stærðar þjöppunarhólksins ($\emptyset: 10 \text{ cm}$; $h: 11 \text{ cm}$), en grófari mölin og steinarnir hafa lítil áhrif á niðurstöður prófanna.

Þurr rúmþyngd (γ_d) mældist hæst á jökulruðning úr Þingmanna- dal (sýni 21), $2,25 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ við rakastig 9,5% og 87% mettun. Samsvarandi lekt er $2 \cdot 10^{-7} \text{ cm} \cdot \text{sek}^{-1}$. Þjöppunargildi úr þríásaprófum eru einnig sýnd á mynd 17. Hæsta þurr rúm- þyngd fyrir jökulruðninginn norðan Krókóttavatns (sýni 22) er $1,95 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ við rakastig 15,4% og 83% mettun. Minnsta lekt mældist $4,5 \cdot 10^{-6} \text{ cm} \cdot \text{sek}^{-1}$ við nokkru herra rakastig, eða 18%. Deigulmórinn úr Vatnsfirði (sýni 23) mældist með lágsta þurra rúmþyngd, eða $1,78 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ við rakastig 19,8% og 87% mettun, en lágsta lekt mældist $7 \cdot 10^{-8} \text{ cm} \cdot \text{sek}^{-1}$ við rakastig 23%. Lektarstuðullinn er mjög háður rakastigi sýnis- ins og nær venjulega lágsta gildi nálægt $W_{opt} + 1\%$, en vex hægt ofan við það. Lekt sýnis 21 minnkar 100 falt við aukið rakastig frá 6,3% til 9,5%, en vex aðeins þrefalt, ef rakastig er hækkað frá 9,5% til 12,2%. Aðeins voru gerðar þrjár lektar- prófanir á þessu sýni, og kann því lágsta k-gildið að liggja nokkuð ofan við 9,5% raka (W_{opt}), t.d. við 10,5% raka ($W_{opt} + 1\%$). Fyrir hin sýnin er lágsta k-gildi nokkur prósent ofan við W_{opt} , eða 2,5% ofar fyrir sýni 22 og 3,2% ofar fyrir sýni 23. Það er því nokkuð ljóst, að ef votþökkun er notuð við byggingu kjarnans, þá kemur það ekki teljandi niður á þéttleika hans.

3.6 Skerstyrkur

Skerspennuþættir, samloðun (C) og viðnámshorn (\emptyset) voru ákvarðaðar með þríasaprófum á jökulruðningnum úr Þingmanna-
dal (sýni 21). Fimm UU-prófanir og tvær CU-prófanir voru
gerðar, og eru niðurstöður prófanna sýndar á myndum 20 til
29. Ekki var kostað til þríasaprófana á jökulruðningnum
norðan Krókóttavatns (sýni 22), þar sem enn hefur ekki
verið grafin þar könnunargryfja, og sýni þaðan eru úr veðraða
yfirborðslaginu. Nauðsynlegt er að kanna þetta efni nánar,
þar sem það virðist gott kjarnaefni og er tiltölulega vel
staðsett með tilliti til fyrirhugaðra stíflna. Deigulmórinn
í Vatnsfirði (sýni 23) er einkorna méla (85%), með lága
þurra rúmpýngd ($1,78 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$) og virðist ekki vel fallinn í
stíflukjarna. Auk þess er hann mjög langt frá stíflunum,
og var því þríasaprófunum á deigulmónum frestað fyrst um
sinn.

Fyrir prófin eru sýnin þjöppuð sem svarar til Proctor stand-
ard þjöppunarvinnu. Þrjú sýnanna skyldu prófuð við W_{opt}
rakastig (9,5%), en tvö við $W_{\text{opt}} + 1,5\%$ (11,0%). Nettó
hliðarþrýstingur var $1 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ (UU-1), $2 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ (UU-2 og
UU-4) og $4 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ (UU-3 og UU-5). Mótþrýstingur í öllum
prófunum var $2 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$, en hann minnkar áhrif lofts, sem
er í ómettuðum sýnum, og fæst því réttari mynd af áhrifum
þóruþrýstingsins á skerstyrkinn.

Reikna má með, að mótþrýstingurinn auki mettun efnisins,
einkum þurrari sýnanna. Þessa aukningu er auðvelt að
athuga með því að mæla rakastig efnisins eftir próf, en það
var ekki gert. Þóruþrýstingur var mældur í toppi og botni
sýnisins, og reyndist hann þar mjög svipaður, en meðaltal
þessara gilda er notað í öllum reikningunum.

Rakastig var mælt um leið og sýnin voru byggð inn og reyndist
þá vera 7,8% (UU-3), 9,0% (UU-2), 9,2% (UU-1), 11,0%
(UU-4) og 11,2% (UU-5). Auðvelt reyndist að byggja blautari

sýnin inn, og féllu þau vel að þjöppunarferli efnisins (mynd 17). Aftur á móti var rúmpýngd hinna sýnanna talsvert fyrir neðan ferilinn.

Brot er hér skilgreint sem hæsta gildi á hlutfallinu σ_1/σ_3 , nema fyrir sýni UU-3, þar sem ekkert slíkt hæsta gildi fékkst. Í þessu tilfalli er brot skilgreint sem hæsta gildi á $\tau\{\tau=1/2(\sigma_1-\sigma_3)\}$, sem næst við 2,4% samþjöppun (mynd 22). Brot í öðrum sýnum var við 2,4%, 2,5% og 2,6% samþjöppun, nema í sýni UU-2, þar sem brot varð við 3,6%.

Skerspennuþættirnir voru ákvarðaðir með hæstu skerspennuvektorum og Mohr hringjum, sem eru teiknaðir fyrir höfuðspennurnar (σ_1 og σ_3) við brot, mynd 25. Virk samloðun reiknaðist $0,23 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ og virkt viðnámshorn $37,2^\circ$. Almennt gildir, að fyrir vel þjappaðan jökulruðning minnkar póruþrýstingsstuðullinn \bar{A} ($=\Delta u_d/\Delta\sigma_d$) við aukið álag og er oft negatífur við brot. Skerspennuvektorar sýnanna UU-2 og UU-3 hegða sér á nokkuð annan veg, þar sem þau brotna við stöðugt vaxandi póruþrýsting. Þessi sýni náðu ekki þjöppunarferlinum, þegar þau voru byggð inn og voru með langminnstu þurra rúmpýngd. Því má álykta, að við aukið álag þéttist kornabyggingin, álagið færir af fasta efninu yfir á vökvann og loftið, svo að póruþrýstingurinn vex. Þessi hegðun er því afleiðing ónógrar þjöppunar.

Skerstyrkurinn er háður póruþrýstingnum, og á mynd 26 er τ/σ_1 sýnt sem fall af $\bar{B} = u/\sigma_1$ við brot og við 2% samþjöppun sýnanna. Niðurstöður eru svipaðar, enda verður brot yfirleitt við um 2,5% samþjöppun.

Hliðarþrýstingurinn er aukinn í þrem þrepum, og er póruþrýstingur mældur í hverju þrepi. Þess er gætt, að engir skerkræftar myndist í sýninu, og er álagið því haft alhliða. Vegna þessa er póruþrýstistuðullinn $B = \Delta u/\Delta\sigma_3 = \bar{B} = \Delta u/\Delta\sigma_1$, þ.e. nægilegt er að mæla B til að reikna póruþrýsting í

kjarnanum á byggingarstigi eða við hraðan niðurdrátt í lóni. Ef jarðvegurinn er 100% mettaður er $B = 1$ og $\Delta_u = \Delta\sigma_3$, en við minni mettnun fer hluti álagsins í að þrýsta saman lofti í þórunum, sem síðan ber álagið til jarðvegskornanna. Við optimum rakastig og rúmpýngd er B yfirleitt á milli 0,1 og 0,5, en fer upp fyrir það, þegar rakastigið vex. Þar sem B -gildið er háð mettnun, er rétt að miða við hæsta gildið í öllum reikningum. Hæsta B -gildið mældist 0,38, en flest voru um 0,3. Það virðist því óhætt að auka rakastig efnisins nokkuð upp fyrir 11% ($W_{opt} + 1,5\%$), eins og hugsanlega væri gert við votþökkun, án þess að auka brothættu verulega.

Mat á sigi efnisins byggist á sigstuðli þess (C_v), er líta má á sem efniseiginleika, engu síður en skerspennuþættina. Sigstuðullinn er hér ákvarðaður með CU-prófi, þar sem efnið er byggt inn með standard Proctor þjöppun, en síðan er sýnið afvatnað (drained) frá end aflötum við jafnan alhliða þrýsting. Gerð voru tvö CU-próf (myndir 27-29) með hliðarþrýsting 3 og 4 $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$, en mótþrýsting 2 $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$. Sigstuðullinn mældist 109 og 106 $\text{cm}^2\cdot\text{min}^{-1}$, sem eru mjög há gildi. Jafnhá og hærri gildi hafa nokkuð oft mælst í CU-prófi, þegar afvatnað er frá end aflötum, og hefur verið álitid, að þrátt fyrir allmikinn hliðarþrýsting verði einhver leki meðfram gúmmihólknum, þannig að afvötnun á sér stað að hluta um hliðarfleti sýnisins. Ef þetta er rétt, má áætla lágsta gildi á C_v fyrir þessi sýni um 30 $\text{cm}^2\cdot\text{min}^{-1}$, og er þá reiknað með fullri afvötnun um hliðarfleti.

4. FYLLIEFNI Í STEINSTEYPU

Ekkert nýtilegt fylliefni í steinsteypu finnst á hálandinu, og verður að sækja það allt í marbakka við ströndina. Upphaflega voru athugaðar átta líklegar efnisnámur á svæðinu frá Þingmannaá og út fyrir Móra, sem rennur í Hagavaðal. Ekki er álitid, að aðrar fýsilegar efnisnámur séu á þessu svæði, en vegalengdin milli malarnámunnar við Móra og Flókalundar er um 22 km.

Fimm sýni voru tekin úr marbökkum, eitt úr óseyrum Vatnsdalsár (VS-5) og eitt úr áreyrum hennar (VS-6). Tvö síðastnefndu sýnin eru of grófkorna sem fylliefni, en sáldurferlar hinna sýnanna benda til allbreytilegs efnis í marbökkunum. Allt virðist efnið þó bergfræðilega líkt, vatnsnúið basalt, lítillega ummyndað og ekki mjög sterklegt. Nokkuð ber á rauðum setbrotum og fínefnum, og má áætla, að um 10% af óæskilegum steinefnum fyrir veðrunarþolna steinsteypu sé í fylliefninu.

Öll sýnin voru tekin af óveðruðu efni, úr 2-3 m djúpri gryfju, grafinni af traktorsgröfu. Efnisnámunar eru allar sýndar á mynd 37. Kornadreifing allra sýnanna var athuguð og lífræn og ólífræn óhreinindi mæld (myndir 30-33). Á grundvelli þessara athugana voru námurnar við Kýrholt (VS-3) og Langholt (VS-8) rannsakaðar frekar og gerðar prófsteypur, veðrunarþolnipróf og alkalipróf á efni úr báðum námunum. Allar steypurannsóknirnar voru framkvæmdar hjá Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins.

4.1 Prófsteypur

Vegna brotþolsprófs voru steyptir sívalningar úr áðurnefndum tveim sýnum (VS-3 og VS-8). Efnið í Kýrholtsnámunni (VS-3) inniheldur um 12% af grófri möl, fínmölin er aðeins 23%, en heildarsandmagnið er 65%, sem er hátt. Það þurfti

Því að harpa efnið og mala stærstu steinana, til þess að það næði almennum steypukröfum. Þessar kröfur eru unnar upp úr amerískum staðli, ASTM C33, og eru hér aðeins sýndar til hægðarauka. Langholtsefnið (VS-8) hefur nokkuð ójafna kornadreifingu, og var það því harpað fyrir steypuprófið. Almennt getur ójöfn kornadreifing valdið aðskilnaði í steypunni, þó er ekki búist við því hér.

Þeir sáldurferlar, sem hér eru sýndir, eru meðaltöl nokkurra sýna, sem tekin voru úr námunum. Þegar fyrsta athugun var gerð á Kýrholtsnámunum, fékkst sami sáldurferill og nú en lífræn óhreinindi (humus) samsvaraði litarsýnishorni nr. 1, og ólífræn óhreinindi (slam) var 7%. Nú reyndist humus vera 0 og slam 8,2%. Hér er um að ræða nokkurn mun, en lífræn óhreinindi virðast vera innan við hættumörk, og ólífræn óhreinindi eru meiri en æskilegt getur talist. Lífræn óhreinindi reyndust ekki vera í Langholtsefninu, en ólífræn óhreinindi mældust 3,2%, sem er innan við hættumörk.

Niðurstöður brotstyrksprófa og helstu einkennistöður prófsteypna eru sýndar á myndum 34 og 35. Brotþol VS-3 reyndist $183 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-3}$ eftir 7 daga og $266 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-3}$ eftir 28 daga. Í blönduna voru notuð 306 kg af sementi í m^3 af steypu og vatn-sement hlutfallið var 0,55. Brotþol VS-8 var $172 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-3}$ eftir 7 daga og $266 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-3}$ eftir 28 daga. Í blönduna voru notuð 307 kg af sementi í m^3 af steypu og var vatn-sement hlutfallið 0,50. Brotþolið er meðaltal þriggja samstæðra prófhluta.

4.2 Veðrunarþol

Í umsögn Rannsóknarstofu byggingariðnaðarins segir:

"Veðrunarþolspróf var gert á steypum strendingum skv. ASTM C290. Strendingarnir eru frystir og þíddir 300 sinnum í vatnsmettuðu ástandi. Mælingar á eigin tíðni strendinga gefa til kynna, hvort sprungur myndast í strendingunum, og mat á yfirborði og þyngdarbreyting

strendinga segja til um yfirborðsflögnun. Niðurstöður úr þessum prófum gáfu 100% endingarstuðul fyrir báðar steypur og yfirborðsflögnun var óveruleg.

Auk framangreindra mælinga á strendingum voru gerð súlfatpróf á sandi úr báðum sýnum. Reyndist þungatap vera 7,9% í Kýrholtssandi, en 18,8% í Langholts-sandi. Mörk fyrir veðrunarþolsgóðan sand hefur verið 18% skv. þessu prófi."

4.3 Alkalivirkni

Bæði fylliefnin voru prófuð fyrir alkalivirkni, en vegna nokkurrar ummyndunar og holufyllinga þótti ástæða til að kanna virkni efnisins. Strendingar voru steypdir úr sandhluta beggja efnanna skv. ASTM C227. Æskilegt er, að strendingarnir standi í 6 til 12 mánuði, þar sem staðlar miða leyfilega hámarkspenslu við þessi tímamörk. Í ASTM er t.d. miðað við 0,1% penslu eftir 6 mánuði, en danskur staðall miðar við sömu penslu eftir 1 ár.

Þegar þessi skýrsla er skrifuð, hafa strendingarnir aðeins verið í prófun í rúman mánuð, svo endanleg pensla liggur ekki fyrir. Eftir einn mánuð var penslan 0,004% í VS-8 (Langholt), en 0,023% í VS-3 (Kýrholt). Á mynd 36 er sýnd alkalivirkni efna úr nokkrum vel þekktum námum og úr Kýrholti, en auk þess sýnir myndin áhrif mismunandi sements á penslu alkali strendinga. Ef til vill er óvarlegt að framlengja penslu VS-3 með beinni línu, en ef það er gert, þá verður 6 mánaða pensla um 0,14%, sem er langt yfir áður nefndum hættumörkum. Mælingum á alkalipenslu VS-3 og VS-8 verður haldið áfram uns 12 mánaða pensla er fengin.

5. UM FRAMHALD RANNSÓKNA

Síðastliðið haust settu Vatnamælingar Orkustofnunar upp rennslismæli í Vatnsdalsá, en góðar rennslismælingar eru ein meginforsenda virkjanaáætlana. Rennslismælirinn er utan við Vatnsdalsvatn, og gætir þar því verulegra láglendis-áhrifa í rennslinu. Vatn til virkjunarinnar fellur aftur á móti allt ofan við 500 m hæð. Æskilegt er, að annar rennslismælir sé settur upp innst í Vatnsdal. Mælir við útfall Flókavatns væri þó enn betri, þar sem allt rennsli þar er hálendisrennsli. Vegna kostnaðar við uppsetningu og eftirlit mun fyrri valkosturinn hagkvæmari.

Stöðuvötn á svæðinu hafa ekki verið dýptarmæld, svo að heildargeymslurými þeirra er ekki þekkt. Þetta hefur áhrif á áætlanir um hæð veitumannvirkja, sem ákveður hámarksniðurdrátt í lónum. Einnig þarf að ákvarða þykkt og gerð jarðlaga á botni vatnanna.

Jarðfræði stíflustæða er nokkuð vel þekkt, en samt verður ekki komist hjá jarðborunum til þess að staðfesta gerð jarðlaga og kanna lekt þeirra. Hér á eftir fer lausleg áætlun um jarðboranir, sem gera þarf. Þessi áætlun ætti að nægja fyrir forhönnun verksins, en gera verður ráð fyrir ítarlegri borun fyrir endanlega útboðslýsingu.

Áætluð borun við Hólmavatn:

HV-1	við 100 m á jarðlagasniði, mynd 5. Dýpi 20 m.
HV-2	við 280 m á jarðlagasniði, mynd 5. Dýpi 15 m.
HV-3	við 340 m á jarðlagasniði, mynd 5. Dýpi 20 m.
HV-4	við 700 m á jarðlagasniði, mynd 5. Dýpi 20 m.
HV-5	Við 890 m á jarðlagasniði, mynd 5. Dýpi 15 m.

Áætluð borun við Kjálkavatn:

KV-1	við 120 m á jarðlagasniði, mynd 5. Dýpi 15 m.
KV-2	við 410 m á jarðlagasniði, mynd 5. Dýpi 20 m.
KV-3	við 550 m á jarðlagasniði, mynd 5. Dýpi 15 m.
KV-4	við 880 m á jarðlagasniði, mynd 5. Dýpi 15 m.

Áætluð borun við Flókavatn:

FV-1 við 125 m á jarðlagasniði, mynd 6. Dýpi 15 m.

FV-2 við 740 m á jarðlagasniði, mynd 6. Dýpi 20 m.

Auk þess er reiknað með fjórum 15 m djúpum borholum á skurðleið frá Flókavatni að Hólmavatni.

Áætluð borun við Krókóttavatn:

KR-1 við 460 m á jarðlagasniði, mynd 6. Dýpi 25 m.

KR-2 við 980 m á jarðlagasniði, mynd 6. Dýpi 25 m.

KR-3 við 1180 m á jarðlagasniði, mynd 6. Dýpi 20 m.

Auk þess er reiknað með einni 15 m djúpri holu á stíflu-staðinu sunnan vatnsins og annarri jafn djúpri við yfirfallið austan Krókóttavatns.

Við Stóra-Eyjarvatn er gert ráð fyrir fjórum borholum. Um 200 m norðan útfallsins er fyrirhuguð ein 20 m djúp borhola og önnur jafn djúp við yfirfallið um 180 m sunnan útfallsins. Hinar tvær borholurnar yrðu 15 m hvor, en önnur þeirra er áætluð 40 m norðan útfallsins og hin 80 m sunnan þess.

Veitugöng eru áætluð úr Stóra-Eyjarvatni og Kjálkavatni. Jarðfræði gangaleiðanna er ekki vel þekkt og graftrarhæfni bergsins, einkum með tilliti til jarðgangaborunar, er nærri óþekkt. Auk hefðbundinna jarðborana og lektarmælinga er æskilegt að gera bergtæknilega úttekt á berginu, þar sem einkum væri könnuð kleyfni, ummyndun og þéttleiki þess og gerðar brotþolsmælingar á borkjörnum. Hér er gert ráð fyrir tveim kjarnaborholum á hvorri jarðgangaleið, og verður það að teljast algert lágmark. Reiknað er með 40 m djúpri borholu við Stóra-Eyjarvatn við 550 m á mynd 4 og jafn djúpri holu um 400 m frá gangamuna Vatnsfjarðarár-megin, þar sem lokuhús er fyrirhugað. Fyrir veitugöngin úr Kjálkavatni er áætluð 60 m djúp hola við 900 m á mynd 4 og 50 m djúp

hola við 2000 m, en þar er lokuhús fyrirhugað. Mikilvægt er að vanda vel til rannsókna við gangamuna, en þar er einna mest hætta á hruni, og steypingar eru þar því miklar.

Ein til tvær grunnar borholur verða því væntanlega boraðar við gangamuna, áður en endanleg staðsetning þeirra fer fram. Ef stöðvarhús verður ofanjarðar, þarf tvær til þrjár 10-20 m djúpar holur í grunni hússins og við frárennslisskurð.

Ef stöðvarhús er neðanjarðar, vex borkostnaður mjög mikið, þar sem bora þarf ekki minna en tvær djúpar borholur við stöðvarhús og á gangaleið. Hér er reiknað með tveim borholum, annarri 450 m djúpri yfir innsta hluta stöðvarhússins við 4740 m á mynd 3, en hinn 350 m djúpri við 2300 m á mynd 3. Fyrri holan nær 20 m niður fyrir botn stöðvarhússins, en sú síðari 20 m niður fyrir botn frárennslisganganna.

Sú boráætlun, sem hér er sett fram, gerir ráð fyrir 20 borholum á stíflustæðinu, alls 360 bormetrum. Fjórar borholur eru áætlaðar við veituskurð og aðrar 4 á veitugangaleið, alls 250 bormetrar. Vegna neðanjarðarmannvirkja eru áætlaðar tvær borholur, alls 820 bormetrar. Áður en borun getur hafist, verður að leggja slóðir að borstæðunum, en þar munu að sjálfsögðu nýtast við mannvirkjagerðina. Hér er um mjög umtalsverðar vegalengdir að ræða, en lauslega áætlað þarf að leggja um 21 km af jeppafærum slóðum um svæðið, auk slóðar að Stóra-Eyjarvatni.

Auk framangreindra rannsókna þarf að gera könnunargryfju í jökulölduna norðan Krókóttavatns og rannsaka jökulruðninginn þar frekar. Eðlilegt væri, að könnunargryfjan væri gerð um leið og slóðirnar, þar sem sömu tæki nýtast til hvors tveggja.

TAFLA 1

HELZTU JARÐTEKNILEGIR EIGINLEIKAR JARÐVEGS

Sýni nr.	% < 200	% < 4	C _u	C _c	Flokkur U.S.C.S. F.D.S.C.	Frostnami F-1 F-2 F-3 F-3 F-2 F-3 F-2 F-3 F-1 F-2 F-3 F-2 F-3 F-3 F-1 F-3 F-1 F-3 F-3 F-3 F-1 F-3 F-1 F-3 F-3 F-3 F-4	Sig eftir þjöppun	Lekt eftir þjöppun	Staður
1	7	36	80	2,5	GW-GM	F-1	Nær ekkert	Mikil	Flókavatn
2	11	72	37	0,9	SW-SM	F-2	Mjög lítið	Sæmileg	Flókavatn
3	13	58	190	3,5	SM	F-3	Lítið	Fremur lítil	Flókavatn
5	13	56	100	0,7	SM	F-3	Lítið	Fremur lítil	Skurðleið Flókavatn-Hólmavatn
6	10	56	90	1,6	SW-SM	F-2	Mjög lítið	Sæmileg	Hólmavatn
7	12	75	100	0,4	SM	F-3	Lítið	Fremur lítil	Pípuleið
8	4	53	15	1,2	SW	F-2	Mjög lítið	Mikil	Hólmavatn
9a	31	73			SM	F-3	Lítið	Lítill	Hólmavatn 0-0,3 m
9b	4	44	25	1,0	GW	F-1	Nær ekkert	Mikil	Hólmavatn 0,3-1,2 m
10	4	68	18	0,7	SW	F-2	Mjög lítið	Mikil	Hólmavatn
11	15	50	100	1,6	SM	F-3	Lítið	Lítill	Norðaustan Hólmavatns
12	6	56	60	2,8	SW-SM	F-2	Mjög lítið	Sæmileg	Norðaustan Hólmavatns
13	13	65	~ 200	~ 15	SM	F-3	Lítið	Fremur lítil	Norðaustan Hólmavatns
14	19	80	~ 250	~ 130	SM	F-3	Lítið	Lítill	Norðaustan Hólmavatns
15	6	33	70	4,9	GW-GM	F-1	Nær ekkert	Mikil	Vatn 416 Innri Brunnadal
16	19	50	~ 300	~ 3	SM	F-3	Lítið	Lítill	Innri Brunnadalur
17	2	43	22	1,6	GW	F-1	Nær ekkert	Mikil	Pingmannadalur
21	28	68	216	0,2	SM	F-3	Lítið	Lítið	Pingmannadalur - jökulruðningur
22	44	85	71	0,2	SM	F-3	Lítið	Lítið	Norðan Krókóttavatns - jökulruðn.
23	94	100	10	2,3	ML	F-4	Nokkuð	Mjög lítið	Vatnsfjörður - deigulmór

TAFLA 2

NÁMUR FYRIR EFNI Í JARÐSTÍFLUR

Staður	Sýni nr.	Áætlað efnismagn	Athugasemdir
1. Flókavatn	1,2,3	2.800 m ³	Meðalvinnsluþýpi 1 m; 80% neðan jarðvatns. Auk þess órannsað efni í áreyrum, e.t.v. 3.000 m ³ .
2. Hólmavatn A	8,9,10	10.000 m ³	Meðalvinnsluþýpi 1,2 m; 80-90% neðan jarðvatns.
3. Hólmavatn B	11,12,13,14	23.000 m ³	Meðalvinnsluþýpi 0,5-0,6 m, 1 m 40%.
4. Vatn 416	15	9.000 m ³	Meðalvinnsluþýpi 1,5 m; 80% neðan jarðvatns.
5. Þingmannadalur A	17	15.000 m ³	Meðalvinnsluþýpi 1-2 m; 95% neðan jarðvatns.
6. Þingmannadalur B	21	80.000 m ³	Jökulruðningur.
7. Norðan Krókóttavatns	22	60.000 m ³	Jökulruðningur
8. Yfirborðsdreif	5,6,7,16	Laust veðrað efni á yfirborði. Lítið efni í námum, en nothæft í vegfyllingu. Meðalvinnsluþýpi 0,4-0,5 m.	

TAFIA 3

Nokkrar magntölur

I TILFALLANDI EFNI

a Efnisnámur:

Kjarnaefni, Þingmannadalur	80.000 m ³	}	Kjarnaefni alls 140.000 m ³
Kjarnaefni, Krókóttavatn	60.000 m ³		
Síuefni, Hólmavatn	33.000 m ³	}	Síuefni alls 60.000 m ³
Síuefni, námur 15 og 17	24.000 m ³		
Síuefni, Flókavatn	3.000 m ³		

b Losað efni:

	Hólmavatn Stífla og inntak	Flókavatn Stífla og skurður	Krókóttavatn Stífla	Kjálkavatn Stífla	Stóra-Eyjarvatn Stífla	Kjálkavatn Veitugöng	Stóra-Eyjarvatn Veitugöng
Gröftur	45.000 m ³	28.000 m ³	44.000 m ³	22.000 m ³	10.900 m ³	2.200 m ³	7.000 m ³
Sprengingar	1.600 m ³	45.000 m ³	12.800 m ³	2.100 m ³		21.200 m ³	36.000 m ³
Hreinsun undir kjarna	12.100 m ³	2.800 m ³	9.750 m ³	4.000 m ³	2.200 m ³		
Hreinsun undir steypu	2.300 m ³	100 m ³	450 m ³	100 m ³	200 m ³		
Alls:	61.000 m ³	76.100 m ³	67.000 m ³	28.200 m ³	13.300 m ³	23.400 m ³	43.000 m ³

Σ = 312.000 m³

II EFNISÞÖRF

Kjarni	35.600 m ³	4.000 m ³	20.900 m ³	22.400 m ³	4.400 m ³	Σ = 87.300 m ³
Síur	27.500 m ³	3.200 m ³	20.600 m ³	17.700 m ³	2.000 m ³	Σ = 71.100 m ³
Stoðfylling	91.900 m ³	6.900 m ³	46.800 m ³	51.200 m ³	10.000 m ³	Σ = 206.800 m ³
Grjótvörn	34.300 m ³	5.900 m ³	35.300 m ³	22.800 m ³	8.600 m ³	Σ = 106.900 m ³

TAFLA 4

VATNSFJARÐARVIRKJUN

Niðurstöður prófa á kjarnaefni

	Jökulruðningur Þingmannadalur Sýni 21	Jökulruðningur Krókottavatn Sýni 22	Méla Vatnsfjörður Sýni 23
Fínefnishlutfall %	30	46	94
Kornarúþyngd γ_k , $t \cdot m^{-3}$	2,98	3,07	3,02
W_{opt} %	9,5	15,4	19,8
Þurr rúþyngd γ_d , $t \cdot m^{-3}$	2,25	1,95	1,78
Rök rúþyngd γ_w , $t \cdot m^{-3}$	2,46	2,25	2,13
Minnsta lekt k , $cm \cdot sek^{-1}$	2×10^{-7}	$4,5 \times 10^{-7}$	7×10^{-7}
Mettun S við W_{opt} , %	87	83	87
Núningshorn - virkt ϕ	37,2		
Samloðun - virk C^1 , $kg \cdot cm^{-3}$	0,23		
Samþjöppunarstuðull C_v , $cm^2 \cdot min^{-1}$	107		
Póruþrýstistuðull B	0,28		

Rannsókn nr. H76/1109...

S Ú L F A T P R Ó F U N .

(Fed. Spec. CRD-C115, MgSO₄)

Kýrholt H77/171

Möskva- stærð	% á sigti	Fyrir prófun g		Eftir prófun g		Tap %		Útreiknað tap %	
		próf 1	próf 2	próf 1	próf 2	próf 1	próf 2	próf 1	próf 2
Sigti nr. 4-8	25,4	100		90,0		10,0		2,5	
" " 8-16	29,6	100		93,9		6,1		1,8	
" " 16-30	25,3	100		92,2		7,8		2,0	
" " 30-50	19,7	100		91,9		8,1		1,6	
100,0						Heildartap %		7,9	
						Meðaltal %			

Langholt H77/173

Sigti nr. 4-8	35,5	100		78,9		21,1		7,5	
" " 8-16	32,9	100		85,4		14,6		4,8	
" " 16-30	19,7	100		82,2		17,8		3,5	
" " 30-50	11,9	100		80,9		19,1		2,3	
						Heildartap %		18,1	
						Meðaltal %			

						Heildartap %			
						Meðaltal %			

						Heildartap %			
						Meðaltal %			

Kannsóknastofnun Byggingariðneðarins



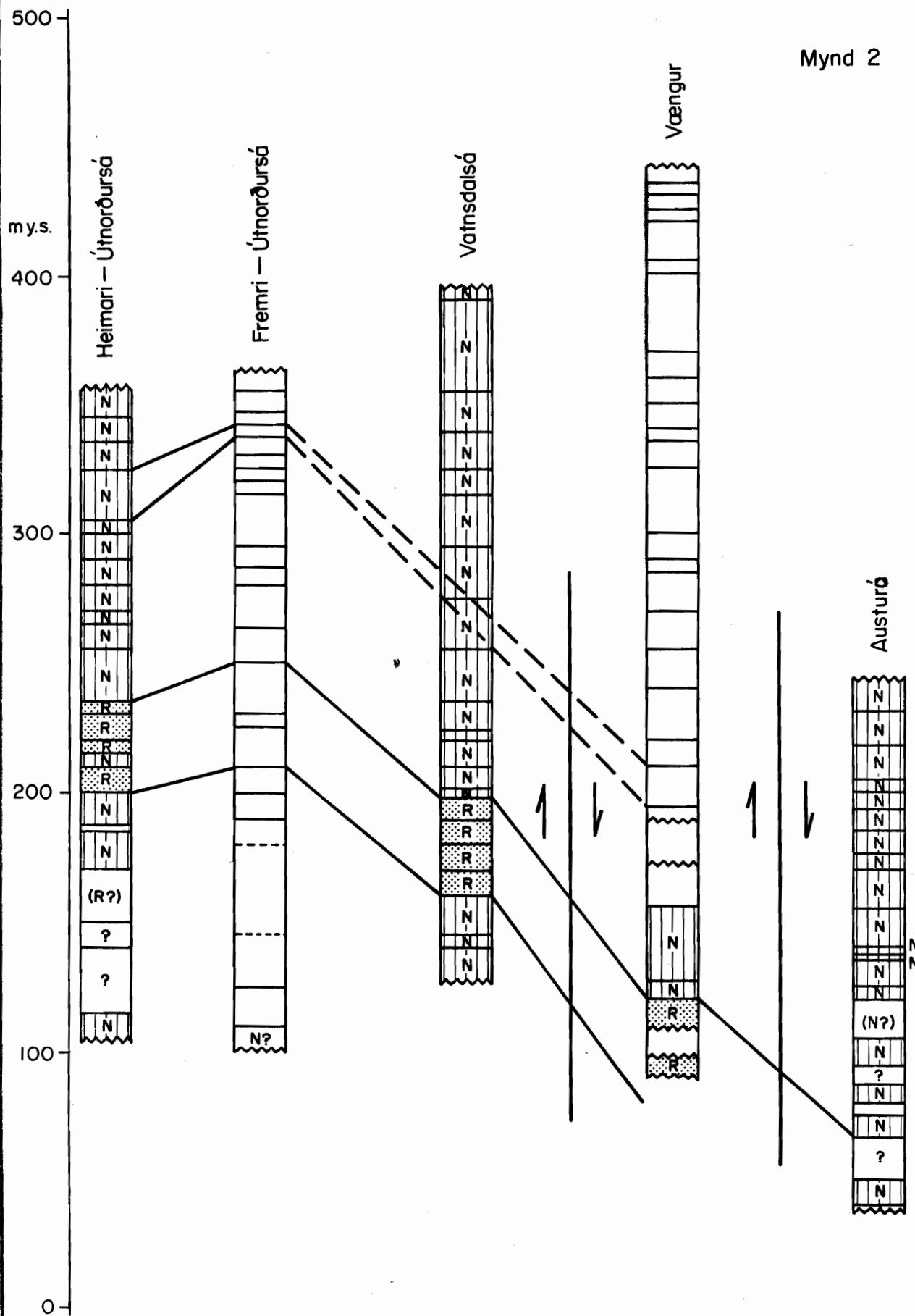
VATNSFJARÐARVIRKJUN
Staðsetningarkort

Mynd I





VATNSFJARÐARVIRKJUN
Jarðlagasnið úr Vatnsdal V-Barð.





ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

VATNSFJARÐARVIRKJUN

Jarðlagasnið meðfram Austurá í Vatnsdal V-Barð.

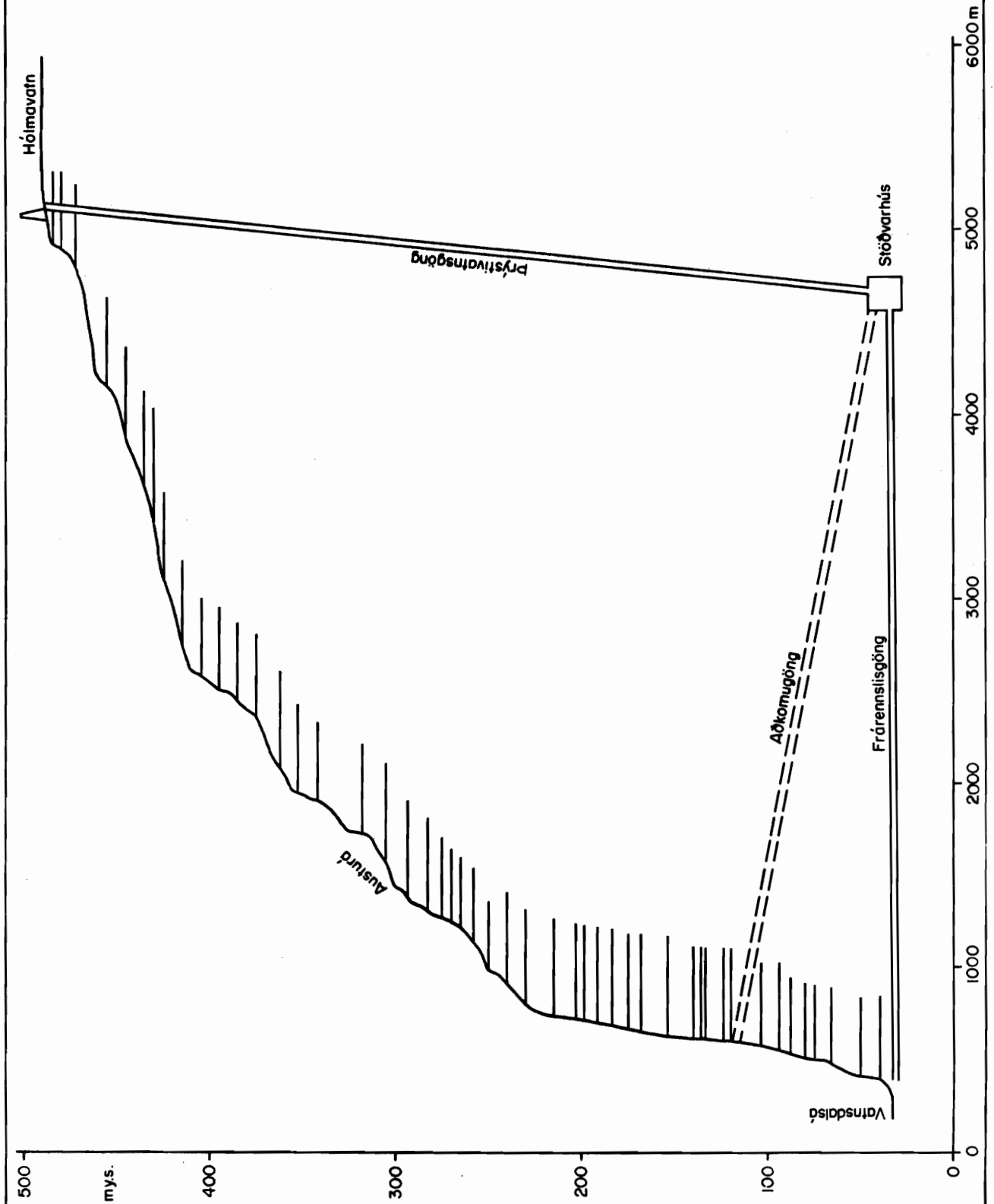
77.05.20. OS/GSJ

T. 166

B-19

F. 15676

Mynd 3





ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

VATNSFJARÐARVIRKJUN

Jarðlagasnið á gangaleiðum milli Kjálkavatns og Hólma-
vatns; Stóra-Eyjarvatn og Vatnsdalsár

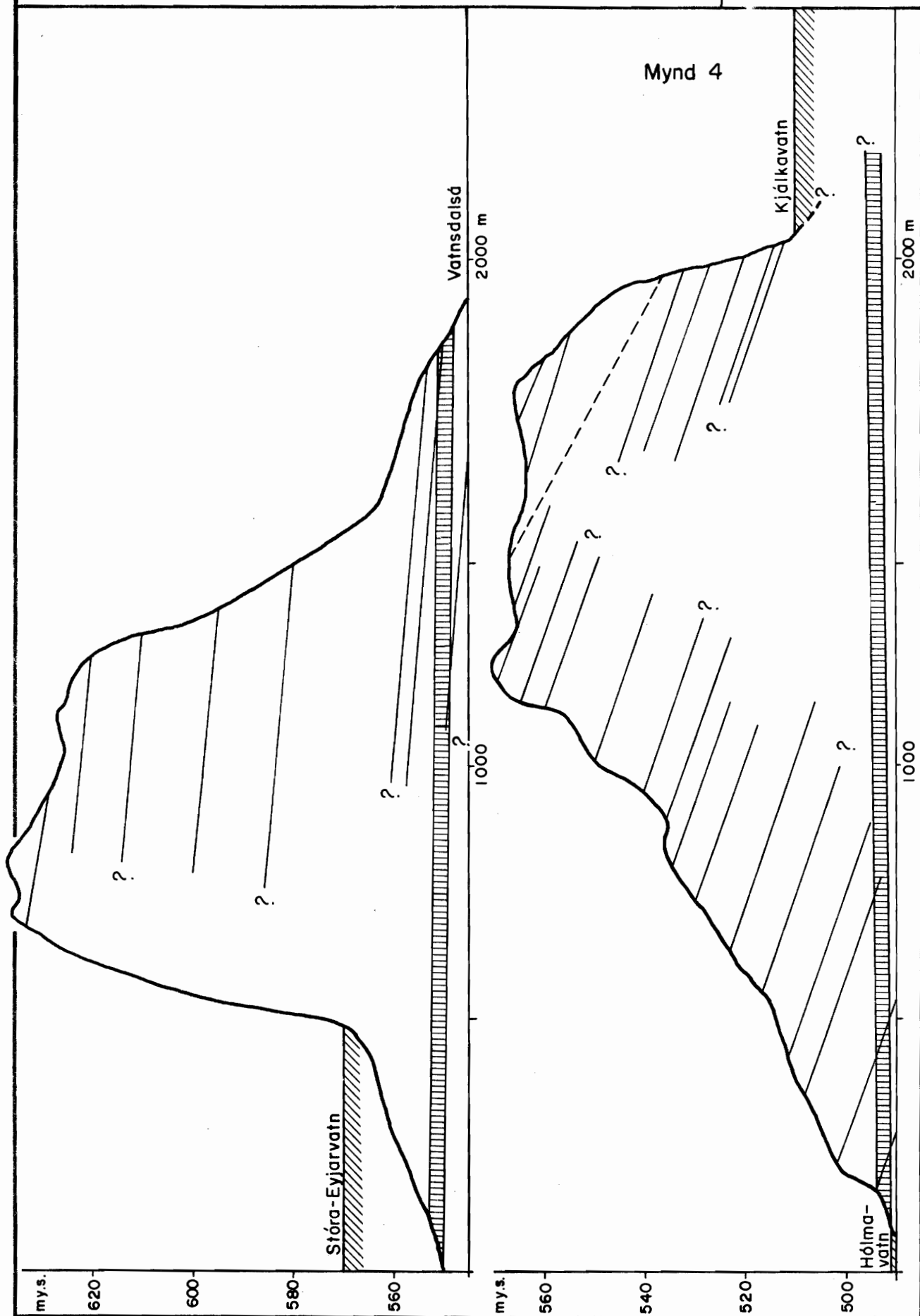
77-05-20. O.S./Ó.D.

T. 167

B-19

F. 15677

Mynd 4

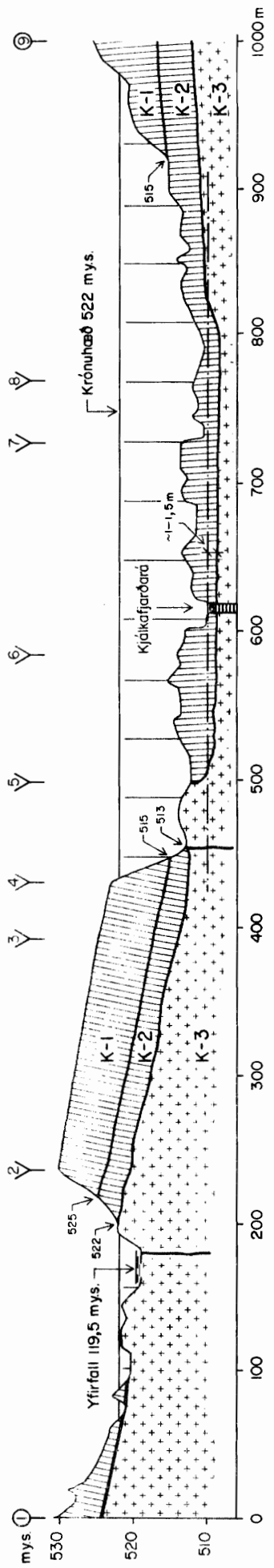


KJÁLKAVATN

SSA | NVN

ASA | SV

NA

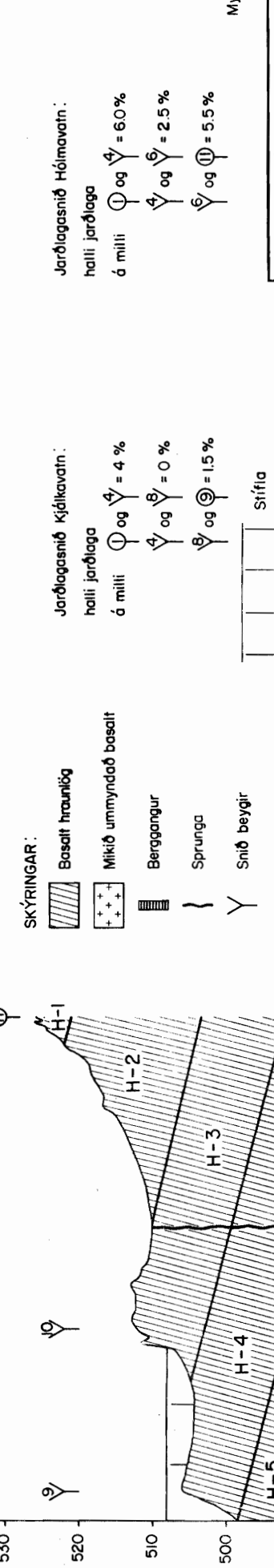
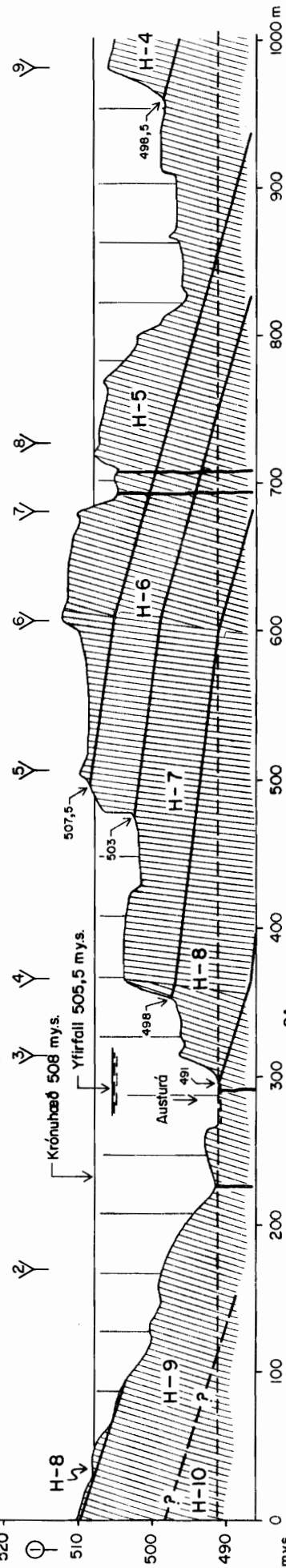


HÓLMAVATN

NV

SA

NA



SKÝRINGAR:

- Basalt hraunlög
- Mikil ummyndað basalt
- Bergangur
- Sprunga
- Snið beygir

- Jarðlagasnið Hólmavatn:
- hali jarðlaga á milli \odot og \odot = 6.0%
 - \odot og \odot = 2.5%
 - \odot og \odot = 5.5%

- Jarðlagasnið Kjálkavatn:
- hali jarðlaga á milli \odot og \odot = 4%
 - \odot og \odot = 0%
 - \odot og \odot = 1.5%

- Stífla

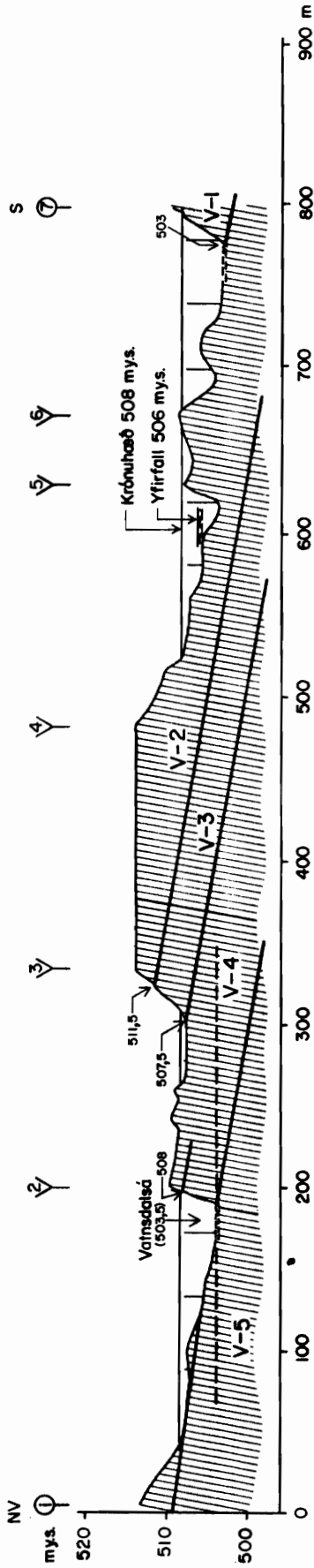
- Vatnsborð Hólmavatns 491 mys.
- - - - Vatnsborð Kjálkavatns 510,5 mys.

H-1-H-10 og K-1-K-3:
einkennisstafir fyrir hraunlögin
↙ 525 Hæð lagmóta mys.

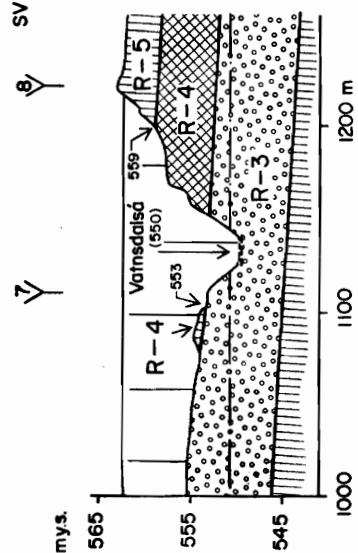
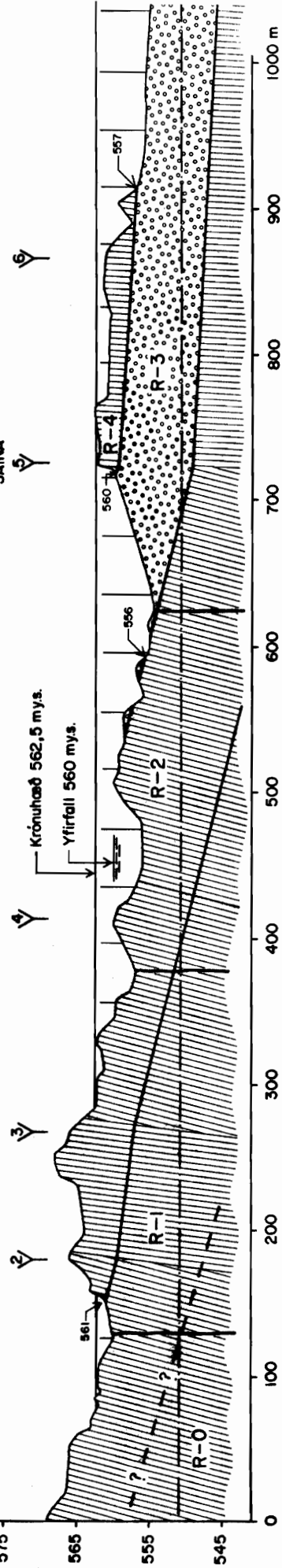
Mynd 5

ORKUSTOFNUN
 VATNSFJARDARVIRKJUN
 Jarðlagasnið — Stíflustæði
 76. Des. SP/GSJ JT 150
 B-19 F. 15080

FLÓKAVATN



KRÓKÓTTAVATN



SKÝRINGAR:

- Biórótt basalt (R-3)
- Kubbaberg (R-4)
- Basalt hraunlög
- Sprungu
- Sníð beygir

Jarðlagasnið Krókóttavatn:

- hali jarðlaga á sníði á milli og = 5%
- Hæðir lagmóta m.s.
- Vatnsborð Flókavats 504 m.s.
- Vatnsborð Krókóttavats 551 m.s.

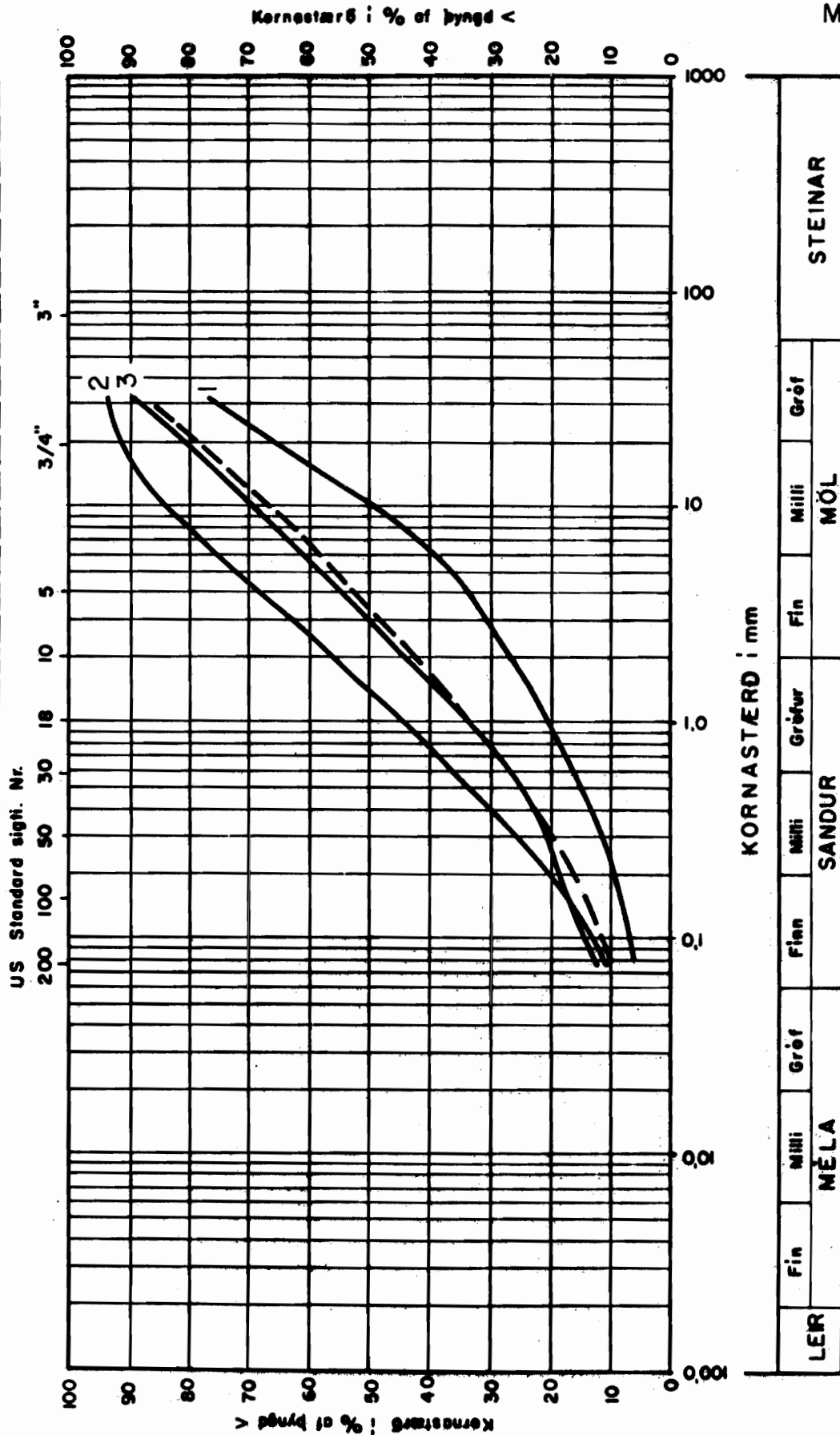
Jarðlagasnið Flókavatn:

- hali jarðlaga á sníði 3-4%

Mynd 6

VATNSFJARÐARVIRKJUN
Rannsókn á kornastærðum

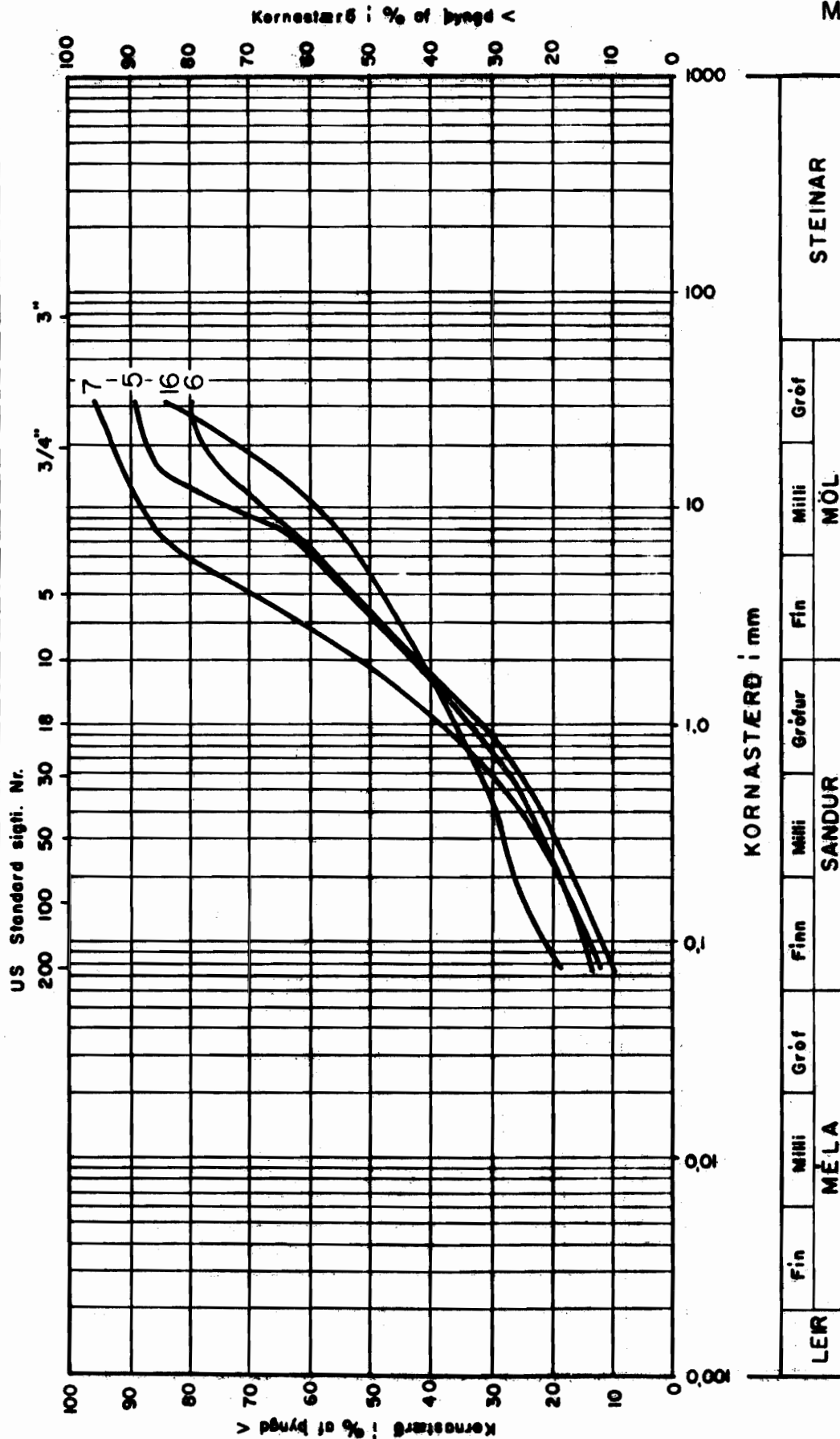
Mynd 7



SÝNISHORN No. 1, 2 og 3 Jarðvegur við Flókavatn

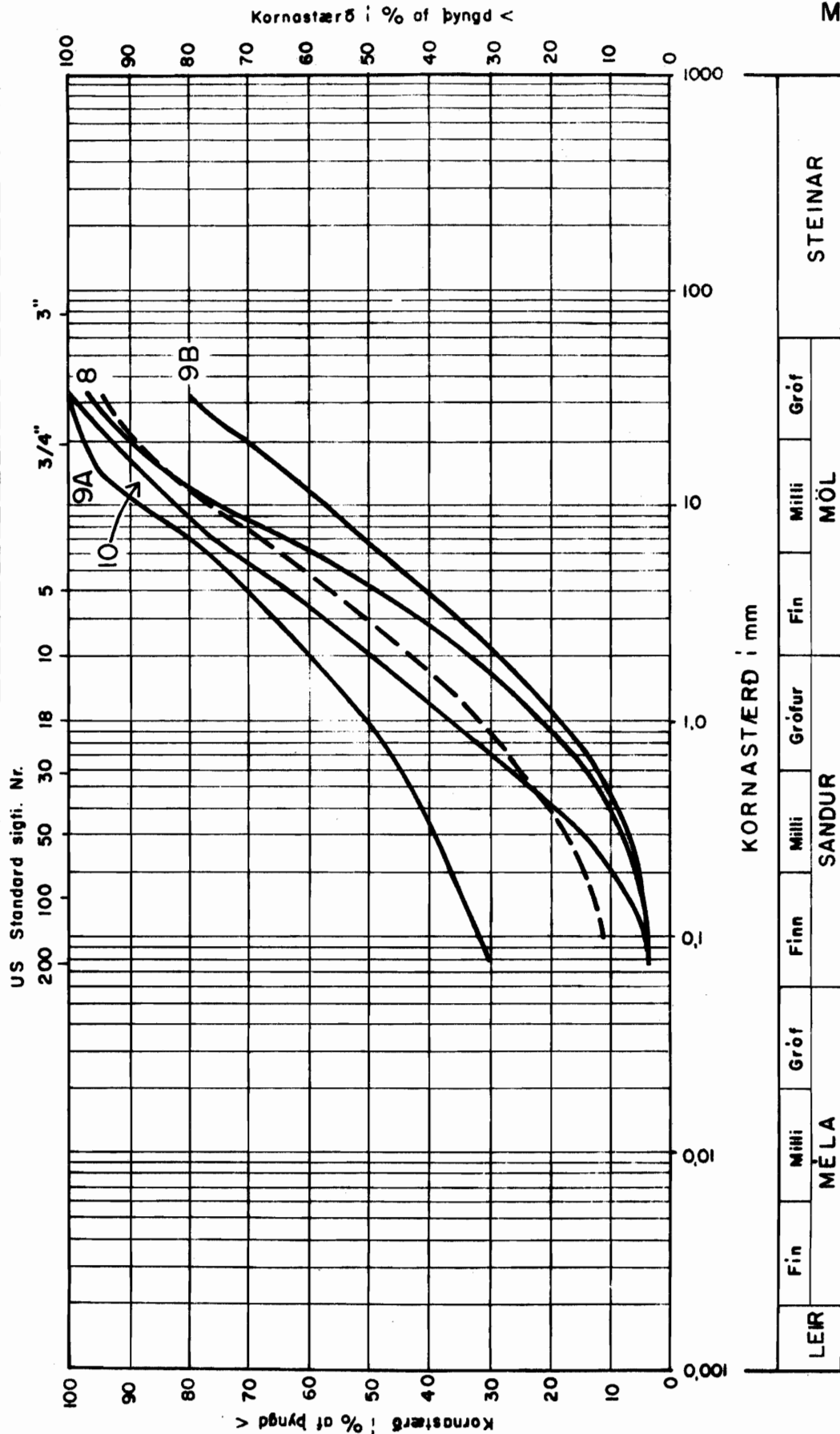
--- Brotna línan táknar meðaltal ferlanna

Mynd 8



SÝNISHORN 5,6,7 og 16 - Jarðvegur á holtum og á bergstöllum

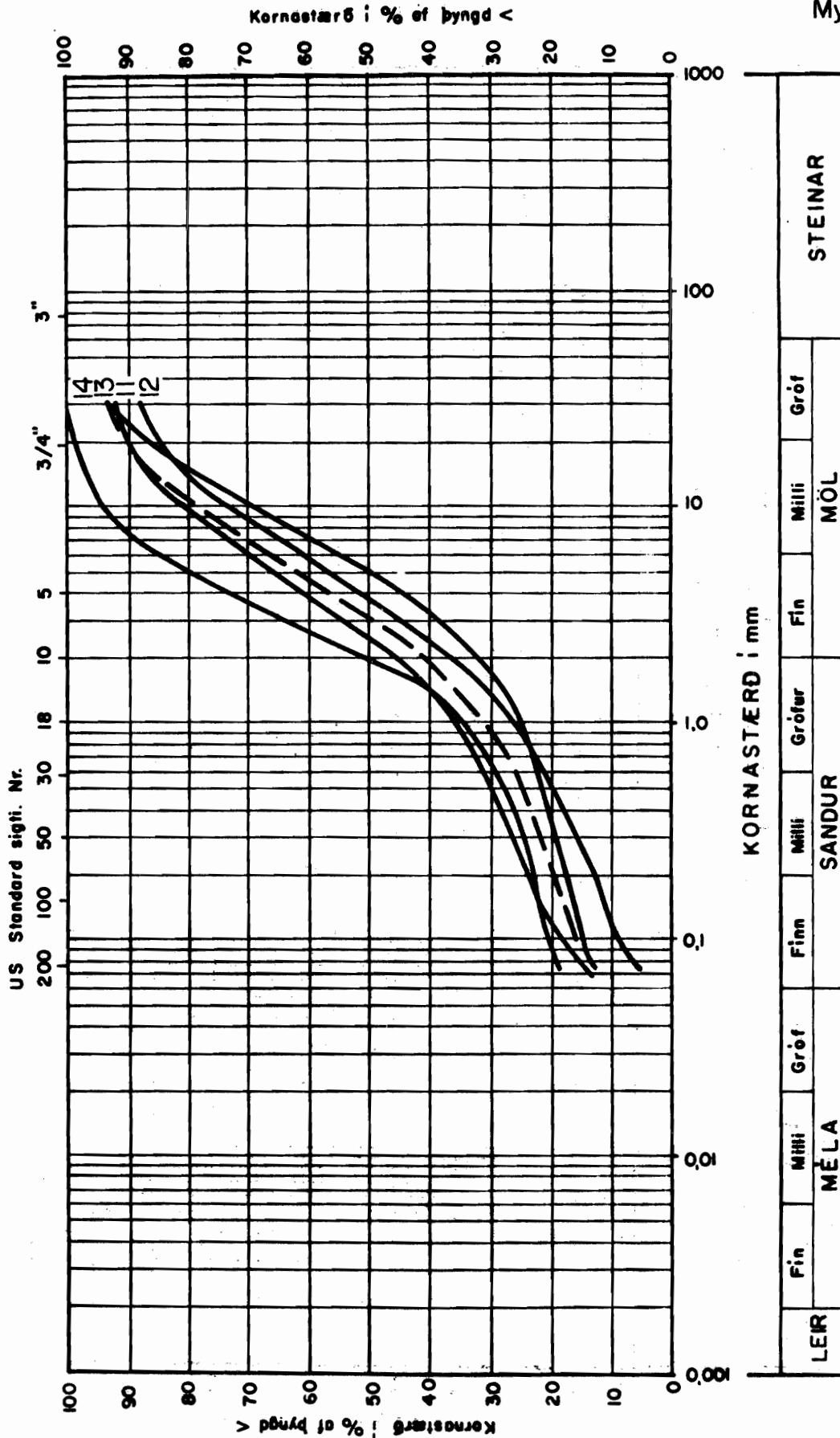
Mynd 9



SÝNISHORN No. 8, 9A, 9B og 10 - Jarðvegur í lautum við SA - enda Hólmavatns

----- Brotna línan táknar meðaltal ferlanna

Mynd 10



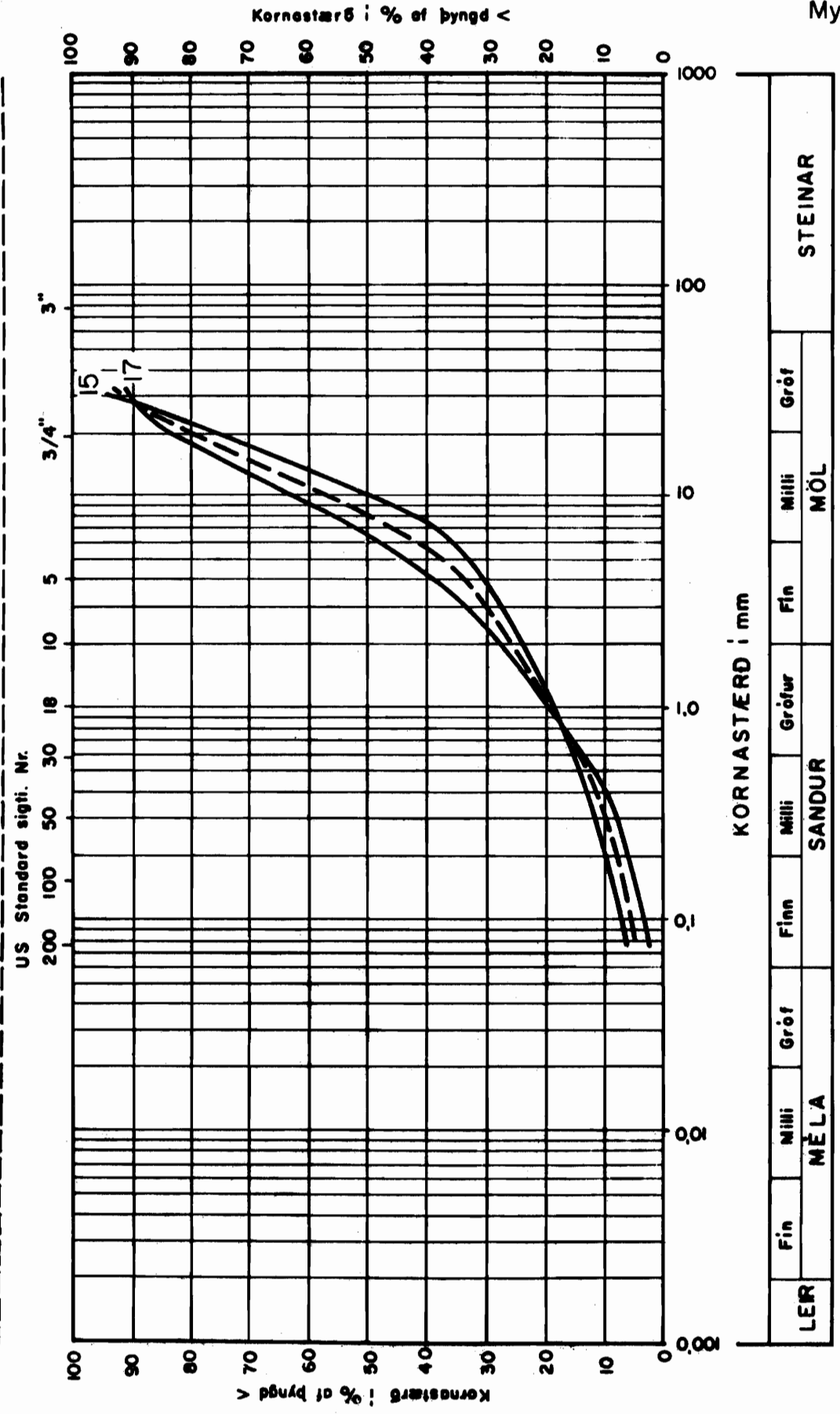
VATNSFJARÐARVIRKJUN
Rannsókn á kornastærðum

T. 172

B - 19

F. 15682

Mynd II



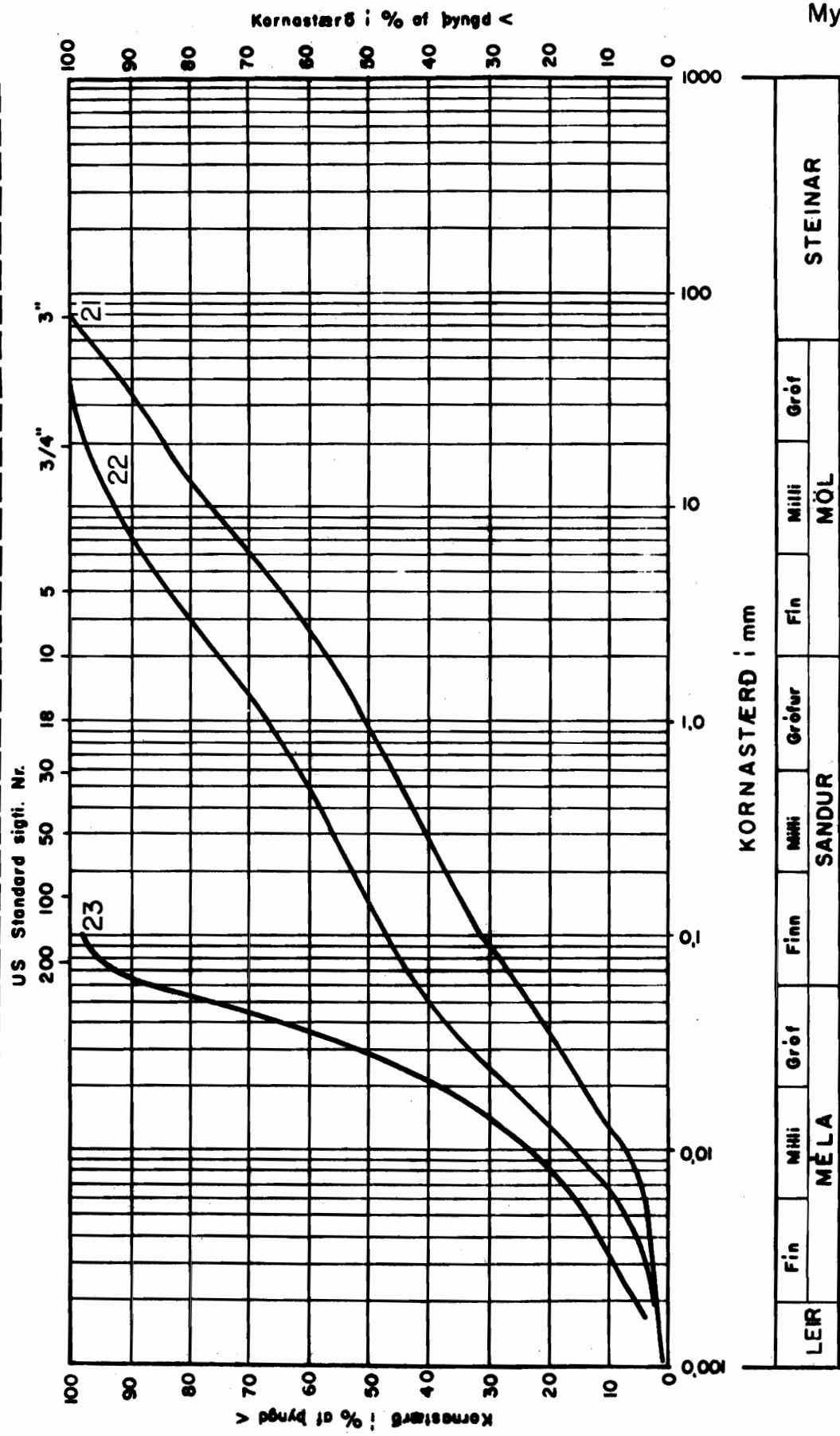
VATNSFJARÐARVIRKJUN
Rannsókn á kornastærðum

T. 173

B-19

F. 15683

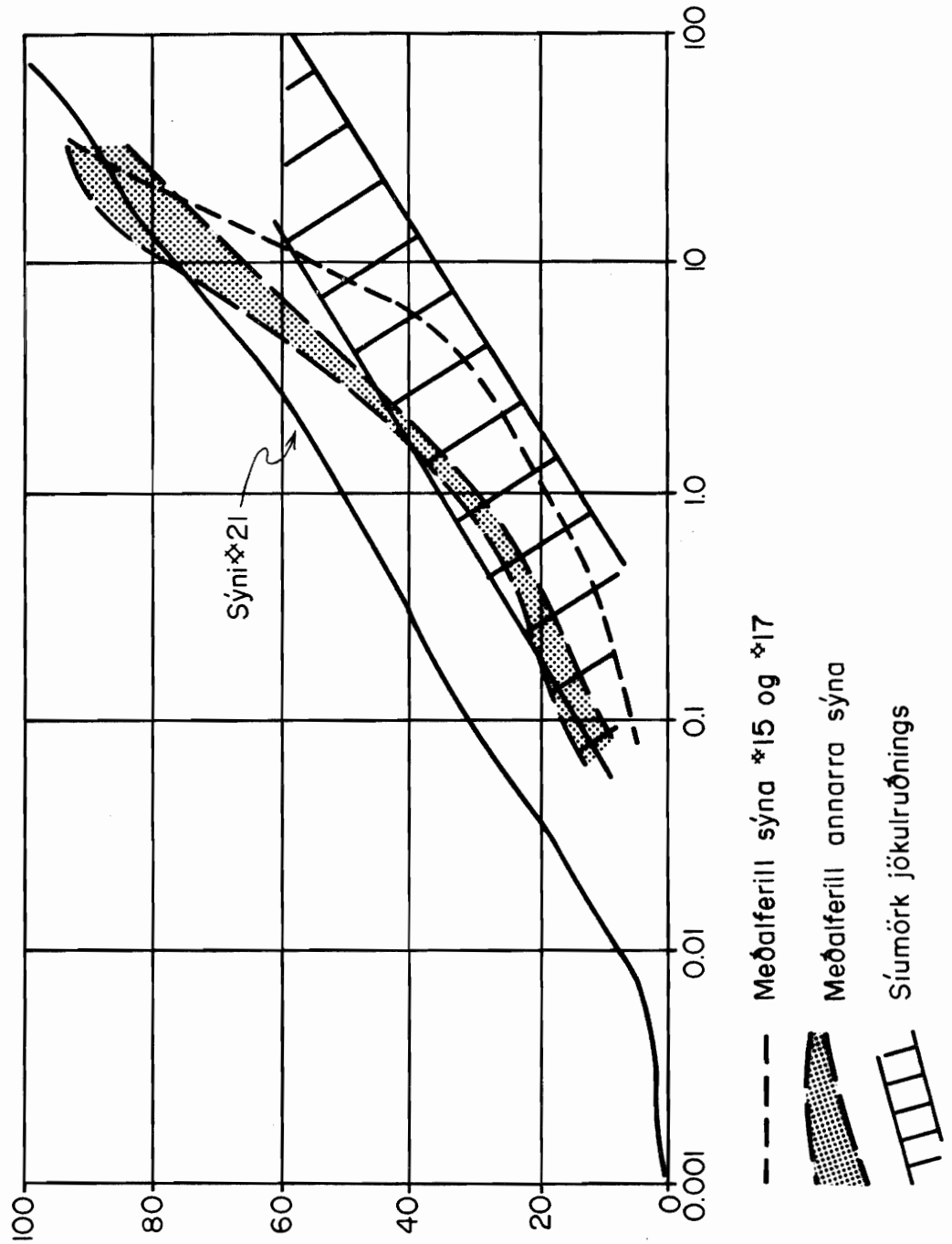
Mynd 12





Kornadreifing síuefna
og síumörk jökulruðnings

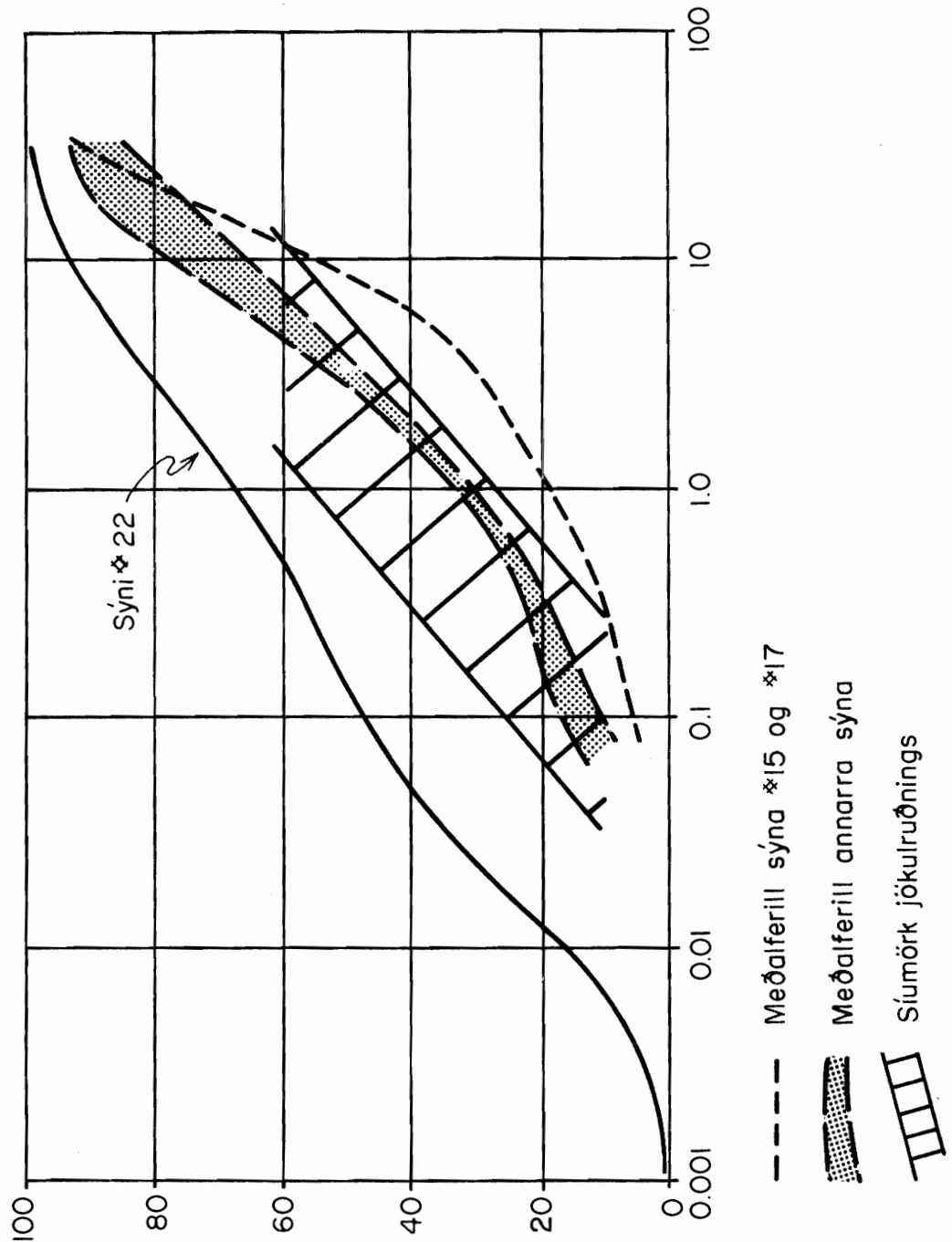
Mynd 13



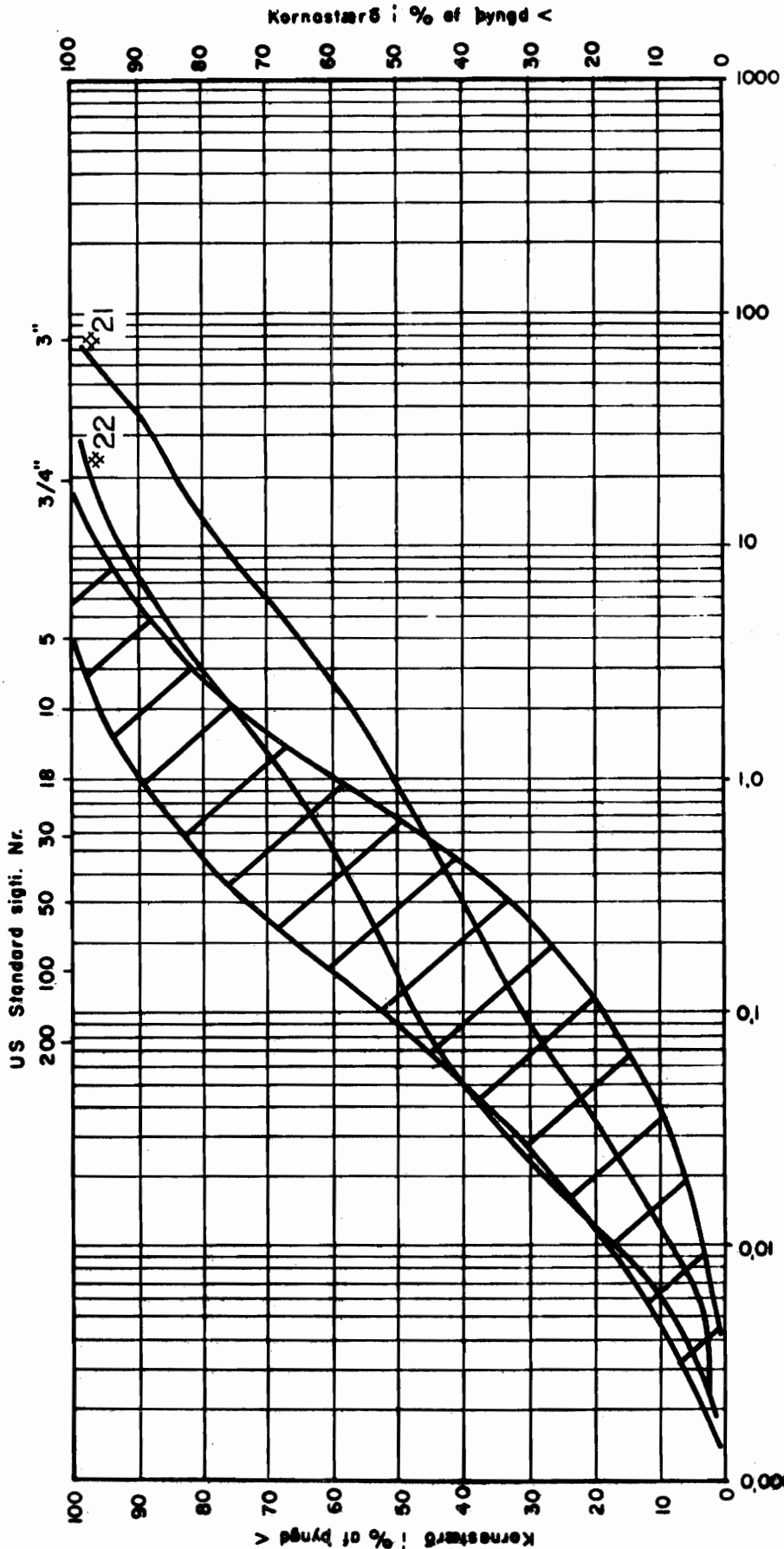


Kornadreifing síufni
og síumörk jökulruðnings

Mynd 14



Mynd 15



KORNASTÆRÐ í mm

LER	Fin	Milli	Gróf	Fin	Gróf	Fin	Gróf	Fin	Gróf	STEINAR	
	MÉLA				SANDUR				MÖL		

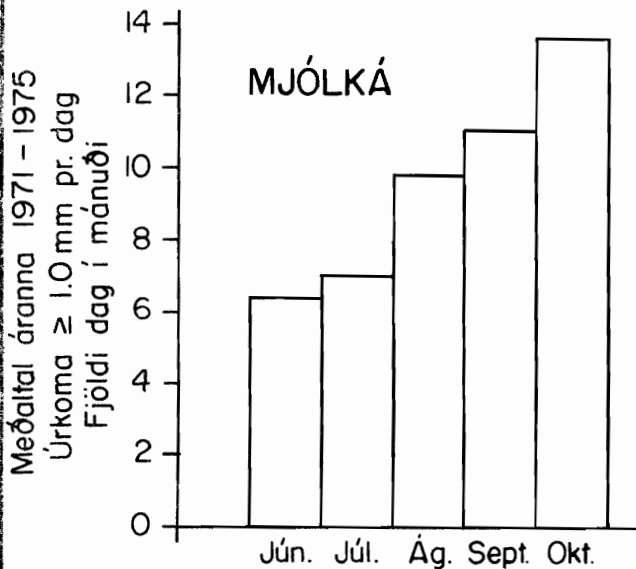
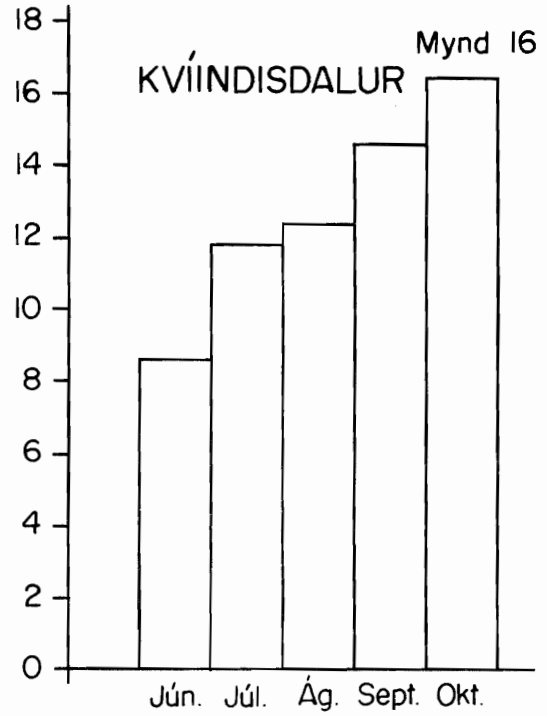
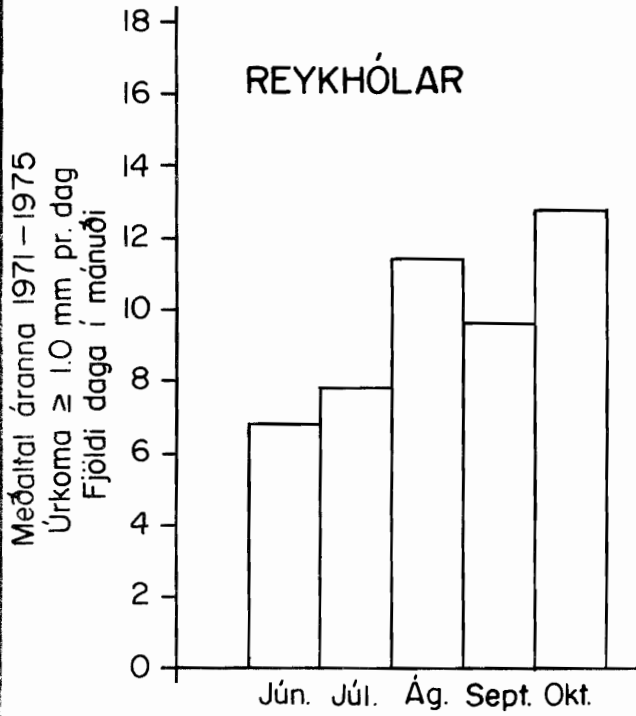
Algengustu kornastærðarmörk fyrir jökulruðning, sem enn hefur verið notaður við votpökkun

í Svíþjóð. Jökulruðningssýni *21 og *22 til viðmiðunar.



VATNSFJARÐARVIRKJUN

Tíðni og magn úrkomu, og meðalhiti



1931 - 1960	MEÐHITI °C				
	Jún.	Júl.	Ág.	Sept.	Okt.
REYKHÓLAR	8.5	10.3	9.8	7.7	4.3
KVÍINDISDALUR	8.2	9.8	9.4	7.7	4.3
HÓLMAVATN	5.3	7.0	6.6	4.7	1.3

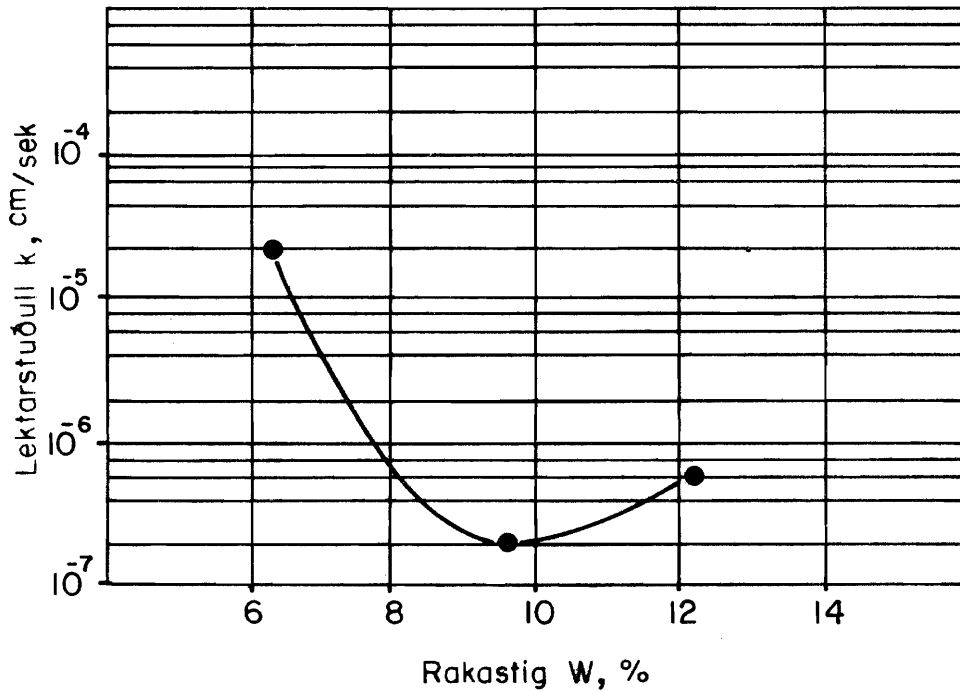
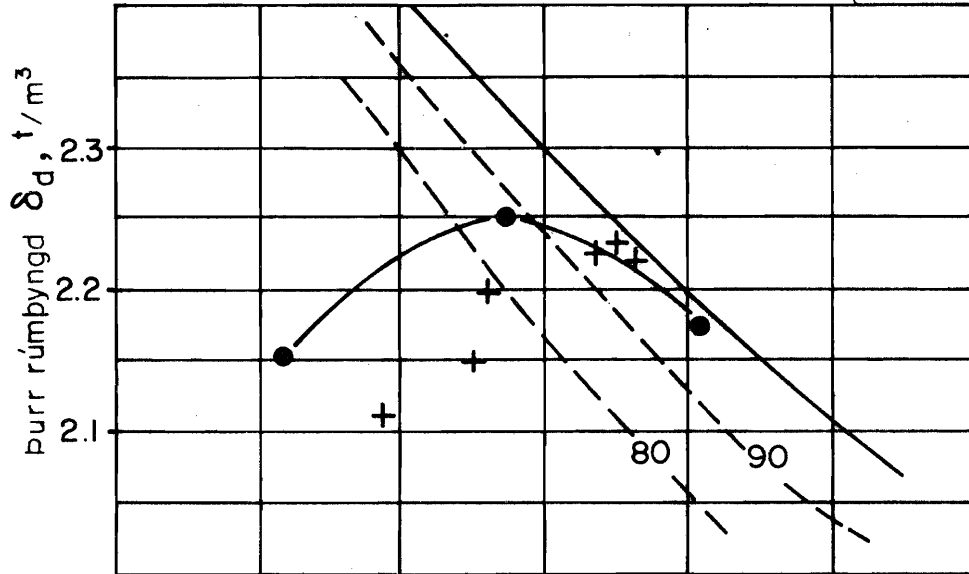
1931 - 1960	MEÐALÚRKOMA mm				
	Jún.	Júl.	Ág.	Sept.	Okt.
REYKHÓLAR	36	38	50	71	78
KVÍINDISDALUR	63	61	97	159	168
MJÓLKÁ (1975)	64	26	48	46	53



VATNSFJARÐARVIRKJUN
ÞJÖPPUNARPRÓF – LEKTARPRÓF

Þingmannadalur – jökulruðningur
Proctor Standard

Mynd 17



W_{opt} % : 9.5

δ_d hæsta gildi t/m³ : 2.25

k lægsta gildi cm/sek: 2×10^{-7}

Kornarúmpyngd t/m³ : 2.98

● Þjöppunarpróf

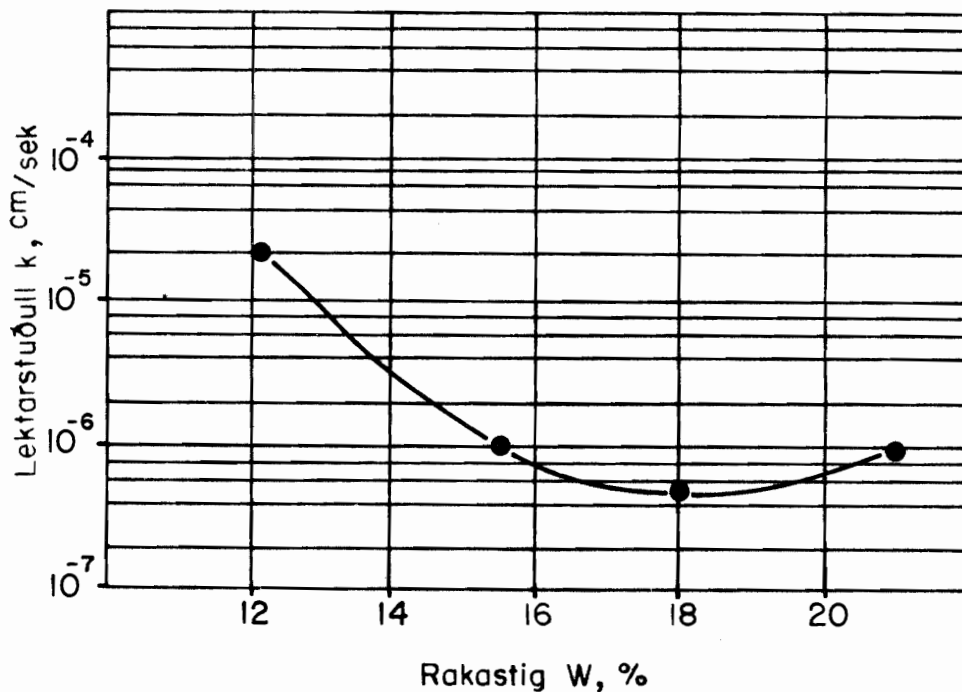
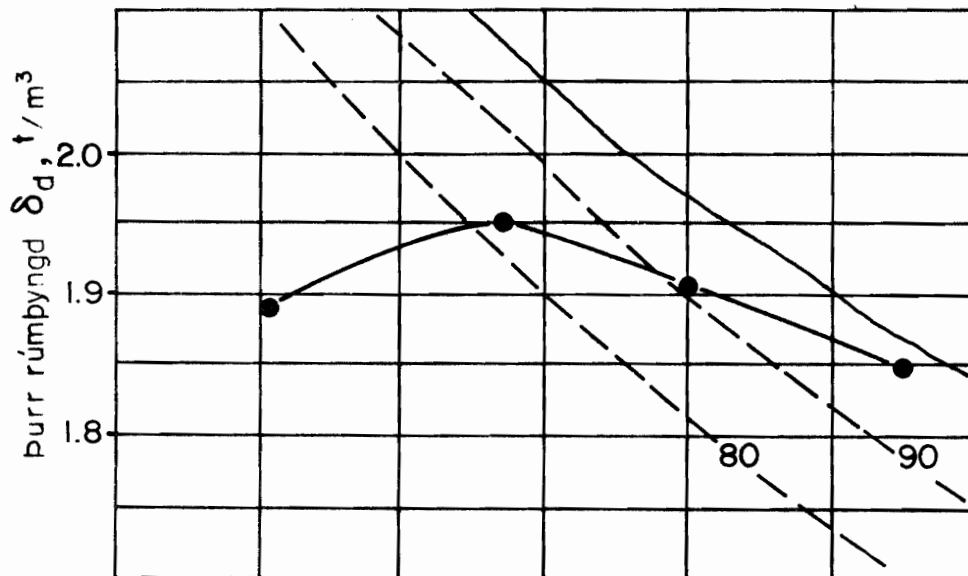
+ Þríasapróf



VATNSFJARÐARVIRKJUN
ÞJÖPPUNARPRÓF – LEKTARPRÓF

Mynd 18

Krókóttavatn – jökulruðningur
Proctor Standard



W_{opt} % : 15.4

δ_d hæsta gildi t/m³ : 1.95

K lægsta gildi cm/sek: 4.5×10^{-7}

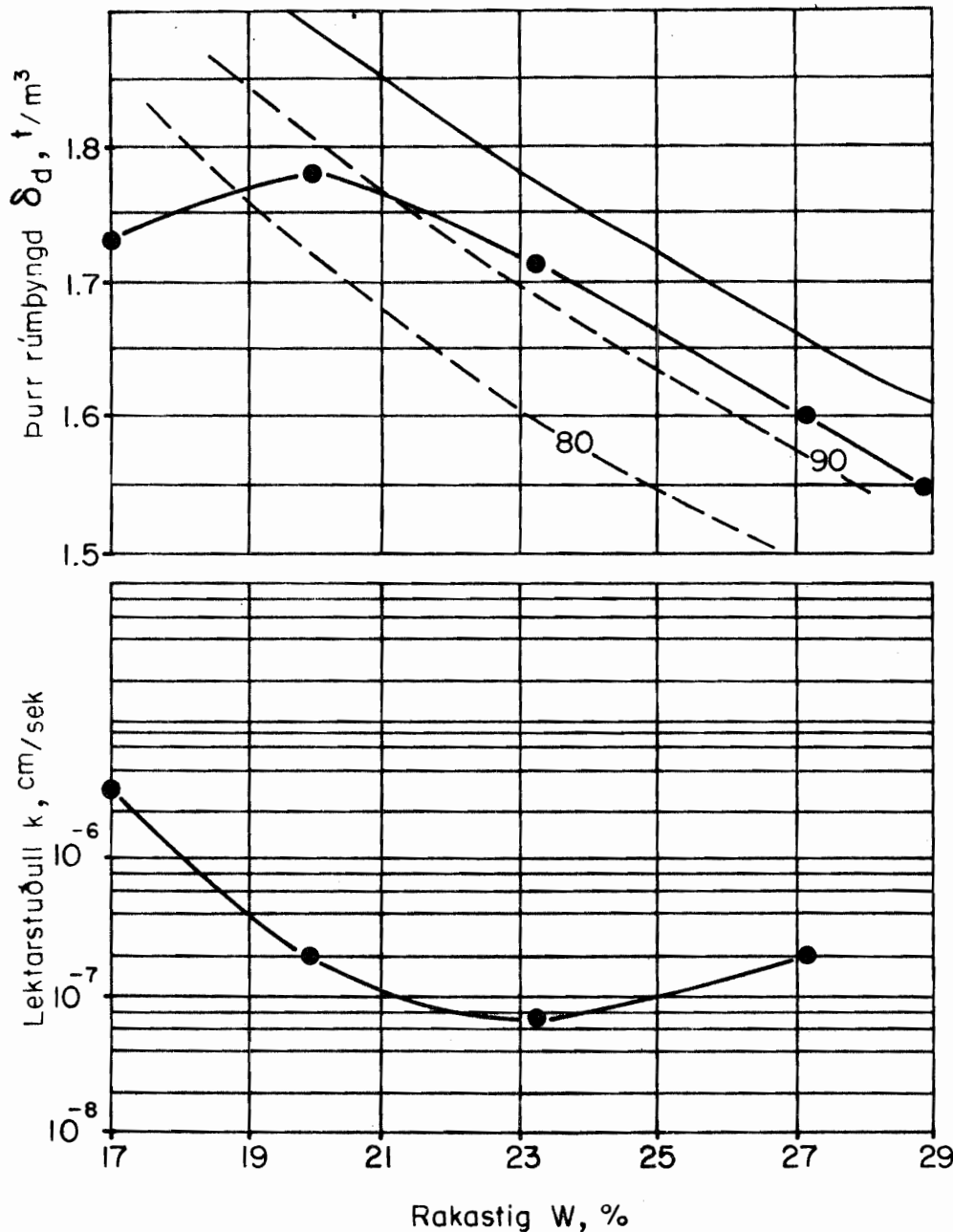
Kornarúmpyngd t/m³ : 3.07



VATNSFJARÐARVIRKJUN
ÞJÖPPUNARPRÓF - LEKTARPRÓF

Mynd 19

Vatnsfjörður - méla
Proctor Standard

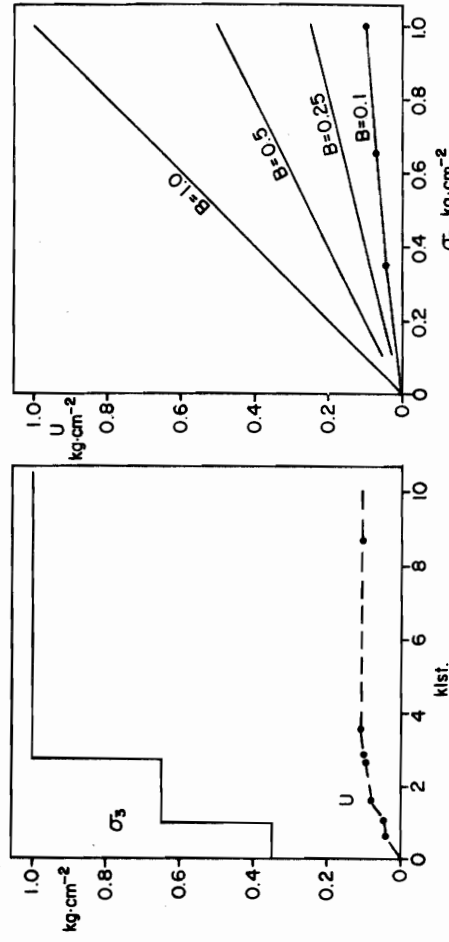
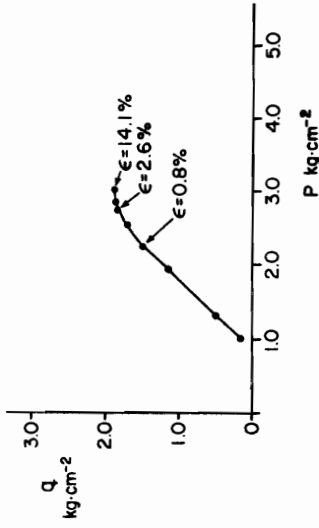
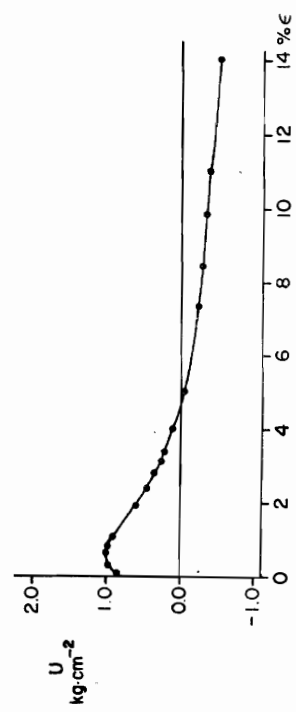
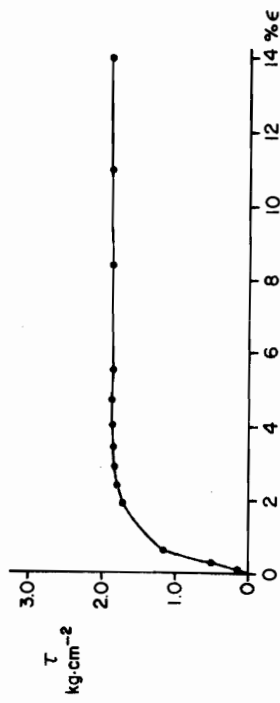
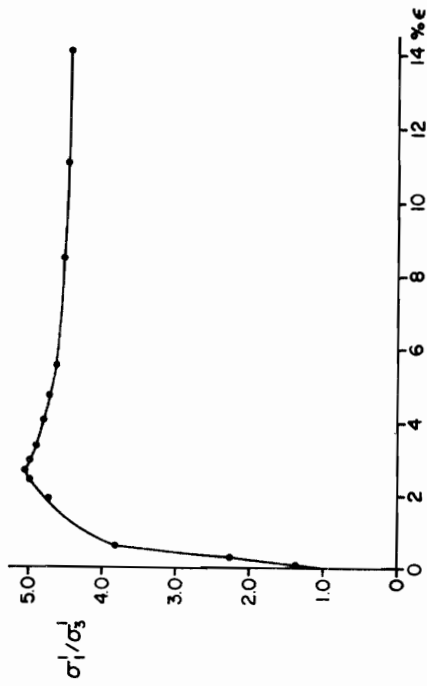


$W_{opt} \% : 19.8$

δ_d hæsta gildi $t/m^3 : 1.78$

K lægsta gildi $cm/sec : 7 \times 10^{-8}$

Kornarúmpyngd $t/m^3 : 3.02$



SÝNI	UU-1
PURR RÚMPYNGD t·m ⁻³	2.20
RAKASTIG	% 9.2
METTUN	% 74.6

HOLRÝMD	% 27.1
PORUTALA	% 37.2
HLIÐARÞRÝST. kg.cm ⁻²	3.0
MÓTPRÝSTINGUR kg.cm ⁻²	2.0

σ_1/σ_3 - BRÖT	5.03
τ - BRÖT kg.cm ⁻²	1.85
U - BRÖT kg.cm ⁻²	0.09

Mynd 20

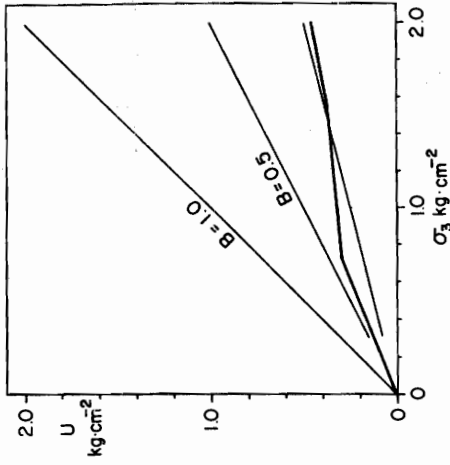
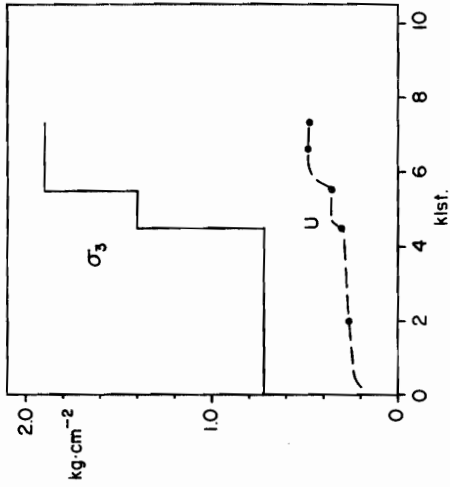
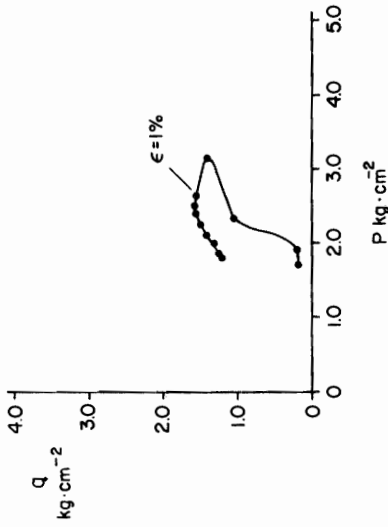
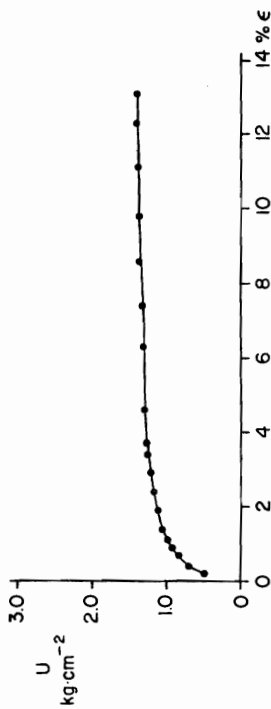
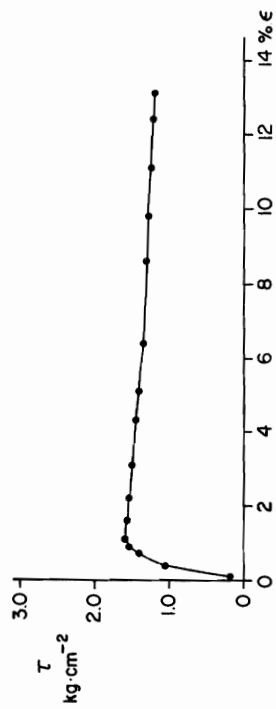
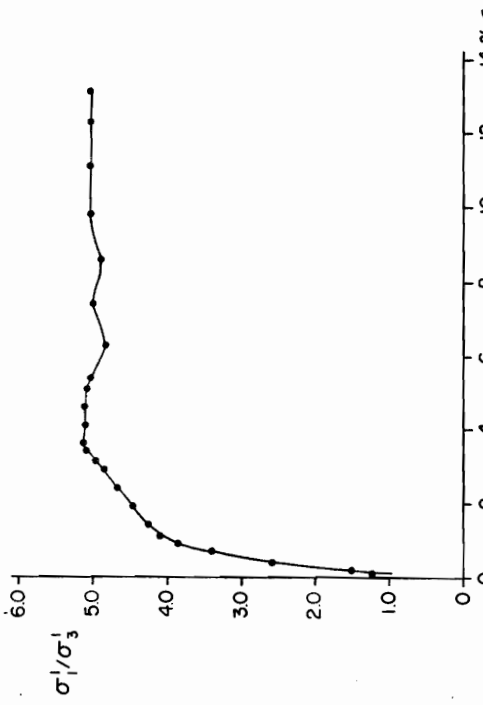
ORKUSTOFNUN

VATNSFJARDARVIRKJUN

Þrísapróf UU-1

T.156
B-19

F. 15551



SÝNI	UU-2
ÞURR RÚMÞYNGD t·m ³	2.15
RAKASTIG %	9.0
METTUN %	68.2

HOLRÝMD	%	28.5
PORUTALA	%	39.9
HLIÐARÞRÝST. kg·cm ⁻²		4.0
MÓTRÝSTINGUR kg·cm ⁻²		2.0

SAMÞJÖPPUN % - klist.	2
σ_1 / σ_3 - BROT	5.13
τ - BROT kg·cm ⁻²	1.49
U - BROT kg·cm ⁻²	1.28

Mýnd 2I

ORKUSTOFNUN

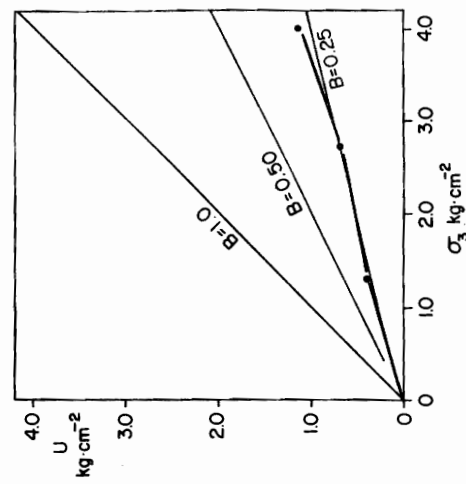
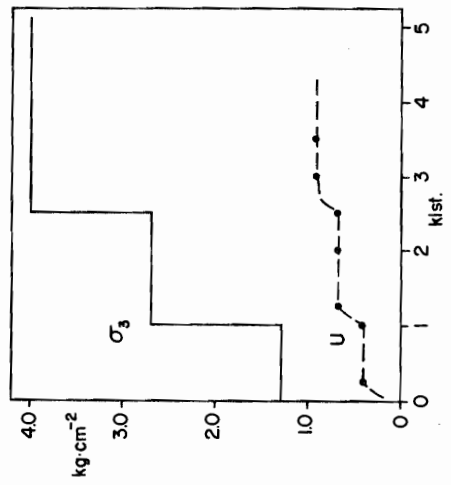
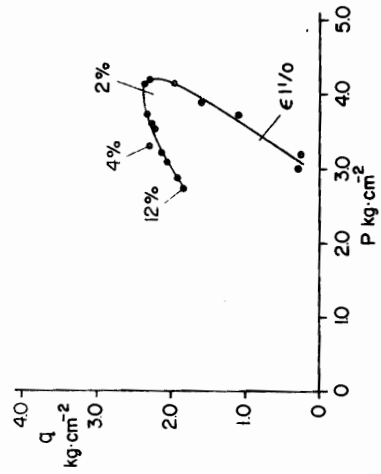
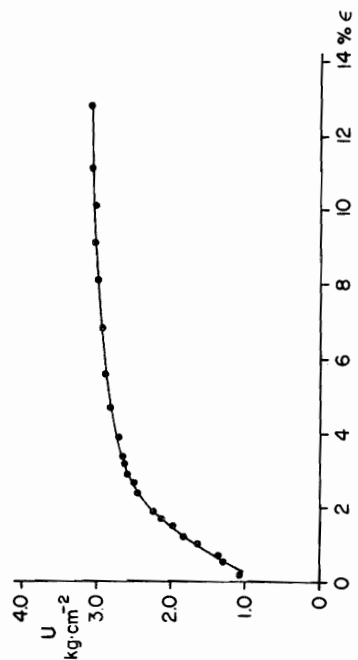
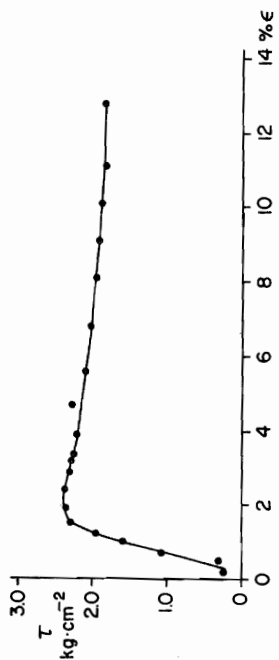
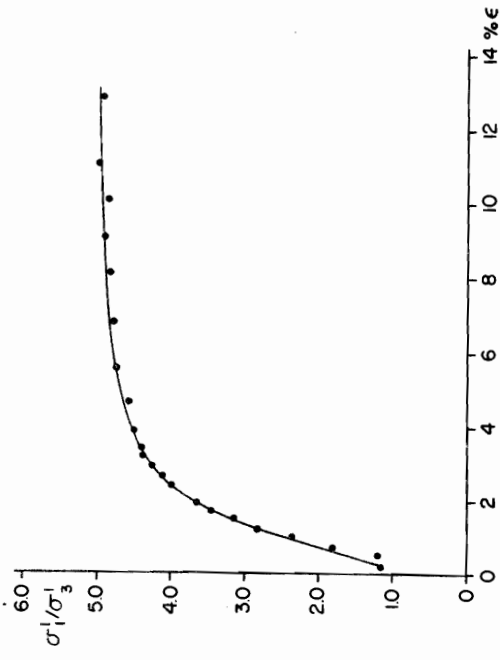
VATNSFJARÐARVIRKJUN

Þrúðsapróf UU-2

7704.06.SP/GSJ I.197

B-19

F. 15552

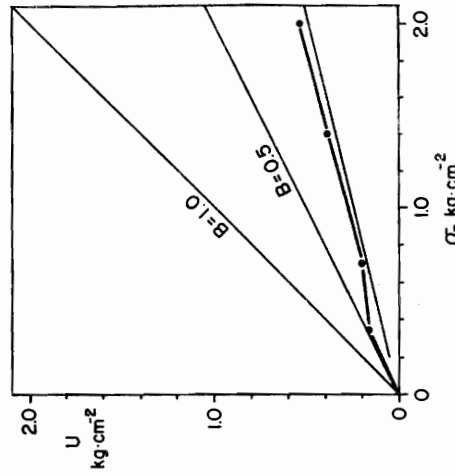
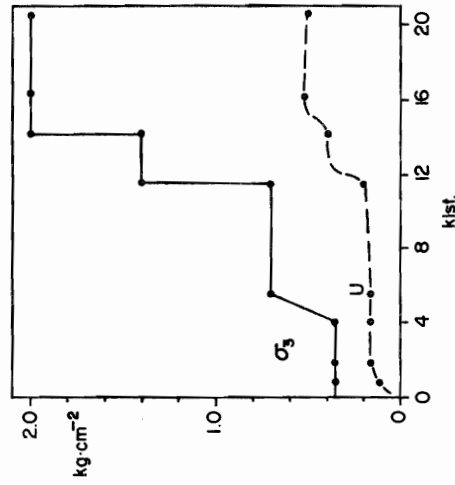
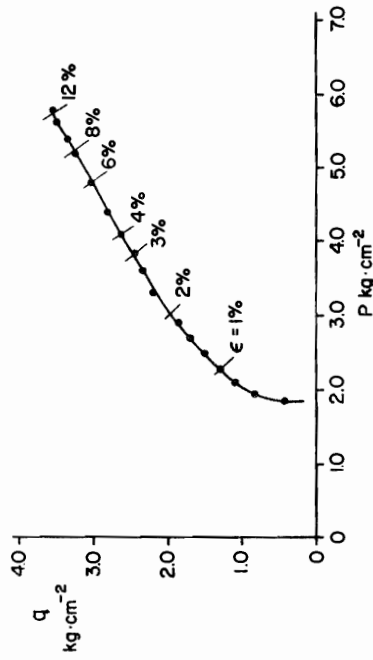
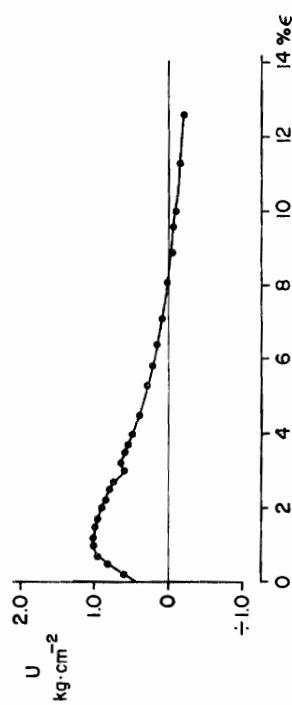
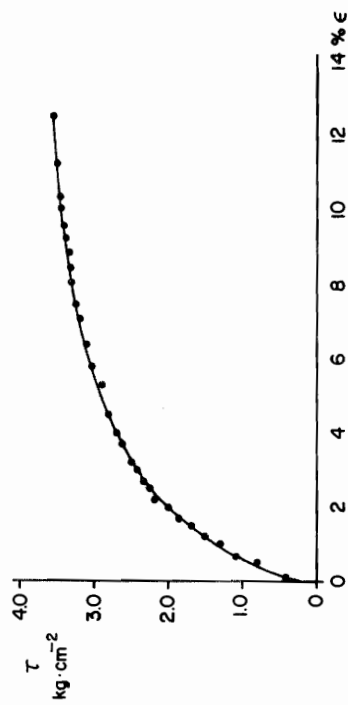
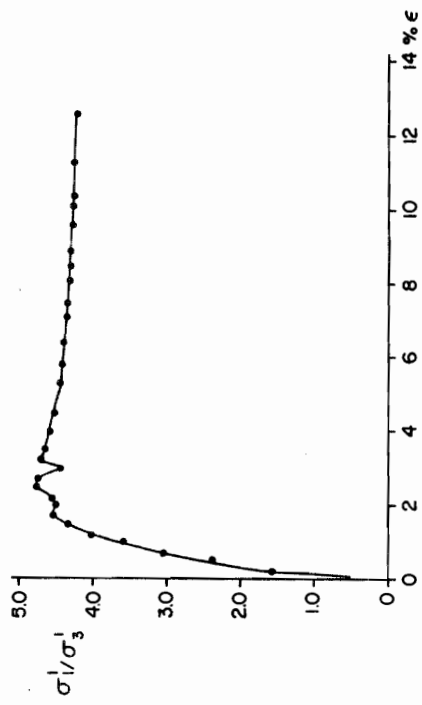


SÝNI	UU-3
ÞURR RÚMÞYNGD t·m ³	2.13
RAKASTIG %	7.8
METTUN %	56.5

HOLRÝMD	%	29.4
PORUTALA	%	41.6
HLIDARÞRÝST	kg·cm ⁻²	6.0
MÓTÞRÝSTINGUR	kg·cm ⁻²	2.0

SAMBJÖPPUN %-klst	2
σ_1/σ_3 -BROT	4.00
T-BROT	kg·cm ⁻² 2.36
U-BROT	kg·cm ⁻² 2.42

Mynd 22



SÝNI	UU-4
PURR RÚMPYNGD	$t \cdot m^{-3}$ 2.23
RAKASTIG	% 11.0
METTUN	% 94.7

HOLRÝMD	%	26.0
FORUTALA	%	35.1
HLIDARPRÝST.	$kg \cdot cm^{-2}$	4.0
MÓTPRÝSTINGUR	$kg \cdot cm^{-2}$	2.0

SAMBJÖPPUN	% - kist.	2
$\sigma_1 / \sigma_3 - BROT$	$kg \cdot cm^{-2}$	4.76
$\tau - BROT$	$kg \cdot cm^{-2}$	2.25
$U - BROT$	$kg \cdot cm^{-2}$	0.81

Mynd 23

ORKUSTOFNUN

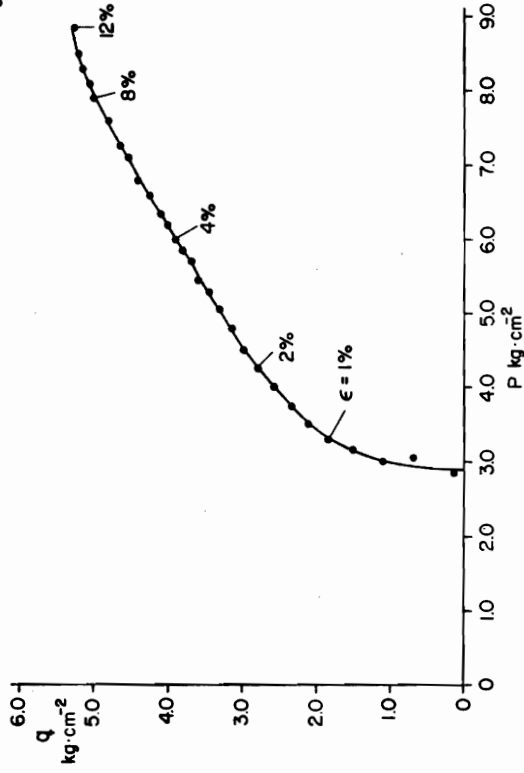
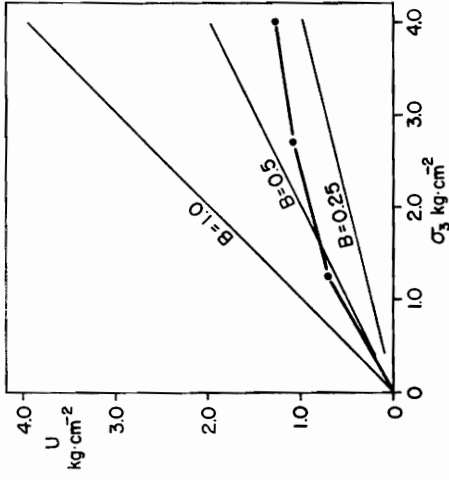
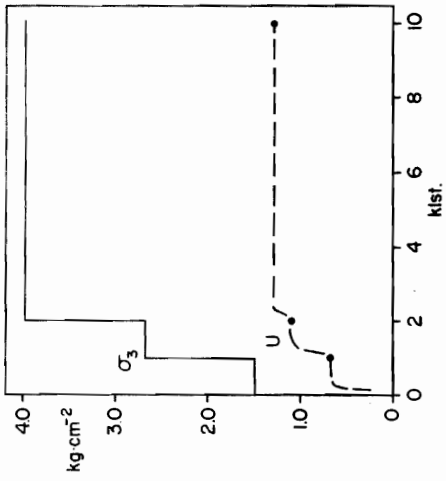
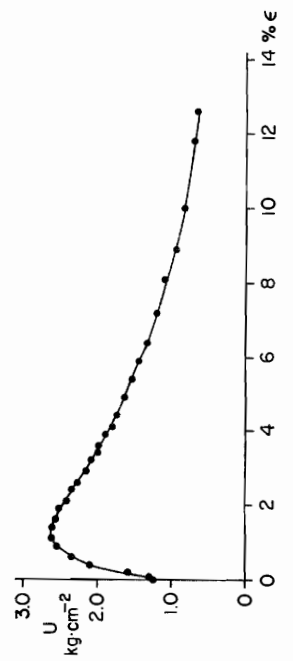
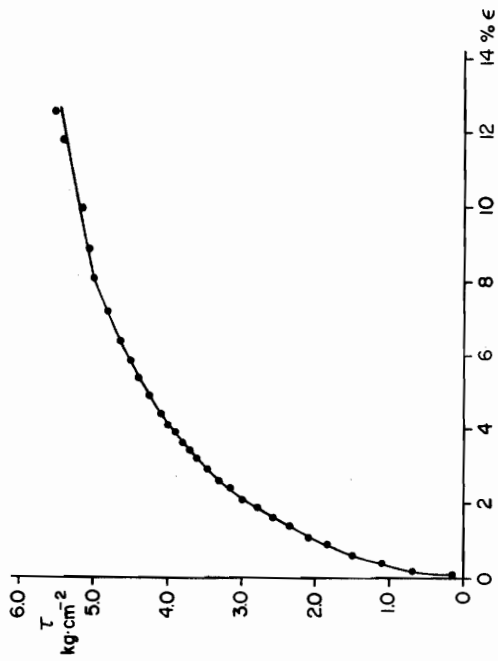
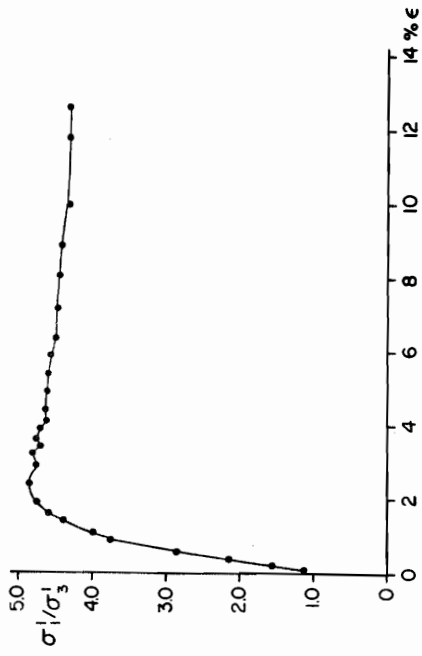
VATNSFJARDARVIRKJUN

Prífsapróf UU-4

770406.SD/GS/J.T.159

B-19

F. 15554



SÝNI	UU-5
ÞURR RÚMÞYNGD t·m ³	2.22
RAKASTIG	% 11.2
METTUN	% 94.6

HOLRÝMD	% 26.3
PORUTALA	% 35.7
HLIDARÞRÝST kg·cm ⁻²	6.0
MÓTPRÝSTINGUR kg·cm ⁻²	2.0

SAMÞJÓPPUN	% - klist.	2.0
σ_1/σ_3 - BROT		4.87
τ - BROT	kg·cm ⁻²	3.16
U - BROT	kg·cm ⁻²	0.63

Mynd 24

ORKUSTOFNUN

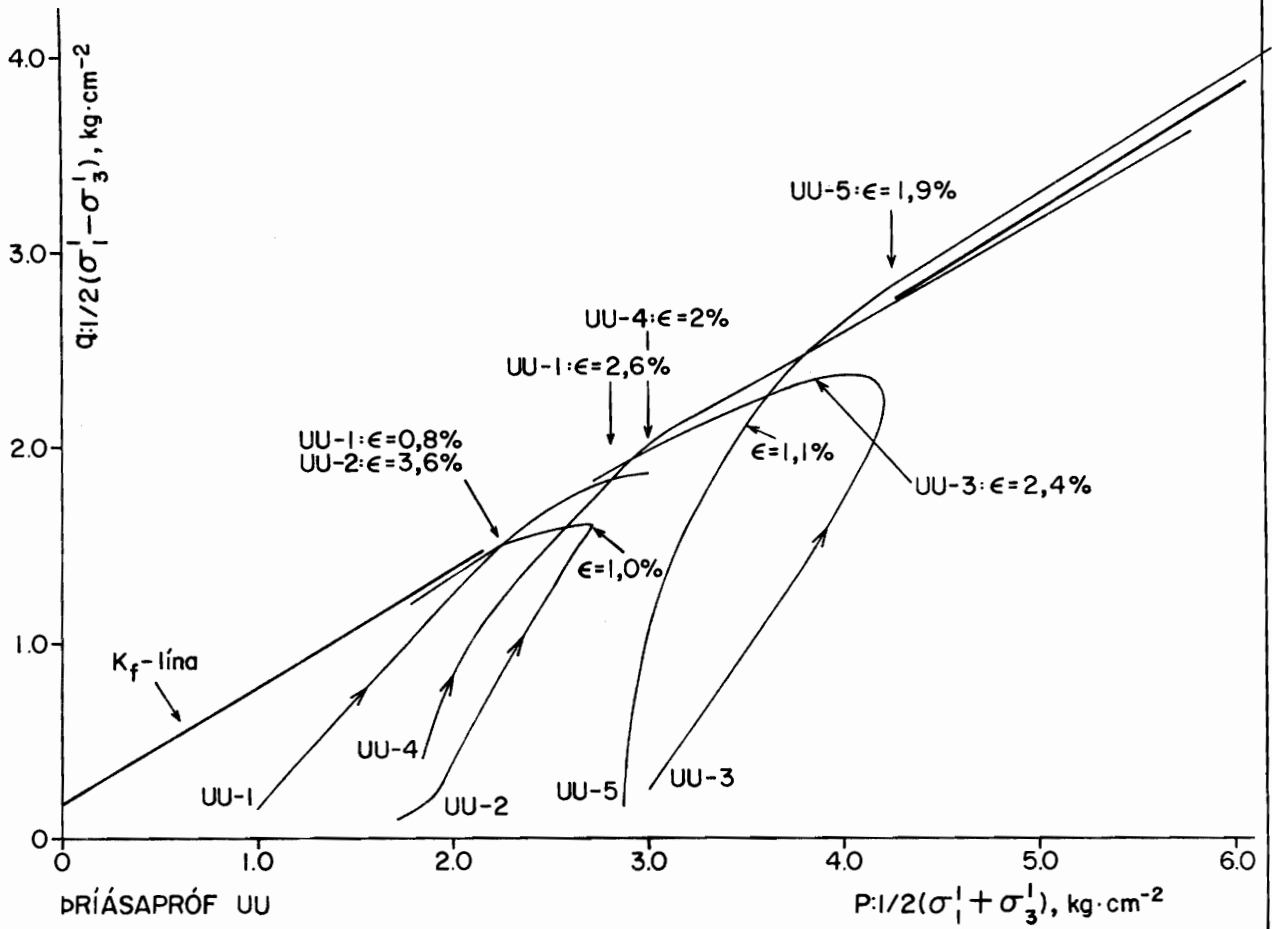
VATNSFJARDARVIRKJUN

Þríaspróf UU-5

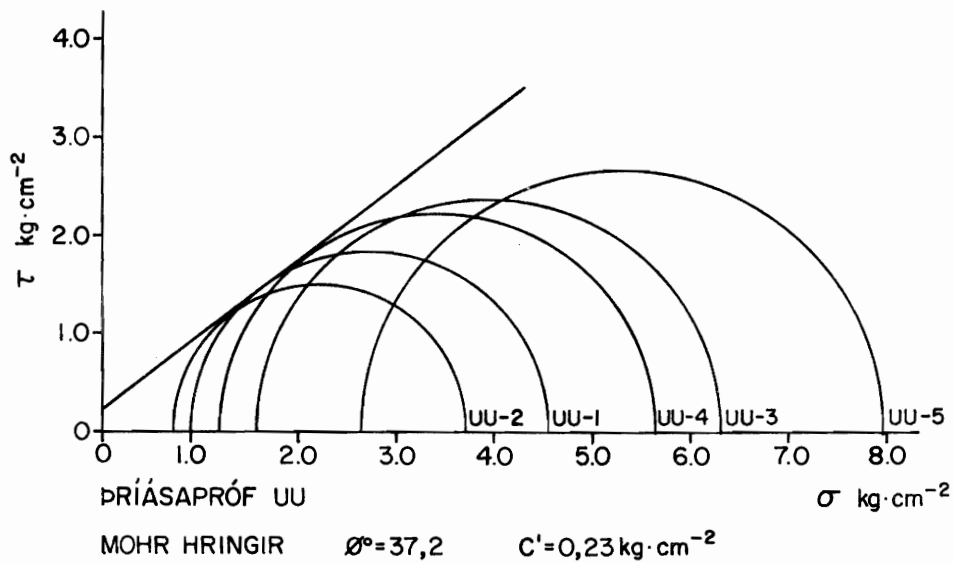
77.04.06.SP/GSJ. I.160

B-19

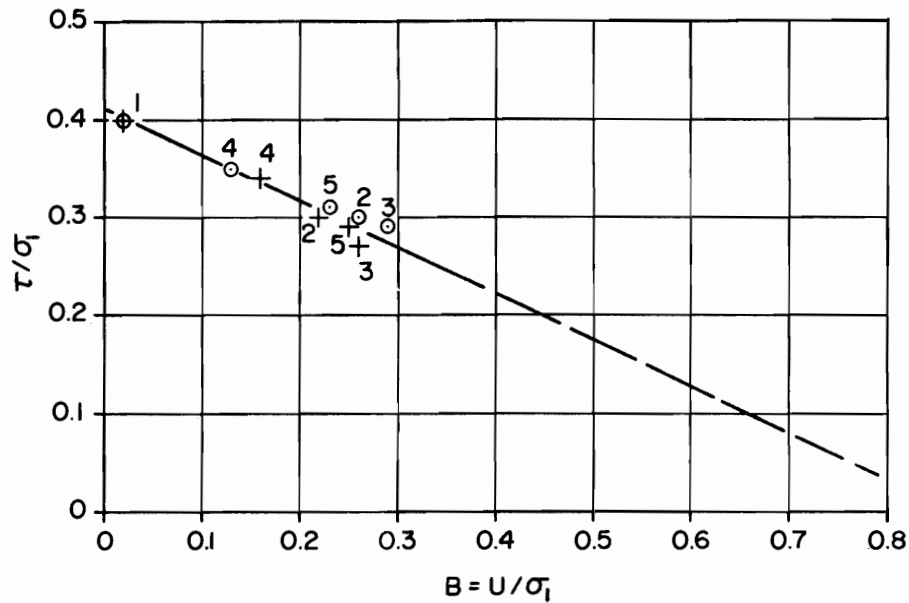
F. 15555



ÞRÍÁSAPRÓF UU
 HÆSTU SKERSPENNUVEKTORAR
 $\mu: 0,61 \rightarrow \theta^\circ = 37,2$ $\alpha: 0,18 \rightarrow C' = 0,23 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$



Mynd 25



○ GILDI VIÐ BROT

+ GILDI VIÐ 2% SAMÞJÖPPUN

TALA VÍÐAR TIL PRÓFNÚMERS

		UU-1	UU-2	UU-3	UU-4	UU-5
σ_3	kg · cm ²	1.0	2.0	4.0	2.0	4.0
σ_1 - BROT	"	4.61	4.97	8.27	6.47	10.31
U - BROT	"	0.09	1.28	2.43	0.81	2.31
τ - BROT	"	1.85	1.49	2.36	2.24	3.16
ϵ - BROT	%	2.6	3.6	2.4	2.5	2.4
σ_1 - 2% ϵ	kg · cm ²	4.31	5.10	8.72	5.81	9.77
U - 2% ϵ	"	0.11	1.12	2.23	0.91	2.47
τ - 2% ϵ	"	1.70	1.55	2.36	2.00	2.88



ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

VATNSFJARÐARVIRKJUN
Príaspróf CU-1 og CU-2

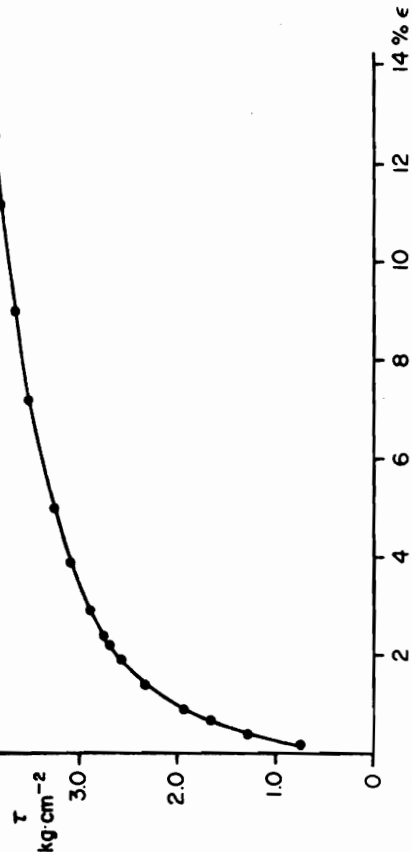
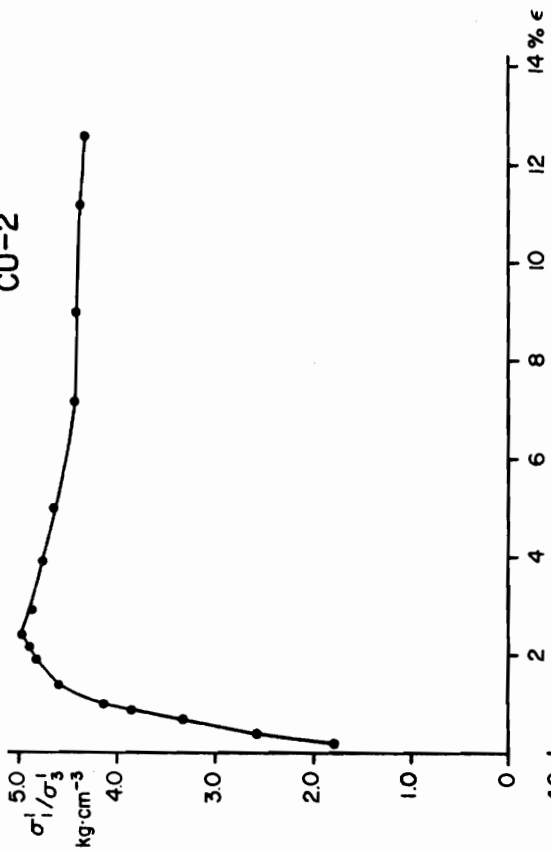
77.05.20. SP/GSJ

T. 183

B-19

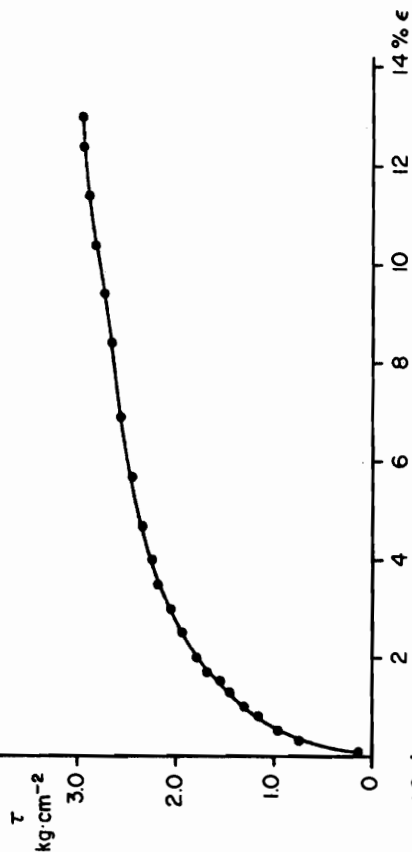
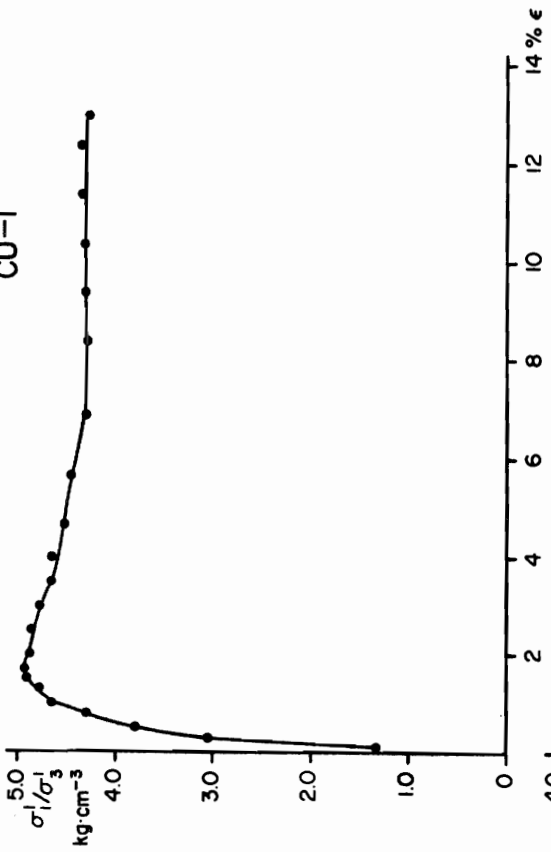
F. 15693

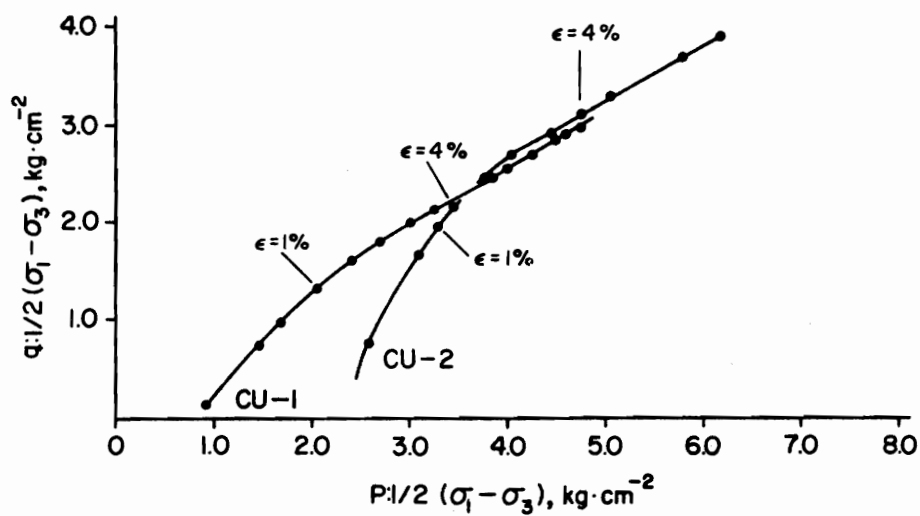
CU-2



Mynd 27

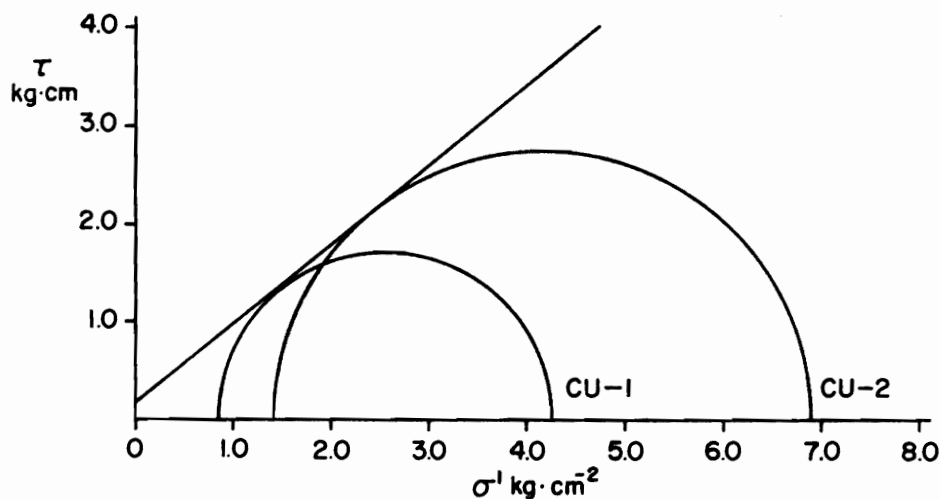
CU-1





ÞRÍASAPRÓF CU

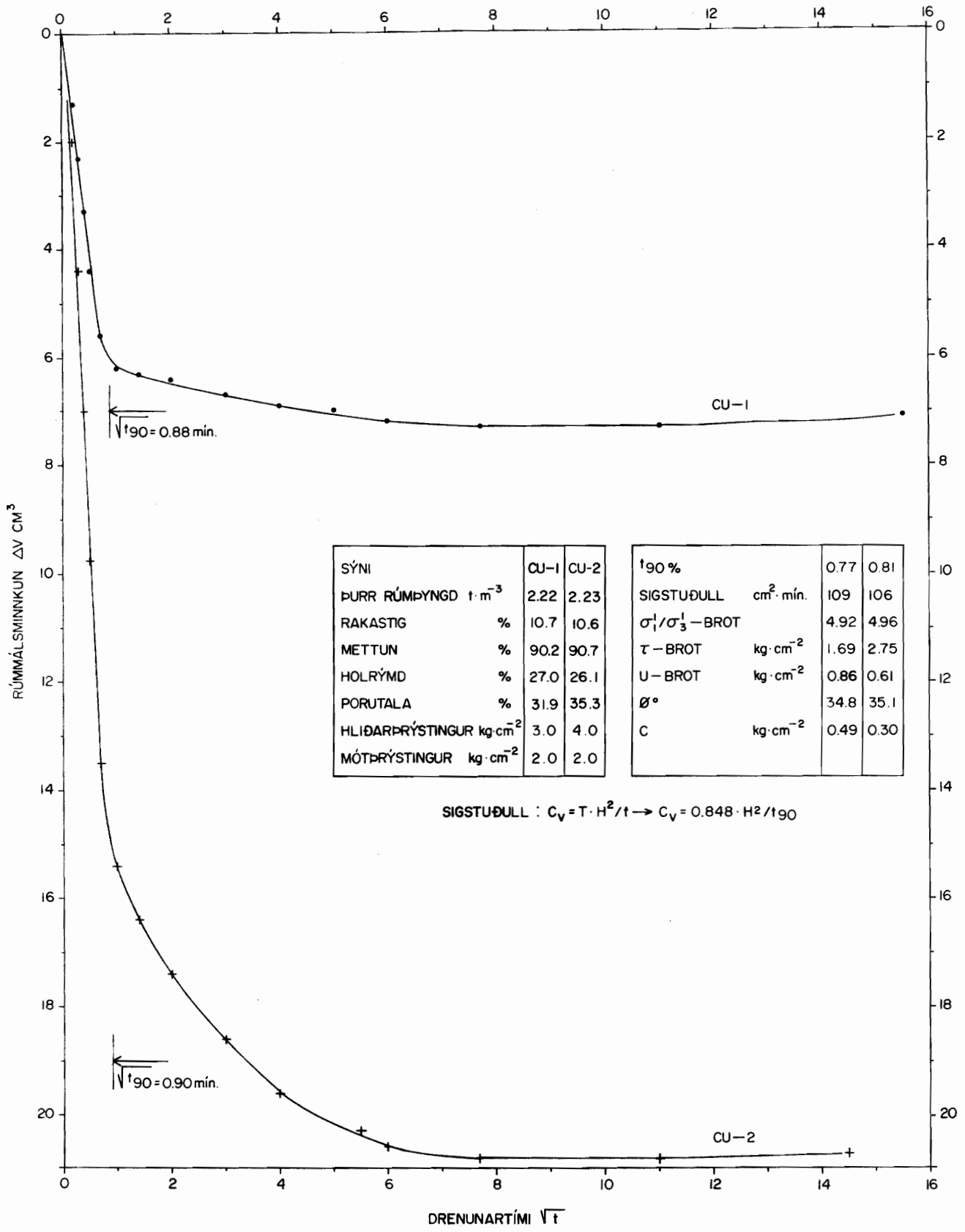
HÆSTU SKERSPENNUVEKTORAR

CU-1 : $\mu = 0.585 \rightarrow \vartheta^\circ = 35.8$ $\alpha = 0.4 \rightarrow C^1 = 0.49 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ CU-2 : $\mu = 0.575 \rightarrow \vartheta^\circ = 35.1$ $\alpha = 0.25 \rightarrow C^1 = 0.36 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 

ÞRÍASAPRÓF CU

MOHR HRINGIR

 $\vartheta = 38.3 \quad C^1 = 0.2 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$



SÝNI		CU-1	CU-2
ÞURR RÚMPYNGD $t \cdot m^{-3}$		2.22	2.23
RAKASTIG %		10.7	10.6
METTUN %		90.2	90.7
HOLRÝMD %		27.0	26.1
PORUTALA %		31.9	35.3
HLIÐARÞRÝSTINGUR $kg \cdot cm^{-2}$		3.0	4.0
MÓTÞRÝSTINGUR $kg \cdot cm^{-2}$		2.0	2.0

$t_{90} \%$		0.77	0.81
SIGSTUÐULL $cm^2 \cdot min$		109	106
σ_1^1 / σ_3^1 - BROT		4.92	4.96
τ - BROT $kg \cdot cm^{-2}$		1.69	2.75
U - BROT $kg \cdot cm^{-2}$		0.86	0.61
ϕ°		34.8	35.1
C $kg \cdot cm^{-2}$		0.49	0.30

SIGSTUÐULL : $C_v = T \cdot H^2 / t \rightarrow C_v = 0.848 \cdot H^2 / t_{90}$

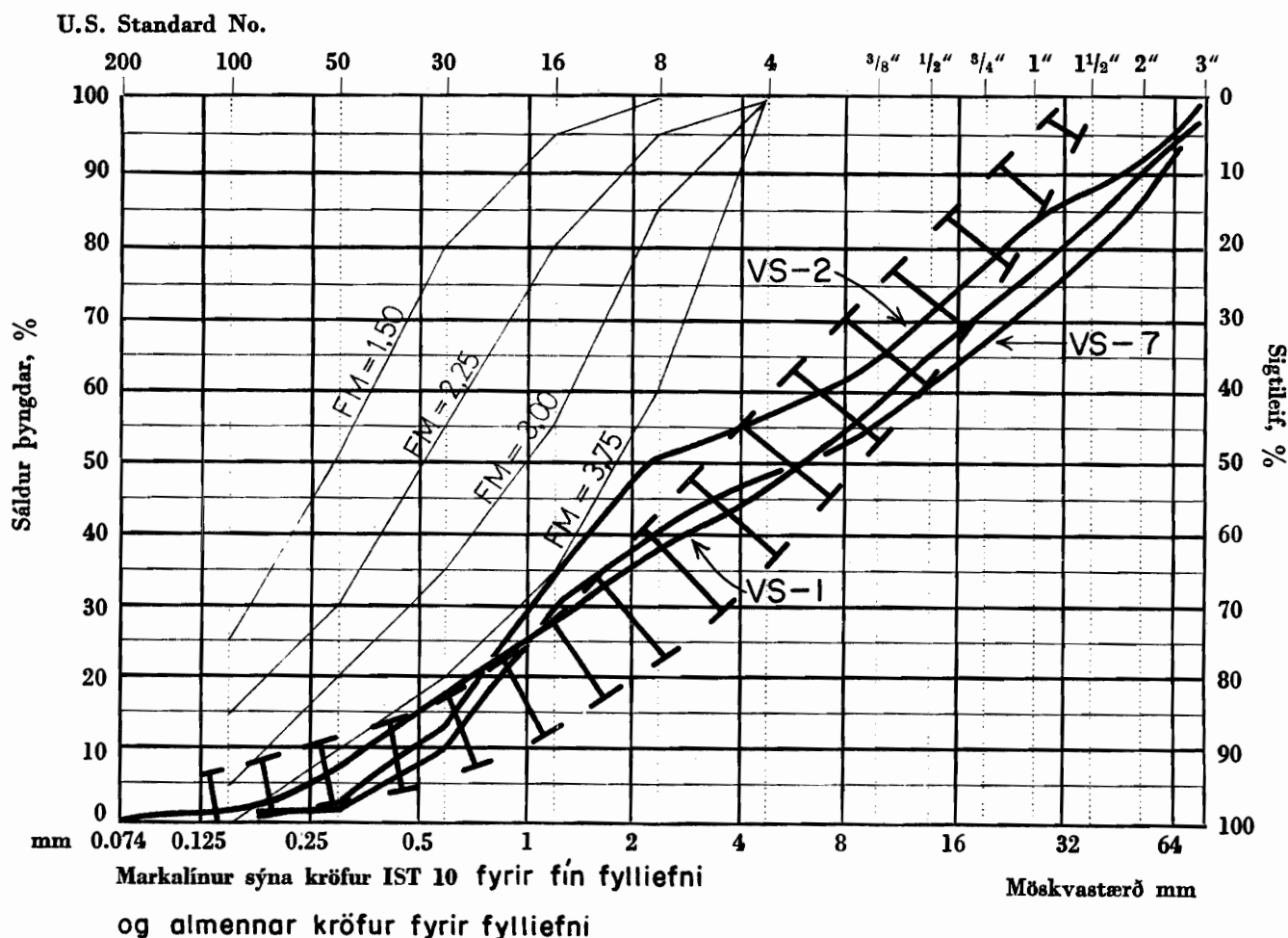
Mynd 29

ORKUSTOFNUN	
VATNSFJARÐARVIRKJUN	
Þríaspróf CU-1 og CU-2	
77.05.20.SP/GS.J	T. 185
B-19	F. 15695

Rannsókn á kornastærðum

Fyrir Orkustofnun Dags. 1976 nóv.
 Vegna Vatnsfjarðarvirkjunar Framkv. af Ú.S.
 Náma Malarhjallar við Brjánslæk (VS-1), Stekkjarlæk (VS-2) og Krossholt (VS-7)
 Sendandi Sv.P.

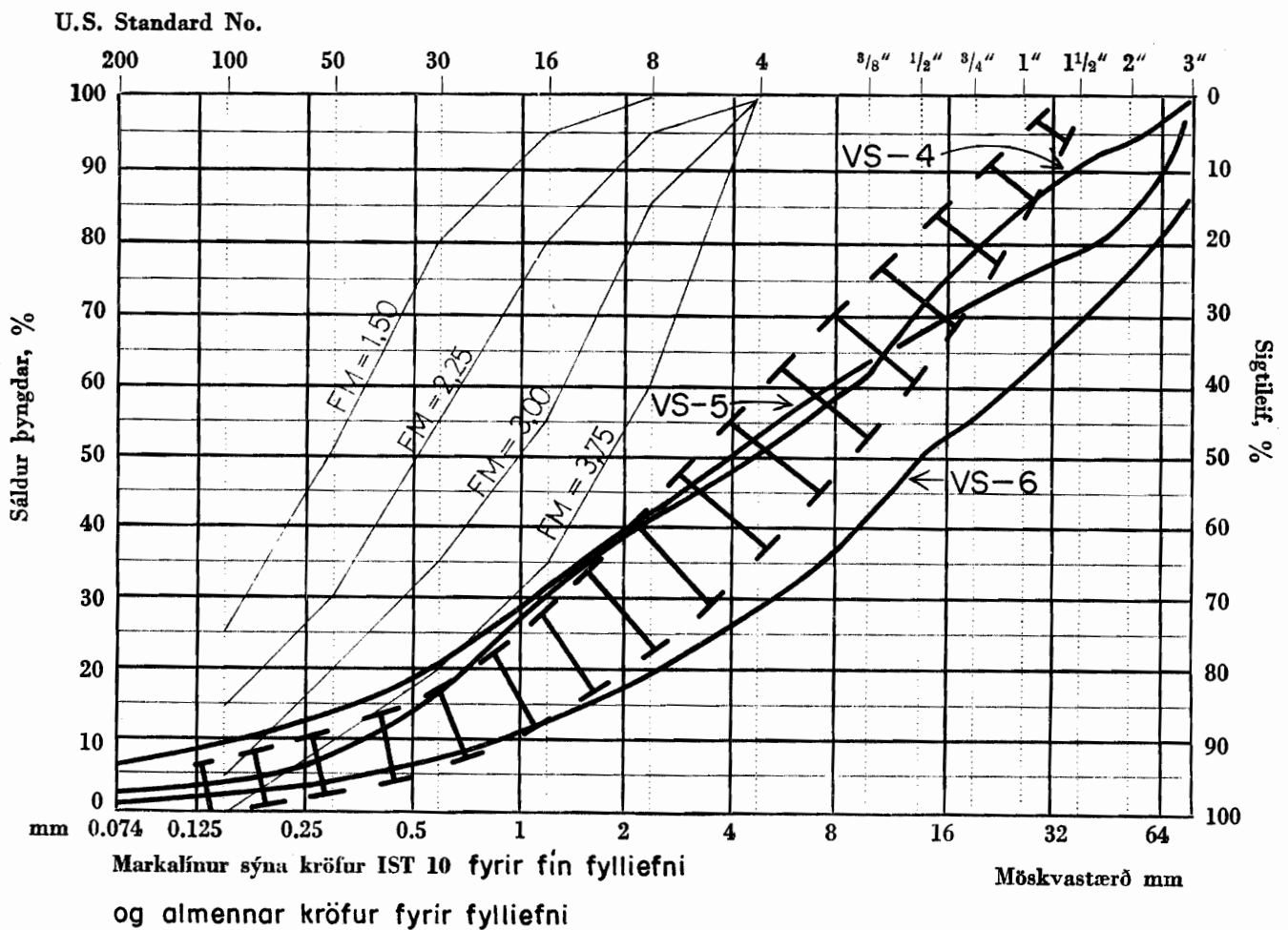
Efni	Kornarúmp. kg/dm ³	Mettivatn %	Humus	Slam	Grófleikatala
Votsigtað fylliefni, VS-1			>4	5.6	
VS-2, VS-7			4 / 1	2 / 6	



Rannsókn á kornastærðum

Fyrir Orkustofnun Dags. 1976 nóv.
 Vegna Vatnsfjarðarvirkjunar Framkv. af Ú.S.
 Náma Malarhjalli VS-4, Vatnsdalsá – gryfja VS-5, Vatnsdalur VS-6
 Sendandi Sv. Þ.

Efni	Kornarúmp. kg/dm ³	Mettivatn %	Humus	Slam	Grófleikatala
Votsigtað fylliefni, VS-4			2	7.8	
VS-5, VS-6			1 / 2 - 3	11.7 / 7.8	



Rannsókn á kornastærðum

Fyrir Orkustofnun

Dags. 1977 jan.

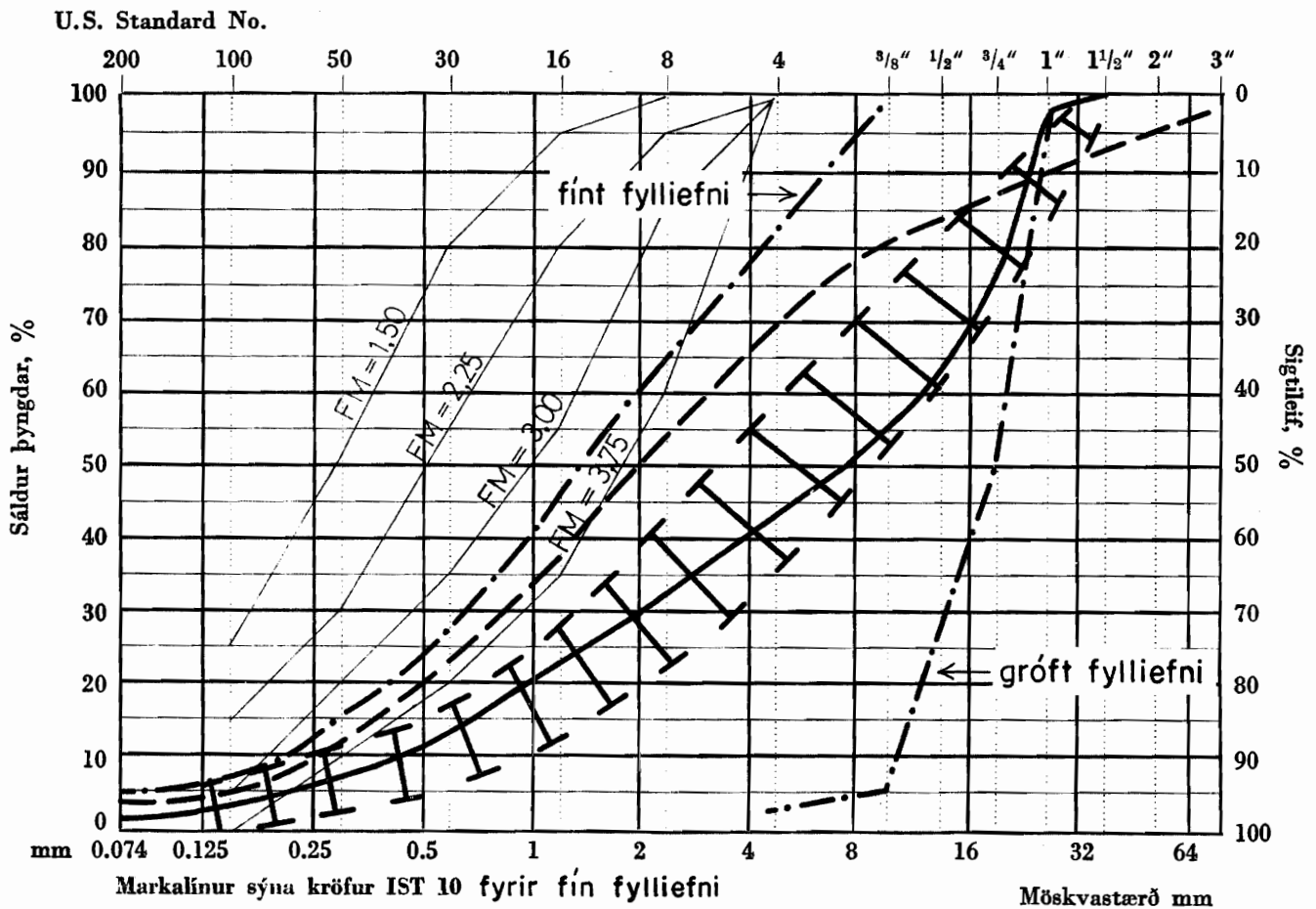
Vegna Vatnsfjarðarvirkjunar

Framkv. af K.J.

Náma Kýrholt (VS-3)

Sendandi Sv. Þ.

Efni	Kornarúmp. kg/dm ³	Mettivatn %	Humus	Slam	Grófleikatala
Harpað – Sandur	2.85	3.42	0	8.2	
Malað og harpað – Möl	2.83	3.93			



Bergefni:

Evl. B013 AV 117110000

Sundurleit núin og kantnúin bergblanda. All mikið af dílóttu, eitlóttu og feysknu bergi, sem er vafasamt í veðrunarþolna steinsteypu.

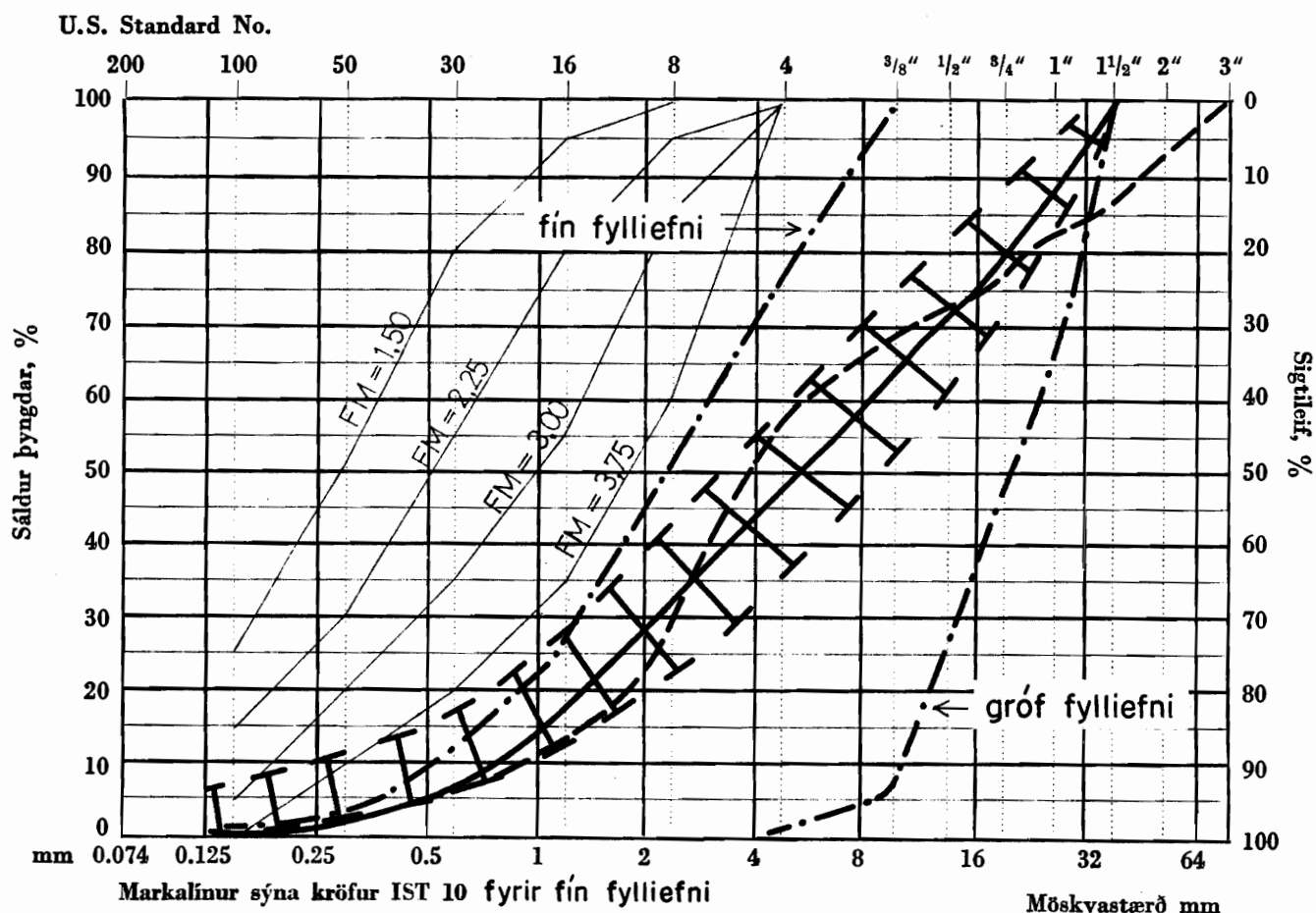
Ath.

Fyrri sýnishorn sem tekin hafa verið úr Kýrholti gefa sömu kornadreifingu, en humus = 1 og slam = 7 %

Rannsókn á kornastærðum

Fyrir Orkustofnun Dags. 1977 jan.
 Vegna Vatnsfjarðarvirkjunar Framkv. af K.J.
 Náma Langholt vestan Móru (VS-8)
 Sendandi Sv. P.

Efni	Kornarúmp. kg/dm ³	Mettivatn %	Humus	Slam	Grófleikatala
Harpað — Sandur	278	4.42	0		
Möl	286	2.75			



Markalínur sýna kröfur IST 10 fyrir fin fylliefni

og almennar kröfur fyrir fylliefni

--- Óunnið efni úr námu

— Harpað efni fyrir steypuprófun

Bergefni:

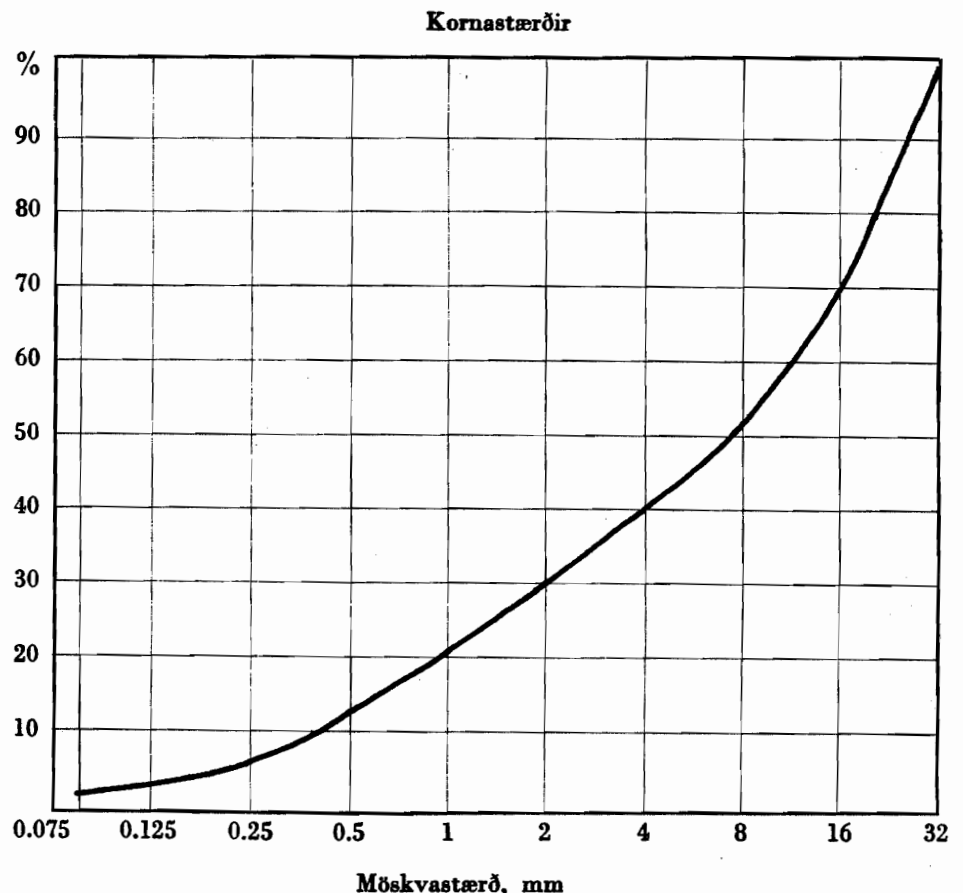
PRÓFBLANDA

Fyrir Orkustofnun Dags. Janúar 1977
 Vegna Vatnsfjarðarvirkjunar
 Náma Kýrholt. Harpað og malað

Blanda, kg/m ³ A 43		Signál, cm	8	Raki % I II III IV
	R.y.þ.	Loft %	3,2	
Sement	306	Rúmþ. útr. kg/m ³	0,55	Frostþýðupróf umferðir endingarst. Vatnsþéttl.próf
Vatn	167	v/s - tala	0,65	
Mettivatn		(v + l)/s - tala	38	
I Sandur	1010	Max.stærð, mm		
II Möl	1004	Rúmþ. malar		
III		Prýstípol sements	Portland	
IV		7 d 324	28 d 432	
Rúmþyngd	2487			

Steypuefni	Korna-rúmþ. kg/dm ³	Mettivatn %	G	Athugasemdir
I Sandur	2,85	3,42		
II Möl	2,83	3,93		
III				
IV				

Aldur dagar	Brotþol kg/cm ²
7	180
	185
	<u>183</u>
	183
28	270
	271
	<u>258</u>
	266



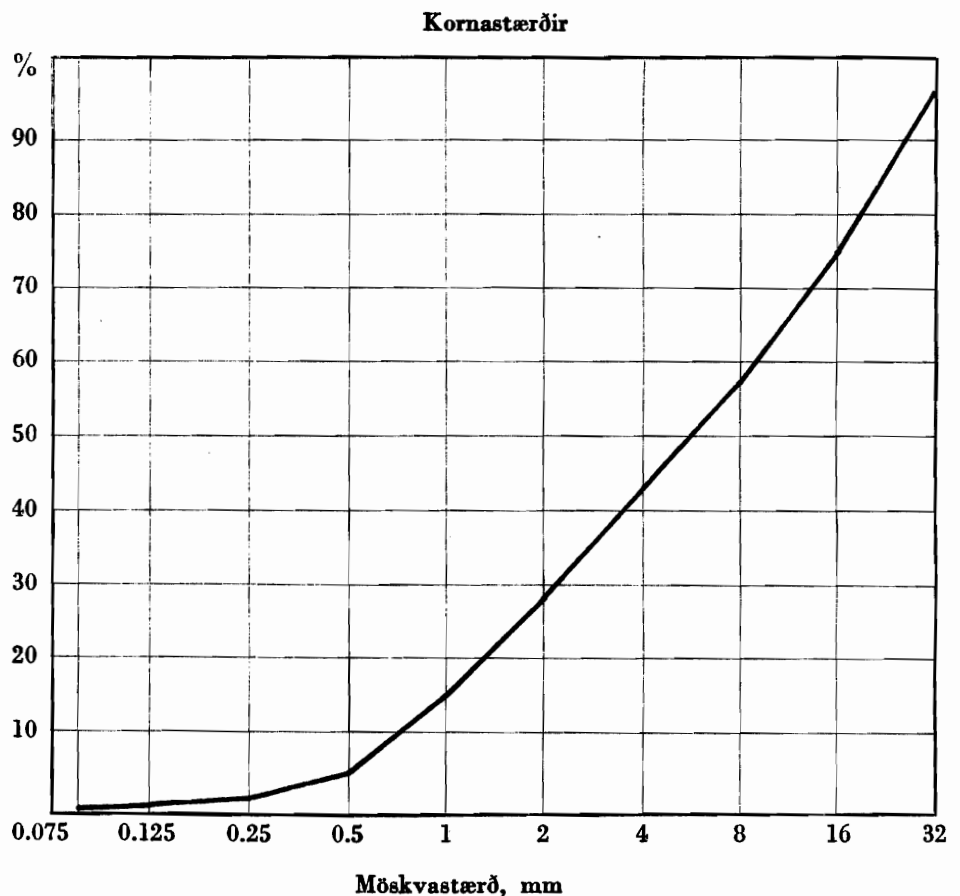
PRÓFBLANDA

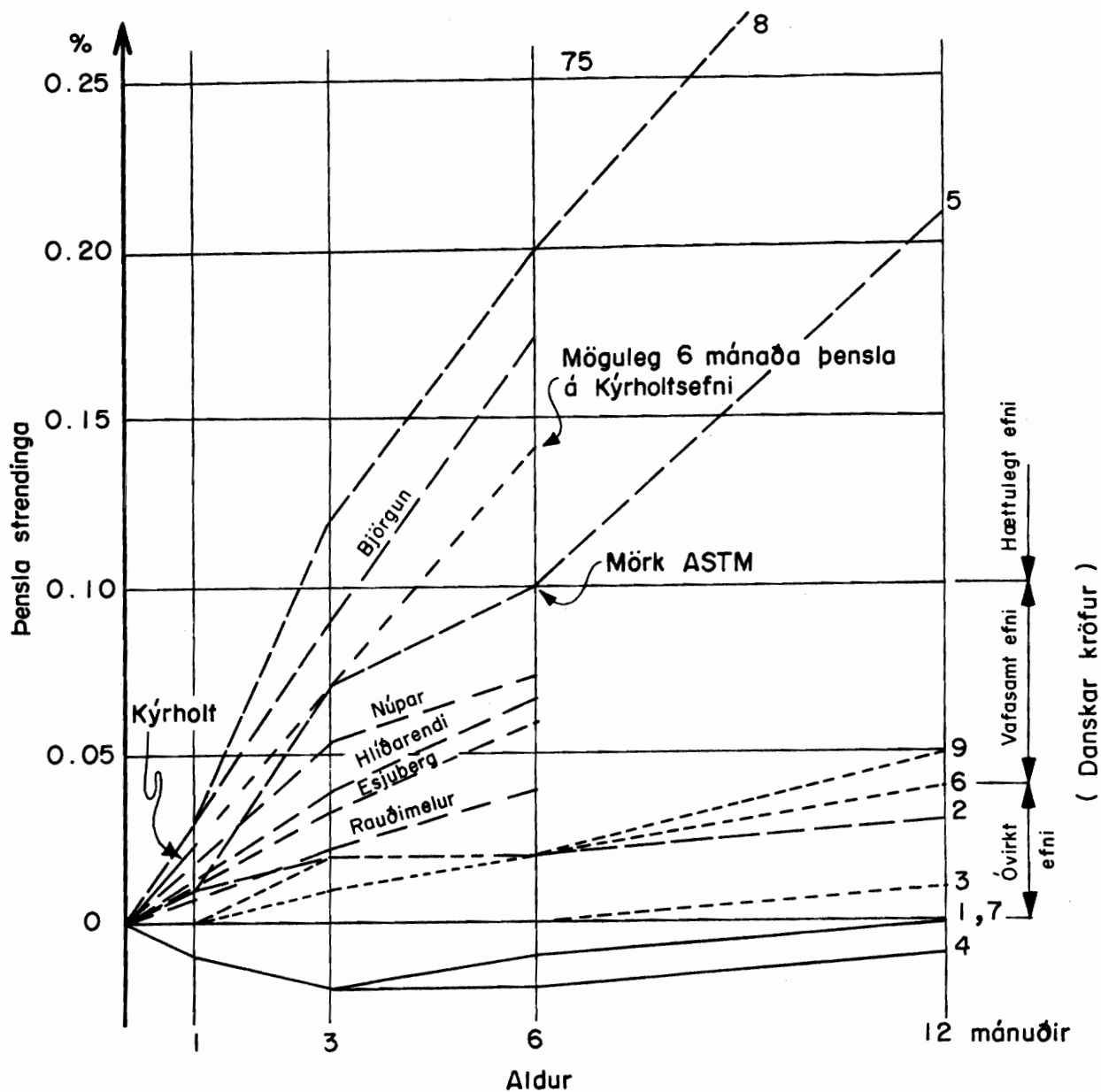
Fyrir Orkustofnun Dags. Janúar 1977
 Vegna Vatnsfjarðarvirkjunar
 Náma Langholt. Harpað.

Blanda, kg/m ³ A 44		Signál, cm	6	Raki % I II III IV
	R.y.p.	Loft %	4,0	
Sement	307	Rúmp. útr. kg/m ³		Frostþýðupróf umferðir endingarst.
Vatn	152	v/s - tala	0,50	
Mettivatn		(v + l)/s - tala	0,62	
I Sandur	1193	Max.stærð, mm	38	
II Möl	818	Rúmp. malar		Vatnsþéttl.próf
IV		Prýstipól sements	Portland	
Rúmpyngd	2470	7 d 324	28 d 432	

Steypuefni	Korna-rúmp. kg/dm ³	Mettivatn %	G	Athugasemdir
I Sandur	2,78	4,42		
II Möl	2,86	2,75		
III				
IV				

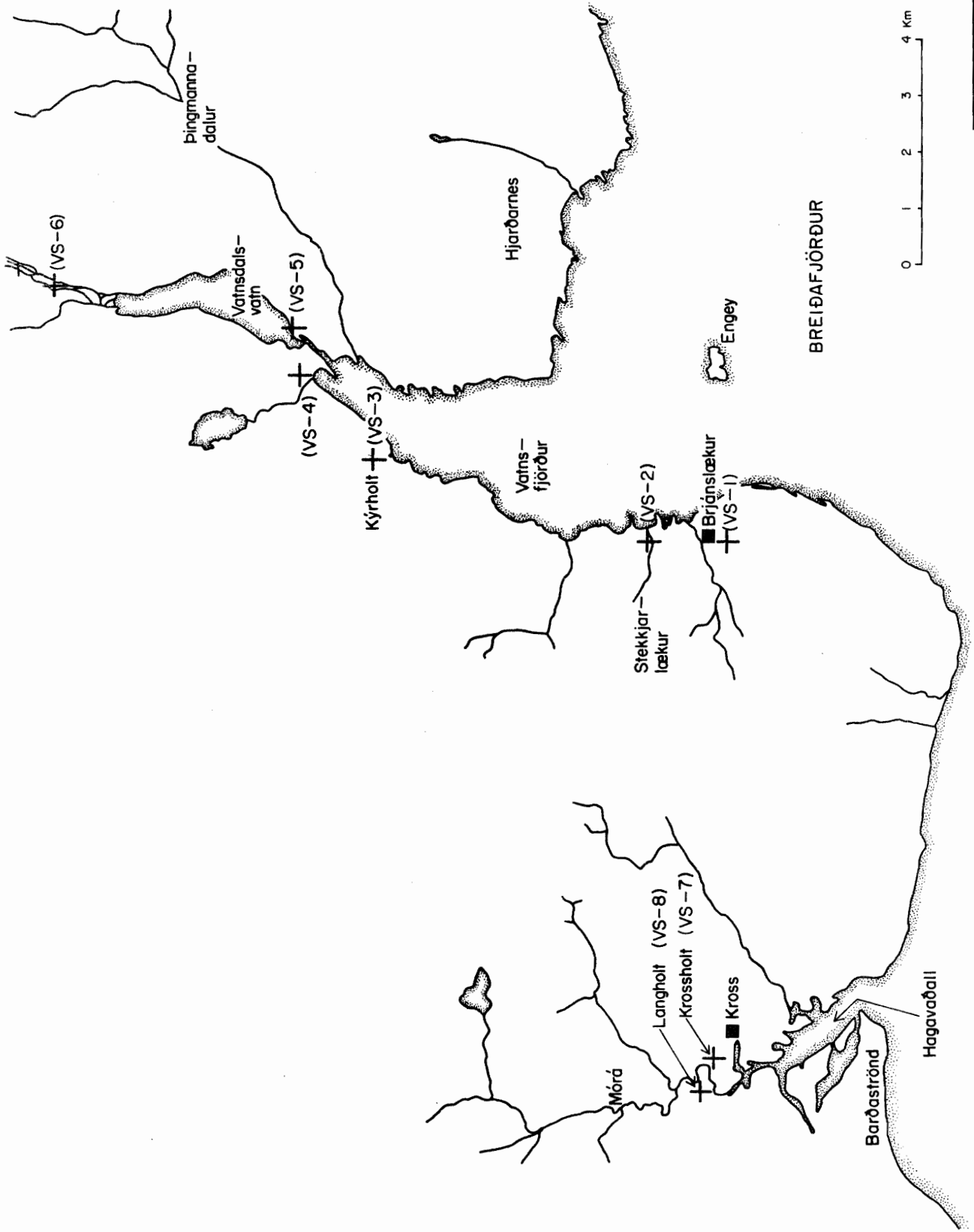
Aldur dagar	Brotból kg/cm ²
7	164
	167
	184
	172
28	265
	262
	271
	266





Mynd 36. Áhrif mismunandi sements á penslu alkalístrendinga, borið saman við fylliefni úr Kýrholti (VS-3). og fleiri námum. (Úr Alkali efnabreytingar í steinsteypu, eftir Guðmund Guðmundsson, aukíð af Hákonni Ólafssyni.)

1. Lítið virkur sandur + þýskt staðalsement
2. Lítið virkur sandur + ísl. portlandsement
3. Lítið virkur sandur + faxasement
4. Virkur sandur I + þýskt staðalsement
5. Virkur sandur I + ísl. portlandsement
6. Virkur sandur + faxasement
7. Virkur sandur II + þýskt staðalsement
8. Virkur sandur II + ísl. portlandsement
9. Virkur sandur II + faxasement



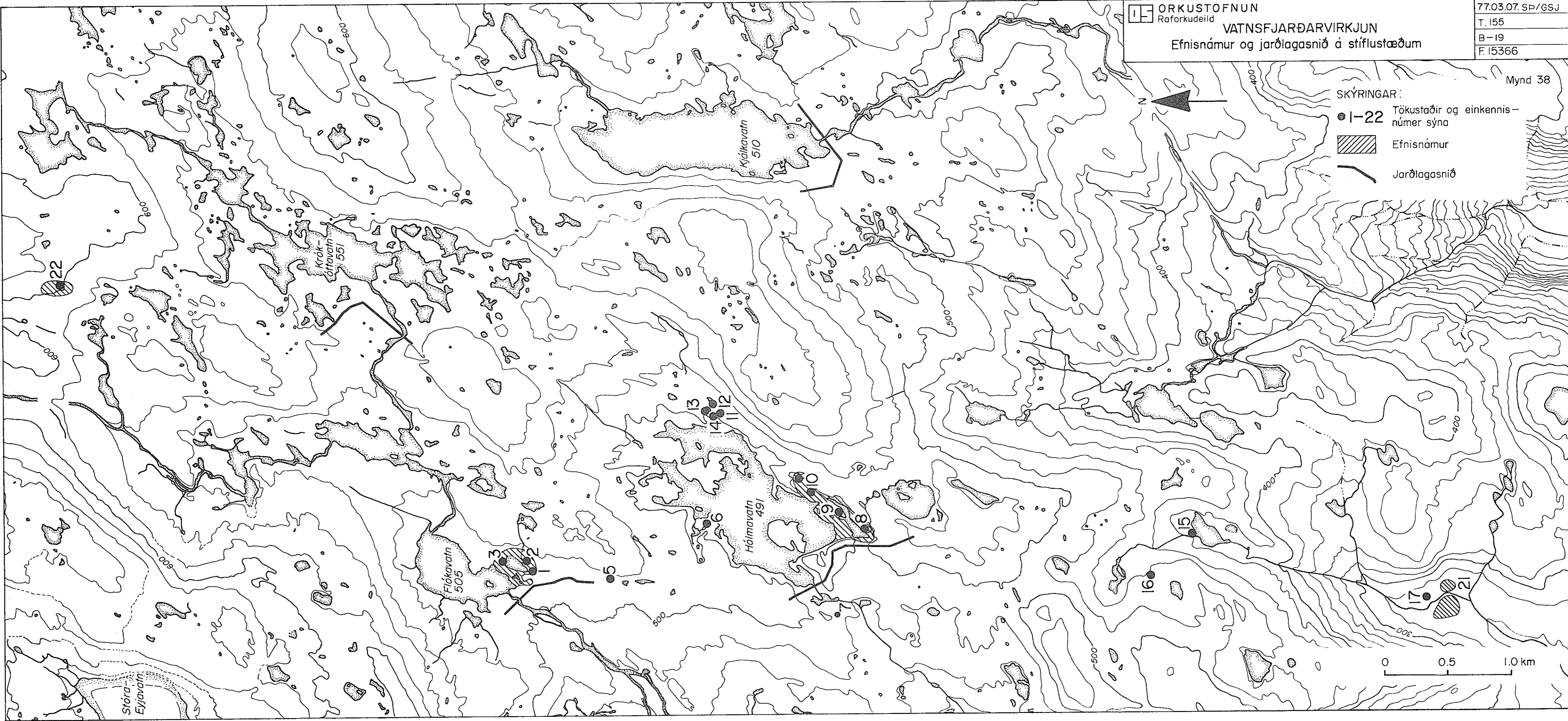
Mynd 37

ORKUSTOFNUN

VATNSFJARÐARVIKKJUN
 Staðsetning efnisnáma fyrir fylliefni
 í steinsteypu

77.03.07.SP/GS.J. T. 153 B-19 F. 15364

- SKÝRINGAR:
- 1-22 Tökstaðir og einkennisnúmer sýna
 - ▨ Efnisnámur
 - Jarðlagasnið





Stóra-Eyjarvatn
570

Krökuvatn

Botnshnjúkur

Öskjuvatn
529

Flókavatn
505

Krökuvatn
551

Hólmavatn
491

Kjálka-
vatn
510

Úthorðursár
Gjalneyfartungur

fremri

Úthorðursár

Uthorðursár

Uthorðursár

Uthorðursár

Uthorðursár

Uthorðursár

Uthorðursár

Uthorðursár

Uthorðursár

Uthorðursár

Uthorðursár

Uthorðursár

Uthorðursár

Uthorðursár

Uthorðursár

Uthorðursár








Uthorðursár

Uthorðursár

Uthorðursár

Uthorðursár

SKÝRINGAR :

-  Sprungur
-  Berggangar
-  Misgengi
-  Jarðgöng
-  Slóð rudd 1976
-  Áætluð lega slóðar að Hólmavatni
-  Öfugt segulmagnað berg

Mynd 39

0 1000 2000

ORKUSTOFNUN

VATNSFJARÐARVIRKJUN

Jarðfræðikort

77.05.20.SP/GSJ T. 186

B-19

F. 15696