

628

ÖRYGGISBUNADUR OG FRAMKVÆMDAÆTLUN
VIÐ BORANIR MEÐ JÖTNI Í KRÖFLU 1976

eftir

Karl Ragnars

Öryggisbúnaður og framkvæmdaáætlun
við boranir með Jötni í Kröflu 1976

eftir

Karl Ragnars

Febr. '76.

Jarðhitasvæðið.

Nú hafa verið boraðar fimm holur við Kröflu, holur 1, 2, 3, 4 og 5.

Holur 1 og 2 voru boraðar með Wabco bor árið 1974 og holur 3, 4 og 5 voru boraðar með Gufubor árið 1975.

Ein þessara hola, hola 3, er fullfrágengin vinnsluhola og hola 5 var boruð í 1300 m og gert ráð fyrir að hún verði dýpkuð síðar, enda hefur enn ekki verið framkvæmdur fullnaðarfrágangur á fóðringum holunnar.

Þótt svæðið sé langt frá því að vera fullkannað, hafa mikilvægar upplýsingar komið fram um vinnslueiginleika þess, einkum þó grynnri hlutann, sem nær niður á 1200 til 1600 m dýpi.

Boranir hafa sýnt, að eðlilegt er að skipta berggrunni svæðisins í þrjár aðalbergmyndanir. Efst er móbergsmyndun niður á 800 m dýpi en þar tekur við hraunlagamyndun. Báðar þessar myndanir eru verulega ummyndaðar. Í þeim er nokkuð um innskotslög, sem eru mun ferskari. Neðan 1200 m dýpis eykst þéttleiki innskotslaga mjög, og eru efri mörk þessarar innskotamyndunar sett við það dýpi. Verulegar vatnsæðar voru í holum 2, 3 og 4 í móbergsmynduninni og nokkrar í basaltmynduninni, en í innskotamynduninni, þ.e. neðan 1200 m, fundust engar vatnsæðar ofan 1600 m í holu 3 og 1900 m í holu 4, en lítil vatnsæð fannst í holu 3 á bilinu 1600 til 1650 og kröftug æð í holu 4 á 1940 m dýpi. Í holu 5 fundust engar teljandi vatnsæðar en hún er 1300 m djúp.

A grundvelli þessara niðurstaða er því ályktað, að borholur sem eru 1200 til 1600 m djúpar fá mesta innrennslið ofan 1200 m, og innrennslishiti á því dýpi virðist vera talsvert minni en tilsvarendi hitastig á suðuferli, þannig að ekki er að vænta góðrar endingar á slíkum holum vegna þrýstifalls í svæðinu.

Niðurstöður borunar á holu 4 sýna, að hætta er á rennsli milli æða upp eftir holunni, ef hún lendir í vatnsæðum bæði fyrir ofan og neðan ferska bergið í innskotamynduninni neðan 1200 m. Þetta fyrirbæri veldur því, að suðuprýstingur vatnsins flyst upp eftir holunni, þannig að prýstingur á holutopp getur orðið stöðugur, þar sem þyngd kaldrar vatns-súlu ofan millirennslisins er þá ekki nógu mikil til að veða á móti suðuprýstingnum.

Öryggiskröfur við borun.

Engar sérstakar reglur eru til um styrkleika þeirra tækja, sem notuð eru við borun, en við boranir á háhitasvæðum hér og víða erlendis hefur sú hefð verið í gildi, að öryggis-ventlar og borventlar séu gerðir fyrir prýsting, sem er hálfur sá prýstingur, sem mestur getur orðið í botni borholu þegar miðað er við suðuferil á tilsvarandi dýpi. Engin reikningsleg forsenda er til fyrir þessari hefð, en löng reynsla hefur sýnt, að prýstingur á holutopp hefur ekki orðið meiri en hálfur suðuprýstingur í botni holanna, þar sem kyrrstæð vatns-súla í holunni vegur að meiru en hálfu leyti á móti suðuprýstingnum.

Ef hinsvegar millirennslis kemur fram í holum, vegna þess að "hydrostatiskur" prýstingur er hlutfallslega minni ofan til í holunni en neðan til, líkt og er í Kröflu, þá gildir þessi regla ekki lengur og er þá fyrst og fremst háð lengd fóðringar, hvað prýstingur á holutopp getur orðið mikill, þegar köldu vatni er dælt á holuna. Eins og áður segir, er ekki hægt að ganga út frá neinni ákveðinni reglu um það, hve búnaðurinn á að vera sterkur, annarri en þeirri, að öll hönnun holunnar og bortækjanna sé miðuð við þann prýsting, sem fræðilega getur orðið mestur miðað við ákveðið bordýpi, þ.e. að suðuprýstingur viðkomandi dýpis skili sér upp í holutoppinn.

Við ákvörðun á lengd fóðringa, er þá reiknað með, að prýstingur við enda fóðringar sé suðuprýstingurinn í botni holunnar.

Til þess að reikna þarna með mesta öryggi, þá má gera ráð fyrir að jarðlög séu vökvi með eðlisþyngdinni 2, og þrýstingur vökvans við enda fódurrörs sé a.m.k. jafnmikill og suðuprýstingur í botni holunnar.

Hér eru gefin dæmi um lengd fódringa og styrkleika holutopps í samræmi við kröfurnar hér fyrir ofan og reiknað er með að 100 m séu á vatnsborð.

Holudýpi	Holutoppur styrkleiki	Yfirborðsfóðring 18"	Öryggisfóðring 13 3/8"	Vinnslufóðring 9 5/8"
1000 m	ASA 600 eða DIN 160	20 m	120 m	370 m
1500 m	ASA 900 eða DIN 160	45 m	185 m	530 m
2000 m	ASA 1500 eða DIN 250	70 m	250 m	700 m
2500 m	ASA 1500 eða DIN 320	95 m	310 m	840 m

Vinnslufóðringin 9 5/8", sem notuð er, er sambærileg styrkleika ASA 1500 eða DIN 250.

Lengd yfirborðs- og öryggisfóðringanna ákvarðast af því að hægt sé að bora í það dýpi, sem vinnslufóðringin nær til, miðað við að suðuprýstingur þess dýpis geti orðið við holutopp.

Niðurstöður af borunum þeirra fimm hola, sem hafa verið boraðar í Kröflu benda þó til, að fráleitt sé að gera þessar ströngu kröfur til yfirborðs- og öryggisfóðringar.

Þær öryggiskröfur, sem hér hafa verið settar fram miðast við þær aðstæður, sem fræðilega geta orðið erfiðastar. Sem dæmi má nefna, að við 2000 m holu er gert ráð fyrir að þrýstingur á holutopp geti orðið 145 kg/cm^2 , en í holu 4 mældist hann mestur 90 kg/cm^2 .

Það verður þessvegna að vera mat á aðstæðum, með tilliti til þeirrar reynslu og þekkingar, sem fengist hefur á jarðhitasvæðinu, hve mikið má víkja frá þessum ströngustu kröfum.

Þær holur, sem ráðgerðar eru í Kröflu þurfa væntanlega að vera 2000 til 2500 m djúpar til þess að skila þeim árangri, sem sóst er eftir.

Það er mat höfundar þessarar skýrslu, að miðað við þá reynslu og þekkingu, sem fengist hefur á svæðinu við Kröflu, sé kröfum um öryggi fullnægt ef holan er hönnuð á eftirfarandi hátt:

Yfirborðsfóðring	18 5/8"	30 m
Öryggisfóðring	13 3/8"	150 m
Vinnslufóðring	9 5/8"	700 - 800 m
Öryggisventlar borsins		ASA 900
Borventill á	13 3/8" fóðringu	ASA 300-400
"	9 5/8" "	ASA 900 eða ASA 1500
		ASA 900 í dýpi allt að 2200 m
Holulokar	ASA 900 eða DIN 160	í dýpi allt að 2200 m
	og ASA 1500 eða DIN 250	í dýpri holum

Að ofan hefur verið fjallað um styrkleika tækjanna með tilliti til öryggis. Ekki ber þó að líta svo á, að öryggi sé fullnægt eingöngu með því að velja styrkleika tækjanna nógu mikinn. Í borun eru tækin undir miklu álagi vegna svarfs og steypu, sem um þau fara, og veltur því á miklu að hirða þeirra sé góð, þannig að gott ásigkomulag þeirra tryggi, að þau vinni eins og ætlast er til þegar á þeim þarf að halda.

Einnig veltur á miklu að starfsfólkið, sem stjórnar tækjunum sé til þess þjálfað, þannig að viðbrögð séu rétt þegar á þarf að halda.

Efni og öryggistæki við borun í Kröflu 1976.

Fóðurrör komin til Húsavíkur:

600 m	H-40,	13 3/8" OD,	48 lb/ft,	short threads and coupling
3000 m	J-55,	9 5/8" OD,	36 lb/ft,	buttress threads and coupling
7000 m	J-55,	7 5/8" OD,	24 lb/ft,	short threads and coupling

Fóðurrör, birgðir frá 1975:

4000 m	st 52,	7 5/8" OD,	8 mm	veggþ., soðnir endar
600 m	st 52,	9 5/8" OD,	8,8 "	veggþ., soðnir endar

Holulokar:

Þrjár holulokar, 2 stk. DIN 160 og 1 stk. DIN 250 225/200 eru þegar fengnir og væntanlegt er tilboð í þrjá holuloka DIN 160 eða DIN 250 225/200, sem gætu komið í júní.

Borventlar:

Til er einn Hattersley 10" ASA 600 borloki sama gerð og notaður var við boranir 1975.

Pantaðir hafa verið tveir borlokar W-K-M 10" ASA 900 og ASA 1500 through conduit design, og hefur afgreiðslu þeirra verið lofað í ágúst 1976.

Akafar tilraunir hafa verið í gangi, að útvega þannig borloka með styttri afgreiðslu, en ekki er hægt að segja á þessu stigi, hvernig það tekst.

Öryggisventlar, (Gosvarar):

Notaðir verða öryggisventlar Jötuns. Eru þetta tveir Cameron ventlar 12" ASA 900, annar getur lokað utan um borstangir, en hinn lokar alveg.

Auk þeirra er einn Hydril ASA 900 gúmmístrokkloki. Allir þessir lokar takmarkast við það, að þeir þola ekki hærri hitastig en 100°C, og er það takmarkandi fyrir ventlana.

Þá er einnig fyrirhugað að útvega svokallaðan "roterandi" gosvara, sem beinir gufugosi frá borpallinum.

Áætlun um boranir 1976.

Boranir hefjist strax eftir að Jötunn hefur lokið við seinni holuna á Laugalandi.

Fyrstu tvær holurnar, holur 6 og 7, verði boraðar í 1500 til 1600 m dýpi. Höggborsholurnar verða 30 til 40 m djúpar, fóðraðar með 18 5/8" fóðringu í botn. Þá verður borað með 17 1/2" krónu niður á 150 m dýpi og það fóðrað með 13 3/8" fóðringu. Síðan verður borað með 12 1/4" krónu niður á 700 til 800 m og þangað fóðrað með 9 5/8" fóðringu.

Allar þessar fóðringar verða steiptar með þeirri kostgæfni, sem unnt er að viðhafa. Síðan verður borað með 8 3/4" eða 8 1/2" krónu niður á 1500 til 1600 m dýpi, en ekki verður að sinni settur leiðari í holurnar, til þess að möguleiki verði á að dýpka þær síðar.

Reynsla af borunum á jarðhitasvæðinu hefur sýnt, að hægt er að bora niður á þetta dýpi, með þeim tækjum sem til eru, með fullu öryggi.

Á svæðinu hafa nú verið boraðar fimm holur og aðeins ein þeirra, hola 4 2003 m djúp, kom í gos af sjálfsdáðum. Öllum hinum holunum, sem eru 1100 til 1650 m djúpar hefur þurft að koma til með aðgerðum og má nefna sérstaklega holu 5, en borun hennar lauk í okt. 1975.

Þessi hola hefur ekki verið hvött í gos, og er vatnsborð í henni nú, fjórum mánuðum eftir að borun lauk, á 80 m dýpi, og mælist botnhiti hennar um 300°C.

Tilgangurinn með því að hefja borun á þennan hátt er einkum þrjúþættur:

1. Að útvega fyllri mynd af jarðhitasvæðinu niður á 1500 m dýpi, þannig að endanlega verði úr því skorið, hvort holur af þessari dýpt séu nothæfar til vinnslu.
Reyndar bendir allt til þess nú að svo sé ekki, enda verða holurnar þannig frágengnar, að þær verður hægt að dýpka, og skoðast þetta dýpi þessvegna sem áfangi í dýpri borun.
2. Bortæknilega hefur reynst erfitt og jafnvel hættulegt að bora 2000 m djúpar holur, þótt viðhorf til slíkrar borunar nú, séu að sjálfsögðu allt önnur, en áður en hola 4 var boruð.
Það hlýtur þessvegna að teljast eðlilegt, að farið sé af stað með þeirri varkárni, sem unnt er að viðhafa, og ekki reyni á erfiðasta hluta framkvæmdarinnar strax í upphafi, enda hlyti það að teljast óvarlega að farið, ef fyrsta holan á þessu ári mistækist.
3. Vegna ýmissa atvika eins og mikilla umræðna á opinberum vettvangi um Kröflumálefni, eldgoss og skjálftavirkni og þeirra atburða, sem skeðu við holu 4 og holu 10 í Námafjalli virðist sem nokkurn kvíða hafi sett að starfsfólkinu um framhald framkvæmdanna og er þessi kvíði túlkaður með ýmsu móti.

Má gera ráð fyrir að starfsfólkið öðlist sálarró og trú á verkefnið, ef framkvæmdaáætlunin í byrjun byggir á verkefni, sem þegar er fengin góð reynsla á.

Þegar borun fyrstu tveggja holanna er lokið á þennan hátt, sem greint er frá hér að ofan, kemur að því að taka þarf afstöðu til þess, hvað næst er gert. Valið verður þá að bora dýpra eða halda áfram að bora holur 1500 til 1600 djúpar. Seinni kosturinn er án tæknilegra erfiðleika og þarf ekki að fjölyrða um hann, en miklu líklegra er, að þörfin verði dýpri holur.

Eins og greint var frá hér að ofan er gert ráð fyrir að vinnslufóðringin verði 700 - 800 m djúp. Það má segja að æskilegt sé, að hún væri dýpri, nefndir hafa verið 840 m, en ef verulegt gagn ætti að vera af dýpri vinnslufóðringu, þá þyrfti hún að vera 1200 m til þess að komið yrði í veg fyrir millirennslid.

Hinsvegar er okkar veikasta hlið bortæknilega að steypa fóðringuna og verður að gera ráð fyrir, a.m.k. þar til annað kemur í ljós, að steyping á 700 til 800 m fóðringu, sé það allra mesta, sem hægt er að framkvæma. Þess ber þó að geta, að enn hefur ekki slæmri steypingu á fóðurrörum verið um að kenna þegar óhöpp hafa skeð.

Eins og áður er greint frá, má til einföldunar við að gera sér grein fyrir hvað 700 m fóðring dugir fyrir djúpa holu gefa sér eftirfarandi forsendur:

1. Eðlisþyngd jarðlaga er að meðaltali 2, þannig að jarðlagaprýstingur við enda fóðringar er 140 kg/cm^2 . Ekki er reiknað með öðru en þessum prýstingi til að varna upprennsli utan fóðringar.
2. Hitastig á hverju dýpi fylgir suðuferlinum
3. Suðuprýstingur svarandi til hitastigs í botni holunnar skilar sér að fullu upp í topp á holunni, þ.e. reiknað er með að engin vatnssúla sé í holunni fyrir ofan þann stað, þar sem hitastig svarandi til suðuhita kemur fram.

Hitastig svarandi til 140 kg/cm^2 þrýstings er 335°C og tilsvarandi dýpi á suðuferlinum, þegar reiknað er með 100 m á vatnsborð, er 2000 m . Ætti þá fóðringarinnar vegna að vera óhætt að bora á það dýpi, en vitanlega eru þetta ystu og erfiðustu mörk, sem upp geta komið og fremur ólíklegt að þau komi fram í reynd. Þá mætti einnig spyrja, hve háan þrýsting þurfi á holutopp til að veða á móti þyngd fóðringarinnar, þannig að hún gæti skriðið upp. Þessi þrýstingur er fyrir $9 \frac{5}{8}$ ", 36 lb/ft fóðringu 91 kg/cm^2 , en ef fóðringin ekki sígur niður meðan holan er þrýstingslaus, verður að reikna með að jafnmikið þurfi a.m.k. til að ýta henni upp, þannig að þrýstingurinn væri þá orðinn 182 kg/cm^2 .

Til þess að samræmi sé milli dýptar fóðringarinnar og annarra styrkleika virðist þessvegna ekki ástæða til að fóðringin sé dýpri en 700 til 800 m , þar sem af bortaknilegum ástæðum er ekki hægt að hafa hana svo djúpa, að tryggt sé, að millirennisli verði ekki. Öryggisventlar borsins, þ.e. renniloki með tungum sem loka um stangir og tungum sem loka alveg og gúmmístrokkloki eru ASA 900, en það þýðir að þeir geti tekið á móti 150 kg/cm^2 þrýstingi, ef hitastig fer ekki yfir 100°C , en allir lokarnir hafa gúmmíþéttingar, þannig að vinnuhitastig þeirra takmarkast við 100°C .

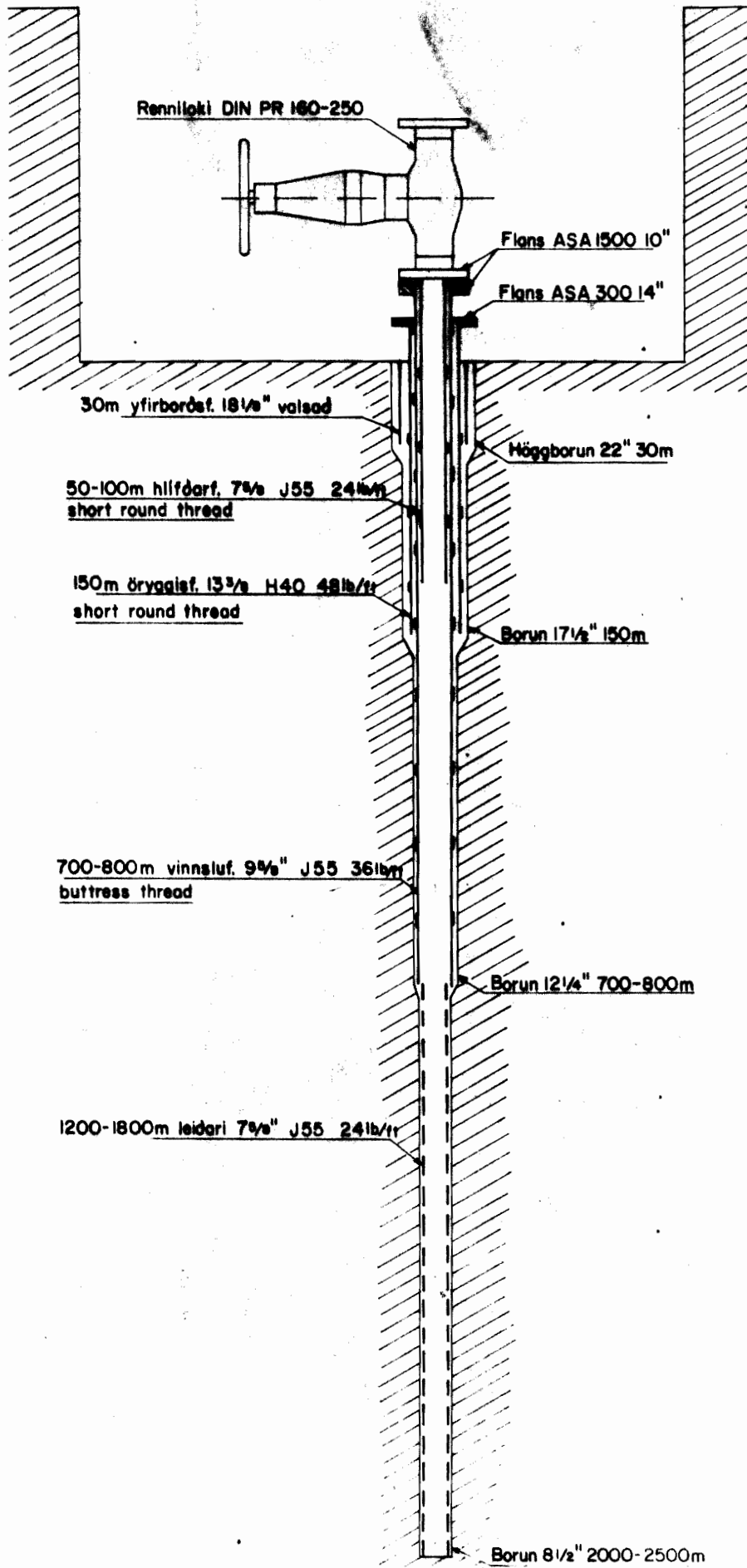
Til er ASA 600 10 " renniloki, samskonar og sá, sem notaður var á holu 4, en hann á að þola 80 kg/cm^2 þrýsting við 300°C . Pantaðir hafa verið ASA 900 og ASA 1500 10 " borventlar, sem þola 120 kg/cm^2 og 190 kg/cm^2 við 300°C . Afgreiðslu þessara ventla hefur verið lofað í ágúst, en reynt er að útvega samskonar ventla með styttri afgreiðslu.

Sem holuventlar hafa þegar verið útvegaðir tveir $225/200 \text{ DIN } 160$ og einn $225/200 \text{ DIN } 250$ en þeir þola við 300°C 125 kg/cm^2 og 200 kg/cm^2 þrýsting. Sá fjórði hefur verið pantaður og kemur í maí og góð von er um að hægt verði að útvega fimmta og sjötta ventilinn á sama tíma.

Þegar holurnar eru boraðar neðan áðurnefnds 1500 til 2000 m dýpis, er ekki ástæða til annars en að ætla, að það gangi vel meðan borað er og stöðugt dælt í holuna. Þegar borað hefur verið niður á það dýpi, sem ætlað er, þá verði dælt í holuna gegn um stangir niður á botn í einn sólarhring. Þá verði dælingu hætt án þess að holan sé opnuð og beðið eftir, hvort þrýstingur byggist upp. Þetta verður endurtekið þar til full vissa er fyrir því, að nægur tími líði, án þess að holan komi í þrýsting, þannig að hægt sé að fæðra hana með leiðara og ganga frá henni.

Dæling í botni holu 4 var í eina klukkustund og kom holan í þrýsting 4 til 5 klst seinna. Þegar hola 10 í Námafjalli var komin í 88 kg/cm^2 þrýsting og orðin fullheit hófst á hana dæling og var dælt 15 l/sek í eina viku. Núna fimm vikum eftir að dælingu var hætt er holan enn ekki komin í þrýsting.

Það er ljóst að dæling á köldu vatni út í æðar holunnar hefur veruleg áhrif á þann tíma, sem það tekur holuna að koma upp, en jafnvel þótt aldrei fáiist nægur tími til að fæðra, ætti ekki að vera hætt á að missa holuna óbeislaða í gos.



ORKUSTOFNUN

Vinnsluhöfud í Krófla

Reið, feldingur og holuþoppur

TEI 114
1969

FNR 1969