

## JARÐBORANIR Á HÁHITASVÆÐUM

eftir

Karl Ragnars

Guðmund Sigurðsson

Stefán Sigurmundsson

## JARÐBORANIR Á HÁHITASVÆÐUM

eftir

Karl Ragnars

Guðmund Sigurðsson

Stefán Sigurmundsson

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

	<u>Bls.</u>
1. Formáli .....	1
2. Borun á háhitasvæðum .....	3
3. Tilhögun við fóðringar undanfarin ár .....	5
4. Tillögur að fyrirkomulagi fóðringa .....	8
5. Steyping fóðringa .....	11
Rennitappar .....	13
Flotkragi .....	14
Miðjustillir .....	14
Steypingarhausar .....	14
Val á sementi og sementsbætiefnum .....	14
6. Spennur í fóðurrörum .....	16
7. Holutoppur - frágangur og styrkleiki .....	19
8. Verkfæraeign Jarðboranadeildar Orkustofnunar	20
9. Mynda- og töfluskrá .....	23

## 1. FORMÁLI

Á síðastliðnum árum hafa verið framkvæmdar boranir í Námaskarði og á Reykjanesi. Við þær hafa orðið ýmis óhöpp og vandræði, sem betur færi á, að endurtækjü sig ekki. Þar eð höfundar þessarar skýrslu hafa verið viðriðnir þessi verk á einn eða annan hátt, þá ætlaðist þannig til, að þeir fóru að íhuga þessi vandamál og skiptast á skoðunum um þau. Til þess, að þessar íhuganir mættu að gagni verða, var augljóst, að þær yrðu að vera í formi greinargerðar og því varð það úr, að undirritaðir ákváðu að vinna saman að greinargerð þeirri, er hér fer á eftir.

Tilgangur skýrslu þessarar er aðallega sá, að reyna að benda á leiðir, sem mættu verða til þess að fækka óhöppum og vandræðum, sem hafa hent undanfarið við borframkvæmdir. Þó teljum við, að hefðist erindi sem erfiði, ef þessi greinargerð yrði ekki til annars en að koma af stað umræðum um þessi mál. Til þess að benda á það, sem betur mætti fara, og forða óhöppum, verður að gera sér grein fyrir, af hverju óhöppin helzt stafa. Álítum við, að hér sé um tvær megin orsakir að ræða, annars vegar að skipulagi sé ekki nægur gaumur gefinn og hins vegar virðist okkur ekki vera tekið nógu mikið tillit til þess gífurlega mismunar, er felst í því að bora á háhitasvæðum miðað við boranir á öðrum svæðum.

Skipulagsleysi kemur helzt fram í því, að byrjað er á borun af litlum sem engum undirbúningi. Hjá þessu fyrirtæki hefur aldrei orlað á því, sem nefnt er afgreiðslufrestur. Þegar beiðni kemur um borun á einhverju tilteknu svæði, hvort sem um er að ræða eina eða fleiri holur, þá virðist sem helzt hefði átt að hefja framkvæmd í vikunni, áður en beiðni barst.

Þegar svona er rokið á stað, er ekki von til þess, að til sé neitt "prógram" fyrir borstjóra að fara eftir við borun, sem annars mætti ætla, að væri töluvert atriði, ef borun á að ganga fljótt og örugglega fyrir sig. Einnig virðist sem svo, að við borun á tveim áðurnefndum svæðum sé reynsla sú, sem hefði átt að fást við fyrri boranir á svæðunum, ekki notuð. Nægir í því tilfelli að benda á Námaskarð, þar hafa verið boraðar 5 holur á tiltölulega litlu svæði vestan undir fjallinu, en engin þeirra er eins, þrátt fyrir að allar séu boraðar í sama tilgangi.

Annar annmarki, sem skapast af svo hörðu viðbragði, er undirbúningsleysi, en hér er átt við, að tíma þarf til að útvega þá hluti, sem nota á við borun einnar holu, fóðurrör, flansa og ventla, svo eitthvað sé nefnt. Meðan það sjónarmið ræður ekki, að eiga slíka hluti á lager, verður að fá tíma til að útvega þá og er sá tími háður afgreiðslufresti þeirra fyrirtækja, sem afgreiða slíkt. Sé sá tími ekki fyrir hendi, þá kemur það niður á framkvæmd verksins í formi tafa og tafir eru ákaflega leiðinlegt fyrirbæri, svo ekki sé annað sagt.

Af þessu teljum við, að meginforsenda fyrir velheppnuðu borverki sé samvirkusamlega unnið borprógram fyrir borstjóra að fara eftir, og að allir þeir hlutir, sem til þarf í eina holu séu komnir á staðinn í þann mund sem verkið hefst.

Til þess að hægt sé að semja gott borprógram, verður að gera sér grein fyrir hvers konar svæði sé verið að bora á. Hér er komið að annarri aðalorsök vandamála. Í fljótu bragði virðist ekki mikill munur á hvort mælt hitastig í borholu sé um 200°C (Hveragerði) eða um 280°C (Námaskarð og Reykjanes). Sé aftur á móti litið á þann þrýsting, sem stafar af þessum hitastigum verður mismunurinn gífurlegur, 16 kg/cm<sup>2</sup> (Hveragerði) og 66 kg/cm<sup>2</sup> (Námaskarði og Reykjanesi). Sjá mynd 1. Af þessu sést, hve allur útbúnaður, undirbúningur og varúð verður að vera miklu meiri á háhitasvæðum sem þessum. Virðist sem ekki hafi verið nægilega að þessu gætt, og gæti það meðal annars verið orsök til undangenginna vandræða. Það hlýtur að bjóða hættunni heim, að ætla sér að framkvæma boranir og ganga frá útbúnaði á holum á þessum svæðum eins og verið væri að bora í Hveragerði eða jafnvel enn kaldari svæðum.

Við samantekningu þessarar greinar rákumst við á, við lestur erlendra greina, að flest þau ríki, sem jarðboranir fara fram í, hafa sett lög og reglugerðir varðandi öryggi við borun og frágang á holum. Ekkert slíkt er til hér á landi. Allar þær boranir, sem framkvæmdar hafa verið hér, hafa verið gerðar eftirlitslaust frá hendi hins opinbera. Ætla mætti, að eftir margra ára borun væri kominn tími til að setja saman reglugerð varðandi jarðboranir, þar sem staðlað væri öryggi við borun og frágangur á holum,

allt eftir því á hvaða svæðum og í hvaða tilgangi borað er. Slík reglugerð ætti að tryggja öruggari borframkvæmdir og traustan frágang, jafnframt því, sem hún myndi að mestu leyti koma í veg fyrir ágreining milli verksala og verkkaupa.

## 2. BORUN Á HÁHITASVÆÐUM

Eitt það fyrsta, sem gera þarf eftir að holu hefur verið valinn staður er að steypa kjallara og ganga þannig frá holustæðinu að öruggt þyki.

Kjallari þarf að vera það stór, að hægt sé að ganga frá fóðringu og holutoppsútbúnaði á auðveldan hátt. Einnig þarf að vera steypdur stigi úr honum, þannig að auðvelt sé að komast upp úr honum. Út frá kjallara þurfa að vera steypdir vængir minnst 2 m í allar áttir. Undir þessa vængi ætti að þúkka með grjóti og möl. Kjallari og vængir skulu vera úr járnbentri steinsteypu. (Sjá mynd 2.)

Tilgangurinn með svo traustlega gerðum kjöllurum er að auka allt öryggi á holustað bæði meðan á borun stendur, og ekki sízt eftir að viðkomandi hola er tekin í notkun. Í Námaskarði eru öll holustæði í leirflagi og í Krísuvík eru þau í mýrarfeni og veitir ekki af að vanda til útbúnaðarins á slíkum stöðum. Eftir að plan- og kjallaragerð er lokið er holustæðið tilbúið til borunar.

Hagkvæmast er álitnið, að bora með höggbor fyrir fyrstu tveim fóðringunum, sé um hart berg, hrungjörn og lek lög að ræða (50-70 m í Námaskarði). Sé um móberg eða ummyndað berg að ræða, mun það ekki borga sig.

Er hlutverki höggbors er lokið, tekur snúningsbor við. Hans hlutverk er að bora holuna niður á æskilegt dýpi og ganga frá þeim fóðringum sem setja á í hana. Í kafla hér á eftir um fóðringar á háhitasvæðum er gert ráð fyrir 3-5 fóðringum í holu.

Eftir að höggbor hefur sett efstu tvær fóðringar, verður að ganga svo frá málum, að næstu 2 fóðringar, "festilfóðring" og "vinnslu-

fóðring" sjá mynd 4-séu ekki settar í holuna fyrr en búíð er að ganga tryggilega frá því, að enginn leki sé í holunni á því svæði, sem fóðra á. Í öllum efri jarðlögum má búast við sprungum og lekastöðum í ríkum mæli, en þetta þarf allt að stífla og steypa þétt áður en fóðring er sett í holuna, að öðrum kosti má gera ráð fyrir að fóðrun mistakist. Til að stífla lekastaði sem þessa, þarf að steypa í þá með grófri steypu, sementi blandað vikri, rauðamöl, perlusteini, spónum eða hálmi, eða þessu öllu til samans. Þar sem borvökvadælur boranna geta ekki dælt slíkri steypu þyrfti að útvega dælu sem væri þess megnug.

Hér höfum við í huga líkar dælur og notaðar eru til grautunar "grouting pumps" á undirstöðum við mannvirkjagerð t.d. stíflu-stæðum. Þessar dælur ættu að vera þess megnugar að dæla svo grófri steypu, sem þarf til að stífla þær sprungur og göt í holu-veggjum er truflað gætu eðlilegan framgang við steypingu fóðringar.

Það er álit okkar, að algjörlega verði að tryggja það, að holan sé þétt og þoli þann þrýsting, sem þarf að leggja á hana til þess að koma steypunni á sinn stað við fóðrun. Öðrum kosti er ekki hægt að búast við því, að fóðrun takist sem skyldi.

Til þess að ganga úr skugga um, að holan þoli þrýsting steypunnar er rétt að þrýstiprófa holuna á þann hátt, að vatni er dælt í hana og skal þá dæluþrýstingur vera jafn þyngd vatnssúlunnar í holunni, þ.e. dýpt holunnar deilt með 10. Fari svo, að jarðvegurinn bresti, má leita að lekastaðnum með hitamælingu eða straumhraðamæli og reyna síðan að þétta lekann aftur. Getur þetta verið þolinmæðisverk, en óhætt er að segja, að mikið sé í húfi með að vel takist til með frágang fóðurröra svo sem fram kemur síðar.

### 3. TILHÖGUN FÓÐRINGA UNÐANFARIN ÁR

Í árdaga jarðborana á Íslandi var sú aðferð sem aðallega var notuð við fóðranir þannig, að reynt var að bora fyrir fóðringunni niður í klöpp eða fastan jarðveg og rörið síðan rekið niður í holuna. Ef borað var í mjög lausum jarðvegi, var borað og steyppt á víxl, þar til náð var á fastan jarðveg. Í verstu tilfellum var handgrafið fyrir fóðringunni.

Þegar kom að því að festa fóðringunni, var það ýmist gert, að holan var fyllt af steypu og rörinu síðan troðið í meðan hún var mjúk, eða rörið sett í fyrst og síðan steyppt bæði innan í og utan með, og reynt að þétta meðfram að beztu getu.

Þessar aðferðir hafa nú verið lagðar niður að mestu leyti, eftir því sem tækni hefur aukizt við boranir samt er þessu brugðið fyrir sig, þegar boraðar eru rannsóknarholur á fjöllum, þar sem fóðringin þénar mest sem lækfesting. Einnig er þessi aðferð notuð af höggborum stofnunarinnar enn þann dag í dag og er slæmt til þess að vita, þar eð þeir fást mikið við borun neyzluvatnshola og skyldi sízt af öllu ganga slælega frá þeim.

Með tilkomu Gufubors ríkis og Reykjavíkurborgar urðu breytingar til batnaðar á fóðrunaraðferðum. Þó mun þar mest hafa hjálpað nýjungar varðandi bætt vinnubrögð og vinnutilhögun, enda er Gufuborinn í sérflokki hér á landi hvað stærð, afkastagetu, bordýpt og ekki sízt öryggi snertir.

Flestar þær aðferðir, sem þar voru kenndar við boranir og framkvæmd fóðrunar, hafa verið aðlagðar og yfirfærðar á smærri bora stofnunarinnar, svo sem Cardwell (Norðurbor), Mayhew og Franks.

Á Gufubor kynntust menn einnig ýmsum nýjum tækjum, t.d. öflugum dælum, leðjutank til að hræra upp borleðju og sem forðabúr fyrir borleðju tengd inn á dælurásina meðan á borun stendur, sementshrærara, sem gerir kleift að steypa úr miklu magni af sementi á skömmum tíma, og er nauðsynlegt tæki við allar stærri fóðringar.

Ef til vill hefur öryggislokinn verið hvað bezta nýjungin, er fylgdi Gufubornum. Við tilkomu hans opnast möguleikar á borun á háhita-svæðum tækjanna vegna.



Hér á eftir verður reynt að útskýra helztu aðferðir, sem notaðar hafa verið við fódðringar, eftir að Gufubor kom til. (Sjá mynd 3.)

### Aðferð I

- I Fódðring til að halda úti lausum lögum efst í holunni, venjulega steyppt á fast berg eða þéttan jarðveg.
- II Þessi fódðring hefur venjulega þjónað sem öryggisfódðring meðan borað er fyrir aðalfódðringu og til að halda úti hrungjörnum lögum efst í holunni.
- III Aðalfódðring holunnar og þjónar þeim tilgangi, að útiloka lek lög ofarlega í holunni og til að festa útbúnað holutopps og verður þar af leiðandi að þola allan þrýsting, sem getur orðið efst í holunni.

Steyping fódðringarinnar hefur verið framkvæmd á þann hátt, að dælt hefur verið innan í fódðringuna því magni af steypu, sem álitnið er nægjanlegt til að steypa hana fasta. Þar á eftir er settur rennitappi "plug" efst í fódðringuna og honum þrýst niður undir botn með vökva (vatni eða borleðju).

Rekur hann steypuna á undan sér niður fódðringuna og þrýstir henni upp með fódðringunni að utanverðu. Síðan er rennitappanum haldið niðri með þrýstingi, þar til steypan hefur harðnað, eða komið hefur verið fyrir einstreymisloka neðst í fódðringunni áður en hún var sett í holuna og fyrirbyggir hann bakrennsli steypunnar. Þegar borun er svo haldið áfram eftir að fódðringu lýkur, eru rennitappinn og einstreymislokinn boraðir úr. Óhætt er að segja, að þessi aðferð sé sú hefðbundna, og aðrar aðferðir leiddar af henni.

### Aðferð II

Fódðringar I og II eru steyptar eins og lýst er í aðferð I.

Við steypingu fódðringar III er hins vegar breytt út frá venjunni og notast við aðferð er kalla mætti ofanfrá- og meðfram-aðferðina. Í staðinn fyrir að fylla fódðringuna með steypu og dæla henni upp

með, er steypan látin leka niður með fóðringunni og þá gjarnan í skömmtum, þ.e. hrært ákveðið magn af sementi í einu og því komið fyrir meðfram fóðringunni. Síðan er beðið að skammturinn harðni og þá er næsti skammtur settur niður. Þannig er haldið áfram þar til steypan kemur upp sem kallað er.

Ætlunarverk þessarar fóðrunaraðferðar er sú, að steypa aðeins efsta hluta fóðringarinnar fastan, en láta neðri hluta hennar þenjast lausbeyzlaðan við vegg holunnar.

Ekki er hægt að mæla með þessari aðferð við steypingar á fóðringu, því það sem gerir hana tortryggilega er:

Í fyrsta lagi vita menn ekkert, hvert sú steypa fer, sem látin er niður með fóðringunni.

Í öðru lagi er mjög mikil hættu á vatnsblöndun í steypunni og vatnspokamyndun meðfram fóðurrörum. Þetta býður svo hættunni heim varðandi mispenslu á rörinum og skapar möguleika fyrir sliti á fóðringu.

Í þriðja lagi gætu aðeins fáeinir metrar af fóðringunni hafa steypzt, ef steypan leitaði út í sprungur sem ekki hefðu verið þéttar áður, og væri þá betur ósteypst.

### Aðferð III

Fóðringar I og II eru steyptar á hinn hefðbundna hátt eins og lýst er í aðferð I. Við steypingu III. fóðringar er breytt út af venjunni og aðeins steypst upp með henni að vissu marki (sjá mynd) en síðan skilið eftir töluvert bil steypulaust. Þá er sandur settur á milli fóðringa og að lokum steypst efst með fóðurrörinu. Þetta orsakar, að á milli holuveggjar og 3. fóðringar er steypulaust lag, sem súrefnisríkt vatn og sjór, ef hann er fyrir hendi, leika um rörið og flýta fyrir tæringu. Auk þess, þar eð rörið er steypst í báða enda, verður mispensla í fóðringunni sem orsakar slit.

Ef grípa þyrfti til þess ráðs að steypa ekki upp með fóðringunni allri, ætti að reyna að láta steypuna ná upp í næstu fóðringu utan við og steypa þá ekki í toppinn heldur setja stýringu milli fóðringa, sem rörið gæti þanizt í.

#### Aðferð IV

Sú aðferð hefur verið notuð þegar hrun eða linir kaflar hafa komið í holur, sem búið hefur verið að fódra á venjulegan hátt, að setja í þær "lausa fódningu". Þessi aðferð er oft nauðsynleg, en til að hún komi að sem beztu gagni þarf að gera ráð fyrir henni í upphafi. Sé það ekki gert, kemur holan til með að vera mjórri en ráð var fyrir gert vegna þessarar aukafóðringar.

Yfirleitt eru þessar fódningar láttnar standa á stalli eða þrengingu í holunni, en einnig hafa þær verið hengdar innan í næstu fódningu.

#### 4. TILLÖGUR AÐ FYRIRKOMULAGI FÓÐRINGA

Fjöldi fódringa í borholum er mismunandi og fer oftast eftir því í hvers konar jarðvegi verið er að bora og eins eftir því í hvaða skyni borað er. Hitastigulsholur eru til dæmis ekki nema með einni stuttri fódningu. Framleiðsluholur á háhitasvæðum geta krafizt allt að 5 fódringa, sem komið er fyrir hverri innan í annarri. Einnig kemur það fyrir, að fódning er hengd neðst í næstu fódningu fyrir utan.

Tilgangur hverrar fódningar fyrir sig í einni borholu, er nokkuð mismunandi. En allar hafa þær einn heildartilgang, þ.e. tryggja öryggi við/og auðvelda borframkvæmdir, og skila þeim verðmætum, sem borað er eftir hverju sinni, í þessu tilfelli gufu, á sem öruggastan og beztan hátt upp á yfirborðið.

Hér á eftir verður skýrður tilgangur hverrar fódningar fyrir sig. (Sjá mynd nr. 4)

1. Yfirborðsfóðring. Þessi fódning er ekki nauðsynleg í öllum tilvikum. Hins vegar kemur hún að gagni, þar sem fyrstu metrar-nir í borun eru "rusljarðvegur", ef svo má að orði komast, mól, sandur, vikur eða blanda af þessu.

2. Öryggisfóðring. Fóðring þessi á að halda uppi hrungjörnum jarðvegi og loka af lek lög og yfirleitt að þjóna sem öryggi meðan borað er fyrir festilfóðringu.

Lengd fóðringarinnar ákvarðast af jarðveginum og því hitastigi sem búast má við.

3. Festilfóðring. Undanfarið hefur þessi fóðring þjónað sem öryggisfóðring, meðan borað er fyrir aðalfóðringu (hér eftir nefnd vinnslufóðring), og einnig til að halda úti hrungjörnum lögum, ofarlega í holunni. Teljum við ástæðu til að breyta hér til og nota þessa fóðringu líka til þess að festa aðalloka holunnar á. (Sjá kafla Frágangur holutopps.) Hingað til hefur hann verið festur á vinnslufóðringuna. Tilgangur festilfóðringar verður því þríþættur: Til að halda úti hrungjörnum lögum ofarlega í holunni og þar með auðvelda áframhaldandi borun, til að virka sem öryggisfóðring meðan borað er fyrir vinnslufóðringu (koma í veg fyrir að gufa og vatn brjótist fram hjá og komi upp meðfram holunni) og til að vera festill fyrir aðalloka holunnar.

4. Vinnslufóðring. Hún er einnig til að halda úti lekum og brotgjörnum lögum og þar með þjóna þeim tilgangi að gufan komist örugglega og fyrirstöðulaust upp á yfirborðið. Hún er sú fóðring, sem tekur mest á sig þær þenslur og teygjur er fyrir koma í holunni. Því er horfið frá því ráði að festa aðalloka holunnar á hana, til að losna við að hann sé á fleygiferð. Vegna þenslunnar er þessi fóðring ekki látin ná upp í topp heldur endar hún h. u. b. einum meter frá aðalflans festilfóðringar.

5. Leiðari. Í þeim tilfellum, þar sem gufunni er safnað úr mörgum æðum og brotgjörn lög eru á milli, er nauðsynlegt að setja leiðara í holuna. En það höfum við nefnt fóðringu, sem er götuð og í flestum tilfellum er hengd neðst innan í vinnslufóðringuna og er eingöngu til að halda úti holunni á því svæði, sem gufunni er safnað í hana.

### Lengd og vídd fóduringa

Við borun á holum, þarf að ákveða vídd og lengd þeirra fóduringa, sem setja á í holuna.

Holuvídd og þar af leiðandi þvermál fóduringa, er háð afkastagetu viðkomandi bors. Einnig þarf að hafa það í huga, að ekki hentar sama holuvídd á öllum svæðum. Sé borað á aflmiklum svæðum, verður að tempra holuvídd, svo kostnaður vegna fóduringa og ekki sízt kostnaður vegna frágangs holutopps sé innan hagstæðs ramma.

Dýpt fóduringa er háð jarðlagaskiptingu svæðisins. Sem áður er sagt, er yfirborðsfóðring ekki alltaf nauðsynleg. Hinar þrjár, öryggisfóðring, festilfóðring og vinnslufóðring eru nauðsynlegar í allar holur boraðar á háhitasvæðum. Það má búast við, að fóduringaskipan í fyrstu holu, sem boruð er á áður ókönnuðu svæði, komi ekki til með að vera sú rétta. En að henni lokinni, ætti að vera hægt í flestum tilfellum, að segja fyrir um fóduringaskipan næstu hola, sem boraðar verða á sama svæði. Eitt skal þó tekið fram, að jarðlagasnið ræður ekki eingöngu um dýpt festilfóðringar. Þar verður að taka með við ákvörðun mestan mögulegan þrýsting, sem viðkomandi hola getur gefið, vegna þess, að aðallocki holunnar er festur á þá fóduringu. Á Nýja Sjálandi er sú regla notuð, að festilfóðring sé a. m. k. það djúpt, að þungi jarðvegs umhverfis hana sé meiri en mesti mögulegi þrýstingur, er holan getur gefið á því dýpi. Er þetta til að koma í veg fyrir að gufan brjóti sér leið upp meðfram holunni eða út úr henni.

Helzt þyrfti að ganga þannig frá fóduringarendum, að þeir séu steypdir í tiltölulega hart eða gott jarðlag. Sé það ekki gert, er alltaf sú hættu fyrir hendi, að steypan molni smám saman upp með fóduringunni. Sé ekki um slík jarðlög að ræða, þar sem æskilegast er að enda hverja fóduringu, skiptir það minna máli, ef önnur fóduring á eftir að koma fyrir innan. Það vill segja, að sérhver fóduring veitir aðhald, og styrkir fóduringarenda næstu fóduringar fyrir utan. Hin endanlega fóduring, vinnslufóðringin, verður að steypast í gott, traust berglag, svo ekki sé talað um, ef hengja á í hana leiðara. Ef svo skeður, að alls ekki er hægt að finna gott berglag nálægt þeim stað sem endi vinnslufóðringar skal vera, er æskilegt að setja körfu á enda fódurrörs. Hún hindrar að steypa molni niður með rörinu.

## 5. STEYPING FÓÐRINGA

Alls staðar, þar sem holur eru boraðar í jörðina til að ná upp mikilvægum efnum, hvort sem um er að ræða olíu, jarðgas eða gufu, er steyping fóðringa holunnar talin eitt mikilvægasta stig verksins og skyldi vanda til hennar sem kostur er á.

Í bandaríska olíuiðnaðinum er sú athöfn talin standa jafnfætis grautun í námuiðnaðinum. Uppgötvun tækja til þessara hluta, endurnýjun og betrubæting þeirra er alltaf að gerast hjá þeim fyrirtækjum, sem framleiða þá. Öll stærstu olíufélög heims halda uppi stórfelldum ramnsóknum, þar sem sífelld er verið að prófa bæði gömul og ný efni til að betrubæta og auðvelda steypinguna.

Megnið af því sementi, sem notað er til fóðringa steypingar erlendis er selt í lausu, þ.e. úr sílóum. Steypustöðvar kaupa sementið í lausu af sementsverksmiðjunum. Þar er blandað í það ýmsum bætiefnum, allt eftir því í hvaða skyni sementið á að notast. Þegar svo kemur að því að steypa fóðringu þá pantar boraðilinn sement frá viðurkenndri steypustöð og gefur um leið upp, hvaða bætiefni hann vill hafa í sementinu. Þegar sementið kemur á borstað, er það tilbúið til steypingar. Þangað kemur það á sements-bifreiðum og er blandað vatninu beint úr þeim og dælt í holuna.

Eins og áður hefur verið sagt er talið, að aðalverkið við hverja holu sem boruð er, sé steyping fóðringarinnar. Skyldi allur undirbúningur verksins íhugaður vandlega. Hér verða talin upp nokkur atriði sem gott er að hafa í huga þegar hola er fóðruð.

1. Ákvarða skal vandlega það magn af steypu, er þarf í holuna og út frá því, það magn af sementi, er nota skal. Í holum, sem boraðar eru í lélegu bergi og hætta er á víkkunum og smáhella myndunum, er góð regla að margfalda útreiknað magn með faktor 1,5-2.
2. Það er nauðsynlegt, meðan á steypingu stendur, að ekkert komi fyrir, er hindrað geti tafarlausan framgang verksins. Því skal ætíð gengið úr skugga um, áður en steyping hefst, að öll verk-

færi og tæki, sem nota skal við verkið, séu í góðu lagi. Það borgar sig að huga vel að öllum hlutum áður en verkið hefst.

3. Þegar fódoringin er komin í holuna, og hefur verið stillt af, er góður vani að hringdæla í holunni góða stund, borleðju eða vatni áður en steyping hefst. Þessi hringdæling hjálpar til við að fjarlægja gelflögur og svarf, er losnað hefur úr holuveggjum við niðursetningu fódoringar. Einnig kælir það holuna og hægt er að ganga úr skugga um, hvort flotloki virkar eðlilega. Eins gæti hafa hrunið eitthvað í holuna meðan fódurrör voru sett niður, sem hindraði eðlilegt rennsli steypunnar og kæmi það þá í ljós.
4. Strax eftir hringdælingu er botn rennitappinn settur í og æskilegt magn af steypu.
5. Um það bil sem síðasti skammtur steypunnar rennur í fódoringuna er topp rennitappanum sleppt og þrýst á eftir með borvökvanum.
6. Þó að æskilegt sé, að steypunni sé dælt upp með fódoringunni á sem skemmstum tíma, til að ná sem beztu rennsli upp með henni, verður að hafa í huga brotþrýsting veikra jarðlaga og haga dælingu samkvæmt því. Einnig skyldi varast að láta rennitappann skella á flotkraganum á mikilli ferð, slíkt gæti orsakað tognun á gengjum fódurröranna. Áður en steyping hefst, skyldi reikna út þann dæluþrýsting, sem þarf til að koma steypunni upp með fódoringunni.
7. Ef tap verður á hringdælingu (þ. e. vatn eða borleðjan, sem situr ofan á steypunni utan við fódurrör, hættir að skila sér upp meðan ýtt er á eftir steypunni niður fódoringuna), skyldi hægja á dælum að svo miklu leyti, sem mögulegt er í því skyni að reyna að fá steypuna til að "staflast upp" á þeim stað, sem tapið út í jarðveginn á sér stað.
8. Fódoringin skal undantekningarlaust hanga í meðan steyping fer fram og hún harðnar. Það er háð aðstæðum í viðkomandi holu, hita, þrýsting og sementstegund o. fl. hvað það tekur steypuna

langan tíma að setjast nægjanlega til þess að halda fóðringunni. Á meðan skyldi forðast allt það, sem gæti hrist og skekið fóðringuna í steypunni. Einnig skyldi varast að losa tog af fóðringunni, fyrr en steypan er orðin það hörð, að hún haldi henni fullkomlega.

9. Sem áður er sagt, er það háð ýmsu hvað nægjanlegur biðtími er. Ef venjulegar aðstæður eru fyrir hendi varðandi hitastig, þrýsting og sementstegund, ætti að vera óhætt að bora steypu-tappann úr fóðringunni eftir 12-24 tíma.

Til þess að auðvelda það að steypan komist vel upp í milli fóðurröra, eða í milli fóðurrörs og jarðvegs, skal millibilið ekki vera of þröngt og er víðast hvar talið æskilegt, að það sé ekki minna en 1". Sé millibilið mjög lítið þarf að dæla steypunni niður og síðan upp við nokkurn þrýsting, en við það skapast sú hættu að göt séu sprengd í bergið, þannig að steypan streymi þar út og nái ekki upp á yfirborðið.

Beztu trygging fyrir því, að steyping gangi vel fyrir sig, fyrir utan það, að verkfærin séu í lagi, er sú, að holan sé vel þétt, áður en steyping hefst. Það vill segja, að loka þarf öllum leka-lögum og tapstöðum, og er bezt að gera það um leið og borað er.

### Rennitappar (plugs)

Rennitappar eru þeir hlutir nefndir, er settir eru á milli steypu og borvökva til að hindra mengun eða blöndun (steypa-vatn eða steypa-borleðja). (Sjá mynd 5). Áður en steypa er sett í fóðringuna er "botn rennitappinn" settur í. Hann færir svo niður undir botn á fóðringunni eftir því sem dælt er steypu í fóðurrörið. Þar stoppar hann á einstreymisloka eða flotkraga. Við aukinn þrýsting springur hann fyrir miðju og hleypir steypunni í gegnum sig, sem streymir áfram og upp með fóðurrörunum. Þegar öll steypan er komin í fóðurrörin, er "topp rennitappanum" sleppt lausum og myndar hann skil milli steypu og vökvans, sem dælt er á eftir henni með. Einnig er hann notaður til að fylgjast með, hvenær búið er að dæla allri steypu úr fóðringunni upp með rörunum. (Þegar efri tappinn lendir á botn tappanum, myndast skyndileg þrýstingsaukning.)



### Flotkragi

Flotkragi er einstreymisloki eða brík, sem sett er í fóðringuna a.m.k. einni rörlengd frá neðri enda hennar. Þetta er gert til að rennitapparnir fari ekki of langt niður, og tryggir þar með góða steypingu við enda fóðringar.

### Miðjustillir (centralizer)

Nauðsynleg hjálp til að skapa góða steypingu á fóðringu er miðjustillir. (Sjá mynd 5.) Það liggur í augum uppi, ef fóðringin leggst upp að holuvegg og steyppt þannig föst, kemst engin steypa á milli fóðurrörs og holuveggjarins á því bili. Til að koma í veg fyrir að þetta geti skeð og til að tryggja örugga og vel steypa fóðringu, þarf að nota miðjustilla. Þeir halda fóðringunni í miðju holunnar og tryggja þannig, að steypan sé nokkurn veginn jafn þykk allt í kringum hana. Miðjustillum ætti að festa þannig á fóðringuna við niðurstetningu, að þeir spenntust út í trausta og örugga holuveggi þegar fóðringin er öll komin í holuna. Slíka staði er hægt að finna út úr borakraða-línuriti.

### Steypingar hausar (Cementing heads)

Þegar búið er að tengja við fóðurrör, til að dæla (skolvatni - steypu - borvökva) inn á þau, er mjög illt að þurfa að stöðva verkið til að skjóta rennitöppunum inn í. Bæði tefur það verkið og eins gætu myndast loftpokar í fóðringunni. Til að koma í veg fyrir slíkt, er notaður steypingarhaus. (Sjá mynd 5.)

Tveggja tappa haus, er eins og nafnið bendir til, með útbúnaði til að geyma í honum tvo rennitappa og sleppa þeim lausum þegar við á. Hann þarf einnig að vera með þeim útbúnaði að hægt sé að snúa fóðringarlengjunni í holunni um leið og steypunni er dælt í.

### Val á sementi og sementsbætiefnum

Við val á sementi verður að hafa í huga þær tegundir, sem viðkomandi markaður býður upp á. Erlendis er hægt að fá flestar þær sementsblöndur, sem æskilegt er að nota hverju sinni. Eins og áður er lýst er bætiefnum blandað í sementið í steypustöðvunum og kemur á borstað þannig.

Á íslenskum markaði eru tvær tegundir, íslenzkt Portland og Hraðsement, og verður að ganga út frá því að það verði notað við steypingu fóðringa og þéttingu hola. Við efri fóðringarnar, 1, 2 og jafnvel 3. fóðringu, ef jarðlög eru tiltölulega köld, er athugandi að nota Hraðsement. Það stytir dauða tímann við borunina. Hægt er að byrja að bora eftir 8-10 tíma. Við steypingu á lengri fóðringum, sem ná niður í heit jarðlög skyldi eingöngu notað Portland sement, helst blandað bætiefnum.

Það sem hér er kallað bætiefni, eru efni til að mýkja steypuna og lengja storknunartíma hennar. Með því móti verður betra að dæla steypunni og hún verður lengur í dælanlegu ástandi. Við það vinnst lengri tími til að koma steypunni á pláss og við aukna mýkt sezt steypan betur.

Til eru margar tegundir storknunarhemla (retarders) og eru aðal-efnasambönd í slíkum efnum ólífræn fosföt og siliköt og lífræn efni svo sem oxycarbonsýrur, keton og sulfonöt. Storknunarhemlar geta samanstðið af einu þessara efnasambanda eða blöndu af þeim. Verkun storknunarhemla er misjöfn og háð samsetningu sementsins.

Gipsi er ekki hægt að blanda í sement nema að vissu marki vegna hættu á sulfatpenslu steypunnar síðar. Efni sem gera steypu mýkri (þjálmbætandi efni Plasticiser) eru mörg til á markaði. Mætti þar sérstaklega benda á efni, sem notuð eru í múrblöndur til að gera þær þjálli við dælingu, en þessi efni innihalda oft storknunarhemla.

Á Nýja-Sjálandi er venjulega blandað í steypuna bentonite, lignosulphonate sem storknunarhemill og Carboxy-methyl-hydroxethyl cellulose (CMHEC) til þess að minnka rýrnun steypunnar við hörðnun.

Myndir 8 til 9 sýna hin ýmsu einkenni steypu sem þessum bæti-efnum er blandað í, í mismunandi hlutföllum.

## 6. SPENNUR Í FÓÐURRÖRUM

Orsakir fyrir spennum í fódurrörum eru margvíslegar og er þar helzt að nefna þyngd röranna, ýmis konar álög meðan fódringu er komið fyrir í borholunni, ytri og innri þrýstingur, sveigja fódurrörs og hitaspennur. Þegar fódurröri hefur verið komið fyrir og það steyppt, eru aðeins spennur vegna þyngdar röranna, meðan steypan er að harðna. Þessar spennur verða mestar efst í holunni og eru t.d. fyrir hverja 100 m af  $9 \frac{5}{8}$ "  $32,3 \text{ lb/ft}$  um  $82 \text{ kg/cm}^2$ . Þegar steypan harðnar og límist við rörið, verður verulegur hluti spennanna hitaspennur, en þessar spennur eru þær hættulegustu og jafnframt þær sem erfiðast er að gera sér grein fyrir. Þann hita, sem er í holunni þegar steypan harðnar, mætti kalla hinn spennufríá hita. Þessi hiti er breytilegur með dýptinni, og einnig er hörðunartími steypunnar breytilegur en gera má ráð fyrir, að hann sé skemmri neðst í holunni en efst.

Þegar steypan er orðin hörð og límd við rörið, verður fódringin fyrir hitnun og kólnun á víxl. Fódringin hitnar meðan sementið er að harðna og er síðan kæld aftur þegar byrjað er að bora og köldu vatni dælt um fódringuna. Á meðan á borun stendur, hitnar og kólnar fódringin á víxl, og eftir að borun lýkur, hitnar fódringin verulega þegar holu er hleypt upp. Þegar lokað er fyrir blásandi holu, hitnar hún og kólnar síðan aftur. Hitaspennurnar, sem orsakast af þessu í rörunu, flytjast um steypuna út í jarðveginn eða næstu fódurrör utan við.

Ef lengdarþensla fódringar er hindruð, verður spennan jöfn margfeldi af hitaþanstuðli og "modulus of Elasticity" járnsins. Þessar stærðir eru ofurlítið mismunandi með hitastiginu, en segja má, að spennur aukist um  $26 \text{ kg/cm}^2$  ( $370 \text{ lb/sqin.}$ ) fyrir hverja gráðu  $^{\circ}\text{C}$  upphitunar eða kólnunar.

Efni það, sem notað er í fódurrör, er af mismunandi gæðum og brotspennur þess mismunandi. Gæðaflokkarnir eru merktir F-25, H-40, J-55, N-80. (Sjá töflu 1-7.) Talan við hvern bókstaf merkir flotmörk efnisins í  $1000 \text{ lb/sqin.}$  Samsetning röra með múffu þola frá 75% (stutt múffa) til 85% (löng múffa) af flotmörkum í togálagi, en ekki er gefið upp af framleiðanda hvert þrýstipól

röranna er. Tilraunir gerðar á Nýja-Sjálandi sýna, að þrýstipól er u.þ.b. það sama og togpól, en þegar rörum er þrýst saman, þá kónast þau í múffunni þannig, að þegar aftur er sett togálag á rörin, þá dragast þau auðveldlega út úr múffunni. Þegar lengdarþensla er hindruð, gera eftirfarandi hitastigsbreytingar krafta í fóðringuna, sem nægja til þess að slíta hana.

Efnisgæði	Hitabreyting °C
F-25	50
H-40	81
J-55	111
N-80	162

Ef rörin væru ekki sett saman með múffum, en soðin, gætu þau tekið á sig mun meiri hitastigsbreytingar, þar sem flot (elongation) efnisins er um 0,5% af lengdinni og mætti þá hitastigsbreytingin vera reikningslega allt að helmingi meiri. Þetta fer þó auðvitað eftir því hve vel rörin eru soðin saman, en samt virðist óhætt að ætla, að soðin rör séu heppilegri fóðring en skrúfuð, einnig ef tekið er tillit til þess, að soðin rör hafa meiri möguleika á að skríða í steypunni.

Hér hefur verið gert ráð fyrir, að hitaþensla steypunnar sé engin. Þetta er versta tilfelli, og ekki alls kostar rétt, steypan þenur sig við hita, en ekki er ljóst hve mikið. Við hitastig innan við ca. 100°C er hitaþanstuðull steypu sá sami og járns. Við hærri hita verður hann nokkru lægri. Ef hann væri t.d. helmingur af hitaþanstuðli járns, ættu hitastigsbreytingar að mega vera helmingi hærri en upp er gefið í töflunni. Þetta gildir þó aðeins, að steypan sé samfelld utan með rörinu. Það er augljóst, að ef steypu vantar á einhverju bili, þá lenda allar hitaþenslu-, þrýsti- og togspennur steypunnar, sem þar ætti að vera á sjálfu rörinu og aukast þá spennur þess að mun. Gætu því spennur á þessu bili orðið helmingi meiri en annars staðar í rörinu, miðað við þá forsendu, sem áður var gerð, að hitaþanstuðull steypu sé helmingur af hitaþanstuðli járns. Sé hlutfallið stærra, verður einnig spennu- hlutfallið stærra. Það virðist því afar nauðsynlegt, að forðast slík fyrirbæri og má því telja frumskilyrði, að framkvæmd steypingar sé samfelld og hröð, þannig að ekki myndist vatnspokar á milli seta steypunnar.

Ef slíkir vatnspokar eru í steypunni á milli fóðurröra, geta þeir líka verkað þannig, að þeir beygli inn rörið þegar holan blæs, þar sem þrýstingur vatnsins svarar til hitastigsins, og þegar holan er opnuð lækkar þrýstingur innan í rörinu skyndilega og yfirþrýstingur vatnspokans beyglar rörið inn. Þessi beygla getur svo stækkað smám saman við endurtekna opnun og lokun, þar sem vatn getur á löngum tíma sigið um steypuna og fyllt beygluna. Getur þetta endað með því, að fóðringin leggist alveg saman og jafnvel rifni. Hefur þetta skeð og var talið að ófullnægjandi steyping væri orsök. Þetta fyrirbæri mætti forðast með því að velja fóðurrörin af þeim styrkleika, að þau þoli mestan ytri þrýsting, sem möguleiki er á á hverju jarðhitasvæði, sjá töflu nr. 1-7. Einnig væri möguleiki að leysa þetta vandamál þannig, að innri fóðring þyldi meiri ytri þrýsting heldur en ytri fóðring innri þrýsting.

Sveigjur á fóðurröri geta líka valdið tiltölulega háum spennum, þó varla nema sveigjurnar séu frekar stuttar. Ef  $8 \frac{5}{8}''$  36 lb/ft J-55 rör væri á stuttri lengd ca. 1'' út úr lóðréttri línu, gæti upphitun um  $80^{\circ}\text{C}$  orsakað beygjuspennur, sem væru 30-40% af brotþoli efnisins. Mögulegar aðferðir til þess að minnka verkun hitaspenna í fóðurrörum eru að leitast við að hækka svokallað spennufrítt hitastig holunnar, en það má t.d. gera með því að dæla heitu vatni um holuna ef veggir hennar eru tiltölulega kaldir efst í holunni. Einnig væri mögulegt að forspenna rörin, þannig að fyrst væri neðsti hluti þeirra steypdur, og síðan eftir að sú steypa er hörðnuð, þá væri togað í rörin og þau steypd endanlega undir togálagi. Myndi á þann hátt 50 tonna átak hækka spennufría hitastigið um  $53^{\circ}\text{C}$  í  $7''$  20 lb/ft fóðurröri. Til þess að minnka þensluverkun væri líka mögulegt að nota þenslustykki, en hugmynd af einu slíku má sjá á mynd 7. Er það miðað við  $9 \frac{5}{8}''$  fóðurrör, afar einfalt að gerð og efni, sem til þess þarf er ekki annað en  $9 \frac{5}{8}''$  rör, múffur og efnisrör  $\emptyset$  292/25 DIN 2448/1629.

## 7. HOLUTOPPUR - FRÁGANGUR OG STYRKLEIKI

Eins og áður er getið, er gert ráð fyrir 3 aðalfóðringum í borholu þ.e. öryggisfóðringu, festilfóðringu og vinnslufóðringu. (Sjá mynd 4.)

Þar sem vinnslufóðringin er sú fóðring, sem verður fyrir mestu álagi vegna hitaþenslu, er mun öruggara að aðalventli holunnar sé komið fyrir á festilfóðringunni, einnig er af þessu það hagræði, að færsla ventilsins verður minni vegna styttri fóðringar.

Með tilliti til tæringar og almenns öryggis við yfirborð, þykir rétt, að veggþykkt efstu röra festilfóðringar sé meiri en annars staðar.

Mjög óæskilegt er að loka alveg holu, sem hefur blásið, en það veldur sem kunnugt er miklum hitasveiflum í holunni. Til þess að koma í veg fyrir slíkt, er æskilegt að hafa úttak neðan aðalventils. Þetta úttak þjónar einnig sem kæfingarstútur holunnar. Með tilliti til þess, að hægt er að ganga frá þessum hliðarstút á öruggari hátt inni á verkstæði heldur en við holuna, er æskilegt, að hann sé á millistykki neðan aðalventils. Millistykkið mætti smíða úr röri með sams konar efnisþykkt og er efst í fóðringunni og flönsum eftir standard ASA B-16, 5 með þéttihring. (Sjá mynd 8.)

Nægileg vídd hliðarúttaksins er 2" og væri æskilegt að ventill á það væri a.m.k. af sama styrkleika og aðalventill holunnar, þar sem reynslan er, að þessir ventlar eru sjaldan hreyfðir og vilja því gjarnan festast.

Frá ventlinum skal liggja 2" pípa, sem endar í hljóðdeyfi. Hann gæti verið þannig, að 2" pípan gengur inn í endann á víðri pípu, t.d. 5", sem síðan víkkar í 7" og endar í mjög víðri pípu, t.d. olíutunnu, og svo væri allt steipt í kaf, en gæta skal vel að því, að þensla 2" pípunnar sé frjáls. Á hliðarúttakinu skal einnig vera hægt að koma fyrir 1/4" ventli fyrir þrýstimæla. (Sjá mynd 11.)

Styrkleikaval á aðalventli, hliðarventli og flönsum skal vera í samræmi við hitastig svæðisins, en samkvæmt reynslu af háhitasvæðum hérlandis, virðist sem lokunarþrýstingur holu við snögga lokun sé u.þ.b. helmingur af suðuþrýstingi vatns við viðkomandi hitastig. Á háhitasvæði, þar sem botnhiti mælist 280°C til 300°C er API SER 600 af hæfilegum styrkleika. (Sjá töflu nr. 8.)

## 8. VERKFÆRAEIGN JARÐBORANAÐEILDAR

1. Vinkibor, frá 1962. Mesta bordýpt 50 m, borvídd 46 mm.
2. Borrobórar - 2, frá 1962 og 1963. Yfirborðskönnunarbórar.
3. Sullivan II-III frá 1945 og 1947. Aflvélar í góðu lagi, borvélar úr sér gengnar. Mesta bordýpt 200 m, borvídd 3".
4. Craeliusbor frá 1967, í góðu lagi. Mesta bordýpt 300 m með 67 mm stöngum. Mesta bordýpt 800 m með 44 mm stöngum. Mikið notaður sem hreinsunarbórar á holum, sem fellur út í, hefur þar möguleika á 8 3/4" borvídd.
5. Franksbor frá 1939. Keyptur af Sölnunefnd varnarliðseigna 1960 og þá byggður upp á bifreið. Er nýyfirfarinn og í tiltölulega góðu lagi. Mesta bordýpt 350 m, borvídd 4 1/4"- 8 3/4", 2 3/8 stengur.
6. Mayhewbor (byggður á bifreið) frá 1953. Keyptur af Sölnunefnd varnarliðseigna 1961. Hefur verið í stöðugri og erfiðri vinnu síðan og staðizt með þrýði. Mesta bordýpt 600 m með 2 3/8" stöngum og 2 7/8", borvídd 4 3/4" - 12 1/4".
7. Höggbor II. Árgerð 1945? Spit Star 240. Geymdur austur á Skeiðum, ekki vitað hvað er með honum af áhöldum.
8. Höggbor III. Bueyrus Eru, Model 60-L Spudder. Uptalning á bordóti sem fylgir honum þarf athugunar við. Borinn er árgerð 1953.
9. Cardwellbor. Keyptur til landsins 1947 og kom þá útbúinn sem höggbor, en var síðan breytt í snúningsbor, þegar Norðurbor var lagður niður. Tækjabúnaður ófullkominn, því erfitt að segja fyrir um takmörk borsins.

Dælur í eign jarðborana

Mayhewbor FG - F x G - P 4 1/2 x 6". Öll tannhjól í dælnni mjög slitin að öðru leyti í góðu lagi.

Franksbor L 100 B. 4 1/2 x 5". Dælan öll í nokkuð góðu lagi. Vél í góðu standi.

Craeliusbor F x F 4 x 5" Gardner Denver. Vél og dæla í góðu lagi.

Sullivanborar II 1. A Wirth. LKE 3 1/2 x 5" í góðu lagi.

III 2. Royal dælur 3 strokka einvirkar.

Þessar dælur eru í nokkuð góðu standi, en það vantar vél í aðra Royal dæluna. Hinar eru með Lister vélum, sem eru í þokkalegu standi.

Aðflutningsdælur

3 stk. 3ja þrepa dælur 3" dælur í góðu standi, en aflvél ónýtt.

2 stk. Rexdælur 2" í góðu lagi.

2 stk. Alkondælur 2" í góðu lagi.

Svo eru minni dælur og gamalt dót, sem er lítils eða einskis nýtt.

Borstengur

42 m/m AX. Stengur. 23 stk. Hver stöng 3.05 m.

Þessar stengur eru notaðar í Sullivan II. Flestar orðnar mjög lélegar.

44 m/m AW. 108 stk. 3,05 m.

Meiri hlutinn af þessum stöngum nýlegar. Notast á Sullivan III og hægt að nota þær á Craelius í djúpar holur en eru frekar veikbyggðar fyrir hann nema í góðu bergi.



60,3 m/m NX. 40 stk. 3,05 m.

Orðnar svo til ónýtar.

67 m/m NW. 40 stk. 3,05 m.

Nýlegar stengur í góðu standi. Notast fyrir Craelius bor.

2 3/8" 60,3 m/m með múffum

Notaðar fyrir Mayhew og Franksbor.

2 7/8" 73,025 m/m 50 stk. 4,55 m stöngum.

Notaðar efst í holur á Mayhewbor.

2 7/8" 104,7 m/m borstengur.

700 m slitnar stengur en nothæfar ennþá.

300 m af nýjum stöngum, notaðar á Cardwellbor.

### Álagsstengur

4 3/4" 120,65 m/m Álagsstengur 10 stk. 6 m hver. Norðurbor.

4 1/8" 104,7 m/m 11 stk. 6,00 m.

Notaðar á Mayhewbor, fengnar frá Norðurbor.

3 3/4" 95,25 m/m Álagsstengur 5, samtals 30 m.

Notaðar á Franksbor.

### Kjarnarör og caising

76 m/m T	16 stk.	1 1/2 m	tvöföld kjarnarör
"	13 "	3 m	" "
66 m/m T	10 "	3 1/2 m	" "
"	12 "	3 m	" "
56 m/m T	11 "	3 m	" "
46 m/m T	15 "	3 m	" "
Casing NX	44 "	3,05 m	einföld rör
" BX	12 "	1 1/2 m	" "
" BX	28 "	3 m	" "
" 84 mm	17 "	1 1/2 m	" "
" 74 mm	96 "	1 1/2 m	" "
" 64 mm	52 "	1 1/2 m	" "
" 64 mm	9 "	3 m	" "
" 54 mm	33 "	3 m	" "

9. MYNDA- OG TÖFLUSKRÁ

1. Samband hitastigs og suðuprýstings vatns.
2. Kjallari.
3. Fóðringar - eins og þær hafa verið.
4. Fóðringar - tillaga.
5. Hjálpartæki við steypingu fóðringa.
6. Tilraunir með sement.
7. Þennslustykki í fóðringu.
8. Frágangur holutopps.
9. -11. Skolhraði.
12. -14. Þrýstifall í borstöngum.

- 
1. -7. Fóðurrör A. P. I.
  8. Flansar A. S. A. B 16, 5.
  9. Rúmtak sívalnings 1/m.
  10. Tømmum breytt í mm.

Mynd I

Samband hitastigs og suðuþrýstings vatns.

Tnr. 197

J- Ým.

Fnr. 8800

110 Þrýstingur kg/cm

100

90

80

70

60

50

40

30

20

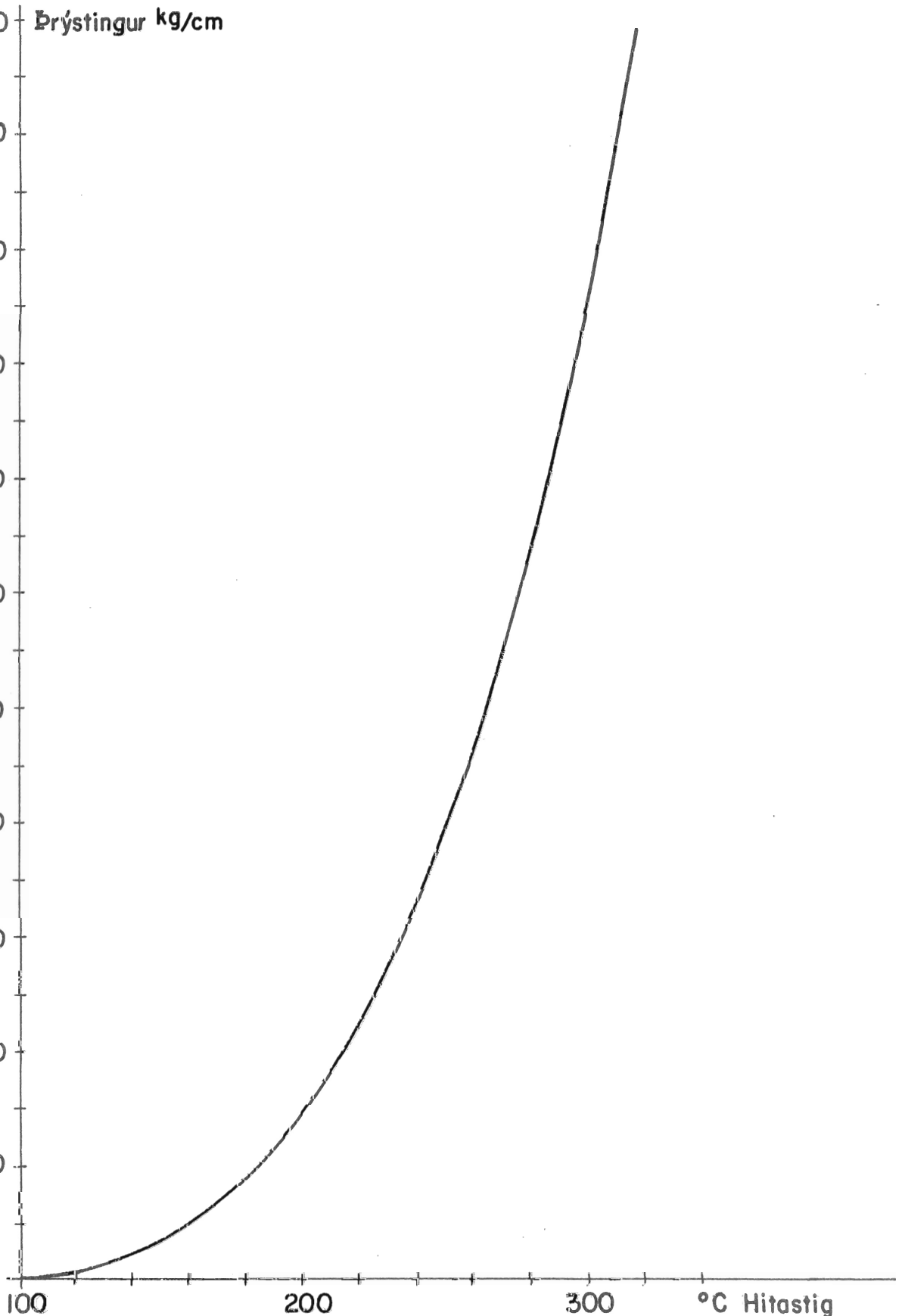
10

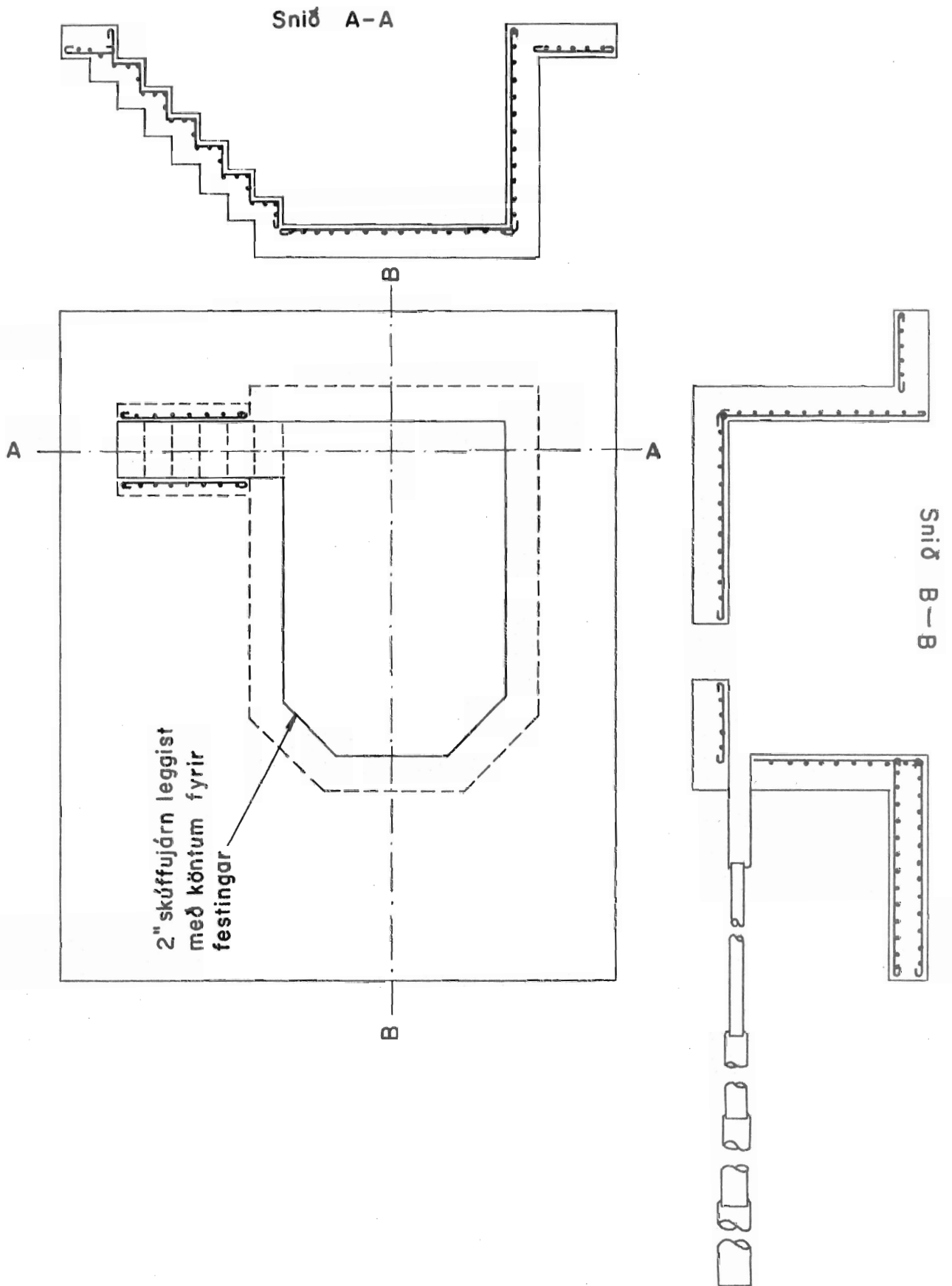
100

200

300

°C Hitastig





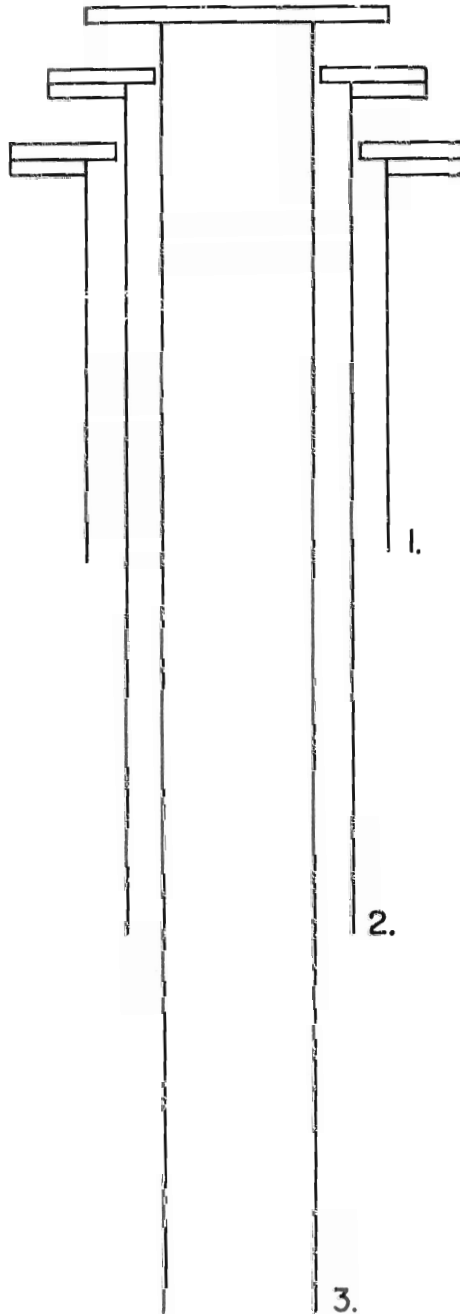
Mynd 3

Fóðringar í borholu

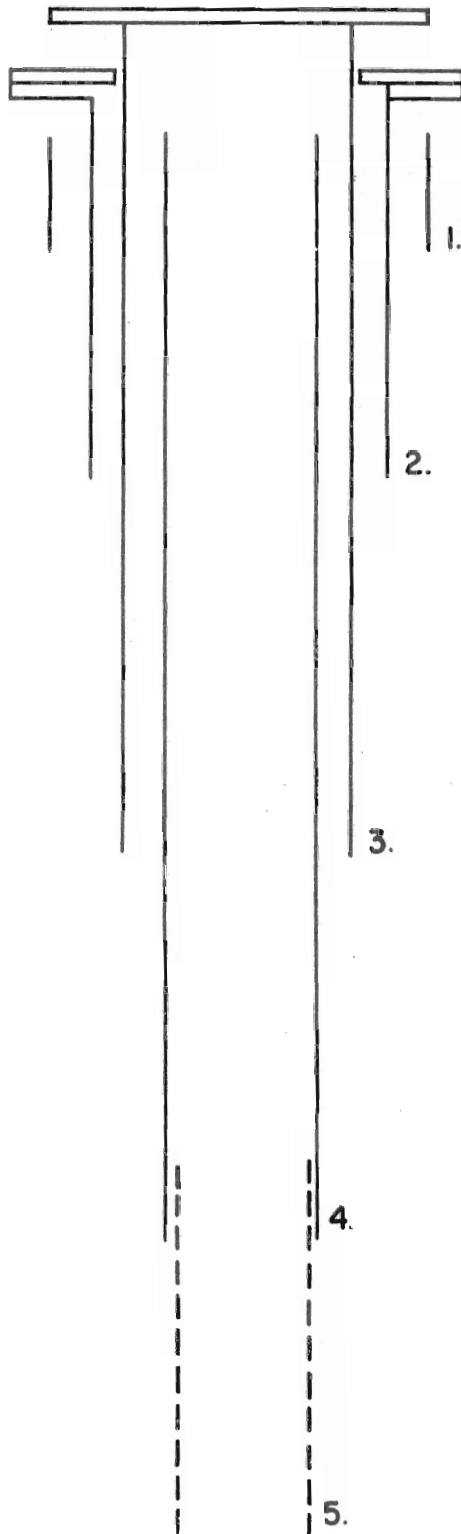
Tnr. 199

J-Ým.

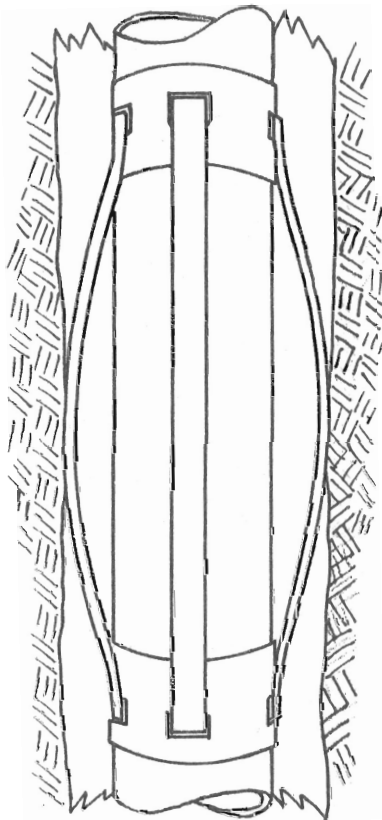
Fnr. 8802



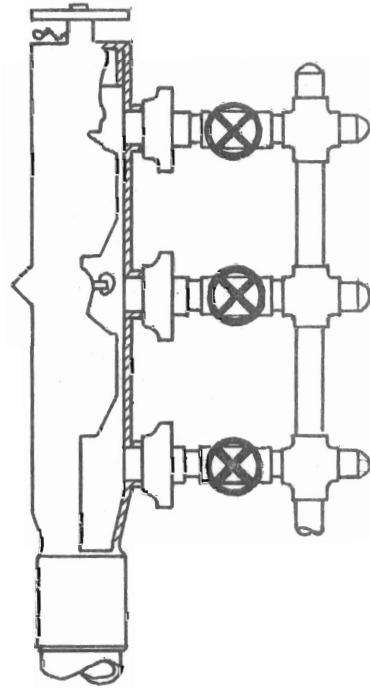
1. Yfirborðsfóðring
2. Öryggisfóðring
3. Vinnslufóðring



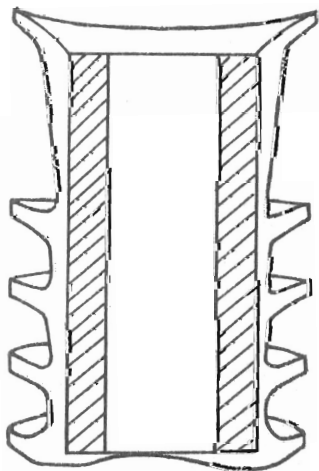
1. Yfirborðsfóðring
2. Öryggisfóðring
3. Festilfóðring
4. Vinnslufóðring
5. Leiðari



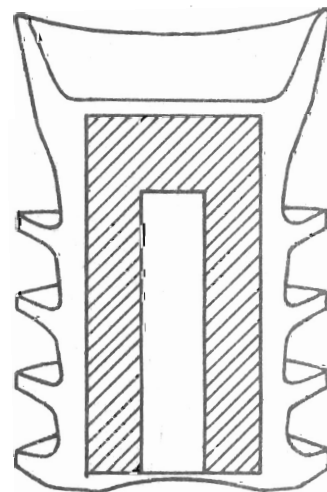
Mjóstillir



Steypingarhaus



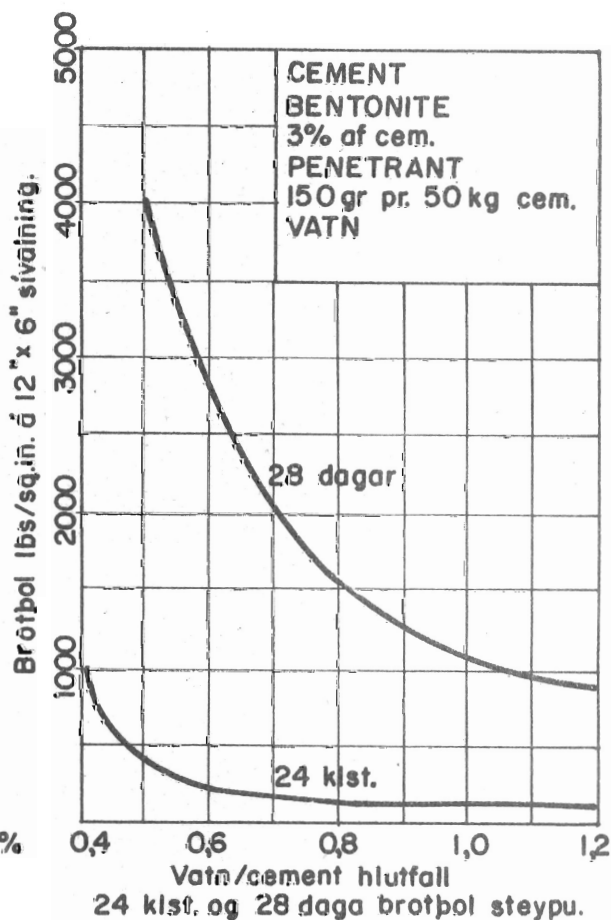
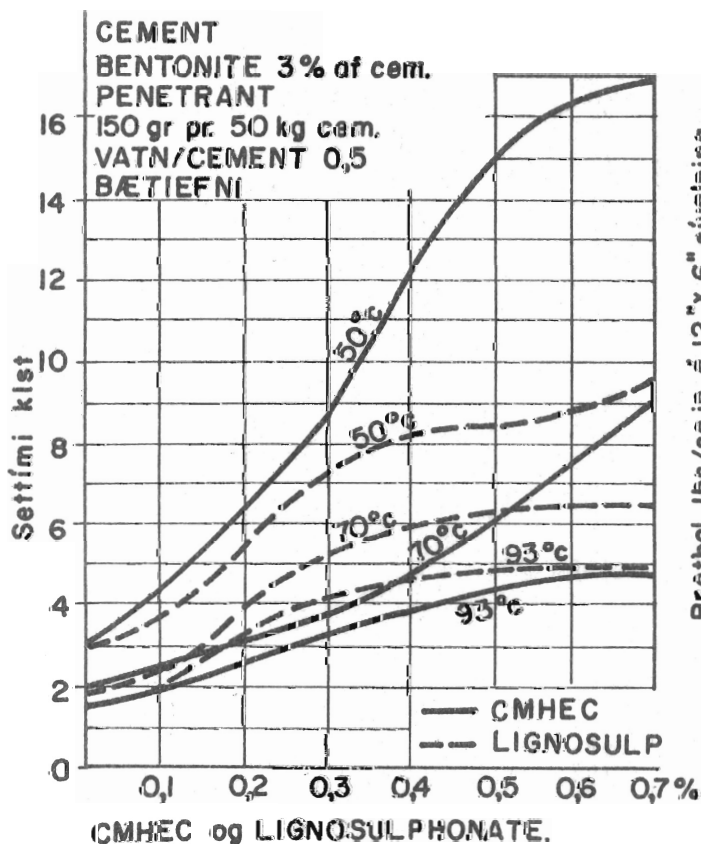
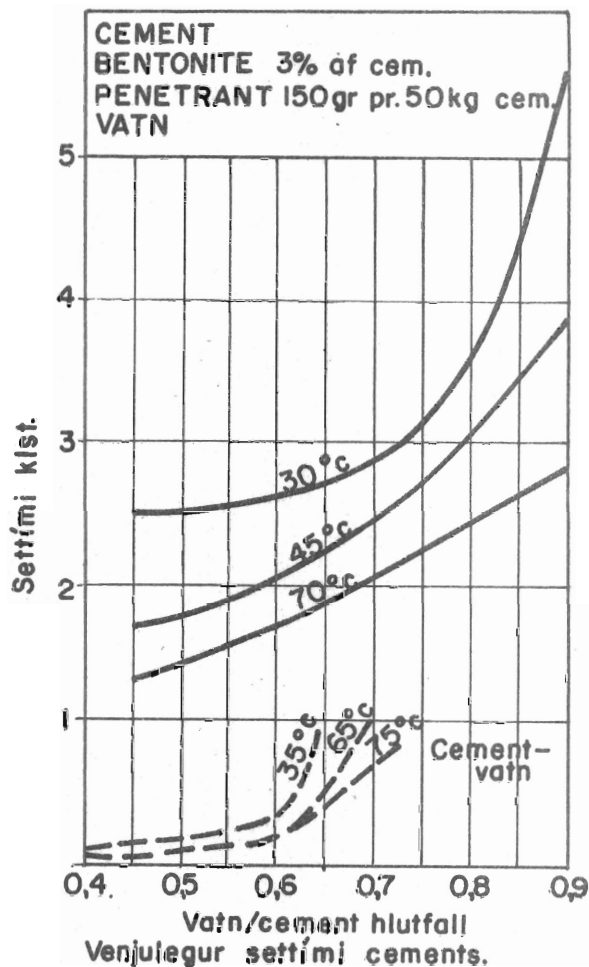
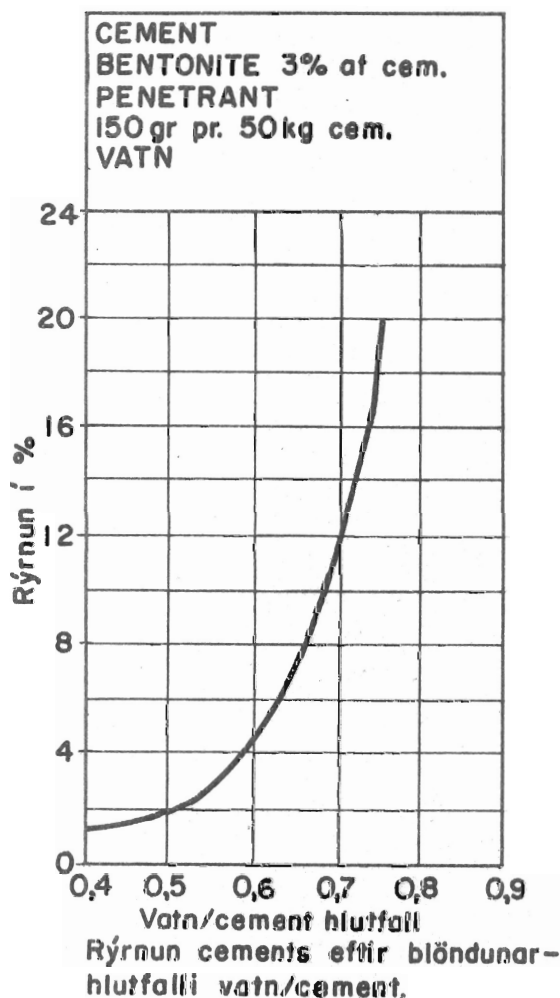
Botn - rennitappi



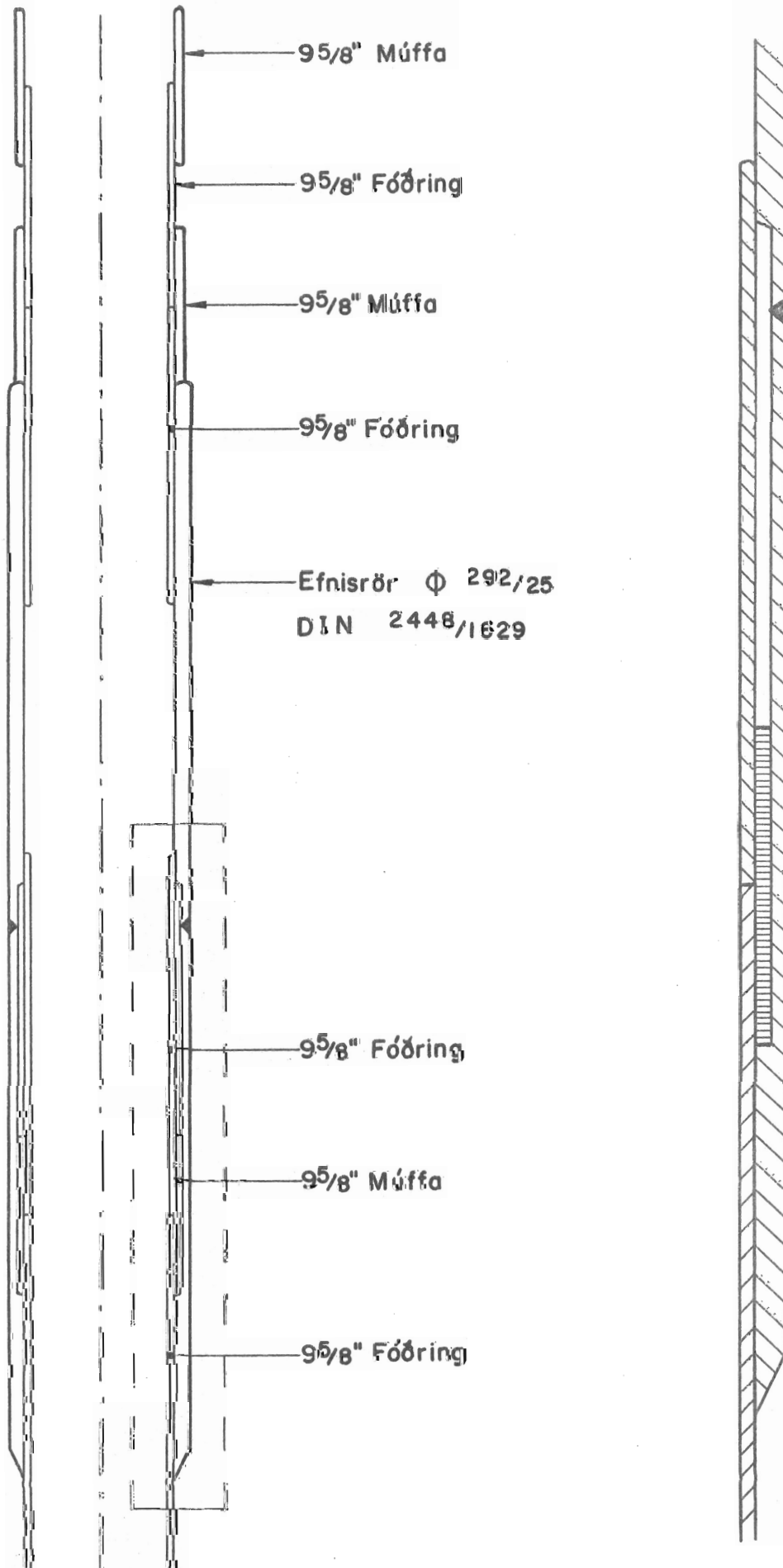
Topp - rennitappi

Mynd 6

Tilraunir með cement.







Mynd 8

ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

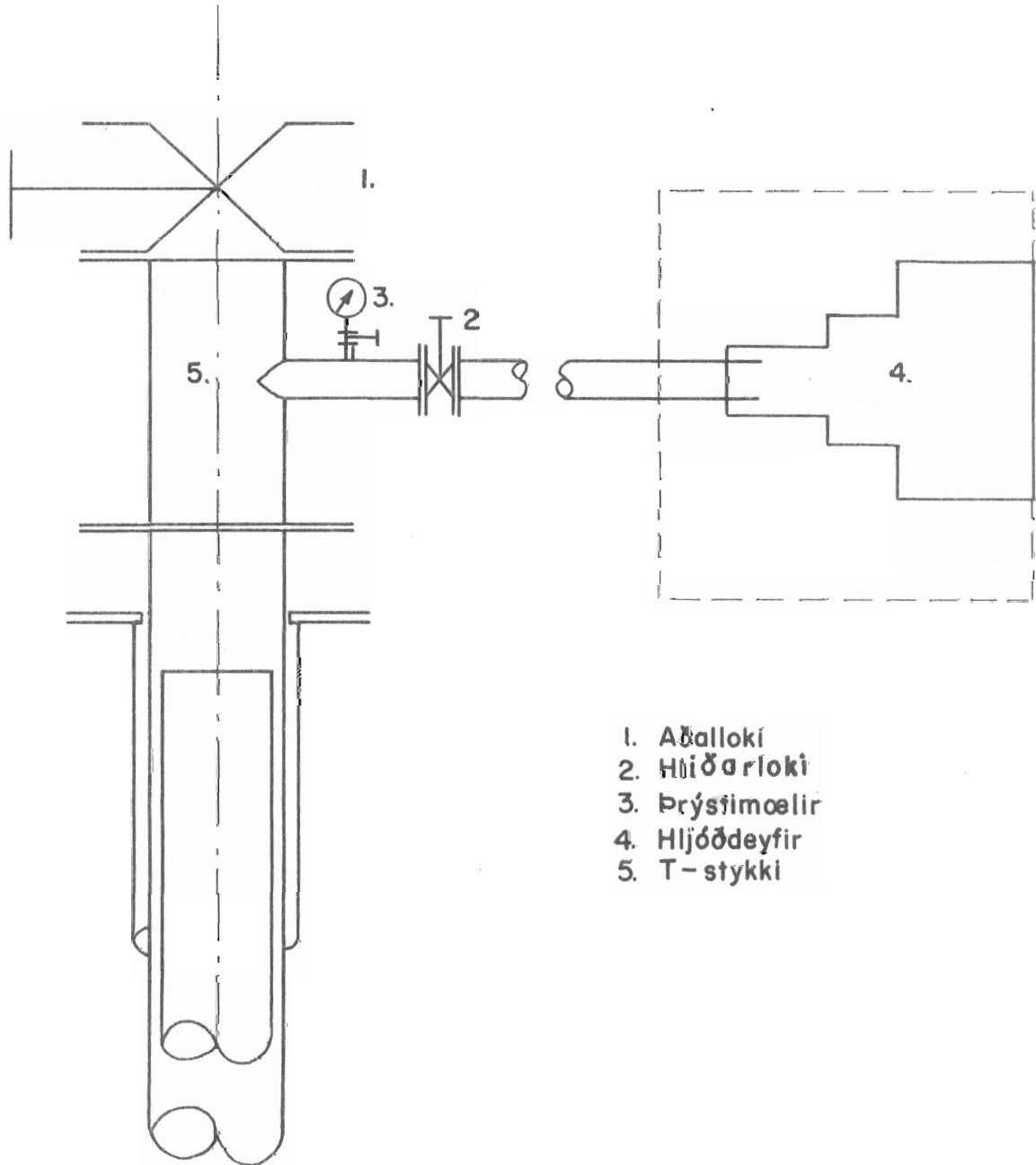
Holutoppur með hljóðdeyfi

19.3'69 G.S/K.R./O.M

J-ým

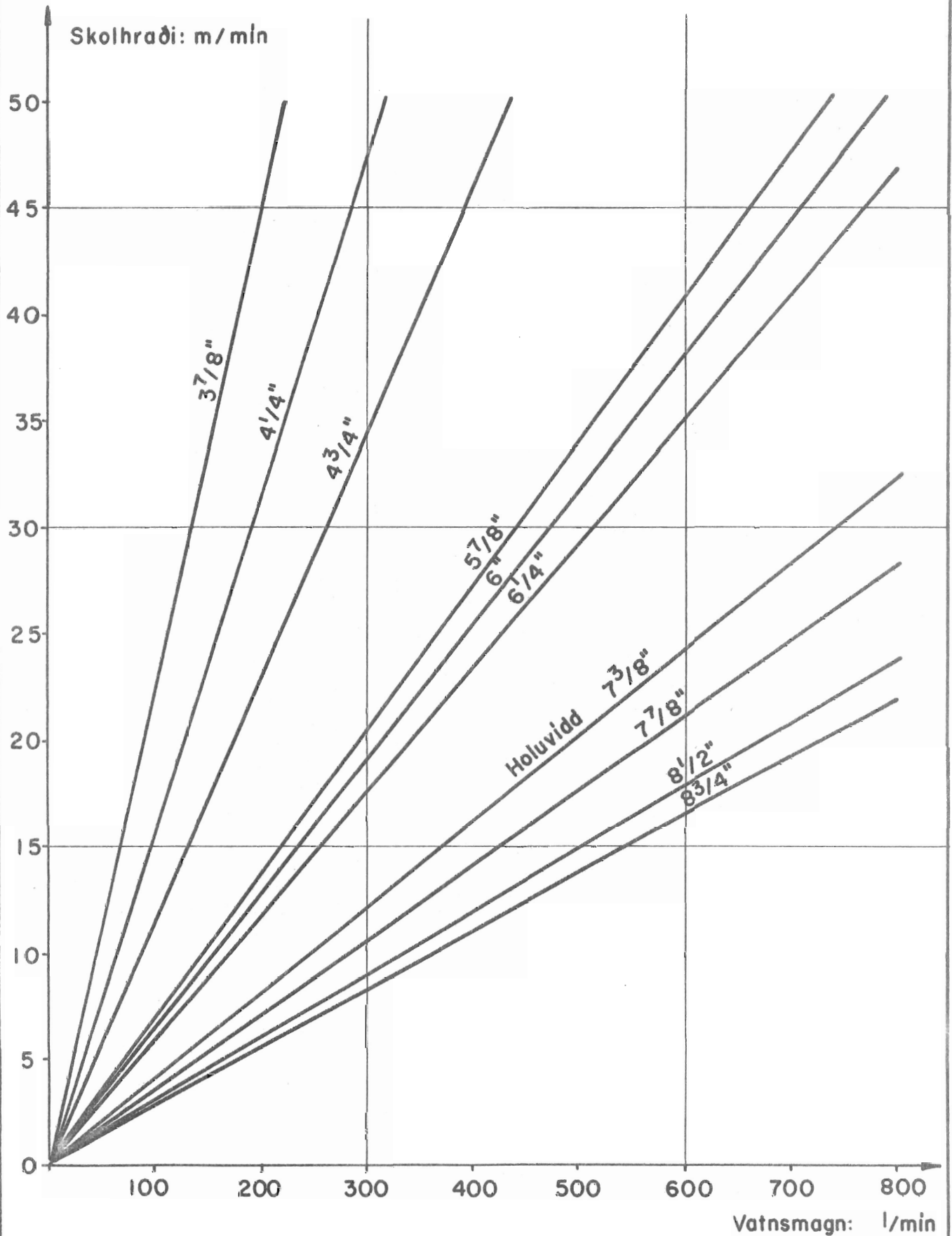
Tnr. 190

Fnr. 8759

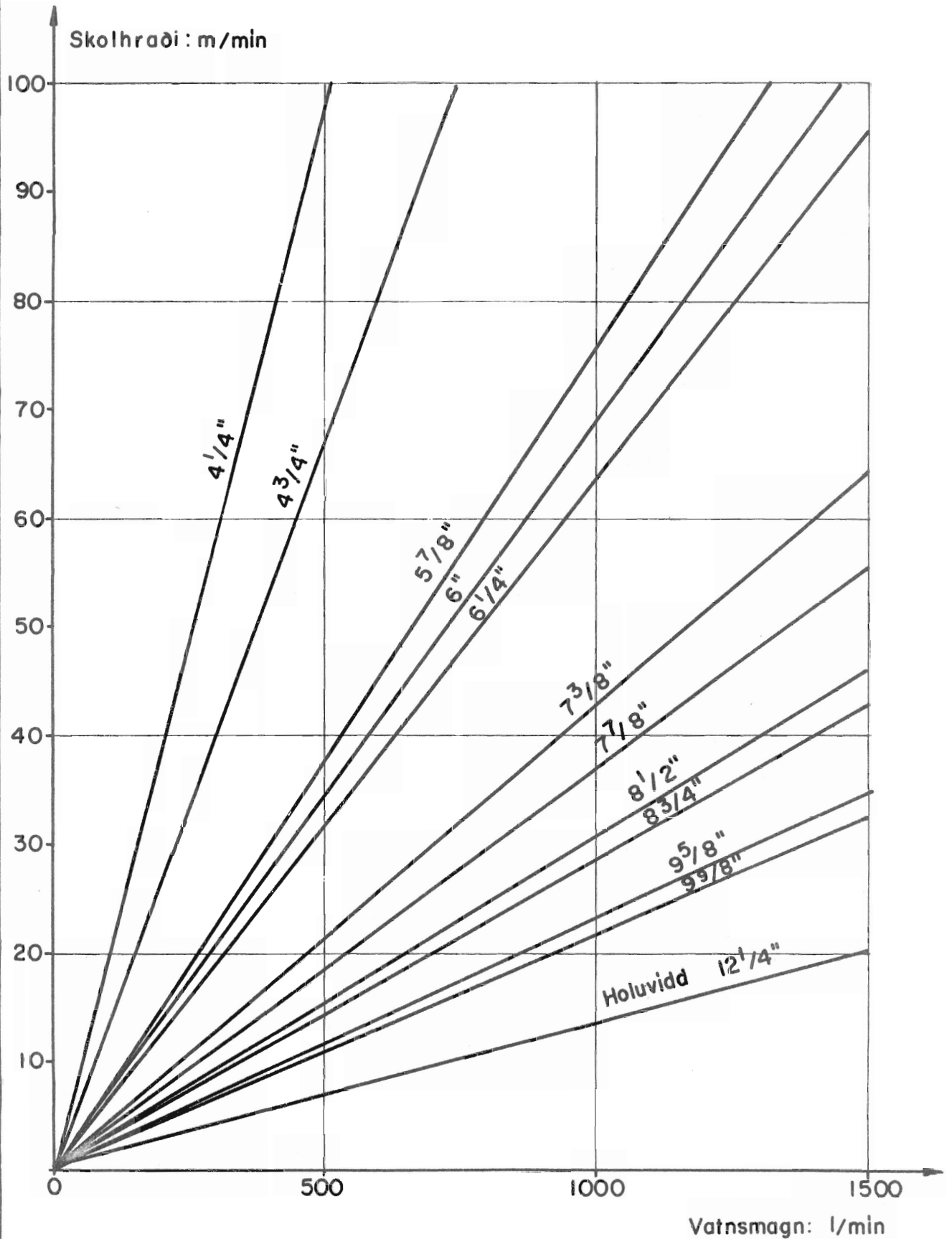


- 1. Aðallokí
- 2. Hliðarlokí
- 3. Þrýstímælir
- 4. Hljóðdeyfir
- 5. T-stykki

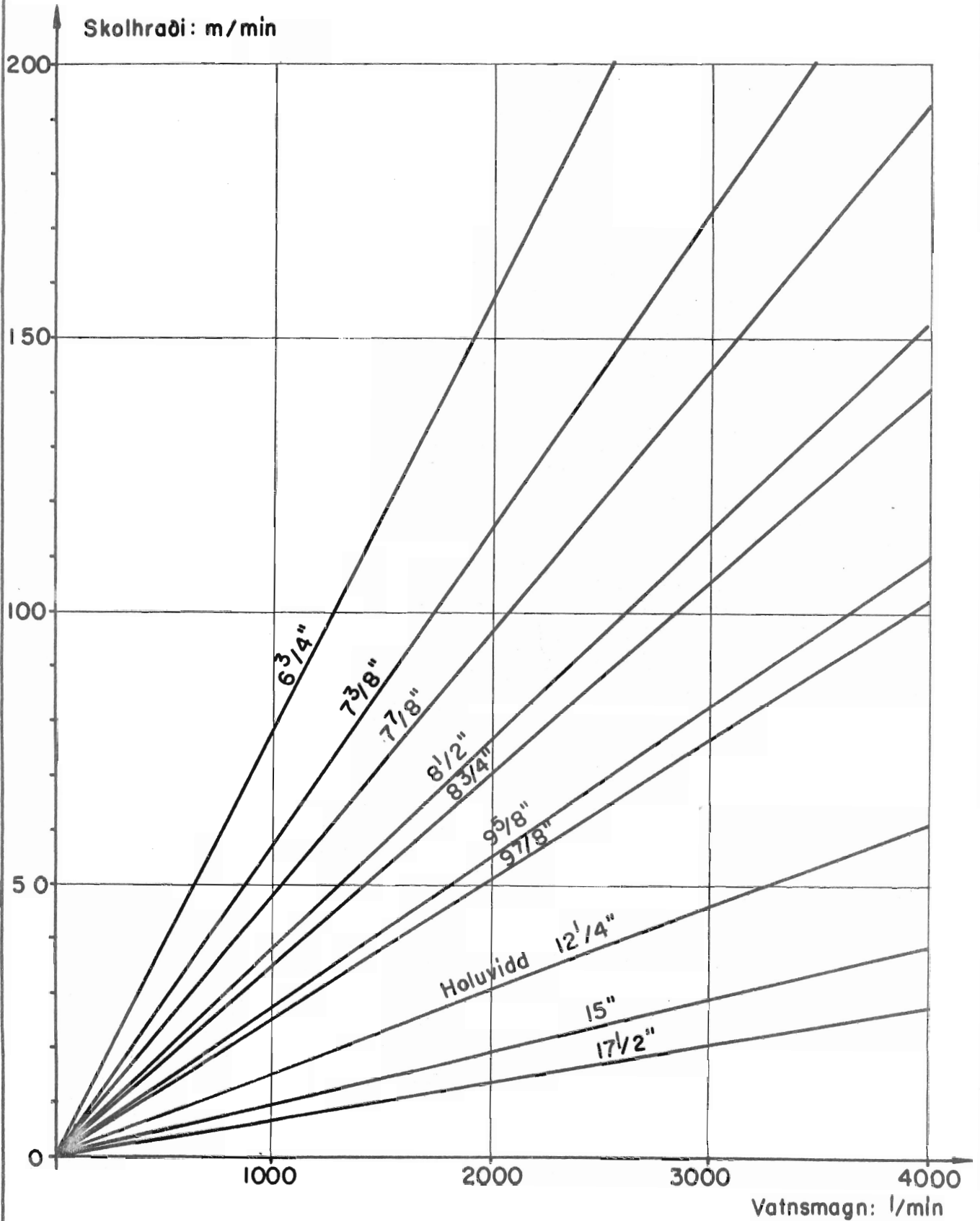
Borstöng OD: 2<sup>3</sup>/<sub>8</sub>"



Borstöng OD: 2 7/8"



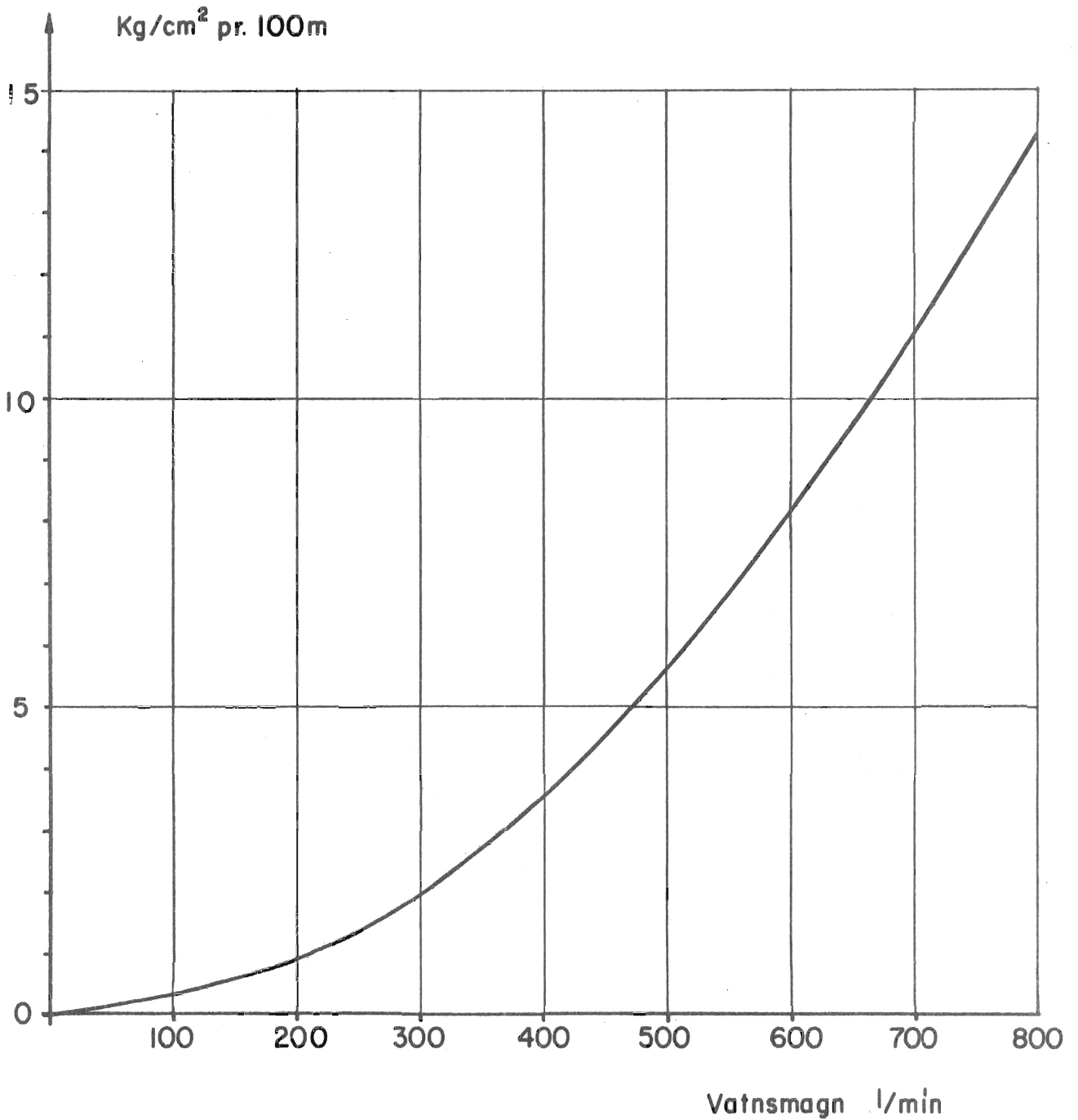
Borstöng OD: 4 1/2"



Mynd 12

Þrýstifall í borstöngum  
Kg/cm<sup>2</sup>pr. 100m

Borstöng: OD: 2<sup>3</sup>/<sub>8</sub>" ; ID: 1.815"



Mynd 13

ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

Þrýstifall í borstöngum  
Kg/cm<sup>2</sup>pr. 100m

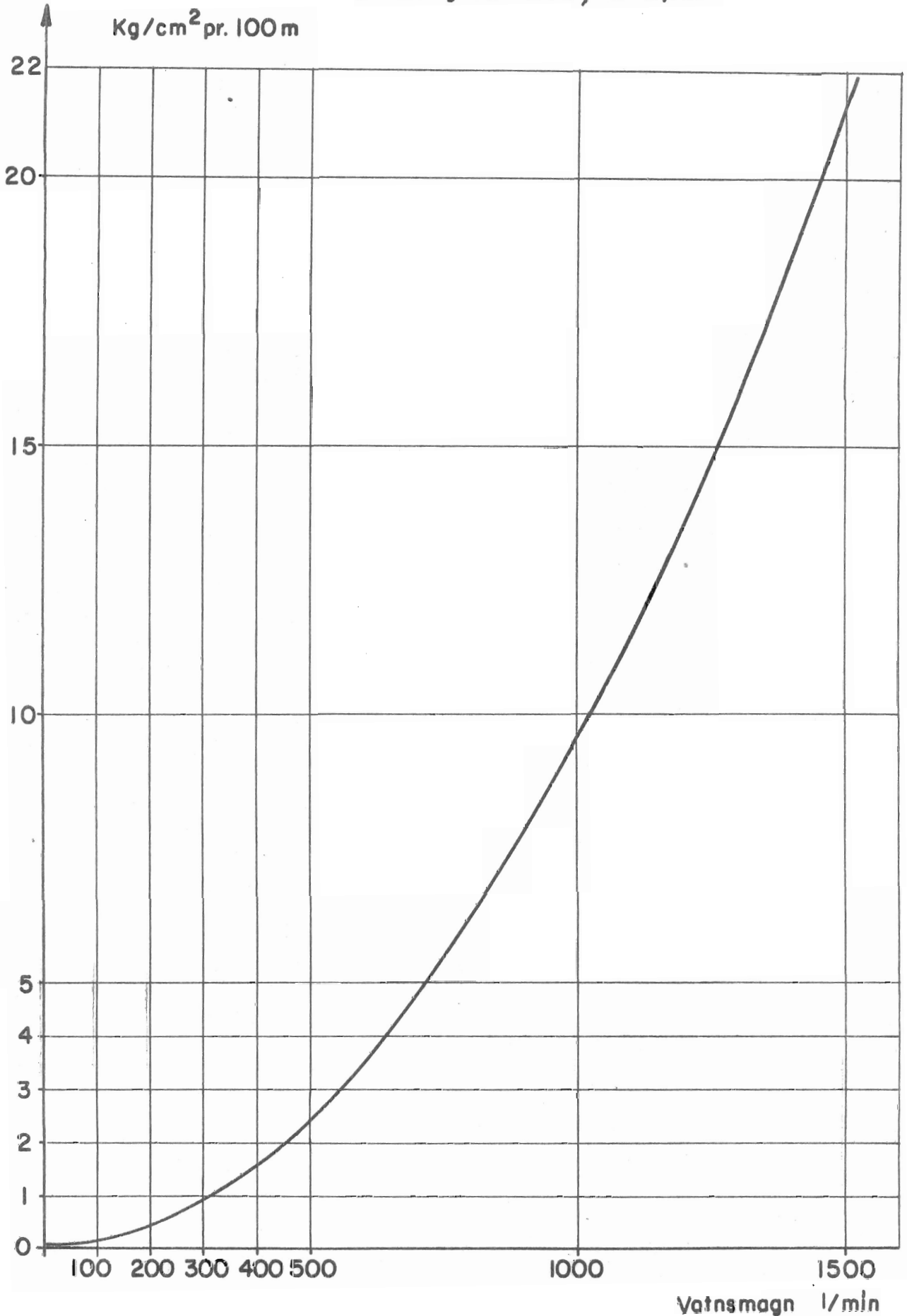
5.3'69 K.R/O.M

Tnr. 187

J-ým bl. 2

Fnr. 8756

Borstöng: OD: 2<sup>7</sup>/<sub>8</sub>" ID: 2,151"



Mynd 14

ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

Þrýstifall í borstöngum  
Kg/cm<sup>2</sup>pr. 100m

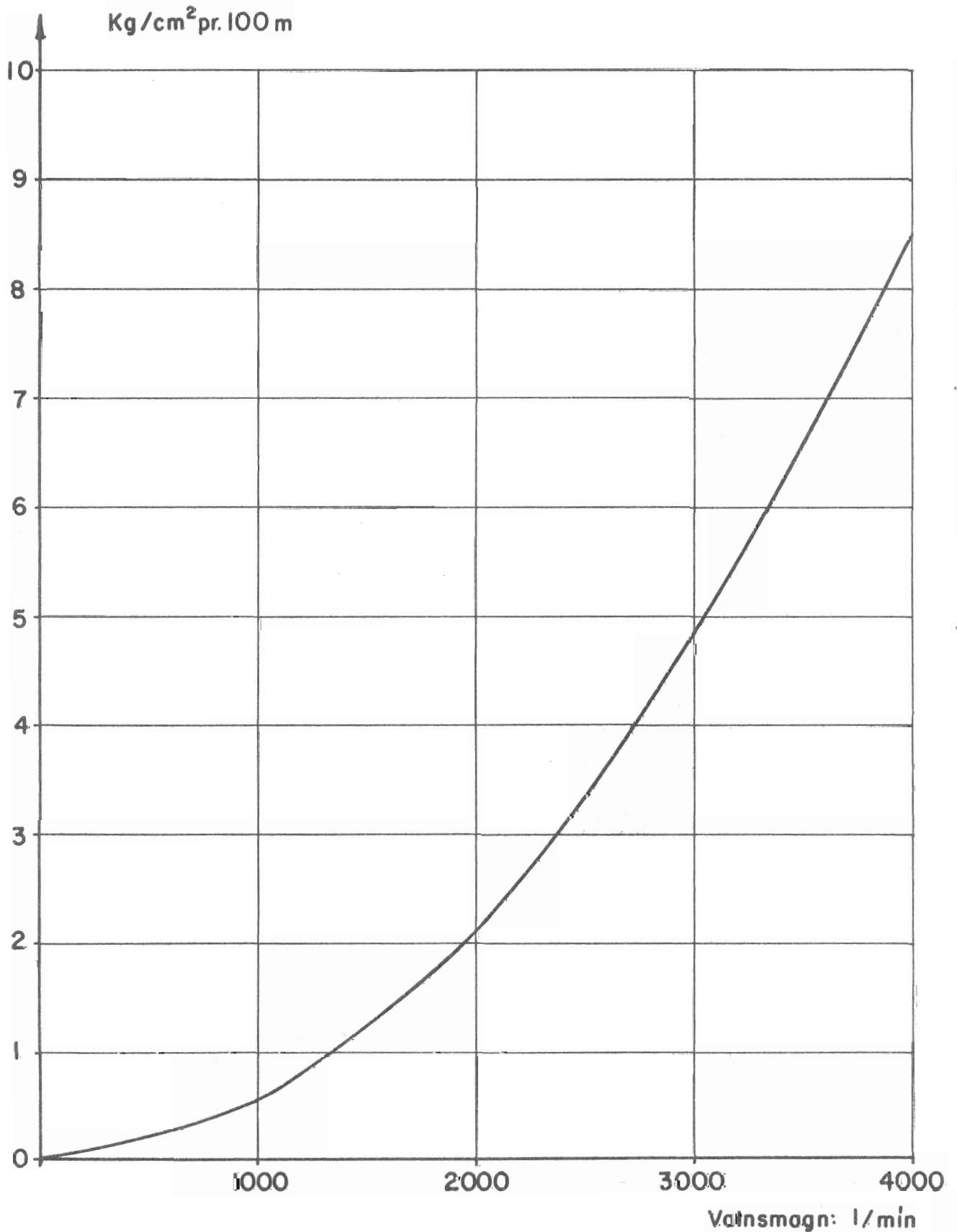
5.3'69 K.R/O.M.

Tnr. 187

J-ým bl. I

Fnr. 8756

Borstöng OD: 4 1/2"; ID: 3,826"





TAFLA nr. 1

A.P.Í. fóðurrör

	4 1/2" - 114,3 mm			5 1/2" - 139,7 mm					
Rörastærð	" / mm	9,50	11,60	11,60	14,00	15,50	17,00	15,50	17,00
Þungi	lbs/ft	9,50	11,60	11,60	H-40	J-55	J-55	J-55x	J-55x
Gæðaf1.	A.P.Í.	H-40	J-55	J-55x	H-40	J-55	J-55	J-55x	J-55x
Þungi	kg/m	14,21	17,07	17,17	20,79	20,79	23,20	23,28	25,51
Innra þvermál	mm	103,89	101,60	101,60	127,30	127,30	125,73	124,26	124,26
Veggþykkt	mm	5,21	6,35	6,35	6,20	6,20	6,98	7,72	7,72
efnis	an <sup>2</sup>	17,85	21,54	21,54	25,99	25,99	29,12	32,02	32,02
Hámarks innri þrýstingur	kg/cm <sup>2</sup>	225	377	377	219	300	338	338	374
Hámarks ytri þrýstingur	kg/cm <sup>2</sup>	179	319	319	172	223	271	316	316
Slitþol	t	43,5	72,1	85,7	63,0	84,4	95,7	106,1	124,7
Lengd v/slitþols	m	3082	4179	4965	3027	4051	4148	4144	4932
Rúmmál	l/m	8,48	8,11	8,11	12,73	12,73	12,41	12,13	12,13

x = löng múffa

TAFLA nr. 2

A.P.Í. fóðurrör

	6" - 152,40 mm			6 5/8" - 168,28 mm		
Rörastærð	18,00	18,00	18,00	20,00	20,00	20,00
Pungi	lbs/ft	18,00	18,00	20,00	24,00	24,00
Gæðafi.	A.P.Í.	J-55	J-55x	J-55	J-55x	J-55x
Pungi	kg/m	26,65	26,77	29,82	35,81	35,98
Innra þvermál	mm	137,77	137,77	153,64	150,39	153,64
Veggþykkt	mm	7,32	7,32	7,32	8,94	8,94
efnis	cm <sup>2</sup>	33,34	33,34	36,99	44,75	44,74
Hámarks innri þrýstingur	kg/cm <sup>2</sup>	236	325	214	359	359
Hámarks ytri þrýstingur	kg/cm <sup>2</sup>	195	254	166	299	299
Slitþol	t	81,2	108,4	88,5	145,1	167,8
Lengd v/slitþols	m	3020	4048	2972	4063	4700
Rúmmál	l/m	14,91	14,91	18,54	17,76	17,76

x = löng múffa

TAFLA nr. 3

A.P.I. fóðurrör

Rörasterð	"/mm	7" - 177,80 mm					7 5/8" - 193,68 mm						
		17,00	20,00	20,00	23,00	26,00	23,00	26,00	26,00	26,00	24,00	26,40	26,40
Fungi	lbs/ft	17,00	20,00	20,00	23,00	26,00	23,00	26,00	26,00	26,00	24,00	26,40	26,40
Gæðaflokkur	A.P.I.	H-40	H-40	J-55	J-55	J-55	J-55x	J-55x	J-55x	J-55x	H-40	J-55	J-55x
Fungi	kg/m	25,60	29,78	29,78	34,27	38,72	34,45	38,89	38,89	38,89	36,10	39,17	39,45
Innra þvermál	mm	166,06	163,98	163,98	161,70	159,41	161,70	159,41	159,41	159,41	178,44	177,01	177,01
Veggþykkt	mm	5,87	6,91	6,91	8,05	9,20	8,05	9,20	9,20	9,20	7,62	8,33	8,33
efnis	cm <sup>2</sup>	31,69	37,09	37,09	42,94	48,70	42,94	48,70	48,70	48,70	44,54	48,51	48,51
Hámarks innri þrýstingur	kg/cm <sup>2</sup>	162	191	263	307	350	307	305	305	305	193	291	291
Hámarks ytri þrýstingur	kg/cm <sup>2</sup>	96	135	176	231	285	231	285	285	285	138	212	212
Slitþol	t	72,6	86,6	115,2	136,1	156,5	156,0	179,2	179,2	179,2	103,0	151,0	171,5
Lengd v/slittþols	m	2868	2911	3871	3975	4045	4560	4630	4630	4630	2883	3844	4365
Rúmmál	l/m	21,66	21,12	21,12	20,53	19,96	20,53	19,96	19,96	19,96	25,00	24,61	24,61

x = löng múffa

TAFLA nr. 4

A.P.I. fóðurrör

Rörasterð	"/mm	8 5/8" - 219,08 mm						
Pungi	lbs/ft	28,00	32,00	24,00	32,00	36,00	32,00	36,00
Gæðaflokkur	A.P.I.	H-40	H-40	J-55	J-55	J-55	J-55x	J-55x
Pungi	kg/m	41,86	47,83	36,83	47,83	53,74	48,34	54,20
Innra þvermál	mm	203,63	201,19	205,66	201,19	198,76	201,19	198,76
Veggþykkt	mm	7,22	8,94	6,71	8,94	10,16	8,94	10,16
efnis	cm <sup>2</sup>	51,27	59,02	44,74	59,02	66,68	59,02	66,68
Hámarks innri þrýstingur	kg/cm <sup>2</sup>	174	201	207	276	314	276	314
Hámarks ytri þrýstingur	kg/cm <sup>2</sup>	111	148	101	193	240	193	240
Slitþol	t	114,3	133,8	130,6	178,3	203,2	198,2	226,3
Lengd v/slitþols	m	2743	2810	3658	3743	3792	4164	4225
Rúmmál	l/m	32,57	31,79	33,22	31,79	31,02	31,79	31,02

x= löng múffa

TAFLA nr. 5

A.P.I. fóðurrör

Rörastærð	"/mm	9 5/8" - 244,48 mm					
		32,30	36,00	36,00	40,00	40,00	40,00
Pungi	lbs/ft	H-40	H-40	J-55	J-55	J-55x	J-55x
Gæðaflokkur	A.P.I.						
Pungi	kg/m	47,99	53,59	53,59	59,54	54,26	60,18
Innra þvermál	mm	228,62	226,59	226,59	224,41	226,59	224,41
Veggþykkt	mm	7,92	8,94	8,94	10,03	8,94	10,03
efnis	cm <sup>2</sup>	58,89	66,16	66,16	73,90	66,16	73,90
Hámarks innri þrýstingur	kg/cm <sup>2</sup>	160	180	247	278	247	278
Hámarks ytri þrýstingur	kg/cm <sup>2</sup>	93	120	156	195	156	195
Slitþol	6	126,6	144,2	191,4	217,4	209,6	236,3
Lengd v/slitþols	m	2633	2691	3572	3633	3911	3968
Rúmmál	l/m	41,05	40,32	40,32	39,55	40,32	39,55

x = löng múffa



TAFLA nr. 7

A.P.I. fóðurrör

	13 3/8" - 339,72 mm	16" - 406,40 mm	20"-508,00 mm
Rörastærð	"/mm		
Þungi	lbs/ft	65,00	84,00
Gæðaflokkur	A.P.I.	H-40	J-55
Þungi	kg/m	96,30	124,53
Inna þvermál	mm	322,96	381,25
Veggþykkt	mm	8,38	12,57
efnis	cm <sup>2</sup>	87,25	155,56
Hámarks innri þrýstingur	kg/cm <sup>2</sup>	122	209
Hámarks ytri þrýstingur	kg/cm <sup>2</sup>	52	37
Slitþol	t	159,7	220,9
Lengd v/slitþols	m	2243	1579
Rúmmál	l/m	81,91	185,31

## Flansar eftir staðli ASA B 16,5

150 p. s. i.

Stærð	2"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"
Ytra þverm.	6	9	11	13 1/2	16	19	21	23 1/2
Þykkt	3/4	15/16	1	1 1/8	1 3/16	1 1/4	1 3/8	1 7/16
Gataþverm.	4 3/4	7 1/2	9 1/2	11 3/4	14 1/4	17	18 3/4	21 1/4
Gatafj.	4	8	8	8	12	12	12	16
Gatavídd	3/4	3/4	7/8	7/8	1	1	1 1/8	1 1/8

300 p. s. i.

Stærð	2"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"
Ytra þverm.	6 1/2	10	12 1/2	15	17 1/2	20 1/2	23	25 1/2
Þykkt	7/8	1 1/4	1 7/16	1 5/8	1 7/8	2	2 1/8	2 1/4
Gataþverm.	5	7 7/8	10 5/8	13	15 1/4	17 3/4	20 1/4	22 1/2
Gatafj.	8	8	12	12	16	16	20	20
Gatavídd	3/4	7/8	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 1/4	1 3/8

400 p. s. i.

Stærð	2"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"
Ytra þverm.	6 1/2	10	12 1/2	15	17 1/2	20 1/2	23	25 1/2
Þykkt	1	1 3/8	1 5/8	1 7/8	2 1/8	2 1/4	2 3/8	2 1/2
Gataþverm.	5	7 7/8	10 5/8	13	15 1/4	17 3/4	20 1/4	22 1/2
Gatafj.	8	8	12	12	16	16	20	20
Gatavídd	3/4	1	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 3/8	1 1/2

600 p. s. i.

Stærð	2"	4"	6"	8"	10"	12"
Ytra þverm.	6 1/2	10 3/4	14	16 1/2	20	22
Þykkt	1	1 1/2	1 7/8	2 3/16	2 1/2	2 5/8
Gataþverm.	5	8 1/2	11 1/2	13 3/4	17	19 1/4
Gatafj.	8	8	12	12	16	20
Gatavídd	3/4	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 3/8



Rúmtak sívalnings, lítrar/meter

Tommur	0"	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"
0"	0	0,01	0,03	0,07	0,12	0,20	0,28	0,39
1"	0,5	0,6	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5	1,9
2"	2,0	2,3	2,6	3,0	3,2	3,5	3,8	4,2
3"	4,5	5,0	5,3	5,8	6,2	6,7	7,1	7,6
4"	8,1	8,6	9,2	9,8	10,2	10,8	11,5	12,0
5"	12,7	13,6	14,0	14,6	15,3	16,0	16,7	17,5
6"	18,6	19,0	19,8	20,5	21,4	22,2	23,0	23,9
7"	24,8	25,6	26,6	27,5	28,3	29,4	30,4	31,4
8"	32,4	33,5	34,5	35,6	36,6	37,6	38,8	39,8
9"	41,0	42,0	43,3	44,6	45,7	47,0	48,1	49,5
10"	50,7	52,0	53,2	54,3	55,9	57,2	58,5	59,9
11"	61,3	62,7	64,1	65,5	67,0	68,4	69,9	71,4
12"	73,0	74,4	76,0	77,5	79,2	80,7	82,3	83,9
13"	85,6	87,2	89,0	90,6	92,4	94,0	95,7	97,5
14"	99,3	100,1	102,5	104,7	106,4	108,3	110,0	112,1
15"	114,0	115,9	117,8	119,7	121,6	123,7	125,6	127,6
16"	129,6	131,7	133,7	135,8	137,9	140,0	142,1	144,2
17"	146,4	148,5	150,7	152,9	155,1	157,4	159,6	161,8
18"	164,2	166,4	168,7	171,0	173,4	175,7	178,1	180,5
19"	182,8	185,3	187,8	190,2	192,8	195,1	197,6	200,1
20"	202,7	205,2	207,7	210,3	212,9	215,5	218,1	220,8
21"	223,4	226,1	228,7	231,5	234,2	236,9	239,7	242,4
22"	245,2	248,0	251,0	253,6	256,5	259,3	262,2	265,1
23"	268,0	270,9	273,8	276,8	279,5	282,8	285,8	288,8

Tommum breytt í mm

Tommur	0"	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"
0"	0,00	3,17	6,35	9,52	12,70	15,87	19,05	22,22
1"	25,40	28,57	31,70	34,92	38,10	41,27	44,45	47,62
2"	50,80	53,97	57,15	60,32	63,50	66,67	69,85	73,02
3"	76,20	79,37	82,55	85,72	88,90	92,07	95,25	98,42
4"	101,60	104,77	107,95	111,12	114,30	117,47	120,65	123,82
5"	127,00	130,17	133,35	136,52	139,70	142,87	146,05	149,22
6"	152,40	155,57	158,75	161,92	165,10	168,27	171,45	174,62
7"	177,80	180,97	184,15	187,32	190,50	193,67	196,85	200,02
8"	203,20	206,37	209,55	212,72	215,90	219,07	222,25	225,42
9"	228,60	231,77	234,95	238,12	241,30	244,47	247,65	250,82
10"	254,00	257,17	260,35	263,52	266,70	269,87	273,05	276,22
11"	279,40	282,57	285,75	288,92	292,10	295,27	298,45	301,62
12"	304,80	307,97	311,15	314,32	317,50	320,67	323,85	327,02
13"	330,20	333,37	336,55	339,72	342,90	346,07	349,25	352,42
14"	355,60	358,77	361,95	365,12	368,30	371,47	374,65	377,82
15"	381,00	384,17	387,35	390,52	393,70	396,87	400,05	403,22
16"	406,40	409,57	412,75	415,92	419,10	422,27	425,45	428,62
17"	431,80	434,97	438,15	441,32	444,50	447,67	450,85	454,02
18"	457,20	460,37	463,55	466,72	469,90	473,07	476,25	479,42
19"	482,60	485,77	488,95	492,12	495,30	498,47	501,65	504,82
20"	508,00	511,17	514,35	517,52	520,70	523,87	527,05	530,22
21"	533,40	536,57	539,75	542,92	546,10	549,27	552,45	555,62
22"	558,80	561,97	565,15	568,32	571,50	574,67	577,85	581,02
23"	584,20	587,37	590,55	593,72	596,90	600,07	603,25	606,42