

ORKUSTOFNUN
RAFORKUDEILD

BOTNSKRID Í BORGARFIRDI

ÁFANGASKÝRSLA

EFTIR

GUNNLAUG JONSSON

VEGAGERD RIKISINS

OS-ROD-7503

FEBRUAR 1975

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

- I Inngangur
- II Tölvulíkan af botnskriði Borgarfjarðar
- III Aðlögun einfalds tölvulíkans að flóknum veruleika
- IV Tölvuforskriftin
- V Niðurstöður rannsókna á tölvumódelinu.
- VI Tölvulíkanið notað til að spá fyrir um áhrif breyttra aðstæðna á botnskrið
- VII Hugmyndir höfundar um áhrif brúar á botnskrið út Borgarfjörð
- VIII Lokaorð
- IX Skýringamyndir
- X Kornastærðarlínurit

I. Inngangur

Að beiðni Vegagerðar ríkisins hefur Raforkudeild Orkustofnunar tekið að sér að rannsaka botnskrið Hvítár í Borgarfirði. Árið 1973 skilaði Oddur Sigurðsson, jarðfræðingur Raforkudeildar, skýrslu um botnskrið Hvítár. Hann lomst að þeirri niðurstöðu, að árleg flutningásgeta Hvítár væri miði li 380.000 og 600.000 rúmmetrar af bergmylsnu, sem bærisk sem botnskrið til sjávar árlega. Þetta samsvarar 1.0 til 1.8 milljón lestum af sandi. Ef verulegur hluti af þessari flutningsgetu er nýttur, þá hefði Borgarfjörðurinn fyllst á tiltölulega fáum árhundruðum. Sú spurning vaknaði því, hvort hægt væri að draga þá ályktun, að einungis lítill hluti af flutningsgetu Hvítár væri nýttur, og/eða hvort mestur hluti botnskriðs Hvítár bærist út Borgarfjörð fyrir áhrif sjávarfalla og rennslis Hvítár.

II. Tölvulikan af botnskriði Borgarfjarðar

Tölvulikan var gert af Borgarfirði innan þversniðs frá Borgarnesi að Seleyri til að kanna, hvort samspil sjávarfalla og árrennslis megni að skola sandi út fjörðinn og til að reikna magn botnskriðsins. Leitað var að likingum, sem tengdu best saman þekktar breytistærðir í Borgarfirði og botnskrið. Sú forskrift, sem notuð er, er kennið við Colby, en hún gerir ráð fyrir, að botnskriðið á hverja lengdar-einingu þversniðs sé háð eftirfarandi breytistærðum:

1. Straumhraða, það er meðalstraumhraða.
2. Dýpi.
3. Meðalkornastærð botnskriðsins

Aðrar breytistærðir, svo sem öldugangur og halli á botni, eru ekki teknar með í likaninu, þar eð áhrif þeirra eru talin miklu minni, og vegna þess að ekki er vitað um ákveðið samband milli þeirra og botnskriðs. Vitað er, að seigja (viscositet), eðlisþyngd og hitastig vatnsins hafa áhrif á botnskriðið, en þessar breytistærðir eru ekki hluti af lakaninu í þessari fyrstu mynd þess, enda eru breytingar

á þessum stærðum óverulegar og valda einungis annarrar gráðu breytingum á botnskriði.

III. Aðlögun einfalds tölvulíkans að flóknum veruleika

Colby hefur með tilraunum og samanburði við þekktar líkingar um botnskrið dregið ferla, sem tengja saman straumhraða, dýpi og kornastærð botnskriðs, þannig að útkoman gefi ákveðið botnskrið í tonnum á sólarhring fyrir hvern lengdarmetra botns (sjá mynd 1). Þrautin er sú að tengja þekktar breytistærðir Borgarfjarðar þannig saman, að útkoman gefi straumhraða og dýpi í ákveðnu þversniði yfir Borgarfjörð sem fall af tíma og vegalengd. Þetta samband þarf að vera þekkt yfir langt timabil, sem endurtekur sig í sífellu.

Þar eð straumhraðinn í Borgarfirði og dýpið á hverjum tíma ákvarðast að mestu leyti af sjávarföllum, var ákveðið, að hæfilegt reiknistimabil væri einn tunglmánuður, því að það er timabil, sem endurtekur sig reglulega með tiltölulega litlum breytingum.

Þegar byrjað var á þessu verki, var ekkert vitað um straumhraða í Borgarfirði, og því síður að nokkuð væri vitað um það, hvernig hann breyttist frá klukkustund til klukkustundar, eða frá einum stað til annars. Það varð því að skapa straumhraðann í tölvunni út frá öðrum þekktum breytistærðum og dreifa honum á þversniðið eftir líkum.

Nauðsynlegt er, að straumurinn sé hornrétt á þversniðið, og einnig að hann dreifi sér tiltölulega eðlilega yfir þversniðið. Það var því ákveðið að hafa þversniðið sem þrengst og þannig staðsett, að likindi væru til, að straumurinn væri þvert á sniðið (sjá mynd 2). Fyrir valinu varð lína frá Selseyri í tanga, Borgarness-megin, sem er nokkur hundruð metrum sunnan athafnasvæðis Vegagerðarinnar, en sú lína er nokkurn veginn á fyrirhuguðu brúarstæði.

Reynt var að líkja eftir veruleikanum með eftirfarandi einföldunum:

1. Þversniðinu, sem er 1700 m, var skipt niður í sautján bil, sem hvert um sig er 100 m breitt. Gert er ráð fyrir því, að dýpi sé jafnt yfir hvert bil, straumhraðinn sé jafn, og kornastærð botnsskriðsins sé sú sama yír allt bilið.
2. Tekin voru 16 botnsýni úr þversniðinu þann 2. okt. 1974. Gert er ráð fyrir, að hvert sýni sé rétt úrtak af því svæði, sem það er á, og að kornastærðin breytist ekki með tímanum.
3. Dýpið er samkvæmt endurskoðuðu korti Sjómælinga Íslands, frá því i nóvember 1974. Notað er meðaldýpi fyrir hverja 100 m.
4. Straumhraðinn í hverju bili var áætlaður út frá fjórum meginforsendum:
 - a) Vatnsmagnið Q_T , sem rennur gegnum þversniðið á hverju augnabliki, er jafnt rennsli ánna í Borgarfjörð $\sum_{k=1}^{k=n} Q_k(t)$, að viðbættri þeirri breytingu, sem verður á lónrymi Borgarfjarðar, innan þversniðsins við breytilega sjávarhæð.
 - b) Vatnsmagnið í lóninu innan þversniðsins ákvarðast af sjávarstöðunni eingöngu, og rennslið vegna breytrar sjávarstöðu má því tákna með -

$$Q_s = - F(h) \frac{dh(t)}{dt}$$

þar sem flatarmál lónsins $F(h)$ er einungis háð sjávarstöðunni $h(t)$.

Heildarrennslið út og inn um þversniðið má því tákna stærðfræðilega sem

$$Q_T = \sum_{k=1}^n Q_k(t) - F(h) \frac{dh(t)}{dt}$$

- c) Straumhraðinn í hverju bili var upphaflega hugsaður þannig, að hann væri í réttu hlutfalli við dýpið í bilinu í veldinu 2/3. Síðar kom í ljós, að straumurinn er tiltölulega sterkari með landinu, þannig að nauðsynlegt reyndist að taka tillit til þess. Við athugun kom í ljós, að það er straumlægð í kringum tíunda bil, talið frá Borgarnesi, en það er nálægt

"þyngdarpunkti" þversniðsins. Einnig kom í ljós, að straumurinn í bili 1 við Borgarnes var nálægt helmingi meiri en samsvarandi straumur í bili 10. Það var því gripið til þess ráðs að láta strauminn fara vaxandi um 8% í hverju bili út frá bili 10, sem jafngildir tvöföldun í bili 1. Endanlegt form á hraðajöfnunum er því eftirfarandi:-

$$\text{Rennsli um bil } n = Q_n = dýpi \times \text{breidd} \times \text{hraði}$$

$$= \frac{d_n \cdot b_n \cdot Q_T \cdot d_n^{2/3} \cdot 1,08 ** |10 - n|}{\sum_{n=1}^{17} d_n \cdot b_n \cdot d_n^{2/3} \cdot 1,08 ** |10 - n|}$$

og straumhraði því:

$$v_n = \frac{Q_n}{d_m \cdot b_m} = Q_T \cdot \frac{d_n^{2/3} \cdot 1,08 ** |10-n|}{\sum_{n=1}^{17} d_n \cdot b_n \cdot d_n^{2/3} \cdot 1,08 ** |10-n|}$$

Síðar hefur komið í ljós, að veldið á dýpinu (2/3) er líklegast of hátt, og kæmi til greina að nota \sqrt{d} , veldið 1/2. Ekki er þó líklegt, að það breytti niðurstöðum verulega, þó hraðadreifingin breyttist, en þó myndi botnskrið aukast nokkuð á grynnri svæðunum, en minnka á þeim dýpri.

d) Sjávarhæð sú, sem skráð er í síritann við Borgarnes á hverjum tíma, er talin gefa rétta mynd af sjávarstöðunni á þversniðinu, og einnig meðalsjávarstöðu í lóninu fyrir innan þversniði. Eftir athuganir á staðnum kom í ljós, að nokkur timamunur (fasamunur) er á sjávarstöðu í þversniði og á meðalsjávarstöðu í lóninu, enda er það um 8 km langt. Nýrri gerð af tölvu-módelinu leyfir því, að nokkur timamunur sé á þessu tvennu. Líklegt er talið, að sjávarstaða í þversniði sveiflist 10 minútum á undan meðalsjávarstöðu í lóninu.

Ahrifin af þessu eru þau, að þegar lónið fyllist, þá er meðalsjávarstaðan í því lægri en í þversniðinu, en þegar það tæmist, þá er hún hærri. Ef lónið fyllist og tæmist jafnhrett um sjávarhæð h_1 , þ.e. $\frac{d h(t)}{dt}$ er jafnstórt á innfalli og útfalli,

pá verður hraðinn meiri á útfalli, þar eð þversniðið er minna, en í báðum tilvikum streymir vatnið $/Q_s/ = /F(h_1) \frac{d h(t)}{dt} /$ á hverri tímaeiningu.

5. Rýmd Borgarfjarðar innan þversniðsins, sem fall af sjávarstöðu, er hugsuð sem fall af meðalsjávathæð í lóninu, og reiknað er með því að þessi meðalhæð breytist linulega með breytingum á sjávarstöðu við sirtiann við Brákarsund. Þessi rýmd er áætluð með því að draga feril af flatarmáli Borgarfjarðar, miðað við sjávarhæð. Þessi ferill er áætlaður af Vegagerð ríkisins eftir mælingum, sem gerðar voru af Sjómælingum Íslands (sjá mynd 3).
6. Rennsli áんな í Borgarfjörð er áætlað samkvæmt rennslismælingum, sem til eru við Kljáfoss í Hvítá, Grímsá við Reyðarvatn, Norðurá við Stekk og Andakílsá við virkjun. Út frá rennsli á þessum stöðum og flatarmáli þess afrennslissvæðis, sem ekki er rennslismælt, er áætlað heildarrennsli allra vatnsfalla í Borgarfjörð innan Borgarness. Alls var mælt afrennsli af 2475 km^2 , en heildarsvæðið er 3864 km^2 . Meðalrennsli yfir mánuðinn, sem var júní 1973, var áætlað $205,7 \text{ m}^3$, eða $53,3 \text{ l/s/km}^2$. Mesta rennsli var áætlað $248 \text{ m}^3/\text{s}$ og minnsta rennsli $159 \text{ m}^3/\text{s}$. Til samanburðar má geta þess, að rennsli Hvítár við Kljáfoss er talið vera $92.9 \text{ m}^3/\text{s}$ að meðaltali, eða 55 l/s af hverjum ferkilómetra, en þeir eru 1685..

IV. Tölvuforskriftin

Tölvan er notuð í eftirfarandi upplýsingum:

- 1) Sjávarstöðunni við Brákarsund tunglmánuðinn 1. til 30. júní 1973, miðað við hæðarkerfi Borgarness.
- 2) Upplýsingum um dýpi (miðað við hæðarkerfi Borgarness), meðalkornastærð og breidd hvers af 17 bilum, sem mynda þversniðið.
- 3) Lónrýmd Borgarfjarðar, sem fall af sjávarstöðu.
- 4) Rennsli áonna fyrir hvern dag mánaðarins.
- 5) Ferlum Colbys, sem tengja saman dýpi, meðalkornastærð og straumhraða, þannig að útkoman gefi botnskrið á tímaeiningu á lengdareiningu.

Tölvan vinnur þannig, að hún skiptir hverjum klukkutíma í n tímabil, sem hægt er að ákvarða með stýrispjaldi. Eftir endurteknar tilraunir hefur komið í ljós, að $n = 2$ skapar mjög lítið frávik í botnskriði frá $n = 6$ til dæmis. Sjávardýpi yfir þversniðið er reiknað fyrir mitt tímabilið og það látið gilda fyrir allt tímabilið. Rýmd lönsins er reiknað fyrir byrjun tímabilsins og lok tímabilsins. Mismunurinn er það vatn, sem hefur streymt út um þversniðið, að viðbættu árrennslinu. Þessu rennsli er nú dreift á þversniðið, þannig að hraðinn í hverju bili verði samkvæmt áðurnefndri forskrift.

Tölvan hefur nú hraða, dýpi, breidd og meðalkornastærð fyrir hvert bil og finnur nú botnskriðið í hverju bili út frá ferlum Colbys, með því að interpolera logarithmiskt milli dýpis og kornastærða.

Tölvan geymir botnskriðið og hraðann fyrir hvert tímabil og hvert bil í þversniði og prentar síðan út summuna fyrir hverja klukkustund, hvern dag og loks summuna fyrir hvert bil. Auk þess leggur hún saman sér það, sem fer inn og það, sem fer út. Einnig er hægt að fá útprentun á straumhraðanum.

V. Niðurstöður rannsóknar á tölvumodelinu.

Skipta má niðurstöðunum í two þætti. Annars vegar niðurstöður, sem fengust án undangenginnar rannsóknar á staðnum, og hins vegar niðurstöður, sem fengustað loknum rannsóknum, og eftir að gerðar höfðu verið þær breytingar á tölvuforskriftinni, sem rannsóknirnar leiddu í ljós að voru eðlilegar miðað við aðstæður í Borgarfirði.

Til fróðleiks fylgja hér á eftir þær niðurstöður, sem fengust úr tölvunni án þess að nokkur vettvangarannsókn hefði verið framkvæmd.

Botnskrið út Borgarfjörð i júni 1973	217.600 tonn
--------------------------------------	--------------

Botnskrið inn Borgarfjörð i júni 1973	146.600 tonn
---------------------------------------	--------------

Netto botnskrið út Borgarfjörð i júni 1973	71.000 tonn
--	-------------

Ef reiknað er með að botnskrið pennan mánuð sé nálagt mánaðarmeðaltali, þá er reiknað árlegt botnskrið:

Út Borgarfjörð	2,7 Mtonn
Inn Borgarfjörð	1,8 Mtonn
Netto út Borgarfjörð	0,9 Mtonn

Eftir nánari rannsóknir fengust betri upplýsingar um Borgarfjörðinn, og ýmsum forsendum var breytt, þannig að gert er ráð fyrir tiltölulega meiri straumhraða með landinu sín hvoru megin, og einnig er gert ráð fyrir nokkurri töf milli sjávarstöðu í þversniði og í lóninu fyrir innan. Með þessum breytingum eru niðurstöður eftirfarandi:

Flutningsgeta á botnskriði reiknaðist 53 þ.tonn, með 20 mínútna töf, en 33 þ. tonn með 10 mínútna töf. Hvort tveggja miðast við tunglmánuðinn 1. til 30. júní 1973.

Ef frá flutningsgetunni er dregin flutningsgeta fjögurra bila, sem eru næst Seleyrinni, og sem eru að hluta fóðruð með möl, sem ekki skolast til, þá er flutningsgetan 23 þ. tonn með 20 mínútna töf, en 19 þ. tonn með 30 mínútna töf. (Sjá mynd 4). Við rannsókn reyndust áhrif tafar á flutningsgetu næstum linuleg (sjá mynd 5). Auðsætt er, að áhrif tafarinna eru mjög mikil, og hún hefur líklegast afgerandi áhrif í þá átt að halda Borgarfirði opnum, með því að skola sandinum út. Landfræðilega er Borgarfjörður sérstaklega "hannaður" til þess að auka á þessa töf, þar sem hann er langur og mjór, einnig standa fjölmörg nes og eyjar út í firðinum og auka á viðnám gegn sjávarföllum og auka þannig töfina um leið. Líklegast er nú talið, að þessi töf sé 10 minútur.

Til að áætla heildarbotnskrið út, er mjög mikilvægt að vita, hve mikill hluti af flutningsgetunni er nýttur. Aður höfum við getið þess, að fjögur bil næst Seleyrinni eru fóðruð. Ekki er þó rétt að álykta, að þau flytji engan sand, því athuganir sýndu, að 300-500 metrum ofar í lóninu var mikið af finum sandi. Réttara mun vera, að nokkur

sandur berist þarna út, en einungis hluti af flutningsgetunni sé nýttur. Mætti hugsa sér, að 50% af flutningsgetunni nýtist, en það ásamt fyrri ályktun um að töfin sé 10 mínútur, takmarkar líklegt botnskrið út Borgarfjörð, þannig að líklegt lágmark sé um 19 þ. tonn, en líklegt hámark 33 þ. tonn. Árlegt botnskrið út Borgarfjröðinn er því samkvæmt þessu tölvumódeli og þeim upplýsingum, sem við vitum bestar í dag, á milli 228 þ. og 396 þ. tonn.

Ekki má þó gleyma því, að forsendur fyrir botnskriðsútreikningum eru almennt mjög óvissar, og engan veginn öruggar; einnig ber að hafa í huga, að reiknaður straumhraði vegna sjávarfalla í Borgarfirði byggir á tölvumódeli af aðstæðum, sem aldrei verður fullkomíð, og síðast, en ekki síst, þá má enn bæta mjög þær upplýsingar, sem módelið byggir sína útreikninga á.

Ekkert hefur þó komið fram við þessar rannsóknir eða aðrar athuganir, sem bendir til þess, að fyrsta ályktunin, það er að mestur hluti botnskriðs Hvítár berist út Borgarfjörðinn með sjávarföllum, sé röng, eða að botnskriðið sé miklu minna eða meira en þessir útreikningar sýna.

VI. Tölvulíkanið, notað til að spá fyrir um áhrif breyttra aðstæðna á botnskrið.

Líkan eins og þetta gefur ekki aðeins hugmynd um fyrirmyndina eins og hún er, heldur á það einnig að líkja eftir svörun fyrirmyndarinnar við breyttum aðstæðum. Tilraunir voru gerðar til að finna næmi líkansins fyrir skekkjum í einstökum upplýsingum. Með því að breyta forsendum um stærð einstakra breytistærða, má reikna hve miklar breytingar verða á botnskriði við breyttar aðstæður.

Þær breytistærðir, sem athugaðar voru, voru eftirfarandi:-

- a) kornastærð botnskriðs
- b) rúmmál lónsins
- c) rennsli ánnna

Hér á eftir eru niðurstöðurnar af þessum athugunum, og er þá stuðst bæði við þær tilraunir, sem gerðar voru, áður en líkaninu var breytt, og þær sem gerðar hafa verið síðar. Allar tölur eru þó miðaðar við tölvulíkanið, eins og það er nú.

- a) Minnkandi kornastærð eykur botnskrið linulega, þannig að 10% minni kornastærð veldur 20-25% meira botnskriði og 20% minni kornastærð eykur botnskrið um 40-50%. Ef kornastærðin eykst um 10%, má aftur á móti gera ráð fyrir, að sandburður minnki um 10-13%.
- b) Það vatnsmagn, sem streymir inn og út milli flóðs og fjöru, hefur afgerandi áhrif á botnskriðið í þversniðinu. Þessi þáttur var athugaður með því að gera ráð fyrir, að lónrýmið fyrir ofan þversniðið minnkaði um 10%. Þetta minnkandi reiknaðan nettoframburð um 46,3%. Samsvarandi tilraun, sem jerð var á eldra likani, sýndi 70% minnkun framburðar við 20% minnkun á lóni.
- c) Rennsli áんな hefur nokkur áhrif í framburð, en þó minni en liklegt var talið í fyrstu. Þetta staðar af því að rennsli áんな hefur sömu áhrif og fasamunurinn, þ.e.a.s. auka botnskrið út, miðað við botnskrið inn. 10% minnkun á rennsli áんな minnkar netto-botnskrið út um 5-6%. Fyrri athuganir sýndi, að áhrif árvatnsins voru linuleg, þannig að 10% minnkun árrennslis minnkaði botnskrið út um 10%.
- d) Tilraun var gerð til þess með eildra tölvulíkaninu að mæla áhrif brúar á flutningsgetu þversniðsins milli Seleyrar og Borgarness. Hluta af þversniðinu var lokað, þ.e. 900 m næst Borgarnesi, en opnir voru 800 m næst Seleyrinni. Samkvæmt útreikningi jókst flutningsgetan við þetta úr 71 þ. tonnum í 224 þ. tonn á mánuði. Í reyni táknar þetta, að sandur myndi ekki stoppa í brúaropinu, og botninn græfist niður uns straumhraði væri kominn í fyrra horf og flutningsgetan einnig.

Hugmyndir höfundar um áhrif brúar á botnskrið út Borgarfjörð

Tölvumódelið bendir til þess, að flutningsgeta þversniðsins aukist við það að þrengja það. Brúin er að hluta stíflur, sem þrengja þversniðið. Flutningsgetan eykst því við brúarbygginguna, og botninn undir brúnum grefst niður. Ef sandurinn er jafnfinn niður á nokkuð mikið dýpi, þá mun botninn grafast niður uns flutningeta brúaropsins verður sú sama og flutningsgeta alls þversniðsins var áður. Líklegt er, að flatarmál brúaropsins verði þá svipað, en þó nokkru minna en flatarmál alls þversniðsins var áður.

Fyrir ofan brúna munu sjávarföllin minnka nokkuð frá því sem áður var. Þetta orsakar það, að botnskrið út mun minnka nokkuð, sem aftur veldur því, að álarnir grynnka. Við það að álarnir minnka, þá minnkar þversniðið á hverjum stað, þannig að straumhraðinn eykst uns hann hefur náð sömu flutningetu og áður.

Ef til dæmis hækjunarhraðinn $\frac{d h(t)}{d t}$ minnkar um 5% við brúargerðina, þá þarf flatarmál þversniðsins að minnka um 5% einnig til að gefa sama straumhraða og áður, og nokkru meira þó, því ($F(h)$) minnkar einnig við það, að botninn hækkar. 5% minnkun á $\frac{d h(t)}{d t}$ gæti því valdið 10% minnkun á þversniði. Á þversniðinu milli Einarssness og Kistuhöfða myndi það samsvara um 10 cm hækjun í botninum, sem yrði á nokkrum tugum ára, þar eð botninn í lóninu myndi einungis hækka um 1 - 2 cm á ári, jafnvel þó allt botnskrið út fjörðinn stöðvaðist.

Fyrir utan brúna mun fasamunur á sjávarstöðu hvers staðar og meðalhæðar geimsins fyrir innan aukast við brúargerðina, sem mun örva sandburð út fjörðinn. Á móti kemur, að heildarvatnsmagn sjávarfallanna mun minnka nokkuð, en líklegt er, að aðalbreytingin verði í auknum fasamun, og dýpi Borgarfjarðar ætti því að aukast smám saman, en engar verulegar breytingar verða. Jafnvægisdýpi Borgarfjarðar utan brúarstæðis gæti því aukist um nokkra sentimetra við brúargerðina. Rétt er þó að geta þess, að nokkur sandburður mun verða úr brúaropinu fyrsta árið, og nokkru meiri en vejulega. Nokkur ár getur tekið fyrir fjörðinn að ^{ná} fyrra dýpi.

Eina sýnilega breytingin fyrst eftir brúargerðina yrði sú, að álarnir undir brúnni dýpka, en í lygnuna frá görðunum mun setjast finn sandur. Ef gerður yrði garður út frá Borgarnesi, þá má búast við því, að kornastærðin í sandinum við Borgarnes og þar sem nú er sandnám, myndi minnka, og dýpið yrði minna en áður.

Innst í Borgarfirðinum, innan Hvanneyrarklakks er líklegt, að sjávarfalla gæti litið, þar eð geimisrýmdin fyrir innan hvert þversnið er hverfandi. Það eru því flóðin í Hvítá, sem mestu ráða um botnskriðið, og koma í veg fyrir, að fjörðinn fylli þarna. Brúarsmiðin mun því engin áhrif hafa svo langt upp eftir firðinum.

LOKAORE

Fyrsta hugmyndin að þessu töl vulíkani mótaðist í óformlegum umræðum höfundar við Hauk Tómasson, jarðfræðing, þar sem til umræðu var fyrri skýrsla Odds Sigurðssonar um botnskríð Hvitár.

Frumdrög að líkaninu voru unnin af höfundi, en tölvuforskriftin var rituð af Guðmundi Vigfússyni, kerfisfræðingi, Orkustofnunar sem var óþreytandi við að endurrita og bæta forskriftina, eftir því sem þekking okkar á aðstæðum í Borgarfirði jókst.

Við söfnun gagna og rannsóknir í Borgarfirði var leitað aðstoðar Vatnamælinga Órkustofnunar, Hafrannsóknastofnunarinnar og Vega-gerðarinnar; kort af svæðinu var unnið af Sjómælingum Íslands.

Brúardeild Vegagerðarinnar hefur sýnt þessu máli mikinn áhuga, og hefur komið til tals að gera sams konar rannsókn á þversniðinu milli Einarsness og Kistuhöfða til samanburðar. Forsenda fyrir þeirri rannsókn er að koma fyrir sírita við Einarsnes til mælinga á sjávarföllum. Kosturinn við þetta snið umfram þversniðið við Selsker er, að botninn er hvergi fóðraður, og flutningsgeta allra bila er því að fullu nýtt.

MYND 1

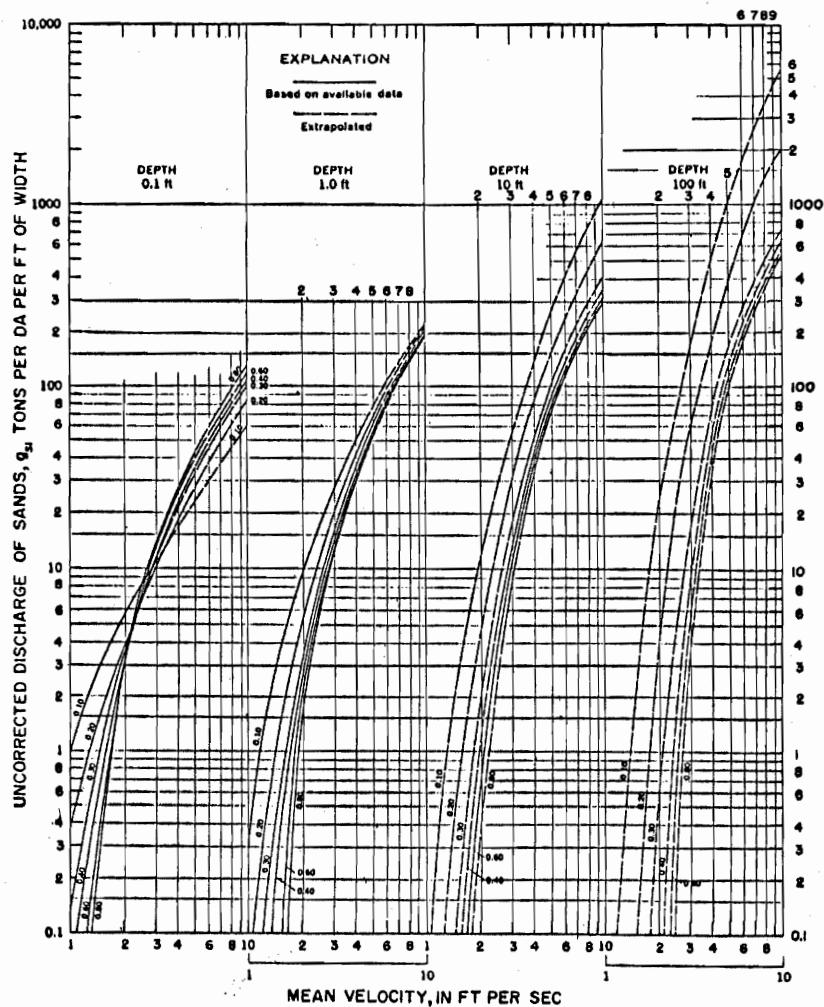
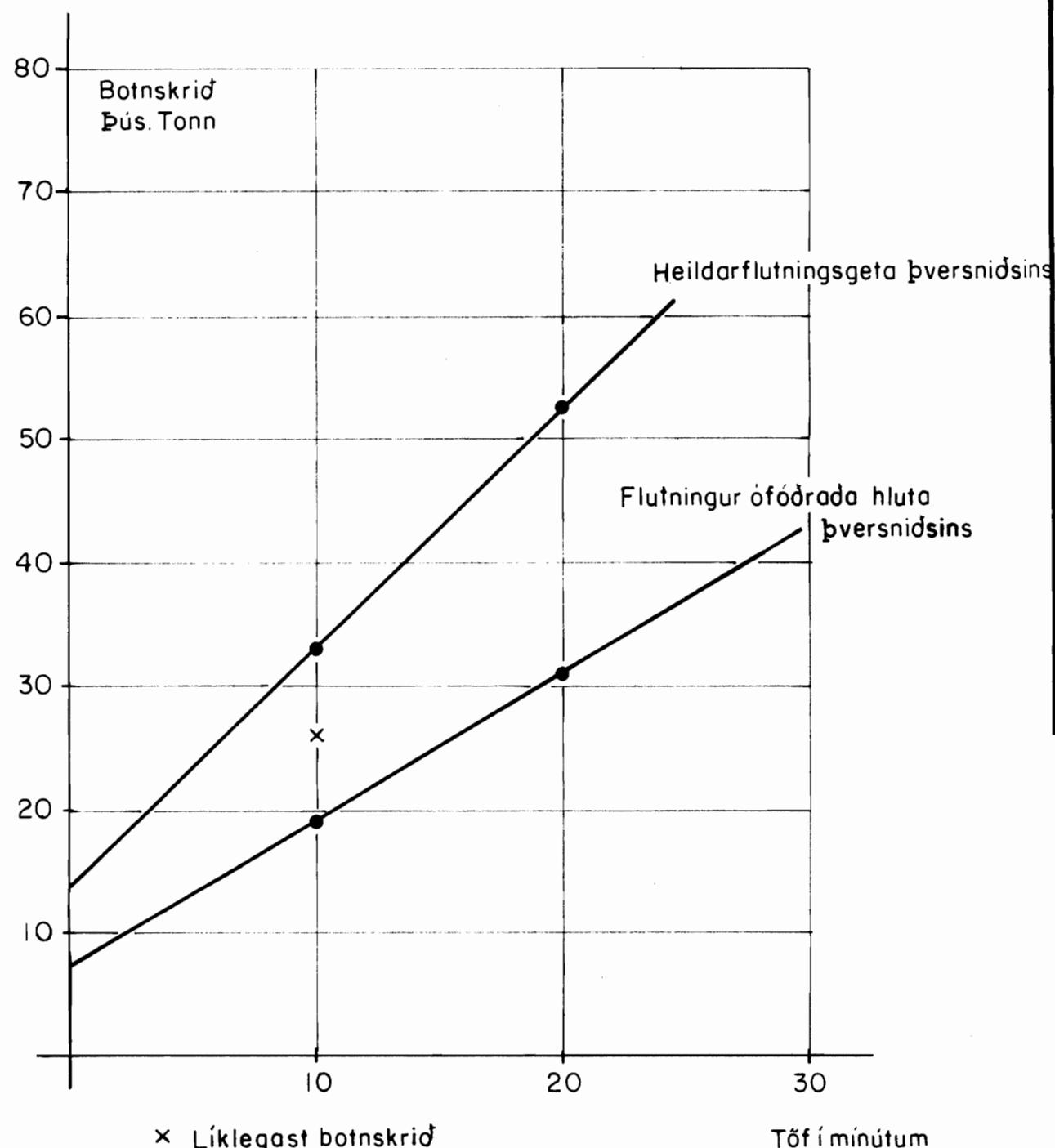


FIG. 2-H.10.—COLBY'S (2-H.14) RELATIONSHIP FOR DISCHARGE OF SANDS IN TERMS OF MEAN VELOCITY FOR 6 MEDIAN SIZES OF BED SANDS, 4 DEPTHS OF FLOW, AND WATER TEMPERATURE OF 60° F.



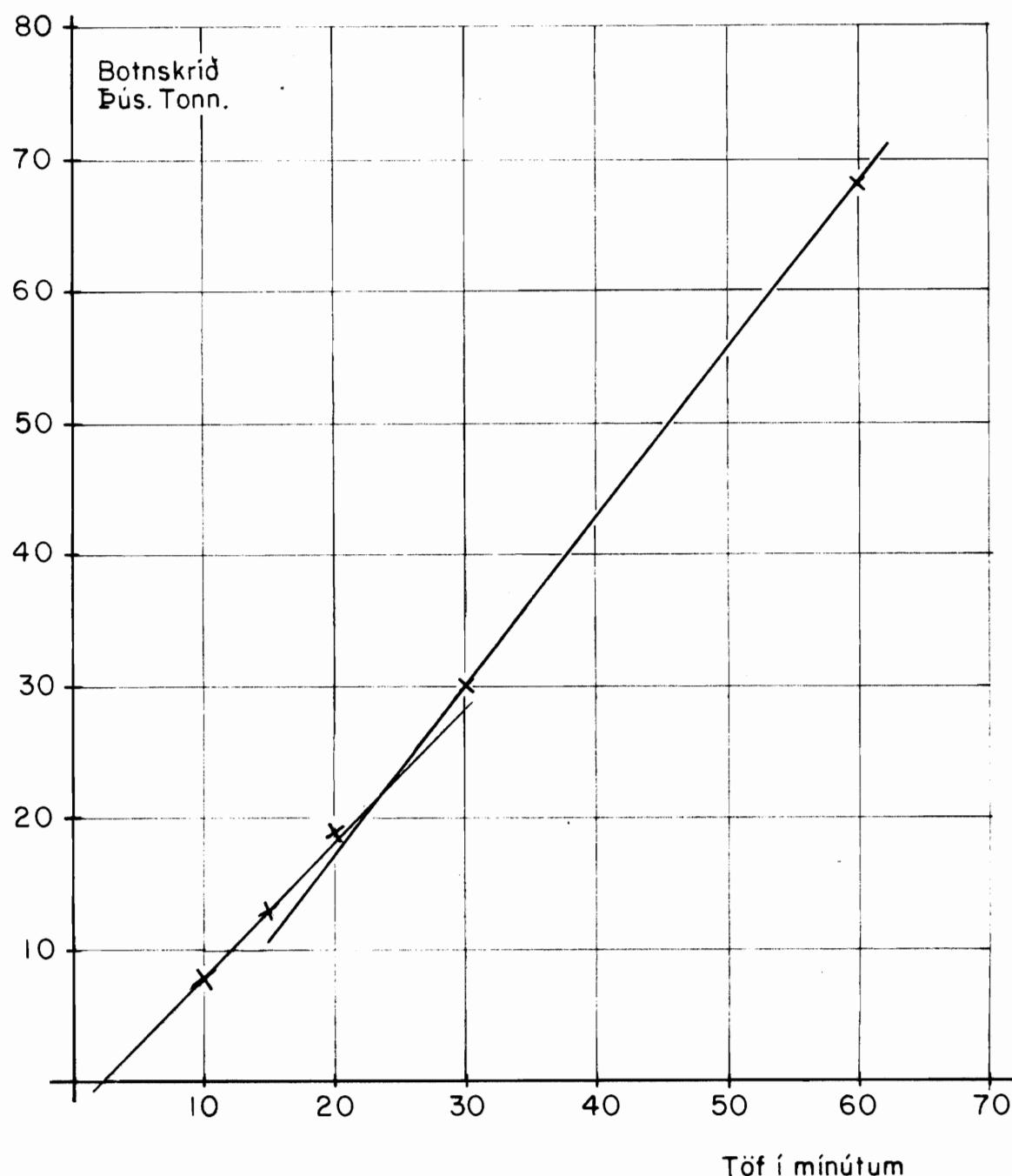


Mynd 4





Mynd 5



- 5 -

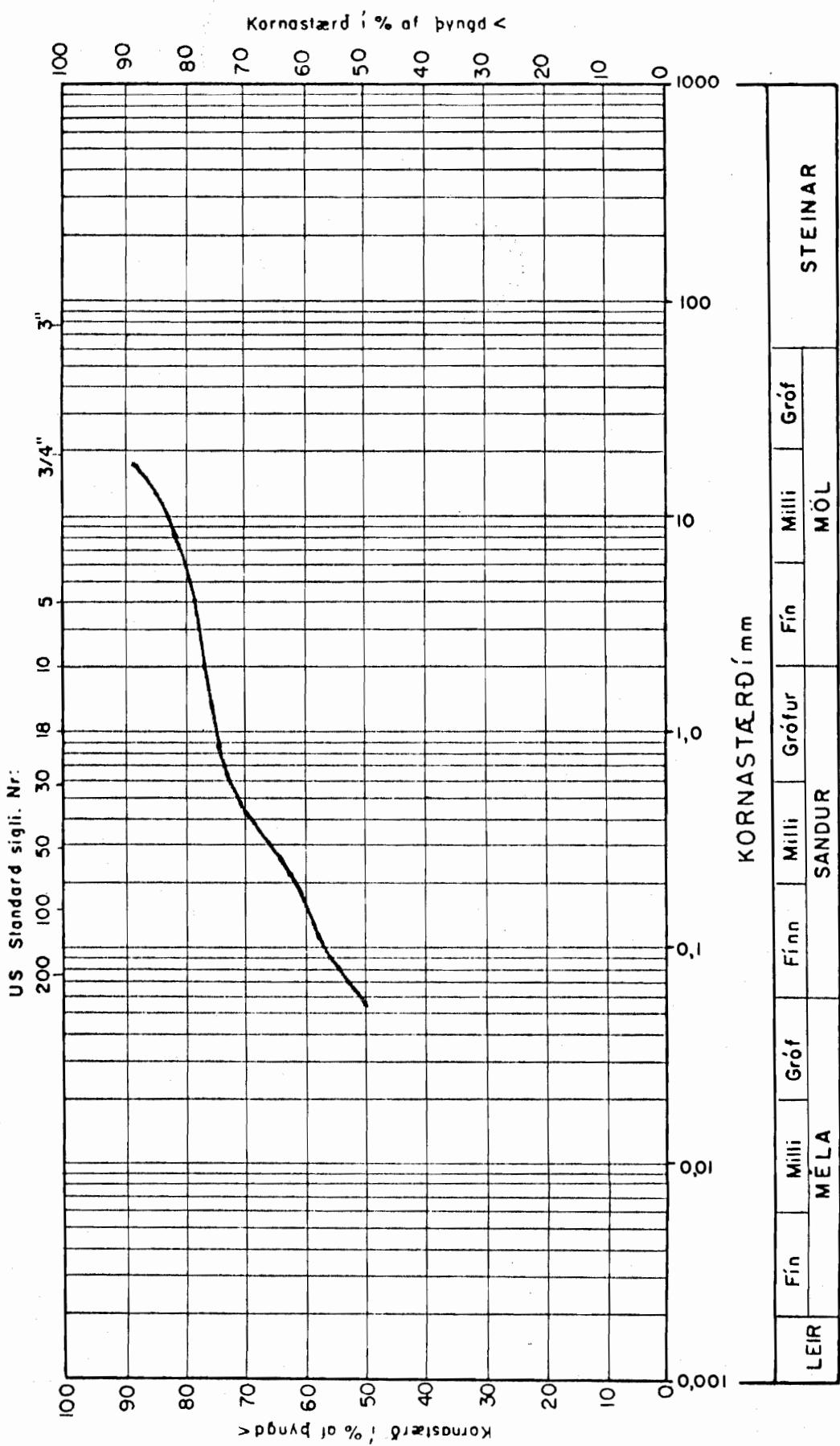
ORKUSTOFNUN

K-1049

Borgarfjörður

A-01

7:11:74 SV.P.



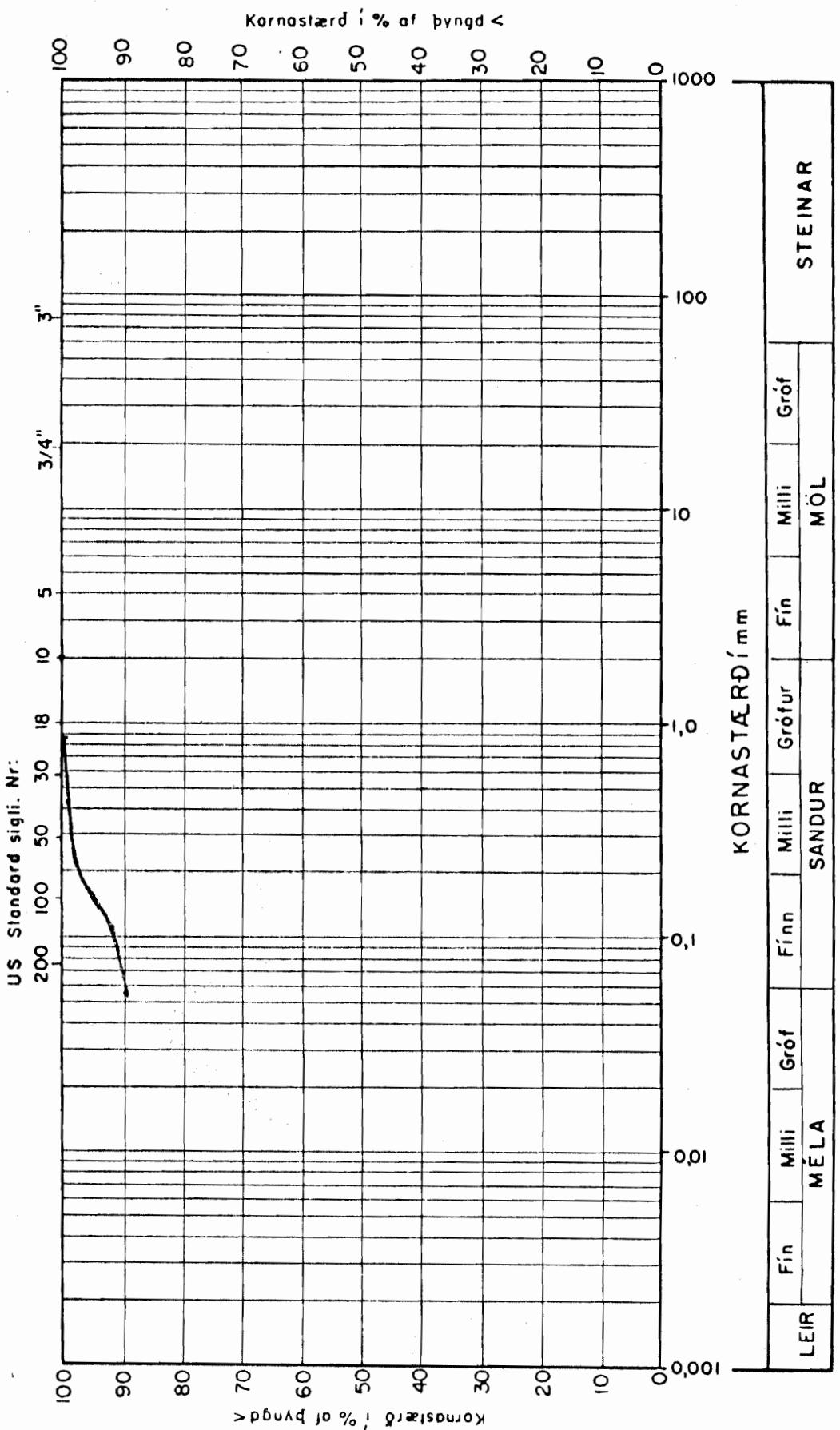
Icelandic Institute

K-1050

Borgarfjörður

A-02

7.11.74 SV.P.



I

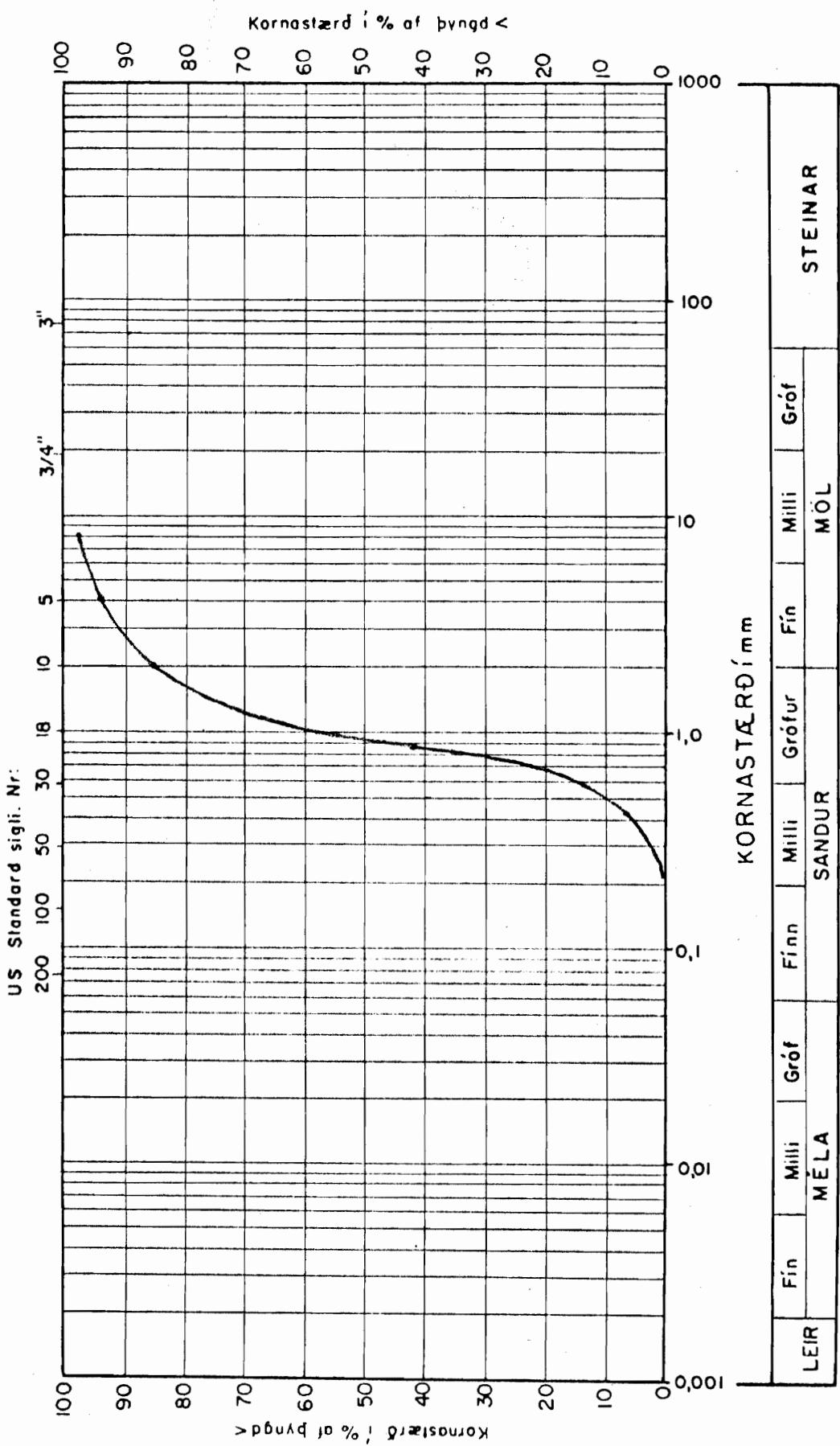
ORKUSTOFNUN

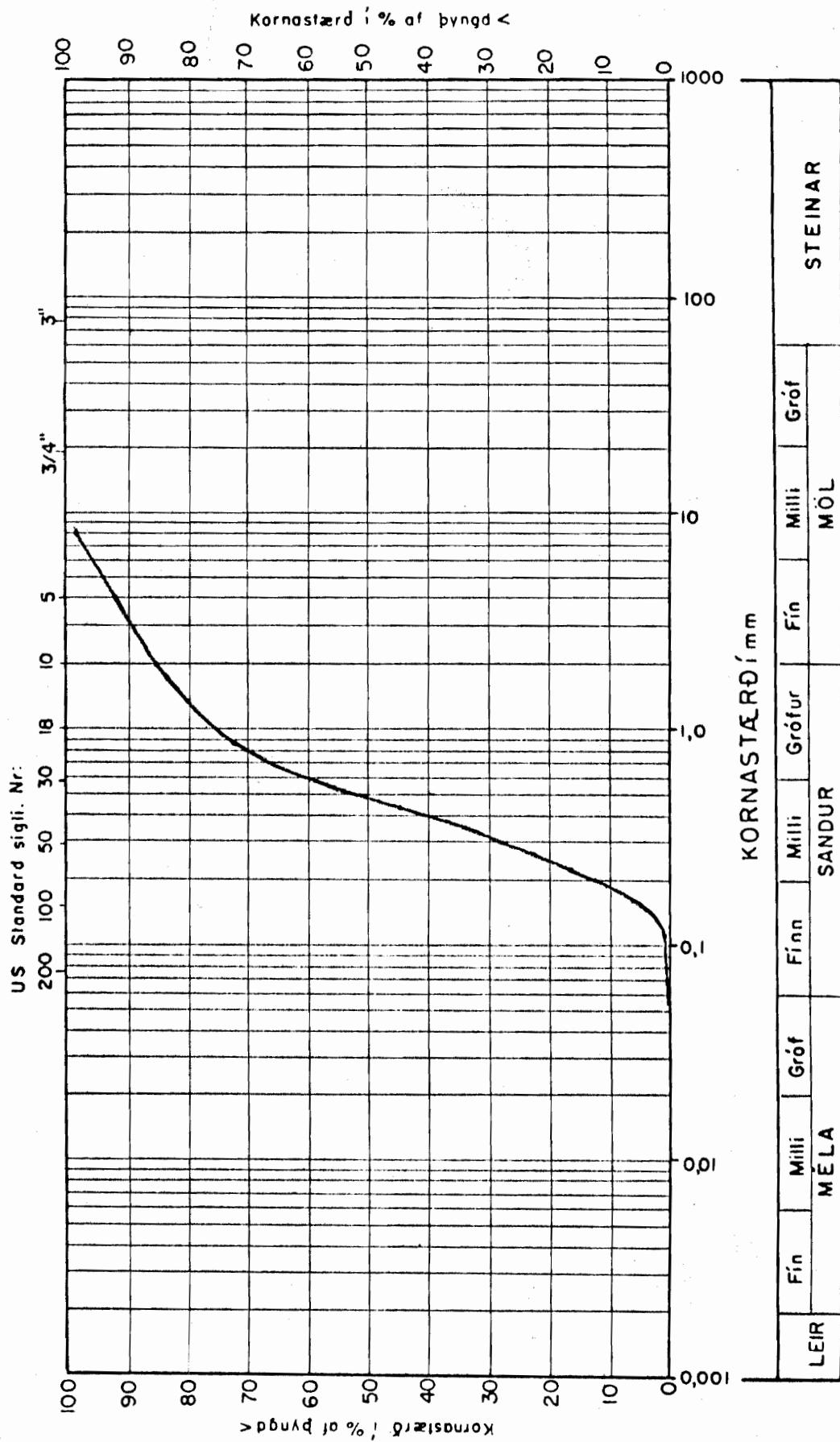
K-1069

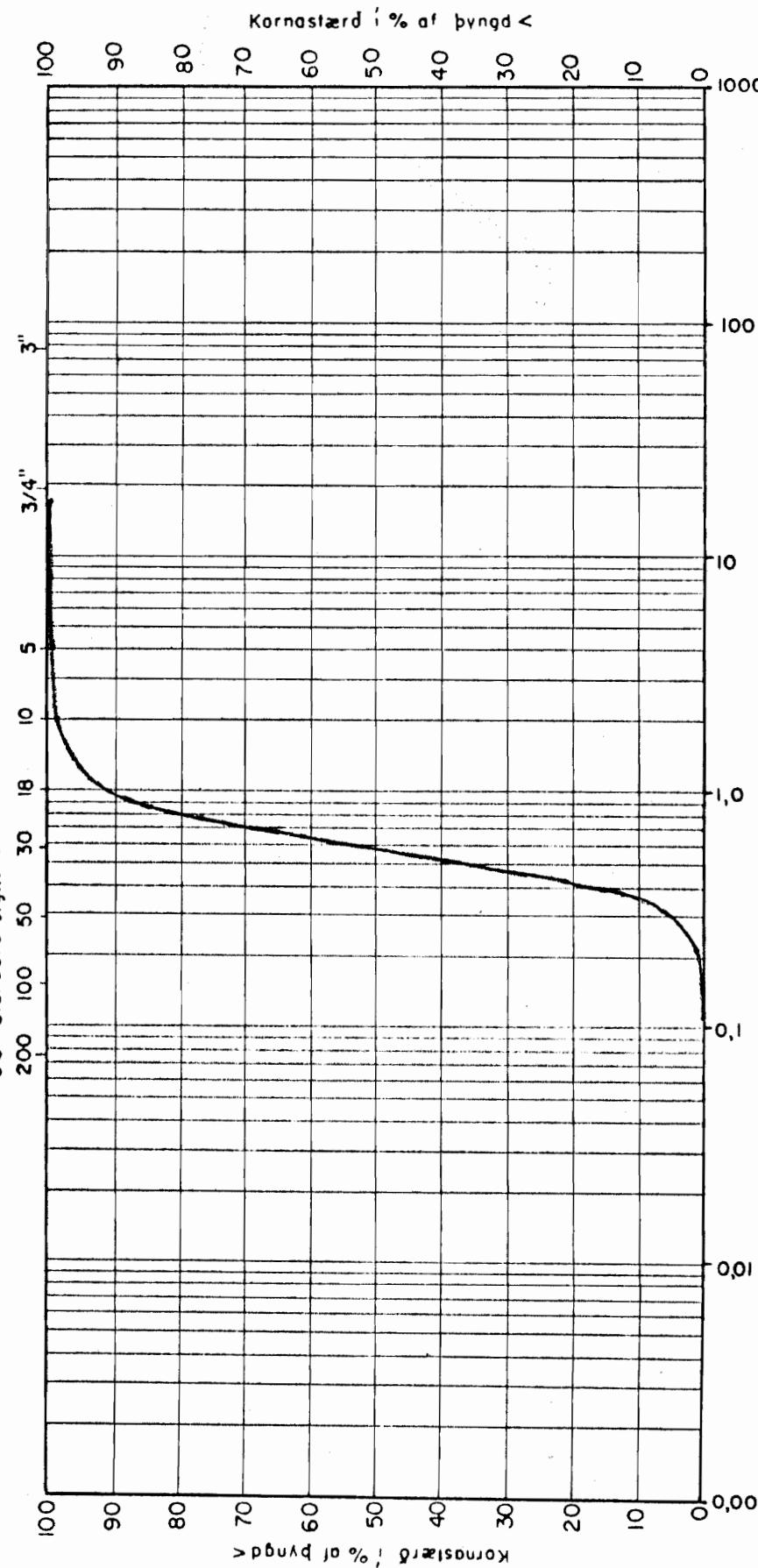
Borgarfjörður

A-03

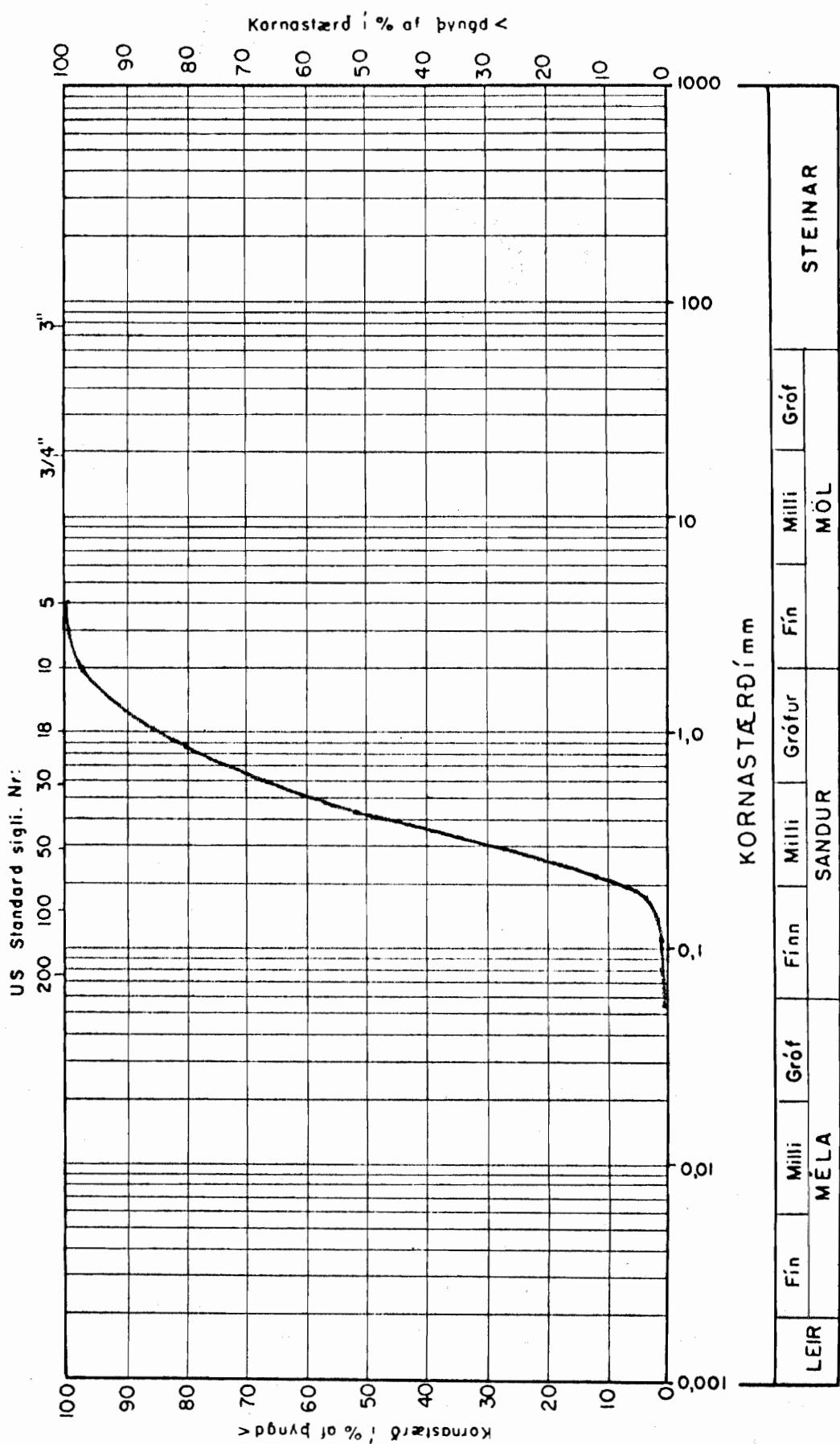
7. 11.74 SV. P.

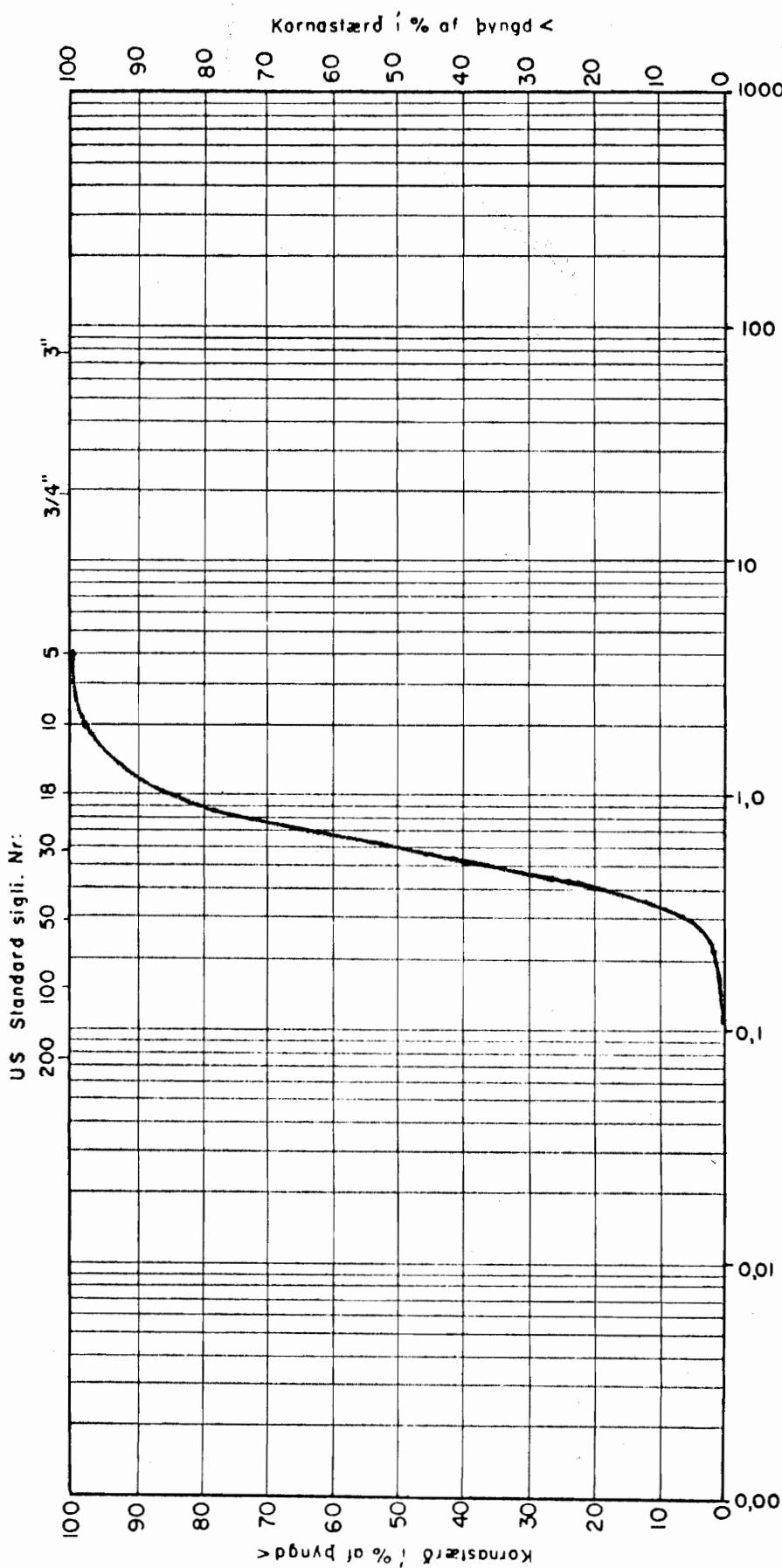


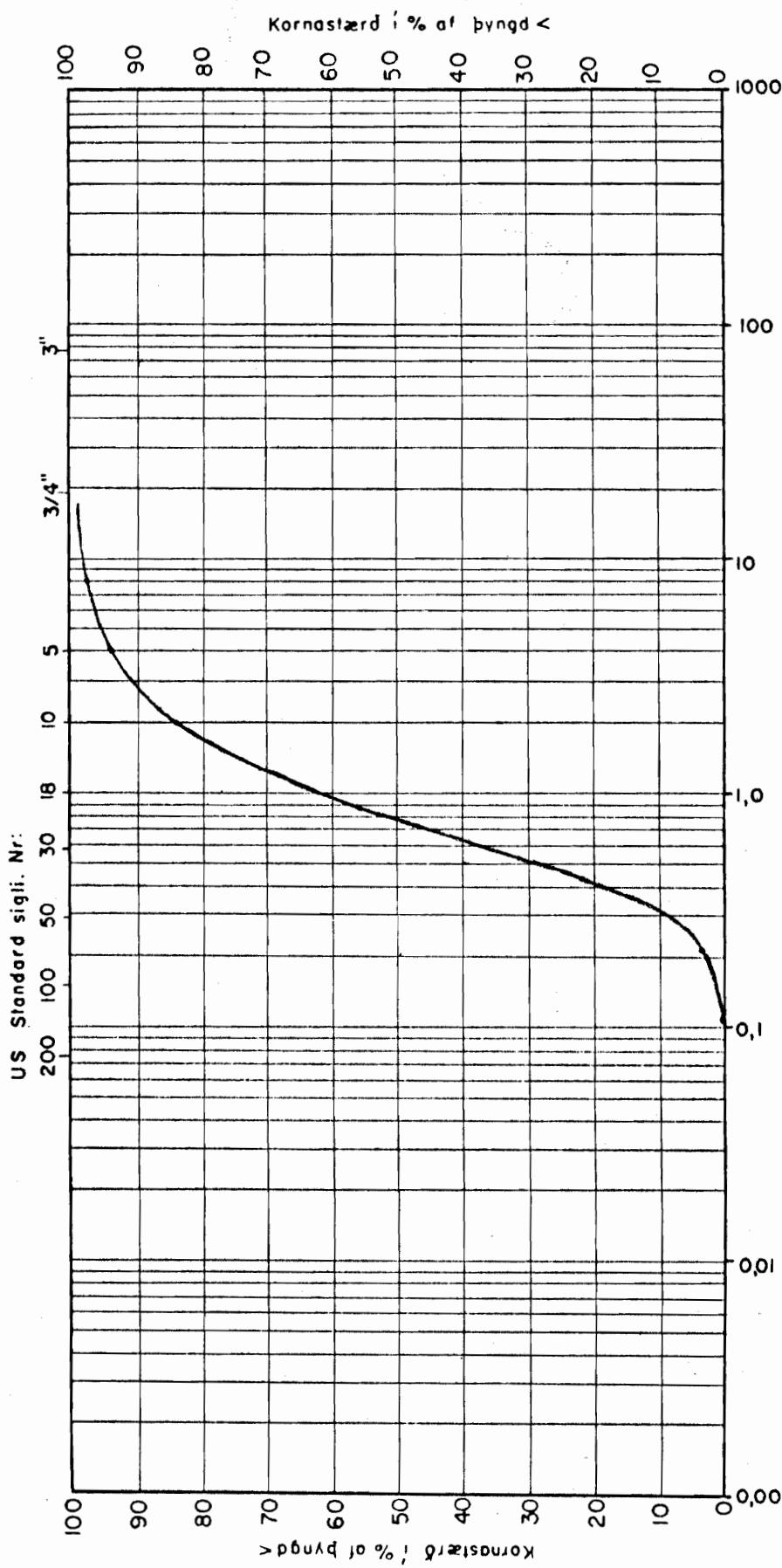




LEIR	Fín	Milli	Grót	Fín	Milli	Grót	STEINAR
	MÉLA	SANDUR					

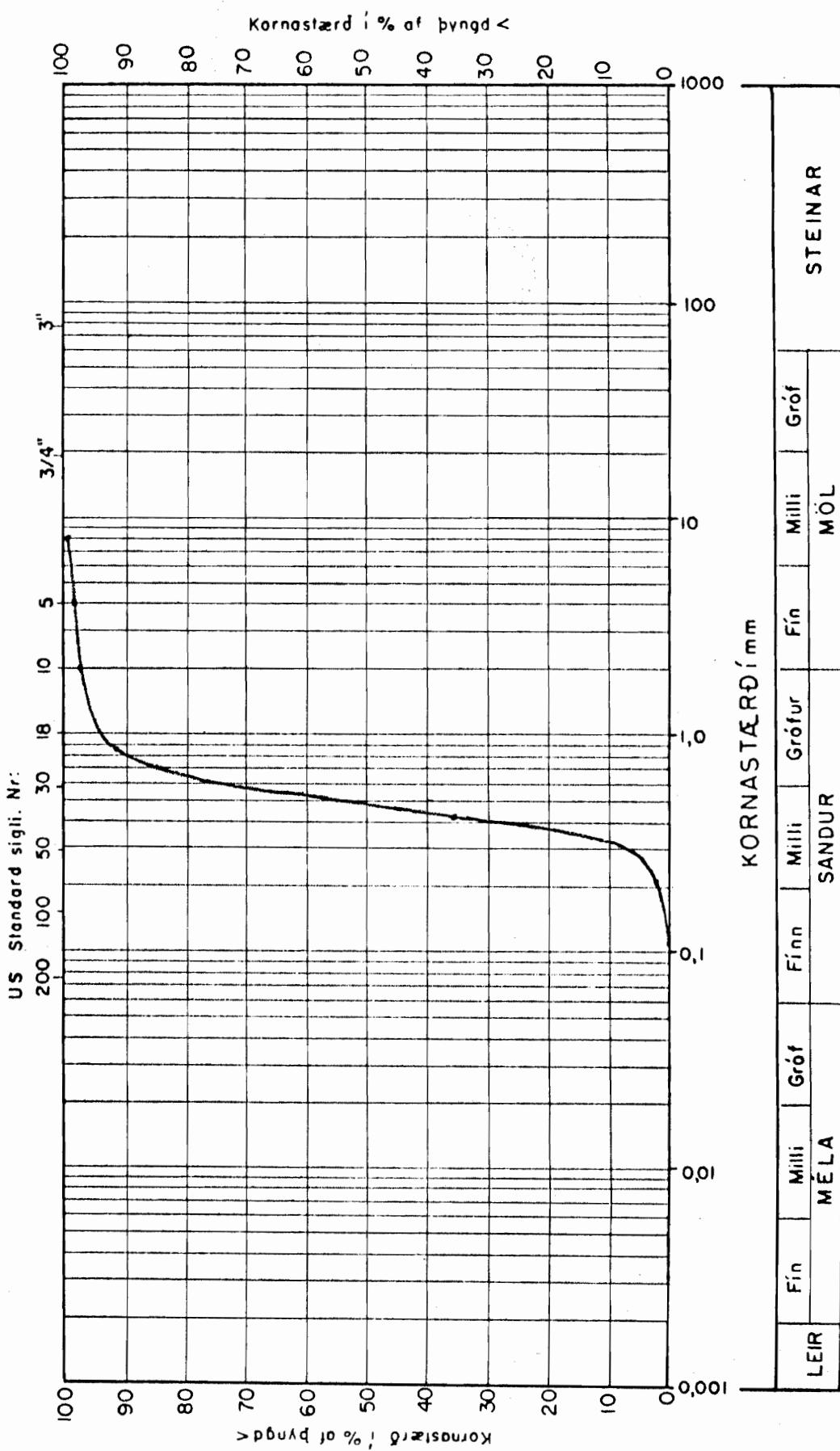




$d_{50} = 0.78$ 

LEIR	Fin	Milli	Grót	Fin	Milli	Grót	STEINAR
	MÉLA	SANDUR	MÖL	MÖL			

$$d_{50} = 0.48$$



ORKUSTOFNUN

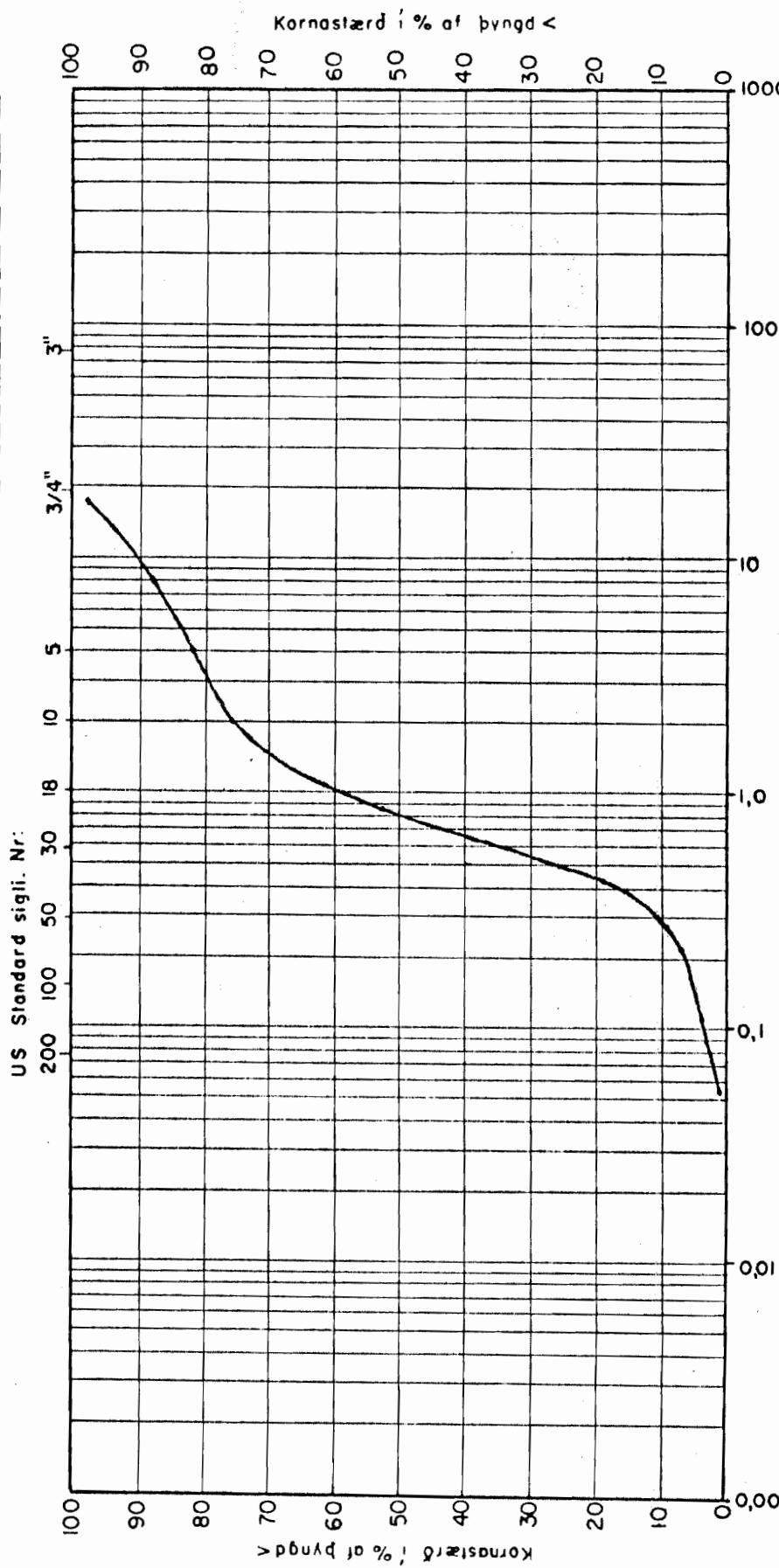
K-1076

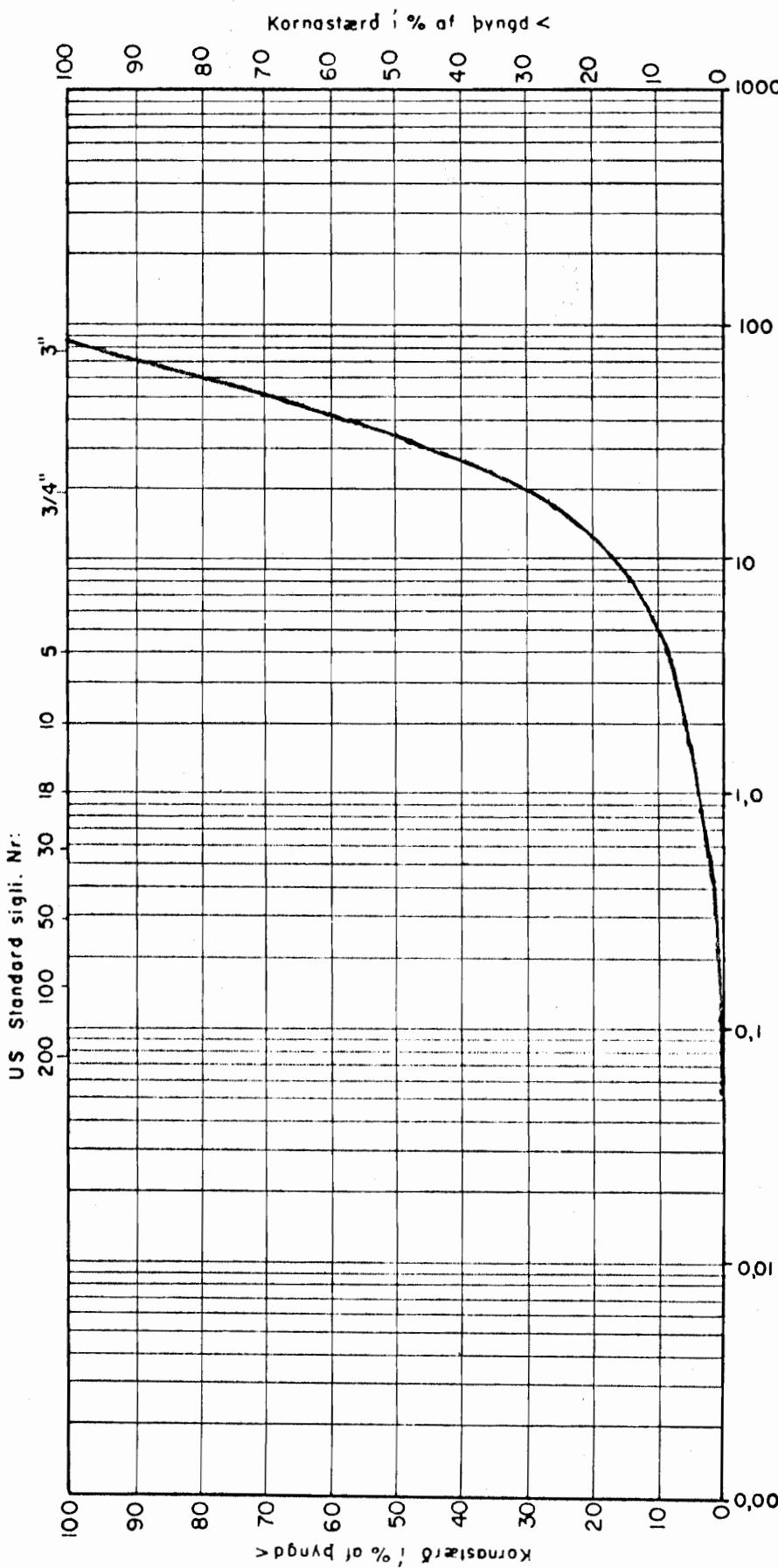
Borgarfjörður

B-03

6.11.74 SV. P.

$$d_{50} = 0.80$$



$d_{50} = 12.4$ 

LEIR	MÉLA	Grót	Finn	Milli	Grótur	Fín	Milli	Grót	STEINAR
------	------	------	------	-------	--------	-----	-------	------	---------

I -

ORKUSTOFNUN

K-1078

Borgarfjörður

B-05

6. 11. 74 Sv. P.

d₅₀ = 0.71

LER	Fin	Milli	Grót	Finn	Milli	Grótur	Finn	Milli	Grót	STEINAR
	MÉLA	SANDUR	MÖL							

Mikill af kraeklingi var tænt ír geymslum horninu fyrir sigrun.

I

ORKUSTOFNUN

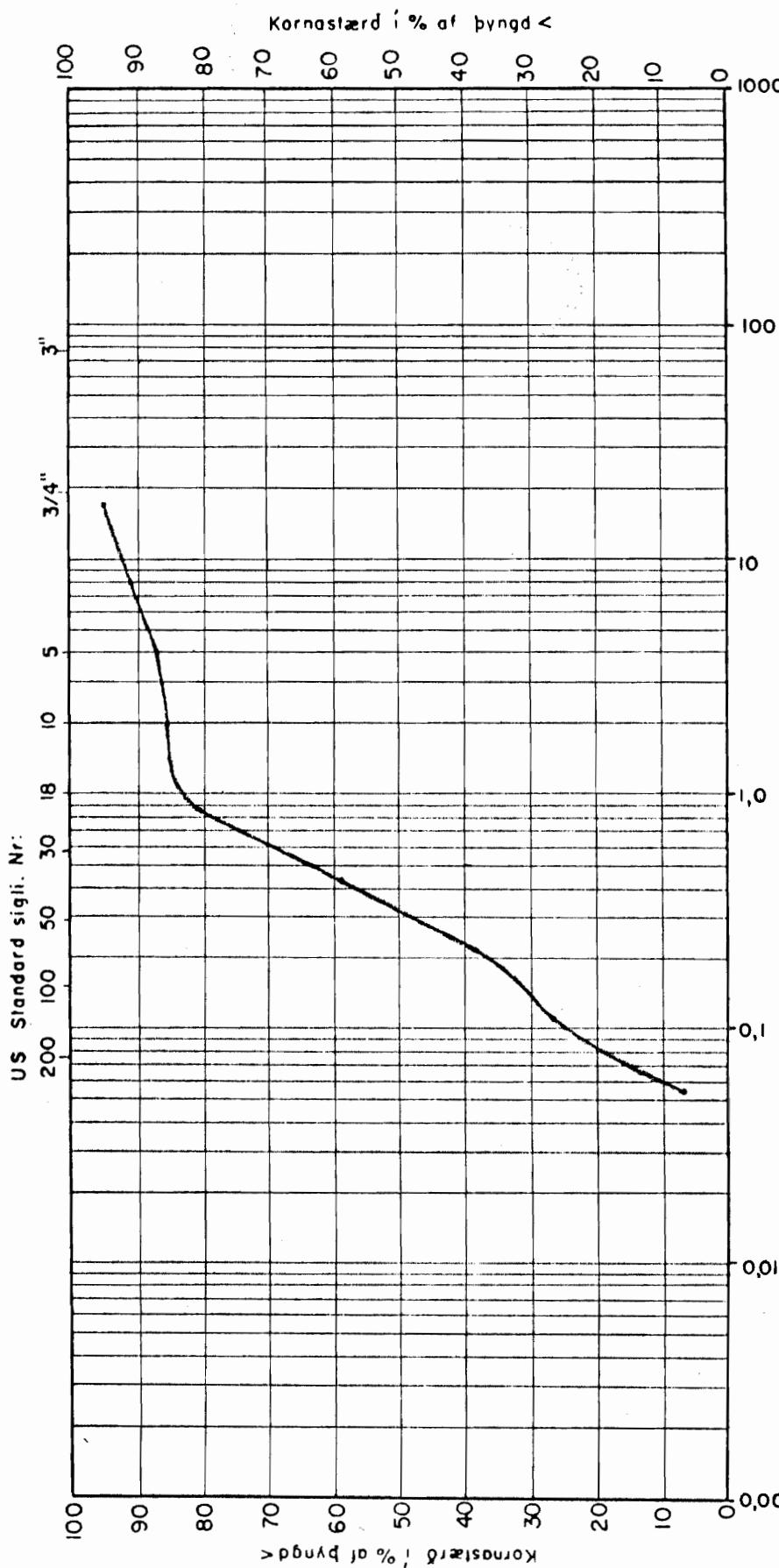
K-1079

Borgarfjörður

B-06

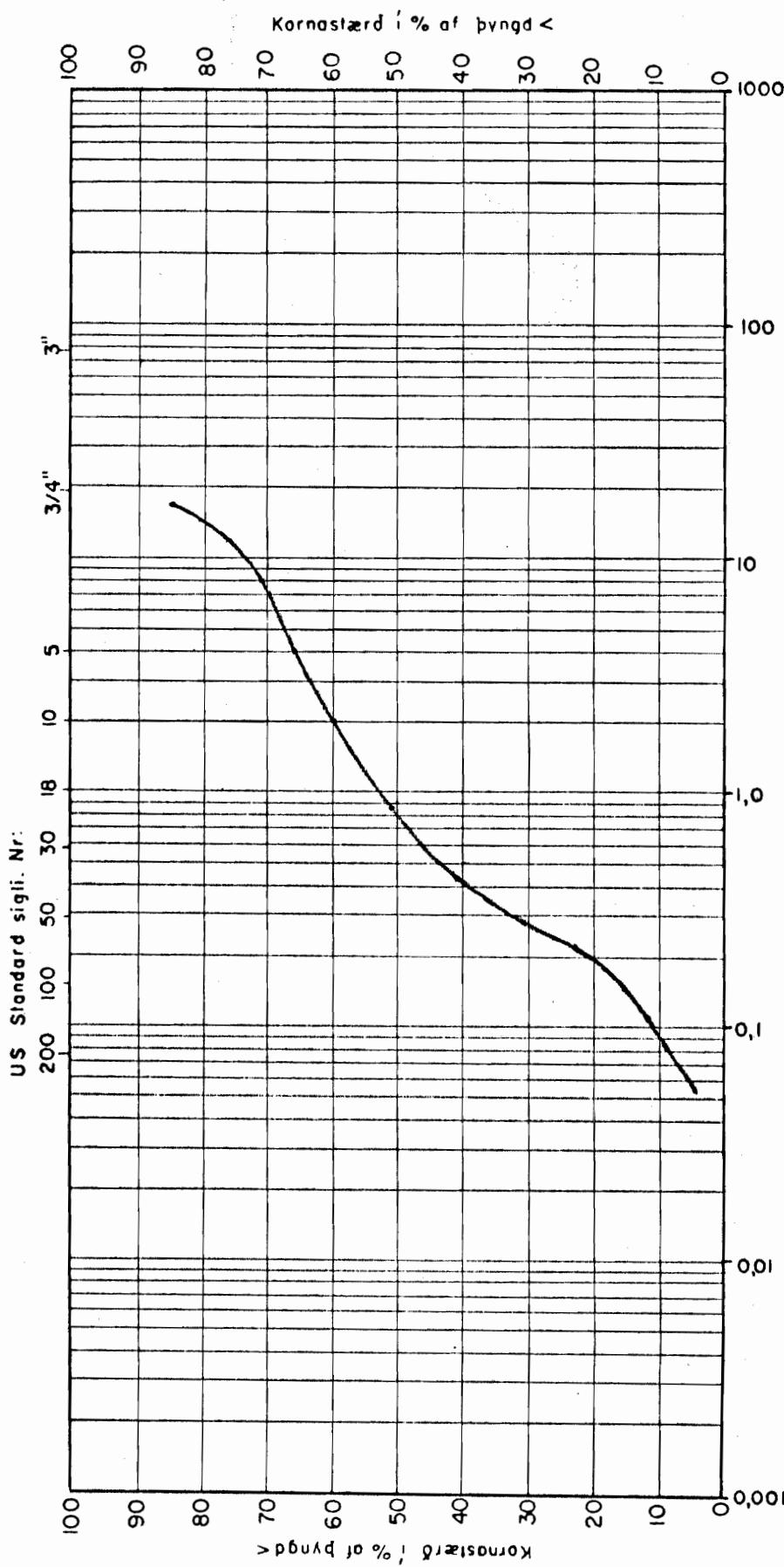
6. 11. 74 SV. P.

$$d_{50} = 0.32$$



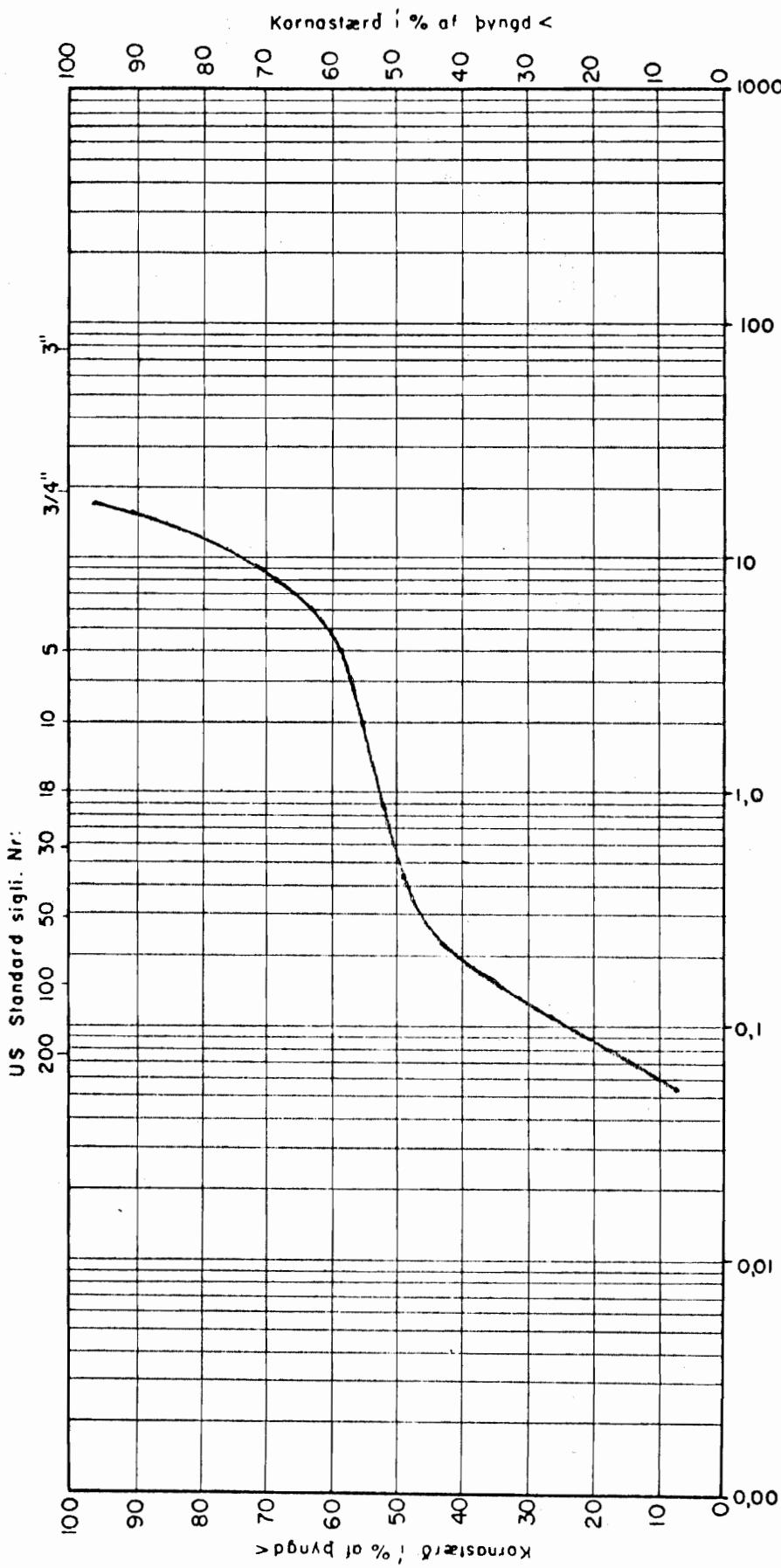
LEIR	Fin	Milli	Gróft	Finn	Milli	Grófur	Fin	Milli	Gróft	STEINAR
	MÉLA			SANDUR			MÖL			

Mikil athelum kræklingi tekkið úr sýnishornina fyrir sistum.

$\phi_{50} = 0.80$ 

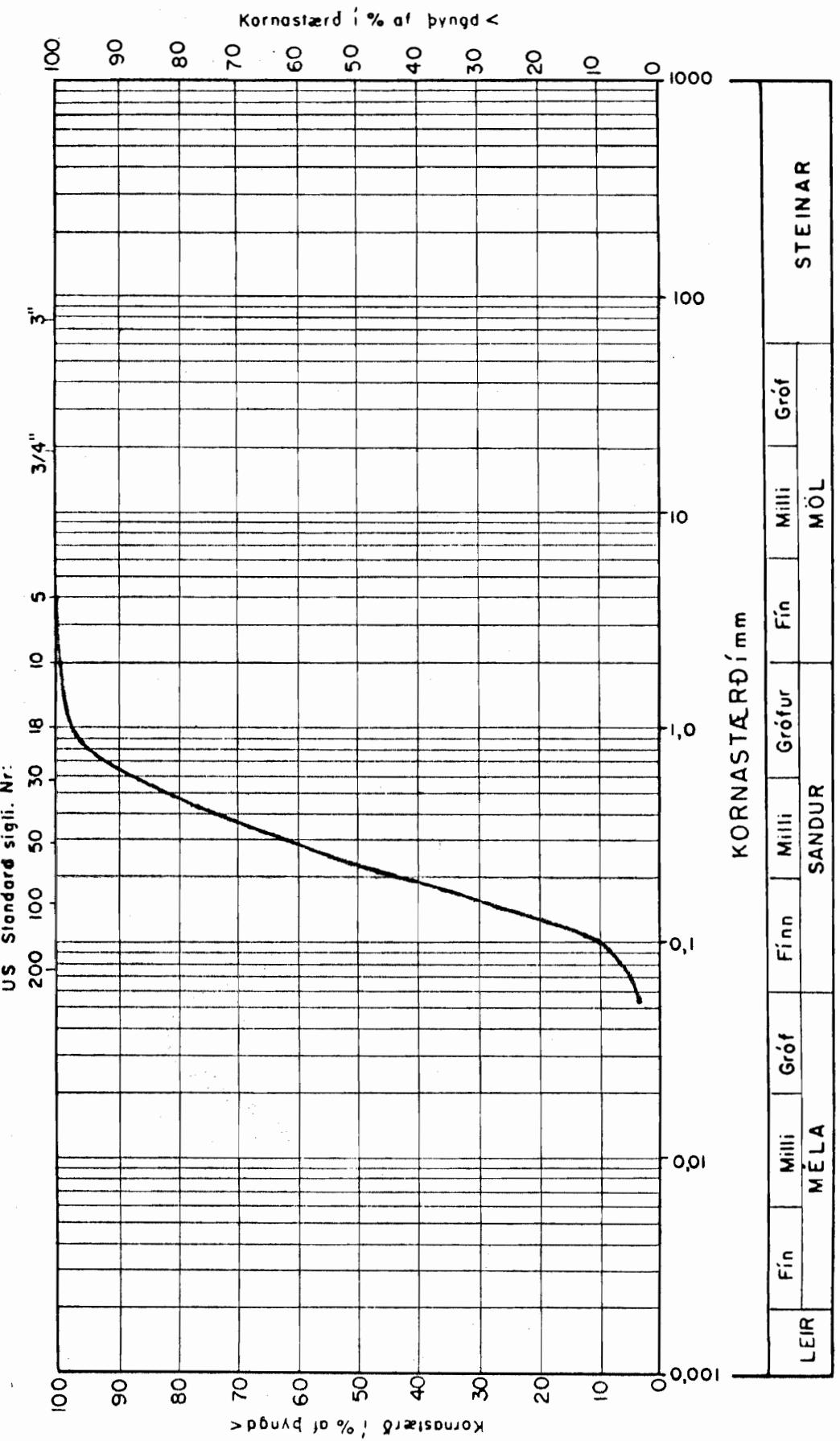
KORNSTÆRD í mm

LEIR	Fin	Milli	Gróft	Fin	Milli	Gróft	STEINAR
MÉLA	SANDUR						MÖL

$d_{50} = 0.54$ 

KORNASTÆRÐ í mm

LEIR	Fin	Milli	Gróf	Fin	Milli	Grófur	Fin	Milli	Gróf	STEINAR
	MÉLA	SANDUR	MÖL	MÖL						

$d_{50} = 0.23$ 

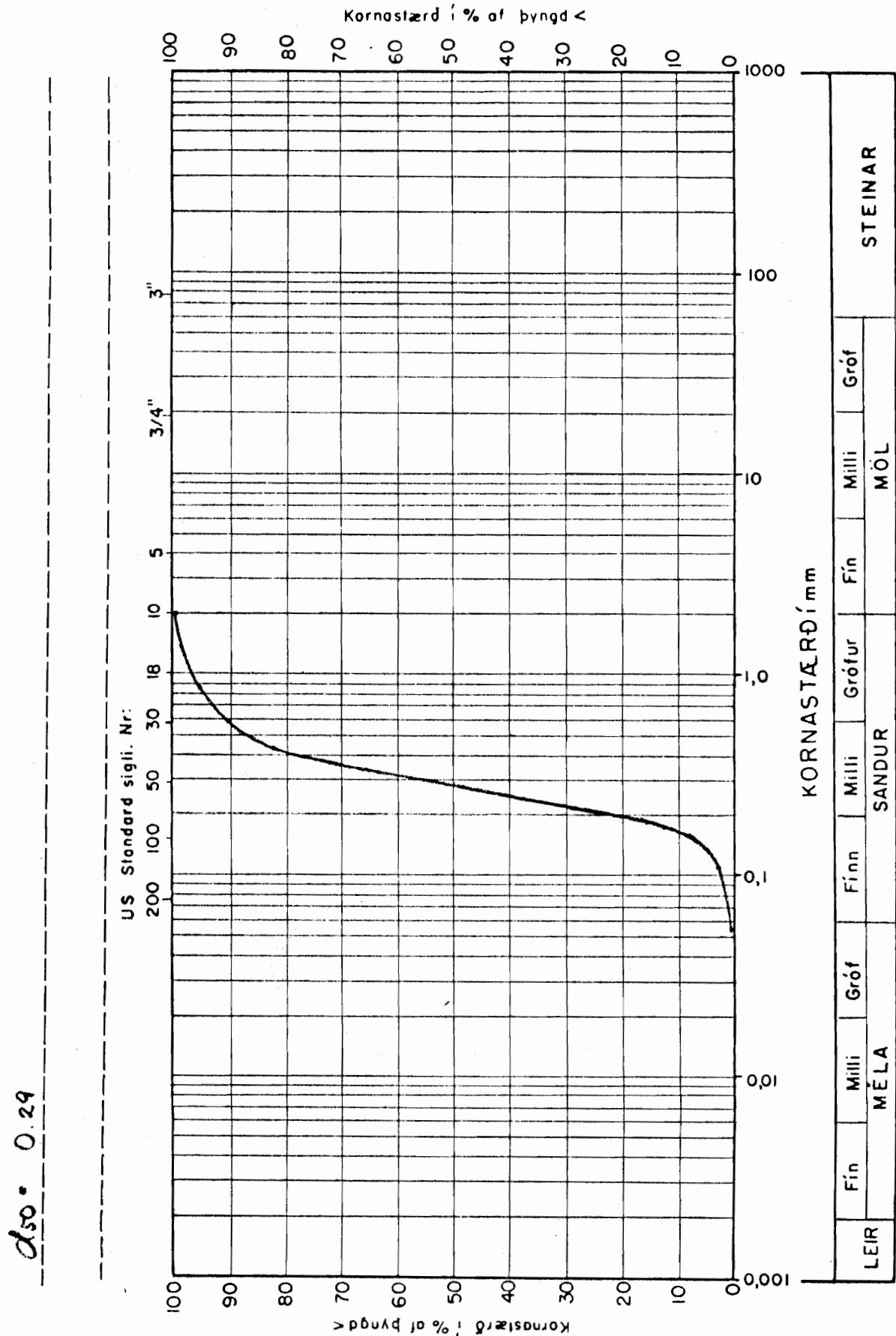
ORKUSTOFNUN

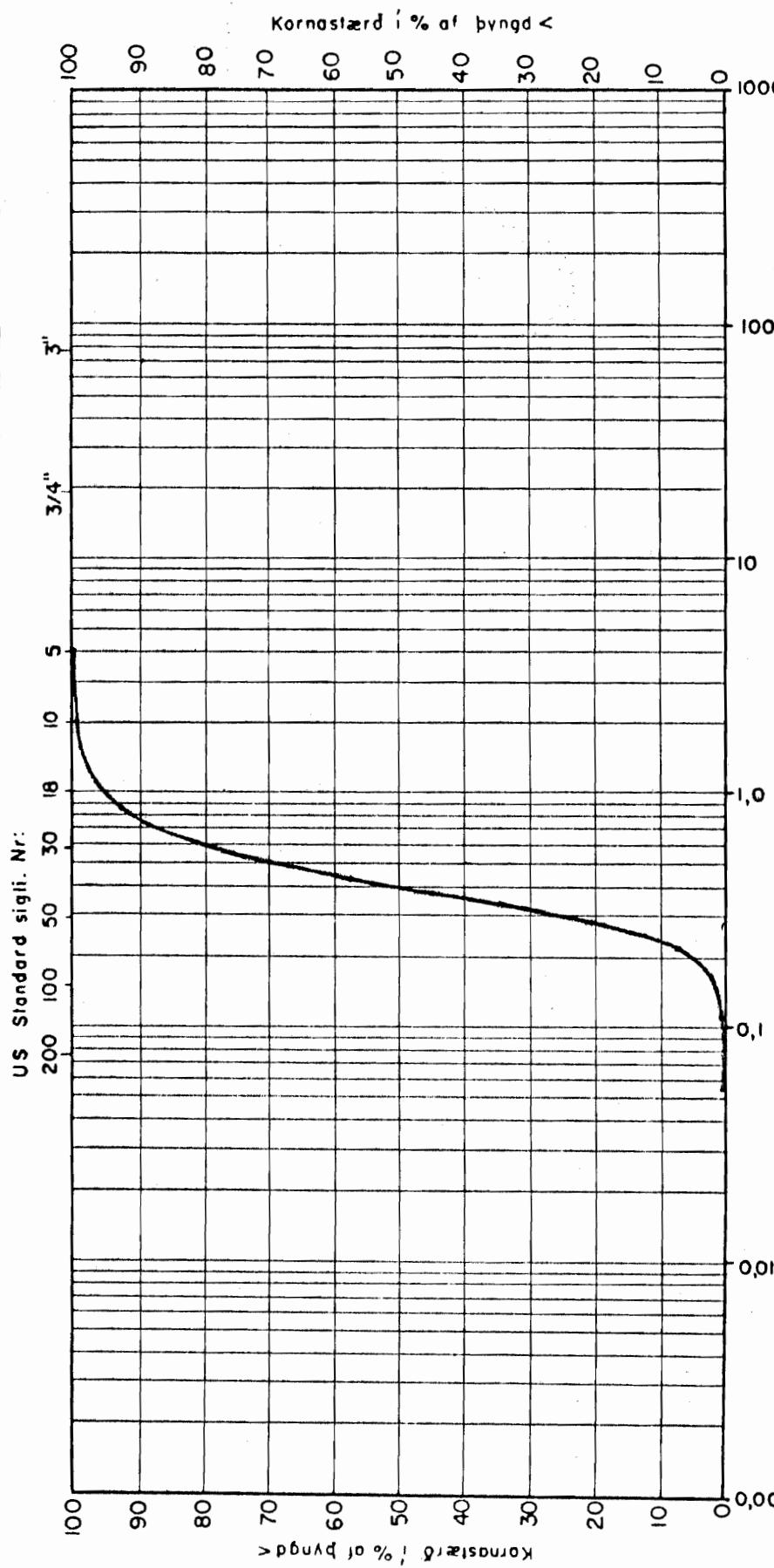
K-1083

Borgarfjörður

B-10

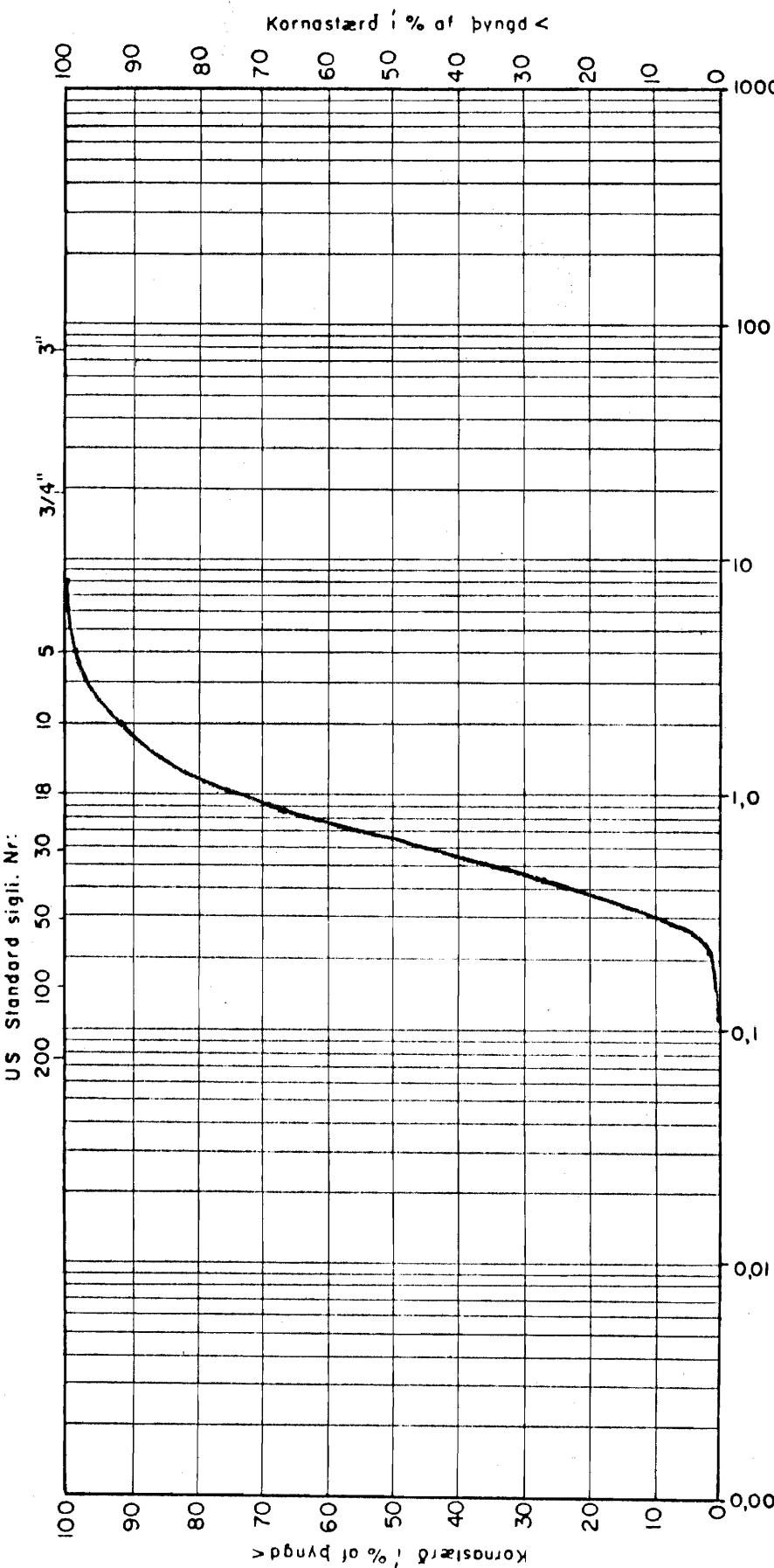
6.11.74 SV.P.



$d_{50} = 0.40$ 

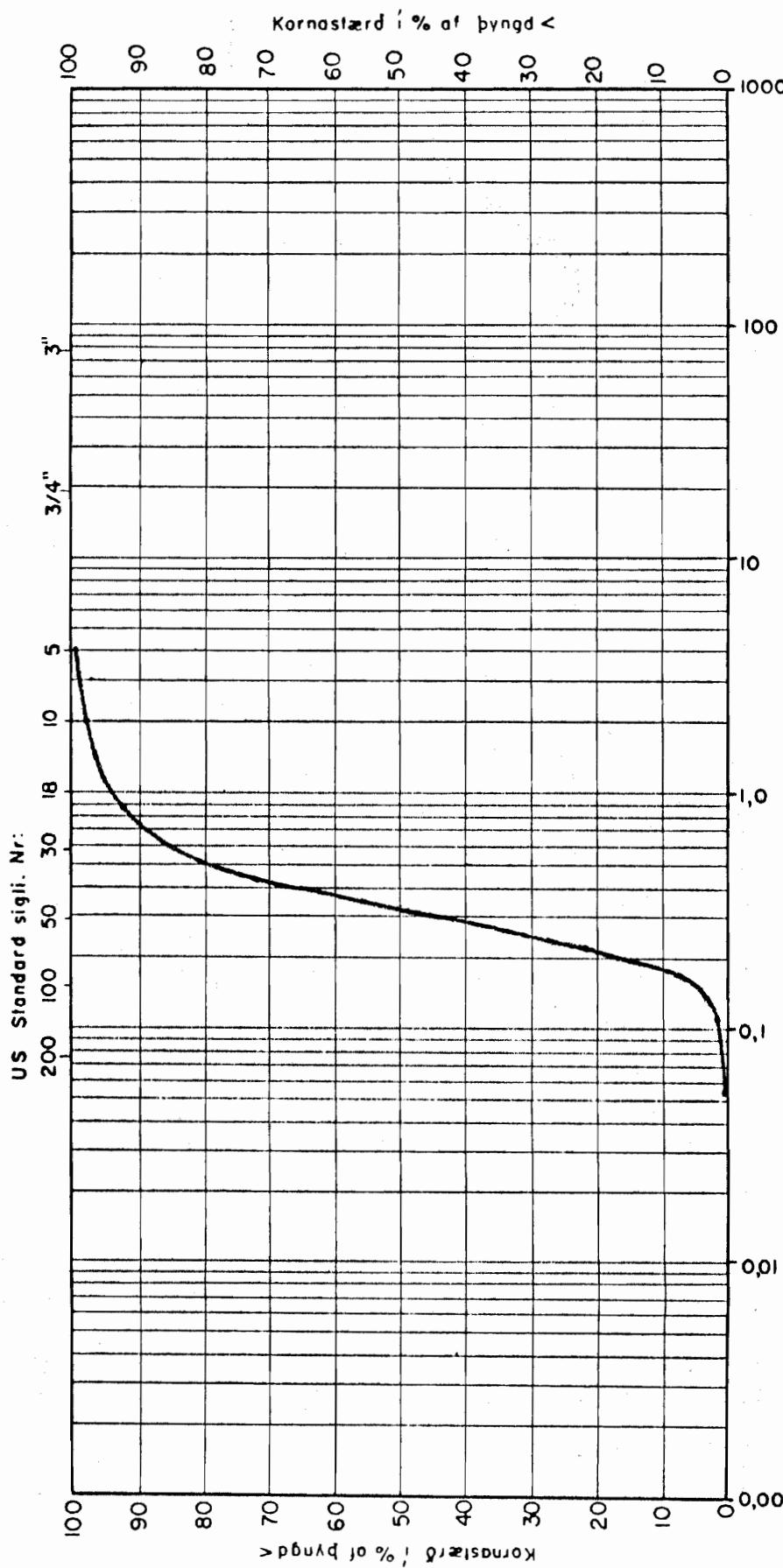
LEIR	Fin	Milli	Grót	Fin	Milli	Grót	STEINAR
	MÉLA	SANDUR				MÖL	

$$d_{50} = 0.65$$

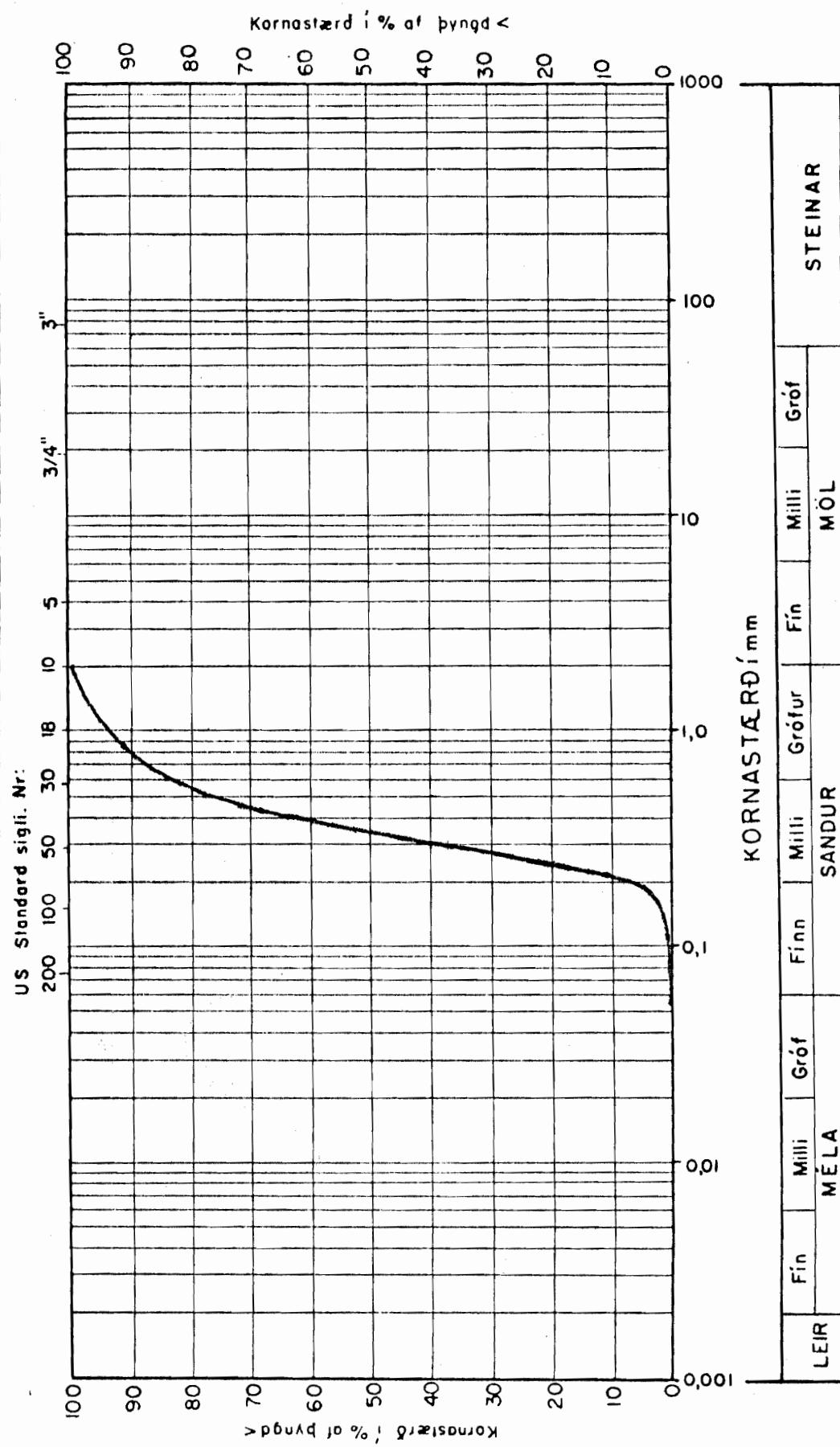


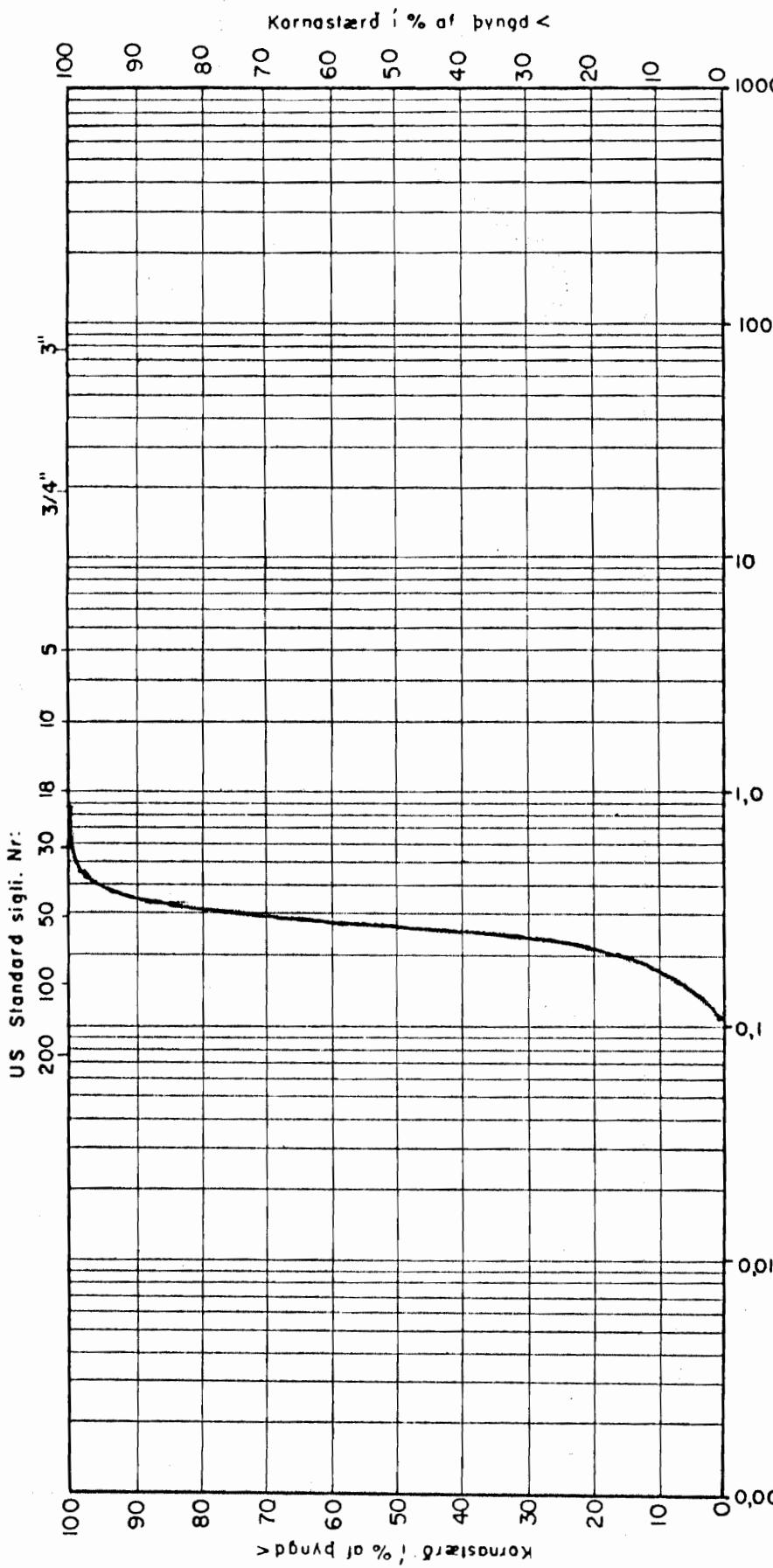
KORNASTÆRÐÍMM							STEINAR		
LEIR	Fin	Milli	Gróf	Finn	Milli	Grófur	Fin	Milli	Gróf
MÉLA				SANDUR					MÖL

$$\varnothing_{50} = 0.32$$

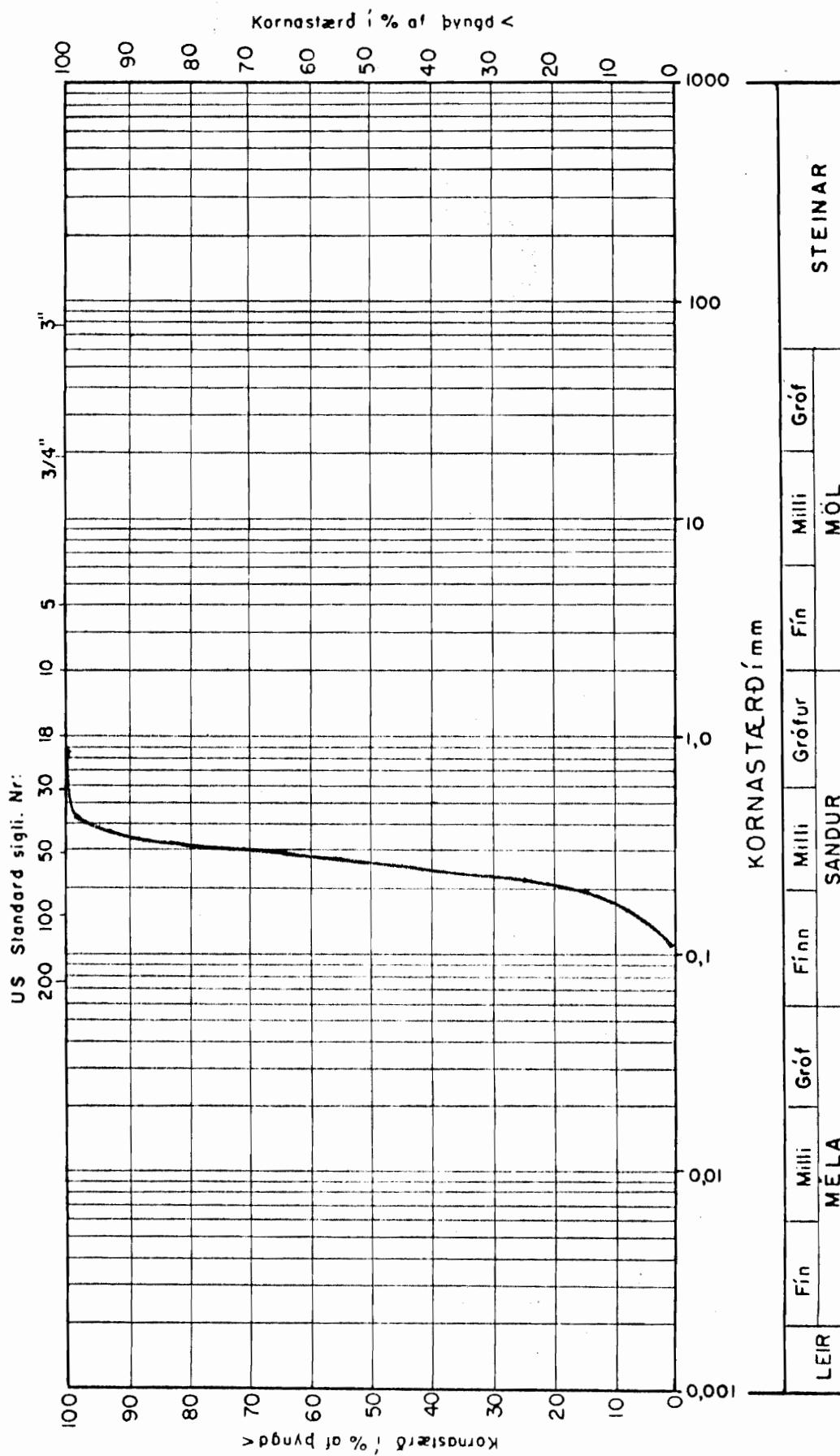


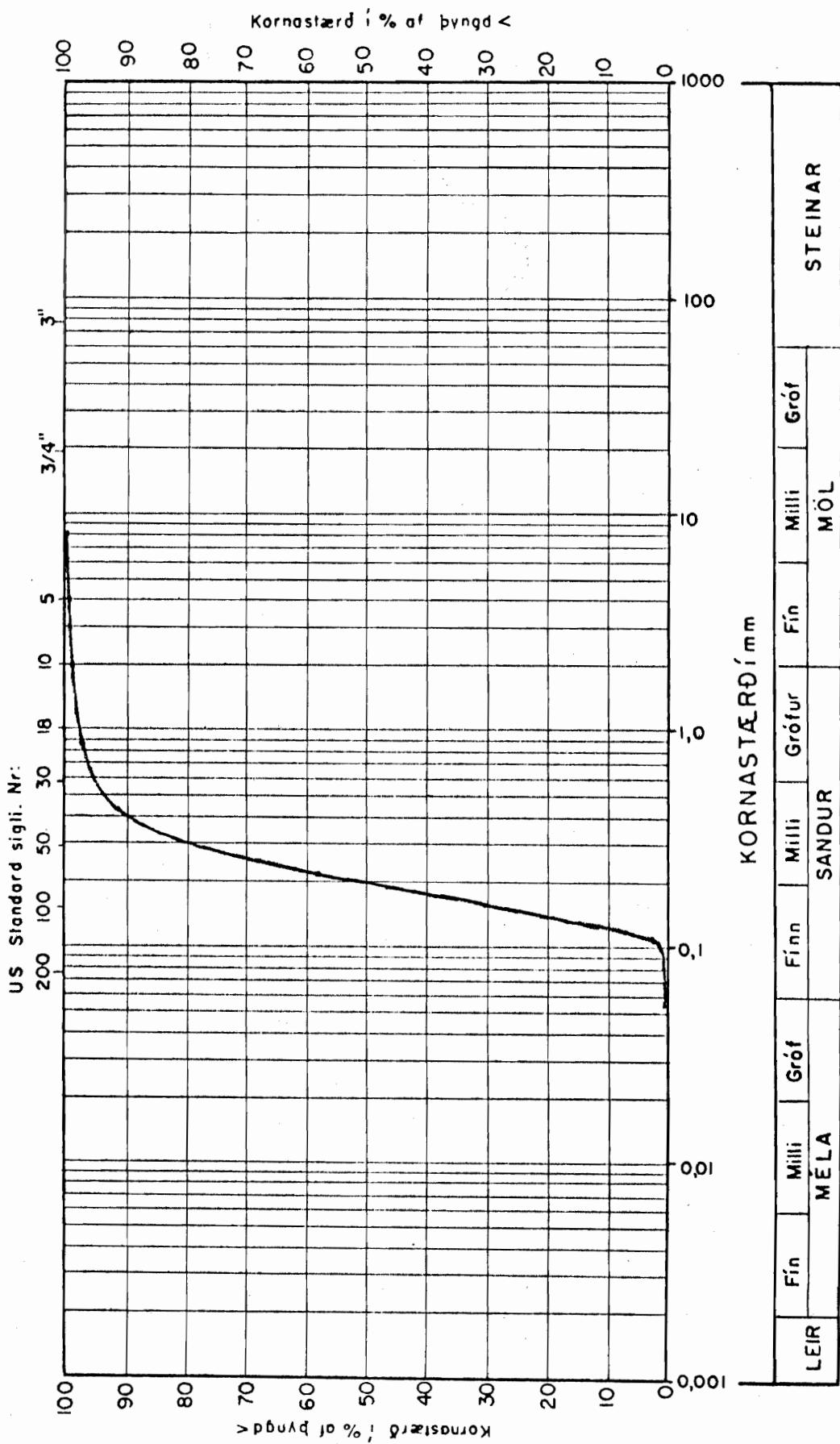
LEIR	Fin	Milli	Gróft	Finn	Milli	Grófur	Finn	Milli	Gróf	STEINAR
	MÉLA	SANDUR	MÖL							

$d_{50} = 0.34$ 

$d_{50} = 0.27$ 

LEIR	Fin	Milli	Grót	Finn	Milli	Grót	MÖL	STEINAR
	MÉLA	SANDUR						

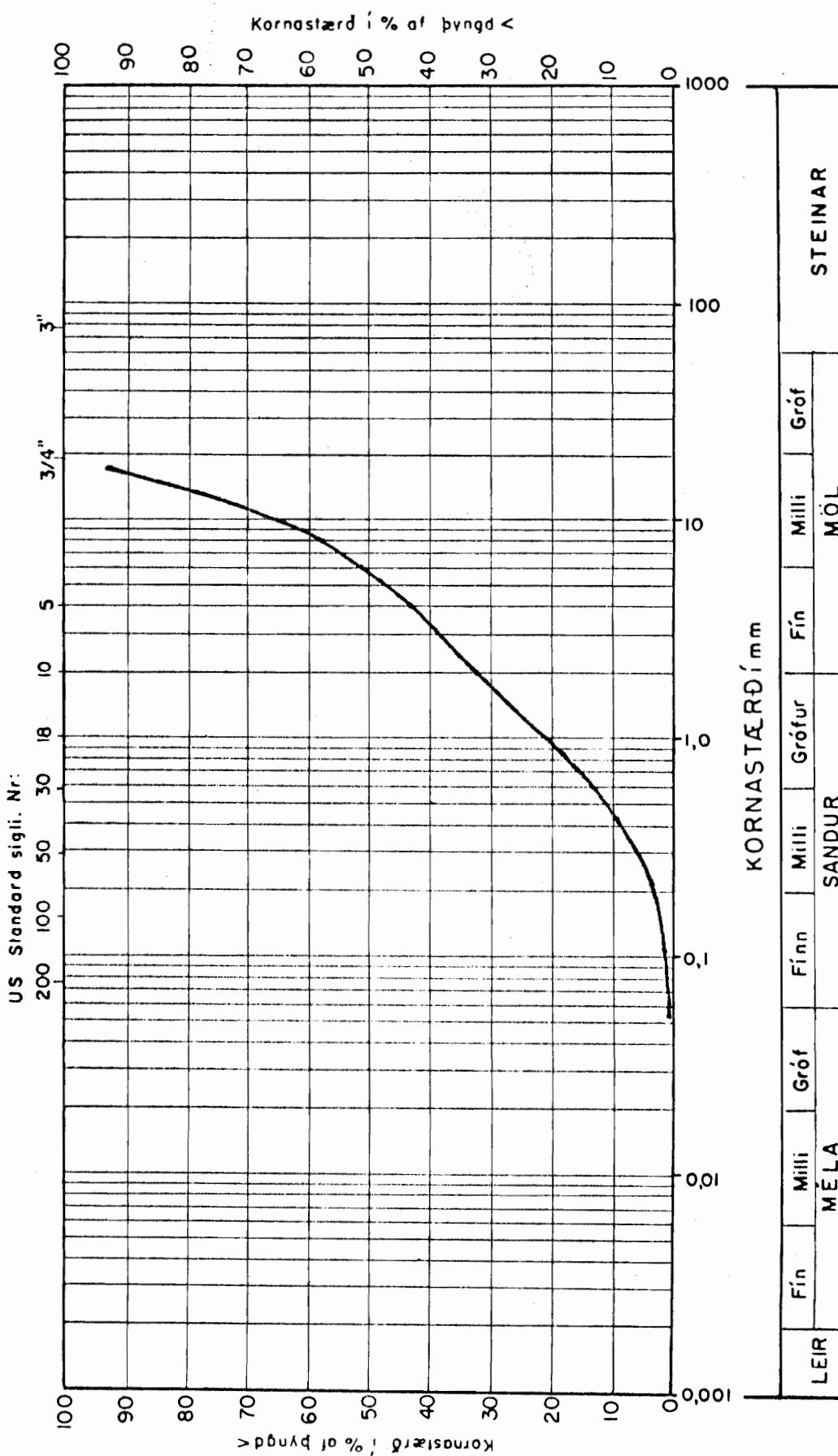


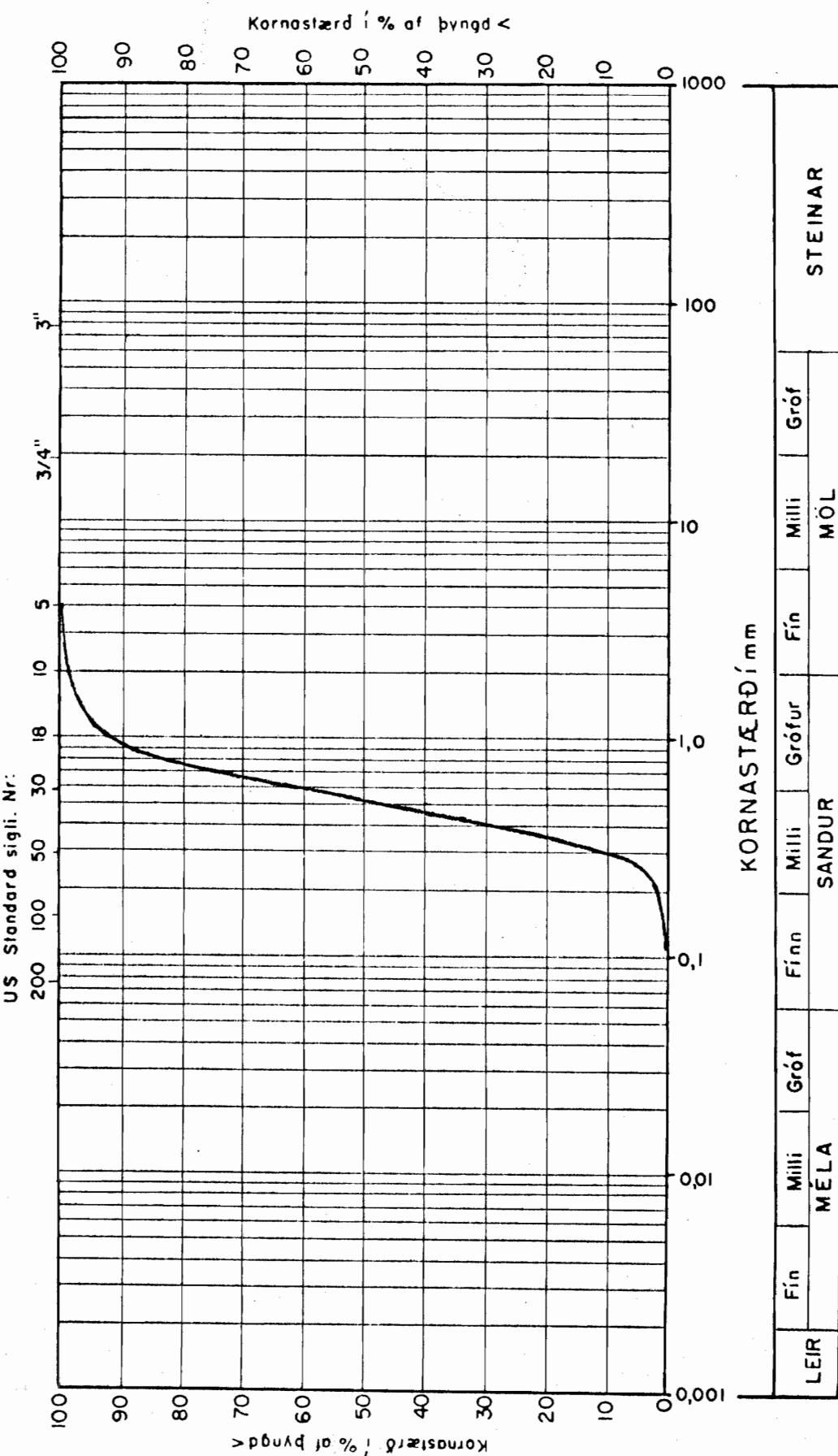


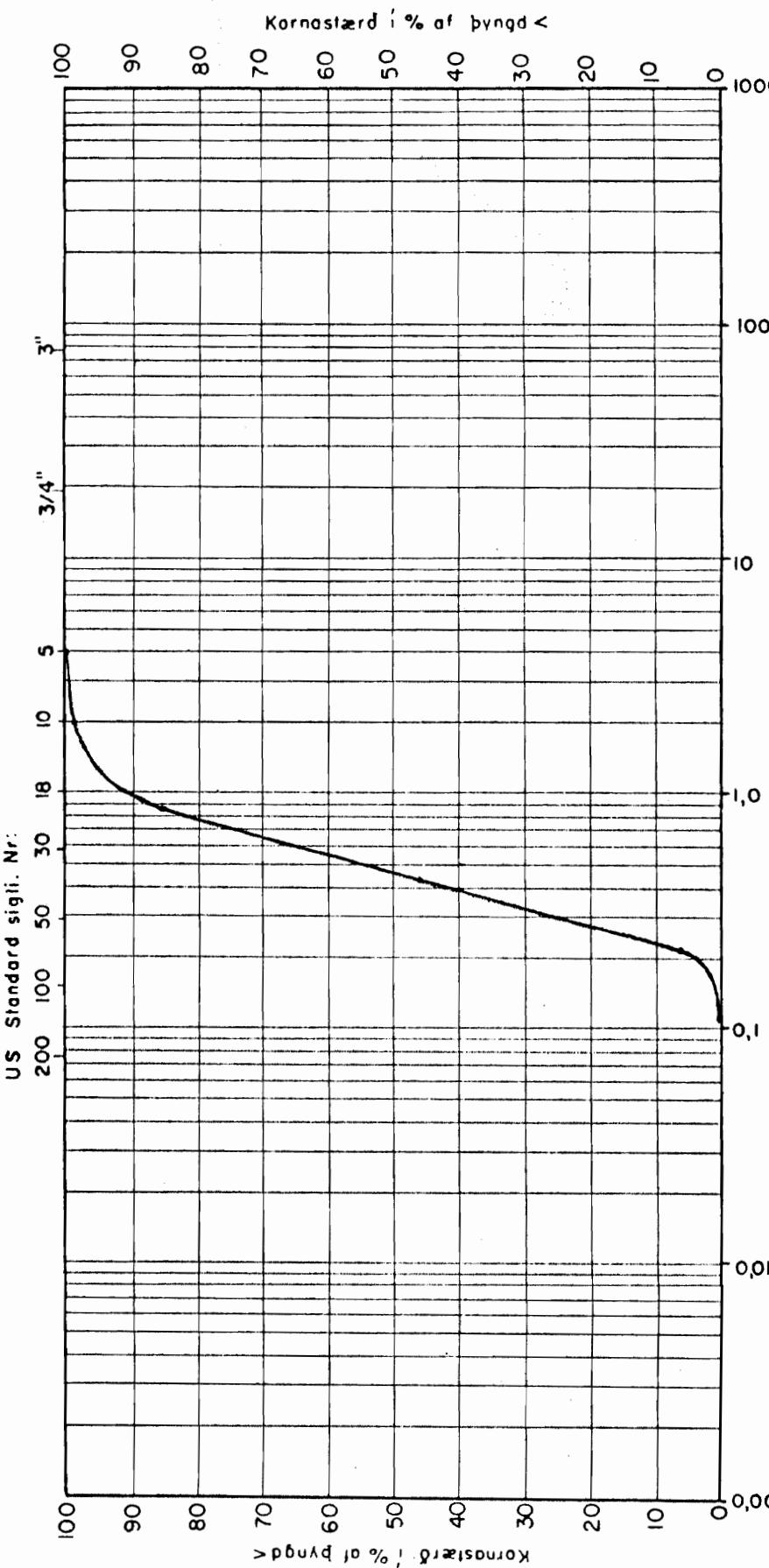
Borgarfjörður

C-02

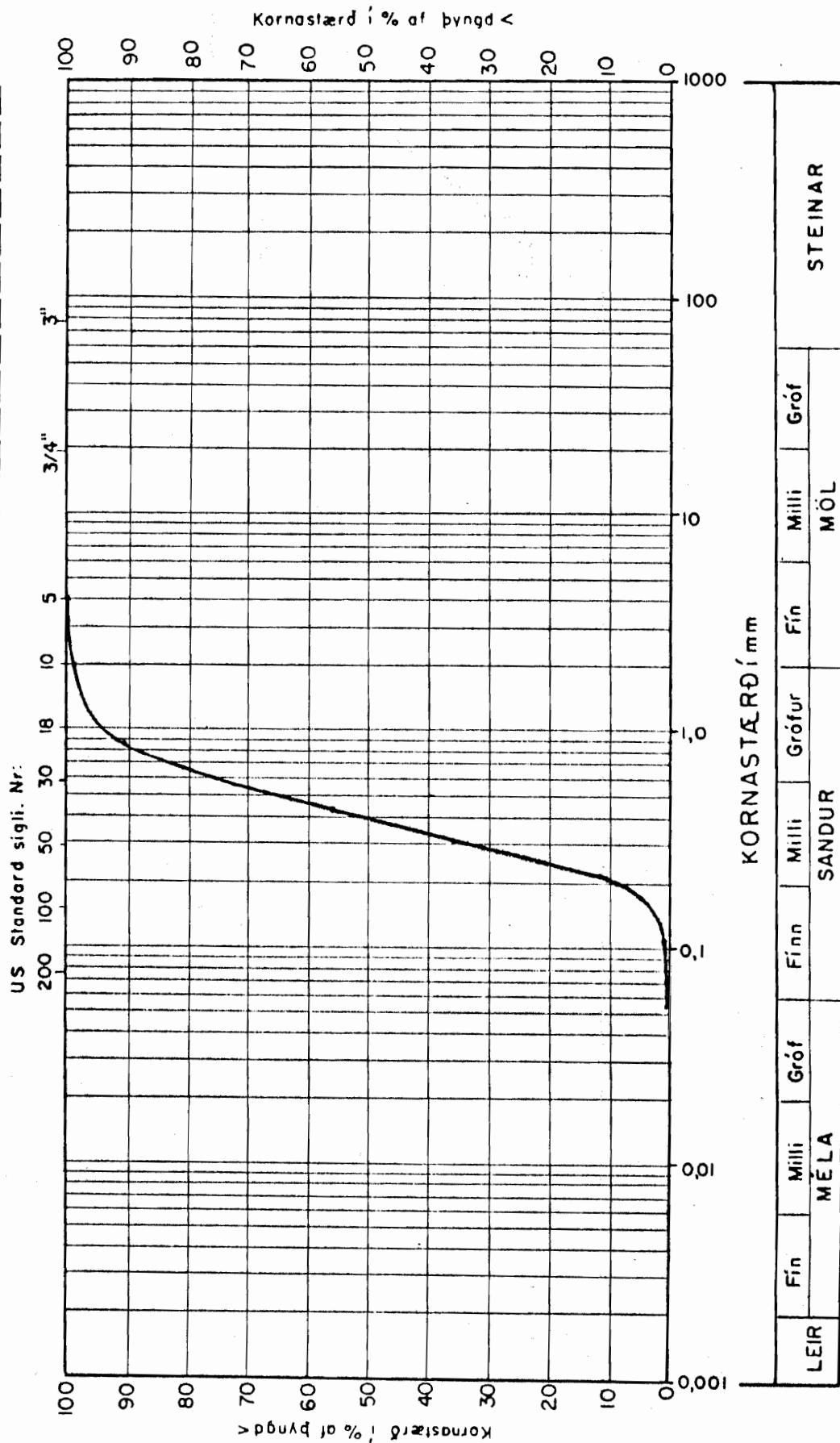
7. 11.74 SV. P.

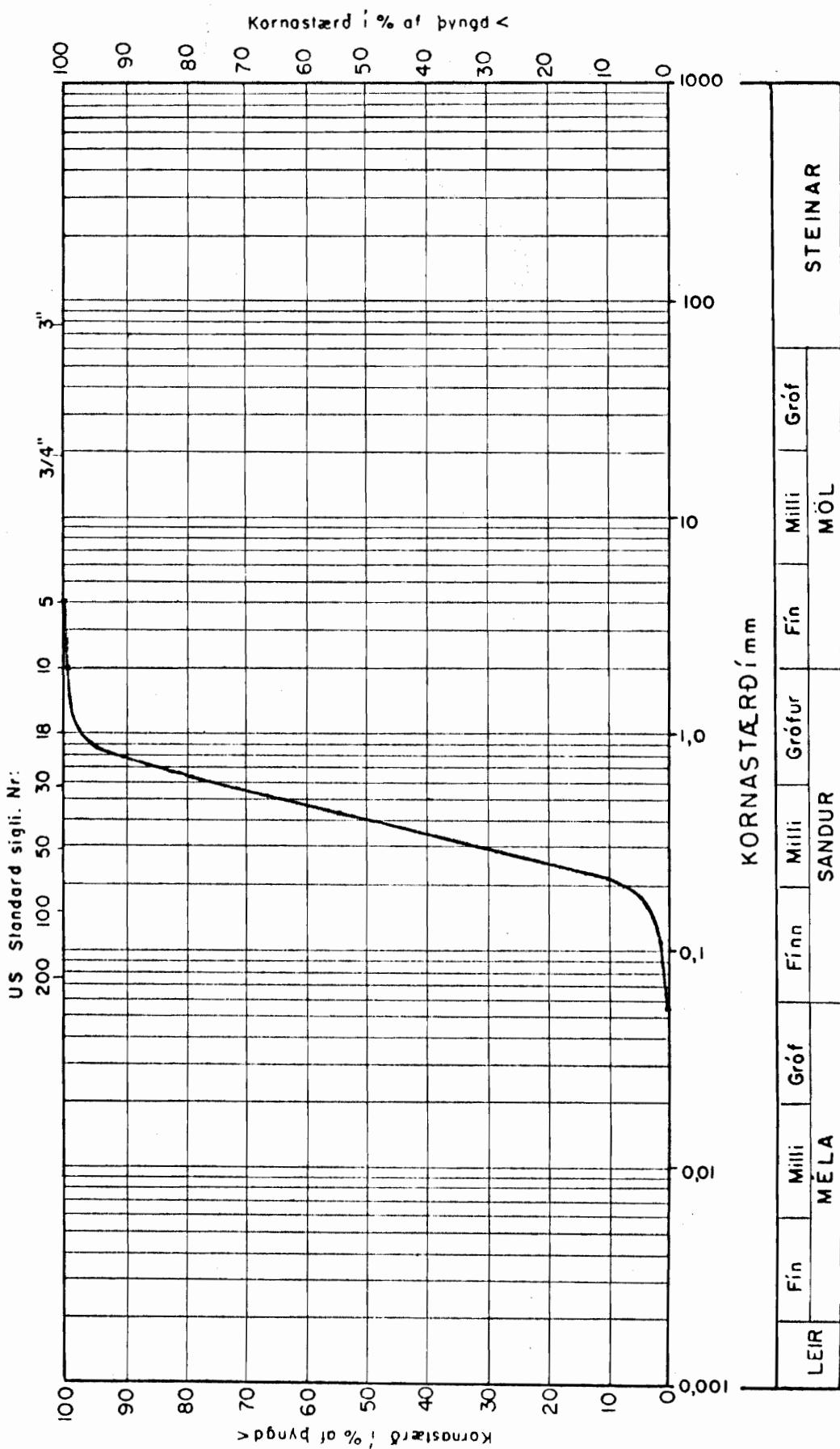


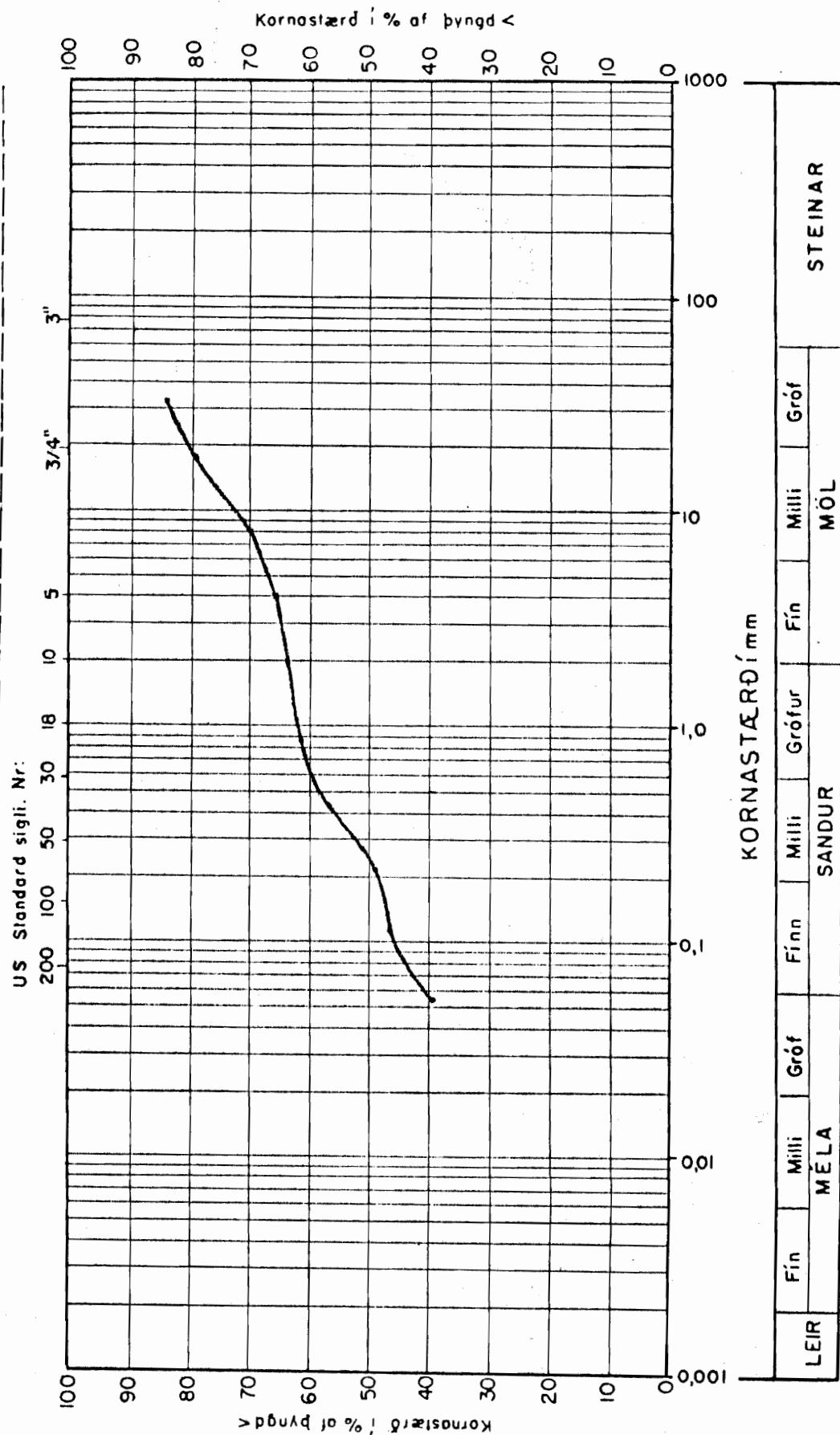


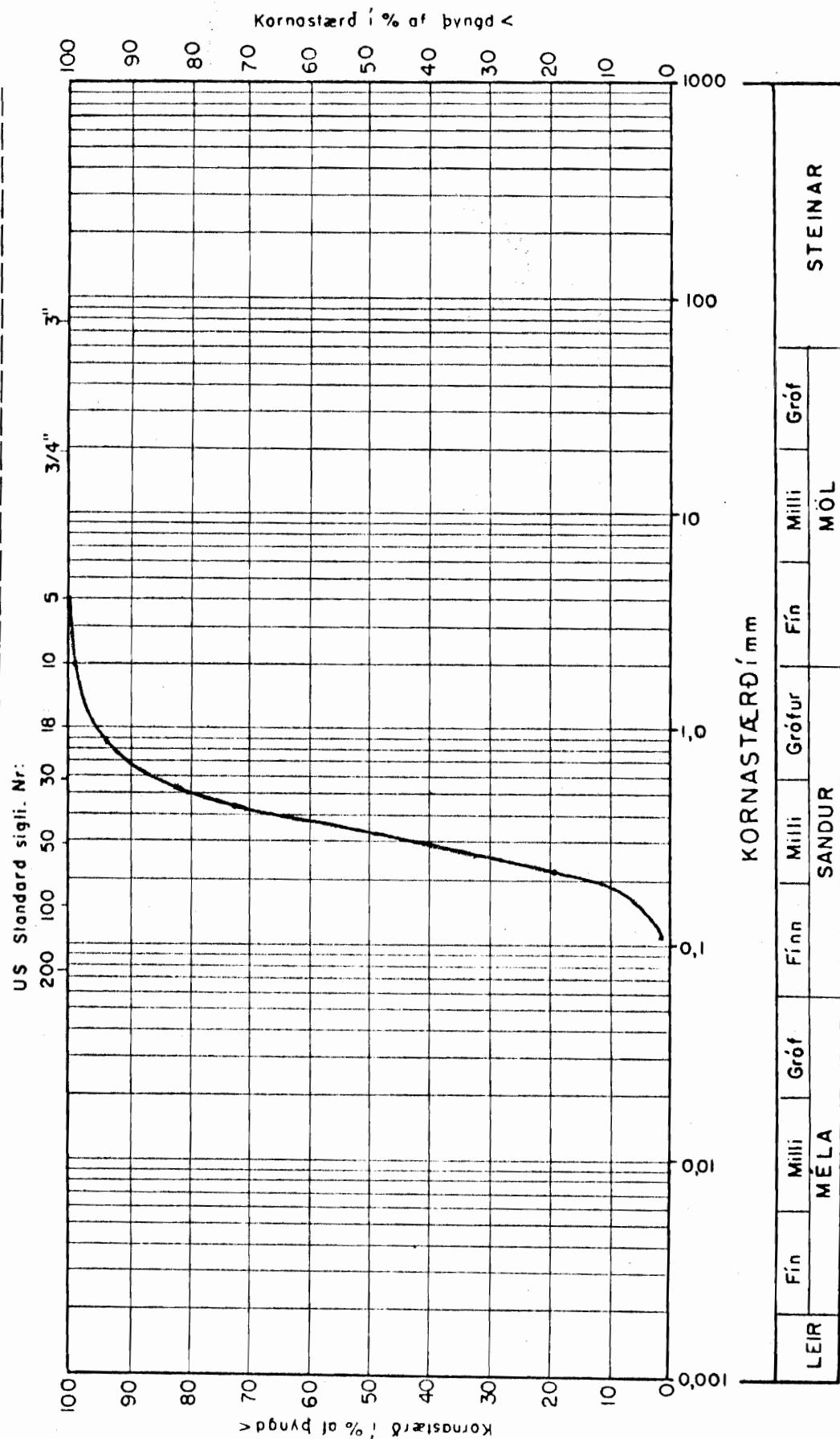


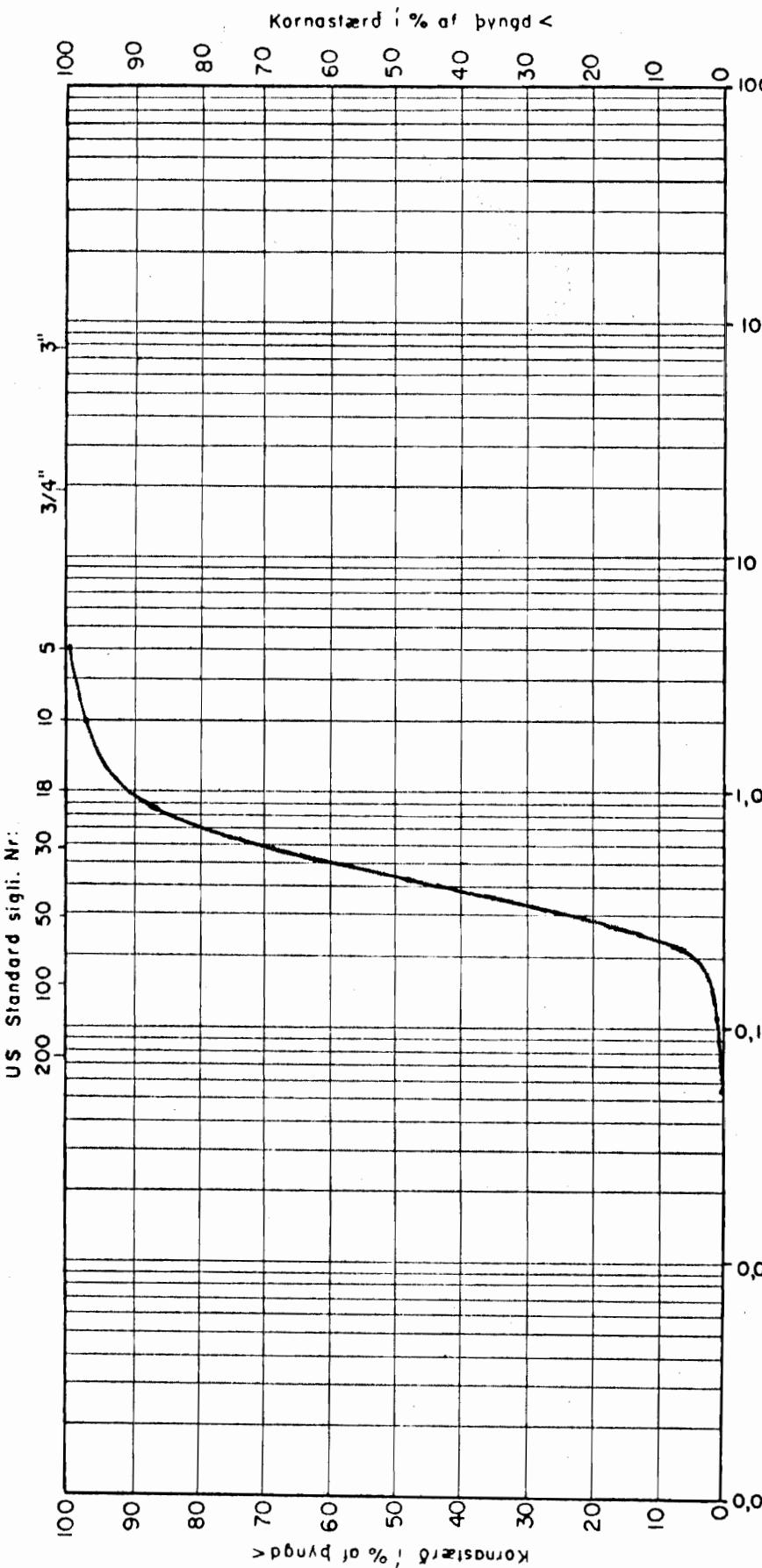
LEIR	Fin	Milli	Gróf	Finn	Milli	Gróf	STEINAR
	MÉLA	MÉLA	MÉLA	SANDUR	MÖL	MÖL	



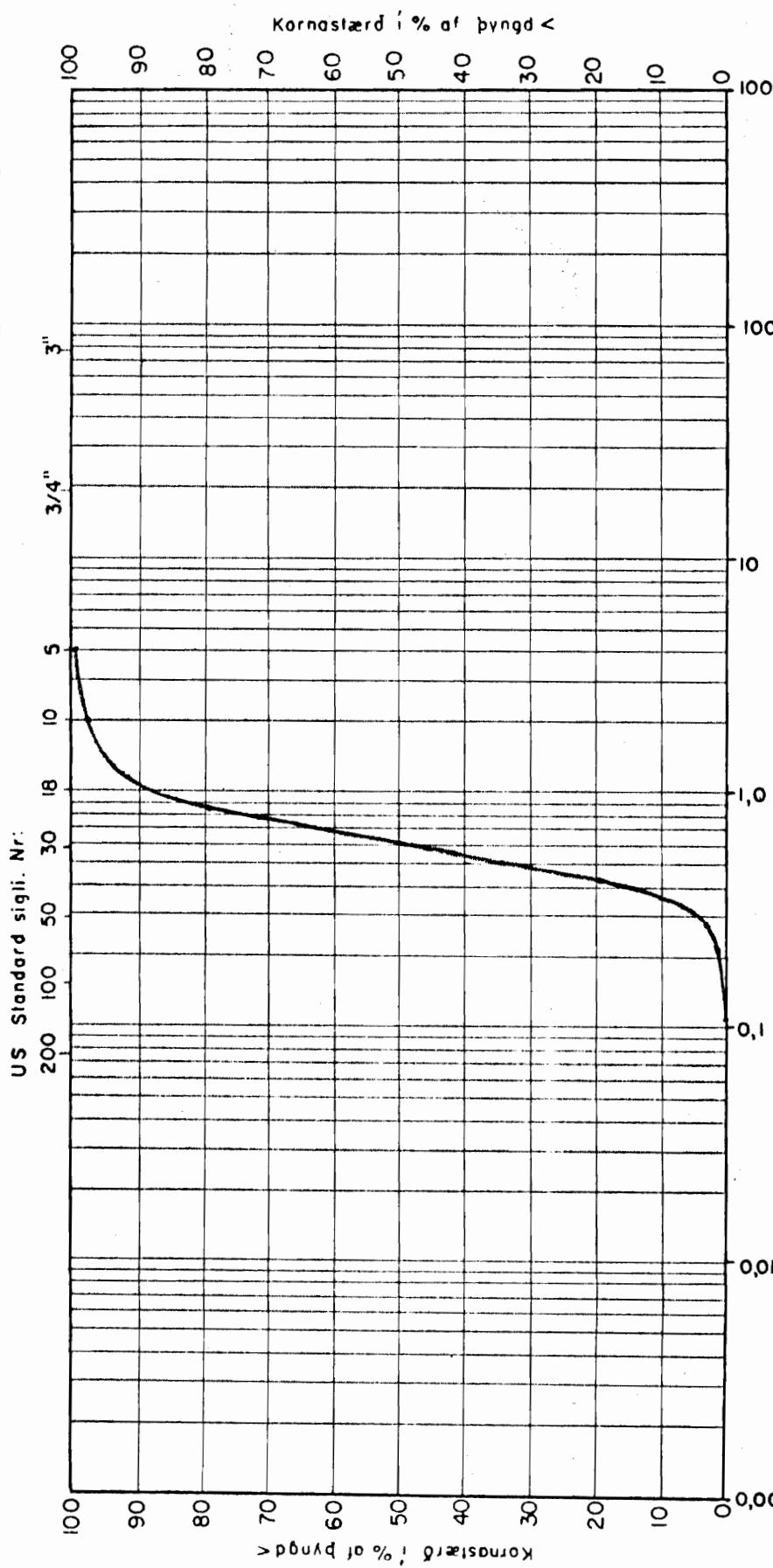




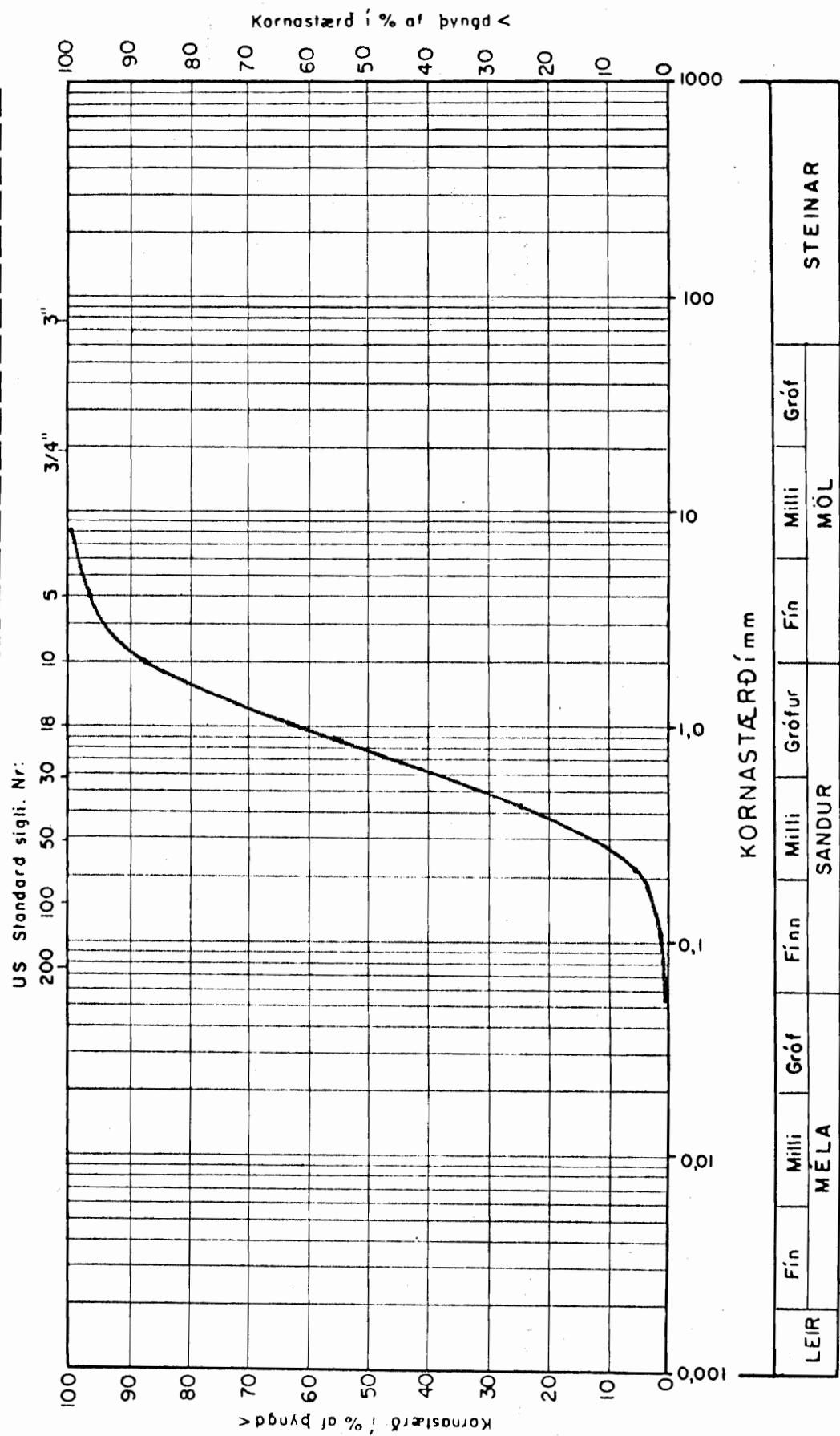


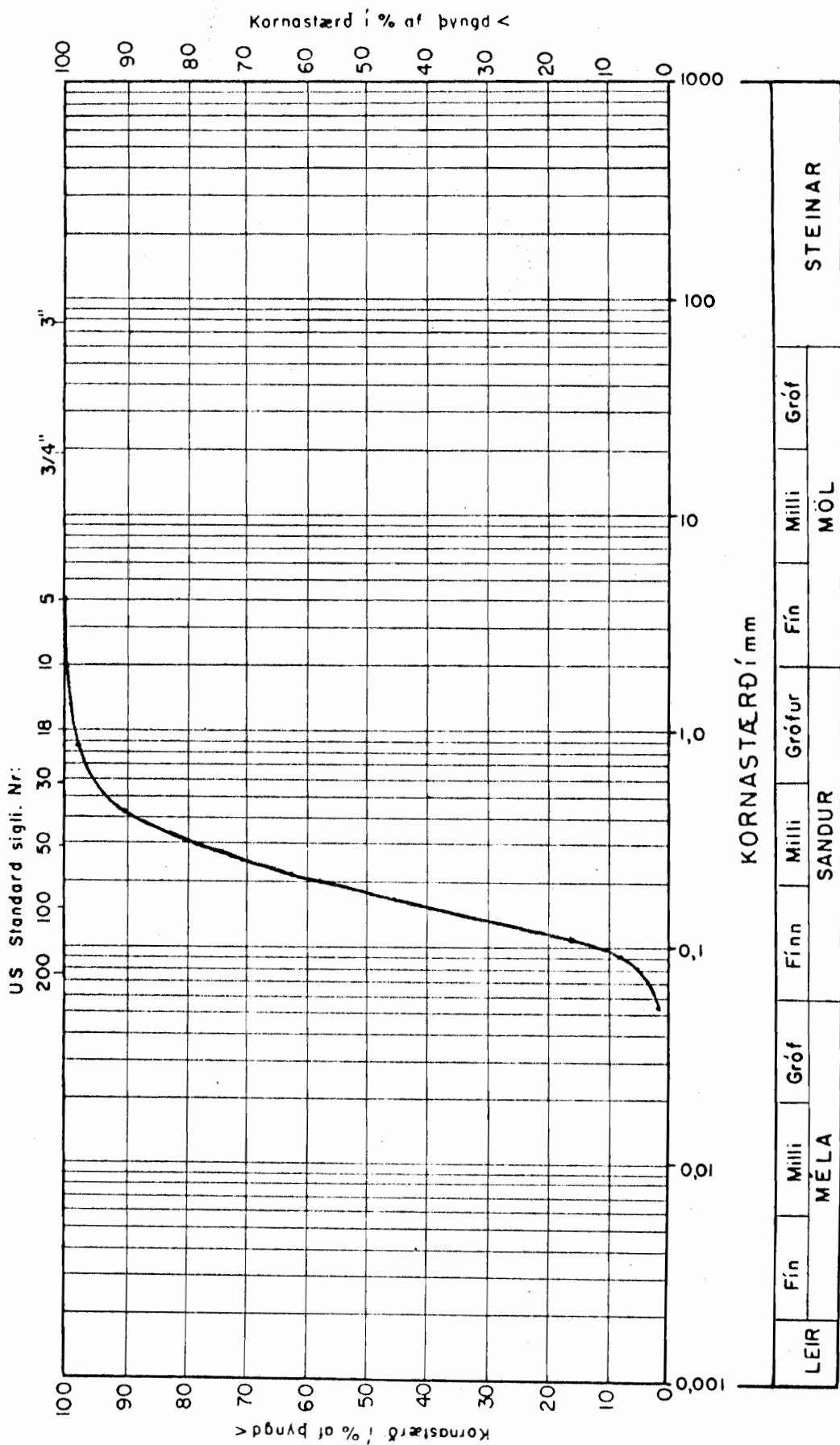


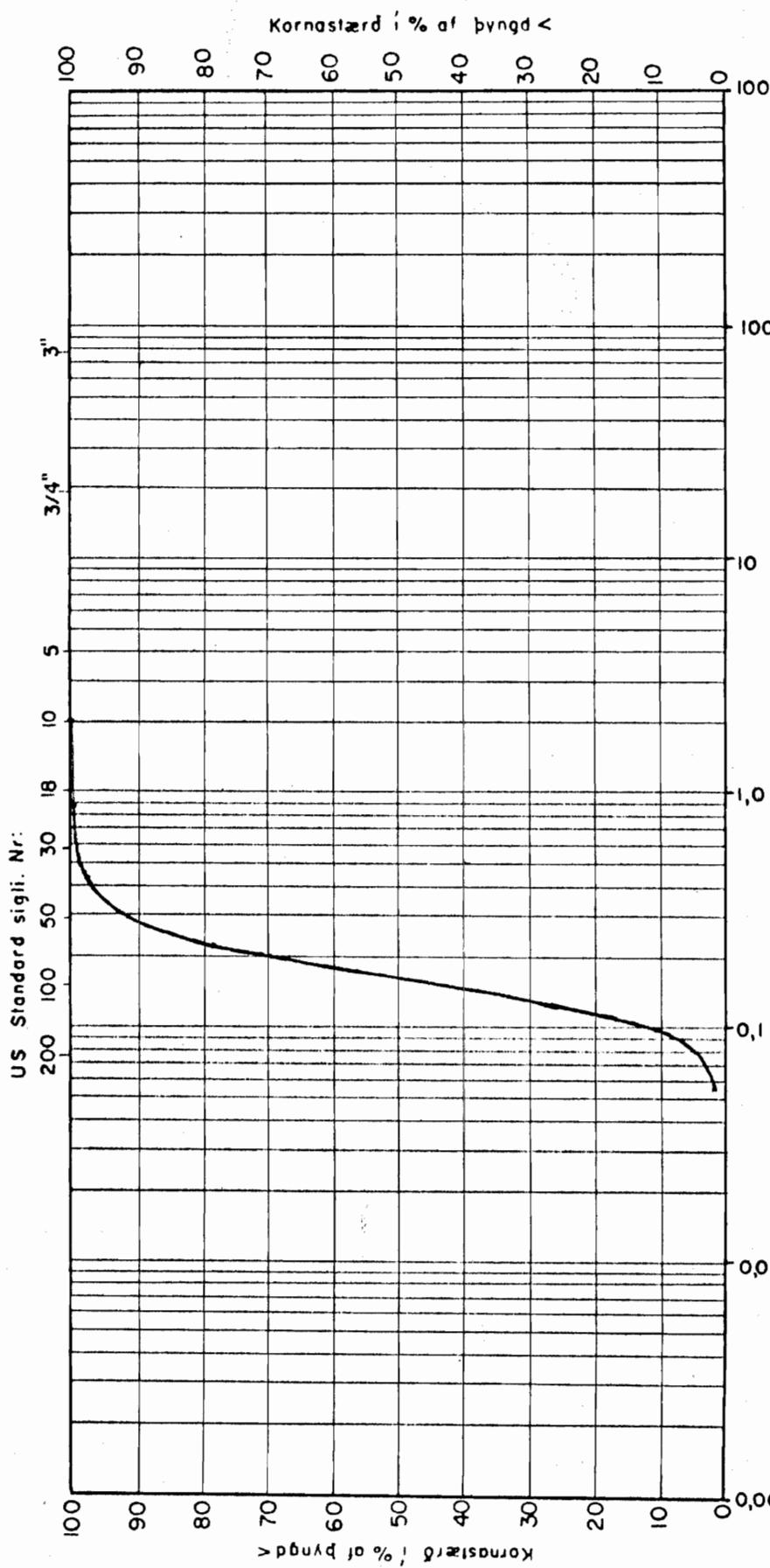
LEIR	Fin	Milli	Gróf	Fin	Milli	Gróf	STEINAR
	MÉLA	SANDUR			MÖL		



LEIR	Fin	Milli	Gróf	Fin	Milli	Gróf	MÖL	STEINAR
	MÉLA	SANDUR						



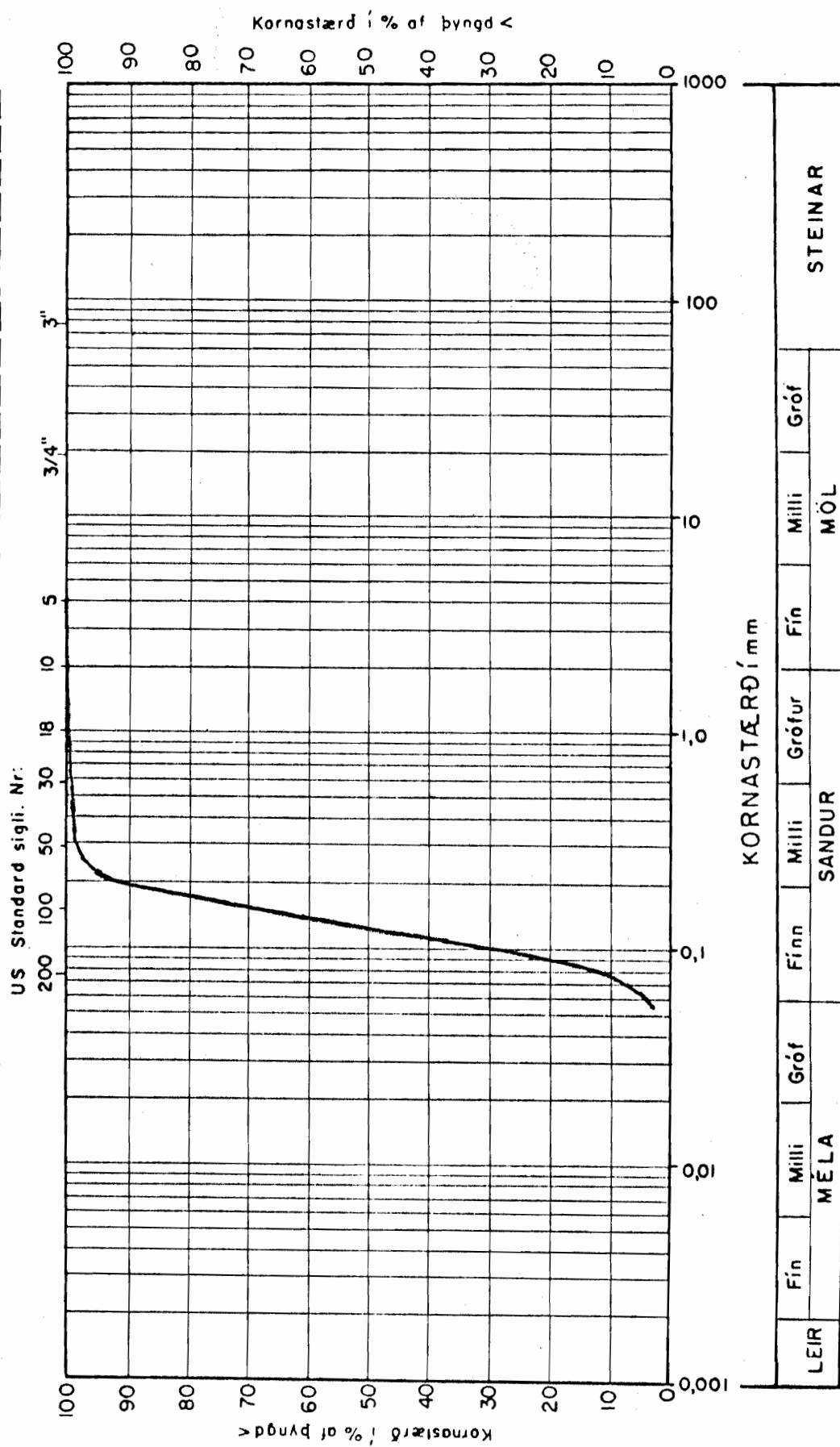


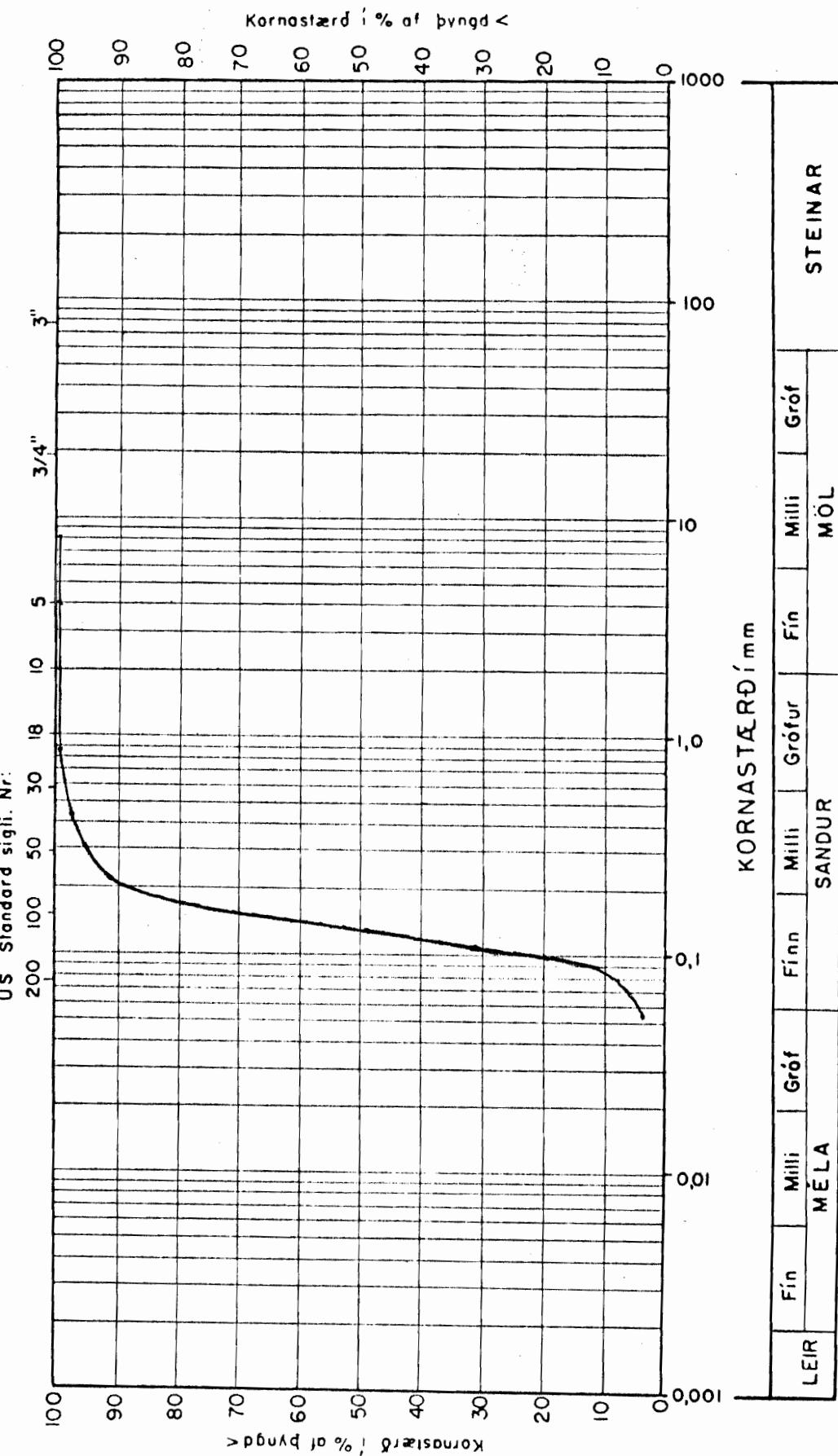


Borgarfjörður

D-06

8.11.74 SV. P.





I

ORKUSTOFNUN

K-1106

Borgarfjörður

D-08

8.11.74 Sv.P.

