



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Verkfræðistofa Guðmundar & Kristjáns hf.

FRUMÁÆTLUN UM FLUTNING JARÐVARMA FRÁ HÁHITASVÆÐUM

Áfangi 1: Gufu- og vatnslagnir

OS82076/JHD11

Reykjavík, ágúst 1982



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verkfræðistofa Guðmundar & Kristjáns hf.
Laufásvegi 12, Reykjavík

FRUMÁÆTLUN UM FLUTNING JARÐVARMA FRÁ HÁHITASVÆÐUM

Áfangi 1: Gufu- og vatnslagnir

OS82076/JHD11
Reykjavík, ágúst 1982

ÁGRIP

Skýrsla sú, sem hér fer á eftir, gerir grein fyrir tæknilegum forsendum og stofnkostnaði við flutning jarðvarmaorku, gufu eða vatni, langar vegalengdir (5-30 km) eftir stálpípulögnum ofanjarðar.

Sett eru fram línurit yfir þrýstifall, varmatap, efnis- og uppsetningarkostnað.

Þessi skýrsluáfangi tekur fyrst og fremst til pípulagnanna sjálfra. Í síðari áföngum, sem væntanlegir eru innan tíðar, verður bætt við dælustöðvum (gufuþjöppustöðvum) og einnig verður gerð heildaráætlun fyrir tiltekna flutningsleiðir. Verkefnið í heild er að öðru leyti skilgreint í inngangi hér á eftir.

Komist er að þeirri niðurstöðu, að flutningur jarðvarmaorku um langan veg sé tæknilega framkvæmanlegur og þarf það víst engum að koma á óvart, þegar um heitt vatn er að ræða. Hitt er ef til vill athyglisverðara, að sama getur átt við um flutning jarðgufu. Þessu til staðfestingar eru tekin dæmi, sem bæði eiga við jarðvarmanotkun til iónaðar með nýtingu niður í 100°C frárennslishita (t.d. suða eða eiming):

Vegalengd - 20 km
Pípuviðd - 800 mm

Flutningsgeta til markaðar: (8000 klst./ári nýting)

Vatnslögn - 150°C - 313 MW - 2,5 x 10⁹ kWst/ár
Gufulögn - 150°C - 225 MW - 1,8 x 10⁹ kWst/ár

Þrýstingur við pípuenda:

Vatnslögn - 23/6 bara
Gufulögn - 19/6 bara

Rennsli eftir pípu:

Vatnslögn - 1500 kg/s
Gufulögn - 100 kg/s

Stofnkostnaður pípu:

Vatnslögn - 155 Mkr.
Gufulögn - 119 Mkr.

Flutningskostnaður verður mjög svipaður í báðum tilvikum eða nálægt 0,65 aurar/kWst. og er þá gert ráð fyrir 25 ára afskriftartíma og 8% ársvöxtum.

Orkumagn og pípuviðd skipta miklu máli. Gufuflutningur eftir 300 mm pípu kostar t.d. 2-4 aura/kWst. og er þá miðað við sömu vegalengd og svipað þrýstifall og að ofan greinir.

Á það skal lögð áhersla hér, að öflun jarðvarmaorkunnar og dæling/þjöppun til markaðar er ekki innifalin í þessum tölum. Til þess að gefa þó einhverja viðmiðun, má geta þess, að gufuöflunarkostnaður á háhitasvæðum er áætlaður einhvers staðar á bilinu 1-4 aurar/kWst. Framleiðslukostnaður gufu í svartoliukyntum kötlum er nálægt 20-25 aurum/kWst.

Það gefur því auga leið, að talsverðu má kosta til gufuþjöppunar (þurfi hennar við á annað borð), án þess að samkeppnisstaða gagnvart oliu raskist verulega.

Hér hefur verið lýst niðurstöðum, sem fengist hafa við notkun þeirra línurita, sem í skýrslu þessari er að finna, en þeim er einmitt ætlað það hlutverk að vera til uppsláttar við grófar áætlunargerðir af þessu tagi. Notendum er ráðlagt að kynna sér texta skýrslunnar, áður en notkun línurita hefst með tilliti til skýringa og kostnaðarliða, sem þar er að finna.

EFNISYFIRLIT

	Bls.
ÁGRIP	3
EFNISYFIRLIT	5
SKRÁ YFIR LÍNURIT	6
INNGANGUR	7
1 RENNSLISMÓTSTAÐA	10
1.1 Gufustreymi	10
1.2 Vatnsstreymi	11
2 VARMATAP	12
3 VARMAÐENSLA	13
4 UNDIRSTÖÐUR	15
5 KOSTNAÐARÁÆTLANIR	16
5.1 Efni	17
5.2 Vinna	19
6 AÐRIR VALKOSTIR	22
7 DÆMI	23
LÍNURIT, myndir 1 - 21	31
VIÐAUKI: Fjarvarmaflutningur; Kostnaðarathugun á undirstöðum og festum fyrir stálpípur	55

SKRÁ YFIR LÍNURIT

	Bl.
1 Rennslismótstaða - Gufupípa: 5 km - 219,1 - 323,9 - 406,4 mm	31
2 Rennslismótstaða - Gufupípa: 5 km - 609,6 - 812,8 - 1016,0 mm	32
3 Rennslismótstaða - Gufupípa: 10 km - 219,1 - 323,9 - 406,4 mm	33
4 Rennslismótstaða - Gufupípa: 10 km - 609,6 - 812,8 - 1016,0 mm	34
5 Rennslismótstaða - Gufupípa: 20 km - 219,1 - 323,9 - 406,4 mm	35
6 Rennslismótstaða - Gufupípa: 20 km - 609,6 - 812,8 - 1016,0 mm	36
7 Rennslismótstaða - Gufupípa: 30 km - 219,1 - 323,9 - 406,4 mm	37
8 Rennslismótstaða - Gufupípa: 30 km - 609,6 - 812,8 - 1016,0 mm	38
9 Rennslismótstaða - Vatnspípa: 5 km - 219,1 - 323,9 - 406,4 - 609,6 - 812,8 - 1016,0 mm	39
10 Varmatap	40
11 Pípulögn - Efni	41
12 Undirstöður gufulagnar - Efni	42
13 Undirstöður vatnslagnar - Efni	43
14 Einangrun - Efni	44
15 Álklæðning - Efni	45
16 Pípulögn - Vinna	46
17 Undirstöður gufulagnar - Vinna	47
18 Undirstöður vatnslagnar - Vinna	48
19 Einangrun - Vinna	49
20 Álklæðning - Vinna	50
21 Steyptar undirstöður og festur. Jarðvinna og vegagerð - Efni og vinna	51

Inngangur

Þann 2. mars 1982 var undirritaður samningur milli Orkustofnunar og Verkfræðistofu Guðmundar & Kristjáns h/f um „ Frumáætlun um flutning jarðvarma frá háhitasvæðum ”.

Í samningi þessum segir svo:

"Verkkaupi óskar eftir, að ráðgjafinn taki að sér að gera frumáætlun um flutning háhita-jarðvarma langar vegalengdir. Með löngum vegalengdum er átt við fjarlægðina frá helstu háhitasvæðum landsins til hagkvæms notkunarstaðar, þar sem fyrir er t.d. höfn og byggð.

Nokkur dæmi eru:

Reykjanes	-	Keflavík
Trölladyngja	-	Straumsvík
Hengill	-	Reykjavík
Ölfusdalur	-	Þorlákshöfn
Námafjall	-	Krafla
Þeistareykir	-	Húsavík

Í aðalatriðum skal gera ráð fyrir, að varmaflutningur fari fram í stálpípu, sem einangruð er með steinull, varin með áklæðningu og lögð ofanjarðar, á steinsteyptar undirstöður. Athuga skal þó, hvort hagkvæmari lausnir séu fyrir hendi, sérstaklega fyrir lægri gildi rennslis og notkunarhitastigs. Einnig skal fjallað um útfærslu pípulagnar þar, sem þvera þarf vegi eða eignarland með neðanjarðarlögn. Notkunarhitastig markaðar er hugsað 100 - 200°C og pípuþvermál 200 - 1000 mm.

Áætlunin skiptist í eftirfarandi verkefni:

A. Flutningur á gufu

Flutningur hefst með gufu frá skiljustöð og tekur til gufuþjöppunarstöðvar (eftir því sem við á) og pípulagnar að dreifistöð á áfangastað ásamt tilheyrandi stjórn- og öryggisbúnaði.

B. Flutningur á vatni (holuvatni)

Flutningur hefst með vatni frá skiljustöð og tekur til dælustöðvar (eftir því sem við á) og pípulagnar að dreifistöð á áfangastað, ásamt tilheyrandi stjórn- og öryggisbúnaði.

C. Samþjöppun gufu og þétting á holuvatni

Kanna skal möguleika á að þjappa saman gufu eftir skiljustöð og eimþéttingu við beina blöndun (innspýtingu) á holuvatni undir þrýstingi. Áætlunin tekur til gufupjöppustöðvar, dælustöðvar og eimþéttis ásamt tilheyrandi stjórn- og öryggisbúnaði.

Einnig skal gera lauslega könnun á tiltækum möguleikum varðandi notkun djúpdæla í háhitaholum, sem halda uppi nægum þrýstingi til þess að koma í veg fyrir suðu í holunum og pípulögn frá þeim að dælustöð.

D. Frumáætlun fyrir flutningsleiðir

Þeistareykir	-	Húsavík
Hengill	-	Reykjavík
Trölladyngja	-	Straumsvík

Gengið skal út frá tiltölulega afmörkuðum tölugildum fyrir rennsli og notkunarhitastig, og hagkvæmasta pípuþvermál fundið, ásamt stofn- og reksturskostnaði.

Höfuðbreytistærðir við lausn verkefna A og B eru rennsli, notkunarhitastig, pípuþvermál, vegalengd og einangrunarþykkt. Á grundvelli þessara breytistærða skal útbúa línurit, sem nota má til að ákvarða þrýstifall, hitafall og stofnkostnað pípuleiðslu. Jafnframt skal gera lauslegar athuganir á kostnaði við öflun jarðvarmaorkunnar, til verðlagningar á varmatapi, sem aftur notast við útreikninga á hagkvæmri einangrunarþykkt.

Lausn verkefnis C felur í sér tæknilega upplýsingaöflun fyrir gufubjöppur og vatnsdælur, sem síðan er leitast við að meðhöndla á þann veg, að sem auðveldast verði að finna stofn- og reksturskostnað sliakra mannvirkja fyrir hin ýmsu afkastasvið, sem á þarf að halda, til að finna heildarstofnkostnað og reksturskostnað jarðvarmaveitna skv. A eða B".

Skýrsla sú, sem hér fer á eftir, fjallar um verkefni A og B og nefnist áfangi 1.

Áætlanir um steyptar undirstöður og jarðvinnu voru unnar af Fjarhitun h/f samkvæmt sérstakri beiðni verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns h/f.

Áætlun Fjarhitunar h/f ásamt greinargerð, „ Fjarvarmaflutningur, kostnaðarathugun á undirstöðum og festum fyrir stálpípur", maí 1982/ Nr. 10, fylgir með þessari skýrslu sem viðauki.

1. RENNSLISMÓTSTAÐA

Í næstu tveimur undirköflum er gerð grein fyrir þeim forsendum, sem byggt er á við útreikninga á rennslismótstöðu í gufupípu og vatnspípu. Niðurstöður er að finna í formi línurita aftast í skýrslunni (sjá myndir 1 - 9).

1.1 Gufustreymi

Þrýstítap við gufustreymi var reiknað út á eftirfarandi hátt:

- 1) Þrýstingur í markaðsenda gefinn, 6, 10 og 15 bara.
- 2) Þrýstingur í framleiðsluenda (frá jarðhitasvæðinu) reiknaður út fyrir 5, 10, 20 og 30 km vegalengd, ϕ 220, ϕ 300, ϕ 400, ϕ 600, ϕ 800 og ϕ 1000 mm pípu stærðir (nafnmál) og mismunandi gufurennslu.

Við útreikninga er tekið tillit til hraðabreytinga, sem verða samfara lakkandi þrýstingi eftir pípulögninni. Þetta er gert með tölvuforriti. Forritið gerir ráð fyrir stöðugu hitastigi og seigju. Að öðru leyti byggir það á hinni hefðbundnu Colebrook jöfnu fyrir núningstuðulinn.

Hitastig og seigja (dynamisk) breytist hvorttveggja með þrýstingi, og gufa er ekki „ idealt " gas, þ.e. þjöppunarstuðull breytist með hita og þrýstingi.

Hitastigsbreytingar hafa langmest áhrif af þessum þremur stærðum. Í reikningunum er notað meðalhitastig gufunnar í pípulögninni fyrir hverja keyrslu. Seigja og þjöppunarstuðull voru ákveðin í eitt skipti fyrir öll, sem meðaltöl fyrir allar keyrslurnar.

Sem dæmi um þá ónákvæmni, sem af þessu leiðir, má taka ϕ 400 mm pípu, sem flytur 20 kg/s 30 km vegalengd og skilar gufunni við 10 bara (180°C). Samkvæmt tölvuforritinu verður þrýstifall 16,2 bör og þrýstingur í upphafi því 26,2 bara. Þessum þrýstingi verður ekki náð, nema með samþjöppun gufunnar. Sé gert ráð fyrir tvíþrepa þjöppun með millikælingu, verður hitastig í upphafi um 275°C og meðalhitastig því 227°C.

Þrýstítap reiknað við 227°C breytist um $\pm 6\%$ fyrir $\pm 50^\circ\text{C}$ þ.e. $16,2 \pm 1$ bar.

Með því að velja seigju og þjöppunarstuðul við ca. 20 bara, 260°C, er samulega tryggt, að reiknað þrýstifall sé heldur hærra en raunverulegt þrýstifall yrði.

Gengið er út frá, að pípur séu með venjulegri yfirborðsáferð ($0,045$ mm), og því er ekki reiknað með neinum útfellingum í lögninni, enda ekki við þeim að búast.

Við notkun línuritanna hér á eftir ber að hafa í huga gufuhraða, þegar nær dregur áfangastaðnum, en hann er út af fyrir sig takmarkandi fyrir leyfilegt gufumagn.

Á línuritunum er 120 m/s gufuhraði auðkenndur með punkti. Mikið ofar er tæplega unnt að fara, ef komast á hjá sliti („erosion“). Þetta takmarkar mjög flutningsgetu pípulagna, sérstaklega við 6 bara móttökuprýsting og víðar lagnir (600 - 1000 mm).

Að síðustu skal á það bent, að þrýstítapslínuritinn gilda fyrir beina pípu, án þensluhlykkja eða beygja. Til þess að reikna út þrýstítap á tiltekinni flutningsleið má nota beina vegalengd að viðbættum 15-20% fyrir þensluhlykki og beygjur. Þvermál pípa á við nafnmál, þ.e. f. pípu skv. DIN 2458, ϕ 1016 mm utarmál, á að lesa af við 1000 mm.

1.2

Vatnsstreymi

Þrýstítap í vatnslögnum var reiknað út með hefðbundnum hætti að því undanskildu, að tölva var notuð og þá um leið tölvutæk útgáfa af Colebrook jöfnu.

Útreikningarnir gilda fyrir 140°C og 0,045 mm pípuhrjúfleika (hrein stálpípa).

Hitastigsbreyting um $\pm 50^\circ\text{C}$ hefur í för með sér $\pm 5\%$ skekkju í þrýstítapi.

Að öðru leyti eiga sömu skýringar við eins og í niðurlagi kaflans hér á undan, þ.e. þrýstifall er fyrir beina pípu, án þensluhlykkja eða beygja, og nafnþvermál pípu er notað í stað utarmáls.

2.

VARMATAP

Varmatapsreikningar eru grundvallaðir á eftirfarandi forsendum:

- 1) Einangrunarefni steinull með 150 kg/m^3 eðlisþyngd.
- 2) Varmaleiðni steinullar:

50°C	-	0,038	W/m°C
100°C	-	0,044	-
150°C	-	0,051	-
- 3) Lofthiti 0°C og vindhraði 8 km/klst. (2 vindstig)
- 4) Lituð álkápa með geislunarstuðli 0,9.

Niðurstöður eru sýndar á mynd 10 fyrir mismunandi pípunafnmál (óeinangraðrar pípu) og fyrir 1 1/2" - 4" (38,0 - 101,6 mm) einangrunarþykkt.

Línuritið gildir við 100°C vatns/gufuhita, en einnig eru gefnir álagsstuðlar fyrir önnur hitastig.

Dæmi: ϕ 400 mm - 1 1/2" ein. - 250°C gefur 155 x 2,5 x 1,26 - 488 W pr. lengdarmetra pípu. Bæta má 15-20% við, til að taka tillit til þensluhlykkja.

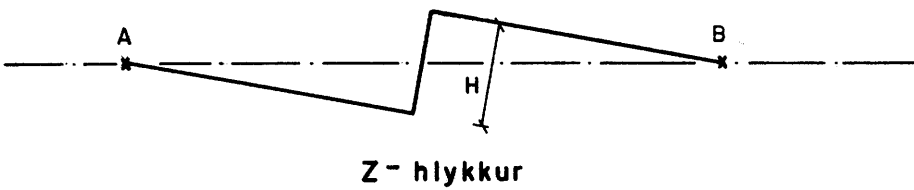
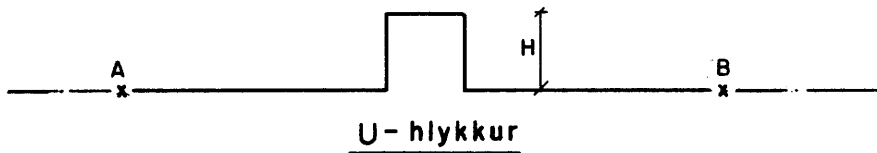
3. VARMÞENSLA

Tvær leiðir til varmaþenslu voru athugaðar:

- 1) Þensluhlykkir.
- 2) Þanar.

Tvær gerðir þensluhlykkja eru almennt notaðar. Sú fyrri er hinn hefðbundni U-hlykkur með fjórum 90° beygjum.

Hin gerðin er Z-hlykkur, sem samanstendur af tveimur 90° beygjum:



Z-hlykkur er hagkvæmari en U-hlykkur en krefst meira lands.

Sem dæmi um þennan mismun má taka ϕ 600 mm lögn, 200°C .

Vegalengdin A-B er valin um 200 m (milli festa).

Hlykk lengdin H verður þá um 11,5 m fyrir U-hlykk en 20,5 m fyrir Z-hlykk.

Frávik frá ásstefnu pípuleiðarinnar er þó svipað, vegna þess að U-hlykkurinn er allur til sömu hliðar við þá stefnu.

Ef kostnaður pípulagnar er reiknaður sem einingarverð pr. m af beinni fjarlægð frá A-B (pr. lengdarmeter pípuleiðar), er slíkur lengdarmeter 5-10% dýrari með U-hlykk en með Z-hlykk.

Þrýstifall vex um 12-15%.

Af þönum er um tvær gerðir að ræða, ásþana (axialþana) og sveifarþana. Sveifarþanar eru t.d. notaðir í Z-hlykki til að stytta þá. Á hinn bóginn eru þeir mjög dýrir.

Ásþanar eru aftur á móti settir inn í beina pípulögn og eru því ákjósanlegir þar, sem landrými er takmarkað.

Kostnaðarsamanburður bendir til, að lögn með ásþönum kosti um það bil 7-15% meira pr. lengdameter en Z-hlykkir. Kostnaðarverð þananna sjálfra er út af fyrir sig lægra heldur en beygja og píþna, en þeim til viðbótar koma svo stýringar og margfalt kröftugri festur. Pípulögn án þana er að öðru jöfnu öruggari í rekstri, en tekur meira landrými. Í þessari áætlun er reiknað með Z-hlykkjum, og eru öll einingarverð við þá útfærslu miðuð.

4. UNDIRSTÖÐUR

Fjarlægð milli undirstaða pípulagnar ræst fremur af leyfilegri niðurbeygju píunnar milli undirstaðanna heldur en áraun (spennum). Undirstöðubíl er jafnframt mismunandi eftir því, hvort um er að ræða gufu- eða vatnslögn.

Í þessari áætlun er viðmiðunin 5-10 mm niðurbeygja (t.d. 5 mm fyrir ϕ 200 mm pípu og 10 mm fyrir ϕ 800 mm pípu), sem veldur beygju-spennum innan við 60 N/mm^2 .

Fjarlægð á milli undirstaða verður þá:

Pípustærð (mm)	Gufulögn (m)	Vatnslögn (m)
ϕ 200	10	8
ϕ 300	13	11
ϕ 400	16	13
ϕ 600	22	17
ϕ 800	26	21
ϕ 1000	31	25

Í þessari áætlun er gert ráð fyrir núningsundirstöðum úr stáli, sem innsteyptar eru í undirstöðuklossa. Undirstöðurnar samanstanda af tveimur stálsúlum úr U-járni eða H-járni með pípu slá á milli. Lögnin sjálf liggur svo í stól úr L-járni, sem aftur hvílir á slánni og getur runnið eftir henni.

Eins og síðar kemur í ljós, er kostnaður undirstaða umtalsverður hluti heildarkostnaðar pípulagna, sérstaklega vatnslagna, og er því fyllsta ástæða til að leggja verulega vinnu í hönnun þeirra. Þetta á sérstaklega við um grennri lagnirnar þar sem undirstöðu-kostnaður nálgast þriðjung heildarkostnaðar.

Undirstöður eru hannaðar fyrir 0,27 g jarðskjálfta og 43 m/s vindhraða (IST 13 og IST 12.3).

5.

KOSTNAÐARÁÆTLANIR

Kostnaðaráætlanir eru gerðar annars vegar fyrir efnisliði pípulagnar og hins vegar fyrir vinnuliði (steinsteyptar undirstöður og jarðvinna er þó ekki sundirliðað í efni og vinnu). Með hliðsjón af hlutdeild V-Þýskalands á stálmörkuðum Evrópu er hér valin sú leið, að nota v-þýsk mörk ásamt v-þýskri neytendavísitölu til að tryggja notkunargildi efniskostnaðaráætlana að minnsta kosti nokkur ár fram í tímann.

Samsvarandi er vísitala byggingarkostnaðar notuð sem viðmiðunargrundvöllur innlendrar vinnu.

okt 83 115.7

Viðmiðunargrunnur er þessi: *Dec 83 116.2*

DM - 4,2445 kr. *109.8* *Fyrir Þýskaland*
Consumer index - ~~105~~ (Birtist mánaðarlega í International Financial Statistics. Fæst uppgæfið hjá hagdeild Seðlabanka Íslands).

Vísitala byggingarkostnaðar - 1015, mars 1982.

Kostnaðaráætlanir eiga því að haldast nokkuð réttar með því að margfalda efnisliði með:

Gengi DM x Consumer Index

4,2445 x ~~105~~
109.8

og vinnuliði með:

Vísitala byggingarkostnaðar

1015

Allar kostnaðaráætlanir eru settar upp sem einingarverð pr. lengdarmeter. Lengdarmeter er ekki lengdareining pípunnar sjálfrar, heldur pípuleiðarinnar. Þensluhlykkir (af Z-gerð) eru sem sé innreiknaðir í einingarverðin (með beygjum og tilheyrandi).

1800

mai

1984 jun 118.6

DM 10.9613

Einingarverð eru sett upp í línurit sem fall af pípuþvermáli. Pípuþvermál er alltaf nafnmál stálpípunnar, þ.e.:

Nafnmál (mm)		Utanmál stálpípu (mm)
∅ 200	-	∅ 219,1
∅ 300	-	∅ 323,9
∅ 400	-	∅ 406,4
∅ 600	-	∅ 609,6
∅ 800	-	∅ 812,8
∅ 1000	-	∅ 1016,0

Einingarverð fela í sér flutningskostnað og efnisrýrnun en ekki aðflutningsgjöld (toll, vörugjald, söluskatt o.s.frv.).

Þegar einstakir liðir kostnaðaráætlunar hafa verið lagðir saman til að fá fram verktakakostnað, skal bæta við eftirfarandi hundraðshlutum þeirrar upphæðar:

Ófyrirséð	-	15%
Verkfræðikostnaður og umsjón	-	10%
Vextir á byggingartíma	-	15%
<u>Samtals</u>	<u>-</u>	<u>40%</u>

5.1

Efni

Kostnaðaráætlanir efnisliða er að finna á myndum 11-15.

Aflað var próforma tilboða frá nokkrum fyrirtækjum og þau síðan greind með "regression - analysu" til að tryggja samsvörun í pípuviddum.

Tilboð voru miðuð við efnisgæði St. 37-2 annars vegar og St. 52-3 hins vegar. Síðari kosturinn reyndist til muna hagstæðari, þar sem pípur með sömu veggþykkt og úr St. 52-3 kosta einungis 7% meira en samsvarandi pípur úr St. 37-2, en hafa 30-40% meira þrýstipól.

Suðuhæfni er sambærileg og því ekki ástæða til að ætla, að vinnuliðir hækki við það, að notuð sé St. 52-3.

Flutningskostnaður til landsins og innanlands ásamt efnisrýrnun var reiknað sem hér segir (% á F.O.B. - verð):

	Flutningur	Rýrnun
	%	%
Pípur	30	15
Beygjur	17	15
Undirstöður	35	20
Einangrun	78	25
Áklæðning	10	20

Þrýstipól pípulagnar fer eftir því, hvort um er að ræða gufu eða vatn, mikinn eða lítinn hæðarmun á leiðinni, vegalengd, þrýstifall o.s.frv.

Hér er valin sú leið að nota DIN-þrýstiprep 16, 25 og 40 til að gefa viðmiðun.

Öll línuritin eru gerð fyrir þrýstiprep 16, en neðanmáls eru gefnir margföldunarstuðlar fyrir þrýstiprep 25 og 40. Til þess að fá einingarverð fyrir þrep 40, á að margfalda einingarverð úr línuritinu með áður nefndum margföldunarstuðli.

Ástæða þess, að margföldunarstuðlar eru mismunandi eftir pípuviðd, er annars vegar 2 mm tæringarálag fyrir veggþykkt pípu, óháð viðd, og hins vegar 4,5 mm lágmarksveggþykkt.

Línurit fyrir einangrun byggir á steinullarskálum fyrir pípur 200-300 mm og steinullarstöfum fyrir aðrar pípur.

Línurit fyrir áklæðningu byggir á ólituðu, seltuvörðu áli (með magnesíum íblöndun) á rúllum. Álagsstuðull, 14%, er gefinn fyrir akryllakkað ál.

5.2

Vinna

Kostnaðaráætlun vinnuliða er að finna á myndum 16-20 og heildarkostnað steyptra undirstaða, jarðvinnu og vegagerðar á mynd 21. Grundvöllur allra línuritanna er, að um sé að ræða sumarvinnu (apríl-september) á Suðvesturlandi og, að pípulögn sé í þrýstiprepi DIN 16.

Fyrir aðra landshluta (í þessu tilviki er ekki um aðra að ræða en Norðurland) og annan árstíma (vetrarvinna í október-mars) eru gefnir álagsstuðlar. Samsvarandi eru gefnir álagsstuðlar fyrir þrýstiprep.

Aflesin einingarverð úr línuritum á að margfalda með álagsstuðli staðsetningar og árstíma og það margfeldi að lokum með álagsstuðli þrýstipreps.

Grundvöllur kostnaðaráætlunarinnar byggir á eftirfarandi:

Vinna við pípuuppsetningu er framkvæmd af 10 manna hópum, sem hver um sig samanstendur af verkstjóra, 6 sveinum og 3 hjálparmönnum. Vinnutarnir eru þannig, að á hálfum mánuði eru greiddar 163 klst, en þar af fara 35 klst. í ferðir ásamt matar- og kaffitímum. Lagt er af stað til vinnusvæðis á mánudagsmorgni (3 klst. ferðalag), unnið það sem eftir er dagsins og alla næstu 10 daga (14 klst. pr. dag). Síðan er unnið í 6 klst. á föstudegi en svo farið heim (3 klst. ferð) og frí í næstu tvo daga.

Miðað er við útselda vinnu Málm- og skipasmíðasambandsins að viðbættu 10% álagi.

Taxtar eru þessir (1. mars 1982):

Verkstjóri:	Yfirverkstjóri eftir 10 ár
Sveinar:	26. fl., 5 ár
Hjálparmenn:	20. fl., 5 ár

Við uppsetningarvinnu á staðnum notar þessi 10 manna hópur eftirtalin verkfæri, áhöld, efni:

3 dísildrifnar rafsuðuvélar
3 rafdrifna slípirokka
3 gas- og súrtæki
6 pk. rafsuðuvír pr. dag
1 stk. jeppa
1/2 stk. kranabíl (,, rekker '')

Þegar við þetta er svo bætt kostnaði við ferðir (2 x 200 km pr. úthald), fæði og gistingu verður útsöluverð á hverja greidda vinnustund sem hér segir:

Laun	80,1	kr/klst.
Álag á laun	68,9	"
Fæði, gisting, ferðir	26,8	"
Vélavinna, hjálparefni	50,7	"
	<u>226,5</u>	"

Þetta verð á við uppsetningu og samsuðu pípulagnar.

Við smíði og uppsetningu undirstaða gildir annað verð, sem tekur tillit til þess, að undirstöður eru forsmíðaðar á verkstaði.

Samsvarandi gilda önnur verð fyrir uppsetningu einangrunar og áklæðningar þar, sem lítil vélavinna kemur við sögu.

Hverju línuriti fylgja álagsstuðlar fyrir vinnustað og árstíma annars vegar og DIN þrýstiprep hins vegar.

Með þessa álagsstuðla á að fara eins og fyrir efni hér að framan, þ.e. þeir margfaldast saman.

Mismunandi álagsstuðlar fyrir Suðvesturland og Norðurland eru þannig til komnir, að gert er ráð fyrir, að verktaki sé sunnlenskur og hafi því meiri kostnað af vinnu norðanlands en sunnan.

Þessi munur er metinn 10%. Að sumri til er ekki gert ráð fyrir öðrum mismun, þ.e., að vinnuaðstæður og afköst séu að öðru leyti hliðstæð.

Að vetri til er aftur á móti um meiri mismun að ræða, vegna lengri vetrar og kaldari norðanlands. Þessi mismunur er metinn 10%.

Það skal áréttað hér, að vetrarvinna er skilgreind sem öll vinna á tímabilinu október-mars og vetrarvinnuálag á við þetta tímabil í heild, en ekki t.d. janúarmánuð einan sér.

Framangreint á fyrst og fremst við uppsetningu og samsuðu pípunnar ásamt einangrun, sem hvorttveggja er unnið utandyra að öllu leyti. Aðrir lægri stuðlar eiga við um undirstöður og áklæðningu.

Það skal játað, að framangreint mat á kostnaðarmun frá einu vinnusvæði til annars og frá sumri til vetrar grundvallast ekki á viðamiklum reynslutölum. Notast var við upplýsingar, sem tiltækar eru um vinnukostnað í Svartsengi og Kröflu/Bjarnarflagi og einnig við álagsstuðla, sem sýna samsvarandi mismun á vinnu í Bandaríkjunum og Kanada eftir stað og árstíma.

Um Kröflu/Bjarnarflagstölur er það að segja, að framkvæmdir við Kröfluveitu voru mjög dýrar vegna sérlega óhagstæðs vetrarveðurs samfara miklum þrýstingi

Tilboðstölur í síðari tíma framkvæmdir á þessu svæði bera enn keim af þessu ástandi þó merkja megi einhverja þróun í átt til „eðlilegra“ tilboða, sérstaklega hjá verktökum, sem hvergi komu nærri upphaflegum framkvæmdum við Kröflu.

Af þessum sökum eru álagsstuðlar lægri heldur en menn, kunnugir Kröfluframkvæmdum, mundu í fljótu bragði telja eðlilegt.

Til samanburðar má geta þess, að virkjunarkostnaður við Blöndu er talinn 2,6% hærri en á Tungnársvæðinu og er þá aðeins um staðar-álag að ræða en ekki tilhögun virkjunar, stærð eða þess háttar.

Með tilliti til þess, að hlutdeild innfluttra aðfanga í heildarvirkjunarkostnaði er $1/4 - 1/3$ má ætla að vinnuliðarmismunurinn sé metinn á um 4%. Þetta er ekki ósambærilegt við þau 18%, sem munar á heilsársvinnu norðanlands og sunnan í þessari áætlun, þegar tillit er tekið til þess, að Tungnársvæðið er hálendi og að vinna er mjög takmörkuð yfir háveturinn.

6.

AÐRIR VALKOSTIR

Áætlanagerðin hér að framan miðast við eina ákveðna útfærslu pípulagnarinnar, sem sé stálpípu ofanjarðar, lagða á steinsteyptar undirstöður, einangraða með steinull og veðurvarða með áklæðningu. Við lægri gildi rennslis og hitastigs/þrýstings kemur einnig til álita að nota aðrar gerðir, t.d. niðurgrafna asbestlögð fyrir vatn, 100°C eða svo, eða þá „ hitaveiturör ", þ.e. stálpípu einangraða með pólýúretan, varða með pólýetýlenkápum og niðurgrafna í jörð. . Þá síðarnefndu mætti nota fyrir vatn eða gufu upp undir 130-140°C (með þéttari urethanblöndu).

Lausleg athugun á þessum valkostum og samanburður við áður gerðar áætlanir Fjarhitunar h/f (OS80008/JHD04 1980) bendir til þess, að asbestlögð, 200-400 mm, kosti um 50-60% af verði samsvarandi stálpípu ofanjarðar.

Niðurgraffin stálpípa kostar aftur á móti um 20-30% meira.

7.

DÆMI

Til þess að sýna notkun línuritanna og hagkvæmni fjarvarmaflutninga, verða reiknuð tvö dæmi:

Dæmi 1 - Vatnslögn

Þvermál	-	800 mm	(ϕ 812,8 mm)
Vegalengd	-	20 km	
Rennsli	-	1500 kg/s	
Hitastig	-	150°C	
Einangrun	-	60/100 mm	
Þrýstifall	-	mynd 9 gefur 3,7 bar/5 km	
		3,7 x 4 = 14,8 bar + 15% fyrir	
		þensluhlykki = <u>17,0 bar</u>	

Til þess að ekki sjóði á lögninni verður móttökuprýstingur að vera um 6 bara og þrýstingur í dæluenda 6 + 17 = 23 bara, og pípulögnin rétt sleppur í þrýstiprep 25.

Varmatap	-	mynd 10 gefur f. 60 mm (63 mm)	
		190 x 1,5 x 1,08 = 308 W/m - <u>6160 kW</u>	
		og f. 100 mm (101,6 mm)	
		128 x 1,5 x 1,08 = 208 W/m - <u>4160 kW</u>	

Sé gert ráð fyrir nýtingu vatnsins niður í 100°C (iðnaður, sem nýtir vatn til suðu eða þurrkunar) og 8000 klst. árlegum nýtingartíma, verður nettóorkuflutningur til markaðarins $2,487 \times 10^9$ kWst/ár f. 100 mm einangrun og $2,471 \times 10^9$ kWst/ár f. 60 mm einangrun.

Setjum sem svo að pípuhögnin sé byggð á Norðurlandi, að jarðvegs-
skilyrði séu samileg og framkvæmdin standi yfir allt árið.

Stofnkostnaður lagnarinnar verður þá sem hér segir:

Efni:

Pípa	-	mynd 11	-	1250 x 1,3	=	1625	kr/m	
Undirstöður	-	mynd 13	-	130 x 1,1	=	143	"	
Einangrun	-	mynd 14	-	565 x 1,0	=	565	"	(60 mm)
"	-	mynd 14	-	800 x 1,0	=	(800)	"	(100 mm)
Alklæðning	-	mynd 15	-	280 x 1,0	=	280	"	(ólituð)
							<hr/>	
Efni, samtals	,	60 mm einangrun				2613	kr/m	
Efni, samtals	,	100 mm einangrun				2848	kr/m	

Vinna:

Pípa	-	mynd 16	-	387 x 1,3	x	1,05	=	528	kr/m
Undirstöður	-	mynd 18	-	395 x 1,065	x	1,02	=	429	"
Einangrun	-	mynd 19	-	110 x 1,3			=	143	"
Alklæðning	-	mynd 20	-	70 x 1,225			=	86	
Vinna, samtals								<hr/>	1186 kr/m

Steyptar undirstöður og festur ásamt

jarðvinnu og vegagerð

$$\text{mynd 21} \quad - \quad 1380 \times 1,175 \times 1,0 = \underline{1622} \text{ kr/m}$$

Samtals verktakakostnaður:

60 mm einangrun:

$$(2613 + 1186 + 1622) \times 20000 = 1,084 \times 10^8 \text{ kr.}$$

100 mm einangrun:

$$(2848 + 1186 + 1622) \times 20000 = 1,131 \times 10^8 \text{ kr.}$$

Heildarkostnaður verður þá með 40% álagi fyrir ófyrir séðu, hönnun +
umsjón og vöxtum á byggingartíma:

60 mm einangrun	-	$1,518 \times 10^8$ kr	-	<u>151,8</u> Mkr.
100 mm einangrun	-	$1,583 \times 10^8$ kr	-	<u>158,3</u> Mkr.

Gert er ráð fyrir, að árlegur kostnaður sé fólginningur í:

Fjármagnskostnaði , 8% vextir , 25 ár afskrift
Reksturskostnaði , 0,5% viðhald , 0,5% gæsla
eða í heild 10,37% af stofnkostnaði.

Árlegur kostnaður er þá:

60 mm einangrun	-	15,74 Mkr/ár
100 mm einangrun	-	16,42 "

og kostnaður pr. flutta kWst.:

60 mm einangrun	-	<u>0,637</u> aurar/kWst.
100 mm einangrun	-	<u>0,660</u> " "

Dæmi 2 - Gufulögn

Þvermál	-	800 mm (ϕ 812,8 mm)
Vegalengd	-	20 km
Rennsli	-	100 kg/s
Móttökuprýstingur	-	6 bara, mettuð gufa
Einangrun	-	40/60 mm

Prýstingur frá þjöppu - mynd 6 - 17 bara eða þrýstifall 11 bar.

Við bætast 15% fyrir þensluhlykkjum, þannig að þrýstingur frá þjöppum verður tæp 19 bara og pípulögnin verður í þrýstiprepi

25. Meðalhitastig gufu á leiðinni verður um 175°C og varmatap

verður samkv. mynd 10/40 mm einangrun - $300 \times 1,75 \times 1,12 = 588$ W/m

eða samtals 11760 kW

60 mm einangrun - $190 \times 1,75 \times 1,12 = 372$ W/m eða samtals 7450 kW.

Sé gert ráð fyrir nýtingu gufunnar niður í 100° (þéttivatnshitastig)
og 8000 klst. árlegum nýtingartíma, verður nettóflutningur til
markaðarins $1,841 \times 10^9$ kWst./ári f. 60 mm einangrun og $1,807 \times 10^9$
kWst./ári f. 40 mm einangrun.

Stofnkostnaðaráætlun pípulagnar, byggð á sömu forsendum og í dæmi 1, verður ekki rakin hér. Framkvæmdin er sú sama að öðru leyti en því, að nota á línurit fyrir undirstöður gufulagnar (myndir 12 og 17), 40 og 60 mm einangrunarþykktir í mynd 14 og gufulagnarferil á mynd 21.

Niðurstaðan er:

Efni,	40 mm einangrun	-	2398	kr/m
Efni,	60 mm einangrun	-	2543	"
Vinna,	40/60 "	-	900	"
Steyptar undirst.		-	887	"

Heildarkostnaður verður þá:

40 mm einangrun	-	<u>117,2</u>	Mkr.
60 mm einangrun	-	<u>121,2</u>	Mkr.

Árlegur kostnaður, reiknaður eins og í dæmi 1, gefur ásamt fluttri orku á ári eftirfarandi flutningskostnað:

40 mm einangrun	-	<u>0,648</u>	aurar/kWst.
60 mm einangrun	-	<u>0,658</u>	aurar/kWst.

Eða mjög svipaðar tölur og fyrir vatnsflutninginn í dæmi 1.

Með þessu er ekki staðhæft að flutningur vatns og gufu kosti nánast það sama. Hagkvæmasta vatns- eða gufurennislið gegnum gefna pípuvidd eða raunar öfugt, hagkvæmasta pípuviddin fyrir gefið rennsli verður þá fyrst rétt reiknuð, að dælukostnaður (gufuþjöppunarkostnaður) sé tekinn með í reikningana, (verkefni áfangaskýrslu 2).

Þá er að líta á hagkvæmni þeirra einangrunarþykktar, sem valdar voru í dæmum 1 og 2.

Til þess vantar vatns- og gufuöflunarkostnaðinn.

Samkvæmt nýútkominni skýrslu Orkustofnunar um jarðgufuvirkjun í Hengli (OS82023/JHD02) saminni af Verkfræðistofu Guðmundar & Kristjáns h/f) kostar kWst. gufu 1,2 - 4 auru og kWst. vatns 4 - 14 auru, hvorttveggja háð borárangri.

Hér liggur til grundvallar 270°C innstremishiti í holur, 7 bara skiljubrýstingur og nýting niður í 100°C. Þessar tölur eiga við, ef einungis annar fasinn (gufan eða vatnið) er nýttur en hinum fleygt (ofangreint gufuverð svarar til um það bil 8-26 kr/tonn gufu). Við þetta er svo eftir að bæta gufubjöppun eða vatnsdælingu, sem er verkefni næstu áfangaskýrslu svo og flutningi á áfangastað. Til þess að vera ekki með neinar getgátur er hér valinn sá kostur að sleppa þjöppunar- eða dælingarkostnaði. Slikt þarf út af fyrir sig ekki að vera út í hött, því vel getur hagað þannig til, að dælingar sé ekki þörf.

Dæmi 1 - Vatnslögn:

60 mm einangrun:

Árskostnaður einangrunar	-	2,1	Mkr/ár
" varmataps	-	2,3 - 7,2	"
Samtals		<u>4,4 - 9,3</u>	"

100 mm einangrun:

Árskostnaður einangrunar	-	2,7	Mkr/ár
" varmataps	-	1,6 - 4,9	"
Samtals		<u>4,3 - 7,6</u>	"

Það er sem sagt ljóst, að hagkvæmasta einangrunarþykkt er nálægt 100 mm þegar vatnsöflunarkostnaður er í lágmarki, en verulega meiri, ef kostnaður reynist í hámarki.

Dæmi 2 - Gufulögn:

40 mm einangrun:

Árskostnaður einangrunar	-	1,6	Mkr/ár
- varmataps	-	1,7 - 4,4	"
		<u>3,3 - 6,0</u>	"

60 mm einangrun:

Árskostnaður einangrunar	-	2,1	Mkr/ár
- varmataps	-	1,1 - 2,8	"
		<hr/>	
		3,2 - 4,9	"
		<hr/>	

Hagkvæmasta einangrunarþykktin í þessu tilfalli er nálægt 60 mm, þegar gufuöflun er ódýr, en mun meiri, ef gufuöflun reynist dýr.

Fróðlegt er að bera saman gufukostnað á notkunarstað, þ.e. gufuöflun, þjöppun og flutningur, við kostnað gufu framleiddrar í svartolíukyntum katli.

Samkvæmt framansögðu kostar kWst. jarðgufu frá háhitasvæði:

Gufuöflun	1,2 - 4,0	aurar/kWst.
Gufuflutningur	0,6 - 0,7	"
	<hr/>	
Samtals	1,8 - 4,7	"
	<hr/>	

og er þá kostnaður gufuþjöppunar ótalinn.

Gufuframleiðsla í svartolíukatli kostar 20 - 25 aura/kWst. miðað við 2,39 kr/líter svartolíukostnað.

Flutningskostnaður vex með minnkandi pípuþvermáli og að sjálfsögðu einnig með fjarlægð. Sem dæmi má nefna að gufuflutningur eftir ϕ 300 mm pípu - 20 km kostar 2-4 aura/kWst háð þrýstifalli. Eigi að síður er ljóst, að vinnsla og flutningur jarðvarma frá háhitasvæðum er bersýnilega vel samkeppnisfær við innflutta orku úr olíu.

Söluverð afgangsráforku til fjarvarmaveitna mun vera nálægt 5-7 aurar/kWst, sem er svipað og ofangreind jarðvarmaverð.

Það er ljóst, að niðurstöður þessa áfanga áætlunarinnar réttlætir, að áfram verði unnið að síðari áföngum. Næsta áfangaskýrsla mun fjalla um gufuþjöppun og vatnsdælingu, eins og áður hefur komið fram. Gufluþjöppun er áreiðanlega dýrt fyrirtæki og vafasamt að slíkt borgi sig nema niður í u.þ.b. 6 bara móttökuþrýsting gufu. Gufluögnin í dæmi 2 gæti flutt um 60-70 kg/s við 6 bara móttökuþrýsting og 12 bara þrýsting frá jarðhitasvæðinu, sem er ekki meiri þrýstingur en svo, að vel kæmi til greina að sleppa gufluþjöppun og láta gufluholuþrýstinginn einan um flutninginn. Flutningskostnaður vex um 43 - 66% eða sem nemur 0,28 - 0,43 auro/kWst, sem er örugglega mun ódýrara en gufluþjöppun.

LINURIT

Myndir 1-21

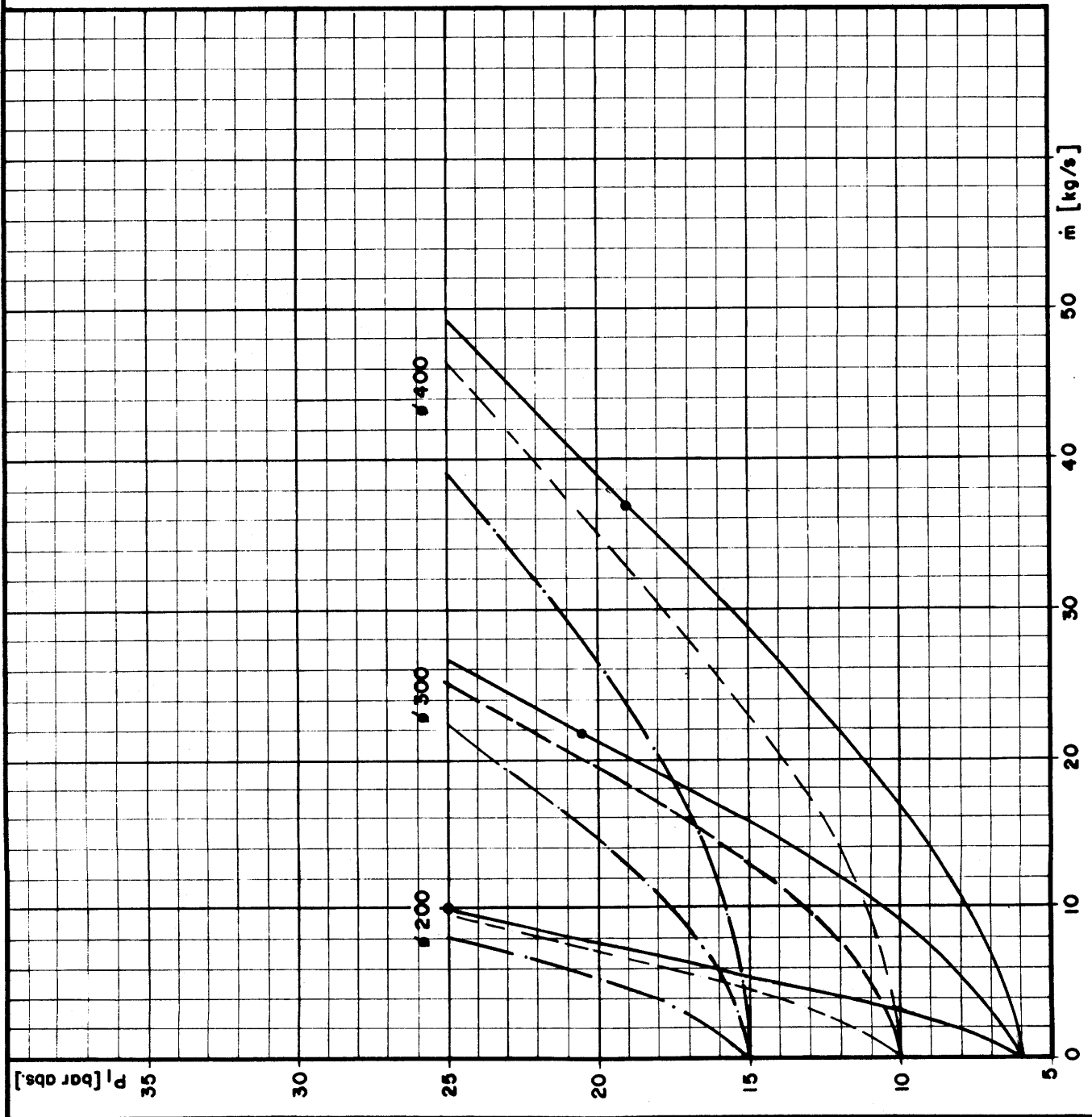
Δp GUFA:

LEIÐSLULENGD: 5 km.

Mynd: 1

PÍPUPVERMÁL: 219,1 - 323,9 - 406,4 mm.

- P₂ = 6 bar abs.
- - - P₂ = 10 bar abs.
- · - · P₂ = 15 bar abs.



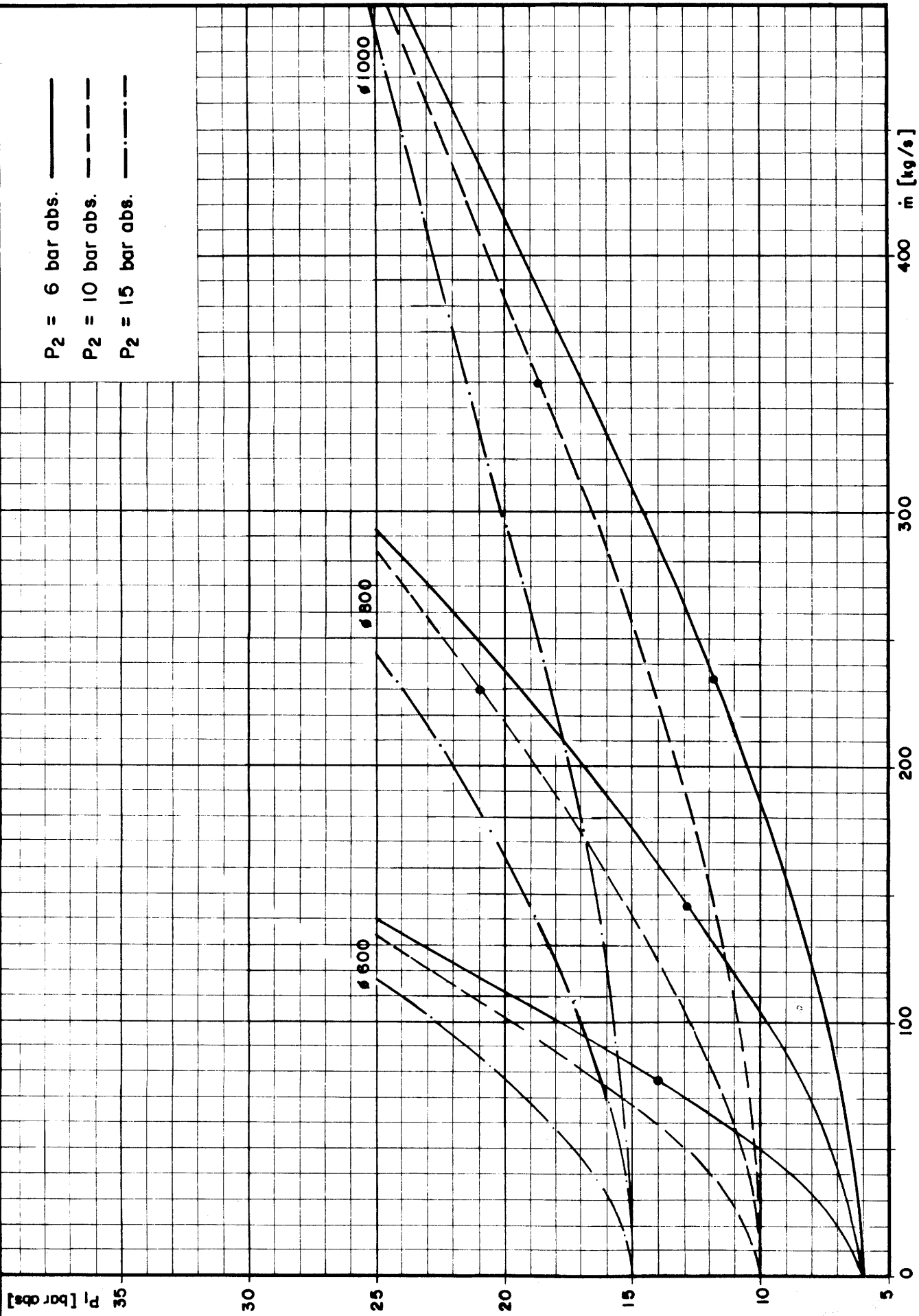
Δp GUFA:

LEIÐSLULENGD: 5 km.

Mynd: 2

PÍPUPVERMÁL: 609,6 - 812,8 - 1016,0mm.

- $P_2 = 6$ bar abs.
- - - $P_2 = 10$ bar abs.
- · - · $P_2 = 15$ bar abs.



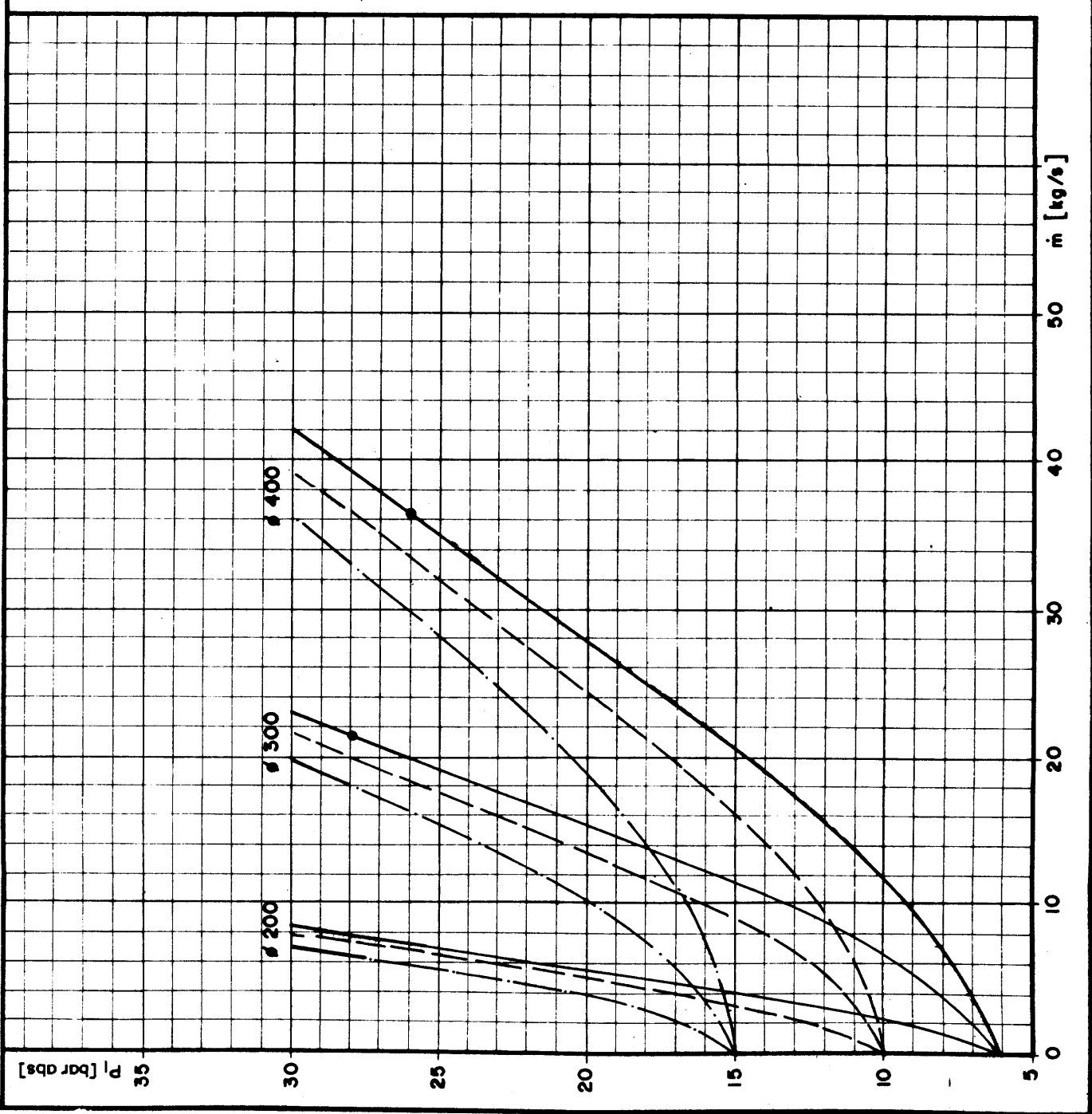
Δp GUFA:

LEIÐSLULENGD: 10 km.

Mynd: 3

PÍPUPVERMÁL: 219,1 - 323,9 - 406,4 mm.

—————
 P₂ = 6 bar abs.
 - - - - -
 P₂ = 10 bar abs.
 - · - · -
 P₂ = 15 bar abs.

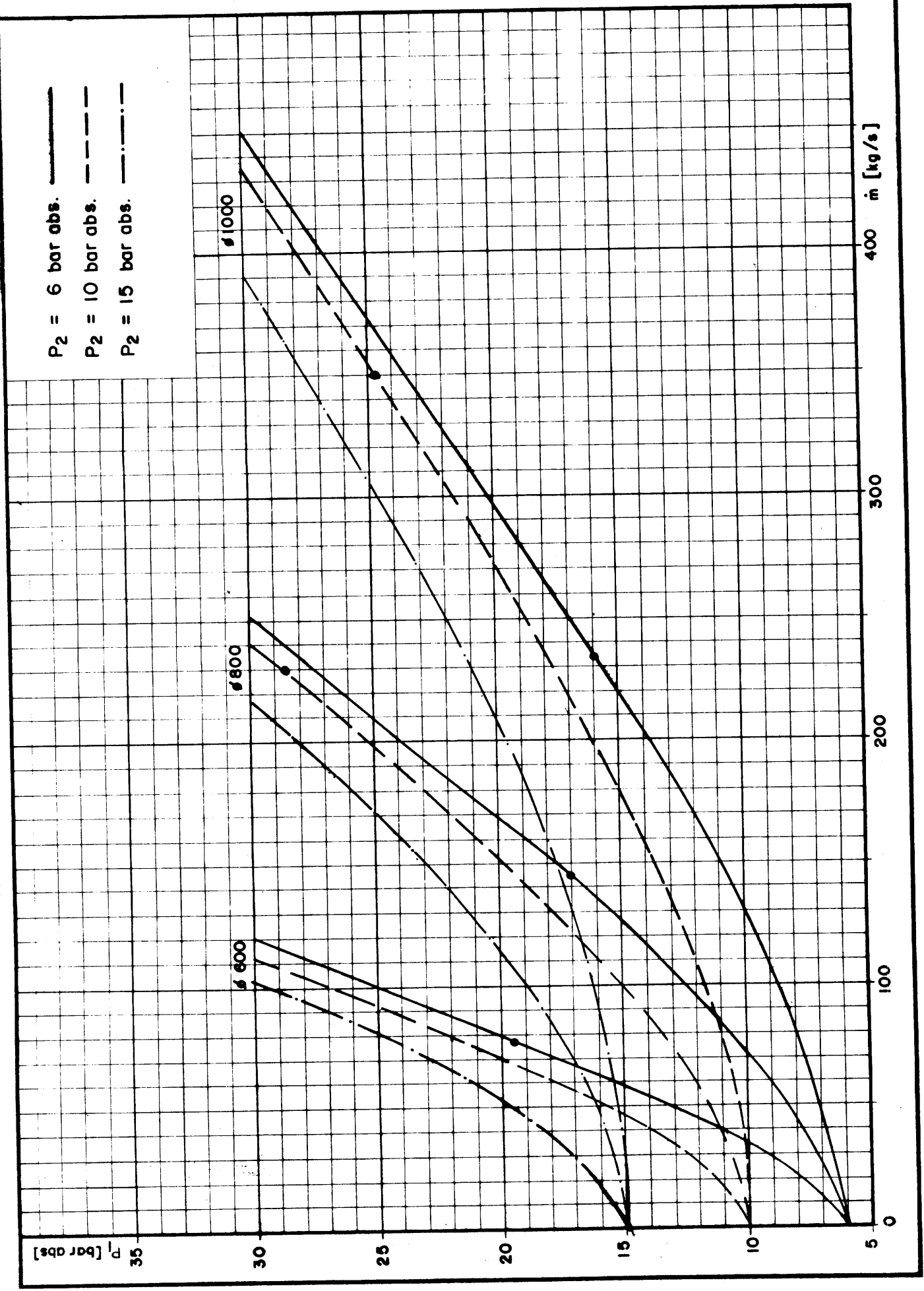


Δp GUFA:

LEIÐSLULENGD: 10 km.

Mynd: 4

PÍPUPVERMÁL : 609,6 - 812,8 - 1016,0mm.



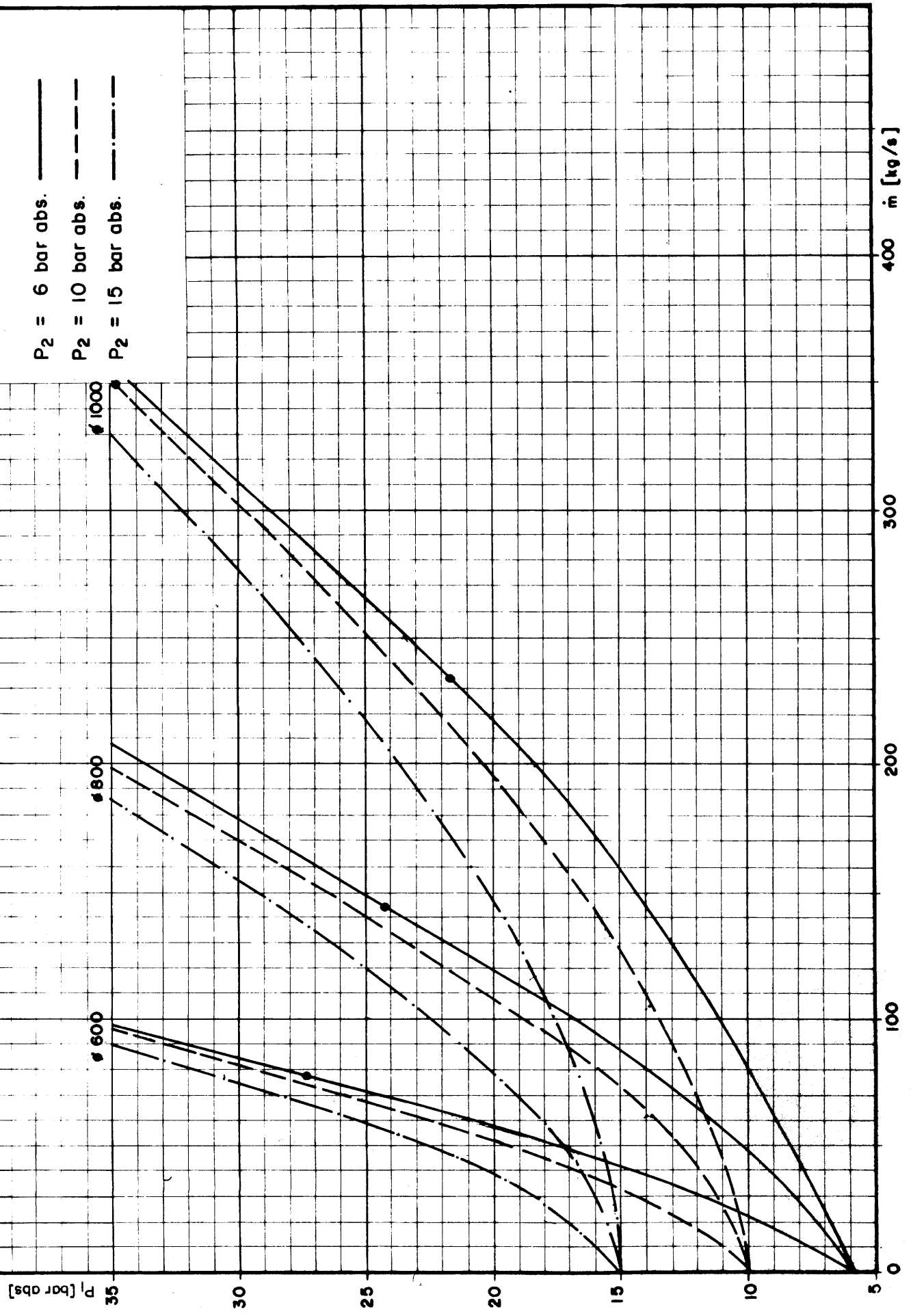
Δp GUFA:

LEIÐSLULENGD: 20 km.

Mynd: 6

PÍPUPVERMÁL : 609,6 - 812,8 - 1016,0mm.

————— $P_2 = 6$ bar abs.
 - - - - - $P_2 = 10$ bar abs.
 - · - · - $P_2 = 15$ bar abs.



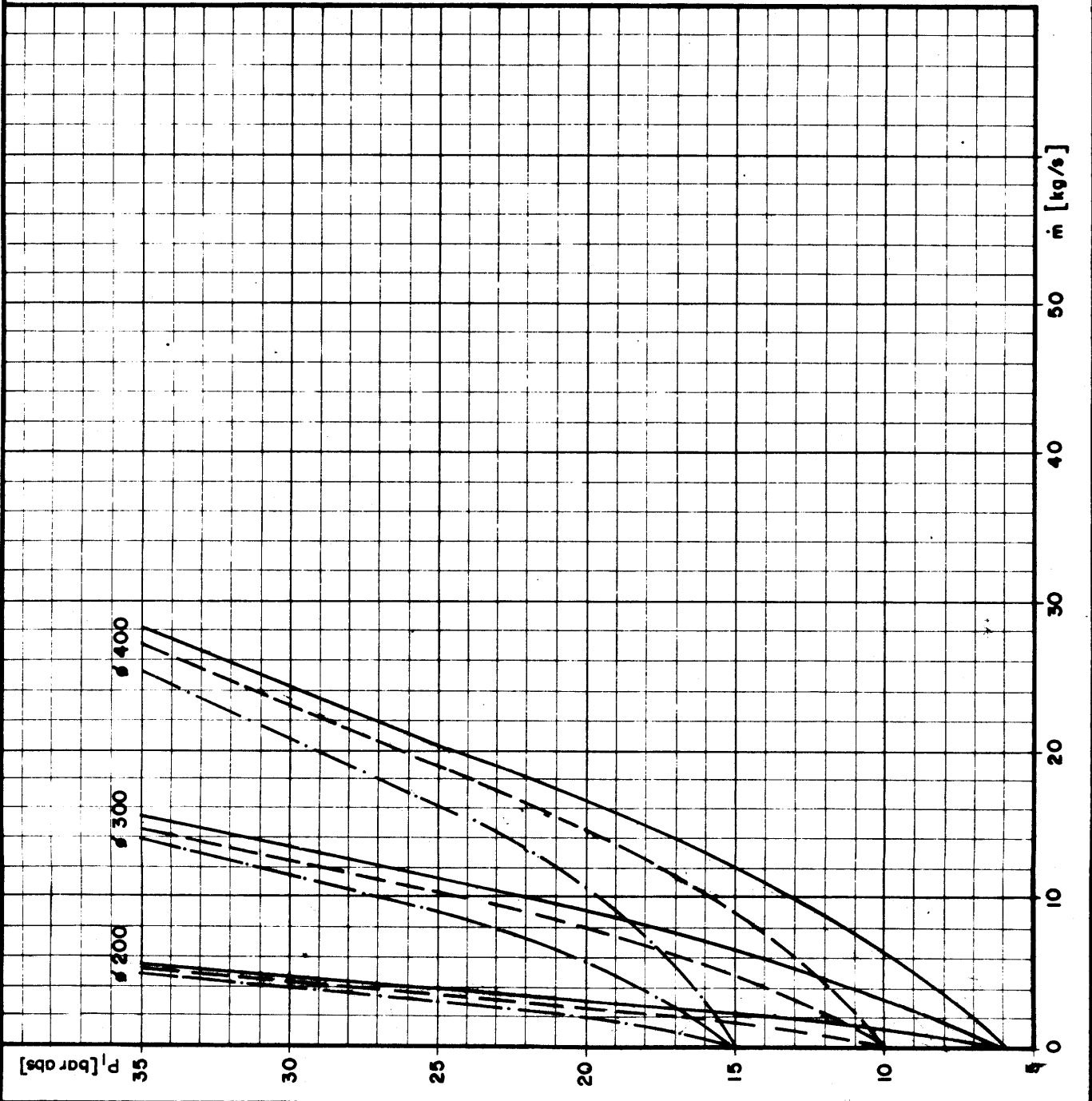
Δp GUFA:

LEIÐSLULENGD: 30 km.

Mynd: 7

PÍPUPVERMÁL: 219,1 - 323,9 - 406,4 mm.

- P₂ = 6 bar abs.
- - - P₂ = 10 bar abs.
- · - · - P₂ = 15 bar abs.



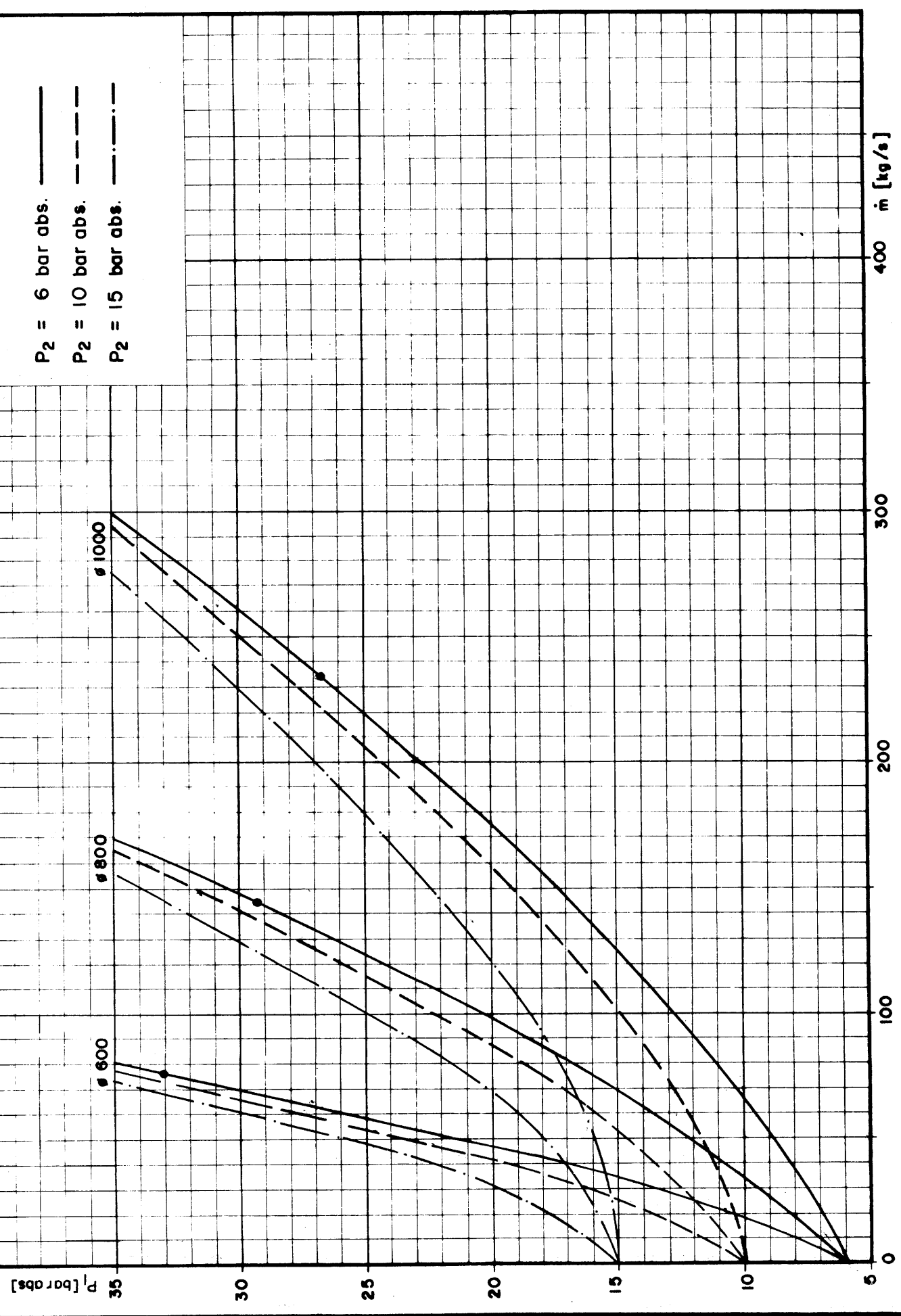
Δp GUA:

LEIÐSLULENGD: 30 km.

Mynd: 8

PÍPUPVERMÁL: 609,6 - 812,8 - 1016,0mm.

- $P_2 = 6$ bar abs.
- - - $P_2 = 10$ bar abs.
- · - · $P_2 = 15$ bar abs.

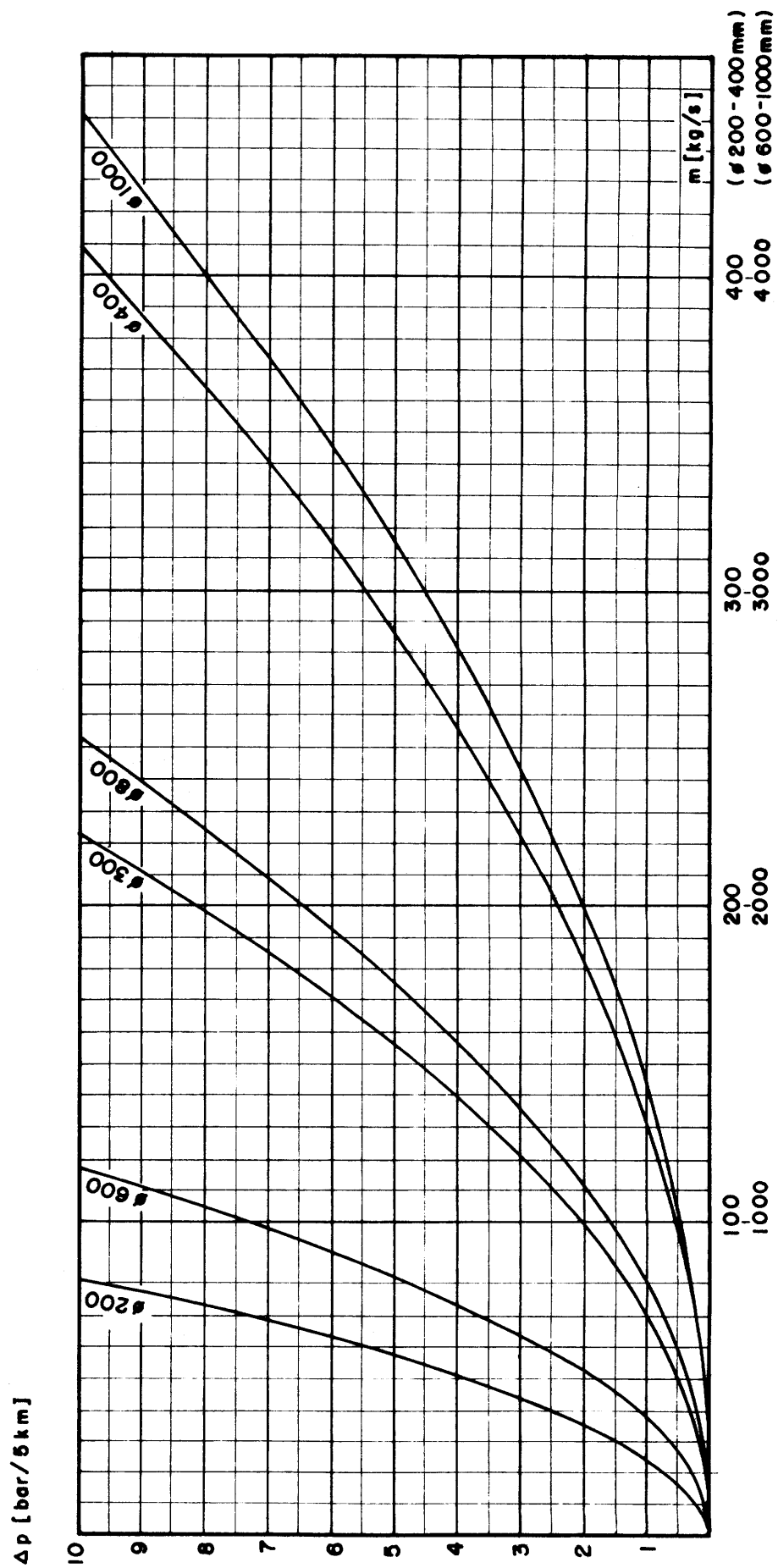


Δp VATN

LEIÐSLULENGD 5 km.

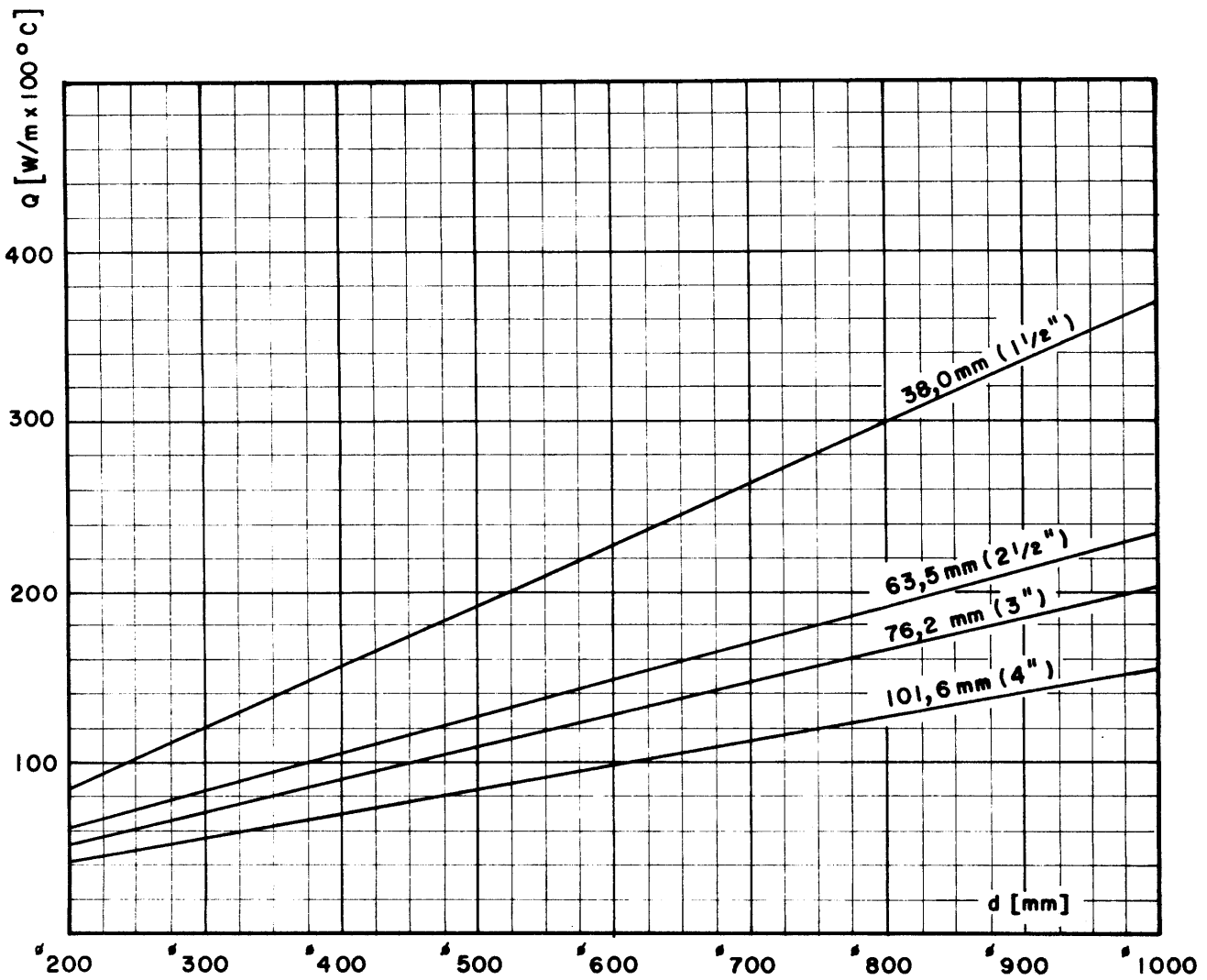
Mynd: 9

PÍPUÞVERMÁL \varnothing 219,1 - \varnothing 323,9 - \varnothing 406,4
 \varnothing 609,6 - \varnothing 812,8 - \varnothing 1016,0



VARMATAP

Mynd : 10



Álagsstuðlar:

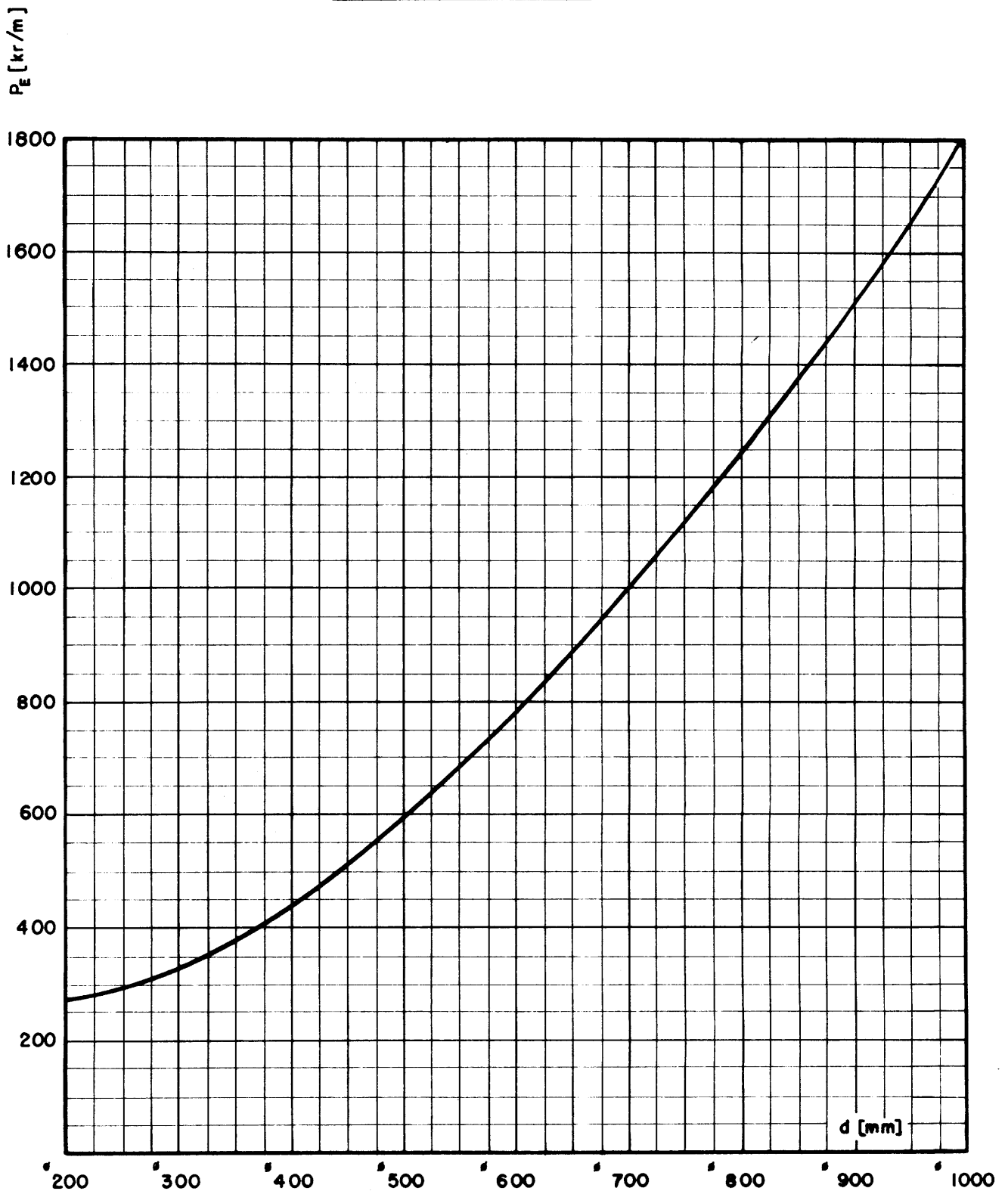
Hitastig inni í pípu	100°C - 1,00
" " "	200°C - 1,16
" " "	250°C - 1,26

Umreikningur í þéttivatnsmyndun [kg/s pr.100°C pr.km]

Hitastig inni í pípu	100°C - Q/2257
" " "	150°C - Q/2114
" " "	200°C - Q/1941
" " "	250°C - Q/1715

PÍPULÖGN - EFNI

Mynd: II

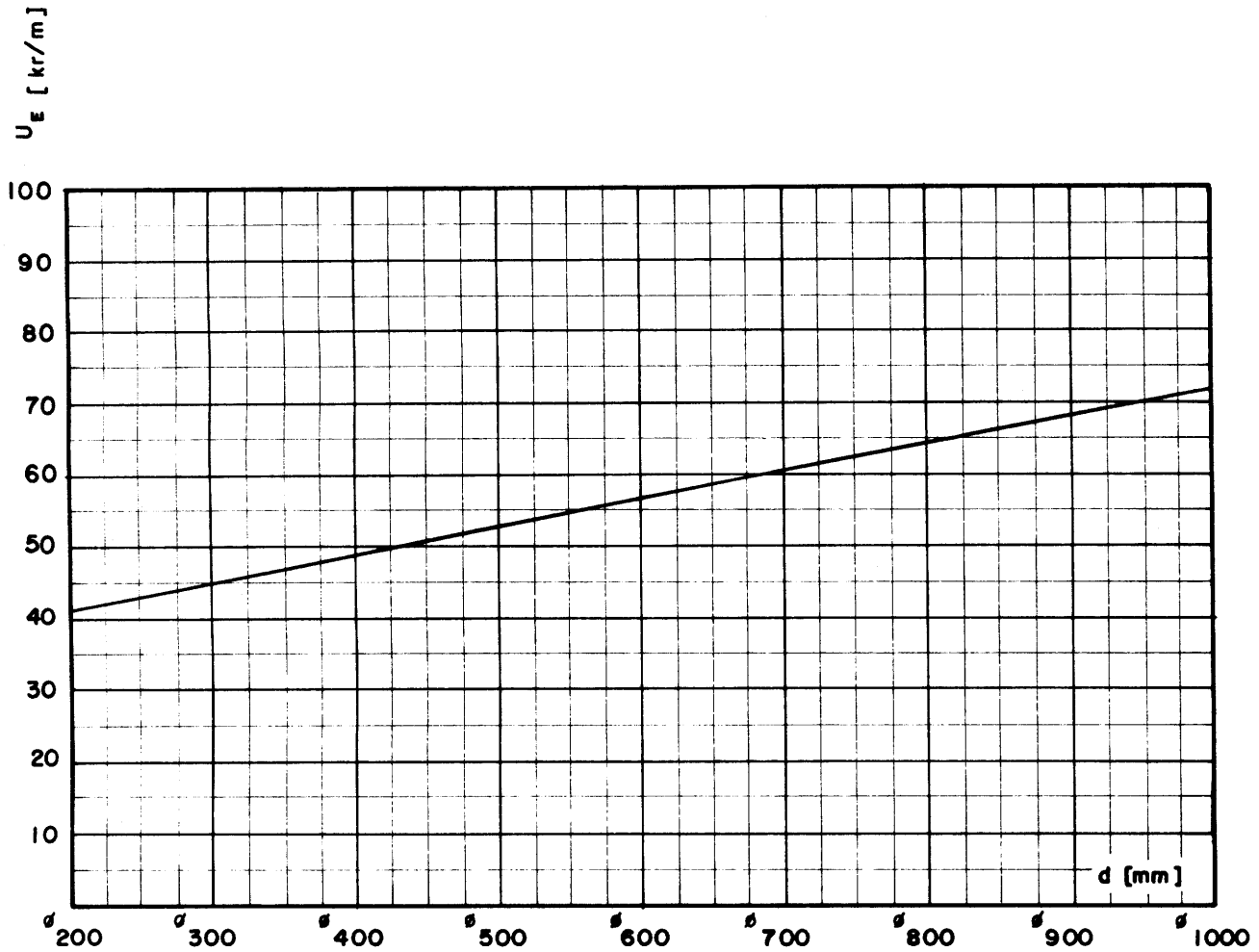


Álagsstudlar:	DIN	Prýstiprep :	16	25	40
∅ 200			1,0	1,0	1,0
∅ 300			1,0	1,0	1,25
∅ 400			1,0	1,10	1,60
∅ 600			1,0	1,25	1,75
∅ 800			1,0	1,30	1,85
∅ 1000			1,0	1,40	2,00

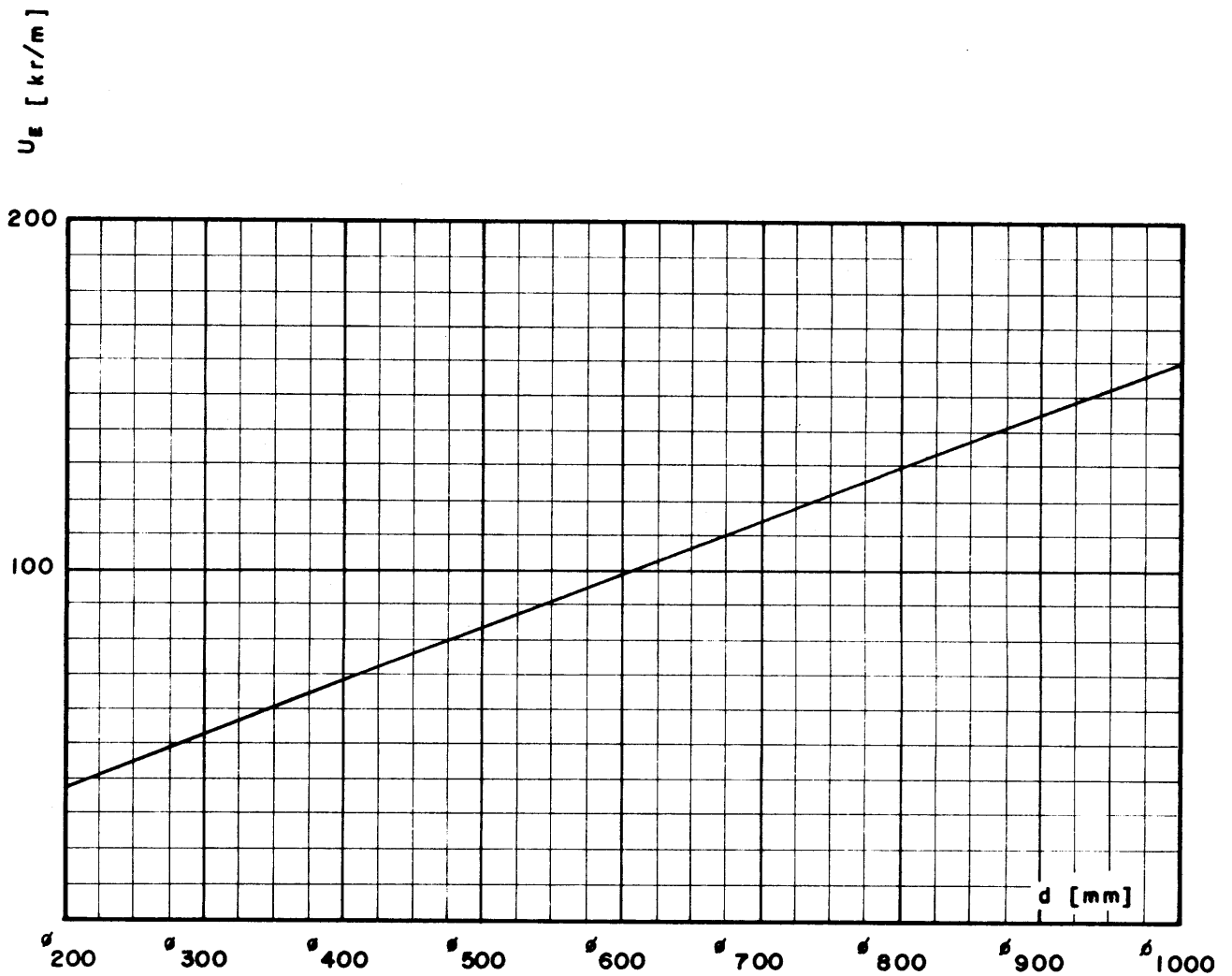
UNDIRSTÖÐUR GUFULAGNAR

Mynd: 12

EFNI

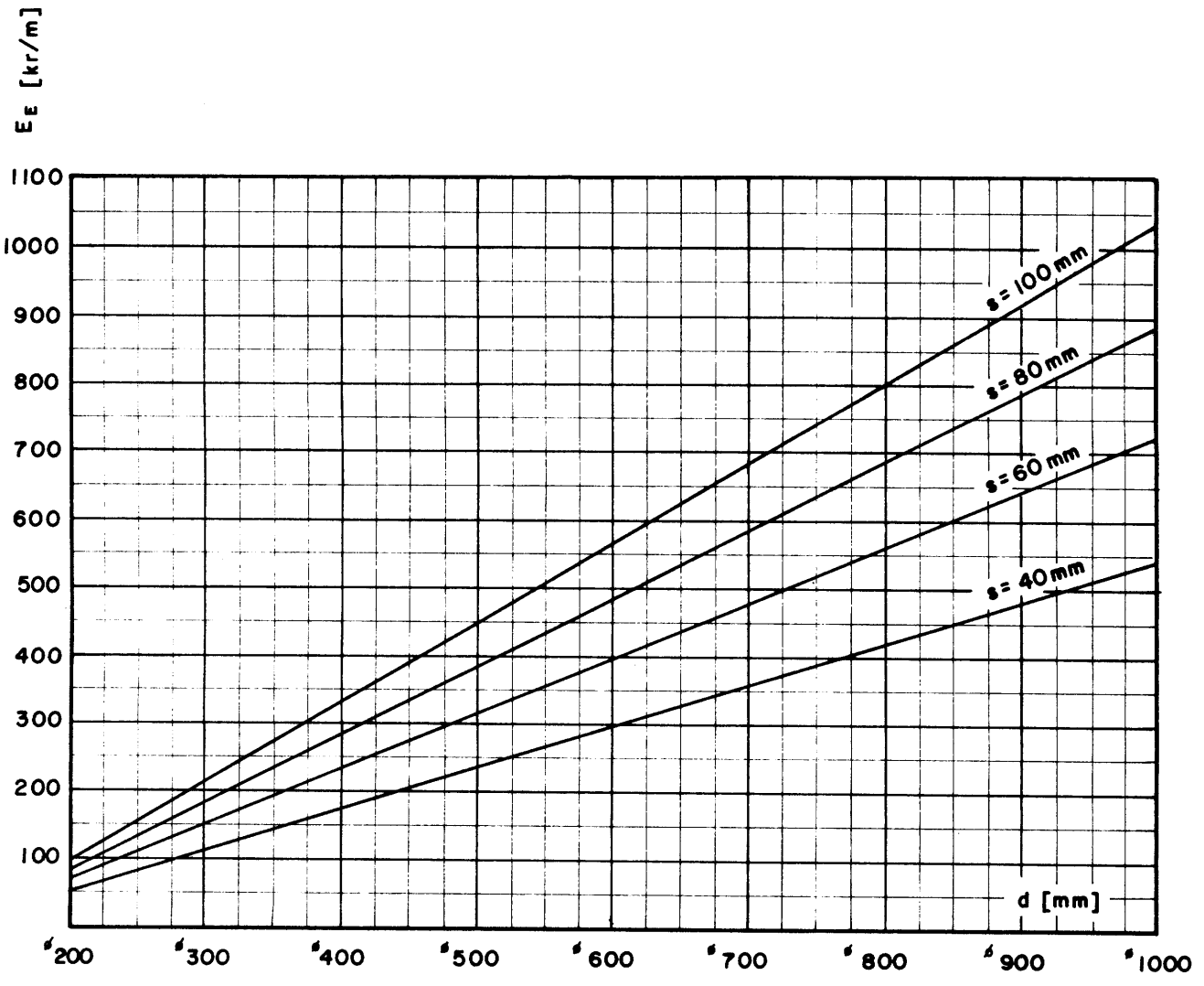


Álagsstuðlar :	DIN	Prýstiprep :	16	25	40
		∅ 200	1,0	1,0	1,0
		∅ 300	1,0	1,0	1,1
		∅ 400	1,0	1,05	1,2
		∅ 600	1,0	1,1	1,3
		∅ 800	1,0	1,15	1,4
		∅ 1000	1,0	1,2	1,5

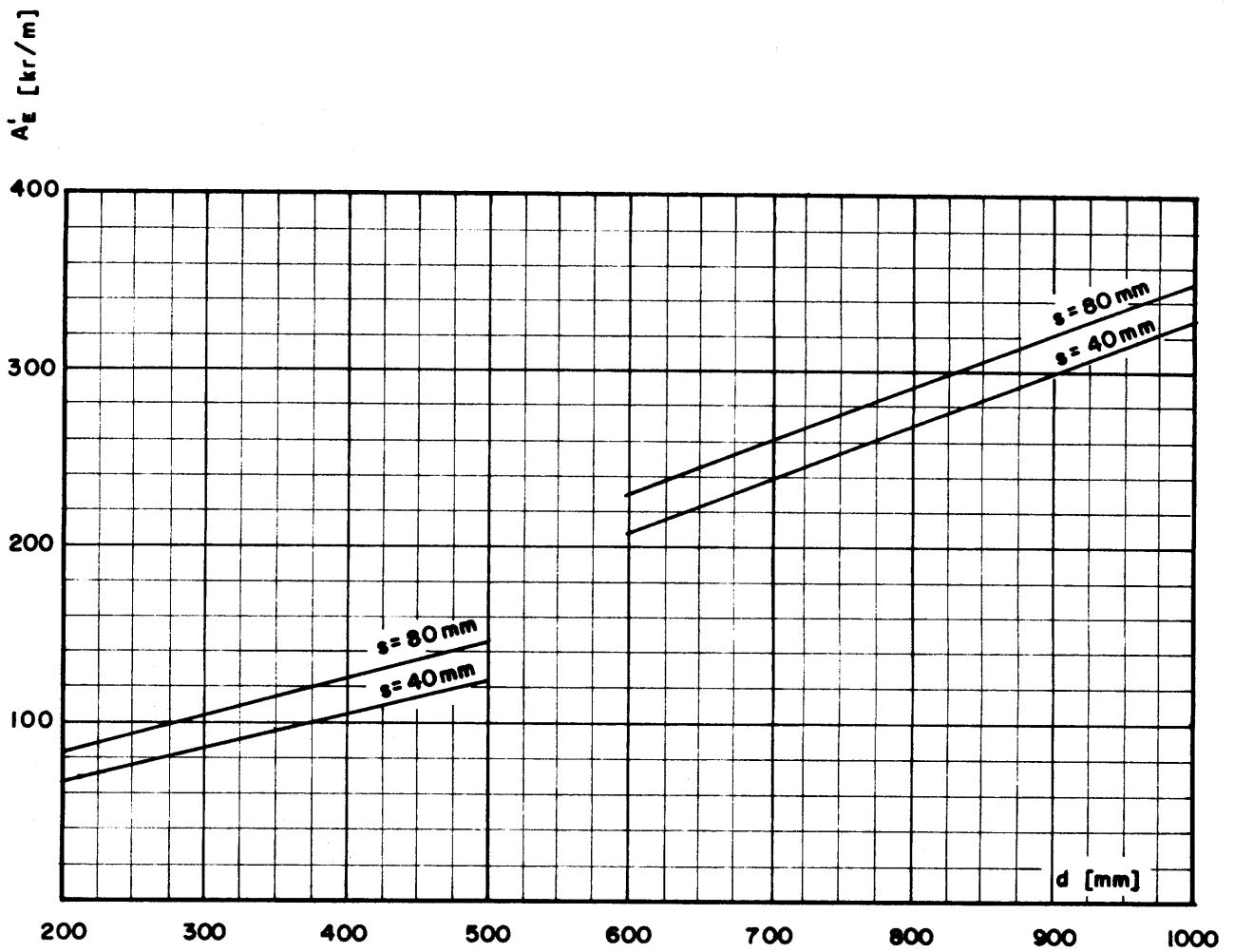
UNDIRSTÖÐUR VATNSLAGNAREFNI

Álagsstuðlar :	DIN	Prýstiprep :	16	25	40
	∅ 200		1,0	1,0	1,0
	∅ 300		1,0	1,0	1,0
	∅ 400		1,0	1,0	1,05
	∅ 600		1,0	1,05	1,1
	∅ 800		1,0	1,1	1,15
	∅ 1000		1,0	1,15	1,2

EINANGRUN - EFNI



ÁLKLÆÐNING - EFNI

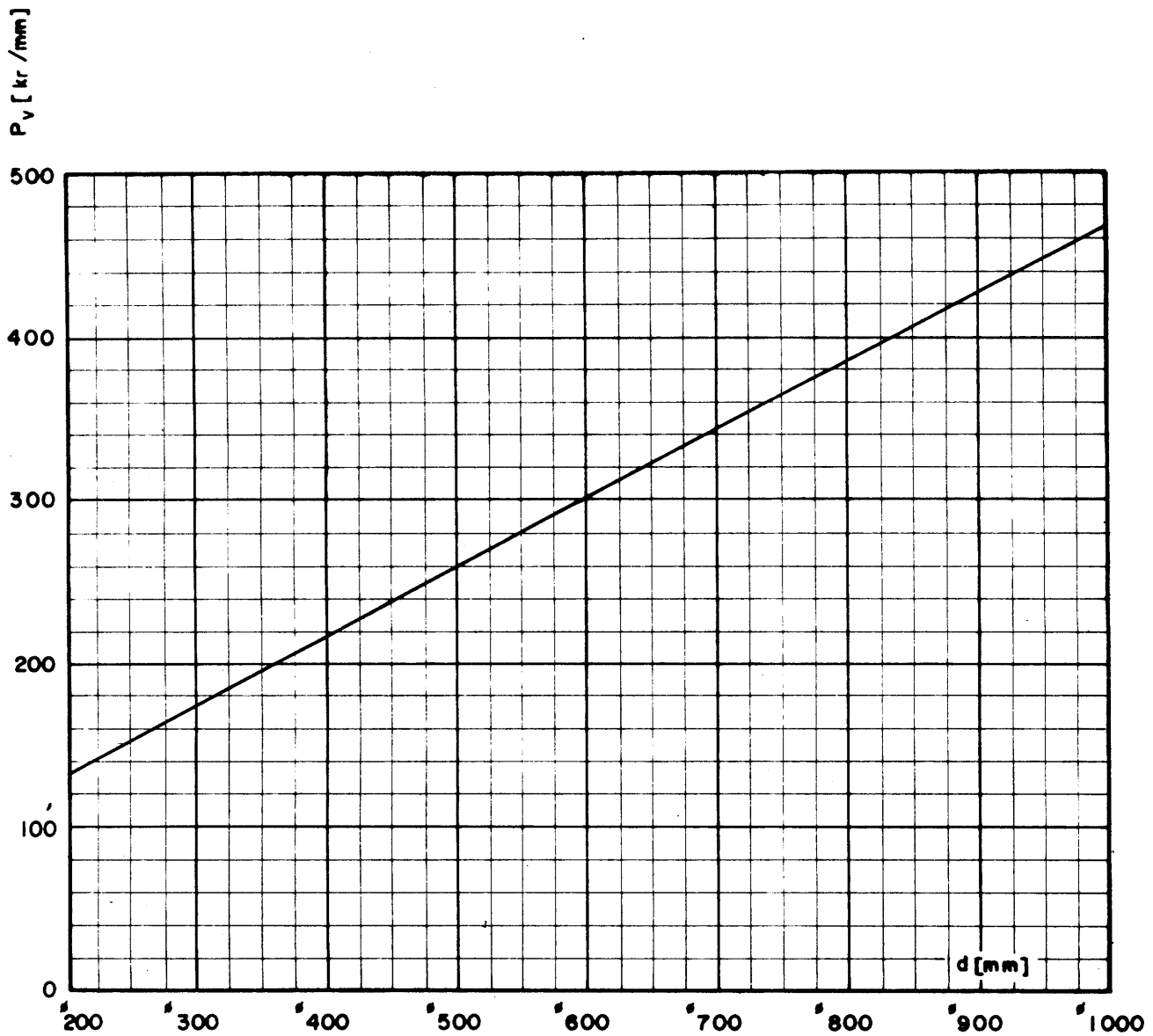


Álagsstuðlar : Litað ál - 1,14

s = einangrunarþykkt

PÍPULÖGN - VINNA

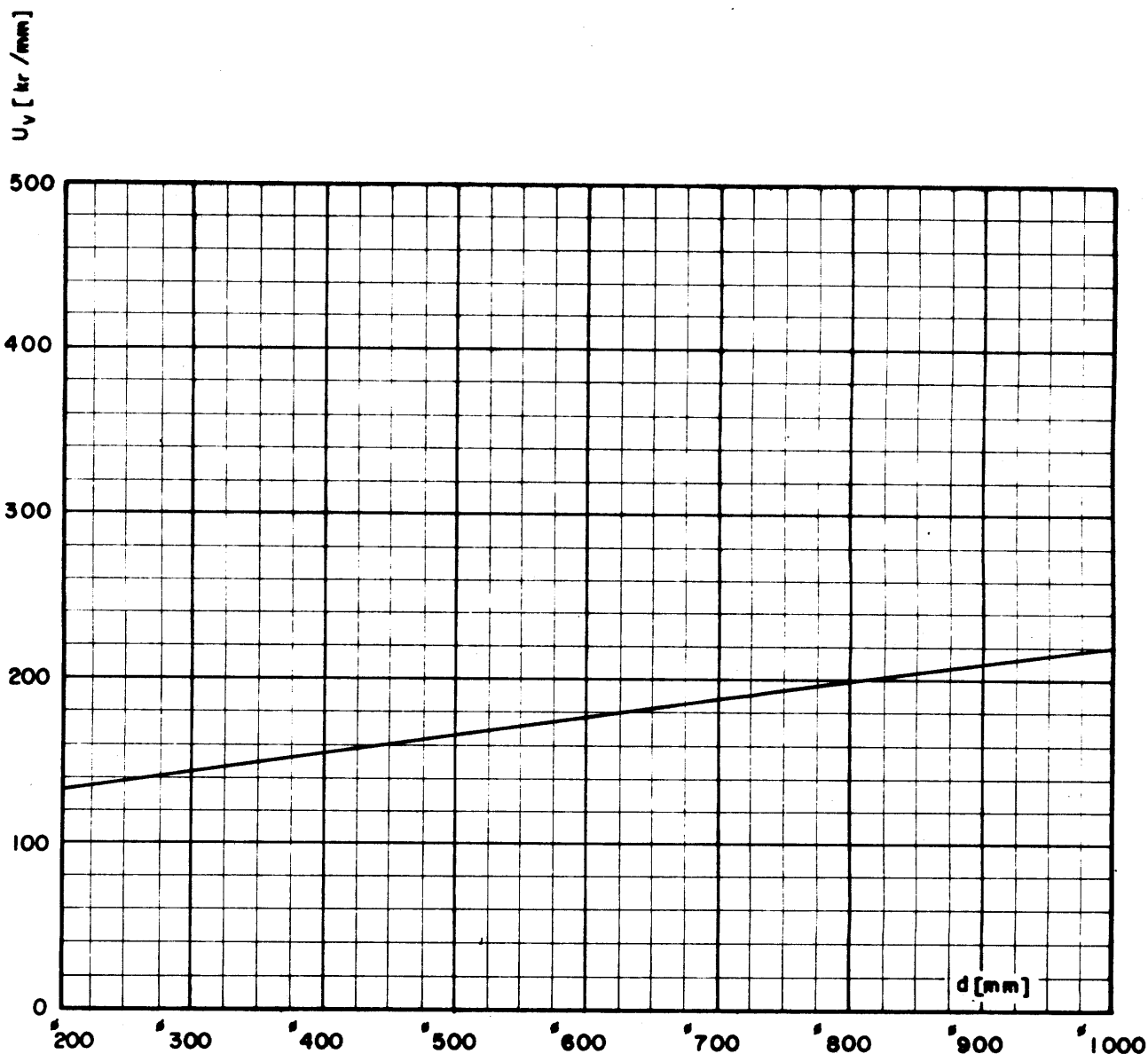
Mynd: 16



Álagsstuðlar :	Sudvesturland / sumarvinna	1,00	
	" / vetrarvinna	1,20	
	Nordurland / sumarvinna	1,15	- / 3
	" / vetrarvinna	1,45	

DIN	Prýstiprep :	16	25	40
	ø 200	1,0	1,0	1,0
	ø 300	1,0	1,0	1,025
	ø 400	1,0	1,025	1,05
	ø 600 - ø 1000	1,0	1,05	1,20

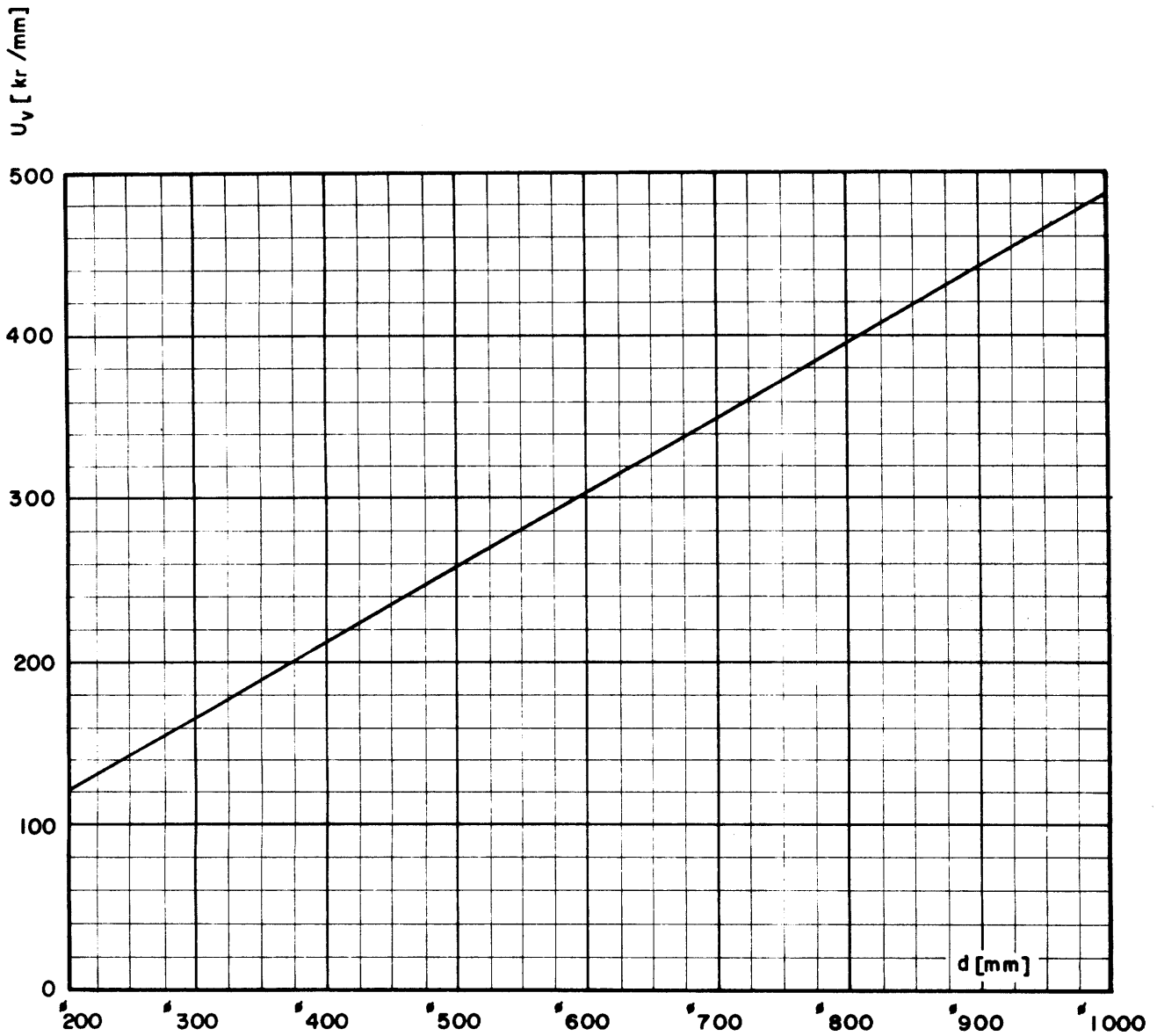
UNDIRSTÖÐUR GUFULAGNAR
VINNA



Álagsstuðlar :	Sudvesturland / sumarvinna	1,00	
	" / vetrarvinna	1,05	
	Nordurland / sumarvinna	1,03	107
	" / vetrarvinna	1,10	

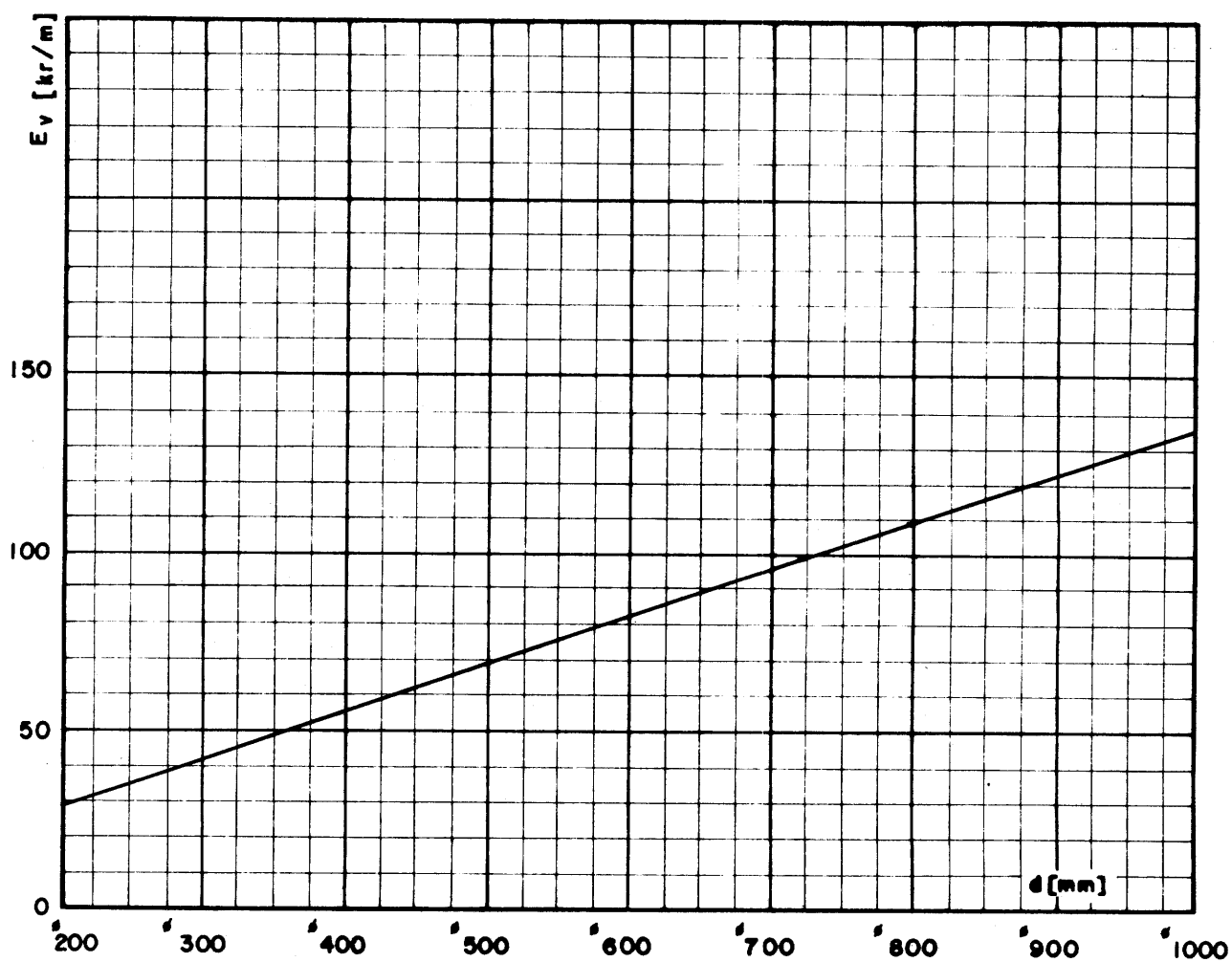
DIN	Prýstiprep :	16	25	40
	ø 200	1,0	1,0	1,0
	ø 300	1,0	1,0	1,025
	ø 400	1,0	1,025	1,05
	ø 600 - ø 1000	1,0	1,05	1,20

UNDISTÖÐUR VATNSLAGNAR
VINNA



Álagsstuðlar :	Suðvesturland / sumarvinna	1,00
	" / vetrarvinna	1,05
	Norðurland / sumarvinna	1,03
	" / vetrarvinna	1,10

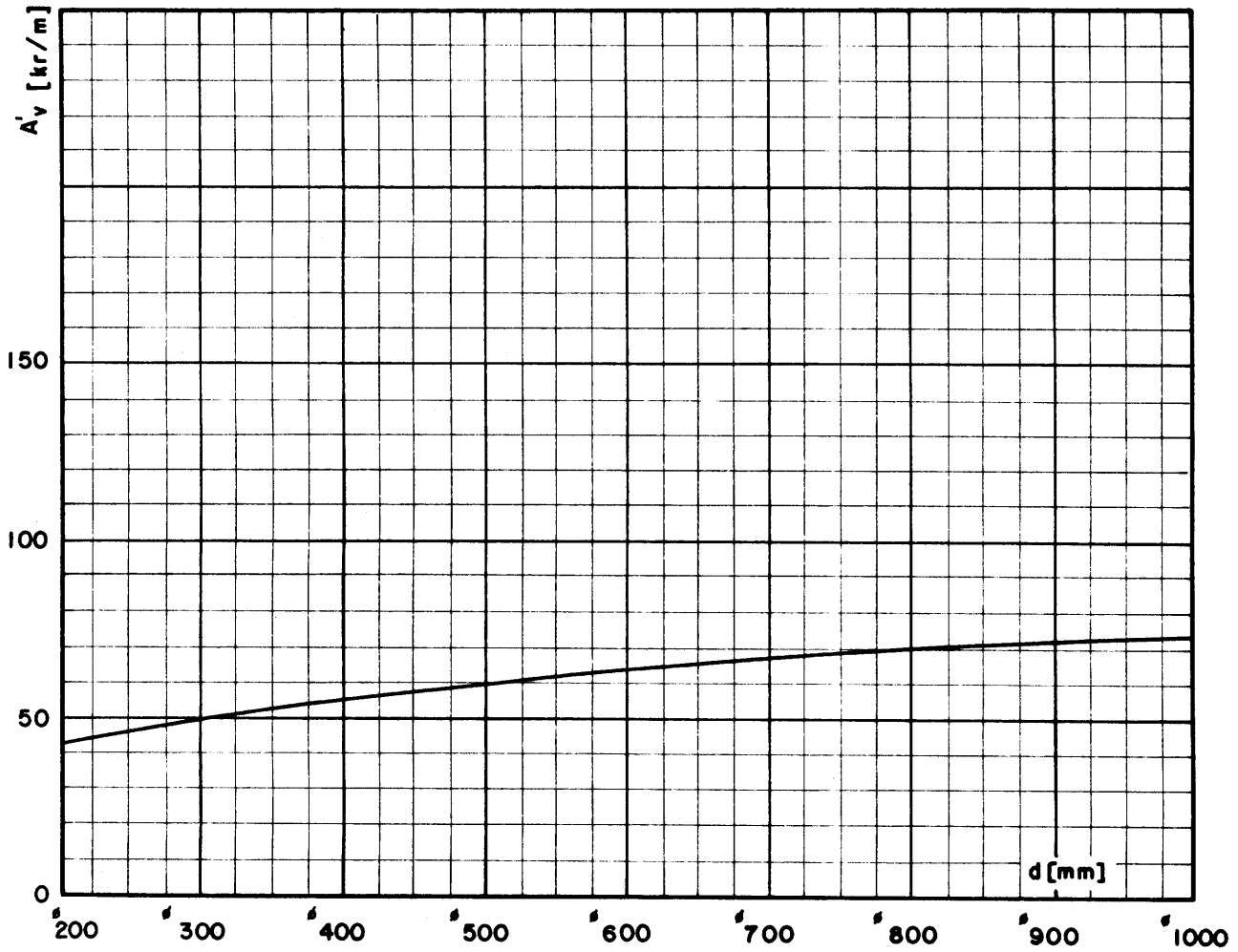
DIN	Prýstiprep :	16	25	40
	\varnothing 200	1,0	1,0	1,0
	\varnothing 300	1,0	1,0	1,0
	\varnothing 400	1,0	1,0	1,02
	\varnothing 600 - \varnothing 1000	1,0	1,02	1,10

EINANGRUN - VINNA

Álagsstuðlar :	Suðvesturland / sumarvinna	1,00
	" / vetrarvinna	1,20
	Norðurland / sumarvinna	1,15
	" / vetrarvinna	1,45

1,3

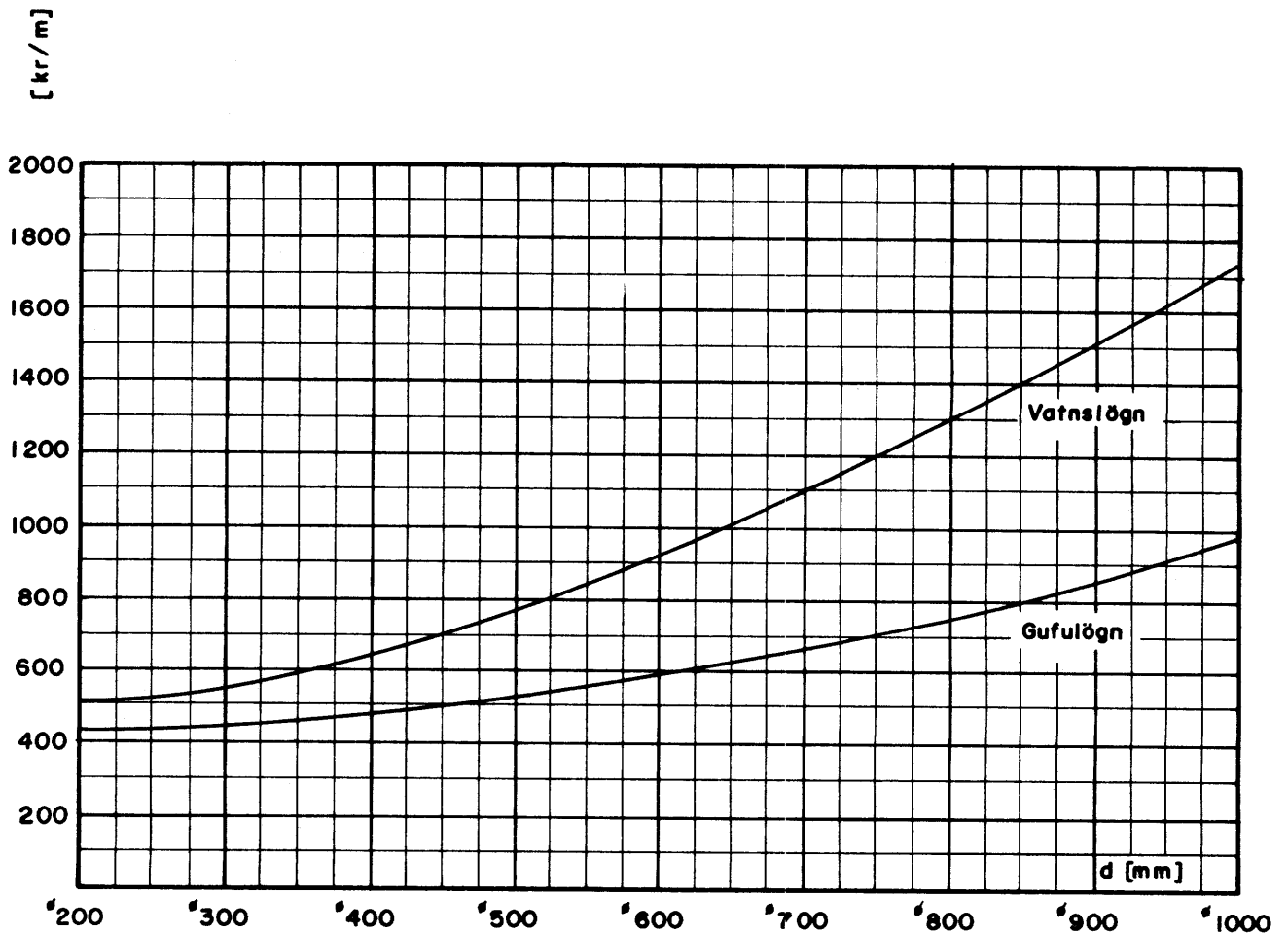
ÁLKLÆÐNING - VINNA



Álagsstuðlar :	Sudvesturland / sumarvinna	1,00
	" / vetrarvinna	1,10
	Nordurland / sumarvinna	1,15
	" / vetrarvinna	1,30 ^{1,25}

STEYPTAR UNDIRSTÖÐUR OG FESTUR
JARÐVINNA OG VEGAGERÐ
EFNI OG VINNA

Mynd : 21



Vegarslóði - 80 kr/m

Álagsstuðlar :	Suðurland /sumarvinna	1,0
	" /vetrarvinna	1,1
	Norðurland/sumarvinna	1,1
	" /vetrarvinna	1,25
	Góð jarðvegsskilyrði	0,7
	Meðal "	1,0
	Slæm "	1,6

> 1,83

VIÐAUKI

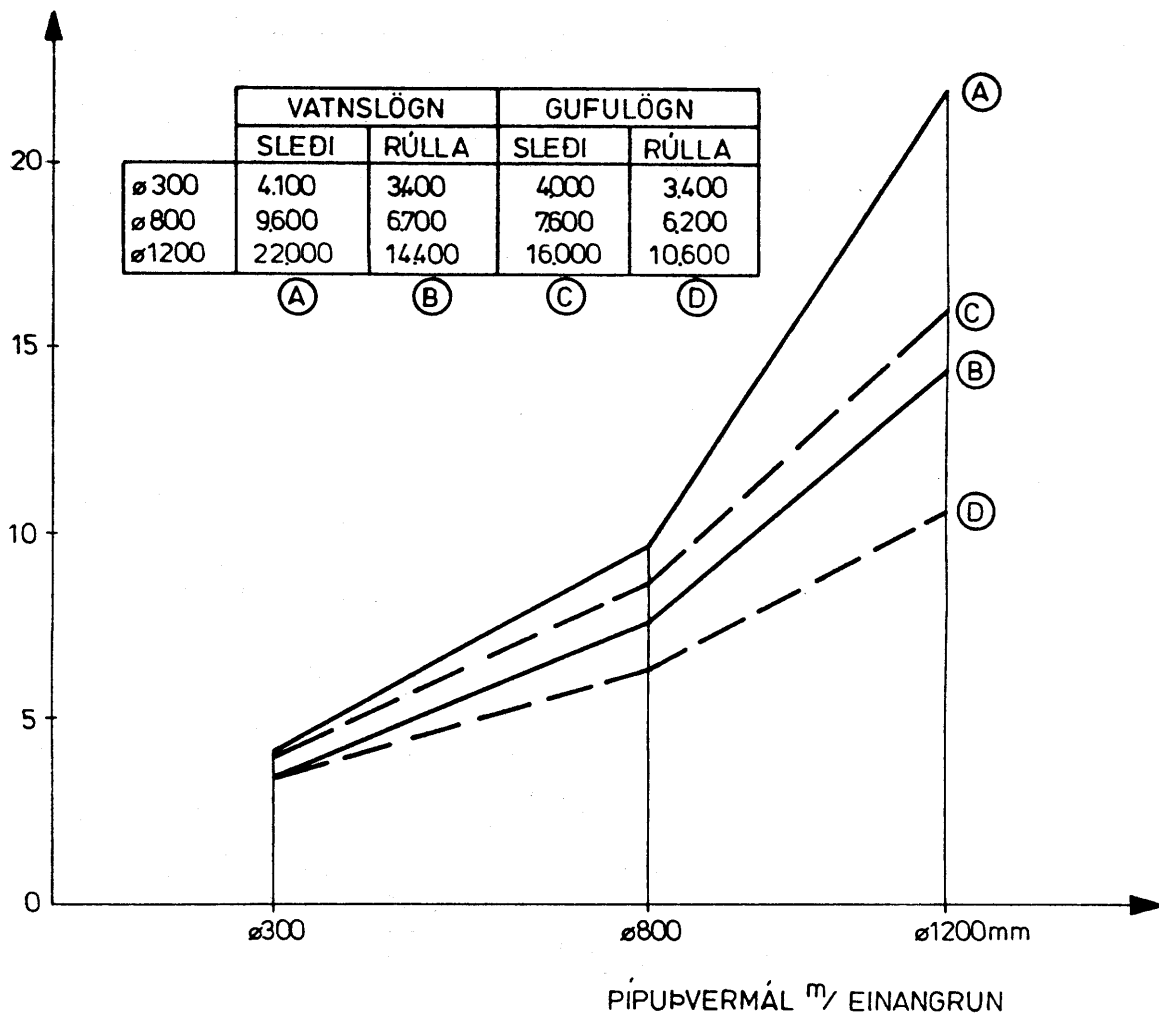
F J A R V A R M A F L U T N I N G U R

KOSTNAÐARATHUGUN Á UNDIRSTÖÐUM OG
FESTUM FYRIR STÁLPIPUR

PÍPUUNDIRSTÖÐUR

ÁÆTLADUR KOSTNAÐUR
VERÐLAG Í MAÍ 1982

ÞÚS. kr.
stk.



FYRIR:	MARGFALDAST MEÐ:
BESTU JARÐVEGSSKILYRÐI	0.7
MEDAL JARÐVEGSSKILYRÐI	1.0
SLÆM JARÐVEGSSKILYRÐI	1.6
SV.- LAND, SUMARVINNA	1.0
SV.- LAND, VETRARVINNA	1.1
N.- LAND, SUMARVINNA	1.1
N.- LAND, VETRARVINNA	1.25

FJARVARM AFLUTNINGUR

PÍPUUNDIRSTÖÐUR

FJARHITUN hf

YERKFRÆÐISTOFA
ÁLFAMYRI 9
105 REYKJAVÍK
SÍMI 82322



HANNAÐ
1977

TEIKNAD
BG

SAMP.
R. R.

ÞASS
8205 28

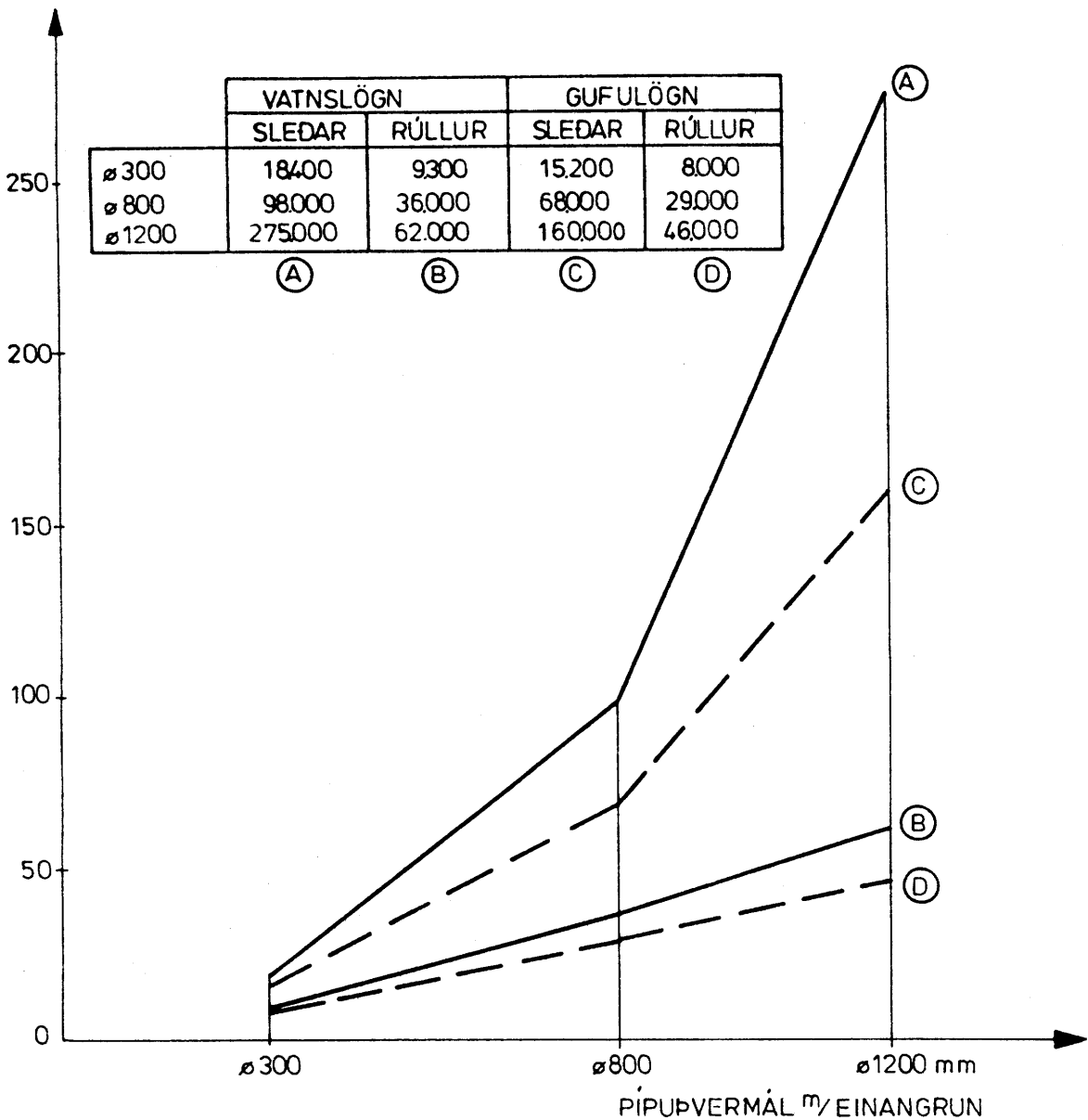
KVARNI

NR. 773-01

FESTUR

ÁÆTLAÐUR KOSTNAÐUR
VERÐLAG Í MAÍ 1982

ÞÚS. kr.
stk.



FYRIR:	MARGFALDAST MEÐ
BESTU JARÐVEGSSKILYRÐI	0.7
MÉÐAL JARÐVEGSSKILYRÐI	1.0
SLÆM JARÐVEGSSKILYRÐI	1.6
SV- LAND, SUMARVINNA	1.0
SV- LAND, VETRARVINNA	1.1
N- LAND, SUMARVINNA	1.1
N LAND, VETRARVINNA	1.25

FJARVARMAFLUTNINGUR
FESTUR

FJARHITUN hf
VERKFRÆÐISTOFA
ALFTANÝRI 9
105 REYKJAVÍK
SÍMI 82322

Reikniforsendur

Reiknaðar eru nauðsynlegar stærðir á pípuundirstöðum fyrir eftirfarandi tilfelli:

Pípuundirstaða, festa.

Pípustærð 300, 800 og 1200 mm.

Vatnslögn, gufulögn.

Sleði, rúlluundirstaða.

Góður jarðvegur (hraun), meðal jarðvegur (sandur).

(Alls $2 \times 3 \times 2 \times 2 \times 2 = 48$ gerðir).

Fyrir hverja gerð eru athuguð 3 álagstilfelli,

- 1) Mesta eiginþyngd,
jarðskjálfti $0,27$ x eiginþyngd þvert á pípu,
sleðaviðnám í pípustefnu,
($0,4$ x eiginþyngd fyrir sleða, $0,1$ x ep. fyrir rúllu).
- 2) Minnsta eiginþyngd,
vindálag þvert á pípu,
($cqA = 0,7$ (formstuðull) x $1,4 \text{ kN/m}^2$ (grunnildi, aðst. B)
x pípuþvermál x 10 m),
sleðaviðnám í pípustefnu.
- 3) Mesta eiginþyngd,
vindálag þvert á pípu,
sleðaviðnám í pípustefnu.

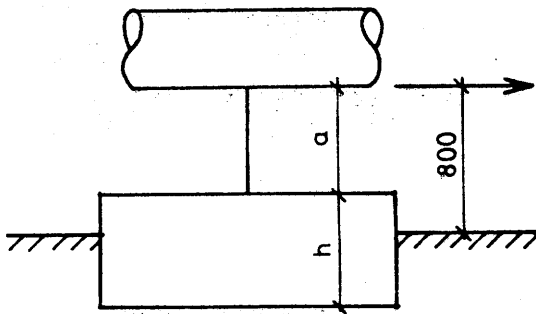
Reiknað er með tvenns konar jarðvegsskilyrðum,

- 1) Hraun með skriðhorn 45° ,
þurr/vot/mettuð rúmpyngd $14/16/17 \text{ kN/m}^3$.
Grunnvatnsborð djúpt í jörð.
- 2) Sandur með skriðhorn 38° ,
þurr/vot/mettuð rúmpyngd $17/19/20 \text{ kN/m}^3$.
Grunnvatnsborð við botn undirstöðu.

Lögun undirstöðu/festu: Rétthyrndur kassi.

Hæðarafstaða:

Undirstöður:



a = 600

h = 600 (Ø 300, Ø 800)

h = 800 (Ø 1200)

Festur:

a = 300

h = 1000 (Ø 300)

h = 1500 (Ø 800, Ø 1200 rúlla)

h = 2000 (Ø 1200 sleði)

Kostnaðarforsendur

Í verði undirstöðu/festa er reiknað með eftirfarandi einingarverðum:

Steypa	1700 kr/m ³
Mót	400 kr/m ²
Járn	18 kr/kg.

Jarðvinna við bestu aðstæður er reiknuð samkvæmt reynslutölum úr Svartsengi sem 25% af verði undirstöðu + vegarlagning 65 kr/m.

Jarðvinna við slæmar aðstæður er áætluð með hliðsjón af hlutfallslegum jarðvinnukostnaði við aðveituzæð Hitaveitu Akureyrar.

Kostnaður við meðalaðstæður er reiknaður út frá bestu aðstæðum í hlutfallinu 1,0/0,7.

(Athuga ber að stuðullinn 1,6 fyrir erfiðar aðstæður gefur samsvörun við aðstæður Hitaveitu Akureyrar fyrir meðalstórar pípur. Fyrir sömu aðstæður ætti stuðullinn hins vegar að vera hærri fyrir minni pípur, en lægri fyrir stærri pípur, t.d. 1,8 fyrir minnstu undirstöður, 1,4 fyrir stærstu festur).

Fæði og gisting reiknast 10% ofan á annan kostnað.

Margföldunarstuðlar fyrir staðsetningu/árstíma

Á vinnulið komi eftirfarandi stuðlar:

SV-land, sumar	1,0
SV-land, vetur	1,2
N-land, sumar	1,15
N-land, vetur	1,45

Vinna er u.þ.b. 50% af heildarverði.

Á heildarverð komi þá eftirfarandi stuðlar:

SV-land, sumar	1,0	
SV-land, vetur	$1 + 0,5 \times 0,2 =$	1,1
N-land, sumar	$1 + 0,5 \times 0,15 =$	1,08 → 1,1
N-land, vetur	$1 + 0,5 \times 0,45 =$	1,23 → 1,25