



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild



Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf.
Verkfræðiráðgjafar FRV

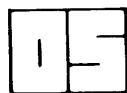
VIRKJANALÍKAN ORKUSTOFNUNAR

Hefti IV: Smávirkjanir

Fylgiskjöl 35-41

OS-87037/VOD-03

Reykjavík, september 1987



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík



Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf.
Verkfræðiráðgjafar FRV

VIRKJANALÍKAN ORKUSTOFNUNAR

Hefti IV: Smávirkjanir
Fylgiskjöl 35-41

OS-87037/VOD-03
Reykjavík, september 1987

FORMÁLI

Á árunum 1983 til 1985 var unnið að gerð hönnunar- og kostnaðarforsendna fyrir áætlanagerð um vatnsaflsvirkjanir. Niðurstöður birtust í skýrslunni "VIRKJANALÍKAN ORKUSTOFNUNAR", hefti I og II, desember 1985. Markmiðið var, að unnt væri að bera saman virkjunarkosti með hóflegum tilkostnaði, áður en ráðizt yrði í kostnaðarsamari undirbúning og áætlanagerð.

Upprunalega miðuðust allar áætlanir við verðlag og gengi í desembermánuði 1983, en snemma árs 1986 voru forsendur endurskoðaðar miðað við verðlag í desember 1985. Niðurstöður birtust í skýrslunni "VIRKJANALÍKAN ORKUSTOFNUNAR", hefti III, september 1986.

Gildissvið umræddra forsendna takmarkaðist við stórar virkjanir, þ.e. vélasamstæður um það bil 30 MW og stærri, og hönnunarfali yfir 30 m.

Um það bil 9 af hundraði núverandi orkuvinnslu í vatnsorkuverum er í eiginlegum smávirkjunum (<10 MW), en áætlanir um nýtanlega vatnsorku á Íslandi eru enn ekki svo ítarlegar, að af þeim megi draga beinar ályktanir um hlut smávirkjana í heildarorkuvinnslunni þegar upp er staðið. Líklegt er þó, að hann verði hlutfallslega um það bil hinn sami og nú eða nálægt 3000 GWh/a.

Við eðlilegar aðstæður ætti hlutur smávirkjana að fara minnkandi frá því sem hann er nú, en aukast síðan undir lokin, þegar vatnsorka verður um það bil fullnýtt. Vegna sérstakra aðstæðna má þó ætíð gera ráð fyrir smávirkjunum, svo sem þegar þær gætu sparað umtalsverðar upphæðir í línulögnum eða styrkingum á meginflutningskerfi. Á það e.t.v. ekki sízt við á tímum hægfare aukningar á orkupörf eins og nú er spáð framundan.

Vegna þessa er nú talið æskilegt, að fyrir liggi hugmyndir um slíkar virkjanir og áætlaðan kostnað við að byggja þær. Að vísu eru til þess konar hugmyndir frá fyrri tíð, en áætlanir þarf að endurskoða með tilliti til núverandi verðlags og breyttra hönnunarforsendna að öðru leyti, svo sem breyttra viðhorfa til umhverfisverndunar.

Markmið með eftirfarandi greinargerð er að unnt verði að áætla virkjanir á bilinu 1 til 20 MW með hönnunarfalið allt niður í 10 m á tiltölulega einfaldan hátt. Gerð er grein fyrir sérstökum kostnaðarjöfnum sem gilda eiga um slíkar virkjanir. Að öðru leyti er vísað í upprunalegt líkan, en kostnaðarjöfnur þess hafa verið endurskoðaðar miðað við verðlag í desember 1986 (sjá bls. 11).

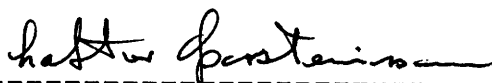
Þáttur í undirbúningi að gerð kostnaðarforsendna fyrir smávirkjanir var áætlun um stofnkostnað þriggja smávirkjana í eigu RARIK og endurskoðun á líklegum stofnkostnaði nokkurra annarra, þar sem byggt er á eldri áætlunum. Niðurstöður er að finna í meðfylgjandi fylgiskjali 35, þar sem einnig er gerð grein fyrir endurskoðun á áætluðum stofnkostnaði starfræktra, nýrra og fyrirhugaðra virkjana fyrir LV.

Í tengslum við áætlanagerð um smávirkjanir fyrir RARIK var aflað bráðabirgðatilboða í vélbúnað. Með hliðsjón af þeim voru samdar forsendur fyrir áætlun kostnaðar við vélbúnað smávirkjana, sem gerð er grein fyrir í fylgiskjali 36.

Til fróðleiks fylgir einnig hér með umfjöllun um málefni tengd virkjunarathugunum, sem ástæða hefur þótt til að endurskoða eða fjalla frekar um síðan síðasta hefti "VIRKJANALÍKANS OS" birtist (fylgiskjöl 37 til 39) og í fylgiskjali 40 er gerð grein fyrir áætlaðri mannaflapörf við virkjunarframkvæmdir.

Loks er fjallað um líklegan stofnkostnað þrýstivatnspípa í fylgiskjali 41. Að því er varðar stálpípur koma þar tilgreindar jöfnur í stað eldri jafna í I. hefti Virkjanalíkans OS, bls. 22.

VST hf.



Loftur Þorsteinsson

VIRKJANALÍKAN OS. SMÁVIRKJANIR

Efni	bls.
FORMÁLI	i
I. INNGANGUR	2
II. STÍFLUR	3
Stíflugerðir	3
Alstíflur	3
Yfirfallsstíflur	4
III. VATNSVEGIR	6
Vatnsvegagerðir	6
Stálpípur	6
Trépípur	7
IV. STÖÐVARHÚS OG VÉLBÚNAÐUR	8
Stöðvarhús	8
Vélar og rafbúnaður	8
V. ÖNNUR MANNVIRKI	9
Botnrásir	9
Stöðvarinntak	9
Vegagerð	9
Stöðvarbyggð	9
Vatnsvarnir	9
Verkkaupakostnaður	9
Virkjanalíkan OS. Leiðréttingaskrá 2	10
Kostnaðarjöfnur. Verðlag í desember 1986	11

FYLGISKJÖL

35. Stofnkostnaður á verðlagi í desember 1986.
36. Stofnkostnaður véla og rafbúnaðar.
37. Þvermál fallganga.
38. Orkuverð á verðlagi í desember 1986.
39. Spá um orkuvinnslu í vatnsorkuverum.
40. Mannaflapörf við virkjunarframkvæmdir.
41. Athuqun á stofnkostnaði þrýstivatnspípna.

I. INNGANGUR

Eftirfarandi hönnunar- og kostnaðarforsendur eru samdar sem viðbætur og breytingar á upprunalegum forsendum, sem birtust í greinargerð frá desember 1985 "VIRKJANALÍKAN ORKUSTOFNUNAR", hefti I og II.

Markmiðið er að geta á einfaldan hátt áætlað líklegan kostnað líttilla virkjana með aflri á bilinu $1 \leq N \leq 20$ MW og hönnunarfalhæð allt niður í 10 m.

Tilgreindur kostnaður miðast við verðlag og gengi í desembermánuði 1986 og hlutur ófyrirséðs kostnaðar í verktakakostnaði reiknast 20 af hundraði. Er þetta sama hundraðstala og reiknað var með í upprunalegum forsendum frá 1985, en hún miðast við tiltölulega ófullkomnar upplýsingar um aðstæður.

Verkkaupakostnaður reiknast til jafnaðar 37 af hundraði verktakakostnaðar eins og við stærri virkjanir. Við mat á kostnaði við minni virkjanir er hér e.t.v. vel í lagt, þar sem styttri byggingartími ætti t.d. að leiða af sér lægri fjármagnskostnað en ella. Á móti kemur, að hönnunar- og umsjónarkostnaður er líklega að öðru jöfnu nokkuð herra hlutfall af verktakakostnaði við litlar virkjanir en stórar.

II. STÍFLUR

Stíflugerðir

Við smávirkjanir er greint milli tvennskonar stíflugerða, hefðbundinna stíflna og smástíflna. Með hefðbundnum stíflum er hér átt við samskonar stíflur og við stærri virkjanir og eru þá gerðar strangari öryggiskröfur en við smástíflur. Smástíflur teljast að jafnaði þær stíflur, þar sem mesta stífluhæð er innan við 10 m, en að öðru leyti þarf hverju sinni að meta hvora stíflugerðina skuli nota. Kemur þá helzt til álita áhætta við stíflubrot að því er varðar mannlíf og eignatjón, en einnig kostnaður við að endurbyggja stífluna ef hún brestur.

Hefðbundnar stíflur eru áætlaðar samkvæmt forsendum í VIRKJANALÍKANI OS Hefti I (hér á eftir nefnt VOS I) bls. 10 til 12, en hér verður fjallað um forsendur fyrir gerð smástíflna.

Alstíflur

Í yfirlitsáætlunum er gert ráð fyrir að allar alstíflur séu jarðstíflur.

Smástíflur eru áætlaðar samkvæmt eftirfarandi forsendum:

Breidd stíflukrónu reiknast,

$$b = 4 \text{ m} \quad (h_{\max} \leq 10 \text{ m})$$

Hæð stíflukrónu reiknast,

$$H_k = H_y + h_a + 2, \text{ m y.s. ,}$$

þar sem H_y er yfirfallshæð og h_a ákvarðast samkvæmt tilgreindum jöfnum á bls. 11 í VOS I að öðru leyti en því að h_a reiknast minnst einn metri í stað tveggja.

Heildarrúmmál stíflufyllingar reiknast þannig,

$$V_J = \sum_{i=1}^n (1,8 h_i + 4) h_i l_i, \text{ m}^3,$$

þar sem stíflunni er skipt í hæfilega marga kafla með hæð h_i , m og lengd l_i , m. Hæðin h_i reiknast að jafnaði 1 m niður fyrir yfirborð jarðar.

Í kostnaði er reiknað með greftri undan stíflum,

$$G = \sum_{i=1}^n (3,6h_i + 7) l_i , \quad m^3 .$$

Ennfremur er reiknað með kostnaði við hreinsun og minniháttar þéttun á berggrunni.

Miðað við verðlag í desember 1986 má með nálgun áætla verktakakostnað við stíflugerð þannig,

$$K_{SA} = 420 \sum_{i=1}^n (1,8h_i^2 + 6,6h_i + 5) l_i \cdot 10^{-3}, \quad \text{Mkr} \quad [2.3].$$

Yfirfallsstíflur

Í yfirlitsáætlunum er gert ráð fyrir að yfirfallsstíflur séu steinsteyptar þungastíflur, sem reiknast samkvæmt forsendum í VOS I bls. 12 til 14.

Lágar yfirfallsstíflur kemur þó til álita að byggja sem grjóttvarðar yfirrennslisstíflur úr jarðefnum.

Lengd yfirrennslisstíflna reiknast af jöfnunni,

$$L_Y = HHQ/4,7 , \quad m ,$$

þar sem HHQ er hönnunarflóð í m^3/s .

Krónubreidd reiknast $b=4$ m og fláar $a_1=2$ vatnsmegin og $a_2=12$ loftmegin. Heildarfylling reiknast:

$$V_{YR} = \sum_{i=1}^n (7h_i + 4)h_i l_i , \quad m^3 ,$$

þar sem stíflunni er skipt í hæfilega marga kafla með hæð h_i , m, og lengd l_i , m. Hæðin reiknast til jafnaðar 1,0 m niður fyrir yfirborð jarðar, ef upplýsingar um annað liggja ekki fyrir.

Verktakakostnað má með nálgun reikna þannig á verðlagi í desember 1986.

$$K_{YR} = 2500 \sum_{i=1}^n (1,12h_i^2 + 4,64h_i + 1,5)l_i 10^{-6} , \quad \text{Mkr} \quad [2.4].$$

Yfirrennslisstíflur sem einu stíflur í farvegum vatnsfalla reiknast fyrir rennsli allt að $q = 6$ m^3/s á lengdarmetra. Miðað við farvegarbreidd L_Y , m, fæst,

$$q = HHQ/L_Y \leq 6 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m} .$$

Krónubreidd reiknast $b = 4 \text{ m}$ og fláar $a_1=2$ vatnsmegin og $a_2 = 2 + 2,13q$ loftmegin.

Heildarfylling reiknast

$$V_{YR} = \sum_{i=n}^n [(2+1,065 q)h_i + 4]h_i l_i , \text{ m}^3$$

og verktakakostnaður á verðlagi í desember 1986,

$$K_{YR} = \sum_{i=1}^n [200h_i^2(4+2,13q) + 500h_i(11,2 + 5+8,5q+4,5q^2) + 3750] l_i \cdot 10^{-3}, \text{ Mkr [2.5].}$$

Vatnsborð í lóni við hönnunarflóð reiknast,

$$HHV = H_Y + (q/1,66)^{2/3} , \text{ m y.s. ,}$$

þar sem H_Y er hæð yfirrennsliskrónu í m y.s.

III. VATNSVEGIR

Vatnsvegagerðir

Við smávirðjanir er algengast að vatnsvegir séu pípur eða skurðir. Jarðgöng koma einnig til álita og að því er varðar kostnað við þau og skurði vísast í VOS I bls. 15 til 25. Kostnaður við stálpípur hefur verið endurskoðaður og sérstök athugun hefur farið fram á kostnaði við trépípur og trefjaplastpípur sbr. fylgiskjal 41.

Við yfirlitsáætlanagerð ætti fyrst um sinn að miða við tré- eða stálpípur, sbr. fylgiskjal 41. Að jafnaði er reiknað með trépípum, þegar hönnunarfalldæði H er minni en um það bil 65 m.

Stálpípur

Við yfirlitsáætlanagerð reiknast meðalþvermál stálpípu

$$\tilde{d} \approx \frac{Q^{0,4125+268 \cdot 10^{-6} H^{0,5}}}{1,4285+543 \cdot 10^{-6} H}, \text{ m} \quad [3.13],$$

þar sem Q er hönnunarrennsli í m^3/s og H hönnunarfalldæði í m.

Verktakakostnað má með nálgun ákvarða af eftirfarandi jöfnum:

$$K_{SP} \approx 1,25 [9,12 + (6 + 0,714H^{0,4})d^{2,1}], \text{ Mkr/km} \quad [3.14],$$

þegar $1,5 \leq d \leq 5,5$ m og $50 \leq H \leq 137$ m

Kostnaður samkvæmt jöfnu [3.14] leiðréttist um

$$\Delta K_{SP} = -1,25 \cdot 0,295H^{0,32} (1,5-d)^{1,05}, \text{ Mkr/km} \quad [3.15],$$

þegar $0,5 \leq d \leq 1,5$ m.

Með hærri falli fæst,

$$K_{SP} \approx 1,25 [8 + 0,005H^{1,1} + (6 + 0,0228H^{1,1})d^{2,1}], \text{ Mkr/km} \quad [3.16],$$

þegar $1,5 \leq d \leq 5,5$ m og $137 \leq H \leq 650$ m.

Kostnaður samkvæmt jöfnu [3.16] leiðréttist um

$$\Delta K_{SP} = -1,25 \cdot 0,0104H (1,5-d)^{1,05}, \text{ Mkr/km} \quad [3.17],$$

þegar $0,5 \leq d \leq 1,5$ m.

Tréþípur

Við yfirlitsáætlanagerð reiknast þvermál tréþípu

$$\tilde{d} \approx (0,7775 - 0,01323H^{0,5})Q^{0,4433H^{-0,0052}}, \text{ m} \quad [3.18],$$

þar sem Q er hönnunarrennsli í m^3/s og H hönnunarfalshæð í m.

Verktakakostnað má með nálgun ákvarða af jöfnunni,

$$K_{TP} \approx 1,25 [0,109d^2(H+28,2) + 3,84d + 1,65], \text{ Mkr/km} \quad [3.19],$$

þegar $0,5 \leq d \leq 5,0$ m og $15 \leq H < 70$ m.

IV. STÖÐVARHÚS OG VÉLBÚNAÐUR

Stöðvarhús

Í yfirlitsáætlunum reiknast verktakakostnaður við stöðvarhús af eftirfarandi jöfnu, þegar miðað er við verðlag í desembermánuði 1986.

$$K_{SH} \approx 70 N^{0,5} \ln(H)^{-1}, \text{ Mkr} \quad [4.10] ,$$

þar sem N er uppsett afl í MW og H hönnunarfallhæð í m.

Er þá reiknað með einni vélasamstæðu á bilinu

$$1 \leq N \leq 20 \text{ MW.}$$

Miðað er við venjuleg stöðvarhús ofanjarðar yfir allan nauðsynlegan raf- og vélbúnað nema tengivirki, sem gert er ráð fyrir utanhúss. Ennfremur lágmarks verkstæðisaðstöðu og dvalarrými fyrir 2-3 menn.

Vélar og rafbúnaður

Verktakakostnað við vélar og rafbúnað má reikna af jöfnunni,

$$K_{VR} = 1,25 (126,1 N^{0,781+25}) \ln(H)^{-1}, \text{ Mkr} \quad [4.11],$$

þar sem uppsett afl er á bilinu

$$1 \leq N \leq 20 \text{ MW} ,$$

og hönnunarfallhæð er meiri en um það bil 10 m, sbr. einnig fylgiskjal 36.

Með nálgun fæst þá samanlagður kostnaður við stöðvarhús og vélbúnað af jöfnunni,

$$K_{SV} \approx 252,15 N^{0,68} \ln(H)^{-1}, \text{ Mkr} \quad [4.12].$$

V. ÖNNUR MANNVIRKI

Botnrásir

Gera skal ráð fyrir botnrás undir stíflu sé hennar þörf vegna fráveitu á byggingartíma, síðari tæmingar lónsins eða skolunar á framburði úr lóni. Hafa skal þó í huga að opnun botnrásar ein sér dagar skammt til skolunar á framburði. Yfirleitt þarf þá að tæma lónið alveg og nota vinnuvélar til að færa framburðinn út í vatnsstrauminn, en talsvert rennsli þarf þá að vera í gegnum lónstæðið.

Verktakakostnaður við botnrásir reiknast þannig á verðlagi í desember 1986.

$$K_{BR} = 0,07HHQ_0 \cdot h_{max} , \text{ Mkr} \quad [5.6],$$

þar sem h_{max} er mesta hæð stíflu í m ($h_{max} \leq 30$ m) og HHQ_0 er áætlað mesta aðfrennsli í m³/s, sbr. fylgiskjal 11 (VOSI).

Stöðvarinntak

Verktakakostnaður við inntaksvirki smávirkjana má með nálgun ákvarða af jöfnunni,

$$K_{SI} = 7Q^{0,5} , \text{ Mkr} \quad [5.7],$$

þar sem Q er virkjað rennsli í m³/s.

Vegagerð

Verktakakostnaður við vegagerð áætlast á sama hátt og við stærri virkjanir.

Stöðvarbyggð

Að jafnaði er ekki gert ráð fyrir íveruhúsum á virkjunarstað smávirkjana.

Vatnsvarnir

Kostnaður við vatnsvarnir reiknast til jafnaðar meðtalinn í áður tilgreindum kostnaðarpáttum.

Verkkaupakostnaður

Heildarkostnaður við virkjunina reiknast allur áður talinn kostnaður að viðbættum 37 af hundraði vegna undirbúningskostnaðar, hönnunar- og umsjónarkostnaðar, greiðslna fyrir vatnsréttindi og landsþjöll og vaxtakostnaðar á byggingartíma.

VIRKJANALÍKAN OS. Leiðréttingaskrá 2

Aðaltexti (hefti I)

bls. 20 12.1.a.o., $\Delta K = \dots d^{31/6} \dots$ les $\Delta K = \dots d^{-31/6} \dots$

Fylgiskjal 10 (hefti I)

bls. 2 6.1.a.o., kWh/a les **GWh/a**

Fylgiskjal 23 (hefti II)

bls. 1 jafna [2], $n_s^{0,905}$ les $n_s^{-0,905}$

Fylgiskjal 26 (hefti II)

bls. 6 9.1.a.o., $m=0,034$ les **$m=0,34$**

Fylgiskjal 27 (hefti II)

bls. 2 nýtingarstundir í skrá, 6,070 les **6,097**

Fylgiskjal 30 (hefti III)

bls. 4 15.1.a.n., Baulárvallarvatn les **Baulárvallavatn**

Fylgiskjal 31 (hefti III)

bls. 19 8.1.a.o., áætlun les **áætluð**

Fylgiskjal 33 (hefti III)

bls. 33 2.1.a.o., hann les **hana**

Fylgiskjal 34 (hefti III)

bls. 17 2.1.a.o., 3189,9 Mkr les **3138,9 Mkr**

Leiðréttingaskrá 1, sjá hefti III bls. 4.

VIRKJANALÍKAN ORKUSTOFNUNAR

Stofnkostnaður á verðlagi í desember 1986

Í greinargerð frá desember 1985 miðast allur áætlaður kostnaður við verðlag í desembermánuði 1983. Kostnaðarjöfnur hafa verið endurskoðaðar miðað við verðlag og gengi í desembermánuði 1986, sbr. eftirfarandi yfirlit.

ALSTÍFLUR (jafna [2.1] bls. 12)

$$K_{SA} = \sum_{i=1}^n [656 h_i^2 + 5629 h_i + 5789] 10^{-6} l_i, \text{ Mkr}$$

YFIRFALLSSTÍFLUR (jafna [2.2] bls. 14)

$$K_{SY} = \sum_{i=1}^n [5196h_i^2 + 49090h_i + 57717] 10^{-6} l_i, \text{ Mkr}$$

LÁGPRÝSTIGÖNG (jafna [3.4] bls. 17)

$$K_{LG} = 13 Q^{0,527} + 35, \text{ Mkr/km}$$

VEITUGÖNG (jafna [3.2] bls. 16)

$$K_{VG} = 13,5 d^{1,1908} + 35, \text{ Mkr/km}$$

FALLGÖNG (jafna [3.8] bls. 20)

$$K_{FG} = 25,65 H^{0,04} Q^{0,55} H^{0,03} + 73,5, \text{ Mkr/km}$$

PRÝSTIPÍPUR (bls. 22)

Nýjar jöfnur sjá fylgiskjal 41.

ADRENNSLISSKURÐIR (jafna [3.11] bls. 25)

$$K_{AS} = [705V_S + 150V_G + 374V_F] 10^{-6}, \text{ Mkr}$$

VEITU- OG FRÁRENNSLISSKURÐIR (jafna [3.12] bls. 25)

$$K_{VS} = [540V_s + 150V_g + 374V_f] 10^{-6}, \text{ Mkr}$$

STÖÐVARHÚS

$$K_{SH} = 370 \left[\frac{n N}{H} \right]^{0,3}, \text{ Mkr (jafna [4.1] bls. 26)}$$

$$\text{eða } K_{SH} = 222N^{0,45} H^{-0,3}, \text{ Mkr (jafna [4.3] bls. 26)}$$

VÉLAR OG RAFBÚNAÐUR (jafna [4.5] bls. 26)

$$K_{VR} = 5,65 \left[\frac{5,7n + 0,75}{H^{0,5}} + 0,77n + 0,16 \right] \left[\frac{N}{n} + 20 \right], \text{ Mkr}$$

$$\text{eða } K_{VR} = 62 N^{0,826} H^{-0,183}, \text{ Mkr (jafna [4.6] bls. 27)}$$

STÖÐVARHÚS OG VÉLBÚNAÐUR (jafna [4.8] bls. 28)

$$K_{SV} = 168 N^{0,75} H^{-0,22}, \text{ Mkr}$$

AÐKOMUGÖNG (jafna [4.4] bls. 26)

$$K_{AG} = 215 L, \text{ Mkr}$$

BOTNRÁSIR (jafna [5.1] bls. 29)

$$K_{BR} = 0,065 HHQ_o^{0,5} (h_{\max} + 30), \text{ Mkr}$$

STÖÐVARINNTAK (jafna [5.2] bls. 29)

$$K_{SI} = 5,2 Q^{0,73}, \text{ Mkr}$$

VEITUINN TAK (jafna [5.3] bls. 29)

$$K_{VI} = 2,3 [(YV - LV)Q]^{0,5}, \text{ Mkr}$$

STÖÐVARBYGGÐ (jafna [5.4] bls. 29)

$$K_{SB} = 37,5 + 0,094 N, \text{ Mkr}$$

VEGAGERÐ (jafna [5.5] bls. 30)

$$K_{VG} = 1,7a + 2,7b, \text{ Mkr}$$

VIRKJANALÍKAN ORKUSTOFNUNAR

FYLGISKJAL 35

Stofnkostnaður á verðlagi í desember 1986

VATNSORKA Á ÍSLANDI

Stofnkostnaður á verðlagi í desember 1986

Eftirfarandi er yfirlit yfir áætlaðan stofnkostnað fyrirhugaðra og starfræktra vatnsorkuvera á verðlagi í desember 1986.

Samandregnar niðurstöður eru þessar:

Flokkun	Afl		Orka E GWh/a	Áætlaður kostnaður K Mkr	Samræmdur stofnkostnaður	
	N	E			K _S	K _S /E
	MW				Mkr	kr/kWh/a
Starfrækt orkuver í eigu LV	1)	686,6	3670	31.871,0	32.079,8	8,741
Önnur starfrækt orkuver	2)	43,6	200	4.105,0	4.006,0	20,030
Starfrækt alls		730,2	3870	35.976,0	36.085,8	9,324
Ný og fyrirhuguð orkuver	3)	742,0	4395	38.940,3	40.635,9	9,246
Samtals		1472,2	8265	74.916,3	76.721,7	9,283
Annað áætlað vatnsafl	4)	2870,4	16710	135.554,9	141.113,7	8,445
Ótiltekið vatnsafl	4)	1555,4	6025	99.528,8	92.164,6	15,297
Alls		5898,0	31000	310.000,0	310.000,0	10,000

1) sjá skrá bls. 4, 2) sjá skrá bls. 5, 3) sjá skrá bls. 6,
4) sbr. skrá I í fylgiskjali 1 með "VIRKJANALÍKANI OS".

Áætlanir um starfrækt orkuver Landsvirkjunar hafa allar verið endurskoðaðar og tekið skal fram, að sérstök athugun hefur farið fram á líklegum stofnkostnaði lítilla vélasamstæðna. Áætlanir um kostnað við vélbúnað Steingrímsstöðvar, Ljósafossvirkjunar og Laxárvirkjana I og II eru því ekki sambærilegar við fyrri áætlanir þar að lútandi.

Í flokki starfræktra virkjana, sem ekki eru í eigu Landsvirkjunar, hafa nú verið gerðar sérstakar áætlanir um þrjár virkjanir í eigu Rafmagnsveitna ríkisins, Smyrlabjargaárvirkjun, Grímsárvirkjun og Lagarfossvirkjun. Stofnkostnaður annarra virkjana í þessum flokki er ágizkaður.

Athygli er vakin á því að í flokki nýrra og fyrirhugaðra virkjana eru allar virkjanir, sem nú hafa verið verkannaðar, auk þeirra virkjunar- eða orkuframkvæmda sem hafnar eru. Þar er þá meðtalin Blönduvirkjun, einnig sá hluti Kvíslaveitu sem lokið er við (1. til 4. áfangi, dýpkun Vatnsfellsskurðar o.fl.) og fyrri áfangi stíflugerðar á Sultartanga.

Í flokknum "annað áætlað vatnsafl" eru þær virkjanir, sem talðar eru í fylgiskjali 1 með "VIRKJANALÍKANI OS", hefti I, og ekki falla undir framantalda flokka. Stofnkostnaður þeirra hefur verið framreiknaður með vísitölu virkjunarkostnaðar að frátöldum stofnkostnaði Fjarðarárvirkjunar, sem áætlaður hefur verið sérstaklega.

Að því er varðar flokkinn "ótiltekið vatnsafl" vísast einnig í áður nefnt fylgiskjal 1, en athygli er vakin á því, að þar er nú einnig meðtalið það afl, sem á skortir til að heildarnýting samsvari ársálagsstuðli 0,6 (5256 stundum á ári). Gerðar hafa verið áætlanir um þrjár virkjanir, sem falla myndu í þennan flokk (Geithellnavirkjun, Þuríðarárvirkjun og Kljáfossvirkjun), en ágizkaður stofnkostnaður er í heild framreiknaður með vísitölu virkjunarkostnaðar.

Í skrá á bls. 1 er tilgreindur samræmdur stofnkostnaður. Miðast hann við, að í sérhverjum flokki virkjana samsvari uppsett afl ársálagsstuðli 0,6. Kostnaður við hugsaða afluþrenginguna reiknast 18 Mkr/MW á verðlagi í desember 1986.

Eins og fram kemur áætlast nýtanleg vatnsorka alls 31 TWh/a, þegar tekið er tillit til kostnaðar og líklegra takmarkana vegna umhverfisverndunar. Áætlað samræmt afl er alls $N_s = 31000/5,256 = 5898$ MW og stofnkostnaður miðaður við það 310.000 Mkr eða 10 kr/kWh/a.

Miðað við endurskoðaðar áætlanir á verðlagi í desember 1986 hefur vísitala virkjunarkostnaðar verið ákvörðuð VV=4624. Yfirlit yfir vísitölur undanfarin ár o.fl. þar að lútandi er á bls. 35 og 36.

Á árinu 1986 hækkaði virkjunarkostnaður um 12 af hundraði en opinber vísitala byggingarkostnaðar um 17,2 af hundraði. Þessar vísitölur hafa því enn nálgast hvor aðra, en frá desember 1980 telst virkjunarkostnaður þó hafa hækkað um 6,6 af hundraði umfram hækkun á vísitölu byggingarkostnaðar.

VATNSORKA Á ÍSLANDI

Stofnkostnaður starfræktra orkuvera í eigu Landsvirkjunar á verðlagi í desember 1986.

Virkjun	Afl N MW	Orka E GWh/a	Stofnkostnaður K Mkr
Búrfell I	217,3	1475	8.230,2
Þórisvatnsmiðlun	-		1.651,8
Sigalda	150	680	7.461,6
Hrauneyjafoss	210	850	6.786,4
Steingrímsstöð	26,4	510	1.780,0
Ljósafoss	14,6		1.083,5
Írafoss	47,8		2.561,0
Laxá I	4,6	155	423,5
Laxá II	8,0		677,1
Laxá III	7,9		1.173,0
Mývatnsósar	-		42,9
Samtals	686,6	3670	31.871,0

Samræmt afl:

$$N_S = 3670 / 5,256 = 698,2 \text{ MW}$$

Samræmdur stofnkostnaður:

$$K_S = 31.871 + 18 (698,2 - 686,6) = 32.079,8 \text{ Mkr}$$

$$K_S/E = 8,741 \text{ kr/kWh/a}$$

VATNSORKA Á ÍSLANDI

Stofnkostnaður starfræktra orkuvera til almennrar orkuöflunar í eigu annarra en LV á verðlagi í desember 1986.

Virkjun	Afl N MW	Orka E GWh/a	Stofnkostnaður K Mkr
Smyrlabjargaá	1,34	} 9,4	} 191,5
Þverárveita	-		
Grímsá	2,98	} 15,5	} 487,6
Ódáðavatnamiðlun	-		
Lagarfoss	7,80	49,0	763,0
Elliðaár	3,16	2,9	} 2.662,9 *)
Andakill	7,92	31,0	
Rjúkandi	0,91	7,0	
Mjólká	8,10	43,5	
Reiðhjalli	0,40	2,7	
Fossavatn	} 1,16	} 4,5	
Nónhornsvatn			
Mýrará	0,06	0,2	
Blævadalsá	0,20	0,6	
Sængurfoss	0,72	0,9	
Þverá	1,74	3,5	
Laxárvatn	0,48	3,6	
Gönguskarðsá	1,16	7,7	
Skeiðsfoss	4,90	15,0	
Garðsá	0,17	1,0	
Fjarðará	0,16	1,1	
Búðará	0,24	0,9	
Samtals	43,6	200	4.105,0

*) Ágizkaður kostnaður

Samræmt afl:

$$N_S = 200/5,256 = 38,1 \text{ MW}$$

Samræmdur stofnkostnaður:

$$K_S = 4.105 + 18 (38,1 - 43,6) = 4.006,0 \text{ Mkr}$$

$$K_S/E = 20,030 \text{ kr/kWh/a}$$

VATNSORKA Á ÍSLANDI

Stofnkostnaður nýrra og fyrirhugaðra virkjana á verðlagi í desember 1986.

Virkjun	Afl N MW	Orka E GWh/a	Stofnkostnaður K Mkr
Kvíslaveita	-	660	2.623,4
Búrfell II	100	100	3.015,4
Blanda	150	750	6.824,8
Vatnsfell	100	470	4.278,1
Villinganes	30	190	1.842,1
Fljótsdalur	252	1325	12.446,6
Sultartangastífla	-	150	1.515,7
Sultartangi	110	750	6.394,2
Samtals	742	4395	38.940,3

Samræmt afl:

$$N_S = 4395/5,256 = 836,2 \text{ MW}$$

Samræmdur stofnkostnaður:

$$K_S = 38.940,3 + 18 (836,2 - 742) = 40.635,9 \text{ Mkr}$$

$$K_S/E = 9,246 \text{ kr/kWh/a}$$

**Yfirlit yfir áætlaðan stofnkostnað einstakra virkjana,
veitu- og miðlunarvirkja.**

STARFRÆKTAR VIRKJANIR Í EIGU LV

bls.

Búrfellsvirkjun I	8
Þórisvatnsmiðlun	9
Sigölduvirkjun	10
Hrauneyjafossvirkjun	11
Steingrímsstöð	12
Ljósafossvirkjun	13
Írafossvirkjun	14
Laxárvirkjun I	15
Laxárvirkjun II	16
Laxárvirkjun III	17
Rennslisvirki við Mývatn	18

ÖNNUR STARFRÆKT ORKUPER

Smyrlabjargaárvirkjun	19
Grímsárvirkjun	20
Lagarfossvirkjun	21

NÝ OG FYRIRHUGUÐ ORKUPER

Blönduvirkjun	22
Búrfellsvirkjun II	24
Kvíslaveita	25
Sultartangavirkjun	26
Sultartangastífla	27
Villinganesvirkjun	28
Fljótsdalsvirkjun	29
Vatnsfellsvirkjun	30

AÐRAR ÁÆTLANIR

Fjarðarárvirkjun	31
Geithellnavirkjun	32
Þuríðarárvirkjun	33
Kljáfossvirkjun	34

BÚRFELLSVIRKJUN I

Verðlag í des. 1986

Afl N = 217,3 MW (raunafli)
Orkumáttur E = 1475 GWh/a ¹⁾

Einkennistala áætlunar x = 0

Áætlaður verkkostnaður	a	5707,1 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	300,4 Mkr

VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	6007,5 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	780,9 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	144,2 Mkr
Vatnsréttindi og landsþjöll	f	246,3 Mkr

BEINN KOSTNAÐUR	g	7178,9 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	1051,3 Mkr

HEILDARKOSTNAÐUR	k	8230,2 Mkr
		=====

Gangsetning 1969
Fullt afl 1972

1) Áætluð orkuvinnslugeta með 1000 G1 miðlun í Þórisvatni, áður en Sigölduvirkjun var gangsett 1977.

Áætlaður verkkostnaður byggist á raunverulegum magntölum og reiknuðu einingarverði í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður, en upplýsingar eru ekki tiltækar um raunverulegan verkkaupakostnað.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 5 af hundraði verktakakostnaðar.

ÞÓRISVATNSMIÐLUN

Verðlag í des. 1986

Miðlun 1000 Gl 1)

Einkennistala áætlunar x = 0

Áætlaður verkkostnaður	a	1145,4 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	60,3 Mkr

VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	1205,7 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	156,7 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	29,0 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	49,4 Mkr

BEINN KOSTNAÐUR	g	1440,8 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	211,0 Mkr

HEILDARKOSTNAÐUR	k	1651,8 Mkr
=====		

Tekin í notkun 1971

1) Með 15 m vatnsborðsmun frá 576 m hæð y.s. niður í 561 m y.s.

Áætlaður verkkostnaður byggist á raunverulegum magntölum og reiknuðu einingarverði í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður, þar sem nægilega ítarlegar upplýsingar um raunkostnað eru ekki fyrir hendi.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 5 af hundraði verktakakostnaðar.

SIGÖLDUVIRKJUN

Verðlag í des. 1986

Afl N = 150 MW
Orkumáttur E = 680 GWh/a 1)

Einkennistala áætlunar x = 0

Áætlaður verkkostnaður	a	5174,1 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	272,3 Mkr

VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	5446,4 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	708,1 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	130,7 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	223,3 Mkr

BEINN KOSTNAÐUR	g	6508,5 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	953,1 Mkr

HEILDARKOSTNAÐUR	k	7461,6 Mkr
=====		

Gangsetning 1977
Fullt afl 1978

1) Áætluð orkuvinnslugeta án Kvíslaveitu og aukinnar miðlunar í Þórisvatni.

Áætlaður verkkostnaður byggist á raunverulegum magntölum og reiknuðu einingarverði í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður, en upplýsingar eru ekki tiltækar um raunverulegan verkkaupakostnað

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 5 af hundraði verktakakostnaðar.

Kostnaður við lónþéttun o.fl. á árunum 1977 til 1983 er ótalinn í framangreindum heildarkostnaði.

HRAUNEYJAFOSSVIRKJUN

Verðlag í des. 1986

Afl N = 210 MW
Orkumáttur E = 850 GWh/a 1)

Einkennistala áætlunar x = 0

Áætlaður verkkostnaður	a	4705,9 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	247,7 Mkr

VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	4953,6 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	643,9 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	118,9 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	203,1 Mkr

BEINN KOSTNAÐUR	g	5919,5 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	866,9 Mkr

HEILDARKOSTNAÐUR	k	6786,4 Mkr
=====		

Gangsetning 1981
Fullt afl 1982

1) Áætluð orkuvinnslugeta án Kvíslaveitu og aukinnar miðlunar í Þórisvatni.

Áætlaður verkkostnaður byggist á raunverulegum magntölum og reiknuðu einingarverði í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður þar sem nægilega ítarlegar upplýsingar um raunkostnað eru ekki fyrir hendi.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 5 af hundraði verktakakostnaðar.

STEINGRÍMSSTÖÐ

Verðlag í des. 1986

Afl N = 26,4 MW
Orkumáttur 1)

Einkennistala áætlunar x = 4

Áætlaður verkkostnaður	a	1169,3 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	129,9 Mkr

VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	1299,2 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	168,9 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	31,2 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	53,3 Mkr

BEINN KOSTNAÐUR	g	1552,6 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	227,4 Mkr

HEILDARKOSTNAÐUR	k	1780,0 Mkr
=====		

Gangsetning 1959
Fullt afl 1959

1) Áætlaður orkumáttur Sogsvirkjana (Steingrímsstöðvar, Ljósafossvirkjunar og Írafossvirkjunar) er alls 510 GWh/a.

Áætlaður verkkostnaður byggist á ófullkomnum upplýsingum um magn og reiknuðu einingarverði í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður, upplýsingar eru ekki fyrir hendi um raunverulegan verkkaupakostnað.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 10 af hundraði verktakakostnaðar.

LJÓSAFOSSVIRKJUN

Verðlag 1 des. 1986

Afl N = 14,6 MW
Orkumáttur 1)

Einkennistala áætlunar x = 0

Áætlaður verkkostnaður	a	751,3 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	39,5 Mkr

VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	790,8 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	102,8 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	19,0 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	32,5 Mkr

BEINN KOSTNAÐUR	g	945,1 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	138,4 Mkr

HEILDARKOSTNAÐUR	k	1083,5 Mkr
=====		

Gangsetning 1937
Fullt afl 1944

1) Áætlaður orkumáttur Sogsvirkjana (Steingrímsstöðvar, Ljósafoossvirkjunar og Írafossvirkjunar) er alls 510 GWh/a.

Áætlaður verkkostnaður byggist á raunverulegum magntölum og reiknuðu einingarverði í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður, þar sem upplýsingar eru ekki fyrir hendi um raunverulegan verkkaupakostnað.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 5 af hundraði verktakakostnaðar.

ÍRAFOSSVIRKJUN

Verðlag í des. 1986

Afl N = 47,8 MW
Orkumáttur 1)

Einkennistala áætlunar x = 0

Áætlaður verkkostnaður	a	1775,9 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	93,5 Mkr

VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	1869,4 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	243,0 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	44,9 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	76,6 Mkr

BEINN KOSTNAÐUR	g	2233,9 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	327,1 Mkr

HEILDARKOSTNAÐUR	k	2561,0 Mkr
=====		

Gangsetning 1953
Fullt afl 1963

1) Áætlaður orkumáttur Sogsvirkjana (Steingrímsstöðvar, Ljósafossvirkjunar og Írafossvirkjunar) er alls 510 GWh/a.

Áætlaður verkkostnaður byggist á raunverulegum magntölum og reiknuðu einingarverði í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður, þar sem upplýsingar eru ekki fyrir hendi um raunverulegan verkkaupakostnað.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 5 af hundraði verktakakostnaðar.

LAXÁRVIRKJUN I

Verðlag í des. 1986

Afl N = 4,6 MW
Orkumáttur 1)

Einkennistala áætlunar x = 0

Áætlaður verkkostnaður	a	293,7 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	15,5 Mkr

VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	309,2 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	40,2 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	7,4 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	12,6 Mkr

BEINN KOSTNAÐUR	g	369,4 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	54,1 Mkr

HEILDARKOSTNAÐUR	k	423,5 Mkr
=====		

Gangsetning 1939
Fullt afl 1944

1) Áætlaður orkumáttur Laxárvirkjana I, II og III er alls 155 GWh/a.

Áætlaður verkkostnaður byggist á raunverulegum magntölum og reiknuðu einingarverði í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður, þar sem nánari upplýsingar eru ekki fyrir hendi.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 5 af hundraði verktakakostnaðar.

LAXÁRVIRKJUN II

Verðlag í des. 1986

Afl N = 8,0 MW
Orkumáttur 1)

Einkennistala áætlunar x = 0

Áætlaður verkkostnaður	a	469,5 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	24,7 Mkr

VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	494,2 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	64,2 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	11,9 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	20,3 Mkr

BEINN KOSTNAÐUR	g	590,6 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	86,5 Mkr

HEILDARKOSTNAÐUR	k	677,1 Mkr
=====		

Gangsetning 1953
Fullt afl 1953

1) Áætlaður orkumáttur Laxárvirkjana I, II og III er alls 155 GWh/a.

Áætlaður verkkostnaður byggist á raunverulegum magntölum og reiknuðu einingarverði í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður, þar sem nánari upplýsingar eru ekki fyrir hendi.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 5 af hundraði verktakakostnaðar.

LAXÁRVIRKJUN III

Verðlag í des. 1986

Afl N = 7,9 MW
Orkumáttur 1)

Einkennistala áætlunar x = 0

Áætlaður verkkostnaður	a	813,4 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	42,8 Mkr

VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	856,2 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	111,3 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	20,6 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	35,1 Mkr

BEINN KOSTNAÐUR	g	1023,2 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	149,8 Mkr

HEILDARKOSTNAÐUR	k	1173,0 Mkr
=====		

Gangsetning 1973

Með virkjuninni var búið í haginn fyrir síðari aflaukningu samfara hækkun stíflu.

1) Áætlaður orkumáttur Laxárvirkjana I, II og III er nú 155 GWh/a.

Áætlaður verkkostnaður byggist á raunverulegum magntölum og reiknuðu einingarverði í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður, þar sem nánari upplýsingar skortir.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 5 af hundraði verktakakostnaðar.

RENNSLISVIRKI VIÐ MÝVATN

Verðlag í des. 1986

Mannvirki við Mývatnsósa til
jöfnunar á rennsli úr Mývatni

Einkennistala áætlunar $x = 6$

Áætlaður verkkostnaður	a	26,9 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	4,4 Mkr

VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	31,3 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	4,1 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	0,7 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	1,3 Mkr

BEINN KOSTNAÐUR	g	37,4 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	5,5 Mkr

HEILDARKOSTNAÐUR	k	42,9 Mkr
=====		

Tekin í notkun 1960

Áætlaður verkkostnaður byggist á mjög ófullkomnum upplýsingum um magn og reiknuðu einingarverði í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður, þar sem nánari upplýsingar skortir.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 14,1 af hundraði verktakakostnaðar.

SMYRLABJARGAÁRVIRKJUN

Verðlag í des. 1986

Afl N = 1,34 MW (raunafli)

Orkumáttur E = 9,4 GWh/a ¹⁾

Einkennistala áætlunar x = 0

Áætlaður verkkostnaður	a	132,8 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	7,0 Mkr

VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	139,8 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	18,2 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	3,3 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	5,7 Mkr

BEINN KOSTNAÐUR	g	167,0 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	24,5 Mkr

HEILDARKOSTNAÐUR	k	191,5 Mkr
=====		

Gangsetning 1969

Pverárveita (miðlunar- og veituvirki) 1974

1) Áætluð orkuvinnslugeta byggð á orkuvinnslu undanfarinna ára.

Nýtanleg miðlun í inntakslóni er 3,1 Gl, en ásamt miðlun í vötnum á Borgarhafnarfjalli telst heildarmiðlun nálægt 5,6 Gl.

Áætlaður verkkostnaður byggist á raunverulegum magntölum og reiknuðu einingarverði í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður, en upplýsingar eru ekki tiltækar um raunverulegan verkkaupakostnað.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 5 af hundraði verktakakostnaðar.

GRÍMSÁRVIRKJUN

Verðlag í des. 1986

Afl N = 2,98 MW (raunafli)

Orkumáttur E = 15,5 GWh/a 1)

Einkennistala áætlunar x = 0

Áætlaður verkkostnaður	a	338,1 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	17,8 Mkr

VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	355,9 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	46,3 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	8,5 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	14,6 Mkr

BEINN KOSTNAÐUR	g	425,3 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	62,3 Mkr

HEILDARKOSTNAÐUR	k	487,6 Mkr
=====		

Gangsetning 1958

Ódáðavatnamiðlun 1963

1) Áætluð orkuvinnslugeta byggð á orkuvinnslu undanfarinna ára, en upphaflega var reiknað með orkumætti nálægt 10 GWh/a.

Nýtanleg miðlun í inntakslóni var upphaflega nálægt 0,4 Gl, en sökum framburðar er miðlun þar í raun óveruleg. Miðlun í Ódáðavötnum reiknast rúmlega 4 Gl.

Áætlaður verkkostnaður byggist á raunverulegum magntölum og reiknuðu einingarverði í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður, en upplýsingar eru ekki tiltækar um raunverulegan verkkaupakostnað.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 5 af hundraði verktakakostnaðar.

LAGARFOSSVIRKJUN

Verðlag í des. 1986

Afl N = 7,8 MW (raunafli)

Orkumáttur E = 49 GWh/a ¹⁾

Einkennistala áætlunar x = 0

Áætlaður verkkostnaður	a	529,1 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	27,8 Mkr
<hr/>		
VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	556,9 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	72,4 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	13,4 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	22,8 Mkr
<hr/>		
BEINN KOSTNAÐUR	g	665,5 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	97,5 Mkr
<hr/>		
HEILDARKOSTNAÐUR	k	763,0 Mkr
<hr/>		

Gangsetning 1975

1) Áætluð orkuvinnslugeta byggð á orkuvinnslu undanfarinna ára.

Áætlaður verkkostnaður byggist á raunverulgum magntölum og reiknuðu einingarverði í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður, en upplýsingar eru ekki tiltækar um raunverulegan verkkaupakostnað.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 5 af hundraði verktakakostnaðar.

Sérstakur kostnaður vegna fjargæzlu orkuversins er ekki meðtalinn.

BLÖNDUVIRKJUN

Verðlag í des. 1986

Afl N = 150 MW

Orkumáttur E = 750 GWh/a

Einkennistala áætlunar x = 5,2

Áætlaður verkkostnaður	a	3898,3 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	547,3 Mkr

VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	4445,6 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	577,9 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	106,7 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	182,3 Mkr

BEINN KOSTNAÐUR	g	5312,5 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	778,0 Mkr

HEILDARKOSTNAÐUR	k	6090,5 Mkr
=====		

Áætlunin miðast við þá vitneskju sem lá fyrir í ársbyrjun 1984, þ.e. eins konar millistig milli verkhönnunar- og útboðsgagnastigs, en tilboð í fyrsta útboðsáfangi voru opnuð í marzmánuði á því ári.

Allir þættir verkkaupakostnaðar reiknast hér dæmigerðir. Fjármagnskostnaður miðast þá við gangsetningu virkjunar um það bil í lok árs 1988 og kostnaður við þjóðvegabætur utan athafnasvæðis virkjunar, heiðarvegi bænda, afréttargirðingar o.fl. er ótalinn.

Nú í ársbyrjun 1987 er neðanjarðarsprengingum því sem næst lokið, að mestu er lokið við byggingarvirki botnrásar í Blöndustíflu og að miklu leyti hefur verið samið um kaup á vélum, pípum, lokum og öðrum aðkeyptum búnaði virkjunarinnar. Aðrir verkþættir hafa hins vegar ekki verið boðnir út enn.

Hér á eftir er gerð grein fyrir endurskoðun kostnaðaráætlunar, þar sem tekið er tillit til gerðra samninga. Kostnaður er þá færður til verðlags í desember 1986 samkvæmt verðbótaákvæðum samninganna og miðað er við gengi erlendra gjaldmiðla á sama tíma.

Einkennistala áætlunar $x = 4,34$

Áætlaður verkkostnaður	a	3646,6 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	433,0 Mkr
<hr/>		
VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	4079,6 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	} 874,8 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	
Vatnsréttindi og landsþjöll	f	619,6 Mkr
<hr/>		
BEINN KOSTNAÐUR	g	5574,0 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	1250,8 Mkr
<hr/>		
HEILDARKOSTNAÐUR	k	6874,8 Mkr
<hr/> <hr/>		

Fjármagnskostnaður reiknast bókfærður kostnaður í árslok 1986 að frádregnum framreiknuðum beinum kostnaði á sama tíma og að viðbættum vaxtakostnaði miðað við gagnsetningu síðla árs 1990 með 6% vöxtum og áætlaðri kostnaðardreifingu á framkvæmdaár.

Eins og fram kemur áætlast verktakakostnaður nú um það bil 366 Mkr (8,2 %) lægri en áður, sem ekki kemur á óvart, þar sem hagstæð tilboð hafa fengizt í alla verkáfangu til þessa. Kostnaðarþættir d og e reiknast nú verulega hærri (297 Mkr), sem líklega má rekja til þess, að virkjunin á sér langan aðdraganda og mikil vinna hefur verið lögð í að ná samkomulagi um þá tilhögun, sem nú er unnið að. Kostnaðarþáttur f áætlast að miklum mun hærri en áður, sem að verulegu leyti stafar af því, að áður ótaldir kostnaðarþættir skrifast nú á reikning virkjunarinnar.

Að öllu samanlögðu reiknast beinn kostnaður nú rúmlega 261 Mkr (4,9%) hærri, sem þrátt fyrir allt er vel innan eðlilegra óvissumarka. Heildarkostnaður áætlast hins vegar 734,1 Mkr (13,8%) hærri vegna mikils fjármagnskostnaðar. Að hluta stafar aukinn fjármagnskostnaður af frestun gangsetningar frá 1988 til 1990, en áfallinn fjármagnskostnaður reiknast einnig mikill í árslok 1986.

BÚRFELLSVIRKJUN II

Verðlag í des. 1986

Afl N = 100 MW
Orkumáttur 1)

Einkennistala áætlunar x = 6

Áætlaður verkkostnaður	a	1890,7 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	310,3 Mkr

VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	2201,0 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	286,1 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	52,8 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	90,3 Mkr

BEINN KOSTNAÐUR	g	2630,2 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	385,2 Mkr

HEILDARKOSTNAÐUR	k	3015,4 Mkr
=====		

1) Áætlaður orkumáttur ásamt Kvíslaveitu og 725 Gl
miðlunaraukningu í Þórisvatni er 760 GWh/a.

Tilgreindur verkkostnaður er samkvæmt áætlun Almennu
verkfræðistofunnar hf. á verðlagi í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður, en upplýsingar um
áfallinn kostnað eru ekki fyrir hendi.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 14,1 af hundraði
verktakakostnaðar.

KVÍSLAVEITA

Verðlag í des. 1986

Orkumáttur 1)

Einkennistala áætlunar $x = 3,8$

Áætlaður verkkostnaður	a	1729,2 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	185,7 Mkr
<hr/>		
VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	1914,9 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	248,9 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	46,0 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	78,5 Mkr
<hr/>		
BEINN KOSTNAÐUR	g	2288,3 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	335,1 Mkr
<hr/>		
HEILDARKOSTNAÐUR	k	2623,4 Mkr
<hr/>		

1) Orkumáttur Kvíslaveitu ásamt Búrfellsvirkjun II áætlast 760 GWh/a.

Með Kvíslaveitu er Þjórsá og nokkrum þverám hennar veitt til Þórisvatns. Miðlun í Þórisvatni er jafnframt aukin um 725 GJ með hækkun Þórisvatns- og Köldukvíslarstíflna ásamt dýpkun Vatnsfellsskurðar.

Áætlaður verkkostnaður byggist á raunverulegum magntölum fyrir 1. til 4. áfanga veitunnar og áætluðu magni í 5. áfanga og hækkun stíflna. Verkkostnaður við dýpkun Vatnsfellsskurðar á árinu 1982 er framreiknaður.

Allur verkkaupakostnaður er dæmigerður.

Lokið er um það bil 60 hundraðshlutum framkvæmda og er hlutur ófyrirséðs kostnaðar metinn um það bil 9,7% í samræmi við það.

SULTARTANGAVIRKJUN

Verðlag í des. 1986

Afl N = 110 MW
Orkumáttur E = 750 GWh/a

Einkennistala áætlunar x = 6

Áætlaður verkkostnaður	a	4009,2 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	658,1 Mkr
<hr/>		
VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	4667,3 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	606,7 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	112,0 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	191,4 Mkr
<hr/>		
BEINN KOSTNAÐUR	g	5577,4 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	816,8 Mkr
<hr/>		
HEILDARKOSTNAÐUR	k	6394,2 Mkr
<hr/>		

Virkjun eftir stíflugerð (skurðvirkjun) ásamt tveggja metra stífluhækkun. Hönnunarfallhæð reiknast 39 m.

Áætlun byggð á verkhönnun, sbr. skýrsluna "SULTARTANGAVIRKJUN. Verkhönnun 110 MW virkjunar í Þjórsá við Sultartanga", janúar 1986.

Verkkostnaður byggist á áætluðum magntölum við verkhönnun og einingarverði í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður, en fullnægjandi upplýsingar skortir um áfallinn undirbúningskostnað, m.a. skiptingu milli stíflugerðar og virkjunar.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 14,1 af hundraði verktakakostnaðar.

SULTARTANGASTÍFLA

Verðlag í des. 1986

Miðlunar- og rennslisvirki í
Þjórsá við Sultartanga 1)

Einkennistala áætlunar x = 0

Áætlaður verkkostnaður	a	1051,0 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	55,3 Mkr

VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	1106,3 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	143,8 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	26,6 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	45,4 Mkr

BEINN KOSTNAÐUR	g	1322,1 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	193,6 Mkr

HEILDARKOSTNAÐUR	k	1515,7 Mkr
=====		

Tekin í notkun 1983

1) Gert er ráð fyrir tveggja metra hækkun stíflu við síðari virkjun fallsins niður að Klofaey.

Áætlaður verkkostnaður byggist á raunverulegum magntölum og reiknuðu einingarverði í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður, en upplýsingar um raunverulegan verkkaupakostnað eru ófullnægjandi, m.a. að því er varðar skiptingu undirbúningskostnaðar milli stíflugerðar og síðari virkjunar.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 5 af hundraði verktakakostnaðar.

VILLINGANESVIRKJUN

Verðlag í des. 1986

Afl N = 30 MW
Orkumáttur E = 190 GWh/a

Einkennistala áætlunar x = 6

Áætlaður verkkostnaður	a	1155,0 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	189,6 Mkr

VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	1344,6 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	174,8 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	32,3 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	55,1 Mkr

BEINN KOSTNAÐUR	g	1606,8 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	235,3 Mkr

HEILDARKOSTNAÐUR	k	1842,1 Mkr
=====		

Virkjun Héraðsvatna í Skagafirði á móts við býlið Villinganes. Áætluð raunfallhæð er 58 m (hönnunarfalshæð).

Áætlun byggð á verkhönnun, sbr. skýrsluna "VIRKJUN HÉRAÐSVATNA II. Hönnunaráætlun um 30 MW virkjun við VILLINGANES", marz 1977.

Verkkostnaður byggist á áætluðum magntölum við verkhönnun og einingarverði í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður, en upplýsingar skortir um áfallinn undirbúningskostnað.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 14,1 af hundraði verktakakostnaðar.

FLJÓTSDALSVIRKJUN

Verðlag í des. 1986

Afl N = 252 MW
Orkumáttur E = 1325 GWh/a

Einkennistala áætlunar x = 6

Áætlaður verkkostnaður	a	7804,1 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	1281,0 Mkr
<hr/>		
VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	9085,1 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	1181,1 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	218,0 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	372,5 Mkr
<hr/>		
BEINN KOSTNAÐUR	g	10856,7 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	1589,9 Mkr
<hr/>		
HEILDARKOSTNAÐUR	k	12446,6 Mkr
<hr/>		

Virkjun Jökulsár í Fljótsdal með veitu af Hraunum (Sauðárveitu) og Fljótsdalsheiði. Áætluð heildarmiðlun er 670 Gl og raunfallhæð 560,6 m (hönnunarfalshæð).

Áætlun byggð á verkhönnun, sbr. skýrsluna "FLJÓTSDALSVIRKJUN. Verkhönnun 252 MW virkjunar, I. Greinargerð, II. Uppdrættir", maí 1982.

Verkkostnaður byggist á áætluðum magntölum við verkhönnun og einingarverði í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður, en fullnægjandi upplýsingar skortir um áfallinn kostnað.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 14,1 af hundraði verktakakostnaðar.

VATNSFELLSVIRKJUN

Verðlag í des. 1986

Afl 100 MW
Orkumáttur E = 470 GWh/a

Einkennistala áætlunar x = 6

Áætlaður verkkostnaður	a	2682,4 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	440,3 Mkr

VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	3122,7 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	406,0 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	74,9 Mkr
Vatnsréttindi og landsþjöll	f	128,0 Mkr

BEINN KOSTNAÐUR	g	3731,6 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	546,5 Mkr

HEILDARKOSTNAÐUR	k	4278,1 Mkr
=====		

Byggt á verkhönnun frá 1984, sbr. skýrsluna "VATNSFELLSVIRKJUN. Verkhönnun 100 MW virkjunar". Verkkostnaður er áætlaður af Hönnun hf. á verðlagi í des. 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður, en upplýsingar eru ekki fyrir hendi um áfallinn kostnað.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 14,1 af hundraði verktakakostnaðar.

FJARÐARÁRVIRKJUN

Verðlag í des. 1986

Afl N = 20 MW

Orkumáttur E = 105 GWh/a 1)

Einkennistala áætlunar x = 7,4

Áætlaður verkkostnaður	a	1021,0 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	224,1 Mkr
<hr/>		
VERKKAUPAKOSTNAÐUR	c	1245,1 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	161,9 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	29,9 Mkr
Vatnsréttindi og landsþjöll	f	51,0 Mkr
<hr/>		
BEINN KOSTNAÐUR	g	1487,9 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	217,9 Mkr
<hr/>		
HEILDARKOSTNAÐUR	k	1705,8 Mkr
		=====

Virkjun Fjarðarár frá Efri-Staf niður að Fjarðarseli með rúmlega 30 Gl miðlun á Fjarðarheiði og veitu úr upptakakvíslum Miðhúsaár. Hönnunarfalldæði reiknast 481 m.

1) Áætlaður orkumáttur með tengingu við landskerfi.

Áætlaður verkkostnaður byggist á magntölum samkvæmt áætlun frá 1976 (Virkjun Fjarðarár I. Drög að áætlun) og reiknuðu einingarverði í desember 1986.

Skráður verkkaupakostnaður er dæmigerður.

Ófyrirséður kostnaður reiknast um það bil 18 af hundraði verktakakostnaðar miðað við að fyrirliggjandi áætlun sé eins konar millistig milli forathugunar og frumhönnunar.

GEITHELLNAVIRKJUN

Verðlag í des. 1986

Afl N = 5,8 MW

Orkumáttur E = 45 GWh/a 1)

Einkennistala áætlunar x = 7

Áætlaður verkkostnaður	a	316,0 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	63,8 Mkr

VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	379,8 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	49,4 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	9,1 Mkr
Vatnsréttindi og landsþjöll	f	15,5 Mkr

BEINN KOSTNAÐUR	g	453,8 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	66,5 Mkr

HEILDARKOSTNAÐUR	k	520,3 Mkr
=====		

Áætlun byggð á frumhönnun frá 1973 "VIRKJUN GEITHELLNAÁR. Frumáætlun".

1) Lauslega áætluð orkuvinnslugeta miðað við tengingu við landskerfi.

Verkkostnaður byggist á áætluðu magni við frumhönnun, sem að hluta hefur verið endurskoðað (efni í jarðstíflur), og reiknuðu einingarverði í desember 1986. Þá er gert ráð fyrir 5,8 MW afli í stað 5,5 MW í áætlun frá 1973.

Allur verkkaupakostnaður reiknast dæmigerður.

Hlutur ófyrirséðs kostnaðar í verktakakostnaði reiknast um það bil 16,8 af hundraði.

ÞURÍÐARÁRVIRKJUN

Verðlag í des. 1986

Afl N = 1,1 MW

Orkumáttur E = 5 GWh/a 1)

Einkennistala áætlunar x = 7

Áætlaður verkkostnaður	a	79,5 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	16,1 Mkr
<hr/>		
VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	95,6 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	12,4 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	2,3 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	3,9 Mkr
<hr/>		
BEINN KOSTNAÐUR	g	114,2 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	16,7 Mkr
<hr/>		
HEILDARKOSTNAÐUR	k	130,9 Mkr
<hr/>		

Áætlunin er byggð á skýrslu til raforkumálastjóra frá júnímánuði 1964 "ÞURÍÐARÁ Í VOPNAFIRÐI. Mat á virkjunarskilyrðum".

1) Lauslega áætluð orkuvinnslugeta miðað við tengingu við landskerfi, ársmeðalrennsli til virkjunar nálægt 8 Gl/a og 287 m hönnunarfallhæð. Miðlun reiknast 3,3 Gl.

Verkkostnaður byggist á áætluðu magni við frumhönnun og reiknuðu einingarverði í desember 1986.

Allur verkkaupakostnaður reiknast dæmigerður.

Hluti ófyrirséðs kostnaðar í verktakakostnaði reiknast um það bil 16,8 af hundraði.

KLJÁFOSSVIRKJUN

Verðlag í des. 1986

Afl N = 13,4 MW

Orkumáttur E = 75 GWh/a 1)

Einkennistala áætlunar x = 7

Áætlaður verkkostnaður	a	778,2 Mkr
Ófyrirséður kostnaður	b	157,1 Mkr
<hr/>		
VERKTAKAKOSTNAÐUR	c	935,3 Mkr
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	d	121,6 Mkr
Undirbúningskostnaður	e	22,5 Mkr
Vatnsréttindi og landspjöll	f	38,3 Mkr
<hr/>		
BEINN KOSTNAÐUR	g	1117,7 Mkr
Fjármagnskostnaður	h	163,7 Mkr
<hr/>		
HEILDARKOSTNAÐUR	k	1281,4 Mkr
<hr/>		

Byggt á skýrslu frá apríl 1964 "VIRKJUN KLÁFFOSS Í HVÍTÁ". Virkjunarmat unnið fyrir Andakílsárverkjun af Rögnumvaldi Þorlákssyni og Ásgeiri Sæmundssyni. Hönnunarfalið reiknast 14,3 m.

1) Lauslega áætluð orkuvinnslugeta með tengingu við landskerfi.

Áætlaður verkkostnaður byggist á magntölum í áætlun frá 1964, sem að hluta hafa verið endurskoðaðar (efni í jarðstíflu o.fl.), og reiknuðu einingarverði í desember 1986.

Allur verkkaupakostnaður reiknast dæmigerður.

Hlutur ófyrirséðs kostnaðar í verktakakostnað reiknast um það bil 16,8 af hundraði.

VÍSITÖLUR OG GENGI

Í desember- mánuði	Vísitala byggingar- kostnaðar	Vísitala virkjunar- kostnaðar	Meðalgengi bandaríkja- dals	
árið	VB *)	VV	ISK/USD	$\frac{VV}{ISK/USD}$
1975	101	(101)		
1976	126	(126)		
1977	176	(176)	2,1265	82,765
1978	258	(258)	3,1850	81,005
1979	398	(398)	3,9306	101,257
1980	626	626	5,959	105,051
1981	909	(909)	8,214	110,665
1982	1482	1665	16,469	101,099
1983	2298	2659	28,652	92,803
1984	2745	3179	40,202	79,076
1985	3699	4128	41,996	98,295
1986	4336	4624	40,724	113,545
1987				
1988				
1989				
1990				

*) VB = 100 í október 1975

FRAMREIKNADUR VIRKJUNARKOSTNADUR

Útlagður kostnaður í ISK á árinu	Framreikningsstuðlar til ársloka			
	1983	1984	1985	1986
1976	23,5707	28,1802	36,5926	40,9894
1977	17,8557	21,3476	27,7203	31,0510
1978	12,4782	14,9185	19,3720	21,6996
1979	8,2979	9,9206	12,8821	14,4300
1980	5,3271	6,3689	8,2701	9,2638
1981	3,5249	4,2143	5,4723	6,1298
1982	2,1614	2,5841	3,3554	3,7586
1983	1,2637	1,5109	1,9619	2,1976
1984	0,9146	1,0934	1,4198	1,5904
1985	0,7340	0,8776	1,1395	1,2764
1986	0,6086	0,7274	0,9448	1,0584

VIRKJANALÍKAN ORKUSTOFNUNAR

FYLGISKJAL 36

Stofnkostnaður véla og rafbúnaðar

VATNSORKA Á ÍSLANDI

Stofnkostnaður véla og rafbúnaðar

Í "VIRKJANALÍKANI OS" (hefti I bls. 26) hefur verið gert ráð fyrir að ákvarða megi stofnkostnað véla og rafbúnaðar af jöfnunni

$$K_{VR} = 4,561 \left[\frac{5,7n+0,75}{H^{0,5}} + 0,77n + 0,16 \right] \left[\frac{N}{n} + 20 \right] \text{ Mkr,}$$

þar sem H er hönnunarfalldæði í m, N uppsett afl í MW og n fjöldi vélasamstæðna. Hér hefur verið framreiknað til verðlags í desember 1986, en ófyrirséður kostnaður er ekki meðtalinn.

Miðað við að fjöldi vélasamstæðna væri næsta heila tala við stærðina $(N/30)^{0,5}$ fékkst sem góð nálgun

$$K_{VR} \approx 50 N^{0,826} H^{-0,183} \text{ Mkr} \quad [1].$$

Framangreindar jöfnur voru taldar gilda á sviðinu

$$30 \leq N \leq 500 \text{ MW} \quad \text{og} \quad 30 \leq H \leq 650 \text{ m,}$$

þegar virkjað rennsli væri jafnframt á bilinu

$$10 \leq Q \leq 500 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Nú hefur verið aflagð bráðabirgðatilboða í vélbúnað nokkurra smávirkjana. Tilboð þessi náðu ekki til allra þátta búnaðar, en áætlaður heildarkostnaður með hliðsjón af þeim er tilgreindur í eftirfarandi skrá.

Varasamt er að draga einhlítar ályktanir af svo fáum og til þess að gera ófullkomnum upplýsingum, en af þeim mætti þó ætla að kostnaður fylgdi jöfnunni

$$K_{VR} \approx 125 N^{0,826} \ln(H)^{-1} \text{ Mkr} \quad [2].$$

Á línuriti 1 hefur þessi jafna verið látin gilda á sviðinu

$$1 \leq N \leq 20 \text{ MW} \quad \text{og} \quad 10 \leq H \leq 650 \text{ m}.$$

VATNSORKA Á ÍSLANDI
Stofnkostnaður véla og rafbúnaðar.
Verðlag í desember 1986.

Virkiun	H m	N MW	Áæt1.	K _{VR} [Mkr]				
				[1]	[2]	[3]	[4]	
Lagarfoss	1)	17	7,8	265	-	241	250	230
Grímsá	1)	30	3,0	93	-	91	94	95
Geithellnaá	1)	44	5,8	135	-	141	141	138
Smyrlabjargaá	1)	106	1,34	36	-	34	31	39
Fjarðará	1)	481	20	270	(192)	240	-	216
Villinganes	1)	58	30	405 ^{*)}	395	-	-	449
Sultartangi	2)	39	110	1247 ^{*)}	1242	-	-	1359
Sigalda	3)	70	150	1470 ^{*)}	1441	-	-	1492
Hrauneyjafoss	3)	86	210	1804 ^{*)}	1833	-	-	1849
Blanda	3)	279	150	1130 ^{*)}	1119	-	-	1126
Fljótsdalur	3)	560,6	252	1529 ^{*)}	1512	-	-	1500

*) Samkvæmt jöfnunni

$$K_{VR} = 4,561 \left[\frac{5,7n + 0,75}{H^{0,5}} + 0,77n + 0,16 \right] \left[\frac{N}{n} + 20 \right] \text{ Mkr} ,$$

þar sem n er fjöldi vélasamstæðna.

$$K_{VR} \approx 50 N^{0,826} H^{-0,183} \text{ Mkr} \quad [1]$$

$$K_{VR} \approx 125 N^{0,826} \ln(H)^{-1} \text{ Mkr} \quad [2]$$

$$K_{VR} \approx 125 N^{0,82} H^{-0,35} \text{ Mkr} \quad [3]$$

$$K_{VR} \approx [126,1 N^{0,781} + 25] \ln(H)^{-1} \text{ Mkr} \quad [4]$$

1) n=1 , 2) n=2 , 3) n=3

Í grein eftir John S. Gulliver og Avry Dotan "COST ESTIMATES FOR HYDROPOWER AT EXISTING DAMS" (Journal of Energy Engineering, Vol. 110, No. 3 sep. 1984, bls. 204-214) er tilgreind jafna á forminu

$$K_{VR} \approx 125 N^{0,82} H^{-0,35} \text{ Mkr} \quad [3].$$

Jafnan byggist á upplýsingum um virkjanir um það bil á sviðinu:

$$0,5 < N < 40 \text{ MW} \quad \text{og} \quad 4 < H < 35 \text{ m},$$

Þótt í skrá sé tilgreind ein virkjun 118 MW með hönnunarfalldæði 235 m.

Stuðull í jöfnu [3] er hér ákvarðaður þannig að jafnan falli að áætlunum um smávirðjanir með falldæði allt að 106 m (sjá skrá).

Kostnaður samkvæmt jöfnum [1], [2] og [3] er sýndur á meðfylgjandi línuriti 1. Eins og fram kemur falla jöfnur [2] og [3] vel saman á bilinu $10 \leq H \leq 100$ m. Misræmi kemur hins vegar í ljós á milli jafna [1] og [2] á mörkum gildissviðanna, þ.e. milli 30 og 20 MW afls.

Til að leiðrétta þetta misræmi hefur verið reynt að finna jöfnu sem félli sem best að öllum tilgreindum virkjunum í skránni

$$K_{VR} \approx [126,1 N^{0,781} + 25] \ln(H)^{-1} \text{ Mkr} \quad [4].$$

Kostnaður samkvæmt jöfnu [4] er sýndur á línuriti 2.

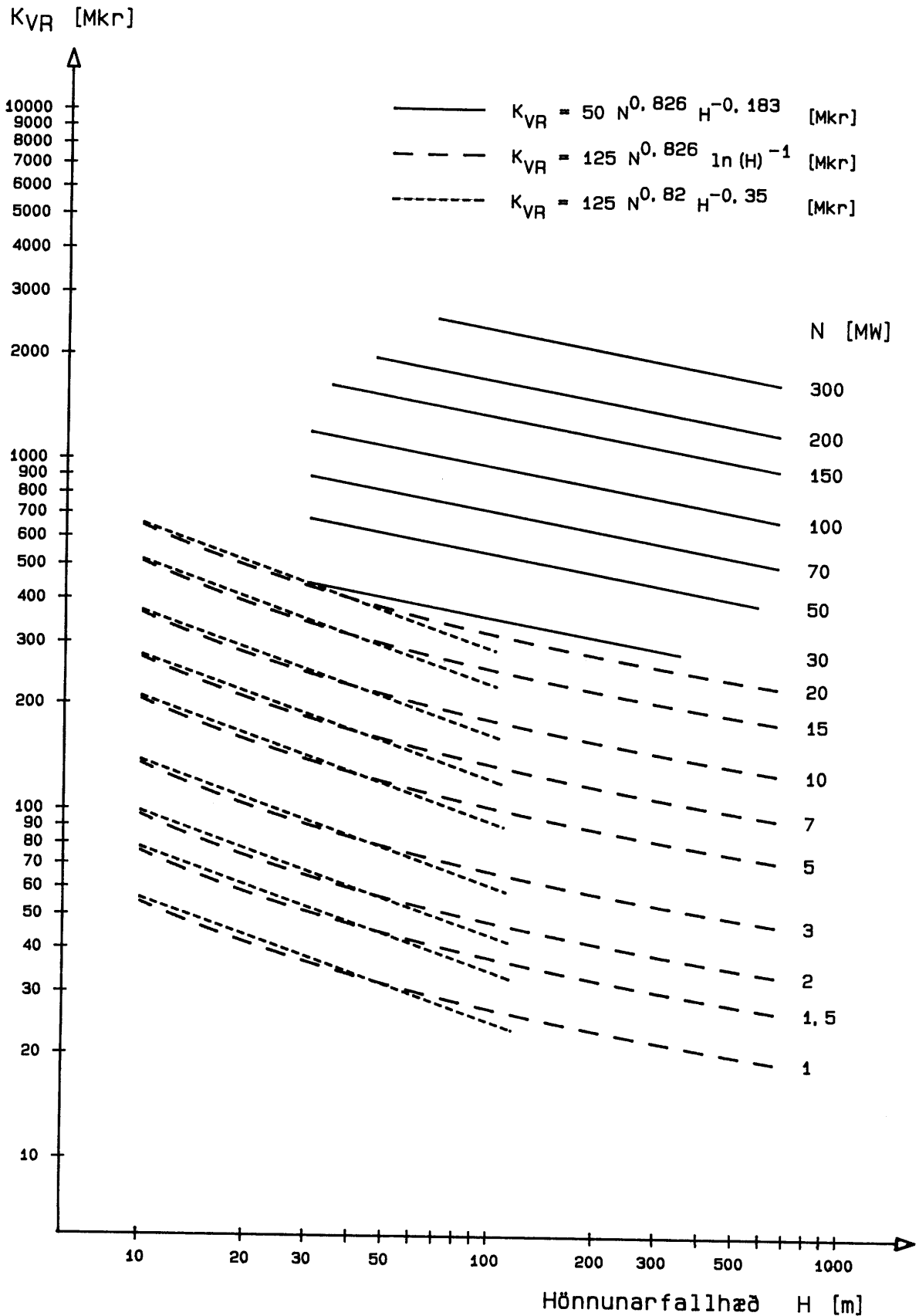
Eins og fram hefur komið byggjast framangreindar ályktanir á of fáum og oft miður áreiðanlegum upplýsingum um vélaverð. Á það raunar einnig við tiltækar erlendar athuganir í þessa veru. Við samanburð á línuritum 1 og 2 sést að eðlilega verður nokkur misvísun milli jafna [1] og [4], þegar afl er á bilinu 30 til 70 MW, og nokkru hærri kostnaður fæst með jöfnu [4] en jöfnu [2] þegar afl er að marki minna en 3 MW.

Lagt er til, að við forathugun verði fyrst um sinn stuðzt við jöfnu [4] við áætlanagerð um virkjanir sem liggja á mörkum eða utan gildissviðs upprunalegrar jöfnu í "Virkjanalíkani OS".

VATNSORKA Á ÍSLANDI

Stofnkostnaður véla og rafbúnaðar
Verðlag í desember 1986.

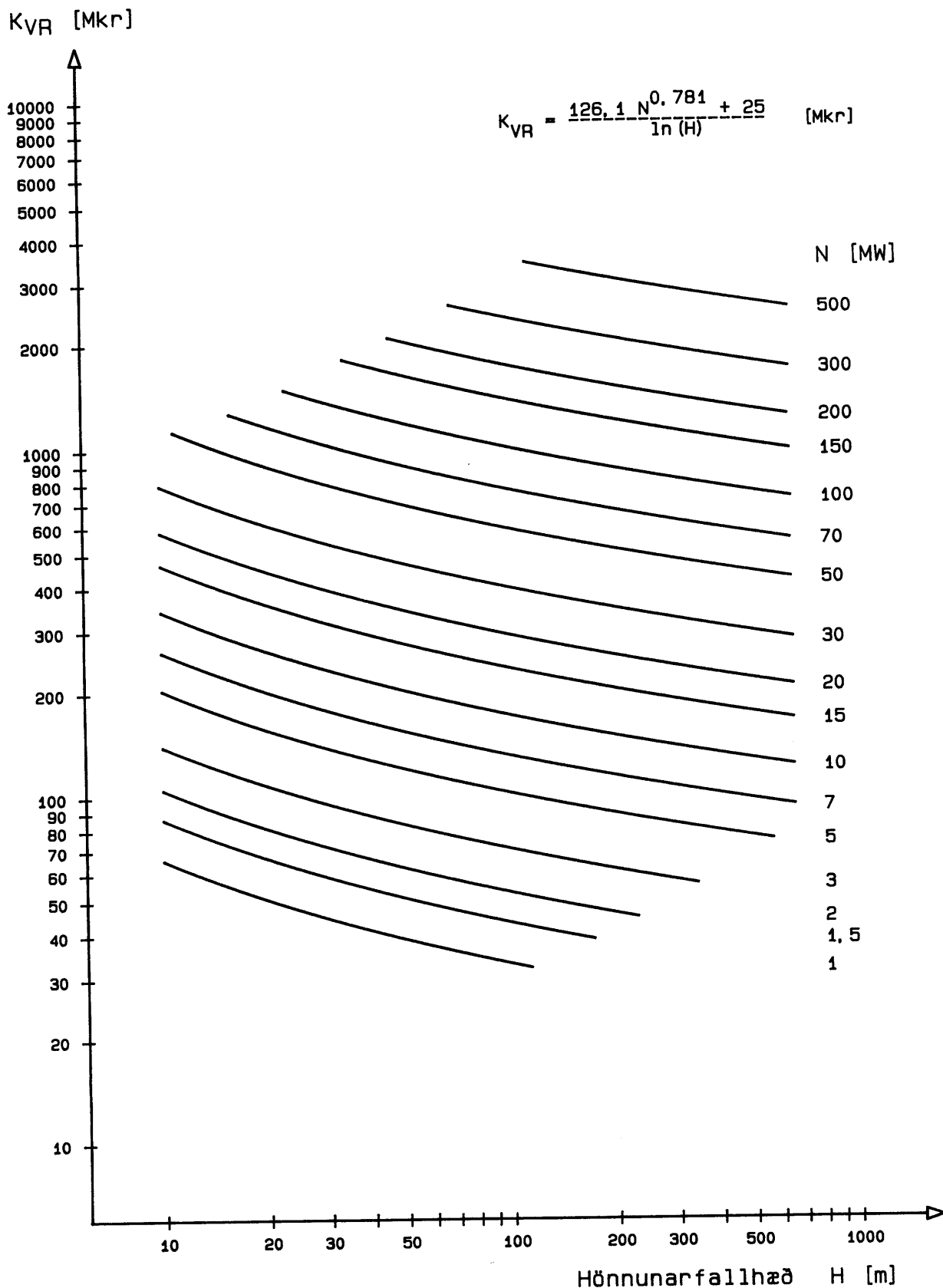
Línurit 1



VATNSORKA Á ÍSLANDI

Stofnkostnaður véla og rafbúnaðar
Verðlag í desember 1986.

Línurit 2



VIRKJANALÍKAN ORKUSTOFNUNAR

FYLGISKJAL 37

Þvermál fallganga

VATNSORKA Á ÍSLANDI

Þvermál fallganga

Í tímaritinu "Water Power & Dam Construction", febrúarhefti 1987, bls. 41-52, er grein eftir F. Fahlbusch (Determining diameters of power tunnels and pressure shafts), þar sem fjallað er um þvermál steypufóðraðra aðrennslisganga og stálfóðraðra fallganga, sem fall af virkjuðu rennsli og hönnunarfallhæð. Byggt er m.a. á reynslutölum, og að því er varðar fallgöng eru í skrá II, bls. 48-49, tilgreind slík við 112 virkjanir víðsvegar í heiminum.

Niðurstöður eru að því er varðar stálfóðruð fallgöng, að þvermál ákvarðist til jafnaðar af jöfnunni,

$$d = 1,12H^{-0,12}Q^{0,45} \text{ m} \quad [1] ,$$

þar sem H er hönnunarfallhæð í m og Q virkjað rennsli um göng í m^3/s . Jafnan er talin gilda bæði fyrir lítið hallandi ($<30^\circ$) og brött göng.

Miðað við tilgreindar upplýsingar virðist í raun engin fylgni milli hönnunarfallhæðar og stærðarinnar $d/Q^{0,45}$.

Tekið er fram, að jafna [1] gildi bæði um fallgöng dæluvirkjana og venjulegra vatnsaflsvirkjana, en sé einungis miðað við tilgreindar upplýsingar um hinar síðarnefndu fengist að öðru óbreyttu,

$$d \approx 1,169H^{-0,12}Q^{0,45} \pm 14,2\% \text{ m} \quad [2] .$$

Í "VIRKJANALÍKANI OS", hefti I, bls. 20, er tilgreind jafna fyrir hagkvæmasta þvermál stálfóðraðra fallganga,

$$\tilde{d} \approx 0,6183H^{-0,03}Q^{0,457} \text{ m} \quad [3] .$$

Sé efni úr skrá II í nefndri grein lagt til grundvallar ákvörðunar á tölustuðli í jöfnu [3] fæst jafnan,

$$d \approx 0,689H^{-0,03}Q^{0,457} \pm 13,6\% \text{ m} \quad [4] ,$$

en með henni fást um það bil 11% víðari göng en með jöfnu [3].

Efni í skrá II er sótt víðsvegar að eins og áður er getið. Í einstökum þjóðlöndum eru tilgreindar virkjanir flestar í Austurríki og Sviss, eða 16 í hvoru landi. Séu upplýsingar um fallgöng virkjana í þessum tveimur nágrannaríkjum lagðar til grundvallar ákvörðunar á þvermáli og jafnframt reiknað með föstum veldisvísi $0,457$ á Q , fæst líklegasta þvermál,

$$d \approx 0,643H^{-0,03}Q^{0,457} \text{ m} \quad [5] ,$$

eða sami veldisvísir á H og í jöfnu [3]. Hins vegar er fylgnin ákaflega lítil ($r^2 = 0,0275$), þannig að líta verður á þetta sem tilviljun.

Með jöfnu [5] fæst um það bil 4% stærra þvermál en með jöfnu [3].

Nú eru áhrif fallhæðar á gangaþvermál í sjálfu sér lítil. Göng með 40 m fallhæð ættu þó að vera um það bil 11 af hundraði víðari en göng gerð fyrir sama rennsli með 1200 m fallhæð, þegar reiknað er með veldisvísi $-0,03$ á H (50% með veldisvísi $-0,12$). Fljótt á litið gegnir því nokkurri furðu, að áhrifa fallhæðar skuli ekki gæta samkvæmt einkennisstærðum í skrá II, þar sem tilgreind fallhæð er á bilinu 26 til 1245 m. Ástæður kunna m.a. að vera mismunandi mat á hlutfalli milli stofnkostnaðar og jaðarkostnaðar orku á mismunandi tímum í hinum ýmsu þjóðlöndum. Líklegasta skýringin er þó sú, að annað en hagkvæmnissjónarmið hafi í fjölmörgum tilvikum ráðið vali á gangavidd. Má þar t.d. nefna nauðsyn á víðari göngum til að auðvelda gangstýringu vatnshverfla, sbr. fylgiskjal 13 með "VIRKJANALÍKANI OS", hefti II.

Við gerð jöfnu [3] var ekki gert ráð fyrir, að síðast nefnt atriði yrði ráðandi, og gæti það skýrt, að víðari göng fást t.d. með jöfnu [5].

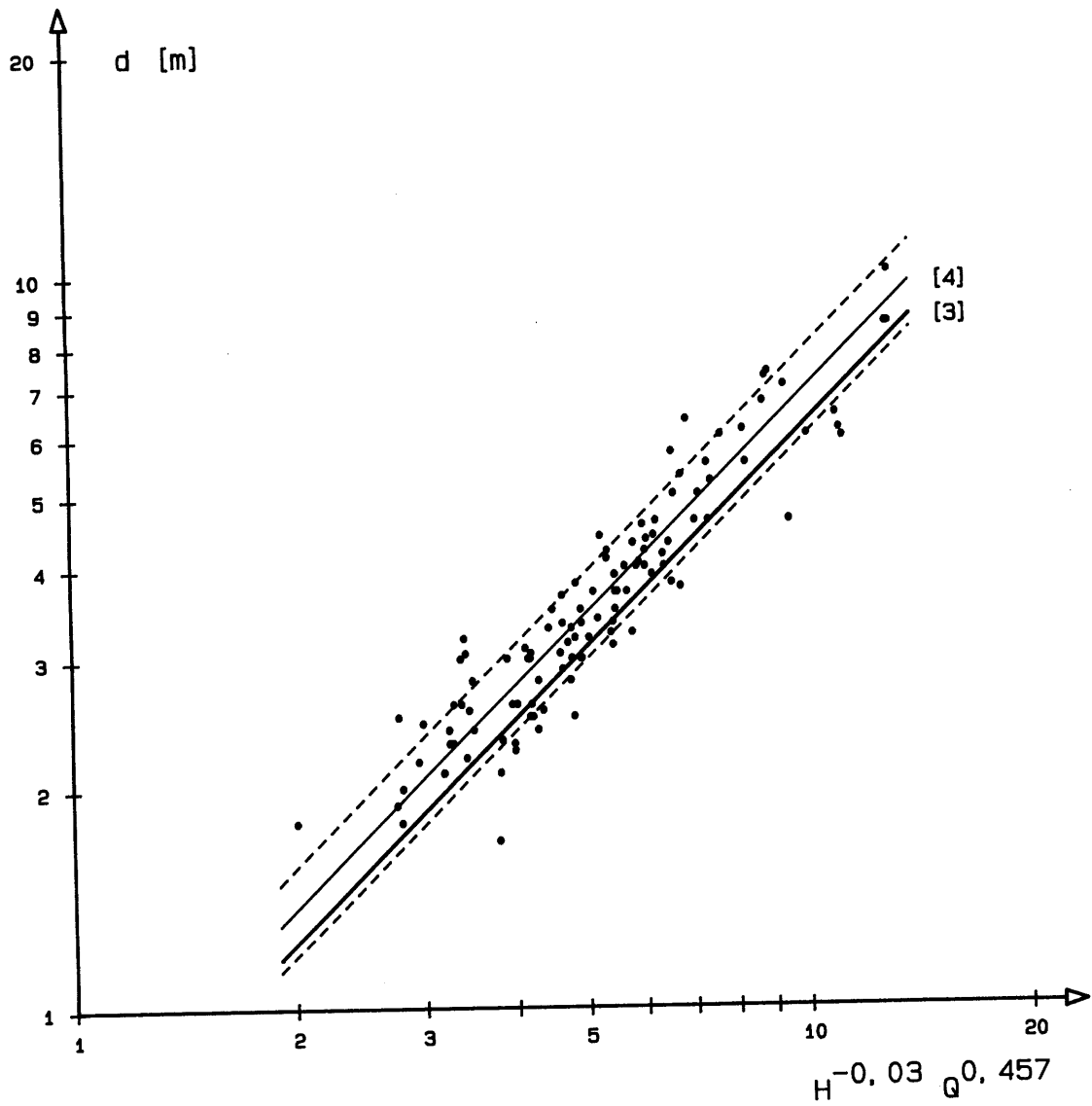
Á meðfylgjandi teikningu eru upplýsingar úr skrá II markaðar í hnitakerfinu $(x, y) = (H^{-0,03}Q^{0,457}, d)$. Jafnframt eru dregnar línur samkvæmt jöfnu [4] með staðalfrávikum $\pm 13,6$ af hundraði og lína samkvæmt jöfnu [3]. Ekki virðist ástæða til annars en að gera ráð fyrir gangaþvermáli samkvæmt jöfnu [3] við forhönnun virkjana, þegar eingöngu hagkvæmnissjónarmið verða ráðandi.

VATNSORKA Á ÍSLANDI

Þvermál stálfóðraðna fallganga

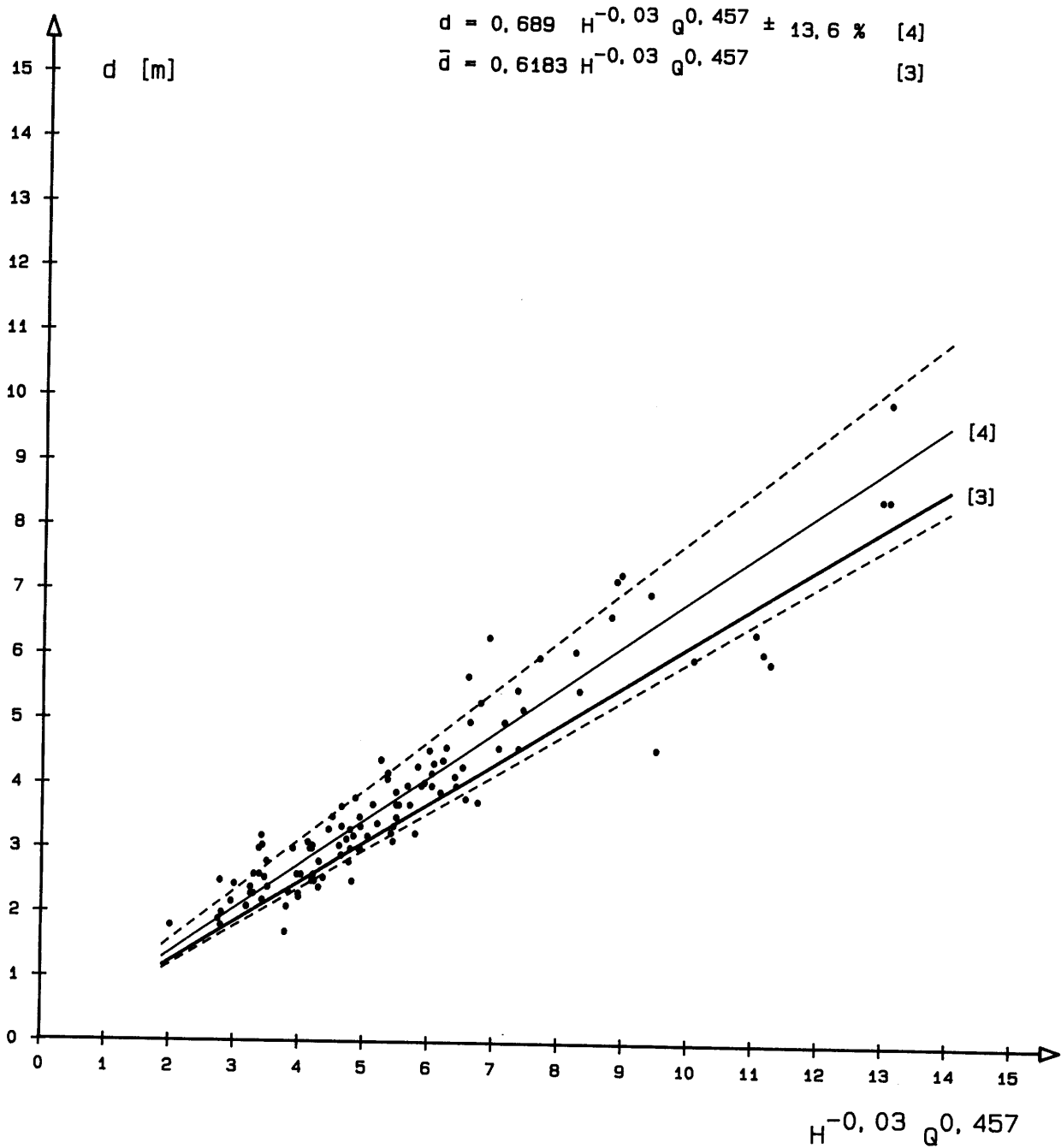
$$d = 0,689 H^{-0,03} Q^{0,457} \pm 13,6 \% \quad [4]$$

$$\bar{d} = 0,6183 H^{-0,03} Q^{0,457} \quad [3]$$



VATNSORKA Á ÍSLANDI

Þvermál stálfóðraðra fallganga



VIRKJANALÍKAN ORKUSTOFNUNAR

FYLGISKJAL 38

Orkuverð á verðlagi í desember 1986

VATNSORKA Á ÍSLANDI

Orkuverð á verðlagi í desember 1986

Á árinu 1985 var samin stutt greinargerð um orkuverð sem fall af nýtingartíma (VIRKJANALÍKAN OS, fylgiskjal 27, hefti II, desember 1985). Miðað var við verðlag í desembermánuði 1983.

Á verðlagi í desember 1986 áætlast meðalstofnkostnaður vatnsorku á Íslandi 10 kr/kWh/a við stöðvarvegg, þegar uppsett afl samsvarar 5256 nýtingarstundum á ári (ársálagsstuðull 0,6) að meðtöldu reiðuafli. Jaðarkostnaður afls er að jafnaði talinn nálægt 21,8 Mkr/MW á sama verðlagi.

Að öðrum forsendum óbreyttum, sbr. nefnda greinargerð, fæst heildsöluverð orku sem fall af nýtingartíma T í kh/a,

$$k = \frac{0,642(1+2,965T^{-1})}{1-0,09T^{-0,66}} \quad \text{kr/kWh} \quad [1] .$$

Jöfnuna má með góðri nálgun umrita þannig

$$k \approx 0,6385 + 2,0883T^{-1} \quad \text{kr/kWh} \quad [2] ,$$

þar sem fyrri liður er hinn orkutengdi kostnaðarpáttur (k_o) og síðari liður hinn afltengdi (k_a).

Miðað við jafnaðarlegan nýtingartíma, $T=5,256$ kh/a, reiknast heildsöluverð orku $k_m \approx 1,036$ kr/kWh, og þar af er hinn orkutengdi hluti nálægt 61,6 af hundraði.

Hér hefur verið gerð grein fyrir heildsöluverði orku sem falli af nýtingartíma, þannig að kaupendur beri eðlilega hlutdeild í kostnaði miðað við mismunandi aflþörf og orkutöp. Hins vegar hefur ekki verið tekið tillit til mismunandi fullnýtingartíma og hagkvæmni stærðar.

Með hliðsjón af síðast nefndum atriðum voru leidd rök að því í áður nefndri greinargerð frá 1985, að eðlilegt væri að selja hinum almenna kaupanda orku á mun herra verði en fengist fyrir orku til orkufreks iðnaðar.

Lagt er til að reikna með eftirfarandi jöfnum, annars vegar fyrir almenna orkunotkun og hins vegar fyrir orku til stóriðju.

Almenn notkun:

$$k_A \approx 0,8437 + 2,7594T^{-1} \text{ kr/kWh} \quad [3] .$$

Stóriðja:

$$k_S \approx 0,5033 + 1,6460T^{-1} \text{ kr/kWh} \quad [4] .$$

Miðað við, að nýtingartími hins almenna notanda sé að meðaltali um það bil 3,5 kh/a að meðtöldu reiðuafli og tilsvarendi nýtingartími stóriðju nálægt 7 kh/a, fæst,

$$k_{A,m} \approx 1,631 \text{ kr/kWh} \quad (40,1 \text{ mUSD/kWh}) \text{ og}$$

$$k_{S,m} \approx 0,738 \text{ kr/kWh} \quad (18,1 \text{ mUSD/kWh}).$$

Hlutfallið $k_{A,m}/k_{S,m} \approx 2,21$ er hið sama og fékkst með aðferð III í nefndri greinargerð frá 1985 og meðalorkuverð í heild miðað við tvöfalda orkunotkun stóriðju á við almenna notkun,

$$k_m = 1/3 (k_{A,m} + 2 k_{S,m}) \approx 1,036 \text{ kr/kWh} ,$$

er einnig hið sama og áður var tilgreint.

Heildsöluverð orku samkvæmt jöfnum [2] , [3] og [4] er sýnt á meðfylgjandi línuriti.

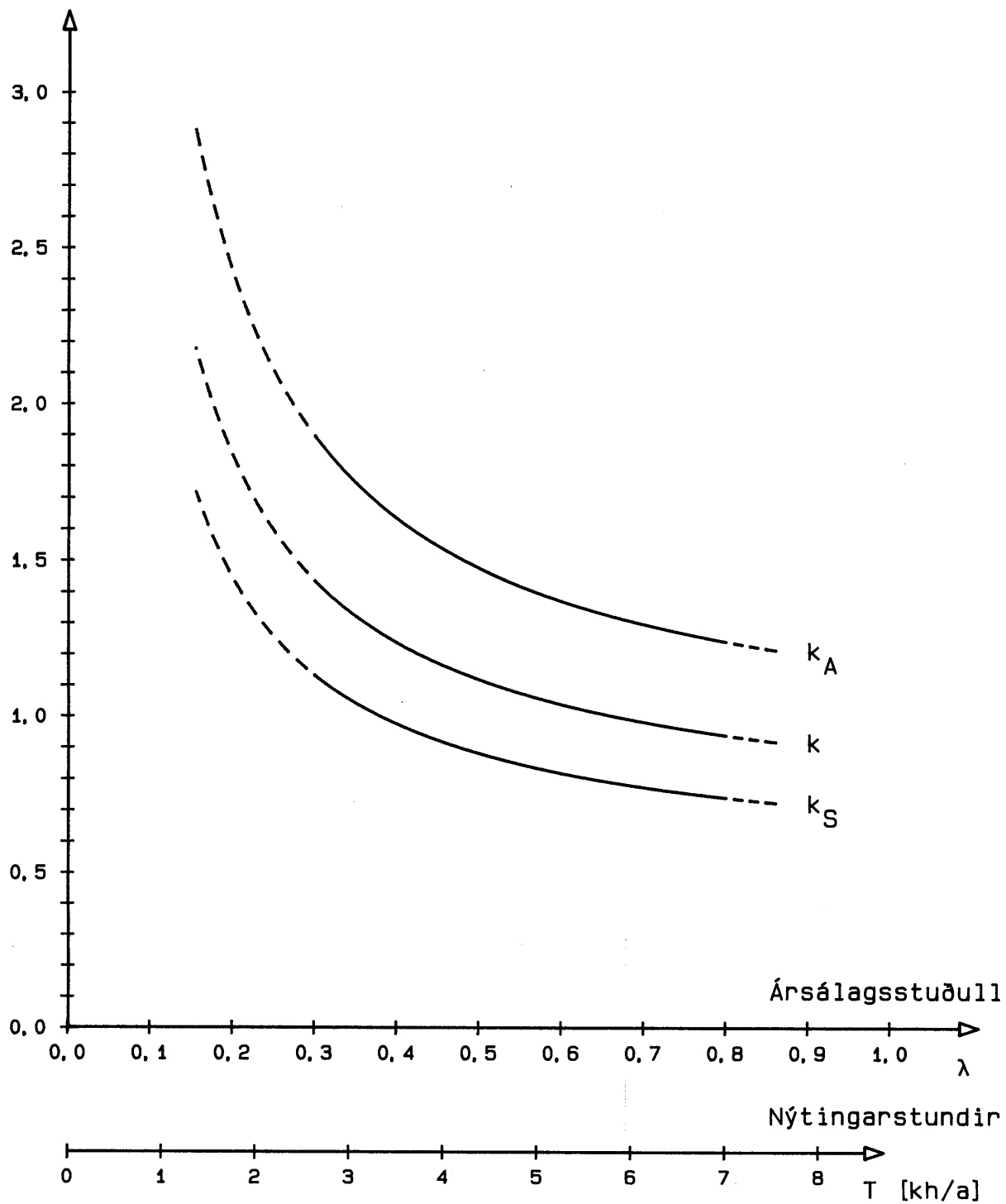
Ljóst er að framangreindar niðurstöður eru mjög háðar öllum tölulegum forsendum. Þær geta verið umdeilanlegar, en aðferðirnar sem slíkar til að meta eðlilegt orkuverð til hinna ýmsu orkukaupenda verða vart taldar óraunhæfar.

VATNSORKA Á ÍSLANDI

Orkuverð sem fall af nýtingartíma

Verðlag í desember 1986

Orkuverð [kr/kWh]



VIRKJANALÍKAN ORKUSTOFNUNAR

FYLGISKJAL 39

Spá um orkuvinnslu í vatnsorkuverum

VATNSORKA Á ÍSLANDI

Spá um orkuvinnslu í vatnsorkuverum

Síðla árs 1983 var leitazt við að meta, hvaða raforka gæti hugsanlega orðið til reiðu næstu árin miðað við þáverandi stöðu virkjunarundirbúnings.

Í meginráttum voru niðurstöður þessar:

Ár	Vatnsafl E_V GWh/a	Varmaafll E_G GWh/a	Alls við stöðvarvegg $E = E_V + E_G$ GWh/a	Til orkunotenda $E_N \approx 0,86 E$ GWh/a
1984	3945	200	4145	3565
1989	5555	250	5805	4990
1991	7730	500	8230	7080
1994	8480	500	8980	7725
1997	13685	500	14185	12200

Fæstum mun hafa komið til hugar, að orkupörf gæti aukizt í þessum mæli. Miðað við þróun undanfarinna ára (sjá meðfylgjandi línurit) mátti þó ætla, að orkuvinnsla í vatnsorkuverum yrði e.t.v. nálægt 10.000 GWh/a um aldamótin eða jafnvel fyrr. Þetta var því ekki eins fráleitt og virtist við fyrstu sýn, en fljótt skipast veður í lofti.

Ljóst varð, þegar leið á árið 1985, að verulega myndi draga úr aukningu orkuþarfar næstu árin. Spáð var, að almenn raforkunotkun myndi aukast um 80 GWh/a², og ekki var séð fram á nýja stóriðju í bráð.

Í samræmi við framangreint var snemma árs 1986 talið, að orkuvinnsla í vatnsorkuverum myndi verða nálægt 4200 GWh á árinu 1990 og að öllu óbreyttu um það bil 5000 GWh aldamótaárið 2000, eða einungis helmingur af því sem hefði mátt vænta miðað við þróunina 1984 og fyrr.

Á árinu 1985 gætti fyrst samdráttar í orkuvinnslu vatnsorkuvera eftir áralanga aukningu um því sem næst 160 GWh/a². Spáin byggðist á því, að þá hefði orðið tímabundinn samdráttur í orkunotkun núverandi stóriðju um 135 GWh, sem vinnast myndi upp, og því til viðbótar myndi orkuvinnsla

vatnsorkuvera árlega aukast um 80 GWh, sbr. eftirfarandi línurit.

Orkumáttur núverandi vatnsaflsvirkjana er talinn nálægt 4300 GWh/a. Rætist framangreind spá yrði þörf fyrir Blönduvirkjun þegar á árinu 1991, en með henni yrði séð fyrir orkuþörf fram á aldamótaárið 2000.

Á meðfylgjandi línuritum er gerð grein fyrir raforkuvinnslu á árabílinu 1920 til 1986, annars vegar orkuvinnslu í vatnsorkuverum og hins vegar heildarorkuvinnslu. Um orkuvinnslu í vatnsorkuverum á árabílinu 1920 til 1984 var fjallað í fylgiskjali 24 með "VIRKJANALÍKANI OS", hefti II, desember 1985. Þar var gerð grein fyrir, að þróunin hefði einkennzt af um það bil jafnlöngum árabílum með línulegri aukningu innan hvers tímabils og stökkbreytingum milli þeirra. Einkenni þessi eru sýnd á línuriti með strikálínum, en töluleg ákvörðun er eftirfarandi, þegar breytan x stendur fyrir viðkomandi ártal að frádregnu ártalínu 1920 ($x = \text{árt.} - 1920$).

Tímabil I : 1920 til 1937, 18 ár

$$E_I = 2,47 + 0,5623x \text{ GWh/a} \quad (r^2 = 0,806)$$

Tímabil II : 1938 til 1953, 16 ár

$$E_{II} = -188,69 + 11,7559x \text{ GWh/a} \quad (r^2 = 0,988)$$

$$\Delta E_{1938} = E_{II}(17,5) - E_I(17,5) \approx 4,7 \text{ GWh}$$

Tímabil III : 1954 til 1969, 16 ár

$$E_{III} = -632,56 + 28,6110x \text{ GWh/a} \quad (r^2 = 0,927)$$

$$\Delta E_{1954} = E_{III}(33,5) - E_{II}(33,5) \approx 120,8 \text{ GWh}$$

Tímabil IV : 1970 til 1984, 15 ár

$$E_{IV} = -6508,68 + 159,1743x \text{ GWh/a} \quad (r^2 = 0,979)$$

$$\Delta E_{1970} = E_{IV}(49,5) - E_{III}(49,5) \approx 586,8 \text{ GWh}$$

Loks er spátímabilið eftir 1984.

Tímabil V :

$$E_V \approx -1401,94 + 80x \text{ GWh/a}$$

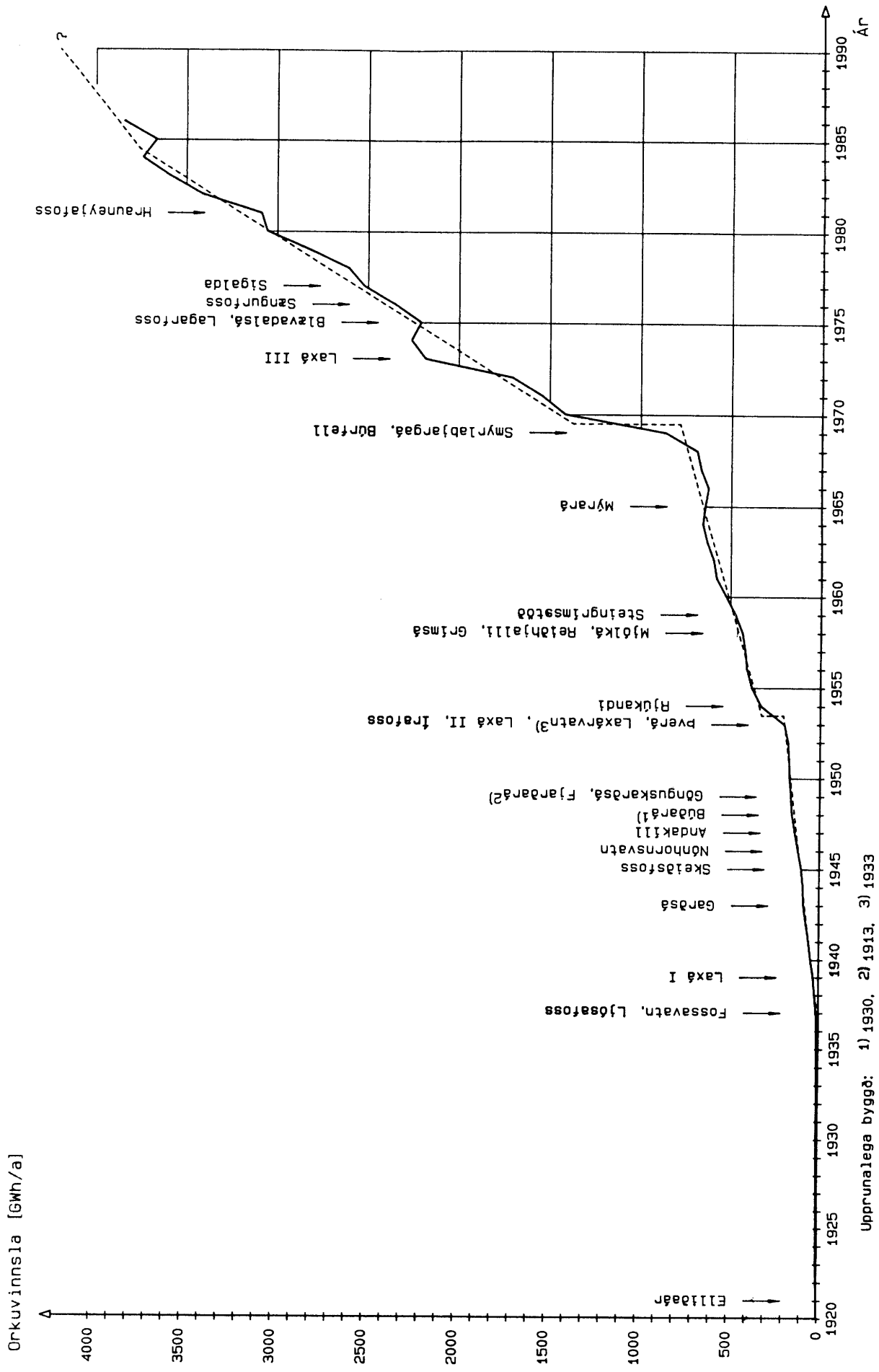
$$\Delta E_{1985} = E_V(64,5) - E_{IV}(64,5) = 0,0 \text{ GWh}$$

Hér að framan var þess getið, að allt fram til ársins 1984 hefði jafnvel verið búizt við, að orkuvinnsla í vatnsorkuverum yrði nálægt 10.000 GWh/a um aldamótin 2000. Var þá reiknað með endurteknum og vaxandi stökkbreytingum á orkunotkun samfara nýrri stóriðju og jafnframt auknum línulegum vexti í samræmi við það, sem á undan var gengið.

Fátt bendir nú til þess, að síðast nefnd spá muni rætast. Núverandi ástand er þó án efa tímabundið, og óvarlegt að gera eindregið ráð fyrir, að ekki verði þörf á nýrri virkjun eftir Blönduvirkjun, fyrr en um eða eftir næstu aldamót.

VATNSORKA Á ÍSLANDI

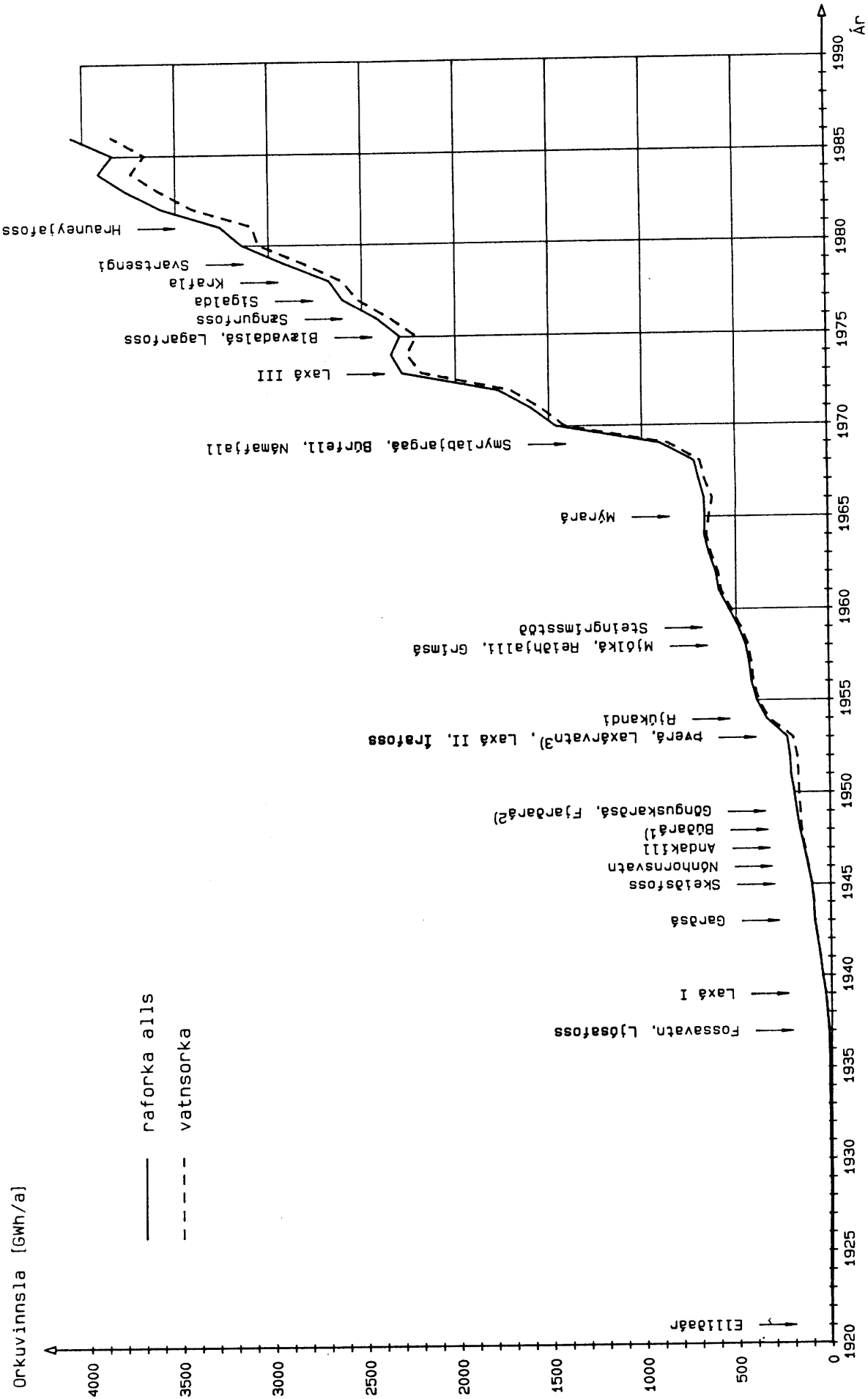
Orkuvinnsla í vatnsorkuverum 1920 til 1986



Upprunalega byggð: 1) 1930, 2) 1913, 3) 1933

RAFORKA Á ÍSLANDI

Orkuvinnsla í varma- og vatnsorkuverum 1920 til 1986



VIRKJANALÍKAN ORKUSTOFNUNAR

FYLGISKJAL 40

Mannaflapörf við virkjunarframkvæmdir

VATNSORKA Á ÍSLANDI

Mannaflapörf við virkjunarframkvæmdir

Nauðsynlegt vinnuafli við virkjunarframkvæmdir er metið í ársverkum, og er eitt ársverk þá skilgreint sem vinna manns, sem skilar 180 vinnustundum í mánuði alla tólf mánuði ársins eða 2160 stundum á ári. Er þá átt við raunverulegar vinnustundir meðan staðið er að verki, en í kostnaðaráætlunum er reiknað með, að viðkomandi fái greidd laun fyrir 3024 stundir á ári eða til jafnaðar 252 stundir í mánuði.

Mat á einingarkostnaði byggist m.a. á áætluðum vinnustundafjölda við einstaka verkþætti, þar með talið vinnuafli við viðhald vinnuvéla, sem í stundum er metið sem þriðjungur þess tíma, sem vinnuvélar eru að verki.

Verulegur hluti kostnaðar verður einnig vegna vinnu, sem ekki tengist beint einstökum verkþáttum, og við áætlanagerð reiknast hann sem ákveðin hundraðshlutaþækkun einingarkostnaðar. Hér er átt við starfsmenn í mótuneyti, verksjóra aðra en flokksstjóra, sem vinna við einstök verk, starfsmenn við birgðavörzlu, skrifstofufólk, mælingamenn og tæknilið verktaka, hjúkrunarfólk, rafvirkja og annað starfslið, sem ekki vinnur beint við einstaka verkþætti. Óbeint vinnuafli reiknast tæpur þriðjungur af beinu vinnuafli, og stærsti hluti þess er starfslið við mótuneyti og ræstingu.

Í eftirfarandi skrá er gerð grein fyrir áætluðu vinnuafli í núverandi áætlunum um nokkur starfrækt og fyrirhuguð orkuver. Niðurstöður eru, að til jafnaðar verði verktakakostnaður 5,9 Mkr/ársverk á verðlagi í desember 1986 og venjulega á bilinu 5,0 til 6,7 Mkr/ársverk. Þetta er þó talsvert háð eðli verka og þá m.a., hve kostnaður við vélar og rafbúnað er ríkur þáttur í heildarkostnaði.

Eins og fram hefur komið ná þessar athuganir einungis til verktakaþátta framkvæmdanna, þ.e. ekki til vinnuafli við eftirlit, umsjón og hönnun eða aðra undirbúningsvinnu.

Upplýsingar til að meta ársverk við útboðsgagnagerð með tilheyrandi vettvangsathugunum, hönnun, umsjón og eftirlit með framkvæmdum eru af mjög skornum skammti. Sem ágizkun má þó reikna með, að þau verði um það bil fjórðungur af jafnaðarlegum ársverkum verktaka.

Samkvæmt framansögðu eru lauslega metin ársverk við virkjunarframkvæmdir frá því ákvörðun um þær er tekin og þangað til lokaskýrslum er skilað, þegar k er áætlaður verktakakostnaður í Mkr:

Ársverk verktaka	Ársverk við hönnun, umsjón o.fl.	Ársverk alls
k/5,9	k/23,6	k/4,72

Nú eru ársverk að sjálfsögðu í beinu hlutfalli við áætlaðar árlegar vinnustundir. Ef til vill væri eðlilegra að miða við starfsmann í fullu starfi að frátöldum umsömdum orlofstíma og eðlilegum veikindaforföllum. Þannig metin yrðu ársverk um það bil 13,5 af hundraði fleiri en samkvæmt fyrri skilgreiningu, eða þessi:

Ársverk verktaka	Ársverk við hönnun, umsjón o.fl.	Ársverk alls
k/5,2	k/20,8	k/4,16

Við lok verkhönnunar, áður en kemur til ákvörðunar um framkvæmdir, er talið, að áfallinn undirbúningskostnaður sé til jafnaðar um það bil 2,4 af hundraði verktakakostnaðar. Ársverk að baki því starfi eru hér ekki meðtalin. Þá eru einnig ótalin ársverk tengd aðfluttu efni og búnaði, þar með talin ársverk við hönnun og smíði véla og rafbúnaðar.

Að meðtalinni undirbúningsvinnu mætti líklega reikna heildarársverk nálægt k/4 samkvæmt síðari skilgreiningu ársverka. Áætlaður verktakakostnaður við að virkja það vatnsafl, sem eftir er að nýta (um það bil 26 TWh/a eftir Blönduvirkjun), er ekki fjarri 195 Gkr. Jafngildir það 48.750 ársverkum eða til jafnaðar 750 mönnum í fullu starfi, ef framkvæmdum yrði lokið á 65 árum (árið 2055).

Skipting vinnuafldsins yrði um það bil þessi:

Verktakar	Hönnun, umsjón o.fl.	Undirbúningur	Samtals
577	144	29	750

Umræddar áætlanir, einkum áætlanir um aðra mannaflapörf en hjá verktökum, eru bundnar talsverðri óvissu. Áherzlu ætti að leggja á að meta verkkaupakostnað, þ.e. aðra þætti virkjunarkostnaðar en verktakakostnað, nánar en gert hefur verið til þessa.

VATNSORKA Á ÍSLANDI

Mannaflapörf við virkjunarframkvæmdir

Virkjun	Áætluð ársverk	Verktakakostnaður ¹⁾	
		Mkr	Mkr/ársverk
Búrfellsvirkjun I	944,4	6007,5	6,36
Þórisvatnsmiðlun	257,7	1205,7	4,72
Sigölduvirkjun	952,6	5446,4	5,72
Hrauneyjafossvirkjun	769,1	4953,6	6,44
Steingrímsstöð	205,5	1299,2	6,32
Ljósafossvirkjun	114,5	790,8	6,91
Írafossvirkjun	297,5	1869,4	6,28
Laxárvirkjun I	54,2	309,2	5,70
Laxárvirkjun II	90,1	494,2	5,49
Laxárvirkjun III	136,5	856,2	6,27
Rennslisvirki við Mývatn	7,9	31,3	3,96
Smyrlabjargaárvirkjun	24,2	139,8	5,78
Grímsárvirkjun	71,9	355,9	4,95
Lagarfossvirkjun	77,8	556,9	7,16
Blönduvirkjun	689,1	4445,6	6,45 ²⁾
Kvíslaveita	408,6 ³⁾	1914,9	4,69
Sultartangavirkjun	823,2	4667,3	5,67
Sultartangastífla	253,2	1106,3	4,37
Villinganesvirkjun	224,0	1344,6	6,00
Fljótsdalsvirkjun	1582,4	9085,1	5,74
Fjarðarárvirkjun	198,8	1245,1	6,26
Geithellnavirkjun	51,2	379,8	7,42
Þuríðarárvirkjun	16,6	95,6	5,76
Kljáfossvirkjun	144,9	935,3	6,45
Samtals	8395,9	49535,7	5,90

1) Áætlaður kostnaður á verðlagi í desember 1986

2) Byggt á áætlun við verkhönnun

3) Að hluta ágizkuð (dýpkun Vatnsfellsskurðar)

VIRKJANALÍKAN ORKUSTOFNUNAR

FYLGISKJAL 41

Athugun á stofnkostnaði þrýstivatnspípna

VATNSORKA Á ÍSLANDI

Athugun á stofnkostnaði þrýstivatnspípna.

Við smávirðjanir er algengast að vatnsvegir séu pípur eða skurðir. Pípur geta verið úr stáli, timbri eða trefjaplasti. Hér á eftir verður leitast við að áætla kostnað við mismunandi pípugerðir sem fall af hönnunarfalldæði H í m og hönnunarrennsli Q í m^3/s .

Með kostnaðarsamanburði er jafnframt leitast við að ákvarða notkunarvið mismunandi pípugerða.

Nýleg verðtilboð liggja einungis fyrir í stálpípur (Blönduvirkjun), en aflað hefur verið verðupplýsinga um trefjaplastpípur frá norskum framleiðanda. Í heild er byggt á nokkuð veikum grunni að því er varðar umræddan kostnað, og því er ástæða til að sannprófa niðurstöður með frekari verðupplýsingum.

Áætlaður kostnaður miðast við verðlag og gengi í desembermánuði 1986 og við yfirlitsáætlanagerð er reiknað með ófyrirséðum kostnaði sem nemur 20 af hundraði verktakakostnaðar.

Stálpípur.

Við yfirlitsáætlanagerð má með nálgun áætla verktakakostnað af eftirfarandi jöfnum.

$$K_{SP} \approx 1,25 [9,12 + (6 + 0,714H^{0,4})d^{2,1}], \text{ Mkr/km} \quad [1],$$

þegar $1,5 \leq d \leq 5,5$ m og $50 \leq H \leq 137$ m, þar sem d er meðalþvermál pípu í m og H hönnunarfalldæði í m .

Kostnaður samkvæmt jöfnu [1] leiðréttist um

$$\Delta K_{SP} \approx -1,25 \cdot 0,295H^{0,32} (1,5-d)^{1,05}, \text{ Mkr/km} \quad [2],$$

þegar pípuþvermál er á bilinu $0,5 \leq d < 1,5$ m.

Með herra falli fæst,

$$K_{SP} \approx 1,25 [8 + 0,005H^{1,1} + (6 + 0,0228H^{1,1})d^{2,1}], \text{ Mkr/km} \quad [3],$$

þ.e. þegar $1,5 \leq d \leq 5,5$ m og $137 \leq H \leq 650$ m

Kostnaður samkvæmt jöfnu [3] leiðréttist um

$$\Delta K_{SP} \approx -1,25 \cdot 0,0104H(1,5-d)^{1,05}, \text{ Mkr/km} \quad [4],$$

þegar þrúþvermál er á bilinu $0,5 \leq d < 1,5$ m.

Með nálgun má reikna falltöpu af jöfnunni,

$$I \approx 1,24 \cdot 10^{-3} Q^2 d^{-31/6}.$$

Kostnaður vegna afl- og orkutapa verður,

$$\Delta K \approx 361,5 \cdot 10^3 I Q = 448,26 Q^3 d^{-31/6}, \text{ kr/m},$$

og haðkvæmasta meðalþvermál, $d = \tilde{d}$, þegar skilyrðinu

$$\frac{\partial(1,37K_{SP} + \Delta K)}{\partial d} = 0$$

er fullnægt.

Með nálgun má ákvarða haðkvæmasta þvermál á öllu notkunar sviði stálþrúna af jöfnunni,

$$\tilde{d} \approx \frac{0,4125 + 268 \cdot 10^{-6} H^{0,5}}{1,4285 + 543 \cdot 10^{-6} H}, \text{ m} \quad [5],$$

þar sem Q er hönnunarrennsli í m^3/s .

Tréþrú

Við yfirlitsáætlanagerð má með nálgun áætla verktakakostnað af jöfnunni,

$$K_{TP} \approx 1,25 [0,109d^2(H+28,2) + 3,84d + 1,65], \text{ Mkr/km} \quad [6],$$

þar sem d er þvermál þrú í m og H hönnunarfalldæði í m á bilinu $15 \leq H < 70$ m.

Með nálgun má reikna falltöpu af jöfnunni,

$$I \approx 1,379 \cdot 10^{-3} Q^2 d^{-31/6}$$

Kostnaður vegna afl- og orkutapa verður,

$$\Delta K \approx 361,5 \cdot 10^3 I Q \approx 499 Q^3 d^{-31/6}, \text{ kr/m},$$

og hagkvæmasta þvermál fæst af jöfnunni,

$$Q = 0,5251\tilde{d}^{37/18} [\tilde{d}(H+28,2)+17,615]^{1/3},$$

eða með nálgun,

$$\tilde{d} \approx (0,7775 - 0,01323H^{0,5})Q^{0,4433H^{-0,0092}}, \text{ m} \quad [7].$$

Trefjaplastpípur

Norska fyrirtækið VERA A/S framleiðir trefjaplastpípur fyrir allt að 160 m vatnsbrýsting. Pípurarnar eru staðlaðar fyrir brýsting H=25, 60, 100 og 160 m og þvermál d frá 0,4 að 1,0 m með 0,1 m þrepum og frá 1,0 að 2,4 m með 0,2 m þrepum.

Falltöp í trefjaplastpípum má með nálgun ákvarða af jöfnunni,

$$I \approx 1,04 \cdot 10^{-3} Q^2 d^{-31/6}.$$

Við þvermálsákvörðun má hafa hliðsjón af jöfnunni,

$$\tilde{d} \approx (0,6337 - 218,5 \cdot 10^{-6}H)Q^{0,4586H^{-0,004}}, \text{ m} \quad [8],$$

þar sem \tilde{d} er meðalþvermál Q hönnunarrennsli í m³/s og H hönnunarfalshæð í m.

Við yfirlitsáætlanagerð má ákvarða verktakakostnað af jöfnunni,

$$K_{pp} \approx 1,25 (15,62 + 0,045H)\tilde{d}^{1,3783H^{0,018}}, \text{ Mkr/km} \quad [9],$$

eða

$$K_{pp} \approx 1,25 (8,517 + 0,0164H)Q^{0,5862H^{0,014}}, \text{ Mkr/km} \quad [10].$$

Framanskráðar jöfnur gilda á sviðinu.

$$0,4 \leq d \leq 2,4 \text{ m} \quad \text{og} \quad 25 \leq H \leq 160 \text{ m}.$$

Samanburður milli stál-, tré- og plastpípna

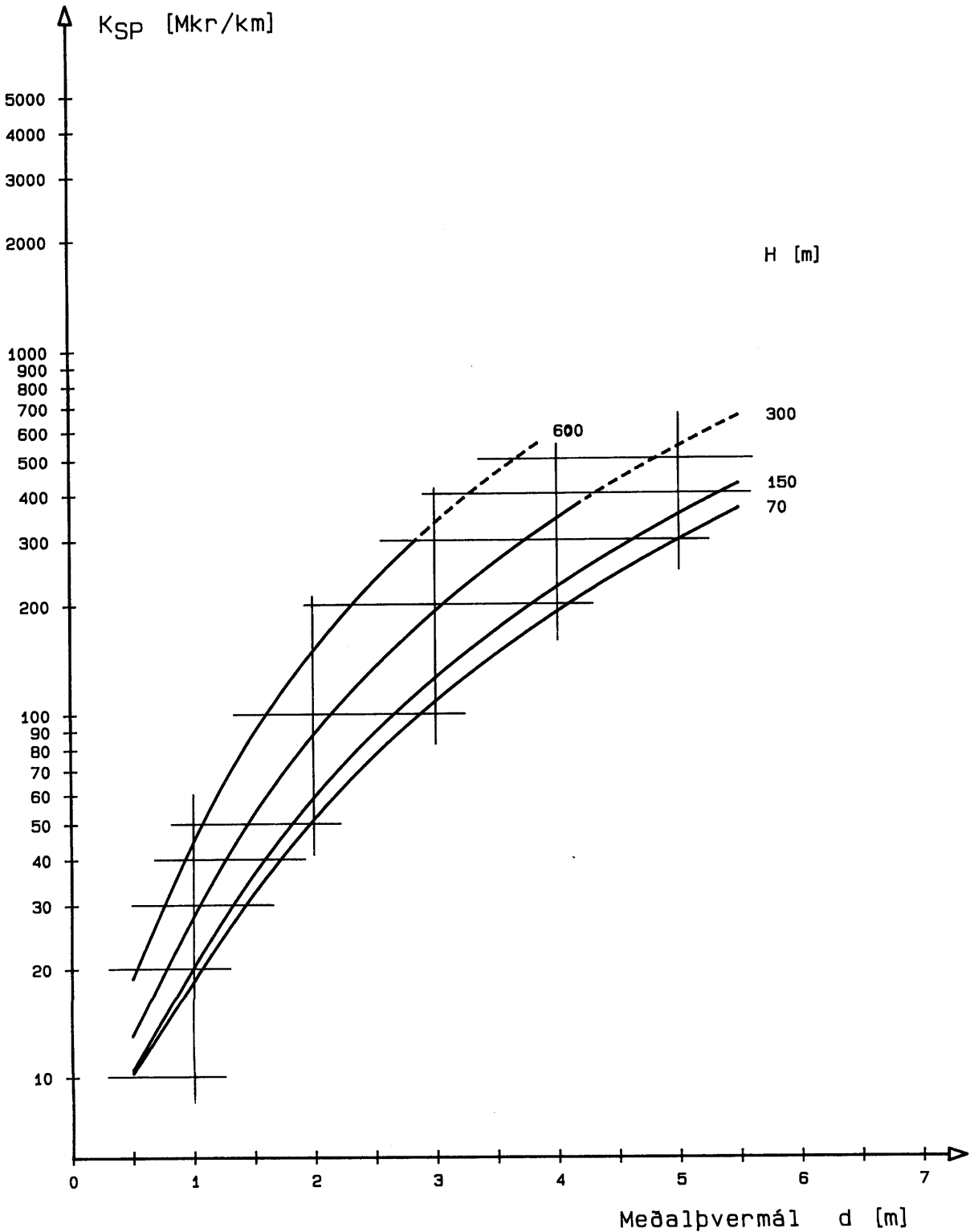
Í grófum dráttum má gera ráð fyrir að trépípur verði hagkvæmari en stálpípur, þegar brýstingur (hönnunarfalshæð) er minni en 65 m. Trefjaplastpípur virðast koma til álita í stað tré- eða stálpípna fyrir brýsting allt að 150 m og minna hönnunarrennsli en 20 m³/s. Mismunur á áætluðum kostnaði gefur þó til kynna, að stálpípur verði í sumum tilvikum ódýrari,

vegur þrýstingur fer upp fyrir 100 m. Vegna óvissu á ákvörðunum kostnaði, sem áður var vikið að, er reiknaður munur á kostnaði við trefjaplastpípur annars vegar og stál- eða trépiður hins vegar þó vart marktækur. Við yfirlitsáætlanagerð ætti því fyrst um sinn einungis að miða við tré- eða stálpiður, eða þar til nánari staðfesting fæst á kostnaði við trefjaplastpípur.

Á meðfylgjandi línuritum er sýndur áætlaður verkkostnaður (ófyrris séður kostnaður ekki meðtalinn) fyrir mismunandi pípuerðir sem fall af þvermáli og hönnunarrennsli.

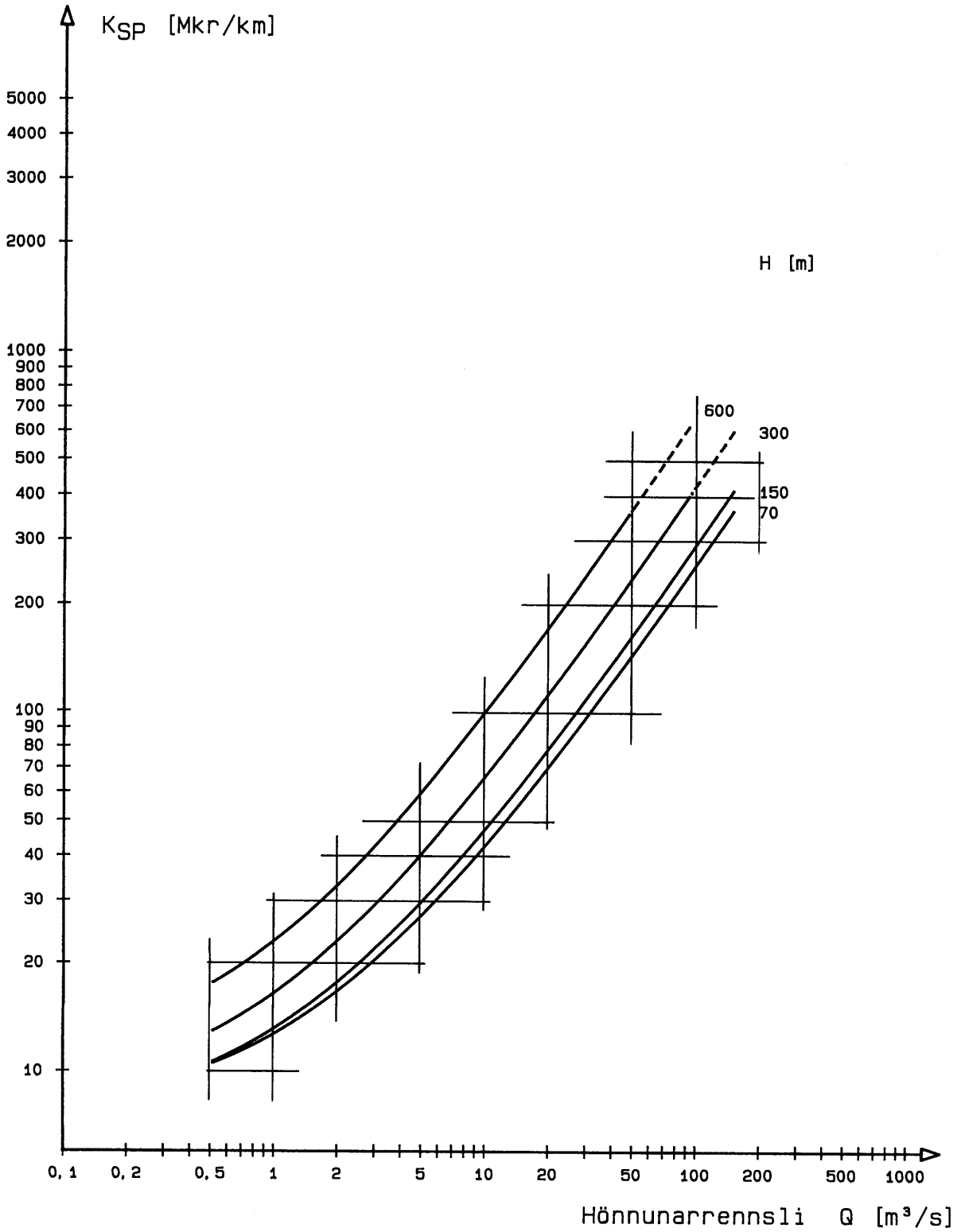
STÁLPÍPUR

Áætlaður verkkostnaður á
verðlagi í desember 1986.



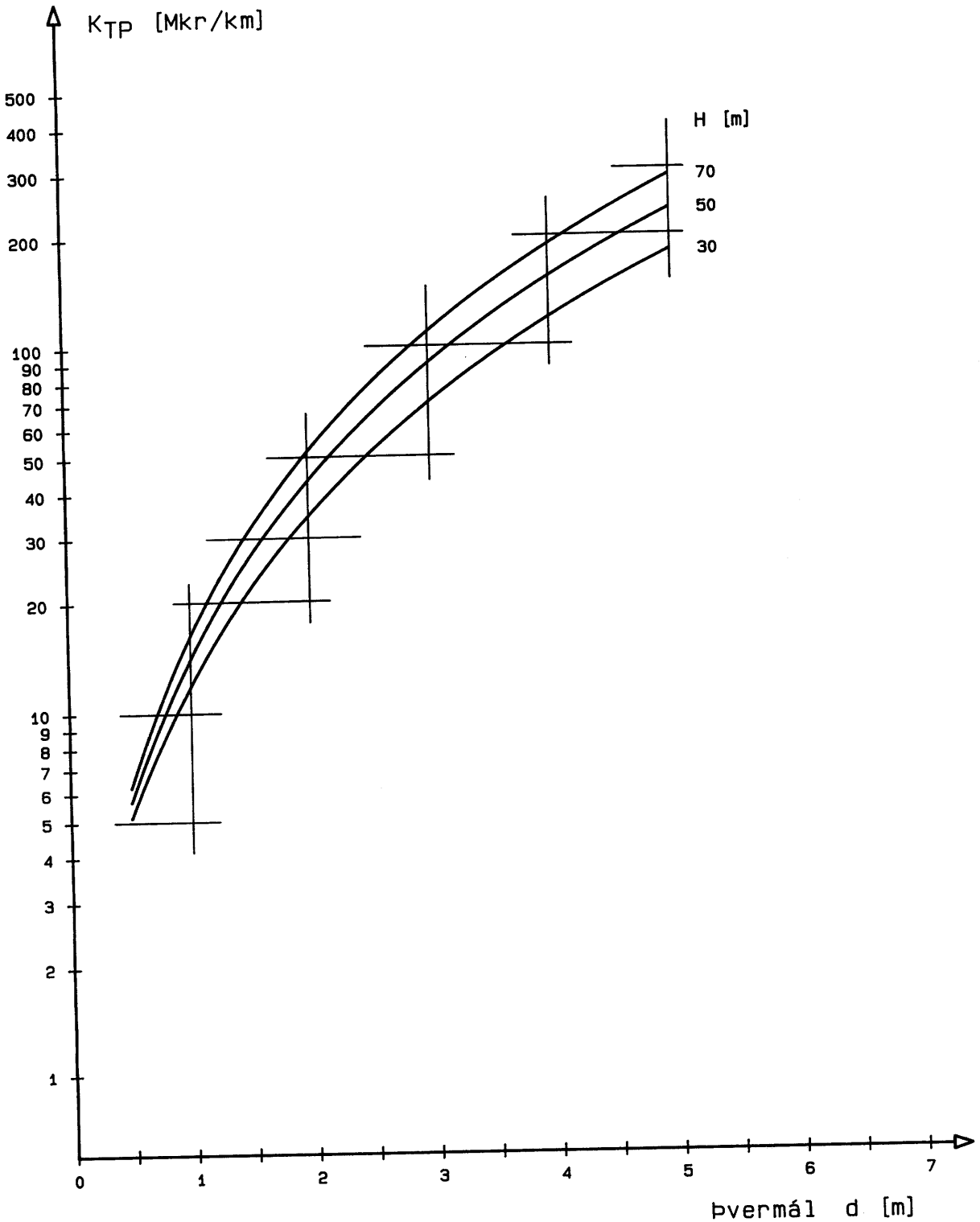
STÁLPÍPUR

Áætlaður verkkostnaður á
verðlagi í desember 1986.



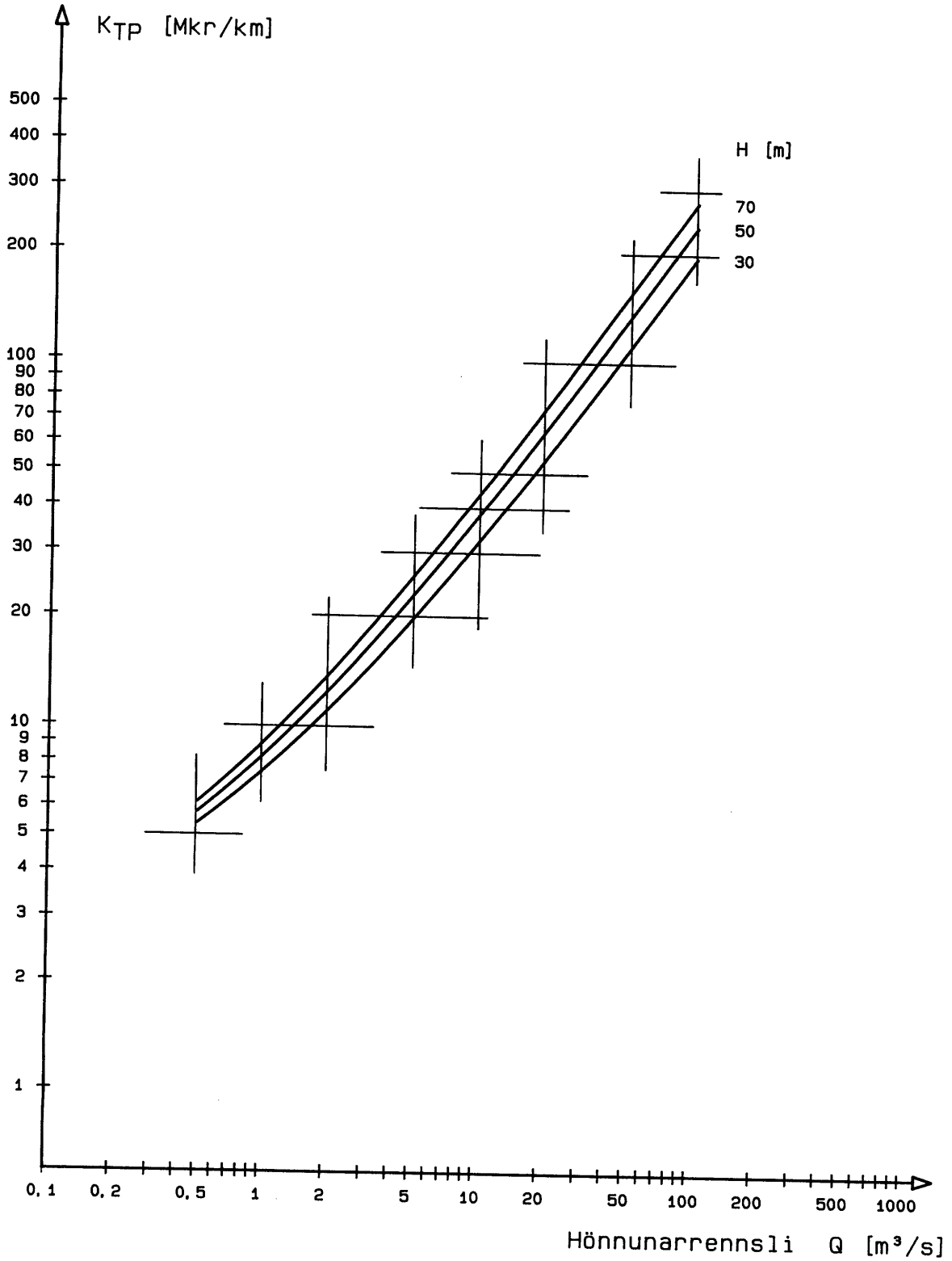
TRÉPÍPUR

Áætlaður verkkostnaður á
verðlagi í desember 1986.



TRÉPÍPUR

Áætlaður verkkostnaður á
verðlagi í desember 1986.



TREFJAPLASTPÍPUR

Áætlaður verkkostnaður á
verðlagi í desember 1986.

