

Orkustofnun
Jarðhitadeild

TRÚNAÐARMÁL

Álitsgerð um verð jarðgufu frá gufuveitu
jarðvarmaveitna ríkisins í Námafjalli

eftir

Karl Ragnars

Apríl 1970

1. Jarðgufuvinnslan í Námafjalli.

Undirbúningur að vinnslu jarðgufu í Námafjalli hófst árið 1963, er boraðar voru 2 tiltölulega grunnar tilraunaholur nr. 1 og 2. Jafnframt hófust ýmsar taknilegar athuganir, bæði varðandi gufuna sjálfa og væntanleg gufuveitu mannvirki. Árið 1967 var boruð hola 3, sem skyldi vera vinnsluhola fyrir Kísiliðjuna, og jafnframt hafin bygging gufuveitu að verkmiðjunni.

Árið 1968 kom í ljós að hola 3 fullnægði ekki þörfum Kísiliðjunnar og jafnframt var ákveðið að reist skyldi á staðnum jarðgufuaflestöð til framleiðslu á rafmagní. Var þá ráðist í borun á tveim holum til viðbótar nr. 4 og 5 og veitumannvirki byggð frá þeim að aflstöðinni, en samtengd veitukerfi til Kísiliðjunnar.

Enn var gufuvinnslan ófullnægjandi fyrir bæði Kísiliðjuna og aflstöðina og á árinu 1969 var ákveðið, að Kísiliðjan skyldi stækkuð um helming, þ.e. afköst hennar aukin úr 12000 tonna ársframleiðslu af kísilgúr í 24000 tonna ársframleiðslu.

Var því ákveðið að boraðar skyldu til viðbótar 3 nýjar holur nr. 6, 7 og 8. Holur 6 og 7 eru nú (apr. 1970) báðar virkjaðar en ráðgert, að hola 8 og jafnframt enn ein til viðbótar hola 9 verði boraðar og tengdar við veitukerfið á árinu 1970.

2. Afköst gufuveitunnar.

Að loknum ofangreindum framkvæmdum er talið að gufuveitan geti annað áætlaðri gufuþörf bæði Kísiliðjunnar og aflstöðvarinnar en afltoppurinn er talinn um 50 tonn/klst til hvors aðilja, þ.e. 100 tonn/klst af gufu með þrýstingi 7,5-10 atg. Ársþörf Kísiliðjunnar er talin 230.000 tonn en aflstöðvar 250.000 tonn þ.e. samtals 480.000 tonn á ári.

3. Endingartími.

Á þessu stigi málsins er mjög erfitt að segja til um endingartíma borholanna, þar sem enn er mjög lítil reynsla fengin á því, hvernig þær breyta sér með tímanum, en þó virðist

hægt að fullyrða nú, að eftir því sem minna er tekið úr þeim, þeim mun lengur endist þær.

Í útreikningum hér á eftir verður farin sú leið að álykta, að til þess að viðhalda óbreyttu gufumagni þurfi að bora og virkja eina viðhaldsholu á þriggja ára millibili, en það er ekki ósvipað þeirri reynslu, er fengist hefur á Nýja-Sjálandi.

Gufuverð er reiknað út með tveim aðferðum, annars vegar að öll mannvirki séu afskrifuð árið 1987 og þar með einnig þær holur, sem boraðar hafa verið þá skömmu áður, og hins vegar er fundinn endingartími á mannvirkin og reiknað með venjulegum afskriftum yfir þann tíma.

4. Fjármál J.V.R.

Allar frækvæmdir hafa verið gerðar með lánsfé frá Orkusjóði.

Tafla 1 um lán til J.V.R. sýnir, hvernig lánin standa í árslok 1969, en lánsfjárförf eftir þann tíma er áætluð.

Í árslok 1969 eru eftirstöðvar lána 58,8 M kr. en til lúkn-ingar á mannvirkinu, til þess að það geti afkastað framan-greindu gufumagni, er áætlað að lántaka á árinu 1970 verði 13,0 M kr. (Ath. í lántöflu er reiknað með 12,0 M kr.) Skv. lánatöflunni verða því eftirstöðvar lána í árslok 1970 69,5 M kr.

5. Rekstur og viðhald I.

Í töflunni hér að neðan er reynt að gera grein fyrir áætlaðri rekstrar og viðhaldsfjárförf. Hér kemur í ljós, að með þriggja ára millibili verður upphæðin verulega hærri en hin árin en þá er átt við borun og virkjun einnar borholu eins og áður er um rætt.

Ár	Rekstur	Viðhald	Samtals
1971	900	500	1400
72	"	"	"
73	"	8500	9400
74	"	500	1400
75	"	"	"
76	"	8500	9400
77	"	500	1400
78	"	"	"
79	"	8500	9400
1980	"	500	1400
81	"	"	"
82	"	8500	9400
83	"	500	1400
84	"	8500	"
85	"	8500	9400
86	"	500	1400
1987	"	"	"

Í töflu 2 eru þessar upphæðir færðar til núgildis með mismunandi vöxtum.

6. Árgjald I.

Ef núgildi rekstrar og viðhalds er lagt við eftirstöðvar lána má finna árgjaldið með á venjulegan hátt:

$$\text{Eftirst. lána} + \text{núgildi rekstrar og viðhalds} = A \cdot \frac{1}{r} (1 - (1+r)^{-n})$$

Hér er:

A: árgjald

r: vaxtafótur

n: árafjöldi 17 ár

8% vextir

$$69,5 + 33,8 = A \cdot \frac{1}{0,08} (1 - (1,08)^{-17})$$

$$103,3 = A \cdot 9,12 \quad \underline{\underline{A = 11,3 \text{ M kr/ár}}}$$

7% vextir

$$69,5 + 36,3 = A \frac{1}{0,07} (1 - (1,07)^{-17})$$

$$105,8 = A \cdot 89,76 \quad \underline{\underline{A = 10,8 \text{ M kr/ár}}}$$

6% vextir

$$69,5 + 39,0 = A \frac{1}{0,06} (1 - (1,06)^{-17})$$

$$108,5 = A \cdot 10,48 \quad \underline{\underline{A = 10,4 \text{ M kr/ár}}}$$

7. Verð pr. magneiningu af gufu I.

Eins og að framan greinir sttti gufuveitan með framangreindum stofn-, rekstrar og viðhaldskostnaði, að geta annað 480 þús. tonna markaðsþörf á ári. Verð gufunnar pr. magneiningu er því árgjaldið deilt með tonnafjölda á ári og verður það misjafnt eftir því hægða vextir eru notaðir.

8% vextir

$$V = 11,3 \text{ M kr}/480 \text{ þús tn.} = 23,50 \text{ kr/tn}$$
$$23,50 \text{ kr/tn} : 0,267 \text{ US\$/tn}$$

7% vextir

$$V = 10,8 \text{ M kr}/480 \text{ þús tn} = 22,50 \text{ kr/tn}$$
$$22,50 \text{ kr/tn} : 0,255 \text{ US\$/tn}$$

6% vextir

$$V = 10,4 \text{ M kr}/480 \text{ þús tn} = 21,60 \text{ kr/tn}$$
$$21,60 \text{ kr/tn} : 0,246 \text{ US\$/tn}$$

8. Rekstur og viðhald II.

Það má að nokkru leyti teljast óeðlilegt, að reikna nýjar borholur, sem boraðar eru til viðhalds upphaflegu gufumagni sem viðhaldskostnað, og því er einnig farin sú leið hér, að telja þessar holur til stofnkostnaðar sem afskrifast á jafn löngum tíma og upphaflegu holurnar.

Þá er að gera sér grein fyrir, hver er endingartími holanna og við hvaða árafjölda á að miða afskriftir. Sé haldið við þá forsendu, að upphaflegt gufumagn haldist óbreytt með því að bora eina holu á þriggja ára fresti, þá er augljóst að holurnar minnka mest fyrst en svo minna og minna eftir því sem tíminn líður. Má leiða rök að því, að þessi minnkun sé exponentiel t.d. líkingin:

$$M(t) = B e^{-bt}$$

Hér er:

- M(t): Magn úr einni holu miðað við tíma
- B : Upphaflegt magn hverrar holu
- b : konstant
- t : tími (ár)

Þar sem upphaflegur fjöldi borhola og viðkomandi gufuveitna er sex, þá attu þessar sex holur að hafa rýrnað sem svarar einni á þrem árum.

Því gildir:

$$5 B = 6 B e^{-b3}$$

Þá er að athuga hvort magn helzt óbreytt eftir ótiltekin árafjölda, með því að boruð sé ein hola á þriggja ára fresti

$$M(3n) = 6 B e^{-b3n} + B e^{-b(n-1)3} + \dots + B e^{-b3} + B$$

Summa þessarar talnaraðar er

$$M(3n) = B(e^{-b3n} - 1) / (e^{-b3} - 1) + 6 B e^{-b3n}$$

Með því að setja skilyrðið $5 B = 6 B e^{-b3}$ inn í þessa summu fást að

$$M(3n) = 6 B$$

Konstantinn b fást úr líkingunni $5 A = 6 A e^{-b3}$ og er $b = 0,0608 \text{ ár}^{-1}$.

Nú kemur til álita hvernig eigi að túlka endingartíma borholu, sem hagar sér skv. þessari líkingu en hér verður það gert á þann hátt, að það gufumagn, sem holan gefur á óendanlega löngum tíma, er umreiknað til þess tíma,

sem holan gefi sitt upphaflega magn, þ.e. endingartíminn te er:

$$B \cdot te = Be^{-bt} \cdot dt = \frac{B}{b}$$

$$te = \frac{1}{0,0608} = 16 \text{ ár}$$

Það er að visu hæpið að áætla, að holan sé rekin þar til hún ekkert magn gefur en nú er, andstätt því sem gert var í kafla 5 áætlað af bjartsýni.

Endingartími gufuveitunnar áætlast 20 ár.

9. Árgjald II

Eins og að framan greinir er heildarstofnkostn. 69,5 M kr.

Áætluð skipting hans er þannig:

Rannsóknarkostn og aðalgufuveita (endingartími 20 ár)	21,5 M kr
6 borholur á 6 M kr.	36,0 "
6 gufuveitur á 2 M kr	<u>12,0 "</u>
SAMTALS	69,5 M kr

Árgjaldið A reiknast skv. formúlunni:

$$\text{Stofnkostn.} = A \frac{1}{r} (1 - (1+r)^{-n})$$

8% vextir

$$21,5 = A(1) \cdot \frac{1}{0,08} (1 - 1,08^{-20})$$

$$21,5 = A(1) \cdot 9,82, \quad A(1) = 2,2 \text{ M kr.}$$

$$36,0 = A(2) \cdot \frac{1}{0,08} (1 - 1,08^{-16})$$

$$36,0 = A(2) \cdot 8,85, \quad A(2) = 4,1 \text{ M kr.}$$

$$12,0 = A(3) \cdot \frac{1}{0,08} (1 - 1,08^{-20})$$

$$12,0 = A(3) \cdot 9,82, \quad A(3) = 1,2 \text{ M kr.}$$

$$A(4) = \text{Rekstur} + \text{viðhald} \quad 1,4 \text{ M kr.}$$

$$\underline{\underline{\text{Árgjald A} = 8,9 \text{ M kr.}}}$$

7% vextir

$$\begin{aligned} 21,5 &= A(1) \cdot \frac{1}{0,07} (1-1,07^{-20}) \\ 21,5 &= A(1) \cdot 10,59, \quad A(1) = 2,0 \text{ M kr.} \\ 36,0 &= A(2) \cdot \frac{1}{0,07} (1-1,07^{-16}) \\ 36,0 &= A(2) \cdot 9,45, \quad A(2) = 3,8 \text{ M kr} \\ 12,0 &= A(3) \cdot \frac{1}{0,07} (1-1,07^{-20}) \\ 12,0 &= A(3) \cdot 10,59, \quad A(3) = 1,1 \text{ M kr.} \\ A(4) &= \text{Rekstur og viðhald} \quad 1,4 \text{ M kr.} \end{aligned}$$

Árgjald A = 8,3 M kr.

6% vextir

$$\begin{aligned} 21,5 &= A(1) \cdot \frac{1}{0,06} (1-1,06^{-20}) \\ 21,5 &= A(1) \cdot 11,47, \quad A(1) = 1,9 \text{ M kr.} \\ 36,0 &= A(2) \cdot \frac{1}{0,06} (1-1,06^{-16}) \\ 36,0 &= A(2) \cdot 10,11, \quad A(2) = 3,5 \text{ M kr.} \\ 12,0 &= A(3) \cdot \frac{1}{0,06} (1-1,06^{-20}) \\ 12,0 &= A(3) \cdot 11,47, \quad A(3) = 1,0 \text{ M kr.} \\ A(4) &= \text{Rekstur og viðhald} \quad 1,4 \text{ M kr.} \end{aligned}$$

Árgjald A = 7,8 M kr.

10. Verð pr. magneiningu af gufu II

Eins og að framan er reiknað með að selt gufumagn á ári séu 480 þús. tonn.

8% vextir

$$\begin{aligned} V &= 8,9 \text{ M kr}/480 \text{ þús tonn} = 18,50 \text{ kr/tonn} \\ &18,50 \text{ kr/tn} = 0,21 \text{ US\$/tn} \end{aligned}$$

7% vextir

$$V = 8,3 \text{ M kr/480 þús tonn} = 17,30 \text{ kr/tonn}$$

$$17,30 \text{ kr/tn} = 0,196 \text{ US\$/tn}$$

6% vextir

$$V = 7,8 \text{ M kr/480 þús tonn} = 16,30 \text{ kr/tonn}$$

$$16,30 \text{ kr/tn} = 0,185 \text{ US\$/tn}$$

11. Eftirmáli.

Í þessari grein er í einu og öllu stuðnt við þá skoðun, að borun einnar holu með þriggja ára millibili sé nægjanleg til þess að viðhalda því gufumagni, sem markaðurinn krefst, þessi skoðun kann að vera röng og breytist því gufuverð í samræmi við það.

Einnig er það enn óreynt, að umræddar sex holur nægi til að fullnægja markaðsþörf, þótt ekki ríki þar jafnmikil óvissa og um endingartíma holanna.

Útreikningar á gufuverði eru gerðir á tvönnan hátt, skv. ströngustu afskriftarkröfum og skv. mjög rýmilegum afskriftum og kemur í ljós að verðmismunur er ekki ýkja mikill þegar þessar reikningsaðferðir eru bornar saman, en gufuverðið verður skv. þessum reikningum.

8% vextir

$$18,50 \text{ kr/tn (21,0 cent/tn)} - 23,50 \text{ kr/tonn (26,7 cent/tn)}$$

7% vextir

$$17,30 \text{ kr/tn (19,6 cent/tn)} - 22,50 \text{ kr/tn (25,5 cent/tn)}$$

6% vextir

$$16,30 \text{ kr/tn (18,5 cent/tn)} - 21,60 \text{ kr/tn (24,6 cent/tn)}$$

T A F L A 1

Lánskjör eru að nokkru áttluð.

<u>Ár</u>	<u>Lántaka</u> þ.kr.	<u>Lánskjör</u>	<u>Vextir</u> þ.kr.	<u>Afborganir</u> þ.kr.	<u>Samt.</u> þ.kr.	<u>Eftirst.</u> þ.kr.
67	5.000	6,85%, 9 ár				5.000
68	22.892	6,6 %, 16 ár	342	555	898	27.336
69	32.050	6,0 %, 16 ár	3.295			
		6,85%, 12 ár	1.295	555	1.850	58.830
70	12.000	6,85%, 12 ár	3.740	2.297	6.038	68.532
71			4.090	3.903	7.994	64.629
72			4.158	4.903	9.062	59.725
73	6.500	6,85%, 12 ár	4.109	4.903	9.013	61.321
74			3.948	5.445	9.393	55.875
75			3.593	5.445	9.039	50.430
76	7.000	6,85%, 9 ár	3.609	5.445	9.054	51.984
77			3.363	5.667	9.031	46.317
78			2.994	5.667	8.661	40.649
79	4.000	6,85%, 8 ár	2.764	5.667	8.432	38.981
80			2.528	6.167	8.696	32.813
81			2.124	6.187	8.291	26.646
82			1.720	5.771	7.492	20.874
83			1.343	5.771	7.115	15.102
84			966	4.771	5.738	10.330
85			658	4.771	5.430	5.558
86			350	3.452	3.802	2.105
87			130	2.105	2.236	

T A F L A 2

Rekstur og viðhald fært til ársins 1971.

Ár	Rekstur og viðhald	$(1+r)^{-1}$ 6%	$(1+r)^{-1}$ 7%	$(1+r)^{-1}$ 8%	Gildi rekstrar og viðh. 1971 6%	7%	8%
1971	1400	0,943	0,935	0,926	1320	1309	1296
72	1400	0,890	0,873	0,857	1246	1222	1200
73	9400	0,840	0,816	0,794	7896	7670	7463
74	1400	0,792	0,762	0,735	1108	1067	1029
75	1400	0,747	0,713	0,680	1045	998	952
76	9400	0,705	0,666	0,630	6627	6260	5922
77	1400	0,665	0,623	0,583	931	872	816
78	1400	0,627	0,582	0,540	877	815	756
79	9400	0,592	0,544	0,500	5564	5113	4700
1980	1400	0,558	0,508	0,463	781	711	648
81	1400	0,527	0,475	0,429	738	665	601
82	9400	0,497	0,444	0,397	4671	4173	3732
83	1400	0,469	0,415	0,368	657	581	515
84	1400	0,442	0,388	0,340	619	543	476
85	9400	0,417	0,362	0,315	3920	3402	2961
86	1400	0,393	0,338	0,292	550	473	409
1987	1400	0,371	0,316	0,270	519	442	378
					<u>39069</u>	<u>36316</u>	<u>33854</u>