

Nokkur drög að sögu borsins.

eftir Gunnar Böðvarsson

(1) Aðdragandi

Jarðboranir eftir heitu vatni hófust hér á landi árið 1928 er Rafmagnsveita Reykjavíkur hóf boranir við Laugarnar í Reykjavík. Þessar fyrstu boranir stóðu yfir í tvö ár og voru þær framkvæmdar með haglabor, sem keyptur hafði verið í Þýskalandi. Árið 1932 var borvélin flutt að Suður-Reykjum í Mosfellssveit og hófust þá hinar umfangsmiklu boranir, sem lögðu grundvöllinn að Hitaveitu Reykjavíkur. Árið 1937 festi Reykjavíkurborg kaup á annarri og öflugri haglaborvél, og var borað með báðum vélum á Suður-Reykjum til ársins 1947. Síðan var tekið til við boranir á Norður-Reykjum unz boranir í borgarlandinu voru hafnar aftur 1954.

Haglaborar eru ódýrir í rekstri, en frekar afkastalitlir og seinvirkir. Með stærri vélinni mátti hefja borun á 200 mm víðri holu, en um 100 mm víða holu mátti gera niður á allt að 750 metra dýpt. Með 12 stunda vinnudegi skiptu borunarafköst að jafnabi aðeins tugum metra á mánuði.

Á fjórða tugi aldarinnar hóf ríkið einnig boranir með haglabor, en framkvæmdir á vegum þess hófust þó ekki að ráði fyrr en upp úr 1940 er Rannsóknarráð ríkisins tók við rekstri borvéla ríkisins. Árið 1945 tók Rafmagnseftirlitið við borunum ríkisins,

og hafði ríkið þá til umráða tvo demantsbora, einn haglabor og tvo höggbora. Allt voru þetta heldur afkastalítill tæki, en komu þó í góðar þarfir.

Um þessar mundir var mönnum þegar fullljóst, að þar borvélar, sem fyrir voru í landi voru of afkastalítill til þess að geta annað meiri háttar borunum, einkum þó borunum eftir gufu til orkuvinnslu. Var því talsverður áhugi á því að afla til landsins mun stærri borvélar. Árið 1945 tók Reykjavíkurborg málið til athugunar, og leitaði til ríkisins um stuðning við kaup á stórum jarðbor. Af þessum kaupum varð þó ekki að þessu sinni sökum fjárekrorts.

Málið lá niðri í nokkur ár, en var tekið til athugunar aftur árið 1955. Verkfræðingar Reykjavíkurborgar og ríkisins voru þá sammála um að ekki yrði unnt að hagnýta jarðgufu hér á landi nema til kæmi tiltölulega afkastamikil borvél. Var málið síðan rætt af báðum aðilum, og tókst 1956 samvinna um kaup á stórra borvél. Samningur þar að lútandi var undirritaður 18. október 1956 af þáverandi raforkumálaráðherra Hermanní Jónassyni og Gunnari Thoroddsen, borgarstjóra.

Með þessum samningi var skipað 4 manna nefnd til þess að annast kaup og rekstur borsins, og áttu þessir menn sæti í henni. Fulltrúar ríkisins: Jakob Gíslason, raforkumálastjóri og Þorbjörn Sigurgeirsson, framkvæmdarstjóri rannsóknarráðs. Fulltrúar Reykjavíkurborgar: Árni Snævarr, formaður hitaveitunefndar Reykjavíkurborgar og Steingrímur Jónsson, rafmagnsstjóri. Jarðhitadeild raforkumálastjórnar ríkisins var falið að gera

tillögur um kaup á hentugri borvél og taka að sér rekstur hennar. Gunnari Böðvarssyni, yfirverkfræðingi jarðhitadeildar, var falin framkvæmdastjórn nefndarinnar.

Þeir Gunnar Böðvarsson og Þorbjörn Karlsson, verkfræðingur, leitugu tilboða frá ýmsum framleiðendum jarðbora, og að lokinni athugun lögðu þeir til við stjórnarnefndina, að tekið yrði tilboði frá Oil Well Supply. Co. í Bandaríkjunum.

Þetta félag bauð keflakrónu-borvélasamstæðu, sem nota átti borvindu, er þá var í eigu ríkisins. Með þessari vindu átti samstæðan að geta borað 250 mm víðar holur niður á 750 metra dýpt, og voru dælur og önnur teki miðuð við gufuboranir. Heildar-kaupverð samstæðunnar án vindu, en með varahlutum og rekstrarvörum var \$ 375.000,-.

"Rotary" eða keflakrónuaðferðin notar borkrónur, sem settar eru tveim eða þrem tannakeflum. Keflin eru laus á láréttum ásum og velta þau undir krónunni þegar henni er snúið. Mikill þungi er settur á krónuna, og höggva þá tennurnar flísar úr berginu. Þetta er sú aðferð, sem nær eingöngu er notuð við olíuboranir. Sýnishorn af borkrónu er hér í salnum.

Stjórnarnefndin ákvað að leggja til við borgarstjóra og atvinnumálaráðherra að þessu tilboði yrði tekið, og einnig að leitast yrði eftir lánum í Bandaríkjunum. Var síðan ákveðið að festa kaup á þessari samstæðu, og aðstoðaði Vilhjálmur Þór, bankastjóri við útvegum nauðsynlegra lána.

Bortákin komu til landsins á seinni hluta 1957. Var ákveðið að hefja boranir í borgarlandinu í byrjun 1958, og var einnig ákveðið að fá til landsins bandarískan sérfræðing í jarðborunum til þess að stjórna fyrstu borunum. Þessi sérfræðingur, Mr. C. Henritte frá Los Angeles, kom hingað í Apríl 1958, og tók þátt í uppsetningu borvélarinnar á fyrsta borstöði við Nóatún.

Eins og þegar hefur verið vikið að, var samstæðan útbúin með tækjum til þess að bora allt að 250 mm víðar holur niður á 750 metra dýpt. Öll taki voru af þeirri gerð, sem notuð eru til olíuborana, m.a. 4-1/2 þumlunga borstangir og 2 tiltölulega afkastamiklar dælur. Getur sú stærri dælt um 40 lítrum á sekundu gegn 100 loftþyngda þrýstingi og er afl hennar 360 hestöfl. Mastur borsins er 29 metra hátt, og leðjuker rúmar um 40 rúmmetra. Mjög auðvelt er að fara samstæðuna milli borstöða, og fer þannig lítil tími í flutninga.

## (2) Saga borverka

Stjórnarnefndin ákvað að nota borinn fyrst til þess að gera tilraunaborun eftir heitu vatni við Nóatún í Reykjavík. Á árunum 1954 til 1957 höfðu verið gerðar með eldri borvélum nokkrar holur í borgarlandinu og var árangur ágætur. Þótti þá rétt, að hin nýja og öflugra samstæða tæki þátt í vatnsleitinni hér í borginni.

Á borstöðinu við Nóatún hafði verið gerð 70 metra djúp forborun með höggbor. Var hún fóbúð með 230 mm víðri pípu. Hér í borgarlandinu háttar þannig til, að yfirborðsberg, þ.e.

grágrýtishraunið, er nokkuð hart, og vinna keflakrómur illa á því, ef nágur þungi borstanga er ekki fyrir hendi. Er því venjulega hentugt að gera forborun með minni borvél, sem vinnur betur á yfirborðsberginu.

Borun með gufubornum á stæðinu við Nóatún hófst þann 12. maí 1958 og var borað með 220 mm krónu. Á 12 verkdögum tókst að bora frá 70 metrum niður á 613 metra, þ.e. ná um 45 metra borun á verkdag, sem þá var 16 stundir. Voru þetta tugföld afköst litlu boranna, og varð augljóst, að gufuborinn hafði verulega tæknilega yfirburði fram yfir þau tæki, sem fyrir voru í landinu. Nóatúnsholan gaf á 450 metra dýpt um 4 lítra á sekundu af um 100°C heitu vatni, og þótti það góður árangur.

Síðan var borinn fluttur að borstæði á Klambratúni, og var þar borað 650 metra djúp hola. Við þessa holu var reynt að bora án forborunar, en það tókst ekki vel, og sýndi þessi tilraun, að forborun er nauðsynleg í borgarlandinu. Þessi hola gaf viðunandi árangur, og fengust í frjálsum rennsli um 5 lítrar á sekundu af 120°C heitu vatni.

Að lokinni borun á Klambratúni var gufuborinn fluttur til Hveragerðis til þess að bora eftir gufu. Um þessar mundir var talsvert rætt um vinnslu á þungu vatni með jarðgufu í Hveragerði, og höfðu erlendir aðilar látið í ljós áhuga á þessu máli. Voru þessar fyrstu gufuboranir gerðar einkum með þetta fyrir augum.

Í Hveragerði voru gerðar 4 holur á tímabilinu frá fyrsta ágúst til fyrsta desember. Mesta dýpt var 692 metrar og báru 2 þeirra mjög góðan árangur. Ur bestu holunni komu nær 100 lítrar

á sekundu af um 220°C heitu vatni, en það jafngildir um 80 lestum af gufu á klukkustund. Við þessar boranir reyndust tæki gufuborsins mjög vel, og borun við aðstæður í Hveragerði reyndist ekki erfiðari en boranir í borgarlandinu.

Gufuborinn kom til Reykjavíkur í byrjun desember 1958. Var unnið með honum þar til loka febrúar 1960. Á þessu tímabili voru gerðar 8 nýjar holur. Merkastar þeirra voru borholurnar við Laugarnesveg, sem eru 750 metra djúpar, og báru sérstaklega góðan árangur, eða í frjálssu rennsli um 30 lítra á sekundu af 135°C heitu vatni.

Þegar eftir fyrstu boranir með gufubornum varð ljóst, að boranir niður á meir en 750 metra dýpt voru æskilegar, og ekki virtust neinir tæknilegir örðugleikar við djúpboranir. Kefla-krónuaðferðin virtist henta mjög vel við aðstæður á jarðhita-~~svæðum~~ héraendis. Voru því lögð drög að því að afla nýrrar vindu til djúpborana. Borstjórnin festi kaup á vindunni í byrjun 1959 og kostaði hún ásamt nauðsynlegum borstöngum alls \$ 115.000. Var hún keypt frá Oil Well Supply Co. Þessi vinda, sem nú er notuð, getur borið allt að 2.400 metra af 4-1/2 þumlunga borstöngum, og allt að 3.500 metra af léttum 3-1/2 þumlunga stöngum. Með henni má því bora niður á um 3.200 metra dýpt, ef þurfa þykir.

Fyrsta verk gufuborsins með hinni nýju vindu var að dýpka holu nr. 4 við Hátún úr 600 metrum í 2.200 metra. Er það dýpsta

hola, sem borinn hefur gert, og til skamms tíma einnig dýpsta jarðhitaborun, sem gerð hefur verið. Frá botni holunnar komu í frjálssu rennsli um 6 lítrar á sekundu af 147°C heitu vatni.

Þessi árangur er athyglisverður þar sem að hann gefur til kynna, að laugarvatn streymir mjög djúpt í jörðu.

Á þessu tímabili var einnig boruð ein hola að Suður-Reykjum í Mosfellssveit. Var hún gerð við dælustöðina, og er dýpt hennar 1.377 metrar, en árangur varð enginn.

Í lok febrúar 1960 var gufuborinn fluttur aftur til Hveragerðis, og boruð þar til 10. maí 1960. Síðan var borinn fluttur til Krýsuvíkur, og voru þar boruðar 3 holur. Enginn árangur fékkst af þessum borunum, og má segja, að þetta séu mestu vonbrigði í sögu gufuborsins. Í dýpstu holunni, sem er 1.275 metrar, mældist um 230°C hiti.

Að loknu tveggja ára starfi við gufuborinn hvarf C. Henritte af landi brott á miðju ári 1960. Við starfi hans tók Rögnvaldur Finnbogason, sem verið hafði borstjóri við jarðboranir ríkisins um langt skeið.

Í byrjun nóvember 1960 var borinn fluttur aftur til Hveragerðis og boruðar 3 nýjar holur eftir gufu. Þá var unnið að áætlun um jarðgufuorkuver í Hveragerði, og þessar boranir gerðar með vinnslu raforku fyrir augum. Sérstaklega má nefna holu nr. 8, sem er grynnt allra hola gufuborsins, eða aðeins 295 metrar, en hún er þó afkastamest. Úr henni koma í frjálssu rennsli um 110 lítrar á sekundu af 218°C heitu vatni, en þetta samsvarar tæplega 100 lestum af gufu á klukkustund. Þessi eina hola gæti rekið tæplega 10.000 kW aflvél.

Að loknum borunum í Hveragerði í febrúar 1961 var bornum lagt og honum komið fyrir í geymslu í Reykjavík.

En um þessar mundir var unnið að stökkun Hitaveitu Reykjavíkur, og var ákveðið að hefja að nýju boranir í borgarlandinu í febrúar 1962. Var þar borað til september 1963, og lokið við alls 12 holur á þessu tímabili.

Í september og október 1963 var borað önnur hola að Subur-Reykjum í Mosfellssveit. Dýpt hennar varð 1.191 metrar, en árangur varð þó enginn. Með þessu var borunum fyrir Reykjavíkurborg hætt að sinni.

Gufuborinn var síðan látinn gera eina borholu fyrir ríkið, og var henni valinn staður að Kaldárseli fyrir suð-austan Hafnarfjörð. Þótti rétt að kanna jarðhitaástandur á þessum athyglisverða stað, en þar mun jarðeldur hafa verið uppi fyrir aðeins tæpum 700 árum, og sprungukerfi mikil. Í desember og janúar var þar gerð ein 986 metra djúp borhola. Hitamælingar í henni gáfu óvænta niðurstöðu. Hún reyndist óvenju köld og á botni var hiti aðeins um 13°C. Jarðhitaástand á sprungukerfi Reykjanesskagans virðist því allt annað en á Reykjavíkursvæðinu. Er þetta að ýmsu leyti mjög athyglisverð niðurstaða enda þótt hún sé neikvæð.

Að þessari borun lokinni var ákveðið að stöðva boranir með gufubornum um sinn, og í febrúar síðastliðnum var hann settur aftur í geymslu.



(3) Árangur borverka

Með gufubornum hafa alls verið borðir 36.299 metrar, sem skiptast þannig:

Reykjavík og Suður-Reykir	26.768 metrar
Hveragerði	5.721
Krýsuvík	2.824
Kaldársel	<u>986</u>
	36.299 metrar

Borinn hefur starfað í alls 50 mánuði, og hafa afköst að jafnaði verið um 720 metrar á mánuði, en mest af þessum tíma hefur verið sólarhringsrekstur. Þetta jafngildir heildarafköstum um 8.000 metrum á ári ef tekið er tillit til frídaga. Nokkur tími fer að sjálfsögðu í flutninga, helgidaga og aðrar tafir, og eru hrein afköst á borunardag oft 50 til 100 metrar.

Heildarkostnaður allra borverka hefur numið um 76 milljónum kr, og gefur það meðalborunarkostnað um 2.100 kr á hvern borðan metra. Vegna verðlagsbreytinga gefur þessi tala þó ekki rétta mynd af raunverulegum borunarkostnaði.

Ef borunarkostnaður er leiðréttur í samræmi við gengisbreytingar er múgildi hans á hinum einstöku svæðum þannig:

Staður	Holu- fjöldi	Heildar- dýpt m	Núgildi heildarkostnaðar milljón kr	Núgildi borunarkostnaðar kr/metra
Reykjavík og Reykir	24	26.768	60,2	2.240
Hveragerði	8	5.721	23,9	4.170
Krýsuvík	3	2.824	6,7	2.360
Kaldársel	1	986	3,3	3.310
Summa	36	36.299	94,1 meðaltal:	2.580 (vegð)

Fróðlegt er að bera þessar niðurstöður saman við borunar-  
kostnað á jarðhitasvæðum í öðrum löndum. Þessar upplýsingar  
liggja fyrir:

	Mesta dýpt	Meðalkostnaður
Nýja- Sjáland	1.200 metrar	7.750 kr/metra
Kalifornia	innan við 1.000 "	3.440 "

Til fróðleiks má einnig telja kostnað við olíuboranir  
(þurrar holur) í Bandaríkjunum. Samkvæmt upplýsingum Sameinuðu  
Þjóðanna eru meðaltölur á nokkrum svæðum þannig:

Ríki	Meðaldýpt hola metrar	Meðalkostnaður kr/metra
Illinois	649	690
Michigan	1.005	1.060
North Dakota	1.768	1.270
Mississippi	2.713	1.430
Louisiana (suður)	3.230	2.450
Louisiana (strandgrunn)	3.140	4.950
Alaska	3.200	27.000
Frakkland		3.900
Sahara		13.400
Mið-Afríka		6.500

Að sjálfsögðu eru mjög mörg atriði, sem hafa áhrif á borunarkostnað, þ.e. staður, berglög, fððrun, holuleki, skattar, tollar, ágóði o.fl. Samanburður kostnaðargagna einna verður því ætíð mjög ófullkominn. En segja má, að kostnaður við jarðhitaboranir hér á landi hafi verið mun lægri en tilsvareandi kostnaður á Nýja-Sjálandi og í Kaliforníu. Hins vegar er kostnaður olíuborana víða í Bandaríkjunum talsvert lægri en kostnaður við jarðhitaboranir hér á landi. Þetta er eðlilegt þar sem berg á olíusvæðum er yfirleitt mjög auðborað, og einnig ráða Bandaríkjamenn yfir mestri tækni og hagræðingu í borunum. Aftur á móti er kostnaður olíuborana víða í öðrum hlutum heims langt yfir kostnaði hér á landi.

Heildararangur borverkanna hefur orðið þannig:

	Heildarrennsli hola	Hiti	Varmaafi til hitunar	Varmaafi til orkuvinnslu
	ltr/sek	°C	Gcal/klst	kW
Reykjavík	300	130-138	100	
Hveragerði	400	220		32.000

Þessar rennslistölur eru ekki ábyggilegar þar sem hvorugt svæðanna hefur verið í notkun nægilega lengi til þess að treysta meg<sup>s</sup> rennsligögnum. Áætlunin um afköstin í Reykjavík er væntanlega heldur lág, en hér verður þó að hafa fyrirvara. (Ein Gcal = gígakaloría = ein milljón kílókalóríur).

Ef reiknað er með því, að hagnýtingartími afleiningar sé um 5.000 stundir/ári er ársvinnslan í Reykjavík um 500.000 Gcal. Ef vextir og afskriftir af borunarkostnaði eru reiknaðar 10% á ári af 60 milljón kr verður borunarkostnaður á orkueiningu 12 kr/Gcal. Þetta er mjög lág tala, og hafa má í huga, að orkueining til hitunar úr gasólíu kostar nú um 320 kr/Gcal. Þessi niðurstaða sýnir, að borunarkostnaður reiknaður á afl- eða orkueiningu er mjög lágur.

#### (4) Framtíðarviðhorf

Óhætt virðist að fullyrða, að gufuborinn hafi fyllilega skilað þeim borunarafköstum, sem gert hafði verið ráð fyrir, og að keflakrónuaðferðin henti vel á jarðhitasvæðum hér á landi. Ekki virðast að sinni ástæður til þess að gera neinar breytingar

(1) Útbúa þarf borinn með tækjum til þess að geta borað niður á 3.000 til 3.500 metra dýpt. Til þess að geta framkvæmt þetta þarf aðeins nýjar léttari borstangir, þ.e. hina nýju gerð af 3-1/2 þumlunga léttstöngum.

(2) Líklega má auka borunararköst um 10 til 20% með því að nota þyngri álagsstangir. Hingað til hafa verið notaðar 7 þumlunga gildar stangir, en fá má 8 þumlunga gildar stangir, og mun það vafalaust auka nokkuð borunarhraða.

Auk þessara hreint tæknilegu endurbóta er rétt að leggja á það áherslu, að jarðhitarannsóknir og gagnasöfnun verði framkvæmdar í þeim mæli, sem nauðsynlegt er vegna komandi borana. Hin miklu borunararköst gera gagnasöfnunina ó umfangsmeiri, og verður að líta á hana, sem algerlega nauðsynlegan þátt jarðhitavinnslunnar.

Til fróðleiks skal þess getið, að rannsókn- og gagnasöfnunarkostnaður er við olíuvinnslu hlutfallslega miklu hærri en við jarðvarmavinnslu hérlendis. Víða er kostnaður þessa þáttar ekki ósvipaður vinnsluborunarkostnaði, þ.e. af heildarvinnslukostnaði hráolíu fer um helmingur til rannsókna, rannsóknarborana og gagnasöfnunar.

Reykjavík, 2. apríl 1964.

Gunnar Böðvarsson