

i hillu  
S-2/1

ORKUSTOFNUN  
MÁLAFAGIÐ  
541.3

Frumáætlun um hitaveitu til  
Sauðárkrókskaupstaðar

Gunnar Böðvarsson  
april 1950

## FRUMÁETLUN UM HITAVEITU TIL SAUDÁRKRÓSKAUPSTAÐAR.

### Jarðhitasvæðið.

Jarðhita verður vart í norðvesturhorni Áshildarholtsvatns, en þar er lítill pyttur við vatnsröndina. Hiti hans er nokkuð breytilegur, en mun þó oftast vera milli  $10^{\circ}\text{C}$  og  $20^{\circ}\text{C}$ . Sumarið 1947 var svæðið fyrir norðvestan vatnið athugað með jarðeðlisfræðilegum aðferðum og varð niðurstaðan það jákvæð að ráðlegt þótti að hefja boranir eftir heitu vatni. Fyrir ósk Sauðárkrókskaupstaðar voru á seinni helming ársins 1948 alls gerðar 5 borholur á þessum stað. Tvær þeirra mistókust af bortæknilegum ástæðum, en úr 3 kemur heitt vatn.

Úr einni holu, sem staðsett var við pyttinn, koma 2 l/sek. af  $51^{\circ}\text{C}$  heitu vatni úr 29,5 dýpt, en holan er 30 m djúp. Tvær holur voru staðsettar um 60 m frá ströndinni á litlum hólma, sem var hlaðinn vegna borunarnarinnar. Úr eystri holunni, sem er 120 m djúp koma 7 l/sek. af  $68,5^{\circ}\text{C}$  heitu vatni frá 115 til 120 m dýpt, en úr þeirri vestri koma 12,5 l/sek. af  $70^{\circ}\text{C}$  heitu vatni frá 115 til 135 m dýpt, en holan er 135 m djúp. Prýstingur í lokaðum holum er 15 til 17 m vs. (mæling í des. 1948).

Jarðhitasvæðið við Áshildarholtsvatn liggar á jarðhitalinunni frá Hofi norður á Reykjafjall, en ýmislegt bendir til þess, að hér sé um misgengislínu að ræða. Við Áshildarholtsvatn er blágrýtisgrunnurinn á 30 m dýpt, en ofan á honum er sjávar- og vatnaset og ef til vill nokkur jökulframbrúur. Efstu 6 til 7 m setsins reyndust malarbornir, en fíngerður leir tekur við, þegar neðar dregur.

Heita vatnið mun streypa upp um brotlínur eða ganga í berggrunninum, en blandast köldu grunnvatni, þegar það kemur upp í setið. Grunnvatnsstraumurinn er það mikill, að hann nær að kæla talsvert magn af hveravatni; vegsummerki jarðhitans á yfirborði eru því mjög lítil. Efstu blágrýtislögin eru ummynduð af jarðhitum.

Aðstæður við Áshildarholtsvatn benda mjög til þess, að þar megi vinna talsvert meira vatnsmagn, en þegar hefur fengist. Virðist rétt að gera ráð fyrir að afla megi allt að 50 til 60 l/sek. með nokrum holum til viðbótar, einkum ef borað er öllu dýpra. Það er einnig ekki ólíklegt, að vatnshitinn geti aukist með dýptinni, en um það skal að sinni ekkert fullyrt, og því ekki reiknað með því í ástluninni.

Vatnið úr holunum.

Vatnið úr holunum er í engu frábrugðið laugavatni á Norður- og Vesturlandi. Fara hér á eftir niðurstöður efnagreiningar á vatni frá holu 5 og til samanburðar er talið efnainnihald vatns frá 3 öðrum stöðum.

	Sauðárkr. holu 5	Hitav. safnþró	Rvk.	Laugav. Rvk.	Laugar S-Ping.
Hiti °C	70	87	86	55	
Sýrutala pH	9,8	9,3	8,5	9,7	
Viðnám Ohmcm	3.600	4.500	3.500	4.160	
Steinefni mg/l	253	198	280	180	
SiO <sub>2</sub>	" 81	79	116	87	
Cl <sup>--</sup>	" 22	16	29	12	
SO <sub>4</sub>	" 47	36	45	18	
Alkalitet mval/l	0,87/0,51	0,70/0,65	1,05/0,65	1,20/0,75	
Harka P.s.	0,74	0,35	0,54	1,40	

Auk þessa var súrefnismagn vatnsins frá holu 5 athugað þann 10. mars 1950 og reyndist það vart mælanlegt. Hinsvegar er vitað, að súrefnismagn vatnsins í Hitaveitu Reykjavíkur hefur verið 0,5 til 1,0 cc/l.

Eitt mikilvægasta atriðið varðandi væntanlega hitaveitu á Sauðárkróki er að athuga, hvort laugavatnið frá borholunum sé hæft til beinnar notkunar í hitunarkerfum, en bein hitun hefur sem kunnugt ætið verið notuð við laugavatnslagnir hér á landi.

Ein fyrsta lögnin af þessu tagi var gerð árið 1925 að Laugum í Suður-Pingeyjasýslu. Þar var vatni safnað úr laug fyrir ofan skólahúsið og leitt beiht á hitunarkerfi hússins. Frágangur hefur ekki verið allskostar góður, m.a. er líklegt, að loft komist í vatnið við inntakið. Í skólahúsinu voru bæði stálplötufnar og járnsteypuofnar; hinir fyrрnefndu urðu á örfáum árum ónothæfir vegna tæringar, en járnsteypuofnana hefur ekki sakad. Eftir að stálofnarnir höfðu verið teknir út og járnsteypuofnar settir í staðinn hefur kerfið starfað truflunarlaust fram til þessa dags. Undirritaður hefur skoðað nokkrar pípur úr kerfi þessu og var mjög lítið um skemmdir eða efnissöfnun.

Laugaveitan í Reykjavík hefur verið rekin í 19 ár og hafa truflanir af völdum tæringar og efnissöfnunar verið nær engar, en kerfið hefur hinsvegar ekki verið rannsakað svo teljandi sé og

er því ekki vitað um ástand þess. Aðaleðin hefur að vísu orðið fyrir skemmdum, en vegna lélegs frágangs hefur vatn komist að pípunni utan frá, og eru skemmdirnar því ekki af völdum laugavatnsins. Súrefnisinnihald laugaveituvatnsins er yfirleitt lítið, þ.e. um 0,25 cc/l, en auk þess inniheldur vatnið nokkuð brennisteinsvetni, sem getur haft bindandi áhrif á súrefnið. Vatninu er dælt allan sólarhringinn, og er kerfið því undir stöðugum þrýstingi, þ.e. loft mun vart geta komist í vatnið í sjálfu kerfinu. Þessi atriði munu valda miklu um hina tiltölulega góðu endingu.

Hitaveita Reykjavíkur var hinsvegar tekin í notkun í lok ársins 1943. Rekstri hennar hefur verið hagað á annan hátt en laugaveitunnar. Notaðar hafa verið safnþrær með yfirlalli, og vatninu er dælt með lofti úr borholunum, þegar álag er mest. Auk þess er dægurmiðlun notuð, og hefur kerfið oft verið tæmt að nóttu til. Í mjög mörgum húsum er frárennslið tekið frá neðsta hluta miðstöðvarkerfisins og er því líklegt, að loft komist í efri hluta þess.

Tæring og efnissöfnun hafa víða komið fram á Hitaveitunni, en kerfisbundin athugun hefur hinsvegar ekki farið fram á þessu og er því erfitt að gera sér grein fyrir útbreiðslu skemmdanna; þó má með rétti fullyrða að allt of snemma beri á þeim. Súrefnisinnihald vatnsins var athugað á árunum 1948 og 1949 og reyndist það 0,5 til 1,0 cc/l og jafnvel þar yfir. Haustið 1949 var það ráð tekið upp að blanda heita vatnið natriúmsúlfít til eyðingar súrefninu. Mun þetta hafa tekist allsæmilega, en þó er of snemmt að fullyrða um árangurinn. Samkvæmt þeim athugunum, sem farið hafa fram á Hitaveitunni virðist tæringin orsök efnissöfnunarinnar, þ.e. þau efni, sem myndast við tæringuna fella kísilsýru vatnsins, og safnast hún þá fyrir í hitunarkerfum húsanna, aðallega í pípum frá inntakinu og inn í ofnana.

Pessar skemmdir á Hitaveitunni eru vafalaust að miklu leyti afleiðing óheppilegs fyrirkomulags og reksturs. Innihald hitaveituvatnsins af steinefnum er frá fræðilegu sjónarmiði hættulaust, og reyndar það líkt laugaveituvatninu að ekki verður annað séð en reksturinn valdi muninum. Verjandi húðmyndun (protective coating) gæti ef til vill átt nokkurn þátt í þessum mun, en heldur virðist það ólíklegt.

Með hliðsjón af reynslunni og ýmsum þekktum fræðilegum staðreyndum virðist því mega draga þá ályktun, að laugavatnið frá holunum við Áshildarholtsvatn muni við beina hitun ekki gefa verri raun en laugaveituvatnið í Reykjavík eða vatnið að Laugum í S-P,

ef fyrirkomulag og rekstur veitunnar er rétt.

Hinsvegar ber að hafa í huga, að í daglegum rekstri er oft erfitt að sinna öllum varúðarráðstöfunum, og má því ætið gera ráð fyrir mistökum. Af þessum sökum og öðrum mun lítilsháttar tæring fara fram, og efnissöfnun er á engan hátt útilekuð. Það verður því að gera ráð fyrir, að endingartími stálþípukerfa sé við beina hitun með laugavatni nokkuð takmarkaður, og er að svo stöddu máli nauðsynlegt að ganga út frá, að verulegar skemmdir muni koma fram að 20 til 30 árum liðnum. A hinum nauðsynlegu varúðarráðstafanir skal síðar drepið.

Með óbeinni hitun má sem kunnugt koma nær algerlega í veg fyrir skemmdir á ofnum og pípum af völdum hitunarvatnsins. Vatnið á hinu lokaða kerfi er gert óvirkt (deactivated) med sérstökum efnablöndum, og þar eð sama vatninu er ætið dælt um kerfið, verður notkun varnarefnanna mjög lítil. Við þetta fyrirkomulag er laugavatnið leitt frá holunum til bæjarins, og notað þar til hitunar á vatninu í kerfinu í sérstökum hitara. Tæring af völdum laugavatnsins er því eingöngu bundin við aðalæðina og hitarann, en vandamálin eru mun viðráðanlegri á þessum stöðum en í bæjarkerfinu og húsunum.

Tæring getur vitaskuld einnig komið fyrir á ytri veggjum stálþípukerfa, en ef pípurnar eru lagðar í stokka og raki kemst ekki að þeim, er ekki hætta á slíkum skemmdum.

Endingartími hins lokaða kerfis er mun lengri en hins opna, og sé rétt gengið frá pípulögn og stokkum má gera ráð fyrir 50 til 100 árum.

Framangreindar hugleiðingar ná eingöngu til stálþípukerfa af þeirri gerð, sem nú tíðkast í hitaveitum og húsum. Til athugunar getur komið, hvort nota megi við beina hitun steypujárnsþípur í götukerfin, en slíkt hefur ekki verið reynt hér á landi. Steypujárn er mun ryðfastara en stál og mætti því búast við betri endingu. En steypupípur hafa þó vissa galla, sem gera notkun þeirra óheppilega, m.a. örðugleika við raf- eða logsuðu, við samskeyti og vegna hitabennslu, en af þessum orsökum mun reynast erfitt að halda kerfunum péttum, og er það sérstaklega óheppilegt vegna einangrunarinnar. Þá má einnig benda á það, að tæringarhættan er öllu meiri í húsunum en í götukerfinu, og yrði sá vandi óleystur enda þótt steypupípur yrðu notaðar fyrir götukerfið.

Sama máli gegnir um asbestos-sementpípur. Ending þeirra mun vera mjög góð, en brothætta gerir notkun þeirra í götukerfi vafasama. Þá eru einnig örðugleikar við samskeyti. Asbestpípur

eru hinsvegar mjög nothæfar fyrir aðalæðar, sem lagðar eru ofanjarðar á öruggum stöðum, og skal að því vikið síðar.

Stálpípur eru því frá "konstruktivu". Sjónarmiði heppilegasta pípugerðin fyrir götukerfin, enda þótt ekki megi gera of lítið úr tæringarhættunni. Í eftirfarandi áætlun skal því gengið út frá stálpípum fyrir götukerfið á Sauðárkróki, og munu tveir möguleikar athugaðir, þ.e. annarsvegar opíð pípukerfi fyrir beina hitun, en hinsvegar lokað kerfi fyrir óbeina hitun. Eins og þegar hefur verið vikið að má gera ráð fyrir allt að 20 til 30 ára endingu hins opna kerfis, ef fyrirkomulag og rekstur fylgja sérstökum reglum, en hinsvegar mun endingartími hins lokaða kerfis vera 50 til 100 ár. Vitaskuld gilda þessar áætlunar þá aðeins, að raki frá jarðveginum komist ekki að pípunum.

#### Varmabörfin.

Vegna væntanlegrar aukningar vatnsmagnsins frá jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn er nauðsynlegt að miða afköst bæjar-kerfisins við seinni tíma þarfir. Nákvæm áætlun varmaþarfafarinnar, eins og hún er nú, skiptir því litlu mál, heldur skal reynt að fá sem gleggsta hugmynd um þörfina á næstu áratugum. Af ýmsum ástæðum virðist heppilegt að miða pípustærðir götukerfisins við væntanlega þörf að 25 árum liðnum. Byggingarkostnaður götukerfisins er sem kunnugt að miklu leyti háður lengd kerfisins en pípustærðir hafa hinsvegar lítil áhrif.

Samkvæmt skyrslum Hagstofunnar hefur fólksfjölgun verið fremur hæg á Sauðárkróki. Árið 1920 voru þar 510 manns, árið 1929 717 manns og árið 1945 929 manns, en nú mun íbúatalan vera hér um bil 1.000. Á undanförnum árum hefur íbúafjöldinn því aukist um ca. 400 manns eða nálega 67 % af tölunni 1925. Vegna þeirra þeginda, sem Gönguskarðsárvirkjunin og væntanleg hitaveita hafa í för með sér má gera ráð fyrir nokkuð örari fjölgun næstu 25 árin, og skal hér gengið út frá, að aukningin verði 100 % á næstu 1.000 árum, þ.e. fólksfjöldinn sé orðinn 2.000 manns árið 1975.

Með kolahitun mun árleg varmanotkun hvers íbúa vera  $3,5 \cdot 10^6$  til  $4 \cdot 10^6$  kg°, þ.e. um 1 tonn af kolum á ári. Hitunartími er sem kunnugt fremur stuttur og venjulega aðeins hitað að degi til.

Með hitaveitu má gera ráð fyrir öllu meiri varmanotkun

einkum ef naturhitun er notuð, þ.e. vatnið er látið streyma um kerfið allan sólarhringinn. Hér skal því gert ráð fyrir að árleg varmanotkun hvers íbúa sé um  $6 \cdot 10^6$  kg° ef hitaveitan er aðeins notuð að degi til, þ.e. ef dægurmíðlun er notuð. Mesta álag er áætluð 2.200 kg° á klukkustund og íbúa og nýtingartíminn því um 2.700 stundir á ári. Með naturhitun er árleg varmanotkun hvers íbúa hinsvegar áætluð  $8 \cdot 10^6$  til  $9 \cdot 10^6$  kg°, en mesta álag 1.750 kg° á klukkustund og íbúa, og nýtingartíminn því um 5.000 stundir á ári. Áætlanir þessar eru gerðar í samræmi við reynslu frá Hitaveitu Reykjavíkur.

Með 1.000 íbúum er mesta varmapörf því áætluð  $2,2 \cdot 10^6$  kg°/klst. með daghitun einni en með 2.000 íbúum  $4,4 \cdot 10^6$  kg°/klst. Með hitun allan sólarhringinn eru tölur þessar hinsvegar  $1,75 \cdot 10^6$  kg°/klst. og  $3,5 \cdot 10^6$  kg°/klst.

Framangreindar áætlanir byggja eingöngu á íbúafjöldanum, en það er einnig nauðsynlegt að hafa hliðsjón af byggingarfyrirkomulagi á staðnum. Mesta varmapörf veitussvæðis Hitaveitu Reykjavíkur er hér um bil  $25 \text{ kg}^0/\text{m}^2$ , klst, þ.e. um  $30 \text{ kg}^0/\text{m}^2$ , klst, ef götur og opin svæði eru drégin frá. Er þá miðað við daghitun eina. Útreikningar á varmapörfinni í húsum hinna nýju hverfa á Sauðárkróki gefa líkar niðurstöður. Mesta varmapörf er þar einnig um  $25 \text{ kg}^0/\text{m}^2$ , klst.

Ef gert er ráð fyrir, að byggð í eldri hverfum Sauðárkróks verði þegar tímar líða lík byggð í Reykjavík, má einnig þar gera ráð fyrir allt að  $30 \text{ kg}^0/\text{m}^2$ , klst. mestu varmapörf. Nú virðist rétt að ganga út frá, að af þeim 1.000 manns, sem íbúatalan eykst um á næstu 25 árum, fari um  $2/3$  í nýju hverfin en  $1/3$  í þau gömlu. Má gera ráð fyrir að um 100 hús bætist við nýju hverfin á þessum tíma. Útreikningar á mestu varmapörf samkvæmt flatarmáli byggðarinnar gefa þá  $5 \cdot 10^6$  kg°/klst. við daghitun eina að 25 árum liðnum. Pessi tala er 14 % hærri en sú, sem áætluð var samkvæmt fólksfjöldanum. Að uppdrætti 1 er mestu varmapörf hinna ýmsu hverfa gefin sem mesta vatnspörf, þegar reiknað er með  $18^0\text{C}$  hitafalli í ofnunum.

Við ákvörðun pípukerfisins er rétt að leggja síðari áætlunina til grundvallar.

Hitafall í ofnum.

Miðstöðvarhitun mun vera fyrir hendi í flestum húsum í kaupstaðnum, og er gart ráð fyrir að tengja þessi kerfi við hitaveituna. Nákvæmir útreikningar á ofnastærðum hafa óvísða verið gerðir, en þó er sennilegt, að miðstöðvarkerfin fullnægi yfirleitt mestu varmaþörf að vetrí til við venjuleg hitaskilyrði, þ.e. við  $80^{\circ}\text{C}$  inn en  $60^{\circ}\text{C}$  út frá ofnum, og  $20^{\circ}\text{C}$  stofuhita. Við þessar aðstæður er varmaálag miðstöðvarofna um  $350 \text{ kg}^{\circ}/\text{m}^2$ , klst.

Hiti vatnsins frá borholunum við Áshildarholtsvatn er  $69^{\circ}\text{C}$ , ef ekki er reiknað með grunnu holunni, sem gefur  $51^{\circ}\text{C}$  heitt vatn. Gera má ráð fyrir að meðal hitafall í aðalæð, bæjarkerfi og heimtaugum þurfi ekki að fara fram úr  $5^{\circ}\text{C}$  við núverandi varmaþörf kaupstaðarins, og kæmi vatnið því um  $64^{\circ}\text{C}$  heitt inn á ofnana, með beinni hitun, en um  $59^{\circ}\text{C}$  með óbeinni hitun, ef gengið er út frá  $6^{\circ}\text{C}$  hitafalli í hitara, en  $4^{\circ}\text{C}$  meðal hitafalli í pípukerfi og aðalæð.

Með þessum innstreymishita verða afköst ofnanna talsvert minni en  $350 \text{ kg}^{\circ}/\text{m}^2$ , klst. og getur hitaveitan að óbreyttum aðstæðum, því ekki fullnægt mestu varmaþörf. Afköst ofnanna fara hinsvegar nokkuð eftir útstreymishitanum, og eru þau gefin í eftirfarandi töflu:

Bein hitun.

Innstreymishiti  $64^{\circ}\text{C}$

Hitafall	Útstreymishiti	Varmaálag B	B/350
$15^{\circ}\text{C}$	$49^{\circ}\text{C}$	$257 \text{ kg}^{\circ}/\text{m}^2$ , klst.	0,73
18	46	240	0,69
20	44	232	0,66
25	39	209	0,60
30	34	184	0,53

Óbein hitun.

Innstreymishiti  $59^{\circ}\text{C}$

Hitafall.	Útstrey mishiti	Varmaálag	B	B/350
15°C	44°C	215 kg°/m <sup>2</sup> , klst.	0,62	
18	41	205	0,59	
20	39	195	0,56	
25	34	171	0,49	
30	29	143	0,41	

Varmaálagið er reiknað samkvæmt formúlunni:

$$B = k \cdot (t_1 - t_2) / \ln(t_1 - t_0) / (t_2 - t_0)$$

k = Varmaskiptastuðull ofnsins = 7 kg°/klst, °6, m<sup>2</sup>

t<sub>1</sub> = Innstrey mishiti

t<sub>2</sub> = Útstrey mishiti

t<sub>0</sub> = Stofuhiti = 20°C

Taflan gefur nokkra hugmynd um hið minnkandi varmaálag með vaxandi hitafalli í ofnunum. Með stórum ofnum má því lækka útstrey mishitann og hagnýta vatnið betur en með litlum, en hins vegar hefur það aukinn stofnkostnað kerfisins í för með sér. Það verkefni, sem leysa þarf, er að finna hina heppilegustu ofnastærð, þannig að summan af kostnaði vegna heita vatnsins og vaxta og fyrningarkostnaði kerfanna verði sem minnst. Sé kostnaður heita vatnsins gefinn, og gert ráð fyrir, að varmaálagið sé jafnt nokkurn hluta ársins, en núll það, sem eftir er af árinu, er auðvelt að reikna hina heppilegustu ofnastærð, með því að finna minnsta gildi á

$$c_0 a / B + c_v r / (t_1 - t_2)$$

c<sub>0</sub> = verð fermetra í ofnum kr/m<sup>2</sup>

a = vaxta- og fyrningarástuðull ofnanna

c<sub>v</sub> = verð heita vatnsins kr/kg.

r = árlegur rekstrartími klst.

Sé gert ráð fyrir c<sub>0</sub>=100, a=0,12, c<sub>v</sub>=0,001 og r=6000 sýnir einfaldur reikningur, að hið heppilegasta hitafall er fyrir beina hitun um  $35^{\circ}\text{C}$ , en um  $32^{\circ}\text{C}$  fyrir óbeina hitun. Það er því auðséð, að mjög stórir ofnar eru heppilegir frá fjárhagslegu sjónarmiði séð.

En við hitaveitur til almenningsþarfa er málid þó öllu torveldara, þar eð varmaálagið er talsvert breytilegt, og kröfur og þarfir manna mismunandi.

Hitafallið verður því ekki ákvarðað með einföldum útreikningi. Á það hefur þegar verið drepið, að hitaveitan getur ekki með núverandi ofnastærðum og vatnshita fullnægt mestu varmapörf að degi til á köldustu sólarhringum, og kemur þá fyrst til athugunar á hvern hátt megi bæta úr þessu.

Gera má ráð fyrir, að tími mestu varmaparfar sé aðeins 10 til 20 sólarhringar á ári, þ.e. dagar með yfir  $10^{\circ}\text{C}$  frosti og miklum vindhraða. Framangreindar töflur sýna að sé gengið út frá því, að núverandi ofnar geti fullnægt mestu varmapörf við  $t_1 = 80^{\circ}\text{C}$  og  $t_2 = 60^{\circ}\text{C}$ , má gera ráð fyrir, að þeir geti við  $64^{\circ}\text{C}$  vatnshita og  $18^{\circ}\text{C}$  hitafall fullnægt um 0,7 af mestu þörf, en um 0,6 ef hitinn er  $59^{\circ}\text{C}$ . Án sérstakra aðgerða yrði stofuhiti því  $12^{\circ}\text{C}$  til  $15^{\circ}\text{C}$  á köldustu dögum, en það er ekki fullnægjandi, enda þótt ekki sé ólíklegt, að nokkur hluti neytenda geti satt sig við slikt ástand þessa tiltölulega fáu daga ársins; en yfirleitt má þó ekki ganga út frá þessu. Eftirfarandi leiðir til úrbóta eru hugsanlegar:

- 1) Hafa næturhitun.
- 2) Stækka ofna.
- 3) Kynda með veitunni.
- 4) Hitaveitan snerpi á vatninu með naturraforku.
- 5) Nota rafmagnsofna í húsunum.

Hitaveita Reykjavíkur hefur mjög ákveðna dægurmiðlun á vatninu, þ.e. hún bannar næturrennsli og safnar næturvatninu frá holunum, til þess að geta fullnægt mesta álagi að degi til. Er talið, að á pennan hátt megi nýta heita vatnið bezt.

Þó er augljóst, að húsin kólna að miklu leyti að nóttru til, og þarf því aukið álag yfir daginn, til þess að hita veggi, gólf, loft, o.s.frv. Væri hitunin hinsvegar ekki stöðvuð yfir sólarhringinn myndi það eflaust lækka álagið a.m.k. fyrri hluta dags. Því miður hafa athuganir ekki farið fram á þessu, og er því að svo stöddu málí nokkuð erfitt að gera sér grein fyrir sólarhringsvatnsþörfinni með næturrennsli og án þess.

Massi húsa mun vera um 500 til 1.000 kg. á fermetra í útveggjum. Ef miðað er við  $-10^{\circ}\text{C}$  úti hita, og hliðsjón höfð af einangruninni, verður varmainnihald í fullhituðu húsi, reiknað frá  $-10^{\circ}\text{C}$ , um 1.000 til 2.000  $\text{kg}^0/\text{m}^2$ . Hinsvegar er varmatap hvers

fermetra í útveggjum um 1.000 kg<sup>0</sup> á 12 stundum, þ.e. öllu minna en varmainnihaldið. Virðist því augljóst, að naturhitun hlýtur að hafa veruleg áhrif á mesta álag að degi til, enda þótt hér skuli ekki fullyrt, að með naturhitun megi komast af með sömu sólarhringsnotkun af vatni og kostur er á með daghitun einni.

Með daghitun einnig mun dægurálagsstuðullinn vera um 0,6 þ.e. varmapörfin er á kaldasta sólarhringi um 32.000 kg<sup>0</sup>/íbúa, en hins vegar skal hér gengið út frá, að með jafnri hitun allan sólarhringinn megi lækka mesta álag um 1/4, þ.e. sólarhringsnotkun er þá um 40.000 kg<sup>0</sup>/íbúa.

Með hlíðsjón af þessari áætlun má gera ráð fyrir, að núverandi ofnar geti með naturhitun og 64°C vatnshita annað mestu varmapörf svo fullnægjandi sé, þ.e. haldib 18°C til 20°C stofuhita. Sé vatnshitinn hins vegar um 59°C, þ.e. natuð óbein hitun, verður stofuhiti að meðaltali um 3°C minni á köldustu dögum, þ.e. 15°C til 17°C. Margir notendur munu geta sætt sig við pennan hita nokkra daga ársins, en hins vegar má gera ráð fyrir, að þeir séu einnig ekki fáir, sem óska eftir hærri hita í híbýlum sínum, jafnvel þessa fáu daga; þeir verða þá að stækka ofna sína, ef um óbeina hitun er að ræða.

Vatnsrennsli frá borholum er stöðugt, og er því eðlilegt, að naturhitun sé yfirleitt notuð við lauga- og hveravatnshitaveitur, ef vatnsmagn er ekki af mjög skornum skammti, en á það hefur þegar verið drepið, að fullnæging mestu varmaparfar með naturhitun muni að líkendum þurfa um 1/4 meiri vatnsnotkun yfir sólarhringinn en dægurmiðlun. Dægurmiðlun hefur þann ókost að koma þarf upp safnþróm ásamt sérstakri dælustöð, og auk þess stækka ofna í híbýlum.

Stækkun ofna er eðlileg ráðstöfun ef vatnsrennsli er ófullnægjandi til naturhitunar, eða vatnshiti of lágor. Nauðsynleg stækkun er hins vegar háð því hitafalli, sem óskad er eftir í ofnunum. Af ýmsum ástæðum virðist heppilegt að gera ráð fyrir 18°C hitafalli á köldustu dögum, og má þá sjá af framangreindri töflu, að til þess að fullnægja mesta á lagi að degi til án naturhitunar þarf um 50 % stærri ofna við 64°C innstrey mishita, en um 70 % stærri við 59°C hita. Vilji menn hins vegar fullnægja mesta á lagi við 59°C innstrey mishita með naturhitun þyrfti að stækka ofnana um 20 %. Gera má ráð fyrir, að varmaflötur ofna sé nú á Sauðárkróki alls um 6.000 m<sup>2</sup>, og mun 20 % stækkun kosta um kr. 170.000,-, 50 % stækkun um 360.000,- og 70 % stækkun um

kr. 500.000,-.

Hinar 3 síðari leiðir, sem nefndar eru, eru ekki heppilegar. Kynding með veitunni á köldustu dögum er að vísu auðveld leið, en síður æskileg, auk þess sem hún er nokkuð kostnaðarsöm. Hækkun innstreymishita ofnanna eykur afköst þeirra, en útstreymishitinn hækkar einnig í beinu hlutfalli við innstreymishitann, og rýrir þar með nýtingu heita vatnsins. Gera má ráð fyrir, að toppkynding muni vart kosta minna en kr. 50.000,- á ári með núverandi mannfjölda á Sauðárkróki.

Snerping á vatninu með næturraforku frá hendi hitaveitunnar er að svo stöddu máli ekki möguleg leið, þar eð nægileg raforka er ekki fyrir hendi. Gönguskarðsárvirkjunin mun geta látið allt að 500 kw af hendi að nóttu til í ca. 10 klst., þ.e. um 5.000 kwst. Með núverandi mannfjölda yrði nauðsynlegt rennsli á sama tíma um 900 tonn, þ.e. snerping um aðeins  $5^{\circ}\text{C}$  er möguleg, en það er ófullnægjandi.

Notkun rafmagnsofna í húsum á köldustu dögum er ekki fær leið vegna kostnaðar, og yrði ekki samþykkt af Rafmagnsveitum Ríkisins.

Niðurstaða framangreindra athugana er því eftirfarandi. Heppilegast er að nota næturhitun til þess að fullnægja mestu varmapörf meðan tök eru á. Með  $64^{\circ}\text{C}$  vatnshita mun þetta takast án stækunar ofna, en framangreind tafla sýnir, að með  $18^{\circ}\text{C}$  hitafalli eru afköst núverandi ofna nægileg, og skal því gengið út frá þessu hitafalli við útreikninga á vatnsmagni. Fyrst um sinn skal því horfið að því ráði að auka vatnsmagnið frá holunum, en fresta dægurmiðlunaraðgerðum, þ.e. byggingu geyma, sérstakrar dælustöðvar og stækun ofna, þar til þess gerist þörf vegna vatnsmagnsins.

Sé óbein hitun notuð er vatnshitinn aðeins  $59^{\circ}\text{C}$ , og er því strangt tekið nauðsynlegt að stækka ofna um 20 % enda þótt næturhitun sé notuð. Það verður að sjálfsögðu einkamál hvers notenda, hvort hann lætur slíka stækun fara fram. Um dægurmiðlunar- aðgerðir gildir hér hið sama; þeim skal frestað þar til vatnsmagn er ekki nægilegt til næturhitunar. Heppilegast er að ganga einnig út frá  $18^{\circ}\text{C}$  hitafalli á köldustu dögum við óbeina hitun.

#### Vatnsrennsli.

Vatnsrennsli í aðalæð og bæjarkerfi ákveðst af varmapörf

og hitafalli í ofnum. Með hliðsjón af áætlunum í undangengnum kafla verður mesta varmaþörf fyrst um sinn áætluð 40.000 kg<sup>0</sup>/sólarhr. íbúa, þ.e. mesta vatnsþörf er með núverandi íbúafjölda um 26 l/sek. og er þá miðað við 18<sup>0</sup>C hitafall í ofnum. Hér við bætast ca. 2 l/sek, sem áætlað er að fari út á hafnarsvæðið fyrst um sinn. Mesta vatnsþörf er því alls um 28 l/sek. Þar eðlilegur naturhitun er notuð verður árlegur nýtingartími vatnsins um 5.000 klst. og árleg vatnsnotkun því um 500.000 m<sup>3</sup>, eða um 500 m<sup>3</sup>/íbúa. Gildir þetta um hina beinu hitun, en við óbeina hitun eru ekki möguleikar á að flytja vatn út á hafnarsvæðið, og verður vatnsrennsli og vatnsnotkun því 7 % minni.

I fyrsta kafla áætlunarinnar var gert ráð fyrir að það mætti auka vatnsmagnið frá jarðhitasvæðinu í allt að 50 til 60 l/sek. Samkvæmt framangreindum áætlunum virðist því mögulegt að fullnægja varmaþörf 2.000 íbúa á Sauðárkrúki án þess að nota dægurmiðlun, og byrfti þá um 52 l/sek. fyrir kaupstaðinn, og ef gert er ráð fyrir að 4 l/sek. fari út á hafnarsvæðið, verður þörfin alls um 56 l/sek. Hér er vert að geta þess, að í komandi húsbyggingum er auðvelt að fullnægja kröfum hitaveitunnar um ofnastærðir, og notfæra sér reynsluna frá gömlu húsunum.

Áætlunin um vatnsmagn frá jarðhitasvæðinu er vitaskuld ekki ábyggileg, og verður að hafa í huga að einnig getur svo farið, að viðbótarboranir gefi minna magn en áætlað hefur verið, og yrði þá að grípa til dægurmiðlunar fyrr en gert var ráð fyrir hér að framan. Sé dægurmiðlun notuð fyrir 2.000 íbúa má með 18<sup>0</sup>C hitafalli komast af með 42 l/sek. fyrir kaupstaðinn, eða alls 46 l/sek. Mesta rennsli í aðalæð er þá 46 l/sek., en í bæjarkerfi 74 l/sek. Vegna óvissunnar er rétt að gera bæjarkerfið þannig úr garði, að það geti flutt þetta vatnsmagn.

Kostnaður við boranir við Áshildarholtsvatn hefur verið tæplega kr. 9.000,- á sekundulítra við fyrstu 20 sekundulítrana. Sé gert ráð fyrir, að kostnaðurinn aukist jafnt eftir því sem vatnsmagnið eykst, virðist ekki ólíklegt, að kostnaður við aukningu frá 46 l/sek. í 56 l/sek. verði miðað við núverandi verðlag um kr. 250.000,-. Hinsvegar verður kostnaður vegna dægurmiðlunar fyrir 2.000 íbúa, þ.e. geymar, dælustöð og stækkun ofna, vart minni en kr. 800.000,-, einnig miðað við núverandi verðlag. Er því augljóst að naturhitun er heppilegri leið en dægurmiðlun, að því tilskildu að nauðsynlegt vatnsmagn fáist frá jarðhitasvæðinu.

Við óbeina hitun gilda sömu sjónarmið, en vatnsmagn í aðalæð og bæjarkerfi verður um 7 % minna.

### Pípukerfi.

Pípukerfi hitaveitunnar ber að leggja í götur samkvæmt skipulagsuppdættinum. Ekki eru nein sérstök vandamál í sambandi við petta; kerfið er mjög einfalt, og liggur beint við hvernig bezt er að haga lögn þess. Gildir þetta jafnt fyrir beina sem óbeina hitun.

Eins og þegar hefur verið drepið á, skal gert ráð fyrir stálpípum í bæjarkerfinu, að heimtaugunum undanskildum. Nauðsynlegt er að takmarka hinum notuðu pípustærðir eins og frekast er unnt, og skal hér gengið út frá 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4", 5", 6" og 7" pípum. Ekki virðist heppilegt að nota mjórri pípur en 1 1/2" í götukerfið; sliðar pípur má fá með heldur þykkt vegg en 1" eða 1 1/4" pípur, en þykkt veggsins hefur talsverða þýðingu fyrir endingu pípunnar. Verðmunur á þessum stærðum er hinsvegar mjög lítil, og auk þess má gera ráð fyrir að hætta á stíflun sé því meiri sem pípan er grennri.

Pípustærðir ákveðast af vatnsrennsli og verði á raforku til dælingar. Orkan mun fáanleg fyrir um 0,20. kr/kwst., sem er allhátt verð. Afleiðing þessa er að velja verður pípustærðir nokkuð riflega. Með hliðsjón af þéttleika og rýrnun veggja í pípum er heppilegt að þrýstingur á pípukerfinu sé hvergi mikil umfram 50 m vs.

Samkvæmt útreikningum byggðum á flatarmáli byggðar í kaupstaðnum, verður mesta rennsli í bæjarkerfinu miðað við 2.000 íbúa um 80 l/sek., en áætlað hefur verið, að hið raunverulega rennsli verði um 74 l/sek. við beina hitun, en 70 l/sek. við óbeina hitun. Við útreikning pípukerfisins er fyrri talan lögð til grundvallar, þ.e. 80 l/sek.

Þrýstingsfallið í pípum kerfisins er hér reiknað samkvæmt formúlunni:

$$H = 7,5 \cdot f \cdot L \cdot q^2 / d^5$$

H = þrýstingsfallið í metrum af vatnssúlu

L = lengd pípunnar í metrum

q = rennsli í sekundulítrum

d = þvermál pípunnar í þumlungum

f = núningsstuðull pípunnar.

Við nýjar stálpípur og þau skilyrði, sem hér um rædir, er stuðullinn 0,15 til 0,22. Með hliðsjón af þessum gildum hefur pípukerfið verið reiknað út, og er kerfi fyrir beina hitun sýnt á uppdrætti 1, en innpípukerfi (retour) fyrir óbeina hitun á uppdrætti 2.

Samkvæmt útreikningunum er mesta þrýstingsfall í pípum kerfisins á uppdrætti 1 um 30 m vs., miðað við nýjar pípur. Hér við bætast 30 % vegna samskeyta, loka og skrúfbúta, þ.e. þrýstingsfall í nýju kerfi er um 40 m vs. við 80 l/sek. rennsli. Auk þess er 5 m vs þrýstingur á kerfinu vegna yfirlallsins í húsunum. Vegna ryðmyndunar og útfellinga mun núningsstuðullinn hækka þegar tímar líða, og er gert ráð fyrir, að hækkunin verði um 100 % á 25 árum, þ.e. þrýstingsfallið er eftir 25 ár orðið 85 m vs. við 80 l/sek. rennsli. Nú er hinsvegar gert ráð fyrir, að hið raunverulega mesta rennsli í opna kerfinu verði að þessum tíma liðnum um 74 l/sek., og er þrýstingsfallið þá áætlað 75 m vs.

Verði horfið að dægurmiðlun er nauðsynlegt dæluafl því orðið um 85 kw, þegar íbúafjöldinn er 2.000 manns. Nýtingartími dæluaflsins er með dægurmiðlun áætlaður 1.750 klst/ár og orkan því um 150.000 kwst/ár.

Við 56 l/sek. rennsli er þrýstingsfallið um 45 m vs. og nauðsynlegt dæluafl um 40 kw. Nýtingartími mesta dæluafls er áætlaður 3.000 klst/ár, ef naturhitun er notuð, þ.e. orkan er um 120.000 kwst/ár.

Við núverandi íbúafjölda er mesta rennsli hinsvegar áætlað um 28 l/sek og er mesta þrýstingsfall kerfisins þá áætlað 13 m vs., og mesta dæluafl því tæplega 6 kw, og orkan um 18.000 kwst/ár.

Við óbeina hitun kemur nýtt sjónarmið til athugunar. Gert er ráð fyrir, að hitunarkerfi hússanna verði tengd inn á lokaða kerfið, og verða þau því fyrir þrýstingi bæjarkerfisins, eða nánar tiltekið, þeim þrýstingi, sem er á innpípukerfinu (retour). Til þess að fyrirbyggja leka og skemmdir á ofnum er rétt, að þessi þrýstingur verði ekki hærri en um 15 m vs., og er því nauðsynlegt að gæta þessa við útreikning á innpípukerfinu.

Útpípukerfið (tour) verður eins og pípukerfi fyrir beina hitun, að því undanskildu, að ekki er gert ráð fyrir að flytja 4 l/sek. út á hafnarsvæðið, og verður því smávægileg breyting frá kerfinu fyrir beina hitun, en hún er sýnd á uppdrætti 1. Hið

reikningslega rennsli kerfisins er 76 l/sek. og er mesta þrýstingsfall í útpípum þá um 30 m vs., þ.e. með lokum og skrúfbútum alls um 40 m vs.

Innpípukerfið er sýnt á uppdrætti 2, og eru pípustærðir valdar þannig, að mesta þrýstingsfall við 76 l/sek. rennsli er 17 m vs. Gera verður ráð fyrir, að núningsstuðullinn aukist einnig í lokaða kerfinu, en þó mun minna en í opna kerfinu, þar eð ryoð og útfellingar eiga að vera nær hverfandi. Hér skal gengið út frá, að aukningin sé 20 % á 25 árum, og er því reikningslegt þrýstingsfall í innpípum að þessum tíma liðnum um 20 m vs. við 76 l/sek. rennsli. Nú er hinsvegar gert ráð fyrir, að hið raunverulega rennsli sé 70 l/sek. og er þrýstingsfallið þá 17 m vs. að 25 árum liðnum. Þetta þrýstingsfall er fyrir hendi, þegar dægurmíðlun er notuð, en rennslið er hinsvegar 52 l/sek. þegar næturhitun er notuð, þ.e. þrýstingsfallið er þá um 10 m vs. að 25 árum liðnum.

Við 70 l/sek. er mesta þrýstingsfall lokaða kerfisins því alls 60 m vs. að 25 árum liðnum, þ.e. mesta dæluafli er 65 kW. Við 52 l/sek. rennsli er mesta þrýstingsfall á sama tíma 30 m vs. og mesta dæluafli því 24 kw. Orkunotkunin er þá áætluð um 72.000 kwst/ár.

Við núverandi mannfjölda er mesta rennali í lokaðu kerfi áætlað 26 l/sek., og er þá gert ráð fyrir næturhitun. Þrýstingsfallið er þá 11 m vs. og dæluafli tæplega 5 kw, en orkunotkun um 15.000 kwst/ár.

#### Áðalæð.

Ef gert er ráð fyrir ádalæð úr stálpípum, yrði kostnaður við 7" pípu um 490,- kr/m, en um 525,- kr/m við 8" pípu. Kostnaður við 8" pípu skiptist sem hér segir:

Undirstaða	20	kr/m
Stokkur 500/660	205	"
Pípa, pípuvinna og pennslustk.	185	"
Einangrun	25	"
Umsjón, o.fl. ca. 20 %	90	"
	Samtals	525 kr/m.

Enda þótt 7" pípa myndi nægja fyrstu 20 til 25 árin, yrði eflaust 8" pípa valin vegna hættunnar á efnissöfnun, og yrði kostnaður ádalæðarinnar, sem er um 2.300 m löng, alls ca. 1.2 millj.kr.

Við aðalæðina má þó nota asbest-sementtípur. Gert er ráð fyrir, að pípan yrði lögð ofanjarðar, og lögninni að öðru leyti hagð að pannig, að pípan verði ekki fyrir neinni áraun, en við slik skilyrði eru asbesttípur að öllu leyti réttlætanlegar, og má gera ráð fyrir góðri endingu. Pípuna ber að leggja á góða undirstöðu og gæta þess að jarðvegurinn geti ekki sigið undan henni. Hana má einangra með hræungjalli og reyðingi, en þar eð raki mun komast að einangruninni er varmaleiðslustuðull hennar nokkuð hár. (ca. 0,3).

Kostnaður við 8" asbesttípu er áætlaður 260 kr/m eða alls kr. 600.000,- þ.e. aðeins helmingur af verði stáltípunnar. (sjá kaflann um kostnaðaráætlunar).

Talið er að núningsstuðull asbesttípu sé ekki mikil hærri en stuðulli stáltípu, og skal hér gert ráð fyrir 0,02 við nýja típu en 0,03 að 25 árum liðnum, en tölur þessar eru þó ekki mjög nákvæmar, þar eð nákvæmar mælingar á núningsstuðlinum eru ekki fyrir hendi. Þetta kemur þó ekki að sök. Við mismunandi rennsli verður þrýstingsfallið í típunni sem hér segir:

		Ný típa	Eftir 25 ár	
Rennsli	l/sek.	28	46	56
Þrýstingsfall	m vs.	10	40	60
Dæluafsl	kw	4	28	52
Orkunotkun	kwat/ár	12.000	85.000	150.000

I töflunni er gert ráð fyrir 20 % þrýstingaukningu vegna samskeyta og skrúfbúta. Tölurnar gilda fyrir beina hitun. Fyrir óbeina hitun er þrýstingsfallið allt að 15 % minna en aflið um 20 % minna.

#### Dælur, safnþrær og hitari.

Samkvæmt framangreindum áætlunum er ekki gert ráð fyrir að dægurmiðlun verði notuð fyrr en vatnsmagn nægir ekki til næturhitunar. Safnþrær eru því ekki nauðsynlegar fyrst um sinn, en hins vegar getur svo farið, að þeirra verði þörf þegar tímar líða, enda þótt ekki sé gert ráð fyrir því fyrstu 25 árin. Að við munu nokkrir notendur eflaust kjósa að geta haft herra álag að degi til en nótta, og munu því stækka ofna sína og nota meira vatn að degi til; þó skal gengið út frá því, að þetta séu undantekningar, og ekki nauðsynlegt að taka tillit til þessa, a.m.k. fyrst um sinn. Verði hins vegar horfið að dægurmiðlun þegar tímar líða, og gert ráð fyrir

að naturhitun verði að mestu hatt, verður nauðsynlegt rúmmál í safn-próm um 25 % af sólarhringsnotkun, þ.e.  $0,45 \text{ m}^3/\text{íbúa}$ . Með 1.000 íbúum verða það  $450 \text{ m}^3$ , en með 2.000 íbúum  $900 \text{ m}^3$ .

Pessar tölur gilda einnig fyrir óbeina hitun, en þar verður safnþróin að vera laugavatnsmegin í kerfinu, þar eð ekki er ráðlegt að hafa opna safnþró í bæjarkerfinu.

Við óbeina hitun þarf fyrst um sinn aðeins eina dælustöð við borholurnar. Samanlagt er mesta prýstingsfall í bæjarkerfi og ábalæð 23 m vs., rennsli 28 l/sek. og dæluafl 11 kw. Það er því heppilegt að hefja rekstur veitunnar með dælusamstæðu, sem hefur 25 kw stimplað afl, og getur dælt ca. 37 l/sek. á móti 40 m vs. Skipta ber síðan um dælu eftir því, sem þörf krefur. Þegar tímar líða verður að koma annari dælustöð fyrir við endann á ábalæðinni, en afl hennar þarf væntanlega <sup>að 25 árum líðnum</sup> vera 39 kw, ef naturhitun er notuð, en 85 kw ef horfið er að dægurniðlun.

Við óbeina hitun verða dælustöðvarnar þegar í upphafi að vera 2. Við borholurnar er rétt að koma fyrir samstæðu með 12 kw ástimpluðu afli; þ.e. dælu, sem getur dælt 38 l/sek. á móti 20 m vs. Í bæjarkerfinu ber að nota samstæðu með sömu afköstum. Dælu-stöðvarnar verða síðan stækkaðar þegar þörf krefur.

Vegna hins lága vatnshita er við óbeina hitun nauðsynlegt að hafa hitafallið í hitaranum eins lítið og mögulegt er; hér skal því gengið út frá  $6^\circ\text{C}$  við mesta álag. Varmaskiptastuðull hitarans verður 1.200 til  $1.500 \text{ kg}^\circ/\text{m}^2, ^\circ\text{C}$ , klst, og skal hér því reiknað með  $8.000 \text{ kg}^\circ/\text{m}^2$ , klst. álagi. Við 26 l/sek. rennsli verður varmaflötur hitarans því  $210 \text{ m}^2$ . Það virðist heppilegast að koma tveim  $150 \text{ m}^2$  hiturum fyrir við byggingu veitunnar, en auka tölu þeirra síðan eftir því, sem þörf krefur.

### Einangrun og hitafall í pípum.

Varmatap í neðanjarðarpípum má reikna með eftirfarandi formúlu:

$$Q = \frac{2\pi \cdot (T_o - T_u)}{\frac{1}{c_j} \ln(4h/b) + \frac{1}{c_e} \ln(b/d)} \quad \text{kg}^\circ/\text{m}, \text{ klst.}$$

Q er varmatapið á metra og klst.

$T_o$  er hiti vatnsins í pípunni  $^\circ\text{C}$ .

$T_u$  er útihiiti  $^\circ\text{C}$ .

- $c_j$  er varmaleiðslustuðull jarðvegsins  $\text{kg}^0/\text{m}, {}^\circ\text{C}$ , klst.
- $c_e$  er varmaleiðslustuðull einangrunar
- $h$  er dýptin niður á miðpunktí pipunnar m
- $b$  er ytra þvermál einangrunarinnar (meðaltal) m
- $d$  er þvermál pipunnar m

Ef gert er ráð fyrir að  $c_j$  sé  $2 \text{ kg}^0/\text{m}, {}^\circ\text{C}$ , klst. en dýptin  $h$  1 metri, er varmatapið fyrir 3" pípu við  $65^\circ\text{C}$  vatnshita og  $-15^\circ\text{C}$  úti hita reiknað í eftirfarandi töflu fyrir mismunandi þykktir og gerðir af einangrun:

þykkt einangrunar	$c_e$	0,05	0,10	0,20	0,30
(b - d)/2					
0,05 m	$Q =$	28	51	87	114
0,10		18	35	65	89
0,20		14	26	48	70
0,30		11	22	42	62

Gildið 0,05 á  $c_e$  næst aðeins með mjög vandaðri og góðri einangrun, sem vart eru tök á að framleiða hér á landi (Asbest-einangrun, Magníumoxyd o.s.frv.). Með steinull (rockwool) má þó komast nálagt þessu, en hana verður að sauma í hólka, og er því vafasamt, að slík einangrun geti komið til mála vegna kostnaðar.

Gildin 0,10 og 0,20 eru þau, sem nást með hinum venjulegu innlendu einangrunarefnum, sem eru reyðingur, hraungjall, vikur og vikursteypa, en gildið 0,30 á við, þegar raki kemst í slíka einangrun.

Fyrir 2" pípu eru varmatöpin 70 til 85 % lægri, og á fyrri talan við fyrir beztu einangrun.

Sé hinsvegar engri einangrun komið fyrir í stokkunum, berst varminn frá pipunni til stokksins að mestu leyti með varma-geislun. Gera má ráð fyrir, að stokkurinn sé hér um bil "svartur" geislari; ef e er geislastuðull pipunnar og  $C_g$  geislatala hins svarta líkama, verður varmatapið vegna geislunar:

$$Q = \pi \cdot d \cdot e \cdot C_g ((T_o/100)^4 - (T_s/100)^4)$$

þar sem  $T_s$  er hiti stokksins (reiknað í  ${}^\circ\text{K}$ ). Með nokkrum breyttingum má gera formúluna einfaldari, þ.e.:

$$Q = 20ed(T_o - T_s) \quad \text{kg}^0/\text{m}, \text{ klst.}$$

Með hliðsjón af þessari formúlu má breyta framangreindri varmatapsformúlu, og verður hún:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot (T_o - T_u)}{\frac{1}{c_j} \ln(4h/b) + \frac{2\pi}{20ed}}$$

I geislastuðlinum e verður að reikna áhrif varmaleiðslu um loftið í stoknum og áhrif konvektionar á varmastrauminn, og skal hér gert ráð fyrir, að þau hækki stuðulinn um 30 %. Venjuleg stál-pípa er nær "svartur" geislari og verður e því um 1,3, og varmatapið við 65°C vatnshita og -15°C úti hita er þá samkvæmt formúlunni um 110 kg°/m, klst. En nú má auðveldlega lækka geislatölu pípunnar með því að alúmíníúmbronza hana, og verður e þá um 0,4 og leiðrétt vegna varmaleiðslu og konvektionar. Því 0,52. Við þessar aðstæður verður varmatapið aðeins um 50 kg°/m, klst.

Samanburður á þessum tölum og framangreindri töflu sýnir, að einangrun, sem hefur hærti varmaleiðslustuðul en 0,2 kg°/m, °C, klst, er raunverulega skadleg, þar eð hún gefur hærti varmatöp, en alúmíníúmbronzuð pípa, sem lögð er í miðjan stokkinn. Sé varmatapið í pípukerfinu á uppdrætti 1 reiknað með hliðsjón af framangreindum formúlum, fæst að mesta hitafall er í þeim enda kerfisins, sem nær upp í brekkuna fyrir ofan kaupfélagshúsin, og er það við 28 l/sek. vatnsnotkun um 5°C, en hinsvegar er hitafallið mun minna í öllum húsum, sem hafa aðgang að stærri aðum. Hitafall í bæjarkerfinu er aðeins 1°C til 2°C hjá miklum hluta íbúanna.

Niðurstöða þessara athugana er því eftirfarandi. Frá fræbilegu sjónarmiði er óparfi að leggja einangrun um gildari pípur og stytttri pípur út frá aðalstofnunum. Hinsvegar ber að alúmíníúmbronza pípurnar og hafa stokkana hæfilega stóra, þ.e. 300 mm að innanmáli. Hitafall í bæjarkerfinu er þá um 1°C til 2°C fyrir öll hús við aðalstofna og nálægt þeim. Stokkarnir verða að sjálfssögðu að vera vatnspéttir og afrennsli frá þeim komið fyrir.

Þar eð ekki er vitab um endingu alúmíníúmbronzehúbarinnar á pípum er rétt að einangra grennstu pípurnar með 100 til 150 mm af góðri einangrun, þ.e. efni með varmaleiðslustuðlinum 0,1 kg°/m, °C, klst. Reynist jarðvegurinn umhverfis stokkana samilega þurr, mun þá vera hægt að halda mesta hitafalli í kerfinu innan við 4°C. Þegar vatnsnotkunin eykst minnkar hitafallið að sama skapi.

A þennan hátt verður sama stokkastærð fyrir allt kerfið, sem er til nokkurs hagræðis við byggingu þess. Ef gengið er út frá rétthyrndum stokkum, sem eru 300 mm að innanmáli, en 460 mm að utanmáli, verður samanlagt rúmmál steypu í bæjarkerfinu við byggingu veitunnar um 380 rúmmetrar, þ.e. um 115 tonn af sementi. Þetta gildir fyrir opíð kerfi. Við lokað kerfi verða stokkarnir um 200 mm breiðari (en jafnháir) og steypan því um 480 m<sup>3</sup> og sementsnotkun 145 tonn.

Lengd heimtauga er nokkuð misjöfn, þ.e. þau hús, sem eru sömu megin götunnar og þóin, þurfa aðeins örfáa metra, en hin allt að 20 metra. Flest minni húsin þurfa 1/6 til 1/5 l/sek. í mestu kulðum. Sama fyrirkomulag má hafa á heimtaugunum og á bæjarkerfinu, þ.e. leggja þær í stokka. Ekki er heppilegt að nota grennri pípur en 1", þar eð þykkt pípuveggsins hefur nokkur áhrif á endingu þeirra. Sé 1" alúminíúmbronzuð pípa löögð í stokk án einangrunar, verður hitafallið í henni tæplega 1°C á 20 metrum við 1/6 l/sek. rennsli, en það er í alla staði fullnægjandi. Slikar lagnir eru hinsvegar nokkuð dýrar, og munu 20 m kosta um 4.000 kr., en gera verður ráð fyrir, að húseigendur greiði pennan kostnað beint.

Einnig mætti nota asbestpípur fyrir heimtaugar, og er 1 1/2" minnsta stærð. Slikar pípur má leggja óvardar í særilega þurran jarðveg, og má þá gera ráð fyrir, að hitafallið fari ekki mikil fram úr 3°C á 20 metrum við 1/6 l/sek. rennsli. Þessar pípur koma einkum til mála við hinar styttri heimtaugar, en kostnaður við asbestpípulagnir mun vera um helmingur af stálpípulögninni. Af ýmsum ástæðum er rétt að athuga við hvert hús fyrir sig, hvort asbestpípuheimtaug komi til mála.

Nauðsynlegt er að vanda nokkuð til einangrunar aðalæðarinnar. Virðist heppilegast að leggja reyðing, tjörupappa og hraungjallí um pípuna, og hafa hraungjallíð þá ekki þynnra en 300 mm. Með þessum aðgerðum má gera ráð fyrir um 2°C hitafalli við 28 l/sek. rennsli.

#### Tenging húsa og ryðvarnir.

I húsunum er einfalt gegnumrennsli nauðsynlegt, þar eð hringrás á miðstöðvarkerfinu (sbra. Hitaveita Reykjavíkur) lækkar innstreymishita ofnanna og rýrir þar með afköst þeirra og nýtingu heita vatnsins. Einnig mun örðugt að forðast skammhlaup.

Ryðvarnir hins opna kerfis felast fyrst og fremst í því að hindra súrefni að komast í vatnið. Verður þetta aðeins gert með því að hafa stöðugt nokkurn þrýsting á kerfinu; næturhitun er af þessum ástæðum æskileg. Í húsunum ber að hafa yfirfall enda þótt það auki þrýstinginn á kerfinu um 5 til 6 metra vs.

Reynist nokkuð súrefni í hveravatninu er nauðsynlegt að blanda vatnið natriumsúlfít ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) eða öðru hentugu ryðvarnarefnin. Magn þessa efnis í vatninu þarf að vera um 30 mg/l. Fyrstu árin er nauðsynlegt að fylgjast nákvæmlega með kerfinu, og gera súrefnis-mælingar á vatninu. Gera má ráð fyrir að kísilútfelling sé alger-lega háð tæringunni, og er því ástæða að ætla að hindrun tæringar muni einnig koma í veg fyrir útfellingar.

Ryðvarnir hins lokaða kerfis eru þær sömu. Kerfið þarf ætíð að vera undir þrýstingi, og blanda skal vatnið heppilegu ryð-varnarefni og halda pH þess 9 til 10.

#### Kostnaðar- og rekstraráætlun.

Hér fer á eftir áætlun um byggingarkostnað hitaveitu til Sauðárkróks með hliðsjón af framangreindum útreikningum og áætlunum. Áætlunarinnar eru í tvennu lagi, þ.e. fyrir beina og óbeina hitun. Þær eru byggðar á nágildandi verðlagi (apríl 1950) í Reykjavík. Vinnuafköst munu yfirleitt talin betri utan Reykjavíkur, en þessi munur verður vart reiknaður út með neinni nákvæmni, og er því rétt að styðjast við Reykjavíkurtölur, en gera ráð fyrir að áætlunin sé nokkuð ríffleg.

Einingarverð bæjarkerfisins verður að meðaltali sem hér segir, og er gert ráð fyrir 3" meðalpípuvídd:

##### 1) Opið kerfi

Gröftur	25	kr/m
Stokkur 300/460 mm	125	"
Pípur og pípuvinna	70	"
Lokar, skrúfbútar og pennslustk.	20	"
Umsjón o.fl. ca. 20 %	50	"
	Samtals	290 kr/m

2) Lokað kerfi

Gröftur	25	kr/m
Stokkur	155	"
Pípur og pípuvinna	140	"
Lokar, skrúfbútar og þennslust.	40	"
Umsjón o.fl. ca. 20 %	75	"
		Samtals 435 kr/m

Að vísu var gert ráð fyrir einangrun á grennstu pípunum, en kostnaður vegna hennar er ekki talinn með í einingarverðinu. Þessi kostnaður er hinsvegar áætlaður kr. 20.000,- fyrir opíð kerfi en kr. 30.000,- fyrir lokað kerfi.

Asbestpípa vídd 8"

Undirstaða	50	kr/m
Pípa og pípuvinna	125	"
Einangrun	40	"
Umsjón o.fl. ca. 20 %	45	"
		Samtals 260 kr/m

Með hliðsjón af þessum tölum skal byggingarkostnaður hitaveitunnar áætlaður, sem hér fer á eftir:

1) Bein hitun, þ.e. opíð kerfi.

Bæjarkerfi	kr.	915.000,-
Heimtaugar	"	300.000,-
Aðalæð	"	600.000,-
Dælustöð við borholur	"	100.000,-
Umsjón, boranir o.fl.	"	400.000,-
		Samtals kr. 2.315.000,-

2) Óbein hitun, þ.e. lokað kerfi.

Bæjarkerfi	kr. 1.370.000,-
Heimtaugar	" 450.000,-
Ádalæð	" 600.000,-
Dælustöð við borholur	" 100.000,-
Hitari og dælustöð	" 300.000,-
Umsjón, boranir o.fl.	" 500.000,-
	Samtals kr. 3.320.000,-
Stækkun ofna um 20 %	" 170.000,-
	Samtals kr. 3.490.000,-

Við rekstursáætlunina skal reiknað með 5 % vöxtum og 15 ára fyrningu af pípum og vélum hins opna kerfis, en 25 ára fyrningu á stokkum og öðrum hlutum, sem ekki verða fyrir beinum skemmdum af völdum vatnsins. Vegna samanburðarins milli hinna tveggja kerfa er nauðsynlegt að reikna fyrningu miðstöðvarkerfanna, sem tengd eru inn á veituna, og skal verðmæti þeirra áætlað kr. 600.000,- og gengið út frá 15 ára fyrningu við opíð kerfi en 25 árum við lokað kerfi. Við lokað kerfi skal gengið út frá 25 ára fyrningu á öllu kerfinu, að ádalæð, hitara og borholudælum undanskildum. Fyrningartíminn er vitaskuld ekki jafn endingartímanum, sem er áætlaður mun lengri eins og drepið hefur verið á.

1) Opíð kerfi. Árlegur kostnaður fyrstu árin.

Vextir 5 % af	2.315.000,-	kr. 115.500,-
Fyrning 4,6% "	1.165.000,-	" 53.500,-
" 2,1% "	1.150.000,-	" 24.200,-
Viðhald 2,5% "	2.315.000,-	" 58.000,-
Natriúmsúlfítblöndun		" 25.000,-
Raforka		" 6.000,-
Stjórn o.fl.		" 50.000,-

Samtals kr. 332.200,-

Fyrning miðstöðvarkerfa

4,6% af kr. 600.000,- " 27.600,-

Samtals kr. 359.800,-

2) Lokað kerfi. Árlegur kostnaður fyrstu árin.

Vextir	5 % af	3.320.000,-	kr.	166.000,-
Fyrning	4,6 % "	650.000,-	"	29.800,-
"	2,1 % "	2.670.000,-	"	56.000,-
Viðhald	1,5 % "	3.320.000,-	"	49.800,-
Raforka			"	6.000,-
Stjórn o.fl.			"	50.000,-

Samtals kr. 357.600,-

Fyrning miðstöðvarkerfa

2,1 % af	770.000,-	"	16.100,-
----------	-----------	---	----------

Samtals kr. 373.700,-

Rétt er að leggja árlega nokkuð fé til hliðar til þess að kosta áframhaldandi boranir og rannsóknir. Virðist heppilegt að verja um kr. 30.000,- í þessu skyni, og verður árlegur reksturskostnaður þá kr. 362.200,- fyrir opíð kerfi en kr. 387.600,- fyrir lokað kerfi. Gert er ráð fyrir, að vatnið verði selt eftir hemli og skiptist þessi upphæð því niður á húsin eftir varmaþörf, þ.e. að vissu leyti eftir rúmmáli. Rúmmál húsa á Sauðárkróki hefur ekki verið mælt, en það skal lauslega áætlað um 50.000 rúmmetrar og yrði árlegur hitunarkostnaður því kr. 7,- til 8,- á rúmmetra á ári. Pagar vatn er selt eftir hemli, er nauðsynlegt að hitaveita geri sérstakar kröfur um einangrun húsanna.

Pagar tímarsíða eykst íbúafjöldinn, og verður þá bætt við veituna eftir því sem þörf krefur. Hins vegar má gera ráð fyrir, að sala vatnsins aukist hlutfallslega hráðar en viðbótarreksturskostnaður veitunnar, og má því gera ráð fyrir, að hitunarkostnaðurinn lækki með tímanum.

Bein eða óbein hitun.

Með hliðsjón af framangreindum áætlunum má nú gera sér nokkra grein fyrir kostum og göllum hinna tveggja gerða af kerfum.

Opna kerfið er einfaldara og 1 millj.kr. ódýrara en lokaða kerfið. Vætanlega verður endingartími þess um 20 til 30 ár, en að þeim tíma liðnum má gera ráð fyrir, að kerfið þurfi endurnýjunar við. Frárennslisvatnið er yfirleitt ekki hagnýtanlegt.

Endingartími hins lokaða kerfis mun vera 50 til 100 ár, en kerfið er dýrara og flóknara. Frárennslisvatnið er 45°C til 50°C

heitt, og er fyrir hendi á einum stað. Það mætti því enn hagnýta þetta vatn til húshitunar með geislahitun eða til lönaðar, og gefur lokða kerfið því betri möguleika til hagnýtingar vatnsins, en slikt hefur einkum þýðingu ef vatnsmagn frá jarðhitasvæðinu reynist minna en gert hefur verið ráð fyrir. Segja má að hiti vatnsins frá jarðhitasvæðinu sé ekki sérlega hagstæður fyrir lokða kerfi, þar eð stakkun ofnanna er nauðsynleg, en hún er þó engan veginn tilfinnanlegur galli.

Tæknilegir yfirburðir hins lokða kerfis eru augljósir, og verði þau sjónarmið ein látin ráða, er valið milli hinna tveggja kerfa augljóst. Það er því skoðun höfundar, að velja beri hið lokð kerfi svo framarlega sem ekki eru alveg knýjandi fjárhagslegar ástæður fyrir því gagnstæða.

Það skal þó engan vegin talin frágangssök að gera opib kerfi á Sauðárkróki, en húseigendur og íbúar yfirleitt verða þá að gera sér fulla grein fyrir hinum tiltölulega skamma endingartíma og þeim óþægindum, sem af því hlotnast.

#### Saltfiskþurkun.

A síðustu árum hefur vélþurkun á saltfiski farið mjög í vöxt hér á landi, og er nauðsynlegt að athuga, hvort nota megi lauga vatnið við Sauðárkrók til fiskþurkunar.

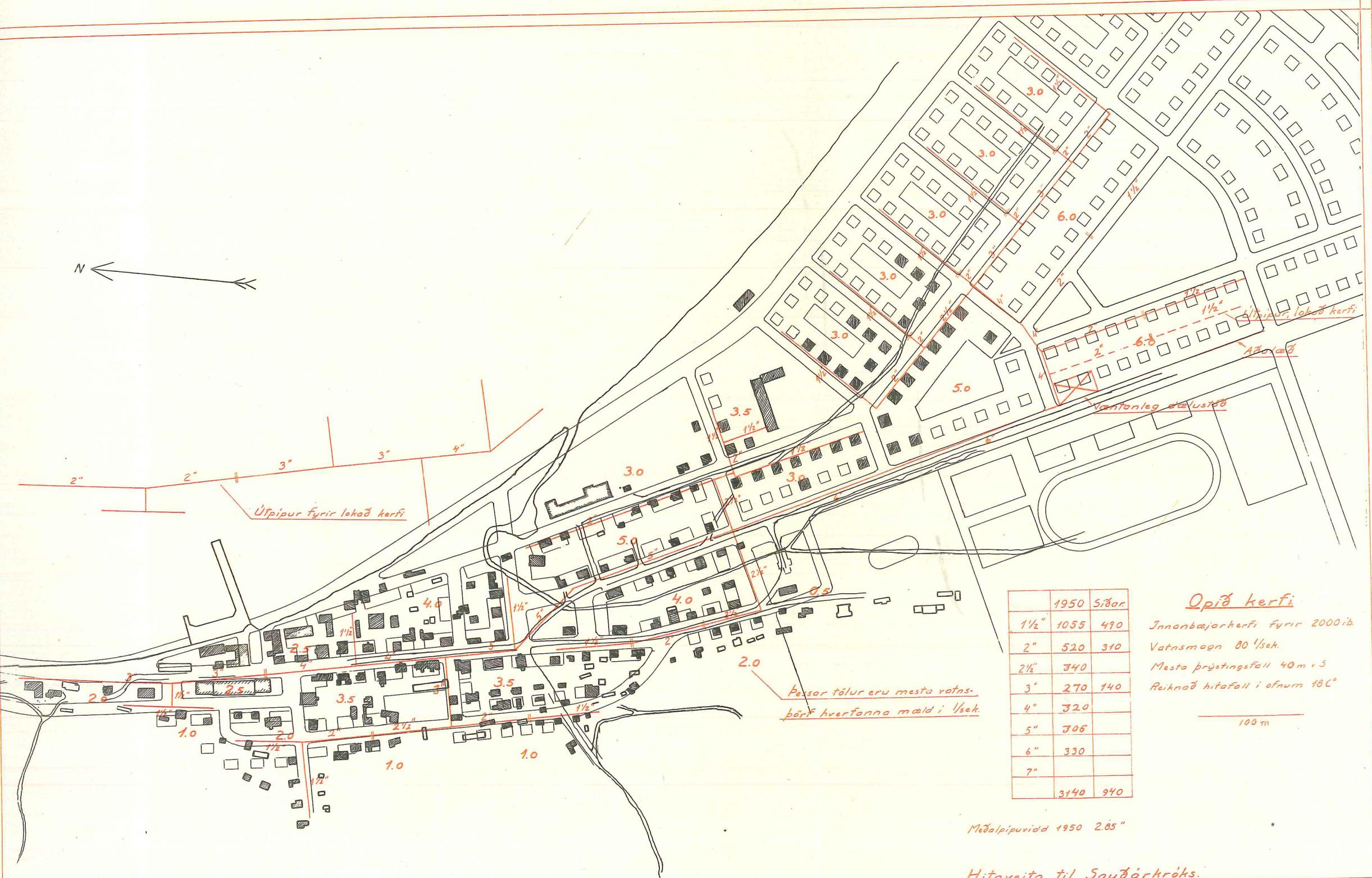
Ef gert er ráð fyrir þurkun á 500 til 1.000 tonnum (miðað við þurran þunga) á ári og 3.000 stunda hagnýtingu vatnsins, verður vatnsnotkunin 5 til 10 l/sek. af  $65^{\circ}\text{C}$  heitu vatni. Slikt er því mjög vel framkvæmanlegt, einkum þar eð fiskþurkunin fer að miklu leyti fram að sumri til.

Hér skal þó ekki gerð nein frekari áætlun um þetta, einkum þar eð ýmsar nauðsynlegar athuganir vantar. Verði fiskþurkunarstöð komið fyrir úti á hafnarsvæðinu, er nauðsynlegt að breyta örlítið pípukerfinu við beina hitun, en við óbeina hitun verður hinsvegar að leggja sérstaka að frá aðalæðinni út á hafnarsvæðið.

Reykjavík í apríl 1950.

Gunnar Böðvarsson  
(sign.)

N



	1950	Siðor.
1½"	1055	490
2"	520	310
2½"	340	
3"	270	140
4"	320	
5"	306	
6"	330	
7"	3140	940

### Opíð kerfi

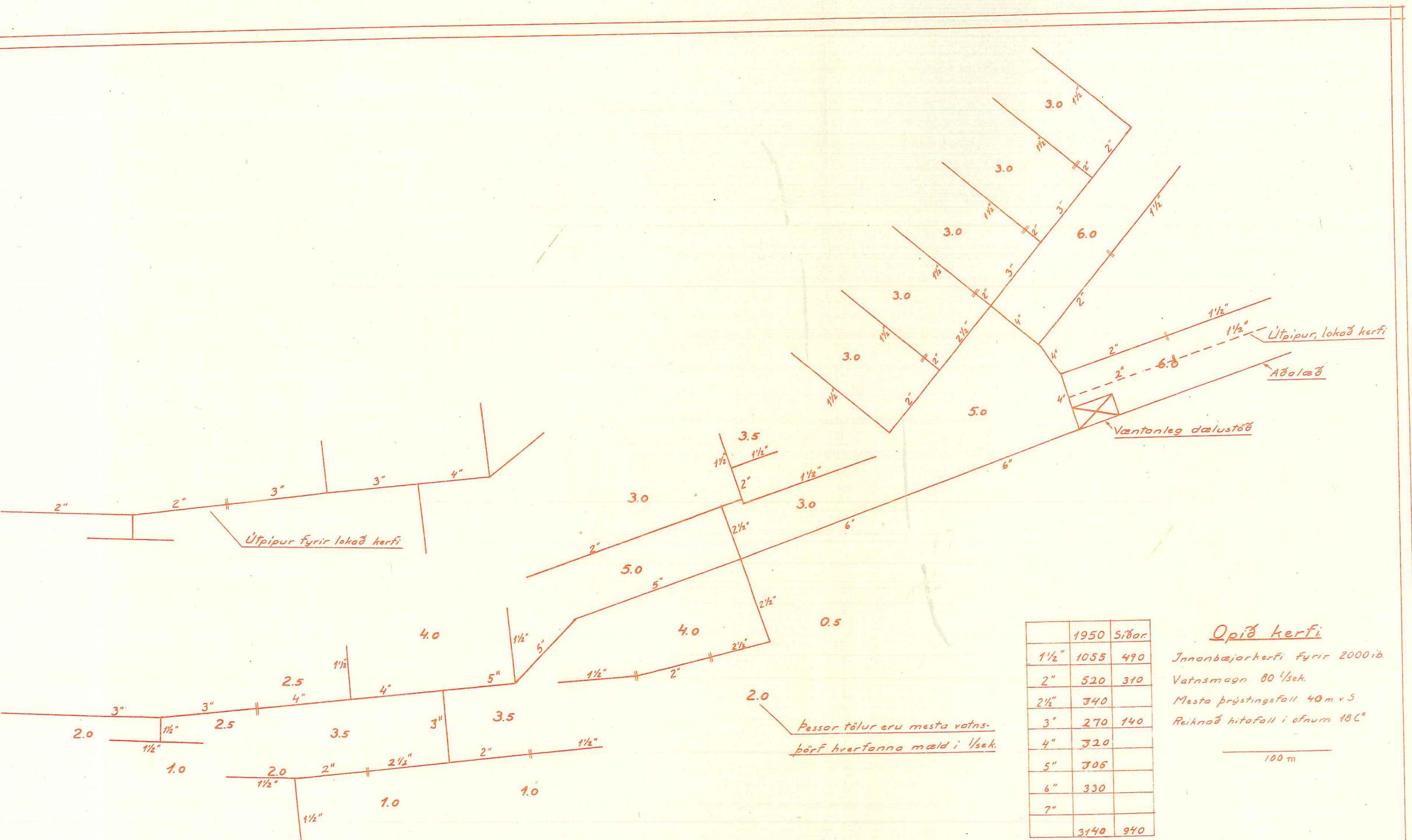
Innonbærkerfi fyrir 2000/b.  
Vatnsmægn 80 1/sek.  
Mesta þrystingstall 40 m/s  
Reiknöð hitafall í ofnum 18°C

100 m

Mædalpipuidd 1950 2.85"

Hitaveita til Söubórkroks.

1-350.JP



	1950	Síðar
1 1/2"	1055	490
2"	520	310
2 1/2"	340	
3"	270	140
4"	320	
5"	306	
6"	330	
7"		
	3140	940

Mædalpípurinn 1950 2.85"

Hitaveita til Sæbörkróks.

13.50.7E

Opíð kerfi  
Innonbæjarkerfi fyrir 2000 ib.  
Vatnsmagn 80 l/sek.  
Mesta prýstingsfall 40 m v.s.  
Reknað hitafall í ofnum 18°C