



Hitaveitur og áætlanagerð

Hjörleifur Þór Jakobsson

Greinargerð HÞJ-80/01

HITAVEITUR OG ÁÆTLANAGERÐ

1. Inngangur

Hér er ætlunin að fjalla um gerð áætlana og hönnun hitaveitna. Greinargerð þessi er samin vegna undirbúnings námsefnis fyrir verkfræðibraut Jarðhitaskólans. Upplýsingarnar sem hér koma fram eru flestar fengnar frá Verkfræðistofunni Fjarhitun hf. og starfsmönnum Hitaveitu Reykjavíkur en þó hafa fleiri menn komið þar við sögu. Ber þó ekki að líta á þetta sem neitt tæmandi yfirlit um hönnun hitaveitna og áætlanagerð.

Þegar athugaður er grundvöllur fyrir hitaveitu þarf að kanna hvort virkjanleg orka sé fyrir hendi. Þessi athugun er því meira jarðfræðileg en verkfræðileg. Ef niðurstaða slíkrar athugunar er jákvæð getur viðkomandi sveitarfélag beðið verkfræðistofu að gera lauslega hagkvæmniathugun. Ef svo virðist sem um hagkvæma hitaveitu sé að ræða, þá gerir verkfræðistofan rækilegri athugun (áætlun) um nýtingu jarðvarmans. Eru þessar áætlanir yfirleitt nokkuð tæmandi og innihalda kostnaðar-, rekstrar- og greiðsluáætlanir. Síðan er áætlunin yfirfarin og endurskoðuð og jafvel gerð ný áætlun áður en endanleg ákvörðun er tekin.

2. Virkjun jarðhita

Við virkjun jarðhita kemur stundum til greina að nýta fleiri en eitt svæði. Þá vaknar sú spurning hvaða jarðhitasvæði eigi að nýta og jafnvel hvort til greina komi að nýta fleiri en eitt í einu. Í flestum tilfellum er þetta spurning um kostnað og því tiltölulega auðvelt að leggja dæmið fyrir sig og finna réttu lausnina.

Virkjununum sjálfum má skipta í tvo flokka eftir því hvort um er að ræða uppsprettur eða borholur.

Uppsprettur eru mjög æskilegar, kostnaðarlega séð, til virkjunar. Stafar þetta af því að þar er vatnið komið upp á yfirborðið og því er oft hægt að tengja dælur beint við, en stundum þarf þó að grafa aðeins niður til að komast betur að uppsprettunni. Í sumum tilvikum er sjálfrennsli úr þeim uppsprettum/borholum sem verið er að virkja og þarf þá ekki dælur.

Oftast er það samt raunin, sérstaklega í stærri bæjarfélögum, að bora verður eftir vatninu og eru þær framkvæmdir ásamt borholubúnaði til-
tölulega dýrar. Síðan fer það eftir aðstæðum hverjum sinni hvort dæla
þarf vatninu og þá hversu mikið. Þá eru oftast notaðar djúpdælur.

3. Afl- og orkuþörf

Til að hanna hitaveitu er nauðsynlegt að vita varmaþörf byggðarinnar. Fyrsta skrefið þar er að afla gagna um stærð og tegund þeirra húsa sem hita þarf. Þessar tölur eru yfirleitt fengnar úr fasteignaskrá. Hér ber þó að hafa aðgát á vegna þess að mjög misjafnlega hefur verið staðið að mælingum á stærð húsa. Fjarhitun hf. hefur stundum farið þá leið að mæla nokkur hús upp sjálfir og athuga síðan hvernig þeim mælingum ber saman við fasteignaskrá.

Hitaveitukerfi eru hönnuð með hliðsjón af ákveðnu útihitastigi. Af kostnaðarástæðum eru kerfin ekki hönnuð til að nota lágsta útihitastig ársins, heldur ákveðnum útihita, sem reynslan hefur sýnt að gefist vel. Fyrr á árum var aflþörf hitaveitna áætluð og miðuð við það að geta haldið 20°C innihita við -6°C útihita. Það hefur hins vegar komið í ljós að aflþörfin sem venjulega er miðuð við getur haldið 20°C innihita við lægri útihita en -6°C.

Grunnhitinn, útihitastigið sem hönnun hitaveitukerfa miðast við, ásamt stærð og tegund húsa, eru notuð til að meta varmatap frá húsunum og þá um leið aflþörfina. Að sjálfssögðu er mikil óvissa í slíkum útreikningum og er því að miklu leyti stuðst við reynslu. Hitaveita Reykjavíkur hefur lengi notað ákveðnar tölur og eru þær syndar í töflu 1. Reynt hefur verið að staðfæra þessar reynslutölur þar sem grunnahiti er lægri og fyrir norðan er t.d. vanalega bætt 2 kcal/h m^3 við tölur Hitaveitu Reykjavíkur.

Tafla 1 sýnir aflþörfina skv. meðalþörf kaldasta sólarhrings ársins; svo-
kallað grunnafl. Nú er dreifingin hins vegar ekki jöfn yfir sólarhring-
inn og því verður að gera ráð fyrir toppum a.m.k. í dreifikerfinu. Á mynd 1 má sjá dreifinguna yfir sólarhringinn í einu hverfi í Reykjavík. Myndin sýnir vatnsrænnslu í sundlaugastöð Hitaveitu Reykjavíkur 5. feb. 1963 þegar meðalhiti sólarhringsins var -8,1°C. Reynslan hjá Hitaveitu Reykjavíkur hefur verið sú að sólarhrings topparnir eru um 30% yfir meðalþörf sólarhringsins. Reynslan undanfarin ár hefur hins vegar

sýnt að vatnsnotkunin er að færast í það horf að vera jafnari yfir sólarhringinn. Með því að nota hemlakerfi í stað magnmæla, er talið að jafna megi töluvert út sólarhringsnotkunina og að topparnir verði um 15% í stað 30%.

Mánaðarsveiflurnar í vatnsnotkun eru stærri en sólarhringsveiflurnar. Á mynd 2 er sýnd dreifingin árið 1976. Þar má m.a. sjá að söluhæsti mánuðurinn er um 50% yfir meðalþörfinni og 180% yfir lágsta mánuðinn.

Tölur þær sem sýndar eru í töflu 1 eiga við íbúðarhús. Eftir eru iðnaðarhús, frystihús o.s.frv. Þörfin þar er mjög misjöfn og því erfitt að áætla hana. Reynt hefur verið að mæla þetta út frá ólíusölu til viðkomandi fyrirtækja en þá hafa menn rekið sig á það að oft hefur olía verið sett á aðalhús, útihús, báta o.s.frv. í sama skiptið og er því erfitt að segja hver olíuþörfin er t.d. í aðalhúsi. Einnig hafa húsin misgóða olíukatla og öfna og til er í dæminu að hús sem notar mikla olíu noti síðan lítið af vatni og öfugt. Stundum hefur verið farin sú leið að nota eitthvert hlutfall miðað við íbúðarhús þ.a. iðnaðarhúsnæði fengi helming þess vatns miðað við rúmmetra fjölda, sem íbúðarhús fengi.

Þegar varmaþörf fyrir byggðina er áætluð, verður að gera ráð fyrir stækkun bæjarfélagsins. Helstu gögn um þetta er skipulagsupprættir ríkisins og tölur undanfarinna ára um fólks- og húsafjölgun. Þó ber að hafa það í huga að þó að skv. skipulagi eigi eitthvert hverfi að rísa eftir 15 ár þá sýnir reynslan að oft verður lítið úr framkvæmdum. Því er ekki einblínt á þessi skipulög heldur reynt að fara einhvern gullinn meðalveg í þessum efnum sem öðrum. Er þá kannski gert ráð fyrir þessari stækkun í aðveituæð en dreifikerfið ekki hannað strangt m.t.t. hennar.

Einnig kemur fjöldi rafkynta húsa mikið inn í dæmið og þá hvort húsin eru með rafmagns þilofna eða vatnsöfna. Reynslan sýnir að oftast taka rafkyntu húsin a.m.k. inn neysluvatn því óþægilegt getur verið að vera með einhverja litla vatnskúta sem duga kannski ekki í nema eitt baðker.

4. Aðveituæðar

Nú til dags koma yfirleitt tvær þípugerðir til greina í aðveituæðarnar þ.e. einangrað stál og asbest í jarðvegsgarði. Hvor þeirra er notuð fer mikið eftir aðstæðum á jarðhitasvæði og vegalengd frá jarðhitasvæði

til byggða o.s.frv. Ef nægilegt vatn er fyrir hendi og hitastig þess er hátt, er freistandi að nota asbestið því það er mun ódýrara en stálið.

Ef hitinn er ekki mjög hár, verður að gera ráðstafanir til að koma vatninu það heitu til neytanda að það sé nothæft til húshitunar. Þá verður að nota einangraðar stálpípur eða jafnvel einangraðar asbestpípur. Einangrun á asbesti er enn á þróunarstigi. Einnig má benda á það að oft getur komið til greina að dæla miklu meira vatni en þörf er á til að halda nægu hitastigi, og kasta síðan hluta af vatninu á leiðar-enda.

Hægt er að flokka aðveituæðar á eftirfarandi hátt:

- a) Asbeströr (löng leið, lítill markaður, mikið vatn) sbr. Húsavík, Hyammstangi.
- b) Stálpípa í steiptum stökk (stutt leið, stór markaður, sérstakar aðstæður) sbr. Reykjavík, Njarðvík/Keflavík.
- c) Stálpípa á stöplum (löng leið, stór markaður) sbr. Suðurnes, Akureyri.
- d) Niðurgráfin stálpípa (stutt leið, lítill markaður) sbr. Sandgerði, Gerðar, Vogar.

Nokkur óvissa getur verið um hitafall í aðveituæðum. Við hönnunarstörf er oftast miðað við reynslu annars staðar frá. Fræði um þetta er þó að finna í nær öllum bókum um varmaflutningsfræði. Nýlega kom út skýrsla (Oddur Björnsson, 1980: Kólnun vatns í hitaveitulögnum, Orkustofnun, OS-80-008/JHD-04, 40 s.) sem Fjarhitun hf. samdi fyrir Orkustofnun um þessi mál. Við útreikninga á þrýstitapi í aðveituæðum er yfirleitt stuðst við töflur og línurit frá framleiðenda sbr. kafli 6.4 hér á eftir.

5. Miðlun

Eins og áður hefur komið fram er notkun á vatni ekki jöfn yfir sólarhringinn, en ef svo væri þá væri t.d. hægt að halda jöfnu álagi á dælum. Til þess að ná meiri stöðugleika eru því oft byggðir miðlunargeymar. Um stærð þeirra hefur verið notuð sú regla að þeir þyrftu að geta tekið við hálfu

meðalrennsli í 9 tíma og þá væri hægt að sleppa því út á 30% álagi í 15 tíma. Þetta miðast við að notkunin sem fall af meðalrennslinu M sé um 0,5 M í 9 tíma og 1,3 M í 15 tíma. Annars er tiltölulega auðvelt að ákvarða stærð geymanna þar sem mælar eru. Þar er dreifingin þekkt og gæti verið eins og á mynd 1. Brotalínan sýnir meðalþörfina og þegar álagið er fyrir neðan línuna er safnað í geymana og síðan hleypt úr holum þegar álagið eykst. Á hemlasvæðum er dreifingin yfirleitt það jöfn að lítil þörf er á geymum nema þá sem öryggistæki gagnvart rafmagnsbilunum og öðru slíku.

6. Dreifikerfi

6.1 Tegund kerfis

Við hönnun dreifikerfis skiptir öllu máli hvort það á að vera einfalt eða tvöfalt og einnig hvort það á að vera hringa- eða greinakerfi. Fyrri atriðið fer að mestu leyti eftir því hvers eðlis jarðhitinn er þ.e. hvað mikið er af vatni og hversu heitt það er. Á sumum stöðum er vatnið mjög heitt en lítið af því og ef hægt á að vera að fullnægja aflþörfinni, verður að hafa tvöfalt kerfi. Í tvöföldu kerfi er bakrennslisvatninu vanalega blandað í hæfilegu hlutfalli við framrennslisvatnið þ.a. vatnið verði nýtanlegt til húshitunar. Þarna má segja að tvær flugur séu slegnar í einu höggi. Nýtanlegt afl verður meira og vatnið verður ekki of heitt til kranavatnsnotkunar. Á fleiri stöðum er þó engin þörf á tvöföldu kerfi og er því notað einfalt kerfi sem er að sjálfsögðu mun ódýrara.

Um síðara atriðið er það að segja að aðallagnir eru yfirleitt samtengdar (hringtengdar) ef aukakostnaður er ekki verulegur. Til glöggvunar um hvað átt er við með hringa- og greinakerfi þá sýnir mynd 3 helstu einkenni þeirra. Myndin er kannski nokkuð einfölduð, en grundvallarmunurinn ætti þó að vera auðsjáanlegur. Hringakerfið hefur þann kost fram yfir hitt að ef bilar t.d. í punkti a, þá er hægt að koma vatni í húsin hinum megin frá. Þetta býður upp á meira rekstraröryggi, en kostnaðurinn er líka meiri.

6.2 Þensla

Við lögn hitaveitna eru pípur ætíð soðnar saman við umherfishita. Þegar stálið hitnar svo að völdum heita vatnsins þenst það út í ásstefnu.

Við þetta myndast viðnám milli einangrunar og stáls annars vegar og einangrunar og jarðvegs hins vegar. Út frá þessu skapast spennan sem eykst eftir því sem fjar dregur þenslustykkinu. Þetta á einungis við um stálþípur sem eru steyptar fastar í einangrun ásamt því að vera grafnar í jörð. Ef vegalengdin milli þenslustykkis er mikil getur farið svo að efnið fljóti sbr. mynd 4. Framleiðendur gefa því vanalega upp einhverja hámarks vegalengd milli þenslustykkis fyrir ákveðið þvermál röra. Með grennri rör hefur oft verið farin sú leið að setja lykkjur með ákveðnu millibili til þess að mæta þenslu sbr. mynd 5. Er þá haft ákveðið samband á milli L_1 og L_2 . Viss hættu er þarna á ferðum því hnéð getur skemmst. Stálið þrýstir einangruninni út í jarðveginn og ef hann gefur ekki nóg eftir, getur plastkápán rifnað. Við það kemst vatn inn í engangrunina, síðan inn að röri. Rörið ryðgar og eyðileggst. Fjarhitunarmenn hafa því oft notað þá reglu að hafa L_1 ekki stærra en 25 m fyrir stórar lagnir. Grannar lagnir hafa hins vegar verið lagðar lengri vegalengdir án þenslunöguleika.

6.3 Brunnar

Brunnar eru alltaf töluvert stór hluti í kostnaðaráætlunum. Tilgangurinn með þeim er nokkuð margþættur. Á seinni árum hefur verið gert æ meira af því að taka beint út úr brunnum og auðveldar það mjög allar viðgerðir ef eitthvað bilar. Ef æð brást hér áður fyrr þurfti kannski að skrufa fyrir heila götu en með svona fyrirkomulagi fækkar húsunum sem þarf að loka fyrir mjög mikið. Mjög þægilegt er að hafa þenslustykki í brunnum og brunnar eru líka hugsaðir sem festur. Brunnar eru dýrir og ýmislegt hefur verið reynt til að lækka verð á þeim. Nú eru t.d. mikið af brunnum forsteyptir og er mikil hagræðing í því. Einnig hafa menn reynt að nota plast í brunna og fleira mætti upp telja.

6.4 Þrýstifall

Þegar þrýstifall í dreifikerfum eru reiknuð út er yfirleitt stuðst við upplýsingar framleiðenda um viðkomandi rör. Þá er hægt að nota upplýsingar um vatnsstreymi og varmaþörf við útreikningana. Best er að sýna þetta með dæmi:

Við erum með eina götu og í henni eru brunnar og við viljum vita hvað mikla þrýstihæð við þurfum að hafa í þeim brunni sem er næstur aðalæð. Við vitum varmaþörfina í hverju húsi. Við byrjum alltaf inni í botni

og fikrum okkur nær aðalæðinni. Í innsta hlutanum er grunnaflsþörfin kannski 63.000, í öðrum 63.000, í þriðja 124.000, í fjórða 150.000, í fimmta 600.000, og í sjötta hlutanum 500.000 kcal/h. Við vitum líka hvaða stærð á rörum við þurfum til að flytja þetta magn og við vitum einnig lengd röranna. Út frá töflum framleiðenda röranna getum við nú fundið þrýstifallið í hverfinu. Þessar töflur miða gjarnan við 80°C frammrennslitastig og 20°C hitafall í ofnakerfi, eins og tíðkast í mörgum fjarvarmaveitum erlendis. Fyrir aðstæður þær sem verið er að nýta jarhita þarf að gera viðeigandi leiðréttingar. Tafla 2 sýnir hvernig hægt er að áætla þrýstifallið að gefnum forsendum um rörastærð og lengdir. Það þarf að vera til staðar 5.155 mm þrýstihæð við upphaf hverfis til að koma vatninu til húsanna. Nú er það oftast þannig að menn vilja hafa eitthvað upp á að hlaupa og að samilegur þrýstingur sé á vatninu og því bæta menn kannski við 15 m. Þá er þörfin í byrjun hverfis orðin 20,2 m. Ef við höfum ekki þennan þrýsting til umráða þá þarf að dæla eða nota stærri rör, en hvort tveggja þýðir aukinn kostnað. Yfirleitt eru einhver mörk á því þrýstifalli sem má vera í dreifikerfum. Hjá Fjarhitun hf. hafa þeir miðað við að í einföldum kerfum fari þrýstifall ekki yfir 20 mm/m í heimaæðum og ekki yfir 10-15 mm/m í götuæðum. Þessar tölur eru síðan hægt að helminga í tvöföldum kerfum.

7. Kostnaðaráætlun

Til þess að hægt sé að gera góða kostnaðaráætlun þarf helst að vera búið að hanna kerfið gróft áður. Í kostnaðaráætlun er leitast við að ná fram öllum helstu þáttum og þeir áætlaðir. Er þar oft miðað við reynslu annars staðar frá. Þessar áætlanir eru oftast nokkuð nákvæmar og ef um vafaatriði er að ræða er alltaf reynt að hafa áætlunina frekar hærri en lægri.

Sem dæmi um kostnaðaráætlun getum við tekið Hvammstanga en þar búa um 450 manns þar er dæmigerð hitaveita með 8 km aðveitueð úr asbesti. Í töflu 3 er kostnaðaráætlun Fjarhitunar hf. fyrir Hitaveitu Hvammstanga. Er þar miðað við kaupgjald og verðlag í nóvember 1971.

Skipting kostnaðar milli dreifikerfis annars vegar og aðveitu og virkjunar hins vegar, er fyrst og fremst háð lengd aðveitu og virkjunarkostnaði. Eins má segja að hlutfall einfaldra og tvöfaldr kerfa fari eftir

aðrennslishita og/eða þörf fyrir toppkyndingu. Milli 1960-1970 var t.d. lagt mikið af tvöföldum kerfum í Reykjavík vegna þess að 100-130°C vatn fékkst innan borgarinnar. Þá var og reist kyndistöð í Árbæ.

Reynt hefur verið að áætla skiptingu milli vinnu og efnis. Í dreifi-kerfi hefur efnisþátturinn verið talinn um 40% en þar er ekki reiknað með því efni sem verktaki leggur fram. Í aðveituæðum hefur efnisþátturinn verið um þriðjungur kostnaðar.

Fjarhitun hf. hefur í sínum kostnaðaráætlunum oftast reiknað með 15% í ófyrirséða þætti og 8% í hönnun. Þessar kostnaðaráætlanir hafa yfirleitt staðist mjög vel og þá sérstaklega fyrir aðveituæðar og dreifikerfi.

8. Rekstrar- og greiðsluáætlun

Oftast er það þannig að sveitarfélög sem byggja hitaveitur fá mestan hluta stofnkostnaðar lánaðan. Því þarf að gera nokkuð nákvæma rekstrar- og greiðsluáætlun. Í þeim er frekar reynt að vanmeta tekjur og ofmeta rekstragjöld svo auðveldara sé að standa í skilum. Í töflu 4 er rekstrar- og greiðsluáætlun sem Fjarhitun hf. gerði fyrir Hitaveitu Hvammstanga. Segja má að áætlunin sé nokkuð dæmigerð fyrir litlar hitaveitur úti á landi.

Miðað er við fast verðlag og óbreytta vatnssölu allt tímabilið. Vatns-salan mun hins vegar aukast með vaxandi byggð, og eykur það því arðsemi fyrirtækisins. Í rekstraráætlunum eru tekjur af vatnssölu áætlaðar 10% lægri en áætlaður olíukostnaður. Olíunotkun er áætluð 13,7 l/m³ til að hita 73.000 m³ eða um 1.000.000 l. Olíukostnaðurinn áætlast því 3.960.000 kr. ef olían kostar 3,96 kr/l. Meðalviðhaldskostnaður er áætlaður 1,4% á ári.

Hagkvæmast var talið að láta banka annast innheimtu fyrir hitaveituna, svo sem gert er á Húsavík. Ekki yrði ráðinn fastur starfsmaður, og því yrði heildarstjórnunarkostnaður lítill. Rafmagskostnaður er áætlaður samkvæmt útreiknaðri orkunotkun taxta Rafmagnsveitna ríkisins. Vatnskaup

voru áætluð með hliðsjón af samningi þeim, sem Hitaveita Húsavíkur gerði um sín vatnskaup. Oftast er kostnaði við kaup vatnsréttinda sleppt í frumáætlun til að hafa ekki áhrif á væntanlega samninga.

Í áætluninni er miðað við að 74% af stofnkostnaði sé fast lán til 10 ára með 9,5% vöxtum og jöfnum afborgunum. Reiknað er með að mannvirki veitunnar verði afskrifuð á 25 árum.

Niðurstaða rekstraráætlunarinnar sýnir að strax fyrsta árið eru tekjur umfram gjöld 0,5 milljón króna, og vaxa upp í 7 milljónir á næstu 10 árum og breytast lítið eftir það. Í greiðsluáætlun eru heimaæðagjöldin áætluð 3,6 milljónir. Er miðað við gjaldskrá Hitaveitu Húsavíkur, en þar er lágmarks heimaæðargjald 26.000 kr. fyrir 300 m³ hús og 28 kr. fyrir hvern rúmmetra umfram 300 m³.

Til þess að eigið framlag verði 25% er gert ráð fyrir að hreppssjóður láni 1,4 milljón í stofnkostnað og auk þess 0,4 milljón vegna greiðsluhalla fyrstu þrjú árin. Lán þessi eru reiknuð með 9,5 % vöxtum og verða endurgreidd á árunum 1976-1981. Í áætlunum er ekki gert ráð fyrir neinum tekjum á framkvæmdarárinu en eins og sést í framkvæmdáætlun ætti að vera óhætt að reikna með fullum tekjum í desembermánuði, sem myndu þá nema 300 þús. kr. Þetta þýðir að fyrirtækið verður rekið án greiðsluhalla fyrsta árið og greiðsluafkoman verður betri en taflan sýnir. Miðað við að vatnssala hefjist ekki fyrr en 1. jan., svo sem gert er í áætluninni, verður greiðsluafgangur fyrst árið 1981 og er þá um 0,8 milljón, en 1983 og eftir það er greiðsluafgangur um 2,5 milljónir á ári.

9. Útboð og eftirlit

Þegar búið er að fullhanna kerfið er verkið boðið út. Verktakar fá þá í hendur gögn sem samanstanda af vinnuteikningum og útboðslýsingu, sem inniheldur m.a. upplýsingar um skiladaga einstakra þátta verksins og skyldur og réttindi verktaka. Meðan á verki stendur sér verkfræðistofan yfirleitt um eftirlit á því að allt fari fram eins og í útboðslýsingu stendur. eru þar oft á ferðinni sömu menn og hönnuðu kerfið og hjálpar það mjög mikið þegar einhver vandamál koma upp. Eftirlitsmenn taka

einnig út verkið þ.e. mæla allar lagnir, þrýstiprófa suður, mæla stærð klappa sem þarf að sprengja o.s.frv. Að verki loknu má segja að verkefni verkfræðistofunnar sé lokið en þó eru þær oft hafðar með í ráðum um viðhald og endurbætur.

Hjörleifur Þór Jakobsson

TAFLA 1

Aflþörf húsnæðis skv. reynslutölum Hitaveitu Reykjavíkur

Tegund húsnæðis	Aflþörf	
	kcal/h m ³	W/m ³
1. hæðar hús	21	24,4
2. hæða hús	19	22,1
3. hæða hús	17	19,8
4. hæða hús	15	17,5

TAFLA 2

Útreikningar á þrýstifalli í dæmigerður dreifikerfi við eina götu.

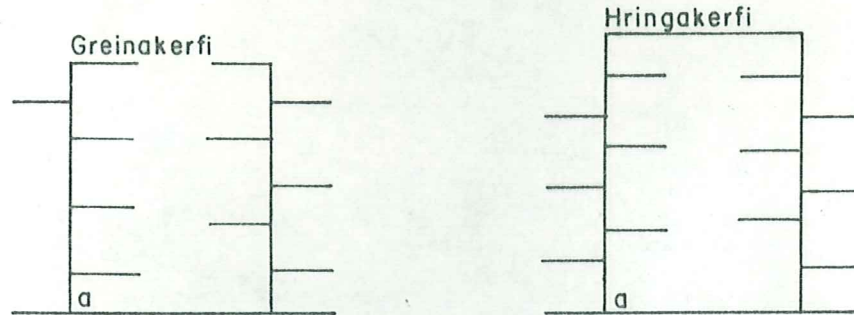
Brunnur	Grunnafl (kcal/h)	Leiðrétt grunnafl*	Stærð röra (mm)	Þrýstifall (mm/m)	Lengd (m)	Heildarþrýsti- fall (mm)
1	63.000	47.000	40	7.0	100	700
2	126.000	95.000	50	8.0	100	800
3	250.000	188.000	70	8.0	120	960
4	400.000	300.000	80	8.0	80	640
5	1.000.000	750.000	100	12.0	100	1.200
6	1.500.000	1.130.000	125	9.5	90	855
Alls	1.500.000	1.130.000	-	-	590	5.155

- * x 1,30 vegna toppálags
 x 1,10 vegna stakra mótstaðna
 x 0,50 vegna 40°C en ekki 20°C hitafalls.
 = 0,75 sem grunnaflið margfaldast með.

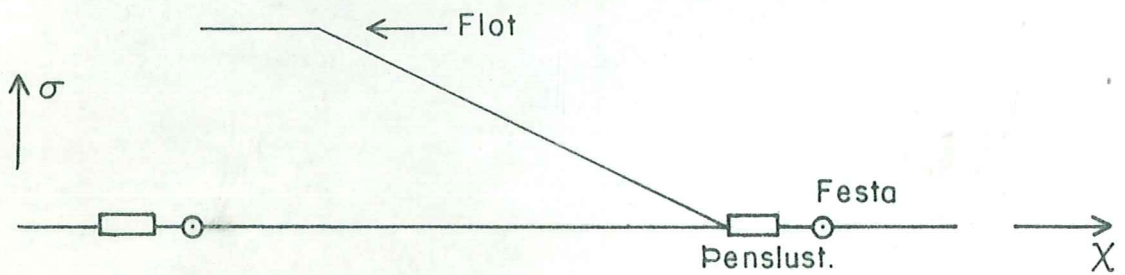
TAFLA 4

Rekstraryfirlit	1972	'73	'74	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97
Tekjur af vatnssölu	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560
Gjöld																										
a) Viðhald	100	115	130	145	160	175	190	205	220	235	250	265	280	295	310	325	340	355	370	385	400	415	430	445	460	
b) Stjórn og umsjón	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
c) Ratmagn	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
d) Valnshaup	100	100	100	150	150	150	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
e) Vextir	1630	1505	1370	1220	1065	895	715	545	305	150																
f) Atskrittir	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830
Gjöld samtals	3060	2950	2830	2745	2605	2450	2335	2180	1955	1865	1730	1745	1760	1775	1790	1805	1820	1835	1850	1865	1880	1895	1910	1925	1940	
Tekjur umfram gjöld	500	610	730	815	955	1110	1225	1380	1605	1695	1830	1815	1800	1785	1770	1755	1740	1725	1710	1695	1680	1665	1650	1635	1620	
Greiðsluyfirlit																										
Innborganir:																										
Heimæðagjöld	3600																									
Lanste:																										
a) frá hreppssjóði	1400	250	140	20																						
b) frá öðrum	15800																									
Innborganir skv. rekstrarætl.	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560
Innborganir samt.	3810	3700	3580	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560	3560
Útborganir:																										
a) Stofnkostnaður	20600																									
b) Lantökukostnaður	200																									
c) Rekstrarkostnaður	600	615	630	695	710	725	790	805	820	835	900	915	930	945	960	975	990	1005	1020	1035	1050	1065	1080	1095	1110	
d) Afborganir af föstum lanum	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580
e) Afb af lanum frá hreppssj.				65	205	360	485	630	65																	
f) Vextir af föstum lanum	1495	1350	1200	1050	900	750	605	480	300	150																
g) Vextir af lanum frá hreppssj.	135	1155	170	170	165	145	110	65	5																	
Útborganir samt.	20800	3810	3700	3580	3560	3560	3560	3560	3560	2770	2615	900	915	930	945	960	975	990	1005	1020	1035	1050	1065	1080	1095	1110
Greiðsluálagur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	790	945	2660	2645	2630	2615	2600	2585	2570	2555	2540	2525	2510	2495	2480	2465	2450

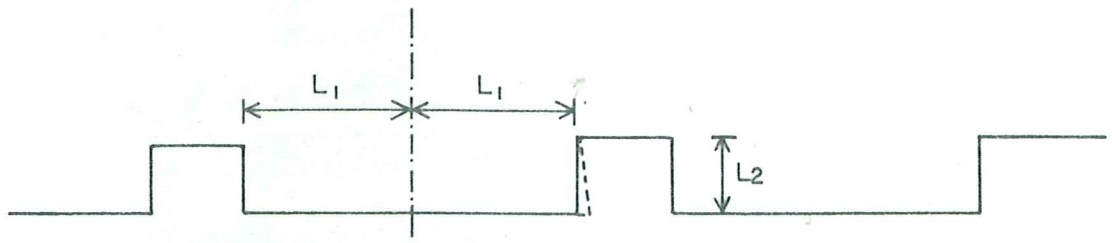
Tölur aðeins gefnar upp með 5 þús kr nákvæmni.



Mynd 3. Einfölduð mynd af mismun greina- og hringakerfis

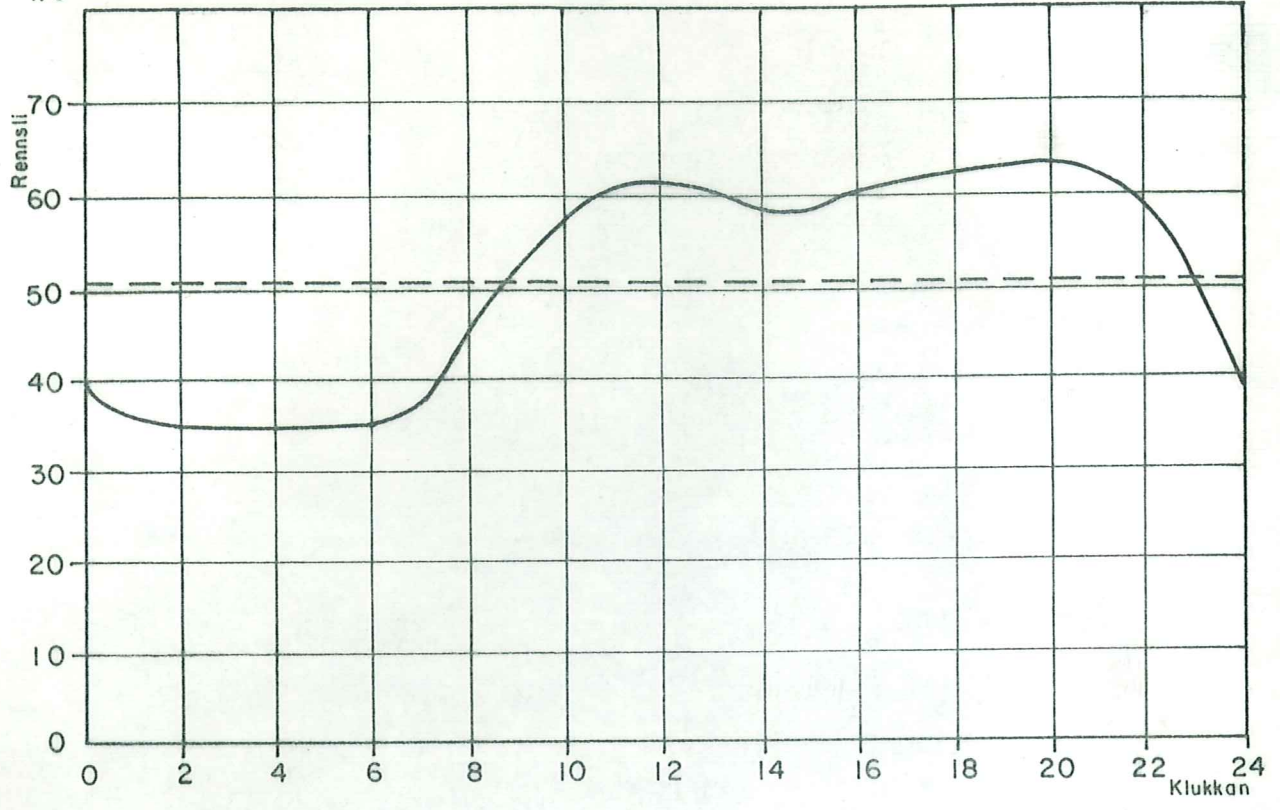


Mynd 4. Samband spennu σ og vegalengdar χ frá festu.

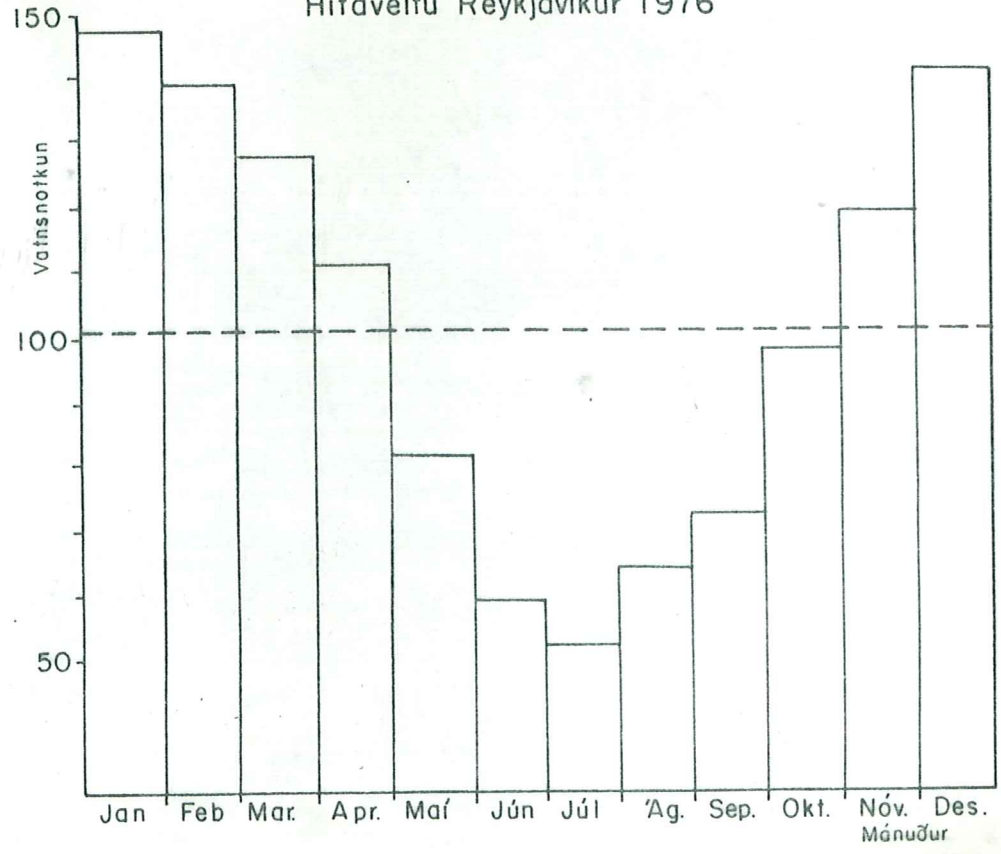


Mynd 5. Penslubeyjur á hitaveituleiðslum

Dreifing vatnsrennslis í sundlaugastöð Hitaveitu Reykjavíkur 5 feb.
1/s 1963 við meðaltals útihita $-8,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Þús m³/dag
Mánaðarleg vatnsnotkun
Hitaveitu Reykjavíkur 1976



TAFLA 3

Kostnaðaráætlun Hitaveitu Hvammstanga miðað við nóv. 1971, skv. Fjarhitun hf.

Dælustöð

2 dælur, varastöð og kútur	380.000	
Lokar, rafbúnaður	120.000	
Uppsetn. á tækjum	250.000	
Hús	400.000	
Frágangur við borholu og leiðsla að borholu	150.000	<u>1.300.000</u>

Aðveita frá Laugarbökkum

Asbestpípa með múffu	3.500.000	
Jöfnun, lagning pípu, yfirmokstur	2.080.000	
Ræsi, yfirkeyrslur, pípa undir veg, girðingar, stauralok	790.000	
Brunnar	260.000	<u>6.730.000</u>

Dreifikerfi

Plasteinangruð pípa 150ø	890.000	
" " 100ø	360.000	
" " 80ø	440.000	
" " 70ø	1.310.000	
" " 50ø	90.000	
" " 40ø	920.000	
" " 20ø	200.000	
Heimaæðar	2.250.000	
Inntök og hústengingar	1.000.000	
Brunnar	2.000.000	<u>9.460.000</u>
		<u>17.490.000</u>
Ýmislegt og ófyrirséð 10%		1.750.000
Verkfræðisþjónusta		960.000
Vextir á byggingatíma		<u>400.000</u>
Samtals		<u><u>20.600.000</u></u>