

 ORKUSTOFNUN
JARÐHITAEILD

VARMADÆLUR OG NOTKUNARMÖGULEIKAR Á ÍSLANDI

GUNNAR V. JOHNSEN

OS JHD 7704

Janúar 1977

OS ORKUSTOFNUN
JARÐHITAEILD

VARMADÆLUR OG NOTKUNARMÖGULEIKAR Á ÍSLANDI

GUNNAR V. JOHNSEN

OS JHD 7704

Janúar 1977

EFNISSKRÁ

0.	Inngangur	0
1.	Lýsing á varmadælu	1
1.1	Uppbygging varmadælu	1
1.2	Gerðir varmadæla	2
1.3	Tegundir varmaskipta	3
1.4	Nýtnisstuðull varmadælu	4
1.5	Stærð varmadælu	5
2.	Upphitun með varmadælu	7
2.1	Varmi frá eimsvala	7
2.2	Tegundir dreifikerfa	7
2.3	Heitavatnshitun	9
2.4	Varmadælan í dag	10
3.	Nánari lýsing varmadælu	12
3.1	Lýsing á loft-loft varmadælu	12
3.2	Hi/Re/Li-varmadælan	14
4.	Takmörkun varmadælu	16
4.1	Kæliefni	16
4.2	Þjöppur	20
5.	Varmadælur fyrir íslenskar aðstæður	23
5.1	Inngangur	23
5.2	Aðveitukerfi	23
5.3	Dreifikerfi	25
5.4	Rafbúnaður	26
5.5	Sérframleiddar varmadælur	26
5.6	Samantekt	27

6.	Markaðsmöguleikar varmaðælu	28
6.1	Möguleikar í þéttbýli	28
6.2	Möguleikar í dreifbýli	29
6.3	Aðrir möguleikar	31
8.	Samantekt-lokaorð	32
	Viðauki	34
	Um varmaðæluframleiðslu	34
	Almennt	34
	Fjöldaframleiddar varmaðælu	35
	Samantekt	41

0. INNGANGUR.

Um árið 1850 lýsir Lord Kelvin varmadælu í grundvallaratriðum með rás, sem kölluð hefur verið Carnot hringrás.

Samkvæmt lýsingu hans átti að vera hægt að framleiða kulda eða varma í kerfi með því að leggja til orku, vélræna orku eða raforku. Kuldaframleiðslan var vel þekkt, en Kelvin sýndi fram á, að hægt væri að nota sömu aðferð til að hita.

Það var svo ekki fyrr en um 1930, sem þessar hugmyndir voru nýttar á hagnýtan hátt í varmadælukerfi.

Varmadæla er tæki sem notað er, ekki einungis til upphitunar heldur einnig til kælingar, oft gjarnan bæði hlutverkin samtímis.

Það sem gerir varmadælu eftirsóknarverðari en mörg önnur tæki til upphitunar, er sá orkusparnaður sem varmadælan býður upp á. Einungis brot af þeirri orku, sem annars þyrfti að leggja í upphitunina, fer í að knýja varmadæluna áfram.

Varmadælan hefur þróast mjög mikið á síðasta áratug, og segja má, að orkukreppan 1973 hafi valdið byltingu hvað varðar notkun varmadælu.

Varmadælan er nú orðin mun áreiðanleggra upphitunartæki en áður var. Varmadælan hentar best til upphitunar, þar sem ekki er þörf á varma nema við tiltölulega lágt hitastig, þ.e. í loftræstingarkerfi, geisla-hitun eða þá í vatnsöfnakerfi með um 50-55°C sem hámarkshita og stórum ofnum.

Flestar fjöldaframleiddar varmadælur eru hannaðar með það fyrir augum að starfa við einhver fremur föst starfsskilyrði, og þola fremur illa frávik frá þeim. Þannig er t.d. vafasamt að volgrur héraendis (20-45°C) geti nýst í litlum fjöldaframleiddum heimilisvarmadælum, enn sem komið er.

Þessi skýrsla mun fjalla í stuttu máli um uppbyggingu varmaðelu, aðallega varmaðelu fyrir einstök hús (heimilisvarmaðelu), lýsa starfsemi hennar og þeim aðstæðum, sem varmaðela þyrfti að starfa við hérlendis. Þá verður nokkrum dæmum um mögulega uppsetningu varmaðelu lýst. Skýrslan er á köflum fremur stuttur og vísast því í fyrri greinargerð, Varmaðelur OS JHD 7609, mars 1976.

Skýrslan fjallar svo til ekkert um aðrar varmaðelur, svo sem varmaðelur fyrir iðnað, en ætla mætti að slík varmaðela gæti orðið einna hagkvæmust.

Í viðauka er auk þess stutt yfirlit um varmaðeluframleiðslu, sem aflast hafa upplýsingar um við bein bréfaskrif.

1. LÝSING Á VARMAÐELU.

1.1 UPPBYGGING VARMAÐELU.

Segja má að grunnrás varmaðelu sé mjög svipuð grunnrás venjulegs ísskáps. Ísskápur kælir inni í skápnum en hlýtt loft streymir frá honum. Mismunur þessara kerfa er í meginatriðum fólgin í því, að þau starfa ekki við sama hita og þrýsting.

Varmaðelan samanstendur af 4 meginþáttum: uppgufara, þjöppu, eimsvala og þensluloka.

Mynd 1 (Fnr. 14067) sýnir þessa grunnrás. Varmaupptaka á sér stað við uppgufara, en kerfið gefur frá sér varma við eimsvala.

Varmaðelan vinnur í grundvallaratriðum á eftirfarandi hátt:

- a. Uppgufari tekur til sín varma úr umhverfi sínu og hitnar við það um nokkrar gráður Celsius. Kæliefni, venjulegast FREON, sem streymir um uppgufara við lágan hita (lágan þrýsting), tekur til sín varmann og gufar við það upp.
- b. Frá uppgufara sogast kæliefni á gufuformi til þjöppu, þar sem því er þjappað saman. Við samþjöppunina hitnar kæliefnið (á gufuformi) enn meir og þrýstingur eykst mjög.
- c. Frá þjöppu fer kæliefnið til eimsvala, þar sem það missir mikið af varmainsihaldi sínu. Kæliefnið kólnar, þéttist og verður að vökva við háan þrýsting.
- d. Frá eimsvala fer kæliefnið (á vökva formi) til þensluloka, þar sem þrýstingur þess er felldur svo mjög, að uppgufun getur átt sér stað að nýju.

Þessi lýsing er mikið einfölduð lýsing á raunverulegri hringrás. Síðar verður rætt um ýmsa aðra þætti ráсарinnar, sem flestar varmaðælur innihalda (sjá 3.1).

Venjuleg varmadæla starfar þannig á þann hátt, að hún vinnur varma við umhverfi uppgufara og skilar þessum varma, ásamt varmauka frá samþjöppuninni við umhverfi eimsvala. Til að knýja áfram rásina er notuð þjappa, sem venjulega gengur fyrir raforku.

Ýmsar aðrar gerðir varmadæla eru til (sjá Varmadælur, OS JHD 7609 bls 6-8). Mismunur á kerfum er aðallega fólgin í því að mismunandi aðferðum er beitt við samþjöppunina (sjá t.d. Absorptions-varmadælan, OS JHD 7618)

1.2. GERÐIR VARMADÆLA.

Varmadælur eru flokkaðar eftir gerðum þeirra kerfa, sem þær vinna varma úr og á sama hátt eftir gerðum þeirra kerfa, sem þær skila varma til.

Varmadæla vinnur varma úr umhverfi uppgufara. Þetta umhverfi er ýmist loft (venjulegt útiloft), vatn eða óbeinn varmi unninn úr jarðvegi. Varmadælan gefur síðan frá sér varma til umhverfis eimsvala, þ.e. ýmist í vatnshitunarkerfi eða loftræstingarkerfi.

Samkvæmt þessu eru varmadælur yfirleitt flokkaðar niður í eftirfarandi gerðir. Fyrri dálkurinn á við uppgufara en sá síðari á við eimsvala.

loft - loft

loft - vatn

vatn - vatn

vatn - loft

jörð - vatn

jörð - loft

Í næstu greinum (1.3 og 2.2) verður rætt um hinar ýmsu gerðir.

1.3 TEGUNDIR VARMASKIPTA.

Eins og fram kemur í 1.2, má flokka varmadælur eftir því hvernig varmaupptaka og varmaafgjöf eiga sér stað.

Aðfærslukerfi varmadælu skiptist eðlilega í 3 megin gerðir eftir því hvernig varmaupptaka á sér stað við uppgufara:

Loftsaðfærslukerfi byggist á því að venjulegt útiloft er látið streyma um uppgufara, sem tekur við það til sín þann varma, sem þarf til að kælliefnið gufi upp. Meginkostir kerfisins eru, að loft er allsstaðar til í ríkulegu magni, og að eðlisfræðilegir eiginleikar loftsins eru allvel þekktir, þannig að auðvelt er að koma við fjöldaframleiðslu á þeirri einingu, sem nýtir útiloft. Til ókosta verður að telja þá aukaorku, sem fer í að knýja viftur, sem hafðar eru með þessum varmaskiptum svo og það, að er hiti útiloftsins fellur undir frostmark þarf að leggja til aukaorku við að taka burt ísingu, sem sest á varmaskipta. Eðlisrúmmál lofts breytist með hita þannig að þetta getur orðið aukabyrði á þjöppu og viftum. Segja má að flestir ókostir loftsaðfærslukerfisins leggjast á eitt þegar kólna tekur, þannig að starfsskilyrði kerfisins versna. Flest varmadælukerfi með loftsaðfærslukerfi þola varla meira en 10°C frost.

Í vatnsaðfærslukerfi tekur uppgufari til sín varma úr vatni. Allsstaðar þar sem vatn er til í nægu magni, hentar það betur til varmadælunotkunar en loft sökum betri varmaskiptaeiginleika. Notast má við hvaða vatn sem er bara að það sé ómengað og hiti þess sé yfir frostmarki.

Helstu kostir vatnsdreifikerfis eru, að vatnshiti er yfirleitt tilþörlulega hátt og helst fremur stöðugt allt árið. Lítil hætt er því á að ofbjóða þjöppu vegna veðurbreytinga og nota má vatn við verstu veðurskilyrði.

Til ókosta verður að telja, að hugsanlega verður að gera ráð fyrir vissri tæringu. Auk þess getur orka sem fer í pumpur orðið mikil.

Jarðvarmaaðfærslukerfi er í rauninni mjög svipað vatnsaðfærslukerfi. Munurinn liggur í því, að í þessu kerfi eru spíralar grafnir í jörðu. Þessir spíralar taka við varma úr jörðu og skila varmanum síðan til uppgufara. Hér er því um óbeina notkun sólarorku að ræða.

Helstu kostir eru þeir sömu og í vatnsaðfærslukerfi og ókostir einnig, en að auki kemur að kostnaður við niðurgröft spíralana getir orðið mikill.

Á svipaðan hátt má skipta dreifikerfi varmaðælu í tvær megin gerðir, loftsdreifikerfi (loftræstingarkerfi) og vatnsdreifikerfi. Nánar verður gerð grein fyrir þessum kerfum í kafla 2.2.

1.4 NÝTNISSTUÐULL VARMAÐELU.

Hringrás kælmiðils í varmaðælu má sýna með mynd, þar sem óreiða er sýnd sem fall hita. Mynd 2 (Fnr. 14068) sýnir tvær slíkar myndir. Efri myndin lýsir taplausri rás, svokallaða Carnot hringrás. Nýtnisstuðull þessarar rásar er skilgreindur sem hlutfallið milli hitans við eimsvala og mismuninn á hita í eimsvala og uppgufara, í gráðum Kelvin. Neðri myndin sýnir raunverulegri vinnslurás, nú eru veigamestu tölur í rásinni tekin með. Reynslan hefur sýnt, að sem nálgun á nýtnisstuðli þessarar rásar, má nota nýtnisstuðul taplausrar rásar margfaldað með 0.5.

$$\text{þ.e. } \epsilon \approx 0.5 \times \frac{T_E}{T_E - T_U}$$

E: eimsvali, U: uppgufari

Sem sjá má af jöfnunni er nýtnisstuðullinn mjög háður því, hvaða hitum kerfið vinnur við. Mynd 3 (Fnr. 14072) sýnir hvernig nýtnisstuðull er háður þessum hitum. Myndin sýnir hvernig nýtnisstuðullinn breytist með hita samkv. ofanritaðri jöfnu. Líta ber á þess mynd sem grófa nálgun á raunverulegri hegðun. Myndin skýrir samt vel mismunin milli grundvallar starfsemi varmaðælu sem nýtir varma úr lofti og annarrar er nýtir varma úr vatni. Vatnshitinn helst svo til óbreyttur

allt árið (stöðugur nýtnisstuðull), en lofthiti breytist mjög með árstíðum, þannig að nýtnisstuðull fellur mjög er kólna tekur.

Nýtnisstuðull er einnig skilgreindur sem hlutfallið milli þeirrar orku, sem fæst úr rásinni, E_u , og þeirrar orku, sem fer í að knýja rásina áfram, E_p .

$$\epsilon = \frac{E_u}{E_p}$$

Þessi jafna nær þannig yfir orku, sem fer í að knýja þjöppu og auk þess allan aukabúnað t.d. pumpur, viftur og allan öryggisbúnað.

Nýtnisstuðull loftskerfa er yfirleitt á bilinu 2-3 (lægri í kulda-köstum) en vatns- og jarðvarmakerfa 3-4. Stór varmadælukerfi hafa oftlega stærri nýtnisstuðul.

1.5 STÆRÐ VARMAÐELU.

Þegar setja á upp varmadælukerfi er nauðsynlegt að ákveða stærð varmadæluunnar mun nákvæmar en flestra annarra hitunarkerfa. Þetta stafar af því, að umframkostnaður fyrir stærri varmadælu er mun meiri en umframkostnaður annarra hitunarkerfa, auk þess fellur heildar-nýtnisstuðull kerfisins (lélegri nýting fæst á kerfið).

Varmþörf húss ræðst mjög af varmatapi hússins. Segja má að varmatap húss sé línulegt fall af mismun á úti- og innihitanum. Varmadælan þarf að visu ekki að sjá fyrir hitaorku svarandi til alls varmataps hússins, því viss varmi, frír varmi, fæst með venjulegri umgengni, t.d. varmi frá íbúum, ljósum, vélum, sólarorku og svo framvegis.

Mynd 4 (Fnr. 14075) er dæmi um varmaþörf húss sem fall útihita fyrir lofts-lofts varmadælukerfi (Varmepumper, S.R. Jacobsen). Sem sjá má minnka afköst varmadælu með lakkandi útihita og afköstin eru minnst þegar mest þarf á varmanum að halda.

Mynd 5 (Fnr. 14076) sýnir varmaþörf sem fall útihita fyrir vatns-vatns varmadælukerfi. Hér eru afköst varmadælu stöðug yfir allt

árið. Myndin sýnir tvær varmadælur, Önnur sér húsinu fyrir allri nauðsynlegri varmaorku en hin sér húsinu fyrir fyrirfram ákveðnum hluta nauðsynlegrar varmaorku.

Hér sést enn einu sinni aðlakostur vatnsaðfærslukerfisins, nefnilega að hægt er að setja upp varmadælukerfi, sem sér fyrir allri varmaorku að einhverjum ákveðnum lágmarkshita (tæplega mesta hugsanlega kulðakast) en afköst loftsaðfærslukerfisins minnka í sífellu með lakkandi útihita, þannig að leggja þarf til aukaorku í einhvern annan hitunarbúnað þegar tekur að kólna, þ.e. þegar mest þarf á varmadælukerfinu að halda.

Önnur aðferð til að ákvarða varmaþörf húss og þar með stærð varmadælu er að notast við heildar ársorkunotkun viðkomandi húss og fá dreifingu orkunotkunarinnar yfir árið með upplýsingum frá veðurstofu. Þessi aðferð er sennilega hentugri í eldri húsum.

2. UPPHITUN MEÐ VARMAÐELU.

2.1 VARMÍ FRÁ EIMSVALA.

Upphitun með varmaðelu byggist á því að nýta þann varma, sem myndast í eimsvala, þegar kælimiðill á gufuformi við háan hita og þrýsting þéttist og verður að vökva. Þessi varmi, uppgufunarvarminn og varmaaukinn frá samþjöppuninni, er síðan notaður til upphitunar, annaðhvort á loftsdreifikerfi eða vatnsdreifikerfi.

Það fer mjög eftir gerð þess hitunarkerfis, sem í húsinu er, hvernig varmaskipta þarf að hafa. Hér ræður mjög miklu við hvaða hita nota skal varmann.

2.2 TEGUNDIR DREIFIKERFA.

Dreifikerfi varmaðelu skiptist, sem fyrr segir í loftsdreifikerfi og vatnsdreifikerfi. Sambland beggja tegunda er og einnig vel mögulegt.

Loftsdreifikerfi (loftræstingarkerfi) byggist á því að loft er látið kæla eimsvalann. Loftið er síðan leitt í loftstokkum um hin ýmsu herbergi. Til að tryggja nægilegt loftstreymi eru víftur oftast hafðar með í loftrásinni.

Helstu kostir loftræstingarkerfisins eru þeir, að í vel hönnuðum kerfum er að meira eða minna leyti allt loftið í húsinu innan vébanda loftræstingarkerfisins. Þetta hefur í för með sér, að t.d. má færa varma í húsum sólarmegin yfir í kaldari hluta húsa. Loftræstingakerfi getur um leið brugðist tiltölulega fljótt við breytingu á hita. Annar meginkostur er, að hiti þess lofts, sem leitt er um hús, þarf ekki að vera ýkja hár. Hiti loftsins má tæplega fara yfir 25°C, en er oft á bilinu 21°-25°C. Þetta er mun lægri hiti en í vatnslofnerfum (yfir 50°C). Til að tryggja gæði þess lofts, sem er látið streyma um hús, má setja filtera í loftrásir. Þriðji megin-kostur loftræstingakerfis er fólgin í því, að mjög auðvelt er að koma við kælingu yfir sumarmánuði. Hérlandis er þetta þó hugsanlega

ekki neinn kostur, því kælipörf er ákaflega takmörkuð, frekar ókostur, því aðkeypt varmadæla gæti verið einfaldari og þar með hugsanlega um leið ódýrari, ef ekki væri með þessi aukabúnaður til kælingar.

Helstu ókostir loftrástingakerfisins eru þeir að oft vill myndast dragsúgur og að hávaði getur stafað af kerfinu, ef það er ekki nógu vel hannað. Kostnaður við lögn loftrása um hús er og oft mjög mikill.

Vatnsdreifikerfi byggist á því, að vatn er látið kæla eimsvala. Vatnið er síðan leitt um húsið til upphitunar. Skipta má þessari tegund hitunarkerfa í tvo megin flokka: geislahitunarkerfi og vatns-ofnakerfi.

Geislahitunarkerfi byggist á því að vatn er látið streyma um hús í spírölum eða rörum og gefur við það af sér þann varma, sem þarf til upphitunar. Þessir spíralar mynda þéttriðið net, sem yfirleitt er komið fyrir í gólfi eða lofti (þaki) eða jafnvel í veggjum.

Kostur við þetta kerfi er, að hiti vatnsins þarf ekki að vera mjög hár. Margir framleiðendur benda t.d. á að hitinn eigi alls ekki að fara yfir 35°-40°C, og að æskilegt sé að hafa einhvers konar rakastilli með þessu kerfi. Ókostur við kerfið er að varminn virðist ekki koma neins staðar frá, þannig að erfitt er að "hlýja sér" á sama hátt eins og við ofn eða loftop. Varminn virðist auk þess vera fremur "þurr" þannig að æskilegt er að hafa rakastilli með kerfinu. Þá er það einnig verulegur ókostur að geislahitunarkerfi eru mjög treg, þannig að tiltölulega langan tíma tekur að bregðast við breytingu í hita.

Vatns-ofnakerfi byggist á því að vatn er látið streyma um ofna, sem svo gefa af sér nauðsynlegan varma til upphitunar. Stærð ofna og uppsetning ræðst mjög af magni og hita þess vatns, sem um þá er látið streyma. Flest vatns-varmadælukerfi, sem nú eru í fjöldaframleiðslu, geta skilað af sér vatni upp í 50°-55°C. Þetta hefur því í för með sér, að þar sem varmadæla er tekin upp í stað olíukyndingar, mun þurfa að stækka ofna. Til kosta þessa kerfis verður að telja, að auðvelt

er að setja það upp og að þessi tegund hitunar er "þægileg", en til ókosta að vatnshiti varmadæla er fremur lágur þannig að það þarf að nota stærri ofna, auk þess þarf í vissum tilvikum að gera ráð fyrir vissri tæringu.

Bæði vatnsdreifikerfin nota pumpur til að halda uppi eðlilegu streymi í rásinni.

Vatnsdreifikerfi varmadælu kemur til greina víðar en í húshitun, t.d. henta þessi kerfi mjög til notkunar í sundlaugum, þar sem hiti vatns þarf einungis að vera um 25°C. Víða erlendis, einkum í V-Þýskalandi, eru varmadælur notaðar til upphitunar á sundlaugum og þá um leið geta þær hitað vatn í böð, sturtur, þvott og þurrkað loftið í sundhöllunum.

Flest vatnsdreifikerfi eru lokað, þ.e. vatnið tekur við varma í eimsvala, streymir síðan um húsið og síðan til baka til eimsvala á ný. Skilyrði fyrir því, að slíkt lokað kerfi sé notað, er að sjálfsögðu að vatn í aðfærslukerfi sé kaldara en vatnið, sem kemur frá ofnum.

2.3 HEITAVATNSHITUN.

Varmadælur, sem skila af sér varma í vatnsdreifikerfi, má auðveldlega nota til heitavatnshitunar. Slík kerfi eru þó háð sömu takmörkunum og önnur vatnsdreifikerfi, að hámarkshiti út úr kerfinu er yfirleitt um 50°-55°C. Margir varmadæluframleiðendur bjóða sérútbúnað með varmadælu sinni til þessara þarfa. Oft eru þessi tæki útbúin með rafbúnaði til uppfyllingar, ef með þarf, eða til að hækka hitann á vatninu. Sum þessara tækja gefa möguleika á að fá út heitara vatn (heitara en 50°C), þegar lítil vatnsnotkun er á hinu almenna vatnsdreifikerfi (ofnar, geislahitun).

Kostur við kerfið er, að fá í einu tæki upphitun og vatn til heitavatnsnotkunar, en ókostur helstur, að kerfið verður ekki lokað, þ.e. leggja þarf til auka vatnslögn til að sjá fyrir því vatni, sem tekið er úr dreifikerfinu.

2.4 VARMAÐELAN Í DAG.

Flestallar varmaðætur, sem eru fjöldaframleiddar í dag, eru af þeirri gerð, sem lýst er í kafla 1.1, þ.e. þjöppuknúnar varmaðætur. Þjöppurnar eru yfirleitt alltaf rafknúnar.

Öllum fjöldaframleiddum varmaðælum eru settar verulegar skorður hvað varðar inn-hita þess varma, sem þær taka við í uppgufara og út-hita þess varma, sem þær gefa frá sér við eimsvala.

Nýtnisstuðull lofts-lofts og lofts-vatns kerfanna er mjög háður úti-hita, þannig að nýtnin fellur er útihitinn lækkar. Önnur takmörkun á þessum kerfum er, að þau starfa ekki vel í kulda og flest þeirra þola ekki meira en ca. -10°C . Sennilegast mun auðvelt að ráða við efri hitamörkin í loftsdreifikerfum, enda þarf hiti þess lofts, sem hleypt er inn í hús, tæplega að vera meira en um 25°C .

Öðru máli gegnir um vatnskerfin. Vatn, sem nýtt er í aðfærslukerfi, er yfirleitt við fremur stöðugan hita allt árið. Velja þarf því kæliefni með hliðsjón af þessu. Flestar varmaðætur eru byggðar á þann hátt, að þær ráða við varmagjafa, sem hefur hita frá um 0°C til um $15^{\circ}\text{--}20^{\circ}\text{C}$. Á sama hátt þarf að velja kæliefni með hliðsjón af því hversu háan hita varmaðælan á að gefa af sér. Flestar varmaðætur ráða vel við geislahitun ($35^{\circ}\text{--}40^{\circ}\text{C}$), og nokkrar ráða við vatns-hita allt að $50^{\circ}\text{--}55^{\circ}\text{C}$, en varla nokkuð að ráði þar yfir. Þetta er veruleg takmörkun því flestir ofnar í húsum, sem hafa verið kynntir með olíu, eru fyrir mun hærri hita og ofnar fyrir $50^{\circ}\text{--}55^{\circ}\text{C}$ þurfa því eðlilega að vera mun stærri.

Verulegur ókostur er, að því hærra sem hitað er og því meira sem hitabilið er (milli inn- og út-hita), því minni verður nýtnisstuðull (sbr. mynd 3).

Helstu kæliefni sem notuð eru í varmaðælum er Freon, og eru R 12 og R 22 algengust.

R 12 má nota, ef hiti köldu hliðarinnar er minni en 25°C . Þetta kæliefni má síðan hita upp í $65^{\circ}\text{--}70^{\circ}\text{C}$. Þessi há hiti gerir mjög

miklar kröfur til alls kerfisins því þrýstingur er mikill. Flestar varmadælur með þessu kæliefni gefa af sér vatn, sem er um 60°C í hæsta lagi.

R 22 er notað, er hiti köldu hliðarinnar er enn minni, undir 15°C (algengast er grunnvatn 6°-8°C). Þetta kæliefni má svo nota upp í 45°C, þannig að þetta hentar mjög vel í loftshitun og geisla-hitun.

Til að nýta heitara vatn (t.d. volgru) og/eða fá út úr kerfinu heitara vatn þarf að láta sérframleiða varmadælu fyrir sérhverjar aðstæður. Ef svo hitinn, sem spanna þarf, er mjög mikill, þá verður nýtnisstuðull lágur. Að vísu er einnig mögulegt að hita í þrepum, en það mun valda verulegum stofnkostnaðarauka.

3. NÁNARI LÝSING VARMADÆLU.

Sú lýsing, sem gefin var í kafla 1.1., er mjög einfölduð lýsing á venjulegri varmadælurás.

Til að skýra betur uppbyggingu venjulegrar varmadælu verður einu kerfi lýst svolítið nánar. Þetta kerfi er af gerð loft-loft og er valið af því, að það er flóknara en t.d. flest vatn-vatn kerfi. Auk þess verður annarri fullkomnari varmadælu lýst.

3.1. LÝSING Á LOFT-LOFT VARMADÆLU.

Mynd 6 (Fnr.14428) sýnir dæmigerða uppbyggingu loft-loft varmadælu-kerfis.

Á myndinni sjást tvær viftur og tveir varmaskiptar, annar úti, en hinn inni. Þeir eru hvort tveggja í senn, uppgufari og eimsvali, eftir því hvort kerfið er notað til hitunar eða kælingar. Á myndinni er einnig sýndur loki, sem gegnir því hlutverki, að stjórna því hvor starfsemin er í gangi, þ.e. hitun eða kæling. Tveir þenslulokar eru hér, annar fyrir kælrásina en hinn fyrir hitunina. Auk þess eru sýndir tveir stjórnlokar og þjappa. Þessi rás starfar í grundvallaratriðum eins og lýst var í kafla 1.1.

Ýmsir ókostir fylgja rás sem þessari og skal hér getið þeirra helstu.

Þenslulokarnir fella þrýsting kælivökvans, er kemur frá eimsvala og stjórna auk þess flæðinu inn á uppgufara. Þenslulokar varmadælna eru af ýmsum gerðum og hafa misjafna hæfileika til að fylgja eftir breytingu á aðstæðum hverju sinni. Afleiðingin er oft minnkun á afköstum hjá kerfinu.

Án tillits til þess hvernig þenslulokinn er gerður, þarf kerfið að láta yfirhitað kæliefni fara inn í þjöppuna, til þess að tryggja að þjappan skemmist ekki af völdum vökva. Til að ná þessari yfirhitun þarf því að nota hluta af uppgufaranum, hluta sem annars nýttist við uppgufun kælimiðilsins. Algengt er að yfirhita gufuna um 5°-15°C. Þessi yfirhitun veldur því að álagið verður meira á þjöppuna, hætta er á ofhitnun, auknu slit og jafnvel skemmdum á þjöppu.

Það er í rauninni þrýstingsfall (sbr. mynd 6), sem stjórnar starfsemi þenslulokans. Þetta þrýstingsfall breytist mjög mikið með útihita, þannig að í köldu veðri getur þrýstingsmismunurinn orðið svo lítill, að starfsemi uppgufara truflist. Þenslulokar opnast og lokast og varmadælan ýmist hitar eða kælir. Við þessar aðstæður er mikil hætta á skemmdum á kerfinu (einkum þjöppu). Þetta er ein af þeim ástæðum, sem liggja til þess, að loft-loft varmadælur eru óstarfhæfar við lágt hitastig (oft undir -10°C).

Þegar varmadæla sem þessi er notuð til upphitunar, notar hún einungis vissan hluta þess kælimiðils, sem hún notar þegar hún kælir. Mismuninn þarf að geyma einhversstaðar í kerfinu. Algengt er að geyma afgangskælimiðilinn í eimsvala. Þetta hefur í för með sér að nothæft flatarmál eimsvala minnkar oft mjög verulega og þar af leiðandi minnkar varmaafkastageta kerfisins enn meir.

Þegar kalt er (undir frostmarki) eykur það enn á vandamál flestra varmadæla, að ísing sest á uppgufara og veldur því að varmaskiptaeiginleikar hans minnka mjög. Til að laga þetta er varmadælurásinni oft snúið við. Að snúa rásinni við hefur í för með sér, að mjög skyndilega kemur geislegt álag á kerfið. Hið skyndilega þrýstingsfall, sem verður á háþrýstihluta kerfisins, þvingar oft afgangskælivökva, sem er í geymslu í eimsvala, inn í þjöppuna, samtímis því sem þrýstingsaukningin í uppgufaranum veldur því, að uppgufun torveldast eða jafnvel hættir. Hár þrýstingur í uppgufara og lágur í eimsvala veldur því, að það verður þensla (expansion) í þjöppu, en ekki samþjöppun. Smurolián þrýstist úr þjöppunni, þannig að þjappan vinnur án nægilegrar smurolíu, þar til jafnvægi smám saman kemst á.

Þetta eru í mjög stuttu máli helstu vandamál venjulegra varmadæla. Þessi lýsing á aðallega við loft-loft kerfi, en verulegir hlutar geta vel átt við aðrar varmadælur.

Sem dæmi um önnur atriði, er geta haft skaðleg áhrif á varmadælu með vatnsdreifikerfi, er hinn há hiti á vatni, sem óskað er eftir. Hár hiti á vatni hefur í för með sér háan þrýsting, en hinn há þrýstingur veldur ýmsum vandkvæðum, sbr. að hámarkshiti á vatni er um 50°-55°C í fjöldaframleiddum varmadælum. Annað vandamál er rekstrarskilyrði varmadællunnar, þegar hún er látin hita yfir stórt hitabil, þ.e. hita vatn, sem er fremur kalt upp í fremur háan hita.

3.2. Hi/Re/Li- VARMAÐELAN.

Ein af þeim varmadælum, sem oft er getið um í bókmenntum um varmadælu, er High Reliability varmadælan frá Westinghouse. Þessi varmadæla er af gerðinni loft-loft og er talin vera ein hin áreiðanlegasta í framleiðslu í dag.

Í þessari varmadælu hefur verið fundin lausn á flestum þeim vandamálum, sem um gat í 3.1., jafnvel þannig, að sum þessara vandamála eru alls ekki fyrir hendi í Hi/Re/Li-kerfinu. Framleiðendur gefa upp, að varmadælan geti starfað niður í allt að - 33°C (sbr. -10°C hjá flestum öðrum). Þess ber þó að geta að nýtni varmadællunnar fellur með útihita, þannig að hún nálgast meira og meira 1 (þ.e. jafnmikil orka fæst út úr rásinni eins og fer í að knýja hana áfram).

Mynd 7 (Fnr. 14441) sýnir grunnrás þessa kerfis, efri myndin sýnir kællirásina, neðri hitun. Sem áður (sbr. mynd 6) eru varmaskiptarnir úti og inni bæði uppgufari og eimsvali eftir aðstæðum. Enn er hér þjappa, 2 viftur og loki, sem sér um að stjórna varmadælustarfsemi, þ.e. hitun eða kæling. Í stað þenslulokanna og stjórnlokanna er nú kominn margstefnuloki, sem stjórnar stefnu kælimiðilsins í rásinni, loki, sem hefur stjórn á undirkælingu, þurrksía og geymsluhólf fyrir kælimiðilinn.

Þessi rás er þannig hugsanlega flóknari en hin fyrri, en um leið sennilega mun betri.

Skal nú í stuttu máli leitast við að sýna kosti þessarar rásar fram yfir hina fyrri.

Lokinn, sem stjórnar undirkælingunni, stjórnar undirkælingu á þeim kælimiðli, sem kemur frá eimsvala, en ekki á þeim kælimiðli, sem fer til uppgufara. Þetta tryggir betri nýtni á eimsvala og um leið stöðugra kerfi, því hiti uppgufara breytist mjög með útihita, en eimsvala mun minna.

Geymsluhólfíð fyrir kælimiðilinn gegnir margþættu hlutverki. Auk þess að geyma kælimiðil yfir hitunartímann, sér þetta hólf um að enginn vökvi komist inn á þjöppuna. Kælimiðill, sem hefur gufað upp í uppgufara fer frá uppgufara til þessa hólfis. Hólfíð tryggir, að sá hluti kælimiðilsins, sem enn er vökvi, sest á botn hólfisins. Kælimiðillinn (á gufuformi) fer áfram um aðra rás í hólfinu og fer áleiðis til þjöppu. Til að endanlega tryggja að enginn vökvi sé í kæliefninu nú, fer kæliefnið í mótstraum við kæliefni frá eimsvala gegnum varmaskipti. Þessi varmaskiptir tryggir þannig að gufan komi örlítið yfirhituð (um 2°-3°C) til þjöppu (í stað 6°-15°C í venjulegu kerfi), auk þess sem kælimiðillinn (á vökvaformi) frá eimsvala undirkælist um fáeinar gráður. Leiðslan frá eimsvala liggur frá þessum varmaskipti inn í geymsluhólfíð. Þar undirkælist kælimiðillinn enn meir og gefur af sér varma sem fer í að hita kælimiðilinn í geymsluhólfinu. Enginn vökvi til þjöppu og fremur lágur hiti á kæliefninu, sem fer til þjöppu, þýðir minna álag, betri nýtni og þar af leiðandi lengri lífstíma.

Affrostun í þessu kerfi er einnig mun öruggari. Þó ef til vill sé smávegis vökvi í þétti, þegar rásinni er skyndilega snúið við, kemst hann ekki inn í þjöppuna, því fyrst verður að fara gegnum geymsluhólfíð og síðan varmaskiptinn. Þetta tryggir í raun betri nýtingu og endingu á kerfinu.

Þrátt fyrir augljósa kosti þessa kerfis er eitt sameiginlegt því og kerfinu, sem lýst var í 3.1 og reyndar öllum öðrum varmadælum, sem byggja á loftaðfærslukerfi: Afkastageta varmadællunnar er minnst þegar mest þarf á varmanum að halda, nefnilega þegar tekur að kólna.

4. TAKMÖRKUN VARMAÐELU

Áður hefur oftlega verið bent á að venjulegar varmaðelur starfa einungis við viss skilyrði, þ.e.a.s. nýta varmagjafa við vissan hita og skila af sér varma við vissan hita.

Í þessum kafla skal leitast við að skýra nánar í hverju takmörkun á starfsemi varmaðelunnar er fólgin. Skal í því sambandi aðallega rætt um kæliefni og þjöppur.

4.1. KÆLIEFNI.

Kæliefni, sem nota á í varmaðelum þurfa að uppfylla viss skilyrði til þess að þau teljist hæf. Þessi skilyrði eru í heimilisvarmaðelum oftlega mun strangari en í öðrum kerfum t.d. kælikerfum.

Helstu skilyrði á kæliefni eru:

Það má ekki vera eitrað.

Það má ekki vera eldfimt og það má ekki stafa af því sprengihætta.

Það verður að vera af slíkri gerð að auðvelt sé að finna leka út úr kerfinu.

Það má ekki hafa nein tærandi áhrif á efni í kerfinu.

Það má ekki brjóta niður (eyðileggja) smurolíuna.

Það verður að geta blandast smurolíu á auðveldan hátt.

Það verður að vera auðfánlegt og ekki of dýrt.

Mörg kæliefni uppfylla þessi skilyrði að einhverju eða miklu leyti. Algengustu kæliefni, sem eru í notkun í varmaðelu í dag, eru FREON kæliefnin.

Þegar velja á kæliefni í varmaðelukerfi er nauðsynlegt að vanda vel val þess fyrir þær aðstæður, sem það á að starfa við.

Þannig er nauðsynlegt að kæliefnið hafi ekki allt of lágan þrýsting við uppgufunarhitann. Æskilegt er að þrýstingur við uppgufunarhitann sé hærri en andrúmsloftsþrýstingur (normal suðumark þ.e. suðumark við andrúmsloftsþrýsting). Sé svo ekki verður undirþrýstingur á uppgufarahlið (soghlið) kerfisins. Komist einhver leki í kerfið

sogast andrúmsloft inn og getur orsakað ýmsa erfiðleika t.d. í sambandi við rakamyndun. Betra er þá að hafa yfirþrýsting og bæta frekar á kæliefni, ef með þarf.

Annað skilyrði, sem fylgir uppgufarahlið kerfisins er það, að kæliefnið (á gufuformi) á að hafa sem minnst eðlisrými við uppgufunarþrýstinginn. Því minna eðlisrými, sem kæliefnið hefur, því meiri afköst miðað við fasta stærð á þjöppu.

Á háþrýstihlið kerfisins (þéttihlið kerfisins) er hinsvegar helsta skilyrðið það, að þrýstingur kæliefnisins má ekki vera of mikill. Telja má líklegt að þrýstingur í heimilisvarmadælu megi vart fara yfir 15-20 bar.

Ljóst má vera að þessi skilyrði setja ennfrekari hömlur á val kæliefnis í varmadælu.

Hérlendis höfum við víða heitt vatn í volgrum. Þetta vatn er oft á bilinu 20-40°C og væri æskilegt að geta nýtt sér varmauka þess í varmadælur og hita vatnið upp í 75-80°C.

Eftirfarandi upptalning sýnir helstu tegundir freons, sem notaðar eru í dag:

Freon 11 (R-11) er mikið notað með miðflóttaafls þjöppum í iðnaðar og verslunar loftræstingarkerfum.

Normalsuðumark (suðumark við 1 bar) er við 23.82°C. Þrýstingur við 70°C er um 4 bar. Eðlisrými R-11 er 0.06 m³/kg við 60°C, sem er um 6 sinnum meira en eðlisrými R-12 við sama hita. Uppgufunarvarminn (við suðumark) er 180.33 kJ/kg.

Freon 12 er algengasta kæliefnið í notkun í dag. Það er mjög mikið notað í kælikerfum t.d. í verslunum og heimiliskæliskápum. Normalsuðumark er við - 29.79°C, sem er óþarflega lágt fyrir varmadælu. Við 20°C er þrýstingur um 6 bar, en 10 bar við um 40°C. Með hæfilegri þjöppu má nota R-12 upp í um 80°C, en þrýstingur er þá orðinn vel yfir 20 bar. Eðlisrými R-12 er um 0.012 m³/kg við 60°C.

Uppgufunarvarminn er 165.14 kJ/kg. R-12 er notað í varmadælum í dag við uppgufarahita undir 25°C og 65-70°C hámarkshita frá eimsvala.

Freon 13 er notað við sérstakar aðstæður, þegar kæla þarf í mjög lágan hita. Slík kæling er oftast raðtengd kælikerfi með R-12, R-22 eða R-502.

Normalsuðumark er við -81.4°C. Þrýstingur við 20°C er um 30 bar. Uppgufunarvarminn er 148.41 kJ/kg.

R-13 kemur vart til greina til varmadælunotkunar.

Freon 21 hefur normalsuðumark við 8.92°C. Við 70°C er þrýstingur um 7 bar. Eðlisrými R-21 er um 0.05 m³/kg við 60°C. Uppgufunarvarminn er 248.08 kJ/kg.

Freon 22 er mikið notað í öllum gerðum heimilis- og verslunar- kæli- og loftræstingarbúnaðar. Vegna góðra varmafræðilegra eiginleika er hægt að nota R-22 í minni tækjum en nota má með öðrum sambærilegum kæliefnum.

Normalsuðumark er við - 40.75°C. Við 50°C er þrýstingur þegar orðinn um 20 bar. Eðlisrými við 60°C er um 0.01 m³/kg. Uppgufunarvarminn er 233.51 kJ/kg. R-22 er notað í varmadælum með uppgufunarhita undir 15°C og upp í 45°C í eimsvala (geislahitun og loftræsting).

Freon 113 er notað í verslunar og iðnaðar loftræstingarkerfum og einnig til kælingar á efnum í iðnaði.

Normalsuðumark er við 47.57°C. Við 105°C er þrýstingur einungis um 5 bar. Eðlisrými við 60°C er um 0.09 m³/kg. Uppgufunarvarminn er 146.73 kJ/kg.

Freon 114 er notað í litlum kælikerfum og einnig í efnakælingar og loftræstingu í stóriðnaði.

Normalsuðumark er við 3.77°C. Við 60°C er þrýstingur um 6 bar og eðlisrými um 0.025 m³/kg. Uppgufunarvarminn er 136.0 kJ/kg.

Freon 500 er notað í heimilis og verslunar loftræstingarkerfum með litlum og miðlungsstórum tækjum og auk þess er það stundum notað í sumum kælitækjum.

Normalsuðumark er við -33.50°C . Við 70°C er þrýstingur um 22 bar. Uppgufunarvarminn er 210.1 kJ/kg .

Freon 502 er mest notað í alls konar kælibúnað við lágan hita í kælikápum og kæliborðum í verslunum, varmadælum og er auk þess notað í stórum stíl í iðnaði.

Normalsuðumark er við -45.6°C . Við 60°C er þrýstingur um 28 bar og eðlisrými um $0.006 \text{ m}^3/\text{kg}$. Uppgufunarvarminn er 177.74 kJ/kg .

Freon 503 er notað í kælibúnað, raðtengt öðrum kæliefnum, þar sem kæla á í lágan hita.

Normalsuðumark er við -88.7°C .

R-503 kemur vart til greina til varmadælunotkunar.

Þessi upptalning ætti að gefa hugmynd um notkunarmöguleika Freon kæliefna eða að minnsta kosti það hitabil sem þessi efni þekja. Freon 12, 22 og 502 eru þau kæliefni sem mest eru notuð í dag. Þessi kæliefni koma hinsvegar tæplega til greina þar sem hita á vatn upp í 75°C , því þá er þrýstingur í þessum kæliefnum orðinn 21, 23 og 36 bar, sem er helst til mikill fyrir lítil varmadælukerfi.

Freon 500 nær yfir svipað hitabil og R-12, 22 og 502 og sömu sögu er að segja um R-13B1 og R-115, sem að vísu voru ekki með í upptalningunni.

Freon 13 og 503 eru einungis notuð, þar sem kæla þarf í lágan hita.

Freon 11, 21, 113 og 114 virðast þekja hitabilið frá 0°C til 100°C mjög vel, hvað varðar þrýsting. Þessi kæliefni virðast því að þessu leyti henta mjög vel til varmadælunotkunar. Eðlisrými þessara efna er verulega mikið meira en eðlisrými R-12 (6, 5, 9 og 2 sinnum), sem þýðir að mun stærri þjöppu þarf til að ná sömu varmaafköstum. Þetta er þó óverulegt hjá R-114. Uppgufunarvarmi R-11 og R-21 er fremur hár en fremur lágur hjá R-113 og R-114. Lágur uppgufunarvarmi þýðir að nota þurfi meira magn kæliefnis til að ná sömu afköstum.

Í bréfi frá Du Pont, Sviss (framleiðendum Freon) kemur fram að R-21, FC12B1 og R-114 séu þau kæliefni, sem mest hafi verið rannsökuð fyrir

varmadælu við háan hita. Fyrstu tvö efnin hafa smávægilega varmafræðilega kosti, en hafa við tilraunir ekki reynst nægilega stöðug. R-12 og FC-12B1 eru einnig fremur eitruð og ættu ekki af þeim sökum að vera notuð í heimilisvarmadælu. Framleiðandi mælir ekki með notkun þeirra. R-113 flokkast í sama eitrunarflokk og R-21, en R-11 lendir í flokk milli R-11 og R-114. R-114 hefur hinsvegar reynst bæði stöðugt og áreiðanlegt. R-114 er sennilega það kæliefnið sem helst kæmi til greina í varmadælu hérlandis.

Verð á kæliefnum skiptir að sjálfsögðu miklu máli. Verð á Freon-kæliefnum er mjög misjafnt, en þó má segja að R-22 sé um helmingi dýrara en R-12 og R-502 er um helmingi dýrara en R-22.

4.2. ÞJÖPPUR

Til er í dag geysilegt úrval af þjöppum af mörgum mismunandi gerðum. Fyrir fáeinum árum síðan voru flestar þjöppur sem notaðar voru í varmadælum venjulegar "kælþjöppur", þ.e. þjöppur sem venjulegast voru notaðar í kæliskápum, frystihúsum o.s.frv. Þessum þjöppum var aðallega ætlað að sjá um kælingu og því hannaðar fyrir hita í eimsvala, sem var fremur lágur (25-35°C). Notkun þessara þjappa í varmadælum samfara aukins hita í eimsvala leiddi til lélegri afkasta þjöppu meðal annars vegna kæliefriðleika, lélegri smurningu og þar af aukið slit. Í gömlum kerfum var það yfirleitt þjappan sem bilaði. Nokkur fyrirtæki, t.d. Copeland U.S.A., hafa hafið framleiðslu á þjöppum, sem einkum er ætlað að starfa í varmadælukerfum. Þjappa Copelands er einkum ætlað að starfa í loft-loft kerfum, þar sem starfskilyrði eru hvað erfiðust sökum breytilegs hita.

Helstu þjöppur sem notaðar eru í dag eru: Stimpilþjöppur, spjaldaþjöppur og skrúfuþjöppur.

Stimpilþjöppur eru mikið notaðar í varmadælukerfum, vegna þess hversu vel þær þola háan þrýsting. Þessar þjöppur eru byggðar í einingum sem eru frá mjög litlar og upp í mjög stórar einingar.

Spjaldabjöppur eru mikið notaðar í tveggja þrepa kælikerfum (kæling í tveim áföngum). Sem slík er hún notuð sem lágbrepsþjappa.

Skrúfuþjappa er notuð í stórum kælikerfum og verður sífellt vinsælli þar á kostnað stimpilþjöppunnar.

Allar þjöppur eru framleiddar með það fyrir augum að starfa við ákveðin skilyrði. Yfirleitt er einungis hægt að breyta eða stilla afköst stærri þjappa, en síður minni þjappa. Þessi skilyrði, vinnslu-skilyrði, eru aðallega fólgin í því, að uppgufunarhitinn og hitinn í eimsvala eru gefnir. Einnig er hita á undirkældu kæliefni getið, ef um undirkælingu er að ræða. Ef þjappa er látin starfa við önnur skilyrði, en hún er gefin upp fyrir, veldur það minnkun á afköstum.

Í varmadælum, sem nýta ættu volgrur 10-40°C heitar (uppgufunarhiti) er því ljóst að velja þarf þjöppu fyrir ákveðinn hita. Sama þjappa skilar ekki sömu afköstum við 10°C og 40°C.

Hitinn frá eimsvala þyrfti að vera um 75°C fyrir varmadælur, sem hefur í för með sér að það þarf að kæla þjöppuna mun meira en þjöppu í kælikerfum (hiti í eimsvala 25-35°C).

Þessi aukni hiti (og þrýstingur) á eimsvala hefur og einnig í för með sér að velja þarf mjög vandlega þá smurolíu sem smyrja á þjöppuna með, einkum og sér í lagi samblendið smurolía-kæliefni. Þessi blanda, er hún kemur frá þjöppu, er yfirleitt mun heitari (yfirhitið), en hiti í eimsvala segir til um. Í kælikerfum er talið óráðlegt að hiti gufunnar frá þjöppu fari yfir 100°C, bæði vegna sjálfrar blöndunnar og eins vegna þrýstiventla í þjöppunni.

Fullvíst má telja að til séu þjöppur fyrir uppgufunarhita frá 10°C til 50°C og hita í eimsvala um 75°C, en þessar þjöppur eru sennilega fremur stórar og atlaðar í iðnaði.

Ljóst má vera að ýmis vandkvæði koma upp við að auka hita uppgufara og eimsvala. Þessi vandkvæði koma einnig fram í öðrum þáttum kerfisins, þannig að velja verður efni, loka, stjórnþæki ofl. í samræmi við aukinn hita og þrýsting.

Þessi stutta lýsing ætti að sýna nauðsyn þess að vanda vel val tækja og efna í varmadælukerfi, sérstaklega í kerfum sem ætlað er að starfa við misjöfn skilyrði (misjafnan uppgufunarhita). Einkum ætti að vera ljóst, að erfitt er að koma við fjöldaframleiðslu sem hagkvæm yrði við þessi breytilegu skilyrði, heldur verður að hanna hvert kerfi út frá þeim aðstæðum, sem fyrir eru á hverjum stað.

5. VARMAÐÆLUR FYRIR ÍSLENSKAR AÐSTÆÐUR.

5.1. INNGANGUR

Notkun varmaðælu á Íslandi getur verulega takmarkast af séraðstæðum, sem hér eru. Þessar séraðstæður verða einkum ljósar þegar haft er í huga, að fjöldaframleiddar varmaðælu eru hannaðar með því markmiði, að þær starfi við ákveðin, fyrirfram tiltölulega vel afmörkuð skilyrði á t.d. inn- og úthita.

Nú skulu í stuttu máli rakin helstu séraðstæður, séróskir eða sérkröfur, sem gera verður til varmaðæla til heimilisnotkunar á Íslandi.

5.2. AÐVEITUKERFI

Sem alkunna er þá er loft fremur kalt hérlendis. Á veturnum má búast við löngum kuldaköstum, þar sem hiti er verulega undir frostmarki. Sem og áður hefur komið fram fellur nýtnisstuðull verulega með lækandi útihita, þannig að vart er við því að búast, að nýtnisstuðull yrði hár á slíkum kerfum hérlendis, jafnvel hiti lofts að sumarlagi er ekki það hár, að búast megi við góðu. Ofan á fremur kalt loft bætist svo það, að rakastig lofts mun vera hátt. Hátt rakastig og kuldi hefur í för með sér, að veruleg ísing mun leggjast á uppgufara, þegar hiti lofts nálgast og fer undir frostmark. Þessi ísing veldur því, að varmaskiptaeiginleikar uppgufara minnka stórlega. Þennan ís verður því að fjarlægja. Þær aðferðir, sem notaðar eru við afhríminguna, byggjast ýmist á því, að hita uppgufara með rafspírölum eða snúa varmaðælurásinni við á einn eða annan hátt. Ljóst er að hvaða aðferð sem viðhöfð er við þetta, þá hefur hún í för með sér notkun aukaorku, sem veldur enn frekari minnkun á nýtnisstuðli, auk óþæginda og aukaálags á þjöppu.

Segja má að kuldi og hátt rakastig lofts valdi því, að vart ætti að koma til greina að taka upp varmaðælu til heimilisnotkunar, sem byggist á því að nýta útiloft, að minnsta kosti ekki þar sem beint þarf að nýta útiloft.

Aðfærslukerfi flestra fjöldaframleiddra varmadæla, sem byggjast á varmavinnslu úr vatni, eru hönnuð til notkunar við fremur stöðugan og ákveðinn hita eða hitabil. Flest kerfanna byggjast á notkun grunnvatns (6°-12°C) eða vatn úr brunnum, lækjum eða stöðuvötnum. Þetta vatn er yfirleitt við fremur stöðugan hita allt árið. Breytilegt eftir t.d. tegund kælliefnis getur varmadælan nýtt vatn upp í um 15°C (R-22) eða 25°C (R-12).

Hérlendis höfum við að mörgu leyti aðrar aðstæður. Vatn af kaldara tagi, grunnvatn, vatn í lækjum og vötnum er víðast til í nægu magni. Þetta vatn mætti erfiðleikalaust nota í venjulega fjöldaframleidda varmadælu. Auk þess er hérlendis mjög víða volgt eða heitt vatn í volgrum. Hiti þessa vatns er mjög breytilegur frá um 20°C til 50°C, jafnvel heitara, en þá er það notað beint til upphitunar. Æskilegt væri að geta nýtt þetta vatn sem varmagjafa í varmadælu. Þetta virðist enn sem komið er vera vandkvæðum bundið, því eins og áður sagði er viss leyfilegur hámarkshiti á fjöldaframleiddum varmadælum.

Víða erlendis grafa menn spírala í jörðu og vinna með þeim varma úr jörðu. Þessi varmi er raunverulega samansöfnuð sólarorka, en ekki eiginlegur jarðvarmi. Reynsla erlendis frá, t.d. Dana, bendir til þess, að þessi varmataka hafi enginn áhrif á gróðursprettu.

Hérlendis horfir þessu máli sennilega á annan veg. Jarðklaki er hér víða mikill, allt niður á 1,2 og jafnvel 3 metra. Þessi jarðklaki bráðnar seint (oft ekki fyrr en í júlí-sept), ef hann þá bráðnar að fullu.

Erlendis, þar sem svona kerfi eru notuð, má oft búast við ekki minni kuldaköstum en hérlendis, en sumrin eru yfirleitt mun hlýrri, og ræður það mestu um velgengi þessa kerfis erlendis. Slík kerfi eru því í raun óhugsandi hérlendis, ef þau eiga að byggja á samansafnaðri sólarorku. Hugsanlegir nýtingarmöguleikar hérlendis, eru því í raun einungis tengdir þeim svæðum, sem hafa jarðvarma. Jarðvarmasvæði hafa þann kost fram yfir "sólarorkusvæði", að rörin geta (ef aðstæður leyfa), allt eins verið lóðrétt sem lárétt. Hitinn vex tiltölulega mikið með dýpi á jarðvarmasvæðum. Helstu takmarkanir á notkun þessa kerfis á jarðvarmasvæðum eru sennilega kostnaðarlegs eðlis, því mjög dýrt getur reynst að grafa spírala í jörðu eða bora fyrir þeim.

5.3. DREIFIKERFI

Dreifikerfi varmadælu er ýmist loft- eða vatnsdreifikerfi.

Loftsdreifikerfi í húsum ætti ekki að þurfa að vera neinum erfiðleikum háð. Hitt er svo annað mál, að fremur fá hús hafa svona kerfi, þannig að það getur orðið töluvert kostnaðarsamt að setja upp loft-ræstingarkerfi í „gamalt hús, sem ætlar að taka upp varmadælu.

Hiti lofts, sem hleypt er inn í hús, er fremur lágur (22°-26°C). Þessi hiti hentar því mjög vel til varmadælunotkunar.

Öðru máli gegnir um vatnsdreifikerfi. Vatnsdreifikerfum má skipta í tvo flokka, geislahitun og hitun með vatnsöfnum.

Geislahitun nýtir vatn við tiltölulega lágan hita og er því mjög hentug til varmadælunotkunar. Hiti vatnsins þarf einungis að vera 35-40°C. Geislahitun er fremur fátíð hérlendis og virðist hafa reynst illa. Hugsanlegt er að þetta stafi af vankunnáttu við uppsetningu, því þetta kerfi er mjög vinsælt erlendis t.d. í V-Þýskalandi.

Vatnsöfnakerfi nýtir vatn við fremur háan hita. Flestar fjöldaframleiddar varmadælur, sem skila af sér vatni til vatnsdreifikerfis, geta skilað af sér vatni við um 50°-55°C. Vatnsöfnar fyrir þennan hita þurfa að vera fremur stórir, allt að 2 sinnum stærri en flestir öfnar, sem hafðir eru með olíukynditækjum. Ef fjöldaframleidd varmadæla er tekin upp í "gömlu" húsi, þá er fyrirsjáanlegt að skipta þurfi um flesta öfna að auki. Flestir öfnar í "gömlum" húsum hérlendis eru fyrir 80/40°C heitt vatn. Það má því segja, að það séu verulegar sér-aðstæður, hvað þetta varðar hérlendis, að við erum vön því að fá og nota heitt vatn (80°C). Ljóst er að venjuleg fjöldaframleidd varmadæla ræður ekki við þessar aðstæður enn sem komið er, og jafnvel vafasamt að sérframleidd varmadæla geti skilað af sér svo heitu vatni, nema í 2 þrepum eða að hiti varmagjafa sé tiltölulega hár 40°-50°C. Slík varmadæla yrði mun dýrari en fjöldaframleidd varmadæla.

5.4 RAFBÚNAÐUR

Eins og fram kom í grein 4.2 er rafbúnaður fjöldaframleiddra varmaðæla mjög misjafn. Sú spennan, sem tækjunum er ætlað að starfa við er mjög breytileg eftir stærðum og gerðum kerfanna, svo og hvaðan þau koma. Spennan er frá um 200 volt og upp úr. Yfirleitt er 1 fasi á minni gerðum varmaðæla, en 3 á stærri gerðum. Tíðni er ýmist 50 eða 60 Hz.

Allflest þorp út á landi og allir sveitabæir ráða einungis við rafbúnað, sem er 220 volt, 1 fasa og 50 Hz. Ljóst er því, að velja verður varmaðælu, sem aðlagast getur þessum skilyrðum. Flestir varmaðæluframleiðendur, sem framleiða varmaðælur til útflutnings, geta ráðið við þessar aðstæður.

Annar búnaður, svo sem viftur og pumpur ættu auðveldlega að geta aðlagast þessum aðstæðum.

5.5 SÉRFRAMLEIDDAR VARMAÐÆLUR

Varmaðælur, sem nýta eiga vatn við hærri hita en um 30°C og/eða eiga að skila af sér vatni við hærri hita en um 55°C, verða að sérframleiðast. Slíkar varmaðælur verða háðar ákveðnum hönnunarhita, eins og aðrar varmaðælur, þ.e. þær þurfa að halda sér innan vissra ákveðinna marka, hvað varðar inn- og úthita. Frávik frá þessum takmörkunum veldur minnkun í nýtni, erfiðleikum í rekstri (t.d. ónóg uppgufun), aukið álag eða jafnvel skemmdum í kerfinu.

Flest varmaðælukerfi eru raf-þjöppu knúin. Þó svo að hægt sé að velja, í sérframleiðslu, alla einstaka þætti í kerfinu, þ.e. þjöppu (stærð og gerð) kæliefni o.s.frv., þá verða alltaf vissar takmarkanir á þessum kerfum. Vafasamt er t.d. að hægt sé að byggja slíkt kerfi fyrir 10°C innhita og 80°C úthita, nema þá í nokkrum (2 eða fleiri) þrepum, þ.e. kerfi með nokkrum þjöppum og jafnvel nokkrar gerðir kæliefna. Slík sérframleidd varmaðælukerfi hljóta að verða mun dýrari en aðrar fjöldaframleiddar varmaðælur.

5.6 SAMANTEKT

Séraðstæður á Íslandi geta verulega takmarkað notkun varmadæla héraðs.

Þannig er loftaóveitukerfi, sem nýtir venjulegt útiloft vart hugsandi sökum langra kuldakasta og vegna þess, að rakastig er fremur hátt.

Æskilegt væri að geta nýtt volgrur í vatnsaðfærslukerfum varmadæla, en mjög er óvíst hvort það megi takast í fjöldaframleiddum varmadælum, þar sem þær eru yfirleitt hannaðar fyrir fremur lágan hita á vatni sem fer til uppgufara, venjulega grunnvatn.

Loftræstingakerfi og geislahitunarkerfi, sem eru mest notuðu kerfin í dreifikerfum varmadæla, eru lítt sem ekki notuð héraðs.

Vatnshiti í vatnsöfnakerfum varmadæla er mun minni en notað er víðast hvar héraðs. Þetta ætti þó ekki nauðsynlega að vera tæknilegt vandamál, sbr. hitaveita á t.d. Siglufirði, heldur fjárhagslegt vandamál, þar sem líklega verður að stækka allflestu ofna að auk.

Spenna, fasi og tíðni aðkeyptru varmadæla, þarf að henta fyrir 220 V, 1 fasa og 50 Hz.

Flestar aðrar aðstæður (heitara inn og út úr kerfinu) krefjast sérframleiðslu, sem er mun dýrari.

6. MARKAÐSMÖGULEIKAR VARMADÆLU.

Við réttar aðstæður getur varmadæla hentað mjög vel til upphitunar húsa á Íslandi.

Í þessum kafla verður reynt að gera grein fyrir hverjir séu markaðsmöguleikar varmadælu hérlandis. Hér verður sem fyrr aðallega rætt um möguleika heimilisvarmadælu.

6.1. MÖGULEIKAR Í ÞÉTTBÝLI.

Á undanförunum árum hefur sú þróun orðið í húshitun á Íslandi, að fleiri og fleiri þéttbýliskjarnar eru komnir með hitaveitu. Horfur eru á að þessi þróun haldi áfram á næstu árum.

Þannig verður líklegast innan fárra ára hitaveita á öllum þéttbýliskjörnum frá Þjórsá og vestur að og með Borgarnesi.

Telja verður líklegt að margir kaupstaðir og kauptún á Vestfjörðum fái hitaveitu, en mjög er óvíst hverjir ekki muni fá. Þá er og einnig komin eða fyrirhuguð hitaveita í flestum kaupstöðum og kauptúnum á Norðurlandi.

Enn sem komið er er einungis talið að Egilsstaðir muni fá heitt vatn til hitaveitu af þéttbýliskjörnum á Austurlandi.

Á þeim stöðum sem eftir verða verður rafhitun og hitun með olíukyndingum væntanlega í harðri samkeppni. Einnig mun koma til greina, fjarhitun frá sameiginlegri olíukyntri miðstöð, á stærri þéttbýlissvæðum.

Varmadæla kemur hér inn í sem einn af þeim möguleikum, sem til greina koma við upphitun þéttbýlissvæða. Varmadælan hefur, sem fram hefur komið, þann kost að hún sparar verulega orku.

Mjög er óvíst, hvernig sú varmadæla ætti að vera, sem notuð yrði í þéttbýli. Til greina kemur varmadæla af þeim gerðum, sem lýst hefur verið hér á undan til upphitunar einstakra húsa, en einnig eru góðir möguleikar á notkun stórra varmadælukerfa, með risa-afköstum, fyrir heil þorp eða hverfi. Slík mál þarf að athuga mjög gaumgæfilega með rekstrar- og fjárhagssjónarmið í huga.

Mjög erfitt er því að gera sér grein fyrir fjölda mögulegra húsa fyrir heimilisvarmadælu og verður því ekki meira um það rætt hér.

6.2. MÖGULEIKAR Í DREIFBÝLI.

Þar sem þessi greinargerð lýsir aðallega heimilisvarmadælu, er ef til vill eðlilegast, að tekið sé rækilega fyrir upphitun í dreifbýli, þar sem fyrir eru einstök hús.

Hér verða einungis tekin fyrir sveitabýli, en ekki skólar og önnur hús og mannvirki í dreifbýli. Til að fá hugmynd um markaðsmöguleika varmadælu skal lítillega minnst á upphitun, eins og hún er nú.

Núverandi fjölda sveitarbæja má áætla um 4800 á öllu landinu (Jarðaskrá 1974-1975). Skipting eftir húshitun má ætla, sem hér segir:

Hitun með hitaveitu:	400 bæir -	8.3%
Hitun með olíu:	2400 bæir -	50.0%
Hitun nað rafmagni:	2000 bæir -	41.7%

Uppsett afl er að meðaltali 8.4 kW pr. bæ (Yfirlitsskrá frá Rafmagnsveitum ríkisins), en það samsvarar um 73600 kWh/ári við fulla nýtingu. Nærri latur að um 4000 klst séu nýttar þ.e. um 33600 kWh/ári. Á sveitabæjum, sem hafa rafhitun, er talið að 75-85% af þessu rafmagni fari í upphitun. Ef reiknað er með 80%, fást 26900 kWh/ári og bæ. Núverandi heildarraforkunotkun til rafupphitunar sveitarbýla er því 2000 x 26900 eða um 53.8 GWh/ári.

Ef reiknað er með sömu tölu í olíuhitun, þ.e. að orkuþörf meðal sveitabýlis sé um 26900 kWh/ári má fá fram raforkunotkun þessara býla (ef þau skipta um frá olíu yfir í rafmagnshitun) sem $2690 \times \frac{2400}{2000}$ þ.e. um 64.6 GWh/ári.

Miðað við að eðlisþyngd olíu sé 0.88 g/cm^3 , varmaorka olíu 9900 kcal/kg og 65% nýtni á olíu, má fá fram olíusparnaðinn við þessi umskipti, sem 4080 lítra/ár og bæ eða alls um 9.8 millj. lítra, sem jafngilda 8600 tonnum árlega.

Heildarorkusala frá rafveitum til húshitunar nam 202 GWh 1974 (Almenningsorkuver á Íslandi, Orkustofnun 1975), þannig að núverandi rafhitun sveitarbýla er um 26.6% af heildarrafhitun (7.2% af heildarsmásölu), en yrði ef olíuhitun yrði breytt í rafhitun með jafnmikilli raforku framleislu aukningu 44.4% af heildarrafhitun (14.6% af heildarsmásölu).

Þessar tölur eru ekki nákvæmar, þær ættu einungis að gefa hugmynd um þá orku sem notuð er til upphitunar sveitarbýla. Latur nærri að þurfi 13.5 MW til upphitunar 4400 sveitarbýla.

Segja má að öll sveitabýli, sem ekki hafa hitaveitu, séu mögulegur markaður fyrir varmaðælu. Varmadælan hefur þann veigamikla kost að hún sparar orku. Nýtnisstuðull fjöldaframleiddra varmadæla er um 2-3, sem þýðir að 2-3 sinnum minni orku þarf til að knýja varmadæluna, heldur en fer í beina rafhitun. Uppsett rafafli til upphitunar er að meðaltali 8.4 kW pr. bæ en þyrfti ekki að vera nema 2.8-4.2 kW. Ljóst er því að spara má verulega raforku með notkun varmadælu.

Um helmingur sveitabýla á landinu (2400 býli) hafa olíukyndingu með viðeigandi vatnsöfnadreifikerfi. Þessi býli ættu að liggja vel við því, að taka upp varmadælu og spara um leið gjaldeyri vegna olíukaupa.

6.3 AÐRIR MÖGULEIKAR.

Mjög miklir möguleikar eru á notkun varmadælu til upphitunar á öðrum sviðum en í einstök hús.

Nota má varmadælu í fjölbýlishúsum, verslunarhúsum og skólum, svo dæmi séu nefnd. Í stórhúsum er oft hagkvæmara að nota loftsdreifikerfi. Slík kerfi, ef vel eru hönnuð, geta nýtt varma sólarvegi og dreift honum skuggamegin í húsum til enn frekari sparnaðar fyrir kerfið. Þetta er mjög vinsælt í stórum skrifstofubyggingum erlendis.

Varmadælur eru mikið notaðar í iðnaði erlendis og henta einkum vel þar sem þörf er á varma við fremur lágan hita, en oft í miklu magni.

Sem dæmi um möguleika í iðnaði hérlandis má nefna í súgurrkun. Þar gæti varmadæla af loft-loft eða vatn-loft gerð hentað vel. Þörf er á því að blása lofti við ákveðið rakastig (um 65%) og fremur kaldan hita (um 15°C). Aðalverkefni varmadælu hér væri að þurrka loft áður en því er blásið inn í hlöðu. Með þessu væri hægt að fá fram mun næringaríkara og betra hey. Annað dæmi um möguleika í iðnaði hérlandis, er í tengslum við fiskirækt, en þar þarf að hita vatn um einungis fáeinar gráður og halda vatnshita stöðugum.

Varmadælur ættu mjög að koma til greina í sumum íþróttamannvirkjum, t.d. sundlaugum og skautahöllum. Vatn til notkunar í sundlaugum þarf einungis að hita upp í um 30°C og fá nætti vatn í böð og sturtur og þvott með sama tæki. Í innisundlaugum má einnig halda rakastiginu réttu með varmadælu. Enn hagkvæmara getur varmadælukerfi í skautahöll orðið. Þar vinnur varmadæla varma úr ísnum í skautahöllinni (heldur ísnum frosnum) og skilar af sér varma í loftræstingarkerfi, böð, sturtur og sér einnig fyrir heitavatnsnotkun í allan þvott á staðnum.

Stór varmadælukerfi eru oft að meira eða minna leyti sérframleidd eftir aðstæðum hverju sinni, erfitt er því að gefa tæmandi lýsingu á getu þeirra, hentugleika og möguleikum. Grundvallarstarfsemi þeirra er þó hin sama og hjá venjulegri fjöldaframleiddri heimilisvarmadælu, þó stærð, lögun og vinnslumöguleikar séu aðrir.

8.

SAMANTÉKT-LOKAORÐ

Varmadælur eru einn af þeim möguleikum, sem notaðir eru til sparnaðar við húshitun.

Í þessari greinargerð hefur grundvallaruppbygging varmadælu verið rakin og gert hefur verið grein fyrir hvernig varmadælan starfar.

Ýmsum tegundum varmadæla hefur verið lýst og rætt hefur verið um kosti og galla hvers kerfis.

Rætt hefur verið um kosti varmadælu, sem húshitunartæki, fram yfir aðrar gerðir húshitunartækja og nýtnisstuðull skilgreindur.

Rakin hafa verið helstu vandamál við rekstur varmadæla og einu fremur góðu kerfi var lýst.

Þá hefur verið rætt um ýmsar séraðstæður, sem ríkja hérlendis og sömuleiðis um möguleika varmadæla til húshitunar hérlendis.

Segja má að þær varmadælur, sem eru í framleiðslu í dag geti unnið við eftirfarandi skilyrði:

- loftsaðveitukerfi: hiti allt niður í -30°C , en þó við mjög lækkandi nýtnisstuðul er kólna tekur
- vatnsaðveitukerfi: hiti má yfirleitt ekki fara yfir $20-25^{\circ}\text{C}$.
- loftsdreifikerfi: engin vandkvæði því hiti þarf einungis að vera um $20-25^{\circ}\text{C}$.
- vatnsdreifikerfi: varmadælur skila af sér vatni við ýmist um 40°C eða um 55°C .

Annar hiti krefst yfirleitt sérframleiðslu eða mjög aukins álags á kerfið.

Þessi skilyrði á rekstrarmöguleikum varmadæla valda að vissu leyti nokkrum vonbrigðum, því æskilegt hefði verið, að hægt yrði að nýta vatn úr volgrum við 20-50°C og hita það upp í varmadælu, en ljóst er, að einstök heimili standa vart undir því, að kaupa sérframleidda varmadælu.

Varmadælur ættu, hér sem víða erlendis, að koma mjög til greina við upphitun húsa, einkum þar sem upphitun fer fram við fremur lágan hita, svo sem í loftræstingarkerfi, geislahitunarkerfi eða vatnsöfnakerfi með stórum öfnum. Þessar varmadælur þyrftu ekki nauðsynlega að nýta vatn úr volgrum.

Hitun með varmadælu hefði í för með sér að hitun færi að öllu leyti fram með innlendum orkugjafa.

VIÐAUKI:

UM VARMADÆLUFRAMLEISÐLSU.

ALMENNT.

Þær varmadælur til heimilisnotkunar, sem eru í fjöldaframleiðslu í dag, eru flestar af þeirri gerð, sem lýst hefur verið hér á undan.

Mikill meirihluti fjöldaframleiddra varmadælna er af gerðinni loft-loft. Stafar það einkum af því, að loft-loft kerfi henta mjög vel, bæði til upphitunar og kælingar. Flest loft-loft varmadælukerfi virðast sniðin með kælingu sem aðalmarkmið, en hitun sem veigaminna atriði, enda er yfirleitt alltaf aukarafbúnaður með til uppfyllingshitunar á kuldatímum. Þessi kerfi skila af sér lofti við einungis um 25°C, sem er mjög viðráðanlegur hiti fyrir sjálft kerfið.

Fjöldaframleidd vatn-vatn varmadælukerfi skila af sér vatni til geislahitunar eða vatnsöfnakerfa. Hiti vatnsins er því um 35°-40°C eða upp í um 50°-55°C eftir kerfum. Mjög fá kerfi skila af sér vatni við hærri hita og jafnvel þó sum kerfi séu skráð fyrir hærri hita, er það oftast í skamman tíma í senn og við mjög aukið álag á kerfið.

Sambland kerfa (loft-vatn og vatn-loft) eru háð sömu takmörkunum og lýst hér að ofan. Jarðkerfi eru hér tekin með vatns-kerfum.

Hér á eftir verður gerð grein fyrir þeirri varmadæluframleiðslu, sem mér er kunnugt um, og aflast hafa upplýsingar um við bein bréfaskrif. Getið verður um fyrirtæki, gerð kerfa, sem það framleiðir, svo og stærð varmadælu þeirra. Gefnar verða upplýsingar, eftir því sem kostur er, um nýtnisstuðul, vinnsluhita (inn og út), kæliefni, spennu og fasa, verð o.s.frv.

Hafa ber í huga, að nýtnisstuðull loftsaðveitukerfis er mjög breytilegur með útihita og að mjög er misjafnt við hvað framleiðendur miða, er þeir gefa upp nýtnisstuðul (ef þeir þá gefa hann upp). Nýtnisstuðull er skilgreindur sem hlutfallið milli þeirrar orku, sem fæst úr kerfinu á móti þeirri orku, sem fer í að knýja kerfið áfram, en margir framleiðendur miða einungis við orku, sem fer í að knýja þjöppu (þ.e. sleppa viftum, pumpum og öllum öðrum aukabúnaði).

Sennilega er einna réttast og sanngjarnast að nota meðalnýtnisstuðul, sem miðast við heilt ár, S.P.F. (Seasonal performance factor), þ.e. heildarafköst varmadælu á móti heildarorku til reksturs kerfinu, allt miðað við heilt ár.

FJÖLDAFRAMLEIDDAR VARMADELUR

Bandaríkin

Westinghouse hefur framleitt varmadælu, sem þeir nefna Hi/Re/Li (High Reliability). Varmadælan er af gerðinni loft-loft og er til í fjöldamörgum stærðum. Spenna og fasi er breytilegur eftir stærðum. Framleiðandi gefur upp að kerfið geti starfað allt niður í -33°C útihita. Nýtnisstuðull er þá um 1.5, en um 3 við 20°C . Þessu kerfi var lýst í kafla 3.2.

General Electric framleiðir varmadælu, sem þeir nefna Weathertron. Varmadælan er af gerðinni loft-loft og er framleidd í stærðum með varmaafli (hitun) frá um 4500 kcal/h til 15000 kcal/h. Kerfið er af "split"-gerð, þ.e. uppgufarahlutinn er hafður sér, úti. Þessi varmadæla er ætluð til heimilisnotkunar, en þeir framleiða einnig varmadælu til verslana og iðnaðar í stærðum með varmaafli upp í um 100000 kcal/h. Spenna og fasi er mjög breytileg eftir stærðum.

Amana framleiðir varmadælur af loft-loft gerð. Amana 200 hefur varmaafli í hitun upp á 4900 kcal/h og í kælingu upp á 4300 kcal/h. Í Amana 600 eru hliðstæðar tölur 5500 og 5800 kcal/h. Þessar gerðir eru einnig til í einingum sem einungis kæla. Spenna 230/208 volt við 50 Hz. Nýtnisstuðull kerfanna Amana 200/600 breytist úr 1/1.4 við -12°C í 1.8/2.3 við 10°C . Þessar varmadælur má ekki nota undir -12°C (10°F) útihita. Ókunnugt er um verð.

Lennox framleiðir varmadælur af gerð loft-loft. Þessar varmadælur eru ýmist í einu lagi eða af "split"gerð. Varmaafli (hitun) er frá um 4800 kcal/h og upp í 15300 kcal/h. Nýtnisstuðull er um 2.5 við 10°C . Lennox hefur fleiri varmadælur, t.d. varmadælu, sem þeir nefna Fuelmaster. Í þessari varmadælu er aukaorka fengin með olíu eða gasi.

Bard framleiðir varmadælur af gerð loft-loft, ýmist í einu lagi eða af "split"-gerð. Varmaafli (hitun) eru frá 6000 kcal og upp í 15000 kcal/h. Kerfið er með innbyggðum rafhitunarbúnaði fyrir notkun í kuldaköstum. Spenna er ýmist 230 eða 240 volt með 1 til 3ja fasa straum. Taflan hér á eftir sýnir nokkur dæmi um verð á þessum varmadælum. Allt verðið miðast við 230 v og 1 fasa. Aukarafbúnaður er ekki innifalinn í verðinu. Verðið er frá 1975.

Varmaafli		
Hitun kcal/h	kæling kcal/h	Verð \$
5800	5800	830
7300	7000	880
10000	9000	1040 "split"-gerð
11800	11800	1410
15500	13800	1570

6000	5700	639
12300	12300	1100 í einu lagi
15000	14500	1225

4500	4300	880
6000	5800	925 Hi-Boy heimilisvarmadæla
10000	9000	1190

Allar varmadælurnar nota R-22.

Singer framleiðir varmadælur af ýmsum gerðum aðallega loft-loft og vatn-loft.

Loft-loft varmadælan er í stærðum með varmaafli (hitun) frá um 2100 kcal/h upp í 3700 kcal/h, og svipað í kælingu. Spenna og fasi er mjög breytileg eftir stærðum. Ýmiskonar aukabúnað má fá með til uppfyllingshitunar í kuldaköstum, t.d. olíu-, gas- og rafbúnað.

Vatn-loft varmadælan er til í stærðum með varmaafli (hitun) frá um 600 kcal/h upp í 14400 kcal/h og svipað í kælingu. Lágmarkshiti vatns inn í kerfið er 15,5°C en hámarkshiti 30°C. Hámarkshiti lofts út úr kerfinu er 38°C. Nýtnisstuðull er um 2,5 - 3,0 við 21°C inn - vatnshita og 3 - 3,5°C kólnun. Spenna og fasi er mjög breytileg eftir stærðum. Ókunnugt er með öllu um verð.

Vaughn framleiðir varmadælur af mörgum gerðum, vatn-vatn, vatn-loft og loft-vatn. Þessar varmadælur eru til í stærðum með varmaafli (hitun)

frá um 4000 kcal/h til 27000 kcal/h og svipað í kælingu. Lágmarkshiti á vatni inn í kerfið er um 7°C en hámarkshiti um 33°C. Mælt er með 50-60°C hámarkshita út úr kerfinu og 24°C loftshita. Nýtnisstuðull er mjög breytilegur eftir stærðum kerfa og hita, en er um 2.5 - 4.5 á vatnsaðfærslukerfunum. Spenna og fasi er mjög breytileg eftir stærðum og gerðum. Fyrirtækið selur allskonar aukabúnað með varmadælunum, til heitavatnsnotkunar, til hækkunar hita, fyrir uppfyllingshitun í kuldaköstum (loft-kerfi) o.s.frv. Verð er til frá 75.01.11 og miðast við 230/208 volt spennu, 1 fasa og 60 Hz.

Varmaafll		Verð \$	
Hitun kcal/h	Kæling kcal/h	Tegund aðfærslukerfis vatn loft	
3750	3000	1679	
8250	6500	1888	
15000	12500	2243	
26000	22500	2874	

7500	6000	2014	2074
15000	12000	2274	2416
28125	22500	2710	3040

Þessar varmadælur nota R-22

Dunham-Bush framleiðir varmadælu, sem þeir kalla Aqua Matic.

Varmadælan er af gerð vatn-loft. Varmadælan er til í stærðum með varmaafll (hitun) frá 3000 kcal/h til 54000 kcal/h, og svipað fyrir kælingu. Mælt er með 10-35°C vatnshita inn í kerfið. Spenna, fasi og tíðni er breytileg eftir stærðum, en fæst til útflutnings í 220 volt, 1 fasa og 50 Hz. Nýtnisstuðull virðist vera um 2.5 - 3.5, en svólítið breytilegur eftir aðstæðum. Þessar varmadælur nota R-22. Sumar þessara varmadæla henta vel í sundlaugar.

Melcor framleiðir varmadælur af hálfleiðara gerð. Varmaafll (hitun) þessara varmadæla er af stærðargráðunni 1 - 25 kcal/h. Stærð þeirra er um: 1/2 x 1/2 x 1/4 í cm. Þetta eru því ekki neinar heimilisvarmadælur.

Þetta eru þær varmadælur, sem upplýsingar liggja fyrir um frá U.S.A. Telja má fullvíst að mun fleiri fyrirtæki framleiði varmadælur þar, en einnig má telja fullvíst að þær varmadælur séu svipaðar þessum, sem lýst hefur verið hér á undan.

EVROPA

Svíþjóð

Projectus framleiðir varmadælu af ýmsum stærðum og gerðum. Fyrirtækið fjöldaframleiðir ekki varmadælur, heldur eru þær hannaðar eftir óskum kaupanda hverju sinni. Þessar varmadælur eru því ekki eins takmarkaðar hvað varðar inn- og úthita, en þær eru einnig sennilega mun dýrari en fjöldaframleiddar varmadælur.

Kryotherm framleiðir varmadælu af gerð loft-loft. Varmadælan er fjöldaframleidd í stærðum fyrir einstök hús og upp í stórar verslunar- og iðnaðarvarmadælur. Fyrirtækið ráðgerir framleiðslu lítillar vatn-loft varmadælu.

Stal framleiðir varmadælur af ýmsum gerðum. Þeir sérframleiða varmadælur eftir óskum kaupanda, en fjöldaframleiða ekki. Fást ekki við minni verkefni en sem samsvarar 50-100 kW varmaafkastagetu.

Kylo-Vent sérframleiðir einnig varmadælur eftir óskum kaupanda.

Danmörk

V.M. Christensen framleiðir varmadælu af gerð jörð-vatn eða jörð-loft. Þessi varmadæla byggist á því að vinna varma úr jörðu, þ.e. úr spírólum, sem grafnir eru í jörðu. Þetta aðveitukerfi er oft lokað og getur innihaldið frostlög, þannig að inn-hiti getur verið undir frostmarki. Hámarkshiti inn í kerfið er um 20°C. Varmadælan er byggð upp með þeim hætti, að keypt er grunneining og síðan er viðbótar einingum bætt við eftir orkuþörf. Þannig má hafa 1 til 5 viðbótareiningu með hverri grunneiningu. Hver viðbótareining annar 4000 kcal/h, þannig að kerfið spannar frá 4000 kcal/h til 20000 kcal/h. Hiti vatns út úr kerfinu er um 55°C. Nýtnisstuðull er rúmlega 3. Spenna er 380 volt og 3ja fasa. Innkaupsverð 1975 var ca. 3000 d.kr. fyrir grunneiningu og ca. 5000 d.kr. fyrir sérhverja viðbótareiningu.

Metro framleiðir varmadælu af loft-vatn og vatn-vatn gerð. Fyrirtækið hefur samvinnu við V.M. Christensen. Framleiða 270 l varmadæluheita-vatnshitara, sem gefur af sér um 52°C heitt vatn. Spenna er 220 volt, 50 Hz. Ókunnugt um stærðir og verð.

Vestfrost framleiðir varmadælu af gerð loft-vatn. Varmaafli (hitun) varmadælu er um 10000 kcal/h við 7°C útihita. Varmadælan notar R-12 og skilar af sér vatni við um 55°-60°C. Spennan er 380 volt og 3ja fasa. Verð er 21.500 d.kr. (1975-03-09).

Bretland

Carlyle (Caricor) framleiðir varmadælu af gerð loft-loft. Varmaafli (hitun) varmadælu er frá 5250 kcal/h til 20750 kcal/h. Spenna og fasi breytileg eftir stærðum. Kæliefni ýmist R-22 eða R-500. Framleiða einnig ýmsar aðrar gerðir til verslunar- og iðnaðarnota. Framleiða einnig absorptions-kælitæki.

Trendpam sérframleiðir varmadælu eftir óskum kaupenda, en fjöldaframleiðir ekki.

Temperatur framleiðir varmadælu, sem þeir nefna Versa Temp. Hún er af gerð vatn-loft. Varmadæla þeirra er fremur smá, en fæst í nokkrum stærðum, sú stærsta með um 9300 kcal/h í varmaafli (hitun). Mæla með 27°C stöðugum vatnshita inn í kerfið. Spenna er yfirleitt 220-240 volt, 1 fasa og 50 Hz, en fæst einnig fyrir meiri spennu við 3ja fasa. Kæliefni er R-22. Verð á varmadælu mun vera um 250-350 £ eftir stærð og aukabúnaði.

Hall Thermotank sérframleiða varmadælu og önnur varmaendurvinnslutæki eftir óskum kaupenda, aðallega þó í iðnaði.

V-Þýskaland

Siemens framleiðir varmadælu af gerð loft-vatn. Varmadælan er til í 3 stærðum með varmaafli (hitun) upp á 9900, 14800 og 20100 kcal/h. Hámarkshiti á vatni út úr kerfinu er um 60°C. Kæliefni er R-12. Spenna er 380/220 volt og 3ja fasa. Sérbúnaður fyrir heitavatnshitun fæst með kerfinu. Ókunnugt er um verð.

Happel framleiðir varmadælu af gerð vatn-vatn. Varmadælan fæst í stærðum með varmaafli (hitun) frá 13500 kcal/h og upp í 483000 kcal/h, við 40°-45°C vatnshita út úr kerfinu (geislahitun). Æskilegur inn-hiti er 10-19°C og reiknað er með 4°C kólnun á því vatni í uppgufara. Nýtnisstuðull við þessar aðstæður er 3.5-4.0. Spenna er 380 volt, 50 Hz, ýmist 1 eða 3ja fasa eftir stærðum. Kæliefni er R-22. Ókunnugt er um verð.

Pflüger framleiðir varmadælu af gerð vatn-vatn (og vatn-loft). Varmadælan er framleidd í 14 stærðum með varmaafli (hitun) frá 12000 kcal/h til 80000 kcal/h. Þessi varmadæla getur vel tengst jarðvegs- eða loftsaðveitukerfi. Kerfið skilar af sér vatni við um 40°C og er einkum ætlað í geislahitun. Kæliefnið er R-22. Af verðlista frá 1975-09-15 má taka eftirfarandi dæmi.

Afköst kcal/h	Fj.þjappa	Verð DM
12000	1	5995
25000	2	10980
50000	2	14780
80000	2	17600

Nýtnisstuðull er á bilinu 3-5, breytilegur eftir aðstæðum.

Linde framleiðir varmadælur af ýmsum gerðum. Þeir sérframleiða eftir óskum kaupenda hverju sinni. Þeir fást ekki við smærri varmadælur, þ.e. í einstök hús, heldur stór kerfi, t.d. fjölbýlishús, verslanir og iðnað. Þessi kerfi geta náð risaafköstum, t.d. nokkur Mkcal/h. Hafa sérhæft sig í framleiðslu varmadæla fyrir sundlaugar. Linde framleiðir einnig absorptionskælikerfi og hafa framleitt varmadælu með slíku kerfi.

Sulzer Escher Wyss sérframleiða varmadælur af ýmsum gerðum. Framleiða einungis stór kerfi. Þessi kerfi ná oft risaafköstum t.d. nokkur Mkcal/h.

Witte framleiða varmadælu af gerð vatn-vatn. Þessi varmadæla er einkum ætluð til sundlaugahitunar og fæst í 4 stærðum frá 12000 kcal/h til 32000 kcal/h. Hún er einnig notuð til heimilisupphitunar. Varmadælan tengist annaðhvort jarðvegs- eða vatnaðfærslukerfi og hitar vatn frá um 8-10°C til 40°C. Spenna 220/380 volt. Úr verðlista frá því sept. 1974 má sjá eftirfarandi verð.

Afköst kcal/h	12000	16000	22000	32000
Verð DM	7940	8750	9620	14980

Nýtnisstuðull þessa kerfis er um 4.

Junkers framleiðir varmadælur í stærðum með varmaafli (hitun) frá 8000 kcal/h til 44000 kcal/h. Þessar varmadælur vinna varma úr jörðu, vatni eða lofti og skila af sér varma í vatnsdreifikerfi, annaðhvort við 45°C eða 60°C hámarkshita.

Þetta eru þau fyrirtæki, sem framleiða varmaðætur, sem upplýsingar liggja fyrir um. Telja má fullvíst að mun fleiri fyrirtæki framleiði varmaðætur, svipaðar þeim, sem lýst hefur verið hér að ofan.

Japan

Hitachi framleiðir varmaðætur af ýmsum gerðum í mjög mörgum stærðum. Litlar varmaðætur til heimilisnotkunar eru til í stærðum með varmaafli (hitun) frá 3350 kcal/h til 17600 kcal/h. Þessar varmaðætur eru ýmist með loft- og eða vatnsaðfærslu og -dreifikerfi. Stærri einingar eru yfirleitt að meira eða minna leyti samansettar eftir aðstæðum og séróskum kaupenda. Spenna, fasi og tíðni eftir óskum kaupenda. Nýtnisstuðull mjög breytilegur eftir aðstæðum. Verð óþekkt.

SAMANTEKT

Af lýsingunni í 4.2 ætti að vera ljóst, að varmaðætur eru fjöldaframleiddar í miklu "úrvali" víða um heim. Allar fjöldaframleiddar varmaðætur eru verulega takmarkaðar í því, við hvaða skilyrði þau geta starfað.

Í loft-loft kerfum minnkar nýtnin með lækkandi útihita.

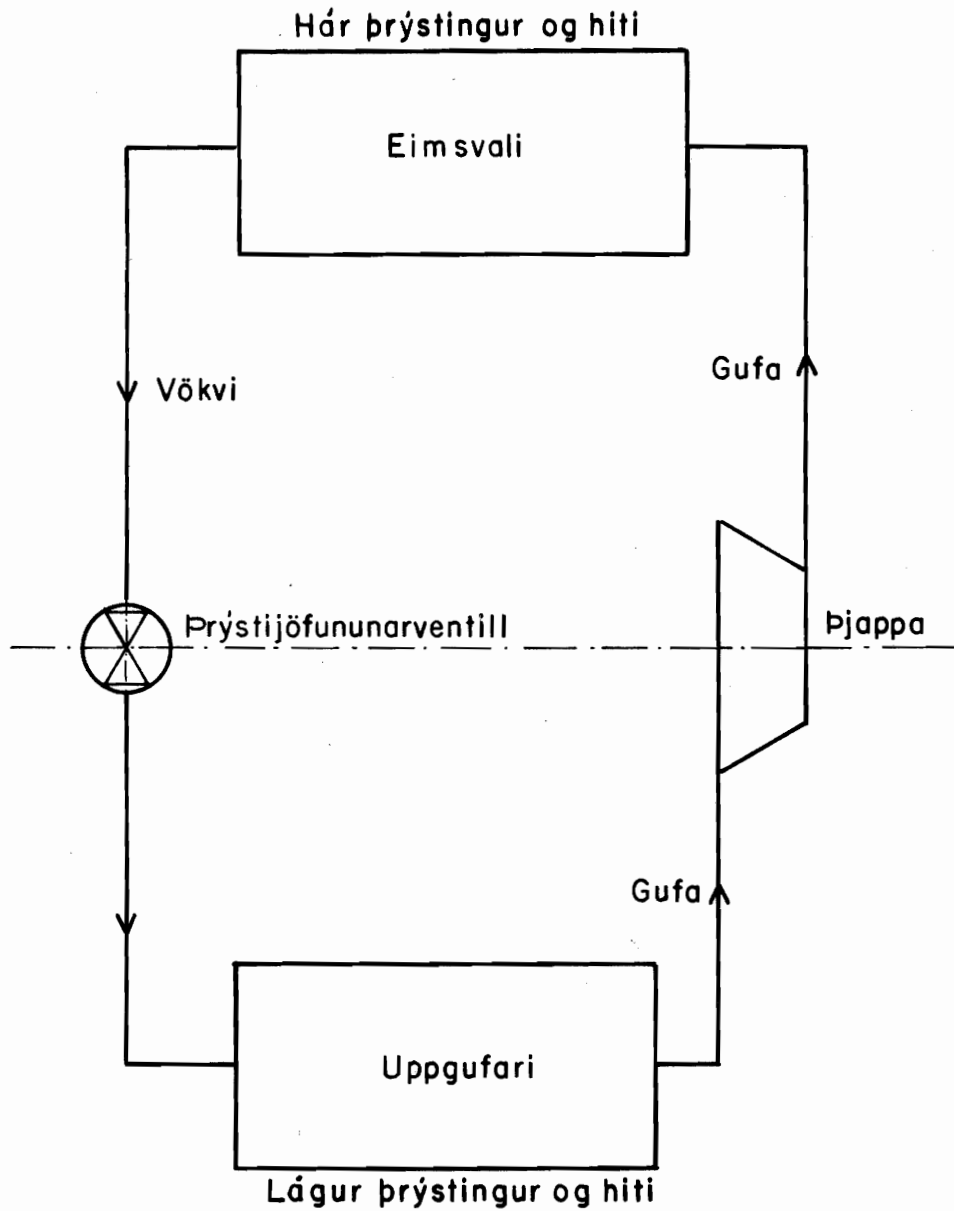
Vatn-vatn kerfi þurfa flest að hafa ákveðin inn-vatnshita (t.d. 6°-12°C) og geta gefið af sér vatn við 35°-40°C eða um 55°C.

Til að auka vatnshitann verður að nota sérframleiddar varmaðætur, en það er mun dýrara.



Grunnpættir varmadælu

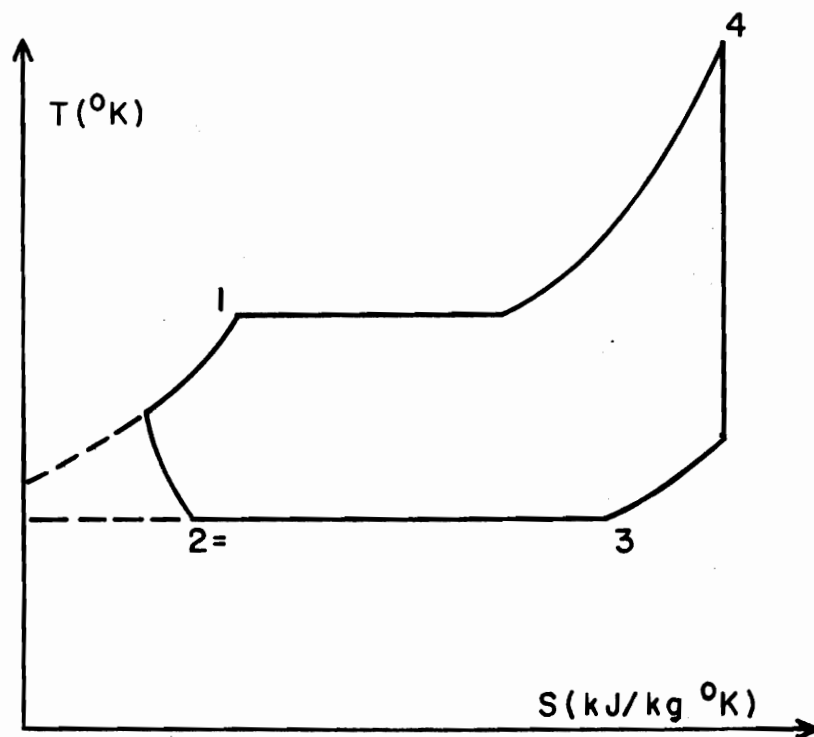
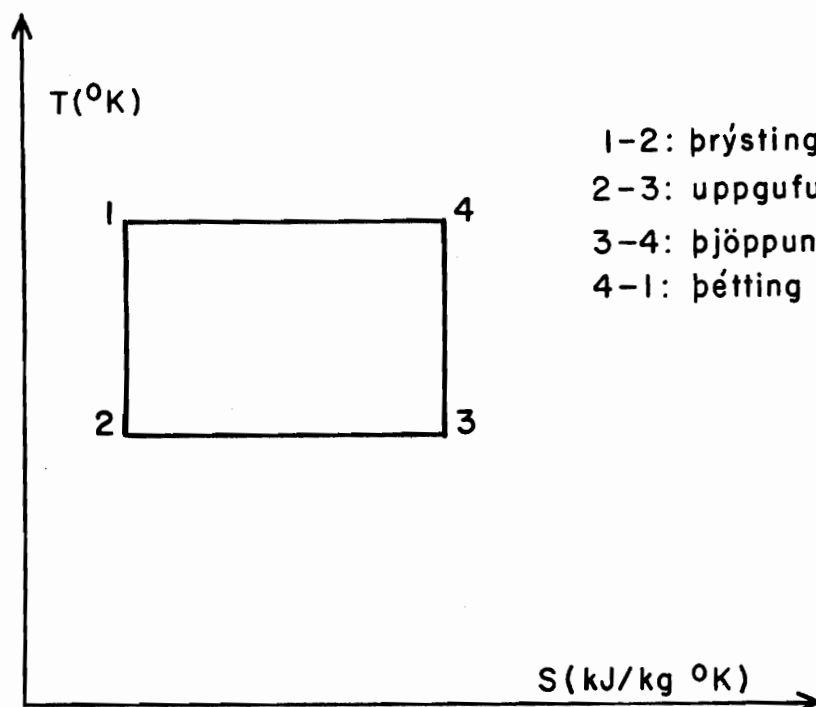
Mynd I.





Vinnslurás varmadælu
Carnotrás og raunveruleg vinnslurás

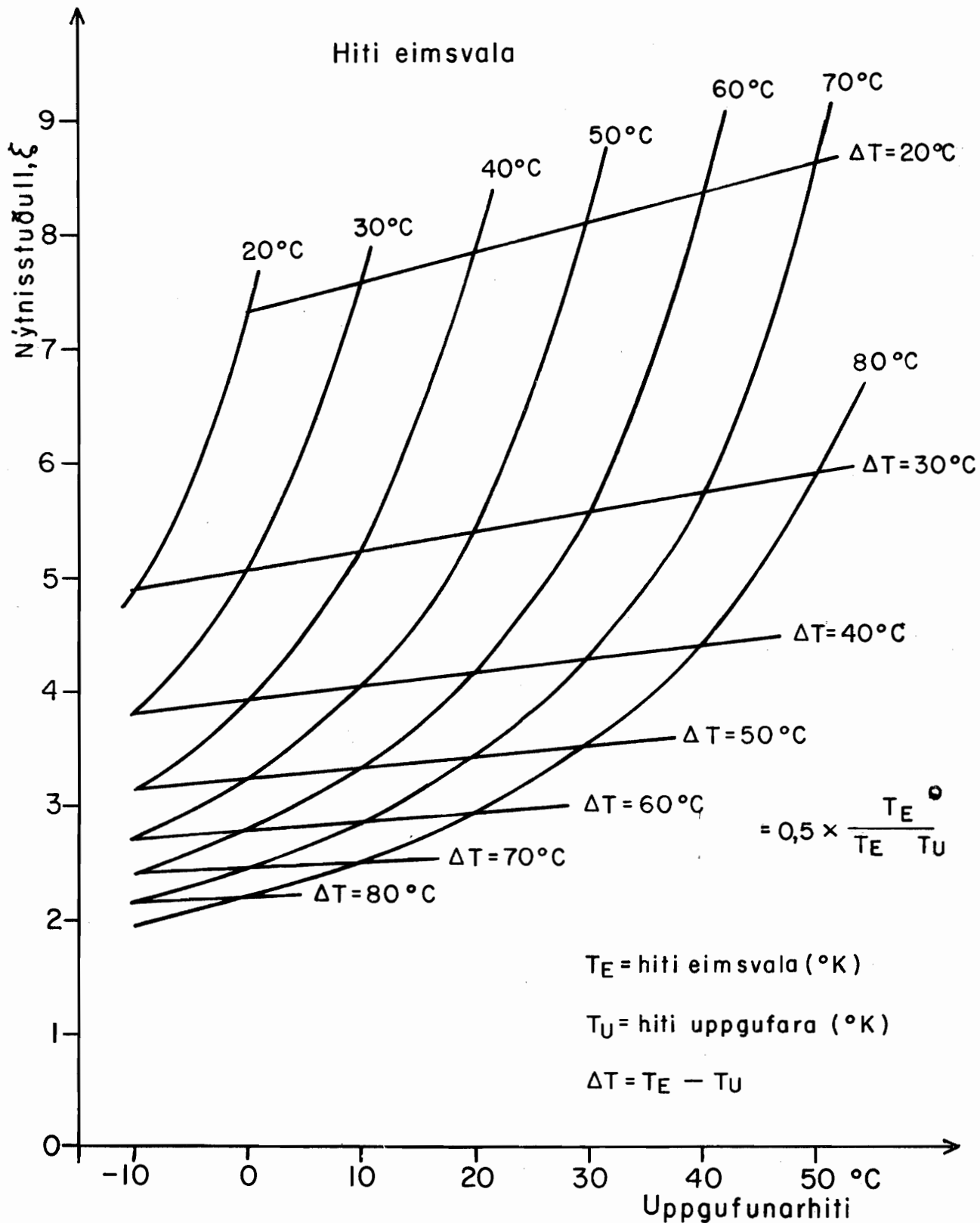
Mynd 2





Nýtnisstuðull varmadælu sem fall uppgufunarhita

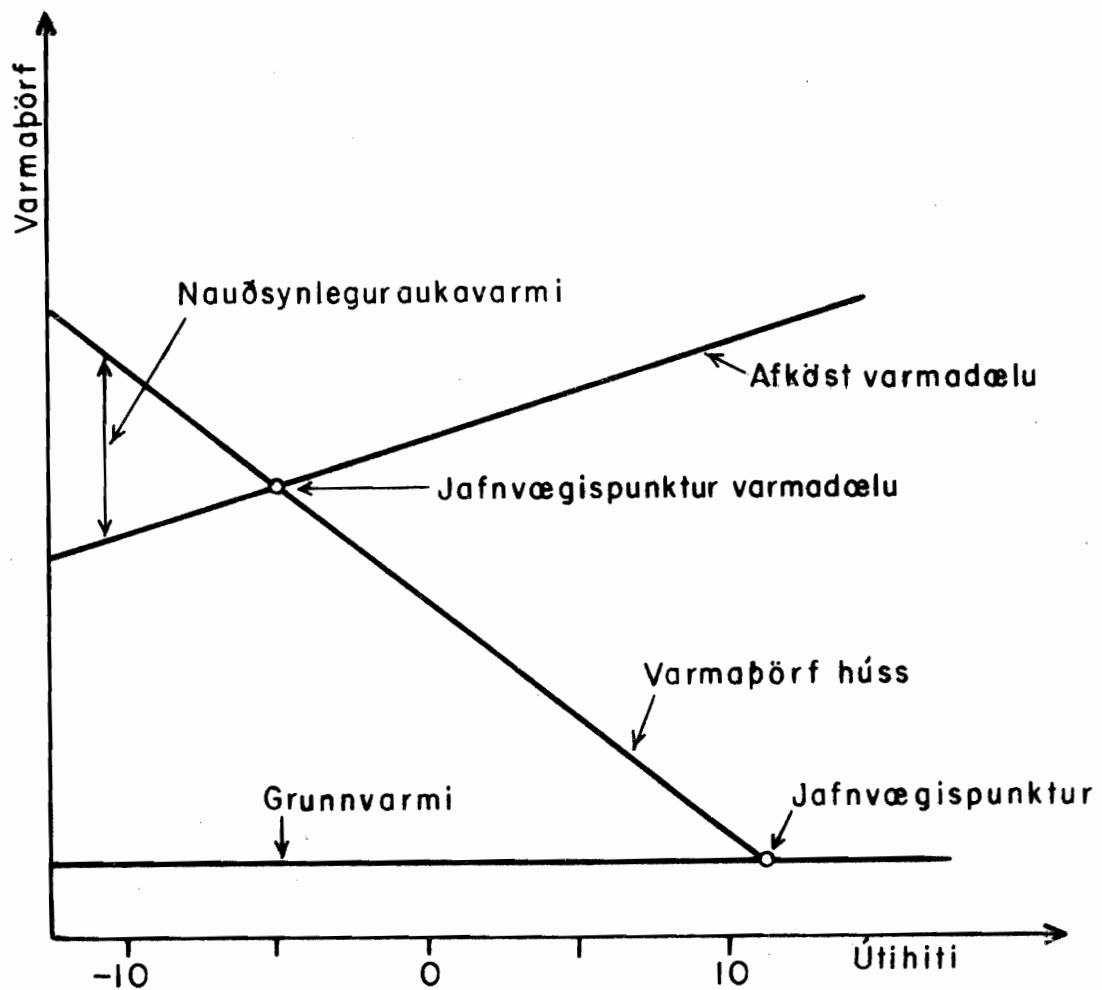
Mynd 3





Varmþörf húss, sem fall útihita fyrir lofts-lofts kerfi

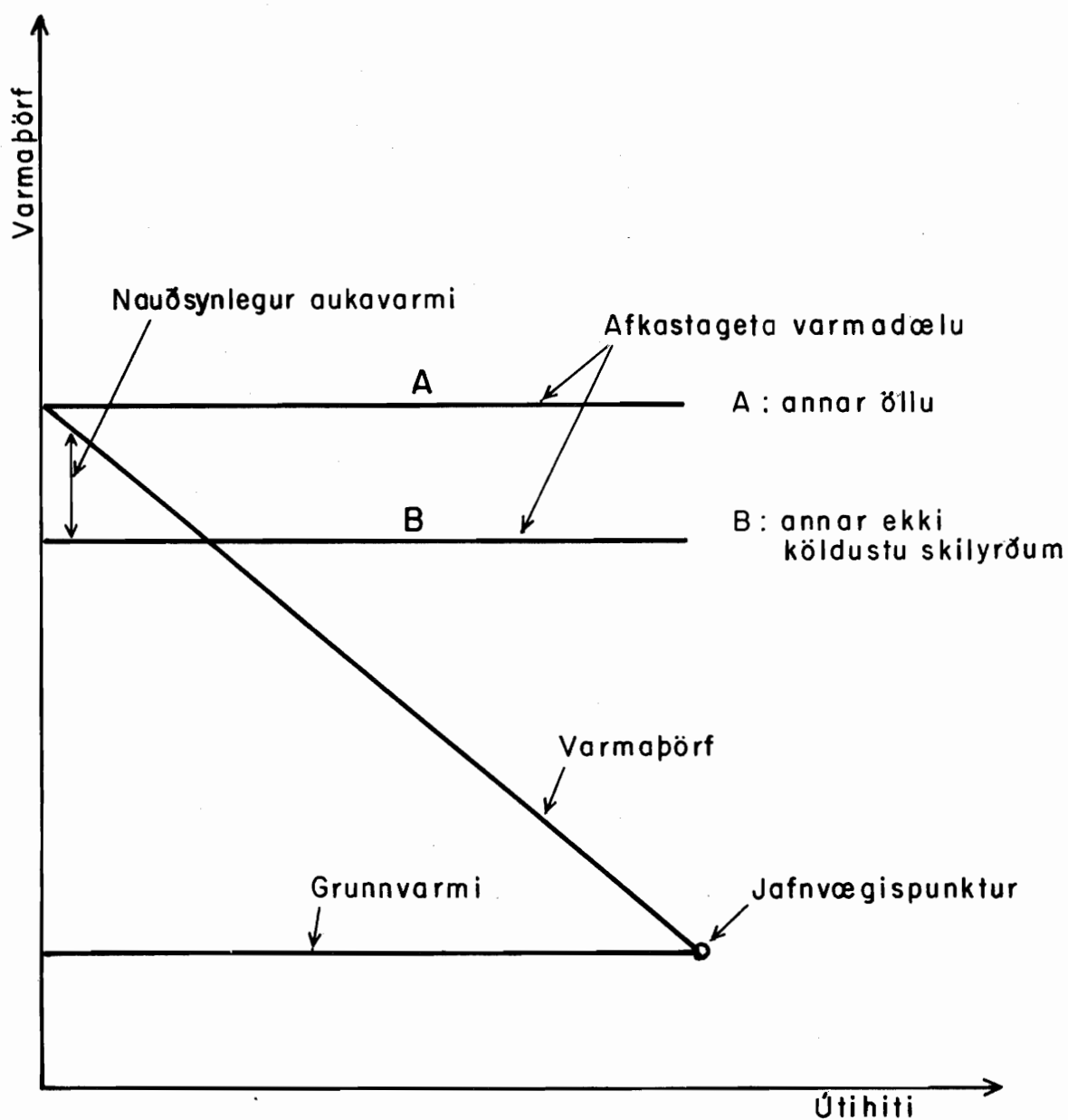
Mynd 4





Varmapörf húss, sem fall útihita fyrir vatns-vatns kerfi

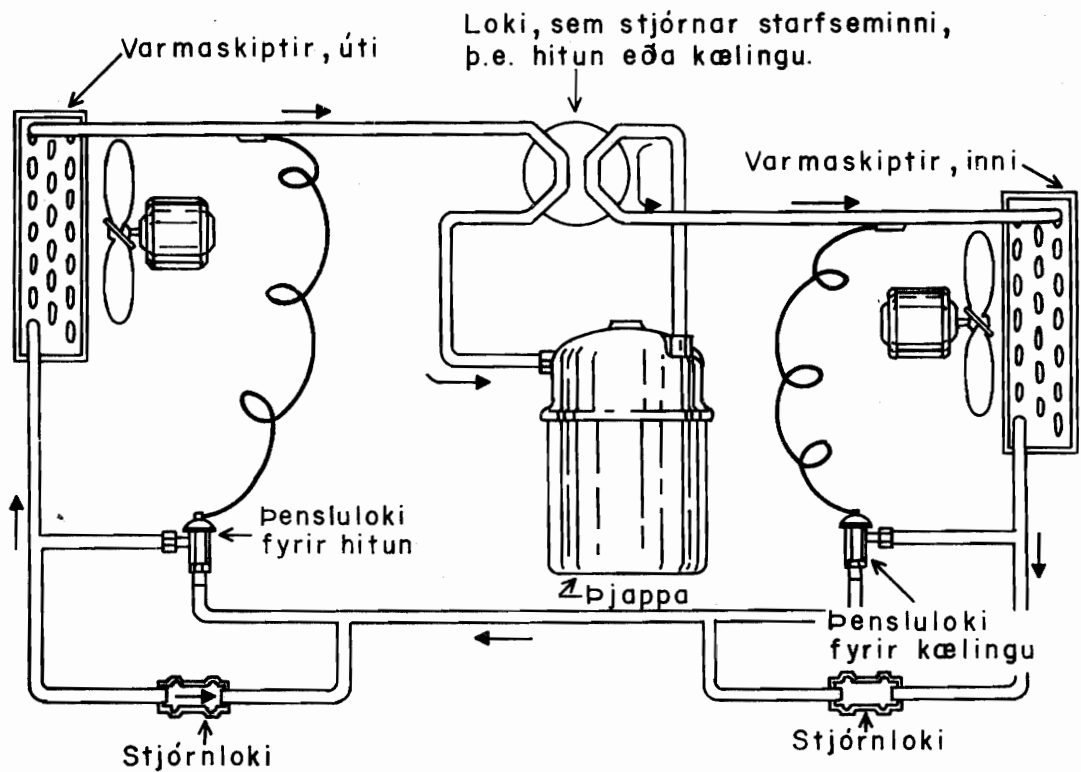
Mynd 5





Venjuleg loft-loft varmadæla

Mynd 6





Hi/Ri/Li varmadælan

Mynd 7

