



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Rapport**

**R18:1973**

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND  
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN  
BIBLIOTEKET

# Undvikande av frys- skador i luftvarmare

**Teddy Rosenthal**

**Byggforskningen**

# Undvikande av frysskador i luftvärmare

Teddy Rosenthal

*I rapporten analyseras orsakerna till frysskador i luftvärmare. Analysen bygger på en teoretisk inventering och en sammanställning av praktiska erfarenheter. Riktlinjer ges för värmarnas utförande och för deras infogande i ventilationssystem.*

*En noggrann dimensionering av värmaren är avgörande för att eliminera frysrisk. Uppgifter lämnas om lämpliga värden för vattenhastighet, tryck- och temperaturfall samt dimensionerande utetemperatur.*

*Frysponktsnedsättande medier bör användas i större utsträckning. Glykolens rörfriktion har beräknats med hjälp av dator och redovisas i tabeller.*

*Värmarnas komponenter och utförande har studerats, däribland reglerventiler, koppling av förvärmare, frysskyddspumpar och larmanordningar. Konstruktionsanvisningar ges i form av principkopplingar och regler tekniska lösningar på schematiska ritningar.*

## Strömningsförhållanden i vattenrören

Vid en vattenhastighet av ca 0,2 m/s i ett rör med innerdiametern 12 mm och en vattentemperatur av +8°C förekommer turbulent strömning. Om temperaturen sjunker till +2°C vid samma rördiameter och samma hastighet sker omslag till laminär strömning. Härvid rör sig mediepartiklarna i parallella banor och strömningen är skiktad. Omslaget mellan laminär och turbulent strömning sker vid högre hastighet ju lägre vattentemperaturen är.

Under laminärt strömningsförhållande sjunker hastigheten närmast rörväggen, eftersom det strömmade vattnet kyls av och viskositeten ökar. Dessutom kan störningar uppkomma genom egenkonvektion till följd av ändringar i vattnets täthet (självcirkulation).

Värmeöverföringen sker i detta fall huvudsakligen genom ledning, dvs. på samma sätt som i fasta material, och ej som vid turbulent genom konvektion, dvs. blandning av vatten med olika temperaturer. Nedkylning kan därigenom ske mycket snabbt. Ett relativt tjockt gränsskikt vid rörväggen isoleras från det varma vattnet i rörets centrum. En hög medelvattentemperatur är ingen garanti mot frysning. Temperaturskillnaden mellan luft och vatten kan öka från 20°C till över 40°C vid omslag till laminär strömning.

För att säkerställa turbulent strömning kan ett teoretiskt värde på vattenhastigheten beräknas ur Reynolds tal. För en innerdiameter av 12 mm, som är representativt för värmare av lamelltyp, och en vattentemperatur av 0°C fås strömningshastigheten 0,35 m/s.

## Medströms- eller motströmskoppling?

Tre generella typer av luftvärmare finns: motströmsvärmare, medströmsvärmare och korsströmsvärmare.

Vid motströmskoppling möter det svala returvattnet den kalla tilluften. Om anläggningens konstruktion är sådan, att man ej med säkerhet kan avgöra om det finns risk för frysning bör en beräkning företas för olika belastningsfall. Exempel på detta ges i bilaga till rapporten.

Vid medströmskoppling möter det varma vattnet den kalla uteluften. Risken för frysning minskar därmed. En nackdel är att värmeytan måste ökas jämfört med en motströmsvärmare för att kompensera den lägre medeltemperaturdifferensen.

I många konstruktioner är flänsarna sammanhängande, vilket medför en värmetransport i flänsen genom ledning. Dessutom är ofta rördragningen tämligen invecklad för att ge en jämnare medeltemperatur över värmaren.

Detta torde ge en viss utjämning i temperaturskillnaden mellan rörraderna. Konstruktionsätten medför att skillnaden mellan de renodlade typerna mildras.

## Åtgärder som förbättrar reglerförloppet

Ju större temperaturskillnaden är mellan in- och utgående vatten vid det dimensionerande fallet, desto bättre regler egenskaper erhålls. Vid större temperaturskillnad fordras en ökning av värmarens yta för att kompensera den minskade medeltemperaturdifferensen. En värmare med så få parallellkopplade rör som möjligt och därigenom en högre vattenhastighet ger ett högre  $k$ -värde, vilket reducerar behovet av värmeytans ökning.

Kostnaden för en ökad värmeyta kompenseras av bättre reglerfunktioner, mindre pumpad vattenmängd och mindre rördimensioner.

Styrventilen skall väljas så, att ventil och värmare tillsammans ger effektlinjär

# Bygghorsningen Sammanfattningar

## R18:1973

Nyckelord:

luftvärmare, dimensionering, frysskador, frysskydd, konstruktionsanvisning (principkopplingar, regler teknik)

Rapport R18:1973 avser anslag D 534 från Statens råd för byggnadsforskning till Wahlings Installationsutveckling AB.

UDK 697.97  
621-714.74  
SfB (57)x  
ISBN 91-540-2118-9

Sammanfattning av:

Rosenthal, T, 1973, *Undvikande av frysskador i luftvärmare*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R18:1973, 127 s., ill. 23 kr.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:

Svensk Byggtjänst  
Box 1403, 111 84 Stockholm  
Telefon 08-24 28 60

Grupp: installationer

karaktäristik. Ventilauktoriteten, dvs. ventilens tryckfallsandel i kretsen, bör vara minst 70 %.

Den dimensionerande vattentemperaturen kan som riktvärde sättas till ca 40°C, varvid 80°–40°C väljs på ingående eller 90°–50°C på utgående vattentemperaturerna. En låg returtemperatur behöver i och för sig inte betyda större frysrisk.

### Fryspunktsnedsättande medier

Merkostnaden för extra värmeväxlare, expansionskärl, tillsatsmedel m.m. kan uppvägas av fördelarna med systemet. Frysfaran med dess risk för följdverkningar minskar. Reglerutrustningen blir enklare.

Värme kapaciteten och strömningsmotståndet hos vatten förändras vid tillsats av fryspunktsnedsättande medier. Vid måttlig tillsats av sprit kan man bortse från dessa förändringar. Vid glykol blir förändringarna något större, men kan försummas om glykoltillsatsen är 20 viktprocent eller lägre.

### Konsekvenserna av feldimensionerade luftvärmare

Värmeeffektbehovet får ej göras för stort, eftersom hela anläggningen kan bli överdimensionerad. I och med att dimensionerande temperaturer är valda, skall dessa tillgodose anläggningens värmeeffektbehov.

Vid dimensioneringen väljs vid grännsfall ofta en något för stor värmare. Därvid bör man uppmärksamma, att en del storlekar kan ha fler rör parallellkopplade. Vattenhastigheten blir låg och värmaren kommer att arbeta med för låga vattentemperaturer med frysrisk som följd. Man kan i stället seriekoppla två värmare och därmed få högre vattenhastighet.

Nedsmutsade luftfilter eller filter utsatta för väta medför att lufthastigheten sätts ned, vilket värmetekniskt motsvarar låglast. Styrventilen stryker tillförseln av hett vatten och frysskyddet löser ut. Samma förhållande kan uppstå vid körning på halvt varvtal (nattdrift).

Pumparna bör väljas så nära det teoretiskt beräknade värdet som möjligt. Speciellt viktigt är detta för den lokala cirkulationspumpen.

Oftast dimensioneras och väljs styrventilen av styrentreprenören efter data från värmekonstruktören. Ventilen kan därvid väljas för stor p.g.a. grännsfall eller olämplig dimension vid anslutning till värmaren. Ventilen måste då arbeta i nästan stängt läge vid låg belastning.

Av detta framgår, att det är lättare att

komma till rätta med frysskyddsproblemen vid exakt dimensionerade eller något underdimensionerade värmare.

### Val av tvåvägs- respektive trevägsventil och koppling med dessa

I ett distributionsnät ger trevägsventilen konstant vattenflöde, vilket ger jämn tryckfördelning. Tvåvägsventilen kan användas i mycket stora system, där tryckutjämning sker genom att grupperna indelas i olika zoner. En kombination av trevägsventil, styrd efter utetemperatur, och tvåvägsventil vid värmarna kan också finnas.

Vid flödesregleringsprincipen är tvåvägsventil att föredra. Detta är också fördelaktigt vid fjärrvärmedistribution, där litet vattenflöde och stort temperaturfall eftersträvas. Den tål också större tryckdifferens. Både tvåvägs- och trevägsventilen kan kombineras med lokal cirkulationspump för blandningstemperaturreglering.

Den lokala cirkulationspumpen placeras i tilloppsledningen som ansluts i värmarens botten, vilket ger bästa avluftningen. Detta kopplingsätt rekommenderas nu allmänt av fabrikanterna för värmare av kall uteluft.

En tvåvägsventil kopplas helst som blandningsventil i returledningen, varigenom fullt tryck när värmarkretsen. Principen illustreras i figuren nedan.

Tilloppsledningen ansluts enligt fabrikanstens anvisningar. Om fördelningsventil förekommer, kopplas den i tilloppsledningen. Tvåvägsventilen placeras i återledningen.

### Typer av frysskyddstermostater

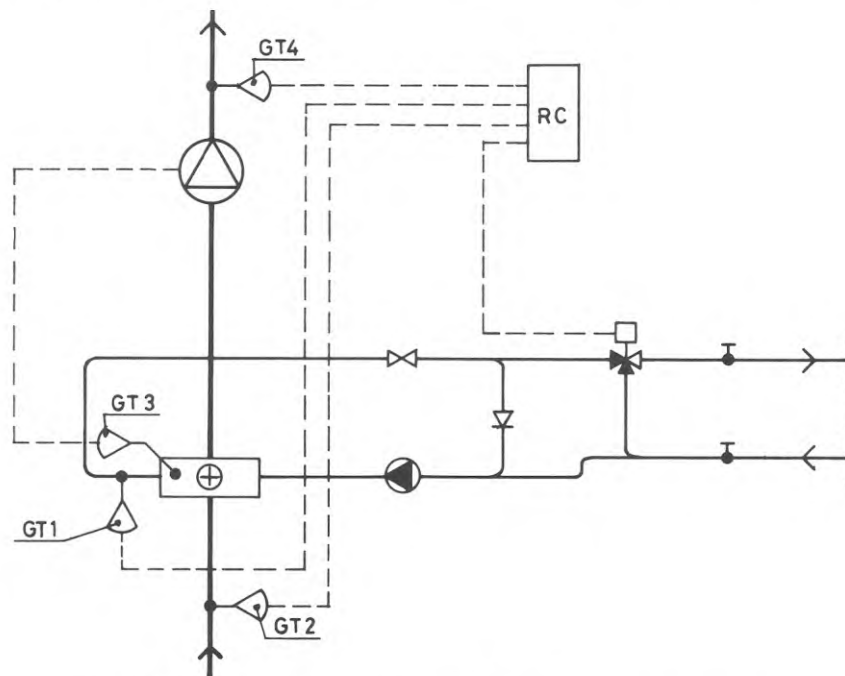
Termostater avsedda att fästas på värmarens luftsida blir ofta felaktigt monterade. De bör ersättas med andra, nyare konstruktioner.

En typ av termostat består av en långsmal bulb, som placeras i ett lamellrör i värmaren i närheten av återledningen. Bulben är förbunden med ett kapillärrör, som är kopplat till ett termostathus med ett relä.

I en annan typ består temperaturgivaren av en halvledare som ändrar sin resistans med temperaturen, en s.k. termistor. Temperaturgivaren kan klämmas fast på ett av lamellrörets böjar utanför batteriramen. Genom den direkta kontakten mellan metallerna kan värmemotståndet försummas.

En låg utgående temperatur hos tilluften kan hållas utan att s.k. tjuvutlösningar inträffar.

För att underlätta start samt undvika frysning bör en minimibegränsningstermostat, betecknad GT1 i figuren, kopplas in i den gemensamma återledningen. Termostaten bör vara inställd på ca +20°C.



Principschema för inkoppling av temperaturgivare (minimibegränsningstermostat) i återledningen.

### Beteckningar:

- GT1 minimibegränsningstermostat
- GT2 temperaturgivare i uteluften
- GT3 frysskyddstermostat
- GT4 temperaturgivare i tilluften
- RC reglercentral



# Prevention of frost damage in air heaters

Teddy Rosenthal

*The report analyses the reasons for frost damage in air heaters. The analysis is based on a review of theory and a combination of practical experiences. Recommendations are given for the construction of the heaters and their incorporation in ventilation systems.*

*Accurate design of the heater is of critical importance for elimination of frost damage. Data are given as to suitable values of water velocity, pressure and temperature drop and the design external temperature.*

*Freezing point depressant agents should be used to a greater extent. The pipe friction due to glycol has been calculated by a computer and is tabulated.*

*The components and construction of heaters, such as regulating valves, connection of preheaters, frost protection pumps and alarm devices, have been studied. Design recommendations are given in the form of coupling diagrams and regulation methods on schematic drawings.*

## Flow conditions in the water pipes

At a water velocity of about 0.2 m/s in a tube with an internal diameter of 12 mm and a water temperature of +80°C the flow is turbulent. If the temperature drops to +20°C at the same tube diameter and velocity, there is a change to laminar flow. In such flow, the particles of the medium move in parallel paths and the flow is stratified. The lower the water temperature, the higher the velocity at which the change from turbulent to laminar flow takes place.

When the flow is laminar, the velocity drops next to the wall of the tube, since the water cools and its viscosity increases. In addition to this, there may be disturbances due to natural convection as a result of changes in the density of the water (natural circulation).

In this case, transmission of heat takes place mainly by conduction, i. e. in the same way as in solids, and not by convection, i. e. a mixing of water of different temperatures, as in the case of turbulence. In this way, rapid cooling may take place. A relatively thick boundary layer at the wall of the tube is insulated from the hot water at the centre of the tube. A high mean water temperature is no guarantee that the water will not freeze. The difference in temperature between the air and the water may increase from 20°C to more than 40°C on changing from turbulent to laminar flow.

In order to ensure that flow will be turbulent, a theoretical water velocity may be calculated from the Reynolds' No. For an internal dia. of 12 mm, which is

representative for heaters of the finned type, and a water temperature of 0° C, the water velocity is given as 0.35 m/s.

## Parallel flow or counterflow?

There are three general types of air heaters: counterflow heaters, parallel flow heaters and crossflow heaters.

In counterflow heaters, the cool return water meets the cold inlet air. If the design of the plant is such that it is impossible to determine whether there is a risk of freezing, a calculation should be made for the different loads. An example of this is given in the appendix to the report.

In parallel flow heaters, the cold inlet air meets the hot water, and there is therefore a lesser risk of freezing. One drawback is that the heating surface must be increased in comparison with that in a counterflow heater in order to compensate for the lower mean temperature difference.

In many designs the flanges are continuous, with the result that there is heat transfer in the flange by conduction. In addition, the piping is often quite complicated in order that the mean temperature over the heater should be more even. This probably results in some equalization of the temperature difference between the banks of tubes. The consequence of this method of construction is that there is less difference between the types of heater.

## Measures which improve regulation

The greater the temperature difference between the inlet and outlet water in the design case, the better the regulation characteristics. When the difference in temperature is greater, it is necessary to increase the area of the heater in order to compensate for the reduced mean temperature difference. A heater with as few tubes as possible connected in parallel, and therefore with a higher water velocity will have a higher  $k$ -value which will in turn counteract the necessity to increase the heating surface.

The cost of an increased heating surface is offset by better regulatory action, a reduction in the quantity of water pumped and smaller tube sizes.

The regulating valve must be selected in such a way that the valve and heater will together have straight-line output characteristics. The valve authority, i.e. the proportion of the pressure drop in the circuit which is due to the valve, should be at least 70 %.

As a guide, the design water temperature may be put at about 40°C, the range being 80°–40°C for the inlet water temperature and 90°–50°C for the outlet

# National Swedish Building Research Summaries

R18:1973

Key words:

*air heaters, sizing, frost damage, design recommendations (coupling diagrams, control techniques)*

Report R18:1973 refers to Grant D 534 from the Swedish Council for Building Research to Wahlings Installationsutveckling AB.

UDC 697.97  
621-714.74  
SfB (57)x  
ISBN 91-540-2118-9

Summary of:

Rosenthal, T, 1973, *Undvikande av frysskador i luftvärmare*. Prevention of frost damage in air heaters. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R18:1973, 127 p. ill. 23 Sw. Kr.

The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

Svensk Byggtjänst  
Box 1403, S-111 84 Stockholm  
Sweden

water temperature. A low return temperature need not in itself entail an increased risk of freezing.

### Freezing point depressants

The additional costs due to extra heat exchangers, expansion vessels, additives, etc. may be offset by the advantages of the system. There is less risk of freezing and consequential damage. The regulating equipment is simpler.

The thermal capacity and flow resistance of water are changed when freezing point depressants are added. These changes may be ignored when moderate quantities of spirit are admixed. The changes will be somewhat greater in the case of glycol, but may be ignored if the quantity added is less than 20 % by weight.

### The consequences of incorrectly designed air heaters

The heating capacity requirement must not be set too high, since the whole plant may be oversized. Once the design temperatures have been selected, these must satisfy the heating capacity requirements of the plant.

A heater that is a little too large is often selected in borderline cases. It should be noted in this connection that some sizes may have a number of tubes connected in parallel. The water velocity will then be low and the heater will operate at too low temperatures, with consequent risk of freezing. Two heaters can instead be connected in series and the water velocity increased in this way.

Dirty air filters or filters exposed to moisture cause a reduction in air velocity, which in heating engineering terms is equivalent to low load. The regulating valve restricts the supply of hot water and the frost protection device is tripped. The same situation may arise when the plant is run at half speed (night operation).

The pumps selected should be as near as possible to the capacities calculated theoretically. This is especially important in the case of the local circulation pump.

The size of the regulating valve is often selected by the regulating equipment contractor on the basis of data supplied by the heating engineer. The valve may in this way be oversized if the case is a borderline one or if its dimensions are unsuitable for connection to the heater. The valve must then operate almost in the closed position on low load.

It will be evident from the above that the frost protection problem can be solved more easily if the heater is the correct size or somewhat underdesigned.

### Choice of two-way and three-way valves and their connection

In a distribution system, a three-way valve gives a constant water flow which results in even distribution of pressure. Two-way valves can be used in very large systems where pressure is equalized by division of the groups into different zones. It is also possible to have a combination of a three-way valve regulated by the external temperature and a two-way valve at the heater.

From the point of view of flow regulation, the two-way valve is preferable, and it is also advantageous in district heating systems where the aim is small water flow and large temperature drop. This valve will also withstand a greater pressure difference. Both the two-way and three-way valve may be combined with a local circulation pump for regulation of the mixing temperature.

The local circulation pump is to be placed in the inlet line which is connected to the bottom of the heater. This arrangement provides the best venting, and is now generally recommended by the manufacturers for heaters for cold outside air.

It is best to connect a three-way valve as a mixing valve in the return line. Full pressure will reach the heater circuit in this way. The layout is illustrated in the figure below.

The inlet line is to be connected in accordance with the maker's recommen-

dations. If there is a dividing valve, this is to be fitted in the inlet line. The two-way valve is to be placed in the return line.

### Types of frost protection thermostats

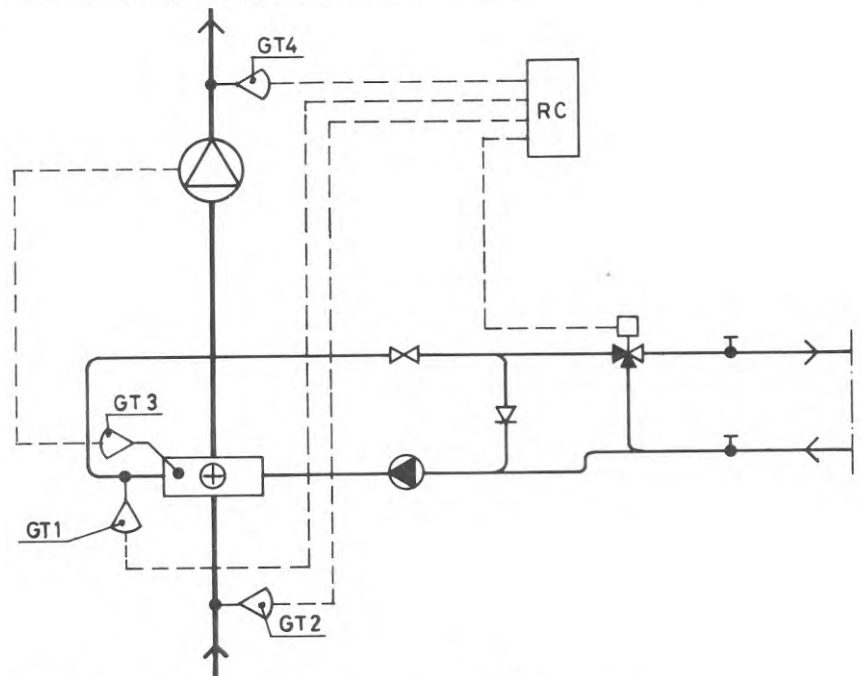
Thermostats designed to be attached to the air side of the heater are often fitted incorrectly. They should be replaced by more recent designs.

One type of thermostat consists of a narrow bulb placed in a finned tube in the heater in the vicinity of the return line. The bulb is connected to a capillary tube that is connected to a thermostat housing containing a relay.

In another type, the temperature sensor is a thermistor, i.e. a semiconductor that changes its resistance with temperature. The temperature sensor can be clamped onto one of the bends of the finned tube outside the heater frame. Owing to the direct contact between the metals, the heat resistance may be ignored.

It is possible to maintain a low exit temperature in the inlet air without the frost protection device being tripped.

In order to facilitate start and to prevent freezing, a minimum thermostat, denoted GT1 in the figure, should be connected in the joint return line. This thermostat should be set at about +20°C.



Layout diagram for the connection of the temperature sensor (minimum thermostat) in the return line.

#### Notation:

- GT1 minimum thermostat
- GT2 temperature sensor, outside air
- GT3 frost protection thermostat
- GT4 temperature sensor, inlet air
- RC control unit

Rapport R18:1973

UNDBIKANDE AV FRYSSKADOR I LUFTVÄRMARE

PREVENTION OF FROST DAMAGE IN AIR HEATERS

av Teddy Rosenthal

Denna rapport hänför sig till anslag D 534 från Statens råd för byggnadsforskning till Wahlings Installationsutveckling AB.

Statens institut för byggnadsforskning  
ISBN 91-540-2118-9

Rotobekman Stockholm 1973

## FÖRORD

Sönderfrysta luftvärmare förorsakar årligen skador för åtskilliga hundratusen kronor. Orsakerna till skadorna är många och inte alltid så enkla att analysera och undanröja.

Utredningens målsättning har varit att utarbeta riktlinjer för hur luftvärmare skall ingå i ventilationsanläggningar utan risk för sönderfrysning. Inventering och analys av orsaker till olika sönderfrysningar samt litteraturstudier utgör källmaterial för utredningen.

En riktigt dimensionerad luftvärmare är en nödvändig förutsättning för att undvika frysning. I rapporten redovisas riktlinjer för beräkning av luftvärmare samt ges beräkningsexempel.

Frysrisiker kan också minskas genom att fryspunktsnedsättande medel tillsätts rörsystemet. För att underlätta dimensionering av rörsystem med glykolblandningar har tabeller över rörmotstånd framtagits med hjälp av datamaskin.

Olika kopplingsprinciper tillämpbara under skilda förutsättningar redovisas i rapporten liksom de driftserfarenheter som framkommit vid inventering av skadeorsaker.

Arbetet har i huvudsak utförts 1969-70 och har senare kompletterats på vissa punkter.

Stockholm i oktober 1972

WAHLINGS INSTALLATIONSUTVECKLING AB



## INNEHÅLL

	LIST OF FIGURES . . . . .	6
	BETECKNINGAR . . . . .	9
1	GRUNDLÄGGANDE TEORIER . . . . .	11
1.1	Allmänt . . . . .	11
1.2	Formler för värmetransporten . . . . .	11
1.3	Värmeegenomgångstalet $k$ och dess uppbyggnad . . . . .	13
1.3.1	Värmeövergångstalet $\alpha_{f1}$ på luftsidan . . . . .	14
1.3.2	Värmeövergångstalet $\alpha_1$ på vattensidan . . . . .	15
1.4	Strömningsförhållanden i vattenrören . . . . .	17
1.5	Konstruktionsprinciper för värmeväxlare . . . . .	19
1.5.1	Grundtyper . . . . .	19
1.5.2	Begreppet temperaturverkningsgrad . . . . .	19
1.5.3	Värmeväxlarnas "effektivitet" . . . . .	21
1.5.4	Skall medströmskoppling eller motströmskoppling användas? . . . . .	21
1.6	Synpunkter på frysförloppet . . . . .	22
1.7	Styrventilen och dess funktion . . . . .	24
1.7.1	Reglerprinciper . . . . .	24
1.7.2	Faktorer som inverkar på regleregenskaperna . . . . .	25
1.7.3	Öppnings- och flödeskaraktistik . . . . .	25
1.7.4	Värmetransmissionens karaktistik . . . . .	27
1.7.5	Tolkning av karaktistikerna . . . . .	28
1.7.6	Åtgärder att förbättra reglerförloppet . . . . .	29
1.8	Sammanfattning . . . . .	30
2	DIMENSIONERING AV LUFTVÄRMARE . . . . .	31
2.1	Allmänt . . . . .	31
2.2	Val av speciella lösningar . . . . .	32
2.3	Dimensionerande temperaturer . . . . .	33
2.3.1	Dimensionerande utetemperaturer . . . . .	33
2.3.2	Dimensionerande vattentemperaturer . . . . .	33
2.4	Fryspunktneredsättande medier . . . . .	34
2.5	Konsekvenserna av oriktigt dimensionerade luftvärmare . . . . .	35
2.6	Sammanfattning . . . . .	36
3	KONSTRUKTIONSANVISNINGAR . . . . .	38
3.1	Kopplingsprinciper . . . . .	38
3.1.1	Val av trevägs- respektive tvåvägsventil . . . . .	38
3.1.2	Lokal cirkulationspump . . . . .	39
3.1.3	Koppling med tre- och tvåvägsventil . . . . .	40
3.2	Frysskyddstermostater . . . . .	41
3.2.1	Typer av frysskyddstermostater . . . . .	41
3.2.2	Funktionsansvar . . . . .	42

3.3	Reglerkrets med frysskyddstermostat . . . . .	42
3.4	Synpunkter på luftvärmarens konstruktion . . . . .	43
3.5	Sammanfattning . . . . .	45
4	ERFARENHETER . . . . .	46
5	LITTERATUR . . . . .	50
	FIGURER . . . . .	53
	BILAGA 1: Diagram . . . . .	69
	BILAGA 2: Dataprogram och datautskrift . . . . .	75
	BILAGA 3: Räkneexempel . . . . .	77
	BILAGA 4: Rörfriktionstabeller för glykol . . . . .	91

## LIST OF FIGURES

- FIG. 1. Gilled tube unit.
- FIG. 2. Finned tube unit.
- FIG. 3. The temperature changes in a heat exchanger are illustrated in a temperature diagram.
- $t$  = temperature,  $A$  = heat transmission surface
- $t_{wi}$  = temperature of inlet water
- $t_{wu}$  = temperature of outlet water
- $\Delta t_w$  = change in water temperature
- $t_{gi}$  = temperature of inlet air
- $t_{gu}$  = temperature of outlet air
- $\Delta t_g$  = change in air temperature
- $\Delta t_1$  = difference in temperature (smaller) between the media
- $\Delta t_2$  = difference in temperature (larger) between the media
- $\Delta t_m$  = mean difference in temperature between the media.
- FIG. 4. Diagram showing calculation formulae for an air heater.
- FIG. 5. Velocity profile for the water in an air heater.
- a = profile for isothermal flow, i.e. for constant water temperature in the tube
- b = profile for the case when there is cooling next to the wall of the tube.
- FIG. 6. Design principle of counterflow heat exchanger and temperature diagram.
- $t_w$  = change in temperature of hot medium (e.g. water)
- $t_g$  = change in temperature of cold medium (e.g. air).
- FIG. 7. Design principle of parallel flow heat exchanger and temperature diagram.
- $t_w$  = change in temperature of hot medium (e.g. water)
- $t_g$  = change in temperature of cold medium (e.g. air).
- FIG. 8. Design principle of crossflow heat exchanger and temperature diagram.
- $t_w$  = change in temperature of hot medium (e.g. water)
- $t_g$  = change in temperature of cold medium (e.g. air).
- FIG. 9a. Design of air heater according to the counterflow principle.

- FIG. 9b. Design of air heater according to the parallel flow principle.
- FIG. 9c. Design of air heater according to the crossflow principle.
- FIG. 10. Example showing arrangement of tubes in an air heater with a depth of three banks of tubes. Arrangement of tubes can also be varied in the vertical direction.  
Samplingsrör = header
- FIG. 11. Ratio (in %) of the mean logarithmic temperature differences ( $\Delta t_{med} / \Delta t_{mot}$ ) for parallel flow and counterflow heaters, respectively, for different return water temperatures.  
Inlet water temperature: + 80°C  
Inlet air temperature : - 20°C  
Outlet air temperature : + 20°C.
- FIG. 12. Block diagram for control circuit.
- FIG. 13. Diagrammatic representation of resistance to flow in a pipe network.  
 $\Delta p_{rv}$  = pressure drop across throttle and control valves  
 $\Delta p_{värm}$  = pressure drop across air heater  
 $\Delta p_{rör}$  = pressure drop across tube circuit (losses due to friction and elbows etc.)  
 $\Delta p_w$  = pressure drop across the whole control circuit.
- FIG. 14. The flow characteristic  $q$  as a function of the lift  $s$  of a valve with linear characteristics.  
 $\beta$  = valve authority, i.e. proportion of pressure drop due to valve.
- FIG. 15. The flow characteristic  $q$  as a function of the lift  $s$  of a valve with quadratic characteristics.  
 $\beta$  = valve authority, i.e. proportion of pressure drop due to valve.
- FIG. 16. The flow characteristic  $q$  as a function of the lift  $s$  of a valve with logarithmic characteristics.  
 $\beta$  = valve authority, i.e. proportion of pressure drop due to valve.
- FIG. 17. Control circuit incorporating two-way valve.
- FIG. 18. Control circuit incorporating three-way valve.
- FIG. 19. Inlet water temperature ( $t_{wi}$ ) and outlet water temperature ( $t_{wu}$ ) as functions of the flow of water  $q$  in flow regulation.

- FIG. 20. Inlet water temperature ( $t_{wi}$ ) and outlet water temperature ( $t_{wu}$ ) as functions of the flow of water  $q$  admitted in mixed temperature regulation.
- FIG. 21. Characteristic heat transmission (relative heat level)  $Q$  as a function of the flow of water  $q$ .  
Design temperatures:  
air in :  $-12^{\circ}\text{C}$   
air out:  $+24^{\circ}\text{C}$   
Curve A: Flow regulation,  $90^{\circ} - 70^{\circ}\text{C}$   
Curve B: Mixed temperature regulation,  $90^{\circ} - 50^{\circ}\text{C}$   
Curve C: Flow regulation,  $90^{\circ} - 50^{\circ}\text{C}$   
Curve D: Mixed temperature regulation,  $90^{\circ} - 50^{\circ}\text{C}$ .
- FIG. 22. Characteristic heat transmission (relative heat level)  $Q$  as a function of the flow of water  $q$  for different design outlet water temperatures in flow regulation.
- FIG. 23. Two air heaters in flow-regulated 'Z' coupling. The heaters are connected for counterflow internally and for parallel flow in relation to one another.
- FIG. 24. Outlet water temperature as a function of inlet air temperature and constant air flow in a flow-regulated air heater.
- FIG. 25. Capillary tube type frost protection thermostat with bulb to be placed in a finned tube.
- FIG. 26. Thermistor sensor type frost protection thermostat for external mounting on a bend in a finned tube.
- FIG. 27. Example of specification for a frost protection thermostat in VVS AMA 1966.
- FIG. 28. Layout diagram for the connection of the temperature sensor (minimum thermostat) in the return line.  
GT1 minimum thermostat  
GT2 temperature sensor, outside air  
GT3 frost protection thermostat  
GT4 temperature sensor, inlet air  
RC control unit
- FIG. 29. Depth of pitting in copper tubing as a function of the temperature at different rates of flow. Soft water.  
Period of exposure 17 months.



## BETECKNINGAR

$A$	=	Värmeöverföringsyta (totalt), $m^2$
$A_{fl}$	=	flänsarnas yta, $m^2$
$A_i$	=	värmarens yta på den oflänsade sidan ("insidan"), $m^2$
$A_{mr}$	=	rörväggens medelyta, $m^2$
$A_{ry}$	=	rörens fria ytteryta, $m^2$
$c_p$	=	Specifikt värme ( $p = \text{konstant}$ ), $J/kg \text{ } ^\circ C$ ( $kcal/kg \text{ } ^\circ C$ )
$c_{pg}$	=	specifikt värme för luft, $J/kg \text{ } ^\circ C$ ( $kcal/kg \text{ } ^\circ C$ )
$c_{pw}$	=	specifikt värme för vatten, $J/kg \text{ } ^\circ C$ ( $kcal/kg \text{ } ^\circ C$ )
$d$	=	Diameter, $m$ ( $mm$ )
$d_i$	=	lamellrörets innerdiameter, $m$ ( $mm$ )
$d_r$	=	lamellrörets ytterdiameter, $m$ ( $mm$ )
$\Delta p_w$	=	Tryckfall, vatten, $bar$ ( $mm \text{ vp}$ )
$\Delta p_{rv}$	=	tryckfall över reglerventil, $bar$ ( $mm \text{ vp}$ )
$\Delta p_{rör}$	=	tryckfall (inklusive böjar, stryp- och avstängningsventiler) i rörnätet $p$ $g$ $a$ friktion, $bar$ ( $mm \text{ vp}$ )
$\Delta p_{värm}$	=	tryckfall i värmaren, $bar$ ( $mm \text{ vp}$ )
$k$	=	Värmegenomgångstal, $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ( $kcal/m^2 \text{ h } ^\circ C$ )
$q$	=	Flöde (allmänt), $m^3/s$ ( $m^3/h$ )
$q_g$	=	Luftflöde, $m^3/s$ ( $m^3/h$ )
$q_w$	=	Vätskeflöde, $m^3/s$ ( $m^3/h$ )
$q_m$	=	Massflöde, $kg/s$ ( $kg/h$ )
$q_{mg}$	=	massflöde för luft, $kg/s$ ( $kg/h$ )
$q_{mw}$	=	massflöde för vatten, $kg/s$ ( $kg/h$ )
$Q$	=	Värmeeffekt, $W$ ( $kcal/h$ )
$s$	=	Sträcka (allmänt) $t$ $ex$ lyfthöjd i ventil, $m$ ( $mm$ )
$t_g$	=	Lufttemperatur, $^\circ C$
$t_{gi}$	=	ingående temperatur, $^\circ C$
$t_{gu}$	=	utgående temperatur, $^\circ C$
$\Delta t_g$	=	Luftens temperaturändring, $^\circ C$
$\Delta t_m$	=	Medeltemperaturdifferens, $^\circ C$
$t_w$	=	Vattentemperatur, $^\circ C$
$t_{wi}$	=	ingående temperatur, $^\circ C$
$t_{wu}$	=	utgående temperatur, $^\circ C$

$\Delta t_w$	=	Vattnets temperaturändring, $^{\circ}\text{C}$
$\Delta t_1$	=	Temperaturdifferens mellan medierna vid en värmeväxlares in- eller utlopp, $^{\circ}\text{C}$
$\Delta t_2$	=	Temperaturdifferens mellan medierna vid en värmeväxlares in- eller utlopp, $^{\circ}\text{C}$
$v$	=	Hastighet, m/s
$v_{fl}$	=	lufthastighet vid flänsar, m/s
$v_g$	=	lufthastighet, m/s
$v_w$	=	vattenhastighet, m/s
$W$	=	$q_m \cdot c_p$ = Värme kapacitetsflödet, $\text{W}/^{\circ}\text{C}$ ( $\text{kcal}/\text{h } ^{\circ}\text{C}$ )
$W_g$	=	$q_{mg} \cdot c_{pg}$ = värme kapacitetsflödet för luft, $\text{W}/^{\circ}\text{C}$ ( $\text{kcal}/\text{h } ^{\circ}\text{C}$ )
$W_w$	=	$q_{mw} \cdot c_{pw}$ = värme kapacitetsflödet för vatten, $\text{W}/^{\circ}\text{C}$ ( $\text{kcal}/\text{h } ^{\circ}\text{C}$ )
$Y_{fri}$	=	Fria luftgenomströmningsarean i en värmare, $\text{m}^2$
$Y_{front}$	=	Frontarean (bredd x höjd) för en värmare, $\text{m}^2$
$\alpha$	=	Värmeövergångstal, $\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ ( $\text{kcal}/\text{m}^2 \text{ h } ^{\circ}\text{C}$ )
$\alpha_{fl}$	=	värmeövergångstal vid flänsar och rör, $\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ ( $\text{kcal}/\text{m}^2 \text{ h } ^{\circ}\text{C}$ )
$\alpha_i$	=	värmeövergångstal vid rörens insida, $\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ ( $\text{kcal}/\text{m}^2 \text{ h } ^{\circ}\text{C}$ )
$\beta$	=	Ventilauktoritet, %
$\delta_r$	=	Rörtjocklek, m (mm)
$\nu$	=	Viskositet, kinematisk, $\text{m}^2/\text{s}$
$\mu$	=	Viskositet, dynamisk, $\text{kg}/\text{m s}$
$\rho$	=	Volymvikt (densitet) $\text{kg}/\text{m}^3$
$\rho_w$	=	vattnets volymvikt, $\text{kg}/\text{m}^3$
$\rho_g$	=	luftens volymvikt, $\text{kg}/\text{m}^3$
$\lambda$	=	Värmeledningstal, $\text{W}/\text{m } ^{\circ}\text{C}$ ( $\text{kcal}/\text{m h } ^{\circ}\text{C}$ )
$\lambda_{fl}$	=	värmeledningstal för flänsen, $\text{W}/\text{m } ^{\circ}\text{C}$ ( $\text{kcal}/\text{m h } ^{\circ}\text{C}$ )
$\lambda_r$	=	värmeledningstal för rörväggen, $\text{W}/\text{m } ^{\circ}\text{C}$ ( $\text{kcal}/\text{m h } ^{\circ}\text{C}$ )
$\lambda_g$	=	värmeledningstal för luft, $\text{W}/\text{m } ^{\circ}\text{C}$ ( $\text{kcal}/\text{m h } ^{\circ}\text{C}$ )
$\lambda_w$	=	värmeledningstal för vatten, $\text{W}/\text{m } ^{\circ}\text{C}$ ( $\text{kcal}/\text{m h } ^{\circ}\text{C}$ )
$\xi$	=	Flänsverkningsgrad
$\eta$	=	Temperaturverkningsgrad
$\eta_w$	=	temperaturverkningsgrad på vattensidan
$\eta_g$	=	temperaturverkningsgrad på luftsidan.

1.1 Allmänt

Värmare för uppvärmning av luft med varmvatten som värmande medium är vanligtvis utförda som parallella rörknippen med påträdde flänsar. Dessa flänsar har till uppgift att förstora den värmeöverförande ytan (FIG. 1 och FIG. 2).

Flänsar av lamelltyp fastsätts genom hydraulisk expansion av rören. Vid kamflänsar sker vanligtvis fastsättningen med spiralvalsning.

För att kunna dimensionera en komfortanläggning och eliminera risken för frysning av luftvärmare, fordras ingående kännedom om värmarnas arbetsförhållanden, funktions- och reglerteknik m m.

Värmeöverföringen påverkas av sådana faktorer som flänsdelning, rördelning, rördimension, material i rör och flänsar samt luft- hastighet och vattenhastighet.

För att visa värmetransporten i en värmeväxlare har i FIG. 3 ett temperaturdiagram uppritats som åskådliggör temperaturförloppet.

1.2 Formler för värmetransporten

Följande uttryck gäller för värmetransporten

$$Q = k \cdot A \cdot \Delta t_m \quad (1)$$

där  $Q$  = värmeeffekten, W (kcal/h)

$k$  = värmegenomgångstalet, hänfört till ytan  $A$ ,  
W/m<sup>2</sup> °C (kcal/h m<sup>2</sup> °C)

$A$  = värmarens överföringsyta, m<sup>2</sup>

$\Delta t_m$  = medeltemperaturdifferensen

Medeltemperaturdifferensen kan härledas till uttrycket

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} \quad (2)$$

där  $\Delta t_1$  och  $\Delta t_2$  = temperaturdifferensen mellan vatten och luft vid värmarens in- respektive utlopp, °C.

Beteckningen  $\ln$  har betydelsen  $e_{\log}$ , dvs naturliga logaritmen. Vanligen benämns  $\Delta t_m$  logaritmiska medeltemperaturdifferensen.

För överslagsberäkningar används

$$\Delta t_m = \sqrt{\Delta t_1 \cdot \Delta t_2}, \text{ den geometriska medeltemperaturdifferensen}$$

$$\text{eller } \Delta t_m = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2}, \text{ den aritmetiska medeltemperaturdifferensen.}$$

Exempel på beräkning av  $\Delta t_m$  ges i bilaga 3, exempel 1.

Om den geometriska medeltemperaturdifferensen används blir felet vid  $0,33 < \Delta t_1/\Delta t_2 < 3$  mindre än 5 % och vid  $0,5 < \Delta t_1/\Delta t_2 < 2$  mindre än 1,8 %. Vid normala temperaturer är felet alltså försumbart. Motsvarande fel blir vid den aritmetiska medeltemperaturdifferensen 10 % respektive 4 %.

Den överförda värmeeffekten kan även uttryckas för vattenflödet:

$$Q = q_{mw} \cdot c_{pw} \cdot \Delta t_w \quad (3)$$

för luftflödet:

$$Q = q_{mg} \cdot c_{pg} \cdot \Delta t_g \quad (4)$$

där  $q_{mw}$  = massflödet för vatten, kg/s (kg/h)  
 $q_{mg}$  = massflödet för luft, kg/s (kg/h)  
 $c_{pw}$  = specifika värmekapaciteten vid konstant tryck för vatten, J/kg °C (kcal/kg °C)  
 $c_{pg}$  = specifika värmekapaciteten vid konstant tryck för luft, J/kg °C (kcal/kg °C)  
 $\Delta t_w$  = vattnets temperaturändring, °C  
 $\Delta t_g$  = luftens temperaturändring, °C

Ur dessa fyra ekvationer kan värmeöverföringsförhållandena bestämmas.

1.3 Värmeegenomgångstalet k och dess uppbyggnad

För bestämning av k-värdet i formel (1) för en flänsförsedd vär-  
mare gäller följande något förenklade samband:

$$\frac{1}{k \cdot A} = \frac{1}{\alpha_i \cdot A_i} + \sum \frac{\delta_r}{\lambda_r \cdot A_{mr}} + \frac{1}{\alpha_{fl} \cdot (A_{ry} + \xi \cdot A_{fl})} \quad (5)$$

- där
- $A$  = värmeväxlarens överföringsyta,  $m^2$
  - $A_i$  = värmeväxlarens yta på den oflänsade sidan ("insidan"),  $m^2$
  - $A_{mr}$  = rörväggens medelyta,  $m^2$
  - $A_{ry}$  = rörens fria ytteryta,  $m^2$
  - $A_{fl}$  = flänsarnas yta,  $m^2$
  - $\xi$  = flänsverkningsgraden,  $\xi \approx 0,80$  för lamelltyp
  - $\delta_r$  = rörväggens tjocklek, m
  - $\lambda_r$  = rörväggens värmeledningstal,  $W/m \text{ } ^\circ C$  ( $kcal/h \text{ m } ^\circ C$ )
  - $\alpha_i$  = värmeövergångstal på rörens insida,  $W/m^2 \text{ } ^\circ C$  ( $kcal/h \text{ m}^2 \text{ } ^\circ C$ )
  - $\alpha_{fl}$  = totalt värmeövergångstal inklusive bidrag från fuktighetstransport och strålning vid flänsar och rör, (medelvärde),  $W/m^2 \text{ } ^\circ C$  ( $kcal/h \text{ m}^2 \text{ } ^\circ C$ )

Termen  $\sum \frac{\delta_r}{\lambda_r \cdot A_{mr}}$  anger värmeledningsmotståndet i rör-  
väggen inklusive eventuellt smuts- och oljelager  
i röret.

Vissa förenklingar har gjorts, eftersom luftvärmarna av lamell-  
typ sinsemellan varierar inom ganska snäva gränser beträffande  
delning, flänstjocklek m m.

För att kunna beräkna värmarens arbetsförhållanden för olika be-  
lastningsfall och inte minst bedöma frysrisken, bör konstruk-  
tören ha kännedom om bl a k-värdet som funktion av medietempera-  
tur och mediehastighet. De flesta fabrikanter tillhandahåller  
tabeller eller diagram med dessa uppgifter.

Med hjälp av fabrikantkataloger kan lämplig värmeväxlarstorlek  
bestämmas med utgångspunkt från värmeeffekt, maximal lufthastig-



het och temperaturskillnader. Det kan därvid förekomma stora steg mellan dimensionerna, varvid omräkning bör ske med ändring av t ex temperaturfall i stället för att välja en för stor värmare och därmed sämre driftsförhållanden. De uppgifter som erhålls ur kapacitetsdiagrammen gäller för maximal belastning. Vid varierande belastning (t ex nattdrift) bör låglastens verkningar studeras. Erfarenheten visar att de flesta problem med driften uppstår vid låglast, dvs vid minskat luftflöde eller vid en utetemperatur av några minusgrader. Exempel på omräkningar ges i bilaga 3, exempel 3.

Med kännedom om värmarens geometriska data samt vissa samband för värmeövergång vid strömning kan k-värdet bestämmas. Beräkningsmetoden avser endast att illustrera värmeövergångstalens ( $\alpha$ -värdenas) beroende av hastighet och temperatur på luft- respektive vattensidan.

För att underlätta beräkningen av k-värdet har ett mindre data-program framtagits vid Institutionen för Mekanisk värmeteorik och Kylteknik vid Kungl. Tekniska Högskolan, Stockholm. Som test-exempel har valts data för en värmare av lamelltyp med tät delning på rör- och flänssidan. Utskriften återges i bilaga 2. Dessa värden har beräknats på grundval av geometriska uppgifter. Värdena är alltså teoretiskt beräknade och får tas som exempel på tillvägagångssättet för beräkningarna.

En översikt av formler och beräkningsgång ges i FIG. 4.

De i FIG. 4 ingående storheternas inverkan på k-värdet och därmed på värmarens arbetsförhållanden genomgås kortfattat i avsnitt 1.3.1 och 1.3.2.

### 1.3.1 Värmeövergångstalet $\alpha_{f1}$ på luftsidan

Värmeövergångstalet  $\alpha_{f1}$ , som ingår i formel (5), beror främst på lufthastigheten genom värmaren. Sambandet kan i förenklad form skrivas

$$\alpha_{fl} = C \cdot (v_{fl} \cdot \rho_g)^n \quad (6)$$

där  $v_{fl}$  = luftens hastighet vid flänsarna, m/s  
 $\rho_g$  = luftens täthet, kg/m<sup>3</sup>  
 $C, n$  = konstanter

Luftens täthet varierar ej nämnvärt med temperaturen. Inom det temperaturområde som används ligger variationen inom  $\pm 10\%$ .

Uttrycket kan därför skrivas

$$\alpha_{fl} = C_1 \cdot v_{fl}^n, \text{ där } C_1 = \text{konstant.} \quad (7)$$

Här betecknar  $v_{fl}$  medelhastigheten mellan flänsarna i batteriet vid luftens medeltemperatur.

Som exempel gäller för värmare av lamelltyp (enl AB Bahco Ventilation) med delningen ca 2 mm närmevärdesfunktionen

$$\alpha_{fl} = 35 \cdot \sqrt{v_{fl}} \quad (8)$$

Fria genomströmningsarean kan sättas till ca 50 % av frontarean för de flesta värmare av lamelltyp, som f n finns på marknaden.

Med diagram 1, bilaga 1, kan  $\alpha_{fl}$  uttas på grundval av geometriska data. Detta diagram gäller för alla typer av lamellbatterier. Observera att i diagram 1 skall fronthastigheten anges, vilket underlättar handhavandet.

Med diagram 2, bilaga 1, kan tryckfallet genom lamellerna bestämmas.

### 1.3.2 Värmeövergångstalet $\alpha_i$ på vattensidan

Värmeövergångstalet  $\alpha_i$  som ingår i formel (5), beror på vattenhastighet, rördiameter och temperatur.

Allmänt gäller för denna typ av värmeövergång

$$Nu = C \cdot Re^m \cdot Pr^n \quad (9)$$

där

$$Nu = \text{Nusselts tal} = \frac{\alpha_i \cdot d_i}{\lambda_w}$$

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \text{Reynolds' tal} = \frac{v_m \cdot d_i}{\nu} \\ \text{Pr} &= \text{Prandtl's tal} = \frac{\mu \cdot c_{pw}}{\lambda_w} \text{ eller } \frac{\nu \cdot \rho_w \cdot c_{pw}}{\lambda_w} \\ \alpha_i &= \text{värmeövergångstalet på rörens insida, W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\ &\quad (\text{kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}) \\ d_i &= \text{rörets innerdiameter, m} \\ \lambda_w &= \text{vattnets värmeledningstal, W/m } ^\circ\text{C} (\text{kcal/h m } ^\circ\text{C}) \\ \rho_w &= \text{vattnets volymvikt, kg/m}^3 \\ c_{pw} &= \text{vattnets specifika värme, J/kg } ^\circ\text{C} (\text{kcal/kg } ^\circ\text{C}) \\ v_w &= \text{vattnets hastighet, m/s} \\ \nu &= \text{kinematiska viskositeten för vatten, m}^2/\text{s} \\ \mu &= \text{dynamiska viskositeten för vatten, kg/s m} \\ C, m, n &= \text{konstanter} \end{aligned}$$

Alla värden skall tas vid en medeltemperatur, då vattnet tänkes väl omblandat.

Pr-talet kan betraktas som materialkonstant. Tabellvärden ges i de flesta värmetekniska handböcker.

Strömningen är alltid laminär då  $\text{Re} < 2320$ . Strömningen kan vara laminär ovanför detta värde, varvid omslag till turbulent strömning beror på inloppsstörningarnas storlek. För praktiska tillämpningar vid luftvärmare ligger omslagspunkten vid  $\text{Re}$  c:a 4000 à 5000. Då turbulens råder, kan konstanterna sättas

$$\text{Nu} = 0,023 \cdot \text{Re}^{0,8} \cdot \text{Pr}^{1/3} \quad (10)$$

Värmeövergångstalet löses ut ur ovanstående ekvation varvid erhålls

$$\alpha_i = 0,023 \cdot \frac{\lambda_w}{d_i} \cdot \left( \frac{v_w \cdot d_i}{\nu} \right)^{0,8} \cdot \text{Pr}^{1/3} \quad (11)$$

Som exempel har medtagits diagram 3, bilaga 1, där  $\alpha_i$  är uppriktad som funktion av vattenhastigheten vid olika temperaturer för

$$d_i = 11,6 \text{ mm}$$

Värmeövergångstalet  $k$  kan nu beräknas ur formel (5) för olika kombinationer med  $\alpha_{fl}$  och  $\alpha_i$ . Värmeövergångstalet  $\alpha_{fl}$  beräknas t ex med formel (8) eller med diagram 1, bilaga 1, och värmeövergångstalet  $\alpha_i$  med formel (11) eller med diagram 3, bilaga 1. Beräkningsmetoden kan t ex användas för att avgöra  $k$ -värdets förändring, relativt eller absolut, då fryspunktsnedsättande medel tillsätts vattnet.

I diagram 4, bilaga 1, visas exempel på  $k$ -diagram för en värmare av lamelltyp. Varje tillverkare av luftvärmare bör kunna lämna ett diagram över  $k$ -värdet som funktion av temperatur, vattenhastighet och lufthastighet för varje typ av värmare. Visserligen kan omräkning ske med hjälp av de vanliga kapacitetsdiagrammen (se exempel, bilaga 3) men detta är inte alltid tillfylllest vid bedömning av en värmares lämplighet under olika arbetsförhållanden.

#### 1.4 Strömningsförhållanden i vattenrören

Vid en strömningshastighet som är  $\leq 0,2$  m/s för vatten av  $+20^\circ\text{C}$  (approximativt) i rör med innerdiameter ca 12 mm sker omslag till laminär strömning (se diagram 3, bilaga 1). Vid laminär strömning kan mediepartiklarna sägas röra sig i parallella banor och strömningen sker i olika skikt, som har olika hastigheter. Omslaget sker vid högre hastighet, ju lägre vattentemperaturen är. Formel (9) i avsnitt 1.3.2 för värmeövergångstalet gäller alltså ej.

Genom att rörväggen är kallare än det strömmande vattnet, blir viskositeten större och vattnet strömmar därför långsammare vid rörväggen och hastighetsprofilen får det utseende FIG. 5 visar.

Den teoretiska hastighetsprofilen är en parabel och medelvärdet av vattnets hastighet  $v_w$  kan sättas till

$$v_w = v_{\max} / 2$$

där  $v_{\max}$  är hastigheten i rörets mitt. Avvikelser i strömbilden kan alltså uppstå eftersom viskositeten är temperaturberoende. Dessutom kan störningar uppkomma genom egenkonvektion till följd av ändringar i vattnets täthet (självcirkulation).

Genom beräkningar kan man finna att Nusselts tal har ett värde av ca 6 vid begynnande laminär rörströmning vid de diametrar och rörlängder som förekommer i aktuella konstruktioner  
dvs  $Nu \approx 6$ .

Härur kan  $\alpha_i$  beräknas.

Som exempel väljs  $d_i = 12$  mm och vattentemperaturen  $30^\circ\text{C}$ .

$$\alpha_i = \frac{\lambda_w}{d_i} \cdot Nu = \frac{0,62}{12 \cdot 10^{-3}} \cdot 6 \approx 300 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

Värdet på  $\alpha_i$  vid turbulent strömning innan omslag till laminär strömning sker, kan uppskattas till ca 1000 à 1200  $\text{W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Eftersom temperaturdifferensen mellan rörinnervägg och vatten är omvänt proportionell mot  $\alpha_i$  kan man sluta sig till att temperaturskillnaden mellan luft och vatten blir större vid laminär strömning.

Värmeöverföringen sker genom ledning, dvs på samma sätt som i fasta material, och ej genom konvektion, dvs blandning av vatten med olika temperaturer.

Nedkylningsförloppet vid laminär strömning kan ske mycket snabbt, speciellt vid låga hastigheter, eftersom ett relativt tjockt gränsskikt vid rörväggen kommer att få väsentligt lägre hastighet än vattnet i rörets centrum. En hög medelvattentemperatur är i och för sig ingen garanti mot frysning.

För att säkerställa turbulent strömning kan ett teoretiskt värde på vattenhastigheten beräknas ur Reynolds' tal. För  $Re \geq 5000$  gäller med stor säkerhet, att turbulent strömning har bildats.

Exempel: för  $d_i = 12$  mm och en vattentemperatur av  $28^\circ$  fås

$$v_w = \frac{v}{d_i} \cdot Re = \frac{0,84 \cdot 10^{-6}}{0,012} \cdot 5000 = 0,35 \text{ m/s.}$$

Detta värde är representativt för värmare av lamelltyp. För kamflänsvärmare med t ex  $d_i = 17$  mm blir motsvarande värde på hastigheten  $v_w = 0,25$  m/s.

## 1.5 Konstruktionsprinciper för värmeväxlare

### 1.5.1 Grundtyper

Värmeväxlare brukar grovt indelas i tre typer: motströmsväxlare, medströmsväxlare och korsströmsväxlare. För att underlätta beräkningar brukar ett temperaturdiagram upprättas för att åskådliggöra temperaturförloppet vilket visas i FIG. 3. De principiella konstruktionerna för motströmsväxlaren med temperaturförlopp har upprättats i FIG. 6 samt medströmsväxlaren i FIG. 7. För korsströmsväxlaren är temperaturdiagrammet mer komplicerat; ett tredimensionellt diagram åskådliggör förloppet i FIG. 8.

För värmeöverföringen gäller alltså formlerna (1) - (4), avsnitt 1.2.

### 1.5.2 Begreppet temperaturverkningsgrad

För att underlätta beräkningarna har begreppet temperaturverkningsgrad  $\eta$  införts.

Definition:

$$\eta_w = \frac{t_{wi} - t_{wu}}{t_{wi} - t_{gi}} = \frac{\Delta t_w}{t_{wi} - t_{gi}} \quad (12)$$

respektive

$$\eta_g = \frac{t_{gu} - t_{gi}}{t_{wi} - t_{gi}} = \frac{\Delta t_g}{t_{wi} - t_{gi}} \quad (13)$$

Den utgör alltså förhållandet mellan ett mediums temperaturändring och inloppstemperaturernas differens. Utgående från ovanstående definition och formlerna (1) - (4), avsnitt 1.2 kan temperaturförloppet även skrivas

$$\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = e^{-k \cdot A \cdot \left( \frac{1}{W_w} + \frac{1}{W_g} \right)} \quad (14)$$



$$\begin{aligned} \text{där } W_w &= q_{mw} \cdot c_{pw} = \text{värmekapacitetsflödet för vatten,} \\ & \quad W/^\circ\text{C (kcal/h } ^\circ\text{C)} \\ W_g &= q_{mg} \cdot c_{pg} = \text{värmekapacitetsflödet för luft,} \\ & \quad W/^\circ\text{C (kcal/h } ^\circ\text{C)} \\ q_{mw} &= q_w \cdot \rho_w = \text{massflödet för vatten, kg/s (kg/h)} \\ q_{mg} &= q_g \cdot \rho_g = \text{massflödet för luft, kg/s (kg/h)} \end{aligned}$$

Övriga beteckningar enligt avsnitt 1.2.

Teknen inom parentesen refererar till motströms (-) respektive medströms (+) värmeväxlare.

För handberäkningar finns diagram upprättade för erhållande av temperaturverkningsgraden enligt formel (14). Dessa diagram finns i olika handböcker, t ex Bäckström (1965) och VDI-Wärmeatlas (1963). För handberäkningar kan formel (14) enligt definitionen för logaritm även skrivas:

$$\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = k \cdot A \cdot \left( \frac{1}{W_w} \pm \frac{1}{W_g} \right) \quad (15)$$

Detta underlättar handberäkningar (se exempel 2, bilaga 3), och diagram behöver ej användas.

Korsströmsväxlare beräknas med diagram.

De givna beräkningsformlerna kan användas när uppgifter ej står att få från tillverkaren.

I de flesta fall kan omräkningar ske med hjälp av fabrikantens kapacitetsdiagram. Härvid används definitionen av temperaturverkningsgraden enligt formel (12) respektive (13). Om  $\Delta t_w$  löses ut ur (12) och insätts i uttrycket  $Q = W_w \cdot \Delta t_w = q_{mw} \cdot c_{pw} \cdot \Delta t_w$  erhålls

$$Q = q_{mw} \cdot c_{pw} \cdot \eta_w \cdot (t_{wi} - t_{gi})$$

Under förutsättning att k-värdet är konstant, dvs vatten- och luftflödena är konstanta, kan  $\eta_w$  representeras av linjerna för ingående luftens temperatur,  $t_{gi}$ . Man bortser även från k-värdets ändring med temperaturen. Dessa omräkningar ger tillräck-

lig noggrannhet inom de temperaturområden man arbetar med.

Exempel på omräkningar ges i bilaga 3, exempel 3.

### 1.5.3 Värmeväxlarnas "effektivitet"

Om den utgående temperaturen för det uppvärmda mediet beräknas för de tre kopplingsprinciperna med vissa data för en värmeväxlare kan man lätt se vilken som är mest effektiv. Härvid ger motström den högsta temperaturen för det uppvärmda mediet. För en motströmskopplad värmare dimensionerad för  $80^{\circ} - 40^{\circ}\text{C}$  på vattensidan och  $-20^{\circ} - +10^{\circ}\text{C}$  på luftsidan minskar utgående lufttemperatur  $\approx 8\%$  om den medströmskopplas. För korsströmskoppling blir minskningen approximativt  $3\%$ .

### 1.5.4 Skall medströmskoppling eller motströmskoppling användas?

Genom luftvärmarnas konstruktion och arbetssätt kommer de tre grundtyperna att få det utförande FIG. 9a, b och c visar.

En växlare med ett rör i djupled skall teoretiskt beräknas som korsströmskopplad. För att underlätta beräkningar kan den dock betraktas som motströmskopplad. För en tvåradig värmare kan skillnaden bli relativt stor vid de två kopplingssätten.

Vid tre rörrader är rördragningen något mer komplicerad för att en jämnare medeltemperatur skall erhållas genom batteriet, FIG. 10.

Detta kopplingssätt medför, att skillnaden mellan de renodlade kopplingssätten för motström respektive medström mildras.

Vid fler rörrader i djupled förekommer ytterligare varianter. I många konstruktioner är flänsarna sammanhängande, vilket medför en värmetransport i flänsen genom ledning. Detta torde leda till en viss utjämning av temperaturskillnaden mellan rörraderna i djupled.

Vid motström kommer det svala returvattnet att möta den kalla tilluften. Om anläggningens konstruktion är sådan, att man inte med säkerhet kan avgöra om det föreligger risk för frysning eller ej bör en genomräkning företas för olika belastningsfall. Exempel på detta ges i bilaga 3, exempel 4.

Vid medström tillförs det varma vattnet där den kalla uteluften tas in. Risken för frysning minskar därmed. En nackdel är att värmeytan måste ökas för en medströmsvärmare för att kompensera att  $\Delta t_m$  sjunker, vilket påpekats i avsnitt 1.5.3.

Om man antar att k-värdet är konstant, kan man studera kvoten mellan  $\Delta t_m$  för medström och  $\Delta t_m$  för motström, dvs

$$\frac{\Delta t_{\text{med}}}{\Delta t_{\text{mot}}}$$

vid varierande temperaturskillnader. Detta ger ett visst mått på hur mycket värmeytan borde öka för en medströmskopplad värmare jämfört med en motströmskopplad enligt formel (1), avsnitt 1.2.

En teoretisk beräkning visas i FIG. 11.

För praktiska förhållanden blir skillnaden ej så stor. Det merpris som kan komma ifråga uppvägs av att en större säkerhet mot frysning erhålls.

## 1.6 Synpunkter på frysförloppet

I värmartyper som f n är i bruk är rörraderna delvis parallellkopplade i höjdled, delvis seriekopplade, se FIG. 9a och 9b.

Enligt tidigare rekommendationer skulle värmarnas rörrader vara helt parallellkopplade såväl i djup- som i höjdled, se FIG. 9c. Detta ledde till låga hastigheter och därmed lågt tryckfall, vilket inte är önskvärt från reglersynpunkt. Instabilitet i strömningen kan uppstå vid dellast. Strömningsförloppet kan vara turbulent vid hög temperatur och laminärt vid låg temperatur.

När vattenrörets vägg nedkylts till  $0^{\circ}$  eller därunder och vattentemperaturen också sjunkit till  $0^{\circ}$  bildas iskristaller på rörets inneryta. Här förutsätts laminär strömning och fullt utbildad hastighetsprofil så att värmeövergångsförloppet är stabilt. Nu-talet är under dessa förhållanden konstant. Ur uttrycket

$$\text{Nu} = \frac{\alpha_i \cdot d_i}{\lambda_w}$$

ser man då, att om Nu skall förbli konstant vid en

minskning av diametern  $d_i$ , så måste  $\alpha_i$  öka. När en tunn is-skorpa bildats i röret, så ökar  $\alpha_i$ -värdet varvid värmeavgivningen borde öka. Så sker också vid skiktet närmast isen, medan vattenskikten längre in isolerar isen från det varmare vattnet i rörcentrum. Eftersom värmeledningstalet för vatten är ca  $0,5 \text{ W/m }^{\circ}\text{C}$  och för is ca  $2,2 \text{ W/m }^{\circ}\text{C}$ , sker frysförloppet mycket snabbt när isbildning väl har inträffat vid laminär strömning.

Att frysförloppet kan ske snabbt bekräftas även av erfarenheten.

Förhållandet kan även uttryckas så, att värdet på  $\alpha_i \cdot A_i$  ( $A_i =$  = rörets inre mantelyta per m rör) är oberoende av diametern vid laminär strömning. Om rörraderna vore seriekopplade, dvs om värmaren kunde betraktas som ett enda rör, skulle vattenhastigheten öka genom att trycket steg då radien minskade. Detta skulle leda till att strömningen kunde bli turbulent och öka  $\alpha_i$ -värdet genom konvektiv värmeövergång enligt 1.4, varvid isbildningen skulle förhindras, eller minska till en viss gräns. Vid parallellkoppling kommer vattnet att med större kraft strömma genom de andra rören om isbildningen påbörjas i ett av rören. På detta sätt växer isproppen snabbare. Genom parallellkopplingen kan dock vattnet vid sidan om isproppen tränga in i de gemensamma samlingsrören till en viss gräns. Om däremot isproppar bildas på var sin sida om en rörböj - vilket ofta är fallet - kommer det instängda vattnet att spränga rörväggen i kröken. Själva kröken är skyddad mot den kalla luften genom en ram.

I den tänkta seriekopplade värmaren kan givetvis trycket i den del av röret som ligger efter isproppen sjunka, om värmaren ingår i parallellkopplade grupper med gemensam pump.

Erfarenheten talar för en cirkulationspump för varje värmare - eller grupp av värmare - som skall värma luft under  $0^{\circ}$ .

## 1.7 Styrventilen och dess funktion

### 1.7.1 Reglerprinciper

I de flesta fall ingår värmaren i en reglerkrets av något slag. En sådan krets visas schematiskt i FIG. 12.

Styrdonet utgörs i detta fall av en motordriven styrventil.

Ventilen kan reglera värmeeffekten efter två olika principer:

- 1) Vattenflödet genom värmaren varierar, flödesreglering. FIG. 17 visar kopplingen vid tvåvägsventil och FIG. 18 vid trevägsventil. Här tänks pumpen utelämnad.
- 2) Vattenflödet genom värmaren är konstant, blandningstemperaturreglering. Tillfört pumpvarmvatten blandas med returvattnet från värmaren. FIG. 17 visar kopplingen med tvåvägsventil och FIG. 18 kopplingen med trevägsventil. Här förutsätts pumpen vara med.

Det tillförda pumpvarmvattnet kan i bägge fallen ha varierande tillloppstemperatur, styrd av utetemperaturen.

De krav som kan ställas på reglerkretsen är:

- utstorheten en linjär funktion av instorheten dvs en viss ändring av ventilinställningen skall motsvaras av en viss ändring i avgiven värmeeffekt och detta skall gälla för hela ventilrörelsen, s k effektlinjär karakteristik;
- snabb reglering, dvs systemet skall ha liten tidskonstant;
- stabilitet, dvs fritt från pendlingstendenser och okänsligt från inverkan av störstorheter.

Bland de faktorer som kan inverka på tidskonstanten kan nämnas reglermotorns hastighet, styrventilens avstånd från värmaren varvid vattenhastigheten spelar in, temperaturgivarnas placering m m.

Samspelet mellan dessa faktorer skall här endast översiktligt behandlas.

### 1.7.2 Faktorer som inverkar på regleregenskaperna

För att beskriva en ventils regleregenskaper, betraktas följande faktorer:

- Öppningskaraktistik: fri genomströmningsarea som funktion av mekanisk rörelse, t ex spindelrörelsen.
- flödeskaraktistik: flödet genom ventilen som funktion av spindelrörelsen.
- värmarens transmissionskaraktistik: avgiven värmeeffekt som funktion
  - a) av genomströmmande flöde vid flödesreglering
  - respektive
  - b) av inblandat hetvattenflöde vid blandningstemperaturreglering.

### 1.7.3 Öppnings- och flödeskaraktistik

Som grund för den slutliga funktionen styrventil - transmissionskaraktistik ligger ventilens öppnings- och flödeskaraktistik.

Öppningskaraktistiken beskriver förhållandet mellan genomströmmande flöde och ventilrörelse om tryckfallet är konstant vid olika inställningar på kägla. Då ventilen arbetar i en rörkrets kommer öppningskaraktistiken att avvika från det teoretiska förhållandet. Man talar då i stället om flödeskaraktistiken.



För att kunna beräkna avvikelsen, har ett särskilt begrepp införts: ventilauktoritet.

FIG. 13 åskådliggör schematiskt ett rörnät med styrventil, rörmotstånd och värmare.

Ventilauktoriteten  $\beta$  definieras som förhållandet mellan det tryckfall som finns över den fullt öppna styrventilen och det totala tryckfallet över hela den del av rörnätet som påverkas av ventilen, alltså

$$\beta = \frac{\Delta p_{rv}}{\Delta p_{rv} + \Delta p_{rör} + \Delta p_{värm}} = \frac{\Delta p_{rv}}{\Delta p_w}$$

Här betecknar

- $\Delta p_w$  = tryckfall för vattnet i hela rörkretsen, bar  
(mm vp)
- $\Delta p_{rv}$  = tryckfall över öppen styrventil, bar (mm vp)
- $\Delta p_{rör}$  = tryckfall (inklusive böjar, stryp- och avstängningsventiler) i rörnätet p g a friktion, bar  
(mm vp)
- $\Delta p_{värm}$  = tryckfall i värmaren, bar (mm vp)

FIG. 14 visar sambandet för linjär ventil.

FIG. 15 - " - kvadratisk ventil.

FIG. 16 - " - logaritmisk ventil.

Enligt FIG. 14-16 bör en ventilauktoritet (dvs tryckfallsandel) av 50 à 70 % eftersträvas. Detta betyder

för tvåvägsventil: tryckfallet över ventilen bör vara 0,5 à 0,7 gånger tryckfallet i hela det rörnät (inklusive ventilen) vars flöde påverkas av ventilen; FIG. 17.

för trevägsventil: tryckfallet över ventilen bör vara 0,5 à 0,7 gånger tryckfallet i den del av rörnätet (inklusive ventilen), där flödet påverkas av ventilen. I detta fall räknas rörnätet från fördelningspunkten genom värmaren till blandningspunkten; FIG. 18.

Om värmaren är försedd med lokal cirkulationspump, bortgår tryckfallet över värmaren, dvs  $\Delta p_{\text{värm}} = 0$ . Ventilauktoriteten blir då

$$\beta = \frac{\Delta p_{rv}}{\Delta p_{rv} + \Delta p_{rör}} .$$

Eftersom  $\Delta p_{rör}$  är försumbart i förhållande till  $\Delta p_{rv}$ , är ventilauktoriteten = 100 % vid lokal cirkulationspump.

Beroende på styrventilens placering i värmesystemet, kan dess valda tryckfall variera. Nära huvudpumpen väljs sålunda ett högre tryckfall.

#### 1.7.4 Värmetransmissionens karakteristik

##### 1) Flödesreglering

Temperaturförloppet för returvattnet vid konstant tillloppstemperatur och varierande belastning är schematiskt uppritat i FIG. 19.

Kurvans utseende påverkas av k-värdets ändring för olika värmartyper med olika temperaturer och flöden.

Vid minskande flöde sjunker returtemperaturen relativt konstant. Värmeeffekten är ungefär proportionell mot vattenflödet.

Vid mindre flöden sjunker returtemperaturen något mer, vilket ökar värmeeffekten och detta måste kompenseras med ytterligare minskning av flödet.

Härav följer, att en kvadratisk eller logaritmiskt arbetande ventil ger bättre och stabilare reglering än en linjärt arbetande ventil.

Vid strypning minskas strömningshastigheten. Om denna kommer under ett visst värde så att  $Re$  blir mindre än ca 2300, sker omslag från turbulent till laminär strömning, vilket minskar värmarens k-värde kraftigt. Ventilen måste då öppnas igen, och så småningom kan pendling uppstå, även om reglerkretsen i övrigt är stabil.

## 2) Blandningstemperaturreglering.

Temperaturförloppet för tillopps- och returtemperatur vid varierende belastning visas i FIG. 20.

Bägge temperaturerna sjunker då inblandningen av hetvatten minskar. Vid inblandning används returvatten, vars temperatur sjunker med belastningen, vilket förklarar att kurvorna är krökta.

FIG. 21 visar värmetransmissionskaraktistiken (relativa värmeeffekten) som funktion av relativa varmvattenflödet  $q$ .

### 1.7.5 Tolkning av karakteristikerna

Som framgår av kurvorna i FIG. 19, 20 och 21 ligger det ideala reglerförhållandet vid området kring halva flödet. Vid halv last, vilket motsvarar ca  $0,2 q$  (FIG. 21), får ventilen strypa ganska mycket. Av FIG. 16 framgår, att en logaritmisk ventil kommer att strypa till hälften vid 50 % ventilauktoritet. En linjär ventil stänger nästan helt! Ger i detta fall reglerkretsen mycket långsam ändring, kan hetvattentillförseln utebli för länge och då hjälper ej den separata cirkulationspumpen.

För att få ett linjärt förhållande mellan värmeeffekt och ventilörelse kan man studera FIG. 21 beträffande flödesreglering respektive blandningsreglering för dimensionerande temperaturfallen  $20^{\circ}$  och  $40^{\circ}$ . Det erhållna värdet på vattenflödet  $q$  för en viss relativ värmeeffekt  $Q$  överförs till FIG. 15 respektive 16. Härav framgår, att en kvadratisk öppningskaraktistik bör väljas vid större dimensionerande temperaturfall samt blandningstemperaturreglering.

Vid flödesreglering bör logaritmisk öppningskaraktistik väljas.

Ofta förekommer nattdrift, varvid halva luftflödet tillförs värmaren. Vid fallet  $-20^{\circ} - +20^{\circ}$  och fullt luftflöde inträffar halv last vid  $0^{\circ}$ , vid halva luftflödet inträffar halv last vid  $-20^{\circ}$ , varvid ventilen måste strypa. Vid  $0^{\circ}$  har man som regel lägre fram-

ledningstemperatur, speciellt vid fjärrvärme. Detta minskar frysriskerna.

Vid  $80^{\circ}$  konstant tillloppstemperatur ökar frysriskerna vid lägre last, t ex halvt luftflöde och  $0^{\circ}$ , dvs  $1/4$  last. Vattenflödet blir då ca  $0,1 \cdot q$  vilket vid logaritmisk ventil ger ca  $0,35 \cdot s$  och vid linjär ventil  $< 0,1 \cdot s$ , varvid ventilen ej reglerar tillfredsställande. Det är därför ytterst farligt med t ex igensatta filter (damm eller fuktnebslag) eller förtäckta luftintag. Om besvär uppstår kan man frångå sk nattedrift och undgå sönderfrysning. Även dåligt reglerad återluft kan skapa liknande problem, speciellt om värmarna är överdimensionerade.

#### 1.7.6 Åtgärder att förbättra reglerförloppet

Enligt avsnitt 1.7.5 bör transmissionskarakteristiken vara linjär för att ge ett stabilt reglerförlopp. Uppritas värmetransmissionskarakteristiken som funktion av flödet för olika dimensionerande returtemperaturer, FIG. 22, framgår att en sänkning av den dimensionerande returtemperaturen är berättigad.

Kurvorna gäller för flödesreglering. Vid blandningstemperaturreglering erhålls i det närmaste identiska kurvor.

En väsentlig förbättring erhålls vid större temperaturskillnad. Det har till följd att  $\Delta t_m$  sänks. Om man betraktar sambandet  $Q = k \cdot A \cdot \Delta t_m$  så framgår, att en sänkning av  $\Delta t_m$  fordrar en ökning av värmeytan  $A$ . Denna ökning kan bli mindre, procentuellt sett, än vad ökningen av  $\Delta t_m$  påkallar. Genom att välja en varmare med så få parallellkopplade rör som möjligt, och därigenom få en hög vattenhastighet, kan ett högre  $k$ -värde erhållas. Kostnaden för den ökade värmeytan kompenseras mycket väl av bättre reglerfunktioner, mindre pumpad vattenmängd och mindre rördimensioner. Om den dimensionerande returtemperaturen väljs till  $40^{\circ}$ , uppnås denna temperatur endast mycket kort tid under eldnings-säsongen. Man kan därför diskutera huruvida isoleringen skulle kunna slopas för returledningen.

## 1.8 Sammanfattning

- 1) Till varje värmartyp bör finnas uppgift på k-värdets variation med luft- och vattenhastighet. Om inte detta är möjligt, beräknas k-värdet ur geometriska data för värmaren.
- 2) Omräkningar till andra data för en värmare kan ske ur fabrikantens diagram med hjälp av temperaturverkningsgraden.
- 3) Lägsta hastigheten i en värmare kontrolleras. Denna bör ge turbulent strömning även vid  $0^\circ$  vilket motsvarar en hastighet av 0,35 m/s vid  $d_1 = 12$  mm.
- 4) Värmarna bör medströmskopplas. Inkopplingen redovisas med detaljritning.
- 5) Värmaren bör dimensioneras för ett temperaturfall av ca  $40^\circ$ , vilket ger värmaren bättre regleregenskaper.
- 6) En kvadratisk eller logaritmisk styrventil bör väljas, som resulterar i effektlinjär karakteristik.
- 7) Ventilauktoriteten i rörkretsen bör vara 50 à 70 %.
- 8) Blandningstemperaturreglering bör föredras om inte särskilda skäl föreligger.
- 9) Reglersystem med liten tidskonstant bör eftersträvas, dvs regleringen skall ske snabbt. Detta är speciellt viktigt vid motströmskoppling och vid sk nattedrift eller vid avstängning av aggregat.

## 2 DIMENSIONERING AV LUFTVÄRMARE

### 2.1 Allmänt

Dimensionering av luftvärmare sker huvudsakligen med hjälp av diagram i kataloger. Diagrammen är oftast upprättade för ett visst temperaturfall vid maximal belastning.

Beräkningsgången i stort brukar ske enligt följande schema. Här förutsätts förvärmare, dvs endast värmning av obehandlad tilluft.

- 1) Värmebehovet beräknas med hänsyn till valt luftflöde, viss del återluft samt lägsta utetemperatur.
- 2) Luftflödet omräknas till fronthastighet. Om möjligt bestäms lägsta respektive största frontarea på grundval av begränsningar i byggnadsvolymen eller värmarnas utsträckning i djupled. Härvid kan vissa faktorer spela in som låser dimensionen, t ex inbyggnad i aggregat, tillgängligt tryckfall om fläkten är bestämd, placering av filter m m.
- 3) Lämpligt temperaturfall för vattnet bestäms. För en god reglering bör  $40^{\circ}$  väljas. Vattenhastigheten bestäms genom diagram eller beräkning med hjälp av vattenarean. Så stort tryckfall som möjligt bör väljas på vattensidan. Detta medför att rörens friktionstryckfall ej får så stor inverkan i värmarkretsen, vilket tillförsäkrar värmaren tillräckligt tryck.
- 4) Om inte någon värmare passar exakt väljs i första hand en något för liten värmare varefter en omräkning görs av temperaturerna och vattenflödet så att rätt värmeeffekt erhålls. Tillloppstemperaturerna kan tillåtas variera mellan olika värmare eller värmargrupper, men injusteringen kan försvåras. Exempel på omräkningar ges i bilaga 3, exempel 3.



## 2.2 Val av speciella lösningar

Speciellt vid kraftigt varierande belastning kan en uppdelning ske på flera värmare som successivt inkopplas vid ökande last.

Stora krav måste här ställas på reglerutrustningens kvalitet och konstruktion. Vid sådana fall bör man överväga att i stället förse en värmare med fryspunktsnedsättande medel, såsom sprit eller glykol. Detta berörs i avsnitt 2.4.

En intressant lösning av problemet med dellast visas i FIG. 23, där två värmare samverkar i medströmskoppling, men där varje värmare är motströmskopplad. Detta kopplingsätt, s k Z-koppling, har flera fördelar. Kombinationen arbetar som en regulator där returvattnet hålls på samma temperatur som tilluften. Dessutom blir reglerutrustningen mycket enklare.

Värmarna kan tas ut för  $80^{\circ} - 60^{\circ}$  men måste, liksom vid all dimensionering, kontrollräknas beträffande temperaturer och vattenhastighet. Även vid halvlast bör vattenhastigheten ge turbulent strömning. Detta innebär, att konstruktören noggrant måste kontrollera att rätt värmare och reglerutrustning levereras av entreprenören. Vidare måste inkopplingsättet noggrant redovisas på ritningen.

Resultatet av en genomräkning av en flödesreglerad värmare visas i FIG. 24. I detta fall måste passningsräkning tillgripas för att lösa ekvationerna enligt formlerna (1) - (4), avsnitt 1.2. Om flödesreglering väljs, skall alltid genomräkningar och kontroll företas. Det är annars ej tillrådligt att rekommendera kopplingsättet.

Det är önskvärt, om man från fabrikanthåll kunde erhålla ytterligare diagram för värmarberäkningar för flödesreglering, inte minst med tanke på fjärrvärmeanslutning. Av speciellt intresse är att kunna erhålla större tryckfall, och därmed högre vattenhastighet, vid fler kombinationer. Det vore önskvärt att kunna erhålla värmare med inbyggd Z-koppling direkt från fabrikanten.

## 2.3 Dimensionerande temperaturer

### 2.3.1 Dimensionerande utetemperaturer

Vid uppvärmning av byggnader brukar en viss värmekapacitet verka utjämnande på inomhusklimatet. Man väljer då DUT1 eller DUT5 beroende på byggnadens konstruktion. För en ventilationsanläggning med krav att hålla en viss tilluftstemperatur bör i stället EUT1 eller EUT5 väljas. Normalt kan EUT5 väljas. Sällsynta extremtemperaturer kan klaras av med höjd tilloppstemperatur. För att studera lokala förhållanden samt extrema temperaturers varaktighet kan Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, SMHI kontaktas.

Av speciellt intresse är varaktigheten av en extrem köldperiod. Genom att räkna fram vilken högre framledningstemperatur som behövs för att klara detta extremfall, kan man undersöka om värmesystemet kan klara denna temperatur. Eftersom extremtemperaturerna vanligen inträffar nattetid är andra värmebehov såsom tappvarmvattenuppvärmning och dylikt ej aktuella.

Det är också viktigt, att det nominella luftflödet inte ökar. Detta kan inträffa genom skorstensverkan i frånluftssystemet. Frånluftsfläktarna bör varvas ned vintertid, för att kanske helt stängas av vid mycket låga temperaturer (styrning via utomhusvariatorn).

### 2.3.2 Dimensionerande vattentemperaturer

Så stor temperaturskillnad som möjligt bör väljas mellan tillopp och retur. Som riktvärde kan sättas  $80^{\circ} - 40^{\circ}$  eller  $90^{\circ} - 50^{\circ}$ . Detta ger bättre reglering och minskar därigenom frysrisk. En låg returtemperatur behöver i och för sig inte betyda större frysrisk. Systemets reglerens egenskaper och värmarens konstruktion har stor inverkan på frysrisk.

En större temperaturskillnad kräver visserligen större värmeyta och därmed dyrare värmare, men vinsten kan i gengäld bli större genom fördelarna.

Som tidigare nämnts fås bättre reglerverkan vid större temperaturfall. Genom att mindre vattenflöde är behövt fås mindre pumparbete, i vissa fall en mindre pump. Rördimensionen minskar ett steg, kanske två. Den lägre returtemperaturen medför att isoleringen på återledningen kan slopas. Vid en dimensionerande returtemperatur av  $40^{\circ}$  är returtemperaturen ca  $20^{\circ}$  under större delen av uppvärmningssäsongen.

Värmeavgivningen från rören kommer byggnaden tillgodo. (Rör förlagda i ej uppvärmda utrymmen kan isoleras som skydd mot frysning vid avstängning).

I tabellen nedan visas den teoretiska skillnaden i värmeavgivning från rör, dels med, dels utan isolering.

Teoretiska värmeförluster i kcal/m, h. Omgivande lufttemperatur =  $+20^{\circ}\text{C}$ .

Ansl nr	Övertemperatur för varmvattnet			
	$\Delta t = 10^{\circ}\text{C}$ ingen isol.	$\Delta t = 20^{\circ}\text{C}$ ingen isol.	$\Delta t = 30^{\circ}\text{C}$ ingen isol.	$\Delta t = 30^{\circ}\text{C}$ isol. 30 mm
20	7	13	20	6
25	8	17	25	6
32	11	21	32	7
40	12	24	36	8

#### 2.4 Fryspunktnedsättande medier

Den värmetekniska merkostnaden för extra värmeväxlare, expansionskärl, tillsatsmedel m m kan mer än väl uppvägas av fördelarna med systemet. Frysfaran med dess följdverkningar minskar. Reglerutrustningen blir mycket enklare. Pendlingar kan helt undvikas genom att grundvärmebehovet för att slippa tjuvutlösningar av

frys skyddet minskas. Behovet av tillsyn och kontroll minskar. Vid fjärrvärme kan en extremt låg returtemperatur väljas, vilket kan sänka driftskostnaderna.

Om systemet används i förvärmare med efterföljande kylare, kan viss besparing göras genom att under vår och höst ta in uteluft med mycket låg temperatur, som ej behöver kylas.

En viss nackdel är den ökande korrosionsfaran. Påfyllning av korrosionsskyddsmedel bör göras med jämna mellanrum. Kopplingar mellan kopparrör och stålrör bör förläggas så, att inspektion lätt kan ske.

En viss nedsättning av vattnets värmekapacitet förekommer vid tillsatsmedel. Vid sprit är denna minskning i det närmaste försumbar. Vid glykol blir minskningen något större, men kan försummas om glykoltillsatsen är mindre än 20 vikt %. I tabeller i bilaga 4 ges R-värden för glykolblandningarna 10, 30 och 50 vikt-% för koppar- och stålrör vid en vattentemperatur av  $+40^{\circ}\text{C}$ .

## 2.5 Konsekvenserna av oriktigt dimensionerade luftvärmare

Dimensionerande data för värmaren kan ändras i olika led genom påslag av värmebehov samt vid uttagning av värmaren.

Värmebehovet får ej göras för stort, eftersom hela anläggningen kan bli överdimensionerad. I och med att dimensionerande utetemperatur är vald, skall detta motsvara anläggningens värmebehov.

Vid uttagning av värmare väljs ofta en något för stor dimension. Därvid kan man olyckligt nog hamna i en gräns vad beträffar vattenrörens koppling så att fler rör har parallellkopplats. Vattenhastigheten blir låg och är värmaren för stor kommer den att arbeta med för låga vattentemperaturer och för låg strömningshastighet med frysrisk som följd. Man kan seriekoppla två batterier i stället och därmed få högre vattenhastighet. Inkoppling av värmarna bör då redovisas med detaljritning. Är värmeytan något för stor kan värmaren (för 2-djup och större) medströmskopplas.

Problem kan uppstå då filter är nedsmutsade eller utsatta för fukt. Lufthastigheten sätts ned, vilket värmetekniskt motsvarar låglast, styrventilen stryper tillförseln av hett vatten och frysskyddet löser ut. Samma problem kan erhållas vid körning på halvt varvtal (nattdrift). Konsekvenserna av detta har behandlats under avsnitt 1.7.5.

Pumpen bör dimensioneras så nära det teoretiskt beräknade värdet som möjligt. Speciellt viktigt är detta för den lokala cirkulationspumpen. Dess effekthöjande effekt påvisas med exempel 2 i bilaga 3.

Oftast dimensioneras och väljs styrventilen av reglerentreprenören efter data av värmekonstruktören. Ventilen kan därvid väljas för stor som följd av gränfall efter kapacitetsuppgift eller p g a olämplig dimension vid anslutningen till värmaren. Ventilen måste då arbeta nästan stängd vid låg belastning.

Av detta framgår, att det är lättare att komma till rätta med frysskyddsproblemen vid exakt eller något underdimensionerade värmare.

## 2.6 Sammanfattning

- 1) En uttagen värmare räknas om med hjälp av vattenflöde och temperaturer om det finns risk att den blir för stor.
- 2) För att minska frysriskerna kan värmeytan delas upp på flera steg. Ett annat alternativ är tillsats av fryspunktnedsättande medier.
- 3) Dimensionerande utetemperatur kan väljas efter EUT5. Lokala avvikelser kan studeras efter kontakt med SMHI.
- 4) Vid enstaka, kortvariga extrema utetemperaturer kan värmereserv erhållas genom höjning av tillloppstemperaturen. Ett bra skydd mot frysning erhålls genom att inte stänga av tillluftsaggregatet.

- 5) Vid stort dimensionerande temperaturfall kan rördimensionerna minskas och isoleringen på returledningen ofta slopas.
- 6) Om lokal frysskyddspump används, får denna ej överdimensioneras.
- 7) Om flödesreglering väljs, måste noggrann beräkning företas, liksom kontroll och uppföljning av värmesystemets egenskaper.
- 8) Om styrventilen har för stor dimension skall den bytas till mindre dimension.



### 3 KONSTRUKTIONSANVISNINGAR

I det följande redovisas principer för olika kopplingar. För- och nackdelar får balanseras mot varandra. Anläggningens storlek och ändamål inverkar på val av kopplingsprincip.

#### 3.1 Kopplingsprinciper

##### 3.1.1 Val av trevägs- respektive tvåvägs-ventil

Förr var trevägsventiler vanligast. I ett distributionsnät ger de konstant vattenflöde, vilket ger jämn tryckfördelning. Värmare - eller grupper av värmare - arbetar då vanligtvis efter principen blandningstemperaturreglering.

Numera har tvåvägsventilen alltmer kommit till användning. Denna kan användas i mycket stora system, där tryckutjämning sker genom att grupperna indelas i olika zoner. Även en kombination kan finnas mellan trevägsventil som är styrd efter utetemperaturen och tvåvägsventil vid värmarna.

Tvåvägsventilen är lämplig vid flödesregleringsprincipen, vilket är fördelaktigt vid fjärrvärmedistribution, där litet vattenflöde och stort temperaturfall eftersträvas. Den tål också större tryckdifferens. På sekundärsidan av fjärrvärmedistributionsnät används uteslutande denna ventiltyp och den kommer alltmer i bruk även i konventionella värmesystem. Orsaken är där ofta att värmesystemet förbereds för anslutning till fjärrvärme.

Som regel sker snabbare reglering med tvåvägsventilen. Tvåvägsventilen kan kombineras med lokal frysskyddspump.

Trevägsventilen har som nämnts ovan fördelen att ge konstant tryck ute i nätet till skillnad från tvåvägsventilen som ger ett varierande tryck. Tvåvägsventilens fördelar anses dock uppväga denna nackdel, åtminstone vid fjärrvärmesystem.

### 3.1.2 Lokal cirkulationspump

Vattenhastigheten bör alltid vara så stor, att strömningen är turbulent. Detta kan upprätthållas genom en lokal cirkulationspump, FIG. 17 och 18. Pumpen placeras i tilloppsledningen, vilken ansluts i värmarens botten för att ge de bästa förutsättningarna för avluftning. Detta kopplingsätt rekommenderas nu allmänt av fabrikanterna för värmare för kall uteluft.

Lokal cirkulationspump ger stora fördelar från regler teknisk synpunkt. Av stor vikt är en noggrann analys av värmarens arbetsförhållanden.

Speciell försiktighet bör iaktas då framledningstemperaturen alltid är hög (hetvatten). Man bör då ha ett reglersystem med liten tidskonstant, dvs en snabbt verkande reglerkrets.

Då cirkulationspumpen stannar och ger larm bör till- och frånluftsflyktarna stanna. Denna förregling medför dock att fläktarna stoppar även vid temperaturer över  $+0^{\circ}\text{C}$ . Förreglingen blockeras med en termostat vid temperaturer över  $+0^{\circ}\text{C}$ , men förfarandet komplicerar regleranläggningen.

Speciellt flödesvakten råder det delade meningar om. En vanlig typ utgörs av ett fjäderspönt blad som pressas tillbaka av vattenströmmen. Injusteringen måste ske mycket noggrant för att inte flödesvakten skall ge upphov till falskt larm. Det vore därför önskvärt med en annan typ av vakt, förslagsvis en rotationsvakt, kopplad till motorns axel. Vid våtlöpande pumpar kan därvid magnetkoppling användas för överföring av rörelsen. Även pulsräkande fototransistor kan komma till användning.

Pumpen kan utelämnas endast om anläggningen är fullständigt beräknad vad beträffar tryckfall, värmeavgivning, hastigheter och returtemperaturer. Anläggningen måste även trimmas in mycket noggrant.

### 3.1.3 Koppling med tre- och tvåvägsventil

#### 1. Trevägsventil

Principen illustreras i FIG. 18.

Helst kopplas ventilen som blandningsventil (typ sätesventil) i returledningen, varigenom fullt tryck når värmarkretsen. Tilloppsledningen ansluts enligt fabrikantens anvisningar.

Om fördelningsventil förekommer (typ plan- eller rundslid) kopplas den som fördelningsventil i tilloppsledningen.

#### 2. Tvåvägsventil

Principen illustreras i FIG. 17.

Tvåvägsventilen placeras i returledningen samt så nära värmaren som möjligt. Om värmaren används vid dellast eller om den ingår i en krets med hög framledningstemperatur (med risk att ventilen stänger) kan en ledning med radiatorventil (dim. 10) parallellkopplas med tvåvägsventilen. Härigenom tillförsäkras värmaren alltid en viss grundvärme. (Kopplingssättet gäller även trevägsventil). Grundvärmen kan i vissa fall bli för hög, om värmaren är kopplad som förvärmare. Ett reglertekniskt alternativ till förbigångskopplingar ges i avsnitt 3.3.

Gemensamt för kopplingssätten gäller:

Ventiler och värmare skall tillsammans ge en effektlinjär karakteristik.

Den lokala cirkulationspumpen dimensioneras för nettoflöde dvs utan procentuellt påslag på det beräknade flödet.

Varje värmare förses med frysskyddstermostat. Typ och reglermetod diskuteras i avsnitt 3.2.

Nedbøjningen i tilloppsledningen, ca  $3 \times d$ , förhindrar att värme tillförs luftvärmaren på grund av dubbelströmning då den är avstängd.

## 3.2 Frysskyddstermostater

Frysskyddstermostaten skall utgöra en extra säkerhet och monteras på eller i luftvärmaren. Dess uppgift är att när temperaturen understiger inställt värde stoppa fläkten eller fläktarna varvid uteluftsspjället skall stänga. En åtgärd vid frysskyddsutlösning som tidigare använts är att styrventilen dessutom öppnar helt. Detta är diskutabelt, då stora svårigheter på grund av pendlingar kan uppstå vid återstart (se avsnitt 3.3).

### 3.2.1 Typer av frysskyddstermostater

#### 1. Termostater för avkänning av luft- och flänstemperatur.

Denna typ består av en vätska i ett smalt rör där vätskans ångtryck ändras med temperaturen. I ett utförande består termostaten av ett långt kapillärrör som placeras på värmaren. I det andra utförandet avslutas kapillärröret av en bulb, som är avsedd att fästas nedtill på värmaren.

Dessa båda typer har ofta monterats felaktigt, varför de bör ersättas med andra utföranden.

#### 2. Termostater för avkänning av vattentemperaturen i värmaren.

I en version förs en långsmal bulb in direkt i ett lamellrör i värmaren i närheten av returledningen, FIG. 25.

Givaren ger en viss strypning av vattenflödet varför den lägsta temperaturen kommer att avkännas. Kapillärröret är kopplat till ett termostathus med ett relä. Det har samma utförande som för bulb avsedd för utvändigt montage.

I den andra versionen består temperaturgivaren av en halvledare som ändrar sin resistans med temperaturen, en s k termistor. Den ingår i en elektronisk krets. Termistorn är placerad i ett metallhölje, så konstruerat att givaren kan klämmas fast på ett av lamellrörets böjar utanför batteriramen. Genom den direkta

kontakten mellan metallerna kan värmemotstånden försummas. Se FIG. 26.

Dessa utföranden har flera fördelar. Bl a krävs mindre utrymme vid montering. En låg utgående temperatur hos tilluften kan hållas utan att s k tjuvutlösning inträffar.

### 3.2.2 Funktionsansvar

Tidigare har reglerentreprenören levererat och monterat frysskyddstermostaten samt svarat för dess funktion. Härvid har problem uppstått med att få tillräckligt utrymme för montering av bulben då luftvärmaren hopkopplats med exempelvis en luftkylare vilket beror på att frysskydden som regel monterats i efterhand. Detta förhållande har ofta medfört att bulben blivit hängande i luftströmmen utan metallisk kontakt med värmaren. I vissa fall har termostatens hus och kapillärrör varit monterade i en temperatur som understigit dess inställning vilket orsakat tjuvutlösningar.

För att eliminera dessa problem bör frysskyddstermostaterna monteras av ventilationsentreprenören. Detta klarläggs i beskrivningen. Ett exempel ges i FIG. 27.

### 3.3 Reglerkrets med frysskyddstermostat

Det har visat sig att värmare frusit trots att frysskyddsfunktionerna fungerat. Detta har i allmänhet berott på att spjällen inte varit helt täta. Läckluft har passerat värmaren och temperaturgivaren i tilluften har styrt styrventilen att strypa tillflödet av varmt vatten. Är reglersystemets tidskonstant stor eller ventilen monterad långt från värmaren kan värmaren svalna så snabbt att styrventilen ej hinner öppna. Frysning av samma orsak har inträffat, då aggregatet stängts av under natten. Läckluften kan förhindras genom tätare spjäll, men dessa är tämligen kostsamma. Frånluftsfläktarna skall helst stanna, vilket minskar läckflödet. För speciella lokaler (t ex laboratorier) som kräver frånluft, kan i så fall anordnas förbigångsspjäll.

En lösning som tidigare använts är den s k norrlandskopplingen, vilket innebär att styrventilen alltid går till öppet läge då fläkten stannar. Frysfaran är eliminerad, men metoden har flera nackdelar. Vid start finns så mycket värme magasinerat att styrventilen kommer att stänga snabbt. Svåra pendlingar kommer att uppstå. Om ventilen är stängd för länge kommer frysskyddet att lösa ut. Aggregatet kan vara omöjligt att starta.

För att undvika frysskyddsutlösningar eller sönderfrysningar kan ventilens stängning blockeras eller olika givare styra ventilen.

Under förutsättning att spjället är tätt och temperaturgivaren monterad nära värmaren kan givaren styra ventilen, FIG. 28.

Ett annat sätt att undvika frysning då aggregatet står är att alltid ha grundvärme genom en förbigångsledning med en radiatorventil eller termostatventil, vilket påpekats i avsnitt 3.1.3. Detta ger en viss grundvärme som dock, om den är för stor, kan ge upphov till startsvårigheter av samma orsaker som vid norrlandskopplingen.

Ett regelsätt som visat sig fungera tillfredsställande är att montera en termostat i returvattnet från värmaren som inställs på ca  $+20^{\circ}\text{C}$ . Termostaten för returvattnet kan antingen monteras i dykrör eller som anliggningstermostat. Om denna termostat är inkopplad, såväl under drift som då aggregatet är avstängt, minskar risken för frysskyddsutlösningar. Denna termostat bör dock urkopplas då utetemperaturen överstiger  $+5^{\circ}\text{C}$  för att undvika att lufttemperaturen överstiger den önskade vid låga belastningar. Ett principschema visas i FIG. 28.

#### 3.4 Synpunkter på luftvärmarens konstruktion

Värmare med kamflänsrör är nu på tillbakagång. Orsaken är bl a liten värmeavgivande yta per meter rör samt genomgående stål som material, vilket gör värmaren mycket tung. Detta utförande kan endast konkurrera med värmare med lameller av aluminium och rör av koppar under förutsättning att pris och driftskostnad per



effektenhet är lägre. Kamflänsvärmaren har emellertid vissa fördelar: den är robust och tål lindrig frysning. Igensättning av flänsarna medför ej så stort tryckfall på luftsidan som vid lamellflänsvärmare.

Utvecklingen för lamellflänsvärmarna har gått mot tunnare flänsar och tätare delning för både rör och flänsar. Härigenom erhålls större värmeeffekt per meter rör.

Enligt en undersökning av Granryd (1964) beträffande optimering av årskostnaden - med hänsyn till lufthastighet, flänstjocklek, flänsdelning m m - är kurvorna för specifika årskostnaden mycket flacka kring optimum. Som exempel kan nämnas att den teoretiska optimala flänstjockleken ligger mellan 0,2 - 0,5 mm. Den teoretiska optimala frontlufthastigheten är ca 4 m/s vid 1000 driftstimmar per år och ca 2 m/s vid 8700 driftstimmar per år, dvs kontinuerlig drift, gällande för flänsavståndet 3 mm. Det optimala djupet är en eller två rörraders djup.

Eftersom kurvorna är tämligen flacka kring optimum och man i de flesta fall är ganska låst genom inbyggnadsmått och dylikt, torde valet av luftvärmare närmast avgöras av vattenhastigheten.

Som tidigare framhållits måste vattenhastigheten hållas uppe för att undvika frysning. Detta kan ske genom att antalet parallellkopplade rörrader minskas. Alternativt kan en mindre rördimension komma till användning för värmare med låga effekter.

Den övre hastighetsgränsen är satt till 1,5 m/s av de flesta fabrikanterna. Enligt FIG. 29 skulle denna hastighet och kanske något högre hastighet kunna hållas, eftersom temperaturen under större delen av uppvärmningssäsongen är ganska låg ( $< 50^{\circ}$ ) och dessutom - vid förvärmare - är aggregatet avstängt vissa tider. Vid tillsats av fryspunktsnedsättande medier bör däremot hastigheten ej överstiga 1 m/s.

### 3.5 Sammanfattning

- 1) Trevägs- eller tvåvägsventil i återledningen med lokal frysskyddspump rekommenderas under normala förhållanden.
- 2) Som frysskyddstermostat rekommenderas en typ som placeras i vattnet i ett lamellrör alternativt en typ som kläms fast på en lamellrörsböj.
- 3) För att förhindra alltför kraftig uppvärmning av luftvärmaren med åtföljande startsvårigheter vid avstängning eller frysskyddsutlösning kan en minimibegränsningstermostat placeras i återledningen inställd på ca 20°.
- 4) Vid frysskyddsutlösning skall spjället stänga och samtliga fläktar, även frånluftsfläktar, stanna.

Följande sammanställning av erfarenheter grundar sig på intervjuer med konstruktörer, driftspersonal, skadereglerare från försäkringsbolag samt studiebesök.

Luftintag	Luftintag får ej vara placerade så att de kan täckas av snö och is från takkant. Luftfilter i intag placeras så att snö eller regn ej kan nå filtret.
Spjäll	Otäta spjäll medför besvär med läckluft. Det är viktigt att ledarmarna mellan spjällbladen löper lätt annars belastas motorn med ryckig gång. Är spjället försett med många blad hänger en del upp sig vid stängning och står öppna.
Fläktar	Om remskivorna sitter snett kan remmarna slitats ned. Fläkten går med lägre varvtal. För tilluftsfläkt kan detta medföra besvär med regleringen.
Frånluftsfläktar	Vid mycket kall väderlek har det varit svårt att få rätt temperatur på tilluften. Detta kan bero på att självdragsventilation vintertid bidrar till att öka flödet. Frånluftsfläktarna kan därför varvas ned vintertid.  Frånluftsfläktar som varit i drift när tilluftsaggregat stannat har orsakat frysning.
Vattentemperatur	Temperaturen på vattnet till luftvärmaren bör anpassas till utetemperaturen. Detta innebär en shuntning av primärkretsens hetvatten. Oshuntat hetvatten i sekundärkretsen medför sämre regleringsegenskaper hos luftvärmaren.
Glykol eller sprit i vattensystemet	System med glykol eller sprit synes fungera bra. Det har dock inträffat fall med korrosion vid övergången mellan stål- och kopparrör. Korrosions-

skyddsmedel bör tillsättas med jämna mellanrum. Merkostnaden för dessa system kan t ex uppvägas av inbesparingar i driftskostnaden för kylsystemet, eftersom tilluft med låg temperatur kan användas.

Filter i  
vattensystemet

Filter i vattensystemet har igensatts och förorsakat frysning. Kontroll måste ske med jämna mellanrum om filter används, t ex i samband med värmemängdsmätare.

Pumpar

Anläggningar som givit upphov till besvär har förbättrats efter montering av lokal frysskyddspump.

I en anläggning där fjärrvärme installerats har man gått ifrån lokala cirkulationspumpar i samband med byte till tvåvägsventiler i värmesystemet. Sekundärkretsens vatten är variatorstyrt. Kommutatorreglerade huvudpumpar med tryckavkännande organ längst bort i kretsen säkerställer pumptrycket.

Mindre cirkulationspumpar kan ofta kärva om de stått still en längre tid. En alltför liten motor bör undvikas. Vådan av för kraftig pump har berörts i avsnitt 2.5.

Pumptryck

I äldre anläggningar är pumptrycket ofta ojämnt fördelat i systemet. Efteråt monterade lokala cirkulationspumpar har medfört bättre strömningsförhållanden i rörsystemet och därmed färre frysningar.

Styrventiler

Om det i fjärrvärmeanläggningar förekommer trevägsventiler bör dessa bytas ut mot tvåvägsventiler. Att proppa ena porten i trevägsventiler för att göra dem till tvåvägsventiler är missriktad sparsamhet.

Ventilen bör placeras nära värmaren och ej nere i källaren om värmaren är placerad på vinden. Ven-

tilen kan stanna i stängt läge. Detta kan bero på reglerfel, t ex fel värde på begränsningstermostat eller stopp i pneumatisk rörledning.

Kamflänsrör	Kamflänsrör tål frysning till en viss gräns, ned till $-7^{\circ}\text{C}$ . Om de spricker kan de lagas på platsen och behöver ej bytas ut. Lindrigare frysningar kan tinas med blåslampa.
Avstängnings- ventiler	Flera fall av frysning har inträffat till följd av att obehöriga skruvat på avstängningsventilerna. Dessa bör därför låsas på lämpligt sätt.
Frysskydd	Frysskyddstermostatens bulb är ofta lös eller felaktigt monterad. Det har hänt att frysskydden, efter att ha givit upphov till flera tjuvutlösningar, blivit omställda med frysning som följd.  Frysskydd på eftervärmare efter avfuktningssystem (kylare) har satts ur funktion varvid eftervärmaren har frusit. En minimibegränsningstermostat efter kylaren kan skydda eftervärmaren.
Larm	Larm vid frysskyddsutlösning bör ha manuell återställning.  Åtgärder skall omedelbart vidtas vid frysskyddsutlösning. En ispropp kan ha sprängt ett lamellrör utan synliga vattenskador, därför att isproppen hindrar vattnet att tränga ut vid kyla.
Värmesystemets totala egenskaper	Stabil vattentemperatur krävs i systemet. Vid stor tidskonstant kan pendlingar uppstå och frysningar inträffa särskilt vid häftiga omsvängningar i väderleken.
Elcentral	För att underlätta service och kontroll bör elcentral förläggas i anslutning till fläktrum. Elcentraler bör vara låsta, så att inte obehöriga

kan ta sig in och stänga pumpar med haveri som följd, vilket har inträffat.

- Serviceutrymme Det har visat sig att om inte tillräckligt utrymme finns för service blir anläggningen ofta misskött: frysskyddet monteras fel, funktionsprov uteblir, filtret rengörs inte m m.
- Översyn När en regelbunden översyn av anläggningen företas skall frysskyddet provas. Detta har i flera fall lett till mindre besvär.
- Driftsinstruktioner Tydliga och klara driftsinstruktioner kan lösa många frysproblem.
- Nattdrift Vid många anläggningar uppstår problem med tjuvutlösningar av frysskydd, speciellt vid sk nattdrift då fläkten varvas ned. Detta kan undvikas genom att köra anläggningen för fullt dygnet runt.
- Golvbrunnar Ett genomgående önskemål är att det skall finnas en golvbrunn i varje fläktrum. Dessa måste dock ofta vara av speciellt utförande p g a de tryckvariationer som förekommer.



Bagge, J, 1968, Vesivahinkoja ilmastoinnissa (vattenskador i luftbehandlingsanläggningar), LVI, 2, p. 20-21, 7, p. 10-13. Helsingfors.

Bayer, C & Koch-Emmery, W, 1969, Das stationäre Betriebsverhalten von wasserbeheizten Lufterhitzern bei verschiedenen Lastzuständen, Gesundheits-Ingenieur, 3, p. 87-93.

Bäckström, M, 1951, Kylteknikern. Stockholm.

Bäckström, M, 1965, Värmetransporter. Stockholm.

Edman, M, 1967, Batteriet behøver ikke å fryse, Norsk VVS, 2, p. 50-52. Oslo.

Enérus, B, 1961, Värmeväxlares driftskaraktistik. (Förlags AB VVS) VVS, 2, p. 49-53. Stockholm.

Enérus, B, 1966, De billiga värmebatterierna. (Förlags AB VVS) VVS, 7, p. 381-388. Stockholm.

Enfors, L, 1962, Reglerventiler. (Förlags AB VVS) VVS, 3, p. 69-77. Stockholm.

Granryd, E, 1964, Värmeövergång och tryckfall vid påtryckt strömning genom flänselament. (Inst. för mek. värmeteori och kylteknik, KTH ) Stockholm.

Gröber, H, Erk, S & Grigull, U, 1963, Grundgesetze der Wärmeübertragung. (Springer-Verlag ) Upplaga 3. Berlin.

Haij, C, 1961, Frysskyddsfrågor i samband med varmvattenuppvärmda luftbehandlingsanläggningar. (Förlags AB VVS) VVS, 10, p. 349-354. Stockholm.

Hallmarken, E, 1964, Regleringshandbok. (AB Svenska Fläktfabriken ) Stockholm.

Lindgren, S & Mattsson, E, 1963, Skadeverkningar i varmvattenledningar av koppar till följd av hög strömningshastighet. (IVA:s korrosionsnämnd) Bulletin nr 37. Stockholm.

Markebo, S, 1968, Välj rätt reglerventil. (Fackpressförlaget AB) Modern datateknik med Reglerteknik, 1-2, p. 30-32, 3, p. 31-34. Stockholm.

Pierre, B, 1951, Värmeutbytande ytors dimensionering. (Förlags AB VVS) VVS, 8. Stockholm.

Pierre, B, 1963, Kompendium i mekanisk värmeteori, del IV. (Inst. för mek. värmeteori och kylteknik, KTH.) Stockholm.

Råd och anvisningar till VVS AMA 1966, 1966. (Förlags AB VVS) Bilaga 9: Inkoppling av luftvärmare och luftkylare. Stockholm.

Slöör, H, 1960, Kan varmlufts batteriet ges effektivt frysskydd? (Värme- och Sanitetstekniska Föreningen i Finland) Värme- och Sanitetsteknikern, 4, p. 141-142. Helsingfors.

Slöör, H, 1961, Frysskydd för ventilations- och luftkonditioneringsanläggningar. (Värme- och Sanitetstekniska Föreningen i Finland) Värme- och Sanitetsteknikern, 4, p. 216-225. Helsingfors.

VDI - Wärmeatlas. Berechnungsblätter für den Wärmeübergang, 1963. (VDI-Verlag GmbH) Düsseldorf.

VVS-handboken, 1963. (Förlags AB VVS) Stockholm.



FIGURER

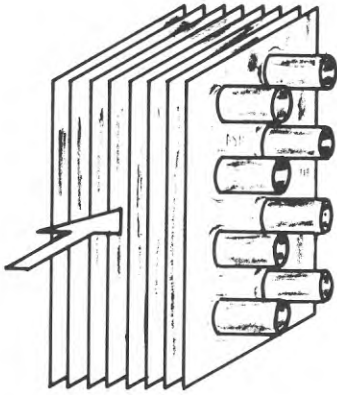


FIG. 1. Lamellfläns-  
element.

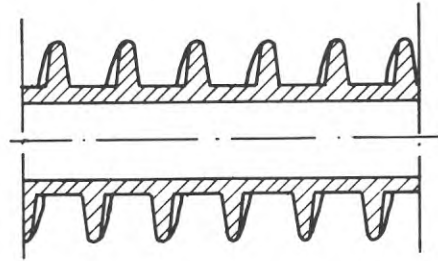


FIG. 2. Kamfläns-element  
(kamflänsrör).

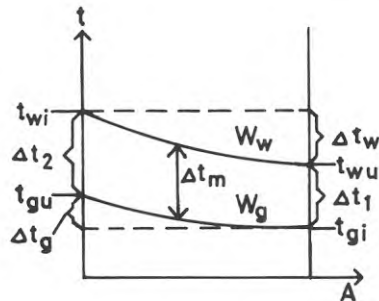
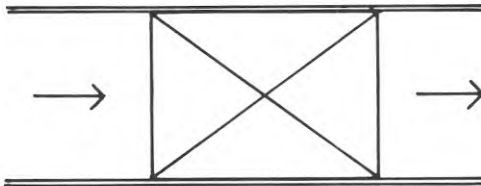


FIG. 3. Temperaturförloppet i en värmeväxlare åskådliggörs i ett temperaturdiagram.

- $t$  = temperatur,  $A$  = värmeöverföringsyta,  
 $t_{wi}$  = ingående vattnets temperatur,  
 $t_{wu}$  = utgående vattnets temperatur,  
 $\Delta t_w$  = vattnets temperaturändring,  
 $t_{gi}$  = ingående luftens temperatur,  
 $t_{gu}$  = utgående luftens temperatur,  
 $\Delta t_g$  = luftens temperaturändring,  
 $\Delta t_1$  = temperaturdifferens mellan medierna,  
 $\Delta t_2$  = temperaturdifferens mellan medierna,  
 $\Delta t_m$  = medeltemperaturdifferensen mellan medierna.

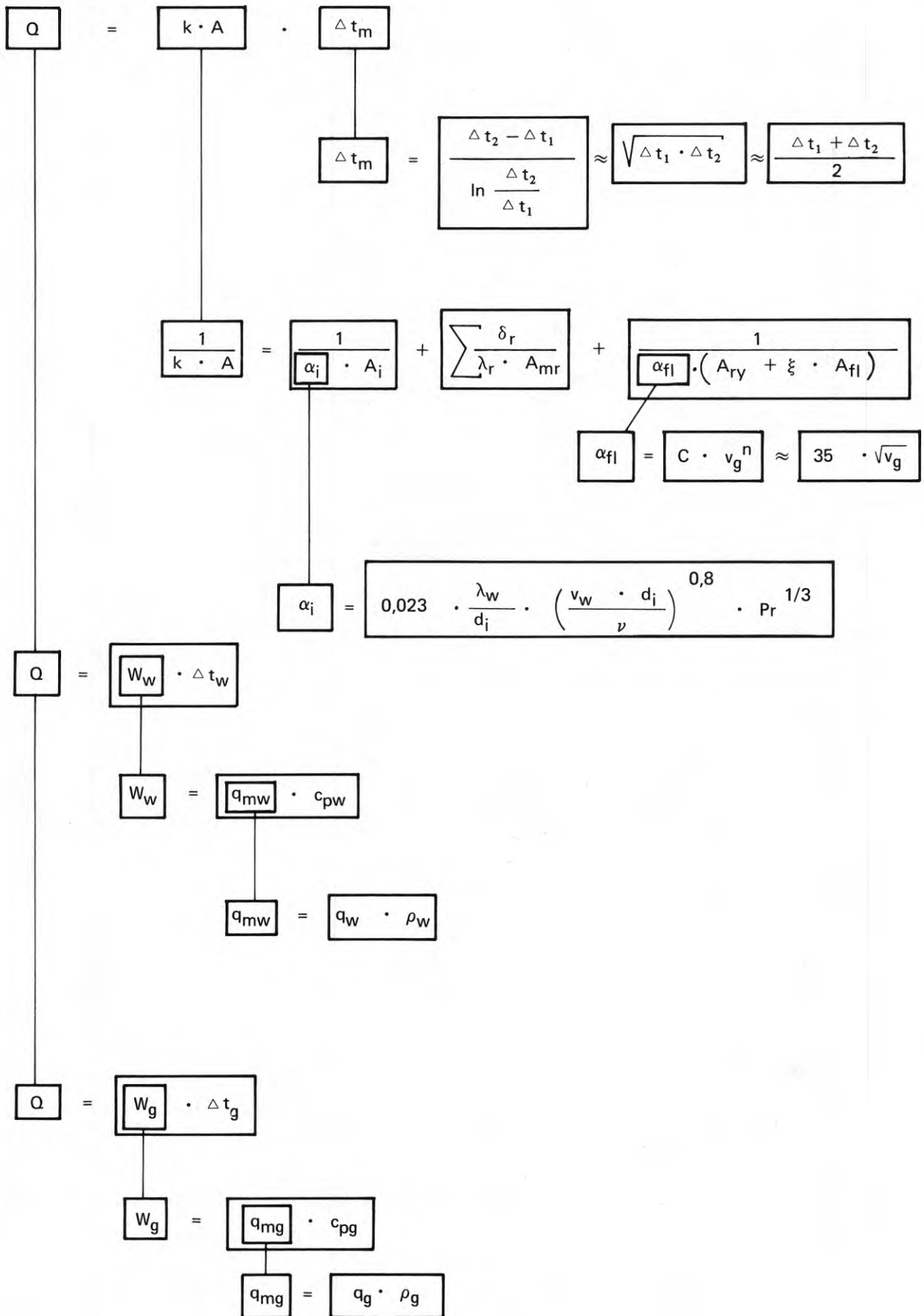


FIG. 4. Schematisk översikt av beräkningsformler för luftvärmare.



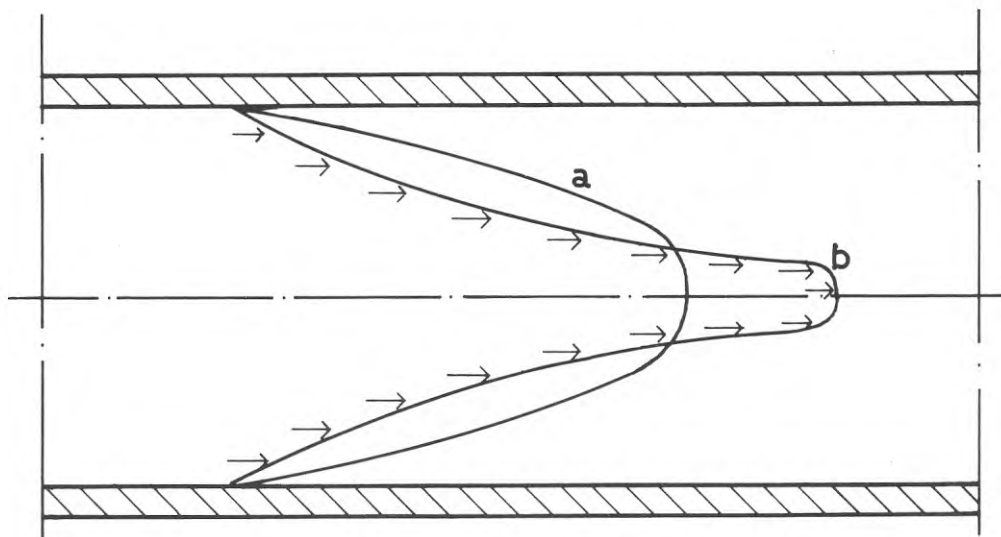


FIG. 5. Hastighetsprofil för vatten i en luftvärmare.

a = profil vid isotermisk strömning, dvs. vattentemperaturen konstant i röret.

b = profil vid avkylning vid rörets vägg.

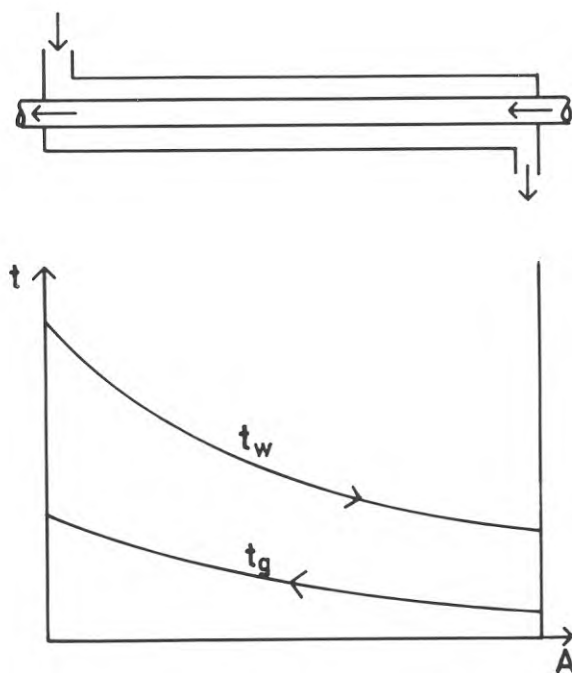


FIG. 6. Principiell konstruktion av motströmsvärmväxlare med temperaturdiagram.

$t_w$  = varma mediets (t.ex. vatten) temperaturförlopp.

$t_g$  = kalla mediets (t.ex. luft) temperaturförlopp.

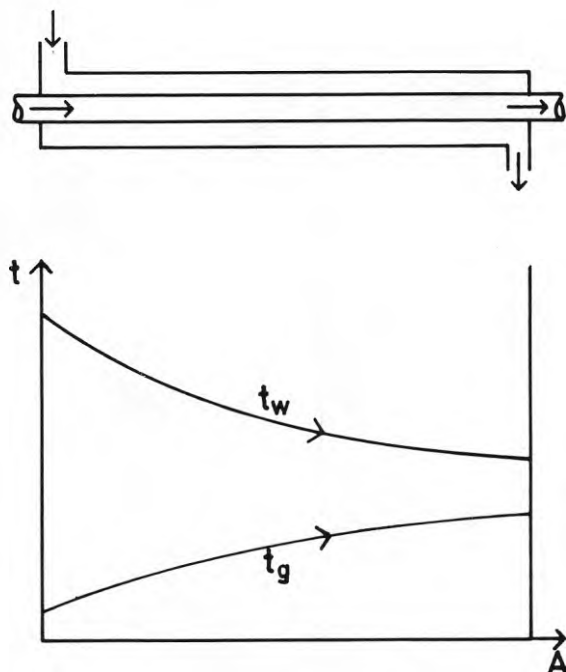


FIG. 7. Principiell konstruktion av medströmsvärmväxlare med temperaturdiagram.

$t_w$  = varma mediets (t.ex. vatten) temperaturförlopp.

$t_g$  = kalla mediets (t.ex. luft) temperaturförlopp.

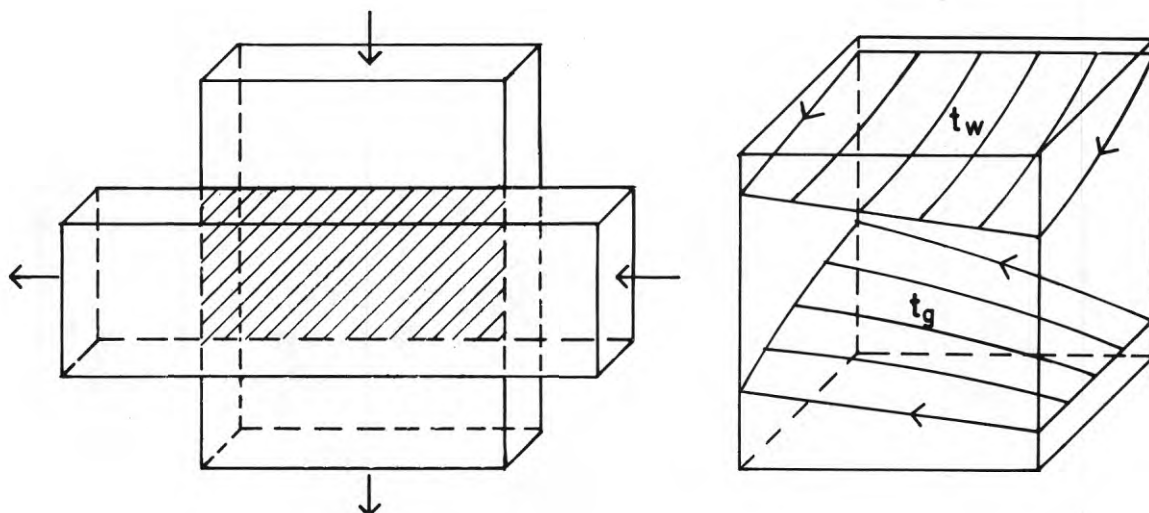


FIG. 8. Principiell konstruktion av korsströmsvärmväxlare med temperaturdiagram.

$t_w$  = varma mediets (t.ex. vatten) temperaturförlopp.

$t_g$  = kalla mediets (t.ex. luft) temperaturförlopp.

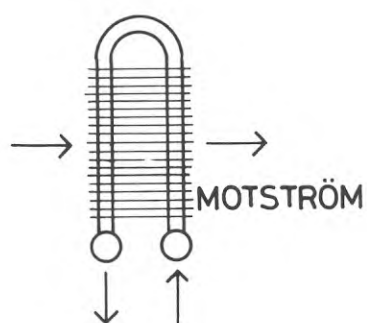


FIG. 9a. Luftvärmarens konstruktion enligt motströmsprincipen.

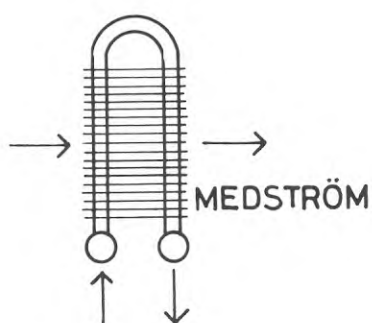


FIG. 9b. Luftvärmarens konstruktion enligt medströmsprincipen.

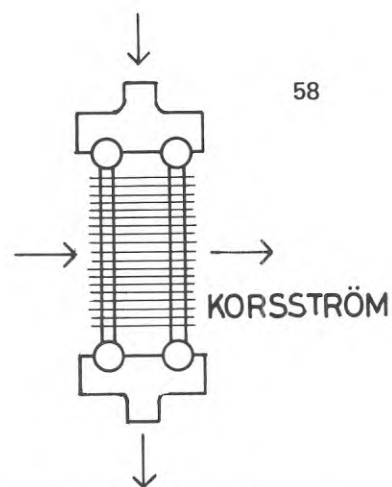


FIG. 9c. Luftvärmarens konstruktion enligt korsströmsprincipen.

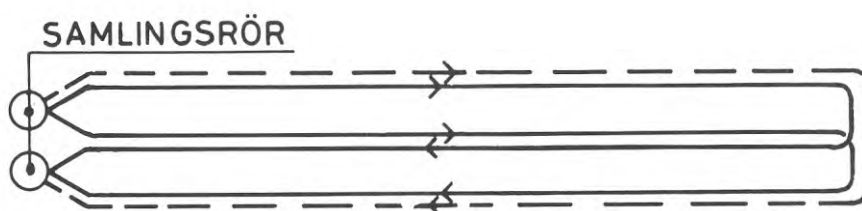


FIG. 10. Exempel på rördragning vid tre rörraders djup i en luftvärmare. Rördragningen kan även varieras i höjddled.

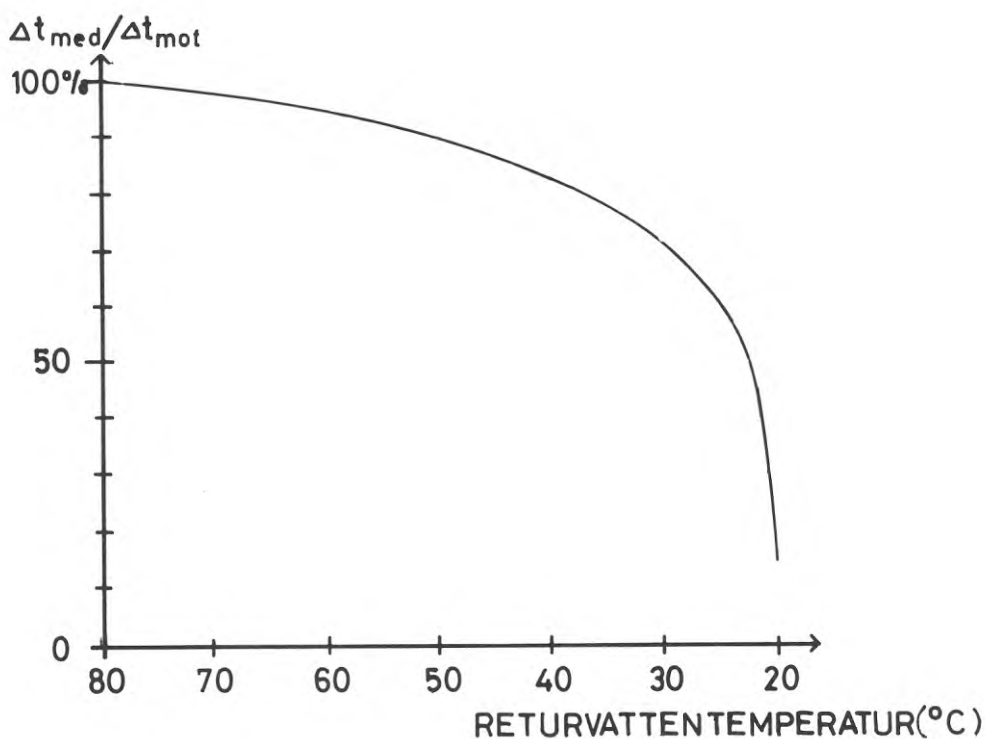


FIG. 11. Förhållandet (i %) mellan logaritmiska medeltemperaturdifferenserna för medström resp. motström ( $\Delta t_{med}/\Delta t_{mot}$ ) vid olika returvattentemperaturer.  
 Ingående vattentemperatur: +80°C  
 Ingående lufttemperatur: -20°C  
 Utgående lufttemperatur: +20°C  
 (Efter AB Svenska Fläktfabriken.)

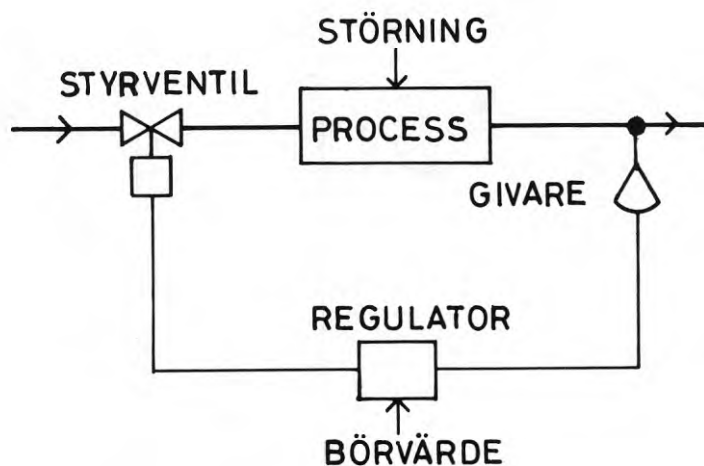


FIG. 12. Blockschema över reglerkrets.

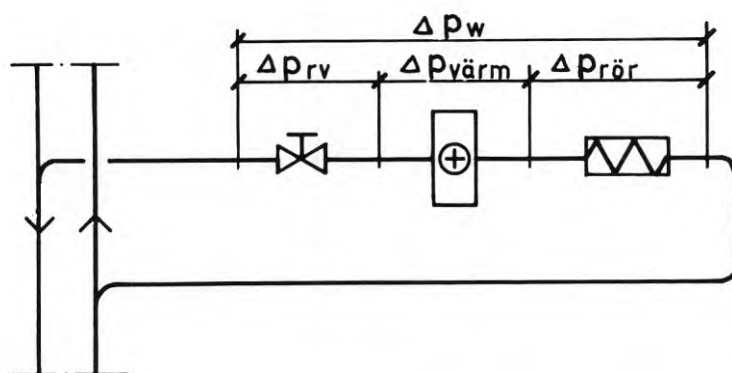


FIG. 13. Schematisk återgivning av strömningsmotstånden i ett rörnät.

- $\Delta p_{rv}$  = tryckfall över stryp- och styrventil  
 $\Delta p_{värm}$  = tryckfall över luftvärmare  
 $\Delta p_{rör}$  = tryckfall över rörkretsen (friktions- och stötförluster)  
 $\Delta p_w$  = tryckfallet över hela reglerkretsen.

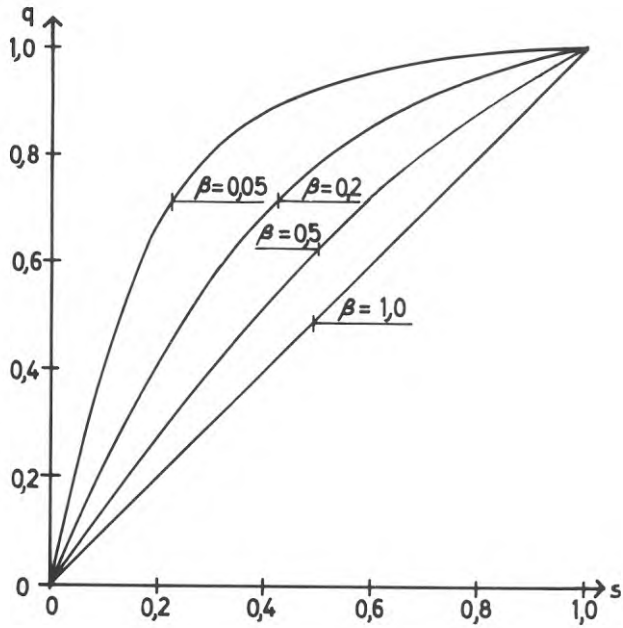


FIG. 14. Flödeskaraktistiken  $q$  som funktion av ventilens lyfthöjd  $s$  vid linjär ventil.

$\beta$  = ventilauktoritet, dvs. tryckfallsandel.  
(Efter Enfors, 1962.)

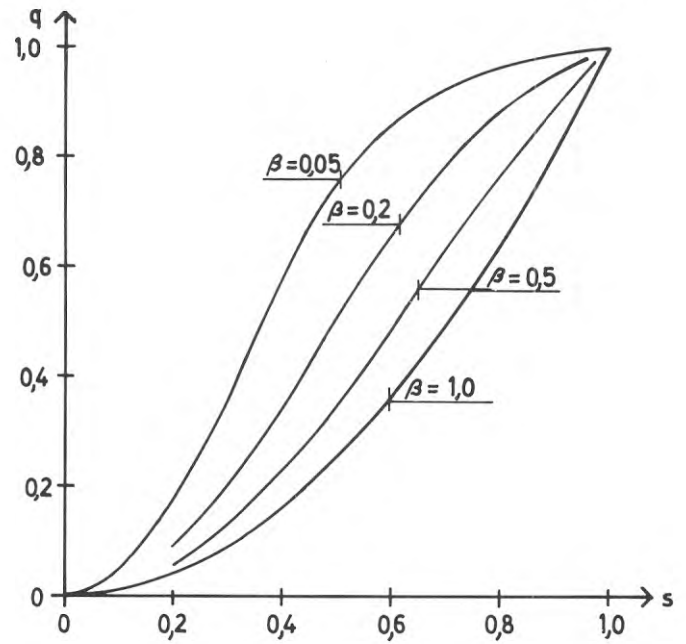


FIG. 15. Flödeskaraktistiken  $q$  som funktion av ventilens lyfthöjd  $s$  vid kvadratisk ventil.

$\beta$  = ventilauktoritet, dvs. tryckfallsandel.  
(Efter Enfors, 1962.)

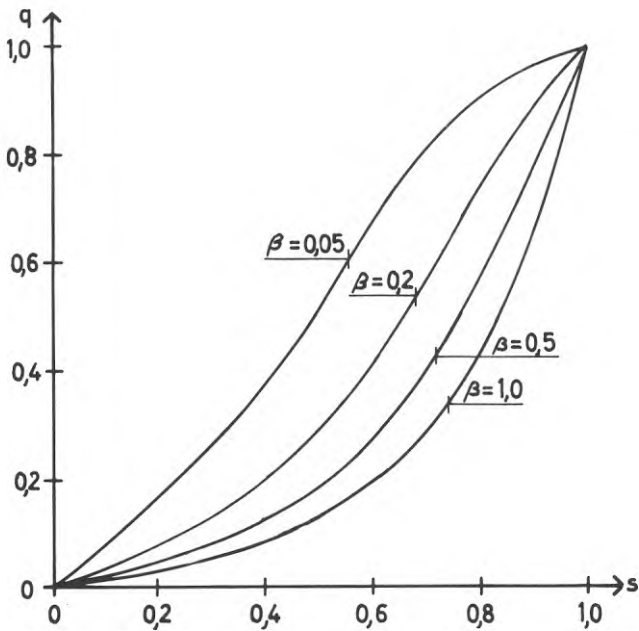


FIG. 16. Flödeskaraktistiken  $q$  som funktion av ventilens lyfthöjd  $s$  vid logaritmisk ventil.

$\beta$  = ventilauktoritet, dvs. tryckfallsandel.  
(Efter Enfors, 1962.)

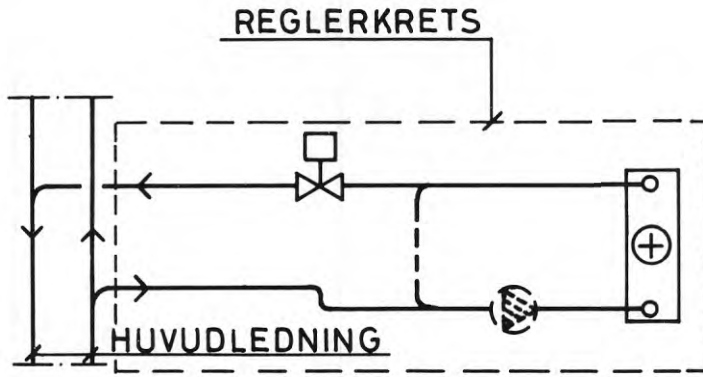


FIG. 17. Reglerkrets med tvåvägsventil.

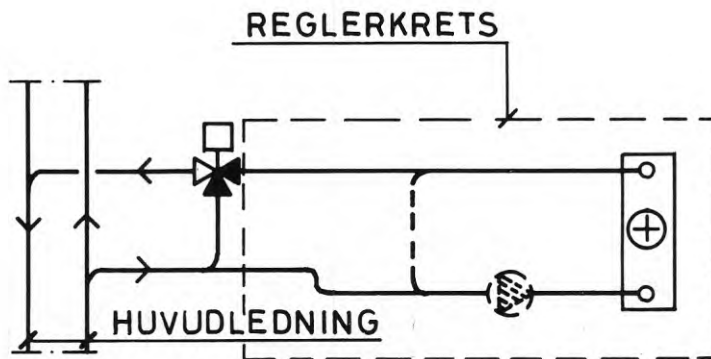


FIG. 18. Reglerkrets med trevägsventil.



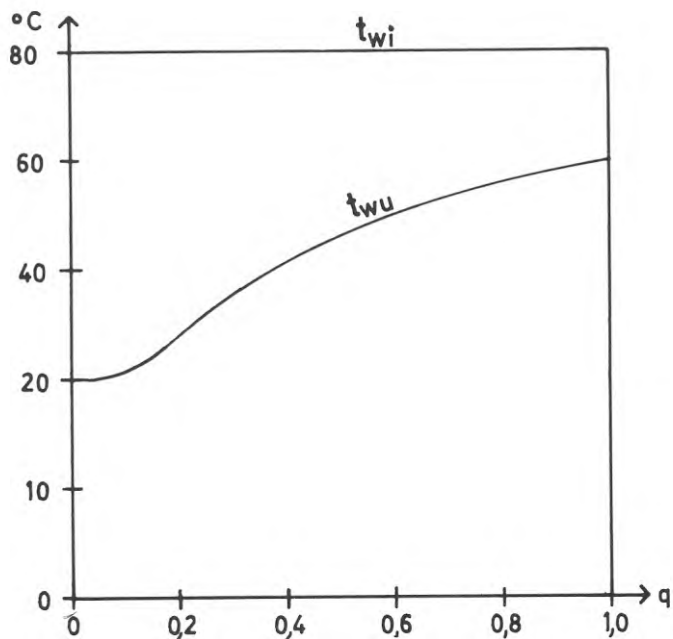


FIG. 19. Ingående vattentemperatur ( $t_{wi}$ ) och utgående vattentemperatur ( $t_{wu}$ ) som funktion av vattenflödet  $q$  vid flödesreglering.  
(Efter Enfors, 1962.)

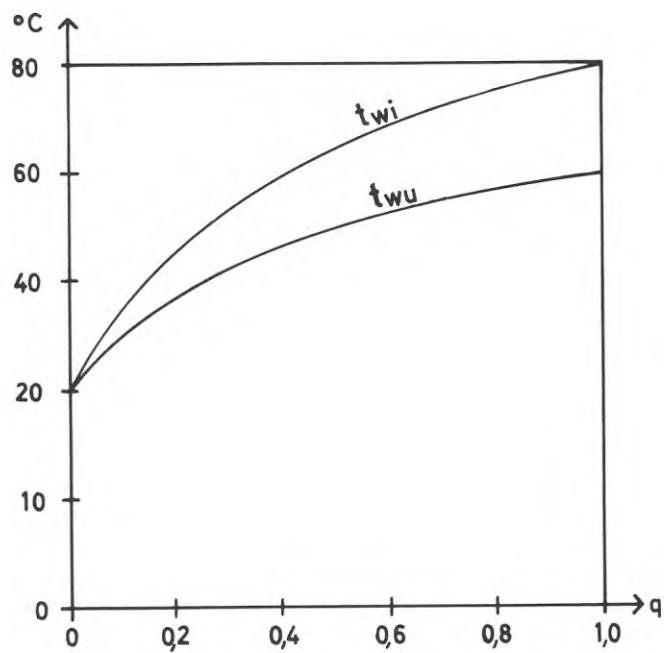


FIG. 20. Ingående vattentemperatur ( $t_{wi}$ ) och utgående vattentemperatur ( $t_{wu}$ ) som funktion av tillfört varmvattenflöde  $q$  vid blandningstemperaturreglering.  
(Efter Enfors, 1962.)

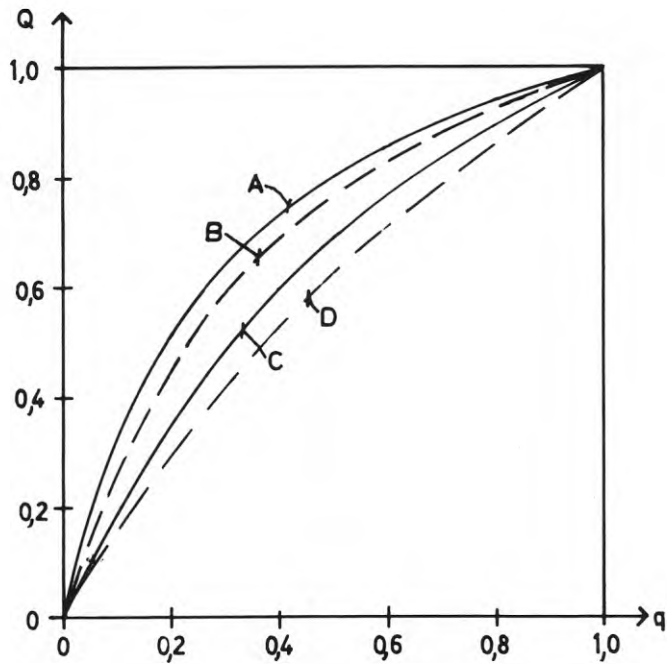


FIG. 21. Värmetransmissionskarakteristiken (relativa värmeeffekten)  $Q$  som funktion av vattenflödet  $q$ .

Dimensionerande temperaturer:

ingående lufttemperatur:  $-12^{\circ}\text{C}$ ,

utgående lufttemperatur:  $+24^{\circ}\text{C}$ ,

Kurva A: Flödesreglering  $90^{\circ} - 70^{\circ}$ ,

Kurva B: Blandningstemperaturreglering  $90^{\circ} - 50^{\circ}$ ,

Kurva C: Flödesreglering  $90^{\circ} - 50^{\circ}$ ,

Kurva D: Blandningstemperaturreglering  $90^{\circ} - 50^{\circ}$ .

(Efter Bayer & Koch-Emmery, 1969.)

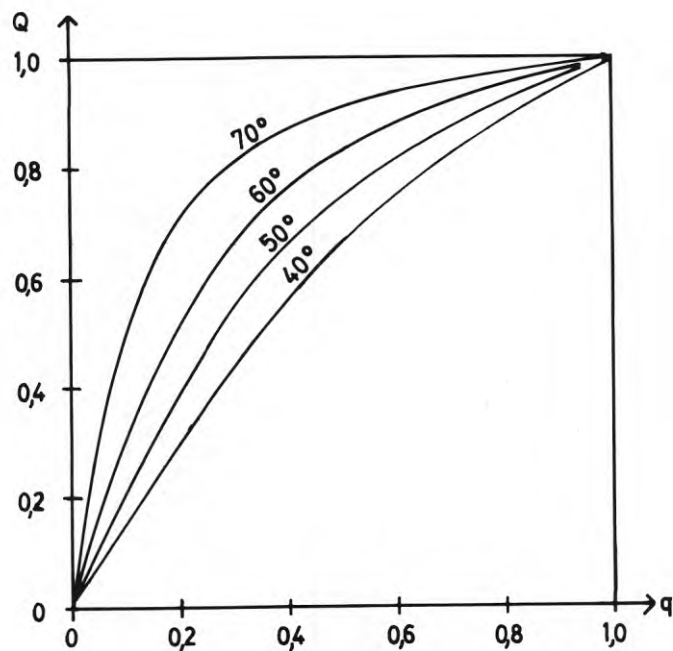


FIG. 22. Värmetransmissionskarakteristiken (relativa värmeeffekten)  $Q$  som funktion av vattenflödet  $q$  vid olika dimensionerande utgående vattentemperaturer vid flödesreglering.

(Efter Enfors, 1962.)

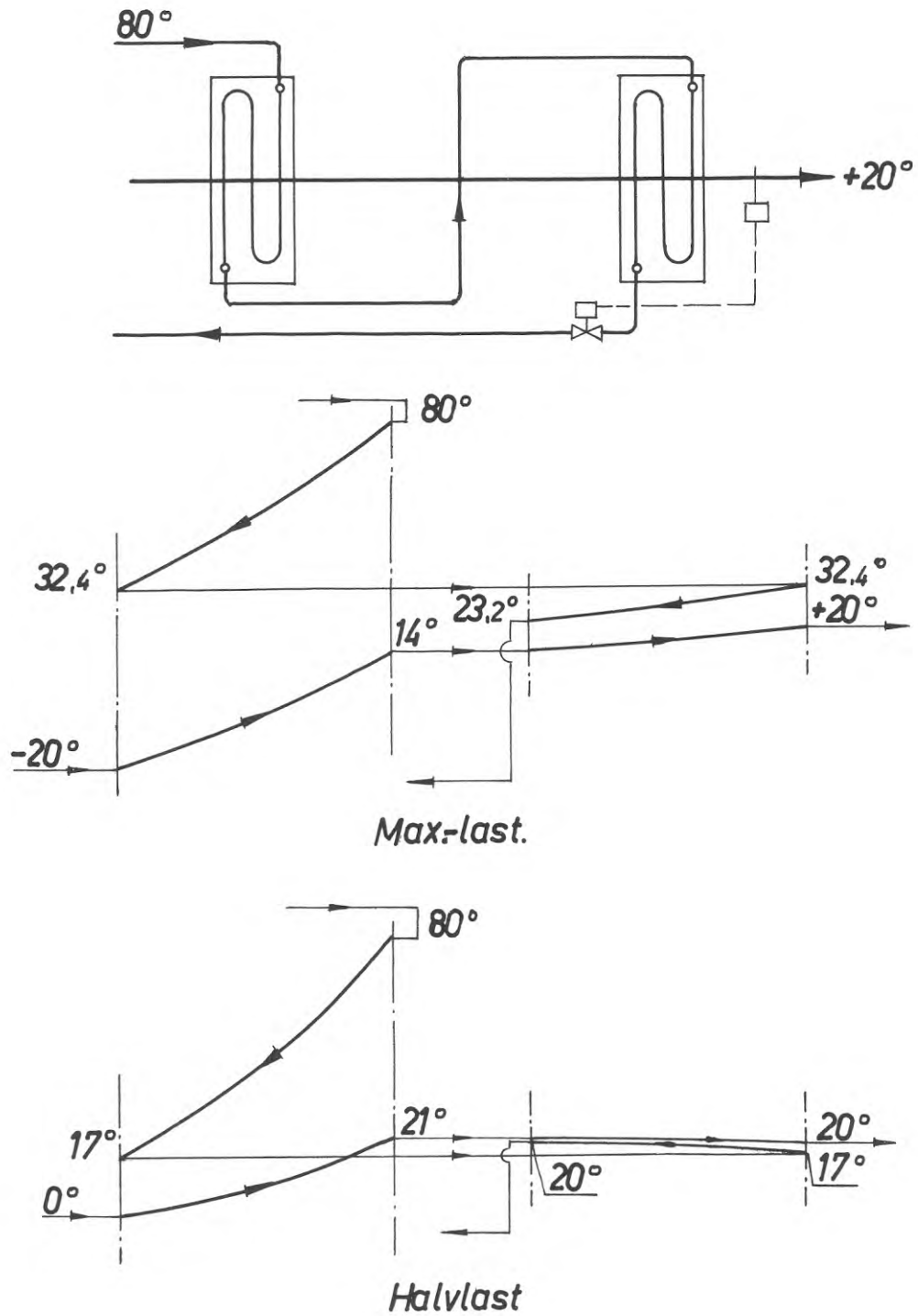


FIG. 23. Två luftvärmare i flödesreglerad Z-koppling. Värmarna är motströmskopplade invändigt och medströmskopplade sinsemellan. (Efter Enérus, 1966.)

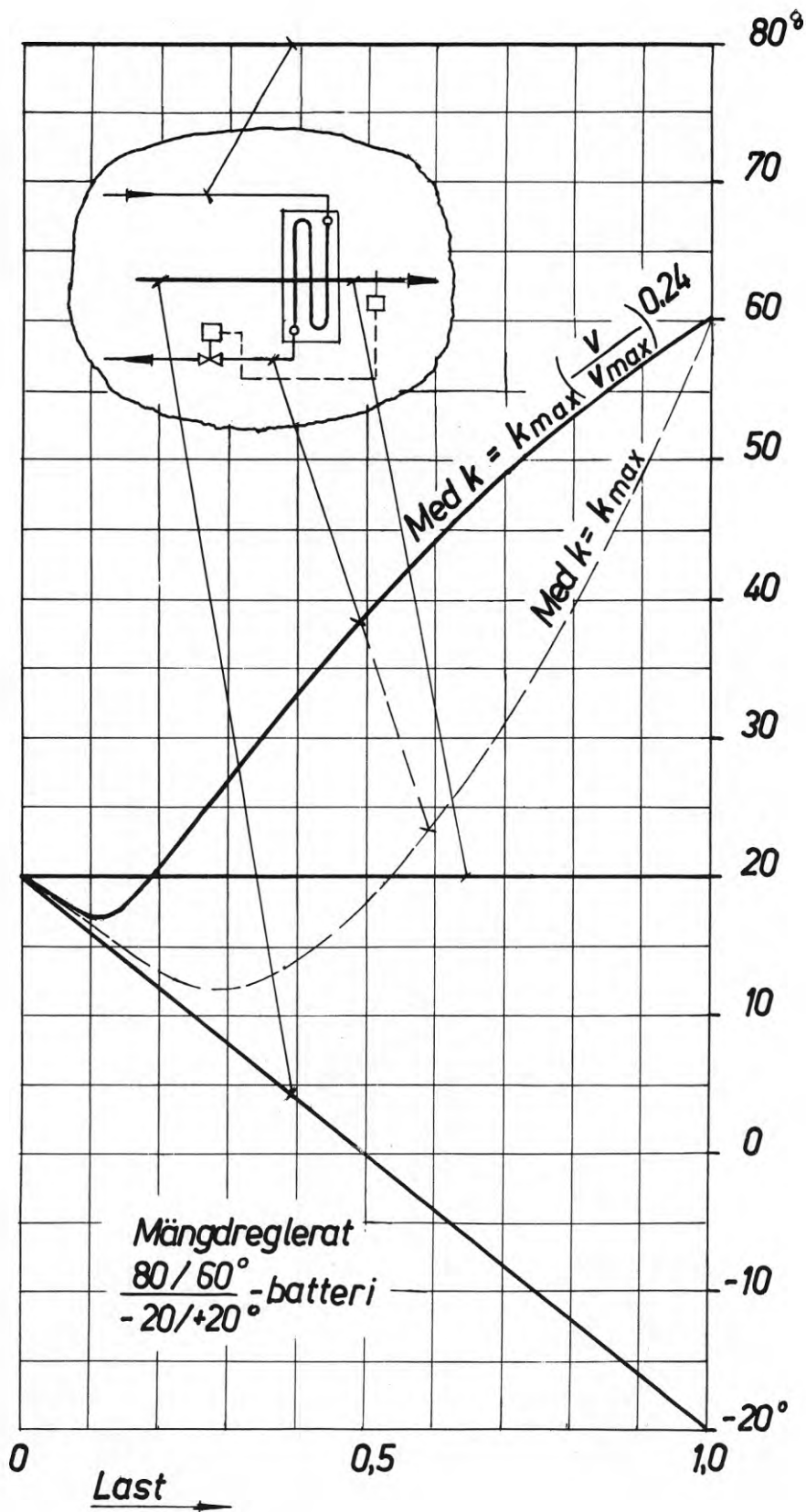


FIG. 24. Utgående vattentemperatur som funktion av ingående lufttemperatur och konstant luftflöde vid flödesreglerad luftvärmare.

(Efter Enérus, 1966.)

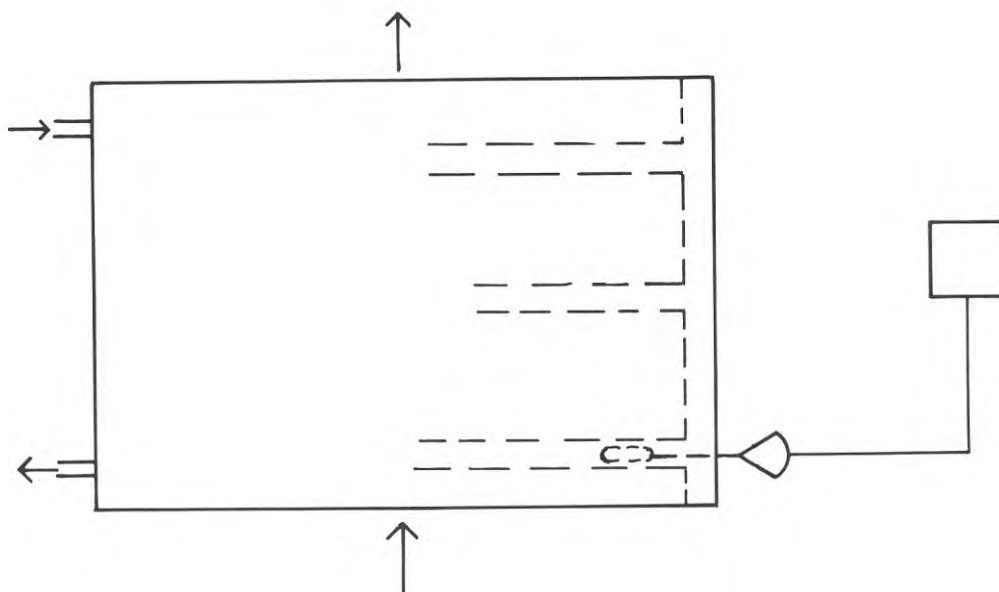


FIG. 25. Frysskydd av typ kapillärrör med bulb för montering i ett lamellrör.

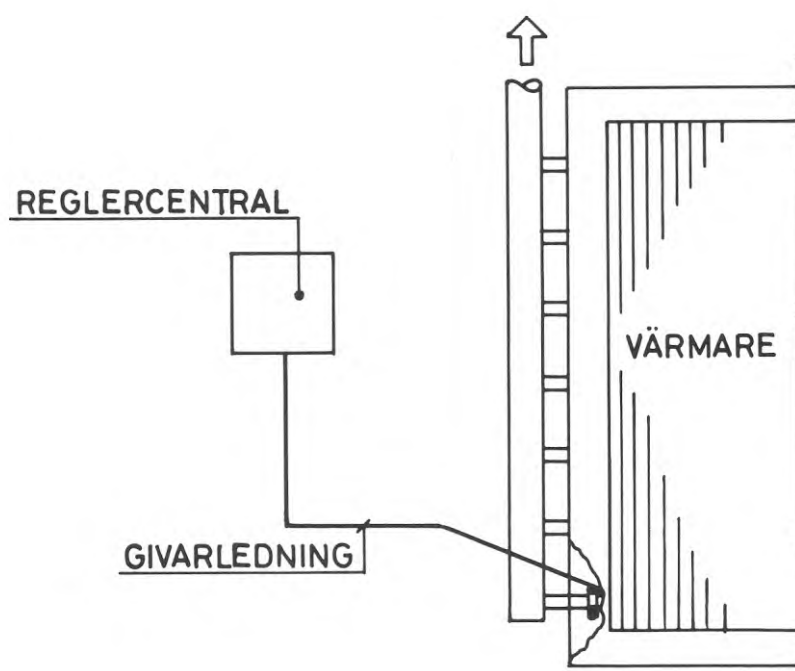


FIG. 26. Frysskydd av typ termistorgivare för utvändig montering på en lamellrörsböj.

Entreprenad- beskrivning		Objekt: Exempel på föreskrift av frysskyddstermostat	Sida:
		Entreprenad:	Datum:
		Anläggning:	
		Hus/Del:	
Kod (AMA)	Pos	Specifikation	Mängd Enhet
Xy4.22		<u>Luftbehandlingsaggregat</u>	
Xy4.220		<p><u>Allmänna utförandekrav</u></p> <p>Fläktedel skall uppfylla kraven enligt Xy3.10, Xy3.101 -.106 och Xy3.109</p> <p>Filterdel skall uppfylla kraven enligt Xy4.10 och Xy4.1102 -.1103</p> <p>Fuktningsdel skall uppfylla kraven enligt Xy4.210</p> <p>Värmeväxlardel skall uppfylla kraven enligt Xy5.3201 -.3203.</p> <p>Frysskyddstermostater för luftvärmare skall vara utförda enligt något av följande alternativ:</p> <p><u>Alt 1.</u> Elektrisk frysskyddstermostat, 220 V, med kapillärrör och bulb utförd för montering i luftvärmarens lamellrör. Termostaten skall vara försedd med manuell återställning och larmkontakt samt så utförd att omgivande temperatur ej påverkar termostathus och kapillärrör.</p> <p><u>Alt 2.</u> Elektronisk frysskyddstermostat med termistorgivare utförd för montering mot luftvärmarens lamellrör. Termostaten skall vara försedd med manuell återställning och larmkontakt.</p> <p>Ventilationsentreprenören skall utföra montering och injustering.</p>	

FIG. 27. Exempel på utformning av föreskrift för frysskyddstermostat i beskrivning enligt VVS AMA 1966.

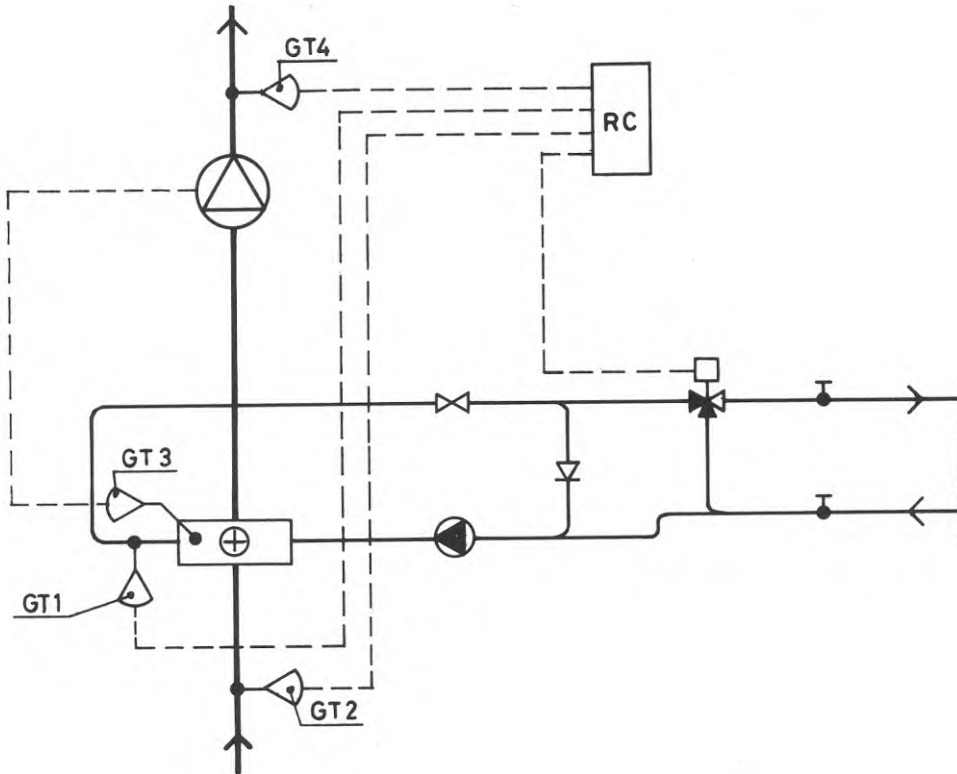


FIG. 28. Principschema för inkoppling av temperaturgivare (minimibegränsningstermostat) i återledningen).

Beteckningar:

- Gt1 minimibegränsningstermostat
- Gt2 temperaturgivare i uteluften
- Gt3 frysskyddstermostat
- Gt4 temperaturgivare i tilluften
- RC reglercentral.

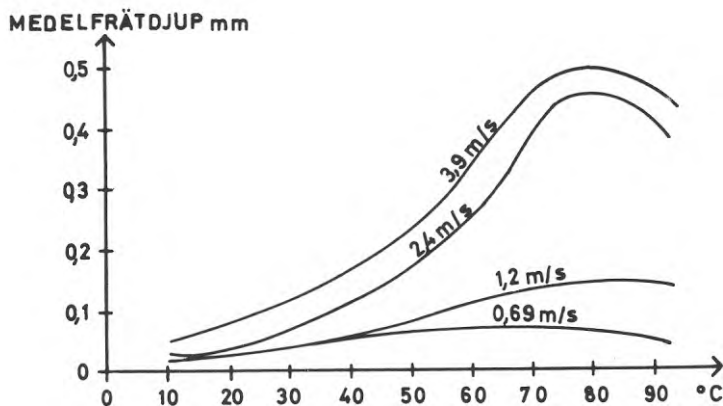


FIG. 29. Frätdjupet hos kopparrör som funktion av temperaturen vid olika strömningshastighet. Mjukt vatten. Exponeringstid 17 mån.

(Efter Lindgren & Mattsson, 1963.)



Bilaga 1

DIAGRAM

DIAGRAM 1. Värmeövergångstalet  $\alpha$  vid flänsarna som funktion av lufthastighet och flänsdelning.  
(Efter Granryd, 1964).

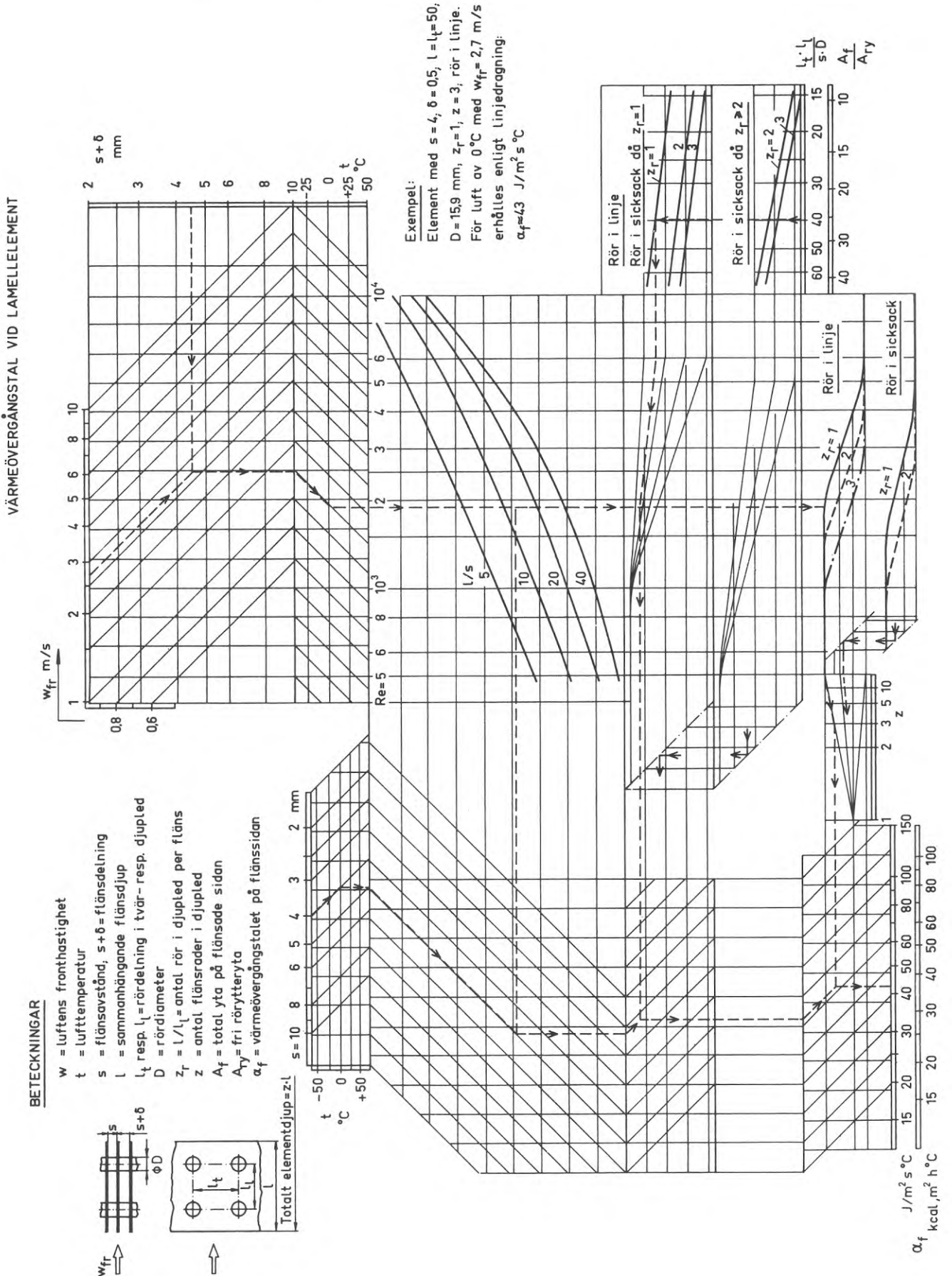




DIAGRAM 3. Värmeövergångstalet  $\alpha$  vid lamellrörets innervägg som funktion av vattenhastighet och vattentemperatur vid  $d_i = 11,6$  mm.  
(Efter AB Bahco Ventilation).

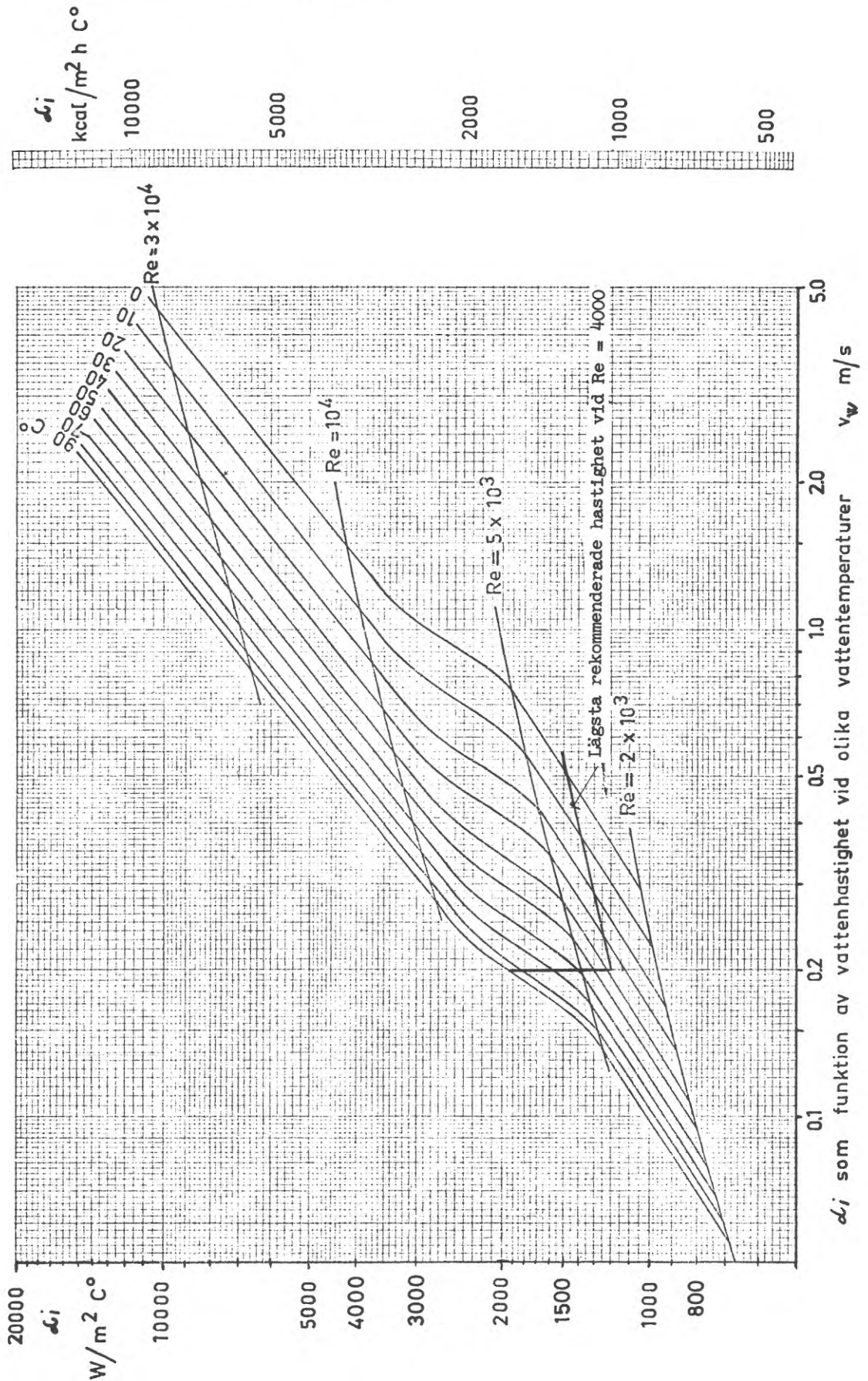
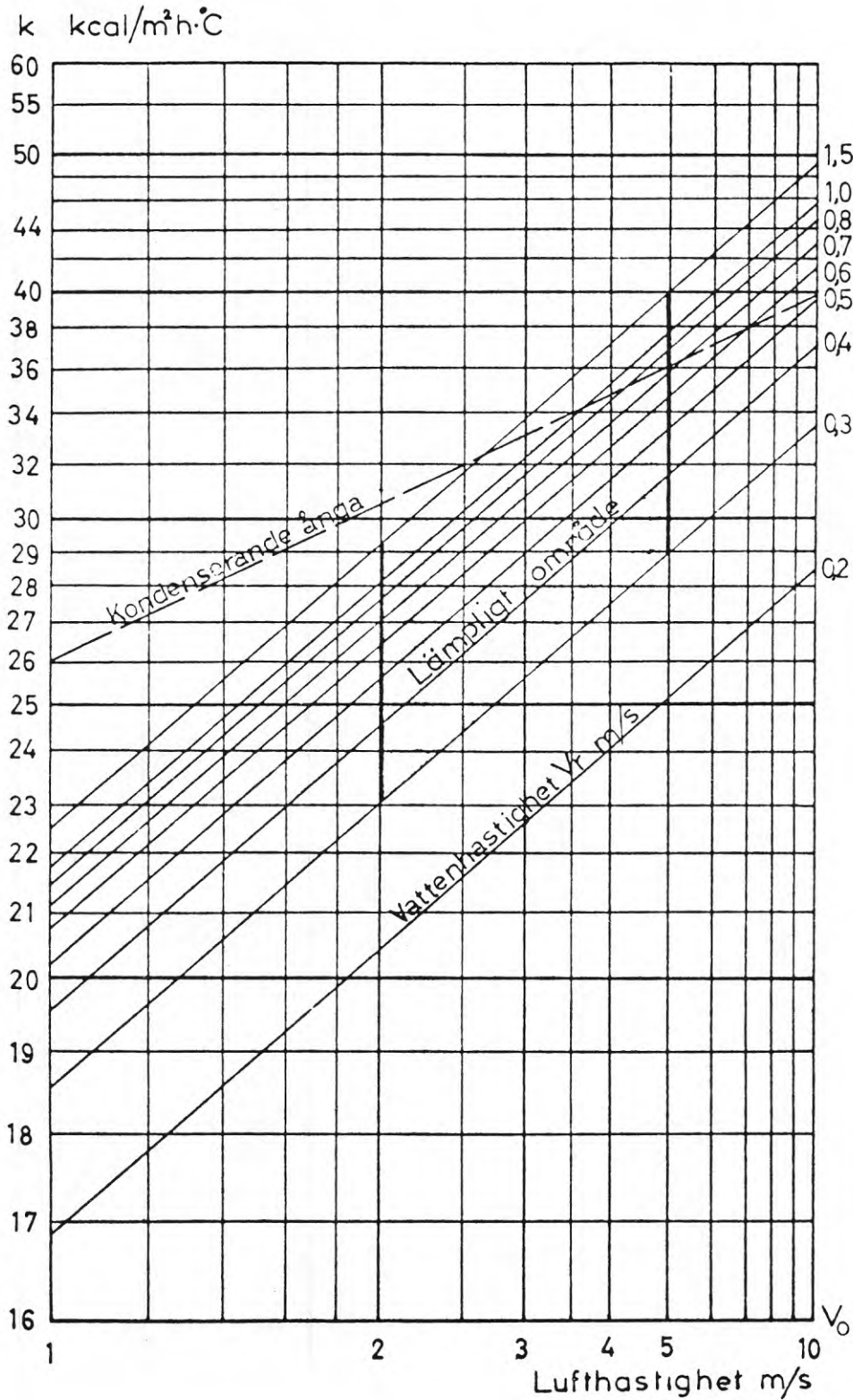


DIAGRAM 4. Värmeöverföringskoefficienten  $k$  som funktion av lufthastighet och vattenhastighet för en luftvärmare.

(Efter AB Svenska Fläktfabriken).



Gäller för  $t_{rm} 70^\circ\text{C}$  och  $\gamma=1,2$



## Bilaga 2

DATAPROGRAM OCH DATAUTSKRIFT  
FÖR BERÄKNING AV EN LUFT-  
VÄRMARES VÄRMEGENOMGÅNGSTAL k



LEVEL 1JUL67

OS ALGOL F

## SOURCE PROGRAM

```

SC      SOURCE STATEMENT
00000   'BEGIN'
00000   'PROCEDURE' UTPUTO(N,S).., 'VALUE' N., 'STRING' S., 'INTEGER' N.,
00004   'CODE'..,
00005   'PROCEDURE' UTPUT3(N,S,I1,I2,I3).., 'VALUE' N,I1,I2,I3., 'STRING' S.,
00008   'INTEGER' N., 'REAL' I1,I2,I3., 'CODE'..,
00011
00011   'REAL' I,J,N,M,DI,DY,H,B,S,DELFL,LAMFL,LAMR,ALFI,ALFL,RO,FI,
00011   X,XI,G,AI,AMR,ARY,AFL,A,MI,MR,ML,KA,K.,
00012
00012   SYSACT(1,6,120).., SYSACT(1,8,45)..,
00014   SYSACT(1,12,1).., SYSACT(1,14,1)..,
00016
00016   INREAL(0,I).., M..=0.1.,
00018   FLANS: INREAL(0,DI).., INREAL(0,DY).., INREAL(0,H)..,
00021   INREAL(0,B).., INREAL(0,S).., INREAL(0,DELFL)..,
00024   INREAL(0,LAMFL).., INREAL(0,LAMR).., INREAL(0,ALFI)..,
00027
00027   UTPUT3(1,('*(DI =)'D.4D6B,('DY =)'D.4D6B,
00027   ('LAMBDA RCR =)'ZZD.D/'),'DI,DY,LAMR)..,
00028   UTPUT3(1,('*(H =)'D.4D6B,('B =)'D.4D6B,
00028   ('DELNING =)'D.5D6B/'),'H,B,S)..,
00029   UTPUT3(1,('*(DELTA FLANS =)'D.5D6B,('LAMBDA FLANS =)'ZZD.D6B,
00029   ('ALFA INSIDA =)'ZZZD//'),'DELFL,LAMFL,ALFI)..,
00030   UTPUTO(1,('*(ALFA LUFT)'6B('K*A PER METER)'3B('K')//'))..,
00031
00031   N..=0.1., AI..=3.1416*DI.,
00033   AMR..=3.1416*SQRT(DI*DY).., ARY..=3.1416*DY*(1-DELFL/S)..,
00035   AFL..=(2*H*B-1.57*DY*DY)/S., A..=AFL+ARY.,
00037   MI..=ALFI*AI., MI..=1/MI.,
00039   MR..=0.5*(DY-DI)/LAMR., MR..=MR/AMR.,
00041   RO..=H/B-0.2., RO..=SQRT(RO).., RO..=RO*1.28*B/DY.,
00044   FI..=1+0.35*LN(RO).., FI..=FI*(RO-1)..,
00046
00046   INREAL(0,J)..,
00047   NYTT..INREAL(0,ALFL).., X..=2*ALFL/DELFL.,
00049   X..=FI*0.5*DY*SQRT(X/LAMFL).., XI..=EXP(X).., G..=XI+1/XI.,
00052   XI..=(XI-1/XI)/G., XI..=XI/X.,
00054   ML..=ALFL*(ARY+XI*AFL).., ML..=1/ML.,KA..=MI+MR+ML.,
00057   KA..=1/KA., K..=KA/A.,
00059
00059   UTPUT3(1,('/ZZD.D10B,ZZD.D10B,ZZD.D'),'ALFL,KA,K)..,
00060   UTPUT3(1,('ZZD.4D3B,ZZD.4D3B,ZZD.4D3B'),'A,(MR+MI)/ML,XI)..,
00061
00061   N..=N+1.,
00062   'IF' J 'GREATER' N 'THEN' 'GOTO' NYTT.,
00063   M..=M+1.,
00064   'IF' I 'GREATER' M 'THEN' 'GOTO' FLANS.,
00065
00065   'END'..,

```

```

DI =0.0116      DY =0.0125      LAMBDA RCR =380.0
H =0.0333      B =0.0333      DELNING =0.00350
DELTA FLANS =0.00025      LAMBDA FLANS =210.0      ALFA INSIDA =2000

```

ALFA LUFT	K*A PER METER	K	A PER METER	(MR+MI)/ML	$\xi$
35.0	14.8	24.7	0.6012	0.2565	0.8790
40.0	16.3	27.1	0.6012	0.2886	0.8646
50.0	18.9	31.4	0.6012	0.3502	0.8373
70.0	23.0	38.3	0.6012	0.4638	0.7886
100.0	27.7	46.1	0.6012	0.6150	0.7273

Bilaga 3

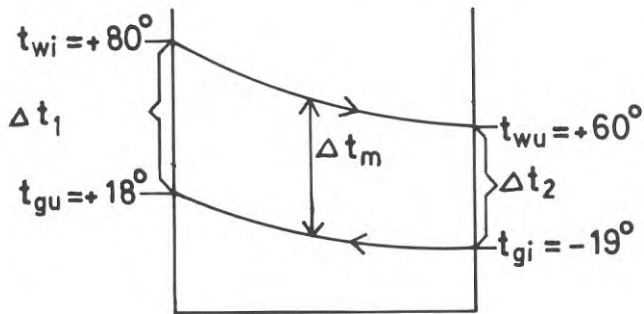
RÄKNEEXEMPEL

Exempel 1

Exempel på beräkning av  $\Delta t_m$  med hjälp av olika formler.

Beräkna  $\Delta t_m$  för  $+80^\circ - +60^\circ$  respektive  $+80^\circ - +40^\circ$  på vattensidan och  $-19^\circ - +18^\circ$  på luftsidan.

Temperaturfigurer:



$$\Delta t_2 = 60^\circ - (-19^\circ) = 79^\circ$$

$$\Delta t_1 = 80^\circ - 18^\circ = 62^\circ$$

a) Logaritmiska

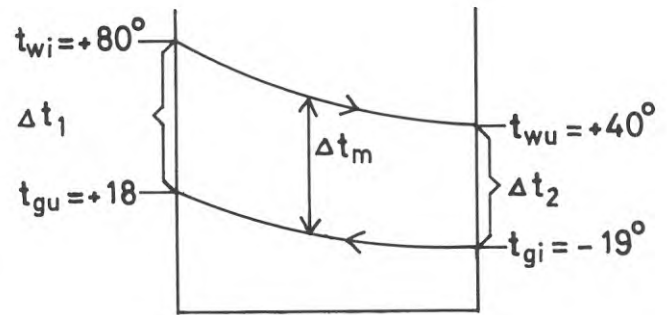
$$\Delta t_m = \frac{79 - 62}{\ln \frac{79}{62}} = 70,3^\circ$$

b) Geometrisk

$$\Delta t_m = \sqrt{79 \cdot 62} = 70^\circ$$

c) Aritmetiska

$$\Delta t_m = \frac{79 + 62}{2} = 70,5^\circ$$



$$\Delta t_2 = 40^\circ - (-19^\circ) = 59^\circ$$

$$\Delta t_1 = 80^\circ - 18^\circ = 62^\circ$$

a) Logaritmiska

$$\Delta t_m = \frac{59 - 62}{\ln \frac{59}{62}} = \frac{62 - 59}{\ln \frac{62}{59}} = 60,5^\circ$$

b) Geometrisk

$$\Delta t_m = \sqrt{62 \cdot 59} = 60,5^\circ$$

c) Aritmetiska

$$\Delta t_m = \frac{62 + 59}{2} = 60,5^\circ$$

Exempel 2

Ett äldre kamflänsbatteri skall förses med lokal cirkulationspump för att minska frysrisken. Pumpens data ger vid handen, att vattenhastigheten kommer att bli ca 0,3 m/s genom batteriet.

Värmaren var uttagen med följande grunddata:

Dimensionerande vattentemperaturer:  $80^{\circ} - 60^{\circ}$

Dimensionerande lufttemperaturer:  $-20^{\circ} - +18^{\circ}$

Frontlufthastighet = 3 m/s

Vattenhastighet = 0,1 m/s

Ur äldre katalogblad avläses k-värdet  $35 \text{ kcal/h m}^2\text{C}$ .

Genom den nya högre vattenhastigheten höjs k-värdet och därmed värmeavgivningen. Man önskar veta de nya tilllopps- och returtemperaturerna vid dimensionerande fallet. Det nya k-värdet hämtas ur katalogbladet,  $k = 45 \text{ kcal/h m}^2\text{C}$ , och kan anses oberoende av temperaturändringen. Beräkningarna genomförs för motström.

Lösning:

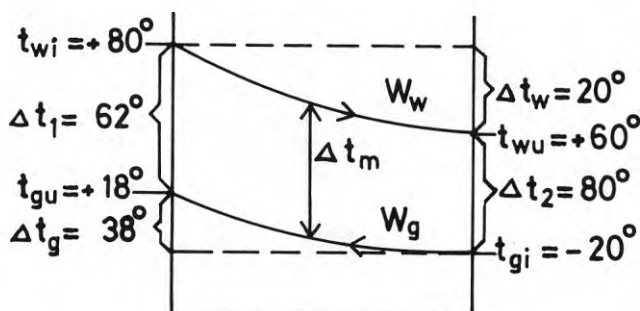
Använd ekvationerna:

$$\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = k \cdot A \cdot \left( \frac{1}{W_w} - \frac{1}{W_g} \right) \quad (1)$$

$$Q = W \cdot \Delta t \quad (2)$$

Beteckningar enligt avsnitt 1.2 och 1.5.2.

Temperaturfigur 1

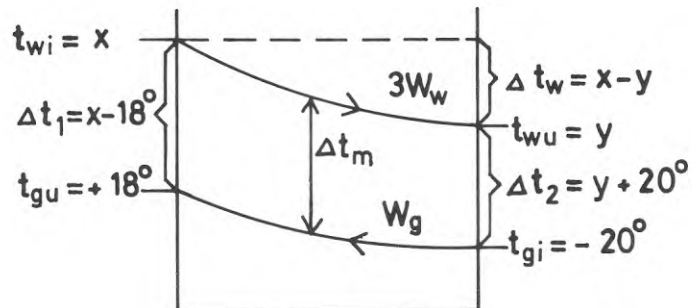


Temperaturfigur 2

Nya beteckningar:

$x$  = nya tillloppstemperaturen

$y$  = nya returtemperaturen



Med grundekvationerna (1) och (2) och temperaturfigurerna 1 och 2 som grund bildas ekvationssystemet:

Ur temperaturfigur 1 och ekvation 1 fås:

$$\ln \frac{80}{62} = 35 \cdot A \cdot \left( \frac{1}{W_g} - \frac{1}{W_w} \right) \quad (3)$$

Ur temperaturfigur 2 och ekvation 1 fås:

$$\ln \frac{y+20}{x-18} = 45 \cdot A \cdot \left( \frac{1}{W_g} - \frac{1}{3W_w} \right) \quad (4)$$

Ur temperaturfigur 1 och 2 och ekvation 2 fås:

$$W_w \cdot 20 = 3W_w \cdot (x-y) \quad (5)$$

Ur temperaturfigur 1 och ekvation 2 fås:

$$W_w \cdot 20 = W_g \cdot 38 \quad (6)$$

$$A = \text{konstant} \quad (7)$$

Lösning:

$$\ln \frac{80}{62} = 0,254 \text{ insätts i ekvation (3) ;}$$

$$W_w = \frac{38}{20} W_g \text{ ur ekvation (6) insätts i ekvationerna (3)}$$

och (4) varefter dessa divideras varvid  $A$  och  $W_g$  bortgår.

Detta ger

$$\ln \frac{y+20}{x-18} = 0,568$$

dvs

$$\frac{y+20}{x-18} = 1,765 \quad (8)$$

Ekvation (5) löses med avseende på x-y varvid fås:

$$x-y = 6,67 \quad (9)$$

Ekvationssystemet för att lösa x och y blir:

$$\frac{y+20}{x-18} = 1,765 \quad (8)$$

$$x-y = 6,67 \quad (9)$$

Resultat:

$$x = 59^{\circ}$$

$$y = 52,3^{\circ}$$

Som kontroll beräknas  $\Delta t_m$  för det nya driftsfallet  
dels ur:

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} \quad (10)$$

och dels ur:

$$k_{\text{fall } 1} \cdot A \cdot t_{m_{\text{fall } 1}} = k_{\text{fall } 2} \cdot A \cdot \Delta t_{m_{\text{fall } 2}} \quad (11)$$

Ur temperaturfigur 2 fås  $\Delta t_2$  och  $\Delta t_1$  som insätts i ekvation (10)  
varvid fås:

$$\Delta t_{m_{\text{fall } 2}} = \frac{72,3 - 41,0}{\ln \frac{72,3}{41,0}} = 55,2^{\circ}$$

Ur temperaturfigur 1 fås  $\Delta t_2$  och  $\Delta t_1$  som insätts i ekvation (10)  
varvid fås:

$$\Delta t_{m_{\text{fall } 1}} = \frac{80 - 62}{\ln \frac{80}{62}} = 70,8^{\circ}$$

Insätts kända värden i ekvation (11) och löses denna med avseende på  $\Delta t_{m_{\text{fall } 2}}$  fås:

$$\Delta t_{m_{\text{fall } 2}} = \frac{35}{45} \cdot 70,8 = 55,0^\circ$$

Slutsatser: Temperaturfallet är ca  $6^\circ$  vid maximilast. Den lägre tillloppstemperaturen innebär att ventilen redan vid fullast,  $80^\circ$  tillloppstemperatur, kanske är halvt öppen, för att vid låglast vara nästan helt stängd. I ett dylikt fall bör framledningstemperaturen vara variatorstyrd eller styrventilen (eller dess insats) ändras.



Exempel 3

Omräkning av luftvärmarens data med hjälp av temperaturverkningsgraden.

Temperaturverkningsgraden  $\eta_w$  för vattensidan och  $\eta_g$  för luftsidan definieras i formel (12) och formel (13) i avsnitt 1.5.2.

$$\eta_w = \frac{\Delta t_w}{t_{wi} - t_{gi}} = \frac{t_{wi} - t_{wu}}{t_{wi} - t_{gi}}$$

$$\eta_g = \frac{\Delta t_g}{t_{wi} - t_{gi}} = \frac{t_{gu} - t_{gi}}{t_{wi} - t_{gi}}$$

Värmeeffekten kan skrivas (enligt FIG. 3 och avsnitt 1.2 samt avsnitt 1.5.2):

För vatten

$$\begin{aligned} Q &= W_w \cdot \Delta t_w \\ &= q_{mw} \cdot c_{pw} \cdot \Delta t_w \\ &= q_w \cdot \rho_w \cdot c_{pw} \cdot \Delta t_w \end{aligned}$$

Om  $\Delta t_w$  löses ut ur definitionen fås

$$\Delta t_w = \eta_w \cdot (t_{wi} - t_{gi})$$

Detta uttryck för  $\Delta t_w$  införs i uttrycket för  $Q$  varvid erhålls

$$Q = q_w \cdot \rho_w \cdot c_{pw} \cdot \eta_w \cdot (t_{wi} - t_{gi})$$

Med insatta värden enligt tekniska systemet fås (med  $q_w$  i  $\text{m}^3/\text{h}$ ):

$$Q = 1000 \cdot q_w \cdot \eta_w \cdot (t_{wi} - t_{gi}) \text{ kcal/h.}$$

Med insatta värden enligt SI-systemet fås (med  $q_w$  i  $\text{m}^3/\text{s}$ ):

$$Q = 4,2 \cdot 10^6 \cdot q_w \cdot \eta_w \cdot (t_{wi} - t_{gi}) \text{ W.}$$

I de flesta fall är de ingående temperaturerna för vattnet ( $t_{wi}$ ) och luften ( $t_{gi}$ ) kända.

Värdet på  $\eta_w$  fås ur ett känt förhållande med värden på  $\Delta t_w$ ,  $t_{wi}$  och  $t_{gi}$ . Som anförts i avsnitt 1.5.2 gäller, att om  $k$ -värdet antas konstant, dvs oberoende av temperaturändring samt att vatten- och luftflödena är konstanta så representeras  $\eta_w$  i ett kapacitetsdiagram av linjerna för ingående luftens temperatur.

a) Uttagning av värmare för  $90^\circ - 70^\circ$  ur ett kapacitetsdiagram för  $80^\circ - 60^\circ$ .

För

$$t_{gi} = -20^\circ\text{C} \text{ fås}$$

$$\eta_w = \frac{80 - 60}{80 + 20} = 0,2$$

För att erhålla samma värde på  $\eta_w$  i fallet  $90^\circ - 70^\circ$  gäller:

$$\eta_w = \frac{90 - 70}{90 - t_{gi}} = 0,2.$$

$$t_{gi} = -10^\circ\text{C}$$

Härav följer, att linjen för  $t_{gi} = -20^\circ\text{C}$  i ett  $80^\circ - 60^\circ$  diagram motsvarar  $t_{gi} = -10^\circ\text{C}$  för  $90^\circ - 70^\circ$  temperaturfall.

Vid samma temperaturändring hos vattnet förflyttas temperaturlinjerna med ett konstant gradtal.

Vid samma temperaturändring hos vattnet förflyttas temperaturlinjerna med samma gradtal som temperaturändringsintervallet. I ovanstående exempel höjdes temperaturintervallet med  $10^\circ\text{C}$  varför  $t_{gi}$ -linjen höjdes från  $-20^\circ\text{C}$  till  $-10^\circ\text{C}$ , alltså med  $10^\circ\text{C}$ .

- b) Beräkning av luftens temperaturändring då ingående lufttemperaturen sänks från dimensionerande fallet  $-20^{\circ}\text{C}$  till  $-28^{\circ}\text{C}$ .

Det förutsätts att vatten- och luftflödena ej ändras.

Ur definitionen för  $\eta_g$  fås

$$\eta_g = \left( \frac{\Delta t_g}{t_{wi} - t_{gi}} \right)_{\text{fall 1}} = \left( \frac{\Delta t_g}{t_{wi} - t_{gi}} \right)_{\text{fall 2}}$$

Härur

$$\Delta t_{g, \text{fall 2}} = \Delta t_{g, \text{fall 1}} \cdot \frac{(t_{wi} - t_{gi})_{\text{fall 2}}}{(t_{wi} - t_{gi})_{\text{fall 1}}}$$

Vid en ingående vattentemperatur av  $+80^{\circ}\text{C}$  och  $\Delta t_{g, \text{fall 1}} = 40^{\circ}$  fås

$$\Delta t_{g, \text{fall 2}} = 40 \cdot \frac{80 + 28}{80 + 20} = 43,2^{\circ}$$

Härav

$$t_{gu} = -28 + 43,2 = 15,2^{\circ}\text{C}$$

Då ingående lufttemperaturen sänks till  $-28^{\circ}\text{C}$  sjunker således utgående lufttemperatur till  $+15,2^{\circ}\text{C}$  om vattnets inloppstemperatur är oförändrad  $+80^{\circ}\text{C}$ .

Om vattentemperaturen höjs till  $+92^{\circ}\text{C}$  fås

$$\Delta t_{g, \text{fall 2}} = 40 \cdot \frac{92 + 28}{80 + 20} = 48^{\circ}$$

Härav

$$t_{gu} = -28 + 48 = +20^{\circ}\text{C}$$

Om tilluften har dimensionerande värdet  $+20^{\circ}\text{C}$  måste ingående vattentemperaturen höjas från  $+80^{\circ}\text{C}$  till  $+92^{\circ}\text{C}$  då ingående luftens temperatur sjunker från  $-20^{\circ}\text{C}$  till  $-28^{\circ}\text{C}$ .

- c) På samma sätt som i b) kan vattnets temperaturändring beräknas då ingående lufttemperaturen ändras från  $-20^{\circ}\text{C}$  till  $-28^{\circ}\text{C}$ .

Ur definitionen på  $\eta_w$  fås under förutsättning av luft- och vattenflödena är konstanta:

$$\Delta t_{w, \text{fall 2}} = \Delta t_{w, \text{fall 1}} \cdot \frac{(t_{wi} - t_{gi})_{\text{fall 2}}}{(t_{wi} - t_{gi})_{\text{fall 1}}}$$

Med samma data som i b) fås, om värmaren är dimensionerad för  $80^{\circ} - 60^{\circ}$ :

$$\Delta t_{w, \text{fall 2}} = 20 \cdot \frac{80 + 28}{80 + 20} = 21,6^{\circ}$$

Härav

$$t_{wu} = 80^{\circ} - 21,6^{\circ} = 58,4^{\circ}\text{C}$$

Utgående vattentemperatur sjunker från  $+60^{\circ}\text{C}$  till  $+58,4^{\circ}\text{C}$  då luftens temperatur sjunker från  $-20^{\circ}\text{C}$  till  $-28^{\circ}\text{C}$ .

Anm. Samma resultat erhålls med formel (15) i avsnitt 1.5.2 samt formlerna (3) och (4) i avsnitt 1.2.

- d) Dimensionera en luftvärmare för  $80^{\circ} - 40^{\circ}$  ur ett diagram för  $80^{\circ} - 60^{\circ}$  med  $t_{gi} = -19^{\circ}\text{C}$  och  $t_{gu} = +12^{\circ}\text{C}$ .

Värdet på  $\eta_w$  för den aktuella luftvärmaren blir:

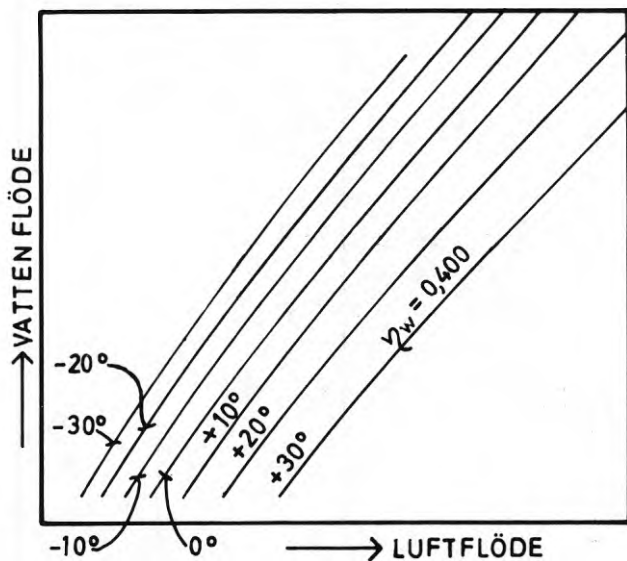
$$\eta_w = \frac{80 - 40}{80 + 19} = 0,404$$

I diagram som representerar olika värmare vid temperaturerna  $80^{\circ} - 60^{\circ}$  ingår luftens temperatur som parameter. För att kunna använda diagrammet vid  $80^{\circ} - 40^{\circ}$  måste man använda den temperaturlinje där  $\eta_w \approx 0,404$ . Denna temperatur fås ur ekvationen

$$\frac{80 - 60}{80 - t_x} = 0,404$$

$$t_x \approx +30^\circ$$

Linjen  $+30^\circ$  i  $80^\circ - 60^\circ$ -diagrammet motsvarar alltså  $-19^\circ$  vid temperaturfallet  $+80^\circ - +40^\circ$ .



Ur ekvationen för  $Q$  fås

$$Q = q_w \cdot \rho_w \cdot c_{pw} \cdot \Delta t_w = q_g \cdot \rho_g \cdot c_{pg} \cdot \Delta t_g$$

Med tekniska systemets enheter erhålls

$$q_w = \frac{\Delta t_g}{\Delta t_w} \cdot \frac{1,2 \cdot 0,24}{1000} \cdot q_g \quad \text{m}^3/\text{h}$$

Om luftflödet är  $10\,000 \text{ m}^3/\text{h}$  fås

$$q_w = \frac{31}{40} \cdot \frac{1,2 \cdot 0,24}{1000} \cdot 10\,000 = 2,24 \text{ m}^3/\text{h}$$

Med givna värdet på luftflödet kan man först pröva om man erhåller det omräknade vattenflödet ur det diagram man använt vid omräkningen. Skulle så inte vara fallet, får andra diagram avläsas. Det som begränsar uttagningen av värmare är dels frontarean, dels vattenhastigheten. Om en lämplig värmarstorlek har ett flöde som endast är något under vad som krävs, kan detta kompenseras genom högre tillloppstemperatur.

Exempel 4

Kontroll av frysning genom beräkning av laminära gränsskiktets tjocklek samt temperaturen i gränsskiktet.

Som framhållits i avsnitt 1.4 kan man vid laminär strömning räkna värmeöverföringen genom ledning.

Cylinderväggen approximeras till plan vägg.

Ur definitionen av värmeövergångstalet  $\alpha$  fås

$$Q = \alpha \cdot A \cdot \Delta t$$

Ur definitionen av värmeledningstalet  $\lambda$  fås

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot A \cdot \Delta t$$

där  $\delta$  är värmeöverförande skiktets tjocklek.

Eftersom de bägge ekvationerna uttrycker samma värmefflöde, kan skiktthjockleken  $\delta$  skrivas

$$\delta = \frac{\lambda}{\alpha}$$

Tunt laminärt gränsskikt

Vid en strömningshastighet av ca 0,3 m/s vid  $d_i \approx 12$  mm och en temperatur av  $0^\circ$  à  $10^\circ$  är  $\alpha \approx 1200$  W/m<sup>2</sup>°C enligt diagram 3, bilaga 1.

Härav

$$\delta = \frac{\lambda_w}{\alpha_i} = \frac{0,6}{1200} \text{ m} = 0,5 \text{ mm}$$

Tjockt laminärt gränsskikt

Vid en nästan fullt utbildad laminär strömning är  $\alpha_i \approx 300$  W/m<sup>2</sup>°C enligt avsnitt 1.4. (I detta fall är hastigheten 0,1 à 0,15 m/s).

Härav

$$\delta = \frac{\lambda_w}{\alpha_i} = \frac{0,6}{300} \text{ m} = 2 \text{ mm.}$$

Temperaturskillnad över gränsskiktet

Utgående från

$$Q = \alpha_i \cdot A_i \cdot \Delta t_w$$

fås

$$\Delta t_w = \frac{Q}{\alpha_i \cdot A_i}$$

där  $A_i = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 0,006 \cdot 1 = 0,0376 \text{ m}^2$

Om  $L$  antas = 1 m, kan  $Q$  som representativt värde sättas:  
 $Q = 1000 \text{ W/m rörrod. Vid halv last: } Q = 500 \text{ W/m. Värmaren uttagen för } -20^\circ - +20^\circ \text{ (ca).}$

Vid halv last,  $t_{\text{ex}} -20^\circ\text{C}$  och fullt luftflöde eller  $-20^\circ\text{C}$  och halvt luftflöde, ligger returtemperaturen omkring  $+40^\circ\text{C}$ . (Se FIG. 22 kombinerat med FIG. 19 eller FIG. 20, alternativt enbart FIG. 24).

Exempel

Vid tunt laminärt gränsskikt och halv last fås

$$\Delta t_w = \frac{500}{1200 \cdot 0,0376} = 11^\circ\text{C}$$

Temperaturen i rörväggen alltså  $40^\circ - 11^\circ = +29^\circ\text{C}$ .

Om vid tjockt laminärt gränsskikt den avgivna effekten minskar till 400 W fås

$$\Delta t_w = \frac{400}{300 \cdot 0,0376} = 35^\circ\text{C}$$



Temperaturen i rörväggen är teoretiskt  $40^{\circ} - 35^{\circ} = 5^{\circ}\text{C}$ . Detta exempel bygger på grova antaganden, men visar dock att rörväggens temperatur är farligt låg och att frysning är ofrånkomlig.

Vid förvärmare, dimensionerade t ex för  $-20^{\circ} - +10^{\circ}$ , blir temperatursprånget mellan rörvägg och rörcentrum mindre.

Vid  $-1^{\circ}$  à  $-2^{\circ}$  uteluft avger värmaren nämligen endast  $1/3$  av maximala effekten. Samtidigt är vattnets returtemperatur lägre än i förra fallet, uppskattningsvis  $+20^{\circ}$  à  $+25^{\circ}\text{C}$ .

Bilaga 4

RÖRFRIKTIONSTABELLER

FÖR GLYKOL

Beräkningarna har utförts med ett dataprogram som framtagits av ingenjör Tord Örnulf, Hugo Theorells Ingeniörsbyrå AB.

Q = volymström (liter/h), understruket = ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\sqrt{V^2/2g}$  (mm vp)

Kopparrör

10 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R		Inv. diameter mm								
mm	vp/m	11.0	14.0	16.8	20.8	26.8	33.6	40.4	52.2	66.0
2.60	Q	41.0	83.0	119.7	198.6	398.5	739.2	1220.7	2444.9	4605.5
	V	0.12	0.15	0.15	0.16	0.20	0.23	0.26	0.32	0.37
	Z	0.74	1.15	1.15	1.35	1.97	2.75	3.59	5.16	7.17
3.00	Q	47.3	87.1	125.4	215.8	432.7	802.1	1324.0	2650.2	4989.6
	V	0.14	0.16	0.16	0.18	0.21	0.25	0.29	0.34	0.41
	Z	0.98	1.27	1.27	1.60	2.33	3.24	4.22	6.07	8.41
3.40	Q	53.6	90.6	130.7	232.1	464.9	861.4	1421.3	2843.4	5351.0
	V	0.16	0.16	0.16	0.19	0.23	0.27	0.31	0.37	0.43
	Z	1.26	1.37	1.38	1.85	2.69	3.73	4.86	6.98	9.68
3.90	Q	58.7	94.7	139.6	251.3	503.0	931.4	1536.0	3071.1	5776.7
	V	0.17	0.17	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.40	0.47
	Z	1.51	1.50	1.57	2.16	3.14	4.36	5.68	8.15	11.28
4.40	Q	61.2	98.5	149.7	269.4	538.9	997.4	1644.2	3285.9	6178.2
	V	0.18	0.18	0.19	0.22	0.27	0.31	0.36	0.43	0.50
	Z	1.64	1.62	1.80	2.49	3.61	5.01	6.51	9.33	12.90
5.10	Q	64.2	103.5	163.1	293.3	586.3	1084.5	1786.9	3568.9	6706.8
	V	0.19	0.19	0.20	0.24	0.29	0.34	0.39	0.46	0.54
	Z	1.80	1.79	2.14	2.95	4.27	5.92	7.69	11.00	15.20
5.80	Q	66.9	108.0	175.7	315.8	630.9	1166.3	1921.0	3834.7	7203.2
	V	0.20	0.19	0.22	0.26	0.31	0.37	0.42	0.50	0.58
	Z	1.96	1.95	2.49	3.42	4.95	6.84	8.88	12.70	17.54
6.60	Q	69.9	114.6	189.4	340.1	679.0	1254.6	2065.6	4121.2	7738.0
	V	0.20	0.21	0.24	0.28	0.33	0.39	0.45	0.54	0.63
	Z	2.14	2.19	2.89	3.96	5.73	7.92	10.27	14.67	20.24
7.60	Q	73.1	124.4	205.5	368.7	735.6	1358.4	2235.6	4457.9	8366.1
	V	0.21	0.22	0.26	0.30	0.36	0.43	0.48	0.58	0.68
	Z	2.34	2.58	3.40	4.66	6.73	9.28	12.03	17.16	23.65
8.70	Q	76.4	134.6	222.1	398.3	794.2	1465.8	2411.2	4805.6	9014.6
	V	0.22	0.24	0.28	0.33	0.39	0.46	0.52	0.62	0.73
	Z	2.55	3.02	3.97	5.44	7.84	10.81	14.00	19.95	27.46
10.00	Q	80.1	145.9	240.6	431.3	859.2	1585.0	2606.2	5191.5	9734.0
	V	0.23	0.26	0.30	0.35	0.42	0.50	0.56	0.67	0.79
	Z	2.81	3.55	4.66	6.37	9.18	12.64	16.35	23.28	32.02
11.50	Q	83.8	158.1	260.7	466.9	929.7	1714.1	2817.4	5609.1	<u>10.5</u>
	V	0.25	0.29	0.33	0.38	0.46	0.54	0.61	0.73	<u>0.85</u>
	Z	3.08	4.17	5.47	7.47	10.74	14.78	19.11	27.17	37.35
13.00	Q	87.4	169.7	279.6	500.6	996.2	1835.7	3016.3	6002.2	<u>11.2</u>
	V	0.26	0.31	0.35	0.41	0.49	0.58	0.65	0.78	<u>0.91</u>
	Z	3.34	4.81	6.29	8.59	12.34	1696	21.90	31.12	42.73

Q = volymström (liter/h), understruket = ( $\dot{m}$ /h)

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\gamma V^2/2g$  (mm vp)

Kopparrör

10 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R mm vp/m	Inv. diameter mm			
	72.1	84.9	104.0	129.0
2.60	Q <u>5843.3</u>	9066.1	<u>15.6</u>	<u>27.8</u>
	V 0.40	0.44	<u>0.51</u>	<u>0.59</u>
	Z 8.10	10.14	13.37	17.88
3.00	Q <u>6329.4</u>	9817.1	<u>16.9</u>	<u>30.1</u>
	V 0.43	0.48	<u>0.55</u>	<u>0.64</u>
	Z 9.51	11.90	15.67	20.93
3.40	Q <u>6786.9</u>	<u>10.5</u>	<u>18.1</u>	<u>32.2</u>
	V 0.46	<u>0.52</u>	<u>0.59</u>	<u>0.68</u>
	Z 10.93	13.67	17.99	24.02
3.90	Q <u>7325.5</u>	<u>11.4</u>	<u>19.5</u>	<u>34.7</u>
	V 0.50	<u>0.56</u>	<u>0.64</u>	<u>0.74</u>
	Z 12.73	15.91	20.94	27.93
4.40	Q <u>7833.4</u>	<u>12.1</u>	<u>20.9</u>	<u>37.1</u>
	V 0.53	<u>0.60</u>	<u>0.68</u>	<u>0.79</u>
	Z 14.56	18.19	23.91	31.88
5.10	Q <u>8502.1</u>	<u>13.2</u>	<u>22.7</u>	<u>40.2</u>
	V 0.58	<u>0.65</u>	<u>0.74</u>	<u>0.86</u>
	Z 17.15	21.41	28.13	37.47
5.80	Q <u>9129.9</u>	<u>14.1</u>	<u>24.3</u>	<u>43.2</u>
	V 0.62	<u>0.69</u>	<u>0.80</u>	<u>0.92</u>
	Z 19.78	24.68	32.40	43.12
6.60	Q <u>9806.2</u>	<u>15.2</u>	<u>26.1</u>	<u>46.3</u>
	V 0.67	<u>0.75</u>	<u>0.85</u>	<u>0.98</u>
	Z 22.82	28.45	37.33	49.65
7.60	Q <u>10.6</u>	<u>16.4</u>	<u>28.2</u>	<u>50.0</u>
	V 0.72	0.81	0.92	1.06
	Z 26.67	33.23	43.56	57.90
8.70	Q <u>11.4</u>	<u>17.7</u>	<u>30.4</u>	<u>53.8</u>
	V 0.78	0.87	0.99	1.14
	Z 30.95	38.54	50.49	67.07
10.00	Q <u>12.3</u>	<u>19.1</u>	<u>32.7</u>	<u>58.0</u>
	V 0.84	0.94	1.07	1.23
	Z 36.07	44.90	58.78	78.02
11.50	Q <u>13.3</u>	<u>20.6</u>	<u>35.3</u>	<u>62.6</u>
	V 0.91	1.01	1.16	1.33
	Z 42.06	52.32	68.44	90.77
13.00	Q <u>14.2</u>	<u>22.0</u>	<u>37.8</u>	<u>66.9</u>
	V 0.97	1.08	1.24	1.42
	Z 48.11	59.81	78.19	103.65

Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\gamma V^2/2g$  (mm vp)

Kopparrör

10 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R mm vp/m		Inv. diameter mm								
		11.0	14.0	16.8	20.8	26.8	33.6	40.4	52.2	66.0
15.00	Q	94.9	184.2	303.4	542.9	1079.6	1988.4	3265.7	6495.2	<u>12.2</u>
	V	0.28	0.33	0.38	0.44	0.53	0.62	0.71	0.84	0.99
	Z	3.95	5.67	7.41	10.10	14.49	19.89	25.67	36.44	49.99
17.00	Q	102.1	198.0	325.8	582.7	1158.1	2132.0	3500.3	6958.5	<u>13.0</u>
	V	0.30	0.36	0.41	0.48	0.57	0.67	0.76	0.90	1.06
	Z	4.56	6.54	8.55	11.63	16.67	22.87	29.49	41.82	57.33
20.00	Q	112.1	217.2	357.3	638.7	1268.4	2333.6	3829.6	7608.4	<u>14.2</u>
	V	0.33	0.39	0.45	0.52	0.62	0.73	0.83	0.99	1.16
	Z	5.51	7.88	10.28	13.97	20.00	27.40	35.30	50.00	68.47
23.00	Q	121.5	235.3	386.8	690.9	1371.3	2521.7	4136.7	8214.3	<u>15.4</u>
	V	0.36	0.42	0.48	0.56	0.68	0.79	0.90	1.07	1.25
	Z	6.47	9.24	12.04	16.36	23.38	31.99	41.19	58.28	79.74
26.00	Q	130.4	252.3	414.6	740.2	1468.3	2698.9	4425.7	8784.3	<u>16.4</u>
	V	0.38	0.46	0.52	0.61	0.72	0.85	0.96	1.14	1.33
	Z	7.45	10.62	13.84	18.77	26.80	36.65	47.15	66.65	91.12
30.00	Q	141.5	273.6	449.5	802.0	1589.9	2920.9	4787.9	9498.4	<u>17.7</u>
	V	0.41	0.49	0.56	0.66	0.78	0.92	1.04	1.23	1.44
	Z	8.77	12.50	16.26	22.04	31.42	42.93	55.18	77.92	106.44
34.00	Q	152.0	293.8	482.3	860.1	1704.3	3129.6	5128.3	10.2	<u>19.0</u>
	V	0.44	0.53	0.60	0.70	0.84	0.98	1.11	1.32	1.54
	Z	10.13	14.41	18.72	25.35	36.11	49.28	63.31	89.31	121.91
39.00	Q	164.4	317.5	520.9	928.6	1838.9	3375.1	5528.4	11.0	<u>20.5</u>
	V	0.48	0.57	0.65	0.76	0.91	1.06	1.20	1.42	1.66
	Z	11.84	16.82	21.85	29.54	42.03	57.31	73.57	103.69	141.41
44.00	Q	176.1	339.8	557.4	993.1	1965.6	3606.2	5905.1	11.7	<u>21.8</u>
	V	0.51	0.61	0.70	0.81	0.97	1.13	1.28	1.52	1.77
	Z	13.58	19.28	25.01	33.79	48.03	65.43	83.94	118.20	161.09
51.00	Q	191.5	369.3	605.4	1078.0	2132.4	3910.1	6400.2	12.7	<u>23.6</u>
	V	0.56	0.67	0.76	0.88	1.05	1.23	1.39	1.65	1.92
	Z	16.06	22.76	29.50	39.81	56.52	76.92	98.61	138.71	188.87
58.00	Q	206.0	396.9	650.4	1157.7	2288.8	4195.1	6864.3	13.6	<u>25.3</u>
	V	0.60	0.72	0.82	0.95	1.13	1.31	1.49	1.76	2.06
	Z	18.58	26.30	34.06	45.92	65.12	88.54	113.42	159.42	216.89
66.00	Q	221.6	426.7	699.0	1243.5	2457.1	4501.6	7363.3	14.6	<u>27.2</u>
	V	0.65	0.77	0.88	1.02	1.21	1.41	1.60	1.89	2.20
	Z	21.51	30.40	39.33	52.97	75.05	101.95	130.51	183.27	249.16
76.00	Q	239.9	461.7	756.0	1344.2	2654.5	4861.0	7948.4	15.7	<u>29.3</u>
	V	0.70	0.83	0.95	1.10	1.31	1.52	1.72	2.04	2.38
	Z	25.21	35.59	46.01	61.90	87.59	118.89	152.08	213.35	289.81

Q = volymström (liter/h), understruket = ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\gamma V^2/2g$  (mm vp)

Kopparrör

10 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R		Inv. diameter mm			
mm vp/m		72.1	84.9	104.0	129.0
15.00	Q	<u>15.4</u>	<u>23.8</u>	<u>40.8</u>	<u>72.3</u>
	V	1.05	1.17	1.33	1.54
	Z	56.26	69.91	91.33	120.97
17.00	Q	<u>16.5</u>	<u>25.5</u>	<u>43.7</u>	<u>77.3</u>
	V	1.12	1.25	1.43	1.64
	Z	64.51	80.11	104.59	138.45
20.00	Q	<u>18.0</u>	<u>27.8</u>	<u>47.7</u>	<u>84.4</u>
	V	1.23	1.37	1.56	1.79
	Z	77.01	95.57	124.68	164.91
23.00	Q	<u>19.4</u>	<u>30.0</u>	<u>51.4</u>	<u>91.0</u>
	V	1.32	1.47	1.68	1.93
	Z	89.65	111.20	144.97	191.61
26.00	Q	<u>20.8</u>	<u>32.1</u>	<u>54.9</u>	<u>97.1</u>
	V	1.41	1.57	1.80	2.06
	Z	102.42	126.97	165.43	218.53
30.00	Q	<u>22.5</u>	<u>34.6</u>	<u>59.3</u>	<u>104.9</u>
	V	1.53	1.70	1.94	2.23
	Z	119.60	148.19	192.94	254.69
34.00	Q	<u>24.0</u>	<u>37.1</u>	<u>63.4</u>	<u>112.1</u>
	V	1.63	1.82	2.08	2.38
	Z	136.94	169.59	220.67	291.11
39.00	Q	<u>25.9</u>	<u>39.9</u>	<u>68.3</u>	<u>120.6</u>
	V	1.76	1.96	2.23	2.56
	Z	158.81	196.56	255.60	336.97
44.00	Q	<u>27.6</u>	<u>42.6</u>	<u>72.8</u>	<u>128.6</u>
	V	1.88	2.09	2.38	2.73
	Z	180.86	223.74	290.78	383.13
51.00	Q	<u>29.9</u>	<u>46.1</u>	<u>78.8</u>	<u>139.1</u>
	V	2.03	2.26	2.58	2.96
	Z	211.98	262.09	340.39	448.19
58.00	Q	<u>32.0</u>	<u>49.4</u>	<u>84.4</u>	<u>148.9</u>
	V	2.18	2.42	2.76	3.17
	Z	243.36	300.74	390.35	513.67
66.00	Q	<u>34.3</u>	<u>52.9</u>	<u>90.4</u>	<u>159.5</u>
	V	2.34	2.60	2.96	3.39
	Z	279.49	345.22	447.82	588.94
76.00	Q	<u>37.0</u>	<u>57.0</u>	<u>97.4</u>	<u>171.8</u>
	V	2.52	2.80	3.19	3.65
	Z	325.00	401.21	520.12	683.59



Q = volymström (liter/h), understruket = ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\sqrt{V^2/2g}$  (mm vp)

Kopparrör

10 % glykol

Medietemperatur = +40 °C

R mm vp/m	Inv. diameter mm									
	11.0	14.0	16.8	20.8	26.8	33.6	40.4	52.2	66.0	
87.00	Q	258.9	497.9	814.8	1448.1	2858.1	5231.5	8551.2	16.9	31.5
	V	0.76	0.90	1.02	1.18	1.41	1.64	1.85	2.19	2.56
	Z	29.35	41.38	53.44	71.84	101.55	137.70	176.02	246.72	334.87
100.00	Q	279.9	538.0	880.0	1563.2	3083.7	5641.8	9218.6	18.2	33.9
	V	0.82	0.97	1.10	1.28	1.52	1.77	2.00	2.36	2.75
	Z	34.31	48.31	62.34	83.72	118.21	160.14	204.57	286.46	388.51
115.00	Q	302.7	581.4	950.5	1687.7	3327.4	6084.8	9939.1	19.6	36.5
	V	0.88	1.05	1.19	1.38	1.64	1.91	2.15	2.55	2.97
	Z	40.12	56.42	72.73	97.58	137.63	186.29	237.80	332.69	450.85
130.00	Q	324.1	622.2	1016.9	1804.7	3556.4	6501.2	10.6	21.0	39.0
	V	0.95	1.12	1.27	1.48	1.75	2.04	2.30	2.72	3.17
	Z	46.00	64.62	83.24	111.58	157.23	212.65	271.28	379.24	513.58
150.00	Q	351.0	673.3	1100.0	1951.2	3843.1	7022.1	11.5	22.6	42.1
	V	1.03	1.22	1.38	1.60	1.89	2.20	2.48	2.94	3.42
	Z	53.95	75.68	97.41	130.44	183.60	248.09	316.28	441.73	597.75
170.00	Q	376.2	721.4	1178.1	2088.8	4112.1	7510.7	12.3	24.2	44.9
	V	1.10	1.30	1.48	1.71	2.03	2.35	2.66	3.14	3.65
	Z	61.99	86.87	111.72	149.48	210.20	283.81	361.60	504.64	682.41
200.00	Q	411.6	788.8	1287.4	2281.5	4488.8	8194.5	13.4	26.3	49.0
	V	1.20	1.42	1.61	1.87	2.21	2.57	2.90	3.42	3.98
	Z	74.22	103.85	133.43	178.33	250.47	337.85	430.12	599.65	810.20
230.00	Q	444.7	851.5	1389.3	2460.9	4839.2	8830.5	14.4	28.4	52.7
	V	1.30	1.54	1.74	2.01	2.38	2.77	3.12	3.68	4.28
	Z	86.60	121.04	155.38	207.47	291.11	392.33	499.15	695.31	938.77
260.00	Q	475.7	910.5	1485.0	2629.4	5168.4	9427.7	15.4	30.3	56.2
	V	1.39	1.64	1.86	2.15	2.55	2.95	3.33	3.93	4.56
	Z	99.12	138.40	177.53	236.86	332.05	447.19	568.62	791.50	1068
300.00	Q	514.6	984.4	1604.9	2840.3	5580.0	10.2	16.6	32.6	60.6
	V	1.50	1.78	2.01	2.32	2.75	3.19	3.59	4.24	4.92
	Z	115.99	161.77	207.34	276.38	387.05	520.82	661.82	920.46	1241
340.00	Q	551.1	1053.8	1717.3	3038.0	5965.9	10.9	17.7	34.9	64.7
	V	1.61	1.90	2.15	2.48	2.94	3.41	3.84	4.53	5.25
	Z	133.04	185.36	237.40	316.20	442.44	594.92	755.57	1050	1415
390.00	Q	594.1	1135.2	1849.3	3270.1	6418.7	11.7	19.0	37.5	69.5
	V	1.74	2.05	2.32	2.67	3.16	3.66	4.13	4.86	5.65
	Z	154.57	215.11	275.29	366.36	512.14	688.11	873.41	1213	1633



Q = volymström (liter/h, understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\gamma V^2/2g$  (mm vp)

Kopparrör

10 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R mm vp/m	Inv. diameter mm			
	72.1	84.9	104.0	129.0
87.00	Q <u>39.8</u>	<u>61.3</u>	<u>104.6</u>	<u>184.5</u>
	V <u>2.71</u>	<u>3.01</u>	<u>3.42</u>	<u>3.92</u>
	Z 375.42	463.22	600.16	788.31
100.00	Q <u>42.8</u>	<u>66.0</u>	<u>112.6</u>	<u>198.5</u>
	V <u>2.91</u>	<u>3.24</u>	<u>3.68</u>	<u>4.22</u>
	Z 435.43	536.99	695.32	912.75
115.00	Q <u>46.1</u>	<u>71.0</u>	<u>121.2</u>	<u>213.7</u>
	V <u>3.14</u>	<u>3.49</u>	<u>3.97</u>	<u>4.54</u>
	Z 505.15	622.66	805.76	1057
130.00	Q <u>49.2</u>	<u>75.8</u>	<u>129.3</u>	<u>227.8</u>
	V <u>3.35</u>	<u>3.72</u>	<u>4.23</u>	<u>4.84</u>
	Z 575.30	708.82	916.77	1202
150.00	Q <u>53.1</u>	<u>81.7</u>	<u>139.4</u>	<u>245.6</u>
	V <u>3.61</u>	<u>4.01</u>	<u>4.56</u>	<u>5.22</u>
	Z 669.39	824.33	1066	1396
170.00	Q <u>56.7</u>	<u>87.3</u>	<u>148.9</u>	<u>262.2</u>
	V <u>3.86</u>	<u>4.28</u>	<u>4.87</u>	<u>5.57</u>
	Z 764.02	940.46	1215	1591
200.00	Q <u>61.8</u>	<u>95.1</u>	<u>162.1</u>	<u>285.3</u>
	V <u>4.21</u>	<u>4.67</u>	<u>5.30</u>	<u>6.07</u>
	Z 906.81	1116	1440	1885
230.00	Q <u>66.5</u>	<u>102.3</u>	<u>174.4</u>	<u>306.9</u>
	V <u>4.53</u>	<u>5.02</u>	<u>5.70</u>	<u>6.52</u>
	Z 1050	1292	1667	2181
260.00	Q <u>71.0</u>	<u>109.1</u>	<u>185.9</u>	<u>327.1</u>
	V <u>4.83</u>	<u>5.35</u>	<u>6.08</u>	<u>6.95</u>
	Z 1195	1469	1894	2477
300.00	Q <u>76.5</u>	<u>117.5</u>	<u>200.3</u>	<u>352.3</u>
	V <u>5.20</u>	<u>5.77</u>	<u>6.55</u>	<u>7.49</u>
	Z 1388	1705	2199	2874
340.00	Q <u>81.7</u>	<u>125.5</u>	<u>213.7</u>	<u>375.9</u>
	V <u>5.56</u>	<u>6.16</u>	<u>6.99</u>	<u>7.99</u>
	Z 1582	1943	2504	3271
390.00	Q <u>87.7</u>	<u>134.8</u>	<u>229.5</u>	<u>403.5</u>
	V <u>5.97</u>	<u>6.61</u>	<u>7.51</u>	<u>8.58</u>
	Z 1826	2242	2887	3770

Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = medie hastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\sqrt{V^2/2g}$  (mm vp)

Kopparrör

30 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R		Inv. diameter mm								
		11.0	14.0	16.8	20.8	26.8	33.6	40.4	52.2	66.0
2.60	Q	24.7	64.8	134.3	214.0	363.8	678.1	1123.8	2261.0	4275.1
	V	0.07	0.12	0.17	0.17	0.18	0.21	0.24	0.29	0.35
	Z	0.27	0.72	1.48	1.61	1.68	2.37	3.11	4.52	6.32
3.00	Q	28.5	74.7	146.3	224.0	395.5	736.7	1220.2	2453.3	4636.0
	V	0.08	0.13	0.18	0.18	0.19	0.23	0.26	0.32	0.38
	Z	0.36	0.95	1.76	1.76	1.99	2.79	3.67	5.32	7.43
3.40	Q	32.3	84.7	152.5	233.9	425.4	791.9	1311.1	2634.5	4976.0
	V	0.09	0.15	0.19	0.19	0.21	0.25	0.28	0.34	0.40
	Z	0.47	1.22	1.92	1.92	2.30	3.23	4.23	6.13	8.56
3.90	Q	37.0	97.1	159.9	244.6	460.8	857.1	1418.3	2848.2	5376.8
	V	0.11	0.18	0.20	0.20	0.23	0.27	0.31	0.37	0.44
	Z	0.61	1.61	2.11	2.10	2.70	3.78	4.95	7.17	9.99
4.40	Q	41.8	109.6	166.1	254.6	494.2	918.8	1519.6	3050.0	5755.2
	V	0.12	0.20	0.21	0.21	0.24	0.29	0.33	0.40	0.47
	Z	0.78	2.05	2.27	2.27	3.11	4.34	5.69	8.22	11.45
5.10	Q	48.4	121.4	174.7	267.8	538.3	1000.1	1653.3	3316.1	6253.9
	V	0.14	0.22	0.22	0.22	0.27	0.31	0.36	0.43	0.51
	Z	1.05	2.52	2.51	2.51	3.68	5.15	6.73	9.71	13.52
5.80	Q	55.1	126.6	182.1	288.7	579.9	1076.7	1779.1	3566.3	6722.6
	V	0.16	0.23	0.23	0.24	0.29	0.34	0.39	0.46	0.55
	Z	1.36	2.74	2.73	2.92	4.28	5.97	7.79	11.24	15.62
6.60	Q	62.6	132.2	190.2	311.3	624.8	1159.3	1914.8	3836.3	7228.0
	V	0.18	0.24	0.24	0.25	0.31	0.36	0.41	0.50	0.59
	Z	1.76	2.99	2.98	3.40	4.96	6.92	9.03	13.00	18.06
7.60	Q	72.1	138.4	199.4	337.9	677.7	1256.7	2074.6	4153.8	7822.4
	V	0.21	0.25	0.25	0.28	0.33	0.39	0.45	0.54	0.64
	Z	2.33	3.27	3.27	4.00	5.84	8.13	10.60	15.24	21.15
8.70	Q	82.6	144.6	208.7	365.5	732.4	1357.4	2239.9	4482.2	8436.6
	V	0.24	0.26	0.26	0.30	0.36	0.43	0.49	0.58	0.69
	Z	3.06	3.57	3.59	4.68	6.82	9.48	12.35	17.75	24.61
10.00	Q	93.8	151.3	220.0	396.2	793.3	1469.4	2423.6	4846.9	9118.7
	V	0.27	0.27	0.28	0.32	0.39	0.46	0.53	0.63	0.74
	Z	3.94	3.91	3.99	5.50	8.00	11.11	14.46	20.75	28.74
11.50	Q	98.2	158.5	238.7	429.5	859.4	1590.8	2622.7	5242.1	9857.4
	V	0.29	0.29	0.30	0.35	0.42	0.50	0.57	0.68	0.80
	Z	4.32	4.29	4.69	6.46	9.39	13.02	16.94	24.28	33.59
13.00	Q	102.3	165.2	256.3	461.0	921.8	1705.4	2810.5	5614.6	10.6
	V	0.30	0.30	0.31	0.38	0.45	0.53	0.61	0.73	0.86
	Z	4.69	4.66	5.41	7.45	10.80	14.97	19.45	27.85	38.50

Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\sqrt{V^2/2g}$  (mm vp)

Kopparrör

30 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R mm vp/m	Inv. diameter mm				
	72.1	84.9	104.0	129.0	
2.60	Q	5431.4	8447.1	<u>14.6</u>	<u>26.0</u>
	V	0.37	0.41	<u>0.48</u>	<u>0.55</u>
	Z	7.16	9.01	11.94	16.05
3.00	Q	5888.7	9155.1	<u>15.8</u>	<u>28.2</u>
	V	0.40	0.45	<u>0.52</u>	<u>0.60</u>
	Z	8.42	10.58	14.02	18.83
3.40	Q	6319.5	9821.9	<u>17.0</u>	<u>30.2</u>
	V	0.43	0.48	<u>0.55</u>	<u>0.64</u>
	Z	9.69	12.18	16.12	21.64
3.90	Q	6827.2	<u>10.6</u>	<u>18.3</u>	<u>32.6</u>
	V	0.46	<u>0.52</u>	<u>0.60</u>	<u>0.69</u>
	Z	11.31	14.21	18.79	25.20
4.40	Q	7306.5	<u>11.3</u>	<u>19.6</u>	<u>34.9</u>
	V	0.50	<u>0.56</u>	<u>0.64</u>	<u>0.74</u>
	Z	12.96	16.26	21.49	28.80
5.10	Q	7938.0	<u>12.3</u>	<u>21.3</u>	<u>37.8</u>
	V	0.54	<u>0.60</u>	<u>0.70</u>	<u>0.80</u>
	Z	15.29	19.18	25.33	33.92
5.80	Q	8531.5	<u>13.2</u>	<u>22.8</u>	<u>40.6</u>
	V	0.58	<u>0.65</u>	<u>0.75</u>	<u>0.86</u>
	Z	17.67	22.14	29.22	39.10
6.60	Q	9171.4	<u>14.2</u>	<u>24.5</u>	<u>43.6</u>
	V	0.62	<u>0.70</u>	<u>0.80</u>	<u>0.93</u>
	Z	20.42	25.57	33.72	45.10
7.60	Q	9923.7	<u>15.4</u>	<u>26.5</u>	<u>47.2</u>
	V	0.68	<u>0.76</u>	<u>0.87</u>	<u>1.00</u>
	Z	23.90	29.92	39.43	52.68
8.70	Q	<u>10.7</u>	<u>16.6</u>	<u>28.6</u>	<u>50.8</u>
	V	<u>0.73</u>	<u>0.81</u>	<u>0.93</u>	<u>1.08</u>
	Z	27.80	34.77	45.79	61.13
10.00	Q	<u>11.6</u>	<u>17.9</u>	<u>30.9</u>	<u>54.8</u>
	V	<u>0.79</u>	<u>0.88</u>	<u>1.01</u>	<u>1.17</u>
	Z	32.46	40.58	53.40	71.24
11.50	Q	<u>12.5</u>	<u>19.4</u>	<u>33.3</u>	<u>59.2</u>
	V	<u>0.85</u>	<u>0.95</u>	<u>1.09</u>	<u>1.26</u>
	Z	37.92	47.37	62.29	83.05
13.00	Q	<u>13.4</u>	<u>20.7</u>	<u>35.7</u>	<u>63.3</u>
	V	<u>0.91</u>	<u>1.02</u>	<u>1.17</u>	<u>1.35</u>
	Z	43.45	54.25	71.29	94.98

Q = volymström (liter/h), understruket = ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

Kopparrör

V = medie hastighet (m/s)

30 % glykol

Z = motståndstalet  $\gamma V^2/2g$  (mm vp)

Medietemperatur = +40°C

R mm vp/m	Inv. diameter mm									
	11.0	14.0	16.8	20.8	26.8	33.6	40.4	52.2	66.0	
15.00	Q	107.1	172.9	278.5	500.5	1000.1	1849.3	3046.3	6082.1	<u>11.4</u>
	V	0.31	0.31	0.35	0.41	0.49	0.58	0.66	0.79	<u>0.93</u>
	Z	5.14	5.10	6.39	8.78	12.72	17.60	22.85	32.68	45.13
17.00	Q	111.6	181.2	299.4	537.8	1074.0	1984.8	3268.2	6522.1	<u>12.2</u>
	V	0.33	0.33	0.38	0.44	0.53	0.62	0.71	0.85	<u>0.99</u>
	Z	5.58	5.60	7.38	10.14	14.67	20.27	26.30	37.58	51.86
20.00	Q	117.6	199.1	328.9	590.3	1177.8	2175.3	3580.1	7139.9	<u>13.4</u>
	V	0.34	0.36	0.41	0.48	0.58	0.68	0.78	0.93	<u>1.09</u>
	Z	6.20	6.77	8.91	12.21	17.64	24.35	31.56	45.04	62.08
23.00	Q	123.3	216.0	356.5	639.4	1274.9	2353.3	3871.4	7716.6	<u>14.5</u>
	V	0.36	0.39	0.45	0.52	0.63	0.74	0.84	1.00	<u>1.18</u>
	Z	6.81	7.96	10.46	14.33	20.67	28.50	36.90	52.61	72.44
26.00	Q	128.6	231.9	382.5	685.7	1366.5	2521.1	4145.9	8259.8	<u>15.5</u>
	V	0.38	0.42	0.48	0.56	0.67	0.79	0.90	1.07	<u>1.26</u>
	Z	7.40	9.18	12.05	16.48	23.74	32.71	42.32	60.27	82.93
30.00	Q	134.6	251.8	415.2	743.9	1481.4	2731.6	4490.3	8941.0	<u>16.8</u>
	V	0.39	0.45	0.52	0.61	0.73	0.86	0.97	1.16	<u>1.36</u>
	Z	8.12	10.83	14.20	19.39	27.91	38.40	49.65	70.62	97.09
34.00	Q	140.3	270.7	446.1	798.7	1589.7	2929.8	4814.3	9581.6	<u>18.0</u>
	V	0.41	0.49	0.56	0.65	0.78	0.92	1.04	1.24	<u>1.46</u>
	Z	8.82	12.51	16.38	22.36	32.13	44.18	57.07	81.11	111.40
39.00	Q	150.9	292.9	482.4	863.4	1717.2	3163.2	5195.7	<u>10.3</u>	<u>19.4</u>
	V	0.44	0.53	0.60	0.71	0.85	0.99	1.13	<u>1.34</u>	<u>1.57</u>
	Z	10.20	14.65	19.16	26.12	37.49	51.49	66.47	94.37	129.50
44.00	Q	161.8	313.9	516.7	924.3	1837.5	3383.2	5555.2	<u>11.0</u>	<u>20.7</u>
	V	0.47	0.57	0.65	0.76	0.90	1.06	1.20	<u>1.43</u>	<u>1.68</u>
	Z	11.73	16.82	21.99	29.94	42.93	58.91	75.99	107.78	147.79
51.00	Q	176.3	341.6	562.0	1004.7	1995.9	3672.8	6028.2	<u>12.0</u>	<u>22.4</u>
	V	0.52	0.62	0.70	0.82	0.98	1.15	1.31	<u>1.56</u>	<u>1.82</u>
	Z	13.92	19.92	26.01	35.37	50.65	69.42	89.48	126.78	173.68
58.00	Q	189.8	367.6	604.6	1080.2	2144.6	3944.7	6472.1	<u>12.9</u>	<u>24.0</u>
	V	0.55	0.66	0.76	0.88	1.06	1.24	1.40	<u>1.67</u>	<u>1.95</u>
	Z	16.14	23.08	30.10	40.89	58.48	80.08	103.14	145.99	199.85
66.00	Q	204.5	395.7	650.5	1161.6	2304.9	4237.5	6950.0	<u>13.8</u>	<u>25.8</u>
	V	0.60	0.71	0.82	0.95	1.14	1.33	1.51	<u>1.79</u>	<u>2.09</u>
	Z	18.73	26.74	34.84	47.29	67.55	92.41	118.94	168.19	230.04
76.00	Q	221.7	428.8	704.4	1257.3	2493.2	4581.4	7511.1	<u>14.9</u>	<u>27.9</u>
	V	0.65	0.77	0.88	1.03	1.23	1.44	1.63	<u>1.93</u>	<u>2.26</u>
	Z	22.02	31.39	40.86	55.40	79.04	108.02	138.91	196.24	268.17

Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\gamma V^2/2g$  (mm vp)

Kopparrör

30 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R mm vp/m	Inv. diameter mm				
	72.1	84.9	104.0	129.0	
15.00	Q	<u>14.5</u>	<u>22.4</u>	<u>38.6</u>	<u>68.5</u>
	V	0.99	1.10	1.26	1.46
	Z	50.92	63.54	83.43	111.07
17.00	Q	<u>15.5</u>	<u>24.0</u>	<u>41.3</u>	<u>73.3</u>
	V	1.06	1.18	1.35	1.56
	Z	58.48	72.94	95.71	127.34
20.00	Q	<u>17.0</u>	<u>26.3</u>	<u>45.2</u>	<u>80.1</u>
	V	1.16	1.29	1.48	1.70
	Z	69.98	87.22	114.35	152.01
23.00	Q	<u>18.3</u>	<u>28.4</u>	<u>48.7</u>	<u>86.4</u>
	V	1.25	1.39	1.59	1.84
	Z	81.64	101.69	133.22	176.98
26.00	Q	<u>19.6</u>	<u>30.4</u>	<u>52.1</u>	<u>92.4</u>
	V	1.34	1.49	1.70	1.96
	Z	93.44	116.31	152.30	202.18
30.00	Q	<u>21.2</u>	<u>32.8</u>	<u>56.3</u>	<u>99.8</u>
	V	1.44	1.61	1.84	2.12
	Z	109.34	136.03	177.99	236.12
34.00	Q	<u>22.7</u>	<u>35.1</u>	<u>60.3</u>	<u>106.8</u>
	V	1.55	1.72	1.97	2.27
	Z	125.43	155.97	203.94	270.37
39.00	Q	<u>24.5</u>	<u>37.9</u>	<u>65.0</u>	<u>115.1</u>
	V	1.67	1.86	2.12	2.45
	Z	145.76	181.14	236.69	313.58
44.00	Q	<u>26.2</u>	<u>40.4</u>	<u>69.4</u>	<u>122.8</u>
	V	1.78	1.99	2.27	2.61
	Z	166.30	206.56	269.75	357.16
51.00	Q	<u>28.4</u>	<u>43.8</u>	<u>75.1</u>	<u>133.0</u>
	V	1.93	2.15	2.46	2.83
	Z	195.36	242.51	316.46	418.70
58.00	Q	<u>30.4</u>	<u>47.0</u>	<u>80.5</u>	<u>142.5</u>
	V	2.07	2.31	2.63	3.03
	Z	224.73	278.82	363.61	480.77
66.00	Q	<u>32.6</u>	<u>50.4</u>	<u>86.3</u>	<u>152.7</u>
	V	2.22	2.47	2.82	3.25
	Z	258.62	320.69	417.95	552.26
76.00	Q	<u>35.2</u>	<u>54.4</u>	<u>93.1</u>	<u>164.7</u>
	V	2.40	2.67	3.05	3.50
	Z	301.38	373.51	486.46	642.34



Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\sqrt{V^2/2g}$  (mm vp)

Kopparrör

30 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R	mm vp/m	Inv. diameter mm								
		11.0	14.0	16.8	20.8	26.8	33.6	40.4	52.2	66.0
87.00	Q	239.6	463.0	760.2	1356.1	2687.6	4936.3	8089.8	<u>16.0</u>	<u>30.0</u>
	V	0.70	0.84	0.95	1.11	1.32	1.55	1.75	2.08	2.43
	Z	25.71	36.60	47.59	64.45	91.85	125.40	161.15	227.43	310.53
100.00	Q	259.4	500.9	822.2	1465.8	2903.3	5329.7	8731.4	<u>17.3</u>	<u>32.3</u>
	V	0.76	0.90	1.03	1.20	1.43	1.67	1.89	2.25	2.62
	Z	30.14	42.85	55.66	75.29	107.18	146.19	187.72	264.67	361.07
115.00	Q	280.9	542.1	889.2	1584.5	3136.6	5755.2	9424.9	<u>18.7</u>	<u>34.9</u>
	V	0.82	0.98	1.11	1.30	1.54	1.80	2.04	2.42	2.83
	Z	35.34	50.17	65.11	87.99	125.10	170.46	218.72	308.08	419.93
130.00	Q	301.1	580.8	952.4	1696.3	3356.2	6155.5	<u>10.1</u>	<u>20.0</u>	<u>37.2</u>
	V	0.88	1.05	1.19	1.39	1.65	1.93	2.18	2.59	3.02
	Z	40.63	57.60	74.69	100.84	143.23	195.00	250.04	351.89	479.29
150.00	Q	326.6	629.5	1031.7	1836.5	3631.4	6657.0	<u>10.9</u>	<u>21.6</u>	<u>40.2</u>
	V	0.95	1.14	1.29	1.50	1.79	2.09	2.36	2.80	3.27
	Z	47.79	67.66	87.64	118.20	167.68	228.07	292.22	410.84	559.10
170.00	Q	350.5	675.2	1106.2	1968.3	3890.0	7128.0	<u>11.7</u>	<u>23.1</u>	<u>43.0</u>
	V	1.02	1.22	1.39	1.61	1.92	2.23	2.53	3.00	3.49
	Z	55.05	77.85	100.76	135.77	192.41	261.48	334.81	470.31	639.56
200.00	Q	384.2	739.5	1210.8	2153.1	4252.5	7788.0	<u>12.7</u>	<u>25.2</u>	<u>46.9</u>
	V	1.12	1.33	1.52	1.76	2.09	2.44	2.76	3.27	3.81
	Z	66.13	93.37	120.72	162.46	229.94	312.14	399.34	560.34	761.26
230.00	Q	415.6	799.5	1308.4	2325.5	4590.3	8402.7	<u>13.7</u>	<u>27.1</u>	<u>50.6</u>
	V	1.22	1.44	1.64	1.90	2.26	2.63	2.98	3.52	4.11
	Z	77.39	109.13	140.96	189.51	267.92	363.36	464.54	651.20	884.00
260.00	Q	445.2	855.9	1400.2	2487.6	4907.9	8980.5	<u>14.7</u>	<u>29.0</u>	<u>54.0</u>
	V	1.30	1.54	1.75	2.03	2.42	2.81	3.18	3.76	4.38
	Z	88.81	125.08	161.44	216.86	306.28	415.05	530.29	742.77	1008
300.00	Q	482.4	926.7	1515.3	2690.7	5305.6	9703.7	<u>15.9</u>	<u>31.3</u>	<u>58.3</u>
	V	1.41	1.67	1.90	2.20	2.61	3.04	3.44	4.06	4.73
	Z	104.24	146.62	189.07	253.71	357.93	484.60	618.70	865.78	1174
340.00	Q	517.3	993.2	1623.4	2881.4	5679.0	<u>10.4</u>	<u>17.0</u>	<u>33.5</u>	<u>62.3</u>
	V	1.51	1.79	2.03	2.36	2.80	3.25	3.67	4.35	5.06
	Z	119.87	168.43	217.01	290.95	410.08	554.75	707.82	989.70	1341
390.00	Q	558.3	1071.4	1750.5	3105.5	6117.5	<u>11.2</u>	<u>18.2</u>	<u>36.0</u>	<u>67.0</u>
	V	1.63	1.93	2.19	2.54	3.07	3.50	3.96	4.67	5.44
	Z	139.67	196.00	252.32	337.97	475.85	643.16	820.08	1146	1551

Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = medelhastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\gamma V^2/2g$  (mm vp)

Kopparrör

30 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R mm vp/m	Inv. diameter mm				
	72.1	84.9	104.0	129.0	
87.00	Q	<u>37.9</u>	<u>58.5</u>	<u>100.2</u>	<u>177.0</u>
	V	<u>2.58</u>	<u>2.87</u>	<u>3.28</u>	<u>3.76</u>
	Z	348.88	432.13	562.45	742.19
100.00	Q	<u>40.9</u>	<u>63.1</u>	<u>107.9</u>	<u>190.7</u>
	V	<u>2.78</u>	<u>3.09</u>	<u>3.53</u>	<u>4.05</u>
	Z	405.53	502.03	652.98	861.09
115.00	Q	<u>44.1</u>	<u>68.0</u>	<u>116.3</u>	<u>205.4</u>
	V	<u>3.00</u>	<u>3.34</u>	<u>3.80</u>	<u>4.37</u>
	Z	471.49	583.36	758.28	999.27
130.00	Q	<u>47.1</u>	<u>72.6</u>	<u>124.2</u>	<u>219.2</u>
	V	<u>3.20</u>	<u>3.56</u>	<u>4.06</u>	<u>4.66</u>
	Z	538.00	665.33	864.32	1138
150.00	Q	<u>50.8</u>	<u>78.4</u>	<u>134.0</u>	<u>236.5</u>
	V	<u>3.46</u>	<u>3.85</u>	<u>4.38</u>	<u>5.03</u>
	Z	627.40	775.45	1007	1325
170.00	Q	<u>54.4</u>	<u>83.8</u>	<u>143.2</u>	<u>252.7</u>
	V	<u>3.70</u>	<u>4.11</u>	<u>4.68</u>	<u>5.37</u>
	Z	717.49	886.38	1150	1513
200.00	Q	<u>59.3</u>	<u>91.4</u>	<u>156.1</u>	<u>275.4</u>
	V	<u>4.04</u>	<u>4.48</u>	<u>5.11</u>	<u>5.85</u>
	Z	853.73	1054	1367	1796
230.00	Q	<u>63.9</u>	<u>98.4</u>	<u>168.1</u>	<u>296.4</u>
	V	<u>4.35</u>	<u>4.83</u>	<u>5.50</u>	<u>6.30</u>
	Z	991.08	1223	1585	2082
260.00	Q	<u>68.2</u>	<u>105.0</u>	<u>179.4</u>	<u>316.2</u>
	V	<u>4.64</u>	<u>5.15</u>	<u>5.87</u>	<u>6.72</u>
	Z	1129	1393	1804	2368
300.00	Q	<u>73.6</u>	<u>113.3</u>	<u>193.4</u>	<u>340.9</u>
	V	<u>5.01</u>	<u>5.56</u>	<u>6.33</u>	<u>7.25</u>
	Z	1315	1621	2098	2753
340.00	Q	<u>78.7</u>	<u>121.1</u>	<u>206.6</u>	<u>364.0</u>
	V	<u>5.35</u>	<u>5.94</u>	<u>6.76</u>	<u>7.74</u>
	Z	1502	1850	2394	3139
390.00	Q	<u>84.6</u>	<u>130.2</u>	<u>222.1</u>	<u>391.2</u>
	V	<u>5.76</u>	<u>6.39</u>	<u>7.26</u>	<u>8.31</u>
	Z	1737	2139	2765	3624



Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

Kopparrör

V = mediehastighet (m/s)

50 % glykol

Z = motståndstalet  $\gamma V^2/2g$  (mm vp)

Medietemperatur = +40° C

R		Inv. diameter mm								
		11.0	14.0	16.8	20.8	26.8	33.6	40.4	52.2	66.0
2.60	Q	15.6	41.1	85.1	200.0	406.1	640.2	1034.6	2091.1	3968.6
	V	0.05	0.07	0.11	0.16	0.20	0.20	0.22	0.27	0.32
	Z	0.11	0.30	0.61	1.44	2.15	2.16	2.70	3.96	5.58
3.00	Q	18.1	47.4	98.2	230.8	425.8	676.5	1124.5	2271.0	4307.3
	V	0.05	0.09	0.12	0.19	0.21	0.21	0.24	0.29	0.35
	Z	0.15	0.39	0.81	1.91	2.36	2.42	3.19	4.67	6.58
3.40	Q	20.5	53.7	111.3	261.6	444.0	728.0	1209.3	2440.7	4626.7
	V	0.06	0.10	0.14	0.21	0.22	0.23	0.26	0.32	0.38
	Z	0.19	0.50	1.05	2.46	2.57	2.80	3.69	5.40	7.59
3.90	Q	23.5	61.6	127.7	281.1	465.2	788.7	1309.5	2641.0	5003.4
	V	0.07	0.11	0.16	0.23	0.23	0.25	0.28	0.34	0.41
	Z	0.25	0.66	1.38	2.84	2.82	3.28	4.33	6.32	8.87
4.40	Q	26.5	69.5	144.1	291.7	484.9	846.2	1404.2	2830.2	5359.3
	V	0.08	0.13	0.18	0.24	0.24	0.27	0.30	0.37	0.44
	Z	0.32	0.84	1.75	3.06	3.07	3.78	4.98	7.26	10.18
5.10	Q	30.7	80.5	167.0	306.9	509.1	922.1	1529.3	3080.0	5828.8
	V	0.09	0.15	0.21	0.25	0.25	0.29	0.33	0.40	0.47
	Z	0.43	1.14	2.35	3.39	3.38	4.49	5.90	8.59	12.04
5.80	Q	34.9	91.6	189.9	319.9	532.8	993.5	1647.0	3315.1	6270.4
	V	0.10	0.17	0.24	0.26	0.26	0.31	0.36	0.43	0.51
	Z	0.56	1.47	3.04	3.68	3.70	5.21	6.85	9.95	13.94
6.60	Q	39.7	104.2	216.1	334.0	574.6	1070.8	1774.2	3569.0	6747.0
	V	0.12	0.19	0.27	0.27	0.28	0.34	0.38	0.46	0.55
	Z	0.72	1.90	3.94	4.01	4.30	6.05	7.95	11.54	16.13
7.60	Q	45.7	120.0	228.9	350.5	623.9	1161.9	1924.1	3867.8	7308.0
	V	0.13	0.22	0.29	0.29	0.31	0.36	0.42	0.50	0.59
	Z	0.96	2.52	4.42	4.41	5.08	7.12	9.35	13.55	18.93
8.70	Q	52.4	137.4	239.4	365.7	675.0	1256.2	2079.3	4177.1	7888.1
	V	0.15	0.25	0.30	0.30	0.33	0.39	0.45	0.54	0.64
	Z	1.26	3.30	4.84	4.81	5.94	8.33	10.91	15.80	22.05
10.00	Q	60.2	157.9	250.8	383.4	731.9	1361.2	2251.9	4520.9	8533.0
	V	0.18	0.28	0.31	0.31	0.36	0.43	0.49	0.59	0.69
	Z	1.66	4.36	5.31	5.28	6.98	9.78	12.80	18.51	25.81
11.50	Q	69.2	181.6	262.2	402.2	793.7	1475.1	2439.1	4893.8	9231.9
	V	0.20	0.33	0.33	0.33	0.39	0.46	0.53	0.64	0.75
	Z	2.20	5.77	5.80	5.81	8.21	11.48	15.02	21.69	30.21
13.00	Q	78.2	190.0	273.6	424.1	852.1	1582.7	2615.9	5245.6	9891.0
	V	0.23	0.34	0.34	0.35	0.42	0.50	0.57	0.68	0.80
	Z	2.81	6.32	6.32	6.46	9.47	13.22	17.28	24.92	34.67

Q = volymström (liter/h), understruket = ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\gamma V^2/2g$  (mm vp)

Kopparrör

50 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R mm vp/m	Inv. diameter mm			
	72.1	84.9	104.0	129.0

2.60	Q	5048.6	7870.0	<u>13.6</u>	<u>24.4</u>
	V	0.34	0.39	<u>0.45</u>	<u>0.52</u>
	Z	6.34	8.02	10.69	14.44
3.00	Q	5478.3	8536.5	<u>14.8</u>	<u>26.4</u>
	V	0.37	0.42	<u>0.48</u>	<u>0.56</u>
	Z	7.47	9.43	12.56	16.96
3.40	Q	5883.3	9164.6	<u>15.9</u>	<u>28.3</u>
	V	0.40	0.45	<u>0.52</u>	<u>0.60</u>
	Z	8.61	10.87	14.47	19.52
3.90	Q	6361.1	9905.2	<u>17.1</u>	<u>30.6</u>
	V	0.43	0.49	<u>0.56</u>	<u>0.65</u>
	Z	10.07	12.70	16.89	22.76
4.40	Q	6812.4	<u>10.6</u>	<u>18.3</u>	<u>32.8</u>
	V	0.46	<u>0.52</u>	<u>0.60</u>	<u>0.70</u>
	Z	11.55	14.56	19.34	26.05
5.10	Q	7407.5	<u>11.5</u>	<u>19.9</u>	<u>35.6</u>
	V	0.50	<u>0.57</u>	<u>0.65</u>	<u>0.76</u>
	Z	13.66	17.20	22.83	30.73
5.80	Q	7967.3	<u>12.4</u>	<u>21.4</u>	<u>38.2</u>
	V	0.54	<u>0.61</u>	<u>0.70</u>	<u>0.81</u>
	Z	15.80	19.88	26.37	35.47
6.60	Q	8571.3	<u>13.3</u>	<u>23.0</u>	<u>41.1</u>
	V	0.58	<u>0.65</u>	<u>0.75</u>	<u>0.87</u>
	Z	18.28	23.00	30.48	40.96
7.60	Q	9282.1	<u>14.4</u>	<u>24.9</u>	<u>44.4</u>
	V	0.63	<u>0.71</u>	<u>0.81</u>	<u>0.94</u>
	Z	21.44	26.95	35.69	47.93
8.70	Q	<u>10.0</u>	<u>15.6</u>	<u>26.9</u>	<u>47.9</u>
	V	<u>0.68</u>	<u>0.76</u>	<u>0.88</u>	<u>1.02</u>
	Z	24.97	31.37	41.51	55.69
10.00	Q	<u>10.8</u>	<u>16.8</u>	<u>29.0</u>	<u>51.7</u>
	V	<u>0.74</u>	<u>0.83</u>	<u>0.95</u>	<u>1.10</u>
	Z	29.21	36.67	48.48	65.00
11.50	Q	<u>11.7</u>	<u>18.2</u>	<u>31.4</u>	<u>55.9</u>
	V	<u>0.80</u>	<u>0.89</u>	<u>1.03</u>	<u>1.19</u>
	Z	34.18	42.87	56.65	75.89
13.00	Q	<u>12.6</u>	<u>19.5</u>	<u>33.6</u>	<u>59.8</u>
	V	<u>0.85</u>	<u>0.96</u>	<u>1.10</u>	<u>1.27</u>
	Z	39.22	49.17	64.92	86.91

Q = volymström (liter/h), understruket = ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

V = medie hastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\sqrt{V^2/2g}$  (mm vp)

Kopparrör

50 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R		Inv. diameter mm								
mm	vp/m	11.0	14.0	16.8	20.8	26.8	33.6	40.4	52.2	66.0
15.00	Q	90.3	198.7	286.9	461.0	925.5	1717.9	2838.1	5687.5	<u>10.7</u>
	V	0.26	0.36	0.36	0.38	0.46	0.54	0.62	0.74	0.87
	Z	3.74	6.91	6.95	7.64	11.17	15.57	20.33	29.30	40.72
17.00	Q	102.3	207.4	298.3	495.8	994.8	1845.4	3047.4	6103.7	<u>11.5</u>
	V	0.30	0.37	0.37	0.41	0.49	0.58	0.66	0.79	0.93
	Z	4.81	7.53	7.51	8.83	12.90	17.97	23.44	33.75	46.86
20.00	Q	120.3	218.5	315.4	544.9	1092.3	2024.8	3341.9	6688.9	<u>12.6</u>
	V	0.35	0.39	0.40	0.45	0.54	0.63	0.72	0.87	1.02
	Z	6.65	8.36	8.40	10.67	15.55	21.63	28.19	40.53	56.20
23.00	Q	138.4	228.8	330.6	590.9	1183.5	2192.6	3617.2	7235.6	<u>13.6</u>
	V	0.40	0.41	0.41	0.48	0.58	0.69	0.78	0.94	1.11
	Z	8.80	9.16	9.22	12.55	18.26	25.37	33.03	47.42	65.70
26.00	Q	147.4	238.3	352.4	634.3	1269.7	2350.9	3876.8	7751.0	<u>14.6</u>
	V	0.43	0.43	0.44	0.52	0.63	0.74	0.84	1.01	1.18
	Z	9.98	9.94	10.48	14.46	21.02	29.16	37.94	54.42	75.33
30.00	Q	154.9	250.1	383.0	688.9	1377.9	2549.9	4202.9	8398.1	<u>15.8</u>
	V	0.45	0.45	0.48	0.56	0.68	0.80	0.91	1.09	1.28
	Z	11.02	10.95	12.38	17.05	24.75	34.31	44.60	63.88	88.35
34.00	Q	161.1	260.4	411.8	740.4	1480.0	2737.3	4510.0	9007.2	<u>16.9</u>
	V	0.47	0.47	0.52	0.61	0.73	0.86	0.98	1.17	1.37
	Z	11.92	11.87	14.32	19.70	28.55	39.54	51.35	73.49	101.54
39.00	Q	168.5	272.3	445.9	801.2	1600.3	2958.1	4871.8	9724.3	<u>18.3</u>
	V	0.49	0.49	0.56	0.66	0.79	0.93	1.06	1.26	1.48
	Z	13.05	12.98	16.79	23.06	33.39	46.17	59.92	85.65	118.24
44.00	Q	175.4	289.4	478.1	858.6	1713.9	3166.6	5213.2	<u>10.4</u>	<u>19.5</u>
	V	0.51	0.52	0.60	0.70	0.84	0.99	1.13	<u>1.35</u>	<u>1.59</u>
	Z	14.13	14.66	19.30	26.49	38.30	52.91	68.61	97.98	135.15
51.00	Q	184.1	315.3	520.6	934.3	1863.7	3441.3	5662.9	<u>11.3</u>	<u>21.2</u>
	V	0.54	0.57	0.65	0.76	0.92	1.08	1.23	<u>1.47</u>	<u>1.72</u>
	Z	15.57	17.41	22.88	31.36	45.28	62.49	80.96	115.48	159.13
58.00	Q	192.2	339.7	560.6	1005.5	2004.5	3699.4	6085.3	<u>12.1</u>	<u>22.7</u>
	V	0.56	0.61	0.70	0.82	0.99	1.16	1.32	<u>1.57</u>	<u>1.85</u>
	Z	16.97	20.21	26.54	36.33	52.38	72.21	93.49	133.22	183.41
66.00	Q	200.3	366.1	603.8	1082.4	2156.4	3977.7	6540.6	<u>13.0</u>	<u>24.4</u>
	V	0.59	0.66	0.76	0.88	1.06	1.25	1.42	<u>1.69</u>	<u>1.98</u>
	Z	18.42	23.47	30.78	42.09	60.62	83.49	108.00	153.75	211.49
76.00	Q	210.2	397.2	654.7	1172.8	2335.0	4304.9	7075.6	<u>14.1</u>	<u>26.4</u>
	V	0.61	0.72	0.82	0.96	1.15	1.35	1.53	<u>1.83</u>	<u>2.14</u>
	Z	20.30	27.62	36.19	49.42	71.08	97.79	126.39	179.74	247.01

Q = volymström (liter/h), understruket = ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

V = medelhastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\sqrt{V^2/2g}$  (mm vp)

Kopparrör

50 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R	Inv. diameter mm				
	72.1	84.9	104.0	129.0	
15.00	Q	<u>13.6</u>	<u>21.1</u>	<u>36.4</u>	<u>64.7</u>
	V	<u>0.93</u>	<u>1.04</u>	<u>1.19</u>	<u>1.38</u>
	Z	46.04	57.68	76.10	101.80
17.00	Q	<u>14.6</u>	<u>22.6</u>	<u>39.0</u>	<u>69.4</u>
	V	<u>0.99</u>	<u>1.11</u>	<u>1.28</u>	<u>1.47</u>
	Z	52.96	66.31	87.43	116.87
20.00	Q	<u>16.0</u>	<u>24.8</u>	<u>42.7</u>	<u>75.9</u>
	V	<u>1.09</u>	<u>1.22</u>	<u>1.40</u>	<u>1.61</u>
	Z	63.50	79.45	104.65	139.78
23.00	Q	<u>17.3</u>	<u>26.8</u>	<u>46.1</u>	<u>81.9</u>
	V	<u>1.18</u>	<u>1.31</u>	<u>1.51</u>	<u>1.74</u>
	Z	74.21	92.79	122.13	163.00
26.00	Q	<u>18.5</u>	<u>28.7</u>	<u>49.3</u>	<u>87.6</u>
	V	<u>1.26</u>	<u>1.41</u>	<u>1.61</u>	<u>1.86</u>
	Z	85.06	106.29	139.82	186.48
30.00	Q	<u>20.0</u>	<u>31.0</u>	<u>53.4</u>	<u>94.8</u>
	V	<u>1.36</u>	<u>1.52</u>	<u>1.75</u>	<u>2.01</u>
	Z	99.71	124.53	163.68	218.15
34.00	Q	<u>21.5</u>	<u>33.2</u>	<u>57.2</u>	<u>101.5</u>
	V	<u>1.46</u>	<u>1.63</u>	<u>1.87</u>	<u>2.16</u>
	Z	114.57	143.00	187.84	250.17
39.00	Q	<u>23.1</u>	<u>35.9</u>	<u>61.6</u>	<u>109.4</u>
	V	<u>1.58</u>	<u>1.76</u>	<u>2.02</u>	<u>2.33</u>
	Z	133.37	166.37	218.37	290.63
44.00	Q	<u>24.7</u>	<u>38.3</u>	<u>65.8</u>	<u>116.8</u>
	V	<u>1.68</u>	<u>1.88</u>	<u>2.15</u>	<u>2.48</u>
	Z	152.40	190.01	249.25	331.51
51.00	Q	<u>26.8</u>	<u>41.6</u>	<u>71.4</u>	<u>126.6</u>
	V	<u>1.83</u>	<u>2.04</u>	<u>2.33</u>	<u>2.69</u>
	Z	179.37	223.50	292.95	389.34
58.00	Q	<u>28.8</u>	<u>44.6</u>	<u>76.6</u>	<u>135.8</u>
	V	<u>1.96</u>	<u>2.19</u>	<u>2.50</u>	<u>2.89</u>
	Z	206.68	257.38	337.14	447.78
66.00	Q	<u>30.9</u>	<u>47.9</u>	<u>82.2</u>	<u>145.7</u>
	V	<u>2.11</u>	<u>2.35</u>	<u>2.69</u>	<u>3.10</u>
	Z	238.25	296.53	388.17	515.20
76.00	Q	<u>33.4</u>	<u>51.7</u>	<u>88.7</u>	<u>157.2</u>
	V	<u>2.27</u>	<u>2.54</u>	<u>2.90</u>	<u>3.34</u>
	Z	278.17	346.00	452.61	600.30



Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\gamma V^2/2g$  (mm vp)

Kopparrör

50 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R		Inv. diameter mm								
mm	vp/m	11.0	14.0	16.8	20.8	26.8	33.6	40.4	52.2	66.0
87.00	Q	221.1	429.3	707.3	1266.4	2519.7	4642.9	7628.2	<u>15.2</u>	<u>28.4</u>
	V	0.65	0.77	0.89	1.04	1.24	1.45	1.65	1.97	2.31
	Z	22.45	32.27	42.24	57.62	82.77	113.75	146.90	208.69	286.54
100.00	Q	239.7	465.1	765.9	1370.3	2724.8	5018.2	8241.4	<u>16.4</u>	<u>30.7</u>
	V	0.70	0.84	0.96	1.12	1.34	1.57	1.79	2.13	2.49
	Z	26.39	37.87	49.52	67.47	96.79	132.88	171.47	243.33	333.81
115.00	Q	259.9	503.9	829.3	1482.9	2946.9	5424.4	8904.9	<u>17.7</u>	<u>33.1</u>
	V	0.76	0.91	1.04	1.21	1.45	1.70	1.93	2.30	2.69
	Z	31.03	44.45	58.06	79.01	113.21	155.26	200.19	283.80	388.97
130.00	Q	279.0	540.5	889.1	1589.1	3156.1	5807.0	9529.7	<u>18.9</u>	<u>35.4</u>
	V	0.82	0.98	1.11	1.30	1.55	1.82	2.07	2.46	2.88
	Z	35.75	51.14	66.74	90.74	129.86	177.93	229.27	324.72	444.71
150.00	Q	302.9	586.5	964.3	1722.4	3418.7	6286.8	<u>10.3</u>	<u>20.5</u>	<u>38.3</u>
	V	0.89	1.06	1.21	1.41	1.68	1.97	2.24	2.66	3.11
	Z	42.15	60.22	78.50	106.60	152.37	208.55	268.50	379.89	519.80
170.00	Q	325.5	629.8	1035.0	1847.9	3665.7	6737.9	<u>11.0</u>	<u>21.9</u>	<u>41.0</u>
	V	0.95	1.14	1.30	1.51	1.81	2.11	2.39	2.85	3.33
	Z	48.67	69.44	90.44	122.69	175.18	239.55	308.20	435.66	595.64
200.00	Q	357.3	690.7	1134.4	2024.1	4012.4	7370.8	<u>12.1</u>	<u>24.0</u>	<u>44.8</u>
	V	1.04	1.25	1.42	1.65	1.98	2.31	2.62	3.11	3.64
	Z	58.64	83.52	108.65	147.20	209.88	286.67	368.50	520.27	710.61
230.00	Q	387.0	747.6	1227.3	2188.6	4335.9	7961.1	<u>13.0</u>	<u>25.9</u>	<u>48.3</u>
	V	1.13	1.35	1.54	1.79	2.14	2.49	2.83	3.36	3.92
	Z	68.80	97.86	127.17	172.10	245.09	334.43	429.55	605.87	826.81
260.00	Q	415.0	801.3	1314.8	2343.5	4640.4	8516.5	<u>13.9</u>	<u>27.6</u>	<u>51.6</u>
	V	1.21	1.45	1.65	1.92	2.29	2.67	3.02	3.59	4.19
	Z	79.13	112.40	145.94	197.33	280.72	382.72	491.25	692.29	944.04
300.00	Q	450.3	868.6	1424.6	2537.8	5022.1	9212.5	<u>15.1</u>	<u>29.9</u>	<u>55.8</u>
	V	1.32	1.57	1.79	2.07	2.47	2.89	3.27	3.88	4.53
	Z	93.12	132.09	171.34	231.41	328.81	447.83	574.39	808.63	1102
340.00	Q	483.4	932.0	1527.9	2720.5	5380.9	9866.4	<u>16.1</u>	<u>32.0</u>	<u>59.6</u>
	V	1.41	1.68	1.91	2.22	2.65	3.09	3.50	4.15	4.84
	Z	107.34	152.07	197.08	265.93	377.47	513.65	658.37	926.05	1261
390.00	Q	522.4	1006.6	1649.4	2935.4	5802.7	<u>10.6</u>	<u>17.4</u>	<u>34.4</u>	<u>64.2</u>
	V	1.53	1.82	2.07	2.40	2.86	<u>3.33</u>	<u>3.77</u>	<u>4.47</u>	<u>5.21</u>
	Z	125.38	177.39	229.68	309.60	438.97	596.78	764.37	1074	1461

Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = medelhastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\gamma V^2/2g$  (mm vp)

Kopparrör

50 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R	Inv. diameter mm				
	72.1	84.9	104.0	129.0	
87.00	Q	<u>36.0</u>	<u>55.7</u>	<u>95.5</u>	<u>169.1</u>
	V	2.45	2.73	3.12	3.60
	Z	322.59	401.03	524.23	694.82
100.00	Q	<u>38.9</u>	<u>60.0</u>	<u>103.0</u>	<u>182.4</u>
	V	2.64	2.95	3.37	3.88
	Z	375.68	466.76	609.73	807.57
115.00	Q	<u>41.9</u>	<u>64.8</u>	<u>111.1</u>	<u>196.6</u>
	V	2.85	3.18	3.63	4.18
	Z	437.62	543.39	709.35	938.85
130.00	Q	<u>44.8</u>	<u>69.3</u>	<u>118.7</u>	<u>210.0</u>
	V	3.05	3.40	3.88	4.46
	Z	500.18	620.77	809.87	1071
150.00	Q	<u>48.5</u>	<u>74.8</u>	<u>128.2</u>	<u>226.8</u>
	V	3.30	3.67	4.19	4.82
	Z	584.44	724.92	945.08	1249
170.00	Q	<u>51.9</u>	<u>80.1</u>	<u>137.2</u>	<u>242.5</u>
	V	3.53	3.93	4.49	5.16
	Z	669.53	830.03	1081	1429
200.00	Q	<u>56.6</u>	<u>87.4</u>	<u>149.7</u>	<u>264.6</u>
	V	3.85	4.29	4.90	5.62
	Z	798.47	989.23	1288	1700
230.00	Q	<u>61.1</u>	<u>94.3</u>	<u>161.3</u>	<u>285.1</u>
	V	4.16	4.63	5.28	6.06
	Z	928.74	1150	1496	1973
260.00	Q	<u>65.3</u>	<u>100.7</u>	<u>172.3</u>	<u>304.3</u>
	V	4.44	4.94	5.63	6.47
	Z	1060	1312	1706	2249
300.00	Q	<u>70.5</u>	<u>108.7</u>	<u>186.0</u>	<u>328.4</u>
	V	4.80	5.34	6.08	6.98
	Z	1237	1530	1988	2619
340.00	Q	<u>75.4</u>	<u>116.3</u>	<u>198.8</u>	<u>350.9</u>
	V	5.13	5.70	6.50	7.46
	Z	1415	1749	2272	2991
390.00	Q	<u>81.2</u>	<u>125.1</u>	<u>213.9</u>	<u>377.4</u>
	V	5.52	6.14	6.99	8.02
	Z	1639	2026	2629	3459

Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

Stålrör

V = mediehastighet (m/s)

10 % glykol

Z = motståndstalet  $\sqrt{V^2/2g}$  (mm vp)

Medietemperatur = +40°C

R		Inv. diameter mm								
		12.5	16.0	21.6	27.2	35.9	41.8	53.0	70.3	82.5
2.60	Q	66.2	107.5	215.9	406.2	865.6	1308.1	2485.8	5318.2	8170.4
	V	0.15	0.15	0.16	0.19	0.24	0.26	0.31	0.38	0.42
	Z	1.15	1.13	1.37	1.93	2.89	3.59	5.02	7.43	9.24
3.00	Q	69.3	112.5	234.4	440.6	937.9	1416.9	2690.9	5753.3	8835.6
	V	0.16	0.16	0.18	0.21	0.26	0.29	0.34	0.41	0.46
	Z	1.26	1.24	1.62	2.27	3.40	4.22	5.88	8.69	10.81
3.40	Q	72.1	116.9	251.7	472.9	1006.0	1519.3	2883.7	6161.9	9460.2
	V	0.16	0.16	0.19	0.23	0.28	0.31	0.36	0.44	0.49
	Z	1.36	1.34	1.87	2.62	3.91	4.85	6.76	9.97	12.39
3.90	Q	75.2	122.3	272.2	510.9	1086.2	1639.6	3110.4	6642.2	<u>10.2</u>
	V	0.17	0.17	0.21	0.24	0.30	0.33	0.39	0.48	<u>0.53</u>
	Z	1.49	1.46	2.18	3.06	4.55	5.65	7.86	11.58	14.39
4.40	Q	78.0	127.8	291.5	546.8	1161.7	1753.0	3323.9	7094.2	<u>10.9</u>
	V	0.18	0.18	0.22	0.26	0.32	0.35	0.42	0.51	<u>0.57</u>
	Z	1.60	1.60	2.50	3.50	5.21	6.46	8.98	13.21	16.40
5.10	Q	82.0	139.1	316.9	594.1	1261.1	1902.2	3604.6	7688.1	<u>11.8</u>
	V	0.19	0.19	0.24	0.28	0.35	0.39	0.45	0.55	<u>0.61</u>
	Z	1.77	1.89	2.96	4.13	6.14	7.60	10.56	15.52	19.25
5.80	Q	85.4	149.7	340.8	638.4	1354.3	2042.1	3867.7	8244.6	<u>12.6</u>
	V	0.19	0.21	0.26	0.31	0.37	0.41	0.49	0.59	<u>0.66</u>
	Z	1.91	2.19	3.42	4.78	7.08	8.76	12.16	17.85	22.12
6.60	Q	89.1	161.2	366.5	686.2	1454.6	2192.6	4150.6	8842.8	<u>13.6</u>
	V	0.20	0.22	0.28	0.33	0.40	0.44	0.52	0.63	<u>0.70</u>
	Z	2.08	2.54	3.96	5.52	8.17	10.10	14.00	20.53	25.43
7.60	Q	93.0	174.7	396.7	742.3	1572.4	2369.2	4482.4	9543.9	<u>14.6</u>
	V	0.21	0.24	0.30	0.35	0.43	0.48	0.56	0.68	<u>0.76</u>
	Z	2.27	2.99	4.64	6.46	9.54	11.79	16.33	23.91	29.61
8.70	Q	97.2	188.6	427.9	800.2	1693.8	2551.3	4824.4	<u>10.3</u>	<u>15.7</u>
	V	0.22	0.26	0.32	0.38	0.46	0.52	0.61	<u>0.73</u>	<u>0.82</u>
	Z	2.48	3.48	5.39	7.50	11.08	13.67	18.92	27.67	34.24
10.00	Q	103.6	204.0	462.5	864.4	1828.4	2752.9	5202.9	<u>11.1</u>	<u>16.9</u>
	V	0.23	0.28	0.35	0.41	0.50	0.56	0.66	<u>0.79</u>	<u>0.88</u>
	Z	2.82	4.07	6.30	8.75	12.91	15.92	22.00	32.15	39.75
11.50	Q	112.2	220.7	500.0	933.7	1973.7	2970.8	5611.7	<u>11.9</u>	<u>18.3</u>
	V	0.25	0.31	0.38	0.45	0.54	0.60	0.71	<u>0.85</u>	<u>0.95</u>
	Z	3.31	4.77	7.36	10.21	15.04	18.54	25.59	37.35	46.16
13.00	Q	120.3	236.5	535.2	999.0	2110.4	3175.5	5995.7	<u>12.7</u>	<u>19.5</u>
	V	0.27	0.33	0.41	0.48	0.58	0.64	0.76	<u>0.91</u>	<u>1.01</u>
	Z	3.80	5.47	8.44	11.69	17.19	21.18	29.22	42.60	52.61



Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\sqrt{V^2/2g}$  (mm vp)

Stålrör

10 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R		Inv. diameter mm								
mm vp/m		107.1	131.7	159.3	182.9	207.3	231.9	260.4	309.7	339.6
2.60	Q	<u>16.4</u>	<u>28.5</u>	<u>47.3</u>	<u>68.2</u>	<u>95.1</u>	<u>127.9</u>	<u>173.8</u>	<u>274.8</u>	<u>350.4</u>
	V	0.51	0.58	0.66	0.72	0.78	0.84	0.91	1.01	1.07
	Z	13.14	17.32	22.26	26.67	31.39	36.30	42.15	52.63	59.18
3.00	Q	<u>17.7</u>	<u>30.8</u>	<u>51.1</u>	<u>73.7</u>	<u>102.6</u>	<u>138.1</u>	<u>187.6</u>	<u>296.4</u>	<u>377.9</u>
	V	0.55	0.63	0.71	0.78	0.84	0.91	0.98	1.09	1.16
	Z	15.35	20.21	25.96	31.10	36.59	42.29	49.08	61.25	68.86
3.40	Q	<u>19.0</u>	<u>32.9</u>	<u>54.6</u>	<u>78.8</u>	<u>109.7</u>	<u>147.6</u>	<u>200.5</u>	<u>316.7</u>	<u>403.7</u>
	V	0.59	0.67	0.76	0.83	0.90	0.97	1.05	1.17	1.24
	Z	17.59	23.13	29.70	35.55	41.81	48.31	56.06	69.92	78.59
3.90	Q	<u>20.5</u>	<u>35.5</u>	<u>58.8</u>	<u>84.8</u>	<u>118.0</u>	<u>158.8</u>	<u>215.6</u>	<u>340.5</u>	<u>434.0</u>
	V	0.63	0.72	0.82	0.90	0.97	1.04	1.12	1.26	1.33
	Z	20.40	26.81	34.40	41.16	48.39	55.89	64.83	80.82	90.82
4.40	Q	<u>21.8</u>	<u>37.8</u>	<u>62.7</u>	<u>90.4</u>	<u>125.9</u>	<u>169.3</u>	<u>229.8</u>	<u>362.9</u>	<u>462.5</u>
	V	0.67	0.77	0.87	0.96	1.04	1.11	1.20	1.34	1.42
	Z	23.24	30.52	39.13	46.81	55.01	63.52	73.65	91.78	103.11
5.10	Q	<u>23.6</u>	<u>41.0</u>	<u>67.8</u>	<u>97.8</u>	<u>136.1</u>	<u>183.0</u>	<u>248.4</u>	<u>392.2</u>	<u>499.8</u>
	V	0.73	0.84	0.95	1.03	1.12	1.20	1.30	1.45	1.53
	Z	27.24	35.75	45.81	54.77	64.34	74.26	86.08	107.21	120.41
5.80	Q	<u>25.3</u>	<u>43.9</u>	<u>72.6</u>	<u>104.7</u>	<u>145.7</u>	<u>195.9</u>	<u>265.9</u>	<u>419.6</u>	<u>534.6</u>
	V	0.78	0.89	1.01	1.11	1.20	1.29	1.39	1.55	1.64
	Z	31.28	41.02	52.53	62.78	73.72	85.07	98.57	122.72	137.80
6.60	Q	<u>27.2</u>	<u>47.0</u>	<u>77.8</u>	<u>112.1</u>	<u>156.0</u>	<u>209.7</u>	<u>284.5</u>	<u>449.0</u>	<u>572.0</u>
	V	0.84	0.96	1.08	1.19	1.28	1.38	1.48	1.66	1.75
	Z	35.93	47.09	60.26	71.99	84.51	97.49	112.92	140.52	157.75
7.60	Q	<u>29.3</u>	<u>50.7</u>	<u>83.8</u>	<u>120.8</u>	<u>168.1</u>	<u>225.8</u>	<u>306.4</u>	<u>483.4</u>	<u>615.8</u>
	V	0.90	1.03	1.17	1.28	1.38	1.49	1.60	1.78	1.89
	Z	41.78	54.72	69.99	83.57	98.07	113.09	130.95	162.88	182.81
8.70	Q	<u>31.5</u>	<u>54.4</u>	<u>90.1</u>	<u>129.7</u>	<u>180.4</u>	<u>242.4</u>	<u>328.9</u>	<u>518.8</u>	<u>660.7</u>
	V	0.97	1.11	1.26	1.37	1.49	1.59	1.72	1.91	2.03
	Z	48.27	63.18	80.75	96.39	113.06	130.34	150.88	187.58	210.49
10.00	Q	<u>33.9</u>	<u>58.6</u>	<u>96.9</u>	<u>139.6</u>	<u>194.1</u>	<u>260.8</u>	<u>353.8</u>	<u>557.8</u>	<u>710.4</u>
	V	1.05	1.20	1.35	1.48	1.60	1.72	1.85	2.06	2.18
	Z	55.99	73.23	93.55	111.61	130.87	150.82	174.54	216.90	243.33
11.50	Q	<u>36.5</u>	<u>63.1</u>	<u>104.3</u>	<u>150.2</u>	<u>208.9</u>	<u>280.6</u>	<u>380.5</u>	<u>599.9</u>	<u>763.9</u>
	V	1.13	1.29	1.45	1.59	1.72	1.85	1.99	2.21	2.34
	Z	64.96	84.90	108.39	129.27	151.52	174.57	201.96	250.87	281.37
13.00	Q	<u>39.0</u>	<u>67.3</u>	<u>111.3</u>	<u>160.2</u>	<u>222.7</u>	<u>299.1</u>	<u>405.6</u>	<u>639.4</u>	<u>814.1</u>
	V	1.20	1.37	1.55	1.69	1.83	1.97	2.12	2.36	2.50
	Z	73.98	96.64	123.31	147.01	172.27	198.42	229.49	284.96	319.54

Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\sqrt{V^2/2g}$  (mm vp)

Stålrör

10 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R mm vp/m	Inv. diameter mm									
	12.5	16.0	21.6	27.2	35.9	41.8	53.0	70.3	82.5	
15.00	Q	130.4	256.2	579.4	1080.7	2281.5	3431.7	6476.1	<u>13.8</u>	<u>21.0</u>
	V	0.30	0.35	0.44	0.52	0.63	0.69	0.82	<u>0.98</u>	<u>1.09</u>
	Z	4.47	6.42	9.89	13.68	20.10	24.74	34.08	49.64	61.27
17.00	Q	140.0	274.8	620.9	1157.5	2442.0	3672.1	6926.5	<u>14.7</u>	<u>22.5</u>
	V	0.32	0.38	0.47	0.55	0.67	0.74	0.87	<u>1.05</u>	<u>1.17</u>
	Z	5.15	7.39	11.36	15.70	23.02	28.32	38.99	56.73	69.99
20.00	Q	153.4	300.8	679.0	1265.0	2666.8	4008.5	7556.9	<u>16.0</u>	<u>24.5</u>
	V	0.35	0.42	0.51	0.60	0.73	0.81	0.95	<u>1.15</u>	<u>1.27</u>
	Z	6.18	8.85	13.58	18.75	27.46	33.75	46.41	67.44	83.15
23.00	Q	165.9	325.1	733.1	1365.1	2876.0	4321.5	8143.1	<u>17.3</u>	<u>26.4</u>
	V	0.38	0.45	0.56	0.65	0.79	0.87	1.03	<u>1.24</u>	<u>1.37</u>
	Z	7.23	10.34	15.83	21.83	31.93	39.23	53.89	78.23	96.40
26.00	Q	177.7	347.9	784.1	1459.1	3072.4	4615.4	8693.3	<u>18.4</u>	<u>28.2</u>
	V	0.40	0.48	0.59	0.70	0.84	0.93	1.09	<u>1.32</u>	<u>1.46</u>
	Z	8.29	11.84	18.11	24.94	36.44	44.75	61.42	89.08	109.72
30.00	Q	192.4	376.5	847.8	1576.8	3318.1	4982.9	9381.0	<u>19.9</u>	<u>30.4</u>
	V	0.44	0.52	0.64	0.75	0.91	1.01	1.18	<u>1.42</u>	<u>1.58</u>
	Z	9.72	13.87	21.17	29.13	42.51	52.15	71.52	103.62	127.56
34.00	Q	206.2	403.3	907.6	1687.2	3548.5	5327.4	10.0	<u>21.2</u>	<u>32.4</u>
	V	0.47	0.56	0.69	0.81	0.97	1.08	1.26	<u>1.52</u>	<u>1.68</u>
	Z	11.17	15.92	24.27	33.35	48.61	59.61	81.69	118.25	145.50
39.00	Q	222.5	434.9	977.8	1816.8	3818.8	5731.4	10.8	<u>22.8</u>	<u>34.8</u>
	V	0.50	0.60	0.74	0.87	1.05	1.16	1.36	<u>1.63</u>	<u>1.81</u>
	Z	13.01	18.51	28.17	38.67	56.30	69.00	94.46	136.62	168.02
44.00	Q	237.9	464.6	1043.8	1938.6	4072.7	6111.0	11.5	<u>24.3</u>	<u>37.1</u>
	V	0.54	0.64	0.79	0.93	1.12	1.24	1.45	<u>1.74</u>	<u>1.93</u>
	Z	14.86	21.12	32.10	44.03	64.04	78.44	107.31	155.07	190.64
51.00	Q	258.0	503.5	1130.5	2098.4	4405.8	6608.7	12.4	<u>26.3</u>	<u>40.1</u>
	V	0.58	0.70	0.86	1.00	1.21	1.34	1.56	<u>1.88</u>	<u>2.08</u>
	Z	17.48	24.81	37.65	51.59	74.94	91.74	125.39	181.03	222.44
58.00	Q	276.9	540.0	1211.6	2247.9	4717.3	7074.1	13.3	<u>28.1</u>	<u>42.9</u>
	V	0.63	0.75	0.92	1.07	1.29	1.43	1.67	<u>2.01</u>	<u>2.23</u>
	Z	20.13	28.53	43.25	59.20	85.91	105.12	143.57	207.10	254.37
66.00	Q	297.2	579.2	1298.7	2408.4	5051.6	7573.6	14.2	<u>30.0</u>	<u>45.8</u>
	V	0.67	0.80	0.98	1.15	1.39	1.53	1.79	<u>2.15</u>	<u>2.38</u>
	Z	23.19	32.83	49.69	67.96	98.52	120.49	164.44	237.02	290.99
76.00	Q	320.9	625.2	1400.7	2596.3	5442.8	8157.9	15.3	<u>32.3</u>	<u>49.3</u>
	V	0.73	0.86	1.06	1.24	1.49	1.65	1.93	<u>2.31</u>	<u>2.56</u>
	Z	27.05	38.24	57.80	78.97	114.37	139.79	190.64	274.56	336.93

Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

Stålrör

V = mediehastighet (m/s)

10 % glykol

Z = motståndstalet  $\sqrt{V^2/2g}$  (mm vp)

Medietemperatur = +40°C

R mm vp/m	Inv. diameter mm									
	107.1	131.7	159.3	182.9	207.3	231.9	260.4	309.7	339.6	
15.00	Q	<u>42.0</u>	<u>72.6</u>	<u>120.0</u>	<u>172.6</u>	<u>240.0</u>	<u>322.3</u>	<u>437.0</u>	<u>688.6</u>	<u>876.7</u>
	V	1.30	1.48	1.67	1.83	1.98	2.12	2.28	2.54	2.69
	Z	86.08	112.37	143.30	170.77	200.04	230.34	266.33	330.56	370.61
17.00	Q	<u>44.9</u>	<u>77.5</u>	<u>128.1</u>	<u>184.3</u>	<u>256.2</u>	<u>344.0</u>	<u>466.3</u>	<u>734.8</u>	<u>935.4</u>
	V	1.38	1.58	1.79	1.95	2.11	2.26	2.43	2.71	2.87
	Z	98.25	128.18	163.38	194.64	227.93	262.38	303.30	376.32	421.83
20.00	Q	<u>48.9</u>	<u>84.5</u>	<u>139.5</u>	<u>200.6</u>	<u>278.8</u>	<u>374.3</u>	<u>507.3</u>	<u>799.2</u>	<u>1017.3</u>
	V	1.51	1.72	1.94	2.12	2.30	2.46	2.65	2.95	3.12
	Z	116.61	152.02	193.65	230.60	269.94	310.64	358.97	445.19	498.92
23.00	Q	<u>52.6</u>	<u>90.9</u>	<u>150.0</u>	<u>215.7</u>	<u>299.8</u>	<u>402.4</u>	<u>545.4</u>	<u>858.9</u>	<u>1093.2</u>
	V	1.62	1.85	2.09	2.28	2.47	2.65	2.85	3.17	3.35
	Z	135.07	175.98	224.05	266.71	312.11	359.08	414.84	514.28	576.24
26.00	Q	<u>56.1</u>	<u>96.9</u>	<u>159.9</u>	<u>229.9</u>	<u>319.5</u>	<u>428.8</u>	<u>581.1</u>	<u>915.0</u>	<u>1164.5</u>
	V	1.73	1.98	2.23	2.43	2.63	2.82	3.03	3.37	3.57
	Z	153.62	200.04	254.58	302.95	354.43	407.67	470.87	583.57	653.76
30.00	Q	<u>60.5</u>	<u>104.4</u>	<u>172.2</u>	<u>247.6</u>	<u>344.0</u>	<u>461.7</u>	<u>625.6</u>	<u>984.9</u>	<u>1253.4</u>
	V	1.87	2.13	2.40	2.62	2.83	3.04	3.26	3.63	3.84
	Z	178.46	232.26	295.42	351.44	411.03	472.66	545.79	676.18	757.38
34.00	Q	<u>64.6</u>	<u>111.4</u>	<u>183.8</u>	<u>264.2</u>	<u>367.0</u>	<u>492.5</u>	<u>667.2</u>	<u>1050.3</u>	<u>1336.5</u>
	V	1.99	2.27	2.56	2.79	3.02	3.24	3.48	3.87	4.10
	Z	203.42	264.60	336.41	400.08	467.81	537.83	620.92	769.01	861.23
39.00	Q	<u>69.4</u>	<u>119.7</u>	<u>197.3</u>	<u>283.7</u>	<u>394.0</u>	<u>528.6</u>	<u>716.0</u>	<u>1127.0</u>	<u>1433.9</u>
	V	2.14	2.44	2.75	3.00	3.24	3.48	3.74	4.16	4.40
	Z	234.73	305.17	387.82	461.07	538.97	619.51	715.05	885.32	991.33
44.00	Q	<u>73.9</u>	<u>127.4</u>	<u>210.1</u>	<u>301.9</u>	<u>419.2</u>	<u>562.4</u>	<u>761.8</u>	<u>1198.9</u>	<u>1525.3</u>
	V	2.28	2.60	2.93	3.19	3.45	3.70	3.97	4.42	4.68
	Z	266.16	345.87	439.37	522.22	610.33	701.39	809.40	1002	1122
51.00	Q	<u>79.8</u>	<u>137.5</u>	<u>226.7</u>	<u>325.8</u>	<u>452.3</u>	<u>606.7</u>	<u>821.8</u>	<u>1293.0</u>	<u>1644.9</u>
	V	2.46	2.80	3.16	3.44	3.72	3.99	4.29	4.77	5.05
	Z	310.32	403.04	511.77	608.08	710.48	816.29	941.79	1165	1305
58.00	Q	<u>85.3</u>	<u>147.0</u>	<u>242.2</u>	<u>348.0</u>	<u>483.2</u>	<u>648.1</u>	<u>877.7</u>	<u>1380.9</u>	<u>1756.6</u>
	V	2.63	3.00	3.38	3.68	3.98	4.26	4.58	5.09	5.39
	Z	354.65	460.40	584.37	694.16	810.87	931.47	1074	1329	1488
66.00	Q	<u>91.2</u>	<u>157.1</u>	<u>258.9</u>	<u>371.9</u>	<u>516.4</u>	<u>692.5</u>	<u>937.7</u>	<u>1475.1</u>	<u>1876.4</u>
	V	2.81	3.20	3.61	3.93	4.25	4.56	4.89	5.44	5.76
	Z	405.46	526.13	667.55	792.77	925.86	1063	1226	1517	1697
76.00	Q	98.1	169.0	278.4	399.9	555.1	744.4	1007.9	1585.2	2016.3
	V	3.03	3.45	3.88	4.23	4.57	4.90	5.26	5.85	6.18
	Z	469.17	608.52	771.79	916.32	1070	1229	1417	1752	1960



Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

Stålrör

V = mediehastighet (m/s)

10 % glykol

Z = motståndstalet  $\gamma V^2/2g$  (mm vp)

Medietemperatur = +40°C

R mm vp/m	Inv. diameter mm									
	12.5	16.0	21.6	27.2	35.9	41.8	53.0	70.3	82.5	
87.00	Q	345.4	672.5	1505.7	2789.6	5845.0	8758.6	<u>16.4</u>	<u>34.7</u>	<u>52.9</u>
	V	0.78	0.93	1.14	1.33	1.60	1.77	<u>2.07</u>	<u>2.48</u>	<u>2.75</u>
	Z	31.34	44.25	66.79	91.17	131.90	161.14	219.59	316.01	387.64
100.00	Q	372.5	724.8	1621.7	3003.2	6289.5	9422.3	<u>17.7</u>	<u>37.3</u>	<u>56.9</u>
	V	0.84	1.00	1.23	1.44	1.73	1.91	<u>2.23</u>	<u>2.67</u>	<u>2.96</u>
	Z	36.45	51.40	77.48	105.66	152.72	186.48	253.95	365.17	447.77
115.00	Q	401.7	781.2	1746.9	3233.4	6763.4	10.1	<u>19.0</u>	<u>40.1</u>	<u>61.1</u>
	V	0.91	1.08	1.32	1.55	1.86	2.05	<u>2.39</u>	<u>2.87</u>	<u>3.18</u>
	Z	42.39	59.71	89.90	122.49	176.86	215.86	293.74	422.08	517.36
130.00	Q	429.2	834.1	1864.2	3449.4	7217.5	10.8	20.3	42.7	65.1
	V	0.97	1.15	1.41	1.65	1.98	2.19	2.55	3.06	3.38
	Z	48.38	68.08	102.38	139.40	201.11	245.35	333.68	479.17	587.14
150.00	Q	463.5	900.3	2010.9	3719.1	7778.3	<u>11.6</u>	<u>21.8</u>	<u>46.0</u>	<u>70.1</u>
	V	1.05	1.24	1.52	1.78	2.13	2.36	<u>2.75</u>	<u>3.29</u>	<u>3.64</u>
	Z	56.43	79.31	119.12	162.05	233.58	284.83	387.11	555.50	680.43
170.00	Q	495.7	962.3	2148.2	3971.7	8303.3	<u>12.4</u>	<u>23.3</u>	<u>49.1</u>	<u>74.8</u>
	V	1.12	1.33	1.63	1.90	2.28	2.52	<u>2.93</u>	<u>3.51</u>	<u>3.89</u>
	Z	64.54	90.61	135.95	184.81	266.17	324.45	440.71	632.04	773.94
200.00	Q	540.7	1049.0	2340.2	4324.6	9036.6	<u>13.5</u>	<u>25.3</u>	<u>53.3</u>	<u>81.3</u>
	V	1.22	1.45	1.77	2.07	2.48	2.74	<u>3.19</u>	<u>3.82</u>	<u>4.22</u>
	Z	76.78	107.67	161.33	219.11	315.26	384.10	521.37	747.16	914.56
230.00	Q	582.5	1129.5	2518.4	4652.3	9717.3	<u>14.5</u>	<u>27.2</u>	<u>57.3</u>	<u>87.3</u>
	V	1.32	1.56	1.91	2.22	2.67	2.94	<u>3.43</u>	<u>4.10</u>	<u>4.54</u>
	Z	89.11	124.84	186.85	253.57	364.54	443.96	602.28	862.59	1056
260.00	Q	621.7	1205.1	2685.6	4959.4	10.4	<u>15.5</u>	<u>29.0</u>	<u>61.0</u>	<u>93.0</u>
	V	1.41	1.67	2.04	2.37	2.84	3.14	<u>3.65</u>	<u>4.37</u>	<u>4.83</u>
	Z	101.52	142.09	212.47	288.15	413.99	504.01	683.40	978.27	1197
300.00	Q	670.7	1299.4	2894.3	5342.9	<u>11.2</u>	<u>16.7</u>	<u>31.2</u>	<u>65.7</u>	<u>100.0</u>
	V	1.52	1.80	2.19	2.55	3.06	3.38	<u>3.93</u>	<u>4.70</u>	<u>5.20</u>
	Z	118.15	165.21	246.77	334.44	480.11	584.29	791.83	1133	1385
340.00	Q	716.6	1387.7	3089.6	5701.8	<u>11.9</u>	<u>17.8</u>	<u>33.3</u>	<u>70.0</u>	<u>106.6</u>
	V	1.62	1.92	2.34	2.73	3.27	3.60	<u>4.19</u>	<u>5.01</u>	<u>5.54</u>
	Z	134.87	188.44	281.21	380.88	546.43	664.79	900.51	1288	1574
390.00	Q	770.4	1491.2	3318.5	6122.3	<u>12.8</u>	<u>19.1</u>	<u>35.7</u>	<u>75.1</u>	<u>114.4</u>
	V	1.74	2.06	2.52	2.93	3.50	3.87	<u>4.50</u>	<u>5.38</u>	<u>5.94</u>
	Z	155.88	217.59	324.42	439.12	629.55	765.65	1037	1482	1811

Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = medie hastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\sqrt{V^2/2g}$  (mm vp)

Stålrör

10 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R		Inv. diameter mm								
		107.1	131.7	159.3	182.9	207.3	231.9	260.4	309.7	339.6
87.00	Q	<u>105.2</u>	<u>181.1</u>	<u>298.4</u>	<u>428.6</u>	<u>594.8</u>	<u>797.6</u>	<u>1079.9</u>	<u>1698.2</u>	<u>2159.9</u>
	V	<u>3.24</u>	<u>3.69</u>	<u>4.16</u>	<u>4.53</u>	<u>4.90</u>	<u>5.25</u>	<u>5.63</u>	<u>6.26</u>	<u>6.62</u>
	Z	539.46	699.39	886.72	1053	1229	1411	1626	2010	2249
100.00	Q	<u>113.0</u>	<u>194.6</u>	<u>320.5</u>	<u>460.2</u>	<u>638.7</u>	<u>856.4</u>	<u>1159.3</u>	<u>1823.0</u>	<u>2318.5</u>
	V	<u>3.49</u>	<u>3.97</u>	<u>4.47</u>	<u>4.87</u>	<u>5.26</u>	<u>5.63</u>	<u>6.05</u>	<u>6.72</u>	<u>7.11</u>
	Z	622.77	807.06	1023	1214	1417	1626	1875	2317	2592
115.00	Q	<u>121.5</u>	<u>209.1</u>	<u>344.3</u>	<u>494.3</u>	<u>686.0</u>	<u>919.7</u>	<u>1244.9</u>	<u>1957.3</u>	<u>2489.1</u>
	V	<u>3.75</u>	<u>4.26</u>	<u>4.80</u>	<u>5.23</u>	<u>5.65</u>	<u>6.05</u>	<u>6.49</u>	<u>7.22</u>	<u>7.63</u>
	Z	719.15	931.57	1180	1400	1634	1875	2161	2671	2987
130.00	Q	<u>129.4</u>	<u>222.6</u>	<u>366.6</u>	<u>526.3</u>	<u>730.2</u>	<u>978.9</u>	<u>1325.0</u>	<u>2083.1</u>	<u>2649.0</u>
	V	<u>3.99</u>	<u>4.54</u>	<u>5.11</u>	<u>5.56</u>	<u>6.01</u>	<u>6.44</u>	<u>6.91</u>	<u>7.68</u>	<u>8.12</u>
	Z	815.75	1056	1338	1587	1852	2125	2449	3025	3383
150.00	Q	<u>139.2</u>	<u>239.5</u>	<u>394.4</u>	<u>566.1</u>	<u>785.5</u>	<u>1052.9</u>	<u>1425.0</u>	<u>2240.1</u>	<u>2848.5</u>
	V	<u>4.29</u>	<u>4.89</u>	<u>5.50</u>	<u>5.99</u>	<u>6.47</u>	<u>6.93</u>	<u>7.43</u>	<u>8.26</u>	<u>8.74</u>
	Z	944.85	1223	1549	1837	2142	2458	2832	3498	3912
170.00	Q	<u>148.5</u>	<u>255.4</u>	<u>420.4</u>	<u>603.4</u>	<u>837.1</u>	<u>1122.1</u>	<u>1518.6</u>	<u>2386.9</u>	<u>3035.0</u>
	V	<u>4.58</u>	<u>5.21</u>	<u>5.86</u>	<u>6.38</u>	<u>6.89</u>	<u>7.38</u>	<u>7.92</u>	<u>8.80</u>	<u>9.31</u>
	Z	1074	1391	1760	2086	2433	2792	3216	3971	4441
200.00	Q	<u>161.3</u>	<u>277.5</u>	<u>456.7</u>	<u>655.4</u>	<u>909.2</u>	<u>1218.6</u>	<u>1649.1</u>	<u>2591.8</u>	<u>3295.4</u>
	V	<u>4.98</u>	<u>5.66</u>	<u>6.37</u>	<u>6.93</u>	<u>7.48</u>	<u>8.02</u>	<u>8.60</u>	<u>9.56</u>	<u>10.11</u>
	Z	1269	1641	2077	2462	2871	3293	3793	4683	5236
230.00	Q	<u>173.3</u>	<u>298.0</u>	<u>490.3</u>	<u>703.7</u>	<u>976.1</u>	<u>1308.2</u>	<u>1770.2</u>	<u>2781.9</u>	<u>3536.9</u>
	V	<u>5.34</u>	<u>6.08</u>	<u>6.84</u>	<u>7.44</u>	<u>8.03</u>	<u>8.60</u>	<u>9.23</u>	<u>10.26</u>	<u>10.85</u>
	Z	1464	1893	2394	2838	3309	3795	4370	5395	6031
260.00	Q	<u>184.5</u>	<u>317.2</u>	<u>521.9</u>	<u>748.9</u>	<u>1038.8</u>	<u>1392.1</u>	<u>1883.6</u>	<u>2960.0</u>	<u>3763.1</u>
	V	<u>5.69</u>	<u>6.47</u>	<u>7.27</u>	<u>7.92</u>	<u>8.55</u>	<u>9.16</u>	<u>9.83</u>	<u>10.92</u>	<u>11.54</u>
	Z	1659	2144	2712	3214	3747	4297	4948	6107	6828
300.00	Q	<u>198.5</u>	<u>341.1</u>	<u>561.2</u>	<u>805.4</u>	<u>1117.0</u>	<u>1496.7</u>	<u>2025.1</u>	<u>3182.1</u>	<u>4045.4</u>
	V	<u>6.12</u>	<u>6.96</u>	<u>7.82</u>	<u>8.52</u>	<u>9.19</u>	<u>9.85</u>	<u>10.56</u>	<u>11.74</u>	<u>12.41</u>
	Z	1919	2481	3137	3717	4332	4967	5720	7058	7890
340.00	Q	<u>211.5</u>	<u>363.6</u>	<u>598.1</u>	<u>858.1</u>	<u>1190.1</u>	<u>1594.7</u>	<u>2157.5</u>	<u>3389.8</u>	<u>4309.4</u>
	V	<u>6.52</u>	<u>7.41</u>	<u>8.34</u>	<u>9.07</u>	<u>9.80</u>	<u>10.49</u>	<u>11.25</u>	<u>12.50</u>	<u>13.22</u>
	Z	2181	2817	3562	4220	4918	5639	6492	8010	8953
390.00	Q	<u>226.8</u>	<u>389.8</u>	<u>641.2</u>	<u>919.9</u>	<u>1275.7</u>	<u>1709.3</u>	<u>2312.4</u>	<u>3633.0</u>	<u>4618.4</u>
	V	<u>6.99</u>	<u>7.95</u>	<u>8.94</u>	<u>9.73</u>	<u>10.50</u>	<u>11.24</u>	<u>12.06</u>	<u>13.40</u>	<u>14.17</u>
	Z	2507	3239	4094	4849	5651	6478	7458	9200	10284

Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\sqrt{V^2/2g}$  (mm vp)

Stålrör

30 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R		Inv. diameter mm								
mm	vp/m	12.5	16.0	21.6	27.2	35.9	41.8	53.0	70.3	82.5
2.60	Q	41.2	110.5	229.4	373.4	800.6	1213.7	2316.7	4980.8	7671.7
	V	0.09	0.15	0.17	0.18	0.22	0.25	0.29	0.36	0.40
	Z	0.45	1.22	1.59	1.67	2.53	3.17	4.46	6.66	8.33
3.00	Q	47.5	127.5	240.5	405.6	868.8	1316.5	2511.2	5395.1	8306.7
	V	0.11	0.18	0.18	0.19	0.24	0.27	0.32	0.39	0.43
	Z	0.61	1.63	1.74	1.97	2.98	3.72	5.24	7.82	9.77
3.40	Q	53.8	138.2	250.8	436.0	933.1	1413.3	2694.3	5784.8	8903.7
	V	0.12	0.19	0.19	0.21	0.26	0.29	0.34	0.41	0.46
	Z	0.78	1.91	1.90	2.28	3.44	4.29	6.03	8.99	11.23
3.90	Q	61.7	144.7	262.0	471.8	1008.8	1527.3	2909.9	6243.4	9606.1
	V	0.14	0.20	0.20	0.23	0.28	0.31	0.37	0.45	0.50
	Z	1.02	2.09	2.07	2.67	4.02	5.01	7.04	10.47	13.07
4.40	Q	69.6	149.9	272.3	505.6	1080.3	1634.9	3113.2	6675.6	<u>10.3</u>
	V	0.16	0.21	0.21	0.24	0.30	0.33	0.39	0.48	<u>0.53</u>
	Z	1.30	2.25	2.23	3.06	4.61	5.74	8.06	11.97	14.93
5.10	Q	80.7	157.6	291.9	550.1	1174.4	1776.6	3380.8	7244.2	<u>11.1</u>
	V	0.18	0.22	0.22	0.26	0.32	0.36	0.43	0.52	<u>0.58</u>
	Z	1.75	2.49	2.57	3.63	5.45	6.78	9.50	14.09	17.57
5.80	Q	91.8	164.1	314.4	592.0	1262.9	1909.7	3632.0	7777.6	<u>12.0</u>
	V	0.21	0.23	0.24	0.28	0.35	0.39	0.46	0.56	<u>0.62</u>
	Z	2.26	2.69	2.98	4.20	6.30	7.84	10.97	16.25	20.24
6.60	Q	104.5	171.1	338.6	637.2	1358.3	2053.1	3902.5	8351.8	<u>12.8</u>
	V	0.24	0.24	0.26	0.30	0.37	0.42	0.49	0.60	<u>0.67</u>
	Z	2.93	2.93	3.45	4.87	7.29	9.06	12.66	18.73	23.32
7.60	Q	110.3	178.8	367.1	690.4	1470.3	2221.6	4220.2	9025.7	<u>13.9</u>
	V	0.25	0.25	0.28	0.33	0.40	0.45	0.53	0.65	<u>0.72</u>
	Z	3.27	3.20	4.06	5.71	8.54	10.60	14.81	21.88	27.21
8.70	Q	115.3	187.0	396.6	745.3	1586.1	2395.5	4548.0	9720.7	<u>14.9</u>
	V	0.26	0.26	0.30	0.36	0.44	0.48	0.57	0.70	<u>0.78</u>
	Z	3.57	3.50	4.74	6.66	9.93	12.33	17.20	25.38	31.55
10.00	Q	120.4	195.2	429.4	806.3	1714.5	2588.5	4911.5	<u>10.5</u>	<u>16.1</u>
	V	0.27	0.27	0.33	0.39	0.47	0.52	0.62	<u>0.75</u>	<u>0.84</u>
	Z	3.89	3.81	5.56	7.79	11.61	14.40	20.05	29.56	36.72
11.50	Q	125.9	204.6	464.9	872.3	1853.5	2797.2	5304.5	<u>11.3</u>	<u>17.4</u>
	V	0.28	0.28	0.35	0.42	0.51	0.57	0.67	<u>0.81</u>	<u>0.90</u>
	Z	4.26	4.19	6.51	9.12	13.57	16.81	23.39	34.43	42.74
13.00	Q	130.5	218.7	498.3	934.5	1984.4	2993.7	5674.2	<u>12.1</u>	<u>18.6</u>
	V	0.30	0.30	0.38	0.45	0.54	0.61	0.71	<u>0.87</u>	<u>0.97</u>
	Z	4.57	4.79	7.48	10.47	15.55	19.26	26.77	39.36	48.83

Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

Stålrör

V = medelhastighet (m/s)

30 % glykol

Z = motståndstalet  $\sqrt{V^2/2g}$  (mm vp)

Medietemperatur = +40°C

R mm vp/m	Inv. diameter mm.									
	107.1	131.7	159.3	182.9	207.3	231.9	260.4	309.7	339.6	
2.60	Q	<u>15.5</u>	<u>26.9</u>	<u>44.8</u>	<u>64.8</u>	<u>90.4</u>	<u>121.9</u>	<u>165.8</u>	<u>262.6</u>	<u>335.1</u>
	V	0.48	0.55	0.62	0.69	0.74	0.80	0.86	0.97	1.03
	Z	11.95	15.83	20.46	24.60	29.05	33.68	39.21	49.15	55.39
3.00	Q	<u>16.8</u>	<u>29.1</u>	<u>48.5</u>	<u>70.0</u>	<u>97.7</u>	<u>131.7</u>	<u>179.1</u>	<u>283.6</u>	<u>361.9</u>
	V	0.52	0.59	0.68	0.74	0.80	0.87	0.93	1.05	1.11
	Z	13.99	18.52	23.92	28.75	33.93	39.32	45.76	57.33	64.58
3.40	Q	<u>17.9</u>	<u>31.2</u>	<u>51.9</u>	<u>75.0</u>	<u>104.6</u>	<u>140.9</u>	<u>191.6</u>	<u>303.2</u>	<u>387.0</u>
	V	0.55	0.64	0.72	0.79	0.86	0.93	1.00	1.12	1.19
	Z	16.06	21.24	27.41	32.93	38.85	45.01	52.36	65.57	73.85
3.90	Q	<u>19.4</u>	<u>33.6</u>	<u>55.9</u>	<u>80.7</u>	<u>112.6</u>	<u>151.7</u>	<u>206.2</u>	<u>326.4</u>	<u>416.4</u>
	V	0.60	0.69	0.78	0.85	0.93	1.00	1.08	1.20	1.28
	Z	18.67	24.68	31.82	38.21	45.06	52.18	60.69	75.95	85.51
4.40	Q	<u>20.7</u>	<u>35.9</u>	<u>59.7</u>	<u>86.2</u>	<u>120.2</u>	<u>161.9</u>	<u>220.0</u>	<u>348.1</u>	<u>444.1</u>
	V	0.64	0.73	0.83	0.91	0.99	1.06	1.15	1.28	1.36
	Z	21.31	28.15	36.27	43.54	51.32	59.42	69.07	86.40	97.26
5.10	Q	<u>22.4</u>	<u>38.9</u>	<u>64.6</u>	<u>93.3</u>	<u>130.1</u>	<u>175.2</u>	<u>238.1</u>	<u>376.6</u>	<u>480.4</u>
	V	0.69	0.79	0.90	0.99	1.07	1.15	1.24	1.39	1.47
	Z	25.5	33.06	42.56	51.06	60.16	69.62	80.91	101.15	113.82
5.80	Q	<u>24.0</u>	<u>41.8</u>	<u>69.3</u>	<u>100.0</u>	<u>139.5</u>	<u>187.7</u>	<u>255.1</u>	<u>403.3</u>	<u>514.4</u>
	V	0.74	0.85	0.97	1.06	1.15	1.23	1.33	1.49	1.58
	Z	28.82	38.01	48.91	58.65	69.08	79.91	92.83	116.00	130.50
6.60	Q	<u>25.8</u>	<u>44.8</u>	<u>74.3</u>	<u>107.2</u>	<u>149.5</u>	<u>201.1</u>	<u>273.3</u>	<u>432.0</u>	<u>550.9</u>
	V	0.80	0.91	1.04	1.13	1.23	1.32	1.43	1.59	1.69
	Z	33.18	43.73	56.23	67.40	79.34	91.76	106.56	133.08	149.67
7.60	Q	<u>27.9</u>	<u>48.3</u>	<u>80.2</u>	<u>115.7</u>	<u>161.2</u>	<u>216.9</u>	<u>294.6</u>	<u>465.6</u>	<u>593.6</u>
	V	0.86	0.99	1.12	1.22	1.33	1.43	1.54	1.72	1.82
	Z	38.68	50.94	65.46	78.42	92.28	106.67	123.83	154.57	173.80
8.70	Q	<u>30.0</u>	<u>52.0</u>	<u>86.2</u>	<u>124.3</u>	<u>173.2</u>	<u>233.1</u>	<u>316.6</u>	<u>500.1</u>	<u>637.6</u>
	V	0.92	1.06	1.20	1.31	1.43	1.53	1.65	1.84	1.96
	Z	44.79	58.94	75.69	90.63	106.61	123.20	142.96	178.36	200.49
10.00	Q	<u>32.3</u>	<u>56.0</u>	<u>92.9</u>	<u>134.0</u>	<u>186.6</u>	<u>251.0</u>	<u>340.8</u>	<u>538.3</u>	<u>686.2</u>
	V	1.00	1.14	1.29	1.42	1.54	1.65	1.78	1.99	2.10
	Z	52.08	68.48	87.88	105.18	123.67	142.86	165.72	206.64	232.22
11.50	Q	<u>34.9</u>	<u>60.4</u>	<u>100.1</u>	<u>144.3</u>	<u>201.0</u>	<u>270.3</u>	<u>367.0</u>	<u>579.5</u>	<u>738.6</u>
	V	1.07	1.23	1.40	1.53	1.65	1.78	1.91	2.14	2.27
	Z	60.57	79.58	102.05	122.08	143.49	165.70	192.14	239.47	269.04
13.00	Q	<u>37.2</u>	<u>64.5</u>	<u>106.9</u>	<u>154.1</u>	<u>214.5</u>	<u>288.4</u>	<u>391.6</u>	<u>618.2</u>	<u>787.8</u>
	V	1.15	1.32	1.49	1.63	1.77	1.90	2.04	2.28	2.42
	Z	69.13	90.76	116.32	139.10	163.43	188.67	218.71	272.47	306.05



Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\gamma V^2/2g$  (mm vp)

Stålrör

30 % glykol

Medietemperatur = +40 °C

R mm vp/m	Inv. diameter mm									
	12.5	16.0	21.6	27.2	35.9	41.8	53.0	70.3	82.5	
15.00	Q	136.9	237.4	540.3	1012.5	2148.4	3239.9	6137.3	<u>13.1</u>	<u>20.1</u>
	V	0.31	0.33	0.41	0.48	0.59	0.66	0.77	0.94	1.04
	Z	5.04	5.64	8.80	12.29	18.23	22.55	31.31	45.98	57.01
17.00	Q	142.4	255.0	579.8	1085.9	2302.5	3471.1	6572.1	<u>14.0</u>	<u>21.5</u>
	V	0.32	0.35	0.44	0.52	0.63	0.70	0.83	1.00	1.12
	Z	5.45	6.51	10.13	14.13	20.94	25.89	35.91	52.67	65.27
20.00	Q	149.8	279.7	635.3	1188.9	2518.7	3795.4	7181.3	<u>15.3</u>	<u>23.4</u>
	V	0.34	0.39	0.48	0.57	0.69	0.77	0.90	1.09	1.22
	Z	6.03	7.83	12.16	16.94	25.05	30.95	42.87	62.80	77.76
23.00	Q	156.7	302.7	687.1	1284.9	2720.1	4097.4	7748.7	<u>16.5</u>	<u>25.3</u>
	V	0.35	0.42	0.52	0.61	0.75	0.83	0.98	1.18	1.31
	Z	6.59	9.17	14.22	19.78	29.22	36.07	49.91	73.03	90.37
26.00	Q	164.7	324.5	735.8	1375.3	2909.6	4381.4	8281.8	<u>17.6</u>	<u>27.0</u>
	V	0.37	0.45	0.56	0.66	0.80	0.89	1.04	1.26	1.40
	Z	7.29	10.54	16.31	22.66	33.43	41.25	57.02	83.34	103.07
30.00	Q	178.7	351.7	796.9	1488.5	3146.9	4736.9	8949.1	<u>19.0</u>	<u>29.1</u>
	V	0.40	0.49	0.60	0.71	0.86	0.96	1.13	1.36	1.51
	Z	8.58	12.38	19.14	26.55	39.11	48.21	66.58	97.20	120.13
34.00	Q	191.9	377.4	854.3	1594.8	3369.6	5070.6	9575.1	<u>20.3</u>	<u>31.1</u>
	V	0.43	0.52	0.65	0.76	0.92	1.03	1.21	1.46	1.62
	Z	9.90	14.26	21.99	30.48	44.84	55.24	76.22	111.16	137.31
39.00	Q	207.4	407.6	921.8	1719.8	3631.3	5462.5	<u>10.3</u>	<u>21.9</u>	<u>33.5</u>
	V	0.47	0.56	0.70	0.82	1.00	1.11	<u>1.30</u>	<u>1.57</u>	<u>1.74</u>
	Z	11.56	16.63	25.61	35.44	52.07	64.11	88.36	128.73	158.93
44.00	Q	222.1	436.0	985.4	1837.5	3877.4	5831.1	<u>11.0</u>	<u>23.3</u>	<u>35.7</u>
	V	0.50	0.60	0.75	0.88	1.06	1.18	<u>1.39</u>	<u>1.67</u>	<u>1.86</u>
	Z	13.25	19.03	29.26	40.46	59.37	73.06	100.60	146.42	180.68
51.00	Q	241.3	473.4	1069.0	1992.0	4200.6	6314.9	<u>11.9</u>	<u>25.3</u>	<u>38.6</u>
	V	0.55	0.65	0.81	0.95	1.15	1.28	<u>1.50</u>	<u>1.81</u>	<u>2.01</u>
	Z	15.65	22.43	34.43	47.55	69.68	85.68	117.87	171.35	211.32
58.00	Q	259.4	508.5	1147.3	2136.8	4503.3	6767.8	<u>12.8</u>	<u>27.0</u>	<u>41.4</u>
	V	0.59	0.70	0.87	1.02	1.24	1.37	<u>1.61</u>	<u>1.94</u>	<u>2.15</u>
	Z	18.08	25.88	39.66	54.72	80.08	98.41	135.26	195.45	242.14
66.00	Q	278.8	546.3	1231.5	2292.5	4828.5	7254.4	<u>13.7</u>	<u>29.0</u>	<u>44.3</u>
	V	0.63	0.75	0.93	1.10	1.33	1.47	<u>1.72</u>	<u>2.07</u>	<u>2.30</u>
	Z	20.89	29.87	45.70	62.98	92.07	113.07	155.27	225.30	277.56
76.00	Q	301.7	590.6	1330.3	2474.9	5209.4	7824.2	<u>14.7</u>	<u>31.2</u>	<u>47.7</u>
	V	0.68	0.82	1.01	1.18	1.43	1.58	<u>1.86</u>	<u>2.23</u>	<u>2.48</u>
	Z	24.45	34.91	53.33	73.40	107.17	131.53	180.45	261.57	322.07

Q = volymström (liter/h), understruket = ( $\dot{m}$ /h)

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\gamma V^2/2g$  (mm vp)

Stålrör

30 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R mm vp/m	Inv. diameter mm									
	107.1	131.7	159.3	182.9	207.3	231.9	260.4	309.7	339.6	
15.00	Q	<u>40.2</u>	<u>69.7</u>	<u>115.3</u>	<u>166.2</u>	<u>231.4</u>	<u>311.1</u>	<u>422.2</u>	<u>666.5</u>	<u>849.2</u>
	V	<u>1.24</u>	<u>1.42</u>	<u>1.61</u>	<u>1.76</u>	<u>1.90</u>	<u>2.05</u>	<u>2.20</u>	<u>2.46</u>	<u>2.60</u>
	Z	80.63	109.78	135.48	161.94	190.19	219.48	254.34	316.69	355.63
17.00	Q	43.0	74.5	<u>123.3</u>	<u>177.6</u>	<u>247.2</u>	<u>332.3</u>	<u>451.0</u>	<u>711.7</u>	<u>906.7</u>
	V	1.33	1.52	<u>1.72</u>	<u>1.88</u>	<u>2.04</u>	<u>2.19</u>	<u>2.35</u>	<u>2.62</u>	<u>2.78</u>
	Z	92.23	120.91	154.77	184.92	217.10	250.46	290.15	361.13	405.44
20.00	Q	<u>46.9</u>	<u>81.2</u>	<u>134.4</u>	<u>193.6</u>	<u>269.4</u>	<u>362.0</u>	<u>491.2</u>	<u>774.9</u>	<u>987.1</u>
	V	<u>1.45</u>	<u>1.66</u>	<u>1.87</u>	<u>2.05</u>	<u>2.22</u>	<u>2.38</u>	<u>2.56</u>	<u>2.86</u>	<u>3.03</u>
	Z	109.76	143.77	183.90	219.61	257.71	297.20	344.17	428.12	480.52
23.00	Q	<u>50.6</u>	<u>87.5</u>	<u>144.7</u>	<u>208.4</u>	<u>289.9</u>	<u>389.6</u>	<u>528.5</u>	<u>833.6</u>	<u>1061.8</u>
	V	<u>1.56</u>	<u>1.78</u>	<u>2.02</u>	<u>2.20</u>	<u>2.39</u>	<u>2.56</u>	<u>2.76</u>	<u>3.07</u>	<u>3.26</u>
	Z	127.43	166.80	213.22	254.52	298.56	344.21	398.47	495.44	555.95
26.00	Q	<u>54.0</u>	<u>93.3</u>	<u>154.4</u>	<u>222.3</u>	<u>309.2</u>	<u>415.4</u>	<u>563.5</u>	<u>888.6</u>	<u>1131.8</u>
	V	<u>1.66</u>	<u>1.90</u>	<u>2.15</u>	<u>2.35</u>	<u>2.55</u>	<u>2.73</u>	<u>2.94</u>	<u>3.28</u>	<u>3.47</u>
	Z	145.22	189.97	242.71	289.61	339.62	391.43	453.02	563.04	631.68
30.00	Q	<u>58.2</u>	<u>100.7</u>	<u>166.5</u>	<u>239.7</u>	<u>333.3</u>	<u>447.7</u>	<u>607.2</u>	<u>957.4</u>	<u>1219.2</u>
	V	<u>1.80</u>	<u>2.05</u>	<u>2.32</u>	<u>2.53</u>	<u>2.74</u>	<u>2.95</u>	<u>3.17</u>	<u>3.53</u>	<u>3.74</u>
	Z	169.09	221.04	282.24	336.64	394.62	454.68	526.05	653.52	733.02
34.00	Q	62.2	107.6	<u>177.8</u>	<u>255.9</u>	<u>355.9</u>	<u>478.0</u>	<u>648.2</u>	<u>1021.7</u>	<u>1301.0</u>
	V	1.92	2.19	<u>2.48</u>	<u>2.71</u>	<u>2.93</u>	<u>3.14</u>	<u>3.38</u>	<u>3.77</u>	<u>3.99</u>
	Z	193.11	252.30	321.98	383.89	449.88	518.21	599.39	744.34	834.73
39.00	Q	<u>66.9</u>	<u>115.6</u>	<u>191.1</u>	<u>275.0</u>	<u>382.3</u>	<u>513.4</u>	<u>696.2</u>	<u>1097.1</u>	<u>1396.9</u>
	V	<u>2.06</u>	<u>2.36</u>	<u>2.66</u>	<u>2.91</u>	<u>3.15</u>	<u>3.38</u>	<u>3.63</u>	<u>4.05</u>	<u>4.28</u>
	Z	223.32	291.57	371.89	443.23	519.24	597.93	691.40	858.26	962.28
44.00	Q	<u>71.3</u>	<u>123.2</u>	<u>203.5</u>	<u>292.9</u>	<u>407.2</u>	<u>546.7</u>	<u>741.2</u>	<u>1167.9</u>	<u>1486.8</u>
	V	<u>2.20</u>	<u>2.51</u>	<u>2.84</u>	<u>3.10</u>	<u>3.35</u>	<u>3.60</u>	<u>3.87</u>	<u>4.31</u>	<u>4.56</u>
	Z	253.69	331.04	422.02	502.82	588.88	677.95	783.74	972.54	1090
51.00	Q	<u>77.1</u>	<u>133.2</u>	<u>219.9</u>	<u>316.3</u>	<u>439.7</u>	<u>590.3</u>	<u>800.2</u>	<u>1260.6</u>	<u>1604.7</u>
	V	<u>2.38</u>	<u>2.72</u>	<u>3.07</u>	<u>3.35</u>	<u>3.62</u>	<u>3.88</u>	<u>4.17</u>	<u>4.65</u>	<u>4.92</u>
	Z	296.44	386.56	492.53	586.59	686.75	790.40	913.47	1133	1270
58.00	Q	<u>82.5</u>	<u>142.4</u>	<u>235.2</u>	<u>338.3</u>	<u>470.1</u>	<u>631.1</u>	<u>855.3</u>	<u>1347.2</u>	<u>1714.7</u>
	V	<u>2.55</u>	<u>2.90</u>	<u>3.28</u>	<u>3.58</u>	<u>3.87</u>	<u>4.15</u>	<u>4.46</u>	<u>4.97</u>	<u>5.26</u>
	Z	339.42	442.35	563.34	670.70	785.00	903.25	1044	1294	1450
66.00	Q	<u>88.3</u>	<u>152.4</u>	<u>251.6</u>	<u>361.8</u>	<u>502.7</u>	<u>674.7</u>	<u>914.4</u>	<u>1440.0</u>	<u>1832.8</u>
	V	<u>2.72</u>	<u>3.11</u>	<u>3.51</u>	<u>3.83</u>	<u>4.14</u>	<u>4.44</u>	<u>4.77</u>	<u>5.31</u>	<u>5.62</u>
	Z	388.77	506.39	644.58	767.17	897.66	1033	1193	1479	1657
76.00	Q	<u>95.1</u>	<u>164.0</u>	<u>270.7</u>	<u>389.3</u>	<u>540.8</u>	<u>725.8</u>	<u>983.5</u>	<u>1548.5</u>	<u>1970.7</u>
	V	<u>2.93</u>	<u>3.35</u>	<u>3.77</u>	<u>4.12</u>	<u>4.45</u>	<u>4.77</u>	<u>5.13</u>	<u>5.71</u>	<u>6.04</u>
	Z	450.75	586.77	746.52	888.20	1039	1195	1380	1710	1915

Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\gamma V^2/2g$  (mm vp)

Stålrör

30 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R	mm vp/m	Inv. diameter mm								
		12.5	16.0	21.6	27.2	35.9	41.8	53.0	70.3	82.5
87.00	Q	325.2	636.2	1432.1	2662.8	5601.5	8410.6	<u>15.8</u>	<u>33.5</u>	<u>51.2</u>
	V	0.74	0.88	1.09	1.27	1.54	1.70	<u>1.99</u>	<u>2.40</u>	<u>2.66</u>
	Z	28.42	40.51	61.80	84.97	123.91	151.99	208.33	301.69	371.29
100.00	Q	351.4	686.8	1544.7	2870.7	6035.3	9059.0	<u>17.0</u>	<u>36.1</u>	<u>55.1</u>
	V	0.80	0.95	1.17	1.37	1.66	1.83	<u>2.15</u>	<u>2.58</u>	<u>2.86</u>
	Z	33.17	47.21	71.90	98.75	143.84	176.33	241.48	349.36	429.74
115.00	Q	379.6	741.4	1666.3	3095.0	6503.1	9758.3	<u>18.4</u>	<u>38.8</u>	<u>59.3</u>
	V	0.86	1.02	1.26	1.48	1.78	1.98	<u>2.31</u>	<u>2.78</u>	<u>3.08</u>
	Z	38.71	55.02	83.67	114.79	167.00	204.60	279.95	404.64	497.50
130.00	Q	406.1	792.8	1780.5	3305.6	6942.1	10.4	<u>19.6</u>	<u>41.4</u>	<u>63.2</u>
	V	0.92	1.10	1.35	1.58	1.91	2.11	<u>2.47</u>	<u>2.96</u>	<u>3.28</u>
	Z	44.31	62.91	95.53	130.95	190.31	233.04	318.63	460.18	565.54
150.00	Q	439.3	857.1	1923.4	3569.0	7490.8	11.2	<u>21.1</u>	<u>44.6</u>	<u>68.1</u>
	V	0.99	1.18	1.46	1.71	2.06	2.27	<u>2.66</u>	<u>3.19</u>	<u>3.54</u>
	Z	51.85	73.52	111.47	152.64	221.59	271.18	370.47	534.55	656.64
170.00	Q	470.5	917.3	2057.3	3815.8	8004.9	12.0	<u>22.5</u>	<u>47.6</u>	<u>72.7</u>
	V	1.07	1.27	1.56	1.82	2.20	2.43	<u>2.84</u>	<u>3.41</u>	<u>3.78</u>
	Z	59.47	84.22	127.54	174.48	253.05	309.53	422.55	609.24	748.08
200.00	Q	514.2	1001.7	2244.7	4160.9	8723.7	13.1	<u>24.6</u>	<u>51.8</u>	<u>79.1</u>
	V	1.16	1.38	1.70	1.99	2.39	2.65	<u>3.09</u>	<u>3.71</u>	<u>4.11</u>
	Z	71.02	100.43	151.83	207.48	300.53	367.37	501.07	721.74	885.78
230.00	Q	554.8	1080.2	2418.9	4481.7	9391.3	14.1	<u>26.4</u>	<u>55.8</u>	<u>85.0</u>
	V	1.26	1.49	1.83	2.14	2.58	2.85	<u>3.33</u>	<u>3.99</u>	<u>4.42</u>
	Z	82.69	116.78	176.31	240.70	348.29	425.54	579.97	834.72	1024
260.00	Q	592.9	1153.9	2582.4	4782.7	10.0	15.0	<u>28.2</u>	<u>59.4</u>	<u>90.6</u>
	V	1.34	1.59	1.96	2.29	2.75	3.04	<u>3.55</u>	<u>4.25</u>	<u>4.71</u>
	Z	94.46	133.26	200.95	274.11	396.29	483.97	659.18	948.08	1163
300.00	Q	640.7	1246.0	2786.7	5158.7	10.8	16.2	<u>30.3</u>	<u>64.0</u>	<u>97.6</u>
	V	1.45	1.72	2.11	2.47	2.96	3.27	<u>3.82</u>	<u>4.58</u>	<u>5.07</u>
	Z	110.28	155.38	234.00	318.91	460.59	562.22	765.20	1100	1348
340.00	Q	685.4	1332.3	2978.1	5510.9	11.5	17.3	<u>32.4</u>	<u>68.3</u>	<u>104.1</u>
	V	1.55	1.84	2.26	2.63	3.17	3.50	<u>4.08</u>	<u>4.89</u>	<u>5.41</u>
	Z	126.23	177.66	267.25	363.94	525.18	640.79	871.61	1252	1534
390.00	Q	737.9	1433.6	3202.5	5923.7	12.4	18.6	<u>34.8</u>	<u>73.3</u>	<u>111.7</u>
	V	1.67	1.98	2.43	2.83	3.40	3.76	<u>4.38</u>	<u>5.25</u>	<u>5.81</u>
	Z	146.31	205.70	309.04	420.50	606.26	739.38	1005	1443	1767

Q = volymström (liter/h), understruket = ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\sqrt{V^2/2g}$  (mm vp)

Stålrör

30 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R	Inv. diameter mm									
	107.1	131.7	159.3	182.9	207.3	231.9	260.4	309.7	339.6	
87.00	Q	<u>102.1</u>	<u>176.0</u>	<u>290.4</u>	<u>417.5</u>	<u>580.0</u>	<u>778.3</u>	<u>1054.5</u>	<u>1660.0</u>	<u>2112.4</u>
	V	3.15	3.59	4.05	4.41	4.77	5.12	5.50	6.12	6.48
	Z	519.24	675.56	859.07	1022	1195	1374	1586	1965	2201
100.00	Q	<u>109.8</u>	<u>189.2</u>	<u>312.2</u>	<u>448.7</u>	<u>623.2</u>	<u>836.2</u>	<u>1132.8</u>	<u>1783.1</u>	<u>2268.8</u>
	V	3.38	3.86	4.35	4.74	5.13	5.50	5.91	6.58	6.96
	Z	600.53	780.88	992.55	1180	1380	1586	1831	2267	2539
115.00	Q	<u>118.0</u>	<u>203.5</u>	<u>335.6</u>	<u>482.3</u>	<u>669.8</u>	<u>898.6</u>	<u>1217.2</u>	<u>1915.6</u>	<u>2437.2</u>
	V	3.64	4.15	4.68	5.10	5.51	5.91	6.35	7.06	7.48
	Z	694.70	902.87	1147	1363	1594	1831	2114	2616	2929
130.00	Q	<u>125.8</u>	<u>216.8</u>	<u>357.5</u>	<u>513.8</u>	<u>713.5</u>	<u>957.1</u>	<u>1296.3</u>	<u>2039.7</u>	<u>2595.0</u>
	V	3.88	4.42	4.98	5.43	5.87	6.30	6.76	7.52	7.96
	Z	789.23	1025	1302	1547	1808	2077	2397	2967	3321
150.00	Q	<u>135.5</u>	<u>233.5</u>	<u>384.9</u>	<u>553.1</u>	<u>767.9</u>	<u>1030.0</u>	<u>1394.9</u>	<u>2194.7</u>	<u>2791.9</u>
	V	4.18	4.76	5.37	5.85	6.32	6.78	7.28	8.09	8.56
	Z	915.70	1189	1509	1793	2095	2406	2776	3434	3844
170.00	Q	<u>144.6</u>	<u>249.1</u>	<u>410.6</u>	<u>589.8</u>	<u>818.9</u>	<u>1098.3</u>	<u>1487.2</u>	<u>2339.6</u>	<u>2976.1</u>
	V	4.46	5.08	5.72	6.24	6.74	7.22	7.76	8.63	9.13
	Z	1043	1353	1717	2039	2382	2736	3155	3903	4368
200.00	Q	<u>157.3</u>	<u>270.9</u>	<u>446.4</u>	<u>641.2</u>	<u>890.0</u>	<u>1193.6</u>	<u>1616.1</u>	<u>2541.9</u>	<u>3233.2</u>
	V	4.85	5.52	6.22	6.78	7.33	7.85	8.43	9.37	9.92
	Z	1234	1600	2030	2410	2814	3231	3726	4607	5155
230.00	Q	<u>169.1</u>	<u>291.1</u>	<u>479.6</u>	<u>688.8</u>	<u>956.1</u>	<u>1282.0</u>	<u>1735.6</u>	<u>2729.6</u>	<u>3471.7</u>
	V	5.21	5.94	6.69	7.28	7.87	8.43	9.05	10.07	10.65
	Z	1425	1848	2343	2781	3247	3728	4298	5313	5944
260.00	Q	<u>180.1</u>	<u>310.1</u>	<u>510.7</u>	<u>733.4</u>	<u>1017.9</u>	<u>1364.8</u>	<u>1847.7</u>	<u>2905.5</u>	<u>3695.2</u>
	V	5.55	6.32	7.12	7.76	8.38	8.98	9.64	10.72	11.33
	Z	1617	2096	2657	3153	3680	4225	4870	6019	6734
300.00	Q	<u>193.9</u>	<u>333.7</u>	<u>549.6</u>	<u>789.1</u>	<u>1095.1</u>	<u>1468.2</u>	<u>1987.4</u>	<u>3124.9</u>	<u>3974.0</u>
	V	5.98	6.81	7.66	8.34	9.01	9.66	10.37	11.52	12.19
	Z	1874	2428	3076	3650	4260	4889	5635	6962	7788
340.00	Q	<u>206.8</u>	<u>355.8</u>	<u>585.9</u>	<u>841.2</u>	<u>1167.3</u>	<u>1564.9</u>	<u>2118.1</u>	<u>3330.1</u>	<u>4234.8</u>
	V	6.38	7.26	8.17	8.90	9.61	10.29	11.05	12.28	12.99
	Z	2132	2761	3497	4148	4840	5554	6400	7907	8844
390.00	Q	<u>221.9</u>	<u>381.7</u>	<u>628.5</u>	<u>902.2</u>	<u>1251.8</u>	<u>1678.1</u>	<u>2271.2</u>	<u>3570.4</u>	<u>4540.1</u>
	V	6.84	7.78	8.76	9.54	10.30	11.04	11.85	13.17	13.93
	Z	2454	3177	4023	4771	5566	6387	7359	9089	10165



Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\sqrt{V^2/2g}$  (mm vp)

Stålrör

50 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R mm vp/m	Inv. diameter mm									
	12.5	16.0	21.6	27.2	35.9	41.8	53.0	70.3	82.5	
2.60	Q	26.1	70.0	232.6	416.8	738.8	1123.4	2153.7	4652.3	7183.5
	V	0.06	0.10	0.18	0.20	0.20	0.23	0.27	0.33	0.37
	Z	0.19	0.50	1.67	2.13	2.21	2.78	3.95	5.96	7.49
3.00	Q	30.1	80.8	268.4	436.8	802.7	1220.0	2337.3	5044.8	7786.4
	V	0.07	0.11	0.20	0.21	0.22	0.25	0.29	0.36	0.40
	Z	0.25	0.67	2.23	2.34	2.61	3.28	4.66	7.01	8.80
3.40	Q	34.1	91.6	289.4	455.2	863.1	1311.1	2510.2	5414.5	8353.9
	V	0.08	0.13	0.22	0.22	0.24	0.27	0.32	0.39	0.43
	Z	0.32	0.86	2.59	2.55	3.02	3.79	5.37	8.07	10.13
3.90	Q	39.1	105.0	301.7	476.7	934.3	1418.6	2714.1	5849.9	9022.3
	V	0.09	0.15	0.23	0.23	0.26	0.29	0.34	0.42	0.47
	Z	0.42	1.13	2.81	2.79	3.53	4.43	6.28	9.42	11.82
4.40	Q	44.2	118.5	313.9	495.2	1001.5	1520.1	2906.6	6260.8	9652.7
	V	0.10	0.16	0.24	0.24	0.27	0.31	0.37	0.45	0.50
	Z	0.54	1.44	3.04	3.01	4.06	5.09	7.20	10.79	13.53
5.10	Q	51.2	137.4	329.7	519.8	1090.3	1654.0	3160.3	6801.9	<u>10.5</u>
	V	0.12	0.19	0.25	0.25	0.30	0.33	0.40	0.49	0.54
	Z	0.72	1.94	3.36	3.32	4.81	6.03	8.51	12.74	15.95
5.80	Q	58.2	156.2	343.2	547.2	1173.7	1779.8	3398.7	7310.2	<u>11.3</u>
	V	0.13	0.22	0.26	0.26	0.32	0.36	0.43	0.52	0.59
	Z	0.93	2.50	3.64	3.68	5.58	6.98	9.85	14.71	18.41
6.60	Q	66.2	177.8	357.8	589.7	1263.8	1915.6	3655.8	7857.9	<u>12.1</u>
	V	0.15	0.25	0.27	0.28	0.35	0.39	0.46	0.56	0.63
	Z	1.21	3.24	3.96	4.27	6.47	8.08	11.39	17.00	21.26
7.60	Q	76.3	204.7	374.9	639.7	1369.8	2075.4	3958.0	8501.5	<u>13.1</u>
	V	0.17	0.28	0.28	0.31	0.38	0.42	0.50	0.61	0.68
	Z	1.60	4.30	4.34	5.03	7.60	9.49	13.35	19.90	24.87
8.70	Q	87.3	216.2	392.0	691.5	1479.5	2240.5	4270.3	9166.0	<u>14.1</u>
	V	0.20	0.30	0.30	0.33	0.41	0.45	0.54	0.66	0.73
	Z	2.10	4.80	4.75	5.88	8.86	11.06	15.54	23.13	28.89
10.00	Q	100.3	226.2	410.3	749.1	1601.3	2424.0	4617.0	9903.3	<u>15.2</u>
	V	0.23	0.31	0.31	0.36	0.44	0.49	0.58	0.71	0.79
	Z	2.77	5.25	5.20	6.89	10.38	12.94	18.17	27.01	33.70
11.50	Q	115.4	237.0	430.5	811.6	1733.3	2622.6	4992.3	<u>10.7</u>	<u>16.5</u>
	V	0.26	0.33	0.33	0.39	0.48	0.53	0.63	0.77	0.86
	Z	3.67	5.76	5.72	8.09	12.16	15.15	21.24	31.53	39.32
13.00	Q	130.4	246.1	462.0	870.5	1857.7	2809.9	5345.8	<u>11.5</u>	<u>17.6</u>
	V	0.30	0.34	0.35	0.42	0.51	0.57	0.67	0.82	0.91
	Z	4.69	6.21	6.60	9.31	13.97	17.39	24.36	36.11	45.00

Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\sqrt{V^2/2g}$  (mm vp)

Stålrör

50 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R mm vp/m	Inv. diameter mm									
	107.1	131.7	159.3	182.9	207.3	231.9	260.4	309.7	339.6	
2.60	Q	<u>14.6</u>	<u>25.4</u>	<u>42.3</u>	<u>61.3</u>	<u>85.7</u>	<u>115.6</u>	<u>157.5</u>	<u>250.0</u>	<u>319.4</u>
	V	<u>0.45</u>	<u>0.52</u>	<u>0.59</u>	<u>0.65</u>	<u>0.71</u>	<u>0.76</u>	<u>0.82</u>	<u>0.92</u>	<u>0.98</u>
	Z	10.82	14.42	18.72	22.59	26.76	31.10	36.30	45.68	51.57
3.00	Q	<u>15.8</u>	<u>27.5</u>	<u>45.8</u>	<u>66.3</u>	<u>92.7</u>	<u>125.1</u>	<u>170.3</u>	<u>270.2</u>	<u>345.2</u>
	V	<u>0.49</u>	<u>0.56</u>	<u>0.64</u>	<u>0.70</u>	<u>0.76</u>	<u>0.82</u>	<u>0.89</u>	<u>1.00</u>	<u>1.06</u>
	Z	12.70	16.91	21.93	26.45	31.31	36.38	42.44	53.38	60.24
3.40	Q	<u>16.9</u>	<u>29.5</u>	<u>49.1</u>	<u>71.1</u>	<u>99.3</u>	<u>133.9</u>	<u>192.4</u>	<u>289.2</u>	<u>369.4</u>
	V	<u>0.52</u>	<u>0.60</u>	<u>0.68</u>	<u>0.75</u>	<u>0.82</u>	<u>0.88</u>	<u>0.95</u>	<u>1.07</u>	<u>1.13</u>
	Z	14.60	19.42	25.18	30.35	35.91	41.71	48.65	61.15	69.00
3.90	Q	<u>18.2</u>	<u>31.8</u>	<u>53.0</u>	<u>76.6</u>	<u>107.0</u>	<u>144.3</u>	<u>196.5</u>	<u>311.5</u>	<u>397.9</u>
	V	<u>0.56</u>	<u>0.65</u>	<u>0.74</u>	<u>0.81</u>	<u>0.88</u>	<u>0.95</u>	<u>1.03</u>	<u>1.15</u>	<u>1.22</u>
	Z	17.01	22.61	29.29	35.29	41.73	48.45	56.49	70.96	80.04
4.40	Q	<u>19.5</u>	<u>34.0</u>	<u>56.6</u>	<u>81.9</u>	<u>114.3</u>	<u>154.1</u>	<u>209.8</u>	<u>332.6</u>	<u>424.6</u>
	V	<u>0.60</u>	<u>0.69</u>	<u>0.79</u>	<u>0.87</u>	<u>0.94</u>	<u>1.01</u>	<u>1.09</u>	<u>1.23</u>	<u>1.30</u>
	Z	19.45	25.83	33.44	40.27	47.61	55.26	64.40	80.85	91.18
5.10	Q	<u>21.2</u>	<u>36.9</u>	<u>61.4</u>	<u>88.7</u>	<u>123.9</u>	<u>167.0</u>	<u>227.3</u>	<u>360.2</u>	<u>459.8</u>
	V	<u>0.65</u>	<u>0.75</u>	<u>0.86</u>	<u>0.94</u>	<u>1.02</u>	<u>1.10</u>	<u>1.19</u>	<u>1.33</u>	<u>1.41</u>
	Z	22.91	30.40	39.33	47.33	55.92	64.88	75.58	94.83	106.91
5.80	Q	<u>22.7</u>	<u>39.6</u>	<u>65.8</u>	<u>95.2</u>	<u>132.9</u>	<u>179.1</u>	<u>243.7</u>	<u>386.0</u>	<u>492.8</u>
	V	<u>0.70</u>	<u>0.81</u>	<u>0.92</u>	<u>1.01</u>	<u>1.09</u>	<u>1.18</u>	<u>1.27</u>	<u>1.42</u>	<u>1.51</u>
	Z	26.42	35.02	45.28	54.47	64.33	74.60	86.87	108.94	122.79
6.60	Q	<u>24.4</u>	<u>42.5</u>	<u>70.7</u>	<u>102.1</u>	<u>142.6</u>	<u>192.1</u>	<u>261.3</u>	<u>413.8</u>	<u>528.2</u>
	V	<u>0.75</u>	<u>0.87</u>	<u>0.98</u>	<u>1.08</u>	<u>1.17</u>	<u>1.26</u>	<u>1.36</u>	<u>1.53</u>	<u>1.62</u>
	Z	30.47	40.37	52.14	62.70	74.02	85.81	99.89	125.20	141.07
7.60	Q	<u>26.4</u>	<u>45.9</u>	<u>76.3</u>	<u>110.3</u>	<u>153.9</u>	<u>207.3</u>	<u>282.0</u>	<u>446.4</u>	<u>569.7</u>
	V	<u>0.81</u>	<u>0.94</u>	<u>1.06</u>	<u>1.17</u>	<u>1.27</u>	<u>1.36</u>	<u>1.47</u>	<u>1.65</u>	<u>1.75</u>
	Z	35.60	47.12	60.82	73.10	86.25	99.95	116.31	145.69	164.11
8.70	Q	<u>28.4</u>	<u>49.4</u>	<u>82.1</u>	<u>118.7</u>	<u>165.6</u>	<u>223.0</u>	<u>303.3</u>	<u>480.0</u>	<u>612.4</u>
	V	<u>0.88</u>	<u>1.01</u>	<u>1.15</u>	<u>1.25</u>	<u>1.36</u>	<u>1.47</u>	<u>1.58</u>	<u>1.77</u>	<u>1.88</u>
	Z	41.31	54.63	70.47	84.64	99.84	115.65	134.53	168.42	189.66
10.00	Q	<u>30.7</u>	<u>53.3</u>	<u>88.6</u>	<u>128.0</u>	<u>178.5</u>	<u>240.4</u>	<u>326.8</u>	<u>517.1</u>	<u>659.7</u>
	V	<u>0.95</u>	<u>1.09</u>	<u>1.24</u>	<u>1.35</u>	<u>1.47</u>	<u>1.58</u>	<u>1.70</u>	<u>1.91</u>	<u>2.02</u>
	Z	48.13	63.60	81.98	98.42	116.04	134.37	156.24	195.49	220.08
11.50	Q	<u>33.1</u>	<u>57.6</u>	<u>95.6</u>	<u>138.0</u>	<u>192.5</u>	<u>259.1</u>	<u>352.3</u>	<u>557.2</u>	<u>710.8</u>
	V	<u>1.02</u>	<u>1.17</u>	<u>1.33</u>	<u>1.46</u>	<u>1.58</u>	<u>1.70</u>	<u>1.84</u>	<u>2.05</u>	<u>2.18</u>
	Z	56.09	74.06	95.40	114.47	134.91	156.15	181.50	226.97	255.44
13.00	Q	<u>35.4</u>	<u>61.5</u>	<u>102.1</u>	<u>147.5</u>	<u>205.6</u>	<u>276.7</u>	<u>376.1</u>	<u>594.8</u>	<u>758.7</u>
	V	<u>1.09</u>	<u>1.25</u>	<u>1.42</u>	<u>1.56</u>	<u>1.69</u>	<u>1.82</u>	<u>1.96</u>	<u>2.19</u>	<u>2.33</u>
	Z	64.14	84.63	108.93	130.66	153.92	178.10	206.94	258.66	291.04

Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\sqrt{V^2/2g}$  (mm vp)

Stålrör

50 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R mm	vp/m	Inv. diameter mm								
		12.5	16.0	21.6	27.2	35.9	41.8	53.0	70.3	82.5
15.00	Q	150.5	257.8	501.7	944.4	2013.9	3044.8	5789.1	<u>12.4</u>	<u>19.0</u>
	V	0.34	0.36	0.38	0.45	0.55	0.62	0.73	0.89	0.99
	Z	6.24	6.82	7.78	10.96	16.42	20.42	28.56	42.29	52.66
17.00	Q	165.4	267.8	539.0	1014.1	2160.9	3265.7	6205.9	<u>13.3</u>	<u>20.4</u>
	V	0.37	0.37	0.41	0.48	0.59	0.66	0.78	0.95	1.06
	Z	7.53	7.36	8.98	12.64	18.91	23.49	32.83	48.54	60.41
20.00	Q	173.9	282.2	591.6	1112.0	2367.2	3575.9	6790.6	<u>14.5</u>	<u>22.3</u>
	V	0.39	0.39	0.45	0.53	0.65	0.72	0.86	1.04	1.16
	Z	8.33	8.18	10.81	15.19	22.69	28.17	39.30	58.03	72.16
23.00	Q	181.6	295.8	640.7	1203.4	2559.8	3865.3	7335.9	<u>15.7</u>	<u>24.1</u>
	V	0.41	0.41	0.49	0.58	0.70	0.78	0.92	1.12	1.25
	Z	9.09	8.98	12.68	17.79	26.53	32.91	45.87	67.64	84.04
26.00	Q	189.4	307.6	687.0	1289.6	2741.2	4137.8	7848.9	<u>16.8</u>	<u>25.7</u>
	V	0.43	0.42	0.52	0.62	0.75	0.84	0.99	1.20	1.34
	Z	9.88	9.71	14.58	20.43	30.42	37.72	52.51	77.34	96.05
30.00	Q	197.9	326.9	745.1	1397.7	2968.7	4479.3	8491.7	<u>18.1</u>	<u>27.8</u>
	V	0.45	0.45	0.56	0.67	0.81	0.91	1.07	1.30	1.44
	Z	10.79	10.97	17.15	24.00	35.68	44.20	61.46	90.41	112.20
34.00	Q	205.7	351.2	799.8	1499.4	3182.5	4800.2	9095.5	<u>19.4</u>	<u>29.8</u>
	V	0.47	0.49	0.61	0.72	0.87	0.97	1.15	1.39	1.55
	Z	11.65	12.66	19.76	27.62	41.01	50.76	70.51	103.61	128.50
39.00	Q	214.9	379.9	864.2	1619.0	3433.9	5177.5	9805.1	<u>20.9</u>	<u>32.0</u>
	V	0.49	0.52	0.66	0.77	0.94	1.05	1.23	1.50	1.67
	Z	12.72	14.81	23.08	32.21	47.74	59.05	81.94	120.26	149.06
44.00	Q	223.3	406.9	925.0	1731.8	3670.8	5532.8	<u>10.5</u>	<u>22.3</u>	<u>34.2</u>
	V	0.51	0.56	0.70	0.83	1.01	1.12	1.32	1.60	1.78
	Z	13.74	16.99	26.43	36.85	54.56	67.44	93.49	137.06	169.78
51.00	Q	234.6	442.5	1004.9	1880.2	3982.2	5999.8	<u>11.4</u>	<u>24.2</u>	<u>37.0</u>
	V	0.53	0.61	0.76	0.90	1.09	1.21	1.43	1.73	1.92
	Z	15.17	20.10	31.20	43.43	64.21	79.30	109.81	160.78	199.04
58.00	Q	243.8	476.0	1080.0	2019.3	4274.1	6437.5	<u>12.2</u>	<u>25.9</u>	<u>39.7</u>
	V	0.55	0.66	0.82	0.97	1.17	1.30	1.53	1.85	2.06
	Z	16.38	23.25	36.04	50.10	73.96	91.29	126.29	184.71	228.53
66.00	Q	260.0	512.0	1160.8	2169.1	4588.2	6908.2	<u>13.1</u>	<u>27.8</u>	<u>42.5</u>
	V	0.59	0.71	0.88	1.04	1.26	1.40	1.64	1.99	2.21
	Z	18.63	26.91	41.63	57.81	85.23	105.13	145.29	212.28	262.48
76.00	Q	281.8	554.4	1255.7	2344.9	4956.5	7460.1	<u>14.1</u>	<u>30.0</u>	<u>45.9</u>
	V	0.64	0.77	0.95	1.12	1.36	1.51	1.77	2.14	2.38
	Z	21.88	31.54	48.71	67.56	99.47	122.60	169.25	247.00	305.23



Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = mediehastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\gamma V^2/2g$  (mm vp)

Stålrör

50 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R		Inv. diameter mm								
mm vp/m		107.1	131.7	159.3	182.9	207.3	231.9	260.4	309.7	339.6
15.00	Q	<u>38.3</u>	<u>66.5</u>	<u>110.3</u>	<u>159.3</u>	<u>222.0</u>	<u>298.8</u>	<u>406.0</u>	<u>641.9</u>	<u>818.6</u>
	V	1.18	1.36	1.54	1.68	1.83	1.97	2.12	2.37	2.51
	Z	74.97	98.84	127.14	152.43	179.48	207.60	241.12	301.21	338.82
17.00	Q	<u>41.0</u>	<u>71.2</u>	<u>118.0</u>	<u>170.3</u>	<u>237.4</u>	<u>319.5</u>	<u>434.0</u>	<u>686.0</u>	<u>874.7</u>
	V	1.26	1.45	1.65	1.80	1.95	2.10	2.26	2.53	2.68
	Z	85.92	113.19	145.51	174.37	205.24	237.31	275.53	344.04	386.90
20.00	Q	<u>44.8</u>	<u>77.7</u>	<u>128.8</u>	<u>185.8</u>	<u>258.9</u>	<u>348.4</u>	<u>473.2</u>	<u>747.7</u>	<u>953.3</u>
	V	1.38	1.58	1.80	1.97	2.13	2.29	2.47	2.76	2.92
	Z	102.51	134.92	173.30	207.55	244.18	282.22	327.54	408.72	459.49
23.00	Q	<u>48.3</u>	<u>83.8</u>	<u>138.8</u>	<u>200.3</u>	<u>279.0</u>	<u>375.3</u>	<u>509.7</u>	<u>805.1</u>	<u>1026.3</u>
	V	1.49	1.71	1.94	2.12	2.30	2.47	2.66	2.97	3.15
	Z	119.27	156.86	201.34	241.02	283.44	327.47	379.92	473.84	532.56
26.00	Q	<u>51.6</u>	<u>89.5</u>	<u>148.3</u>	<u>213.8</u>	<u>297.8</u>	<u>400.5</u>	<u>543.9</u>	<u>858.9</u>	<u>1094.8</u>
	V	1.59	1.82	2.07	2.26	2.45	2.63	2.84	3.17	3.36
	Z	136.18	178.97	229.59	274.73	322.96	373.02	432.62	539.33	606.02
30.00	Q	<u>55.8</u>	<u>96.6</u>	<u>160.1</u>	<u>230.7</u>	<u>321.3</u>	<u>432.1</u>	<u>586.6</u>	<u>926.2</u>	<u>1180.4</u>
	V	1.72	1.97	2.23	2.44	2.64	2.84	3.06	3.42	3.62
	Z	158.91	208.69	267.53	319.97	375.99	434.11	503.30	627.12	704.47
34.00	Q	<u>59.6</u>	<u>103.3</u>	<u>171.1</u>	<u>246.6</u>	<u>343.4</u>	<u>461.6</u>	<u>626.7</u>	<u>989.2</u>	<u>1260.5</u>
	V	1.84	2.11	2.39	2.61	2.83	3.04	3.27	3.65	3.87
	Z	181.84	238.63	305.74	365.52	429.36	495.58	574.38	715.36	803.42
39.00	Q	<u>64.2</u>	<u>111.2</u>	<u>184.1</u>	<u>265.2</u>	<u>369.2</u>	<u>496.3</u>	<u>673.6</u>	<u>1063.1</u>	<u>1354.5</u>
	V	1.98	2.27	2.57	2.80	3.04	3.26	3.51	3.92	4.15
	Z	210.71	276.33	353.81	422.81	496.46	572.83	663.70	826.21	927.69
44.00	Q	<u>68.5</u>	<u>118.6</u>	<u>196.2</u>	<u>282.7</u>	<u>393.5</u>	<u>528.9</u>	<u>717.7</u>	<u>1132.5</u>	<u>1442.8</u>
	V	2.11	2.42	2.74	2.99	3.24	3.48	3.74	4.18	4.43
	Z	239.81	314.28	402.18	480.43	563.93	650.50	753.47	937.57	1053
51.00	Q	<u>74.1</u>	<u>128.3</u>	<u>212.2</u>	<u>305.7</u>	<u>425.4</u>	<u>571.6</u>	<u>775.5</u>	<u>1223.4</u>	<u>1558.4</u>
	V	2.29	2.62	2.96	3.23	3.50	3.76	4.05	4.51	4.78
	Z	280.84	367.78	470.32	561.57	658.91	759.79	879.76	1094	1228
58.00	Q	<u>79.4</u>	<u>137.3</u>	<u>227.2</u>	<u>327.1</u>	<u>455.1</u>	<u>611.5</u>	<u>829.6</u>	<u>1308.4</u>	<u>1666.5</u>
	V	2.45	2.80	3.17	3.46	3.75	4.02	4.33	4.83	5.11
	Z	322.16	421.62	538.87	643.17	754.39	869.64	1007	1251	1404
66.00	Q	<u>85.0</u>	<u>147.1</u>	<u>243.2</u>	<u>350.2</u>	<u>487.1</u>	<u>654.4</u>	<u>887.6</u>	<u>1339.6</u>	<u>1782.4</u>
	V	2.62	3.00	3.39	3.70	4.01	4.30	4.63	5.16	5.47
	Z	369.70	483.52	617.65	736.90	864.04	995.76	1152	1432	1606
76.00	Q	<u>91.7</u>	<u>158.5</u>	<u>262.0</u>	<u>377.1</u>	<u>524.5</u>	<u>704.5</u>	<u>955.4</u>	<u>1506.2</u>	<u>1918.0</u>
	V	2.83	3.23	3.65	3.99	4.32	4.63	4.98	5.55	5.88
	Z	429.51	561.36	716.64	854.66	1002	1154	1335	1658	1860

Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

V = medie hastighet (m/s)

Z = motståndstalet  $\sqrt{V^2/2g}$  (mm vp)

Stålrör

50 % glykol

Medietemperatur = +40°C

R	mm vp/m	Inv. diameter mm								
		12.5	16.0	21.6	27.2	35.9	41.8	53.0	70.3	82.5
87.00	Q	304.3	598.1	1353.6	2526.2	5336.1	8028.8	<u>15.2</u>	<u>32.2</u>	<u>49.3</u>
	V	0.69	0.83	1.03	1.21	1.46	1.63	<u>1.91</u>	<u>2.30</u>	<u>2.56</u>
	Z	25.50	36.71	56.60	78.41	115.29	142.00	195.84	285.49	352.59
100.00	Q	329.2	646.7	1462.1	2727.1	5756.5	8658.2	<u>16.3</u>	<u>34.7</u>	<u>53.1</u>
	V	0.75	0.89	1.11	1.30	1.58	1.75	<u>2.06</u>	<u>2.48</u>	<u>2.76</u>
	Z	29.86	42.91	66.04	91.37	134.17	165.15	227.52	331.31	408.94
115.00	Q	356.2	699.2	1579.4	2944.1	6210.4	9337.8	<u>17.6</u>	<u>37.4</u>	<u>57.2</u>
	V	0.81	0.97	1.20	1.41	1.70	1.89	<u>2.22</u>	<u>2.67</u>	<u>2.97</u>
	Z	34.96	50.16	77.07	106.49	156.16	192.09	264.37	384.56	474.39
130.00	Q	381.7	748.5	1689.7	3148.0	6636.8	9976.1	<u>18.8</u>	<u>39.9</u>	<u>61.0</u>
	V	0.86	1.03	1.28	1.51	1.82	2.02	<u>2.37</u>	<u>2.86</u>	<u>3.17</u>
	Z	40.13	57.50	88.21	121.76	178.34	219.24	301.49	438.15	540.22
150.00	Q	413.5	810.4	1827.8	3403.4	7170.4	<u>10.8</u>	<u>20.3</u>	<u>43.0</u>	<u>65.8</u>
	V	0.94	1.12	1.39	1.63	1.97	<u>2.18</u>	<u>2.56</u>	<u>3.08</u>	<u>3.42</u>
	Z	47.11	67.40	103.22	142.32	208.17	255.74	351.34	510.04	628.51
170.00	Q	443.5	868.6	1957.5	3642.9	7670.8	<u>11.5</u>	<u>21.7</u>	<u>46.0</u>	<u>70.3</u>
	V	1.00	1.20	1.48	1.74	2.11	<u>2.33</u>	<u>2.73</u>	<u>3.29</u>	<u>3.65</u>
	Z	54.18	77.42	118.38	163.06	238.24	292.51	401.52	582.35	717.27
200.00	Q	485.5	950.1	2139.1	3978.4	8371.1	<u>12.6</u>	<u>23.7</u>	<u>50.1</u>	<u>76.6</u>
	V	1.10	1.31	1.62	1.90	2.30	<u>2.54</u>	<u>2.98</u>	<u>3.59</u>	<u>3.98</u>
	Z	64.94	92.63	141.37	194.47	283.73	348.11	477.31	691.48	851.16
230.00	Q	524.7	1026.0	2308.2	4290.5	9022.3	<u>13.5</u>	<u>25.5</u>	<u>53.9</u>	<u>82.4</u>
	V	1.19	1.42	1.75	2.05	2.48	<u>2.74</u>	<u>3.21</u>	<u>3.86</u>	<u>4.28</u>
	Z	75.84	108.02	164.61	226.18	329.59	404.13	553.63	801.26	985.80
260.00	Q	561.6	1097.3	2467.1	4583.6	9633.7	<u>14.5</u>	<u>27.2</u>	<u>57.5</u>	<u>87.9</u>
	V	1.27	1.52	1.87	2.19	2.64	<u>2.93</u>	<u>3.42</u>	<u>4.12</u>	<u>4.57</u>
	Z	86.87	123.57	188.04	258.14	375.77	460.50	630.38	911.58	1121
300.00	Q	607.7	1186.7	2665.8	4950.1	<u>10.4</u>	<u>15.6</u>	<u>29.3</u>	<u>62.0</u>	<u>94.7</u>
	V	1.38	1.64	2.02	2.37	<u>2.85</u>	<u>3.16</u>	<u>3.69</u>	<u>4.44</u>	<u>4.92</u>
	Z	101.73	144.51	219.56	301.07	437.75	536.14	733.28	1059	1302
340.00	Q	651.0	1270.5	2852.2	5293.8	<u>11.1</u>	<u>16.7</u>	<u>31.3</u>	<u>66.2</u>	<u>101.1</u>
	V	1.47	1.76	2.16	2.53	<u>3.05</u>	<u>3.38</u>	<u>3.95</u>	<u>4.74</u>	<u>5.25</u>
	Z	116.75	165.64	251.34	344.32	500.13	612.22	836.71	1208	1484
390.00	Q	701.9	1368.9	3070.9	5696.9	12.0	17.9	33.7	71.2	108.6
	V	1.59	1.89	2.33	2.72	3.28	3.63	4.24	5.09	5.64
	Z	135.72	192.30	291.36	398.76	578.57	707.86	966.64	1394	1712

Q = volymström (liter/h), understruket = (m<sup>3</sup>/h)

Stålrör

V = mediehastighet (m/s)

50 % glykol

Z = motståndstalet  $\gamma V^2/2g$  (mm vp)

Medietemperatur = +40°C

R	mm vp/m	Inv. diameter mm								
		107.1	131.7	159.3	182.9	207.3	231.9	260.4	309.7	339.6
87.00	Q	<u>98.5</u>	<u>170.2</u>	<u>281.3</u>	<u>404.8</u>	<u>562.9</u>	<u>756.0</u>	<u>1025.1</u>	<u>1615.8</u>	<u>2057.3</u>
	V	<u>3.04</u>	<u>3.47</u>	<u>3.92</u>	<u>4.28</u>	<u>4.63</u>	<u>4.97</u>	<u>5.35</u>	<u>5.96</u>	<u>6.31</u>
	Z	495.72	647.47	826.11	984.83	1154	1329	1537	1909	2140
100.00	Q	<u>106.0</u>	<u>183.1</u>	<u>302.6</u>	<u>435.4</u>	<u>605.4</u>	<u>812.9</u>	<u>1102.1</u>	<u>1736.8</u>	<u>2211.2</u>
	V	<u>3.27</u>	<u>3.73</u>	<u>4.22</u>	<u>4.60</u>	<u>4.98</u>	<u>5.35</u>	<u>5.75</u>	<u>6.41</u>	<u>6.78</u>
	Z	574.43	749.79	956.13	1139	1335	1537	1777	2205	2472
115.00	Q	<u>114.1</u>	<u>197.1</u>	<u>325.6</u>	<u>468.4</u>	<u>651.1</u>	<u>874.2</u>	<u>1185.1</u>	<u>1867.1</u>	<u>2376.9</u>
	V	<u>3.52</u>	<u>4.02</u>	<u>4.54</u>	<u>4.95</u>	<u>5.36</u>	<u>5.75</u>	<u>6.18</u>	<u>6.89</u>	<u>7.29</u>
	Z	665.79	868.48	1107	1319	1544	1777	2054	2549	2857
130.00	Q	<u>121.7</u>	<u>210.2</u>	<u>347.1</u>	<u>499.3</u>	<u>694.0</u>	<u>931.7</u>	<u>1262.8</u>	<u>1989.3</u>	<u>2532.2</u>
	V	<u>3.75</u>	<u>4.29</u>	<u>4.84</u>	<u>5.28</u>	<u>5.71</u>	<u>6.13</u>	<u>6.59</u>	<u>7.34</u>	<u>7.77</u>
	Z	757.62	987.72	1258	1498	1754	2019	2333	2893	3242
150.00	Q	<u>131.3</u>	<u>226.6</u>	<u>374.0</u>	<u>537.9</u>	<u>747.5</u>	<u>1003.4</u>	<u>1359.9</u>	<u>2141.8</u>	<u>2726.0</u>
	V	<u>4.05</u>	<u>4.62</u>	<u>5.21</u>	<u>5.69</u>	<u>6.15</u>	<u>6.60</u>	<u>7.09</u>	<u>7.90</u>	<u>8.36</u>
	Z	880.67	1147	1461	1739	2035	2341	2705	3354	3758
170.00	Q	<u>140.2</u>	<u>241.9</u>	<u>399.2</u>	<u>574.1</u>	<u>797.7</u>	<u>1070.6</u>	<u>1450.8</u>	<u>2284.5</u>	<u>2907.4</u>
	V	<u>4.32</u>	<u>4.93</u>	<u>5.56</u>	<u>6.07</u>	<u>6.57</u>	<u>7.04</u>	<u>7.57</u>	<u>8.43</u>	<u>8.92</u>
	Z	1004	1308	1664	1981	2317	2665	3079	3815	4274
200.00	Q	<u>152.6</u>	<u>263.3</u>	<u>434.4</u>	<u>624.6</u>	<u>867.7</u>	<u>1164.4</u>	<u>1577.6</u>	<u>2483.8</u>	<u>3160.8</u>
	V	<u>4.71</u>	<u>5.37</u>	<u>6.06</u>	<u>6.60</u>	<u>7.14</u>	<u>7.66</u>	<u>8.23</u>	<u>9.16</u>	<u>9.69</u>
	Z	1191	1549	1971	2344	2742	3153	3641	4510	5052
230.00	Q	<u>164.2</u>	<u>283.1</u>	<u>467.1</u>	<u>671.4</u>	<u>932.7</u>	<u>1251.4</u>	<u>1695.4</u>	<u>2668.7</u>	<u>3395.8</u>
	V	<u>5.06</u>	<u>5.77</u>	<u>6.51</u>	<u>7.10</u>	<u>7.68</u>	<u>8.23</u>	<u>8.84</u>	<u>9.84</u>	<u>10.42</u>
	Z	1378	1792	2278	2709	3168	3642	4204	5207	5831
260.00	Q	<u>175.0</u>	<u>301.8</u>	<u>497.7</u>	<u>715.4</u>	<u>993.6</u>	<u>1333.0</u>	<u>1805.7</u>	<u>2842.0</u>	<u>3616.0</u>
	V	<u>5.40</u>	<u>6.15</u>	<u>6.94</u>	<u>7.56</u>	<u>8.18</u>	<u>8.77</u>	<u>9.42</u>	<u>10.48</u>	<u>11.09</u>
	Z	1566	2036	2587	3076	3595	4132	4769	5905	6612
300.00	Q	<u>188.6</u>	<u>325.0</u>	<u>535.9</u>	<u>770.2</u>	<u>1069.6</u>	<u>1434.8</u>	<u>1943.4</u>	<u>3058.3</u>	<u>3890.9</u>
	V	<u>5.82</u>	<u>6.63</u>	<u>7.47</u>	<u>8.14</u>	<u>8.80</u>	<u>9.44</u>	<u>10.14</u>	<u>11.28</u>	<u>11.93</u>
	Z	1818	2362	3000	3565	4166	4788	5524	6838	7655
340.00	Q	<u>201.2</u>	<u>346.8</u>	<u>571.7</u>	<u>821.5</u>	<u>1140.7</u>	<u>1530.1</u>	<u>2072.3</u>	<u>3260.6</u>	<u>4148.1</u>
	V	<u>6.21</u>	<u>7.07</u>	<u>7.97</u>	<u>8.69</u>	<u>9.39</u>	<u>10.06</u>	<u>10.81</u>	<u>12.03</u>	<u>12.72</u>
	Z	2070	2689	3414	4056	4739	5444	6281	7772	8700
390.00	Q	<u>216.1</u>	<u>372.3</u>	<u>613.6</u>	<u>881.6</u>	<u>1224.0</u>	<u>1641.7</u>	<u>2223.2</u>	<u>3497.5</u>	<u>4449.2</u>
	V	<u>6.66</u>	<u>7.59</u>	<u>8.55</u>	<u>9.32</u>	<u>10.08</u>	<u>10.80</u>	<u>11.60</u>	<u>12.90</u>	<u>13.65</u>
	Z	2387	3098	3932	4671	5456	6267	7229	8943	10009



**R18:1973**

**Denna rapport hänför sig till anslag D 534 från Statens råd för  
byggnadsforskning till Wahlings Installationsutveckling AB.**

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm  
Grupp: installation**

**Pris: 23 kronor**