



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

R49 :1991

**Frysskadesäkra vattenburna
luftvärmare**

Fältprov och praktisk tillämpning

Hugo Brännström

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135556

Bygghforskningsrådet

R49:1991

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
VÄG- OCH VATTENBYGGNAD
BIBLIOTEKET

FRYSSKADESÄKRA VATTENBURNA LUFTVÄRMARE

Fältprov och praktisk tillämpning

Hugo Brännström

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 890908-0
från Statens råd för byggnadsforskning till NAB Arkitekter
& Ingenjörer, Luleå.

REFERAT

En upptäckt om frysförlopp har möjliggjort att utföra vattenburna luftvärmare/kylare frysskadesäkra.

Upptäckten bygger på att vatten som t ex vid frysning stängs inne mellan två isproppar i ett rör, vid det fortsatta frysförloppet, genom hoppresning snabbt får ett ökat tryck som till slut resulterar i att röret spricker.

Tubkrökar på en luftvärmare/kylare är en sådan plats där vatten stängs inne vid frysningen som börjar i den lamellförsedda delen av luftvärmaren/kylaren. Genom punktering av tubkrökarna med avledning till ett samlingsrör försett med t ex en säkerhetsventil så tryckavlastas tubkrökarna. Luftvärmaren/kylaren kan frysa utan att gå sönder.

Den frysskadesäkra anordningen medger vissa kostnadsbesparande förenklingar i främst styr- och reglerutrustningen.

Den patentskyddade frysskadesäkringens har testats under två vintersäsonger och finns tillgänglig på marknaden.

I Bygghörsningsrådet rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R49:1991

ISEN 91-540-5372-2
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

gotab 94364, Stockholm 1991

INNEHÅLL	SID	
0	SAMMANFATTNING	5
1	INLEDNING	6
2	UPPTÄCKT OM FRYSFÖRLOPP	7
2.1	Begynnande försök	7
2.2	Användningsområdet - luftvärmare/kylare	11
3	PRAKTISK TILLÄMPNING - LUFTVÄRMARE/KYLARE	12
3.1	Tryckavlastning	12
3.2	Systemuppbyggnad	12
3.3	Förenklingar - förbilligande	13
3.4	Värmevattendistribution	14
3.5	Frysvakten - annan uppgift	14
3.6	Behov av injusterings	14
4	GENOMFÖRDA PROV	15
4.1	Porsöhallen Luleå - uppläggning/resultat	15
4.2	Bergnäskolan (fordonsmek) Luleå - uppläggning/resultat	16
4.3	Behovet av förshuntning	17
4.4	Inverkan på värmeeffekten	17
5	LÅG RETURTEMP PÅ VÄRMEVATTNET	18
5.1	Luftvärmarens effekt maxutnyttjas	18
5.2	Fjärrvärmeaspekt	18
5.3	Överdimensionerad luftvärmare reglerbar	18
6	UTVECKLINGSMÖJLIGHETER	19
6.1	Luftvärmarens/kylarens uppbyggnad	19
6.2	Tryckavlastaren	19
6.3	Frysförlopp mellan 0 °C och -7 °C	21
7	BEGRÄNSNINGAR	22
7.1	Hinder för luftströmmen	22
7.2	Aggregat utan värmeåtervinnare	22
7.3	Tilloppsledningar i kalla utrymmen	23
8	AVSLUTANDE SYNPUNKTER OCH FRAMTIDEN	24
9	REFERENSER	25

BILAGOR		SID
BILAGA 1	Skador på sönderfrusna luftvärmare	26
BILAGA 2	Tubkrökar utanför luftströmmen	27
BILAGA 3	Avskärmning av tubkrökar	28
BILAGA 4	Tryckavlastning	29
BILAGA 5	Shuntkoppling	30
BILAGA 6	Flödesstyrning av värmevattnet	31
BILAGA 7	Porsöhallen Luleå	32
BILAGA 8	Tryckdiagram	33
BILAGA 9	Temperaturdiagram	34
BILAGA 10	Konstant framledningstemperatur	35
BILAGA 11	Effektmätning	36
BILAGA 12	Tryckavlastningsanordning	37

0 SAMMANFATTNING

En upptäckt om frysförlopp som gjorts vid Högskolan i Luleå har visat sig kunna få stor betydelse inom luftbehandlingstekniken då luftvärmare relativt enkelt kan anordnas så att de ej går sönder vid frysning. Idén bygger på vetenskapen att en luftvärmare som fryser nästan utan undantag går sönder i tubkrökarna med vattenutsläpp som följd.

Tubkrökarna utsätts för ett stegrat inre vattentryck under frysprocessen tills tubkröken spricker. Genom att punktera varje tubkrök med ett litet hål för tryckavlastning med förbindelse till ett samlingsrör som i sin tur förbinder tubkrökarna förhindras skadlig tryckökning. Vid "bottenfrusen" luftvärmare sker tryckökning i samlingsröret som avledes via t ex en säkerhetsventil.

Appliceringen av frysskadesäkringen på luftvärmare har provats och testats under två vinterperioder med positiva resultat. Vetenskapen att luftvärmaren ej tar skada vid frysning kan utnyttjas för förenklingar i styr- och reglerutrustningen bl a genom att ersätta den traditionella shunkopplingen med enbart 2-vägs styrventil för flödestyrning av värmevattnet. Prov har visat på positiva effekter för bl a stabil temperaturreglering av tilluften och effektivt utnyttjande av luftvärmarens kapacitet med låga returtemperaturer som resultat.

Anordning är idag utvecklad för praktisk användning men vissa detaljer är i förbättrande syfte under utveckling.

Den frysskadesäkra anordningen planeras kunna saluföras som fabriksmonterad på luftvärmare. Dessutom skall den kunna påmonteras av auktoriserade installatörer på luftvärmare i befintliga installationer.

Med de tänkbara förenklingar i installationen - främst för sådana med värmeåtervinnare - synes frysskadesäkringen ej medföra några fördyringar.

1 INLEDNING

Vattenburna luftvärmare/kylare för temperaturändring av uteluft har i alla tider och i kalla klimat varit utsatta för frysrisk med skador som följd. Genom åren har vidtagna frysskyddande åtgärder blivit allt mer effektiva med minskat antal frysningar som resultat.

Oaktsamhet ifråga om frysskyddande åtgärder och de allt mer frekventa totala spänningsbortfallen i vårt samhälle bidrar till att frysskadorna trots allt fortfarande ligger på en relativt hög nivå. I en undersökning genomförd med stöd från BFR (Rapport R2:1989 - Frysskyddande åtgärder för luftvärmare) framgår att årliga frysskadefall uppgår till 3-4 000 med en uppskattad kostnad av ca 50 Mkr/år.

Forskningsingenjör Anders Westerberg vid Högskolan i Luleå har gjort en upptäckt om vattens frysförlopp. Upptäckten har en av sina praktiska tillämpningar för luftvärmare/kylare i den meningen att de kan göras/utföras så att de vid frysning ej går sönder.

Upptäckten och dess praktiska tillämpningar har av utvecklingsfonden bedömts ha ett betydande marknadsvärde bl a för luftvärmare/kylare just för att förhindra sönderfrysningen med åtföljande vattenskadorna. Detta har lett fram till stöd från STU (Styrelsen för teknisk utveckling) för patentansökan och från utvecklingsfonden för vissa praktiska prov.

Beviljade patent har möjliggjort etablering av ett företag (Thermo Guard AB) med affärsidén "frysskadesäkra luftvärmare/kylare".

Då kändedomen om frysförloppet och dess tillämpning för luftvärmare/kylare är ny för branschen, och kunde tänkas leda fram till vissa förenklingar närmast vad gäller styr och regler i anslutning till värmaren/kylaren, har detta BFR-projekt kommit till stånd.

Målsättningen för projektet har varit

- dels att undersöka bärigheten av de idéer som ligger till grund för att åstadkomma frysskadesäkra luftvärmare,
- dels testa de installationstekniska förenklingar som är tänkbara som följd av den frysskadesäkra anordningen,
- dels återge tänkbara utvecklingsmöjligheter.

På grund av det begränsade medelsanslaget för projektet har tyvärr undersökningarna i några fall avslutats med påstående utan närmare detaljstudium. På dessa punkter är önskvärt med fördjupade studium för bekräftelse av de praktiskt vunna erfarenheterna.

2 UPPTÄCKT OM FRYSFÖRLOPP

2.1 Begynnande försök

Som forskningsingenjör vid Högskolan i Luleå har Anders Westerberg haft anknytning till vattnets beteende vid frysning vilket då lett fram till vissa försök med "förbluffande" resultat.

Försök 1

Ett kopparrör böjt enligt fig 1 fylldes med vatten och ställdes upp i ett frysrum (-20°C).



FIG. 1

Vattnet frös till is men röret var oskadat. Vid rörändarna hade vatten svällt över och bildat svallis runt myningarna.

Försök 2

Samma kopparrör som fig 1 försågs med isolering, 10 cm frigolit med hål i, påträtt röret enligt fig 2.

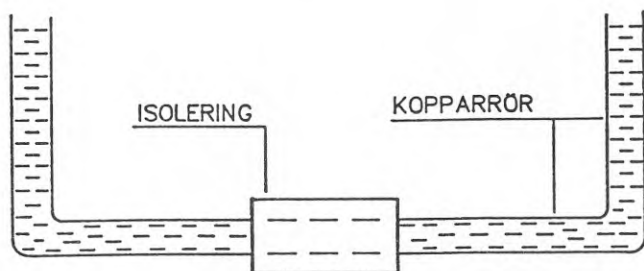


FIG. 2

Röret fylldes med vatten och ställdes in i frysrummet lika försök 1. När vattnet frusit till is togs röret ut och visade sig ha spruckit under isoleringen.

Försök 3

Nytt kopparrör lika försök 1 försågs med två isolerade ställen enl fig 3.

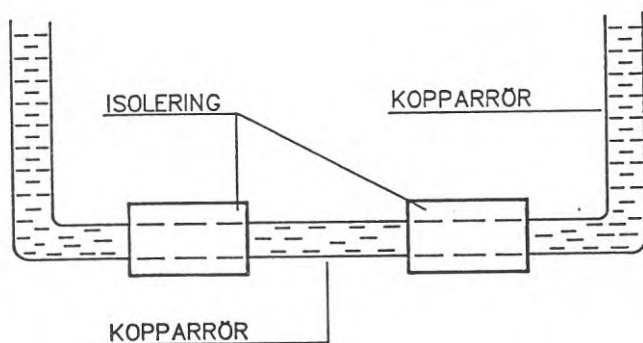


FIG. 3

Röret fylldes med vatten och i likhet med försök 1 ställdes det in i frysrummet. När vattnet frusit till is togs röret ut och här hade röret spruckit under bägge isoleringsställena.

Försök 4

Kunde det vara så att vid försök 2 och 3 kunde ej isen tryckas förbi rörkrökarna och därigenom förorsakade sprängverkan?

För att utröna detta gjordes försök med ett rakt kopparrör enl fig 4.

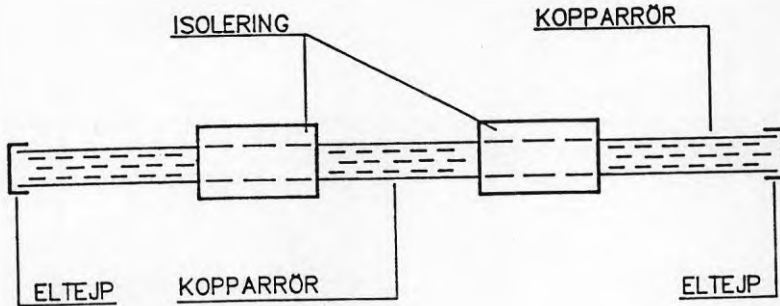


FIG. 4

Röret fylldes med vatten och försågs med eltejp för rörändarna. Därefter lades röret in i frysrummet i likhet med tidigare försök. När vattnet frusit till is togs röret ut för undersökning. Det visade sig då att eltejpen hade buktat ut obetydligt men att röret hade spruckit under bägge isoleringarna.

Försök 5

Isen som bildats i de oisolerade rördelarna hade tydligen ej förmått spräcka röret. Hur stor "sprängkraft" utövar isen vid frysning? För att utröna detta gjordes försök med rör enl fig 5.

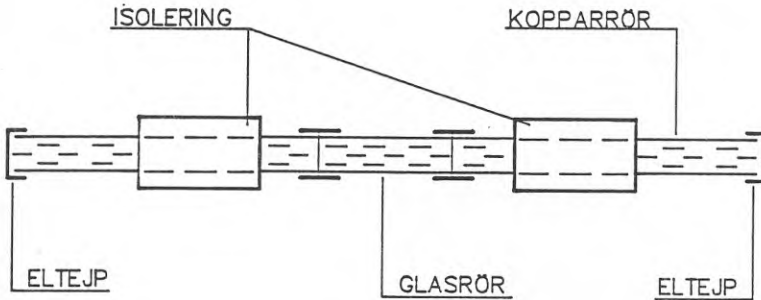


FIG. 5

I likhet med tidigare försök fylldes röret med vatten och ändarna tejpades igen varefter det lades in i frysrummet. När röret togs ut efter frysning av vattnet hade kopparröret gått sönder under isoleringen men glaströret hade hållit.

Slutsatser av försöken

Redovisade försök har visat tre viktiga förhållanden vid frysning av vatten, nämligen

- dels att isen som bildas vid frysning ej förorsakar någon sprängverkan - försök 5. För ett rör kan det uttryckas så att isen ej förorsakar några radiella krafter,
- dels att det är det ofrusna vattnet som stängs inne mellan två isproppar som vid det fortsatta frysförloppet får allt mindre utrymme då isbildningen ger en volymökning av ca 10%. Vattnet som är inkompressibelt förorsakar snabbt en tryckökning som till slut spräcker röret. Senare försök har visat att ett tunt kopparrör (godstjocklek 0,6 mm) tål ett tryck mellan 150-200 bar innan det brister,
- dels att isen fäster mot t ex en slät rör-in-sida med sådan hållfasthet att den ej släpper trots höga axiella krafter. Försök 4 och 5.

2.2 Användningsområdet - luftvärmare/kylare

Genom tiderna har man gång efter annan kunnat konstatera att frysskadorna på en luftvärmare med mycket få undantag inträffar på tubkrökarna som är placerade utanför den egentliga luftströmmen - bil 1.

Den allmänna uppfattningen har varit att de "nakna" (ej flänsförsedda) tubkrökarna utsatts för frysning med spräckning som följd. Som bidragande orsak till att just tubkrökarna gått sönder har i vissa sammanhang angivits en godsförsvagning genom krökning av röret. För att rädda krökarna för frysning har de effektivt avskärmats från luftströmmen (i vissa fall har tubkrökarna placerats helt utanför luftvärmarens skyddsram, dvs utanför aggregatenheten - bil 2) och i en del fall isolerats. Detta har enbart förvärrat situationen, vilket visas av försöken 2-5 med isolering av viss del av rören.

Erfarenheter från redovisade försök gjorde kopplingen till frysskador på luftvärmare/kylare enkel då den vunna kännedomen om frysförloppet förklarade varför just tubkrökarna spräcktes vid frysning.

3 PRAKTISK TILLÄMPNING FÖR LUFTVÄRMARE/KYLNING

3.1 Tryckavlastning

Luftvärmare/kylare har största värme-/kylutbytet i de lamellförsedda delarna emedan krökarna, förutom att de saknar ytförstorande flänsar, även är avskärmade (bil 3) från luftströmning (minimerad kylning). Här kan tubkrökarna jämföras med de isolerade delarna på rören i redovisade försök (avsnitt 2). Vid inträffad frysning kommer således vattnet i de flänsförsedda tuberna först att frysa och bilda isproppar mot de vattenfyllda (ej frysta) tubkrökarna. Vid de fortsatta frysförloppet stiger trycket snabbt i tubkrökarna med sprängning som följd om inget görs.

För att rädda tubkrökarna mot sprängning måste således trycket i krökarna avledas. Detta kan enkelt ske genom att punktera krökarna och avleda trycket till ett samlingsrör bil 4. Trycket i samlingsröret avledes under första skedet via de ännu ej frusna tuberna och ut i det anslutna värmedistributionssystemet. När samtliga tuber frusit kommer trycket i samlingsröret att snabbt stiga under det fortsatta frysförloppet.

För tryckavlastning av samlingsröret finns flera tänkbara lösningar där t ex en säkerhetsventil (med ca 9 bars öppningstryck) är användbar. Då den maximala vattenmängd som måste avledas för att förhindra skadlig tryckstegring endast utgör ca 10% av samlingsrörets vattenvolym (vid frysning även av samlingsröret) så inses att vattenutsläppet är i sammanhanget obetydligt.

Andra sätt att tryckavlasta samlingsröret är att använda ett litet expansionskärl eller att ha en "främmande" kropp i samlingsröret som trycks ihop. Avledning till värmedistributionsnätet är även en tänkbar lösning. Se avsnitt 6.2.

3.2 Systemuppbyggnad

Med kännedom om beskriven möjlighet att göra en luftvärmare/kylare frysskadesäker finns andra tänkbara lösningar än de traditionella ifråga om frysskyddande åtgärder och temperaturreglering av tilluften. Den numera vanliga och därtill nödvändiga cirkulationspumpen för konstant vattenflöde i batterikretsen (bil 5) har bl a en frysskyddande uppgift och därtill ge en jämnare temperatur över luftvärmaren/kylaren som förmodad fördel för temperaturregleringen av tilluften.

Då konstant vattenflöde genom luftvärmaren/kylaren ej är nödvändig ur frysskadeskyddande synpunkt föddes den tanken att den s k shuntkopplingen med intern cirkulationspump kunde ersättas med en 2-vägs reglerventil. Ventilen styr då vattenflödet genom luftvärmaren/kylaren allt efter behov av värme/kyla för värmning av tilluften (bil 6).

Skisserad förenkling är tänkbar för installationer med värmeåtervinnare där återvinnaren möjliggör att värmaren/kylaren ej blir "bottenfryst" utan möjlighet till automatisk upptining. Vid installationer utan värmeåtervinnare finns den uppenbara risken till driftstörningar om luftvärmaren/kylaren blir "bottenfryst". Detta leder till att vid dylika installationer måste den numera traditionella shuntkopplingen vara kvar för att förhindra driftstörningar (bil 5). Se avsnitt 7.2.

3.3 Förenklingar - förbilligande

De förenklingar som är tänkbara vid användning av den frysskadesäkra anordningen gäller således i första hand för installationer med värmeåtervinnare, t ex

- att shuntkopplingen försvinner,
- att elinstallationen för pumpen utgår,
- att frysskyddande blockeringar ej är nödvändiga,
- att injustering av den interna vattenkretsen ej är aktuell,
- att frysvakt i dess traditionella uppgift faller bort
- att varmhållning av luftvärmaren under icke driftperioder (nattetid, över veckoslut etc) ej är nödvändig,
- att vid uppstartning finns ej behov att först starta upp frånluftsfläkt och värmeåtervinnaren och därefter tilluftsfläkten för att eliminera störningar vid uppstart
- att spjällställdon med fjäderretur ej är nödvändig
- att extremt tätade spjäll ej erfordras

För installationer utan värmeåtervinnare måste varmhållningsfunktionen under icke driftperioder finnas kvar för att ej driftproblem vid frysning skall uppstå. Av detta följer att den s k shuntkopplingen med interna cirkulationspumpen måste bibehållas.

3.4 Värmevattendistributionen

Den interna cirkulationspumpen har genom sin tryckkupsättning ombesörjt vattenflödet genom luftvärmaren/kylaren och i vissa fall även genom styrventilen. När den interna pumpen faller bort måste kompensering ske i huvudpumpens tryckkupsättning.

I den traditionella utformningen med shuntkoppling och intern cirkulationspump är önskemålet (näst intill krav) att shuntgruppen placeras så nära luftvärmaren/kylaren som möjligt. Detta för att minimera vattenmängden i den interna kretsen som ett led i att minska tidsfördröjningen (dödtid) i reglerförloppet.

Detta problem faller bort vid den tilltänkta flödesregleringen av värmevattnet med 2-vägs styrventil. Här har styrventilens placering i förhållande till luftvärmaren ingen betydelse. Fördröjningen av värmevatten till luftvärmaren under uppstartningsförloppet medför inga driftstörningar, bara kortvarig temperatursänkning av tilluften.

3.5 Frysvakten - annan uppgift

I den traditionella uppbyggnaden har frysvakten den uppgiften att känna av det avkylda vattnets temperatur för att avställa aggregatdriften om temperaturen blir så låg att frysfara bedöms. Att placera frysvaktens givarelement på rätt ställe kan vålla problem (se ref A) med ökad frysrisk eller falska frysvaktsutlösningar som följd.

Med den frysskadesäkra anordningen där frysskador är eliminerade erfordras ingen frysvakt i ovan beskriven betydelse. Däremot finns risk att byggnaden kan kylas ned om värmedistributionen uteblir genom uppkomna fel. Liksom vid användningen av luftvärmare för el så bör även här en frysvakt installeras i tilluftskanalen som avställer aggregatdriften om tilluftstemperaturen under längre tid faller under t ex 0 °C. Även för att driftstörningar ej skall uppstå vid tillfälliga temperatursänkningar av tilluften bör frysvaktens utlösning fördröjas via t ex ett tidrelä under ca 15-30 min.

3.6 Behov av injustering

Att injustera vattenflödet till en luftvärmare i en traditionellt uppbyggd installation med shuntkoppling brukar ge upphov till frågor kring injusteringen (hur och vem?). Med enbart 2-vägs styrventil är detta problem överbryggt om styrventilen väljes något så när rätt i storlek. Injustering är i sådant fall i praktiken överflödig.

4 GENOMFÖRDA PROV

För att utröna bärigheten av de idéer som legat till grund för praktisk tillämpning av den upptäckt som gjorts beträffande frysförlopp har två installationer iordningstänkts som testanläggningar.

De tester/prov som redovisas är till större delen genomförda vintern 1989/90 med förberedelse vintern 1988/89 och kompletteringar hösten 1990.

4.1 Porsöhallen Luleå - uppläggning/resultat

Byggnaden som är en mindre sporthall för bollspel och gymnastik samt styrketräning är uppförd 1976 med för tidsåldern typisk luftbehandlingsinstallation. Sporthallen är belägen intill Högskolan i Luleå och har en hög besöksfrekvens (bil 7).

Problem som funnits har bl a varit att kunna hålla lämpligt låg temperatur i hallen vid hög beläggning. Försök har gjorts att sänka tilluftstemperaturen (under +18 °C) för kylning, med falska frysvaktsutlösningar som följd.

Idén med den frysskadesäkra anordningen fördes fram som möjlig lösning för att kunna sänka tilluftstemperaturen. Den befintliga luftvärmaren försågs med frysskadesäkring och shuntgruppen omarbetades till 2-vägs flödesreglering. Frysvaktens givarelement placerades i tilluftskanalen med inställning 0 °C - ingen tidsfördröjning (bil 6).

Syftet att på detta sätt kunna sänka tilluftstemperaturen utan driftstörningar uppnåddes med förväntat resultat. Tilluftstemperaturen kan tillåtas så låg som 0 °C men behovet i detta fall är 12-14 °C.

Denna installation har senare (vintern 1989-90) utnyttjats för att utröna om upprepade frysningar kunde ge bestående (= försvagande) skador på luftvärmaren. Det anordnades så att värmeåtervinnaren avställdes och styrventilen stängdes automatiskt via tidur en gång per dygn med fläktarna i drift. Med tryckgivare i samlingsröret för frysskadesäkringen indikerades tryckstegring som en följd av "bottenfrost" luftvärmare. När trycket uppnått till ca 5 bar gav tryckgivaren impuls till blockeringen av värmeåtervinnaren och styrventilen för återgång till normal drift. På detta sätt genomfördes ca 40 frysningar utan några synbara skador på luftvärmaren.

Under denna period gjordes även registrering med skrivande instrument hur trycket byggdes upp under frysförloppet samt hur snabbt luftvärmaren tinade upp efter frysningen (bil 8).

4.2 Bergnässkolan (fordonsmekaniska) Luleå - uppläggnings/resultat

Byggnaden inrymmer, som namnet anger, en fordonsmekanisk utbildning med verkstad, omklädnadsutrymmen samt ett par smärre lektionssalar. Användningen av skolbyggnaden är högst normal för den utbildningen som bedrivs. Byggnaden uppfördes 1988 inför höstens skolstart.

Under projekteringen blev beslutat för de två planerade ventilationsaggregaten (det ena för 2 000 m³/h med roterande värmeåtervinnare och det andra för 10 000 m³/h med värmeåtervinnare typ Heat Pipe) att installationerna skulle byggas upp med den frysskadesäkra anordningen samt med de förenklingar som var tänkbara då frysning ej kunde förorsaka skada.

De förenklingar som gjordes var (bil 6)

- dels att den traditionella shuntgruppen med styrventil, pump jämte tillbehör ersattes med 2-vägs styrventil för flödesstyrning av värmevattnet genom luftvärmaren,
- dels ersattes den vanligen förekommande frysvakten (med givarplacering i anslutning till luftvärmaren) med en termostat vars givarelement placeras i tilluftskanalen. Dess uppgift är att om tilluftstemperaturen under längre tid (t ex över 30 min) skulle understiga visst värde (t ex 0 °C) så avställes aggregatdriften för att förhindra att byggnaden kyls ned,
- dels anordnades så att styrventilen tvångsstängs under icke driftperioder. Luftvärmaren tillåts frysa vid avställd drift,
- dels blev vissa elektriska arbeten överflödiga (interna cirkulationspumpen borttagen) och dels bortföll vissa blockeringsfunktioner för frysskaddande åtgärder (t ex varmhållning under icke driftperioder).

Installationerna har under vintern 1989-90 utnyttjats för prov och demonstration av nedfrysningar. Den angelägnaste testen var dock att genom mätning och registrering utröna hur temperaturregleringen av tilluften fungerade. Detta med tanke på värmevattnets flödesstyrning (2-vägs styrventil) genom luftvärmaren. Här skall tilläggas att under projekteringen valdes luftvärmarens effekt som normalt vid traditionell shuntkoppling.

I bilaga 9 visas ett typiskt diagram från provperioden. Här framgår tydligt att tilluftstemperaturen legat konstant oberoende av utetemperaturen och trots betydande störningar genom ostabil temperaturreglering av värmevattnet från förshunt. För i proven ingående aggregat har således inga negativa effekter kunnat iakttagas på temperaturregleringen av tilluften. Vissa tecken tyder dock på att 2-vägs flödesstyrning (med logaritmisk flödeskaraktäristika) ger ett stabilare reglerförlopp.

Av diagrammen framgår även att värmevattnets returtemperatur i samtliga fall ligger ungefär på samma temperaturnivå som tilluftstemperaturen. Detta kommenteras under avsnitt 5.

4.3 Behovet av förshuntning

Behovet att förshunta temperaturen på värmevattnet till traditionellt uppbyggda installationer med shuntgrupper, dvs i visst förhållande till utetemperaturen, har bedömts som en nödvändighet. Detta för att underlätta för regulatorutrustningen vid respektive aggregat att kunna reglera tillluftens temperatur med önskvärd noggrannhet.

Försök har visat att med flödesstyrd reglering upprätthålls den stabila regleringen av tilluftstemperaturen även om framledningstemperaturen är konstant oberoende av utemperaturer. Bil 10.

Denna vetenskap ger möjligheter till förenkling då förshuntningen kan slopas och ersättas med konstant framledningstemperatur.

4.4 Inverkan på värmeeffekten

Då punkteringen av tubkrökarna kan tänkas påverka luftvärmarens värmeavgivande förmåga (effekten) så har ett prov genomförts enligt följande:

- Energimätare kombinerad med flödesmätare installerades i värmevattensystemet.
- Tilllopps- och returtemperaturer liksom utetemperatur och tilluftstemperatur registrerades.
- Under nästan identiskt lika temperaturförhållanden gjordes mätningar dels för en luftvärmare med den frysskadesäkra anordningen och dels för en d:o (samma typ och fabrikat) utan påbyggd anordning.

De beräkningar som gjorts med mätresultaten som underlag visar inga tecken på försämrad effekt utan tvärt om på en svag ökning (se bil 11). Då mätningarna som gjorts ej är vetenskapligt noggranna manar resultatet till fortsatt studium.

5 LÅG RETURTEMPERATUR PÅ VÄRMEVATTNET

5.1 Luftvärmarens effekt maxutnyttjas

Eftersom flödesstyrning sker av värmevattnet och när regleringen av tilluftens temperatur är tillfredsställande blir en naturlig följd av detta att värmevattnets energi-innehåll utnyttjas till fullo inom ramen för luftvärmarens kapacitet. Resultatet blir låga returtemperaturer som framgår av diagrammen enligt bilaga 9.

5.2 Fjärrvärmeaspekter

Möjligheten till den låga temperaturen på värmevattenreturen är positivt bl a för fjärrvärmeanslutna installationer. Låg returtemperatur på sekundärsidan möjliggör då låg returtemperatur på fjärrvärmesidan med ekonomisk vinning ej enbart för fjärrvärmedistributören utan även för abonnenten där flödestaxa gäller.

5.3 Överdimensionerad luftvärmare reglerbar

Låg temperatur på värmevattenreturen är en kombination av flödesstyrning av värmevattnet samt luftvärmarens "överdimensionering". En väl tilltagen luftvärmare (effekt-mässigt) har traditionellt ansetts påverka reglermöjligheterna negativt varför det varnas för överdimensionering. Grundorsaken till detta är att en stor luftvärmare tillsammans med shuntgruppen rymmer förhållandevis mycket vatten som genom sin "utspädningströghet" försämrar reglermöjligheterna.

Vid flödesstyrd reglering är förhållandet helt annorlunda då "aktiv" vattenmängd i värmaren anpassas till behovet.

Motsvarande tröghet finns således ej vid den flödesstyrda regleringen.

6 UTVECKLINGSMÖJLIGHETER

6.1 Luftvärmarens/kylarens uppbyggnad

Vid studium av hur luftvärmare/kylare byggs upp av de olika tillverkarna, när det gäller tubdiametrar, avstånd mellan djupen och inte minst hopkopplingen av luftvärmarens/kylarens tuber för anpassning av vattenvägarnas längder (antalet gånger vattnet passerar den värmeaktiva delen i luftvärmaren/kylaren) kan det ifrågasättas vilka kriterier hos tillverkarna som ligger till grund för optimeringen.

Att optimering skett ur ekonomisk och tillverkningsteknisk synvinkel kan förstås. Om kriterierna för optimering varit samma för alla tillverkare skulle även uppbyggnaden varit densamma hos samtliga tillverkare.

Att närmare studera frågor som gäller ovan angivna förhållanden faller utanför ramen för detta projekt. Det skulle vara av värde för branschen (inkl tillverkarna) om en optimering gjordes med lägsta livstidskostnad som målsättning och där även kostnaden för de drivkrafter ingår som erfordras för vatten- och luftflödet.

6.2 Tryckavlastaren

Säkerhetsventilen

Frys-skadesäkringen bygger på att den tryckökning, som sker när vatten under frysprocessen får allt mindre utrymme, måste avledas. Det som närmast legat till hands är en säkerhetsventil applicerad på samlingsröret (bil 12).

Säkerhetsventiler är idag, genom krav på typgodkännande, en mycket säker tryckavlastare men erfarenheten säger att säkerhetsventiler under ogynnsamma förhållanden efter en öppning kan läcka något. Då läckage ur värmesystemet ej är önskvärt bör säkerhetsventilen vara placerad så att den vid inspektionstillfällen enkelt kan observeras.

Vid frysning kommer säkerhetsventilen att släppa ut en "skvätt" vatten som maximalt kan uppgå till ca 1/10 av samlingsrörets volym - således betydligt mindre än 1 dl i normalfallet.

Säkerhetsventilens öppningstryck kan anpassas till systemtrycket men då prov visat att en normal tubkrök tål tryck betydligt över 100 bar innan den spräcks så kan 9 bars öppningstryck gälla.

Expansionskärl

Ovan beskriven säkerhetsventil kan ersättas med ett slutet expansionskärl av minimal storlek. På marknaden finns sådana närmast avsedda för upptagning av tryckstötter i tappvattensystem. Som alternativ till säkerhetsventilen är system med expansionskärl under utprovning.

Komprimerbar kropp

Som alternativ till såväl säkerhetsventil som expansionskärl finns möjligheten att i samlingsröret införa en "kropp" av elastiskt material som vid tryckökning komprimeras och på så sätt dämpas tryckökningen för att ej överskrida visst maxtryck.

Undersökningar kring detta alternativ pågår.

Naturlig tryckavlastning

På luftvärmarens anslutningssida har tillämpats att förbindelse arrangerats mellan samlingsröret och värmevattentillobbet för att avleda tryckstegringen till värmesystemet.

Detta arrangemang har visat sig fungera men en tveksamhet finns om styrventilen är placerad i tillobbet och om ventilen är i stängda läget med 100%-ig tätning under frysförloppet.

Ventiler är genom sin konstruktion som regel ej 100%-igt tätande men om styrventilen placeras i värmereturen är faran eliminerad.

Tänkbart är att även samlingsrör på luftvärmarens/kylarens "baksida" kan förbindas med värmevattnets tilloppsanslutning.

Undersökning om lämpligt arrangemang och fullskaleprov pågår.

6.3 Frysförlopp mellan 0 °C och -7 °C

Vid genomförda provfrysningar har det, vid relativt höga temperaturer (ned till ca -7 °C) på kyl Luft, visat sig att tiden för total nedfrysning av luftvärmaren är mycket lång i förhållande till teoretiskt beräknad tid. Orsaken har ej inom ramen för detta projekt kunnat klarläggas.

Sker möjligen frysningen så långsamt att porös värmeisolerande is bildas på insidan tubväggarna?

7 BEGRÄNSNINGAR

Här liksom i många andra sammanhang finns begränsningar och restriktioner för metodens användning i sammanhanget med luftvärmare/kylare.

7.1 Hinder för luftströmmen

Den praktiska tillämpningen bygger på att frysförloppet sker på sådant sätt att frysningen sker först i de flänsförsedda delarna av luftvärmaren och att tryckstegringen sker utanför den delen, dvs i tubkrökarna. Om frysningen fördröjs i någon del av de flänsförsedda tuberna så kan, där ofruset vatten stängs inne, en tryckstegring ske med sprängning som följd.

Två exempel finns redovisade vid prov nämligen:

1. Om stag av något slag finns för stagnation av luftvärmarens/kylarens ram och sådant stag ger ett minskat luftflöde genom luftvärmaren/kylaren där staget är placerat sker fördröjning av frysförloppet där.
2. Vid luftvärmare/kylare som föregås av en axialfläkt (propellerfläkt) har konstaterats att luftflödet är starkt begränsat mitt för propellerbladets centrum. Här fördröjs frysprocessen med innestängt vatten som resultat.

Lärdomen av detta är att där frys fara föreligger bör ej en typisk aerotemper användas.

7.2 Aggregat utan värmeåtervinnare (även sid 13)

Där värmeåtervinnare finns möjliggör den att luftvärmaren/kylaren hålles upptinad eller tinar upp efter en frysning.

För aggregatenheter utan värmeåtervinnare finns ingen sådan "naturlig" upptinare varför en frysning leder till besvärande driftstörningar. Av detts skäl måste luftvärmaren/kylaren alltid hållas upptinad.

Detta leder till att shuntgrupp enligt nuvarande praxis måste bibehållas - således endast begränsat utnyttjande av de positiva sidorna som den frysskadesäkra anordningen bedöms kunna ge i kombination med värmeåtervinnare.

7.3 Tilloppsledningar i kalla utrymmen

Skäl finns att varna för frysfaran i tillopps- och returledningar som är förlagda i kalla utrymmen med temperaturer tidvis under 0 °C.

Då styrventilen vid system med värmeåtervinnare förutsätts vara stängd under icke driftperioder så blir vattnet stillastående i rörsystemet som då under olyckliga omständigheter kan frysa (vattenskador eller driftproblem).

Problemet kan elimineras genom att rören förses med säkerhetsventil i kombination med förstärkt isolering i anslutning till säkerhetsventilen. Tillämpningen är givetvis även användbar för andra typer av vattenburna ledningar.

8 AVSLUTANDE SYNPUNKTER OCH FRAMTIDEN

De försök och tester som genomförts liksom applicering av frysskadesäkringen på luftvärmare i probleminstallationer vittnar om att det är möjligt att i framtiden kraftigt reducera frysskadorna i våra luftbehandlingsinstallationer.

I tidigare undersökning (ref A) har framkommit att totala spänningsbortfall för större eller mindre områden i vårt samhälle ligger högt på listan som orsak till frysskador. Vid eftertanke är detta en naturlig följd av att vid sådana tillfällen faller de flesta frysskyddande anordningar bort (normalt kvarstår endast spjällstängningar med fjäderretur).

Med utnyttjande av de kostnadsreduceringar som kan göras vid nyinstallationer med värmeåtervinnare så täcker detta mer än väl vad frysskadesäkringen betingar i pris. I normalfallet således ingen kostnadsfördyring.

Här handlar det om en ny "produkt" för marknaden som till vissa delar är under utveckling i förbättrande syfte men redan idag fullt användbar för sitt ändamål.

Då det här ej handlar om en "pryl" som beställare eller entreprenör själv kan montera måste auktoriserade personer eller tillverkare av luftvärmare/kylare tillhandahålla frysskadesäkringen. I ett framtidsperspektiv måste luftvärmare/kylare med frysskadesäkring kunna köpas på de vägar som luftvärmare/kylare köps idag. Detta betyder att frysskadesäkringen för den "breda" marknaden måste appliceras i fabrik (licensavtal under förhandling).

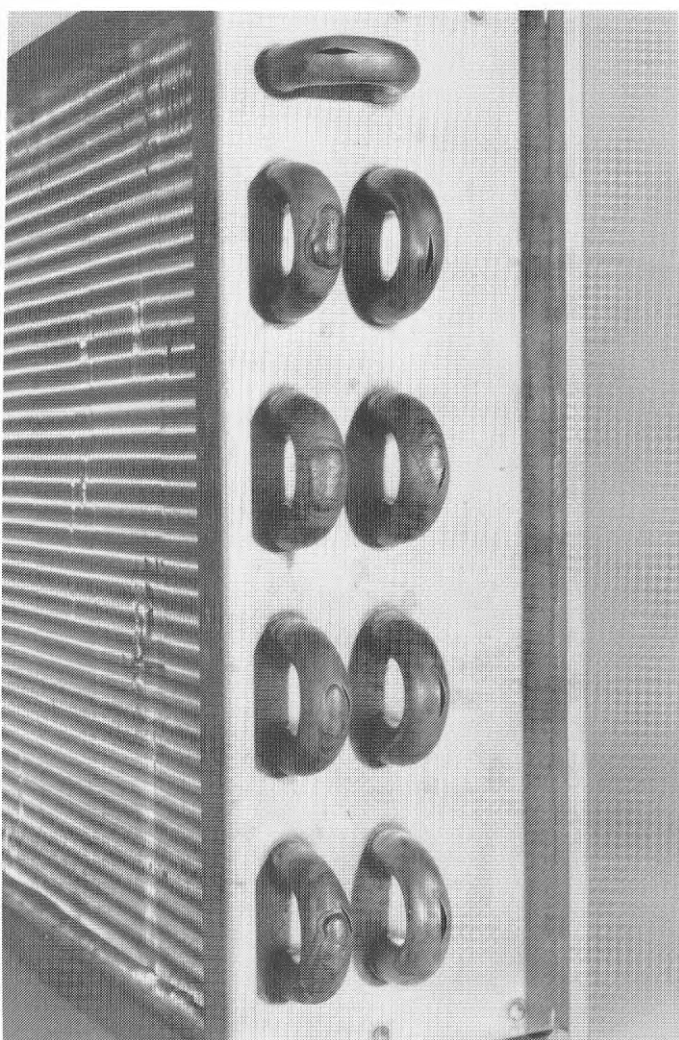
Som sidoeffekt för framtiden är tänkbart att frysvaktslarmet som idag nästan uteslutande programmeras som prioriterat larm (A-larm) kan ersättas med ett icke prioriterat larm (B-larm) då frysskada förutsättes ej ske. Detta skulle spara kostnader för jourutryckningar under "avställningstider".

9 REFERENSER

- A Frysskyddande åtgärder för luftvärmare
BFR Rapport R2:1989
Fältstudie av Hugo Brännström
- B Frysning utan sprängverkan
VVS & Energi 5/89
Hugo Brännström

SKADOR PÅ SÖNDERFRUSNA LUFTVÄRMARE

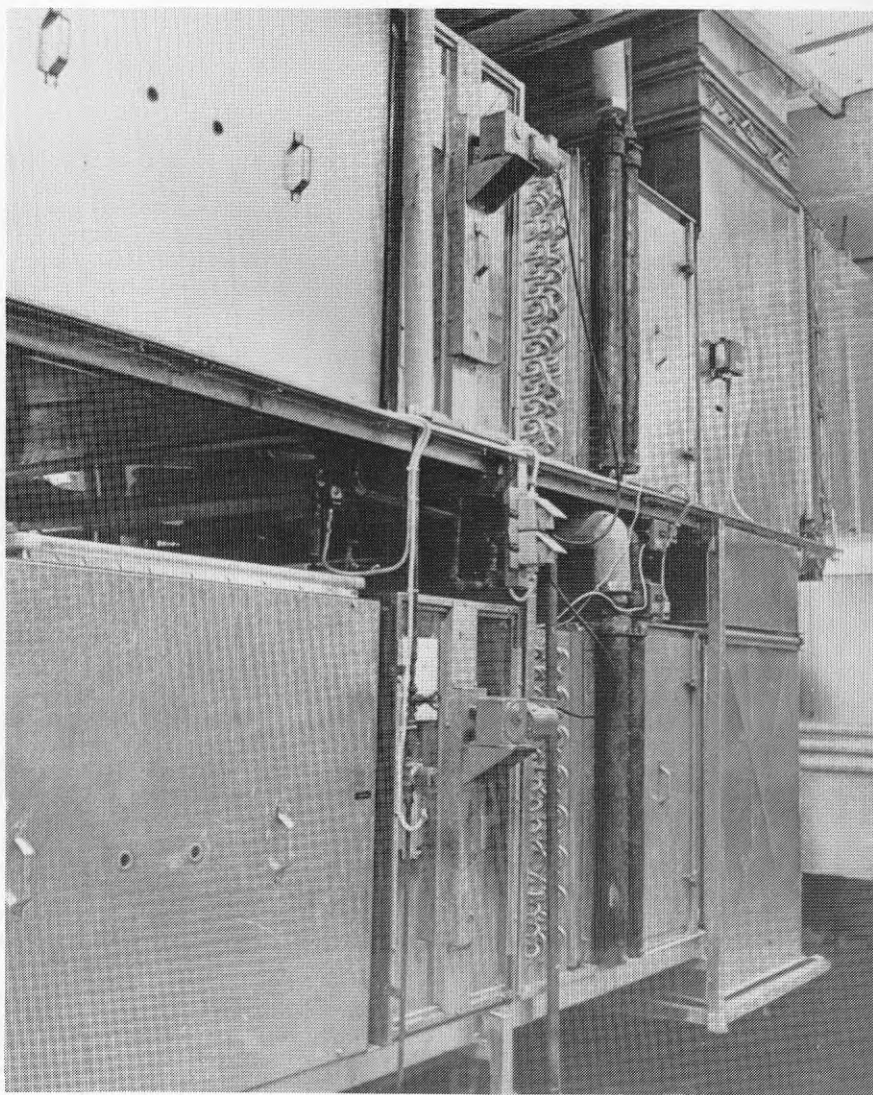
Nästan utan undantag uppstår frysskadorna på luftvärmarens tubkrökar med skador enl foto.



TUBKRÖKAR UTANFÖR LUFTSTRÖMMEN

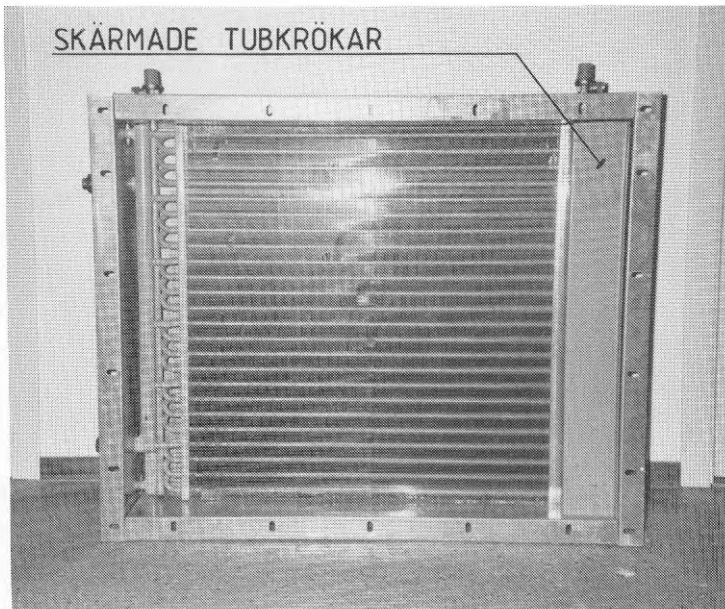
Som regel avskärmas luftvärmarnas tubkrökar från luftflödet genom aggregatet för att luften enbart skall passera den flänsförsedda delen av värmaren.

Extremfallet för avskärmning var då tubkrökarna arrangerades utanför aggregathöljet enl foto.



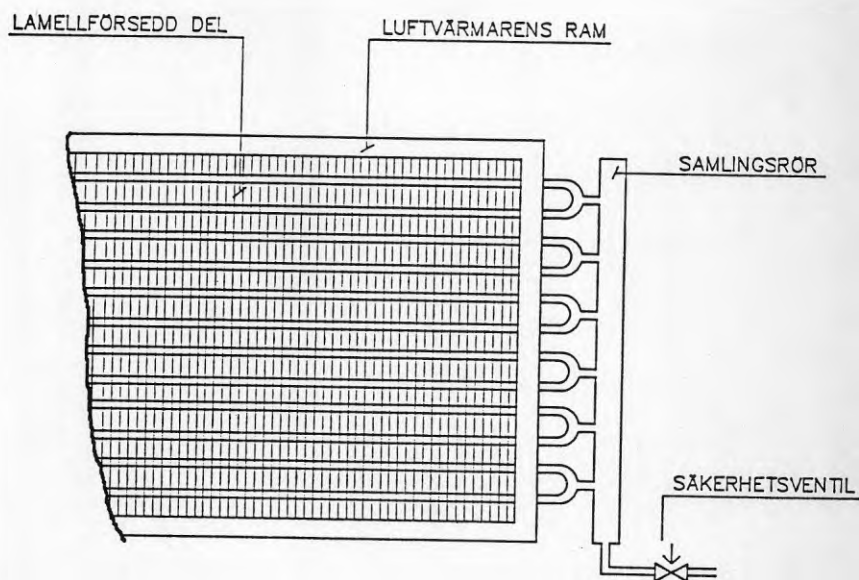
AVSKÄRMNING AV TUBKRÖKAR

I dagens luftbehandlingsaggregat är tubkrökarna placerade innanför aggregathöljet. Avskärmningen av tubkrökarna från luftflödet sker som regel med plåt på ena sidan eller på bägge men utan isolering.



TRYCKAVLASTNING

För tryckavlastning av tubkrökarna punkteras de med ett litet hål. Hålen i tubkrökarna förbindes med samlingsrör för tryckkuptagning.

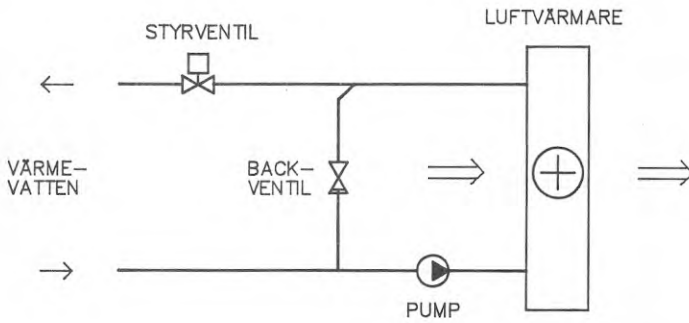
VÄRMEVÄXLARE

PRINCIP FÖR TRYCKAVLASTNING

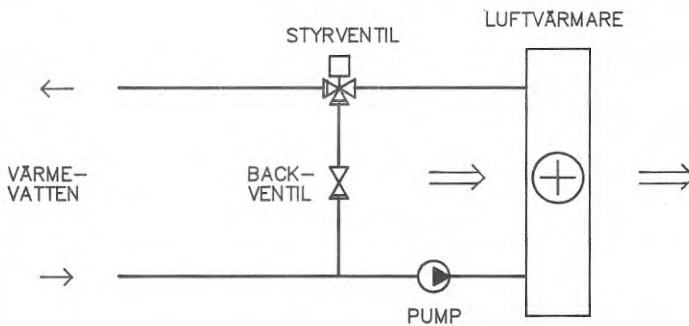
SHUNKKOPPLING

För styrning av vattenflödet genom luftvärmare med dagens sätt att skydda luftvärmaren från frysning användes en s k shuntkoppling där den "interna" pumpen är en nödvändighet.

Shuntkopplingen kan utformas på olika sätt men nedan återges de två vanligaste typerna.



Med 2-vägs styrventil

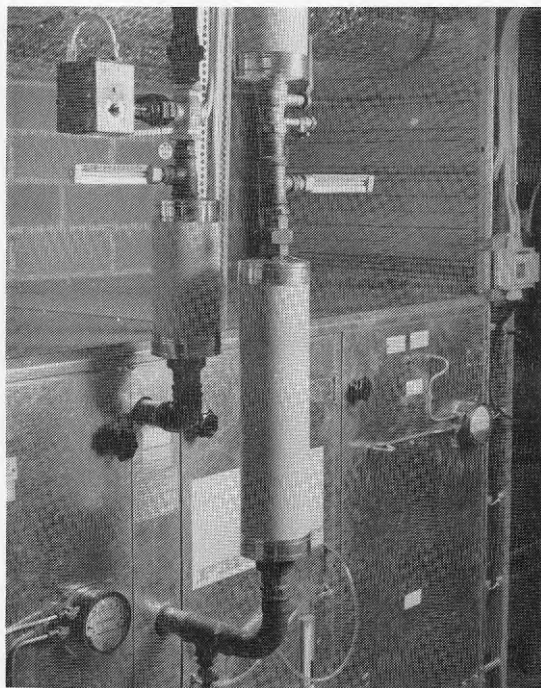
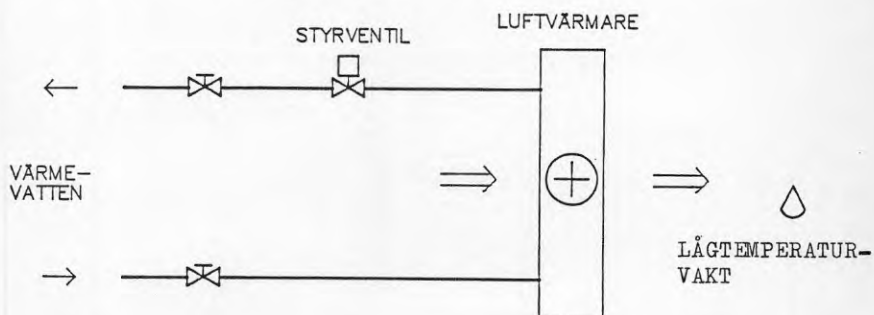


Med 3-vägs styrventil

FLÖDESSTYRNING AV VÄRMEVATTNET

Med vetskapen att en luftvärmare ej går sönder vid frysing kan i kombination med värmeåtervinnare värmevattnet flödesstyras genom luftvärmaren, allt efter behov av värmning av luften. Den "interna" pumpen ej nödvändig.

Nedanstående fig visar typisk uppbyggnad med lågtemperaturvakt placerad i tilluftskanalen.

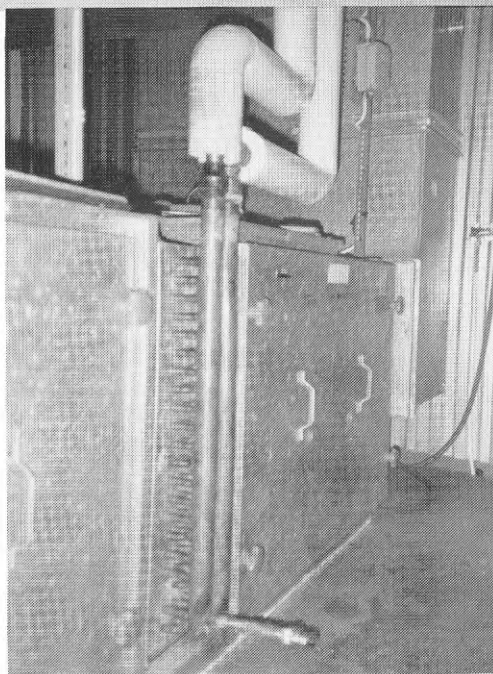


PORSÖHALLEN LULEÅ

Luftbehandlingsaggregatet i Porsöhallen Luleå som uppfördes 1976 har kompletterats med den frysskadesäkra anordningen samt utförts för flödesstyrning av värmevattnet till luftvärmaren.

Ett antal prov med olika system har utförts bl a upprepade frysningar för bedömning av eventuella skador genom upprepningseffekt.

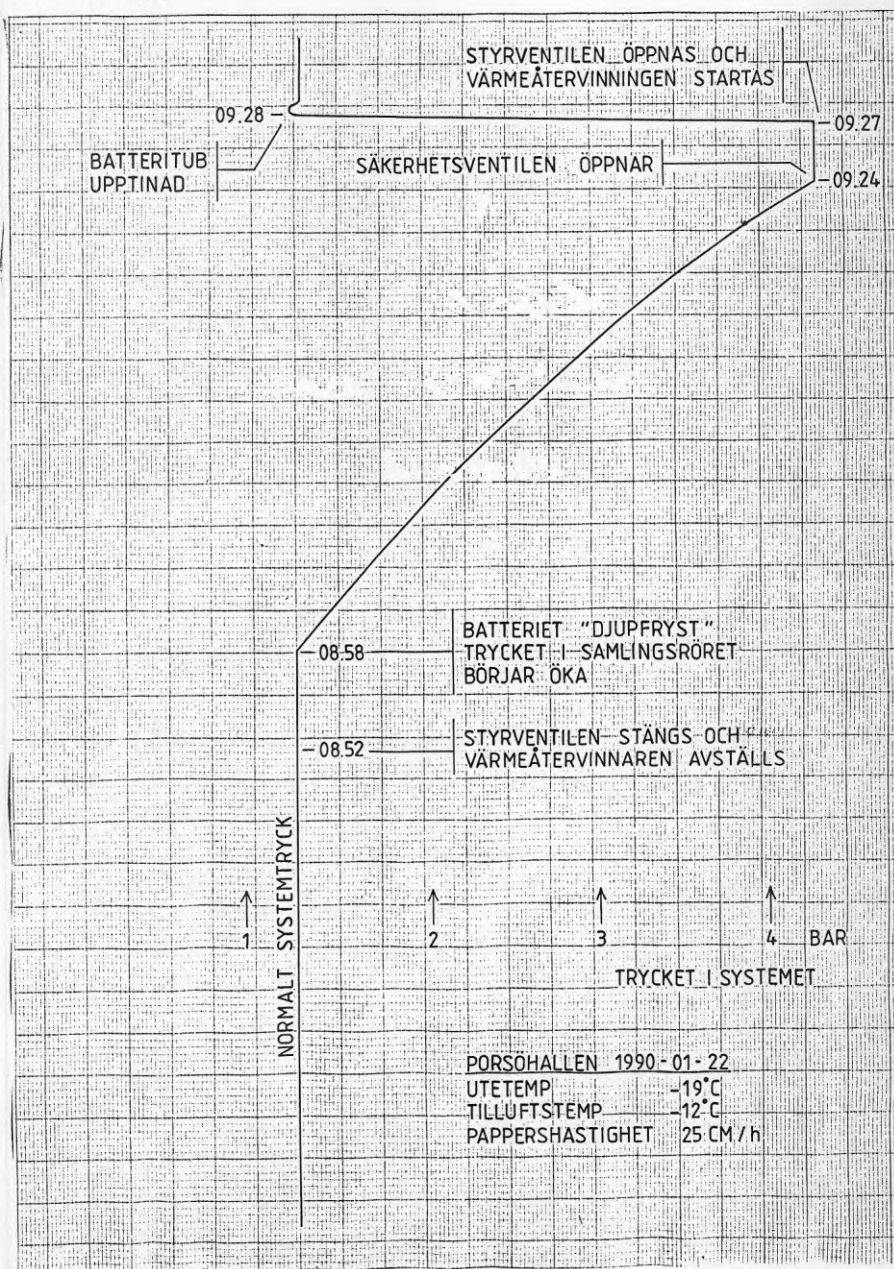
Nedanstående foto visar sporthallens exteriör.



TRYCKDIAGRAM

Vid frysning av en luftvärmare försedd med den frysskadesäkra anordningen uppstår tryckstegring i samlingsröret först sedan samtliga tuber i luftvärmaren frusit. Trycket avledes under frysförloppet genom de ofrusna tuberna och ut i värmesystemet.

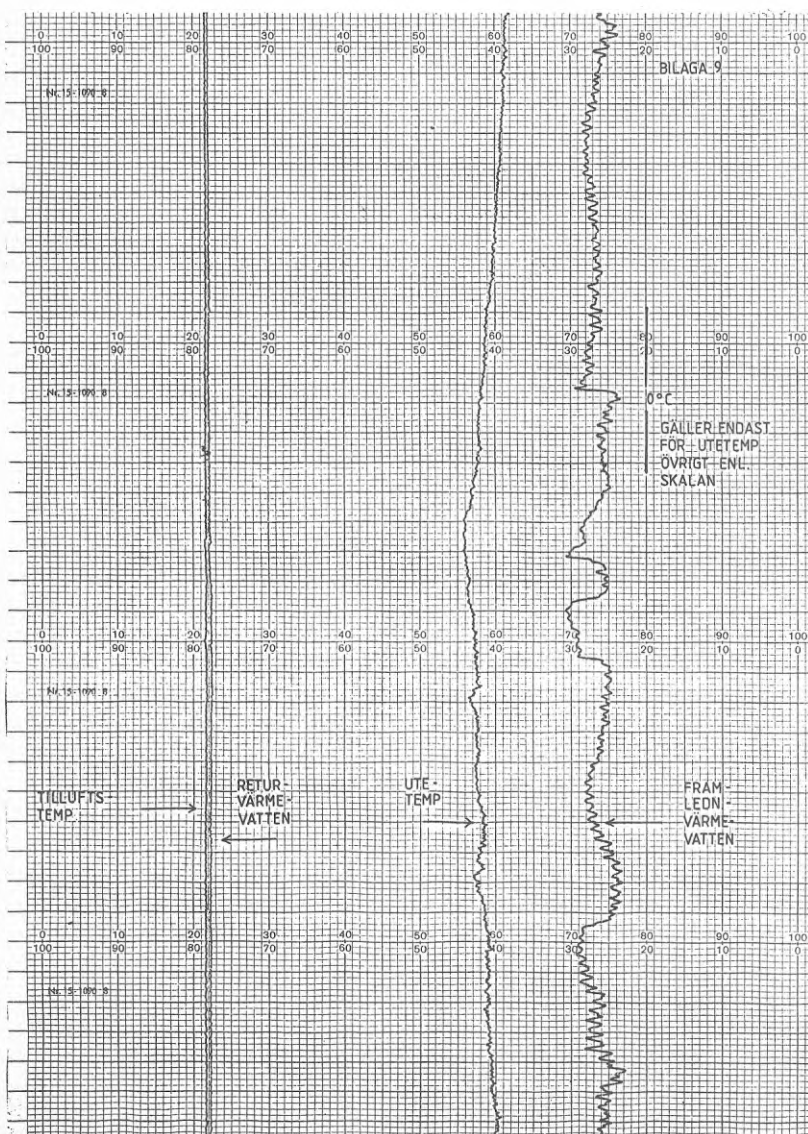
Diagrammet nedan visar ett typiskt tryckförhållande under frysförloppet.



TEMPERATURDIAGRAM

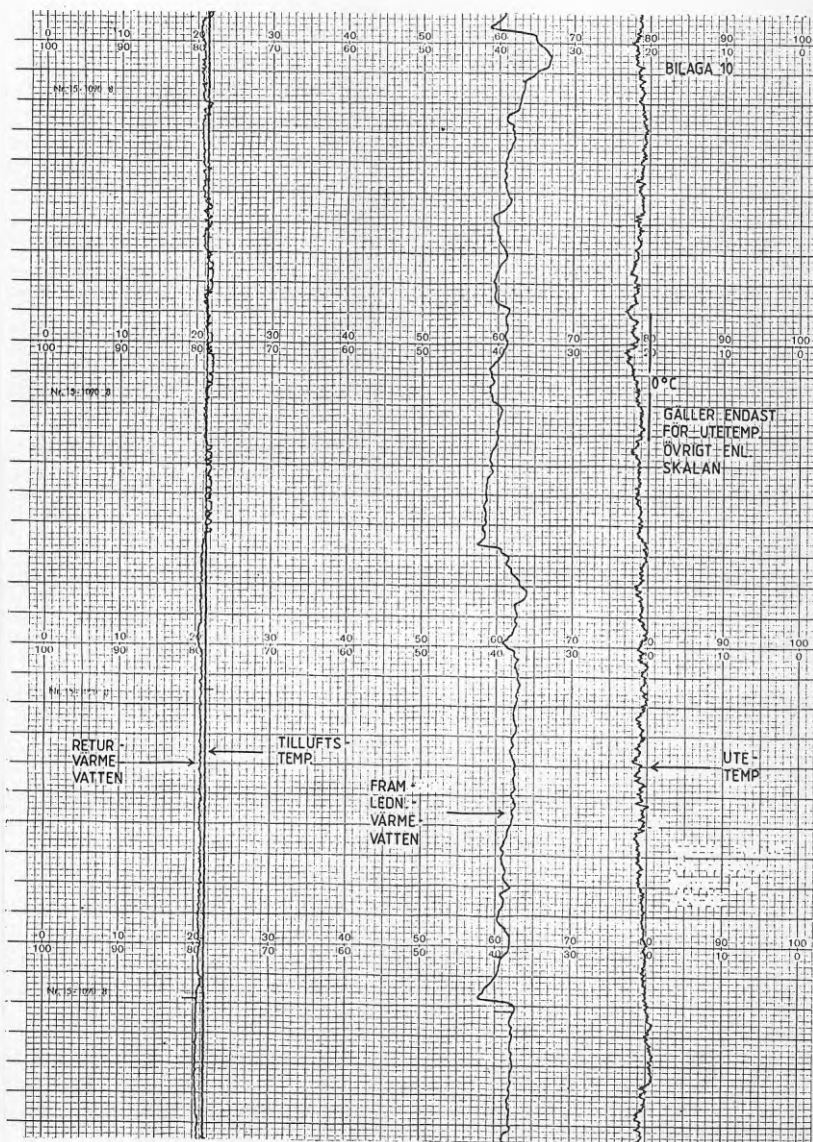
För bedömning av reglermöjligheterna att upprätthålla konstant tilluftstemperatur har ett otal mätningar (registreringar) utförts.

Nedanstående diagram är typiskt där två saker är värda att observeras, dels tilluftstemperaturens regler noggrannhet, dels returvattnets temperatur som i princip är lika tilluftstemperaturen.

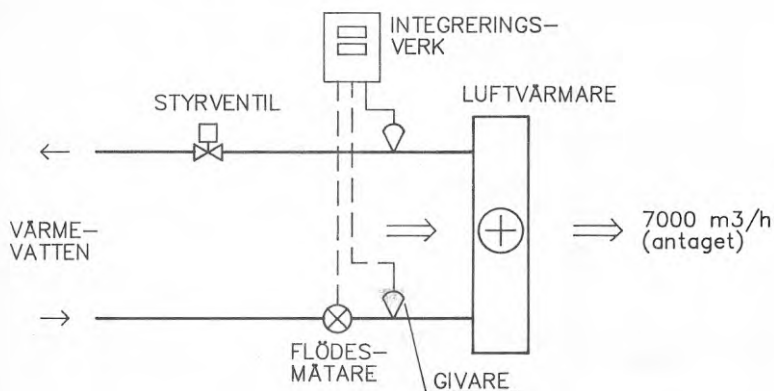


KONSTANT FRAMLEDNINGSTEMPERATUR

För att bedöma hur beroende regler noggrannheten för tilluftstemperaturen var av förshuntning av värmevattnet arrangerades "konstant" framledningstemperatur (= dimensionerande). Av nedanstående diagram framgår att regler noggrannheten ej försämrades.



EFFEKT MÄTNINGAR



FÖRUTSÄTTNINGAR

Jämförande mätningar med två identiska luftvärmare, den ena försedd med och den andra utan frysskadesäker anordning.

Vid mätningarna var styrventilen blockerad i helt öppet läge.

Mätningarna av energimängd och vattenflöde gjordes med en vanlig mätutrustning för fjärrvärmeanslutningar.

För vardera batteriet genomfördes mätningarna under ca ett dygn med tämligen likartade temperaturförhållanden, såväl utetem. som värmevattentemp, vilka registrerades men ej redovisas här.

MÄTRESULTAT

FRYSSKADE- SKYDD	AVLÄSNINGAR				BERÄKNINGAR
	DATUM	TID TIM	FLÖDE (q) M3	ENERGI (Q) kWh	EFFEKT (P) kW
UTAN	1990-10-27	19.33	427.55	9417	$\frac{472}{24.55} = 19.20$
	1990-10-28	20.06	444.77	9889	
	SUMMA	24.55	17.22	472	
MED	1990-11-01	16.48	456.71	10198	$\frac{472}{23.38} = 20.19$
	1990-11-02	16.11	473.50	10670	
	SUMMA	23.38	16.79	472	

BEDÖMNING

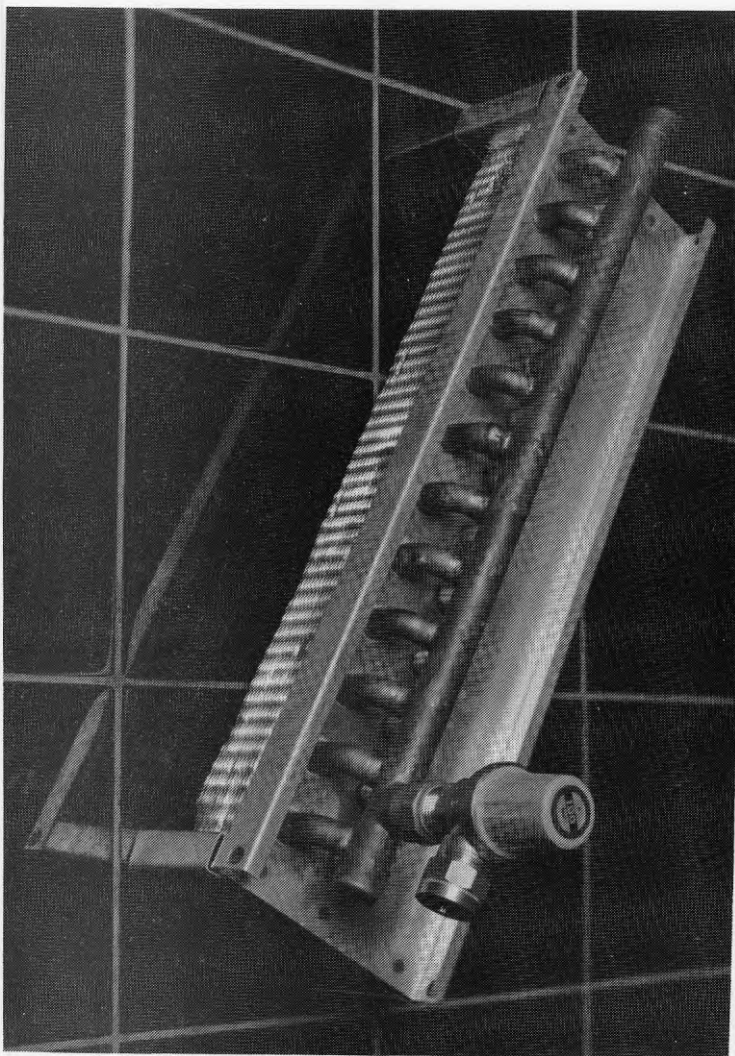
Genomförda mätningar är att betrakta som "icke vetenskapliga" i den meningen att vissa delar i mätningen kan diskuteras såsom mätgivarnas placering, utrustningens mät-noggrannhet, batteriernas eventuella olika försmutsningar såväl utvändigt som invändigt.

Trots att mätningarna är "grova" så visar de ej några tecken på försämrat värmeutbyte med den frysskadeskyddande anordningen.

TRYCKAVLASTNINGSANORDNING

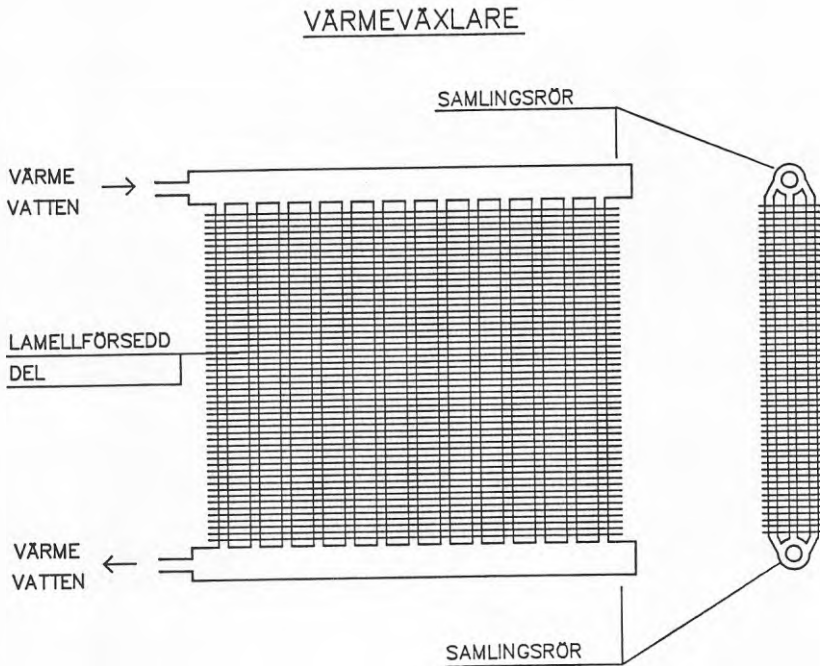
För avledning av skadlig tryckstegring i samlingsrören användes säkerhetsventil (9 bar). Vattenutströmningen är maximalt ca 10% av samlingsrörets volym. Volymökningen som följd av frysning kan även upptas på annat sätt.

Nedanstående foto visar arrangemang med säkerhetsventil.



FRYSSKADESÄKER KONSTRUKTION

I princip kan luftvärmare utföras frysskadesäker utan någon extra anordning. Nedanstående skiss visar principen för en sådan konstruktion. För att vara användbar i praktisk drift måste dock vissa konstruktiva förutsättningar vara uppfyllda (patenterat).



PRINCIP FÖR FRYSSKADESÄKER
KONSTRUKTION

R49 : 1991

ISBN 91-540-5372-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6811049

Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirkapris: 45 kr exkl moms