

Hållbara och energieffektiva installationer

Vätskesystem, få till mer hållbara värme- och kylsystem (livslängd/energi)



RAFAEL OSPINO

2022-02-28

FÖRORD

Denna rapport är framtagen inom ett projekt som finansierats av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF (SBUF projekt 14005).

Projektledare är Rafael Ospino

Författare är Monika Ignatowicz, KTH och Rafael Ospino, Rafael Ospino Teknikrådgivare AB
Monika är doktorand vid Institutionen för Energiteknik och bland annat forskare i fryspunktsnedsättande additiv och korrosionsinhibitorer

Rafael arbetar som rådgivare i nyproduktion och problemlösning i vätskeburna installationer

Projektets styrgrupp består av:

| | |
|-----------------|----------------------------------|
| Daniel Jansson | Klimatrör i Stockholm AB |
| Hans Söderström | Installatörsföretagen |
| Rafael Ospino | Rafael Ospino Teknikrådgivare AB |

Projektadministratör

| | |
|-----------------|-----------------------|
| Hans Söderström | Installatörsföretagen |
|-----------------|-----------------------|

Projektets referensgrupp består av:

| | |
|----------------------|--|
| Rafael Ospino | Rafael Ospino Teknikrådgivare AB |
| Monika Ignatowicz | KTH |
| Ulf Näslund | Vasakronan |
| Kjell-Åke Henriksson | JM Bygg |
| Jan Kans | Samhällsbyggnadsbolaget |
| Jan Lundgren | JOAquakonsult AB |
| Leif Bjurmalm | Ingenjörfirman Vattenkemi AB |
| Tony Johnsson | Klimatrör i Stockholm AB |
| Hans Söderström | Installatörsföretagen |
| Fredrik Runius | Säker Vatten |
| Jan Fredriksson | Byggtjänst |
| Niklas Norén | Exengo Installationskonsult |
| Erik Danielsson | Exengo Installationskonsult/Keyplants AB |
| Roland Jonsson | WSP |
| Per-Olof Nilsson | Bravida |

Vi har också haft hjälp av byggherrar, leverantörer, konsulter och entreprenörer som bidragit med sina erfarenheter.

Vi vill rikta ett stort tack till alla som bidragit till projektet genom medverkan i det seminarium som anordnades i samverkan med Installatörsföretagen och Stockholms Stad och alla de som deltagit i debatter i flera diskussionsfora i sociala medier och där bidragit med erfarenheter. Särskilt tack vill vi rikta till SBUF, utan vars finansiering denna studie inte kunnat komma till.

Slutligen vill vi tacka Boverket Svarstjänst som assisterat med att ta fram diverse underlag.

Författarna

Februari 2022

SAMMANFATTNING

Vätskeburna system är idag dominerande för värmning och kylning. Vätskeburna system förekommer också i många andra sammanhang, såsom värmeåtervinning, markvärmning m m.

Idag består vårt fastighetsbestånd av ett stort antal kommersiella fastigheter samt ett bostadsbestånd av 2 600 000 lägenheter i flerbostadshus varav ca 880 000 byggdes som del av miljonprogrammet mellan åren 1961 och 1975. Funktionen i de vätskeburna systemen i dessa är dock ofta bristfällig.

Enligt doktoranden Henrik Gadd kan en majoritet av felet som leder till för höga returtemperaturer härröra från exempelvis dåligt fungerande värmesystem, problem med ställdon och styrventiler både på värmesidan och varmvattensidan, dåliga radiatorventiler, felaktig drifttidsstyrning av ventilation och felaktigt inställda styrkurvor.

Även system för kylning och värmeåtervinning drabbas av samma typ av problem. I en artikel i tidningen "Nordisk Korrosion" 2010 uppgavs sålunda "Swerea KIMAB har de senaste åren noterat en ökning av korrosionsskador på kylbafflar" och "detta har medfört vattenläckage, förlust av kylkapacitet samt kostsamma avbrott i verksamheten".

Problemen har det gemensamt att de är att hänföra till korrosion. Korrosionsprodukter och mineral som har mycket god isolerande verkan, lägger sig på värmeöverförande ytor. I ledningar minskar de den effektiva flödesarean och påverkar såväl flöde som strömning. I värmeväxlare förorsakar de ett icke förutsett tryckfall. Ventiler och ställdon blockeras eller påverkas i sitt arbets sätt. Detta gör att injusteringen av systemen ofta får en mycket begränsad livslängd. Därtill förkortas ofta livslängden på övriga i systemen ingående komponenter avsevärt.

Vi har i denna studie undersökt hur problematiken hanteras i såväl vår omvärld som i Sverige och försökt finna vilka gemensamma nämnare som står att finna i de system som utvecklar problem likväl som hur väl fungerande anläggningar projekterats, byggts och driftats.

Vad som framkommit är att det förekommer brister i kunskaperna om hur dessa skador uppkommer. Detta gör att det är vanligt förekommande med olämpliga materialkombinationer och produktval och otillräckliga instruktioner för driftsättning samt underhåll. Ofta refereras det till utländska rön som inte är tillämpliga för svenskt vidkommande.

Vi har identifierat ett antal fel som relativt enkelt skulle gå att förebygga. Det handlar i grund och botten om att bygghandlingarna behöver vara mer specifika, och nogsamt ange hur moment som exempelvis renspolningar och avluftningar skall utföras och vilka resultat som krävs. I många fall beskrivs de endast som att de skall utföras "nogsamt", men vad det betyder kan skifta i hög grad. Det vore önskvärt om det upprättades utförligare "checklistor" över detta.

Vattenbehandling är en tämligen exakt vetenskap, vilket torde bevisas av det faktum att våra vattenverk rutinmässigt bereder stora volymer dricksvatten intill av Livsmedelsverket fastställda specifikationer. Dessa egenskaper är dock inte optimala för vatten för bruk i vätskeburna installationer. Den i denna handling beskrivna spanska modellen med lokala rekommendationer för eventuellt behov av vattenbehandling skulle kunna vara en möjlighet att minska risken för problem. Dock medför påverkan som kan ske i ledningsnät för stadsvattnet och brister i driftsättning att avvikelser ändå kan förekomma. Därför bör en analys utföras efter en tids drift.

Genom att sprida kunskaper om hur vissa fel uppstått kan dessa förhoppningsvis förhindras. En stor del av bördan ligger dock på konsultbranschen.

En möjlighet är att förbättra erfarenhetsåterföringen till de projekterande konsulterna. Dessa är ofta inte medvetna om att de ibland seriemässigt brister i projekteringen. En konsult uppgav "vi får aldrig veta hur sakerna fungerar om det inte är katastrof".

INNEHÅLL

| | |
|--|-----------|
| FÖRORD | 1 |
| SAMMANFATTNING | 2 |
| 1. INLEDNING | 4 |
| 1.1 BAKGRUND | 4 |
| 1.2 SYFTE..... | 6 |
| 2. METODIK – VÄTSKEANALYS..... | 7 |
| 2.1 UNDERSÖKNINGSOBJEKT | 7 |
| 2.2 TILLVÄGAGÅNGSSÄTT | 7 |
| 2.3 UTVÄRDERING AV ANALYSER | 7 |
| 3. VATTENKVALITETENS BETYDELSE..... | 8 |
| 3.1 SYSTEMPÅVERKAN | 8 |
| 3.2 KRAV PÅ VATTENKVALITET | 8 |
| 4. OMVÄRLDSBEVAKNING | 9 |
| 4.1 KRAV PÅ VÄTSKEKVALITET I ANDRA LÄNDER..... | 9 |
| 4.2 USA: ASHRAE..... | 9 |
| 4.3 STORBRITANNIEN: BSRIA | 10 |
| 4.4 TYSKLAND: VDI | 11 |
| 4.5 SPANIEN: AQUAESPANA/IDAE..... | 12 |
| 5. SITUATIONEN I SVERIGE..... | 13 |
| 5.1 KRAV PÅ VÄTSKEKVALITET | 13 |
| 5.2 SVERIGE/EU: SIS | 13 |
| 5.3 SVENSK FJÄRRVÄRME: | 14 |
| 5.4 KORROSIONINHIBITORER..... | 16 |
| 6. RISKFAKTORER..... | 18 |
| 6.1 TOLKNING AV ANALYSRESULTAT..... | 18 |
| 7. NULÄGET I SVERIGE | 21 |
| 7.1 BESTÄLLARLEDET | 21 |
| 7.2 PROJEKTERANDE LED | 22 |
| 7.3 ENTREPRENÖRER | 22 |
| 7.4 DRIFTSKEDET | 22 |
| 7.5 MATERIALLEVERANTÖRER | 23 |
| 8. WORKSHOPS OCH SLUTSEMINARIUM..... | 25 |
| 8.1 PROJEKTGRUPPEN | 25 |
| 8.2 SOCIALA MEDIER..... | 25 |
| 8.3 SLUTSEMINARIUM..... | 25 |
| 9. VAL AV NYCKELPARAMETRAR I STUDIEN..... | 26 |
| 9.1 ANALYSERADE VATTENVÄRDEN | 26 |
| 9.2 VALDA NYCKELPARAMETRAR..... | 27 |
| 10. SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL VIDARE STUDIER..... | 28 |
| 10.1 SLUTSATSER OCH DISKUSSION | 28 |
| 10.2 FÖRSLAG TILL FÖRBÄTTRINGSÅTGÄRDER | 29 |
| 10.3 FÖRSLAG TILL VIDARE STUDIER | 30 |
| 11. OBJEKTDATA OCH ANALYSER..... | 31 |
| 12. LITTERATURSTUDIER..... | 62 |

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

I en tvärvetenskaplig studie av 472 flerbostadshus som presenterades i studien "Byggnad, förvaltning eller brukare – vad är viktigast" (Uppsala Universitet 2015) angavs vilka faktorer som påverkar energianvändningen mest.

Det visade sig att byggåret var av avgörande betydelse. Den faktor som hade näst störst betydelse var det antal år som gått sedan senaste injustering. Det visade sig att de hus där det gått mer än nio år sedan senaste injustering hade cirka 20 % högre energianvändning än de hus där injustering utförts under senaste året.

Vad som faktiskt var mer förvånande var att energianvändningen i hus där injusteringen gjorts för två - tre år sedan låg lika högt som i de där mer än nio år förflutit. Detta tyder på att en injustering ofta har en kortvarigt positiv inverkan. Detta förstärks av det faktum att endast 20 % av nybyggda fastigheter klarar Boverkets energiprestandakrav. Det finns därtill exempel på nybyggda, identiska, hus där värmebehovet skiljer med nästan en faktor två.

Av de drygt 100 system i Helsingborg/Ängelholmsområdet som studerats i en doktorsavhandling, "To analyse measurements is to know", från Lunds universitet, konstaterades att endast 26 procent av fjärrvärmecentralerna fungerade bra.

Dessa förhållanden är med stor sannolikhet att hänföra till bristande funktion förorsakat av felaktig vätske kvalitet och en trolig anledning till att uppskattningsvis 80 % av nybyggnationen inte uppfyller energikraven.

I Nordiska Ministerrådets rapport "Korrosion i vattenledningsnät och installationer (TemaNord1996:632)" uppges:

"På 1970-talet gjordes en betydande undersökning av korrosion i vattenverk, vattenledningsnät och installationer i fastigheter (SITRA 1980). I rapporten konstateras, att VVS-tekniken dåför tiden inte tog tillräckligt hänsyn till inverkan av vattensammansättningen eller fastighetens specialbruk på korrosion", samt

"Korrosion kan bland annat förorsaka höjning av vattnets metallhalt och ge upphov till pH-förändringar. En allvarlig följd är sönderfrätning av materialet i distributionsledningar och fastighetsinstallationer vilket i sin tur leder till läckage, och ställer samhället, producenterna och konsumenterna inför stora kostnader och omfattande hälsomässiga, estetiska och tekniska problem".

När vattenburna värmesystem började byggas under senare delen av 1800-talet byggdes de enligt principen "helkonserv". Man eldade i pannan tills hela systemet uppnått så hög temperatur att eventuella mikrober dött och lösta gaser kokat bort. I och med att fjärrvärme blev allt vanligare erbjöds inte längre denna möjlighet att konservera systemen.

Under en tid användes ett ämne, Hydrazin, vilket erbjöd stora fördelar såsom någon form av patentmedicin, men när detta ämne fasades ut på grund av arbetsmiljöskäl ersattes det inte med något annat. Samtidigt har trenden allt mer gått mot lågtemperatursystem, vilka löper betydligt större risker att drabbas.

Det faktum att vatten är korrosivt förefaller vara något som idag till stor del glömts bort - i alla led i byggprocessen. Riskerna är särskilt stora i kombination med felaktig användning av fryspunktsnedsättande additiv.

I rapporten "Nedbrytning av glykoler i värmepump och solvärmesystem" (Byggeforskningsrådet, Stockholm 1988 Rapport 107:88) anges sålunda:

"Studier visar att felaktigt, eller icke inhiberad glykol bryts ned i fem organiska syror - glykolsyra, glyoxylsyra, myrsyra, kolsyra och oxalsyra. Nedbrytningen påverkas av faktorer så som värme, syre och vanligt förekommande metaller som koppar, stål och aluminium. Koppar och aluminium i kombination med felaktigt inhiberad etylenglykol fungerar som katalysatorer. Dessa organiska syror kommer sedan att omvandlas till koldioxid vilket kan angripa och bryta ner metallen på så kort tid som tre veckor under extrema förhållanden. Resultatet leder till slambildning, beläggningar och läckage, vilket i sin tur kan leda till igensättning av rör, pumpar, ventiler, etcetera."

Lars Cedheim,
Byggeforskningsrådet

1.2 Syfte

Syftet med projektet har varit att kartlägga hur driftsättning och underhåll av vätskeburna system utförs samt identifiera de felkällor som kan leda fram till förtida korrosion med tillhörande negativa effekter på energianvändning, inomhusmiljö samt underhållskostnader samt att undersöka de möjligheter som finns för att eliminera dessa.

Först därefter bör en injustering utföras, eftersom den då har goda förutsättningar att uppnå korrekta och stadigvarande resultat. En korrekt injusterad anläggning är viktig för att vi skall kunna minimera energianvändningen i fastigheterna och i arbetet med att nå de uppsatta miljömålen för Sverige.

Målgrupper

- Konsulter
- Installatörsföretag
- Injusteringsföretag
- Byggherrar/Fastighetsägare/Bostadsrättsföreningar
- Ishallar
- Industrier
- Installationsrelaterade utbildningar inom gymnasieskola, branschens
- kompetensutvecklingsorganisationer, yrkeshögskola mm

2. METODIK – VÄTSKEANALYS

2.1 Undersökningsobjekt

Vi hade som målsättning att undersöka ett antal system i såväl nybyggda som hus som tidigare haft nu åtgärdade problem i syfte att kartlägga vilka gemensamma faktorer såväl väl fungerande som problemdrabbade system har.

I syfte att hitta dessa lade vi ut ett stort antal intresseväckare på sociala medier och via pressreleaser. Stockholms Stad lade ut en beskrivning av projektet i stadens nyhetsbrev "Företagsnytt" och bjöd in presumtiva medverkande. Vi kontaktade även fastighetsägare i projektgruppens nätverk personligen och blev hänvisade till ett antal potentiellt intressanta objekt. Vi kontaktade därefter de driftansvariga för att förklara syftet med studien samt tillvägagångssättet.

Vi fick in ett sextiotal intresserade, men av budgetskäl begränsade vi antalet till cirka trettio.

2.2 Tillvägagångssätt

Vi tecknade ramavtal med ett certifierat laboratorium för att utföra analyser enligt de parametrar projektgruppens Vattenkemiutskott beslutat. Dessa var mer omfattande än ursprungligen tänkt, men vi valde detta för att kunna ha ett större urval parametrar för att kunna urskilja de kritiska.

För provtagning utvecklade vi ett besiktningsprotokoll (bilaga) där de systemegenskaper som kunde antas vara relevanta, såsom tryck, stighöjd, systemvolym med mera skulle anges. Dessutom inbegrep den en handledning i hur provtagning skall utföras. Denna handledning fanns därtill att tillgå i två videoversioner, dels för bildskärm, dels för telefon, på youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=2JDoQNZ4ciA>

Vi tog fram ett provtagningspaket omfattande erforderliga provflaskor, anvisningar, färdigifyllt följesedel till analyslaboratoriet, emballage samt anvisningar för inlämning på något av 130 inlämningsställen i hela landet alternativt insändande per post. Därefter kontaktade vi personligen de som anmält intresse alternativt anmodats av sina uppdragsgivare att delta med information om tillvägagångssätt. Flera av dem uttryckte då tvekan till hurvida de skulle klara av att göra detta på egen hand. Vi sände därför ut ett betydligt mindre antal provtagningspaket än beräknat, nio stycken. I de fall objekten låg i Stockholms Län erbjöd vi oss att själva utföra besiktningen. Av utsända provtagningspaket kom endast två stycken prover in för analys. I övriga fall utförde vi besiktningarna själva. Vissa fastighetsägare hade på egen hand låtit utföra analyser vilka vi kunde utnyttja (fyra stycken).

2.3 Utvärdering av analyser

Analyserna sammanställdes i ett dokument som tillställdes projektgruppen för bedömning. Utifrån dessa definierades de nyckelparametrar som kunde tillmätas betydelse för studien. Därvidlag lades särskild vikt vid att dessa enkelt skulle kunna mätas på plats av driftpersonal.

3. VATTENKVALITETENS BETYDELSE

3.1 Systempåverkan

Det vatten som cirkulerar i systemen har en avgörande betydelse för deras funktion och livslängd. Korrosion och beläggningar kommer att göra att ledningars flödesarea minskar vilket i kombination med den ökade friktionen på grund av deras ökade råhetstal leder till att strömningen ofta blir turbulent, vilket allt sammantaget leder till väsentligt högre tryckfall än vad som räknats fram i projekteringen.

I många fall kommer även relativt nya system att tidigt få stora problem på grund av att den framräknade injusteringen därför inte kommer att stämma, och delar av systemet kommer att få för låga temperaturer. Detta tvingas driftpersonalen kompensera för genom att höja framledningstemperaturen, vilket i gengäld leder till övertemperaturer i andra delar av huset.

Beläggningar i värmeväxlare kommer att leda till sämre värmeöverföring mellan primär- och sekundärsidorna, vilket medför att högre flöden behövs på primärsidan och avkylningen av fjärrvärmevattnet blir sämre. Den absoluta majoriteten fjärrvärmebolag tillämpar någon form av flödestaxa eller tar ut en straffavgift för alltför höga returtemperaturer. Det ökade tryckfallet i värmeväxlarna kommer också att påverka injusteringen samt öka kostnaderna för pumpdriften.

Korrosionsprodukter som cirkulerar i systemen kommer att erodera hål på rörböjar och slita på pumphjul och pumpars packboxar. De riskerar också att blockera injusteringsventiler.

Magnetitpartiklar som fastnar på kopparytor kan på kort tid korrodera sig igenom kopparen, eftersom magnetit i den elektrokemiska spänningsserien är ädlare än koppar.

Små partiklar tränger in i axeltätningar i pumpar och nöter på axlar och packboxar och förkortar deras livslängd. Där flödes hastigheterna är låga, såsom i radiatorer, kan de bilda sediment i botten och förminska radiatorernas effektiva volym.

Lösta gaser kommer att påverka vattnets värmebärande egenskaper negativt. De kan också förorsaka kavitation i pumpar vilket eroderar pumphjul och orsakar störljud.

3.2 Krav på vattenkvalitet

Det förekommer olika riktlinjer i olika länder, mycket beroende på att det vatten som normalt används för påfyllning har olika karaktär beroende på nationell lagstiftning för beredning av dricksvatten, egenskaperna hos det råvatten som detta bereds av samt hur systemen är konstruerade och de framledningstemperaturer som används.

4. OMVÄRLDSBEVAKNING

4.1 Krav på vätskekvalitet i andra länder

Vi har här granskat hur frågan hanteras i några olika länder. Därvidlag bör vi ta hänsyn till att det ofta föreligger stora skillnader i egenskaperna hos det vatten som systemen fylls upp med. Därtill byggs systemen väldigt olika, vilket också kommer att påverka vattenkvaliteten.

Riktlinjerna är ofta mycket komplexa, varför det som anges här endast är huvuddragen.

Något som dock är genomgående är att ett stort ansvar för att rätt vattenkvalitet skall erhållas och bibehållas läggs på föreskrivande led.

I de flesta fall rekommenderas mycket täta kontroller av vattenkvaliteten, upp till månatligen.

4.2 USA: ASHRAE

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

HVAC Handbook

Vattenbehandling

Detta kapitel behandlar grunderna för vattenbehandling. Den ger vägledning om behandling av vatten och vattenbaserade vätskor som används i värme-, luftkonditionerings-, kyl- och processsystem, med fokus på kontroll av korrosion, beläggningar, föroreningar och biologisk tillväxt. Korrekt behandling förbättrar prestandan och energieffektiviteten för dessa system samtidigt som det skyddar människors hälsa och säkerhet. Vattenbehandling förlänger också utrustningens livslängd i både öppna och slutna system. Dessutom kan vattenbehandling hjälpa till att spara vattenresurser samt möjliggöra användning av alternativa vattenkällor. Alla dessa fördelar hjälper till att främja en hälsosammare och mer hållbar miljö.

Tabell för rekommenderade vattenvärden för köldbärare:

| Parameter | Recommended Limits |
|--|---------------------------|
| pH | 7 to 9 |
| Corrosion inhibitor | Required |
| Sulfides | <10 ppm |
| Sulfate | <100 ppm |
| Chloride | <50 ppm |
| Bacteria | <1000 CFU/mL |
| Total hardness (as CaCO ₃) | <200 ppm |
| Residue after evaporation | <500 ppm |
| Turbidity | <20 NTU (nephelometric) |

Kommentar: Värdena som anges är relativt begränsade, och vissa andra parametrar som normalt tillmäts stor betydelse nämns inte alls. Detta är troligen beroende på att de rekommenderar kemisk vattenbehandling och därför är det de parametrar som vattenbehandlingen medför som kommer vara de rekommenderade. Det är dock inte ovanligt att stora beställare upprättar oerhört omfattande kravspecifikationer för vattenvärden.

4.3 Storbritannien: BSRIA

Building Services Research and Information Association

BG29 2020

Sammanfattningsvis sammanfattas nedan de faktorer som är nödvändiga för att undvika korrosion av stålkomponenter i slutna system.

Minimera fördröjningen mellan första påfyllning och rengöring före idrifttagning.

Utför en effektiv rengöring av rörsystemet före idrifttagning.

Upprätta, övervaka och upprätthålla effektiv vattenbehandling och vattenkvalitet så snart som möjligt i systemets livslängd.

Cirkulera vattnet i systemet dagligen för att undvika stagnation.

Undvik inträngning av syre från bristfällig tryckhållning eller överdrivet tillskott av färskvatten.

Förberedande rengöring skall göras genom spolning och, vid behov, tillsats av kemiska rengöringsmedel, följt av tillsats av biocider och inhibitorer. Eftersom det är omöjligt att inspektera samtliga invändiga ytor skall utfallet av förberedandet göras genom att vattenprover analyseras för ett antal parametrar inkluderande, men ej begränsat till, suspenderade partiklar, järn och bakterier.

Dessa moment skall utföras av utbildade och erfarna utförare under en kontrollorganisation som säkerställer säkra och effektiva utförande och erforderlig dokumentation av varje steg i processen i direkt kommunikation med projektör och övriga parter i projektet. Därefter skall tillämpas ett korrekt och anpassat vattenbehandlingsprogram som inkluderar:

Begränsning av korrosion genom tillsats av korrosionsinhibitorer

Kontroll av kalkavsättning, biofilm och andra beläggningar

Kalkkontroll genom att:

Minimera vattenförluster och påfyllningsbehov

Användning av hårdhetsstabilisatorer

Förberedande vattenbehandling av påfyllnadsvatten vid behov

Begränsning av mikrobiologisk förorening/biofilm genom att:

Undvika låga flödeshastigheter

Tillsats av erforderliga biocider

Begränsning av näringsämnen

Förberedande vattenbehandling av påfyllnadsvatten vid behov

Kontroll av kalkavsättning, korrosion och andra beläggningar

Kontroll av sedimentation genom att:

Undvika låga flödeshastigheter

Tillsats av erforderliga dispergeringsämnen

Delflödesfiltrering

Förberedande vattenbehandling av påfyllnadsvatten vid behov

Kontroll av kalkbeläggningar, utfällningar, biologisk förorening och korrosion

Kommentar: BSRIA anger inte rekommenderade, generiska värden annat än som exempel i löpande text. Eftersom de alltid förespråkar kemisk vattenbehandling kommer de rekommenderade värden att vara avhängiga de produkter och metoder som vattenbehandlingsentreprenören tillämpar.

Det är inte ovanligt att ansvar för driftsättning ligger på en annan entreprenör.

4.4 Tyskland: VDI Verein Deutscher Ingenieure

VDI2035 del 2

8.4 Vattenbehandling

8.4.1 Allmän information

Vattenbehandling genom att tillsätta kemikalier bör begränsas till undantagsfall.

Vattenbehandling i syfte att minska sannolikheten för korrosionsskador är endast nödvändigt i installationer där det inte är möjligt att innehålla riktvärdena som visas i tabell 1.

Vilken vattenbehandlingsåtgärd som ska tillämpas och förändringar i vattenbehandlingen kräver specialistkunskaper.

Orsakerna till samtliga vattenbehandlingsåtgärder måste dokumenteras i systemets loggbok. Det rekommenderas att, förutom att dokumentera utförd vattenbehandling i systemloggboken, ett meddelande med en lista över alla vidtagna åtgärder för vattenbehandling anslås i anslutning till själva installationen.

Överdoserering eller underdoserering av kemikalier bör undvikas eftersom detta kan öka risken för korrosion. Det finns risk för underdoserering, exempelvis när vattenbehandlingsmedel används tillfälligt och systemet fylls på med obehandlat vatten.

Om blandningar av produkter används (med t.ex. samtidig alkalisering och inhibitor dosering) skall tillverkarens rekommendationer följas. För att förhindra överdoserering eller underdoserering bör årliga underhålls cykler följas och dokumenteras i systemloggboken.

Användning av flera produkter som verkar samtidigt (till exempel två eller flera filmbildande inhibitorer) är inte att rekommendera på grund av oförutsägbara möjliga interaktioner eller risken för överdoserering eller underdoserering av enskilda komponenter.

Table 1. Guide values for the heating water

| | | Low-saline | Saline |
|--|-------|----------------------------------|---------------|
| Electrical conductivity at 25 °C | µS/cm | < 100 | 100–1500 |
| Appearance | | free of sedimentating substances | |
| pH value at 25 °C | | 8,2–10,0 ^{*)} | |
| Oxygen | mg/l | < 0,1 | < 0,02 |

^{*)} In the case of aluminium and aluminium alloys the pH value range is limited; see also Section 7.4.

Kommentar: VDI2035 del 1 fokuserar i hög utsträckning på att minska problemen med hårt vatten, vilket är mycket vanligt i Tyskland. Därför rekommenderar de användning av avhärdat eller hårdhetsstabiliserat vatten. Detta gör det troligen svårt alternativt irrelevant för dem att rekommendera ytterligare vattenvärden. Däremot understryker de vikten av att den som projekterat anläggningen anger sådana baserat på materialtillverkarnas rekommendationer.

4.5 Spanien: Aquaespaña/Idae

Instituto para la diversificación y ahorro de la energía

Korrosionsskydd genom kretspassivering

Passivering av kretsar genom att kontrollera deras förhållanden och driftsparametrar utan kemiska produkter är den mest tillrådliga behandlingen för skyddet mot korrosion om frånvaron av syre i kretsen kan garanteras.

När en korrosionsskyddsbehandling utförs genom passivering av kretsen är det viktigt att efter 8-12 veckors drift åtminstone kontrollera den fysiska aspekten av vattnet samt dess pH och konduktivitet för att verifiera att värdena är inom intervallet som krävs för passivering av kretsen. Dessa kontroller bör upprepas minst en gång om året.

Skydd mot korrosion och kalkavlagringar genom tillsats av korrosionsinhibitorer

Det är den mest lämpliga behandlingen för skydd mot korrosion om frånvaron av syre i kretsen inte kan garanteras. Inhibitorn måste vara lämplig för typen av krets och de metaller som ingår. Tillsatsen av produkten kan utföras manuellt eller med hjälp av en doseringspump; produkten skall användas med dosering och form för användning som anges av tillverkaren.

Beroende på vilken typ av krets som ska skyddas bör man komma ihåg att i kretsar som arbetar vid låg temperatur (till exempel golvvärme) är det lämpligt att välja en hämmare som innehåller en biocid för att undvika tillväxt av mikroorganismer.

Kommentar: Riktlinjerna inbegriper en karta där "vattentyperna", främst hårdheterna i olika delar av landet anges. Denna åtföljs av en tabell där det anges vilka utrustningar som bör installeras. Det förutsätts att vattenkvaliteten blir rätt med dessa.

| | Agua Tipo "A" | Agua Tipo "B" | Agua Tipo "C" | Agua Tipo "D" |
|--|--|---|---|---|
| Filtración de protección | Se instalará siempre un filtro autolimpiante, adecuado al caudal y a la presión del circuito. | | | |
| Prevención de incrustaciones | No requiere ningún tratamiento específico | Dosificación de un inhibidor de incrustaciones en el circuito de ACS Apto para el agua de consumo humano | Dosificación de un inhibidor de incrustaciones en el circuito de ACS Apto para el agua de consumo humano Descalcificación del agua Equipo físico | Dosificación de un inhibidor de incrustaciones en el circuito de ACS Apto para el agua de consumo humano. Descalcificación del agua Equipo físico Análisis del agua |
| Prevención de corrosión por tratamiento químico | El tratamiento más habitual es la adición de un inhibidor de corrosión apto para el tratamiento del agua de consumo humano y materiales del circuito a proteger. | | | |
| Protección catódica de los acumuladores de ACS | Es recomendable para todos los tipos de agua aunque el riesgo de corrosión es variable según los casos | | | |

5. SITUATIONEN I SVERIGE

5.1 Krav på vätske kvalitet

I Sverige regleras normalt aldrig vattenkvalitet närmare. Det finns dock vissa riktlinjer som skulle kunna tillämpas.

5.2 Sverige/Eu: Sis

En standard som antogs i Sverige 2014. Den omfattar mycket mer än krav på vattenkvalitet.

Swedish Standards Institute

SS-EN 12828:2012+A1:2014

4.3.2.1

Vattenkrav

Sammanställningen av vattnet som används i värmesystemet ska vara sådan att systemets komponenters funktion vidmakthålls för att garantera en säker och ekonomisk drift.

Parametrar att överväga kan inkludera:

- vattnets kemiska egenskaper, t.ex. pH, O₂, klor och derivat, innehåll av alkaliska jord- och vätekarbonatjoner och -karbonater;
- Den elektriska ledningsförmågan.

Vid behov ska tillsatser för vattenberedning, vattenbehandling och/eller fryspunktsnedsättande medel användas i enlighet med tillämpliga tillverkares krav.

Mer information finns i VDI 2035.

NOTERA

Följande faktorer påverkar kvaliteten på vattnet i värmekretsen:

- försämring av värmeöverföringen på transmissionsytorna på grund av förkalkning;
- försämring av komponenternas funktion på grund av sedimentering av korrosionsprodukter eller komponentfel p.g.a. korrosion;
- syreförsel på grund av bristfällig trycksättning eller diffusion/genomträngning vid membran, plaströr, tätningar etc.

Kommentar: Kraven på vattenkvalitet behandlas tämligen summariskt, och trots att detta är en Europa-standard så hänvisas alltså till VDI2035

5.3 Svensk fjärrvärme: Underhållshandboken 2015

10.8 Vattenkemi

Ändamålsenlig vattenbehandling i ett vattenförande system förebygger korrosion och slitage samt är en förutsättning för att nå en lång systemlivslängd.

Olika metoder väljs beroende på förutsättningar i form av råvatten, tryck, temperatur och ut-/inläckage samt förekomst av material och materialkombinationer i systemen.

Cirkulationsvattnet ska normalt vara klart samt fritt från slam och lösa partiklar.

Vattenkvaliteten i fjärrvärmesystemen varierar från oavgasat råvatten till avgasat, totalavsaltat vatten. Även om en kvalitetssäkrad vattenbehandling nås kan den när som helst utsättas för yttre störningar i form av inläckande råvatten och luft, vilket har stor betydelse för korrosionsförloppet.

10.8.1 Olika vattenbehandlingsprocesser

Råvatten innehåller, trots att det håller normal dricksvattenkvalitet, ämnen som är skadliga för värmesystem.

Vattnet måste alltid behandlas – i olika omfattning beroende på förutsättningar och processer.

10.8.4 Vattenkemi och kemikalier

Kemikalier behöver i huvudsak tillsättas för att:

- justera pH-halten
- reducera löst syre som inte avlägsnats under eller i avsaknad av termisk avgasning
- bekämpa och förebygga bildande av beläggningar av exempelvis resthårdhet
- uppnå buffertverkan.

Dosera i en takt som medger mätning av resultatet och undvik överdosering i en punkt i huvudflödet för att uppnå bra fördelning med bästa förutsättningar för kemikaliers nyttoverkan.

Ha som tumregel att tillsätta så få och så lite kemikalier som möjligt. Använd så enkla produkter som möjligt. Utred före ett eventuellt byte av kemikalier vilka följer bytet kan innebära.

Justera gärna spädvattnets pH-halt före spädmatningen för att skona ledningen vid påfyllnadsstället.

Se till att hålla pH-värde 9,8 +/- 0,2 (9,6–10,0)

Vid pH <9,5 raderas det skyddande magnetitskiktet på stålrörens insida.

Vid pH >10,0 lakas zink ut ur mässing och vid ännu högre värden bryts koppar ned.

Kontrollera ammoniakhalten då ammoniak angriper koppar även vid låga syrehalter.

Användning av ej diffusionstäta PEX-rör ökar risken för syrebindning.

Maximalt 90 °C gäller normalt för PEX-rör för att inte kraftigt förkorta dess livslängd. PEX-rör används normalt inte i de svenska fjärrvärmesystemen.

Natriumhydroxid (lut) utnyttjas ofta för att bryta ner vattnets hårdhet och höja pH-värdet.

Tannin (garvsyreämnen) förenar sig med järn i olösliga föreningar (passivering) och om vattnet samtidigt är alkaliskt (med högt pH) bryts en del av tanninerna ned och förbrukar då syre (som inhibitor).

Tabell 10.1. Provtagningsspecifikation och normala nivåer

| Rekommendationer | Matarvatten | | Cirkulationsvatten | |
|---|---------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| | Avhärdat | Avmineraliserat | Avhärdat | Avmineraliserat |
| Utseende | Klart | Klart | Klart | Klart |
| Lukt | Ingen | Ingen | Ingen | Ingen |
| Partiklar mg/l | < 5 | < 1 | < 10 | < 1 |
| PH-värde | 9,8 +/- 0,2 | 9,8 +/- 0,2 | 9,8 +/- 0,2 | 9,8 +/- 0,2 |
| Konduktivitet $\mu\text{S}/\text{cm}$ | som råvattnet | < 10 | < 1500 | < 25 |
| Hårdhet dH° | < 0,1 | < 0,01 | < 0,5 | < 0,1 |
| Syrenehåll mg/l | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 |
| Olje- och fetthinnehåll mg/l | Ingen | Ingen | < 1 | < 1 |
| Kloridinhåll Cl^- mg/l | < 300 | < 0,1 | < 300 | < 3 |
| Sulfatinnehåll SO_4 mg/l | - | < 0,1 | - | < 2 |
| Totalt Järn Fe_{total} mg/l | < 0,05 | < 0,005 | < 0,1 | < 0,05 |
| Totalt Koppar Cu_{total} mg/l | < 0,05 | < 0,01 | < 0,02 | < 0,01 |
| Bakteriell förekomst* | - | - | - | - |

* Innebär som regel en avloppslukt ett sjunkande pH-värde och ökad kemikalieförbrukning!

Tabell för rekommenderade vattenvärden från Svensk Fjärrvärmes ”Underhållshandboken

Kommentar: Dessa krav är mycket strängare än de som normalt förekommer i fastighetssektorn och kräver en tämligen omfattande behandling av vattnet.

5.4 Korrosionsinhibitorer

Vatten som vattenbaserade köldbärare och värmebärare såväl som glykoler har korrosiva egenskaper. Däremot är det möjligt att minimera korrosionsriskerna genom att tillsätta lämpliga additiv i form av korrosionsinhibitorer. En korrosionsinhibitor är ett ämne som minskar korrosionshastigheten när det tillsätts till den korrosiva miljön i en lämplig koncentration, utan att väsentligen förändra den kemiska sammansättningen av vätskan. En korrosionsinhibitor är som regel effektiv när den finns i små koncentrationer.

En inhibitors verkan är vanligtvis att producera en skyddande film på metallytan. Detta kan ta formen av ett mycket tunt (monomolekylärt) lager av adsorberad inhibitor.

I praktiken borde köldbärare vara komplexa blandningar som innehåller pH-justerande medel, antioxidanter, antiskummedel, stabilisatorer, färgämnen m.m.

Korrosionsinhibitorerna utgör normalt sett bara en liten del ($\ll 1,5\%$) av köldbärarvätskan och behöver inte deklarerar om ämnet inte är märkningspliktigt, farligt eller cancerframkallande ämne enligt kemikalielagstiftningen. Eftersom flera typer av korrosionsinhibitorer är hemliga borde man alltid hänvisa till fabrikanter/kommersiella produkten vid varje kvalitetskontroll.

Därför är det väldigt viktigt att köldbärarlösningen i anläggningen dokumenteras och anges på en skylt tillsammans med koncentration i vikt-% eller vol-% och att en behållare med ett referensprov av den ursprungligen påfyllda vätskan sparas (Melinder, 2009).

Tillverkare av glykoler rekommenderar att en formulerad köldbärarglykol inte späds för mycket eftersom vid lägre koncentration tappar glykolen sina tillväxthämmande egenskaper och underhåller då istället organisk tillväxt. Dessutom försämras korrosionsskyddet betydelsefullt eftersom alla korrosionsinhibitorer utspäds i för stor grad. I fall det finns ett behov för lägre glykol-koncentrationer rekommenderas det att rådfråga en tillverkare. Det är säkrast att använda färdiga blandningar av glykol och vatten som är baserade på avjoniserat vatten. Många tillverkare anger att man kan använda kommunalt tappvatten som spädvatten i en glykollösning ifall kommunens vatten inte är alltför hårt (exempelvis om värdet inte överstiger 8 dH° (tyska hårdhetsgrader)). Även i sådana fall är det av oerhört stor vikt att inte späda till lägre koncentration än den rekommenderade. Dessutom är det viktigt att påpeka att ett avmineraliserat vatten är betydligt dyrare och mer korrosivt eftersom det saknar buffertkapacitet, vilket kan orsaka plötsliga pH-fall som leder till korrosion (Melinder, 2009).

Koncentrationen av korrosionsinhibitorer bör kontrolleras regelbundet och förluster bör fyllas på antingen genom att tillsätta lämplig mängd inhibitor eller genom att fullständigt byta ut hela vätskan (om det rekommenderas av tillverkaren). Om möjligt bör några former av kontinuerlig övervakning användas, speciellt efter de första 6-8 veckorna (max perioden för formning av skyddande sikt på metallytor) efter påfyllning eller byte av köldbärare (Ignatowicz, 2008).

Varför man får inte använda motorglykoler?

De nuvarande glykolbaserade produkterna för kylsystem för motorer innehåller silikater. Silikater såsom natriumsilikat har i många år använts för att skydda stål, galvaniserat stål, koppar, mässing, koppar-nickellegeringar och aluminium. Silikater är långsamt verkande korrosionsinhibitorer, därför krävs det i vissa fall 2-3 veckor för att etablera fullt skydd. Silikater har begränsad löslighet i vatten och kan fällas ut i hårt vatten (Davies, 1988).

Natriumsilikatlösning består av monomera och polymera ämnen. När en lösning av lösligt silikat neutraliseras till pH under cirka 10,7 sönderdelas silikatjonerna till kiselsyra som senare polymeriserar till kiseldioxid. **Som ett resultat kan den fälla ut och bilda värmeisolerande kladdiga filmer på t.ex. värmeväxlare. Dessa är svåra att rensa bort utan att använda**

starka och farliga kemikalier såsom butanediol. Med tiden kan dessa filmer förorsaka en mikrobiell korrosion. Silikater är endast stabila vid högt alkaliskt pH och inte kompatibla för kylsystem vars pH är runt 7,5–8,5 (Thompson, 1997; Davies, 1988, Ignatowicz 2008).

Korrosion i systemet

De övriga faktorerna som orsakar korrosion i systemet är: elektrisk ledningsförmåga (konduktivitet), temperatur, pH samt partiklar som är korrosionsbenägna i systemet. Eftersom syre ofta är en förutsättning för korrosionsprocessen orsakar dåligt avluftade system snabbare korrosionspåverkan.

Dessutom ökar syrets löslighet vid sjunkande temperatur, vilket har betydelse i system med syretillträde som visas nedan i tab. X (Tromans, 1998).

| Temperatur (°C) | Syrelöslighet (mg/L), vid tryck 1 bar |
|-----------------|---------------------------------------|
| 0 | 14.6 |
| 5 | 12.8 |
| 10 | 11.3 |
| 15 | 10.2 |
| 20 | 9.2 |
| 25 | 8.6 |
| 100 | 0 |

Minskning av syrekoncentrationen leder vanligtvis till en minskning av korrosionshastigheten, men förhindrar samtidigt bildandet av ett skyddande skikt på ytan av vissa metaller (Aittomäki, 2003). Vissa normalt aktiva metaller och legeringar förlorar under speciella miljöförhållanden sin kemiska reaktivitet och blir extremt inerta. Detta fenomen, kallat "passivitet", och uppvisas av krom, järn, nickel, aluminium, titan och deras legeringar. Detta passiva beteende är ett resultat av bildandet av en mycket vidhäftande och mycket tunn oxidfilm på metallytan, som fungerar som en skyddande barriär mot ytterligare korrosion. Rostfria stål är mycket motståndskraftiga mot korrosion till följd av passivering (innehåller minst 11 % krom). När detta skyddsskikt är skadat, ombildas det normalt mycket snabbt. Emellertid kan en förändring i miljöns karaktär (t.ex. förändring i koncentrationen av de aktiva frätande ämnena som syre) orsaka att det passiverade materialet återgår till ett aktivt tillstånd.

Avluftning syftar främst till att avlägsna syre, som löses i vattnet för att minska korrosiviteten. Man kan särskilja: termisk avluftning varigenom köldbärare värms upp på grund av att syrets löslighet minskar med ökad temperatur (20-30 °C), kemisk avluftning där det i vatten lösta syret avlägsnas genom reaktion med "syrerensare" t.ex. natriumsulfit eller hydrazin; eller en fysisk metod genom att skapa lågt tryck där syrelösligheten minskar (Ignatowicz, 2008).

6. RISKFAKTORER

6.1 Tolkning av analysresultat

Vi har genom tolkning av analysresultat i kombination med projektgruppens samlade erfarenheter identifierat ett antal faktorer som de största riskerna för förtida korrosion och bristande funktion i vätskeburna system.

- **Hög syrehalt – eller mer korrekt – hög halt gaser:** Syre är en av de främsta anledningarna till korrosionsproblem, men även andra gaser kan leda till cirkulationsstörningar. Det finns en vantro att korrosion inte kan förekomma i syrefria miljöer, men det är fel. Gaser, såväl lösta som i fri form, kommer att leda till störljud, kan försämra värmeöverföringen genom att bilda en s.k. bubbelpäls på värmeöverförande ytor, kan skapa kavitation som eroderar pumphjul m m. Inga system är helt täta, och allra helst om systemet har en felaktig tryckuppsättning kan luft tränga in i systemet. Risken är särskilt stor i golvvärme-slingor, som störst om dessa inte är diffusionstäta. Dock diffunderar även så kallade diffusionstäta rör in luft, om än i mindre utsträckning.
- **Stor förekomst av förorenande komponenter i systemet:** Är de i form av exempelvis metall- eller plastspånor kan de nöta hål i rörböjar, men även blockera ventiler och värmväxlare samt sätta igen silkorgar. Organiska föroreningar i form av låga halter glykoler, insekter, smådjur eller humusämnen kan bytas ner mikrobiellt och försura vattnet. En bristfällig renspolning kan ofta medföra att bägge slagen av föroreningar finns i systemet, och ofta kan de först blockera silfiltren. Eftersom föroreningarna ofta består av olika metaller kommer dessa att snabbt korrodera galvaniskt och allt eftersom de minskar i storlek kommer de att kunna passera genom maskorna i silkorgen. Därigenom sprids de i hela systemet och kan lägga sig som sediment i botten på radiatorer och blockera ventiler. Denna bild visar två silkorgar där den högra fyllts av korroderande metallpartiklar medan den vänstra troligen haft en kombination av, ursprungligen, metallpartiklar men som under korrosionsprocessen blandats med så kallade mikrobiella exkrementer, alltså döda mikrober. Eftersom dessa även består av fettämnen bildas en massa som påminner om modell-lera och som inte är vattenlöslig. De levande mikroberna sitter som regel i en så kallad biofilm på ytorna inne i systemet. Inne i biofilmen kan de bryta ned organiska substanser och lokalt kan bildas så kallade pH-gradienter där miljön är som surast närmast metallytan. Där är miljön så korrosiv att till och med koppar angrips. Detta är till stor del en konsekvens av att systemet driftsatts fel, och framför allt inte renspolats.
- **Surt vatten:** Under olyckliga omständigheter kan även stadsvatten, trots att det ursprungligen hållit dricksvattenkvalitet, surna. Ju lägre pH-värde vattnet håller, desto mer korrosivt är det. Om vattnet håller tillräckligt lågt pH kan så kallad väteproducerande korrosion uppstå. Då spjälkas vattenmolekyler och syret oxiderar järnet medan vätet avgår som gas.



- Låga eller höga framledningstemperaturer:** Risken för mikrobiell tillväxt är som störst inom temperaturspannet 25-60° C. I våra besiktningar har vi undersökt ett några system som är 70-80 år gamla och som klarat sig utmärkt trots att de råkat ut för missöden. Det de har gemensamt med flera andra problemfria system är att de har höga framledningstemperaturer. Det faktum att de tidigare haft oljeeldning gör det troligt att de driftsattes på det gamla sättet, enligt helkonservprincipen, och att de därför tidigt fick ett passiverande magnetitskikt. Dessutom kommer framledningstemperaturen åtminstone någon gång de flesta år att drivas upp över 70 grader, vilken troligen bidrar till att hålla systemet sterilt och gasfritt. Denna bild visar insidan på en 50 år gammal radiator från ett system som driftsatts på sådant sätt. När man skrapar bort magnetiten finns inte ens antydning till korrosion. Därtill kan det finnas andra fördelar, vilka anges i Svensk Fjärrvärmes ”Tekniska bestämmelser F:101”: ”Det kan finnas fördelar att välja ett så kallat lågflödessystem för värmekretsen. Karakteristiskt för lågflödessystemet är en relativt hög dimensionerande framledningstemperatur och en låg returtemperatur. Ett förhållande som är till stor fördel för fjärrvärmesystemet och för kunden om flödesprissättning tillämpas”.

System för komfortkyla är särskilt drabbade. Dels kommer inte någon god passivering av metallytorna inte att kunna ske, dels kommer de lägre temperaturerna att innebära att de lösta gaser som följer med stadsvattnet inte kommer att avges i samma utsträckning. Dessutom ökar risken för mikrobiellt inducerad korrosion eftersom vattnet inte upphettas. I Sverige står dessa system ofta stilla under stora delar av året och temperaturen kan då höjas till det område där risken för mikrobiell tillväxt är stor. I varmare länder kan systemen ofta vara igång året runt, vilket minskar risken för mikrobiell tillväxt.
- Igensatta värmeväxlare:** En annan faktor som håller returtemperaturen på en låg nivå är rena värmeväxlare. För 15 undersökta abonnentcentraler med icke rengjorda värmeväxlare låg Q/W på årsbasis i snitt på 23,94, alltså nästan 24 m³ fjärrvärmevatten/MWh. Generellt låg större hus i det lägre spannet, medan mindre hus låg i det övre. En ny abonnentcentral kan ligga så lågt som runt 16. En sänkning av Q/W om 8 innebär en skillnad om 12 grader lägre returtemperatur (Svensk Fjärrvärme: Din fjärrvärmecentral). Alla värmeväxlare kan förvisso inte bibehållas i nyskick, men detta är ett förbisett kapitel, trots att alla tillverkare av värmeväxlare uppger vikten av att hålla värmeväxlarna rena. Små växlare är så pass billiga att ett byte kan vara ett alternativ. Ofta anförs att husägaren inte sparar någon energi på att utföra denna typ av underhåll, men det stämmer inte riktigt. Om överföringen av värme från primär- till sekundärsidan är dålig kommer det ökade flödet av fjärrvärmevatten att till en stor del bidra till att värma upp det utrymme där abonnentcentralen är installerad. Dessutom kommer det ökade tryckfallet i växlaren till värmesystemet att rubba injusteringen. Detta är en starkt bidragande faktor till att hus efter en tid får fel i balanseringen av värmesystemet. Dessutom kommer renare värmeväxlare att medföra att flödesavgiften minskar. De flesta fjärrvärmeleverantörer debiterar antingen en rak flödesavgift eller en straffavgift för alltför höga returtemperaturer. Detta för att kompensera sig för den minskade effektiviteten i fjärrvärmesystemet. Det uppskattas att fem grader bättre avkylning skulle innebära en energieffektivisering om totalt 1,5 TWh. Denna vinst skulle dessutom göras på vintern.



- **Öppna expansionskärl:** Även om dessa kan fungera i de system som har höga framledningstemperaturer så innebär de en ökad risk. Denna risk består i det faktum att vattnet i expansionskärlet lätt kan smittas mikrobiellt, och redan där försura vattnet. Under olyckliga omständigheter kan då även resten av systemet smittas. Dessutom kommer vattnet i kärlet att absorbera luft, vilket medför att systemet tillförs luft, och därigenom syre,



varje gång det fylls på. I denna studie gjorde vi en intressant upptäckt. Värmesystemet i objekt 16 har under flera år dragits med stora problem. Åtskilliga försök har gjorts för att komma tillrätta med dem, såsom framgår av redovisningen av objektdata. Vid vår besiktning konstaterade vi att problemen sannolikt hade ett mikrobiellt ursprung. Dock var inte analysresultaten som gjorts genom åren konsekventa. Vissa vattenvärden varierade oförklarligt stort kort tid efter utförda åtgärder. En fördjupat mikrobiell analys av vattnet från systemet respektive vattnet från systemet gav för handen att de två miljöerna utgjorde två olika biotoper med skilda ekosystem. Detta reste tanken på att dessa två interagerar med varandra på ett oförutsebart sätt. Frågan skall utredas vidare.

- **Blandningskärl:** I många bygghandlingar stipuleras att blandningskärl skall lämnas med en viss mängd glykol eller etanol i. Särskilt glykoler är en utmärkt näringskälla för olika mikrober, och dessa kommer snart att bryta ned glykolen till organiska syror. Även med öppna blandningskärl är risken stor att glykolen, när den väl smittats, för med sig smittan in i systemet. Etanol, allra helst i låga koncentrationer, kan på grund av etanolens avdunstning från blandningskärlet komma ned i så låga koncentrationer att den drabbas av ättiksjäsnig.



7. NULÄGET I SVERIGE

7.1 Beställarleddet

De flesta beställare ställer inga krav på vätske kvalitet. Det finns undantag, ofta då fastighetsägare som avser miljöcertifiera huset. Detta eftersom de konstaterat att brister kommer att påverka energiprestanda. Oavsett certifiering är energianvändning den enskilt tyngst vägande parametern.

En mycket vanligt förekommande anledning till felaktig vätske kvalitet är en hög halt av föroreningar i systemet. Det kan röra sig om glykoler som kan ha kommit in via olika komponenter som provtrycks med glykolvatten hos tillverkaren eller vid provtryckning av golvvärmsystem. Det är heller inte ovanligt med insekter, smådjur, växtdelar m m.

Om inte systemet rensas tillräckligt kommer dessa föroreningar så småningom att försura vattnet och partiklar från dem kommer att erodera rörböjar och pumphjul samt riskera blockera silar, ventiler och värmexchangers. Det förekommer att vissa beställare ställer krav på rensning:

PPD.25

Rengöring av värmeledningar och köldbärarledningar

Före rensning av värme- och köldbärarledningar uppvärms systemet till högsta möjliga temperatur.

Med rensningen avses även apparater m.m. tillhandahålla och uppställda av annan avtalspart till XX. Vid etappvis påsläpp av värme och köldbärare till respektive återvinnings-, SOL- och borrhålskretsar till det ordinarie rörsystemet utförs rensning av den del som kopplas in före inkopplingen.

Status slangar för byggvärmens kontrolleras före inkoppling.

Erforderlig rensning utförs av slangarna.

Inkopplingspunkten förses med sil och manometerställ före slangarna kopplas in och nyttjas för byggvärme.

Respektive rörsystems silar kontrolleras löpande under byggtiden (en gång per vecka) fram till slutbesiktningen.

Entreprenören ska minst varannan vecka under byggtiden göra ren silen i respektive byggvärmare.

Före injusteringsarbetena påbörjas ska samtliga silar göras rena.

Erforderlig utrustning för rensningen ingår i rörentreprenadens åtagande.

Rörentreprenören upprättar en projektspecifik rutinbeskrivning som överlämnas till XXs platschef vid startmötet.

Rengöring dokumenteras med protokoll som överlämnas till XX.

Beskrivningen enligt ovan ger ett vederhäftigt intryck men lämnar en hel del luckor. Varför ledningarna skall värmas upp till högsta möjliga temperatur före rensning är oklart - däremot är det bra om systemet kan värmas upp till minst 85 grader före idrifttagning, eftersom det minskar risken för mikrobiell smitta. Därtill är det lätt att helt slippa undan det kravet om värmekälla saknas, eftersom högsta möjliga temperatur då blir högst slumpartad. "Erforderlig" rensning är också väldigt öppet för tolkning. Enligt intervjuade entreprenörer innebär det oftast bara att vatten tappas ur tills det "ser OK ut".

Så trots en ambitiös beskrivning som denna blir inte nödvändigtvis resultatet särskilt övertygande. Problem kan uppstå inom några veckor i ogynnsamma fall. Finns syre, näringsämnen från produktion och/eller tappvatten, metallspånor från produktionen och bakterie- eller svampsporer är det i princip oundvikligt.

Men alla riskfaktorerna behöver inte finnas närvarande. Många mikrober, exempelvis är anaeroba (tål ej syre) och börjar inte växa till sig innan syrehalten sjunker.

I denna handling förekom inga krav alls på mediekvalitet. Visserligen krävdes en analys före injustering. Dock stipulerades inte att avvikelser skulle medföra några korrigerande åtgärder.

7.2 Projekterande led

Många konsulter är inte medvetna om problematiken. De konsulter vi intervjuat har svarat att de aldrig skriver in något om inte beställaren krävt det. I många fall anges endast att rörsystem skall renspolas nogsamt och att systemen skall avluftas nogsamt. Detta är långt ifrån tillräckligt.

Inte heller när det gäller vätske kvaliteten anges några krav. En konsult, anställd hos en mycket stor firma, vi intervjuade åtog sig att granska sin avdelnings senaste projekt. Efter att ha gått igenom 200 stycken hittade han tre som ställde några som helst krav, men de var ytterst rudimentära och avsåg inte köld- eller värmebärare:

**PX MEDIER I VVS-, KYL- OCH
PROCESSMEDIESYSTEM**

PXC MEDIER I VÄRMESYSTEM

Färdigblandad 40 vikts-% Propylenglykolblandning för
markvärmesystem.

7.3 Entreprenörer

Bland entreprenörerna finns det många som känner till problematiken, men de vi talat med svarar i allmänhet att står det inte skrivet så gör vi inget.

Frågan om hur ett av de undersökta systemen renspolats svarade en: Nej det kan jag nästan lova att vi inte gjorde, Så mycket kan jag säga, att det brukar vi aldrig göra.

Därtill kommer det faktum att det förekommer att systemen rengörs och driftsätts i en annan entreprenad, så det går inte att entydigt hävda att inställningen är felaktig.

7.4 Driftskedet

Kunskaperna skiftar högst betydligt. Även kunniga drifttekniker kan dras med en mängd vanföreställningar. En sådan är att glykoler skulle vara korrosionshämmande. Det förekommer att glykol tillsätts i system som drabbats av korrosionsproblem, vilket gör skadan än värre.

Något vi erfor var att driftpersonalen har väldigt mycket att göra. Det var svårt att komma överens om en tid före besiktning till och med flera veckor i förväg. Flera gånger ändrades tiden med kort varsel – som mest en halvtimme innan. Väl på plats var det väldigt stressigt. Flera uppger att de mest springer på ”brandkårsutryckningar”, det vill säga felanmälningar från hyresgäster och har mycket lite tid över för att vare sig lära sig systemen och än mindre optimera dem. I examensarbetet ”Energioptimering av VVS-system” (KTH 2019) intervjuades ett antal drifttekniker: ”På frågan om hur det dagliga arbetet med energifrågor ser ut i rollen som drifttekniker var svaret att energiarbetet blir åsidosatt på grund av att i första hand prioriteras felanmälningar. Arbetsbelastningen upplevs bli högre och tiden räcker därför inte till för energiarbetet”. I många fall ansvarar en person ensam för flera komplexa anläggningar, som de dessutom kan flyttas mellan redan efter en kort tid. I vissa fall hade personen som skulle berätta för oss om anläggningen ansvarat för den i bara några veckor.

En del av de åtgärder som skulle kunna minska risken för skador och på sikt förbättra energieffektiviteten, såsom mer tid för personalen att sätta sig in i hur systemen fungerar och tid att undersöka och dokumentera bättre skulle förmodligen betala sig på mycket kort tid.

7.5 Materialleverantörer

Vi har haft kontakt med ett antal materialleverantörer men fått dåligt gensvar. De flesta har varit produktansvariga för en enskild produktkategori och har ofta angett att genom att välja just den så elimineras problem. En som däremot har bidragit med synpunkter är IMI Hydronic.

Martin Nylund är KAM och utbildar fastighetsägare och ger råd om vätskeburna system.

Han uppger följande:

Min personliga slutsats är följande:

Driftsättningen:

Service av VVS-system är undermålig. Framför allt expansionsystemen.

- Kontroll av förtryck ska utföras varje år p g a. förtrycksförluster (c:a. 30 % förtrycksförlust/år vid 2,5 Bar förtryck) men i många fall finns inte möjligheten då avstängning och avtappning saknas.
- Bristande rutiner gör att det inte följs upp i de allra flesta driftorganisationer.

Felaktigt placerade nollpunkter eller helt avsaknad av sådan är inte ovanligt. Vilket skapar undertryck i övre delarna av systemet. (För mer information Tryggt tillförlitligt tryck - Nollpunkten)

Ofta är fel expansionslösning vald för systemet.

Ofta är fel avgasningslösning vald för systemet. Gaser finns i tre former och uppträder vid olika tryck och temperaturer.

- Fria gaser, tas bort med toppavluftare och manuell avluftning.
- Mikrobubblor (om de uppstår), tas bort med mikrobubbelavluftare.
- Bunden gas, tas bort med vakuumavgasare.

Rätt avgasningslösning enligt ovan ska väljas och installeras permanent för att möjliggöra en god vattenkvalitet över tid.

Injusteringen:

Konstruktion:

Varje system kräver en anpassad systemuppbyggnad beroende på:

- Design och möjlighet till sektionering.
- Det totala tryckbehovet.
- Tyvärr används samma systemlösning i slentrian oavsett kraven och förutsättningarna i systemet.

Driftsättning:

- Driftsättning och kontroll måste vara gjord i god tid innan injustering.
- Avgasning måste vara helt slutförd innan injustering.
- Om ovanstående inte är möjligt är en lämpligt vald Dynamisk systemlösningen enda alternativet för att uppfylla funktionen.

Utförande:

- Bristande kompetens och-/eller intresse för att utföra injusteringen korrekt ger ofta ett slutresultat med missnöjda nyttjare och ökad energiomsättning i fastigheten till följd.

Efter injustering:

- Utbilda driftpersonal med flera i systemet och se till att alla förstår funktionerna.

För att inte bara peka på problem kommer här förslag på lösningar att fundera mer kring som jag tror kan avhjälpa stora delar av problemet.

- Se över möjligheten att lägga driftsättning, avgasning och injustering som en egen entreprenad.
- Som beställare: Ta mer ansvar för de tekniska installationerna inom egna organisationen. De bolag som stärkt upp kompetensen internt har väsentligt bättre installationer än de som lämnar dem ”vind för våg”.
- Som beställare: Ha förståelse för att driftsättning och injustering tar tid. Om inte tid lämnas, skapa förutsättningar att uppfylla kraven på fastigheten genom ett systemval (Dynamisk injustering) som ändå möjliggör driftsättning och injustering trots ”slarv”.
- Ställ krav på intyg av egenkontroll av driftsättning vid besiktning.
- Kontrollera injustering vid besiktning med stickprovsmätning.
- Följ AMA YH-kapitlets rekommendationer för injustering.
- Utbilda driftpersonal i vett och etikett för att undvika onödig manipulering.

8. WORKSHOPS OCH SLUTSEMINARIUM

8.1 Projektgruppen

Projektgruppen är sammansatt av kompetenser ifrån så gott som samtliga discipliner från bygginstallatörs- och fastighetsbranscherna likväl som akademien. I samband med två av våra projektgruppsmöten har vi hållit workshops där vi, beroende på var vi befunnit oss i projektet, diskuterat följande:

- De medverkandes kompetenser samt indelning i arbetsutskott
- Metodik
- Tolkning av analysdata
- Val av nyckelparametrar
- Tolkning av objekts- samt analysdata
- Slutrapportens struktur

8.2 Sociala medier

Vi har inbjudit till diskussioner i sociala medier. Främst har dessa förts i fora såsom

- LinkedIn grupp Byggbranschens diskussionsforum
- LinkedIn grupp Energi, miljö och fastigheter
- LinkedIn grupp Nätverket Fastighet
- Facebook grupp VVS-Ingenjörer

8.3 Slutseminarium

På ett seminarium arrangerat av Stockholms Stad och Installatörsföretagen, ”Innovation för hållbara fastigheter – energiåtgärder, gröna installationer och återbruk”, fick vår Projektadministratör Hans Söderström och projektledare Rafael Ospino presentera de viktigaste rönen från forskningsprojektet för 138 deltagare – allt från samhällsplanerare och arkitekter till fastighetsägare, hållbarhetsansvariga, entreprenörer och byggare.

9. VAL AV NYCKELPARAMETRAR I STUDIEN

9.1 Analyserade vattenvärden

För de analyser vi låtit utföra i denna studie har ett ackrediterat laboratorium anlåtats. Analyser ”före åtgärd” samt tre ”efter åtgärd” är ombesörjda av anläggningsansvarig.

Vi valde att låta analysera parametrar enligt följande tabell.

| Analys | Resultat | Enhet | Måto. | Metod/ref | |
|----------------------------------|----------|------------------------|-------|--------------------------|-----|
| Långsamväxande bakterier | 29 | cfu/ml | | ISO 6222 mod | e) |
| Odlingsbara mikroorganismer 22°C | 3 | cfu/ml | | ISO 6222 mod | e) |
| pH | 8.9 | | 0.2 | SS-EN ISO 10523:2012 | d) |
| Temperatur vid pH-mätning | 21.7 | °C | | SS-EN ISO 10523:2012 | d) |
| Alkalinitet | 770 | mg HCO ₃ /l | 10% | SS EN ISO 9963-2:1996 | d) |
| Konduktiviteten | 230 | mS/m | 10% | SS-EN 27888:1994 | d) |
| Marmoraggressiv kolsyra | <5.0 | mg/l | | Beräkning intern metod | d)* |
| Klorid | 10 | mg/l | 20% | SS-EN ISO 10304-1:2009 | d) |
| Totalhårdhet (*dH) | < 50 | *dH | | Beräkning (Ca+Mg) | c)* |
| Kalcium Ca (end surgjort) | < 50 | mg/l | 15% | SS-EN ISO 17294-2:2016 | c) |
| Järn Fe (end surgjort) | 2.0 | mg/l | 20% | EN ISO 17294-2:2016. | c) |
| Magnesium Mg (end surgjort) | < 99 | mg/l | 15% | SS-EN ISO 17294-2:2016 | c) |
| Koppar Cu (end surgjort) | 0.099 | mg/l | 25% | EN ISO 17294-2:2016. | c) |
| Etanol | <2.00 | mg/l | 10% | Internal Method - GC-FID | b)* |
| Etylenglykol | 180000 | mg/l | 30% | Internal Method 2051 | a) |
| Propylenglykol | 12000 | mg/l | 30% | Internal Method 2051 | a) |

Syre är en viktig faktor i många korrosionsprocesser, dock inte den enda. Syremätning bör, för att få trovärdiga resultat, utföras på plats och i systemet, och eftersom det inte fanns möjlighet att förse samtliga tänkbara provtagare med sådan utrustning fanns det inte möjlighet att inom ramen för detta projekt mäta syrehalt.

Därtill kommer det faktum att syrehalten kan pendla från dag till dag, varför en enstaka mätning enkom ger ett momentanvärde utan större betydelse för korrosionsrisken över tid.

Förekomst av syre kan utläsas av de valda nyckelparametrarna.

9.2 Valda nyckelparametrar

För system som avsetts skulle fyllas med enkom stadsvatten valde vi ut följande nyckelparametrar och börvärden såsom de främst avgörande för att indikera förekomst av pågående korrosion eller risk för korrosion, oavsett anledning:

| | |
|----------------|-----------------------------------|
| Visuellt: | Klart |
| Lukt: | Ingen ovidkommande** |
| Partiklar: | Inga synliga*** |
| Oljerester: | Inga synliga** |
| Alkalinitet: | >40 mg/l HCO ₃ |
| Konduktivitet: | 10-40 mS/m |
| pH-värde: | 8,5-10 |
| Koppar: | 0,2 mg/l |
| Järn: | 0,5 mg/l |
| Hårdhet: | <0,5 tyska hårdhetsgrader (° dH)* |

** Efter fyllning med stadsvatten kommer hårdheten att ligga runt den hårdhet påfyllningsvattnet hade. Förekommer värmebelastade ytor skall denna dock sjunka inom loppet av ett par år. Ligger den konstant på en fortsatt hög nivå kan det tyda på onormalt stort behov av påfyllning och bör undersökas.*

Bakterier mättes vid misstanke om förekomst, annars användes s.k. dipslides.

*** Bedöms på plats, exempelvis stickig, ruttna ägg*

**** Bedöms optiskt*

I bedömningen av vattenkvaliteten hos de undersökta objekten har vi betraktat dessa värden som godkända för cirkulerande vatten för de system som är byggda med ledningar av stål, koppar eller plast. Dessa kan dock vara annorlunda för andra material.

10. SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL VIDARE STUDIER

10.1 Slutsatser och diskussion

Det kan konstateras att detta är ett outvecklat område i Sverige. I andra länder har utvecklats standarder eller de-facto-standarder som vi i Sverige ibland refererar till.

Svenska materialtillverkare refererar ofta till den tyska normen, VDI2035, men eftersom den framhåller projektörens ansvar för att föreskriva vattenvärden efter materialtillverkarens rekommendationer blir detta ett cirkelresonemang som inte är till någon vägledning för entreprenören. Visserligen finns vissa generiska rekommendationer för vattenvärden, men de är ofta inte tillämpliga, eftersom materialtillverkaren faktiskt kan ha andra, om än oredovisade behov.

Därtill kommer det faktum att de svenska förhållandena skiljer från andra länders. I exempelvis Tyskland är det dominerande problemet förkalkning på grund av att större delen av landet har mycket hårt vatten. I Sverige kommer den övervägande delen av stadsvattnet från ytvattentäkter, vilka har en annan sammansättning än grundvatten. Den annorlunda sammansättningen innebär att vattenverken använder andra metoder för beredning av dricksvattnet, vilket också påverkar vattenkvaliteten.

En ytterligare faktor som ofta förbises i Sverige är att i så gott som alla andra länder så är närvärme dominerande, medan fjärrvärme dominerar i flerbostadshus här. Sverige har EU:s största fjärrvärmenät. Sveriges sammantagna fjärrvärmenät är ungefär dubbelt så stort som Tysklands. Därtill kommer det faktum att drygt 85 % av det tyska nätet är arvegods från det forna Östtyskland, eftersom de där använde kärnkraftverkens kylvatten som fjärrvärme. På andra plats avseende fjärrvärmenätens utbyggnad kommer Danmark.

En helt avgörande skillnad, dock, är att i såväl Tyskland som Danmark är som regel de fjärrvärmeanslutna husegna värmesystemen direktkopplade till fjärrvärmevattnet.

Fjärrvärmevattnet är behandlat med korrosionsinhibitorer, avgasat och på erforderligt sätt optimerat för att vara icke-korrosivt. Detta gör att den svenska problematiken i dessa länder till stor del är en ickefråga, eftersom värmesystemen då fortfarande kan driftsättas enligt principen ”helkonserv”. Traditionellt är därtill exempelvis tyska uppvärmningssystem dimensionerade för 90/70°C (fram/retur) men även 100/70°C förekommer, vilket håller vattnet sterilt och avgasat.

I våra diskussioner har framkommit att vissa viktiga moment för att säkra en god funktion och en hög teknisk livslängd på systemen inte närmare beskrivs i bygghandlingarna. Detta gäller såväl hur system skall driftsättas som krav på bättre drift- och underhållsinstruktioner. En ytterligare åtgärd som i princip aldrig anges i Sverige, men som förekommer i samtliga övriga länders rekommendationer, är att utföra en analys av vattnet en tid efter driftsättning. På så vis kan eventuella avvikelser tidigt konstateras – och åtgärdas.

Denna avsaknad av riktlinjer är djupt olycklig och riskerar att fördjupa problematiken. De entreprenörer som anstränger sig att driftsätta på ett korrekt sätt kommer att vara förfördelade i anbudsgivningen, varför de som utnyttjar kryphålen kommer att kunna vinna fler upphandlingar.

Vad vi kommit fram till vara de enskilt största riskfaktorerna, utan inbördes viktning:

- Hög syrehalt – förorsakas av bristande tryckhållning och öppna expansionskärl
- Låga pH-värden (surt vatten)
- Stor förekomst av föroreningar från produktionen, såsom metall- och plastspånor
- Höga halter näringsämnen – ifrån påfyllningsvattnet, rester av glykol, insekter eller smådjur
- Låga framledningstemperaturer

10.2 Förslag till förbättringsåtgärder

Det finns ett antal olika faktorer som samverkar till att så många system drabbas av bristande funktion och förtida haverier. Vi vill föreslå några åtgärder som förhoppningsvis kan hjälpa upp situationen.

- Vi behöver fastställa vilka parametrar som är relevanta för svensk vidkommande. De utländska normerna är i mycket liten utsträckning tillämplig i Sverig
- Beställares projektansvariga måste trycka hårdare på att beräknade energiprestanda skall innehållas. Detta krav kommer troligen att medföra att projekterande led blir mer uppmärksamma på de faktorer kan medföra att så ej sker
- Projekterande led måste bli betydligt mer flexibla avseende hur systemen projekteras. Tyvärr projekteras ofta slentrianmässigt lågtemperatursystem även för de fall där husen värms med fjärrvärme. Det vore värdefullt om de använde en annan mall för dessa fall
- I lågtemperatursystem är riskerna för korrosion och andra problem mycket större. Det ställer högre krav på att projekterande led uppmärksammar dessa risker och försöker förebygga dem. Dessutom bör de i samtliga fall ange vilka krav som ställs på vätskorna.
- Driftsättning, i synnerhet renspolning av system, måste specificeras mer utförligt. Det kunde vara till god nytta med en checklista som beskriver varje moment i detalj, exempelvis hur renspolning skall ske och när och hur systemen skall fyllas upp.
- Entreprenörerna kan ha denna checklista som underlag för egenkontroll. Exempelvis hur system skall renspolas sektionvis och med endast rumsenheter till ett våningsplan i taget öppna för spolning
- När systemet varit i funktion en tid bör alltid en vätskeanalys utföras. Detta bör ingå som ett led i besiktningen
- Driften måste börja dokumentera alla åtgärder som görs på systemen. Även här kan en checklista för rondering vara användbar. Idag finns många möjligheter att logga dessa uppgifter via en smartphone. Påfyllningar, exempelvis, skall anges med påfylld volym. Saknas vattenmätare är en uppskattning bättre än ingenting. En bra vägledning är om tryck före respektive efter påfyllning anges. Dessutom kan driftpersonalen enkelt utföra några av de analyser som vi angett som nyckelparametrar. I enklaste fall görs det med en förpackning pH-stickor från apoteket eller djuraffären för några tiot. Då kan denna kontroll utföras mer frekvent och alltid vid minsta misstanke om avvikelse.
- Fastighetsägare bör inse att en duktig drifttekniker kan vara värd sin vikt i guld! Ofta kan de uträtta storverk om de bara får tiden. De kan ofta genom relativ enkla åtgärder de själva kan utföra för att få systemen att fungera så bra som möjligt åstadkomma mycket stora besparingar i energikostnader. Det finns exempel på där de kunnat minska energianvändningen med flera tiotals procent.

10.3 Förslag till vidare studier

Vi har i denna studie granskat totalt 28 anläggningar i 18 objekt. Vi hade en förhoppning att vi vid analysen av vätskorna skulle kunna ta hänsyn till tidigare utförda åtgärder, hur stora mängder vatten som fyllt på etcetera. Vi ville helst också att det skulle utförts någon tidigare analys i samband med att problem uppstod.

Det visade sig dock att utförda åtgärder mycket sällan dokumenteras. Det innebär att det ofta var svårt att skapa sig en bild av vad som förevarit historiskt.

Ofta byts driftpersonalen ut så ofta att de inte heller kan ha några personliga minnesbilder av vad som förevarit. I många fall har de inte hunnit sätta sig in i funktionen i anläggningarna.

För de fall ett system behöver fyllas upp så görs sällan noteringar. I några enstaka fall kan en loggbok finnas, men ofta står endast en notering om vilket tryck systemet fyllts upp till. Det går därav inte att sluta vilka mängder som fyllts på.

Vid en fråga om hur mycket som fylls på blir svaret oftast ”inte mycket alls, vi fyller på lite när det behövs”. Analyserna indikerar dock att många system fylls på med stora mängder färskvatten. Detta gör att det kan antas att antalet system med okända vattenläckor kan vara stort.

En utvidgad studie skulle behöva följa ett utvalt antal representativa anläggningar i några orter med vitt skilda egenskaper i vattentäkter och vattenverkens vattenbehandling över några års tid, med noggrann dokumentation över utförda åtgärder samt regelbundna analyser av vätskorna.

11. OBJEKTDATA OCH ANALYSER

Objekt 1 är en handelslokal byggd 1960 med butiker på gatuplan och blandat butiker och kontor på plan 2. Totalt två våningar ovan ett garage samt en A_{temp} om cirka 12000 m².

| | | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| System 001-KS är ett system för komfortkyla medelst fjärrkyla i butikslokalerna, uppskattningsvis 8000 m ² . | | | | | |
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| KS | 2017 | Platt | 2013 | 12 m ³ | Etapper |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumskylare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| Ja | Ja | Stål koppar | Konvektor | Vakuum | °C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 3 Bar | 15 m | Kompressor | 2017 | Kemisk | 2017 |

Kommentarer

Systemet anslöts till fjärrkyla 2013. Efter något år började funktionen bli allt sämre. VVS-entreprenören lät utföra en analys som visade på en kraftig korrosionsprocess. För att försöka åtgärda felet installerades ett partikelfilter samt en avgasare med automatisk påfyllning. Problemen tilltog, och 2015 uppskattades de icke lokalisierbara vattenförlusterna till 150-200 liter per dag. Efter en större vattenläcka i en butik utfördes en ny analys som gav för handen att systemet drabbats av anaeroba bakterier. De ökande vattenförlusterna medförde att sändigt nytt, syrefattigt men näringsrikt, vatten tillfördes, vilket underhöll tillväxten. En behandling med biocider avdödade dessa. Pyranin tillsattes för att kunna spåra alla mindre läckor, vilka åtgärdades. Systemet rengjordes därefter, korrosionsskyddsbehandlades och konserverades.

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|--------|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 001-KS | Alkalinitet i vatten | 140 | mg HCO ₃ /l | 40 |
| 001-KS | Konduktivitet i vatten | 280 | mS/m | 22 |
| 001-KS | pH i vatten | 9.42 | | 8.7 |
| 001-KS | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0 | mg/l | 180 |
| 001-KS | Järn Fe i vatten, end surgjort | 0.21 | mg/l | 14000 |
| 001-KS | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 4 | °dH | 3.5 |
| 001-KS | Ovidkommande lukt | Nej | | Ruttet |
| 001-KS | Suspenderade ämnen | Nej | | Hög halt |

Kommentarer

Värdena före åtgärderna tydde på en mycket kraftig korrosionsprocess. Den första analysen som utfördes tolkades av analyslaboratoriet som avloppsvatten p g a dess lukt och höga grad av förorening. Den senare mikrobiologiska analysen tydde på smitta av sulfatreducerande bakterier, vilka är anaeroba och inte kan växa till sig i syrerika miljöer.

Bilder från system 001-KS före åtgärder



Enligt uppgift såg filterinsatsen ut på detta sätt redan efter några dagar



Magnetstavar i filtret
fångade upp magnetiska
partiklar

Objekt 2 är en skola, byggd 1932 men utbyggd 2014. Total Atemp c:a 3000 m²

| | | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| System 002-VS är ett värmesystem som byggdes för att värma såväl den ursprungliga skolbyggnaden som de utbyggnader som tillkom 2013-2014. Den ursprungliga oljeeldningen ersattes då med en bergvärmeanläggning. Bottenvåningarna i utbyggnaderna försågs med golvvärme, övriga delar med radiatorer. Ventilation med luftvärme (och komfortkyla). | | | | | |
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| VS | - | VP | 2013 | 10 m ³ | 2013 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumsvärmare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| Ja | Ja | Stål Koppar PEX | Radiator Golvvärme Luftvärme | - | C:a 45 ° C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 2 Bar | 10 | Kompressor | 2017 | Kemisk | 2017 |
| Kommentarer | | | | | |
| Några år efter driftsättning började radiatorer läcka. Golvvärmen blev allt ojämnare och detta fick kompenseras med höjd framledningstemperatur för att kompensera att vissa slingor hade bristfällig eller obefintlig cirkulation. Golvvärmeslingornas synliga delar var byggda med PEX-slang som saknade diffusionsspärr. Trots att dessa var så gott som transparenta gick det knappt att genomlysa dem. Efterforskningar tydde på att golvvärmeslingorna som hade förlagts innan bottenplattan gjöts hade provtryckts med en svag glykolblandning som hade lämnats kvar i dem och som kom att brytas ned mikrobiellt. | | | | | |

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|--|-------------------------------------|-----------------|------------------------|------------------|
| 002-VS | Alkalinitet i vatten | 150 | mg HCO ₃ /l | >500 |
| 002-VS | Konduktivitet i vatten | 41.4 | mS/m | 216 |
| 002-VS | pH i vatten | 9.3 | | 5.28 |
| 002-VS | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.03 | mg/l | 0.16 |
| 002-VS | Järn Fe i vatten, end surgjort | 0.35 | mg/l | 29.8 |
| 002-VS | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 3.5 | °dH | 2 |
| 002-VS | Ovidkommande lukt | Nej | | ”Alger” |
| 002-VS | Suspenderade ämnen | Nej | | Hög halt |
| Kommentarer | | | | |
| Analysen före visade på mycket hög konduktivitet och stark mikrobiologisk aktivitet. Vattnet var starkt försurat vilket lett till att systemets ståldelar korroderade i raskt takt. Korrosionsprodukterna och de mikrobiella exkrementerna bildade sedimentterande, fettiga utfällningar som lade sig i golvvärmeslingor och blockerade injusteringsventiler. Låga halter propylenglykol kunde också uppmätas. Efter sanering uppvisades mycket goda värden. | | | | |

Bilder från system 002-VS före åtgärder



Filterinsats och magnetfälla efter en vecka



De transparenta slangarna var blockerade av smuts

Objekt 3: Byggnad för lokaler med restauranger, butiker och kontor. A_{temp} c:a 6000 m²

| | | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| System 003-KB är ett system för komfortkyla med kompressor. | | | | | |
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| KB | - | Tab | 2002 | 10 m ³ | 2002 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumskylare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| Ja | Ja | Stål Koppar | Kylbafflar Luftkyla | - | °C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 2 Bar | 10 | Slutet | - | Fysikalisk Elektromagnetisk | 2016 |
| Kommentarer | | | | | |
| Systemet började efter tio få allt större problem med läckor och igensättningar. 2016 installerades ett partikelfilter med magnetfälla samt en utrustning för elektromagnetisk vattenbehandling. Enligt uppgift föreföll åtgärderna ha god verkan och vattenprover visade på relativt rent vatten. Dock utfördes då inga mer ingående analyser. Problemen återkom senare. | | | | | |

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|--|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 003-KB | Alkalinitet i vatten | 90 | mg HCO ₃ /l | |
| 003-KB | Konduktivitet i vatten | 22 | mS/m | |
| 003-KB | pH i vatten | 7.7 | | 4.5 |
| 003-KB | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.9 | mg/l | |
| 003-KB | Järn Fe i vatten, end surgjort | 1.26 | mg/l | |
| 003-KB | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 4.5 | °dH | |
| 003-KB | Suspenderade ämnen | Rikligt | | |
| Kommentarer | | | | |
| Värdena ser i förstone acceptabla ut, men hårdheten tyder på mycket stor omsättning på vattnet. Detta tyder på stora läckage. Trots detta är såväl järn- som kopparhalter förhöjda. Provet visade på höga halter försmutsningar. Eftersom filterpatronerna på det filter som installerades inte bytts på ett par år har de blivit igensatta och avskiljningen av försmutsningar upphört. | | | | |



Vattenprovet visade på stor förekomst av såväl suspenderade som sedimentande partiklar. Dessa är huvudsakligen korrosionsprodukter från systemet

Objekt 004 är ett flerbostadshus om 130 bostäder som fram till 2002 var kontorslokaler byggda 1982. Cirka en fjärdedel av A_{temp} -arean om c:a 20000 m² utgörs av lokaler

| | | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| System 004-VS är ett värmesystem anslutet till fjärrvärme | | | | | |
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| VS | 2008 | Platt | 2001 | 30 m ³ | 1982 2002 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumsvärmare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| Ja | Nej | Stål Koppar | Radiator | Vakuum | 58 ° C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 3.5 Bar | 24 m | Öppet | 2008 | Kemisk | 2008 |

Kommentarer

Trots att systemet till större delen var byggt 2002 upplevdes problem med ojämn värmefördelning. Analysen som utfördes 2007 har en anmärkning om stora mängder lös magnetit. Vid vår besiktning visade det öppna expansionskärlet på föroreningar och korrosion. Avgasaren som installerades efter rengöringen 2008 förefaller ha haft en god funktion. Q/W för fjärrvärme före rengöring av växlarna: 26,9, ett anmärkningsvärt högt värde för då så pass nya växlare. Det stöder påståendet att systemet då innehöll stora mängder magnetit. I oktober 2021: Q/W 20,6, motsvarande ett delta-t om 42 grader C. Vid vår mätning visade dock de analoga termometrarna ett delta-t om 58 grader. Momentanvärden och ackumulerade värden skiljer sig naturligtvis åt, men i detta fall är skillnaden så stor att det inte kan uteslutas att det föreligger ett fel någonstans. Detta är en kontroll som borde ingå i ronderingen.

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|--------|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 004-VS | Alkalinitet i vatten | 570 | mg HCO ₃ /l | 23 |
| 004-VS | Konduktivitet i vatten | 78 | mS/m | 11 |
| 004-VS | pH i vatten | 10.2 | | 8.0 |
| 004-VS | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.80 | mg/l | 0.19 |
| 004-VS | Järn Fe i vatten, end surgjort | 1.5 | mg/l | 0.27 |
| 004-VS | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 1.6 | °dH | 1.2 |
| 004-VS | Suspenderade ämnen | Nej | | Ja |

Kommentarer

Hög alkalinitet och konduktivitet är vanligt i kemiskt behandlat vatten men utgör inte nödvändigtvis ett problem, eftersom behandlingen normalt även innehåller komponenter som eliminerar eventuella risker dessa värden kan förorsaka. Avgasaren och partikelfiltret som installerades 2008 förefaller ha haft god effekt, men värdet av vattenbehandlingen är inkonklusivt. Dock har 15 år passerat sedan åtgärderna.

Objekt 005 är ett flerbostadshus om 12 bostäder byggt 1938 med en A_{temp} om c:a 800 m²

| | | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| System 005-VS värmesystem var till 2020 anslutet till en oljepanna. 2002 byggdes en bergvärmeanläggning men pannan behölls som spets. 2020 anslöts fastigheten till fjärrvärme- | | | | | |
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| VS | - | Platt | 2020 | 1,5 m ³ | 1938 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumsvärmare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| - | - | Stål Koppar | Radiator | - | 67° C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 2,2 Bar | 12 | Slutet | - | - | - |
| Kommentarer | | | | | |
| Dessvärre finns ingen som kan berätta närmare om bergvärmeinstallationen 2020, men om det gjordes några större ingrepp i systemet gjordes det på sådant sätt att systemet inte utsattes för risk. Entreprenören som utförde installationen av fjärrvärmen uppgav att de inte utfört något arbete på ledningsnätet, och således tillfört ytters lite färskt vatten, därtill vintertid, när stadsvattnet innehåller låga halter näringsämnen. | | | | | |

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|--------|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 005-VS | Alkalinitet i vatten | 38 | mg HCO ₃ /l | |
| 005-VS | Konduktivitet i vatten | 12 | mS/m | |
| 005-VS | pH i vatten | 8.5 | | |
| 005-VS | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.028 | mg/l | |
| 005-VS | Järn Fe i vatten, end surgjort | 0.34 | mg/l | |
| 005-VS | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 1.4 | °dH | |

Kommentarer

Systemet uppvisar mycket goda värden. Detta kan vara avhängigt det faktum att de hade närvärme fram till november 2020 och därigenom hade en ännu högre framledningstemperatur vid DVUT än idag.

Q/W för fjärrvärmen ligger på 22,2, vilket kan förefalla lite väl högt för så pass nya växlare. Detta är troligen att hänföra till det faktum att fjärrvärmen enkom används som spets.



Prov från värmesystemet samt från bergvärmesystemet.. Som synes ser bergvärmesystemet ut att vara mer drabbat av korrosion än värmesystemet.

Objekt 006 är ett flerbostadshus från 1931. 34 bostäder fördelat på en A-temp på 1900 m²

| System 006-VS är värmesystemet | | | | | |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------|
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| VS | 2011 | Platt | 2003 | 4 m ³ | 1931 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumsvärmare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| Ja | Nej | Stål Koppar | Radiator Golvvärme | - | 60° C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 4,2 Bar | 20 m | Öppet | 2011 | Kemisk | 2014 |

Kommentarer

Huset hade drabbats av cirkulationsstörningar och 2011 utfördes en renspolning av systemet samt rengöring av värmeväxlarna.
2014 drabbades värmesystemet av en stor läcka som ledde till att värmesystemet tömdes. Det visades sig att läckan uppstått i en före detta lokal på gatuplan. Den boende hade på eget bevåg låtit installera golvvärme med icke diffusionstät PEX-slang kopplat på värmesystemet över endast en injusteringsventil. Denna golvvärmeinstallation hade troligen under flera år syresatt hela systemet innan det upptäcktes. Q/W 2011: 22,14, idag 18,78

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|--------|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 006-VS | Alkalinitet i vatten | 200 | mg HCO ₃ /l | 60 |
| 006-VS | Konduktivitet i vatten | 33 | mS/m | 42 |
| 006-VS | pH i vatten | 9.2 | | 9.7 |
| 006-VS | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.12 | mg/l | 0.2 |
| 006-VS | Järn Fe i vatten, end surgjort | 2.0 | mg/l | 2.49 |
| 006-VS | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 2.1 | °dH | 5 |
| 006-VS | Suspenderade ämnen | Nej | | Ja |

Kommentarer

Analysen före vattenbehandlingen 2014 är i mycket desamma som för stadsvatten – vilket är rimligt, eftersom systemet bara någon månad tidigare tömts i sin helhet. Redan efter ett par månader hade korrosionsprocessen skjutit fart, vilket inte minst syntes i expansionskärlet, varför fastighetsägaren valde att utföra en kemisk vattenbehandling. Värdena är idag på det hela acceptabla. Hårdheten tyder på att det fylls på relativt stora mängder färskvatten.



Expansionskärlet efter att systemet fyllts upp efter vattenläckan 2014.

Objekt 007 är en kontorsfastighet om 25000 m² i åtta våningsplan ovan mark, uppförd 2001. Butikslokaler i gatuplan. Huset hade när det uppfördes en del okonventionella lösningar, såsom undergolv-värme och kyla med cirkulationsaggregat.

Ett KB-system och värmesystemen hade tidigt drabbats av problem i form av läckor och cirkulationsstörningar. En värmeväxlare hade enligt uppgift korroderat sönder 2011.

Fram till åtgärderna 2015 hade de redan provat ett stort antal lösningar, dock utan fullständig dokumentation på utförda åtgärder.

Husets system är svåröverskådliga på grund av att systemen och lokalerna genom åren genomgått stora förändringar, inte minst i samband med hyresgäst Anpassningar.

| System 007-KB01 är ett fjärrkyleanslutet system för komfortkyla. | | | | | |
|--|----------------------------|-----------------------|---|--------------------------------|--------------------|
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| KB01 | - | Platt | 2000 | 12 m ³ | 2000 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumkylare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| Ja | Ja | Stål Koppar PEX | Tilluft Kylbafflar Cirkulationsagg. | Vakuüm | °C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 4 Bar | 25 m | Kompressor | 2015 | Kemisk | 2015 |
| Kommentarer | | | | | |
| Huset har ett mycket stort antal hyresgäster och en hög omsättning på dessa. I samband med hyresgäst Anpassningar har ofta de ursprungliga lösningarna för kylning genom cirkulationsaggregat under golv ersatts med mer konventionella lösningar. Det innebär att det i princip oavbrutet pågår ingrepp i systemet, | | | | | |

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|--|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 007-KB01 | Alkalinitet i vatten | 270 | mg HCO ₃ /l | 10 |
| 007-KB01 | Konduktivitet i vatten | 51 | mS/m | 40 |
| 007-KB01 | pH i vatten | 8.6 | | 7.4 |
| 007-KB01 | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 13 | mg/l | 15.6 |
| 007-KB01 | Järn Fe i vatten, end surgjort | 1.7 | mg/l | 2.59 |
| 007-KB01 | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 3.9 | °dH | 2.5 |
| 007-KB01 | Suspenderade ämnen | Nej | | Rikligt |
| Kommentarer | | | | |
| Analysen visar på en del svårförklarliga värden. Analysen 2014 angav rikligt med lös magnetit i provet, vilket kan förklara de höga kopparhalterna. Kopparhalterna är alltså höga. Vattnet uppges inte ha bytts någon gång, men hårdheten tyder på att det ändå görs stora påfyllningar. Det är önskvärt att följa upp resultaten närmare. | | | | |

| | | | | | |
|--|-----------------------------------|-----------------------------|--|---------------------------------------|---------------------------|
| System 007-VS01 är ett värmesystem anslutet till fjärrvärme | | | | | |
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| VS01 | 2015 | Platt | 2000 | 20 m ³ | 2000 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumsvärmare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| Ja | Ja | Stål Koppar PEX | Tilluft Kylbafflar Cirkulationsagg | Vakuüm | 45 ° C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| Bar | 25 m | Kompressor | 2015 | Kemisk | 2015 |
| Kommentarer | | | | | |
| <p>Huset har ett mycket stort antal hyresgäster och en hög omsättning på dessa. I samband med hyresgäst Anpassningar har ofta de ursprungliga lösningarna för värmning genom cirkulationsaggregat under golv ersatts med mer konventionella lösningar. Det innebär att det i princip oavbrutet pågår ingrepp i systemet. Q/W för fjärrvärme 21,3</p> | | | | | |

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|---|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 007-VS01 | Alkalinitet i vatten | 250 | mg HCO ₃ /l | 50 |
| 007-VS01 | Konduktivitet i vatten | 45 | mS/m | 45.9 |
| 007-VS01 | pH i vatten | 9.3 | | 9.1 |
| 007-VS01 | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.75 | mg/l | 2.85 |
| 007-VS01 | Järn Fe i vatten, end surgjort | 0.63 | mg/l | 0.52 |
| 007-VS01 | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 0.46 | °dH | 8 |
| 007-VS01 | Suspenderade ämnen | Nej | | Rikligt |
| Kommentarer | | | | |
| <p>I detta fall förefaller vattnet cirkulerat i systemet en längre tid. Jämfört med analysen 2014 har kopparhalten sjunkit stort medan järnhalten ökat något. Ökningen är dock inte större än att den ligger inom de variationer som kan uppstå beroende på driftläge. I detta fall förefaller inga ingrepp som medför större påfyllning ha utförts på systemet sedan 2014. Sammantaget är värdena relativt goda.</p> | | | | |

| | | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|--|---------------------------------------|---------------------------|
| System 007-VS06 är ett värmesystem anslutet till fjärrvärme | | | | | |
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| VS06 | 2015 | Platt | 2000 | 8 m ³ | 2000 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumsvärmare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| Ja | Ja | Stål Koppar PEX | Tilluft Kylbafflar Cirkulationsagg | Vakuüm | 45 ° C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 3,5 Bar | 25 m | Kompressor | 2015 | Kemisk | 2015 |
| Kommentarer | | | | | |
| Huset har ett mycket stort antal hyresgäster och en hög omsättning på dessa. I samband med hyresgästanpassningar har ofta de ursprungliga lösningarna för värmning genom cirkulationsaggregat under golv ersatts med mer konventionella lösningar. Det innebär att det i princip oavbrutet pågår ingrepp i systemet. Q/W för fjärrvärme 21,3 | | | | | |

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|--|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 007-VS06 | Alkalinitet i vatten | 230 | mg HCO ₃ /l | 50 |
| 007-VS06 | Konduktivitet i vatten | 51 | mS/m | 45.9 |
| 007-VS06 | pH i vatten | 9.6 | | 6.39 |
| 007-VS06 | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.44 | mg/l | 0.2 |
| 007-VS06 | Järn Fe i vatten, end surgjort | 0.45 | mg/l | 0.09 |
| 007-VS06 | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 0.46 | °dH | 1 |
| 007-VS06 | Suspenderade ämnen | Nej | | Grönt |
| Kommentarer | | | | |
| <p>Detta system uppvisar också en del märkliga värden. Analysen ”före åtgärd” antyder att det kan röra sig om fjärrvärmevatten, eftersom vattnet uppgavs vara fluorescerande grönt. Denna växlare skall enligt uppgift tidigt ha drabbats av en korrosionsskada, varvid fjärrvärmevatten kan läckt över. Det som talar emot den teorin är att det i sådant fall borde funnits kvar mycket av systemets ursprungliga, smutsiga vatten. Troligare är att de experimenterat med att fylla systemet med fjärrvärmevatten. I dagsläget acceptabla värden.</p> | | | | |

Objekt 008 är ett kontorshus med A_{temp} 11000 m² i sju våningsplan ovan jord, invigt 1995.

| | | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| System 008-KB01 Fastigheten är ansluten till fjärrkylanätet (anslöts ca 2002), Kylsystemet byggt för kylning via sjökyla med en kylmaskin som spets och återvinning till värmesystem. Luftbehandlingsaggregat med kylbatterier. Våningsplanen är i huvudsak utrustade med passiva kylbafflar. | | | | | |
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| KB1 | - | Platt | 2002 | 5 m ³ | 1995 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumkylare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| Ja | Ja | Stål Koppar | Kylbafflar Luftkyla | Vakuum | C:a 50 ° C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 3 Bar | 22 m | Kompressor | - | Kemisk | 2016 |
| Kommentarer | | | | | |
| | | | | | |

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|--|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 008-KB1 | Alkalinitet i vatten | 65 | mg HCO ₃ /l | 30 |
| 008-KB1 | Konduktivitet i vatten | 21 | mS/m | 13 |
| 008-KB1 | pH i vatten | 8.0 | | 7.92 |
| 008-KB1 | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 7.7 | mg/l | 0.18 |
| 008-KB1 | Järn Fe i vatten, end surgjort | 7.6 | mg/l | 0.24 |
| 008-KB1 | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 3.1 | °dH | 3 |
| Kommentarer | | | | |
| Höga halter lösta metaller. Hårdheten högre än i analysen från 2016. Det är möjligt att ett vattenbyte utförts. | | | | |

System 008-VS1 är anslutet till fjärrvärmenätet och värme till ventilations-, radiator-, golvvärme- och markvärmekrets samt en värmeväxlare för produktion av tappvarmvatten. Byggnaden värms i huvudsak via radiatorer och konvektorer på kontorsplan och garaget värms via en luftvärmare.

| | | | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| VS1 | 2011 | Platt | 1995 | 12 m ³ | 1995 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumsvärmare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| Ja | Ja | Stål Koppar | Radiator Konvektor | - | C:a 50 ° C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 3,5 Bar | 25 m | Kompressor | Ja | Kemisk | 2016 |

Kommentarer

Systemet har enligt uppgift varit relativt oproblematiskt, men det skall ha förekom klagomål på inomhusklimatet i vissa delar av huset beroende på att det blivit igensättningar av magnetit i ventiler på vissa radiatorer.

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|---------|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 008-VS1 | Alkalinitet i vatten | 47 | mg HCO ₃ /l | 30 |
| 008-VS1 | Konduktivitet i vatten | 17 | mS/m | 11 |
| 008-VS1 | pH i vatten | 9.2 | | 9.79 |
| 008-VS1 | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.018 | mg/l | 0.1 |
| 008-VS1 | Järn Fe i vatten, end surgjort | 0.014 | mg/l | 0.62 |
| 008-VS1 | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 1.4 | °dH | 1.5 |

Kommentarer

Uppgiften om stora mängder lös magnetit förefaller märkligt med tanke på att analysen före åtgärder visade på fullt acceptabla värden av lösta metaller och ingen anmärkning gjordes om att så skulle varit fallet före åtgärder. Den nya analys som utförts visar på ännu bättre värden.

Objekt 9 är ett flerbostadshus om fem våningar ovan mark, byggt 1929. A_{temp} 1800 m²

| | | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| System 009-VS är anslutet till fjärrvärme. Inga större åtgärder har gjorts på värmesystemet annat än att någon enstaka radiator flyttats. | | | | | |
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| VS | 2016 | Platt | 2010 | 4 m ³ | 1929 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumsvärmare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| Ja | Ja | Stål Koppar | Radiator | - | 67 °C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 3 Bar | 17 m | Öppet | 2017 | Kemisk | 2017 |
| Kommentarer | | | | | |
| Sedan energideklarationen som utfördes 2010 hade energianvändningen 2015 ökat med 10 kWh/m ² år. Detta bland annat beroende på att ojämn värmefördelning medfört att framledningstemperaturen höjts successivt. En energikonsult som anlätades föreslog en mängd åtgärder, inkluderat en vattenanalys. Fastighetsägaren valde att börja med att rengöra systemet. Q/W låg 2016 på 24,95, i dagsläget på 23,44. | | | | | |

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|--|-------------------------------------|-----------------|------------------------|------------------|
| 009-VS | Alkalinitet i vatten | 140 | mg HCO ₃ /l | 40 |
| 009-VS | Konduktivitet i vatten | 34 | mS/m | 15.6 |
| 009-VS | pH i vatten | 9.5 | | 9.64 |
| 009-VS | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.13 | mg/l | 0.01 |
| 009-VS | Järn Fe i vatten, end surgjort | 0.37 | mg/l | 0.27 |
| 009-VS | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 1.3 | °dH | 1.5 |
| 009-VS | Suspenderade ämnen | Nej | | Ja |
| Kommentarer | | | | |
| Analysen före åtgärd angav förekomst av suspenderade ämnen, men analysen visade på godkända värden för värmevatten. Värdena idag är snarare sämre, men fullt godkända. | | | | |

Objekt 10 består av 78 lägenheter i 10 flerbostadshus uppförda under 2007-2008. Fastighetsägaren har inte upplevt några större problem med det undersökta systemet annat än att flödesdebiteringen ökat år för år. A_{temp} c:a 6000 m² varav c:a 500 är lokaler

| System 010-VS får ett fjärrvärmeanslutet värmesystem. | | | | | |
|--|----------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| VS | - | Platt | 2008 | C:a 9 m ³ | 2008 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumsvärmare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| - | - | Stål Koppar | Radiator | - | 55 ° C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 2 Bar | 10 m | Kompressor | - | - | - |
| Kommentarer | | | | | |
| Fastighetsägaren beskriver värmesystem som traditionellt, inga konstigheter Q/W ligger i november 2021 på 23,18 | | | | | |

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|--|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 010-VS | Alkalinitet i vatten | 32 | mg HCO ₃ /l | |
| 010-VS | Konduktivitet i vatten | 12 | mS/m | |
| 010-VS | pH i vatten | 8.8 | | |
| 010-VS | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.039 | mg/l | |
| 010-VS | Järn Fe i vatten, end surgjort | 0.022 | mg/l | |
| 010-VS | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 1.2 | °dH | |
| Kommentarer | | | | |
| Systemets vattenvärden är mycket goda. | | | | |

Objekt 11 är ett höghus om 26 plan och A_{temp} om c:a 32000 m² fördelat på c:a 14000 m² bostäder, 7700 m² kontor, 6800 m² butiker samt 3000 m² övriga utrymmen. Byggnaden invigdes 1959 samt återinvigdes 2007 efter omfattande ombyggnader. Dessvärre fick vi inte in en del uppgifter om bland annat tryck och stighöjder, men ett intressant faktum i detta hus är de stora skillnaderna i vattenvärden. System KS1 är i mycket sämre skick än övriga. Detta får tyvärr följas upp utanför studien.

| System 011-KS1, fjärrkyleanslutet system för komfortkyla. | | | | | |
|--|----------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| KS1 | - | Platt | 2006 | m ³ | 2007 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumskylare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| - | - | Stål Koppar | - | - | °C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 5 Bar | 40 m | Kompressor | - | - | - |
| Kommentarer | | | | | |
| <p>P g a sjukdom har vi inte kunnat få in mer uppgifter om temperaturer, tryck och stighöjder, men uppgifter i övrigt är fullständiga. Inga åtgärder för vattenbehandling av något slag skall ha gjorts.</p> | | | | | |

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|--|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 011-KS1 | Alkalinitet i vatten | < 2,0 | mg HCO ₃ /l | |
| 011-KS1 | Konduktivitet i vatten | 57 | mS/m | |
| 011-KS1 | pH i vatten | 5.2 | | |
| 011-KS1 | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 64 | mg/l | |
| 011-KS1 | Järn Fe i vatten, end surgjort | 180 | mg/l | |
| 011-KS1 | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 4.7 | °dH | |
| | | | | |
| Kommentarer | | | | |
| <p>Analysen visar på ett mycket aggressivt vatten. Metallhalterna är mycket höga, vilket tyder på en lång framskriden korrosionsprocess. Detta trots att hårdheten är nästan lika hög som påfyllningsvattnet, vilket tyder på en mycket hög vattenomsättning, troligen förorsakad av läckor. Det kan inte hållas för uteslutet att det årligen fylls på mer vatten än systemvolymen.</p> | | | | |

| System 011-KS2. fjärrkyleanslutet system för komfortkyla. | | | | | |
|--|----------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| KS2 | - | Platt | 2006 | C:a 10 m ³ | 2007 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumskylare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| - | - | Stål Koppar | - | - | °C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 4 Bar | - | Kompressor | - | - | - |
| Kommentarer | | | | | |
| <p>P g a sjukdom har vi inte kunnat få in mer uppgifter om temperaturer, tryck och stighöjder, men uppgifter i övrigt är fullständiga. Inga åtgärder för vattenbehandling av något slag skall ha gjorts.</p> | | | | | |

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|--|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 011-KS2 | Alkalinitet i vatten | 68 | mg HCO ₃ /l | |
| 011-KS2 | Konduktivitet i vatten | 21 | mS/m | |
| 011-KS2 | pH i vatten | 8.3 | | |
| 011-KS2 | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 14 | mg/l | |
| 011-KS2 | Järn Fe i vatten, end surgjort | 3.7 | mg/l | |
| 011-KS2 | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 3.6 | °dH | |
| Kommentarer | | | | |
| <p>Detta vatten är väsentligt bättre än KS1, men har ändå ovanligt höga halter lösta metaller. Vattenprovet innehöll lös magnetit, vilket kan leda till kopparkorrosion. Även här förefaller vattenomättningen vara hög, vilket kan vara förorsakat av läckor.</p> | | | | |

| System 011-VS1 Fjärrvärmeanslutet värmesystem | | | | | |
|--|----------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| VS1 | - | Platt | 2006 | m ³ | 2007 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumsvärmare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| - | - | Stål Koppar | Radiator | - | 60° C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| Bar | - | Kompressor | - | - | - |
| Kommentarer | | | | | |
| <p>P g a sjukdom har vi inte kunnat få in mer uppgifter om temperaturer, tryck och stighöjder, men uppgifter i övrigt är fullständiga. Inga åtgärder för vattenbehandling av något slag skall ha gjorts.</p> | | | | | |

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|---|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 011-VS1 | Alkalinitet i vatten | 29 | mg HCO ₃ /l | |
| 011-VS1 | Konduktivitet i vatten | 11 | mS/m | |
| 011-VS1 | pH i vatten | 8.4 | | |
| 011-VS1 | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.11 | mg/l | |
| 011-VS1 | Järn Fe i vatten, end surgjort | 0.27 | mg/l | |
| 011-VS1 | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 1.2 | °dH | |
| Kommentarer | | | | |
| <p>Detta värmesystem uppvisar mycket goda vattenvärden. Inga indikationer på pågående korrosionsprocess. Q/W ligger på 21, ett något högt värde men bra om det verkligen är så att värmeväxlarna aldrig rengjorts. Det är ytterligare ett tecken på att systemet har goda vattenvärden,</p> | | | | |

| System 011-VS2 Fjärrvärmeanslutet värmesystem | | | | | |
|--|----------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| VS2 | - | Platt | 2006 | m ³ | - |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumsvärmare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| - | - | Stål Koppar | Radiator | - | 60° C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| Bar | - | Kompressor | - | - | - |
| Kommentarer | | | | | |
| P g a sjukdom har vi inte kunnat få in mer uppgifter om temperaturer, tryck och stighöjder, men uppgifter i övrigt är fullständiga. Inga åtgärder för vattenbehandling av något slag skall ha gjorts. | | | | | |

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|---|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 011-VS2 | Alkalinitet i vatten | 21 | mg HCO ₃ /l | |
| 011-VS2 | Konduktivitet i vatten | 11 | mS/m | |
| 011-VS2 | pH i vatten | 8.0 | | |
| 011-VS2 | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.96 | mg/l | |
| 011-VS2 | Järn Fe i vatten, end surgjort | 0.16 | mg/l | |
| 011-VS2 | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 0.85 | °dH | |
| Kommentarer | | | | |
| Även detta värmesystem uppvisar goda värden, förutom förhöjd kopparhalt. Q/W ligger på 21, ett något högt värde men bra om det verkligen är så att värmeväxlarna aldrig rengjorts. Det är ytterligare ett tecken på att systemet har goda vattenvärden, | | | | |



Även optiskt framgår att det är stora skillnader mellan vattnet i de olika systemen..

Objekt 013 är en före detta kontorsbyggnad, numera flerbostadshus om 350 lägenheter och 30000 m² A_{temp} fördelat på 10 plan. Huset värms med fjärrvärme samt är utrustat med värmeåtervinning från FT-ventilation.

| System 013-VS1 är ett fjärrvärmeanslutet värmesystem | | | | | |
|---|----------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| VS1 | - | Platt | 2019 | 40 m ³ | 2019 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumsvärmare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| - | - | Stål Koppar | Radiator | Vakuum | 48 ° C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 4,1 Bar | 28 | Slutet | - | - | - |
| Kommentarer | | | | | |
| En ganska vanlig systemlösning. Q/W beräknat: 17, ett bra värde, men förväntat för så pass nya växlare | | | | | |

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|--|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 013-VS1 | Alkalinitet i vatten | 28 | mg HCO ₃ /l | |
| 013-VS1 | Konduktivitet i vatten | 10 | mS/m | |
| 013-VS1 | pH i vatten | 9.0 | | |
| 013-VS1 | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.20 | mg/l | |
| 013-VS1 | Järn Fe i vatten, end surgjort | 0.20 | mg/l | |
| 013-VS1 | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 1.2 | °dH | |
| Kommentarer | | | | |
| Systemet uppvisar goda vattenvärden. Systemet verkar inte ha fyllts på i några väsentliga mängder sedan tillkomsten. | | | | |

Objekt 015 är samma som objekt 013

| | | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| System 015-KB2 är ett värmeåtervinningssystem ur frånluft till värmepump. | | | | | |
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| KB2 | - | VP | 2019 | 2.6 m ³ | 2019 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumsvärmare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| - | - | Rostfritt stål | - | Vakuum | °C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 3.65 Bar | 9 | Kompressor | - | - | - |
| Kommentarer | | | | | |
| Systemet projekterat för 30 % etylenglykol | | | | | |

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|---|--|----------|------------------------|-----------|
| 015-KB2 | Etylenglykol | 180000 | mg/l | |
| 015-KB2 | Propylenglykol | 12000 | mg/l | |
| 015-KB2 | Etanol i livsmedel, foder och vatten, flytande | <2,00 | mg/l | |
| 015-KB2 | Magnesium Mg i vatten, end surgjort | < 99 | mg/l | |
| 015-KB2 | Kalcium Ca i vatten, end surgjort | < 50 | mg/l | |
| 015-KB2 | Alkalinitet i vatten | 770 | mg HCO ₃ /l | |
| 015-KB2 | Konduktivitet i vatten | 230 | mS/m | |
| 015-KB2 | pH i vatten | 8.9 | | |
| 015-KB2 | Klorid i vatten, mg/l, IC | 10 | mg/l | |
| 015-KB2 | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.099 | mg/l | |
| 015-KB2 | Järn Fe i vatten, end surgjort | 2.0 | mg/l | |
| 015-KB2 | Marmoraggressiv kolsyra | <5,0 | mg/l | |
| 015-KB2 | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | < 50 | °dH | |
| 015-KB2 | Odlingsbara mikroorganismer och långsamväxande bakterier, 22°C, 3d och 7d, 1 ml + 0.1 ml + 0.01 ml | 3 | cfu/ml | |
| 015-KB2 | Odlingsbara mikroorganismer och långsamväxande bakterier, 22°C, 3d och 7d, 1 ml + 0.1 ml + 0.01 ml | 29 | cfu/ml | |
| Kommentarer | | | | |
| Glykolen håller endast 18 % vikt, vilket är väsentligt lägre än projekterat. Detta innebär frysrisk redan vid -6 °C. Dessutom späds additiven ut så mycket att de kan slås ut. Bakterieförekomsten och de förhöjda järnvärdena tyder på att så kan vara fallet. | | | | |

Objekt 16 är en kontorsfastighet om 40000 m² Atemp fördelat på 6 våningar.

| System 016-VS1 | | | | | |
|---|----------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| VS1 | - | Platt | C:a 2010 | m ³ | 1986 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumsvärmare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| Ja | Ja | Stål Koppar | Radiator | Vakuum | 67 °C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 3 Bar | 18 m | Öppet | | | |
| Kommentarer | | | | | |
| <p>När nuvarande fastighetsägare övertog driften 2014 hade systemet problem med vattenläckor och cirkulationsstörningar. Tidigare analyser visade på höga halter löst järn, mycket höga halter suspenderade ämnen och lågt pH. Förvaltaren känner inte till om det utfördes någon åtgärd då. När den nuvarande förvaltaren tillträdde hade problemen tilltagit, och en ny analys utfördes. Det är denna som redovisas som ”före åtgärder”. En entreprenör föreslog en renspolning, installation av en underhållsavgasare samt ett partikelfilter med magnetfälla. Fastighetsägaren antog anbudet, och dessa arbeten slutfördes 14 månader innan vår analys.</p> | | | | | |

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|---------|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 016-VS1 | Alkalinitet i vatten | < 2,0 | mg HCO ₃ /l | <1 |
| 016-VS1 | Konduktivitet i vatten | 75 | mS/m | 112 |
| 016-VS1 | pH i vatten | 4.9 | 5.4 | 6.7 |
| 016-VS1 | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.23 | mg/l | <0.1 |
| 016-VS1 | Järn Fe i vatten, end surgjort | 240 | mg/l | 400 |
| 016-VS1 | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 6.6 | °dH | 4.6 |
| 016-VS1 | Suspenderade ämnen | Ja | | Ja |

| Kommentarer | | | | |
|---|--|--|--|--|
| <p>Vår analys visade på mycket surt vatten samt höga halter löst järn. Jämfört med den analys som utfördes före är inte skillnaderna signifikanta. Någon renspolning förefaller inte ha skett, utan den nya analysen indikerar att enkom ett byte av cirka en tredjedel av vattenvolymen utförts. Historiken kommer att granskas vidare, eftersom det faktum att konduktiviteten ligger osedvanligt högt och därtill fluktuerar väldigt tyder på att andra åtgärder utförts tidigare. En efterföljande metallkemisk och mikrobiell analys visar på hög förekomst av anaeroba mikrober samt grönrost.</p> <p>Om det är så att det är denna mikrobiella korrosion som varit systemets problem från första början kommer en avgasare snarare att accelerera problemen.</p> | | | | |

Objekt 017 är ett fjärrvärmevärm lamellhus i fyra plan samt källarplan, byggt 1953.
A_{temp} c:a 4000 m².

| | | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| System 017-VS är ett fjärrvärmeanslutet värmesystem | | | | | |
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| VS | - | Tub | Troligen 1990 | 5 m ³ | 1953 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumsvärmare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| - | - | Stål Koppar | Radiator | - | 65° C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 2 Bar | 11 | Öppet | - | - | - |

Kommentarer

Mycket lite har gjorts med systemet sedan tillkomsten. Huset värmdes ursprungligen med en oljepanna, men konverterades till fjärrvärme runt 1990. I oktober 2009 byttes samtliga ventiler på värmesystemet varefter en injustering utfördes. För att utföra detta tappades systemet ut i sin helhet. Inga andra åtgärder vidtogs. Vid en köldknäpp i slutet av oktober 2021 frös en radiator i en tomställd lokal på gatuplan sönder, och systemet tömdes på drygt en tredjedel av systemvolymen. Efter lagning fylldes systemet upp med varmvatten.

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|--------|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 017-VS | Alkalinitet i vatten | 37 | mg HCO ₃ /l | |
| 017-VS | Konduktivitet i vatten | 11 | mS/m | |
| 017-VS | pH i vatten | 7.7 | | |
| 017-VS | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.028 | mg/l | |
| 017-VS | Järn Fe i vatten, end surgjort | 1.4 | mg/l | |
| 017-VS | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 1.5 | °dH | |

Kommentarer

Värdena är helt acceptabla med tanke på förutsättningarna. Lite hög järnhalt och hårdhet, men det är förklarligt med tanke på den stora påfyllning som gjordes ganska exakt ett år innan provet för vår analys togs. Även optiskt såg provet bra ut.



Efter att ha tillåtit provet att sedimentera kunde små magnetitpartiklar skönjas i botten, men inget anmärkningsvärt.

Objekt 018 Är tre delvis sammanhängande byggnader innehållandes kontor, handel och bostäder fördelat på 86 000 m² A_{temp}. Husen invigdes 2019 efter en mycket omfattande ombyggnad, då i princip endast delar av stommarna behövs. Värms och kyls företrädesvis via en bergvärmelösning.

| | | | | | |
|--|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| System 018-KB10 är ett system för komfortkyla som huvudsakligen ombesörjs av värmepumpar . | | | | | |
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| KB10 | - | Platt | 2019 | C:a 10 m ³ | 2019 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumsv kylare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| - | - | Stål Koppar Rostfritt | Bafflar | Vakuüm | °C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 7 Bar | 40 m | Kompressor | - | - | - |
| Kommentarer | | | | | |
| | | | | | |

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|---|-------------------------------------|-----------------|------------------------|------------------|
| 018-KB10 | Alkalinitet i vatten | 54 | mg HCO ₃ /l | |
| 018-KB10 | Konduktivitet i vatten | 19 | mS/m | |
| 018-KB10 | pH i vatten | 8.3 | | |
| 018-KB10 | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.68 | mg/l | |
| 018-KB10 | Järn Fe i vatten, end surgjort | 2.1 | mg/l | |
| 018-KB10 | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 3.7 | °dH | |
| Kommentarer | | | | |
| Goda vattenvärden utan varningstecken. Något förhöjda metallhalter, men inte extrema. | | | | |

| System 018-VS10 Värmesystem som huvudsakligen försörjs via värmepumpar | | | | | |
|--|----------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| VS10 | - | Platt | 2019 | 80 m ³ | 2019 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumsvärmare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| -- | | Stål Koppar | Radiator | Vakuum | 47° C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 6,5 Bar | 35 m | Kompressor | - | - | - |
| Kommentarer | | | | | |
| | | | | | |

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|---|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 018-VS10 | Alkalinitet i vatten | 56 | mg HCO ₃ /l | |
| 018-VS10 | Konduktivitet i vatten | 16 | mS/m | |
| 018-VS10 | pH i vatten | 8.4 | | |
| 018-VS10 | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.24 | mg/l | |
| 018-VS10 | Järn Fe i vatten, end surgjort | 1.2 | mg/l | |
| 018-VS10 | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 2.9 | °dH | |
| Kommentarer | | | | |
| Vattnet har ”åldrats” på ett sätt liknande det i KB10 men uppvisar något bättre värden. | | | | |

Objekt 019 består av tre delvis sammanhängande byggnader, en kongresshall med tillhörande konferensanläggning, ett hotell och två kontorsbyggnader. Huset färdigställdes 2010 och har en A_{temp} om 78000 m².

| System KB2 - Köldbärarsystem för komfortkyla från värmepump | | | | | |
|---|----------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| KB2 | - | Platt | 2010 | 45 m ³ | 2010 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumskylare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| Ja | Ja | Stål | Bafflar | Vakuum | °C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| Bar | - | Kompressor | 2017 | Anodisk | 2017 |

Kommentarer

Ett mycket stort köldbärarsystem som efter fyra år drabbades av problem med läckande ventiler. Tillverkaren gjorde en utredning och skrev i sin rapport: ”After sales har bytt ut två läckande ventiler och undersökt dessa. Vid analys upptäcktes små hårda partiklar i vattnet som fastnar i ventilens överdel, partiklarna har slitit på O-ring och spindel. Då det stora slitaget ligger på o-ringarna får det anses positivt, troligtvis räcker det att byta o-ringar för att stoppa läckaget. Det stora problemet är väl att läckagen kommer återkomma om inte smutsen avlägsnas”. Enligt uppgift byttes o-ringar på 400 ventiler.

Analys ”Före åtgärder” gjordes därefter och baserat på den installerades en anläggning för anodisk vattenbehandling.

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|---------|---|----------|------------------------|-----------|
| 019-KB2 | Alkalinitet i vatten | 41 | mg HCO ₃ /l | 12 |
| 019-KB2 | Konduktivitet i vatten | 16 | mS/m | 24 |
| 019-KB2 | pH i vatten | 9.6 | | 7.88 |
| 019-KB2 | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.087 | mg/l | 1.37 |
| 019-KB2 | Järn Fe i vatten, end surgjort | 0.081 | mg/l | 3.09 |
| 019-KB2 | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 2.9 | °dH | 4.5 |
| 019-KB2 | Suspenderade ämnen | Nej | | Ja |
| 019-KB2 | Förekomst av mikrober, odling dipslides | Nej | | Ja |

Kommentarer

Analysen som gjordes efter att problemen med de läckande ventilerna upptäckts visade på höga halter suspenderade och sedimentterande försmutsningar. Vår analys i december 2021 visar på klart godkända värden, även om det förefaller märkligt att vattnet fortfarande är så pass hårt om det inte fylls på stora mängder färskvatten. Enligt driftpersonalen är inte så fallet.

| System 019-VS1 Ett värmesystem anslutet till värmepump. | | | | | |
|---|----------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| VS1 | - | Platt | 2009 | 30 m ³ | 2009 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumsvärmare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| Ja | Nej | Stål Koppar | Radiator | Vakuum | 50° C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 4 Bar | 36 | Kompressor | 2017 | Anodisk | 2017 |
| Kommentarer | | | | | |
| Eftersom kyl och värmesystem av misstag i produktionen kopplats ihop på fem ställen utfördes en analys även på VS1. Den visade hålla betydligt bättre värden än KB01, varför det kan antas att problemen i KB01 uppstått efter att felkopplingarna åtgärdats. | | | | | |

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|--|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 019-VS1 | Alkalinitet i vatten | 36 | mg HCO ₃ /l | 30 |
| 019-VS1 | Konduktivitet i vatten | 13 | mS/m | 15 |
| 019-VS1 | pH i vatten | 8.6 | | 8.79 |
| 019-VS1 | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.20 | mg/l | 0.19 |
| 019-VS1 | Järn Fe i vatten, end surgjort | 0.15 | mg/l | 0.93 |
| 019-VS1 | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 1.8 | °dH | 3 |
| 019-VS1 | Suspenderade ämnen | Nej | | Ja |
| Kommentarer | | | | |
| Detta system förefaller varit helt problemfritt. De analyser som utfördes före åtgärder anger visserligen en viss förekomst av suspenderade ämnen, men den har uppenbarligen inte orsakat några problem. Även om de kan synas harmlösa kommer de dock att förkorta systemets livslängd genom erosion i rörböjar och pumphjul och genom att nöta på packboxar i pumpar. | | | | |



System 019-KA1 är en kylackumulatortank på c:a 45 m², byggd 2010.

Kommentarer

Efter drygt 7 år sprang minst en av slingorna i tanken läck, och glykol i slingan läckte ut. Tanken är tagen ur drift men ej tömd. Enligt uppgift fylldes de ursprungligen upp med stadsvatten.

Tanken och slingorna är tillverkade av varmförzinkat stål. Förzinkat stål skall egentligen passiveras enligt fabrikantens anvisningar, men det är osäkert om så skett i detta fall. Det är troligt att korrosionen skett genom påverkan utifrån, eftersom glykolen i slingorna analyserats och befunnits vara i gott skick.

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|---------|--|----------|------------------------|-----------|
| 019-KA1 | Alkalinitet i vatten | 30 | mg HCO ₃ /l | |
| 019-KA1 | Konduktivitet i vatten | 7.7 | mS/m | |
| 019-KA1 | pH i vatten | 7.6 | | |
| 019-KA1 | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.00016 | mg/l | |
| 019-KA1 | Järn Fe i vatten, end surgjort | 0.50 | mg/l | |
| 019-KA1 | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 0.12 | °dH | |
| 019-KA1 | Odlingsbara mikroorganismer och långsamväxande bakterier, 22°C, 3d och 7d, 1 ml + 0.1 ml + 0.01 ml | > 50000 | cfu/ml | |
| 019-KA1 | Odlingsbara mikroorganismer och långsamväxande bakterier, 22°C, 3d och 7d, 1 ml + 0.1 ml + 0.01 ml | > 50000 | cfu/ml | |

Kommentarer

Mycket höga halter av ej närmare specificerade mikroorganismer. Oangenäm ”unken” doft. En märklig omständighet är att övriga parametrar är så pass lika de i vattnet i den tank som inte drabbats av någon skada. Enligt uppgift skulle denna tank ha svämmat över p g a den glykol som läckte ut från kylslingan, men av den finns inga spår. Ärendet skall utredas vidare. Det kan vara så att glykolen brutits ned och resterna efter den och döda mikrober sedimenterat på botten i tanken och relativt rent vatten lagt sig i ett lager överst. Vattnet är mycket mjukt.



Bild på kylslingorna. Dessa är täckta med en flera millimeter tjock biofilm. Inne i sådan kan pH-värdet sjunka så mycket att miljön blir starkt korrosivt.

System 019-KA2 är en kylackumulator lika KA1

Denna kylackumulator är driftsatt ungefär samtidigt som KA1 och har driftats parallellt enligt samma förutsättningar, men är oskadd.

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|---------|--|----------|------------------------|-----------|
| 019-KA2 | Alkalinitet i vatten | 14 | mg HCO ₃ /l | |
| 019-KA2 | Konduktivitet i vatten | 6.8 | mS/m | |
| 019-KA2 | pH i vatten | 7.4 | | |
| 019-KA2 | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.00047 | mg/l | |
| 019-KA2 | Järn Fe i vatten, end surgjort | 0.012 | mg/l | |
| 019-KA2 | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 0.96 | °dH | |
| 019-KA2 | Förekomst av mikrober, odling diplides | Nej | | |

Detta vatten håller mycket goda värden och borde kunna fungera bra även i slutna system

Objekt 020 är ett höghus om 27 våningar omgärdat av en lågdel om 5-6 våningar. Huset färdigställdes 1960 och har en A_{temp} om 100000 m².

System 020-KM16 är ett system som ursprungligen utgjorde en del av ett vattenburet värmeåtervinningssystem som skulle tas ut bruk beroende på bristfällig funktion. I samband med en ombyggnad av fastighetens installationer skulle det dock användas i en annan konfiguration och kopplas samman med nybyggda delar. Eftersom systemet innehöll stora mängder såväl suspenderade som sedimentterande partiklar beslutades att det skulle rengöras och korrosionsskyddsbehandlas före hopkoppling. Efter hopkoppling utfördes ny behandling.

| | | | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| Systemets märke: | Värmeväxlare rengjord? År: | Typ av VVX: | VVX tillverkad år: | Systemvolym: | Systemet byggt år: |
| KM16 | - | Platt | - | 20 m ³ | 2014 2017 |
| Partikelfilter? | Med magnetfälla? | Material i systemet: | Rumsvärmare typ: | Avgasare? – typ: | Framledning DVUT: |
| Ja | Ja | Stål Koppar | - | Vakuum | °C |
| Systemtryck: | Systemets stighöjd: | Expansionskärl: | System rengjort: | Vattenbehandling utförd? Typ?: | Utförd år: |
| 2 Bar | C:a 5 m | - | 2017 | Kemisk | 2017 |

Kommentarer

Uppgifterna avser det ombyggda och hopkopplade systemet, som används för värmeåtervinning från fyra kylkompressorer. Det ursprungliga systemet uppges ha haft en volym om c:a 12 m².

| Märke | Analys | Resultat | Enhet | Före åtg. |
|----------|-------------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 020-KM16 | Alkalinitet i vatten | 130 | mg HCO ₃ /l | 30 |
| 020-KM16 | Konduktivitet i vatten | 24 | mS/m | 25 |
| 020-KM16 | pH i vatten | 9.5 | | 9.97 |
| 020-KM16 | Koppar Cu i vatten, end surgjort | 0.12 | mg/l | 0.2 |
| 020-KM16 | Järn Fe i vatten, end surgjort | 0.78 | mg/l | 6.0 |
| 020-KM16 | Totalhårdhet °dH i vatten, IE-metod | 2.3 | °dH | 2 |

Kommentarer

Metallhalterna har sjunkit, viktet är ett gott tecken. Även övriga värden får anses acceptabla.



Bild till vänster visar prov taget 170120



Bild till höger visar prov taget 211111

12. LITTERATURSTUDIER

Aittomäki A., Kianta J. (2003), *Indirect Refrigeration Systems – Design Guide Book*, Tampere University of Technology, Tampere, Finland

Davies R.D., (1988), Factors influencing the formulation of treatments for use in heating and cooling systems, *Chemical Inhibitors of Corrosion Control. Proc. Int. Symp. Manchester, U.K.*

Ignatowicz M., 2008, Corrosion aspects in indirect systems with secondary refrigerants, *master thesis*, Royal Institute of Technology, KTH, Stockholm, Sweden

Melinder Å., 2009. *Handbok om indirekta kyl- och värmepumpsystem*

Thompson J., Scheetz B.E., Schock M.R., Lytle D.A., Delaney P.J., (1997), Sodium silicate corrosion inhibitors: Issues of effectiveness and mechanism, *Water Quality Technology Conference*, November 9-12, 1997, Denver, CO, USA.

Tromans D., (1998) Temperature and pressure dependent solubility of oxygen in water: a thermodynamic analysis, *Hydrometallurgy*, Volume 48, Issue 3, 1998, pages 327-342.

Byggeforskningsrådet, Stockholm 1988 Rapport 107:88

Byggnad, förvaltning eller brukare – vad är viktigast, Uppsala Universitet 2015

To analyse measurements is to know, Henrik Gadd, Lunds Universitet 2014
<https://lup.lub.lu.se/record/4811901>

Energieffektiva flerbostadshus erfarenheter, BeBo, Per Levin, Projektengagemans

Korrosion i vattenledningsnät och installationer, TemaNord1996:632

Handbok i vattenkemi för energianläggningar Energiforsk 2015
ISBN 978-91-7673-113-0

Din fjärrvärmecentral, 2004 Svensk Fjärrvärme AB
ISSN 1401-9264

Ashrae Handbook 2016: HVAC Systems and Equipment
ISBN 193920027X

Precommissioning cleaning of water system BG 29/2012, BSRIA

VDI2035 Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen Blatt 1, Blatt 2,

Guía Técnica. Circuitos de agua en instalaciones interiores. Diseño e instalación. IDAE/Aqua España
SS-EN 12828:2012+A1:2014, Swedish Standards Institute

Underhållshandboken 2015, Svensk fjärrvärme

Fjärrkylcentralen – utförande och installation, Tekniska bestämmelser F:102, Energiföretagen

Fjärrvärmecentralen - utförande och installation Tekniska bestämmelser F:101, Svensk Fjärrvärme

Riktvärden för vatten och ånga anpassade till svenska energianläggningar - Värmeforsk

Energioptimering av VVS-system, Gustav Dahlqvist-Sjöberg, Jonas Wallin, KTH 2019