

Testrapport

2016-02-08

Airwatergreen, FLEX



Postadress

Box 1026
101 38 Stockholm

Besöksadress
Kungsbroplan 2

Telefon

08-525 099 40

Telefax

08-525 099 30

Bankgiro

5801-6379

Org. nr.

556302-7530

E-post

info@fvuab.se

Internet

www.fvuab.se

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
1 Inledning	3
1.2 Bakgrund.....	3
1.2.1 Pumpstationer för VA.....	3
1.2.2 Fjärrvärmekammare	4
1.3 Leverantören	4
1.4 Syfte.....	5
1.5 Metod	5
1.6 Material	5
1.7 Teknik: Varmkondensering.....	6
1.7.1 Skillnaden mellan varmkondenseringsteknik och konventionell kondenseringsteknik.	6
2 Referensobjekt: Före installation	7
2.1 Pumphus för VA-nätet.....	7
2.1.1 Småstensvägen	8
2.2 Fjärrvärmekammare	9
3 Resultatet efter installation	9
3.1 Pumphus för VA-nätet.....	9
3.1.1 Bauhausparkeringen.....	10
3.1.2 Äppelvägen	11
3.2 Fjärrvärmekammare.....	12
3.2.1 Stabby	12
3.2.2 Årsta.....	14
4 Slutsats.....	15
4.1 Pumphus för VA-nätet.....	15
4.2 Fjärrvärmekammare	15

Sammanfattning

Pumpstationer hjälper till att transportera avloppsvatten från hushållen till reningsverken. VA bolagen som driver pumpstationerna har stora utmaningar med korrosion, lukt, kondens och energi. Genom att kallställa pumpstationerna kan en energibesparing göras, lukt kontrolleras och korrosion undvikas. Detta kräver en kondensmetod för vattenånga som är effektiv vid kalla klimat, det vill säga 5°C och 50 % relativ luftfuktighet.

Fjärrvärmenätet används för att leda värme från centrala värmeverk till kunder. I fjärrvärmenätet finns det kammare som används för underhåll. Dessa kammare är utsatta för höga luftfuktigheter och salter. Detta skapar tillsammans en mycket korrosiv miljö som resulterar i höga underhållskostnader och farlig arbetsmiljö. Dessa problem kan undvikas genom att kontrollera luftfuktigheten. Detta kräver dock en metod för att kondensera vattenånga effektivt i 40 grader och 50 % relativ luftfuktighet.

Airwatergreen har utvecklat och patenterat en metod som till stor del är oberoende av temperaturen och kan kondensera fukt effektivt i varma och kalla klimat. Detta gör metoden lämplig på varma och kalla objekt som pumpstationer och fjärrvärmekammare där det inte funnits effektiva kondensalternativ tillgängligt tidigare.

En utvärdering har visat att man kan spara 70 % energi i pumpstationer och samtidigt komma till rätta med lukt och korrosionsproblem.

En utvärdering har även visat att luftfuktigheten kan kontrolleras effektivt i varma fjärrvärmekammare och därmed minska underhållskostnaderna och säkra arbetsmiljön.

1 Inledning

FVU har fått i uppdrag av Airwatergreen att genomföra en analys av tidigare utförda tester som företaget har gjort i samarbete med bland annat Uppsala Vatten, Vattenfall, Kraftringen och Järfälla kommun. Testerna gäller deras produkt vid namn FLEX. Denna rapport sammanfattar två olika fall som FLEX har tillämpas på. Det ena är användningen av FLEX i pumphus för VA-nätet och det andra är användning i fjärrvärmekammare. De två fallen är snarlika, men har några särskiljande drag och kommer därför att behandlas separerade i fortsättningen.

1.2 Bakgrund

I både fallet för VA och för fjärrvärme så finns det stora problem med korrosion på rör, ventiler, pumpar och andra komponenter. Korrosion kan till exempel uppstå om passivskiktet på rör utsätts för salt eller om andra rostskydd som färg har nöts bort. Exempel på en pump i en pumpstation som har utsatts för ett korrosionsangrepp visas nedan.



Figur 1: Exempel på ett korrosionsangrepp i en pumpstation

Vid en relativ luftfuktighet på 60 % eller högre bildas korrosion. Korrosionshastigheten ökar sedan exponentiellt med den relativa fuktigheten vilket gör att vid väldigt små ökningar av relativ fuktighet får man en markant ökning av korrosion. Korrosionen leder sedan självklart till att underhåll måste utföras i dessa utrymmen.

Hos pumpstationerna måste luftfuktigheten även kontrolleras för att lukt skall kunna tas bort med ett adsorptionsfilter. Detta beror på att luktmolekyler som avges från sumpen har en storlek på mellan 3 till 6 ångström. Vattenmolekyler har en storlek på 3.2 ångström. Detta gör att vattenångan adsorberas istället för luktmolekylerna om den relativa luftfuktigheten är hög. Vid låga temperaturen kan luften innehålla mindre fukt vilket leder till att färre vattenmolekyler sätter igenom porerna på adsorptionsfiltret.

Om pumphuset då ligger nära ett bostadsområde eller en kommersiell fastighet kan detta bidra till en otrevlig närmiljö för boende eller kunder. Det är därför önskvärt att få bort denna lukt för att öka trivselnivån i vissa områden.

1.2.1 Pumpstationer för VA

Avloppsvatten skall transporteras från kunderna till reningsverken där det renas. För att kunna transportera avloppsvatten långa sträckor behövs det hjälp från pumpar. Pumparna är placerade

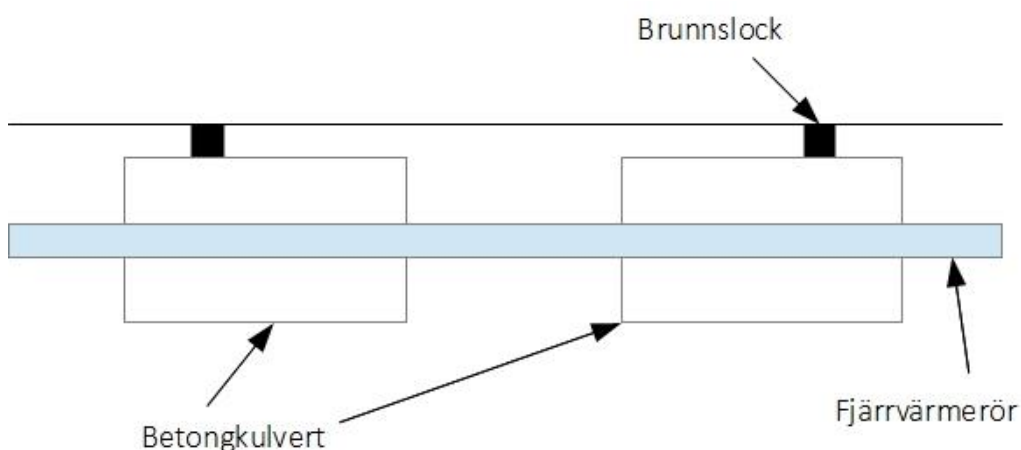
neri i marken vid avloppsrören. Ovanför pumparna finns en överbyggnad med elektronik, övervakningsutrustning etc. Nedanför överbyggnaden ligger pumparna och sumpen som skall pumpas vidare.

Idag hålls pumpstationerna ofta varma, cirka 15-20°C, hela året med direktverkande el. Ofta har en kommun ett stort antal pumpstationer. Detta gör att det finns stora energivinster att göra genom att kallställa pumpstationerna. Problemet är dock att när temperaturen sjunker, ökar den relativa luftfuktigheten. För att kunna kallställa pumpstationerna behöver därför den relativa luftfuktigheten kontrolleras i kalla klimat. Detta kräver att det finns effektiva metoder för att kontrollera luftfuktigheten i kalla klimat.

Airwatergreen har utvecklat en metod för att kondensera fukt i luft och som är oberoende av temperaturen. Detta gör tekniken lämplig för att kallställa pumpstationerna.

1.2.2 Fjärrvärmekammare

I fjärrvärmenätet genereras värme centralt i stora anläggningar. Värmen transporteras med vatten genom fjärrvärmeverket ut till kunderna. Fjärrvärmenätet ser olika ut i landet och åldern på nätet kan vara så hög som 50 år. I en stor del av fjärrvärmenätet leds fjärrvärmerören genom betongkulkvertar. Betongkulkvertarna finns för att underlätta drift och underhåll på nätet. Till exempel sitter det ventiler och liknande utrustning i betongkulkvertarna. En schematisk skiss över en betongkulkvert visas nedan.



Figur 2: Schematisk skiss över ett fjärrvärmerör med två tillhörande betongkulkvertar.

Betongkulkvertarna är utsatta för dagvatten. Dagvatten kan till exempel rinna ned genom otäta lock på marknivå eller via fjärrvärmerören mellan kamrarna. I dagvattnet finns det till exempel vägsalter som innehåller halogener så som klor. Dagvatten orsakar hög relativ luftfuktighet och halogener förstör passivskiktet på det rostfria stålet. Detta gör att klimatet i kammaren är mycket korrosivt. Korrosivt klimat kan orsaka gropfrätning på fjärrvärmeröret och förstöra komponenter som ventiler och balkar. Vidare orsakar hög relativ luftfuktighet att armeringsjärnet i betongen korroderar vilket leder till att betongen kan spricka. I äldre kulkvertar är även det vanligt att isoleringen har fallit bort vilket blottlägger själva fjärrvärmeröret. Om balkar som fjärrvärmeröret stödjer sig på korroderar finns det risk för brott på fjärrvärmeröret. Det kan i värsta fall leda till risk för personskada vid till exempel underhållsarbete i kammaren.

1.3 Leverantören

Airwatergreen är ett svenskt innovationsbolag inom energiåtervinning och luftbehandling som grundades 2009 i Uppsala av två ingenjörer som utvecklat en ny metod att kondensera luftburen

fukt till vatten. Målet var från början att enklare omvandla fukt i luften till dricksvatten för människor i torra länder utan tillgång till billig elektricitet. Metoden döptes till "Varmkondensering" eftersom den kondenserar fukt med hjälp av värme – inte kyla. Idag fokuserar bolaget huvudsakligen på energieffektiv luftbehandling i byggnader men ser också tillämpningar i fjärrvärme- och VA-näten.

1.4 Syfte

Ett av problemen som Sveriges energi- och VA-bolag länge har försökt hitta lösningar på är korrosion. Korrosion kan under tid ge mycket stora skador på ledningar som då riskerar att springa läck.

FVU undersöker nu därför en energieffektiv metod för att kondensera luft i våta utrymmen för att minska korrosionen. Syftet med rapporten är att fastställa huruvida metoden är pålitlig och om det är ett hållbart och effektivt sätt för att minska korrosion på ledningar. Som ett sidospår, men i många fall ett viktigt inslag, så undersöks även metodens förmåga att filtrera bort dålig lukt från pumpstationer.

1.5 Metod

Rapporten som följer är en sammansättning av redan utförda tester vilka FVU har granskat för att utreda nyttan med funktionen för Sveriges energi- och VA-bolag. FVU har alltså inte genomfört några egna tester i detta fall men studiebesök har gjorts samt en grundlig undersökning av redan utfärdade testprotokoll från andra tester har undersökts som underlag för denna rapport.

1.6 Material

Airwatergreens luftavfuktare, FLEX Cloud, användes för både VA- och fjärrvärmefallen men med ett tillhörande adsorptionsfilter för VA-fallet. Adsorptionsfiltret användes för att filtrera bort dålig lukt som annars kan störa den närliggande miljön.

Material och testrapporter från bland annat SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut och Airwatergreens egna tester har använts för att sammanställa denna rapport så riktigt som möjligt.



Figur 3: Installationen visar FLEX med ett kolfilter till vänster om varmkondensatorn.

1.7 Teknik: Varmkondensering

Varmkondensering grundar sig i att mängden fukt ett hygroskopiskt material kan absorbera endast beror på den relativa luftfuktigheten och att en begränsad mängd luft bara kan hålla en viss mängd vattenånga. Därför, genom att först mätta ett hygroskopiskt material med fukt kan samma startförhållande fås oberoende av temperaturen. Det hygroskopiska materialet slutes därefter in i en kammare med en begränsad mängd luft. När det hygroskopiska materialet värms släpper fukten till luften i kammaren. Luften i kammaren blir snabbt mättad på fukt. Genom att fortsätta att tillsätta fukt till luften fås en så kallad övermättnings av luften och fukten kondenserar genom spontankondensering och på alla ytor i kammaren.

Metoden är effektiv på grund av att samma starttillstånd kan erhållas, energin tillförs det hygroskopiska materialet direkt och att endast en liten mängd luft behöver värmas. Vidare så kan kammaren konstrueras för att minimera värmeförlusterna.

1.7.1 Skillnaden mellan varmkondenseringsteknik och konventionell kondenseringsteknik

Konventionell kondenseringsteknik använder kylda ytor för att kyla luft och tvinga ut vatten ur luften eftersom lufts förmåga att hålla vatten minskar vid sjunkande temperatur. Man får ut vatten, men luften får samtidigt en relativ fuktighet på 100 %. Om man vill använda konventionell kondenseringsteknik för att skapa torrt klimat måste man värma upp luften efter kylningen. Detta kostar naturligtvis energi och därmed även pengar.

Varmkondenseringstekniken använder ett absorberande material som fångar fukten från luften. Därefter stängs utrymmet till och luftflödet avstannar. Vattnet tvingas ut ur materialet genom att dess interna tryck höjs relativt omkringliggande luft, i detta fall med hjälp av värme varpå bindningen mellan materialet och vattendroppen släpper. Vattnet förångas eftersom luftmassan

inuti behållaren inte kan "ta emot" all ånga som kommer från materialet varpå ångan spontankondenserar och bildar droppar på alla ytor den kommer åt. Vattnet rinner ned i behållarens botten och leds sedan ut.

Eftersom varmkondensering är ett slutet system är den oberoende av lufttemperaturen utanför systemet, den kan med andra ord därför fungera med konstant effektivitet såväl i -10°C som i $+50^{\circ}\text{C}$, till skillnad från konventionell kondenseringsteknik som endast fungerar mellan ca $+15^{\circ}\text{C}$ och $+30^{\circ}\text{C}$.

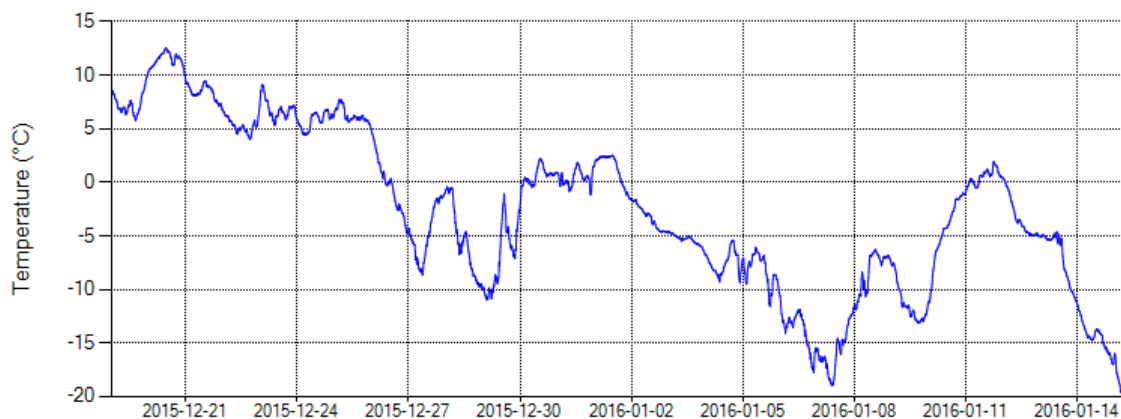
2 Referensobjekt: Före installation

Förutsättningar före installation är uppdelat i två fall (VA och fjärrvärme) eftersom syftet med användningen av FLEX samt klimatet skiljer sig i de två fallen.

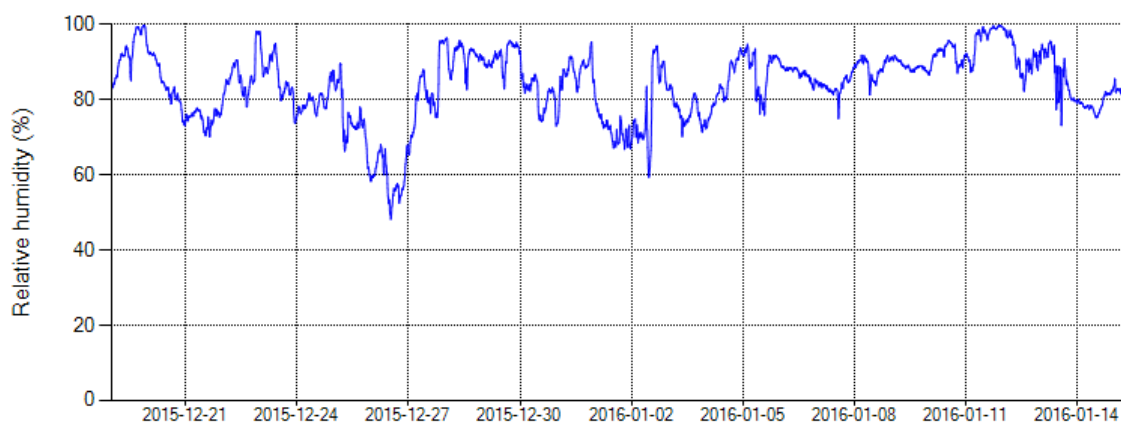
2.1 Pumphus för VA-nätet

Mellan 17 och 29 december mättes RH (relativ fuktighet), T (temperatur) och energiförbrukningen för tre olika pumpstationer i samma storleksklass, ca 6-8 m². Pumpstationerna där testerna utfördes ligger på två olika platser: Bauhaus parkering (Järfälla) och på Äppelvägen (Uppsala). Ett pumphus lämnades utan installation för att användas som referensobjekt och ligger på Småstensvägen (Uppsala).

Det kan konstateras att temperaturen varierade mellan -10°C och 13°C under perioden. Den relativa luftfuktigheten var konstant hög, mellan 80 och 100 %. Nedanstående förutsättningar gällde för utomhusklimatet.



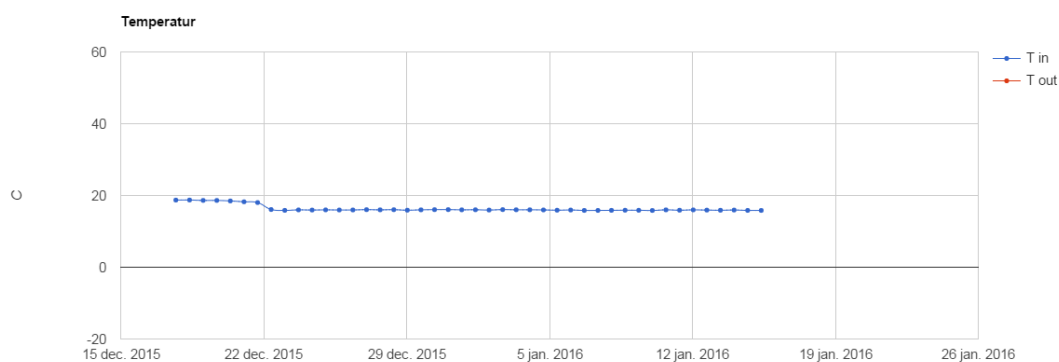
Figur 4: Utomhustemperaturen under mätperioden.



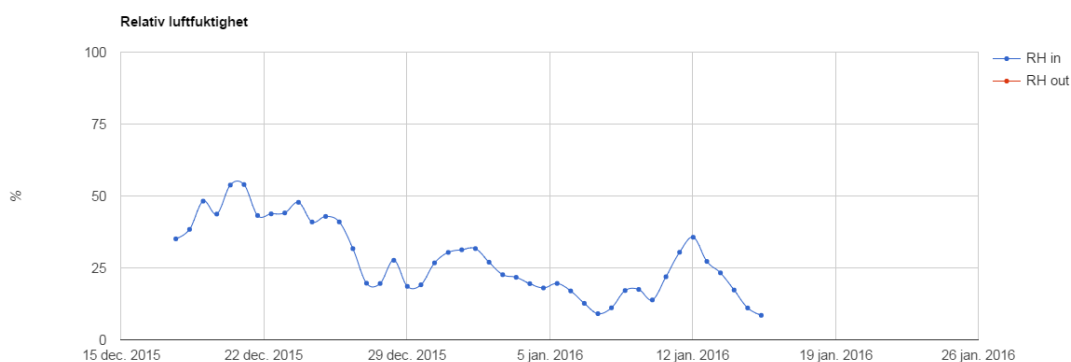
Figur 5: Den relativa luftfuktigheten utomhus under mätperioden.

2.1.1 Småstensvägen

På Småstensvägen sattes en konstant temperatur på 15°C med befintligt värmesystem och den relativa luftfuktigheten fick alltså fluktuera fritt. Temperaturen på Småstensvägen hade en hysteres på 2°C. Det vill säga, om temperaturen gick under 15°C, värmdes hela stationen till 17°C varav elementen sedan stängdes av.



Figur 6: Temperaturen i pumpstationen på Småstensvägen.

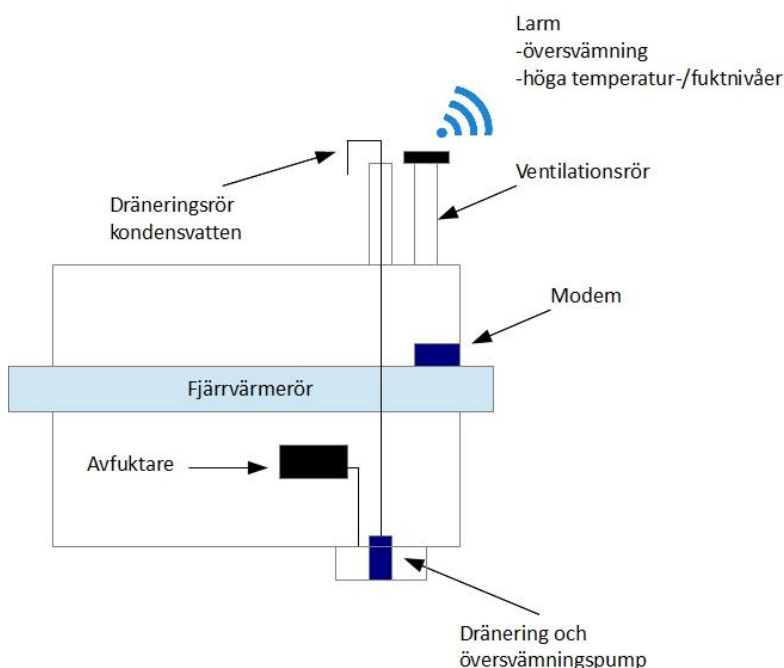


Figur 7: Den relativa luftfuktigheten i pumpstationen på Småstensvägen.

2.2 Fjärrvärmekammare

Två problemkammare i Uppsala valdes för försöken. Dessa var fjärrvärmekammare i Stabby och Årsta. I dessa kammare hade isoleringen släppt och blottlagt fjärrvärmeröret. Vidare låg Årsta fjärrvärmekammare på en väg vilket gjorde den var utsatt för vägsalter. Båda kamrarna var innan installation utsatta för korrosionsangrepp och hög fuktighet.

Mätningarna från de två försöken i kamrarna pågick från 20 maj till 24 augusti. Under den perioden loggades klimatet i kammaren innan installation och efter installation. Utrustningen installerades den 22 juni i Stabby och den 24 juni i Årsta. Mellan den 3 och 10 augusti var installationen dock avstängd i Årsta. Klimatet loggades på väggen vid uppgången till kammaren av Vattenfall och med avfuktarens interna givare.



Figur 8: Schematisk skiss för att kontrollera klimatet i en fjärrvärmekammare

I kammaren placeras en avfuktare från Airwatergreen på väggen. Avfuktaren bör hänga så högt upp på väggen som möjligt för inte förstöras vid eventuell översvämning av kammaren.

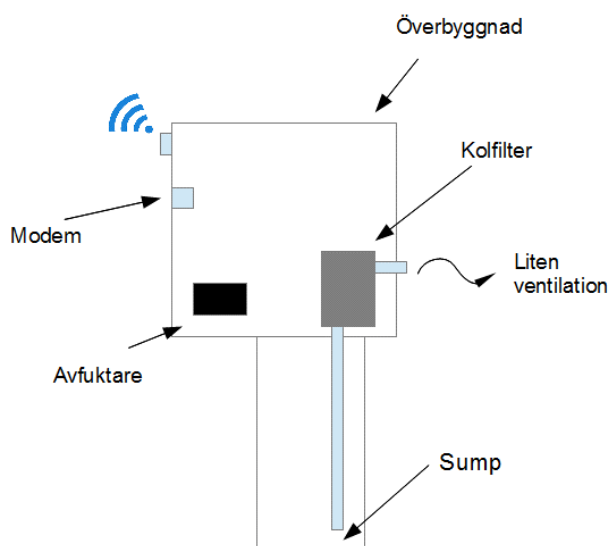
Vidare så finns det ett uppsamlingskärl för att samla upp kondensvattnet. Kondensvattnet pumpas sedan ut från kammaren genom de ventilationsrör som finns eller via dagvattenledningar som går genom kammaren. I kammaren installerades också ett modem för att logga klimatet i kammaren.

3 Resultatet efter installation

Resultatet är uppdelat i två fall (VA och fjärrvärme) eftersom syftet med användningen av FLEX samt klimatet skiljer sig i de två fallen, resultatet skiljer sig då också. Funktionen hos FLEX är densamma förutom att i VA-fallet undersöks även det tillhörande kolfiltret.

3.1 Pumphus för VA-nätet

I kapitel 3.1.1 och 3.1.2 har två fall studerats under samma tidsperiod som för referensobjektet i kapitel 2.1.1. Detta medför att en jämförelse kan göras mellan före och efter installation, då pumphusen är likvärdiga i storlek.

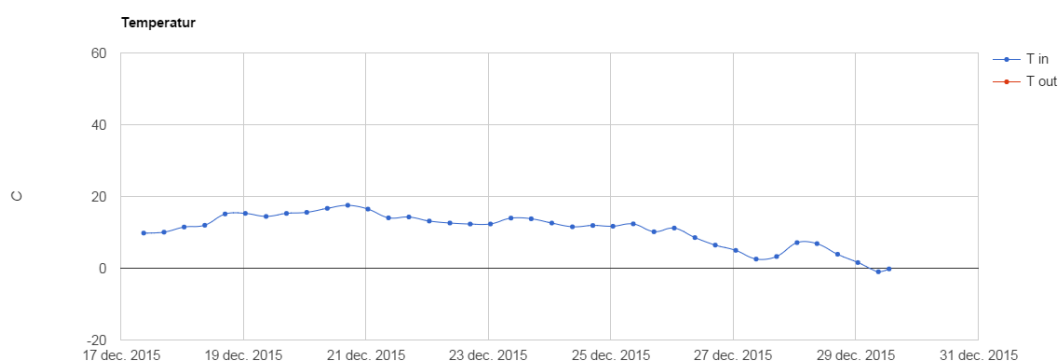


Figur 9: Schematisk bild över en typisk uppställning i en pumpstation.

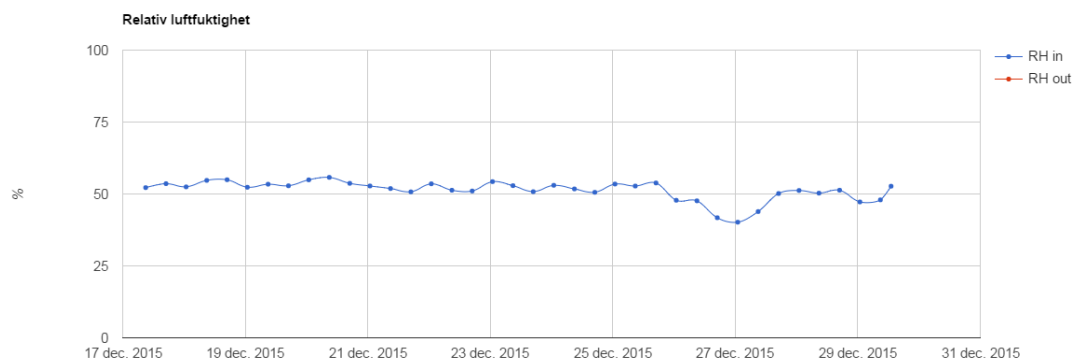
3.1.1 Bauhausparkeringen

I Järfälla finns det en pumpstation vid Bauhaus parkering. Denna pumpstation har haft problem med lukt och detta har i sin tur skapat obehag för Bauhauskunder.

I detta fall installerades då även ett adsorptionsfilter för att få bort den dåliga lukten. Uppställningen visas i figuren ovan. Adsorptionsfiltret suger luft direkt från sumpen. Luften som innehåller luktmolekylerna filtreras genom det adsorberande materialet. Detta skapar ett undertryck i byggnaden. I detta fall leds frisk luft in i byggnaden och luktproblemen försvinner, vilket även skapar en trevligare arbetsmiljö. Avfuktaren håller också rätt klimat för kallställningen och för att adsorptionsfiltret skall vara verksamt. I detta fall hade pumpstationen 3 kW installerad värmeeffekt. Tidigare har temperaturen reglerats runt 15°C. Nedan visas resultatet från mätperioden där den relativa luftfuktigheten kontrollerades runt 50-55 % vilket säkerställer funktionen hos adsorptionsfiltret och samtidigt skyddar komponenterna från korrosion. Under mätperioden krävdes en snitteffekt på ca 90 W för att säkerställa klimatet.



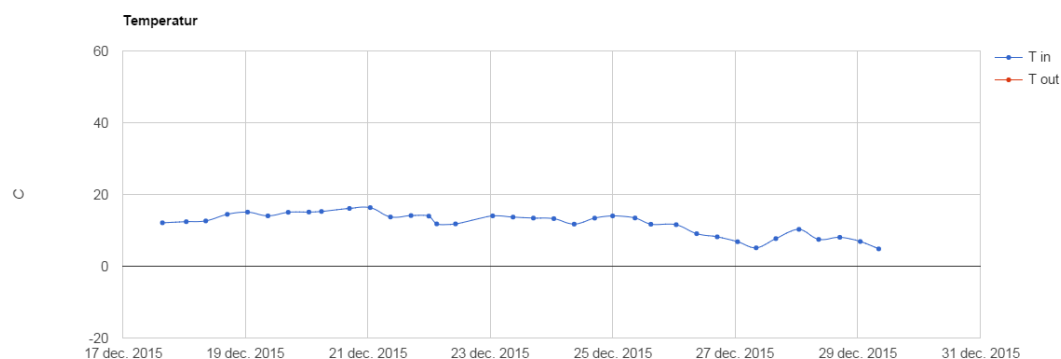
Figur 10: Temperaturen i pumpstationen på Bauhausparkeringen under mätperioden.



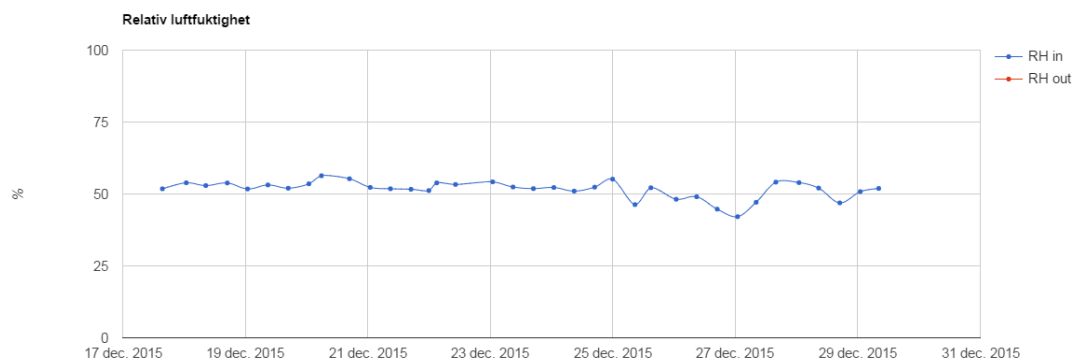
Figur 11: Den relativa luftfuktigheten i pumpstationen på Bauhausparkeringen under mätperioden.

3.1.2 Äppelvägen

På Äppelvägen i Järfälla finns en mindre pumpstation för närområdet, denna pumpstation hade en installerad värmeeffekt på 3 kW. Pumpstationen hölls tidigare varm, runt 15°C hela året. Denna station kallställdes genom att låsa den relativa luftfuktigheten på 50 % och låta temperaturen röra sig fritt. Klimatet under mätperioden visas i figurerna nedan. Där framgår hur temperaturen rör sig fritt medan den relativa luftfuktigheten hölls konstant. Under mätperioden krävdes en snitteffekt på cirka 97 W för att säkerställa klimatet.



Figur 12: Temperaturen i pumpstationen på Äppelvägen.

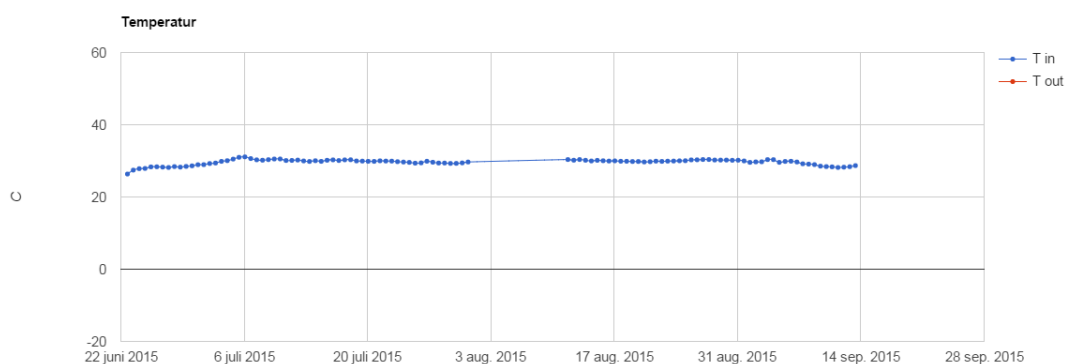


Figur 13: Den relativa luftfuktigheten i pumpstationen på Äppelvägen.

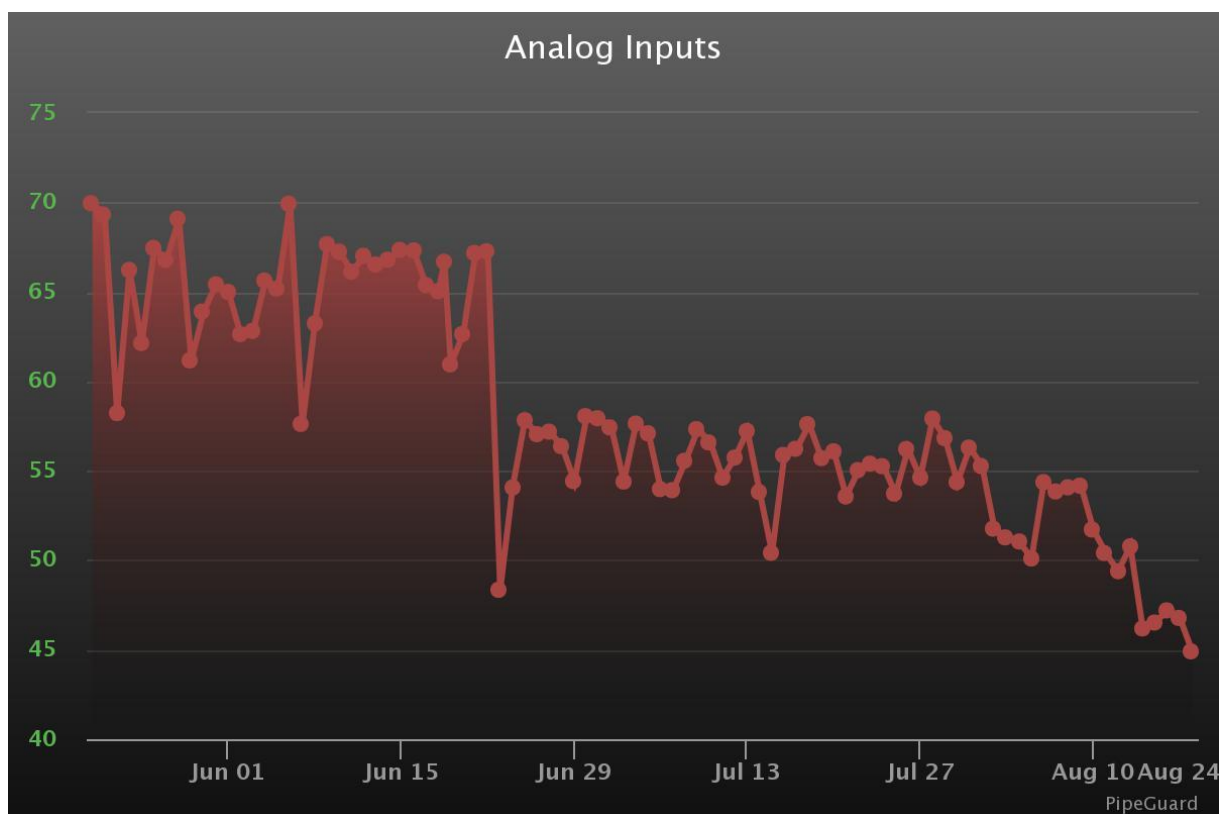
3.2 Fjärrvärmekammare

För att undvika korrosionsproblem måste en luftfuktighet på under 60 % hållas. I fjärrvärmekammare kan det vara mycket varmt, ända upp till 40-50°C enligt driftpersonal hos Vattenfall. Detta ställer höga krav på att kondensavfuktaren effektivt kan hålla ett klimat på 40°C och 50 % RH. Vidare utsätts utrustning som till exempel ventiler, fjärrvärmerör och balkar för det korrosiva klimatet vilket ställer höga krav på konstruktionen.

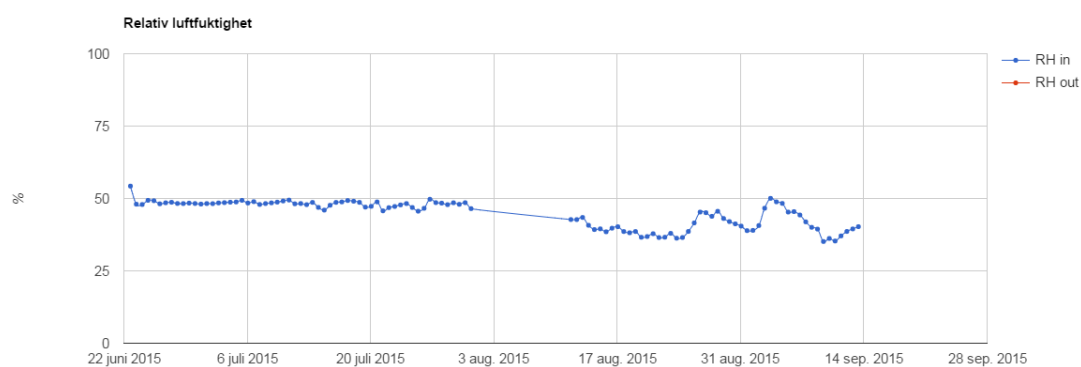
3.2.1 Stabby



Figur 14: Temperaturen i fjärrvärmekammaren i Stabby.

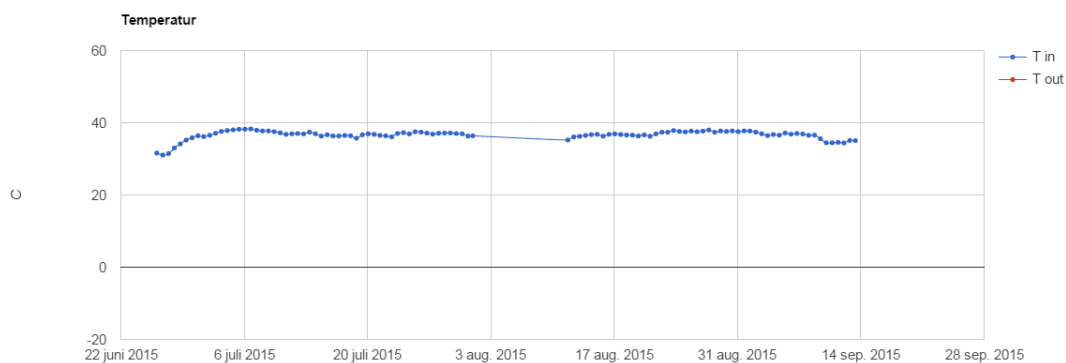


Figur 15: Den relativa luftfuktigheten i fjärrvärmekammaren i Stabby, vid uppgången från kammaren. Man ser tydligt hur den sjunker efter den 24 juni då installationen utfördes.

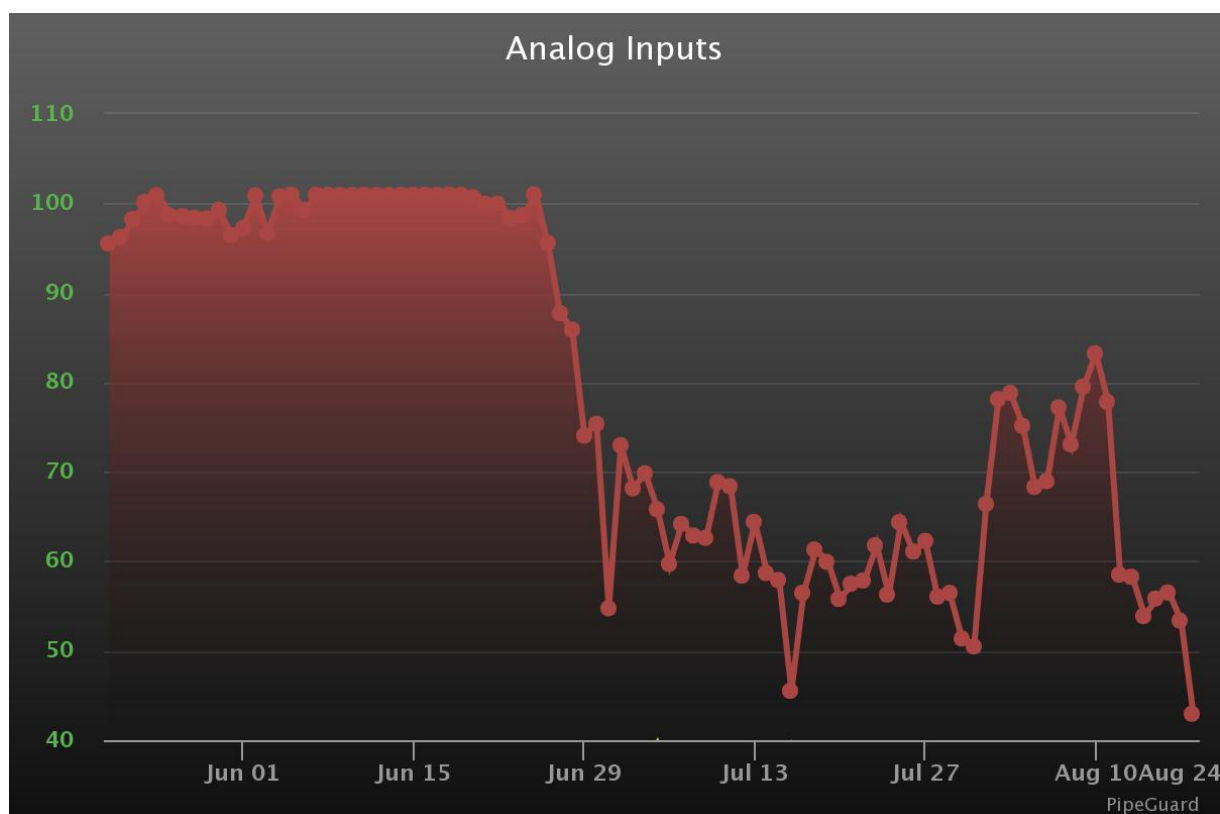


Figur 16: Den relativa luftfuktigheten invid varmkondenseraren i fjärrvärmekammaren i Stabby.

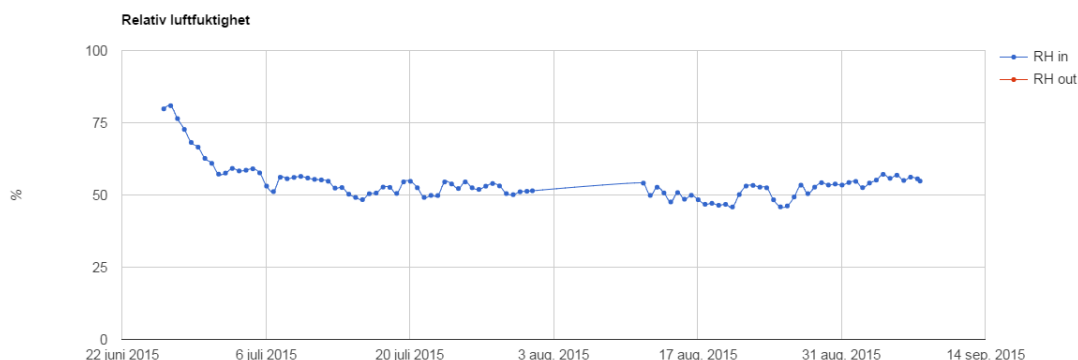
3.2.2 Årsta



Figur 17: Temperaturen i fjärrvärmekammaren i Årsta.



Figur 18: Den relativa luftfuktigheten i fjärrvärmekammaren i Årsta, vid uppgången från kammaren. Man ser tydligt hur den sjunker efter den 22 juni då installationen utfördes.



Figur 19: Den relativa luftfuktigheten invid varmkondenseraren fjärrvärmekammaren i Årsta. Man ser också att kondenseraren är avstängd mellan 3 och 10 augusti.

4 Slutsats

4.1 Pumphus för VA-nätet

Man kan se en märkbar skillnad i energiförbrukningen mellan pumphuset i referensobjektet och de två testobjekten. Beroende på hur utomhusklimatet varierar drivs också det eldrivna värmeelementet på Småstensvägen mer eller mindre. I pumphuset eftersträvade man att hålla 15-17°C innan installationen. Varmkondenseringens effekt minskar snarare vid kallare utomhustemperatur, eftersom kallare luft innehåller mindre fukt. Detta gör det extra fördelaktigt att använda varmkondenseringstekniken i kallare klimat.

Pumpstation	RH [%]	T [C]	Energi [kWh]	Medeleffekt [W]
Småstensvägen (ref)	10 - 65	15 - 18	88,5	306
Bauhaus (test)	45 - 55	0 - 20	31,8	106
Äppelvägen (test)	45 - 55	3 - 20	32,6	109

Tabell 1. Data för de två testobjekten tillsammans med referensobjektet.

Utöver de goda värdena med energibesparingar på cirka 70 % försvann också problemen med den dåliga lukten.

4.2 Fjärrvärmekammare

I Stabbys fjärrvärmekammare var det mellan 60- 70 % relativ luftfuktighet vid uppgången från kammaren innan installationen och 50- 57 % efter installationen. Den relativa luftfuktigheten sjönk snabbt till börvärdet och kunde med enkelhet hållas stabilt. Temperaturen låg stabilt kring 30°C. Energiåtgången var 270 kWh och krävde en medeleffekt på 231 W.

I Årsta-kammaren var det stabilt runt 100 % relativ luftfuktighet vid uppgången innan installationen. Efter installationen tog det ca 2-3 veckor att torka ut kammaren. Därefter kunde klimatet hållas runt 50 % vid maskinen och runt 50-63 % vid uppgången. Börvärdet skulle kunna sänkas någon enhet för att minska fuktigheten vid uppgången. Då maskinen stängdes av den 3 augusti syns tydligt (se figur 18) hur den relativa luftfuktigheten stiger till runt 80 %. Detta indikerar en hög fuktlast i kammaren. När maskinen sedan startades den 10 augusti minskar fuktigheten till under 60 %. Detta indikerar att

kammaren är uttorkad och att fukten bara finns i luften. Här skulle temperaturen i kammaren ligga stabilt strax under 40°C. Energiåtgången var 76 kWh och krävde en medeleffekt på 50 W. Resultaten sammanställs i tabellen nedan.

Fjärrvärmekammare	RH före uppgång	RH efter uppgång	RH efter maskin	T [C]	Energi [kWh]	Medeleffekt [W]
Stabby	60 – 70	50-57	45-50	30	76	50
Årsta	100	50-63	45-55	39	270	231

Tabell 2. Data för de två testobjekten.