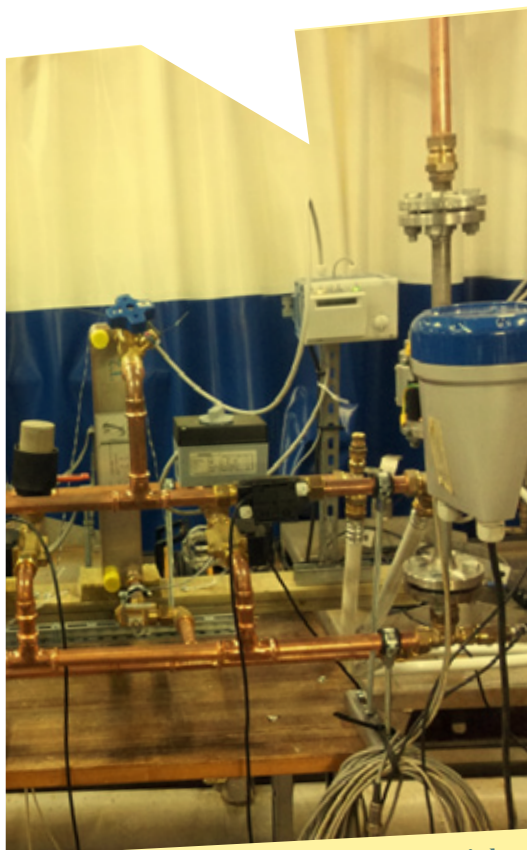


VARMVATTENREGULATORERS LÅNGTIDSEGENSKAPER



RAPPORT 2013:9



llningen med alla varmvattenregulatorer inkop

ed alla regulatorer inkopplade tillsammans
r syns också en induktiv flödesmätare som

kra sig om att inget vatten ligger kvar i sy
flödesvakten som ska stänga då det inte är
så pumpas kallt tappvatten (TV) runt för
flöde. Steg 3 representerar varmvattentap
steget så pumpas återigen kallt vatten run
ir alltså två minuter och innefattar två stä

emperaturen mellan kallt och varmt vatten
. Kallvattentemperaturen var 15°C och
re olika temperaturnivåer på primärvatten
Dessa tre nivåer är valda eftersom att de re
ett år med sommar, vinter respektive vå
agar, vilket betyder 30 240 cykler per ter
kall motsvara den tekniska livslängden ho

Varmvattenregulatorers långtidsegenskaper

MARKUS ALSBJER

PATRIK OLLAS

ISBN 978-91-7381-107-1

© 2013 Svensk Fjärrvärme AB

FÖRORD

Det finns i dag både kunskap och metoder för att säkerställa funktionen på fjärrvärmecentraler vid nyinstallation. Däremot är kunskapen mindre om hur kvaliteten upprätthålls efter en längre tids drift. Tidigare Fjärrsynsprojekt har handlat om fjärrvärmecentralers prestanda efter 10 års drift. Denna rapport ger inget svar på exakt vilka varmvattenregulatorer som ska användas men ger en bild av hur prestandan ser ut på lång sikt för en rad av de vanligaste regulatorerna på marknaden.

Projektledare är Markus Alsbjer som har utfört projektet tillsammans med sin kollega Patrik Ollas på SP, Sveriges tekniska forskningsinstitut i Borås. En referensgrupp till projektet har bestått av Jan Berglund från Mälarenergi, Hans Lund från Fortum och Lars Nordhed från Göteborg Energi. Referensgruppen har bidragit med kunskap och erfarenheter från fjärrvärmebranschen under projektets gång.

Projektet ingår i forskningsprogrammet Fjärrsyn som finansieras gemensamt av Energimyndigheten och fjärrvärmebranschen. Fjärrsyn ska stärka möjligheterna för fjärrvärme och fjärrkyla genom ökad kunskap om fjärrvärmens roll i klimatarbetet och för det hållbara samhället till exempel genom att bana väg för affärsmässiga lösningar och framtidens teknik.

Bo Johansson
Ordförande i Svensk Fjärrvärmes teknikråd

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att Fjärrsyns styrelse eller Svensk Fjärrvärme har tagit ställning till innehållet.

SAMMANFATTNING

Fjärrvärmecentraler har provats och certifierats med P-märkning sedan slutet av 1990-talet utifrån en metod framtagen av Svensk Fjärrvärme. Där testas centralens funktioner, vilket inte säger så mycket om dess långtidsegenskaper. Slitage och andra problem som uppstår efter en lång tids användning ingår alltså inte. Med bakgrund av de resultat från det tidigare fjärrsyn-projektet *P-märkta fjärrvärmecentraler – håller de måttet efter tio år?*^[1], där man undersökt fjärrvärmecentralernas prestanda efter 10 år i drift, har man kunnat konstatera att varmvattenregulatorerna inte höll måttet vad gäller långtidsprestanda. En intervjustudie med tillverkare och reparatörer bekräftar också inverkan av långtidsnötning på regulatorernas prestanda.

Projektets huvudsyfte är därför att förlänga den tekniska livslängden på fjärrvärmecentraler och öka driftsäkerheten genom att utvärdera varmvattenregulatorernas långtidsegenskaper då detta har identifierats som potentiellt förbättringsområde. Även om felet är enkelt att åtgärda kostar varje uttryckning mycket pengar.

Fem varmvattenregulatorer valdes ut för provning efter kriteriet att de analyserade varmvattenregulatorer skulle finnas installerade på marknaden idag och tillsammans utgöra majoriteten av marknadsandelen.

En provmetod togs fram i samråd med tillverkare och projektets referensgrupp. Ett cyklingsprogram användes för att öppna och stänga regulatorn lika många gånger som den skulle göra i ett normalhushåll under den tekniska livslängden (20 år). I hälften av cyklerna stängdes ventilen med hjälp av temperaturregulatorn, den andra hälften med hjälp av flödesvakt. Noterbart är att Samsonregulatorn bara har gått hälften så många cykler som de övriga regulatorerna i testet.

Resultatet från provningarna visar att ingen av de fyra regulatorerna klarar P-märkningskraven efter långtidsprovningen. Danfoss-regulatorerna svarar inte alls på den termiska regleringen medan de andra två klarar kraven bättre.

I provet användes högre temperaturer på primärsidan än vad som uppstår i verkligheten. Dessutom är temperaturvariationerna större på sekundärsidan än vad som är vanligt i verklig drift. Dessa faktorer innebär en större belastning på materialen i varmvattenregulatorerna.

Slutsatsen från provningen av varmvattenregulatorernas långtidsegenskaper är att Siemens elektriska regulator är den som klarat sig bäst, följt av Samsons termiska regulator.

SUMMARY

Substations have been tested and certified with P-labeling since the late 1990s according to a methodology developed by the Swedish District Heating Association. The test focuses on function tests and does not deal with the long-term properties. Wear and other problems that occur after long-term use are thus not included. In light of the results from the previous “fjärrsyn” project “*P-labeled substations – do they fill the bill?*”^[1], which examined the performance of the substation after 10 years of operation. Results from that project showed that hot water regulators do not fulfill the standard in terms of long-term performance. Interviews with manufacturers and repairers also confirm the impact of long-term wear on the controllers' performance.

The project's main objective is to provide results and information that will extend the service life of substations and increase reliability by evaluating the hot water controllers' long-term performance, as this has been identified as a potential area of improvement. Although the error might be easy to fix it is expensive.

Five hot water regulators were selected for testing by the criteria that the analyzed regulators are installed in the market today and they together constitute the majority of the market share.

A test method was developed in consultation with manufacturers and the reference group of the project; a cycle test to open and close the controller to simulate a normal lifetime wear of 20 years. Half of the cycles were closed using the thermal controller, the other half using the flow monitor. Notably the controller from Samson was only exposed to half as many cycles as the other controllers in the test.

The results from the tests show that none of the four controllers can handle P-labeling requirements after a long-term test. The controllers from Danfoss does not respond at all to the thermal regulation while the other two meet the requirements better.

A higher temperature on the primary side was used in the test compared to what usually occur in reality. Moreover, the temperature fluctuation is greater on the secondary side than is usual in actual operation. These factors mean more stress on the materials in the hot water regulators.

The conclusion from the testing of hot water controllers' long-term behavior is that Siemens electric controller is the one who fared best, followed by Samsons thermal regulator.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	9
2	UPPDRAG	10
3	INTERVJUSTUDIE	11
4	PROVBESKRIVNING	12
4.1	PROVUPPSÄTTNING	12
4.1.1	Provutrustning	14
4.2	UTVÄRDERADE VARMVATTENREGULATORER	14
4.2.1	Danfoss AVTQ	14
4.2.2	Danfoss PTC2	15
4.2.3	Samson 2432N (ICS)	16
4.2.4	Siemens RVD144	17
4.3	UTVÄRDERINGSMETOD OCH KRITERIER	18
4.3.1	Flödeskaraktäristik	18
4.3.2	Utvärdering av regleregenskaperna enligt F:103-7	18
5	PROVRESULTAT	20
5.1	REFERENSMÄTNING AV FLÖDESKARAKTÄRISTIK	20
5.1.1	Danfoss AVTQ	20
5.1.2	Danfoss PTC2	21
5.1.3	Samson 2432N (ICS)	21
5.1.4	Siemens RVD144	22
5.2	JÄMFÖRELSE AV FLÖDESKARAKTÄRISTIK	23
5.2.1	Danfoss AVTQ	24
5.2.2	Danfoss PTC2	25
5.2.3	Samson 2432N (ICS)	25
5.2.4	Siemens RVD144	26
5.3	PROVNING ENLIGT F:103-7	26
5.3.1	Danfoss AVTQ	27
5.3.2	Danfoss PTC2	28
5.3.3	Samson 2432N (ICS)	29
5.3.4	Siemens RVD144	31
5.4	VISUELL BESIKTNING UNDER/EFTER PROVNINGEN	32
5.4.1	Missljud från ställdon	33
5.4.2	Gasläckage	33
6	DISKUSSION	34
7	SLUTSATS	36
8	REFERENSER	37

1 INLEDNING

Det har visat sig att regulatorer för tappvarmvatten i fjärrvärmecentraler ofta får problem efter några års användning. Detta är till besvär för konsumenterna och orsakar stora kostnader för byte. I det här projektet vill vi utvärdera långtidsegenskaper hos befintliga regulatorer. Inom projektet utvecklas en metod som också kan användas vid framtida utvärderingar, exempelvis i samband med certifiering av fjärrvärmecentraler (F:103-7) ^[1]. I dagsläget certifieras många fjärrvärmecentraler och provas med avseende på funktion och prestanda, men hittills har inga långtidsegenskaper undersökts.

Projektets syfte är att resultatet ska bidra till att varmvattenregulatorer och därmed hela fjärrvärmecentraler på sikt ska få längre livslängd och större driftsäkerhet.

Det här är en fortsättning på tidigare Fjärrsynprojekt, *P-märkta fjärrvärmecentraler – håller de måttet efter tio år?* ^[2], där gamla fjärrvärmecentraler har undersökts.

2 UPPDRAG

Fjärrvärmecentraler har provats och certifierats med P-märkning sedan slutet av 1990-talet utifrån en metod framtagen av Svensk Fjärrvärme. Där testas centralens funktioner, vilket inte säger så mycket om dess långtidsegenskaper. Slitage och andra problem som uppstår efter en lång tids användning ingår alltså inte. Med bakgrund av de resultat från det tidigare Fjärrsyn-projektet *P-märkta fjärrvärmecentraler – håller de måttet efter tio år?* där man undersökt fjärrvärmecentralernas prestanda efter 10 år i drift, har man kunnat konstatera att varmvattenregulatorerna inte höll måttet vad gäller långtidsprestanda. En intervjustudie med tillverkare och reparatörer bekräftar också inverkan av långtidsnötning på regulatorernas prestanda.

Projektets huvudsyfte är därför att förlänga den tekniska livslängden på fjärrvärmecentraler och öka driftsäkerheten genom att utvärdera varmvattenregulatorernas långtidsegenskaper då detta har identifierats som potentiellt förbättringsområde. Även om felet är enkelt att åtgärda kostar varje uttryckning mycket pengar.

Fem varmvattenregulatorer valdes ut för provning efter kriteriet att de analyserade varmvattenregulatorer skulle finnas installerade på marknaden idag och tillsammans utgöra majoriteten av marknadsandelen.

3 INTERVJUSTUDIE

För att få en bättre förståelse över vilka de vanligaste problemen för varmvattenregulatorer är och vilken testmetod som är lämpligast så intervjuades tillverkare av fjärrvärmecentraler under de årliga tillverkningskontrollerna.

Orsakerna till att regulatorerna inte fungerade varierade enligt olika tillverkare, men några problem var återkommande hos de flesta tillverkare:

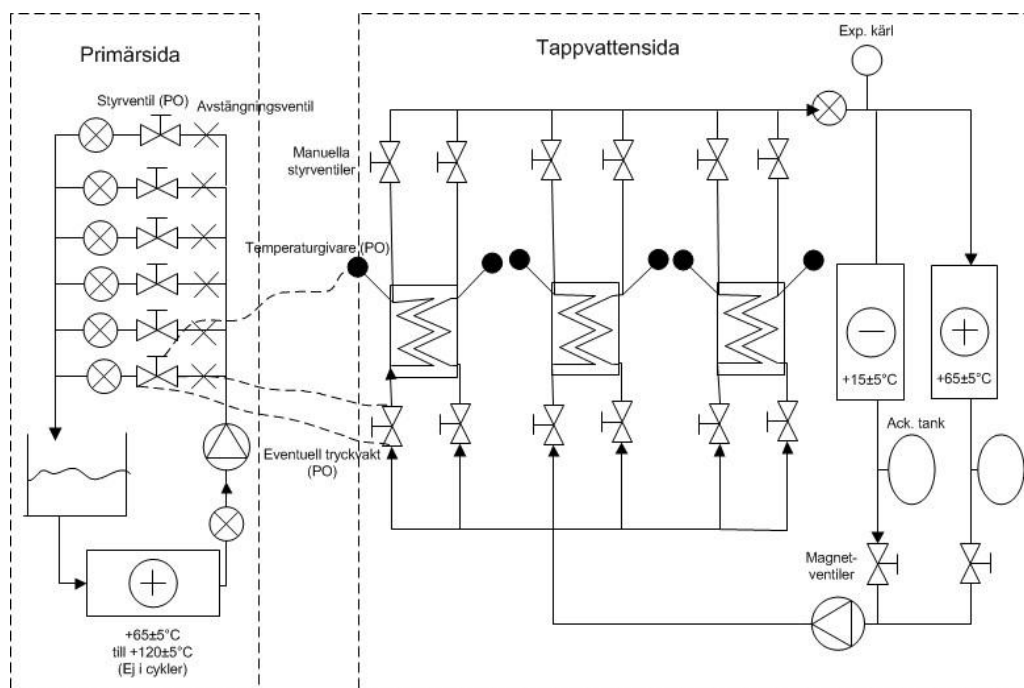
- **Slitage** - kavitationsslitage, slitage på känselkroppen p.g.a. strömningskorrosion
- **Ventiler som fastnar vid inaktivitet**
- **Känselkroppen** - gas läcker ut genom kapillärrör eller känselkropp
- **Defekta membraner**
- **Läckage** - torkade packningar

Tillverkarna kunde enas om att ett mekaniskt slitagetest täcker in flera av de vanligaste problemen. Ett krav var att känselkroppen installeras enligt installationsmanualen för att dess slitage skall efterlikna verklighet så mycket som möjligt.

4 PROVBESKRIVNING

4.1 Provuppsättning

Figur 1 ger en bild över layouten för provriggen där värmekällans primärsida och tappvattensidan är uppdelade i två delsystem. Primärsidan för värmekällan håller alltså en konstant temperatur och cyklas inte under mätningarna. I den här uppställningen har ingen anslutning gjorts till värmeväxlarens primärsida, som ska representera fjärrvärmenätet, då detta skulle innebära konstant tappning av uppvärmt vatten och inte vara vare sig ekonomiskt eller energimässigt hållbart.

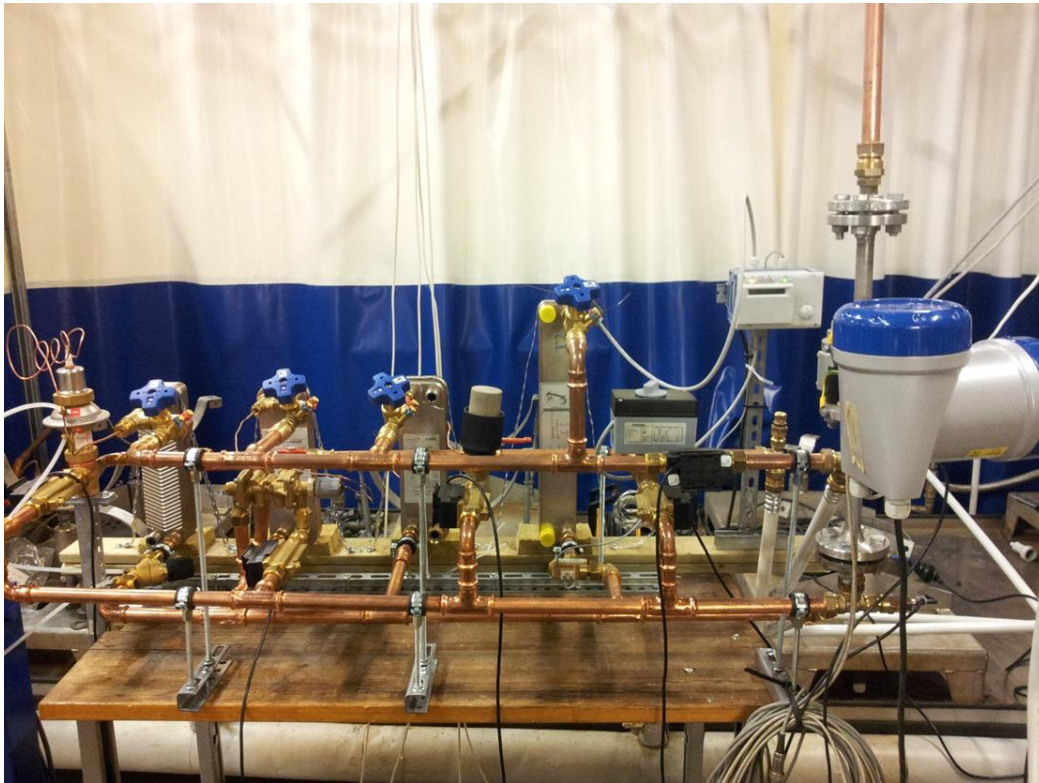


Figur 1 Principiell layout av provningsriggen

För att efterlikna ett normalt driftsfall i ett fjärrvärmenät har en temperaturcykel av tappvattensidan skapats och kan ses i Tabell 1. Varaktigheten för respektive sekvens valdes för att försäkra sig om att alla regulatorer hunnit slutföra den vidtagna åtgärden innan nästa åtgärd tar vid.

Tabell 1 Sekvensuppdelad temperaturcykel av tappvattnet och dess varaktighet

Sekvens	Aktivitet	Varaktighet [sekunder]
1)	Pumpstopp	20
2)	Kallt vatten	20
3)	Varmt vatten	40
4)	Kallt vatten	40



Figur 2 Faktisk bild över provuppställningen med alla varmvattenregulatorer inkopplade

Figur 2 visar provuppställningen med alla regulatorer inkopplade tillsammans med respektive värmeväxlare. Till höger syns också en induktiv flödesmätare som används vid flödeskaraktäristiktestet.

Pumpstoppet är till för att försäkra sig om att inget vatten ligger kvar i systemet och samtidigt testa den inbyggda flödesvakten som ska stänga då det inte är något flöde på tappvattensidan. I steg 2 så pumpas kallt tappvatten (TV) runt för att se hur regulatorerna reagerar på ett kallt flöde. Steg 3 representerar varmvattentappning och här ska regulatorn stängas. I sista steget så pumpas återigen kallt vatten runt i systemet. Den totala cykeltiden blir alltså två minuter och innefattar två stängningar respektive öppningar.

På tappvattensidan växades temperaturen mellan kallt och varmt vatten med hjälp av magnetventiler enligt Tabell 1. Kallvattentemperaturen var 15°C och varmvattentemperaturen 65°C. Tre olika temperaturnivåer på primärvattensidan valdes: 65°C, 120°C och 80°C. Dessa tre nivåer är valda eftersom att de representerar normala driftstemperaturer under ett år med sommar, vinter respektive vår och höst. Varje temperatur har körts i 42 dagar, vilket betyder 30 240 cykler per temperaturnivå och 90 720 cykler totalt. Detta skall motsvara den tekniska livslängden hos en fjärrvärme-central på 20 år.

Vid provningsstart kördes en 65-gradig primärtemperatur med ett öppet kärl på primärsidan för att, med hjälp av en rörslinga av metall på golvet, få in syre och

rostpartiklar i systemet och på så vis försöka efterlikna verkligt slitage från korrosion. Vid provning med 120°C och 80°C primärtemperatur kopplades det öppna kärlet bort och testerna gjordes istället i ett slutet system innehållandes rostpartiklar från den föregående provningen vid 65°C.

4.1.1 Provutrustning

Förutom ovan nämnda provningsrigg ingick även följande provutrustning under utvärderingen:

	Identifikationsnummer
Ventiltestningsrigg FV1	ETu-QD CB:7
Radiatorrigg	ETk-QD CA:7
Logger för mätdatainsamling med temperaturgivare typ PT 100	Inv. nr. 202 723
Flödesmätare typ induktiv	Inv. nr. 202 686
Flödesmätare typ ultraljud	s/n nr. 60434153
Flödesmätare typ ultraljud	s/n nr. 60434154
Flödesmätare typ ultraljud	s/n nr. 60434155
Flödesmätare typ ultraljud	s/n nr. 60434156
Flödesmätare typ ultraljud	s/n nr. 60434157

4.2 Utvärderade varmvattenregulatorer

Grundkriteriet vid val av analyserade varmvattenregulatorer var att de skulle finnas installerade på marknaden idag och tillsammans utgöra majoriteten av marknadsandelen. Till slut valdes fyra olika typer ut från tre olika tillverkare: AVTQ och PTC2 (Danfoss) samt Samson 2432N och Siemens RVD144. Tanken var från början att även en femte regulator skulle analyseras men det företaget gick i konkurs under projektets uppstart och valet gjordes då att utesluta den. Samtliga provade varmvattenregulatorer har utrustats med samma typ av värmeväxlare som vid normal drift.

4.2.1 Danfoss AVTQ

AVTQ tillverkas, tillsammans med PTC2, av Danfoss och är en självverkande termostatisk ventil som reglerar tappvarmvattnet och använder flödeskompensering, se Figur 3 på sidan 17.

När man tappar varmvatten kommer flödet genom styrventilen att skapa ett tryckfall som används för att höja temperaturnivån från tomgångs- till avtappnings-temperaturen. Denna temperaturhöjning medför att regulatorn öppnas för genomströmning på fjärrvärmesidan respektive stänger när temperaturen åter sänks till tomgångsdrift. Tomgångsdriften säkrar mot en kall fjärrvärmeledning ^[3].



Figur 3 Danfoss AVTQ monterad i provningsriggen

4.2.2 Danfoss PTC2

PTC2 är precis som AVTQ en flödeskompenserande temperaturregulator som styrs med hjälp av tryckskillnader och temperaturreglering med hjälp av en bulb med expanderande gas, se Figur 4 på sidan 18.



Figur 4 Illustration av Danfoss PTC2

4.2.3 Samson 2432N (ICS)

Till skillnad från de övriga termiska varmvattenregulatorerna är flödesvakten konstruerad så att den styrs med hjälp av temperaturen i värmeväxlaren. Ett gasfyllt membran på insidan av värmeväxlaren är kopplat till ventilen och då temperaturen blir för hög i värmeväxlaren regleras flödet ner. Eftersom att värmeväxlarna endast är inkopplade på sekundärsidan vid långtidsprovet i detta projekt så har inte Samson-ventilens funktion vid flödesstopp aktiverats. Dock är det samma mekaniska funktion som stänger och öppnar ventilen vid höga respektive låga temperatur som vid flödesstopp, se Figur 5 på sidan 19. Detta innebär att Samson-regulatorn utstår hälften så många cykler som de övriga regulatorerna under tappcyklerna.



Figur 5 Översiktsbild på Samsons reglerventil

4.2.4 Siemens RVD144

Elektrisk varmvattenreglering med hjälp av en reglercentral, se Figur 6, ett ställdon, en yttemperaturgivare och en flödesvakt.

När en varmvattenkran öppnas påverkas flödesvakten på kallvattenregleringen. Den ger då en signal till reglercentralen RVD144 att snabbt starta regleringen. Samtidigt börjar varmvattengivaren QAD21 att reglera fjärrvärmevattnet via reglercentral-ställdon/ventil SQS359.05/VVG549 så att varmvattnet får en temperatur på ca 50°C^[4].



Figur 6 Siemens RVD144 elektriska reglercentral

4.3 Utvärderingsmetod och kriterier

För att utvärdera långtidsegenskaperna hos de fyra analyserade varmvattenregulatorerna användes två metoder, flödeskaraktärisering och provning enligt certifiering av fjärrvärmecentraler (F:103-7). Data för dessa metoder samlades in med 1 Hz respektive 5 Hz och loggades sedan i mätdatafiler.

För att verifiera att varmvattenregulatorerna är tillräckligt nötningsbeständiga för att klara av långtidstestet så togs tre generella kriterier för godkännande fram:

- Varmvattenregulatorn ska klara av att reglera ner flödet vid höga temperaturer på primärsidan,
- reglera upp flödet vid lägre temperaturer samt
- att reglera ner vid ett flödesstopp på tappvattensidan.

Förutom dessa grundläggande krav så gjordes även en utvärdering med hjälp av den gällande provstandarden för certifiering av fjärrvärmecentraler (F:103-7). På så sätt blev det möjligt att utvärdera regulatorernas regleringsegenskaper på en mer detaljerad och kvantitativ nivå.

4.3.1 Flödeskaraktäristik

För att bestämma flödeskaraktäristiken användes en induktiv flödesmätare på totalflödet vilket betyder att mätningarna gjordes på en regulator i taget. Mätvärdena för totalflödet samt tappvatten- och primärtemperatur loggades varje sekund för att få tillräckligt hög upplösning. Flödeskaraktäristiken gav då en detaljerad bild över regulatorns beteende under varje tappvattencykel, vilket gjorde det möjligt att se om den uppträdde enligt de krav som ställs på öppning och stängning vid kallt respektive varmt vattenflöde.

På grund av den induktiva mätarens känslighet mot främmande partiklar så begränsades dessa mätningar till ett fåtal, i tiden, strategiskt placerade och kortare tillfällen: vid provstart, innan byte till 120°C, innan byte till 80°C samt vid avslutat test.

4.3.2 Utvärdering av regleregenskaperna enligt F:103-7

Vid en certifiering av en fjärrvärmecentral sker provningen enligt F:103-7 och innehåller ett antal moment som testar centralens statiska och dynamiska prestanda ^[1]. I det här fallet, vid utvärdering av varmvattenregulatorernas långtidsegenskaper kommer provning att ske enligt provpunkt 4 och 5.2 från F:103-7, se Tabell 2 på sidan 21. Detta ska representera ett sommarfall (provpunkt 4) med låg framledningstemperatur och lågt differenstryck samt ett vinterfall med hög framledningstemperatur och högt differenstryck (5.2). Valet av dessa två provpunkter grundar sig i att de historiskt sett är svårast att klara av vid en certifiering av en fjärrvärmecentral. Provningen sker utefter förbestämda tappcykler där man mäter tiden det tar för varmvattentemperaturen att stabilisera sig. Gränsvärden finns även för maximal temperatur-avvikelse och översvängning.

Tabell 2 Provpunkter för certifiering av fjärrvärmecentraler enligt F:103-7

Provpunkt	Primär framledningstemperatur [°C]	Differenstryck
4	65	$\Delta p_1 = 0,100 \text{ MPa}$
5.2	100	$\Delta p_1 = 0,600 \text{ MPa}$

Detta test är till som ett komplement till flödeskaraktäriseringen för att kvantitativt kunna verifiera huruvida varmvattenregulatorn - efter ett långtidstest - står sig gentemot de krav som ställs vid ursprunglig certifiering¹.

¹ Samtliga provade varmvattenregulatorer har använts i en eller flera P-märkta fjärrvärmecentraler och har således genomgått och godkänts enligt F:103-7

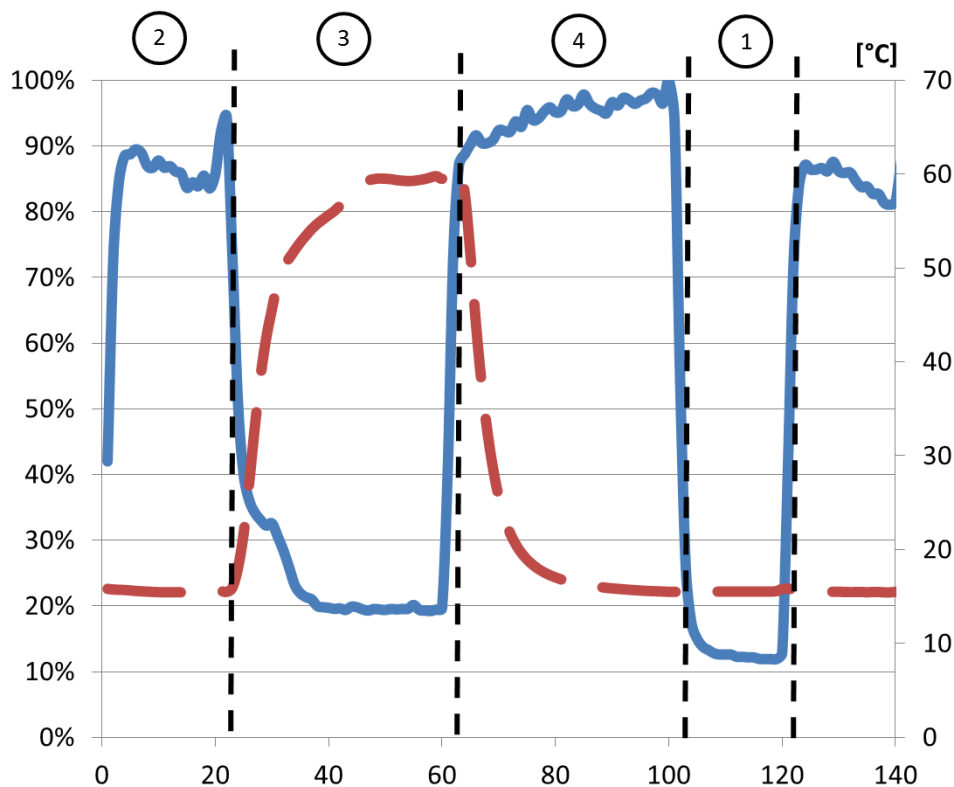
5 PROVRESULTAT

5.1 Referensmätning av flödeskaraktäristik

För att skapa referenspunkter över flödeskaraktärstiken för att senare kunna användas för utvärderingen av långtidsegenskaperna gjordes mätningarna då regulatorerna var nyinstallerade och levererade direkt från tillverkaren.

5.1.1 Danfoss AVTQ

Figur 7 ger en bild över flödeskaraktärstiken för den nyinstallerade AVTQ-regulatorn och hur den reagerar på ändringar av tappvattenflödet. Mätningarna visar en temperaturcykel av tappvattenflödet med en dataupplösning på 5 sekunder.



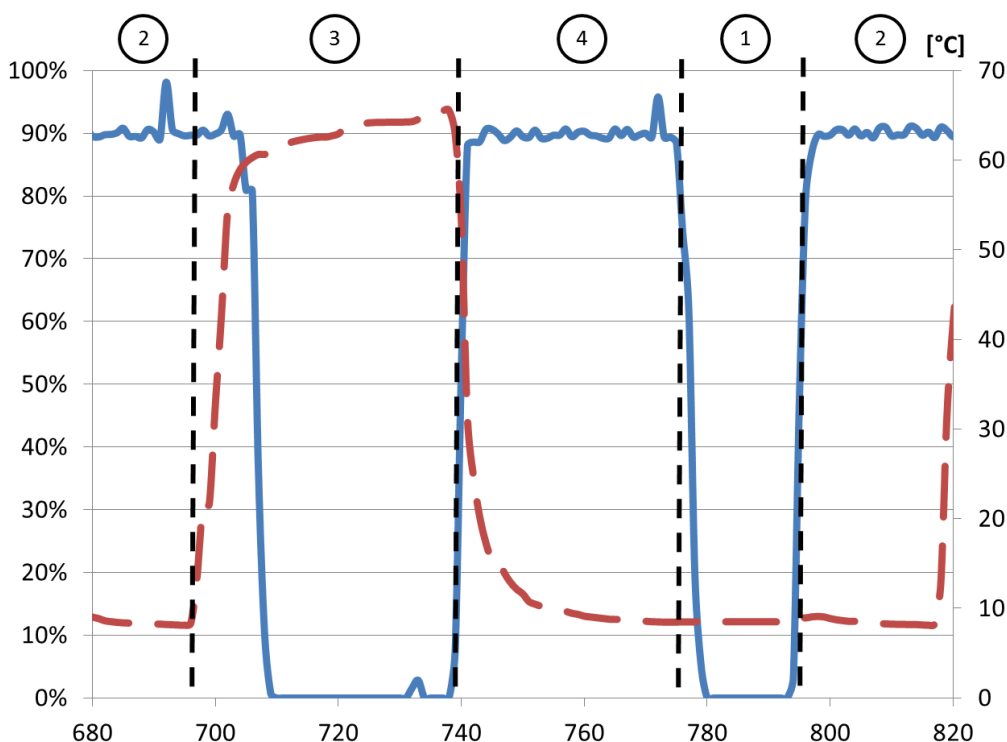
Figur 7 Referensmätning av flödeskaraktärstiken för Danfoss AVTQ under 140 sekunders mätning. Tappvattentemperatur är markerad med streckad linje och det normaliserade flödet med heldragen linje. Siffrorna ovanför grafen representerar testsekvenserna från Tabell 1 på sidan 14.

Man kan tydligt se att regulatorn öppnar upp då temperaturen på tappvattnet är lågt (sekvens 2 i Tabell 1 på sidan 14) för att sedan stängas då temperaturen ökar (3). Vid maximal temperatur på primärsidan fås ett flöde kring 20 % och på liknande sätt fås ett maximalt flöde kring 90 % vid lägsta temperaturen på primärsidan. En möjlig anledning till att flödet inte går ner helt är på grund av regulatorns inbyggda

tomgångsfunktion. Efter 60 sekunder matas återigen kallt vatten genom kretsen och regulatören öppnar då upp sig (4). Efter det att regulatören har matats med en vattentemperatur på 15°C så sker ett pumpstopp för att verifiera att regulatorns flödesvakt fungerar som den ska och reglerar ner flödet (1). I det här fallet sker nedregleringen till ett flöde på drygt 10 % av maximalflödet. Ett litet hopp i tappvattentemperaturen kan observeras i Figur 7 på sidan 22 och symboliserar matningen av kallvatten efter pumpstoppet (kan ses efter 120 sekunder) .

5.1.2 Danfoss PTC2

Likt Danfoss AVTQ så svarar PTC2 väldigt bra på upp- och nedreglering vid kallt respektive varmt tappvattenflöde. Funktionen för flödesstopp fungerar också, vilket kan ses i Figur 8 efter cirka 775 sekunder.

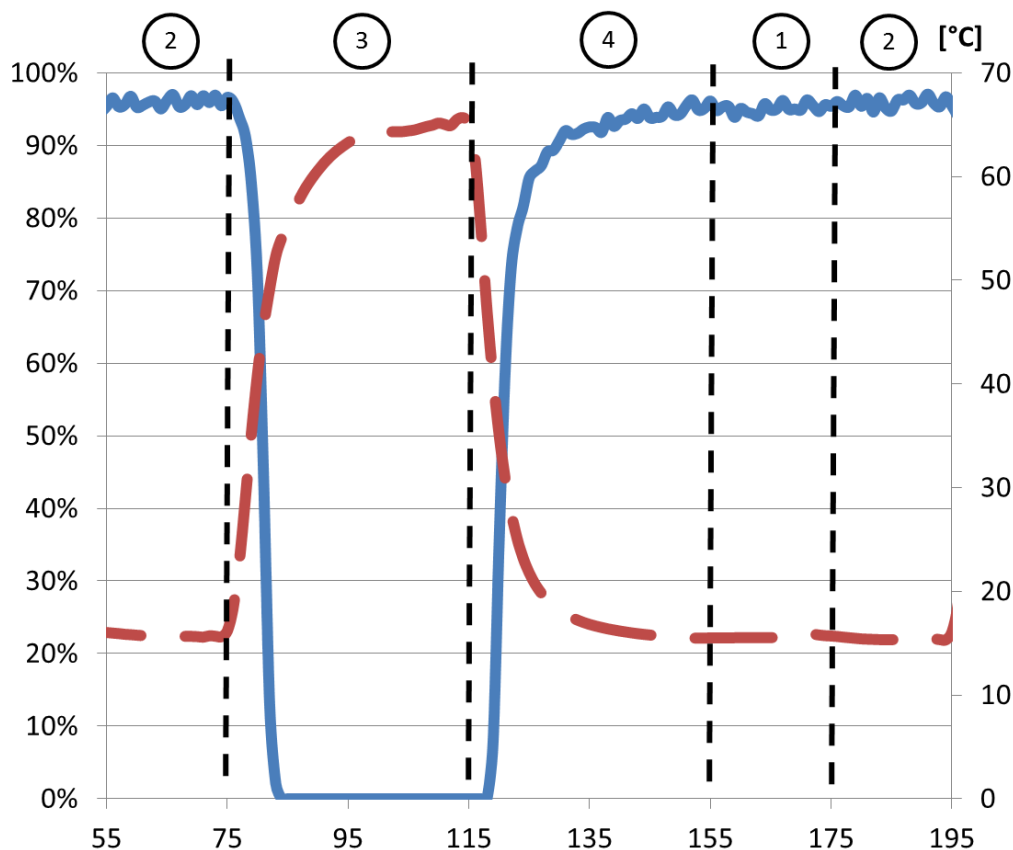


Figur 8 Referensmätning av flödeskaraktärstiken för Danfoss PTC2 under 140 sekunders mätning. Notera att mätningen är tagen vid en annan tidpunkt men representerar fortfarande en hel sekvenscykel enligt Tabell 1. Tappvattentemperatur är markerad med streckad linje och det normaliserade flödet med heldragen linje. Siffrorna ovanför grafen representerar testsekvenserna från Tabell 1 på sidan 14.

5.1.3 Samson 2432N (ICS)

Eftersom att Samsons flödesvakt endast fungerar vid en sammankoppling med värmewäxlarens primärsida så fås hälften så många öppningar och stängningar som de andra

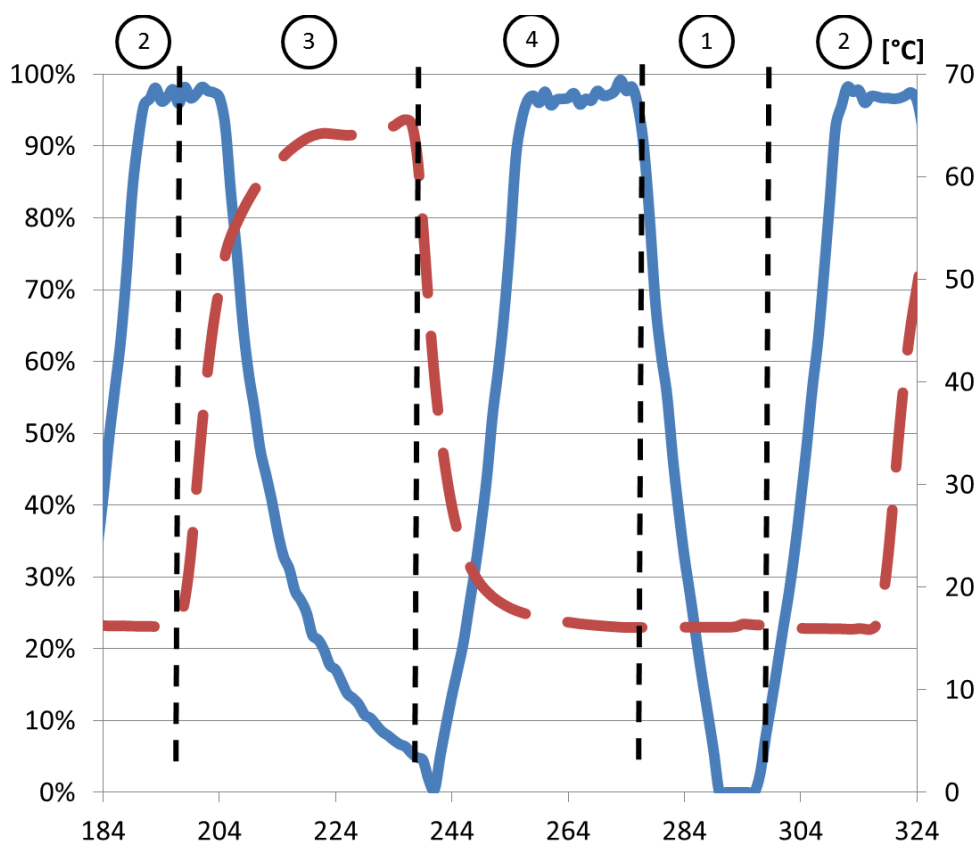
regulatorerna under den simulerade testcykeln, se Figur 9. I och med detta är det inte möjligt att verifiera huruvida denna funktion fungerar under långtidsprovningen. Man kan dock tydligt se att de två övriga kriterierna för öppning och stängning är lätta att urskilja med hjälp av flödeskaraktärstiken.



Figur 9 Referensmätning av flödeskaraktärstiken för Samson 2432N (ICS) under 140 sekunders mätning. . Notera att mätningen är tagen vid en annan tidpunkt men representerar fortfarande en hel sekvenscykel enligt Tabell 1 på sidan 14. Tappvattentemperatur är markerad med streckad linje och det normaliserade flödet med heldragen linje. Siffrorna ovanför grafen representerar testsekvenserna från Tabell 1 på sidan 14.

5.1.4 Siemens RVD144

Konsekvenserna av Siemens elektriska reglering är att den ger en långsammare reglering jämfört med de andra regulatorerna. I Figur 10 på sidan 25 kan man se att upp- och nedregleringen av flödet tar längre tid än de andra, speciellt vid höga tappvattentemperaturer. Dock uppfyller den de generella kraven specificerade ovan vad gäller upp- och nedreglering vid kallt respektive varmt tappvattenflöde samt nedreglering vid pumpstopp.

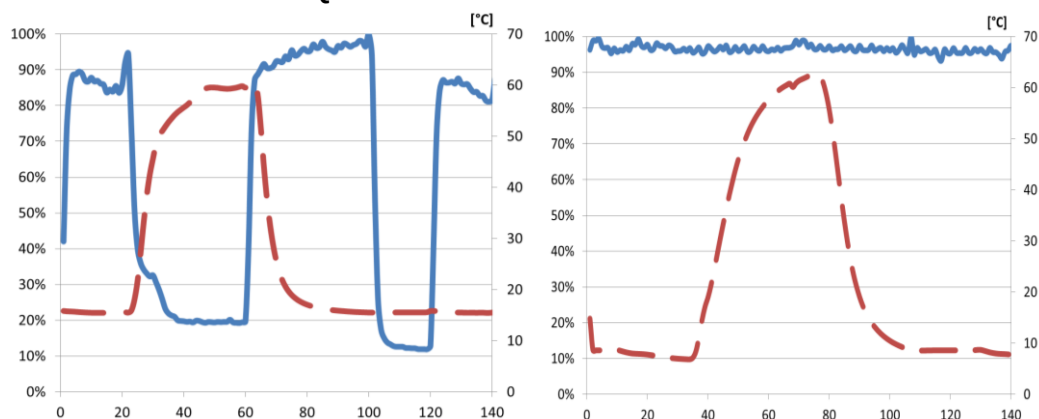


Figur 10 Referensmätning av flödeskaraktärstiken för Siemens RVD144 under 140 sekunders mätning. Notera att mätningen är tagen vid en annan tidpunkt men representerar fortfarande en hel sekvenscykel enligt Tabell 1. Tappvattentemperatur är markerad med streckad linje och det normaliserade flödet med heldragen linje. Siffrorna ovanför grafen representerar testsekvenserna från Tabell 1 på sidan 14.

5.2 Jämförelse av flödeskaraktärstik

För att utvärdera huruvida varmvattenregulatorns egenskaper har klarat sig efter ett långtidstest görs här en jämförelse mellan flödeskaraktärstiken hos referensmätningen och efter avslutat test. De generella kriterierna över öppning och stängning vid kallt respektive varmt tappvattenflöde utvärderas med hjälp av resultaten.

5.2.1 Danfoss AVTQ

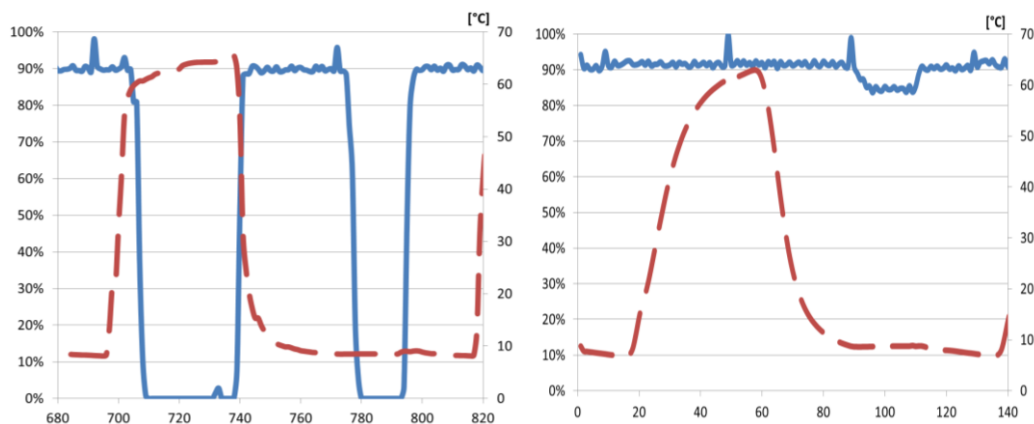


Figur 11 Jämförelse av flödeskaraktärstiken för Danfoss AVTQ före (t.v.) och efter långtidsprovningen (t.h.). Tappvattentemperatur är markerad med streckad linje och det normaliserade flödet med heldragen linje

Från Figur 11 kan man tydligt se att den termiska flödesregleringen för Danfoss AVTQ vid kallt och varmt tappvatten inte fungerar som den ska efter långtidsprovningen. Det normaliserade flödet ligger konstant kring 100 % och reagerar inte alls vid temperaturförändringar på tappvattensidan. Inte heller ger den inbyggda flödesvakten något utslag på flödesregleringen utan den förblir i öppet läge oberoende av förändringarna på tappvattensidan.

Med andra ord så har inte Danfoss AVTQ klarat av de krav som ställdes i detta test över långtidsegenskaperna.

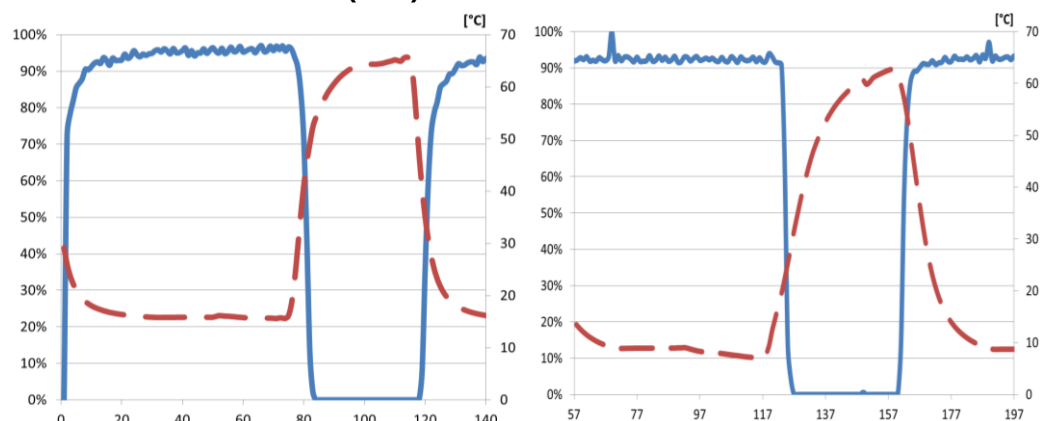
5.2.2 Danfoss PTC2



Figur 12 Jämförelse av flödeskaraktäristiken för Danfoss PTC2 före (t.v.) och efter långtidsprovningen (t.h.). Noterbart är att det är samma temperaturcykel fastän de är tagna vid olika tillfällen. Tappvattentemperatur är markerad med streckad linje och det normaliserade flödet med heldragen linje

Figur 12 visar hur regleringen för Danfoss PTC2 inte längre klarar av att reglera som den ska efter långtidstestet. Regulatorn svarar inte längre på den termiska regleringen utan står i öppet läge hela tiden. Noterbart är att en liten reaktion fås vid flödesstopp på primärsidan då flödet går ner, dock är detta långt ifrån den ursprungliga prestandan.

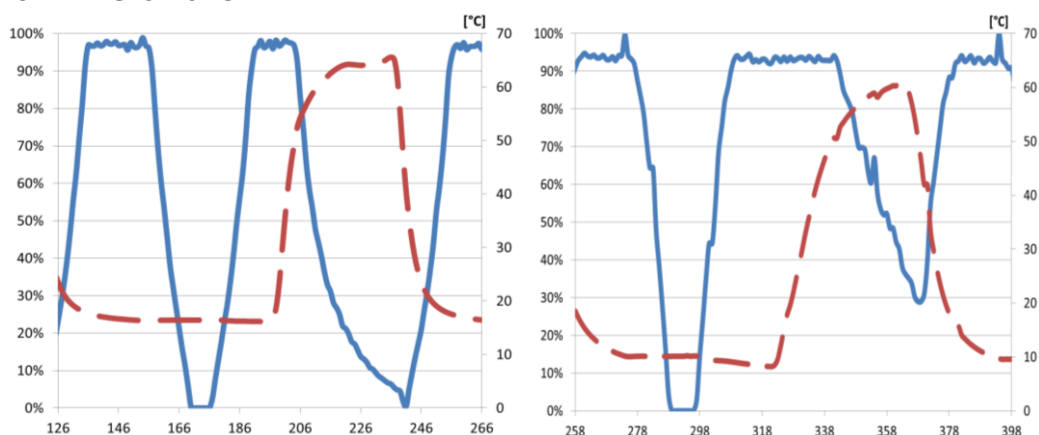
5.2.3 Samson 2432N (ICS)



Figur 13 Jämförelse av flödeskaraktäristiken för Samson 2432N före (t.v.) och efter långtidsprovningen (t.h.) Noterbart är att det är samma temperaturcykel fastän de är tagna vid olika tillfällen. Tappvattentemperatur är markerad med streckad linje och det normaliserade flödet med heldragen linje

Regleregenskaperna för Samson 2432N visar sig vara intakt efter det utförda långtidstestet med avseende på öppning och stängning vid kallt respektive varmt tappvattenflöde, se Figur 13 på sidan 27. Någon verifiering av flödesstoppfunktionen var inte möjligt i detta fall med hänsyn till vad som tidigare nämnts gällande denna funktions arbetsprincip och utförande.

5.2.4 Siemens RVD144



Figur 14 Jämförelse av flödeskaraktärstiken för Siemens RVD144 före (t.v.) och efter långtidsprovningen (t.h.). Noterbart är att det är samma temperaturcykel fastän de är tagna vid olika tillfällen. Tappvattentemperatur är markerad med streckad linje och det normaliserade flödet med heldragen linje

Den elektriska regleringen hos Siemens-regulatorn har också klarat av de generella kraven vid långtidstestet – stäng flödet vid flödesstopp och varmvattenflöde samt öppna vid kallt vattenflöde, se Figur 14.

Noterbart är dock att den, till skillnad från referensmätningen, inte stänger helt vid varmvattenflöde. Detta beror på att nedregleringen av flödet vid varmt tappvattenflöde är trögare och tar längre tid och att den därför inte hinner ner hela vägen innan kallvattenflödet slås på.

5.3 Provning enligt F:103-7

Som ett komplement till den generella provningen av reglerfunktionerna har även en kvantifierbar provning enligt F:103-7 utförts. Provningsen har gjorts oberoende av resultaten från tidigare långtidsprovning, det vill säga att alla regulatorer är inkluderade, även de som inte uppfyllde de grundläggande kraven.

Kraven för att lyckas enligt F:103-7 är att regulatorn klarar av att reglera in tappvattentemperaturen, t_{32} , inom 100 sekunder efter en förändring av varmvattenflödet, q_3 enligt de förbestämda cyklerna definierade i Tabell 2 på sidan 21. Vidare ska tappvattentemperaturen, t_{32} regleras in inom 50-60°C för båda testcyklerna

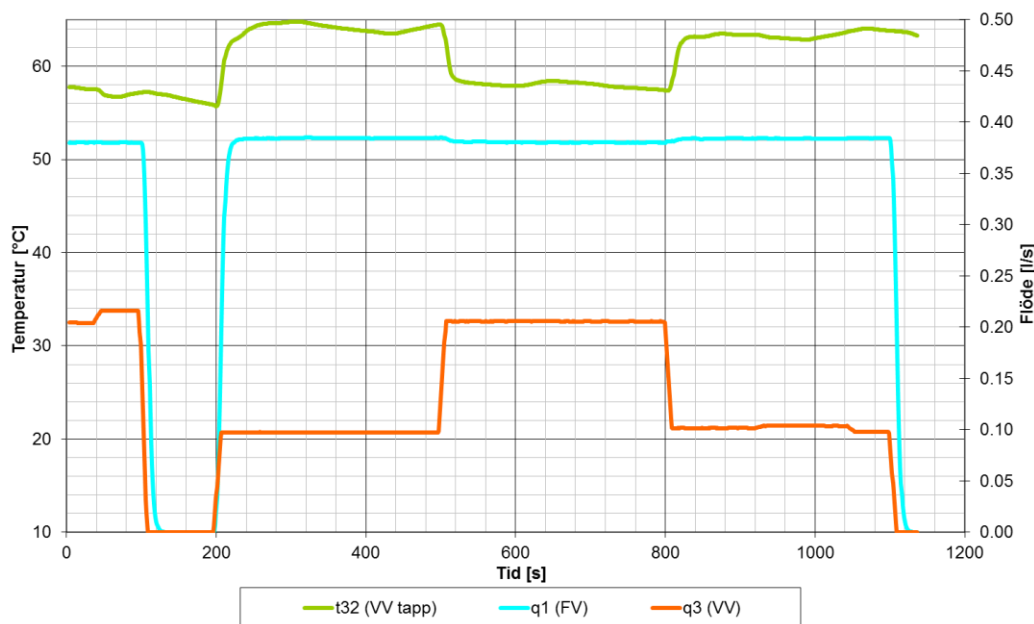
(framledningstemperaturerna 65°C och 100°C) med samma regulatorinställningar. Temperaturen t_{32} definieras som tappvattentemperaturen i utgående ledning nära växlaren.

5.3.1 Danfoss AVTQ

Figur 15 visar resultatet för Danfoss AVTQ vid provning enligt F:103-7. Noterbart är att primärflödet är konstant (q_1) och svarar inte alls som den borde på den termiska regleringen, däremot fungerar flödesvakten som den ska och stänger flödet helt då tappvattenflödet är noll. Regulatorn lägger sig alltså i öppet läge så fort den känner av att det finns ett flöde på tappvattensidan. Detta medför att regulatorn inte går att styra ner till en tappvattentemperatur inom det tillåtna området på 50-60°C.

Vidare så fås en förändring av tappvattentemperaturen, t_{32} då dess flöde ökar. Eftersom att flödet på primärsidan står i helt öppet läge så kommer tappvattentemperaturen väldigt nära framledningstemperaturen på primärsidan.

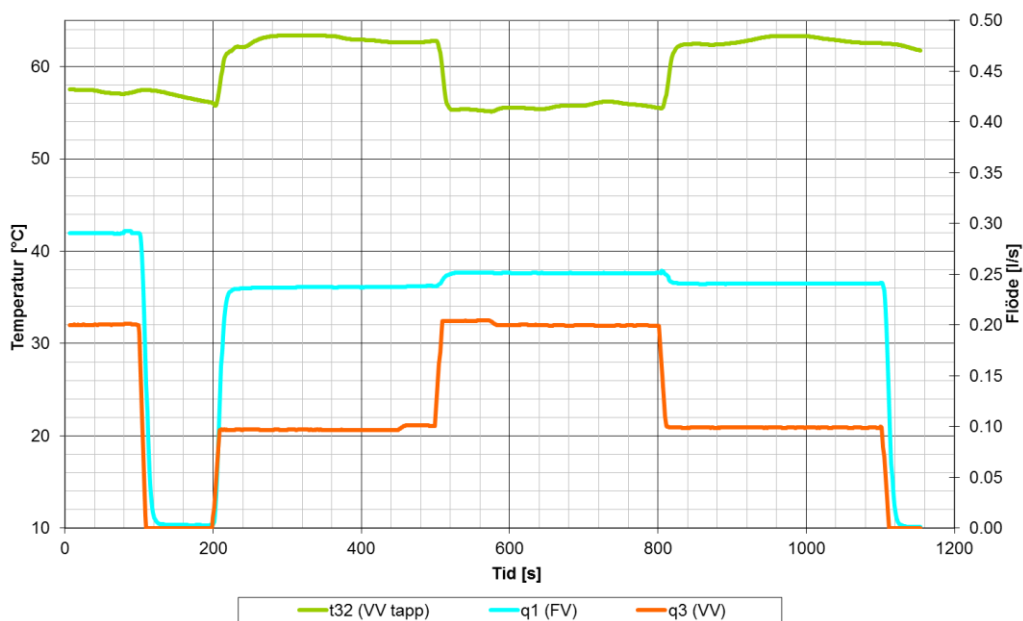
Då regulatorn inte klarade av de krav som gällde vid den lägre framledningstemperaturen (65°C) så gjordes ingen fortsatt provning vid vinterfallet (100°C). Ett sådant test skulle innebära att tappvattentemperaturen skulle lägga sig väl över den tillåtna gränsen, vilket i praktiken skulle resultera i skållning vid tappstället.



Figur 15 Resultatet från Danfoss AVTQ vid provning enligt F:103-7 och en framledningstemperatur på 65°C

5.3.2 Danfoss PTC2

Danfoss PTC2 visar på samma beteende som AVTQ och ligger konstant i öppet läge så fort att den känner av ett flöde på tappvattensidan, vilket betyder att den termiska regleringen inte alls fungerar som den ska, se Figur 16. Temperaturminskningen vid 500 s beror på att tappflödet ökar från 0,1 till 0,2 l/s.



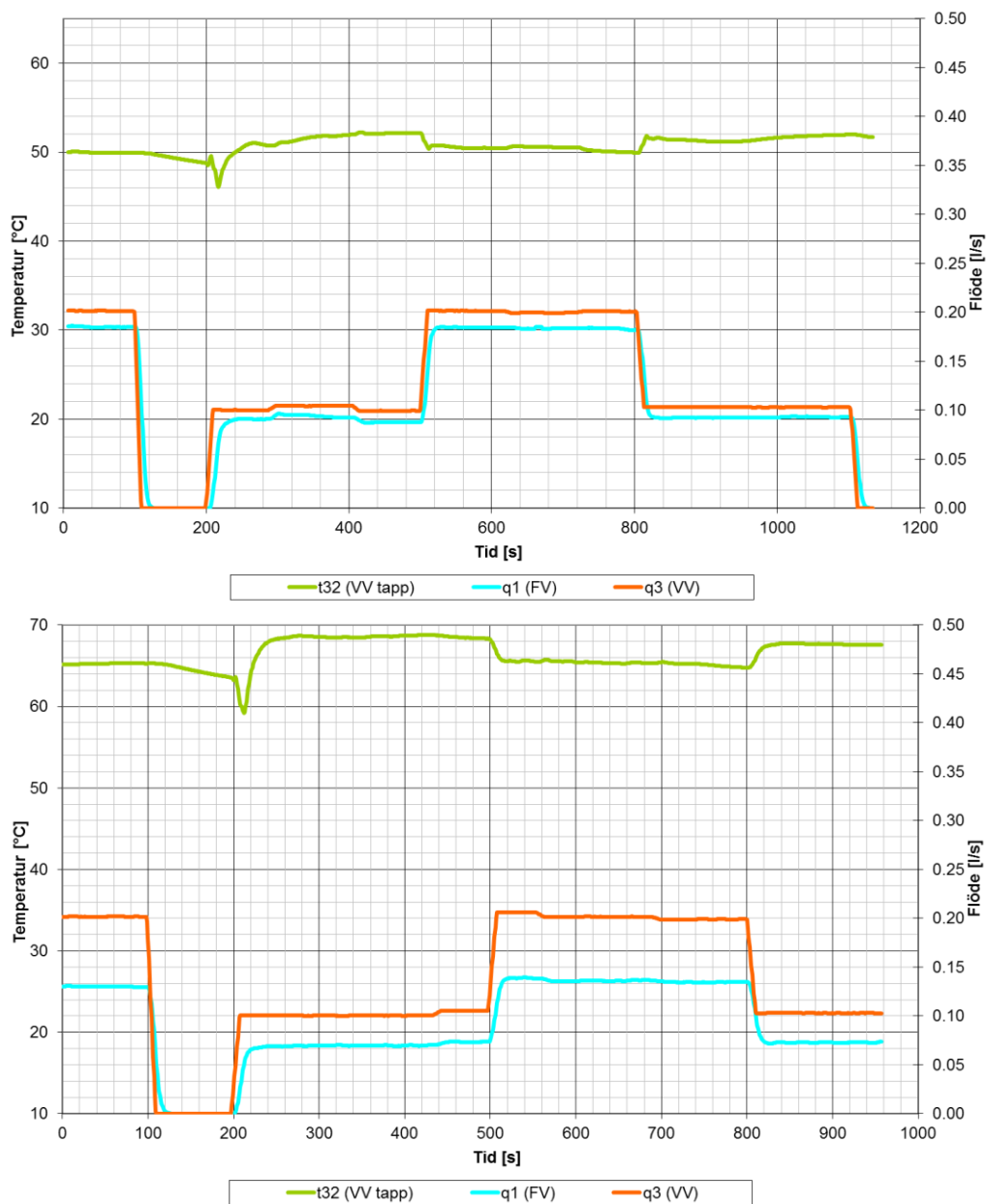
Figur 16 Resultatet från Danfoss PTC2 vid provning enligt F:103-7 och en framledningstemperatur på 65°C

5.3.3 Samson 2432N (ICS)

Vid en framledningstemperatur på 65°C så fungerar den termiska regleringen precis som den ska och lägger sig inom det tillåtna intervallet på 50-60°C inom 100 sekunder från de att flödet ändras, se Figur 17 på sidan 32. Flödet på primärsidan har också samma karaktäristik som tappvattensidan, vilket tyder på att den termiska regleringen svarar som den ska. Även funktionen för flödesvakten testas, vilket inte har kunnat göras förut och bekräftar att den fungerar som den ska efter långtidsprovningen.

En ökning av framledningstemperaturen (undre bilden) medför dock att tappvattentemperaturen reglerar in sig över den tillåtna max-nivån på 60°C, vilket inte är godkänt enligt provningsstandarderna.

Som tidigare nämnts så har alla fyra testade regulatorer tidigare genomgått provningen enligt F:103-7 och blivit godkända. Samson-regulatorn provades tidigare med en tappvattentemperatur på 52°C för sommarfallet och fick ett temperaturlyft på omkring 6°C vid en ökning av framledningstemperaturen till 100°C. Intressant är att man i detta fall kan se att temperaturlyftet från sommar- och vinterfallet ökat till omkring ~15°C (från 50 till 65°C).

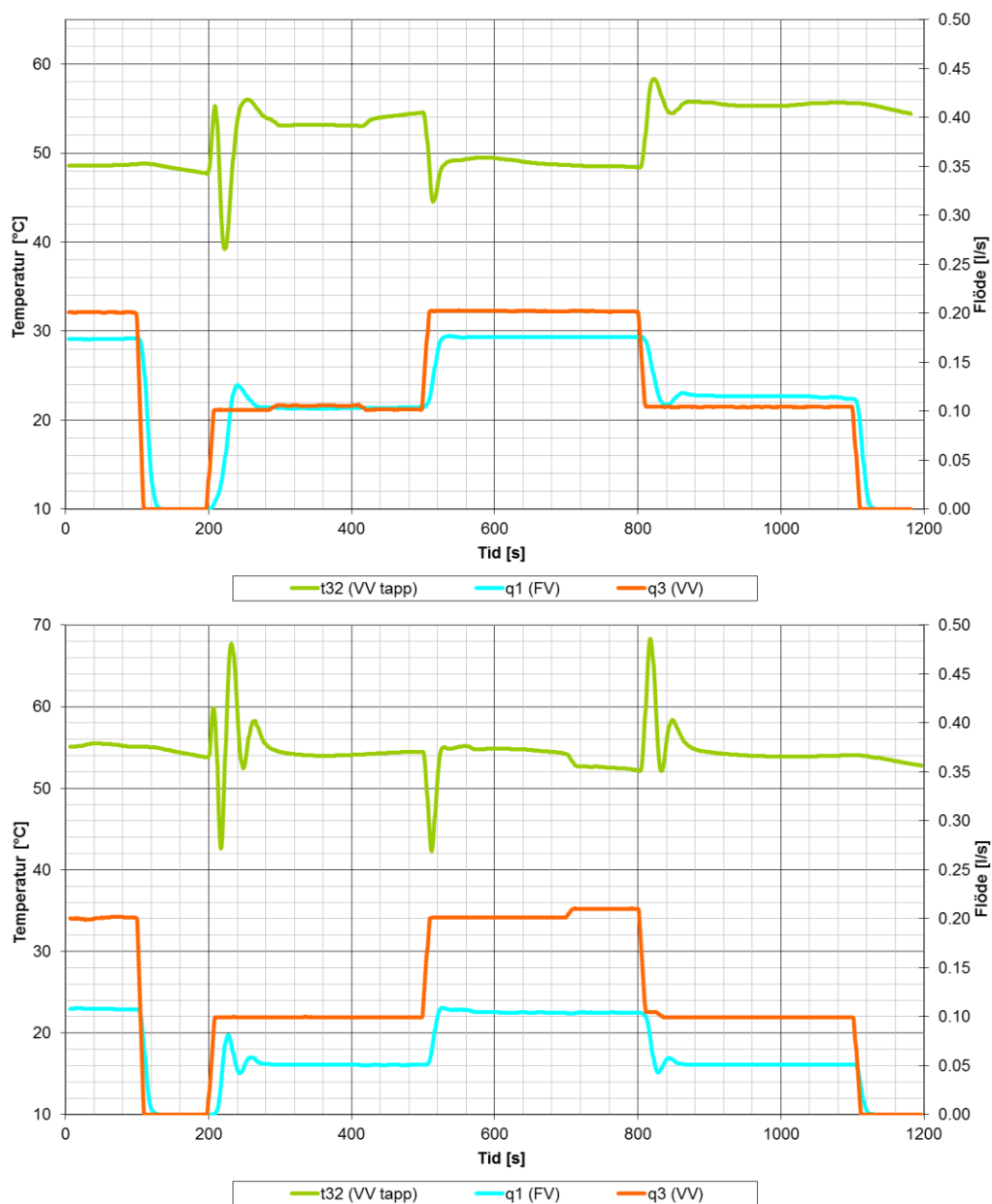


Figur 17 Resultatet för Samson 2432N (ICS) vid provning enligt F:103-7 och en framledningstemperatur på 65°C (övre bilden) och 100°C (undre bilden)

5.3.4 Siemens RVD144

Figur 18 på sidan 33 visar att Siemens RVD144 inte klarar av att reglera in sig på rätt nivå vid den lägre framledningstemperaturen och det högre flödet enligt de krav som ställs i standarden. Ställdonet stod i fullt öppet läge, trots detta släppte styrventilen inte igenom tillräckligt flöde för att nå 50°C.

I det andra fallet så kompenseras detta med hjälp av en högre temperatur på primärsidan så kravet för inreglering är godkänt (undre bilden). I båda fallen kräver dock regulatorn en längre tid för tappvattentemperaturen att stabilisera sig jämfört med de termiska regulatorerna, dock klarar den av det inom kravet på 100 sekunder.



Figur 18 Resultatet för Siemens RVD144 vid provning enligt F:103-7 och en framledningstemperatur på 65°C (övre bilden) och 100°C (undre bilden)

5.4 Visuell besiktning under/efter provningen

Under provningen övervakades provobjekten regelbundet och efter provningen gjordes en noggrannare visuell besiktning av de fyra provobjekten.

5.4.1 Missljud från ställdon

Ställdonet till Siemens regulator började låta efter två veckors provning och bestod under hela provtiden. Missljudet uppkom då ställdonet var i fullt öppet läge och berodde sannolikt på ett slirande kugghjul i ställdonet.

5.4.2 Gasläckage

Vid den visuella besiktningen efter misstänktes gasläckage på PTC2 och AVTQ då dessa i princip slutat reglera helt. Med hjälp av ett snitt i kapillärröret fastlades att PTC2 inte hade någon gas kvar i bulb/kapillärrör och att detta är en trolig orsak till att ventilen slutat reglera. AVTQ-ventilen hade gas kvar och där kunde ingen tydlig felorsak identifieras.

6 DISKUSSION

Eftersom att Samsons flödesvakt enbart fungerar tillsammans med en inkopplad värmeväxlare, då den reagerar på temperaturskillnaderna i densamma, så har det inte varit möjligt att prova denna funktion under långtidsprovningen. Anledningen är att man annars skulle blivit tvungen att köra med värmeväxlarens primärsida inkopplad och därmed hela tiden tvingats spola bort det uppvärmda vattnet, något som ansågs som ett energi- och pengasvinn, därför valdes det alternativet bort. I och med att funktionen för flödesstopp utgör 50 % av regulatorns flödesregleringar under en hel sekvenscykel (definierat enligt Tabell 1 på sidan 14) så betyder det att Samson under långtidsprovningen totalt sett bara genomgått hälften så många öppningar och stängningar. Å andra sidan, eftersom att den termiska regleringen – och i Siemens fall den elektriska – är principiellt skild från den vid flödesstopp så kommer alla regulatorer att testas lika många gånger för just dess termiska reglering.

Noterbart från provresultaten vad gäller referensmätningarna av flödeskaraktärstiken är att alla regulatorer förutom Danfoss AVTQ stänger ner helt vid kallt flöde och vid flödesstopp. Anledningen till att Danfoss AVTQ inte gör det är att man i och med detta vill undvika att fjärrvärmeledningarna står utan flöde, vilket kan resultera i att de fryser sönder vintertid. Funktionen kallas tomgångskörning. Å andra sidan är resultatet från det här testet inte riktigt applicerbart vad gäller utredandet av tomgångsfunktionen för alla testade regulatorer. Tidigare certifiering har undersökt tomgångsfunktionen hos befintliga varmvattenregulatorer och det har visat sig att vissa kräver ett längre stopp innan tomgångsfunktionen börjar fungera ^[5]. Exempel från en tidigare provade varmvattenregulator är att de inledningsvis stänger ner flödet helt och att de sedan efter några minuter tillåter ett mindre konstant flöde.

Vid provning enligt F:103-7 så gjordes inga mätningar för Danfoss AVTQ och PTC2 vid den högre framledningstemperaturen med anledning av att de inte klarade av att uppfylla kriterierna vid den lägre (65°C) och ansågs därmed som underkända. Samma slutsats kan dock dras för Siemens-regulatorn om man strikt ska följa de kriterier som anges i standarden, och vidare provning kan därför tyckas överflödig. Resonemangen var dock att marginalen till godkänt var så pass litet (< 1°C) och att denna skillnad inte är märkbar i verkligheten, vilket motiverade en fortsatt provning.

Flödesvakten för de två Danfoss-regulatorerna skiljde sig mellan långtidsprovningen och provningen enligt F:103-7. I karaktäristikprovningen fungerade inte flödesvakten efter långtidstestet medan den fungerade i provningen enligt F:103-7, se Figur 15 och Figur 16 på sidorna 29-30. Den största skillnaden i testförhållande mellan dessa två prov är trycket på primär- och sekundärsida. Tappvattentrycket är lägre i provningen enligt F:103-7 (4 bar) och primärtrycket högre (5 bar).

Skillnaden i temperatur på sekundärsidan (från 15 till 65°C) är större än i verkligheten. Då småhuscentraler har en varmhållningsfunktion så sjunker temperaturen vid temperatursensorn sällan under 45°C. Att temperaturvariationen är större i provet kan innebära större påfrestningar på materialen i regulatorn.

Temperaturerna som valdes på primärsidan (65, 80 och 120°C) representerar framledningstemperaturer. Varmvattenregulatorer sitter nästan uteslutande på retursidan, vilket innebär betydligt lägre temperaturer, runt 45°C. Högre temperaturer innebär större påfrestningar på material i varmvattenregulatorn. Samtidigt gjordes detta prov under fyra månaders tid. I verkligheten ska ventilerna hålla i 20 år.

7 SLUTSATS

Långtidsprovningen visar att den termiska regleringen hos Danfoss AVTQ och PTC2 inte håller samma prestanda före och efter. Resultatet efter provningen visar att regulatorn ställt sig i helt öppet läge och att den inte svarar på temperaturförändringar i tappvattenflödet. Samson-regulatorn klarade av att kompensera för ändrade tappvattentemperaturer efter långtidsprovningen utan några anmärkningar. Den elektriska Siemens-regulatorn klarade också av de generella krav som ställdes av långtidsprovningen – öppna vid kallt och stänga vid varmt flöde, dock noterades en viss förändring av karaktäristiken.

Resultatet från provningen enligt F:103-7 visar att ingen av de fyra regulatorerna klarar P-märkningskraven efter uthållighetstestet. Danfoss-regulatorerna svarar inte alls på den termiska regleringen medan de andra två är nära att klara kraven. Samson-regulatorn faller på att temperaturskillnaden mellan sommar- och vinterfall är för stort, den klarar alltså inte att hålla temperaturen mellan 50°C och 60°C i båda proven med samma inställningar. Med temperaturen justerad till strax över 50°C för sommarfallet stiger temperaturen till närmare 69°C för vinterfallet. Siemens-regulatorn klarar inte att leverera 50°C för sommarfallet. Trots att ställdonet står fullt öppet når temperaturen högst 49°C vid ett tappningsflöde på 0,2 l/s.

Slutsatsen från provningen av varmvattenregulatorernas långtidsegenskaper är att Siemens elektriska regulator är den som klarat sig bäst, följt av Samson. De båda Danfoss-regulatorerna höll inte alls under långtidsprovningen, vilket även bekräftades vid provningen enligt F:103-7 då den termiska regleringen inte alls svarade som den skulle.

8 REFERENSER

- [1] Svensk fjärrvärme, *Certifiering av fjärrvärmecentraler*. 2009, Tekniska bestämmelser | F:103-7, ISSN 1401-9264
- [2] Alsbjer, M., Wahlgren, P., *Fjärvärmecentraler 10 år – håller de måttet?*, 2011. Fjärrsyn - Rapport 2011:9, ISBN 978-91-7381-077-7.
- [3] Danfoss, *Flödeskompenserad termostatisk ventil AVTQ*, D. VVS, Editor 1999.
- [4] SweTherm, *SweTherm Villaprefab DRIFT & SKÖTSEL RF/S-TPD B-utförande med patenterat TPD-system*, S. AB, Editor 2010.
- [5] Svensk fjärrvärme. *Certifierade fjärrvärmecentraler*. 2012 [Hämtad: 2012 21 december]; Tillgänglig:
<http://www.svenskfjarrvarme.se/Medlem/Fokusomraden-/Kundanlaggningar/Certifiering/Certifierade-centraler/>.

VARMVATTENREGULATORERS LÅNGTIDSEGENSKAPER

Här har ett antal varmvattenregulatorer för fjärrvärme undersökts för att se hur de fungerar när de kommit upp i den tekniska livslängden på 20 år. De regulatorer som har valts svarar för merparten av den svenska marknaden och provmetoden har utvecklats i samråd med tillverkarna. Utgångspunkten var att regulatorerna skulle öppnas och stängas det antal gånger som motsvarade antalet i ett normalhushåll under den tekniska livslängden.

De fyra regulatorer som provades är de vanligaste på marknaden och är tillverkade av Danfoss, Siemens och Samson. Två metoder användes, flödeskaraktärisering och provning av regleregenskaper enligt certifiering av fjärrvärmecentraler (F:103-7).

Avsikten är att öka driftsäkerheten och den tekniska livslängden på fjärrvärmecentralerna. Men också att visa vilka förbättringar som bör göras för att minska reparationskostnaderna. Testerna visar att ingen av de fyra marknadsledande typerna av regulatorer med säkerhet skulle klarat P-märkningskraven efter 20 år.