



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

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



ÅKE HALLSTEDT
PER WICKMAN
BO MATSSON

Stockholmsprojektet – effektivare elanvändning i byggnader

R8: 1994

Kv Bodbetjänten och
kv Höstvetet

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400129308

 BYGGFORSKNINGSRÅDET

R8:1994

**STOCKHOLMSPROJEKTET -
effektivare elanvändning i byggnader**

Kv Bodbetjänten och kv Höstvetet

**Åke Hallstedt
Per Wickman
Bo Matsson**



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 900929-9
från Byggeforskningsrådet till Institutionen för byggnadsteknik,
Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm.**

REFERAT

Denna studie har i huvudsak inriktats på driftteknisk optimering i kv Bodbetjänten och kv Höstvetet söder om Stockholm. I kv Bodbetjänten finns både kontor och bostäder medan kv Höstvetet enbart består av bostäder. Bägge byggnaderna har överglasade gårdar.

Med optimering menas här trimning av anläggningarna i förvaltningsskedet. Målet är att uppnå en effektivare tillförsel av luft och varmvatten utan att försämma komforten och inneklimat. Resultaten visar att det finns goda förutsättningar för detta och ger samtidigt underlag för lönsamhetsbedömning och projektering av redovisade åtgärder.

I kv Bodbetjäntens kontorslokaler är luftflödet dimensionerat för sommardriftfallet. Vid detta driftfall krävs betydligt högre luftflöde än under uppvärmningsperioden då inget kylbehov finns. Under den största delen av uppvärmningsperioden är ett lägre luftflöde tillräckligt. En nedvarvning av fläktarna i kv Bodbetjänten under vissa delar av året beräknas reducera behovet av driftel och värme med drygt 35 MWh per år. Återbetalningstiden för investeringen är mycket kort, mellan 1 och 2 år.

Med kännedom om cirkulationsflödet i varmvattenkretsen har minskade värmeförluster med hjälp av ny styr- och reglerstrategi beräknats till mellan 10 MWh och 15 MWh per år. Minskad driftel till cirkulationspumpen beräknas till mellan 1 och 2 MWh per år. Även här är återbetalningstiden kort, ca 1 år.

I kv Höstvetet, där ett kombinerat system för varmvattenberedning och uppvärmning används, är transmissionsförluster från ledningarna betydande. En anpassning av drifttider för cirkulationspumparna minskar energianvändningen med mellan 15 och 20 MWh. Detta innebär en årlig besparing av mellan 4900 kr och 6800 kr utan någon investering. Reduceringen av energianvändningen fås genom att ändra drifttider och börvärden i det datoriserade övervakningssystemet.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R8:1994

ISBN 91-540-5624-1

Byggeforskningsrådet, Stockholm

gotab 10629, Stockholm 1994

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

| | | |
|----------|---------------------------------|----|
| | Förord | 2 |
| 1 | Sammanfattning | 3 |
| 2 | Inledning | 4 |
| 3 | Syfte | 4 |
| 4 | Optimering av luftflöden | 4 |
| 4.2 | Genomförande | 6 |
| 4.2.1 | Rumsklimat | 6 |
| 4.2.2 | Fläktaggregatens prestanda | 6 |
| 4.3 | Resultat | 7 |
| 5 | Varmvattencirkulation | 12 |
| 5.1 | Kontor | 12 |
| 5.1.1 | Resultat | 13 |
| 5.2 | Bostäder | 17 |
| 5.2.1 | Mätningens genomförande | 18 |
| 5.2.2 | Resultat | 18 |
| 5.2.3 | Åtgärdsförslag och besparing | 23 |
| 6 | Referenser | 26 |

Förord

Denna rapport redovisar metoder för fortsatt effektivisering av ventilations- och tappvarmvatteninstallationer i kontors- och bostadshus. Sedan starten på Stockholmsprojektet 1982 har många förutsättningar ändrats. Ett av resultaten från projektet var att mycket el användes för att driva olika installationer i flerbostadshus, vilket inte kan accepteras ur såväl ekonomisk som energi- och miljömässig synvinkel. Hårdare krav på Eleffektiva installationer kommer att ställas och gör så till viss del redan idag.

Detta projekt har utförts som en förutsättning och komplettering till av utvärderingen av Stockholmsprojektet och har utnyttjat två av dessa byggnader, kv Bodbetjänten och kv Höstvetet, för pilotstudier i full skala. Projektet har utförts vid Projektgruppen för energihushållning i byggnader - EHUB, Institutionen för byggnadsteknik, KTH, med anslag från Statens råd för byggnadsforskning. Projektarbetet har utförts av AIB Installationskonsult med Per Wickman som projektledare.

Stockholm i juni 1993

Per Levin

1 Sammanfattning

Denna studie inriktas i huvudsak på driftteknisk optimering i kv Bodbetjänten och kv Höstvetet söder om Stockholm. I kv Bodbetjänten finns både kontor och bostäder medan kv Höstvetet enbart består av bostäder. Bägge byggnaderna har överglasade gårdar.

Med optimering menas trimning av anläggningarna i förvaltningskedet. Målet är att uppnå en effektivare tillförsel av luft- och varmvatten utan att försämra komforten och inneklimat. Resultaten visar att det finns goda förutsättningar för detta och ger samtidigt underlag för lönsamhetsbedömning och projektering av redovisade åtgärder.

I kv Bodbetjäntens kontorslokaler är luftflödet dimensionerat för sommardrift-fallet. Vid detta driftfall krävs betydligt högre flöde än under uppvärmnings-perioden då inget kylbehov finns. Under den största delen av uppvärmnings-perioden är ett lägre flöde tillräckligt.

En nedvarvning av fläktarna i kv Bodbetjänten under vissa delar av året beräknas reducera behovet av driftel och värme med drygt 35 MWh per år. Återbetalningstiden för investeringen är mycket kort, mellan 1 och 2 år.

Med kännedom om cirkulationsflödet i varmvattenkretsen har minskade värmeförluster med hjälp av ny styr- och reglerstrategi beräknats till mellan 10 MWh och 15 MWh per år. Minskad driftel till cirkulationspumpen beräknas till mellan 1 och 2 MWh per år. Även här är återbetalningstiden kort, ca 1 år.

I Kv Höstvetet, där ett kombinerat system för varmvattenberedning och uppvärmning används, är transmissionsförluster från ledningarna betydande. En anpassning av drifttiden minskar energianvändningen med mellan 15 och 20 MWh, inklusive en mindre del drivel till cirkulationspumparna.

Detta innebär en årlig besparing av mellan 4 900 kr och 6 800 kr utan någon investering. Reduceringen av energianvändning fås genom att ändra drifttider och börvärden i det datoriserade övervakningssystemet.

2 Inledning

I de sex experimentbyggnader som ingår i det sk Stockholmsprojektet prövades främst olika installationstekniska lösningar. Resultaten från projektet har utvärderats och redovisats i byggforskningsrådets R-serie.

Denna studie inriktas i huvudsak på åtgärder för driftteknisk optimering, dvs trimning av anläggningar i förvaltningskedet. Ett stort arbete utfördes vid idrifttagningen av anläggningarna i Stockholmsprojektet. Mycket av arbetet berörde felaktigheter i projektering och installation för de enskilda husen. Detta arbete inriktas inte på åtgärder av felaktigheter utan på generella förbättringar eller effektivisering av luft- och varmvattendistribution.

För att bedöma hur energianvändningen påverkas av de åtgärder som beskrivs nedan användes väl dokumenterade mätningar från åren 1986 och 1987 i kvartieren Bodbetjänten och Höstvetet utanför Stockholm, vilka ingick i Stockholmsprojektet.

3 Syfte

Denna studie syftar till att undersöka hur försörjning av luft och varmvatten kan anpassas till det faktiska behovet genom periodvis sänkning av ventilationsflödet och varmvattencirkulationen.

Hur inneklimatet i kontoren påverkas av reducerat luftflöde under uppvärmningsperioden studeras samt hur cirkulationen av varmvatten och ventilationsflödet ska regleras.

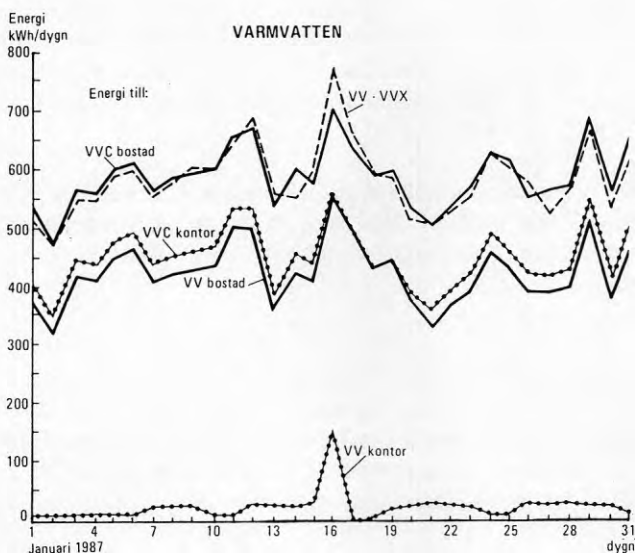
Resultatet ska kunna utgöra ett underlag för dimensionering av eventuell ombyggnad av regler- och ventilationssystemen.

4 Optimering av luftflöden

Ventilationssystemet i kv Bodbetjänten beskrivs översiktligt i Byggforskningsrådets skrift "Sex unika hus" (Elmroth et al 1988).

I kv Bodbetjäntens kontorslokaler, fördelade på ca 2800 m², är luftflödet dimensionerat för somrardriftfallet. Vid detta driftfall krävs betydligt högre flöde än under uppvärmningsperioden då inget kylbehov finns. Under den största delen av uppvärmningsperioden krävs enbart hygienflöde, (ca 10 l/s och person) och flöde för att distribuera den luftburna värmen. Värme kan även tillföras via kallrassydd under fönster.

Tillförsel av värme från kallrasskydd och luft alterneras under stor del av året. Under kalla dagar är systemet dimensionerat för tillförsel av värme från både luft och kallrasskydd. Det är främst under den period då internvärmerna täcker värmebehovet och då minskat flöde kan kompenseras med ökad tilluftstemperatur som flödet kan reduceras. Figur 4.1 visar dygnsmedelenergier under januari månad 1987.



Figur 4.1 Under de extremt kalla dygna i januari 1987 utnyttjades kallrasskyddens effekt helt och ca 60 % av den installerade effekten för luftvärme. I diagrammet redovisas dygnssummor.

Om det finns möjlighet att reducera luftflödet under uppvärmningsperioden skulle detta medföra minskat behov av eleffekt för fläktdrift, (idag 4 kW för tilluften och 3 kW för frånluften) samt för uppvärmning av ventilationsluften. Reduceringen av effekt avser också höglasttid då effekten normalt är särskilt värdefull.

Tekniskt sett är en sådan reglerfunktion relativt enkel att uppnå med tvåhastighetsmotorer för fläktdriften. Begränsningarna består av hur luften tillförs till rummet, distributionen av värme samt i detta fall temperaturen i en överglasad gård. Då kontorsluften cirkuleras via glasgården kan minskat flöde genom gården medföra något lägre temperatur i denna.

Tidigare undersökningar har dock visat att gårdsmedeltemperaturen är betydligt högre än beräknat, ca 5 °C över året. En sänkning av temperaturen skulle öka

gårdens förmåga att tillvarata värme från intilliggande varma ytor och från solen. Även de totala transmissionförlusterna från gården skulle minska.

4.2 Genomförande

Mätningar har utförts i två kontorsrum, ett obemannat på bottenplanet och ett bemannat sekreterarrum på plan 4. Mätningar av luftflöden, koldioxid, temperaturer och elanvändning har utförts vid olika driftbetingelser. Driftfallen ha simulerats med hjälp av provdrift. Olika luftflöden har erhållits genom strypning. Fläktaggregatens prestanda, luftutbyteseffektivitet och luftrörelser har beräknats.

Lagring av mätvärden under normaldrift pågick mellan 92-03-04 och 92-03-11. Under provdriftsperioden 92-03-17 till 92-03-19, stryptes luftflödet med 30%.

4.2.1 Rumsklimat

Luftflöden och luftutbyteseffektivitet i kontoren mättes momentant med spårgasteknik vid de olika driftfallen. Koldioxidhalten mättes på plan 4 för bedömning av luftkvaliteten under normal- och provdrift. Koncentrationen loggades under två arbetsdagar vid respektive driftfall under liknande belastningsförhållanden. Luftrörelser studerades med hjälp av röktest och varmtrådsanemometer.

Ekvivalenta temperaturer och temperaturgradienter mättes under de olika driftfallen. Värden på temperaturer samlades in med datalogger för att möjliggöra analys. Värden för de olika driftfallen har jämförts med utetemperatur och belastning i rummen.

4.2.2 Fläktaggregatens prestanda och drifttider

För att ta fram underlag inför eventuella åtgärder för att erhålla tvåhastighetsdrift har fläktaggregatens prestanda bestämts.

Tryckfall över olika komponenter har mätts med mikromanometer. Eleffekt mättes som aktiv och skenbar effekt direkt efter säkring eller vid arbetsbrytare. Därefter har totalverkningsgrad, specifikt effektbehov och belastning beräknats. Detta har gjorts momentant för de aggregat som berörs av åtgärder.

Produktdata för fläktar och motorer har tagits fram via fabrikantdata. Mätvärden och produktdata har jämförts för att bedöma systemförluster och

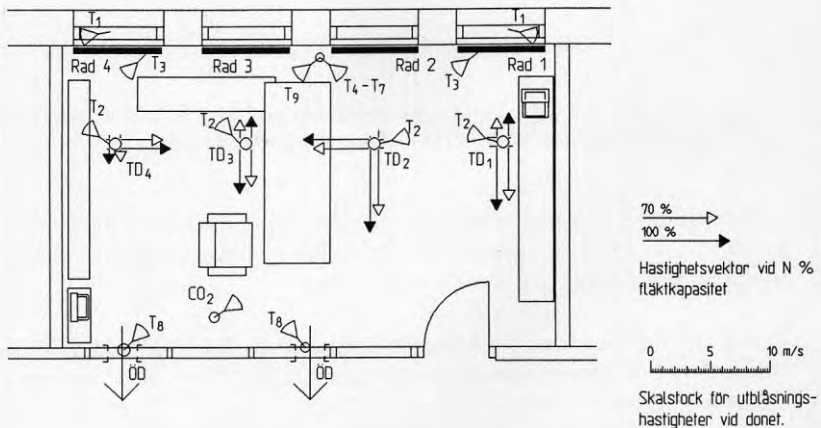
belastning. Dimensionering av nya fläktar och motorer har utförts överslagsmässigt.

4.3 Resultat

Under provdriften minskades luftomsättningen med ca 30%, från 4.3 till 3.1 oms/h på plan 4 och från 3.7 till 2.7 oms/h på plan 1.

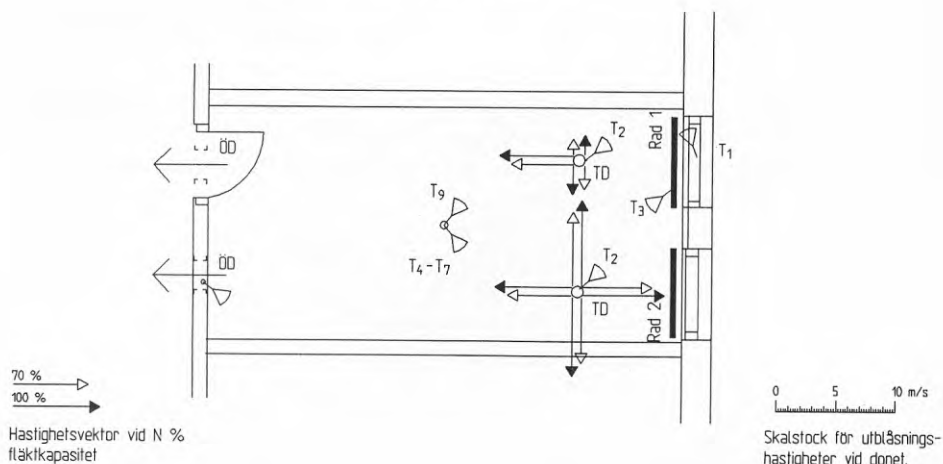
Ingen skillnad på max- eller minnivå av koldioxidhalt kan påvisas vid de olika driftfallen för kontoret på plan 4. Under natten sjunker nivån till ca 360 ppm och under dagen har maxnivån uppgått till ca 650 ppm vid enstaka tillfällen, i första hand under eftermiddagen.

Inte heller avklingningsförloppen eller ökning av koncentrationen av koldioxid skiljer sig markant mellan driftfallen. Då belastningen upphör vid lunch sjunker koncentrationen från ca 550 till 450 ppm under ca en timme.



Figur 4.2 Tilluftens spridning vid don och givarplaceringar på plan 4. Pilarna representerar skillnader i hastighet för normalflöde och reducerat flöde.

"BODBETJÄNTEN"
KONTORSRUM, PLAN 1.

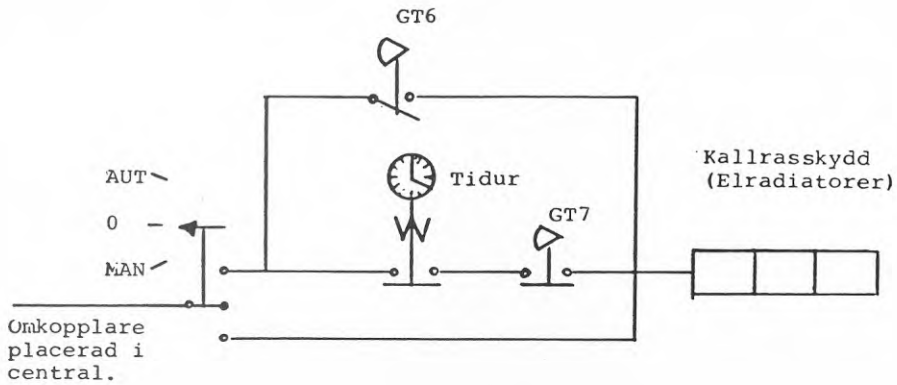


Figur 4.3 Tilluftens spridning vid don och givarplaceringar på plan 1. De olika pilarna representerar skillnader i hastighet för normalflöde och reducerat flöde.

Luftomsättningen i kontorsrummet på plan 1 vid provdrift motsvarar ca 35 l/s vilket väl ska klara att upprätthålla låga halter av föroreningar som koldioxid mm. Detta verifieras också med mätningarna.

Inte heller mätningar av det termiska inneklimatet visade på skillnader mellan driftfallen. Lufttemperaturen varierade mellan 20 °C och 22 °C i bägge rummen under dagtid för att sjunka ner mot 19 °C under natten. Utetemperaturen varierade mellan ca 0 °C och + 10 °C. Yttemperaturen på fönstren varierade mellan 13 °C och 20 °C. Gradienten 0.1 m till 0.6 m från golv uppgick som högst till 1°C se figur 4.4.

Operativtemperatur och ekvivalent temperatur varierade mellan ca 19 °C och ca 23 °C.



- Om utetemperaturen GT7 underskrider inställt värde tex $+5^{\circ}\text{C}$ startar (och stoppar) tiduret kallrasskydden för drift tex vardagar kl 07-17.
- Temperaturgivare GT6 startar kallrasskydden om rumstemperaturen underskrider inställt värde tex $+19,5^{\circ}\text{C}$ och stoppar vid t ex $+20,5^{\circ}\text{C}$.

Figur 4.5 Princip för styrning och reglering av kallrasskydden.

Till- och frånluftsfläktarnas effektförbrukning har uppmätts till 4.0 kW respektive 3.0 kW. Med flödena $14\,000\text{ m}^3/\text{h}$ och $15\,800\text{ m}^3/\text{h}$ ger detta ett SFP (Specifik Fan Power) på $1.6\text{ kW}/\text{m}^3/\text{s}$. Tryckfallen har uppmätts till 250 Pa respektive 310 Pa. Detta ger totalverkningsgrader för lufttransporten på 24% respektive 45%.

En nedvarvning av fläktarna till 70% av flödet sänker eleffekten till ca 2.5 kW om inte hänsyn tas till motorbelastningen. Om drifttiden för detta fall uppgår till 70 % av total tid på ca 2300 timmar, reduceras driftelen till fläktarna med ca 8.3 MWh per år.

Utöver detta kan värmebehovet till ventilationsluften minskas med ca 27.5 MWh av totalt 69 MWh om återluftsandelen antas vara 50% under uppvärmningsperioden (Wickman 1992).

$$\text{Minskat värmebehov} = 0.5 * 0.3 * Q_v * \Delta t * C_p * t * 0.7$$

$$\begin{aligned} Q_v &= 15\,800/3600 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (uppmätt flöde vid helfart)} \\ \Delta t &= 22-0.4 \\ C_p &= 1.2 \\ t &= 2300 \end{aligned}$$

Effektbehov vid utetemperaturer under $-14\text{ }^\circ\text{C}$ kan klaras genom att utnyttja fullflöde. Varaktigheten för detta fall är ca 100 timmar per år.

Då minskad värmeförsel till gården motsvarar ca 10% av totalt tillförd värme ger en överslagsmässig beräkning att gårdens medeltemperatur sjunker med 1 till $2\text{ }^\circ\text{C}$.

Minskade energikostnader beräknas sammanlagt till ca 17 900 kr per år med ett medelpris för värme och el på 50 öre per kWh. Investeringsutrymme med 6% realränta och 20 års avskrivning är då ca 205 000 kr. Byte av fläktmotorer beräknas kosta mellan 15 000 kr och 20 000 kr inklusive ändring av börvärden i programvara.

5 Varmvattencirkulation

5.1 Kontor kv Bodbetjänten

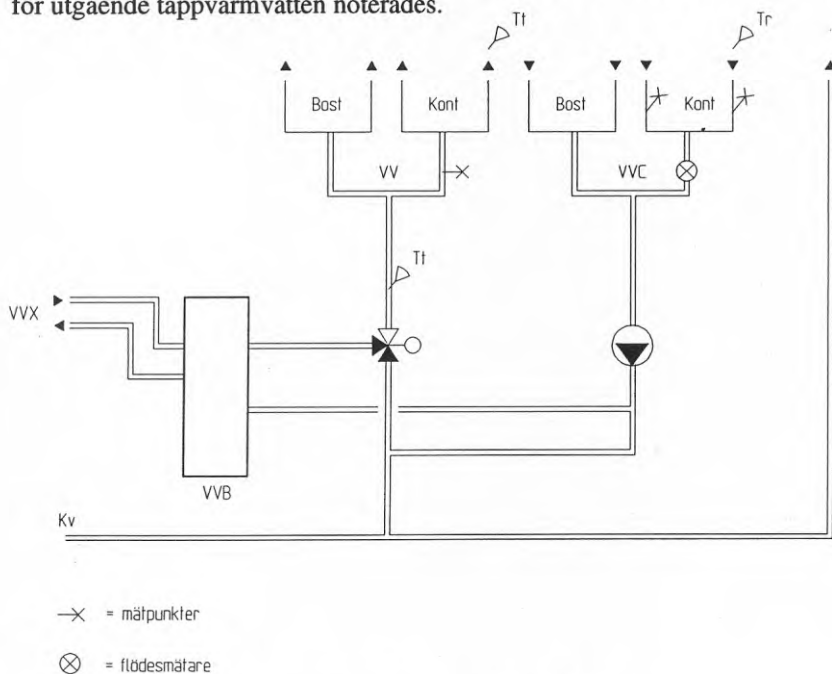
För att minimera förluster från VVC-cirkulationen bör denna tidstyras. En kraftig begränsning av drifttiden bör vara möjlig utan att märkbart påverka funktionen i kontoren.

Som ett utgångsläge har intermittert drift mellan kl 08 00 och 08 30 provats under veckodagar, dvs cirkulationen startas under en halvtimme före beräknad tappning för att sedan slås av.

Målet var att se hur lång tid som behövs för att värma varmvattenkretsen och om den dagliga varmvattentappningen är tillräcklig för att upprätthålla rätt varmvattentemperatur utan cirkulation.

Följande mätningar före och efter provdriften har genomförts:

Varmvattnets temperatur ut efter värmeväxlare, T_f , registrerades under normaldrift under två till tre dygn med intervallet 15 minuter. Inställt börvärde för utgående tappvarmvatten noterades.



Figur 5.1 Principskiss över tappvarmvattensystemet i kv Bodbetjänten.

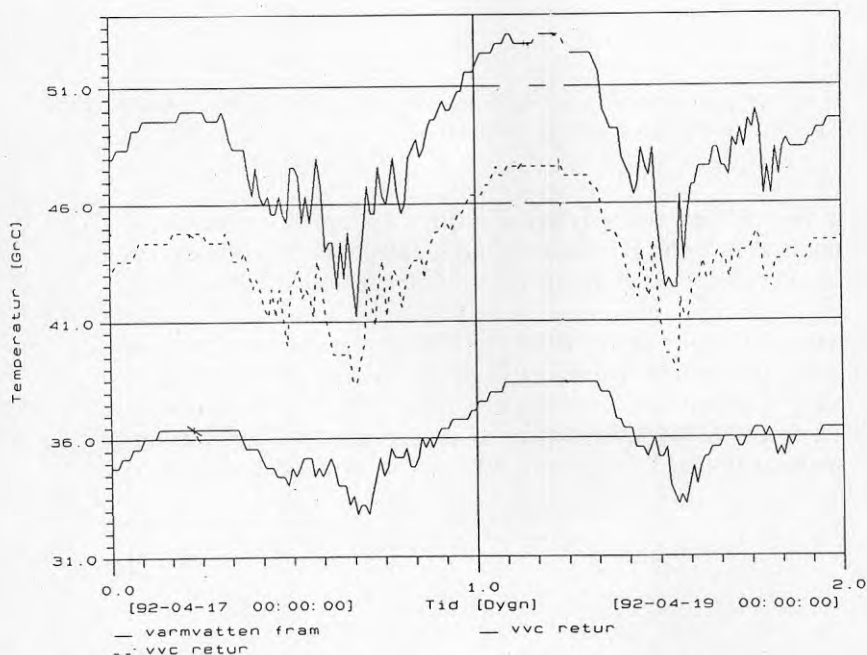
Samtidigt loggades varmvattentemperatur vid ett tappställe, T_t , så långt från växlaren som möjligt med samma intervall. VVC-flödets returtemperatur, T_r , loggades under samma period med samma intervall.

Dessutom kontrollerades VVC-ledningens isolerstandard och omgivningstemperatur, dvs om den någonstans är dragen i kulvert eller liknande. Detta gav underlag för bedömning av VVC-funktionen samt VVC-förluster före åtgärd.

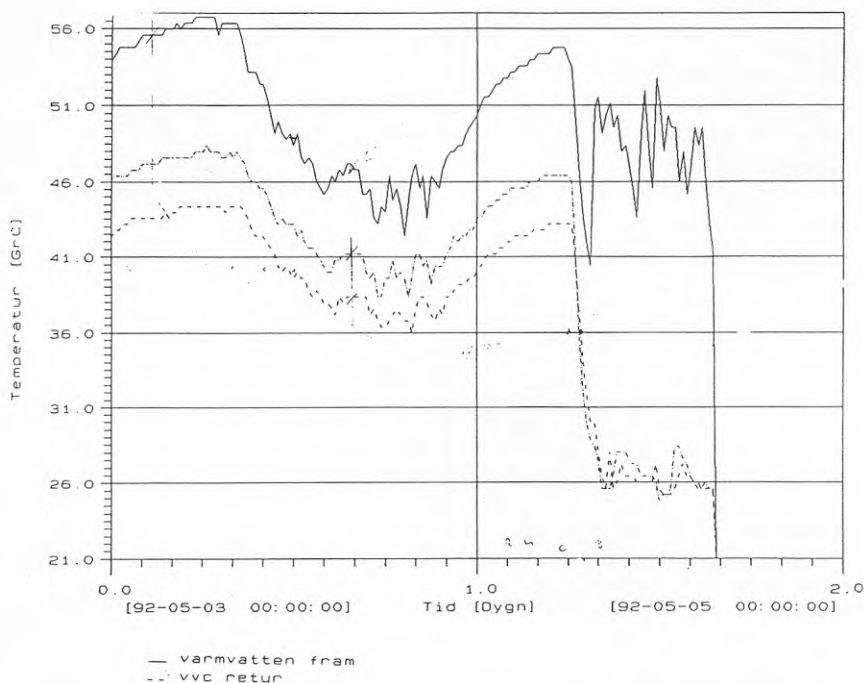
5.1.1 Resultat

Den första mätningen visade att det var obalans i flödet mellan returledningarna, vilket resulterade i en stor temperaturskillnad, och att väntetiden för att nå alla tappställen blev mycket lång efter att cirkulationen varit avstängd.

Efter injustering visade ny loggning att väntetiden minskades från 1 timme till 20 minuter. Samtidigt sänktes temperaturskillnaden mellan returledningarna från 8,5 °C till 3,0 °C (Se figur 5.2 och 5.3).



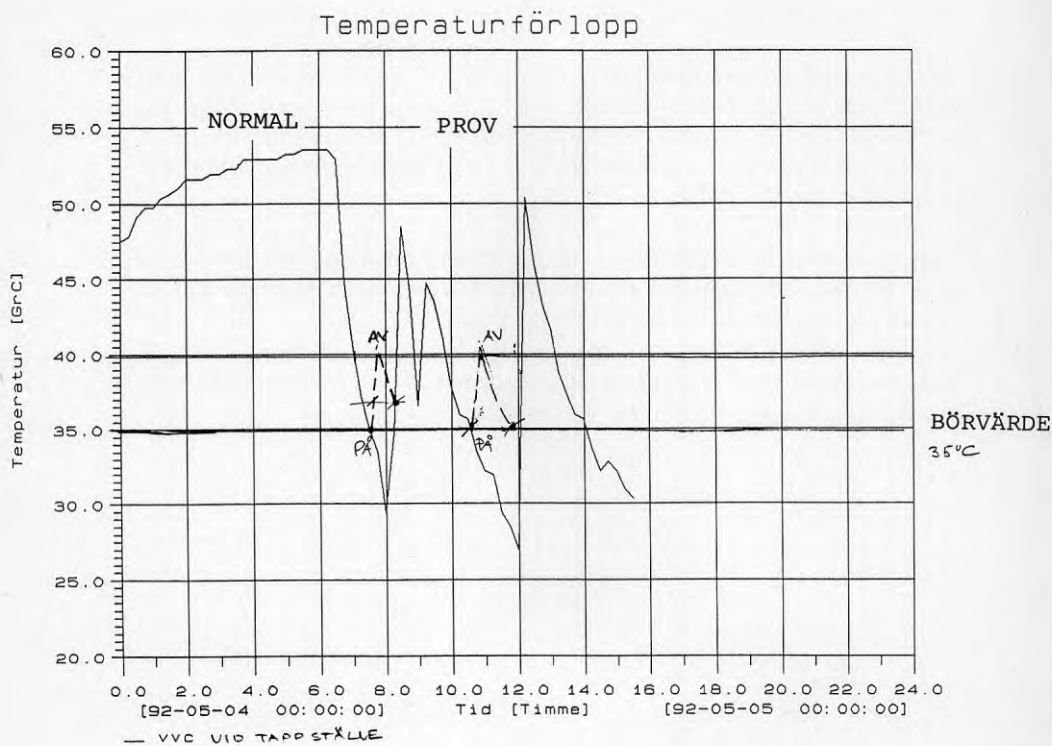
Figur 5.2 Temperaturer på varmvatten och varmvattencirkulation före injustering.



Figur 5.3 Temperaturer på varmvatten och varmvattencirkulation efter injustering. Under det sista dygnet påbörjas provdriften, dvs VVC-pumpen slås.

Mätningen visar att temperaturnivån i cirkulationskretsen ökar under natten då ingen tappning sker. Detta ger ökade förluster. Tiden från att cirkulationen slås på till att nivån vid tappstället uppgår till 55 °C är som mest ca 20 minuter.

Med avstängd cirkulation dagtid räcker inte systemets tröghet för att upprätthålla tillräcklig varmvatten temperatur. Detta beror också på att tappningen är oregelbunden. Tiden mellan tappningar kan också vara lång. Detta gör att vattnet snabbt kyls av. Väntetiden under dagtid uppgår till max 10 minuter med cirkulationspumpen avstängd. Detta beror delvis på att en stor del av kontorsytan är outhyrd.



Figur 5.4 Avsvalning och uppvärmning vid tappstället vid normal- och provdrift. Avsvalningen är ca 10 °C per timme då cirkulationspumpen är avstängd. De sträckade linjerna anger möjlig gångtid för pumpen med temperaturreglering.

För att undvika för lång väntetid krävs temperaturreglering av cirkulationen enligt figur 5.4. Villkor för tidsstyrning och temperaturreglering kan bestämmas utifrån brukarvanor och systemets termiska förutsättningar.

Om temperaturgivaren kan placeras vid tappstället kan börvärdet för påslag sättas till 35 °C och frånslag ca 40 °C. Det minskar väntetiden väsentligt. Värdena kan naturligtvis justeras i efterhand.

I figur 5.5. visas att temperaturförhållandena vid tappstället fås även på returledning i värmecentralen. Det innebär att givaren kan placeras på returledningen i värmecentralen eller integrerat med en ny cirkulationspump.

Med kännedom om avkylningstid och effekt har ny drifttid beräknats till mellan 2 och 3 timmar per arbetsdag, dvs ca 8000 timmar kortare drifttid per år.

Med kännedom om cirkulationsflödet har minskade värmeförluster för cirkulationen beräknats till mellan 10.2 och 13.6 MWh per år av totalt 45 MWh per år för beredning av tappvarmvatten. Minskad drifttid till cirkulationspumpen beräknas till mellan 1 och 2 MWh per år. Sammanlagd energibesparing blir mellan 11.2 och 15.6 MWh/år.

Totalt motsvarar detta en minskad energikostnad på mellan 5000 kr och 8000 kr per år. Cirkulationspump med tidsstyrning och temperaturreglering kostar ca 2000 kr plus montering (ca 1 500 kr), dvs totalt ca 3 500 kr.

Även om besparingen är blygsam i kronor räknat, blir återbetalningstiden för investeringen i storleksordningen sex månader.

5.2 Bostäder kv Höstvetet

I kv Höstvetet är systemet för tappvarmvatten och uppvärmningsvatten kombinerat vilket medför stora varmvattenflöden även vid tillfällen med lågt tappvarmvattenflöde och under perioder utan uppvärmningsbehov.

Denna delstudie har syftat till att med hjälp av mätningar undersöka möjligheterna att reducera energianvändningen för varmvattencirkulation sommartid. Speciellt undersöktes möjligheterna att minska elpannans och VVC-pumparnas drifttider.

Värme från två värmepumpar överförs genom värmeväxling till varmvattenackumulatörer för tappvarmvatten och värmedistribution. Temperaturen i ackumulatörerna skall ej överstiga $+49^{\circ}\text{C}$ på hög nivå och ej understiga $+40^{\circ}\text{C}$ på låg nivå.

Elpannan strävar att hålla utgående varmvattentemperatur till ca $+52^{\circ}\text{C}$.

För varmvattencirkulationen finns två pumpuppställningar, P2A/B och P1 för vinter resp. sommarfallet. Pumpalternativ bestäms med årsur för kontinuerlig cirkulation av vatten.

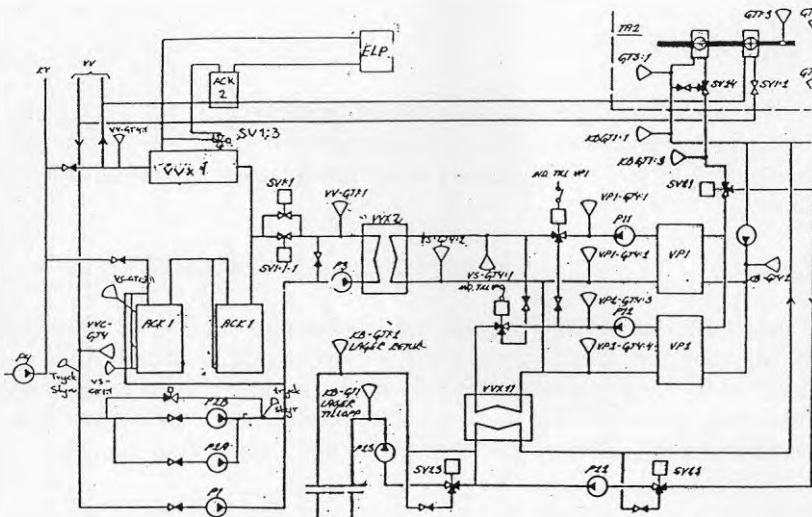


Fig 5.5 Systembeskrivning- varmvattenberedning för uppvärmning och tappvarmvatten.

5.2.1 Mätningarnas genomförande

Mätningar har utförts mellan 11 -12 maj och 12 - 27 maj 1992 vid två olika driftfall. Under normaldrift har VVC-cirkulationens flöde, fram- och returtemperaturer, temperatur på inkommande kallvatten och utetemperatur mätts och lagrats med 5 minuters intervall. Samtidigt har totalt tappvarmvattenflöde från värmecentralen till huset och varmvattentemperaturen vid tappning så långt bort från värmecentralen som möjligt registrerats med samma mätintervall.

I fläktrummet på plan 5 har varmvattentemperaturen före radiatoren registrerats tre ggr per timme.

För att kontrollera varmvattnets avsvaning i systemet och undersöka möjligheten till minskning av VVC pumpens drifttid sommartid, genomfördes provdrift vid två tillfällen. Vid provdrift 1, natten den 26/5, utfördes likadana mätningar som vid normaldriftfallet men med cirkulationspump, värmepumpar och elpanna avstängda.

För att utröna möjligheten till tappvattendistribution utan varmvattencirkulation genomfördes provdrift 2 under dagtid den 11/6 med avstängd cirkulationspump men med värmepumpar och elpanna idrift.

5.2.2 Resultat

Under mätperioden var cirkulationspumpen för "sommarfallet" i drift. Dygnet medeltemperatur utomhus mot nordvästfasad under perioden 21-27 maj varierade mellan ca + 17 och + 19°C. Lägsta utetemperatur under samma period uppmättes till ca + 8°C.

Under provdrift 2 understeg inte utetemperaturen någon gång + 13.5°C.

Varmvattnets cirkulationsflöde uppmättes till mellan ca 2 och 3 m³/h under hela dygnet. Tappningen av tappvarmvatten varierar över dygnet. Nattetid ca 5 timmar mellan kl 00.00 - 05.00 understeg förbrukningen 10% av dygnet maximala timförbrukning, ca 2 m³/h. Vid stora tappningar kan det totala varmvattenflödet från värmecentralen, inklusive flöde för uppvärmning, uppgå till 4.7 m³/h.

Elpannan strävar att konstanthålla temperaturen på utgående varmvatten till huset till ca + 53°C. Cirkulationsvattnets returtemperatur i värmecentralen låg konstant mellan ca +42 och 46°C.

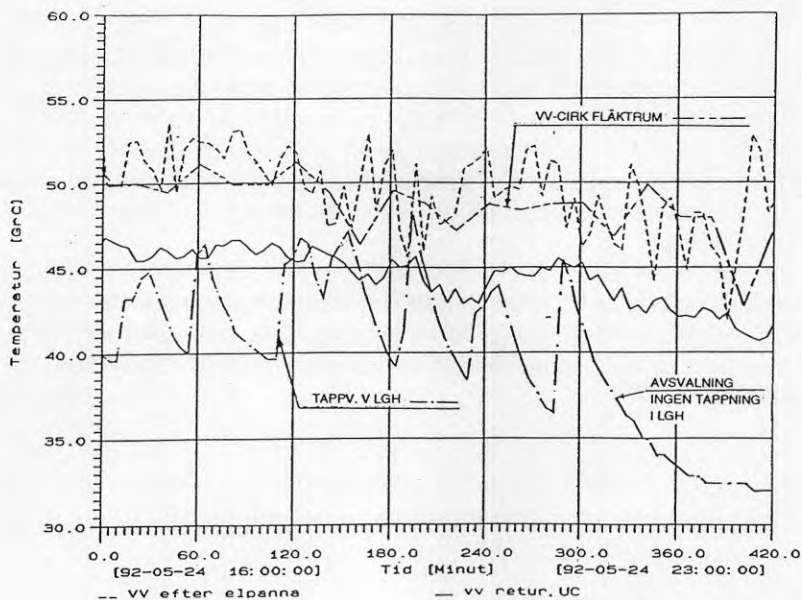


Fig 5.6 Uppmätta varmvattentemperaturer under normala driftförhållanden.

Under mätperioden var värmepumparna tidvis ur funktion, vilket resulterade i att varmvattentemperaturen i ackumulatorena blev lägre än normalt och kylde returvattnet.

Provdrift 1 genomfördes den 26/5 kl 00.00 - 08.10 med avstängd elpanna, cirkulationspump och värmepumpar.

Mätningarna visar att under natten då tappningen är som minst, nära noll, räcker ackumulerat varmvatten i elpannans primärkrets till att värma varmvattnet från ca +36 till +50°C.

Temperaturen på utgående varmvatten pendlade mellan ca +42 och +50°C.

Temperaturen i det stillastående vattnet i cirkulationens returledning i värmecentralen sjönk från ca + 40 till + 37°C under de sex timmar då cirkulationspumpen var avstängd. Temperaturfallet motsvarar en avsvälning på ca 0.01 °C/min (0.6°C/h).

Ungefär kl 06.00 den 26/5 startade driftpersonalen elpannan och cirkulationspumpen för "vinterfallet". Då cirkulationspumpen vid starttillfället suger avsvälvat varmvatten ur systemet blir lägsta varmvattentemperatur ca +33°C. (Lägsta varmvattentemperatur i systemet sjunker ca 7°C, från ca +40°C till ca +33°C med avstängd cirkulation). "Sommarpumpen" tog över driften ungefär kl. 08.10, när temperaturen stigit till ca + 42°C. Mätning av "vinterpumpens" flöde har ej utförts.

Tappning av varmvatten har skett utan att cirkulationspumpen och elpannan har varit idrift. Mellan kl 05.00 och 06.00 var tappningen av varmvatten ca 1 m³ vilket motsvarar ca 40 % av maximala timförbrukningen med cirkulationspumpen igång.

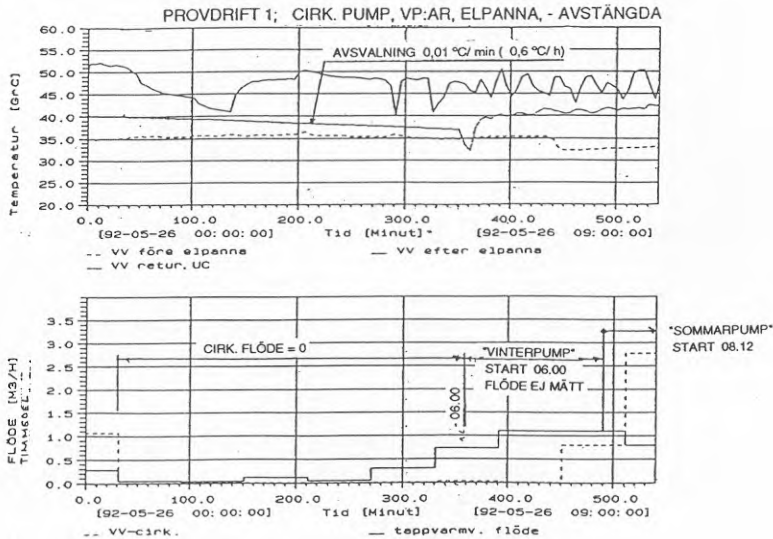


Fig 5.6 Provdrift 1: Varmvattentemperaturer och flöden för cirkulation och tappning

Vid provdrift 2, den 11/6 på morgonen, var endast cirkulationspumpen avstängd. Den minskade flödesanvändningen medför att de högsta

framledningstemperaturen efter elpannans värmeväxlare höjs ett par grader till ca + 57°C. Tappningen av varmvatten varierade under mätperioden mellan ca 0,3 och 1,0 m³/h.

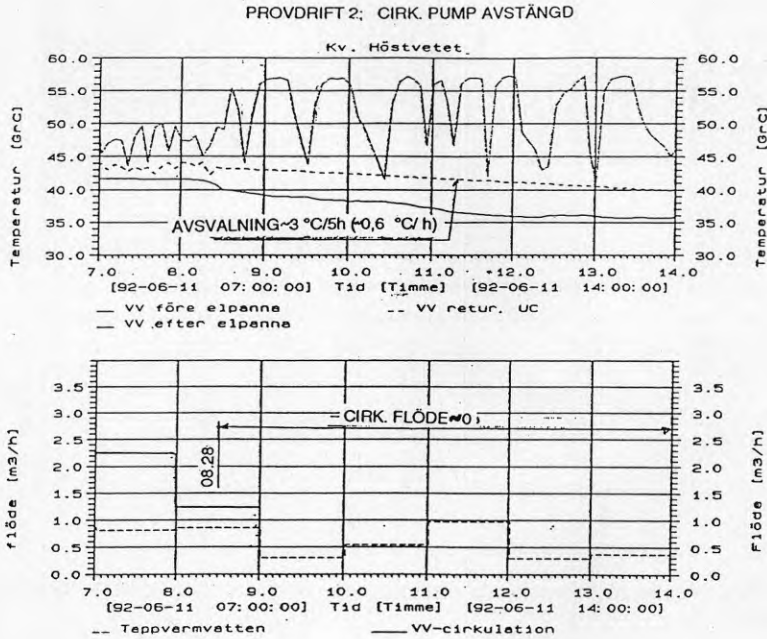


Fig 5.7 Provdraft 2: Varmvattentemperaturer och flöden för cirkulation och tappning

Värmeförlusten för enbart varmvattencirkulation beräknas för ett dygn bli ca 0.4-0.5 MWh. Den maximala timmedeleffekten var ca 30 kW. För årets fem varmaste månader motsvarar detta en energianvändning av ca 60 MWh. Cirkulationspumpen med uppmätt effektbehov 0.47 kW använder motsvarande period ca 1.6 MWh i elenergi.

Effektbehovet vid uppvärmning av tappvarmvatten kan vid stora tappningar överstiga 60 kW, vilket framgår av figur 5.8.

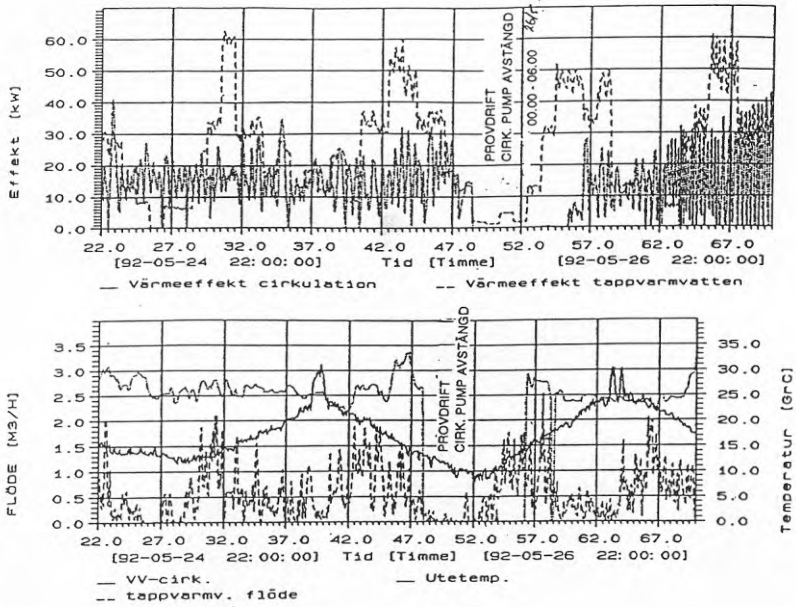


Fig 5.8 Värmeeffekter för varmvattencirkulation och varmvattentappning under normala driftförhållanden.

5.2.3 Åtgärdsförslag och besparing

Under den varma årstiden, ca fem månader per, år behövs bara varmvatten-cirkulation under längre perioder då ingen tappning av varmvatten sker. Genom att styra cirkulationspumpens drifttid efter VVC-flödets returtemperatur kan drifttiden minskas väsentligt. Drifttiden bör även kunna minskas under höst och vår. Detta har ännu inte utretts.

Varmvattnets framledningstemperatur i värmecentralen pendlar mellan + 43°C och + 53°C, momentant upp till 10°C högre än VVC-flödets returtemperatur. Vid jämförelse mellan temperaturernas timmedelvärden blir returtemperaturen ca 5-6 °C lägre än framledningstemperaturen.

Vid tappning av varmvatten i lägenhet 121, försörjd av stamledningen längst bort från värmecentralen har tappvarmvattentemperaturen vid tappning som lägst uppmätts till motsvarande temperatur som VVC-flödets retur i värmecentralen, dvs drygt 40°C.

Mätningarna visar att det stillastående varmvattnet i returledningen svalnar med ca 0.01°C /min. Detta skulle innebära, med avstängd cirkulationspump, att det dröjer ca 8 timmar innan varmvattnet i ledningen svalnat 5°C.

Varmvatten fram till tappställe behövs sommartid endast vid tappning, dvs ej för uppvärmning. Med antagandet att varmvatten i den längst bort belägna stamledningen vid tillfällen då ingen tappning sker, svalnar ungefär lika snabbt som i returledningen i värmecentralen borde cirkulationspumpens drifttid kunna minskas under tider på året då inget uppvärmningsbehov föreligger.

Vid nuvarande drift är VVC-flödets returtemperatur i värmecentralen som lägst + 42°C. Om varmvattensystemet map väntetider vid tappning vid sämst belägna tappställe inte skall försämrats, bör cirkulationspumpen kunna vara ur drift så länge temperaturen i returledningen överstiger + 42°C. Systemets medeltemperatur tillåts sjunka till ca +40°C. En sänkning av systemets medeltemperatur till +40°C innebär att varmvattentemperaturen vid bortersta tappstället blir + 40°C.

Med denna driftstrategi blir cirkulationspumpens drifttid ca 50-60 minuter per dygn (ca 10 minuters drifttid var 4:e timma under dagtid). Intervallet mellan pumpstart borde kunna utökas, kanske till 8 timmar. Eftersom avsvälningstiden, dvs tiden det tar för stillastående varmvatten att kylas ned till + 42°C, bla är beroende av utgående varmvattentemperatur efter elpannan när cirkulationspumpen är idrift under kort tid måste pumpens driftintervall fastställas genom prov.

Elpanna och värmepumpar skall under den varma årstiden endast värma tappvarmvatten dagtid. Natttid vid låg tappning, mellan ca kl 00.00 och 05.00 skall elpanna och värmepump vara avstängda.

Systemets värmeavgivning mot +20 gradig luft förorsakar en temperatursänkning hos varmvattnet. Vid en framledningstemperatur på +49°C kommer cirkulationsflödets temperatur att sänkas ca 6 grader till +43°C i returledningen i värmecentralen under ca en timmes period. Systemets medeltemperaturdifferens, dT , mellan varmvatten och luft vid cirkulation blir ca:

$$dT = (49+43)/2 - 20 = +26^{\circ}\text{C}$$

I fallet med pumpstart var 4:e timme kommer lägsta varmvattentemperatur i cirkulationsystemet att sjunka ca 7 grader från +42°C till ca +35°C under perioderna med avstängd cirkulation. Under samma tidsperiod varierar systemets högsta varmvattentemperatur mellan +49 och 43°C.

Systemets medeltemperaturdifferens, dT , blir med avstängd cirkulationspump ca:

$$dT = ((49+43)/2 + (42+35)/2) / 2 - 20 = +20,3^{\circ}\text{C}$$

Med ett cirkulationsflöde på 0,8 kg/s blir värmeförlusten under ett dygn ca:

$$P = 24 * (49-43) * 4,2 * 0,8 = 485 \text{ kWh}$$

Förhållandet mellan systemets medeltemperaturdifferens med avstängd cirkulation och med cirkulation är 20,3/26,0 (motsvarar 78%), varför man kan ansätta att förlusten vid avstängd cirkulation minskar med 22% av 485 kWh.

Besparingen blir om cirkulationspumpen är idrift 1 timme per dygn ca $23/24 * 0,22 * 485 = 100$ kWh per dygn och för perioden maj-september då inget uppvärmningsbehov föreligger, dvs 150 dygn, vilket motsvarar 15.3 MWh.

Om besparingen även inkluderar minskad drivenergi till cirkulationspumpen blir denna för 150 dygn ca:

$$15,3 + (24-1) * 0,00047 * 150 = 15,3 + 1,6 = 16,9 \text{ MWh.}$$

Med ett elpris på 0.5 kr/kWh och en värmefaktor på 3.0 (70% täckning av värmepump och 30% av elpannan) innebär detta en årlig besparing av ca:

$$((0.3*15,3)+(0.7*15,3/3)+1.6)*500= 4\ 900\ \text{kr.}$$

Om perioden utan pumpdrift utökas till april-oktober och pumpen är idrift 1 timme per dygn ger detta en årlig besparing enligt:

$0,1*210=21,4$ MWh (23 MWh inkl. pumpel) vilket ger:

$$((0.3*21,4)+(0.7*21,4/3)+1.6*21/15)*500= 6\ 800\ \text{kr.}$$

Eftersom åtgärden kan genomföras utan investering blir lönsamheten mycket god.

6 Referenser

1. Elmroth A, et al,
Stockholmsprojektet - Sex unika hus, Energisåla nya flerbostadshus.
Teknik och erfarenheter från Stockholmsprojektet.
BFR Rapport G2:1988
2. Wickman P
Stockholmsprojektet - kv Bodbetjänten.
Kontor, bostäder och glasgårdar i energiteknisk samverkan.
BFR Rapport R24:1992

R8:1994

ISBN 91-540-5624-1

Byggeforskningsrådet, Stockholm

Art.nr: 6814006

Abonnemangsgrupp:

W. Installationer

Distribution:

Svensk Byggtjänst

171 88 Solna

Cirka pris: 75 kr inkl moms