

Kartläggning av VVC-förluster i flerbostadshus - mätningar i 12 fastigheter



Vävar Johans gata, 19810 m², 175 lgh



Onsdagsvägen, 13205 m², 159 lgh



Lännavägen, 10000 m², 100 lgh



Sturehillsvägen, 8703 m², 79 lgh



Leveringsgatan, 8500 m², 95 lgh



Björnsöngatan, 7880 m², 70 lgh



Bystadsvägen, 19630 m², 202 lgh



Klippgatan 20, 9000 m², 100 lgh



Bergsgatan 10200m², 122 lgh



Valla Torg, 30000 m²



Klockarvägen 9, 2400 m², 30 lgh



Armedalsvägen, 3376 m²

- slutrapport
2015-09-03

Innehållsförteckning

Förord.....	3
Sammanfattning.....	4
1 Inledning och bakgrund.....	5
1.1 Värmebehov för varmvatten.....	6
1.2 Värmebehov för varmvattencirkulation.....	6
1.3 Några utdrag ur Boverkets Byggvägledning 10 - Vatten och Avlopp.....	8
1.3.1 Varmvattentemperatur.....	8
1.3.2 Väntetid för varmvatten och tappvattenflöde.....	8
1.3.3 Energihushållning.....	10
1.4 Utdrag ur AMA VVS & KYL 12 samt VVS Företagens Teknikhandbok 2015.	11
2 Undersökta fastigheter.....	12
2.1 Vävar Johans gata.....	12
2.2 Sturehillsvägen.....	13
2.3 Onsdagsvägen.....	13
2.4 Byälsvägen.....	13
2.5 Valla Torg.....	14
2.6 Annedalsvägen.....	15
2.7 Björnsonsgatan 62-66, Blackeberg.....	15
2.8 Klippgatan 20, Solna.....	16
2.9 Levertinsgatan 1-5, Kristinebergs Strand.....	16
2.10 Klockarvägen 9, Huddinge.....	17
2.11 Lännavägen, Kv Kansliet, Huddinge.....	17
2.12 Bergengatan 43-51.....	18
3 Mätningar.....	18
3.1 Mätaravläsningar.....	19
3.2 Mätinstrument och mätnoggrannhet.....	21
4 Resultat.....	23
4.1 Uppmätta VVC-förluster.....	23
4.2 Värmeanvändning sommartid.....	24
4.3 Temperaturer på inkommande kallvatten.....	27

5	Iakttagelser och noteringar	28
5.1	Värmeförluster från markkulvert	28
5.2	Stora värmeförluster vid VVC-system mellan rörschakt och lägenheter	29
5.3	Små VVC-förluster om horisontella lägenhetsdragnings minimeras.....	31
5.4	Värmeundercentraler har ofta oisolerade delar som ökar värmeförluster	32
6	Källor.....	33
	Bilagor.....	34
	Bilaga 1: Vävar Johans gata.....	34
	Bilaga 2: Sturehillsvägen	34
	Bilaga 3: Onsdagsvägen.....	34
	Bilaga 4: Byälsvägen	34
	Bilaga 5: Valla Torg (2 st fjärrvärmeundercentraler)	34
	Bilaga 6: Annedalsvägen	34
	Bilaga 7: Björnsonsgatan.....	34
	Bilaga 8: Klippgatan.....	34
	Bilaga 9: Levertinsgatan	34
	Bilaga 10: Klockarvägen	34
	Bilaga 11: Lännavägen.....	34
	Bilaga 12: Bergengatan (2 st fjärrvärmeundercentraler).....	34

Förord

Beställargruppen bostäder, BeBo, är ett samarbete mellan Energimyndigheten och fastighetsägare/förvaltare av flerbostadshus. BeBo initierades 1989 av Energimyndighetens företrädare NUTEK. Gruppen driver idag utvecklingsprojekt med inriktning på energieffektivitet och miljö. Detta utvecklingsprojekt syftar till att undersöka hur stora värmeförlusterna är i olika flerbostadshus och hur dessa kan minimeras vid ombyggnad och nybyggnad. Projektet drivs av BeBO genom, Göran Werner, WSP. Bengt Bergqvist Energianalys AB har varit projektledare för utredningsarbetet med stöd av en referensgrupp bestående av:

Arne Elmroth, professor emeritus vid Lunds Tekniska Högskola
Gunnar Wiberg, Stockholmshem
Göran Werner, WSP
Jan Ulric Sjögren, Stockholms Stad
Lars Heinonen, Huga Fastigheter
Per Kempe, Projektengagemang
Pia Hedenskog, Svenska Bostäder
Roland Jonsson, HSB

Sammanfattning

Denna rapport redovisar resultat från kartläggning av VVC-förluster i 12 fastigheter med totalt 14 fjärrvärmeundercentraler. Genomförda mätningar visar att VVC-förlusterna varierar mellan 2,3 till 28 kWh/m² A_{temp}, år. De största VVC-förlusterna uppmättes för två nyproducerade byggnader.

En orsak till att VVC-förlusterna kan vara stora i nyproducerade byggnader är att VVC-ledning dras ända fram till lägenheten från rörschakt i trapphus. Detta på grund av att större krav idag ställs på kort väntetid, max 10 sekunder, jämfört med tidigare, max 30 sekunder.

VVC-förlusterna blir också stora om varmvatten och VVC dras i långa ledningar, tex i markkulvert. Är dessutom betjänade byggnader låghus kommer andelen markkulvert per uppvärmd golvyta att bli stor och därmed blir också i VVC-förlusterna stora uttryckta i kWh/m² A_{temp}, år.

Vid kartläggningen av hur uppmätt fjärrvärmeanvändning fördelar sig under sommarmånaderna juni, juli och augusti konstaterades att en förvånande stor andel kan gå till radiatorsystemen. Det är inte ovanligt att cirkulationspumpar i värmesystem är i drift under dessa sommarmånader och speciellt nattetid, då uttemperaturen understiger +20°C, skickas värme ut till radiatorerna. I en fastighet konstaterades radiatorernas värmeanvändning sommartid vara lika stora som värmebehovet för varmvatten.

Vid beräkning av värmebehov för att varmvatten används ofta schablonvärdet 55 kWh/m³ men detta förutsätter dock att vattnet ska värmas ca 47°C, t ex från +8°C till 55°C. Genomförda mätningar visar dock att inkommande kallvatten är ca 10°C varmare på sommaren jämfört med på vintern. Det specifika värmebehovet för varmvattenvärmning kommer därför att variera mellan ca 40-60 kWh/m³, det lägre värdet sommartid och det högre värdet vintertid.

För att fjärrvärmeanvändning och VVC-förluster ska kunna minimeras vid nyproduktion måste korta ledningsdragningar och god värmeisolering eftersträvas i hela VVC-systemet. Några viktiga punkter att tänka på är:

- Samråd ska ske mellan VVS-projektör och arkitekt i tidigt projekteringskedje så att rörschakt placeras i nära anslutning till bad/dusch och kök.
- Flera rörschakt väljs så att horisontella rördragningar från schakt till bad/dusch och kök minskas.
- Minst +50°C ska kunna upprätthållas på varmvattnet vid samtliga tappställen för att minska risk för legionella.
- Fjärrvärmeundercentraler förses med god värmeisolering så att inga varma rördelar exponeras.
- Värmesystem stängs av sommartid. Enbart motionskörning av cirkulationspump några minuter varje vecka.
- STAD-ventil installeras i värme och VVC-krets samt dykrör med termometer i VV, VVC, VS-kretsar. Då kan värmeanvändning, varmvattenanvändning och VVC-förluster mätas.
- Energianvändning för fjärrvärme, varmvatten och fastighetsel regelbundet följs upp.

1 Inledning och bakgrund

VVC-förlusterna i flerbostadshus antas ofta vara av mindre betydelse. Det verkar heller inte finnas några mer omfattande kartläggningar av hur stora VVC-förlusterna kan vara i flerbostadshus. Vid nyproduktion anges ofta värdet 4 kWh/m²,år som ett schablonvärde.

I praktiken kan dock VVC-förlusterna vara betydande - i vissa fall kan de vara lika stora som hela värmebehovet för varmvatten.

Ökade krav på korta väntetider för tappvarmvatten gör att större omsorg måste ägnas projektering av ledningar för varmvatten och varmvattencirkulation för att VVC-förluster ska begränsas. I BBR 12 som utkom 2006 ändrades det allmänna rådet vad avser väntetid på varmvatten i flerbostadshus till "inom 10 sekunder" från tidigare "inom 30 sekunder".

På senare år ställs ofta större krav på att möjliggöra individuell mätning av varmvatten vilket i sin kan medföra annan ledningsdragnings för varmvatten och VVC. Av denna anledning förläggs ofta ett enda rörschakt i anslutning till trapphus varifrån rör för varmvatten och kallvatten dras till de olika tappställena i respektive lägenhet. Om varmvattenledningen blir för lång är det svårt att klara max 10 sekunders väntetid på varmvatten. För att minska väntetiden installeras då VVC-ledning mellan schaktet och lägenheten/tappstället. Detta kan dock ge kraftigt ökade VVC-förluster.

I äldre byggnader förlades rörschakt normalt i direkt anslutning till våtrum vilket visserligen medför fler vertikala schakt men här undviks horisontella rördragningar och VVC-förluster kan minimeras.

Vid nybyggnad och vid ombyggnad av befintliga flerbostadshus är det viktigt att VVC-system utformas och dimensioneras så att VVC-förlusterna minimeras för att nå de nationella målen om en halverad energianvändning fram till år 2050. Idag står många av de flerbostadshus som byggdes mellan 1940 och 1970 inför omfattande renoveringar/ombyggnader. Att byta ut varmvatten och VVC-system är relativt kostnadskrävande så det gäller det att genomföra dessa åtgärder i samband med de ombyggnationer som sker.

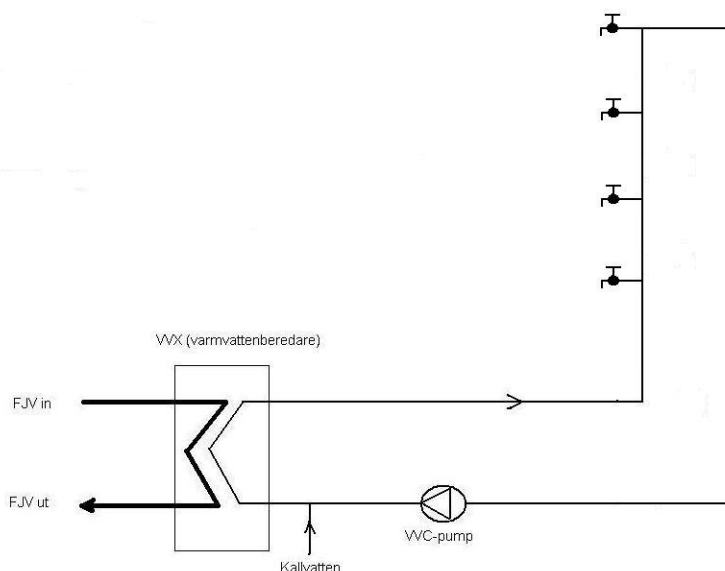


Bild 1.1 Varmvattencirkulationssystem (VVC) installeras för att minska väntetider på varmvatten.

1.1 Värmebehov för varmvatten

I SVEBY-programmet anges att för nya flerbostadshus kan ett schablonvärde på 25 kWh/m², år användas för varmvattenvärmning, exkl VVC-förluster. Sker individuell varmvatten och debitering bör ett lägre riktvärde användas, 20 kWh/m²,år vilket också kan användas för nya småhus.

I Boverkets handbok Termiska Beräkningar från 2003 rekommenderas för flerbostadshus att räkna med 1800 kWh/lägenhet plus 18 kWh/m².

I "Byggvägledning 8 – Energihushållning och Värmeisolering" anges att värmeåtgången för uppvärmning av varmvatten brukar sättas till 55 kWh/m³.

Mätaravläsningar i några av Svenska Bostäders flerbostadshus i Husby, Järva, Västerort (enligt Pia Hedenskog, SB) och Innerstaden visar att varmvattenanvändningen är ca 5-10% större vintertid och 5-10% mindre sommartid jämfört med årsgenomsnittet.

Användningen av tappvarmvatten i flerbostadshus kan, enligt Sjögren (2007), schablonmässigt antas uppgå till 38% av total kallvattenanvändning i m³/år.

Kommentarer

Temperaturen på inkommande kallvatten är ofta högre på sommaren jämfört med på vintern. För Stockholmsområdet där huvuddelen av vattnet tas från Mälaren (t ex Norsborg och Lovö) kan temperaturen på inkommande kallvatten vara ca 10°C varmare på sommaren jämfört med på vintern. På vintern kan vattnet behöva värmas drygt 50°C medan det kanske räcker med 37°C på sommaren. Det specifika värmebehovet för varmvattenvärmning kommer därför att variera mellan ca 43-60 kWh/m³, det lägre värdet sommartid och det högre värdet vintertid. Se även mätresultaten i avsnitt 4.3.

Dessutom är ju, enligt Svenska Bostäders mätaravläsningar ovan, varmvattenflödena ca 5-10% lägre sommartid jämfört och 5-10% högre vintertid jämfört med årsgenomsnittet.

Detta innebär att för en vintermånad kan antagligen värmebehovet för varmvatten vara ca 20-30% större jämfört med för en sommarmånad.

1.2 Värmebehov för varmvattencirkulation

För nya byggnader anger ofta schablonvärdet 4 kWh/m²,år för VVC-Förluster enligt t ex JM's Energiklassning av bostäder.

Aronsson (1996) har sammanställt några undersökningar där energibehovet för varmvattencirkulation mätts. Resultaten visade att VVC-förlusterna ligger vid 300 – 400 kWh/lägenhet, år för ett normalt flerbostadshus. VVC-Förlusterna stod för 10-15% av de totala energibehoven för varmvattenberedning.

Byggnadsenergigruppen (1974) redovisade VVC-förluster på 7-8% av det totala energibehovet för varmvatten.

Ek, C och Nilsson, D (2011) har sammanställt vattenanvändningens årsvariation med mera i en uttömmande rapport.

Gervind och Ruud (2011) anger 40 W per lägenhet som normalvärde för VVC-förlusteffekten i nybyggda flerbostadshus och att det är svårt att komma under 20 W/lägenhet. Räkna vi om detta till årsenergi för en lägenhet på 80 m² kommer vi till $40/1000 \cdot 8760/80 = 4$ kWh/m²,år respektive 2 kWh/m²,år. En jämförelse mellan Hamnhuset och Höghuset visar att snålspolande armatur med kallstart ger lägre tappvarmvattenanvändning jämfört med snålspolande armatur.

Hoel, T. (1995) har studerat VVC-förlusterna i en fastighet med 22 lägenheter i Göteborg där VVC-förlusterna stod för mer än hälften av det totala värmebehovet för varmvatten.

Kempe, P (2013) anger att VVC-förlusterna normalt ligger mellan 5-8 kWh/m², år men att det finns exempel på 20-25 kWh/m² vid olämpligt utformade VVC-system.

Olsson, D (2003) anger VVC-förlusterna till 50 % av behovet för tappvarmvattenberedning men att det i stor utsträckning saknas statistik om värmeanvändning för VVC.

Wollerstrand, J och Persson, T (2004) har utfört en beräkningar på olika VVC-kretsar och undersökt värmeförluster från VVC-system och även jämfört olika styrventilers egenskaper för att kunna leverera konstant varmvattentemperatur.

Kommentarer

För att kunna jämföra angivna VVC-förluster gör vi några antaganden:

1. Medel lägenhetsstorlek uppgår till 90 m² inklusive övrig uppvärmd area, t ex trapphus.
2. Värmebehov för varmvatten är 25-30 kWh/m² A_{temp}, år.

Då kan vi jämföra dessa värden i tabellen nedan.

Källa	Notering	Årlig specifik VVC-förlust, kWh/m ² ,år
JM's energiklassning för nya byggnader		4
Gerwind och Rud (2011)	40 W/lgh, dvs för lägenhet 90 m ² : $40 \cdot 8760/90 = 4,4$	4
Olsson D (2003)	50% av värmebehovet för varmvatten. Dvs 50% av 20-30 kWh/m ² =10-15 kWh/m ²	10-15
Aronsson (1996)	300-400 kWh/lgh, motsvarande (300 till 400)/90=4-5 kWh/m ²	3,4-4,4
Byggnadsenergigruppen (1974)	7-8% av värmebehov för varmvatten, dvs 7-8% av 25-30=2-2,4 kWh/m ² ,år	1,8-2,4
Hoel (1995)	Mer än 50% av värmebehovet för varmvatten.	>10-15
Kempe (2013)	Normalt 5-8 kWh/m ² ,år Vissa fall 20-25 kWh/m ² ,år	5-25

1.3 Några utdrag ur Boverkets Byggvägledning 10 - Vatten och Avlopp

Boverkets byggregler ställer krav på t ex varmvattentemperatur, högsta väntetid på varmvatten, godtagna normflöden.

Byggvägledning 10 – Vatten och Avlopp, en handbok i anslutning till Boverkets byggregler har getts ut för att underlätta tillämpning av föreskrifterna i BBR och BKR och inspirera till lösningar som uppfyller funktionskraven. Nedan ges en kort beskrivning av de avsnitt som berör VVC-förluster och som kan vara bra att känna till:

1.3.1 Varmvattentemperatur

För att diskgoods ska bli rent vid diskning bör varmvattentemperaturen kunna uppgå till 45°C och för att förhindra tillväxt av legionella-bakterier ska varmvattentemperaturen vid samtliga tappställen kunna överstiga +50°C. För att minska risk för skållning får temperaturen vid tappstället vara högst +60°C. För fjärrvärmeundercentraler brukar därför utgående varmvattentemperatur sättas vid ca +55 till 60°C så att temperaturen på VVC-returen ligger vid ca +50°C.

BBR 6:621 Varmvattentemperaturer för personlig hygien och hushållsändamål

Installationer för tappvarmvatten ska utformas så att en vattentemperatur på lägst 50 °C kan uppnås efter tappstället. För att minska risken för skållning får temperaturen på tappvarmvattnet vara högst 60 °C efter tappstället.

Temperaturen på tappvarmvattnet får dock inte vara högre än 38 °C om det finns särskild risk för olycksfall. Anordningar för reglering av tappvarmvattnet ska utformas så att risken för personskador genom förväxling av tappvarm- och tappkallvatten begränsas.

Allmänt råd

Exempel på särskilda risker för olycksfall är fasta duschar som inte kan regleras från en plats utanför duschplatsen och duschar för personer som inte förväntas kunna reglera temperaturen själva.

Ett vanligt förekommande driftproblem i praktiken är att temperaturen på utgående varmvatten svänger alltför mycket. Detta kan t ex ge komfortproblem vid duschning och eventuellt risk för skållning. Se även resultat från genomförda temperaturloggningar, t ex i bilaga 10.

1.3.2 Väntetid för varmvatten och tappvattenflöde

Väntetid för varmvatten

I rådtexten anges att väntetiden för varmvatten inte bör överstiga 10 sekunder vid ett flöde av 0,2 l/s. Behovet av cirkulationsledning får bedömas utifrån detta råd med hänsyn tagen till rördimensioner och rörlängder. För att beräkna väntetiden för varmvatten när cirkulationsledning saknas, kan diagrammet i figur 3:2 användas.

BBR 6:623 Tappvattenflöde

Tappställen ska utformas så att vattenflödena blir tillfredsställande utan att störande buller eller korrosion uppstår på grund av hög vattenhastighet. Utformningen ska också minska risken för skadliga tryckslag. Rätt tempererat tappvarmvatten ska erhållas utan besvärande väntetid.

Allmänt råd

För bostäder är föreskriftens krav på vattenflöden vid tappställen för både varm- och kallvatten uppfyllt om normflödena är 0,3 l/s för badkar och 0,2 l/s för övriga tappställen och för tappställen med enbart kallvatten är 0,1 l/s för vattenklosett och 0,2 l/s för övriga tappställen tillräckliga normflöden.

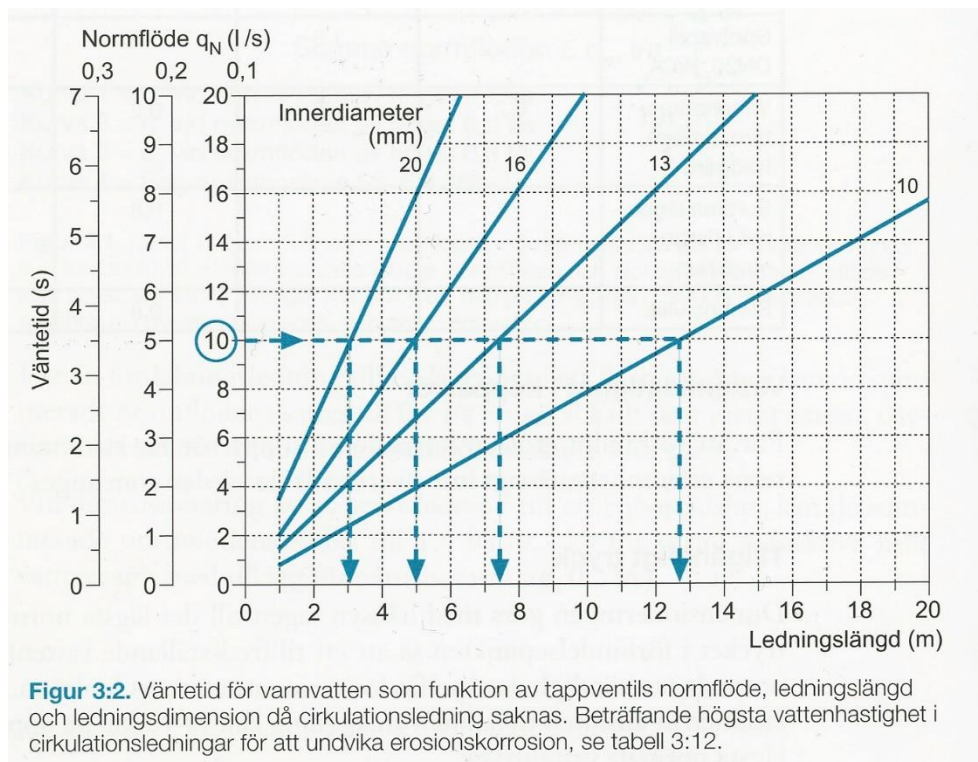
För tappvattensystemet som helhet är föreskriftens krav uppfyllt om minst 70 % av det enskilda tappställets normflöde kan fås då ett sannolikt antal anslutna vattenuttag öppnas samtidigt.

En vattenvärmare som bara betjänar ett enbostadshus bör vara dimensionerad för att under en tid av högst 6 timmar kunna värma 10-gradigt kallvatten så att två tappningar om vardera 140 l vatten av 40 °C blandat kall- och varmvatten kan erhållas inom en timme.

Utformningen av vattenledningar och placeringen av vattenvärmare bör vara sådana att tappvarmvatten kan erhållas inom ca 10 sekunder vid ett flöde av 0,2 l/s. Detta gäller dock inte då tappvarmvatten bereds för ett enbostadshus.

Regler om ljud från byggnadens installationer finns i avsnitt 7:2.

Normflöde för badkar är 0,3 l/s och för övriga tappställen 0,2 l/s. Moderna snålspolande duschmunstycken klarar sig med betydligt lägre tappflöden än 0,2 l/s kanske närmare 0,1 l/s. Därför bör eftersträvas att klara väntetider för varmvatten under 10 sekunder även vid låga flöden. Detta ställer i sin tur större krav på rätt utformning av VVC-systemet.



Figur 3:2 Kan användas för beräkning av väntetid för varmvatten. Diagrammet är bra att använda i tidiga skeden när schaktplaceringar fastläggs, t ex som argumentationsstöd vid möten med beställare, arkitekt och byggkonstruktör. Stråvan måste vara att begränsa väntetider och undvika horisontella VVC-system från rörschakt till lägenheter.

1.3.3 Energihushållning

VL 6 Krav på utförande från energihushållningssynpunkt

I BBR 9:51 ställs krav på tappvarmvatteninstallationer från energihushållningssynpunkt. Nedanstående är rekommendationer och för exakt lösning kan beräkningar göra så isoleringen anpassas till objektet.

Värmeisolering av tappvarmvattenledningar

Friliggande tappvarmvattenledningar i uppvärmt utrymme kan anses ha tillfredsställande isolering om de isoleras med lägst serie 1 och inbyggda ledningar om de isoleras med lägst serie 1. Rör med $d_i \leq 20$ mm förlagda i tomrör behöver erfarenhetsmässigt inte isoleras om tomröret tätas i båda ändar.

Värmeisolering av tappkallvattenledningar

Friliggande tappkallvattenledningar i uppvärmt utrymme kan anses ha tillfredsställande isolering om de isoleras med lägst serie 1 och inbyggda ledningar om de isoleras med lägst serie 1. Rör med $d_i < 20$ mm förlagda i tomrör behöver erfarenhetsmässigt inte isoleras om tomröret tätas i båda ändar.

Ligger tappvarmvattenledningar eller varmvattencirkulationsledningar i direkt anslutning till tappkallvattenledningen bör man gå upp till serie 1 för att minska risken för uppvärmning och tillväxt av mikroorganismer.

Värmeisolering av varmvattencirkulationsledningar

Varmvattencirkulationsledningar kan anses ha tillfredsställande isolering om de isoleras med lägst serie 3. Rör med $d_i < 20$ mm förlagda i tomrör behöver erfarenhetsmässigt inte isoleras om tomröret tätas i båda ändar.

Ytterligare kommentarer till detta avsnitt ges i *Byggvägledning 8 Energihushållning och värmeisolering*.

Utdrag ur "Byggvägledning 10 – VATTEN OCH AVLOPP", en handbok i anslutning till Boverkets byggregler. De med pil markerade texterna ifrågasätts. Rör med $d_i < 20$ mm förlagda i tomrör kan behöva bättre värmeisolering än enbart förläggning i tomrör. Mätningar av VVC-förluster på t ex Klockarvägen visar på större behov av isolering. Se bilaga 10.

1.4 Utdrag ur AMA VVS & KYL 12 samt VVS Företagens Teknikhandbok 2015.

Serietabell enligt AMA VVS & KYL 12

Krav på isolertjocklek i mm vid termisk isolering med mineralull på rörledningar. Värmeledningsförmåga (deklarerat värde) vid medeltemperatur 50 °C ska vara lägre eller lika med 0,037 W/(m·K) i kolumn A respektive lägre eller lika med 0,045 W/(m·K) i kolumn B.

Rördia- meter mm	Serie 1		Serie 2		Serie 3		Serie 4		Serie 5		Serie 6		Serie 7		Serie 8	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
- 20	40	50	40	50	60	70	60	70	80	100	100	120	-	-	-	-
(20) - 50	40	50	60	70	60	70	80	100	100	120	120	150	160	200	180	220
(50) - 100	60	70	60	70	80	100	100	120	120	150	160	200	180	220	220	260
(100) - 200	60	70	80	100	100	120	120	150	160	200	180	220	220	260	240	300
(200) - 350	80	100	100	120	120	150	160	200	180	220	220	260	240	300	280	340
(350) - 550	100	120	120	150	160	200	180	220	220	260	240	300	280	340	320	380

Krav på isolertjocklek enligt AMA VVS & KYL 12.

Rördim mm	Oisolerat W/m °C	20 mm W/m °C	40 mm W/m °C	60 mm W/m °C	80 mm W/m °C	100 mm W/m °C
12	18	50	4	25	3	23
15	21	50	4	25	3	23
18	24	50	5	25	3	23
22	27	50	5	25	4	23
28	33	50	6	26	4	24
35	38	50	7	26	5	24
42	44	50	8	27	5	24
48	49	50	8	27	6	24
54	53	50			6	24
60	58	50			7	24
70	66	50			7	24
76	70	50			8	24
89	80	50			9	25
108	93	50			10	25
114	97	50			10	25
140	115	50			12	25

Avgiven värme och yttemperatur vid olika isolertjocklekar med rörskaål av mineralull. Vattentemperatur 50°C. Omgivningstemperatur 20°C (stillastående luft).

Utdrag ur VVS Företagens Teknikhandbok 2015, sidan 249:

Exempel på värmeavgivning från ett rör med diameter 15 mm:

- 21 W/m om röret är oisolerat
 - 4 W/m om röret är isolerat med 20 mm rörskaål av mineralull
 - 2 W/m om röret är isolerat med 100 mm rörskaål av mineralull.
- 5 ggr tjockare isolering halverar alltså bara värmeförlusten.

Det är stor skillnad på ett oisolerat och ett isolerat rör men över en viss isolertjocklek ger isolertillägget liten extra isoleringseffekt. Rör med tjock isolering blir också utrymmeskrävande.

BEBO, Kartläggning av VVC-förluster i flerbostadshus. Slutrapport 2015-09-03.

2 Undersökta fastigheter

Totalt omfattar detta projekt undersökning av 12 olika fastigheter med totalt 14 fjärrvärmeundercentraler. Valla Torg och Bergengatan har 2 st fjärrvärmeundercentraler vardera.

Fastighet	Fastighetsägare	Antal byggnader	Antal lägenheter	Antal trapphus	Atemp, m2 (Uppvärmd area)
Vävar Johans gata	Stockholmshem	1	175	13	19810
Sturehillsvägen	Stockholmshem	2	79	6	8703
Onsdagsvägen	Stockholmshem	2	159	20	13205
Byälsvägen	Stockholmshem	5	202	36	19530
Valla Torg	Stockholmshem	7	302	33	30000
Annedalsvägen	Svenska Bostäder	2	32	4	3376
Björnsonsgatan	Svenska Bostäder	3	70	3	7536
Klippgatan	HSB	1	100	3	9000
Levertinsgatan 1-5	HSB	1	95	5	8500
Klockarvägen 9	Huge Fastigheter	1	30	1	2400
Lännavägen	Huge Fastigheter	1	100	10	10000
Bergengatan 43-51	Svenska Bostäder	5	128	5	10200

Nedan ges en kort beskrivning av de olika fastigheterna.

2.1 Vävar Johans gata

Fastigheten vid Vävar Johans gata har Boa/Loa 13115/1223 m² och A_{temp}=19810 m² med totalt 175 lägenheter.



Vävar Johans gata.

2.2 Sturehillsvägen

Fastigheten vid Sturehillsvägen består av 2 byggnader med total boa/loa 6028/695 m² och $A_{temp}=8703$ m² med totalt 79 lägenheter.



2.3 Onsdagsvägen

Fastigheten vid Onsdagsvägen består förutom av äldre befintliga hus med boa/loa 7498/1129 m² med 134 lägenheter också av nybyggt passivhus med boa 1700 m² och 25 lägenheter. Total $A_{temp}=13205$ m².

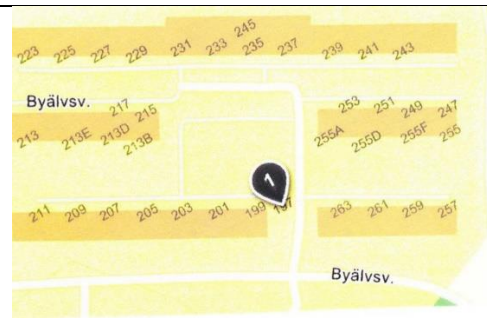


2.4 Byälvsvägen

Flerbostadshus med totalt 202 lägenheter i 5 lamellhus med totalt 37 trapphus. Byggnaderna innehåller totalt 202 lägenheter och $A_{temp}=19530$ m².



Byälvsvägen 197-263, Enskede.



Byälvsvägen 197-263.
Fjärrvärmeundercentral är placerad i nr 197.

2.5 Valla Torg

Valla Torg omfattar 7 bostadsbyggnader med totalt 302 lägenheter och total $A_{temp} = 30000 \text{ m}^2$. Fjärrvärmeundercentral finns på Torg 83 samt på Valla Torg 59.



Valla Torg 83



Situationsplan

2.6 Annedalsvägen

Fastigheten består av 2 byggnader med totalt 32 lägenheter och sammanlagd $A_{temp} = 3376 \text{ m}^2$.



Kv Lasse Liten, Annedalsgatan 67 och Pippi Långstrumps gata 36, 38 i Bromma.

2.7 Björnsonsgatan 62-66, Blackeberg

Fastigheten består av 3 byggnader med totalt 70 lägenheter och sammanlagd $A_{temp} = 7536 \text{ m}^2$.

Fjärrvärmeundercentral är belägen i mittbyggnaden, Björnsonsgatan 64 och denna undercentral försörjer även Björnsonsgatan 62 och 66 med värme, varmvatten och kallvatten.



Bild 1.1. Kv Ungrenen, Björnsonsgatan 62-66

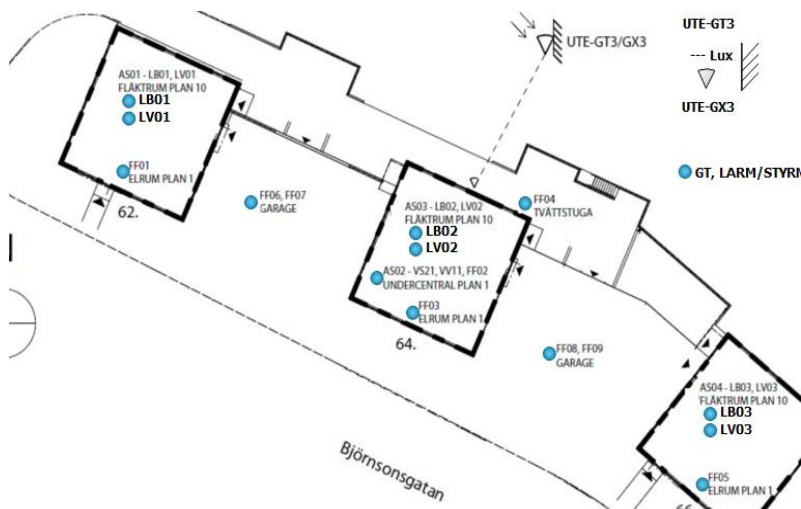


Bild 1.2. Situationsplan.

BEBO, Kartläggning av VVC-förluster i flerbostadshus. Slutrapport 2015-09-03.

2.8 Klippgatan 20, Solna

Brf Vimpeln 20 i fastigheten Vimpeln 11 uppfördes 1965 och innehåller 100 lägenheter varav 93 upplåtna med bostadsrätt. 1993 tilläggsisolerades fasaden och balkongerna gjordes större. Byggnaden har egen fjärrvärmeundercentral placerad på källarplan.



Klippgatan 20, Solna.

2.9 Levertinsgatan 1-5, Kristinebergs Strand

Fastigheten uppfördes 1931, har 5 trapphus och totalt ca 95 lägenheter och uppskattad $A_{temp} = 8500 \text{ m}^2$ (25% större än summa bo+loa). Total boarea är 5255 m² samt lokalarea 1584 m² varav 1486 m² garage. Omfattande renovering genomfördes 1994 då samtliga el- och avloppstammar byttes, tak, fasad, balkonger och terrass renoverades samt lägenheter moderniserades. Fjärrvärmeundercentral är belägen i Levertinsgatan 3. Handukstorkar är inkopplade på VVC-systemet vilket är huvudorsak till förhöjd "VVC-förlust".



Levertinsgatan 1-5, Kristinebergs strand.

BEBO, Kartläggning av VVC-förluster i flerbostadshus. Slutrapport 2015-09-03.

2.10 Klockarvägen 9, Huddinge

Den studerade byggnaden, Klockarvägen 9, är en av 6 st liknande byggnader inom fastigheten Ålen 4 och Ålen 2. Byggnadens $A_{temp} = 2400 \text{ m}^2$ och innehåller 30 lägenheter. Varje byggnad har egen fjärrvärmeundercentral belägen på entréplan.



Klockarvägen 9, Huddinge

2.11 Lännavägen, Kv Kansliet, Huddinge

Fastigheten består av en byggnad med 10 trapphus och totalt 100 lägenheter. Sammanlagd uppvärmd area, $A_{temp} = 10000 \text{ m}^2$.



Lännavägen, Huddinge. Trapphus mot Lännavägen, Kommunalvägen och Rådsvägen.

2.12 Bergengatan 43-51

Fastigheten består av 5 byggnader med totalt 128 lägenheter och sammanlagd $A_{temp} = 10200 \text{ m}^2$.

Fjärrvärmeundercentral är belägen i Bergengatan 43 och försörjer Bergengatan 43, 45, 47, 49, 51.



Bergengatan 43-51. Byggnaden till vänster är Bergengatan 43 med två fjärrvärmeundercentraler placerade i källare i den vänstra byggnadens borte del. Byggnaden till höger (Bergengatan 45) samt ytterligare 1 byggnad (Bergengatan 47) har byggts på med en våning och en ny fjärrvärmeundercentral har installerats som enbart försörjer dessa påbyggnader om totalt 10 st lägenheter (5 st/byggnad). (Mycket lång ledningsdragnings i markkulvert och krypgrunder i förhållande till betjänad uppvärmd area, A_{temp}).

3 Mätningar

Mätningar av VVC-förluster påbörjades i månadskiftet februari mars 2014 och pågick till maj 2015. I en förstudie genomfördes mätningar i 4 fastigheter under hösten 2013. Resultat från dessa redovisas också i denna rapport.

Mätningarna har omfattat:

- Avläsning av installerade mätare för fjärrvärme och kallvatten samt i förekommande fall varmvattenmätare, värmemängdsmätare för värme, varmvatten och/eller VVC.
- Loggning av VVC-flöden över STAD-ventil samt temperatur på varmvatten och VVC med TA Scope under en vecka vid några olika tillfällen per år.
- Loggning av temperaturer på varmvatten, kallvatten och VVC med temperaturloggers typ Tinytags

3.1 Mätaravläsningar


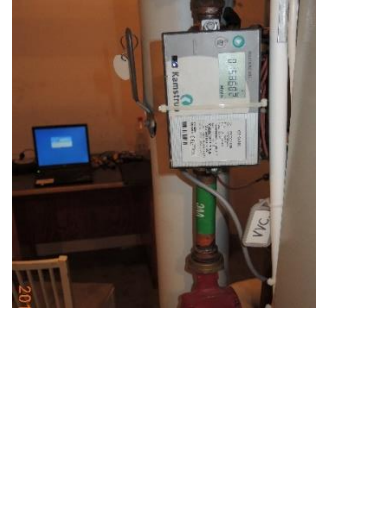


	<p>Bild 3.1.1 Avläsning av fjärrvärmemätare ger total fjärrvärmeanvändning under perioden.</p>
	<p>Bild 3.1.2 Avläsning av värmemängdsmätare i VVC-system i 4 fastigheter.</p> <p>4 av 12 fastigheter har värmemängdsmätare:</p> <ul style="list-style-type: none">• Onsdagsvägen (VVC)• Byälvsvägen (VVC)• Valla Torg (VVC)• Klippgatan (VVC, VV, RAD) <p>I övriga 8 fastigheter har VVC-förlusterna mätts via loggning av VVC-flöde samt temperaturer på varmvatten och VVC med TA Scope och med temperaturloggers typ Tinytags.</p>
	<p>Bild 3.1.3 Avläsning av värmemängdsmätare varmvatten ger värmeenergi till varmvatten under perioden.</p> <p>Alternativt har värmeenergi till varmvatten erhållits från avläsning av flödesmätare varmvatten och loggning av temperaturer på varm- och kallvatten med temperaturloggers, typ Tinytags.</p>
	<p>Bild 3.1.4 Avläsning av värmemängdsmätare VS (=värme) ger värmeenergi till värmesystem.</p> <p>(Avläsning under sommaren 2014 visade att värmesystem kan vara i drift även när värmebehov saknas)</p>



Bild 3.1.5 Avläsning av kallvattenmätare ger kallvattenanvändning under perioden.

Antagande kan göras att varmvattenflödet är 38 % av kallvattenflöde.

Loggning av kallvattentemperatur under året ger underlag för beräkning av värme till varmvatten =(VV-KV-temperatur). Kan variera mellan 40 till 60 kWh/m³.

3.2 Mätinstrument och mätnoggrannhet



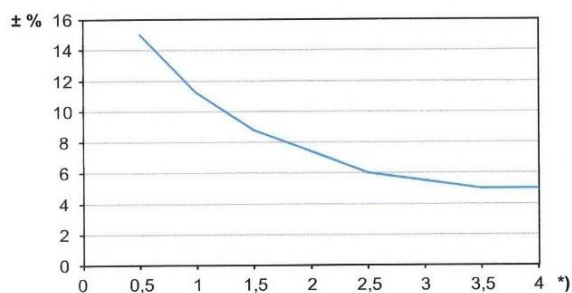
Bild 3.2.1 STAD-Ventil. Denna injusteringsventil har mätuttag som möjliggör flödes- och temperaturmätning. Viktigt att ventilen är rätt monterad och inte felvänd om mätfel ska kunna minimeras till ca 5%.

Avvikelse av flödet vid olika inställningar

Kurvan (fig. 4) gäller för ventiler monterade vid specificerad flödesriktning (fig. 5) och med normala röranslutningar. Dessutom bör montering av armatur och pumpar undvikas omedelbart före ventilen.

Ventilen kan monteras med omvänd flödesriktning. Givna flödesuppgifter gäller även för denna riktning men avvikelserna kan bli större, (max 5% ytterligare).

Fig. 4



*) Inställning, antal varv.

Fig. 5

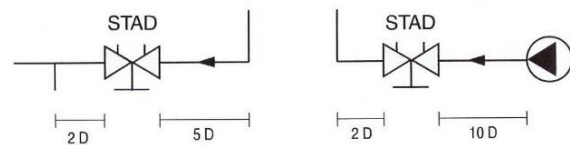


Bild 3.2.2 Mätnoggrannhet vid flödesmätning med TA Scope över STAD-Ventil



- Har egen processor och minne samt batteri för loggning på egen hand.
- Två DTS anslutningar DT för effekt loggning
- Sensor är av samma typ som i TA-CBI^{II} · Piezo-electrisk
- Förbättrad A/D omvandling ökar stabiliteten
- Förbättrad kalibrations algoritm
- **Noggrannhet Dp: ± 0.1 kPa eller 1% av uppmätt värde**

Bild 3.2.3 Differensstryckgivare (DpG) till TA Scope. För mätning av VVC-förluster (flöde och temperaturfall)



- PT100, klass 1/3
- A/D omvandling
- Förlängningskabel finns upp till 5m
- Mätområde: -20°C till 120°C
- Individuellt kalibrerad
- Multipunktskalibrering sparas i givaren
- **Noggrannhet: bättre än $\pm 0.2^\circ\text{C}$**
(0.1°C)

Bild 3.2.4 Temperaturgivare till till TA Scope.

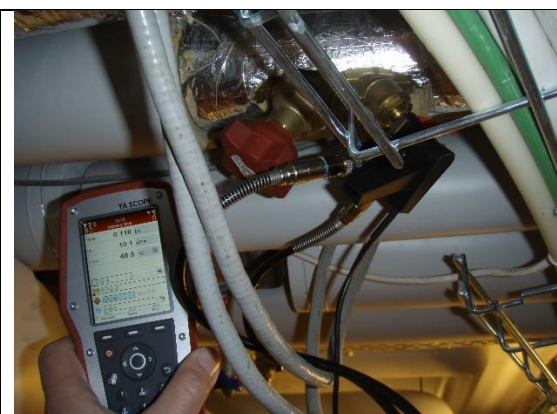


Bild 3.2.5 Mätning av VVC-flöde och temperatur i VVC-krets med TA Scope.



Bild 3.2.6 Loggning av ström till VS-pump med Mitec AT40 och strömtång. (Björnsonsgatan)

Kombineras lämpligen med TA Scope mätning av värmevattenflöde över STAD-ventil och loggning av temperaturer på VS-fram och VS-retur. Ger info om värmeanvändning i värmesystem.

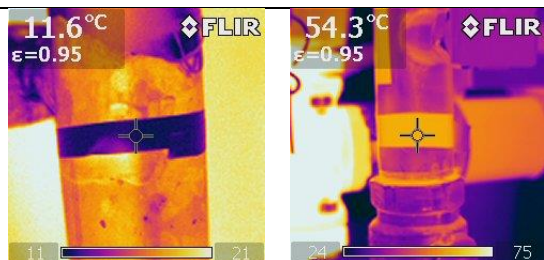


Bild 3.2.7 Värmekamera har använts för momentan mätning av temperaturer på kallvatten, varmvatten, VVC och värmesystems fram- och returledning. Tejp har använts för att nå emissionstal 0,95.

Värmekamera: Flir modell I50.

4 Resultat

4.1 Uppmätta VVC-förluster

Genomförda mätningar har lett till följande resultat. I 4 av de 12 byggnaderna har resultaten erhållits från avläsning av installerade värmemängdsmätare medan för övriga 8 byggnader har resultaten erhållits från genomförda loggningar några gånger under året. Varje loggning har då pågått under en till två veckor.

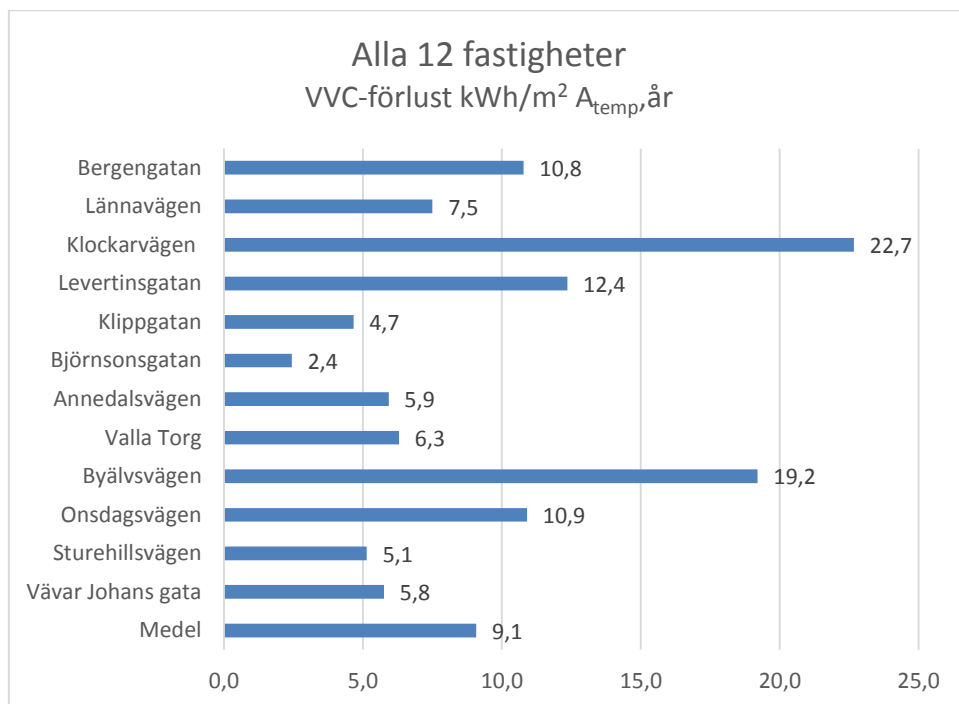


Bild 4.1.1 Uppmätta VVC-förluster för de studerade byggnaderna varierar mellan 2,4 kWh/m²,år och 23 kWh/m². Fastigheten på Bergengatan består av en äldre del och en nybyggd del.

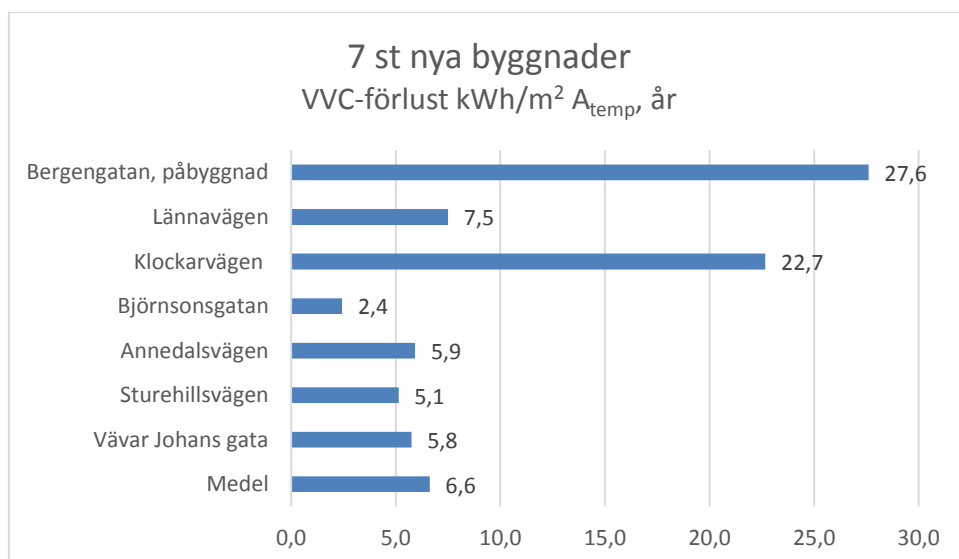


Bild 4.1.2 Uppmätta VVC-förluster för andelen nya byggnader av de studerade varierar mellan 2,4 kWh/m²,år och 28 kWh/m². Observera att enbart 1 av 7 byggnader ligger under det värde på 4 kWh/m²,år som schablonmässigt brukar användas för nya byggnader. Bergengatan och Klockarvägen är små byggnader och påverkan på medelvärdet blir då inte så stor.

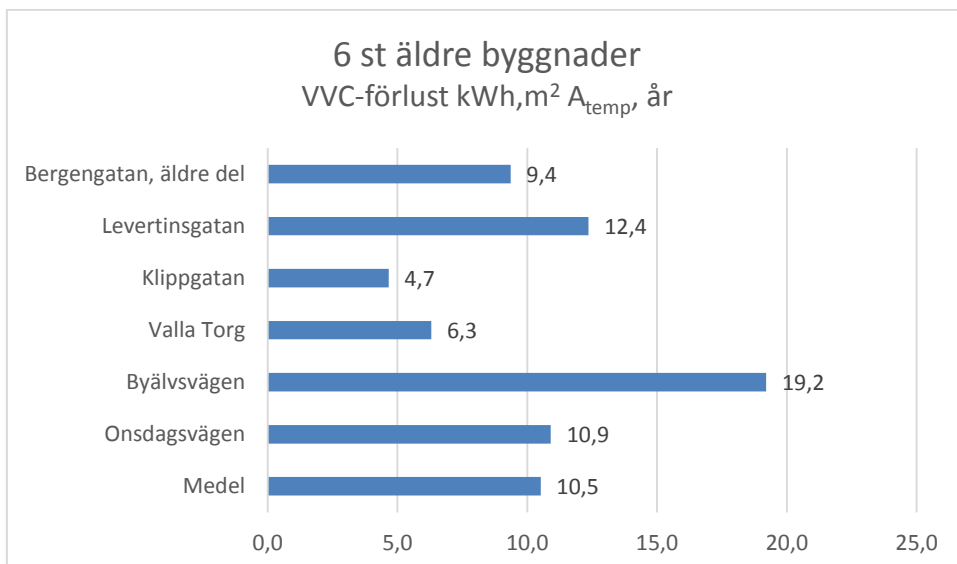


Bild 4.1.3 Uppmätta VVC-förluster för andelen äldre byggnader av de studerade varierar mellan 4,7 kWh/m²,år och 19 kWh/m²,år. Medelvärde 10,5 kWh/m²,år.

I fastigheten på Byälvsvägen är VVC-förlusterna betydande, ca 19 kWh/m², år. Här går rören för varmvatten och VVC i gamla rörkulvertar med sämre isolering som försörjer 37 trapphus i totalt 5 byggnader.

4.2 Värmeanvändning sommartid

Under mätningar sommaren 2014 konstaterades att värmesystemen ofta var i drift trots att värmebehov rimligen inte förelåg. Cirkulationspumpar var i drift även under juli månad och framledningstemperaturen ibland högre än returtemperaturen.

Även när fjärrvärmeanvändningen jämfördes med summa varmvattenanvändning + VVC-förluster så återstod en stor restpost.

”Förr i tiden” gick fastighetsskötaren normalt en runda i mitten på maj och stängde av cirkulationspumpar. Och vid energiberäkningar av värmehov för radiatorer så förutsätts normalt att värmesystemet stängs av när utetemperaturen understiger +11°C.

För att undersöka värmesystemets drift sommartid gjordes några extra mätningar på värmesystemet för Byälvsvägen.



Bild 4.2.1 Mätning av värmevattenflöde i värmesystem VS1. I värmekrets före cirkulationspump finns STAF-ventil, dim 80 vilken möjliggör mätning av värmevattenflöde. Vid besök 2014-07-08 uppgick flödet till ca 15000 l/h (4,2 l/s) trots att inget värmebehov rimligen borde föreligga. Utetemperaturen vid besöket/mätningen var då +24°C. Se även nedan.

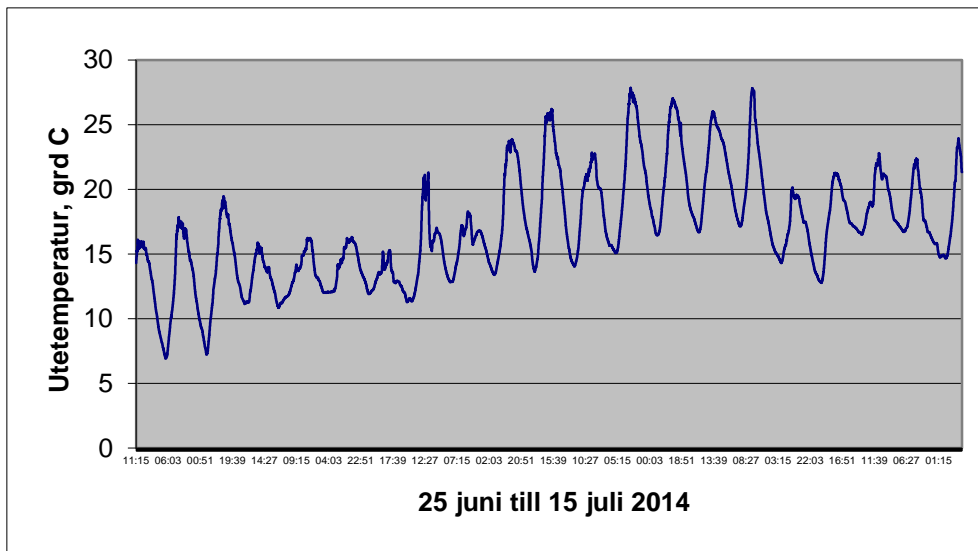


Bild 4.2.2. Utetemperatur under perioden 25 juni till 15 juli 2014.

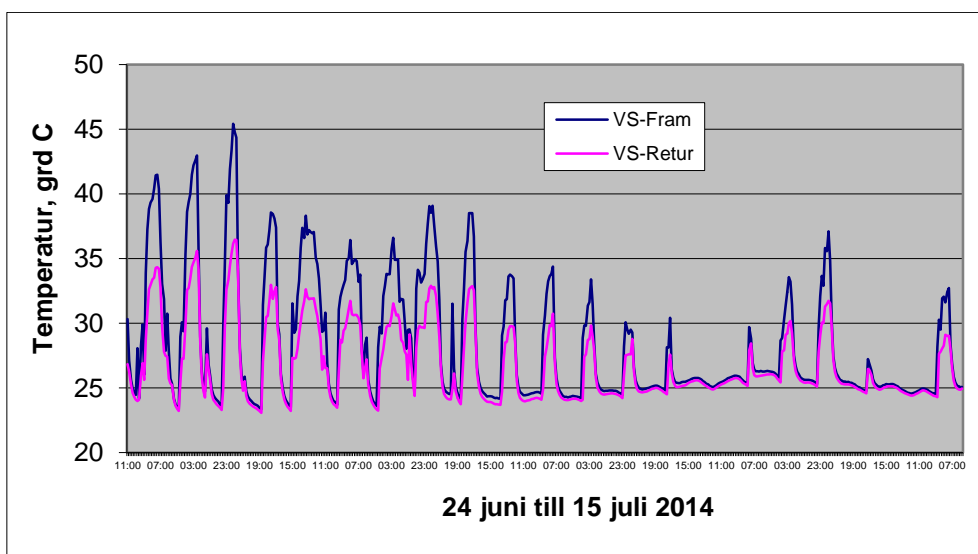


Bild 4.2.3. Loggade temperaturer på fram- och returtemperaturer för värme till radiatorer under perioden 24 juni till 15 juli 2014. Medeltemperaturdifferens mellan fram- och returtemperatur uppgår till 1,7°C. Fastighet: Byälvsvägen.

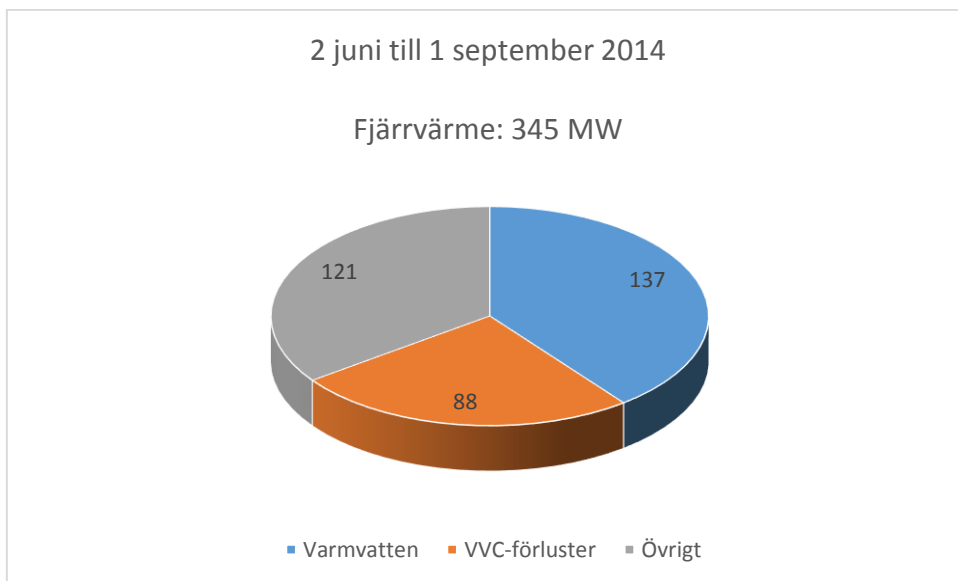


Bild 4.2.4. Resultat från mätaravläsningar. Under sommarmånaderna juni till augusti uppgår fjärrvärmeanvändningen till 346 MWh. Av denna åtgår 137 MWh (40%) till varmvattenvärmning, 88 MWh (25%) som VVC-förluster och resterande 121 MWh (35%) bedöms huvudsakligen åtgå till värmesystem. I detta fall går det alltså nästan till mycket fjärrvärme till radiatorsystemet som till varmvattenanvändning. Fastighet: Byälsvägen.

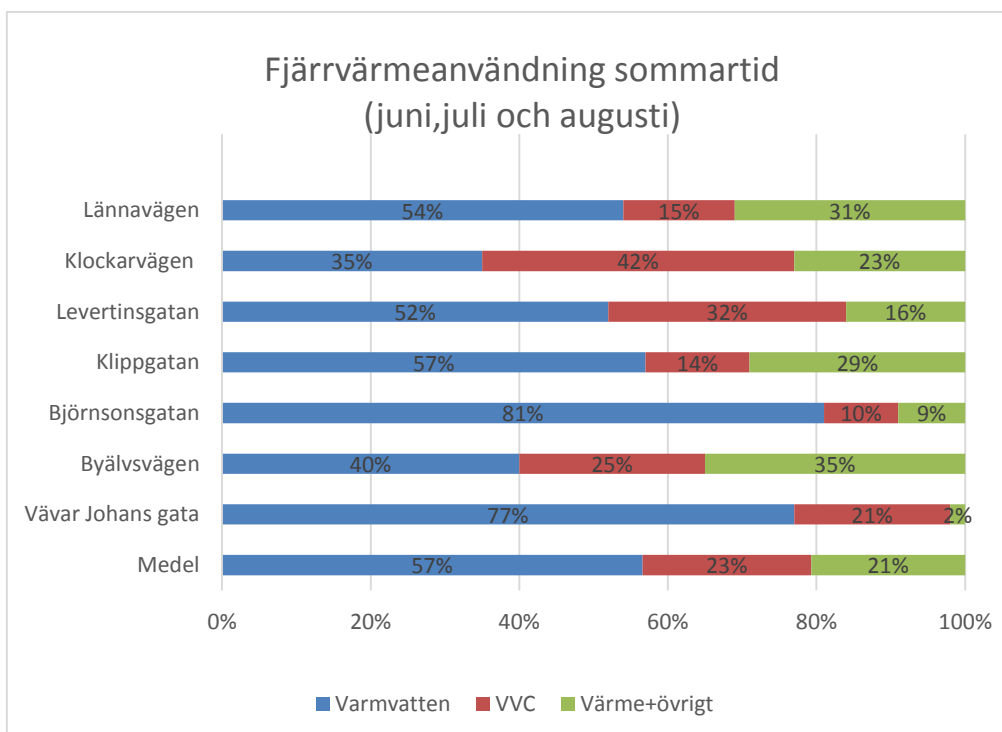


Bild 4.2.5 Under den relativt varma sommaren 2014 har fjärrvärmeanvändningens fördelning till varmvattenvärmning, VVC-förluster, värmesystem+övrigt studerats. Anmärkningsvärt är att fjärrvärmeanvändning till byggnadernas värmesystem + övrigt varit betydande i några fastigheter trots att värmebehov rimligen inte borde ha funnits. Observera dock att mätperioderna varit korta i några fall (t ex Levertinsgatan) varför säkra slutsatser inte kan dras.

BEBO, Kartläggning av VVC-förluster i flerbostadshus. Slutrapport 2015-09-03.

4.3 Temperaturer på inkommande kallvatten

Vid beräkning av värmebehov för att varmvatten används ofta schablonvärdet 55 kWh/m³ men detta förutsätter ju att vattnet ska värmas ca 47°C, t ex från +8°C till 55°C. Men om temperaturen på inkommande kallvatten avviker från detta så blir resultatet fel.

Som framgår av redovisade mätningar nedan framgår att temperaturen på inkommande kallvatten är ca 10°C varmare på sommaren jämfört med på vintern. På vintern kan vattnet behöva värmas drygt 50°C medan det kanske räcker med 37°C på sommaren. Det specifika värmebehovet för varmvattenvärmning kommer därför att variera mellan ca 43-60 kWh/m³, det lägre värdet sommartid och det högre vintertid.

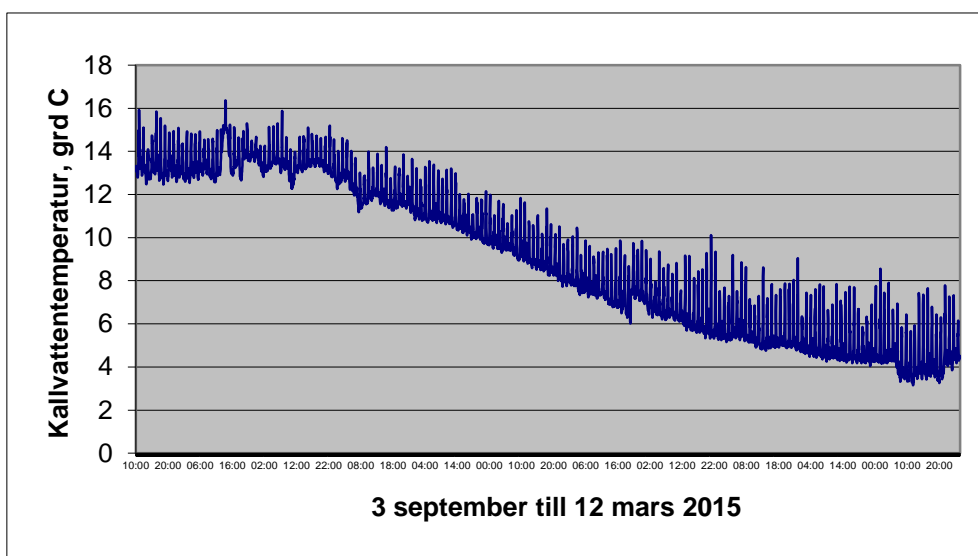


Bild 4.3.1 Björnsonsgatan 64. Loggning av inkommande kallvattentemperatur. Natttid sker ingen eller ringa varmvattenanvändning och då stiger tillfälligt temperaturen på det stillastående kallvattnet i röret ca 2-3°C.

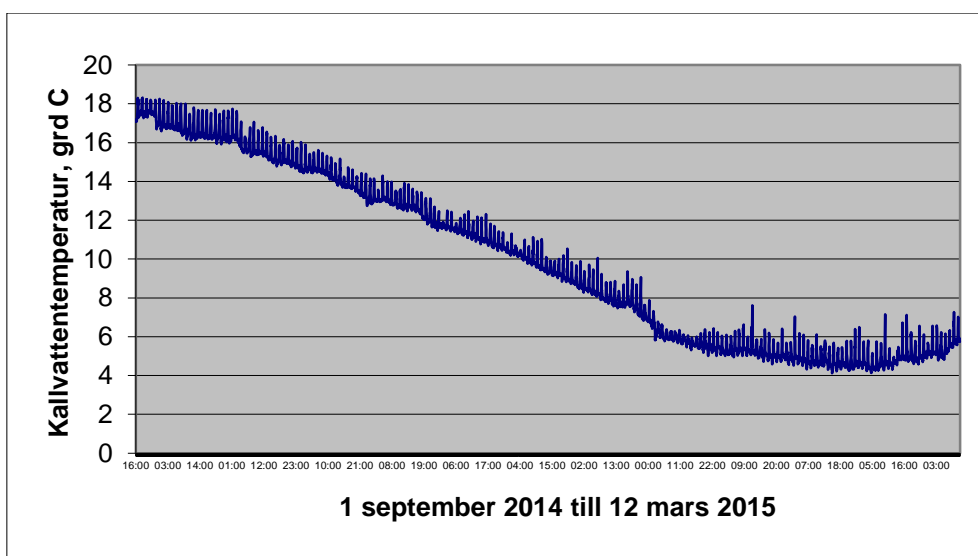


Bild 4.3.2 Vävar Johans gata 17. Loggning av inkommande kallvattentemperatur

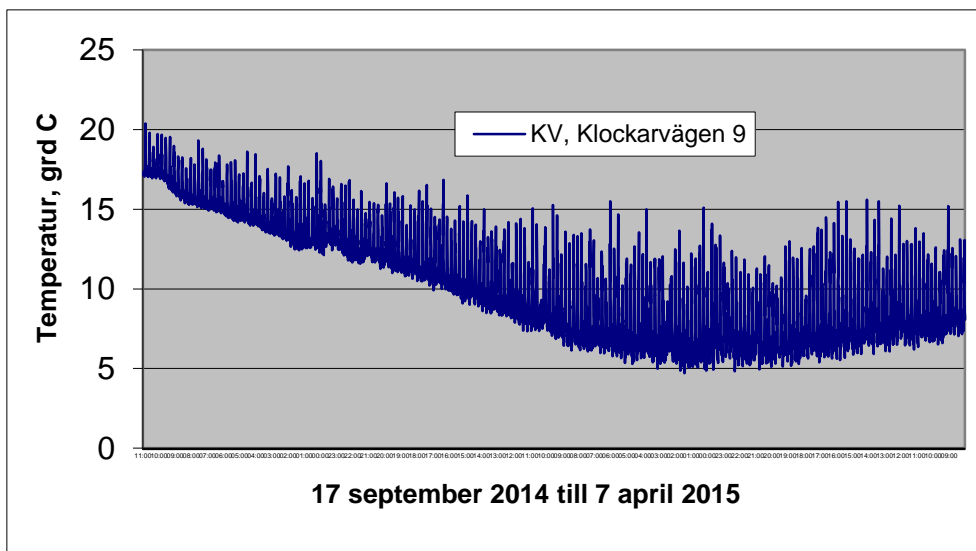


Bild 4.3.3 Klockarvägen 9. Loggning av inkommande kallvattentemperatur.

5 laktagelser och noteringar

5.1 Värmeförluster från markkulvert

Stora VVC-förluster kan konstateras för byggnader med långa dragningar av utvändigt markkulvert. Om dessutom försörjda byggnader är låghus så blir naturligtvis andelen markkulvert utslaget per m² uppvärmd golvarea (A_{temp}) stor.

Värmeundercentralen på **Byälvsvägen** försörjer 37 trapphus i 5 låga lamellhus med värme och varmvatten via en gammal sämre isolerad markkulvert. Här uppgår VVC-förlusterna till 19 kWh/m²,år. Den övervägande delen av dessa VVC-förluster kommer inte byggnaden tillgodo utan avges till marken. Endast en mindre del, 2-5 kWh/m², kanske kommer byggnaderna tillgodo under tider med värmebehov.

Det relativt nybyggda flerbostadshuset på **Lännavägen** försörjs via gemensam värmeundercentral med rörschakt vid totalt 10 trapphus. Markkulvert har dock förlagts utomhus i mark vilket gör att VVC-förlusterna inte kan tillvaratas. Av de totala VVC-förlusterna på 7,5 kWh/m², år beräknas ca 5 kWh/m²,år avges till mark. Men eftersom flerbostadshuset saknar källareplan är det av utbytesskäl naturligt att förlägga försörjningen utvändigt. Dock verkar lock till inspektionsbrunnar behövt bättre värmeisolering. I nuläget är det alltid snöfritt på och runt dessa.

Två av byggnaderna på **Bergengatan 43-51** har byggts på med en 5:e våning på Bergengatan 45 och 47. Dessa innehåller totalt 10 nya lägenheter. För att kunna försörja dessa lägenheter med värme, varmvatten och kallvatten har en ny värmeundercentral installerats i samma teknikrum som befintlig värmeundercentral. Den nya värmeundercentralen ligger dock ca 50-100 meter från de nya lägenheter som ska betjänas och därför blir VVC-förlusterna onormalt höga, ca 28 kWh/m² A_{temp} , år, trots att helt nya rör och värmeisolering har använts. Uppskattningsvis kommer max 10% av dessa VVC-förluster de nya lägenheterna tillgodo i form av värme.

De 7 flerbostadshusen vid **Valla Torg** vilka försörjs med värme och varmvatten från värmeundercentraler vid Valla Torg 83 och en värmeunder-central vid Valla Torg 59 har huvudsaklig rördragning i källarevåningar och korta dragningar utomhus i markkulvert. Dessutom är det 4 höghus med ca 15 våningar. Detta är troligen orsaken till de måttliga VVC-förlusterna på 6,3 kWh/m²,år.

De relativt nybyggda fastigheterna vid **Annedalsvägen**, **Björnsongatan** och **Sturehillsvägen** har samtliga små VVC-förluster. Dessa har modern markkulvert och relativt korta ledningsdragningar i mark utomhus.

5.2 Stora värmeförluster vid VVC-system mellan rörschakt och lägenheter

I relativt nybyggda **Klockarvägen 9** är VVC-förlusterna så stora som 23 kWh/m², år. VVC-förlusterna är här lika stora som de 20-25 kWh/m², år som utgör normala varmvattenbehov i nybyggda flerbostadshus.

Orsaken till att VVC-förlusterna är så stora beror på att VVC-kretsar har dragits ända fram till tappställen i respektive lägenhet. Normalt brukar bara VVC dras vertikalt som huvudkrets i trapphus-schakt och sluta på översta våningen. Men i detta fall har man dessutom ingjutna VVC-kretsar till respektive lägenhet från trapphus. Totalt finns ca 900 meter horisontella varmvatten- och VVC-rör med minimal värmeisolering, 6 mm. Dessa horisontella kretsar svarar för mer än 90 % av VVC-förlusterna.

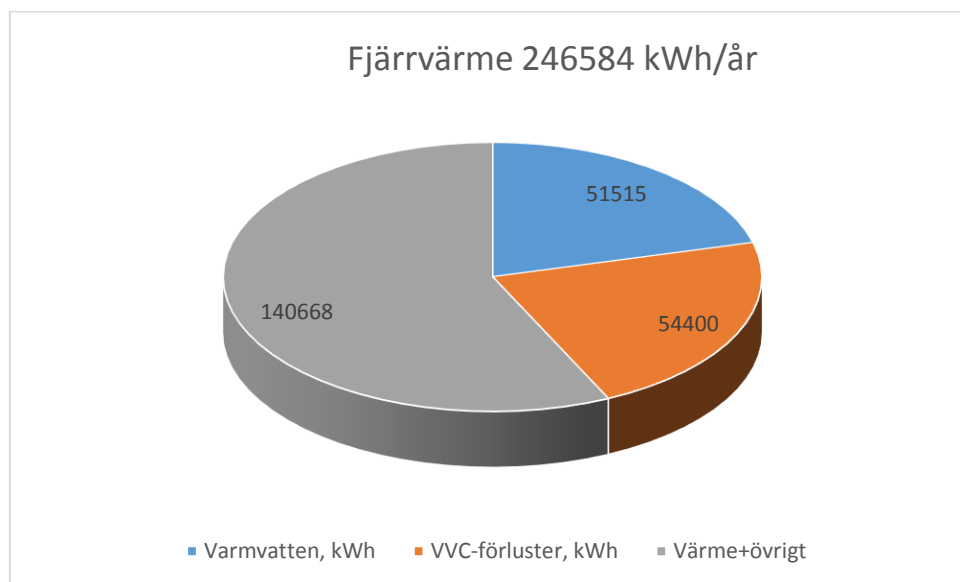


Bild 5.2.1. Klockarvägen 9. För 12-månadersperioden april 2014 till och med mars 2015 uppgick fjärrvärmeanvändningen till 246584 kWh. VVC-förlusterna var större än varmvattenanvändningen.

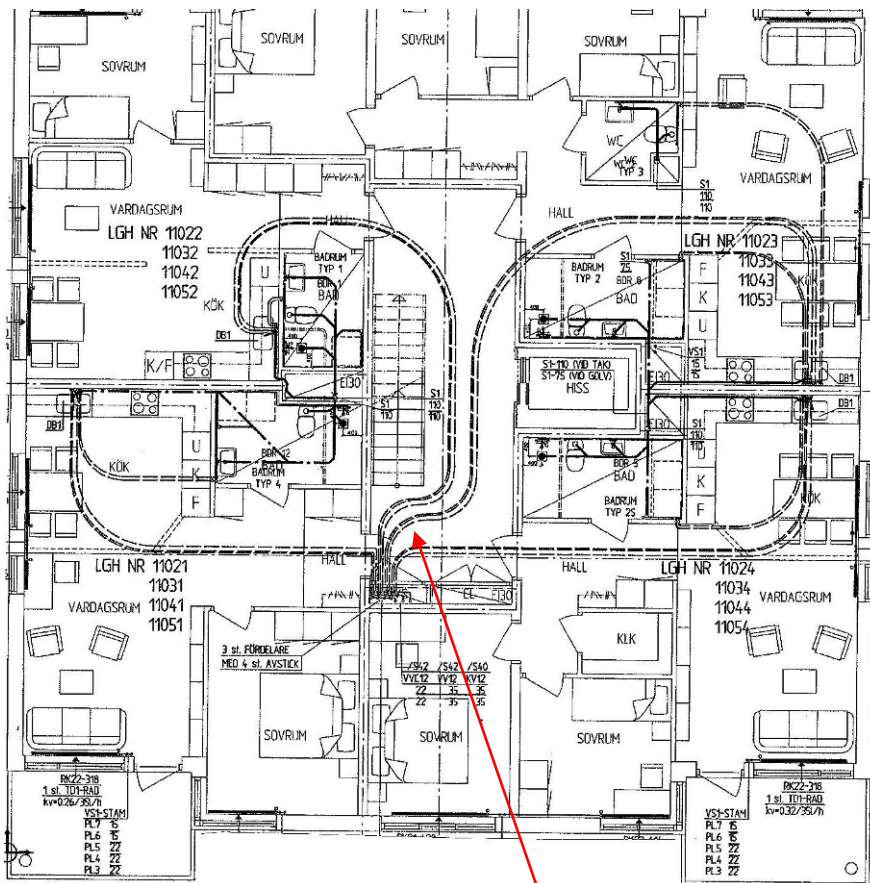


Bild 5.2.2. Rör för VV och VVC är förlagda i golvbjälklag. Från våningsfördelare i trapphus går varmvatten i VV/VVC-rör till/från respektive lägenhet. För husets 30 lägenheter bedöms den sammanlagda rörlängden i bjälklag till ca 450 meter vardera för VV och VVC.



Bild 5.2.3. Värmeavgivning från VV och VVC i bjälklag.

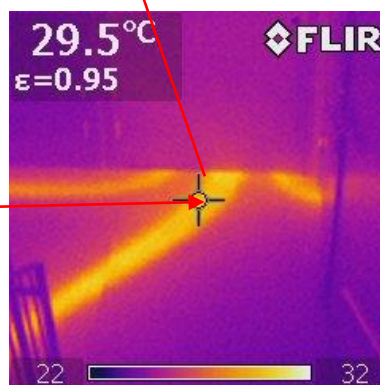


Bild 5.2.4. Värmeavgivning från VV och VVC i bjälklag. Yttertemperaturen på golv i trapphus ligger lokalt vid ca 27 till 30°C.

5.3 Små VVC-förluster om horisontella lägenhetsdragningar minimeras

För Klippgatan i Solna som byggdes 1965 och där renovering skedde 1993 uppgår VVC-förlusterna till 4,7 kWh/m² vilket är lågt speciellt med tanke på att det är en gammal byggnad. Här har horisontella rördragningar av varmvatten och VVC minimerats genom att vertikala rörschakt har förlagts i direkt anslutning till våtrum och kök. Förutom att VVC-förlusterna blir små blir också väntetider på varmvatten korta eftersom tappstället alltid ligger nära rörschaktet som har VVC-system och därmed varmt tappvarmvatten. Värmeförluster från rörschakten kommer också bad- och duschrum tillgodo. Här är det önskvärt att ha någon grad varmare jämfört med övriga lägenheten.

Men detta förläggningssätt används tyvärr inte så mycket idag. Ett skäl kan vara att man velat förbereda för individuell mätning och därmed vill man samla alla varmvattenmätare på ett ställe.

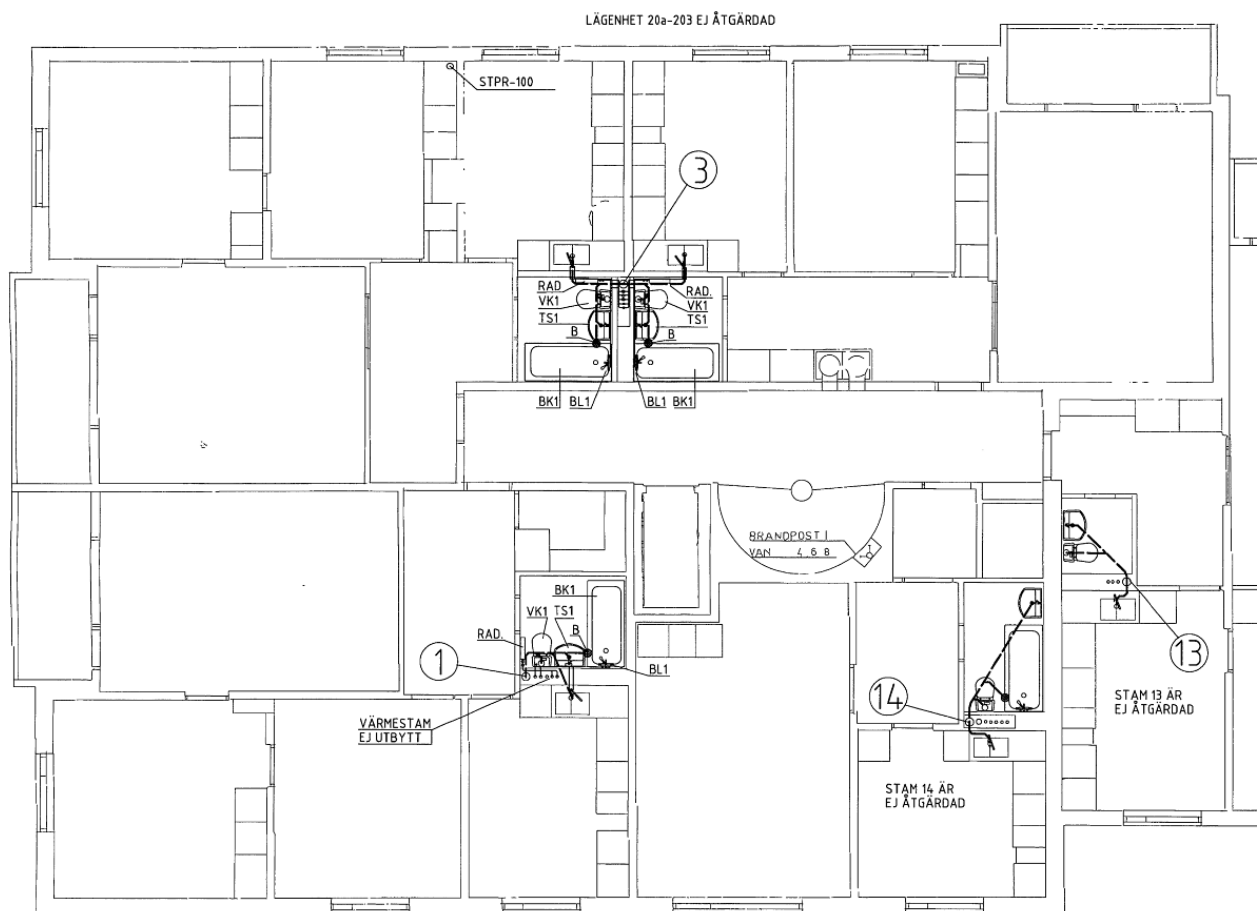


Bild 5.3.1. Förläggning av rörschakt i fastigheten vid Klippgatan 20 är ett bra exempel på hur rörschakt ska förläggas om strävan är att såväl ha korta väntetider på varmvatten som små VVC-förluster. Att förse vertikala rörstammar i schakt med god värmeisolering är enklare jämfört med för långa horisontella rördragningar i bjälklag eller gipsinklädnings vid tak/vägg från rörschakt till lägenheter.

5.4 Värmeundercentraler har ofta oisolerade delar som ökar värmeförluster

Alla varma rördelar i en fjärrvärmeundercentral ska ha god värmeisolering. Men det är inte ovanligt att delar av undercentralen saknar värmeisolering. Detta ger ökade värmeförluster och hög rumstemperatur i undercentralen. Enklast lokaliserar dessa brister med hjälp av värmekamera.



Bild 5.4.1 Fjärrvärmeundercentral med delvis oisolerade varma rör leder till onödigt stora värmeförluster och hög rumstemperatur.



Bild 5.4.2 Yttertemperaturen på t ex värmerör till varmvattenväxlare är ofta minst 40°C varmare än omgivande rumsluft hela året, dvs 8760 timmar/år motsvarande $40 \cdot 8760 = 350\,000$ gradtimmar per år!

Jämför detta med en byggnad i Mellansverige där specifikt värmebehov ligger vid ca 100 000 gradtimmar/år.



Bild 5.4.3 **Lännavägen** i Huddinge är ett bra exempel på hur en fjärrvärmeundercentral bör vara isolerad för att värmeförlusterna ska minimeras.

6 Källor

Aronsson, S: Fjärrvärmekunders värme- och effektbehov. Analys baserad på mätresultat från 50 byggnader. Doktorsavhandling, Chalmers, CIT, 1996.

Boverket: Termiska beräkningar. Rumsklimat, värmeisolering, transmissionsförluster och omfördelningsberäkning. Handbok. 2003.

Byggnadsenergigruppen: Energianvändning i byggnader: Mätningar och studier i flerbostadshus. SIB. Rapport R10:1974.

Ek, C och Nilsson, D: Varmvatten i flerbostadshus: Erfarenhet, kunskap och mätning för en klokare användning. Högskolan i Halmstad. Examensarbete.

Elmroth, A: Energihushållning och Värmeisolering. Byggvägledning 8. En handbok i anslutning till Boverkets Byggregler, 2009.

Gervind, P och Ruud, S: Guidelines – riktlinjer baserade på de erfarenheter som erhållits vid uppförande och utvärdering av Hamnhuset. SP Rapport 2011:78

Granroth, M och Matsson, L-O: Vatten och Avlopp, Byggvägledning 10. En handbok i anslutning till Boverkets Byggregler, 2013.

Hoel, T: Undersökelse av varmt tappevannsforbruk i en boligblokk. LTH. Institutionen för värme- och kraftteknik. 1995

Kempe, P: Installationssystem i energieffektiva byggnader. Svenska Byggbranschens utvecklingsfond. Projekt 12541 (2013)

Olsson, D: Tappvarmvatten i flerbostadshus. Effektiv, SP, rapport nr 2003:04

Sjögren, Jan-Ulric: Användning av kall- och tappvarmvatten i flerbostadshus. Energi och Miljö, nr 11 - 2007.

Wollerstrand, J och Persson, T: Injustering av VVC-kretsar, Svensk Fjärrvärme, Forskning och Utveckling, rapport 2004:118.

VVS Företagens Teknikhandbok 2015.

Bilagor

- Bilaga 1: Vävar Johans gata**
- Bilaga 2: Sturehillsvägen**
- Bilaga 3: Onsdagsvägen**
- Bilaga 4: Byälvsvägen**
- Bilaga 5: Valla Torg (2 st fjärrvärmeundercentraler)**
- Bilaga 6: Annedalsvägen**
- Bilaga 7: Björnsonsgatan**
- Bilaga 8: Klippgatan**
- Bilaga 9: Levertinsgatan**
- Bilaga 10: Klockarvägen**
- Bilaga 11: Lännavägen**
- Bilaga 12: Bergengatan (2 st fjärrvärmeundercentraler)**