

# Injustering av distributionssystem

Handbok från IMI Hydronic Engineering

Engineering  
GREAT Solutions



Injustering & Reglering

**IMI**

Hydronic Engineering



# Innehåll

---

<b>1. Varför injustera?</b> .....	<b>5</b>
<b>2. Förberedelser</b> .....	<b>7</b>
2.1 Planera injusteringen vid skrivbordet.....	7
<i>Granska ritningarna noggrant</i> .....	7
<i>Välj lämplig injusteringsmetod</i> .....	7
2.2 Dela upp anläggningen i moduler.....	8
<i>Teori och praktik</i> .....	8
<i>Lagen om proportionalitet</i> .....	8
<i>En modul kan vara en del av en större modul</i> .....	10
<i>Vad är optimal injustering?</i> .....	11
<i>Var injusteringsventiler behövs</i> .....	11
<i>Noggrannhet hos flöden</i> .....	12
<b>3. Proportionalitetsmetoden</b> .....	<b>13</b>
<b>4. TA Wirelessmetoden</b> .....	<b>15</b>
4.1 En vidareutveckling av proportionalitetsmetoden .....	15
4.2 Referensventil och partnerventil .....	16
4.3 Förinställning av referensventilen .....	17
4.4 Utrustning du behöver.....	17
4.5 Injustering av apparater i en grenledning .....	18
4.6 Injustering av grenledningar i en stam .....	20
4.7 Injustering av stamledningar i en huvudledning .....	21
4.8 Om referensventilen inte är modulens indexventil .....	22
<b>5. TA Diagnosticmetoden</b> .....	<b>24</b>
5.1 Förberedelser.....	25
5.2 Utförande.....	25
5.3 Inbördes injustering av modulerna i en stamledning .....	26
5.4 Inbördes injustering av stamledningarna .....	27

<b>6. Några systemexempel .....</b>	<b>29</b>
6.1 System med variabla flöden och injusteringsventiler.....	29
6.2 System med STAP i varje stamledning .....	30
6.3 System med STAP i varje grenledning .....	31
6.4 System med STAP i serie med en tvåvägs styrventil.....	33
6.5 Konstant flöde i distributionskretsen med pumpar i sekundärkretsarna .....	34
6.6 Konstant flöde i distributionskretsen med trevägs styrventiler .....	35
6.7 Distribution av tappvarmvatten med injusteringsventiler .....	36
<i>Beräkning av flöden.....</i>	<i>37</i>
6.8 Distribution av tappvarmvatten med TA-Therm .....	40
<b>Bilaga A.....</b>	<b>41</b>
Förinställningsmetoden .....	41
<b>Bilaga B .....</b>	<b>42</b>
Omräkning av flöden vid överdimensionering.....	42
<b>Bilaga C .....</b>	<b>43</b>
Dimensionering av injusteringsventiler .....	43
<b>Bilaga D .....</b>	<b>46</b>
Installation av injusteringsventiler .....	46
I tillopp eller retur? .....	46
<b>Bilaga E.....</b>	<b>47</b>
Förberedelser.....	47
Innan du börjar injustera.....	47
Allmänna rekommendationer .....	48
<b>Bilaga F.....</b>	<b>49</b>
Mer om "varför injustera" .....	49
Injustering – nödvändigt för god reglering .....	49
F.1 Föreskrivet flöde måste finnas tillgängligt i alla apparater.....	49
F.2 Stabilisering av differenstrycket.....	53
F.3 Flödena måste vara kompatibla i systemets gränssnitt.....	61
<b>Bilaga G .....</b>	<b>64</b>
Felsökning och systemanalys.....	64
G.1 Vanliga problem .....	64
G.2 Felsökning.....	65
G.3 Noggrann systemanalys.....	65

# 1. Varför injustera?

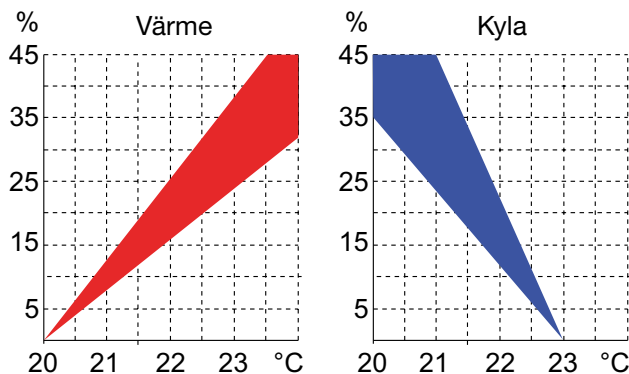
(Mer om detta i bilaga F)

Många fastighetsförvaltare lägger stora pengar på att hantera klagomål på inneklimatet. Detta gäller inte bara äldre byggnader, utan även nya som är utrustade med modern reglereteknik. Följande problem är vanliga:

- Vissa rum når aldrig önskad temperatur, särskilt inte efter lastväxlingar.
- Temperaturen pendlar, särskilt vid små och medelstora laster, trots att apparaterna är försedda med sofistikerad styrutrustning.
- Även om den installerade effekten hos produktionsenheterna är tillräcklig, kan den inte levereras, särskilt inte vid uppstart efter helg- eller nattsänkning.

Problemen beror ofta på felaktiga flöden som gör det svårt för reglerutrustningen att sköta sitt jobb. En förutsättning för effektiv reglering är att flödena är de föreskrivna vid föreskrivna förhållanden. Enda sättet att få föreskrivna flöden är att injustera anläggningen. Injustering innebär att ställa in rätt flöden med injusteringsventiler. Detta måste göras av fyra skäl:

1. Produktionsenheterna måste injusteras så att flödet i varje panna eller kylmaskin är det föreskrivna. Dessutom måste flödet i varje produktionsenhet i de flesta fall hållas konstant. Variationer minskar verkningsgraden, förkortar livslängden och försvårar effektiv reglering.
2. Distributionssystemet måste injusteras så att samtliga apparater kan få åtminstone föreskrivet flöde, oavsett den totala lasten på anläggningen.
3. Reglerkretsarna måste injusteras för att skapa bra arbetsvillkor för styrventilerna och för att göra primär- och sekundärflödena kompatibla. Injustering med manuella injusteringsventiler gör det möjligt att avhjälpa de flesta flödesavvikelser samt att fastställa pumpens överdimensionering. Pumptrycket kan då justeras till korrekt värde och pumpens driftkostnader optimeras.
4. När anläggningen är injusterad kan den styras från en reglercentral (med ev. optimeringsfunktion) eftersom alla rum då uppför sig likartat. När den genomsnittliga rumstemperaturen avviker från föreskrivet värde i en icke injusterad anläggning, kan (ofta kostsam) otrivsel skapas, vilket vi strax ska förklara.



**Figur 1.1: Procentuell ökning av energikostnaden per C° för hög eller för låg medeltemperatur i en byggnad.**

Varför blir den genomsnittliga temperaturen högre i en byggnad som inte är injusterad? Under den kalla säsongen blir det för varmt på de nedre våningarna, nära pannan, och för kallt på de övre. Fastighetsköparen höjer då tillloppstemperaturen. Folk på de övre våningarna slutar klaga och folk på de nedre, nära pannan, öppnar fönstren. Under den varma säsongen gäller det omvända; det blir för kallt på de nedre våningarna, nära kylmaskinen, och för varmt på de övre.

En grad mer eller mindre i ett enskilt rum spelar sällan någon roll vare sig för komfort eller energikostnader. Men när medeltemperaturen för hela huset är fel, blir det kostsamt. En grad över 20 °C ökar värmekostnaderna med 6-11 %. En grad under 23 °C ökar kylkostnaden med 12-18 % (figur 1.1).

Ett vattenburet kylsystem är konstruerat för en viss bestämd maximal last. Om anläggningen inte kan leverera full effekt i samtliga kretsar på grund av att den inte är injusterad, är det dåligt investerade pengar. Vid fullast kommer vissa styrventiler att vara fullt öppna och de kommer därmed inte att fungera bra. Dessutom är styrventilerna i regel överdimensionerade, vilket förvärrar situationen. En injustering är alltså mer eller mindre nödvändig och kostnaden överstiger sällan två procent av kostnaden för hela systemet.

Varje morgon efter nattsänkning krävs full effekt i anläggningen för att temperaturen så snabbt som möjligt ska bli den önskade. En väl injusterad anläggning klarar uppgiften på kort tid. En halvtimmas kortare starttid medför ca 6 % lägre energiförbrukning, en besparing som normalt överstiger driftkostnaden för samtliga pumpar i distributionssystemet.

Det är viktigt att lösa de problem som uppstår vid överdimensionering pumpar. Injustering gjord enligt metoden TA Wireless eller TA Diagnostic avslöjar i vilken grad pumpen är överdimensionerad, överskottstrycket kommer då att finnas över injusteringsventilen närmast pumpen. När man väl vet överskottstrycket är det lätt att vidta korrigerande åtgärder (t.ex. sänkning av pumpens varvtal).

För en injustering, krävs tillgång till rätt verktyg, moderna metoder samt en effektiv mätutrustning. En manuell injusteringsventil är det absolut enklaste och pålitligaste hjälpmedlet vid en effektiv injustering. Dessutom medger ventilen flödesmätning vid diagnostik och felsökning.

## 2. Förberedelser

---

*Injustering av flöden ska utföras innan finjusteringen av reglerutrustningen påbörjas. Förbered injusteringsarbetet noggrant. Det ger ett bättre slutresultat med mindre tidsåtgång.*

Skaffa fram ritningarna och studera dem så att du förstår anläggningens principiella funktion. Inspektera på plats så att du sedan slipper förlora tid på praktiska problem, som att leta efter nycklar till låsta rum eller styrventiler som aldrig installerats.

För noggrannare instruktioner, se bilaga E.

### 2.1 Planera injusteringen vid skrivbordet

#### Granska ritningarna noggrant

Gör en första granskning av ritningarna så att du förstår grunderna i konstruktion och funktion. Identifiera reglerkretsar, distributionssystem och injusteringsventiler. Dela upp anläggningen i moduler såsom förklaras i stycke 2.2.

I kombinerade system, bör du dela upp ritningarna för värmekretsarna och kylkretsarna var för sig. Ibland kan det vara en god idé att rita ett principalschema med alla detaljer utlämnade som inte rör injusteringen.

#### Välj lämplig injusteringsmetod

Vid ändring av flödet med en injusteringsventil ändras tryckfallet i ventilen och ledningen, vilket leder till en ändring av differenstryck över andra injusteringsventiler. Varje flödesändring stör alltså flödena i redan injusterade ventiler. Kretsarna är alltså interaktiva, d.v.s. de växelverkar med varandra. Den huvudsakliga skillnaden mellan olika injusteringsmetoder är på vilket sätt de kompenserar för denna interaktion mellan kretsarna. Vissa metoder kompenserar inte alls vilket innebär att injusteraren måste justera samma ventil flera gånger innan flödet slutligen stämmer med det önskade. Andra metoder kompenserar direkt eller indirekt. Tre sådana metoder är Proportionalitetsmetoden, TA Wireless samt TA Diagnostic vilka alla beskrivs i denna handbok.

TA Wireless är en vidareutveckling av Proportionalitetsmetoden och ger bättre resultat med mindre arbete. TA Diagnostic är den enklaste metoden och kräver bara en injusterare och en mätutrustning för att justera in hela anläggningen.

Ingen av dessa metoder kan dock användas för att justera distributionssystem med omvänd retur, i dessa fall måste en upprepande metod användas. Det innebär att man måste gå igenom hela installationen ett flertal gånger och justera in flödena "på känn" till dess att de stämmer någorlunda med de föreskrivna värdena.

IMI's handbok nr 1, Injustering av reglerkretsar, ger effektiva steg-för-steganvisningar för injustering av 23 olika reglerkretsar med tvåvägs- och trevägs styrventiler.

## 2.2 Dela upp anläggningen i moduler

### Teori och praktik

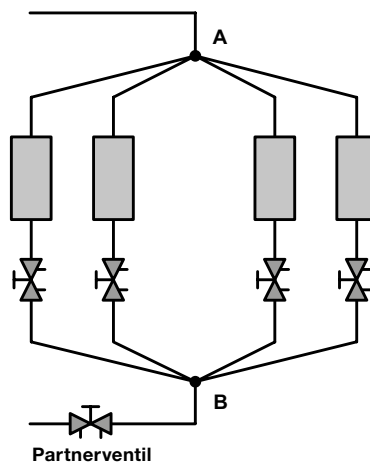
Teoretiskt räcker det med en injusteringsventil per apparat för att få rätt flödesfördelning i distributionssystemet. Detta gäller under förutsättning att förinställningsvärdet för alla injusteringsventilerna är beräknade, att beräkningarna är riktiga samt att anläggningen är utformad enligt ritningarna.

Om ett eller flera flöden ändras, påverkas som tidigare nämnts alla andra flöden mer eller mindre. Det kan då kräva långa och tidsödande serier av korrigeringar för att åter uppnå rätta flöden.

I praktiken är det nödvändigt att dela upp större system i moduler och installera injusteringsventiler på ett sådant sätt att en flödesändring, var som helst i systemet, kan kompenseras genom justering av en eller ett fåtal injusteringsventiler.

### Lagen om proportionalitet

Apparaterna i figur 2.1 bildar en modul. En extern störning, utanför modulen, förändrar differenstrycket mellan A och B. Eftersom flödet är beroende av differenstrycket ändras flödet i apparaterna proportionellt.

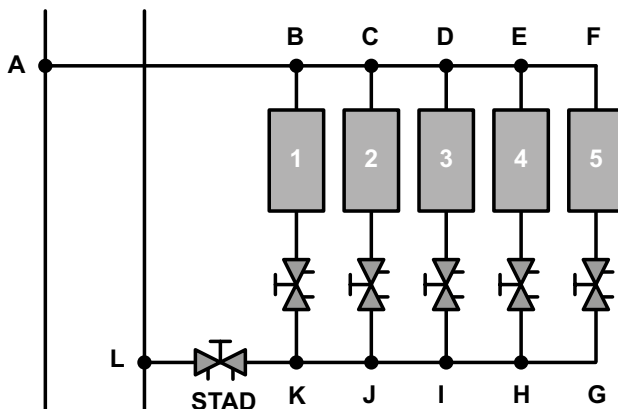


**Figur 2.1: En störning utanför modulen påverkar alla apparater inom modulen lika.**

Flödesförändringen i apparaterna kan alltså bestämmas genom att mäta flödet i en apparat, som då får tjäna som referens. En injusteringsventil som är gemensam för alla apparater kan då kompensera för den flödesändring i varje enskild apparat, den externa störningen ger upphov till. Vi kallar denna gemensamma ventil för partnerventil.

Normalt är dock apparaterna inkopplade enligt Fig 2.2. Flödet genom en apparat är beroende av differenstrycket mellan A och L. En förändring av differenstrycket påverkar flödet genom varje enskild apparat proportionellt.



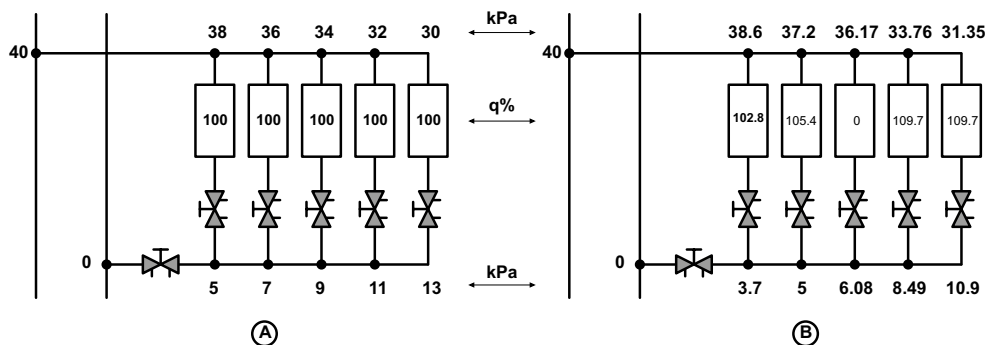


Figur 2.2: En gren med ett antal apparater bildar en injusteringsmodul. Genom att installera STAD som Partnerventil, kan denna ensam kompensera samtliga apparater vid en extern störning.

Vad händer om det uppstår en störning inom modulen, till exempel genom att vi stänger injusteringsventilen för apparat 3?

Då kommer flödena, och därmed också tryckfallet, mellan CD respektive IJ att kraftigt påverkas. Differenstrycket, och i sin tur också flödet, mellan E och H kommer därmed att ändras märkbart.

Om apparat 3 stängs av, blir effekten däremot liten på det totala flödet mellan AB respektive KL. Tryckfallen i dessa rör förändras obetydligt. Differenstrycket mellan B och K förändras lite och apparat 1 kommer inte att reagera på störningen i samma utsträckning som apparat 4 och 5. Alltså; lagen om proportionalitet gäller inte vid interna störningar (se figur 2.3).



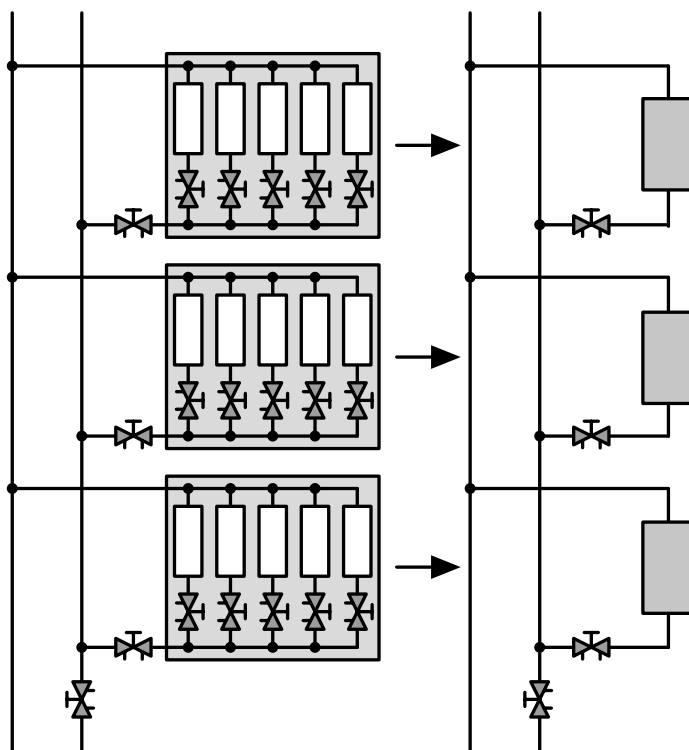
Figur 2.3: Vid en intern störning ändras flödet i apparaterna inte proportionellt.

Flödena ändras proportionellt inom en modul endast om förhållandet mellan tryckfall och flöde är lika inom hela modulen. Men detta är inte helt sant eftersom tryckfallet i en ledning beror på  $q^{1,87}$  medan tryckfallet i en ventil beror på  $q^2$ . Vid små flöden är strömningen laminär och tryckfallet är då direkt proportionellt mot flödet. Lagen om proportionalitet gäller endast vid små avvikelser från föreskrivna värden. Av denna anledning är TA Wireless (beskriven i kapitel 4) den metod som ger bäst resultat eftersom flödena är de föreskrivna under inusteringsprocessen.

### En modul kan vara en del av en större modul

När apparaterna på en grenledning är inusterade i förhållande till varandra, kan grenen betraktas som en "svart låda", dvs en modul. Dess komponenter reagerar proportionellt på flödesändringar utanför modulen. Sådana störningar kompenseras lätt med partnerventilen.

I nästa steg inusteras grenmodulerna mot varandra med inusteringsventilen på stamledningen som partnerventil. Sedan låter man stammarna bilda moduler och inusterar dem i sin tur i förhållande till varandra med inusteringsventilen på huvudledningen som partnerventil.



Figur 2.4: Varje gren på en stamledning bildar en egen modul.

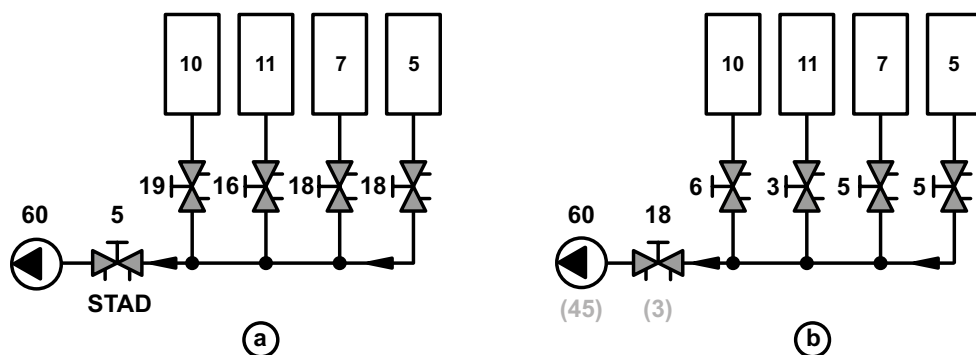
### Vad är optimal injustering?

Fig 2.5 visar två moduler. Siffrorna anger föreskrivet tryckfall för respektive apparat samt tryckfallet för respektive injusteringsventil. Båda modulerna är injusterade. I båda fallen motsvarar tryckfallet i varje apparat det som erfordras för att få föreskrivet flöde. Tryckfallen skiljer sig mellan apparaternas injusteringsventiler och partnerventilen.

Vilken lösning är bäst?

Optimal injustering innebär två saker: (1) att styrventilernas auktoritet maximeras för bästa reglering och (2) att pumpens överdimensionering blottläggs så att pumstrycket, och därmed pumpens energiförbrukning, kan minimeras. Optimal injustering får vi när minsta möjliga tryckfall tas upp i injusteringsventilerna på apparaterna (minst 3 kPa för att flödet ska kunna mätas tillräckligt exakt). Eventuellt överskottstryck ska tas upp av partnerventilen.

Injustering med fördelning av tryckfallet enligt (b) i bilden är alltså den bästa, eftersom tryckfallet är det minsta tillåtna i alla injusteringsventiler för att få föreskrivna flöden i apparaterna. Observera att optimal injustering förutsätter att det finns en partnerventil.



Figur 2.5: Det finns många sätt att injustera en grupp apparater, men bara ett kan vara optimalt.

Partnerventilen avslöjar eventuellt överskott av tryckfall. Därför kan t.ex. pumpens varvtal sänkas och partnerventilen öppnas i motsvarande grad. I exempel (b) kan tryckfallet i partnerventilen samt pumstrycket reduceras med 15 kPa, vilket sänker pumpens driftskostnad med ca 25 %.

### Var injusteringsventiler behövs

Sammanfattningsvis får vi alltså den bästa lösningen genom att dela upp anläggningen i moduler. En injusteringsventil installeras som partnerventil och hela modulen kan därefter injusteras som en fristående enhet oberoende av den övriga anläggningen. Det innebär att varje apparat, grenledning, stamledning, huvudledning och produktionsenhet ska förses med en injusteringsventil.

Det blir då enklare att kompensera för ändringar relativt ursprungsritningen, eventuella byggfel samt överdimensionering vilket sparar tid och möjliggör optimal injustering. Dessutom blir det möjligt att injustera och driftsätta anläggningen del för del, utan att hela anläggningen åter behöver injusteras när anläggningen är helt färdigställd.

Injusteringsventilerna kan också nyttjas för felsökning och avstängning vid reparation och underhåll.

## Noggrannhet hos flöden

Vi har nu betraktat fördelarna med injustering. Innan vi går vidare med injusteringsförfarandet, måste vi bestämma med vilken noggrannhet flödena ska injusteras.

Hur noggrant flödet ska injusteras bestäms i praktiken av hur noggrant vi vill kunna reglera rumstemperaturen. Denna noggrannhet är i sin tur beroende av andra faktorer, t.ex. reglernoggrannheten av tilloppstemperaturen samt förhållandet mellan effektbehov och installerad effekt för en apparat. I vissa specifikationer anges en erforderlig flödesnoggrannhet på mellan 0 och +5 %. Dock finns inga tekniska skäl att kräva en sådan precision. Kravet är än mindre motiverat med tanke på att liten hänsyn oftast tas till tilloppstemperaturen till apparater placerade långt bort. Tilloppstemperaturen är ju ändå inte lika i början respektive slutet av kretsen, i synnerhet inte i system med variabla flöden. Flödena beräknas dessutom oftast med utgångspunkt från erforderlig maximal effekt, och sällan görs korrektion med hänsyn till den verkliga installerade värme-/kyl effekten. 25 % överdimensionering av en apparat bör normalt kompenseras med en minskning av flödet med ca 40 %. Om inte detta görs är det ju tämligen meningslöst att justera flödet med en noggrannhet av 5 % när det erforderliga flödet från början har bestämts med en avvikelse på 40 %.

Underflöden måste undvikas eftersom de inte kan kompenseras med hjälp av reglerkretsen, vilket resulterar i en temperaturavvikelse vid maximalt värme-/kylbehov. Däremot har ett för stort flöde inte någon direkt negativ inverkan på rumstemperaturen eftersom reglerkretsen, åtminstone i teorin, kan kompensera för flödet. Därför kan det vara frestande att acceptera för stora flöden. Men då glömmar man de skadliga verkningar som för stora flöden medför. När styrventilerna är fullt öppna, till exempel vid uppstart av anläggningen, kommer överflöden i vissa delar att orsaka underflöden i andra delar av anläggningen. Det blir då omöjligt att erhålla erforderlig vattentemperatur vid stora laster på grund av att produktions- och distributionsflödena inte är kompatibla. Därför måste även för stora flöden undvikas. Både under- och överflöden bör begränsas med samma krav på flödesnoggrannhet; alltså enligt formen  $\pm x \%$ .

Om verkligt flöde är nära föreskrivet flöde, så har eventuella avvikelser lyckligtvis ingen dramatisk inverkan på rumstemperaturen. Om vi godtar att rumstemperaturen får avvika med  $\pm 0,5^\circ \text{C}$  vid full last på grund av att flödet inte är helt korrekt, är värdet  $x$  i storleksordningen:

$$x = \frac{\pm 100 (t_{sc} - t_{ic})}{(t_{sc} - t_{rc})(t_{ic} - t_{ec} - a_{ic})} \quad \text{där}$$

- $t_{sc}$  : Föreskriven tilloppstemperatur
- $t_{ic}$  : Föreskriven rumstemperatur
- $t_{rc}$  : Föreskriven returtemperatur
- $t_{ec}$  : Föreskriven utetemperatur
- $a_{ic}$  : Påverkan av rumstemperatur från omgivningen

### Exempel:

Uppvärmning-  $t_{sc} = 80^\circ \text{C}$ ,  $t_{rc} = 60^\circ \text{C}$ ,  $t_{ic} = 20^\circ \text{C}$ ,  $t_{ec} = -10^\circ \text{C}$ ,  $a_{ic} = 2^\circ \text{C}$ ,  $x = \pm 10 \%$

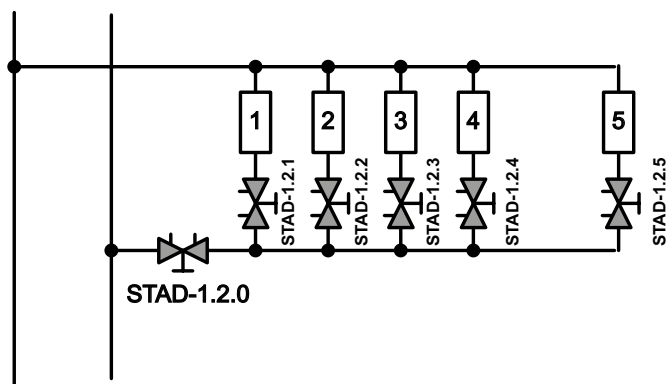
Kylning-  $t_{sc} = 6^\circ \text{C}$ ,  $t_{rc} = 12^\circ \text{C}$ ,  $t_{ic} = 22^\circ \text{C}$ ,  $t_{ec} = 35^\circ \text{C}$ ,  $a_{ic} = 5^\circ \text{C}$ ,  $x = \pm 15 \%$

### 3. Proportionalitetsmetoden

*När flera apparater är anslutna till samma krets kommer varje ändring av kretsens differenstryck att påverka flödena i alla apparater med samma proportion. Denna grundläggande princip är utgångspunkten för Proportionalitetsmetoden.*

Proportionalitetsmetoden beskrivs här kortfattat eftersom den ersätts av TA Wireless (kapitel 4) eller TA Diagnostic (kapitel 5). För ytterligare information, se TAs handbok "Total Injustering" andra upplagan 1997 – stycke 5.4.

Vi kommer här endast att steg för steg beskriva injustering av en gren på en stamledning.



Figur 3.1: Injustering av apparater i en gren.

1. Mät flödet i alla apparater på den utvalda grenen med partnerventilen för grenen (STAD-1.2.0) fullt öppen.
2. Beräkna förhållandet  $\lambda$ , uppmätt flöde/föreskrivet flöde. Identifiera apparaten med lägsta flödeskvoten  $\lambda_{\min}$ , vi kallar den "indexventil". Om alla apparater har samma tryckfall vid föreskrivet flöde, är apparat 5 den som normalt har lägsta flödeskvoten eftersom den har lägst differenstryck. Om apparaterna inte har inte har samma tryckfall, kan vilken som helst ha lägst flödeskvot.
3. Injusteringsventilen för den sista apparaten i grenen får nu tjänstgöra som referensventil (STAD.1.2.5 i figur 3.1).
4. Justera referensventilen STAD-1.2.5. så att  $\lambda_5 = \lambda_{\min}$ . Anslut en TA-SCOPE för kontinuerlig flödesmätning.
5. Justera STAD-1.2.4 så att  $\lambda_4 = \lambda_5$ .  $\lambda_5$  kommer då att ändras en aning. Om flödet ändras mer än 5 %, måste STAD-1.2.4 åter justeras så att  $\lambda_4$  blir lika med det nya värdet på  $\lambda_5$ .

6. Justera flödet i grenledningens resterande apparater i tur och ordning, i vårt fall STAD-1.2.3 och fortsätt vidare i riktning mot pumpen. När STAD-1.2.2. är injusterad, ändrar sig flödeskvoten  $\lambda_5$ , men  $\lambda_3$  och  $\lambda_4$  förblir lika med  $\lambda_5$ . Apparaterna 3, 4 och 5 kommer alltså även fortsättningsvis att vara injusterade inbördes. Av denna anledning kan endast den sista apparaten tjänstgöra som referens. När alla apparaterna är injusterade i förhållande till varandra kan STAD-1.2.0 justeras så att  $\lambda_5 = 1$ . Därmed blir också de övriga flödeskvoterna  $\lambda_4$ ,  $\lambda_3$ ,  $\lambda_2$  och  $\lambda_1$  lika med 1. Men gör inte detta nu. Det sker automatiskt när du utför det allra sista injusteringssteget för anläggningen.
7. Upprepa proceduren för samtliga grenledningar ingående i stamledningen.

**OBS!** I stället för att ställa in flödet i förhållande till referensventilen (krets 5 i vårt fall), kan man göra det på den sist inställda injusteringsventilen. T.ex. efter att man ställt in injusteringsventilen för krets 2, kommer den nya flödeskvoten för alla injusteringsventilerna i kretsarna 3, 4 och 5 att vara lika och kan mätas på injusteringsventilen för krets 3 i stället för på referensventilen (krets 5). Detta kan spara tid för den injusterare som måste använda två TA-SCOPE (TA-SCOPE-a och TA-SCOPE-b).

När krets 3 är inställd, låt TA-SCOPE-a förbli inkopplad. Injusteraren går till krets 2 och justerar till rätt flödeskvot med TA-SCOPE-b. Han går tillbaks till krets 3, mäter den nya flödeskvoten och tar bort TA-SCOPE-a. Han justerar sedan åter krets 2 och, medan TA-SCOPE-b fortfarande är inkopplad, går vidare till krets 1 med TA-SCOPE-a och så vidare ...

Kom i håg att proportionell injustering är tillämplig endast när värdet på flödeskvoterna förblir nära 1 (se anmärkning i slutet av avsnitt 2.2), detta villkor uppfylls endast med metoden TA Wireless.

## 4. TA Wireless

*TA Wirelessmetoden är en vidareutveckling av Proportionalitetsmetoden som nyttjar trådlös teknologi och samtidig mätning med två Dp-sensorer för att justera ett hydroniskt nätverk.*

*Nödvändig utrustning är ett TA-SCOPE injusteringsinstrument med två Dp-sensorer och ev. två eller flera signalförstärkare (vid injustering av längre moduler eller signalstörande mellanväggar eller bjälklag). TA Wirelessmetoden har tre huvudsakliga fördelar:*

**Stegvis driftsättning:** *Anläggningen kan justeras och driftsättas stegvis, utan att hela anläggningen behöver justeras igen efter färdigställande.*

**Snabbare injustering:** *Tidsåtgången för injustering minskar avsevärt eftersom det inte är nödvändigt att räkna fram flödeskvoter. Dessutom krävs det bara en flödesjustering per ventil.*

**Pumpens elkonsumtion kan minimeras:** *Det är möjligt att minimera pumpens elkonsumtion vilket kan spara mycket pengar, speciellt i kylanläggningar.*

### 4.1 En vidareutveckling av proportionalitetsmetoden

TA Wireless bygger på Proportionalitetsmetoden, men är utvecklad i ett viktigt avseende. TA Wireless håller automatiskt flödeskvoterna lika mellan redan injusterade kretsar genom hela injusteringsarbetet (se anm i slutet av avsnitt 2.2).

#### a) Stegvis driftsättning

- Anläggningen delas upp i moduler. Den kan justeras och tas i bruk i takt med färdigställande, utan att hela anläggningen behöver justeras igen efter slutförande.

#### b) Snabbare injustering

- Du slipper mäta flödena i alla grenledningar och stamledningar samt beräkna flödeskvoter för att kunna bestämma startpunkt för injusteringen.
- Du kan börja injusteringen i vilken stamledning som helst (du bör dock stänga av de stammar du inte injusterar).
- Du behöver inte oroa dig för att utsätta huvudpumpen för ett för stort flöde, och du är säker på att det tillgängliga differstrycket är minst lika med föreskrivet värde, så att alla flöden är mätbara.
- Metoden kräver bara en enda flödesjustering för varje ventil.

#### c) Pumpens elkonsumtion kan minimeras

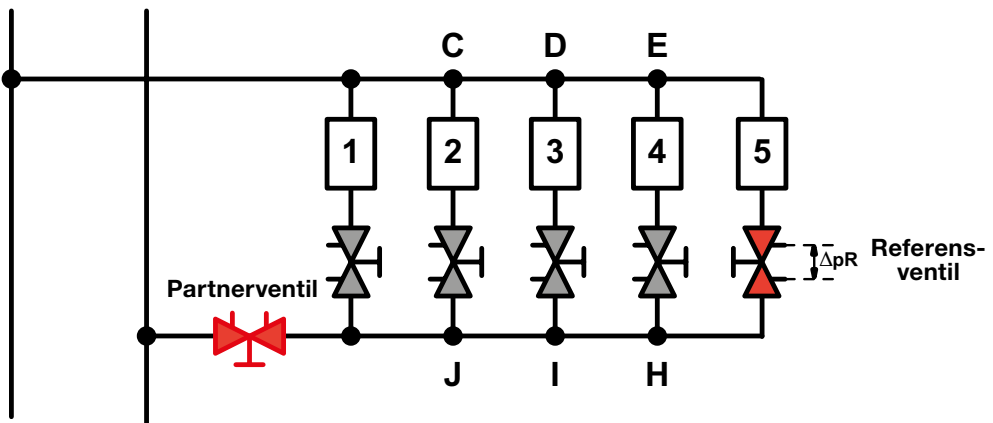
- TA Wireless minimerar automatiskt de tryckfall som ska tas upp i injusteringsventilerna. Överdimeringsgraden för pumpen kompenseras med huvudinjusteringsventilen. Pumpen kan ofta bytas ut mot en mindre.
- Börvärdet för en varvtalsreglerad pump kan ställas in optimalt.

## 4.2 Referensventil och partnerventil

När flödet justeras med en injusteringsventil, förändras tryckfall i ventil och rör och därmed differensstrycket över de andra injusteringsventilerna. Justering av flödet i en ventil ändrar alltså flödena i alla tidigare injusterade ventiler. Utan en bra metod blir det ofta nödvändigt att justera samma ventil flera gånger.

- TA Wireless eliminerar denna svårighet. Flödet i varje injusteringsventil justeras bara en gång. Metoden nyttjar möjligheten att i TA SCOPE använda två Dp-sensorer samtidigt. En Dp-sensor används för att kontrollera referensventilen medan den andra används för att justera en krets uppströms från referensventilen.
- Uppmätta flöden visas sida vid sida i TA SCOPEs handenhet. Det gör att vi kan justera till samma flödeskvot (uppmätt- / önskat flöde) i uppmätt ventil i jämförelse med referensventilen, som är den ventil som sitter längst bort i grenen.
- Nu är de två ventilerna längst bort proportionellt injusterade mot varandra. Genom att behålla en Dp-sensor ansluten till referensventilen genom hela grenens injusteringsprocess är det möjligt att flytta den andra Dp-sensorn uppströms för att proportionellt justera alla injusteringsventiler i grenen, var och en för sig.
- En injusteringsventil för det totala flödet i grenen, kallad Partnerventil, kan justeras in för rätt totalflöde. När alla kretsar i modulen är injusterade till samma flödeskvot justeras partnerventilen tills flödet i den sista och första kretsen är 100%.

TA Wirelessmetoden börjar med att Referensventilen injusteras till rätt rattinställning för minimalt tryckfall (ex. 3 kPa) vid önskat designflöde.



Figur 4.1: Referensventilen sitter alltid på den längst bort belägna apparaten.  
Partnerventilen bestämmer totalflödet.



Flödeskvoten visas kontinuerligt för Referensventilen i krets 5 med Dp-sensor nr 2 inkopplad. Vi kan nu fortsätta injusteringen i krets 4 med Dp-sensor nr 1.

När flödet i krets 4 justeras ändras flödet genom referensventilen, som har oförändrad rattinställning.

Eftersom flödeskvoterna i krets 4 och 5 nu är lika är dom proportionellt injusterade och kommer fortsätta att vara det.

Nästa steg är att justera flödet i krets 3 till samma flödeskvot som för krets 5. Det gör att krets 3, 4 och 5 är proportionellt injusterade. Denna procedur fortsätter man med tills alla kretsarna i grenen är injusterade.

TA Wirelessmetoden fungerar oavsett antal kretsar i grenen. Injustering görs genom att arbeta sig uppströms mot pumpen, med utgångspunkt från referensventilen. Samma procedur genomförs för injustering av stammarna. Den sista grenen, längst bort ifrån pumpen, används som referensventil och grenens partnerventil är nu injusteringsventil vid injustering av stammarna.

### 4.3 Förinställning av referensventilen

Injusteringsinstrumentet TA SCOPE beräknar rattinställning baserat på minimalt tryckfall map. måtnoggrannhet. TA SCOPE indikerar flöde för differenstryck ner till 0,3 kPa. Men för att minimera påverkan av tryckpulsationer i anläggningen vid flödesmätning rekommenderar vi  $\Delta p_R > 3$  kPa.

När TA Wireless påbörjas beräknar TA SCOPE erforderlig rattinställning för referensventilen för att uppnå designflöde vid detta differenstryck. Initialt förutsätts att referensventilen är Indexventil i modulen som injusteras. Om så inte är fallet kommer TA Wireless hitta vilken ventil som är den verkliga Indexventilen. Denna ventil kommer då att få en inställning för minsta differenstryck och referensventilens rattinställning kommer beräknas om. Detta beskrivs i sektion 4.8.

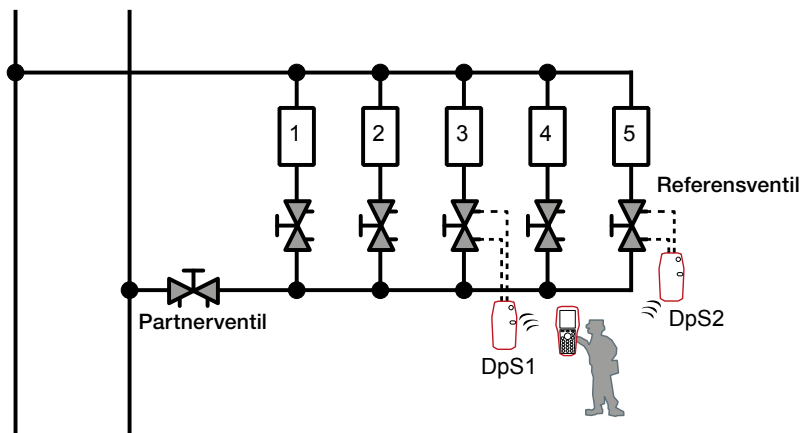
### 4.4 Utrustning du behöver

Ett TA SCOPE med två Dp-sensorer behövs för att mäta och justera flöden i injusteringsventilerna. I långa system med långt avstånd mellan referensventilen och ventilen i första kretsen kan det vara nödvändigt att använda signalförstärkare för att kunna utöka avståndet mellan handenheten och Dp-sensorena.

## 4.5 Injustering av apparater i en grenledning

Välj vilken stamledning du vill, exempelvis den närmast pumpen. Stäng alla andra stammar. Det garanterar att ett tillräckligt differenstryck finns tillgängligt för den valda stammen. Välj sedan vilken gren du vill i stammen. Du behöver normalt inte stänga någon av de andra grenarna. Om någon gren är försedd med en bypassledning som kan orsaka "kortslutning", måste denna dock stängas av.

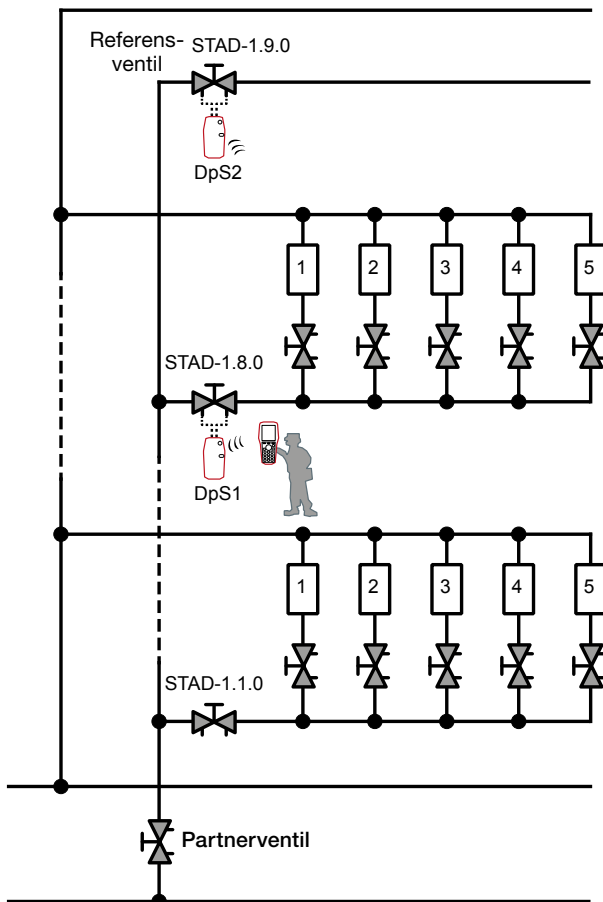
1. Ställ in ditt TA SCOPE för att arbeta med två Dp-sensorer. Anslut Dp-sensor nr 2 till referensventilen. När TA Wirelesmetoden påbörjas anges designflöde för referensventilen. Baserat på minsta differenstryck i injusteringsventilen beräknas och visas erforderlig rattinställning i TA SCOPE.
2. Justera referensventilen till denna rattinställning.
3. Börja mäta flödet i referensventilen. Flödet visas som aktuellt flöde samt flödeskvot i procent av önskat flöde. Om flödet är relativt högt, > 150%, bör du reducera flödet genom att stänga partnerventilen tills du får < 150% flöde i referensventilen.
4. Medan du fortfarande har Dp-sensor nr 2 ansluten på referensventilen ansluter du Dp-sensor nr 1 på nästa injusteringsventil uppströms. Jämför flödeskvoten med flödeskvoten för referensventilen. Båda värdena redovisas i samma fönster i TA SCOPE. Om flödeskvoterna är olika utför du en justering av denna ventil. TA SCOPE kommer guida dig hur du skall göra för att få samma flödeskvot som i referensventilen.
5. När flödeskvoten i referensventilen och den aktuella ventilen är lika flyttar du Dp-sensor 1 till nästa injusteringsventil uppströms. Dp-sensor nr 2 måste sitta kvar i referensventilen.
6. Fortsätt proceduren som beskrevs i punkt 4 på denna ventil. När flödeskvoten i denna ventil är lika med den i referensventilen är den proportionellt injusterad med den förra injusteringsventilen. Fortsätt på detta sätt tills alla injusteringsventiler är injusterade i grenen.
7. Nu skall partnerventilen justeras till rätt totalflöde för denna gren. Med båda Dp-sensorerna inkopplade justeras partnerventilens rattinställning tills referensventilen och ventilen närmast partnerventilen är så nära 100% som möjligt.



Figur 4.2: Injustering av apparater i en gren

**Observera:** När partnerventilen är injusterad och totalflödet i grenen uppnåtts kan flödet i den första injusteringsventilen och referensventilen sparas som ett sk. mini injusteringsprotokoll. Om en total injusteringsrapport krävs flyttar du runt Dp-sensor nr 1 till de andra injusteringsventilerna för att verifiera och spara information från alla injusteringsventiler.

## 4.6 Injustering av grenledningar i en stam

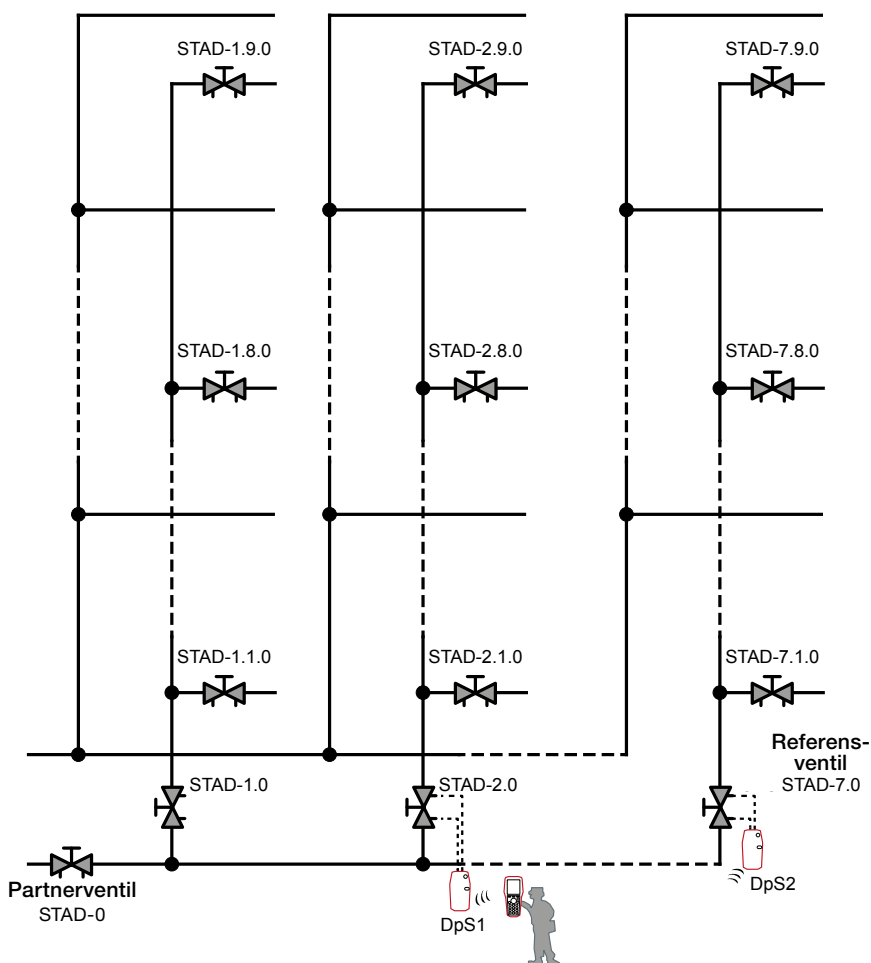


Figur 4.3: Injustering av grenar i en stam

1. Anslut Dp-sensor nr 2 till referensventilen STAD 1.9.0. När TA Wirelessmetoden startas anges önskat designflöde för referensventilen. Då beräknas och redovisas erforderlig rattinställning map. minsta möjliga differenstryck över ventilen (ex. 3 kpa) i ditt TA SCOPE.
2. Ställ in referensventilen till denna rattinställning.
3. Börja mäta referensventilen. Flödet och flödeskvot visas i TA SCOPE. Om flödeskvoten > 150% reduceras flödet med partnerventilen till < 150% i referensventilen.
4. Med Dp-sensor nr 2 fortsatt inkopplad i referensventilen ansluts Dp-sensor nr 1 till nästa gren uppströms via STAD 1.8.0. Ange önskat flöde för denna ventil i TA SCOPE och påbörja flödesmätningen. Jämför flödeskvoten för denna ventil med referensventilen. Båda värdena visas i samma fönster i TA SCOPE. Om flödeskvoterna inte är lika justerar du STAD 1.8.0. TA SCOPE kommer guida dig för att justera denna ventil tills den har samma flödeskvot som referensventilen.

5. När flödeskvoterna är lika flyttar du Dp-sensor nr 1 till nästa gren uppströms. Dp-sensor nr 2 måste sitta kvar i referensventilen.
6. Fortsätt proceduren som beskrevs i punkt 4 på denna ventil. När flödeskvoten i denna ventil är lika med den i referensventilen är dom proportionellt injusterade med den förra injusteringsventilen. Fortsätt på detta sätt tills alla injusteringsventiler är injusterade i grenen.
7. Nu skall partnerventilen justeras till rätt totalflöde för denna gren. Med båda Dp-sensorena inkopplade justeras partnerventilens rattinställning tills referensventilen och ventilen närmast partnerventilen är så nära 100% som möjligt.

## 4.7 Injustering av stamledningar i en huvudledning



Figur 4.4: Injustering av stamledningar

Arbetsgången är exakt likadan som för injustering av grenledningar på en stamledning. Referensventil är nu STAD-7.0 och partnerventilen är STAD-0.

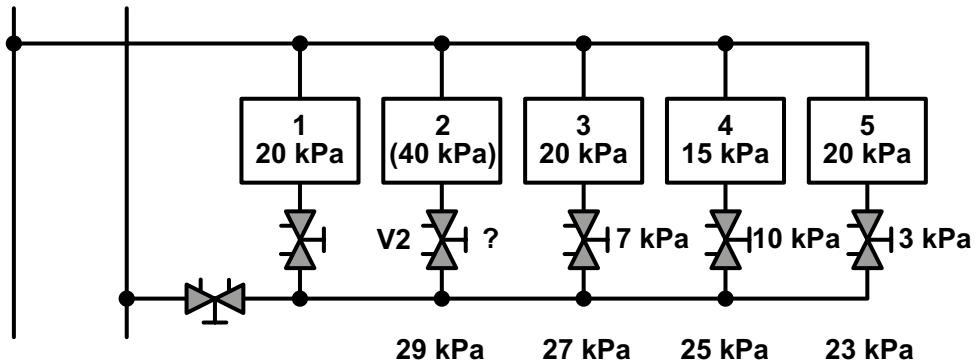
När injustering av samtliga stammarna är slutförd, är flödena i hela anläggningen korrekta. När stammarna är injusterade för föreskrivna flöden, tas överskottstrycket upp av STAD-0. Det visar i vilken grad pumpen är överdimensionerad. Om överskottstrycket är stort, kan det vara lönsamt att byta ut pumpen mot en mindre.

Om pumpen är varvtalsreglerad är inte STAD-0 absolut nödvändig. Pumpens max varvtal ställs in så att korrekt föreskrivet flöde erhålls i partnerventilen till någon av stamledningarna. Däremot är det ändå klokt att ha en injusteringsventil med god mätnoggrannhet där hela anläggningens flöde och energi passerar för framtida diagnos och felsökningar. TA SCOPE kan hjälpa dig att optimera driftläge för pumpen och ge en uppskattning av minskad pumpningsenergi.

#### 4.8 Om referensventilen inte är modulens indexventil

Om apparaterna skapar tryckfall som sinsemellan skiljer sig kraftigt åt, är kanske ett tryckfall på  $\Delta pR = 3 \text{ kPa}$  i referensventilen inte tillräckligt för att ge nödvändigt differenstryck över de andra apparaterna. Det problemet löses i proportionalitetsmetoden genom att använda samma flödeskvot för referensventilen som den i indexkretsen. Tyvärr överskattar proportionalitetsmetoden ofta  $\Delta pR$  och injusteringen optimeras därför inte (dvs. onödigt högt tryckfall tas upp i injusteringsventilerna). Ett sätt som ger lämpligt värde på  $\Delta pR$  beskrivs nedan.

I grenen i figur 4.6 finns apparater med olika tryckfall.



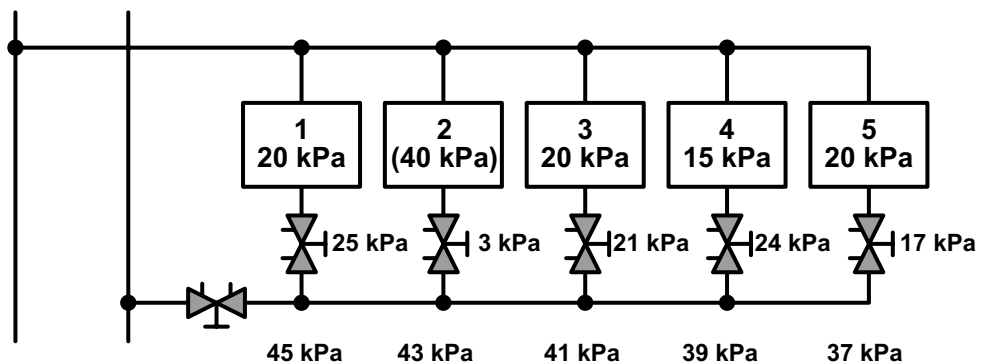
Figur 4.6: Om 3 kPa väljs för referensventilen, kan differenstrycket bli för lågt för indexenheten (i detta fall apparat 2)

Välj  $\Delta p_R$  baserat på beskrivning i del 4.3, normalt 3 kPa. Vi kallar detta preliminära värde  $\Delta p_{Ro}$ . Fortsätt injusteringen enligt TA Wirelessmetoden. När du når Indexkretsen upptäcker TA SCOPE att det är omöjligt att nå önskat designflöde eftersom differenstrycket bara är 29 kPa, när det borde vara > 40 kPa vid önskat designflöde.

TA SCOPE kommer tala om att en ny Indexventil hittats. Fortsätt då enligt följande:

1. Behåll Dp-sensor nr 1 och 2 i de ventiler de är anslutna till och ställ in rattinställningarna till de nya värdena som anges för krets 2, 3, 4 och 5.
2. Fortsätt med att injustera ventilerna uppströms den nya indexventilen. Låt fortfarande Dp-sensor 2 sitta kvar i referensventilen i krets 5.
3. Skulle TA SCOPE hitta ytterligare en ny indexventil uppströms kommer alla rattinställningar kalkyleras om för alla nerströms ventiler.

I figur 4.7 åskådliggörs resultatet, jämför med figur 5.6.



Figur 4.7: Differenstryck över kretsarna samt tryckfall i injusteringsventiler och apparater.

## 5. TA Diagnostic

TA Diagnosticmetoden är en datoriserad metod, inbyggd i TA SCOPE injusteringsinstrument, med samma huvudsakliga fördelar som TA Wirelessmetoden. Dessutom lämnas en diagnos med tryckfall i kretsar och distributionsledningar.

Fördelarna är följande:

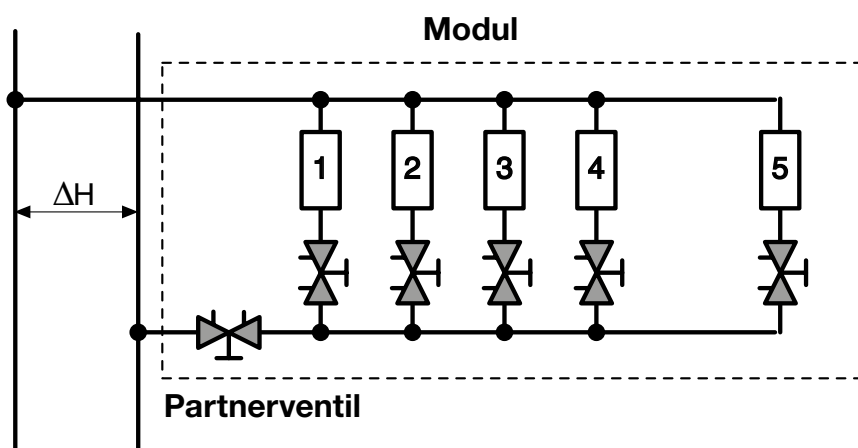
**Stegvis driftsättning:** Anläggningen kan justeras och driftsätts stegvis, utan att hela anläggningen behöver justeras igen efter färdigställande.

**Snabbare injustering:** Tidsåtgången för injustering minskar avsevärt eftersom det inte är nödvändigt att räkna fram flödeskvoter. Dessutom krävs det bara en flödesjustering per ventil.

**Pumpens elkonsumtion kan minimeras:** Det är möjligt att minimera pumpens elkonsumtion vilket kan spara mycket pengar, speciellt i kylanläggningar.

**En injusterare och ett instrument:** Knappa in ett antal mätvärden, samla in data från anläggningen genom mätning och programmet beräknar därefter injusteringsventilernas inställningsvärden.

Injusteringen förutsätter att anläggningen är indelad i moduler. Med en modul menas; ett antal kretsar med en gemensam tilllopps- respektive returledning. Varje krets har sin egen injusteringsventil och hela modulen har en gemensam injusteringsventil – Partnerventilen.



Figur 5.1: En modul består av ett antal kretsar med gemensam tilllopps- respektive returledning.



## 5.1 Förberedelser

Under mätningarna förutsätts att differenstrycket  $\Delta H$  i inloppet till modulen är konstant. Värdet på  $\Delta H$  saknar betydelse såvida det inte är så lågt att mätnoggrannheten blir lidande. Därför måste ännu inte injusterade stamledningar eller moduler isoleras från systemet eftersom de kan orsaka stora överflöden. För att vara säker på att tryckfallen i injusteringsventilerna är tillräckligt stora för att få tillräcklig mätnoggrannhet, öppna injusteringsventilerna till hälften (2 varv på STAD) eller till föreskrivet förinställningsvärde om sådant finns. Partnerventilen för den modul som ska injusteras måste vara fullt öppen under injusteringen.

TA Diagnosticmetoden förutsätter att ventilerna numreras enligt figur 5.1. Ventilen närmast partnerventilen måste vara nummer 1 och de andra ventilerna numrerade i ordningsföljd. Partnerventilen numreras inte.

## 5.2 Utförande

Injustera en modul i taget.

TA-SCOPE ger stegvisa instruktioner enligt nedan.

Följande tillvägagångssätt gäller för varje ventil i modulen, oavsett ordning:

1. Ange referensnummer, typ, dimension och nuvarande ventilinställning (t ex 1, STAD, DN 20, 2 varv).
2. Ange önskat flöde.
3. Flödet mäts nu automatiskt.
4. Stäng ventilen helt.
5. Differenstrycket mäts nu automatiskt.
6. Öppna åter ventilen till ursprunglig inställning.
7. När samtliga injusteringsventiler i modulen är uppmätta, begär TA-SCOPE en mätning av  $\Delta p$  över partnerventilen, med denna helt stängd, om man har angett att en partnerventil finns i modulen.

När ovanstående utförts med alla injusteringsventiler i modulen redovisar TA SCOPE en tabell med tryckfall i alla kretsar samt distributionsledningar vid designflöde. Med denna redovisning är det möjligt att finna svårfunna och oönskade tryckfall i modulen.

Om stora tryckfall upptäckts och åtgärdas skall man gå igenom ovanstående procedur en gång till för att samla in aktuella värden.

När upptäckta problem åtgärdats och ny insamling av anläggningsdata gjorts, enligt ovan, räknar TA SCOPE ut korrekt rattinställning för alla injusteringsventiler i modulen. Ställ då in dessa rattinställningar enligt vad som visas i TA SCOPE.

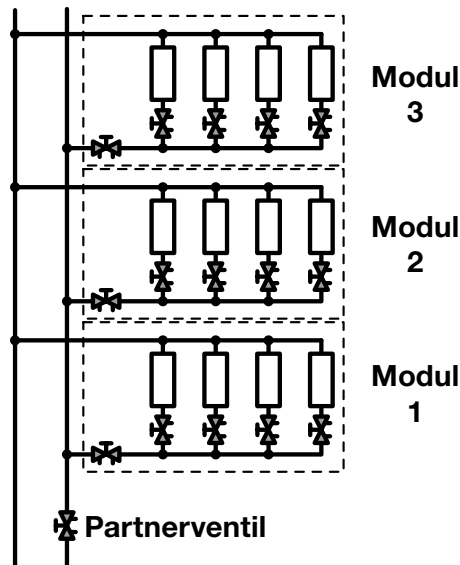
TA-SCOPE har även "avslöjat" vilken krets som är indexkrets (dvs den krets som kräver högst differenstryck vid designflöde) samt tilldelat den injusteringsventil som hör till indexkretsen det minsta tryckfall som krävs för att få tillräcklig mätnoggrannhet. Normalt uppgår detta till 3 kPa men kan ändras om man vill. Inställningsvärdena för injusteringsventilerna räknas ut automatiskt så att man

erhåller en inbördes balans mellan de apparater som ingår i modulen. Dessa inställningsvärden är inte beroende av det rådande differenstrycket  $\Delta H$  över modulen.

I detta skede har vi ännu inte erhållit rätt flöden. Först måste partnerventilen injusteras, vilket görs senare.

### 5.3 Inbördes injusterering av modulerna i en stamledning

När samtliga grenar i en stam har injusterats, måste även modulerna injusteras inbördes i stammen. Varje gren kan nu betraktas som en krets vars partnerventil nu är injusteringsventiler i stamledningens modul. Använd TA Diagnostic för att beräkna inställningsvärdet för respektive partnerventil i modul 1, 2 och 3 i stamledningen.

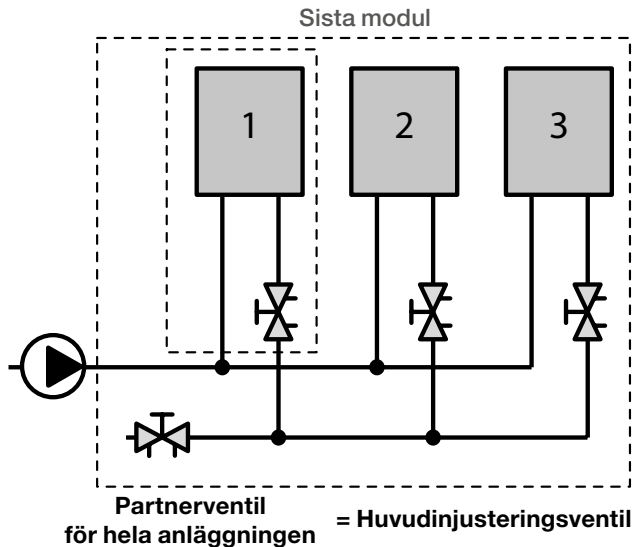


Figur 5.2: När modulerna 1, 2 och 3 är beräknade och rätt injusterade bildar de tillsammans en stammodul.

Denna stammodul ska nu mätas och beräknas på samma sätt som tidigare beskrivits.

## 5.4 Inbördes injustering av stamledningarna

När man injusterat samtliga stamledningarna inbördes bildar de en ny modul. Stamledningarnas partnerventiler är nu injusteringsventiler i huvudledningen.



Figur 5.3: Stammarna bildar den sista modulen

I denna nya modul är alla stammar inbördes injusterade enligt samma metod. Slutligen justeras totalflödet in med partnerventilen i huvudledningen och då kommer samtliga kretsar i anläggningen att få föreskrivna flöden. För att kontrollera att detta stämmer kan man mäta flödet på några av injusteringsventilerna.

En lista på inställningar och uppmätta värden kan skrivas ut från datorn, förutsatt att vi sparar alla värden i TA-SCOPE.

Hela överskottstrycket ligger nu över injusteringsventilen i huvudledningen. Om detta är stort kan vi minska pumphöjden; för en varvtalsreglerad pump kan pumpens varvtal sänkas, för en pump med konstant varvtal kan pumphjulet bytas mot ett mindre. Ibland är hela pumpen så kraftigt överdimensionerad att den kan bytas mot en mindre.

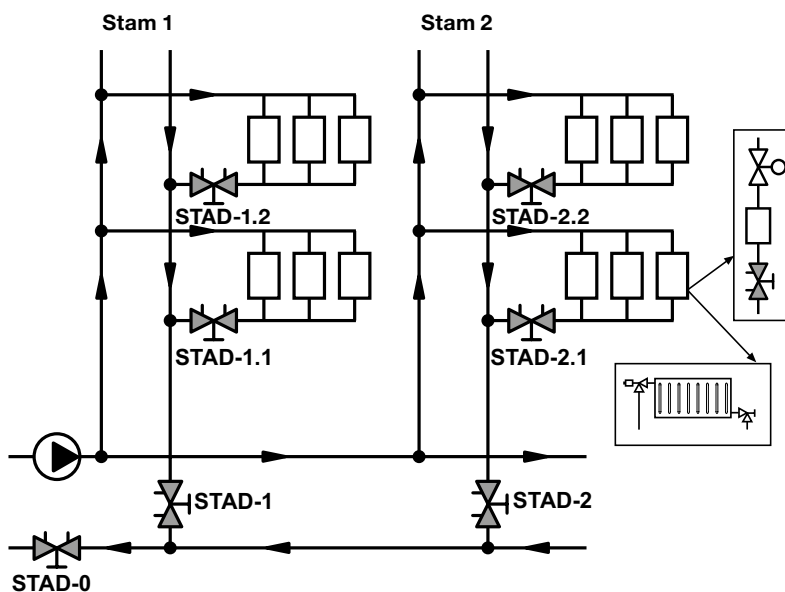
Om pumpen är varvtalsreglerad är det inte absolut nödvändigt med en partnerventil för hela anläggningen för injusteringens skull. Varvtalet regleras i stället så att man får föreskrivet flöde i någon av stammarnas partnerventiler. Alla övriga flöden stämmer då automatiskt med föreskrivna flöden. Däremot är det ändå klokt att ha en injusteringsventil med god mätnoggrannhet där hela anläggningens flöde och energi passerar för framtida diagnos och felsökningar.

**Att notera:**

1. Vid mätning i en modul skall externa störningar undvikas (t.ex. avstängning av en annan stam). Detta kan annars leda till felaktiga beräkningar av TA-SCOPE och avvikelser från de beräknade flödena.
2. TA-SCOPEs mekaniska skydd löser automatiskt ut om differenstrycket överstiger 200 kPa vid mätning över helt stängd injusteringsventil (1000 kPa vid mätning med DpS - HP).
3. TA Diagnostic är i de flesta fall den effektivaste metoden eftersom, den är enkel att utföra och att det räcker med en injusterare. Injusteraren måste dock gå tillbaka fler gånger till varje injusteringsventil för att utföra mätningen än vid användning av TA Wireless. TA Wireless kan då vara ett bättre val i de fall injusteringsventilerna är svåråtkomliga.

## 6. Några systemexempel

### 6.1 System med variabla flöden och injusteringsventiler



Figur 6.1: Principlösning av ett distributionssystem

Dela in systemet i moduler.

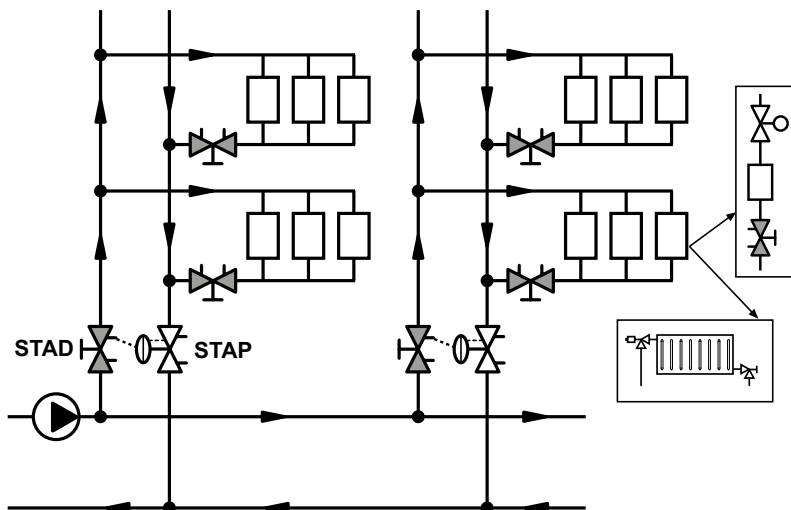
STAD-1.1 är partnerventil i den första grenen på den första stamledningen.

STAD-1 är stammodulens partnerventil och STAD-0 är partnerventil för huvudledningen.

När apparaterna består av radiatorer, är förinställningsvärdena på dessa baserade på ett tryckfall på ex. 10 kPa vid föreskrivet flöde. Termostaten ska vara borttagna från termostatventilerna vid injusteringen.

För att injustera ovanstående system rekommenderar vi TA Wireless (se kapitel 4) eller TA Diagnostic (se kapitel 5). Injusteringsventilen på huvudledningen, STAD-0, visar i vilken grad pumpen är överdimensionerad. Är pumpen överdimensionerad, vidtag lämpliga åtgärder. Anpassa pumpens varvtal så att flödet är det föreskrivna i injusteringsventilen på någon av stammarna.

## 6.2 System med STAP i varje stamledning



Figur 6.2: En STAP differenztryckregulator stabiliserar differenztrycket i varje stamledning

I stora system kan pumptrycket bli för högt eller variera för mycket i vissa apparater. I sådana fall kan man stabilisera differenztrycket på ett lämpligt värde i botten på varje stam med hjälp av en STAP differenztryckregulator.

Vid injusteringen kan varje stamledning betraktas som en isolerad modul, oberoende av de andra modulerna. Innan man börjar injusteringen av en stamledning ska STAP-ventilen sättas ur funktion och öppnas fullt för att säkerställa erforderligt flöde under injusteringsproceduren. Ett enkelt sätt att göra detta är att stänga avtappningen på STAD i tillloppet och därefter avlufta ovansidan av membranet (öppna luftningsnippeln på STAP).

I de fall apparaterna är radiatorer ställer man först in termostatventilen så att differenztrycket blir ex. 10 kPa vid föreskrivet flöde.

När varje apparat har en egen injusteringsventil; Injustera först samtliga apparater i varje gren inbördes. Justera därefter respektive gren i förhållande till de andra grenarna med hjälp av TA Wireless eller TA Diagnostic.

När en stamledning är injusterad, ställ in börvärdet på dess injusteringsventil så att föreskrivet flöde erhålls. Detta kan mätas på STAD-ventilen i början på varje stam. Stammarna behöver inte injusteras sinsemellan

### OBS!

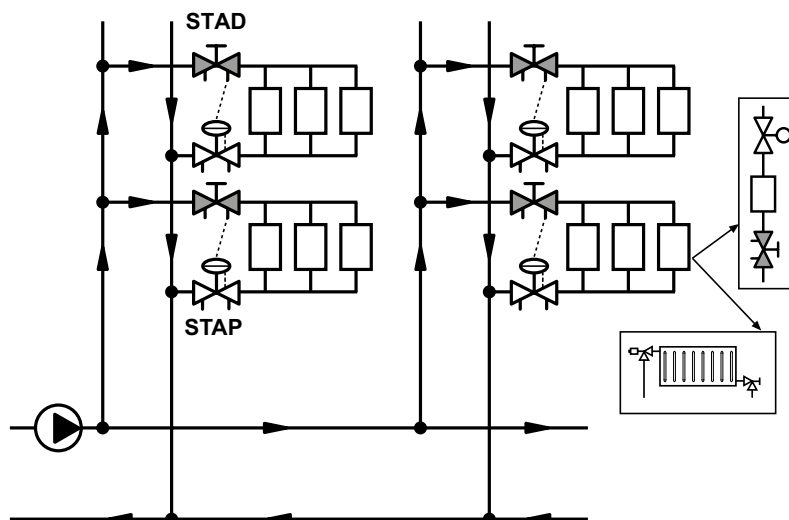
Vissa konstruktörer förser anläggningen med en BPV avlastningsventil i slutet på varje stam för att flödet aldrig ska understiga en viss miniminivå när alla styrventiler är stängda. Ett annat sätt är att förse några apparater med trevägsventiler i stället för tvåvägs. Att flödet alltid överstiger en viss miniminivå har flera fördelar:

1. Ingen risk för överhettning av pumpen.
2. Vid små flöden blir  $\Delta T$  stort på grund av värmeförluster i rören. De kretsar som fortfarande är i funktion kan då inte leverera full effekt eftersom tilloppstemperaturen blir för låg vid värmning eller för hög vid kylning. Ett minsta flöde minskar detta problem.
3. Om alla styrventiler stänger kommer differensstryckregulatorn STAP också att stänga. Då sjunker det statiska trycket i returledningarna till denna stam eftersom vattnet svalnar när det är instängt och stillastående. Differensstrycket över styrventilerna blir så högt att det kommer att orsaka oljud i de styrventiler som först åter öppnar. Ett minsta flöde gör att sådana problem undviks.

Ställ in BPV på följande sätt:

- Låt STAP arbeta under föreskrivna förhållanden och stäng av samtliga grenledningarna i stammen.
- Ställ in STAD så att tryckfallet blir minst 3 kPa vid 25 % av föreskrivet flöde.
- Ställ in BPV så att flödet genom denna blir 25 % av föreskrivet flöde i stammen, mät flödet i STAD.
- Öppna åter STAD fullt och sätt alla grenar i normal drift.

### 6.3 System med STAP i varje grenledning



Figur 6.3a: En STAP differensstryckregulator stabiliserar differensstrycket i varje gren

När differenstrycket i varje gren är stabilt, blir differenstrycket över varje apparat också stabilt. Injustera varje gren för sig, oberoende av de andra.

I de fall apparaterna är radiatorer, förinställ termostatventilen så att differenstrycket blir ex. 10 kPa vid föreskrivet flöde.

Om varje apparat har en egen injusteringsventil, injustera dem inbördes med hjälp av TA Wireless eller TA Diagnostic.

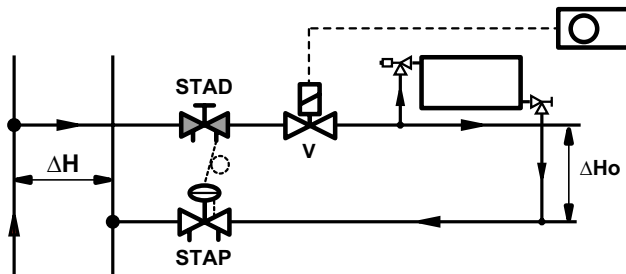
När en gren är injusterad, ställ in dess STAP så att flödet blir det föreskrivna. Mät flödet på STAP-ventilen i tillloppet i grenen.

Vissa konstruktörer förser anläggningen med en BPV avlastningsventil i slutet på varje gren för att flödet aldrig ska understiga en viss miniminivå när alla styrventiler är stängda. Se anmärkningen i avsnitt 6.2 samt nedanstående exempel.

I detta fall är det inte nödvändigt att justera in grenarna respektive stammarna inbördes.

### Exempel:

Det är ganska vanligt att man förser varje lägenhet i ett hyreshus med en STAP enligt figur 6.3b. En on/off-styrventil V är kopplad till en rumsgivare för att reglera rumstemperaturen.



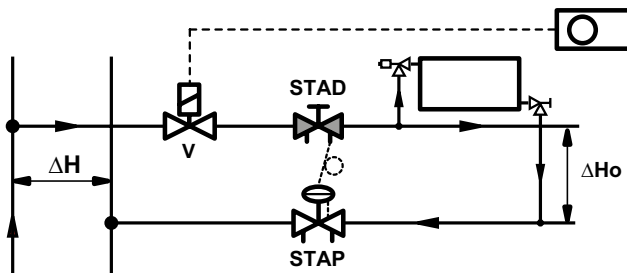
Figur 6.3b: Det är en dålig lösning att placera styrventilen efter mätventilen STAD.

När styrventilen är placerad som i figur 6.3b, är differenstrycket  $\Delta H_o$  lika med differenstrycket vid STAP minus (det varierande) tryckfallet i styrventilen V. Alltså är  $\Delta H_o$  inte stabilt.

Ett annat problem är följande; när styrventilen V stänger, utsätts STAP för det primära differenstrycket  $\Delta H$  och stänger också. I alla "sekundära" kretsar minskar det statiska trycket eftersom vattnet kallnar i ett stängt område.  $\Delta p$  över V och STAP ökar därmed kraftigt. När styrventilen V åter börjar öppna är risken för kraftigt oljud stor beroende på kavitation i ventilen V.

En bättre lösning framgår av figur 6.3c.



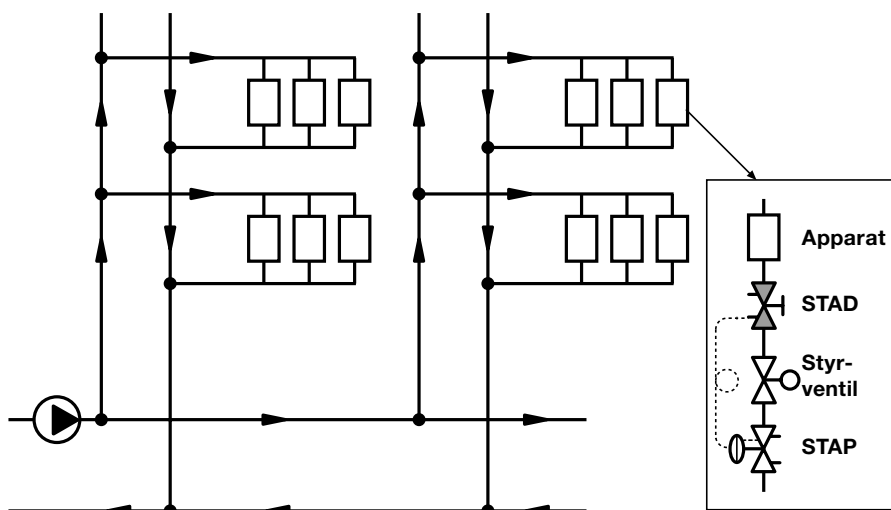


Figur 6.3c: Styrventilen är placerad före mätventilen STAD

I figur 6.3c sjunker differenstrycket  $\Delta H_o$  till noll och STAP öppnar fullt när styrventilerna stänger. Sekundärkretsen förblir i kontakt med distributionskretsen och dess statiska tryck förblir oförändrat och man undviker de problem som diskuterades för figur 6.3b. Dessutom är differenstrycket  $\Delta H_o$  stabilare.

Som vi ser kan en liten ändring i systemets konstruktion kraftigt förbättra funktionen.

## 6.4 System med STAP i serie med en tvåvägs styrventil



Figur 6.4: Med en STAP till varje styrventil hålls differenstrycket konstant.

Styrventilen är nu sammankopplad med en differenstryckregulator STAP. Ur reglersynpunkt är detta den bästa lösningen, dessutom injusteras kretsen automatiskt.

Öppna styrventilerna till alla apparater i kretsen fullt och ställ in börvärdet på STAP så att föreskrivet flöde erhålls. När styrventilen är fullt öppen blir därför flödet alltid det föreskrivna och styrventilen är därmed aldrig överdimensionerad. Eftersom differenstrycket över styrventilen är konstant, blir dess auktoritet nära 1.

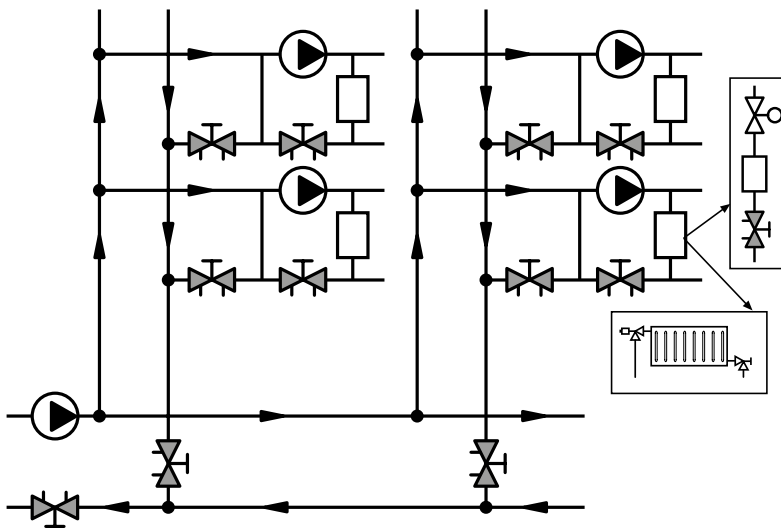
Injusteringen begränsas till ovanstående beskrivning. Apparater, grenar och stammar behöver inte justeras in inbördes eftersom det sker automatiskt.

Men vad händer om endast några styrventiler kombineras med STAP och andra inte?

I det fallet är vi tillbaka vid figur 6.1 med injusteringsventiler i grenar och stammar. Den slutgiltiga injusteringen görs med STAP fullt öppen. STAD får nu tjänstgöra som en vanlig injusteringsventil under injusteringen. När anläggningen är injusterad gör man på nedanstående sätt för var och en av de följande STAP-ventilerna.

- Öppna och ställ in STAD så att minst 3 kPa erhålles vid föreskrivet flöde.
- Justera STAP så att flödet är det föreskrivna i styrventilen. Styrventilen ska vara fullt öppen. Mät flödet i STAD.

## 6.5 Konstant flöde i distributionskretsen med pumpar i sekundärkretsarna



Figur 6.5: Konstant flöde i distributionskretsen och variabelt flöde i sekundärkretsarna

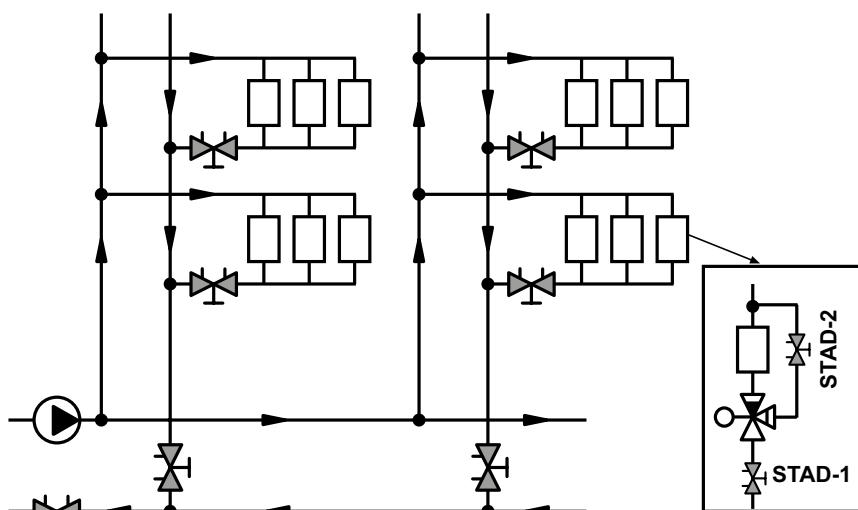
När det bara finns en produktionsenhet är konstant flöde i distributionskretsen den bästa lösningen. Pumpens tryck behöver bara precis täcka tryckfallet i produktionsenheten och primärkretsen. Varje distributionskrets har sedan en egen pump.

För att undvika störningar mellan primär- och sekundärpumparna, förses varje krets med en bypass-ledning.

Injustera kretsarna oberoende av varandra.

Primärkretsen injusteras separat som i system 6.1 men med följande observandum: för att undvika "kortslutning" vid extrema överflöden bör alla injusteringsventiler på primärsidan ställas 50 % öppna innan injusteringen påbörjas.

## 6.6 Konstant flöde i distributionskretsen med trevägs styrventiler



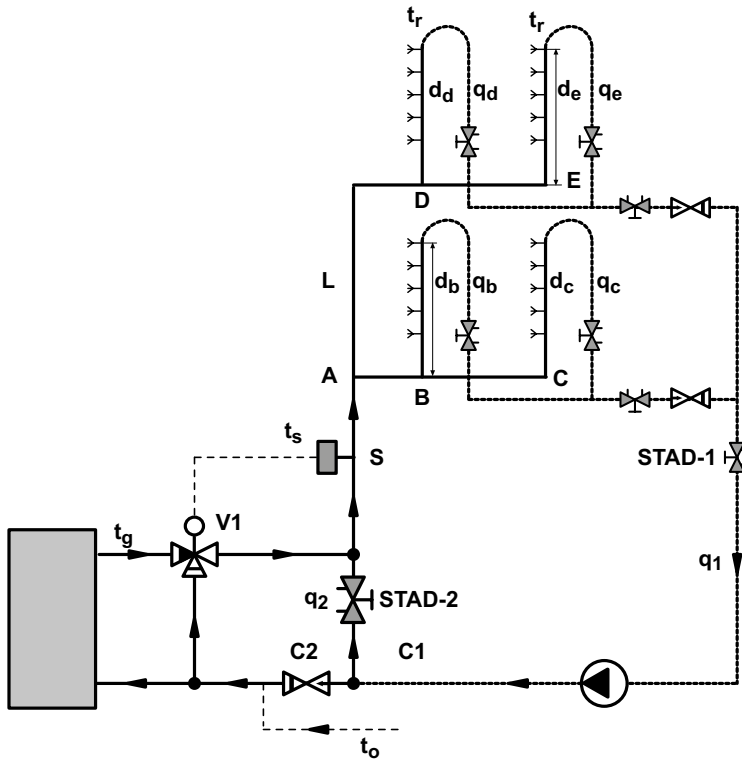
Figur 6.6: Primärflödet hålls konstant med en trevägsventil kopplad som fördelningsventil till varje apparat

Injusteringen för detta system utförs på samma sätt som för systemet i figur 6.1. En STAD injusteringsventil ska finnas vid varje trevägsventil på konstantflödessidan. Tryckfallet i injusteringsventilen STAD-2 i bypass-ledningen ska normalt var lika stort som tryckfallet i apparaten. Flödet blir då oförändrat oberoende av om trevägsventilen är öppen eller stängd. Injusteringsventilen STAD-2 är dock inte nödvändig om föreskrivet tryckfall i apparaten är lägre än 25 % av tillgängligt föreskrivet differenstryck i kretsen.

## 6.7 Distribution av tappvarmvatten med injusteringsventiler

I anläggningar med tappvarmvatten sjunker vattentemperaturen i rören markant när vattenkonsumtionen är liten eller ingen alls. Detta orsakar missnöje bland hyresgästerna som får spola länge innan vattnet blir varmt. Dessutom kan det ske en farlig tillväxt av *Legionell* bakterier vid temperaturer under 55 °C.

Vi kan kompensera bort värmeförlusterna genom att installera en cirkulationspump och låta varmvattnet kontinuerligt cirkulera i rören. Vi får då ett minsta flöde  $q_1$  i kretsen (figur 6.7a)



Figur 6.7a: En cirkulationspump håller tappvarmvattnet i distributionskretsen varmt

## Beräkning av flöden

Om vi godtar att temperaturen på varmvattnet till den användare som utsätts för största värmeförlusten ligger  $\Delta T$  grader under tilloppstemperaturen  $t_s$ , kan vi beräkna minsta erforderliga cirkulationsflöde  $q_1$  enligt.

$$q_1 = \frac{0,86 P_m}{\Delta T}$$

där:

$P_m$ : värmeförlusten i tilloppsledningen i W

Berörda rör:  $\Sigma L + \Sigma d = [\Sigma A + \Sigma C + \Sigma E] + [d_b + d_c + d_d + d_e]$

$\Delta T$ : tillåtet temperaturfall (5K).

$q_1$ : flödet i l/h

Vid ett  $\Delta T$  på 40 K mellan varmvattnet och omgivningstemperaturen, uppgår värmeförlusterna till ca 10 W/m, oberoende av rördimension. Detta gäller om ledningsisoleringen i mm ( $\lambda = 0,036$ ) är lika med 0,7 x rörets ytterdiameter utan isolering.

Det bästa är naturligtvis att beräkna flödet efter monterad isolering. En bättre överslagsberäkning kan göras med följande empiriska formel:

$$P = \frac{\Delta T}{40} \left( 3 + \frac{5 de}{3,5 + \frac{0,036 l}{\lambda}} \right) \text{ med } P \text{ i W/m och } de \text{ är utvändigt rördiameter i mm (utan isolering)}$$

$l$  = isoleringens tjocklek i mm,  $\lambda$  i W/m.K.

För  $\Delta T = 40$  och  $\lambda = 0,036$  (glasfiberull) kan formeln skrivas:

$$P = \left( 3 + \frac{5 de}{3,5 + l} \right) \text{ med } de < 100 \text{ mm.}$$

Om distributionen är väl injusterad får en felaktig bedömning av det totala flödet inte någon särskild dramatisk följd. Om flödet minskar med 50 % och temperaturen på tilloppsvattnet är 60 °C kommer den användare som utsätts för största värmeförlusten att få en vattentemperatur på 51° C i stället för 55° C. Observera att vi i detta fall är i riskzonen för tillväxt av legionellabakterier.

Hädanefter kommer vi att i exemplen arbeta efter följande förutsättningar:

$t_s = 60$  °C,  $t_r = 55$  °C och  $P = 10$  W/meter. Formeln blir då:

$$q_1 = \frac{0,86 \times 10}{(60-55)} (\Sigma L + \Sigma d) = 1,72 (\Sigma L + \Sigma d)$$

Vi förutsätter att det totala flödet är känt. Beräkna flödet i varje gren. Om vi börjar i punkt S (figur 6.7a) där temperaturgivaren är placerad, kan tilloppstemperaturen i gren A beräknas på följande sätt:

$$t_A = t_S - \frac{0,86 P_{SA}}{q_1} \text{ med } P_{SA} = \text{värmeförluster i sektion A}$$

Värmeförlusterna i den första grenen är:  $ZAC = P_{AC} + P_{db} + P_{dc}$ . Nu kan vi fortsätta att beräkna temperaturerna vid varje nod samt erforderliga flöden.

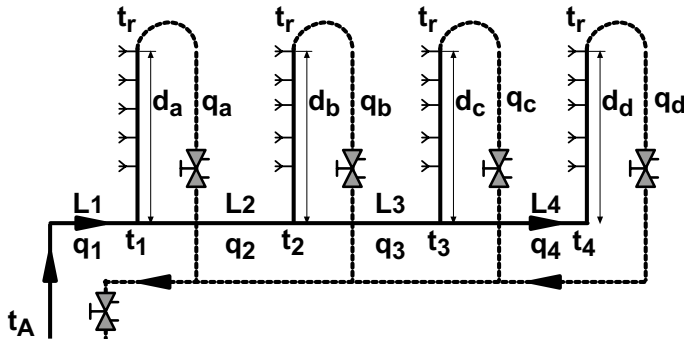
$q_{AB} = \frac{0,86 Z_{AC}}{t_A - 55}$	$t_B = t_A - \frac{0,86 P_{AB}}{q_{AB}}$	$q_b = \frac{0,86 P_{db}}{t_B - 55}$
$q_{BC} = q_{AB} - q_b$	$t_C = t_B - \frac{0,86 P_{BC}}{q_{BC}}$	$q_c = \frac{0,86 P_{dc}}{t_C - 55}$

Flödet  $q_{AD} = q_1 - q_{AB}$ , alltså kan vi beräkna tD och den andra grenen på samma sätt. Denna enkla och systematiska beräkningsgång kan tillämpas även för betydligt mer komplicerade system.

När vi väl känner flödena kan injusteringen utföras enligt TA Wireless eller TA Diagnostic.

För att grovt uppskatta pumptrycket kan vi bortse från tryckfallen i tilloppsledningarna. Vid beräkning av returledningarna, antag att  $H$  (kPa) =  $10 + 0,15 (L_{SE} + de) + 3$  kPa för varje injusteringsventil i serie (3 i vårt exempel). Om  $L_{SE} + de = 100$  m,  $t_{ex}$ ,  $H = 10 + 15 + 9 = 34$  kPa. Vi antar här att tryckfallet för värmeväxlaren, backventilen och tillbehör tillsammans uppgår till 10 kPa samt tryckfallet i returledningarna till 0,15 kPa/m.

Låt oss utgå från grenledningen AC i figur 6.7a, men med 4 distributionskretsar. För en mer systematisk beräkning kan formlerna förenklas enligt nedanstående.



Figur 6.7b: En grenledning med 4 kretsar

Följande rörlängder (i meter) har antagits:

$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$
40	25	20	35
$d_a$	$d_b$	$d_c$	$d_d$
10	9	11	12

Rörlängd (m)

Grenens tilloppstemperatur är  $t_A$  och den förväntade returtemperaturen är  $t_r$ . Till exempel  $t_A = 59\text{ °C}$  (om vi antar att temperaturförlusten för ledningen SA i Fig 6.7a =  $1\text{ °C}$ ) och  $t_r = 55\text{ °C}$ .

För ett  $\Delta T = t_A - t_r = 4\text{ K}$  och genomsnittlig värmeförlust/meter rör =  $10\text{ W/m}$ , blir det totala flödet:

$$q_1 = 0,86 \times 10 (\Sigma L_i + \Sigma d_i) / (t_A - t_r)$$

alltså

$$q_1 = 2,15 (40+25+20+35+10+9+11+12) = 348\text{ l/h.}$$

$$\text{och } t_1 = (t_A - 8,6 L_1 / q_1)$$

För att få en mer passande formel gör vi följande:

$$t_1 = 8,6((t_A - t_r) / 8,6 - L_1 / q_1) + t_r. \text{ Vi kallar } (t_A - t_r) / 8,6 = \lambda \text{ och } D_1 = \lambda - L_1 / q_1$$

$$\text{Slutligen } t_1 = 8,6 D_1 + t_r. \text{ I detta exempel } \lambda = 0,465.$$

$D_1 = \lambda - L_1 / q_1$	$q_a = d_a / D_1$	$q_2 = q_1 - q_a$	$t_1 = 8,6 D_1 + t_r$
$D_2 = D_1 - L_2 / q_2$	$q_b = d_b / D_2$	$q_3 = q_2 - q_b$	$t_2 = 8,6 D_2 + t_r$
$D_3 = D_2 - L_3 / q_3$	$q_c = d_c / D_3$	$q_4 = q_3 - q_c$	$t_3 = 8,6 D_3 + t_r$
$D_4 = D_3 - L_4 / q_4$	$q_d = d_d / D_4$		$t_4 = 8,6 D_4 + t_r$

Använda formler.

Formlerna kan utökas på samma sätt för fler kretsar. Vi har använt dem för flödesberäkning.

**Temperaturberäkningar är inte nödvändiga att utföra men de är ändå med som information.**

$D_1 = 0,465 - 40 / 348 = 0,351$	$q_a = 10 / 0,351 = 29$	$q_2 = 348 - 29 = 319$	$t_1 = 8,6 \times 0,351 + 55 = 58,0$
$D_2 = 0,351 - 25 / 319 = 0,272$	$q_b = 9 / 0,272 = 33$	$q_3 = 319 - 33 = 286$	$t_2 = 8,6 \times 0,272 + 55 = 57,3$
$D_3 = 0,272 - 20 / 286 = 0,202$	$q_c = 11 / 0,202 = 54$	$q_4 = 286 - 54 = 232$	$t_3 = 8,6 \times 0,202 + 55 = 56,7$
$D_4 = 0,202 - 35 / 232 = 0,051$	$q_d = 12 / 0,051 = 232$	$q_d$ is obviously = $q_d$	$t_4 = 8,6 \times 0,051 + 55 = 55,4$

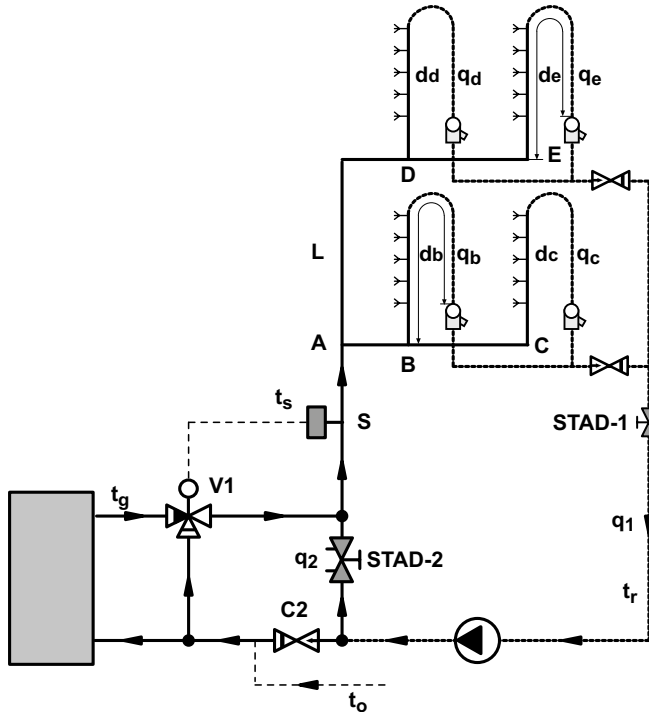
Numeriska beräkningar

Observera att den sista kretsen kräver 67 % av grenens flöde medan den första kretsen bara kräver 8 %. Å andra sidan, om distributionsnätet inte är injusterat, kommer den första kretsen att få ett större flöde än den sista.

Erforderligt pumptryck kan grovt uppskattas enligt:

$$H=10+0,15 (40+25+20+35+12)+3 \times 3=39 \text{ kPa.}$$

## 6.8 Distribution av tappvarmvatten med TA-Therm



Figur 6.8: Returtemperaturen i varje gren regleras automatiskt

Returen från varje gren är försedd med en termostatventil (TA-Therm) som håller returvattentemperaturen på inställt värde. TA-Therm kan levereras med inbyggd temperaturgivare. De cirkulerande flödena är beräknade (se figur 6.7b) för att passa returledningarna och pumpen. För kretsarna längst bort i systemet är pumptrycket överslagsberäknat enligt (för TA-Therm med  $K_v = 0,3$ ):

$$\text{Krets } q_e : H = 10 + 0,15 (SE+d_e) + (0,01 q_e / 0,3)^2 + 3$$

$$\text{Krets } q_c : H = 10 + 0,15 (SC+d_c) + (0,01 q_c / 0,3)^2 + 3$$

Välj det H-värde som blir störst.

Ett  $K_v$  på 0,3 enligt ovan motsvarar en avvikelse av vattentemperaturen på 2 °C i förhållande till börvärdet på TA-Therm.



# Bilaga A

---

## Förinställningsmetoden

Förinställningsmetoden är en metod för injustering på ritbordet. Med förinställningsmetoden beräknar man injusteringsventilernas förinställningsvärden innan anläggningen byggs. Fördelen med denna metod är att all injustering kan utföras i samband med installationen.

Bestäm tryckfallen vid föreskrivet flöde för alla apparater och tillbehör (styrventiler, ledningar, ventiler och rörkrökar). Summera tryckfallen mellan pumpen och den sämst gynnade kretsen, vilket ger erforderligt pumptryck. En pump med närmast högre standardvärde väljs för att klara flödeskravet i den sämst gynnade kretsen. För varje del av anläggningen blir skillnaden mellan det valda pumptrycket och det teoretiskt nödvändiga ett extra tryck som läggs till systemet. Om skillnaden är stor måste trycket begränsas på något sätt.

I system med variabla flöden måste man då eventuellt välja nya styrventiler som kan ta upp så mycket som möjligt av överskottstrycket. Injusteringsventiler kan kompensera för den resterande skillnaden.

Att anteckna förinställningsvärden och föreskrivna flöden på ritningarna gör injusteringen betydligt enklare. Förinställningsmetoden är ett viktigt förberedande steg, men den tar inte hänsyn till hur anläggningen är uppbyggd i verkligheten och oftast får man göra ändringar i efterhand. Verkliga flöden och ändringar som skiljer sig från ritningarna måste anges i den slutliga injusteringsrapporten.

## Bilaga B

### Omräkning av flöden vid överdimensionering

När effektbehoven är kända kan vi bestämma flödena i apparaterna, under förutsättning att anläggningens  $\Delta T$  är bestämt. Följande formler kan användas för att beräkna flödet:

$$q = \frac{0,86 P}{\Delta T_c} \quad (\text{l/h}) \quad \text{eller} \quad q = \frac{0,86 P}{4186 \Delta T_c} \quad (\text{l/s})$$

Men vi kan inte ta för givet att apparaterna arbetar med föreskriven tilloppstemperatur. Vi kan heller inte vara säkra på att apparaterna är rätt dimensionerade. En apparat är sällan underdimensionerad, vanligtvis väljer man i stället den standarddimension närmast över föreskrivet värde.

Leverantören definierar en apparats effekt för nominella förhållanden (index  $n$ ). Anta att en något överdimensionerad apparat arbetar under förhållanden som avviker från de nominella, t.ex. med annan tilloppstemperatur. Om överdimensioneringen och den faktiska tilloppstemperaturen är kända, kan vi beräkna erforderligt flöde. Det erforderliga flödet anges ofta av tillverkaren.

För radiatorer har formeln följande utseende:

$$t_r = t_i + \frac{(t_{sn} - t_{in})(t_m - t_{in})}{(t_s - t_i)(P_n / P_c)^{2/n}} \quad \text{där}$$

- $t_r$  = returtemperaturen ( $t_m$  vid nominella förhållanden)
- $t_s$  = tilloppstemperaturen ( $t_{sn}$  vid nominella förhållanden)
- $t_i$  = rumstemperaturen ( $t_{in}$  vid nominella förhållanden)
- $P_c$  = erforderlig effekt för en radiator (W)
- $P_n$  = erklig effekt för en radiator under nominella förhållanden (W)

Om  $n$  i faktorn  $2/n$  inte är given från leverantören kan den approximeras till 1,3.

### Exempel:

Erforderlig effekt för en radiator  $P_c = 1000$  watt vid en rumstemperatur på  $t_i = 22$  °C. Tilloppstemperaturen är  $t_s = 75$  °C. Den installerade radiatorns effekt är  $P_n = 1500$  W, definierad för de nominella förhållandena  $t_{sn} = 80$  °C,  $t_m = 60$  °C och  $t_{in} = 20$  °C.

Vilket flöde ska radiatorm ha?

Sätter vi in värdena i formeln blir  $t_r = 46$  °C. Den verkliga differensstemperaturen blir då  $\Delta T = 75 - 46$ , dvs 29K och flödet  $q = 0,86 \times 1000 / 29$ , dvs 30 l/h.

**Notering:** Dessa beräkningar kan, med fördel, utföras enkelt med hjälp av HySelect.

## Bilaga C

### Dimensionering av injusteringsventiler

En injusteringsventil som är överdimensionerad är inte bara onödigt dyr i inköp, den måste också arbeta nära stängt läge vilket ger sämre noggrannhet vid reglering av flödet.

Injusteringsventilens reglering fungerar bäst vid en öppning mellan 50 och 100 % av maximal ventilöppning. Välj därför en injusteringsventil som vid föreskrivet flöde uppnår rätt tryckfall inom detta intervall.

När tryckfallet i ventilen är lägre än 3 kPa kan vi inte mäta flödet lika noggrant och mätningarna blir mycket känsligare för turbulens. Mätningarna störs av diverse komponenter som är placerade före ventilen (pump, styrventiler, rörkrökar osv. Nedanstående ekvationer kan användas för dimensionering av injusteringsventilen när önskat  $\Delta p$  är känt.

$$K_v = \frac{0,01 \times q}{\sqrt{\Delta p}} \quad q \text{ (l/h), } \Delta p \text{ (kPa)}$$

$$K_v = \frac{36 \times q}{\sqrt{\Delta p}} \quad q \text{ (l/s), } \Delta p \text{ (kPa)}$$

### Exempel:

En injusteringsventil ska ge ett tryckfall på 15 kPa vid flödet 2000 l/h.

Enligt ovanstående formel;  $K_v = 5,16$ .

I tabellen nedan väljer vi ventilen med ett  $K_v$ -värde närmast över 5,16, alltså väljer vi STAD 20.

När vi inte vet vilket tryckfall ventilen ska ge kan nedanstående tabell användas.

Table of selection						Pressure drop in pipes in Pa/m						Velocity in pipes in m/s					
STAD DN	Kvs	Water flow l/h		Water flow l/s		Valve open $\Delta p$ in kPa	Valve size + 1		Valve size		Valve size + 1		Valve size				
							Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max			
10	1,47	100	430	0,028	0,119	0,5	8,6	17	390	76	1332	0,14	0,59	0,23	0,97		
15	2,52	350	750	0,097	0,208	1,9	8,9	62	244	268	1085	0,27	0,57	0,48	1,04		
20	5,7	650	1600	0,181	0,444	1,3	7,9	61	312	184	990	0,31	0,77	0,49	1,21		
25	8,7	1300	2400	0,361	0,667	2,2	7,6	55	167	213	664	0,36	0,66	0,62	1,15		
32	14,2	2000	3800	0,556	1,056	2,0	7,2	57	183	119	391	0,41	0,77	0,55	1,04		
40	19,2	2800	5700	0,778	1,583	2,1	8,8	33	119	104	390	0,35	0,72	0,57	1,15		
50	33,0	4500	11000	1,250	3,056	1,9	11,1	19	77	100	408	0,23	0,57	0,57	1,39		
STA-DR						1,0	5,1	21	97	96	438	0,15	0,34	0,28	0,62		
15	2,00	200	450	0,056	0,125	1,0	9,0	7	53	21	167	0,10	0,29	0,15	0,46		
20	4,01	600	1200	0,167	0,333	2,2	9,0	13	48	53	193	0,16	0,33	0,29	0,57		
STAF						1,1	6,9	38	208	84	467	0,52	1,30	0,72	1,79		
65	95,1	10	25	2,78	6,94	2,3	10,0	31	125	113	463	0,56	1,17	0,94	1,98		
80	120	18	38	5,00	10,56	3,0	10,0	34	105	96	297	0,67	1,22	1,02	1,85		
100	190	33	60	9,17	16,67	3,4	10,0	35	97	89	251	0,77	1,33	1,12	1,94		
125	300	55	95	15,28	26,39	4,6	12,8	24	63	90	235	0,74	1,24	1,26	2,09		
150	420	90	150	25,00	41,67	3,8	12,5	20	60	63	189	0,78	1,41	1,24	2,22		
200	765	150	270	41,67	75,00	5,2	12,6	25	58	60	138	1,00	1,55	1,41	2,19		
250	1185	270	420	75,00	116,67	7,6	20,1	29	71	53	131	1,16	1,88	1,48	2,40		
300	1450	400	650	111,11	180,56												

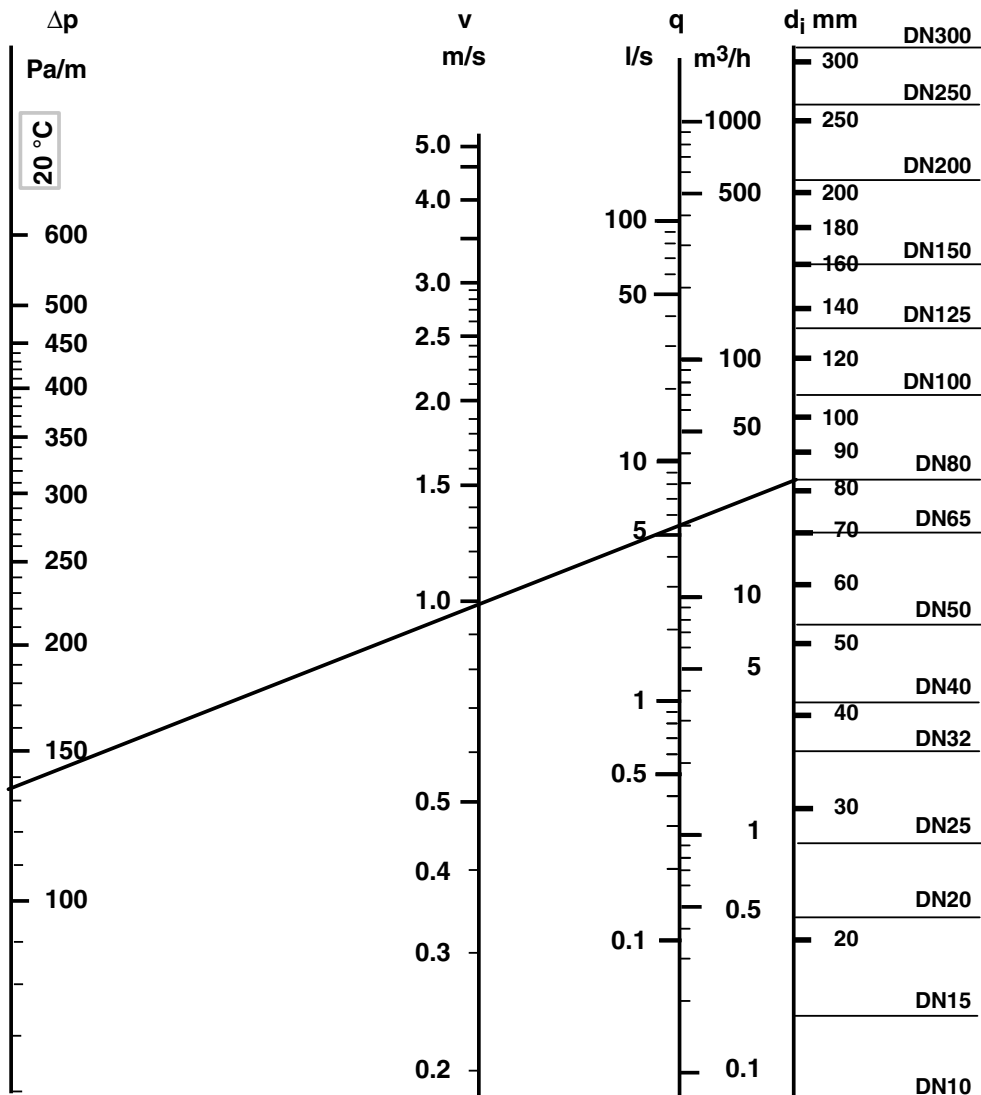
Tabellen används vid val av injusteringsventil för att undvika överdimensionering när önskat tryckfall över ventilen är okänt.

**Exempel:**

En injusteringsventil ska väljas för ett flöde på 2000 l/h. Vi vet inte vilket tryckfall ventilen ska ge. Vi väljer från tabellen ovan STAD 25 som har ett flöde mellan 1300 och 2400 l/h.

Vid 2000 l/h blir tryckfallet i en stålledning DN25 530 Pa/m (se Fig C1). Eftersom detta tryckfall är väl högt bör vi i stället välja DN32 på ledningen.

Vi kan också välja STAD 32 för att få samma diameter på injusteringsventilen som på ledningen. För att då få ett tryckfall på minst 3 kPa i en STAD 32 vid flödet 2000 l/h, ska ventilen vara inställd på 3,45 vilket motsvarar en öppningsgrad på 86 %. Detta är ett bra val eftersom en injusteringsventil fungerar bäst vid en öppningsgrad på minst 80 %.



Figur C1: Tryckfall och flödes hastigheter för vatten med temperaturen 20 ° C (gäller för stålrör med en råhet på 0,05 mm).

Med hjälp av diagrammet kan vi kontrollera om den valda injusteringsventilen är kompatibel med dimensionen på ledningen. Normalt är ledningsdimensionen lika med eller en storlek större än injusteringsventilen.

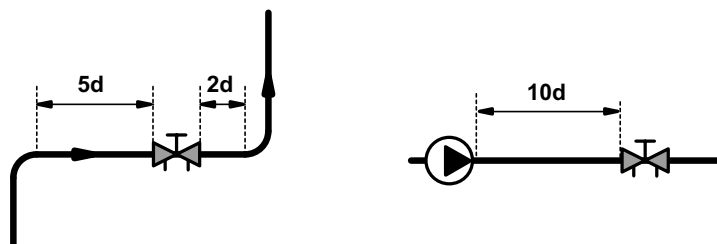
#### Exempel:

Till en ledning DN 80 med flöde = 20 m<sup>3</sup>/h, flödes hastighet = 1 m/s och Δp = 135 Pa/m, väljer vi normalt STAF 65 eller STAF 80.

## Bilaga D

### Installation av injusteringsventiler

För en noggrann mätning av flödet räcker det normalt med en rak ledningssträcka motsvarande 5 x rördiametern före och 2 x rördiametern efter injusteringsventilen.



Figur D1: Minsta avstånd före och efter en injusteringsventil

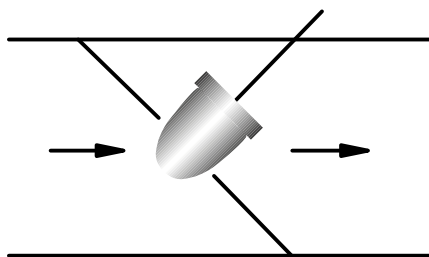
Om injusteringsventilen är placerad efter en komponent som skapar stora störningar, t ex en pump eller en motoriserad styrventil, rekommenderas en rak ledning på minst 10 x ledningsdiametern före ventilen. Placera heller inte komponenter (t ex temperaturgivare) i ledningarna före ventilen som kan orsaka störningar.

### I tillopp eller retur?

Ur tryckfallssynpunkt spelar det ingen roll huruvida injusteringsventilen placeras i en tilllops- eller returledning. Flödet är naturligtvis detsamma i båda.

Vanligast är dock att placera injusteringsventilerna i returledningen, särskilt då ventilen är försedd med en avtappningsanordning som är placerad på så sätt att den angränsande apparaten kan tömmas. Välj flödesriktning genom injusteringsventilen så att flödet går mot käglan (se figur nedan), detta medför bättre mätnoggrannhet och minskad risk för oljud.

Välj en praktisk placering av injusteringsventilen, den ska vara lättåtkomlig men den får ej placeras så att den utsätts för störande turbulens.



Figur D2: Vänd ventilen så att flödet tenderar att öppna käglan

## Bilaga E

---

### Förberedelser

Det kan hända att en justerare får slösa tid på enkla saker som en nyckel för att komma in i ett rum där det sitter en viktig justeringsventil, för att hitta en "borttappad" ventil i ett undertak eller för att komma åt praktiskt taget oåtkomliga tryckuttag.

En förberedande inspektion på plats kan spara mycket tid, speciellt i stora anläggningar. Den kan omfatta följande:

- Kontrollera att flödena till samtliga justeringsventiler finns tydligt angivna på ritningen. Kontrollera också att ett totalflöde stämmer överens med dess delflöden, t ex måste totalflödet för en grenledning stämma överens med summan av flödena för de apparater som ingår i grenen.
- Kontrollera att ritningarna visar anläggningen som den verkligen är byggd. Om nödvändigt, korriger principschema och flöden.
- Identifiera alla justeringsventiler och kontrollera att de är åtkomliga. Kontrollera deras storlek och märk dem.
- Kontrollera att rörsystem och filter är rengjorda samt att anläggningen är avluftad.
- Kontrollera att alla backventiler är rättvända och ej igensatta.
- Om installerade apparater är överdimensionerade, kontrollera att flödena är omräknade. Se Bilaga B, "Omräkning av flöden vid överdimensionering".
- Skillnaden i tryckfall i en ledning uppgår till 20 % vid en temperatur på 20 respektive 80 °C. Det är därför viktigt att vattentemperaturen är den föreskrivna i hela anläggningen vid justeringen.
- Ladda batterierna i TA-SCOPE-instrumentet och kontrollera att övriga verktyg du behöver är tillgängliga och i gott skick.

### Innan du börjar justera

- Förbered rapportunderlag och den utrustning som ska användas.
- Kontrollera att det statiska trycket är tillräckligt.
- Kontrollera att avstängningsventilerna står i rätt läge.
- I anläggningar med radiatorer utrustade med termostatventiler, se till att termostaterna är borttagna så att ventiler öppnar fullt.
- Kontrollera att alla pumpar går åt rätt håll. Är pumpen varvtalsstyrd, kontrollera att den når fullt varvtal och icke reglerande.

## Allmänna rekommendationer

En anläggning kan utformas på många olika sätt beroende på valda grundförutsättningar och driftsförhållanden. Nedanstående rekommendationer gäller dock alla anläggningar med variabel flödesdistribution, oavsett om anläggningen är utformad med direkt eller omvänd retur, konstanthållen eller varvtalsreglerad pump, linjär/logaritmisk- eller on/off-reglering:

1. Injustera flödena i anläggningen under föreskrivna förhållanden, detta är en förutsättning för att installerad effekt ska kunna överföras. Apparaterna måste vara fullt öppna oavsett huruvida de regleras modulerande eller on/off.
2. Justera in anläggningen med TA Wireless eller TA Diagnostic. Man slipper då skanna anläggningen och minskar därmed arbetstiden avsevärt. Med dessa båda metoder får vi också ett mått på pumpens eventuella överdimensionering och därmed möjlighet att sänka pumpens elförbrukning.
3. Välj omsorgsfullt ut rätt tvåvägs styrventil med hänsyn till:
  - a) Rätt karakteristik (normalt logaritmisk).
  - b) Rätt dimensionering. Vid föreskrivet flöde och fullt öppen ventil ska den kunna ta åtminstone 50 % av tillgängligt differenstryck i kretsen vid föreskrivna förhållanden.
  - c) Styrventilens auktoritet får inte sjunka under 0,25.
4. Om förutsättningen 3c ovan inte kan uppfyllas i någon krets, ska en differenstryckregulator installeras lokalt i kretsen. På så sätt förbättras styrventilens auktoritet samtidigt som risken för oljud minskas.
5. I de fall pumpen är varvtalsreglerad, placera givaren till differenstryckregulatorn så att bästa kompromiss erhålls mellan pumpens driftskostnad och differenstryckets variation.



# Bilaga F

---

## Mer om ”varför injustera”

### Injustering – nödvändigt för god reglering

Moderna värme- och kylsystem uppfyller oftast mycket stora krav på inomhusklimat och driftskostnader – åtminstone i teorin. Men inte ens den mest avancerade reglerutrustning fungerar alltid som utlovat, resultatet blir sämre komfort och högre driftskostnader än man förväntat sig.

Orsaken är många gånger att de rätta förutsättningarna för en stabil och noggrann reglering saknas. Tre viktiga förutsättningar är:

1. Föreskrivet flöde måste finnas tillgängligt i alla apparater.
2. Differenstrycket över styrventilerna får inte variera för mycket.
3. Flödena måste vara kompatibla i systemets gränssnitt.

## F.1 Föreskrivet flöde måste finnas tillgängligt i alla apparater

### Vanliga problem

Följande symptom är typiska när villkor 1 inte är uppfyllt, dvs att föreskrivet flöde inte är tillgängligt vid varje apparat:

- Högre driftskostnader än väntat.
- Installerad effekt kan inte överföras vid medelstora och stora belastningar.
- För varmt i vissa delar av byggnaden och för kallt i andra.
- Det tar lång tid att uppnå önskade rumstemperaturer efter nattsänkning.

### Rätta flöden

Effekten för en given apparat beror på tilloppstemperaturen och flödet. Det är alltså genom att styra dessa parametrar vi reglerar rumstemperaturen. Reglering är dock möjlig endast om erforderligt flöde finns.

Hos en del finns uppfattningen att det räcker med att ange de föreskrivna flödena på ritningen för att också få dem i verkligheten. Men för att erhålla erforderliga flöden måste de mätas och justeras in, vilket borde vara en självklarhet. Alltså begränsar vi diskussionen till frågan: Hur gör man? Är det exempelvis möjligt att erhålla rätta flöden i distributionen genom att noggrant dimensionera anläggningen? I teorin – ja, men i praktiken är det bara en önskedröm.

Produktionsenheter, ledningar, pumpar och apparater är konstruerade för att täcka maxlast, (såvida anläggningen inte är beräknad med hänsyn till en sammanlagringsfaktor). Om en länk i kedjan inte är rätt dimensionerad, kommer de andra inte att arbeta optimalt. Följden blir ett sämre inneklimat och därmed försämrade komfort.

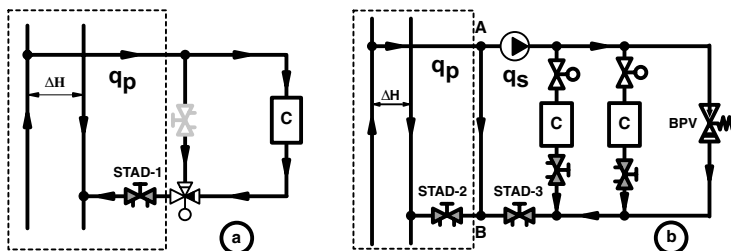
Man kan frestas att försöka lösa problemen genom ökade säkerhetsmarginaler. Men även om man löser vissa problem skapar man då nya, särskilt vad gäller regleringen. Viss överdimensionering kan inte undvikas eftersom komponenter måste väljas ur ett standardsortiment, rätt dimension får vi endast i undantagsfall. Dessutom känner man inte till vissa komponenters specifikationer i projekteringsstadiet, eftersom det är entreprenören som väljer dessa i ett senare skede. Eftersom den verkliga anläggningen oftast skiljer sig från den på ritbordet, blir det således nödvändigt att i efterhand göra vissa justeringar, när man vet hur den verkliga anläggningen ska se ut.

Injustering gör det möjligt att erhålla erforderliga flöden och kompenserar för överdimensionering, detta är en investering som så gott som alltid betalar sig.

### Distributionssystem med konstant flöde

I ett distributionssystem med konstanta flöden (figur F.1a), är trevägsventilen beräknad för att ge ett tryckfall som är minst lika stort som det beräknade tryckfallet i batteri C. Det innebär att styrventilen ska ha en auktoritet på minst 0,5 för att kunna reglera bra. Om tryckfallet i batteriet plus tryckfallet i styrventilen är 20 kPa och det tillgängliga differenstrycket är 80 kPa, måste injusteringsventilen STAD-1 ta återstående 60 kPa. Om den inte gör det kommer kretsen att ha ett flöde som är 200 % för stort, vilket försvårar regleringen och stör resten av anläggningen.

I figur F.1b har injusteringsventilen STAD-2 en viktig roll. Utan den skulle bypass-ledningen AB kortsluta kretsen med ett extremt stort flöde och orsaka underflöden på andra ställen i anläggningen. Primärflödet  $q_p$  mäts och justeras med STAD-2 så att det blir något större än det föreskrivna sekundärflödet  $q_s$ , uppmätt och justerat med STAD-3. Om  $q_s > q_p$ , kommer flödet i AB att gå i omvänd riktning och ge upphov till en blandningspunkt i A. Tilloppstemperaturen kommer att öka vid kylning och sjunka vid värmning och apparaterna kommer inte att kunna avge föreskriven effekt.

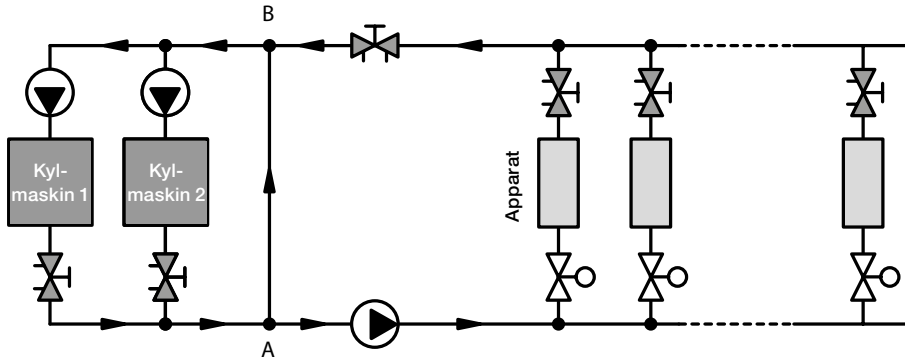


Figur F.1: Exempel på distributionskrets med konstant flöde

En injustering ger rätt fördelning av flödet, förebygger driftproblem och ger förutsättningar för reglerutrustningen att sköta sitt jobb.

## Distributionssystem med variabelt flöde

I ett distributionssystem med variabelt flöde får man ofta för lågt flöde vid stora laster.



Figur F.2: Exempel på distributionskrets med variabelt flöde

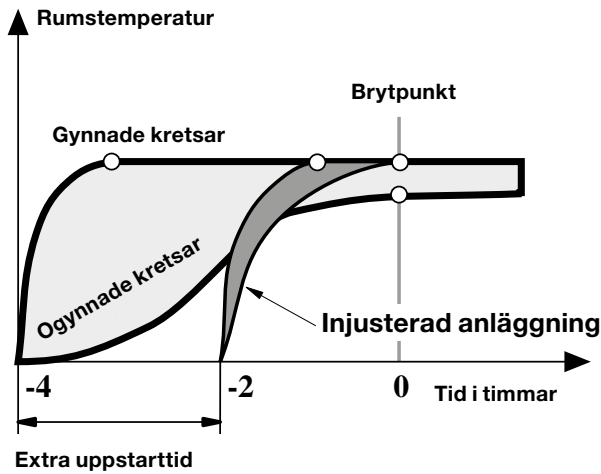
Vid en första anblick ser man ingen anledning att justera in ett system där varje apparat har en tvåvägs styrventil, eftersom styrventilernas uppgift är just att justera flödet till rätt nivå. Injustering skulle därmed ske automatiskt. Men styrventiler med exakt rätt Kvs-värde finns bara i undantagsfall och därmed kommer de flesta ventiler att vara överdimensionerade. I många situationer kan vi inte undvika att ventilerna öppnar fullt, t ex vid uppstart, vid stora störningar, när termostater är inställda på max- eller minvärde eller om det finns apparater som är underdimensionerade. I sådana fall, och om injusteringsventiler inte finns installerade, kommer man att få för stora flöden i vissa kretsar och för små flöden i andra.

En varvtalsreglerad pump löser inte problemet eftersom alla flöden ändrar sig proportionellt när pumptrycket ändras. Genom att undvika för stora flöden på detta sätt, kommer problemen med för små flöden att bli ännu mer märkbara.

En anläggning är konstruerad för att utveckla maximal effekt vid maxlast och det är viktigt att maxeffekten verkligen finns när så krävs. En injustering, utförd vid föreskrivna förhållanden, säkerställer att alla apparater får erforderliga flöden och ger därmed valuta för gjorda investeringar. Vid dellast, när några styrventiler stänger, ökar det tillgängliga differenstrycket i kretsarna. Genom att justera bort underflödena vid föreskrivna förhållanden, kommer de inte heller att uppstå under andra driftförhållanden.

### Uppstart efter nattsänkning

I distributionssystem med variabla flöden är problem med uppstart på morgnar efter nattsänkning något som noga måste beaktas. Styrventilerna är då fullt öppna vilket ger upphov till för stora flöden och oförutsägbara tryckfall i delar av systemet, vilket i sin tur medför att apparater som är ogynnsamt placerade inte får tillräckliga flöden. En krets som är dåligt gynnad kommer inte att få rätt flöde förrän termostaten i de mer gynnsamt belägna utrymmena uppnått sina börvärden (under förutsättning att börvärdena är någorlunda rätt) och styrventilen börjar strypa. Uppstarten försvåras och tar längre tid än väntat, vilket inverkar negativt på driftskostnaden. En icke likformig uppstart omöjliggör i praktiken reglering och optimering som är styrd från en reglercentral.



Figur F3: En icke injusterad anläggning får längre uppstarttid, vilket medför onödig energiåtgång

I ett distributionssystem med konstant flöde kvarstår de felaktiga flödena både under och efter uppstart, vilket gör problemen än värre.

## Erforderlig utrustning för injustering

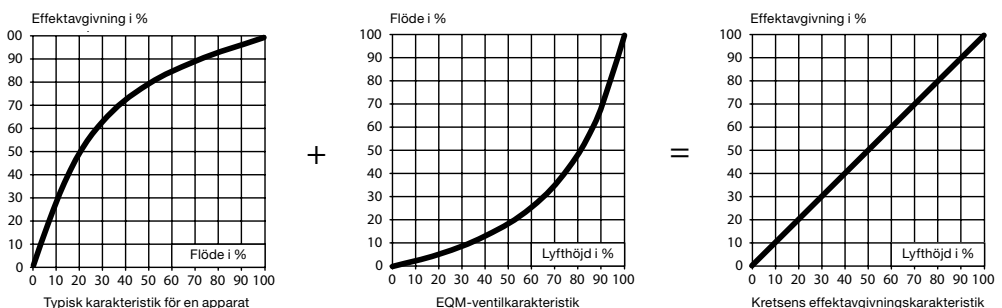
För att en anläggning ska kunna justeras in måste utrustningen uppfylla följande krav:

- Flödet måste kunna mätas med en noggrannhet av  $\pm 5\%$ . Injusteringen gör det möjligt att kontrollera om anläggningen arbetar som beräknat, att upptäcka eventuella felaktigheter samt att vidta åtgärder med mätresultaten som underlag.
- Flödena måste vara lätta att justera in, detta gör anläggningen mer flexibel.
- Injusteringskomponenterna måste ha lång livslängd och hög driftssäkerhet samt kunna motstå angrepp från aggressiva vätskor.
- Vid renspolning av rörsystemet ska man inte behöva demontera injusteringsventilerna. Specialfilter ska heller inte behövas till injusteringsventilerna.
- Ventilernas inställningar måste vara lätta att avläsa och ha en skyddad skala. Ventilratten ska kunna vridas minst fyra varv från helt stängt till fullt öppet läge för att inställningsnoggrannheten ska bli tillräcklig.
- Ventilkäglan för stora dimensioner ska vara avlastad för att vridmomentet, vid justering under höga differenstryck, inte ska bli för stort.
- Injusteringsventilen ska vara försedd med avstängningsfunktion.
- Ett lämpligt mätinstrument måste finnas som medger enkel mätning av flödet utan att man måste använda diagram. Instrumentet ska vara enkelt att använda samt medge utskrift av injusteringsrapport. Det ska också vara möjligt att följa och registrera förloppen hos flöden, differenstryck och temperaturer.

## F.2 Stabilisering av differenstrycket

### Styrventilens karakteristik

Styrventilens karakteristik definieras som förhållandet mellan flödet och ventilkäglands höjdläge vid ett konstant differenstryck. Flöde och höjd uttrycks i procent av maximala värden.



Figur F4: En styrventil med logaritmisk karakteristik (EQM) kompenserar för en omvänt logaritmisk karakteristik i en typisk apparat.

För en ventil med linjär karakteristik, är flödet proportionellt mot ventilkäglans höjdläge. Men på grund av den omvänt logaritmiska karakteristiken hos apparaten (figur F4a), medför en liten öppning av ventilen en stor ökning av flödet vid små och medelstora belastningar. Därför kan reglerkretsen bli instabil vid låga laster.

Vi kan kompensera för apparatens omvänt logaritmiska karakteristik genom att välja en styrventil med lämplig karakteristik och på så sätt få apparatens effektavgivning att bli proportionellt mot ventilkäglans höjdläge.

Antag att apparatens effekt är 50 % av föreskrivet värde när flödet är 20 % av föreskrivet värde. Vi kan då välja en ventilkarakteristik som ger 20 % flöde när den är 50 % öppen. När ventilen är öppen till 50 % blir effekten också 50 % (figur 4c). Om detta samband stämmer för alla flöden har vi en ventilkarakteristik som kompenserar för den omvänt logaritmiska karakteristiken hos en typisk värmeväxlare. Denna karakteristik kallas modifierad logaritmisk karakteristik (eng. EQM – equal percentage modified).

För att ventilen ska klara denna kompensering måste två villkor vara uppfyllda:

- Differenstrycket över styrventilen måste vara konstant.
- Föreskrivet flöde fås när styrventilen är fullt öppen.

Om differenstrycket över styrventilen inte är konstant, eller om ventilen är överdimensionerad, störs styrventilens karakteristik och regleringen äventyras.

### Styrventilens auktoritet

När styrventilen stänger, minskar flöde och tryckfall i apparater, ledningar och komponenter. Tryckfallsskillnaden läggs på styrventilen. Denna ökning i differenstryck stör styrventilens karakteristik. Styrventilens auktoritet är ett mått på denna störning.

$$\beta = \text{ventilauktoritet} \quad \frac{\Delta p_{Vc} \text{ (tryckfall med helt öppen styrventil vid föreskrivet flöde)}}{\Delta p \text{ stängd ventil}}$$

Täljaren är konstant och bestäms enbart av valet av styrventil och föreskrivet flöde. Nämnaren beror på tillgängligt differenstryck  $\Delta H$  i kretsen. Om en injusteringsventil installeras i serie med styrventilen, påverkas inte någon av faktorerna och följaktligen inte heller styrventilens auktoritet.

Styrventilen väljs för att få bästa möjliga auktoritet. Men en styrventil med exakt rätt värde kan bara i undantagsfall hittas på marknaden, ventilen är därför nästan alltid överdimensionerad. Genom att använda en injusteringsventil, kan föreskrivet flöde uppnås när styrventilen är fullt öppen – karakteristiken stämmer därmed bättre och reglerfunktionen förbättras (figur F6b).

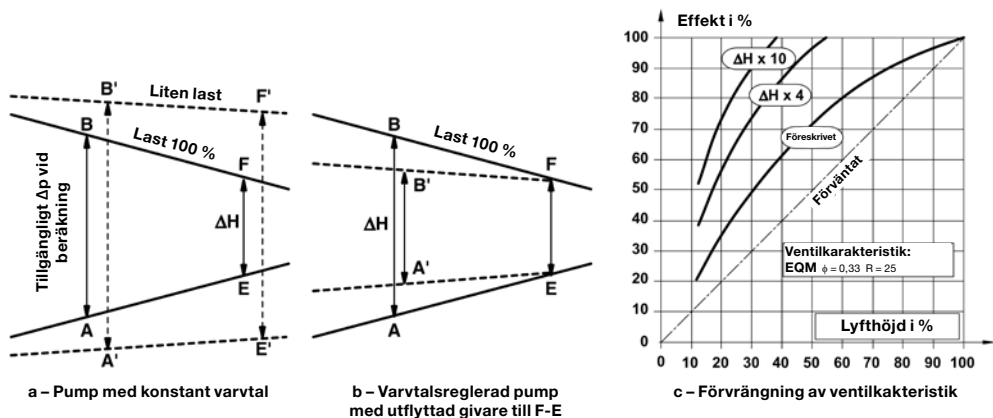
Om injusteringsventilerna är rätt injusterade ska de bara eliminera lokala övertryck (som beror på inhomogenitet i anläggningen) så att föreskrivna flöden uppnås i alla apparater. Anta att injusteringsventilerna öppnas fullt varpå styrventilerna tvingas att stänga. Den friktionsenergi som uppstod i injusteringsventilerna kommer då att uppstå i styrventilerna i stället. Friktionsenergin kan vi alltså inte undvika och uppenbarligen ger injusteringsventilerna inte upphov till något extra tryckfall.

Dessutom, om pumpen är överdimensionerad, kommer styrventilerna att skapa överflöden när de är fullt öppna och ta bort överskjutande tryck när de är i arbete. En eventuell överdimensionering av pumpen kommer därmed aldrig att upptäckas. En injustering däremot, kommer att avslöja övertrycket och vi kan vidta lämpliga åtgärder, t.ex. installera en varvtalsreglerad pump.

I sällsynta fall hittar man styrventiler med justerbart Kvs-värde, men problemet är då att ställa in rätt värde. Detta är omöjligt om flödet inte går att mäta och anläggningen inte är injusterad till föreskrivna differenstryck i varje krets. Injusteringsventiler erfordras då i alla fall.

### Differenstrycket varierar med genomsnittsbelastningen i anläggningen

I ett system med direkt retur (figur F5a), kommer de längst bort belägna kretsarna att utsättas för de största variationerna i differenstryck. Vid små flöden, när styrventilen tar i stort sett hela pumptrycket, är dess ventilauktoritet som sämst.



Figur F5: Styrventilens auktoritet är 0,25 vid föreskrivna förhållanden. När anläggningens medellast ändras kommer differenstrycket  $\Delta H$  i kretsen att öka dramatiskt, vilket stör styrventilens karakteristik ytterligare.

Om anläggningen har en varvtalsreglerad pump brukar man hålla differenstrycket konstant nära den sista kretsen. Då uppstår problemet med varierande  $\Delta H$  i den första kretsen i stället.

Att placera givaren för den varvtalsreglerade pumpen nära den sista kretsen borde teoretiskt minska driftskostnaderna för pumpen. Men detta orsakar problem i de kretsar som ligger närmast pumpen. Om styrventilen har valts med utgångspunkt från tillgängligt  $\Delta H$  under föreskrivna förhållanden, kommer kretsarna att få för små flöden vid lägre  $\Delta H$ . Om styrventilen i stället är utvald efter minimalt  $\Delta H$ , kommer kretsarna att få för stort flöde vid föreskrivna förhållanden och styrventilen får dålig auktoritet. Som en kompromiss bör därför differenstryckgivaren placeras i mitten av anläggningen. Det kan minska differenstryckets variationer med mer än 50 % jämfört med de variationer man får med en pump med konstant hastighet.

I figur F5c visas förhållandet mellan avgiven effekt och ventilens öppningsgrad för styrventiler med modifierad logaritmisk karakteristik (EQM). Ventilerna har valts så att flödet vid fullt öppen ventil blir korrekt och med en auktoritet på 0,25. När tillgängligt differenstryck på kretsen ökar, störs ventilkarakteristiken så mycket att det orsakar pendling i reglerkretsen. I ett sådant fall kan en lokalt placerad differenstryckregulator installeras för att stabilisera differenstrycket över styrventilen och hålla ventilauktoriteten nära 1 (figur F7a).

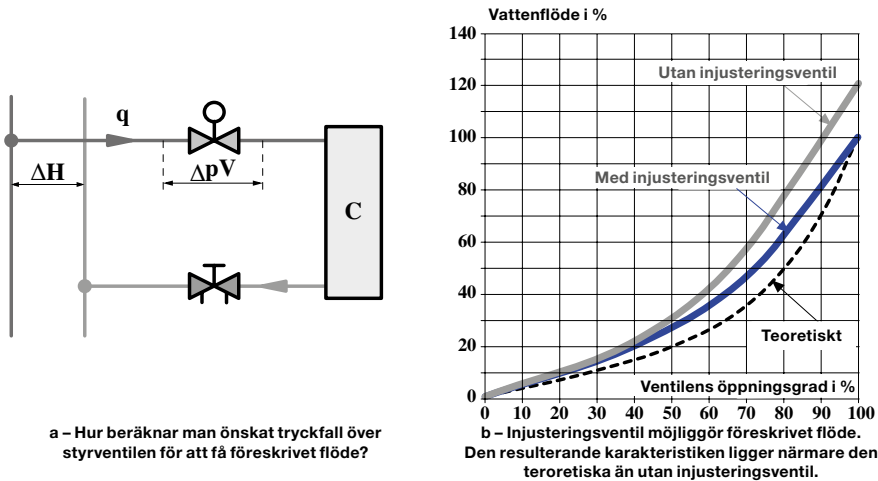
### Val av styrventiler

En tvåvägs styrventil är korrekt dimensionerad när:

1. Föreskrivet flöde erhålls med styrventilen fullt öppen under föreskrivna förhållanden.
2. Ventilens auktoritet är och förblir tillräckligt bra, vilket i allmänhet innebär  $> 0,25$ .

Den första förutsättningen är nödvändig för att vi ska undvika för stora flöden som i sin tur orsakar för små flöden i andra kretsar när styrventilen är öppen under relativt långa perioder. Det inträffar (1) vid uppstart, som t.ex. varje morgon efter nattsänkning, (2) när radiatören är underdimensionerad, (3) när börvärdet på termostaten är inställt på lägsta värde vid kylning, samt (4) när reglerkretsen är instabil.





**Figur F6:** Om styrventilen är överdimensionerad, kommer en injusteringsventil att förbättra styrventilens karakteristik.

För att behålla föreskrivna flöden vid föreskrivna förhållanden, måste tryckfallet i en fullt öppen styrventil vara lika med det lokalt tillgängliga differenstrycket  $\Delta H$  minus föreskrivet tryckfall i radiatoren med tillbehör (Fig F6a).

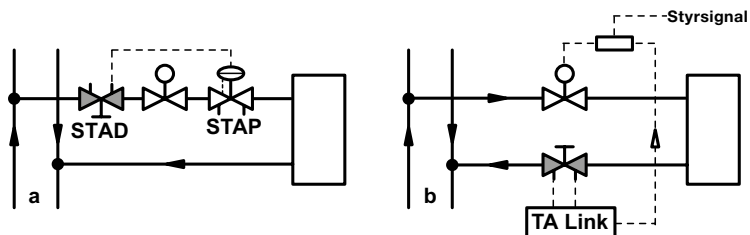
Låt oss nu anta att denna information finns tillgänglig (!) innan vi väljer styrventil. Vilka ventiler, för ett flöde på t ex 1,6 l/s, finns det att välja på i handeln? En styrventil kanske ger ett tryckfall på 13 kPa, en annan 30 kPa och en tredje 70 kPa. Om nu tryckfallet måste vara 45 kPa, och det inte finns en sådan på marknaden, väljer vi den med närmast större dimension. Följaktligen är en styrventil nästan alltid överdimensionerad och då krävs en injusteringsventil för att vi ska erhålla föreskrivna flöden. Injusteringsventilen förbättrar styrventilens karakteristik utan att skapa onödiga tryckfall.

När vi en gång har valt styrventil måste vi kontrollera att dess auktoritet  $\Delta p_V / \Delta H_{\max}$  är tillräcklig. Om den är otillräcklig måste konstruktionen anpassas så att den tillåter ett större tryckfall över en mindre styrventil.

### Konstruktionstips

Genom att lösa problemen i enskilda delar, får vi allmänhet bättre driftförhållanden än att tvinga resten av anläggningen att svara mot extrema förhållanden.

När det är svårt att hitta en passande styrventil eller när kretsen utsätts för stora variationer av  $\Delta H$ , kan en differenstryckregulator se till att differenstrycket hålls konstant över styrventilen (figur F7a). Den här lösningen är vanlig när styrventilens auktoritet riskerar att sjunka under 0,25.



Figur F7: Begränsning av flödet i en apparat

Principen är enkel. Membranet i differenstrycksventilen STAP är kopplat både till tilloppet och utloppet på styrventilen. När differenstrycket ökar, ökar också kraften på membranet och STAP stänger proportionellt mot tryckförändringen. STAP håller differenstrycket över styrventilen i stort sett konstant. Välj differenstryck så att föreskrivet flöde uppnås, mät flödet i STAD-ventilen. Styrventilen blir därmed aldrig överdimensionerad och dess auktoritet ligger nära 1.

Allt överskott i differenstryck tas upp av STAP. Regleringen av differenstrycket är ganska enkelt jämfört med temperaturreglering. p-bandet ska vara tillräckligt brett för att undvika pendling.

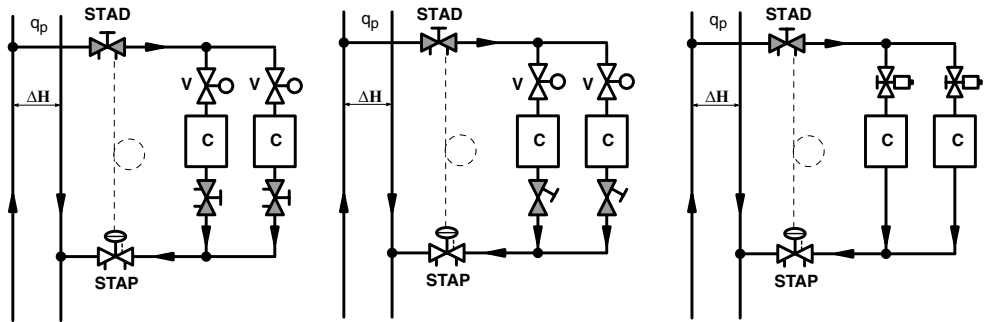
En kombination av lokalt placerade differenstryckregulatorer och varvtalsreglerade pumpar ger goda förutsättningar för en bra reglering. Rumskomforten förbättras, energikostnaderna minskar påtagligt och risken för oljud reduceras avsevärt.

En annan lösning för anläggningar där differenstrycket varierar mycket, är att det maximala Kvs-värdet begränsas genom att använda en differenstryckgivare kopplad till en injusteringsventil (figur F7b). När det uppmätta differenstrycket motsvarar det föreskrivna flödet, tillåts inte ventilen att öppna ytterligare.

Om anläggningen är dimensionerad med hänsyn till en sammanlagringsfaktor, begränsas det maximala flödet under uppstart så att distributionen blir jämnare. Börvärdet på maxflödet kan också ändras om kravet finns från prioriterade kretsar.

När reglering sker on/off- eller tidsproportionellt (P-reglering), kan en begränsning av differenstrycket bidra till minskat oljud och förenklad injusterings. I detta fall ska differenstryckregulatorn hålla differenstrycket konstant över en grupp apparater (figur F8).

Denna lösning fungerar också för en grupp med apparater med linjär/logaritmisk reglering.



a) En styr- och injusteringsventil per apparat

b) En injusteringsventil per apparat

c) Förinställningsbara on/off-ventiler

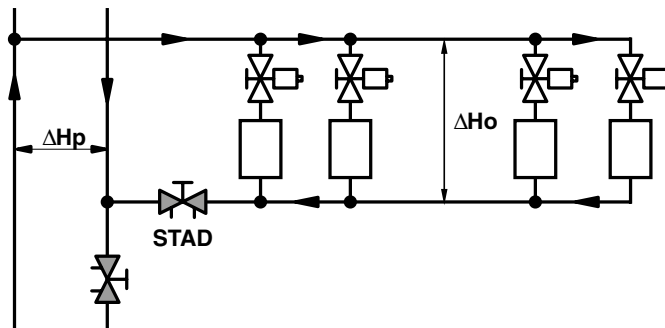
Figur F8: En STAP-ventil håller differensstrycket konstant över en grupp apparater

Dessa exempel är inte fullständiga, de visar bara att en viss lösning kan lösa vissa problem.

## Konstanthållning av differensstrycket i värmeanläggningar

### Distribution med variabelt flöde

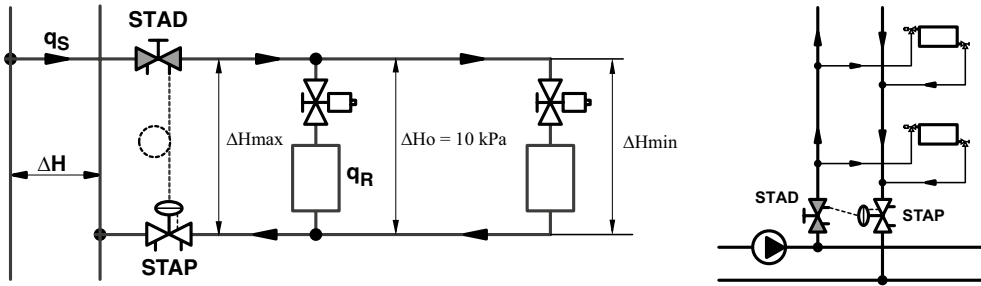
Radiatorventilerna i en värmeanläggning förinställs normalt med utgångspunkt från ett tillgängligt differensstryck, ex.  $\Delta H_o = 10 \text{ kPa}$ .



Figur F9: Förinställ alla termostatventiler utifrån samma differensstryck, ex. 10 kPa

Vid injusteringen, ställ in injusteringsventilen STAD så att rätt totalflöde uppnås i grenen. Vi får nu det förväntade differensstrycket 10 kPa i grenens mitt, vilket också var utgångspunkten vid förinställningen av termostatventilerna.

I radiatorsystem där tillgängligt differensstryck överstiger 30 kPa, finns risk för oljud i anläggningen, särskilt om det finns luft kvar i vattnet. I sådana fall bör man installera en STAP för att reducera differensstrycket och hålla det konstant (figur F10).



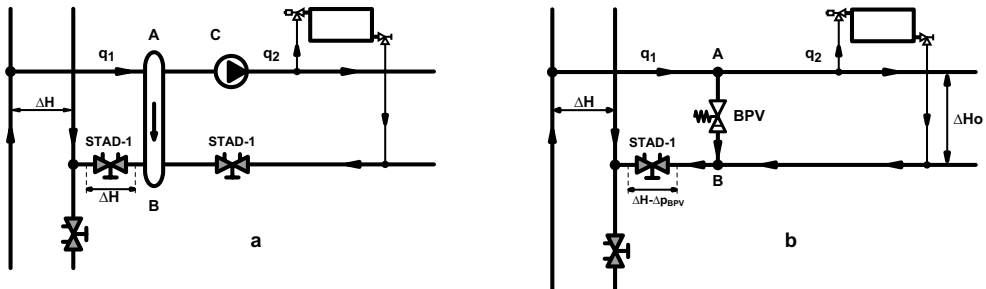
Figur F10: En STAP-ventil håller differenztrycket konstant i kretsens början

STAP-ventilen håller differenztrycket konstant i varje gren eller liten stamledning. Grenens flöde ( $q_s$ ) mäts med mätventilen STAD. Denna kombination tar bort överskjutande differenztryck från termostatventilerna.

### Distribution med konstant flöde

I en hyresfastighet regleras tillloppstemperaturen från en reglercentral med avseende på utetemperatur.

Pumptrycket är högt och det finns det risk för oljud i termostatventilerna. Om det inte finns specifika krav på en viss returtemperatur, kan distributionen utformas med konstant flöde.



Figur F11: Differenztrycket i lägenheterna understiger 30 kPa

Man kan lösa detta genom att förse varje våning med en bypass-ledning AB och en injusteringsventil STAD-1 (figur F11a). Injusteringsventilen tar bort tillgängligt  $\Delta H$ . En sekundärpump som ger ett pumptryck på max 30 kPa sköter cirkulationen i lägenheten. När termostatventilerna stänger, blir  $\Delta p$  över termostatventilerna såpass lågt att risken för oljud i anläggningen undviks. Det föreskrivna sekundärtrycket måste vara något lägre än primärflödet för att flödet i bypassledningen inte ska bli omvänt, det kan annars uppstå en blandningspunkt i A med sänkt tillloppstemperatur som följd. Därför måste vi ha ytterligare en injusteringsventil, STAD-2, på sekundärsidan.

En annan lösning är att installera en BPV avlastningsventil för varje lägenhet (figur F11b). Då behövs vare sig sekundärpumpen eller injusteringsventilen STAD-2. BPV arbetar tillsammans med en injusteringsventil, STAD-1, för att stabilisera differenstrycket på sekundärsidan. BPV-ventilens börvärde ställs in för att passa radiatorkretsen. När termostatventilerna stänger, stiger differenstrycket mellan A och B över börvärdet. BPV öppnar då och släpper igenom ett flöde i bypassledningen vilket ger upphov till ett tryckfall över injusteringsventilen. Är BPV-ventilen rätt inställd kommer differenstrycket mellan A och B att vara i stort sett konstant.

Låt oss anta att injusteringsventilen STAD-1 inte finns i anläggningen. Om det primära differenstrycket  $\Delta H$  ökar, kommer BPV att öppna och därmed ökar det primära flödet  $q_1$ . Eftersom motståndet i ledningarna mellan AB och stamledningen är försumbara, blir differenstrycket över AB praktiskt taget lika med  $\Delta H$ . För att stabilisera det sekundära differenstrycket måste följaktligen BPV kopplas samman med en injusteringsventil STAD-1 som skapar ett tillräckligt tryckfall.

### F.3 Flödena måste vara kompatibla i systemets gränssnitt

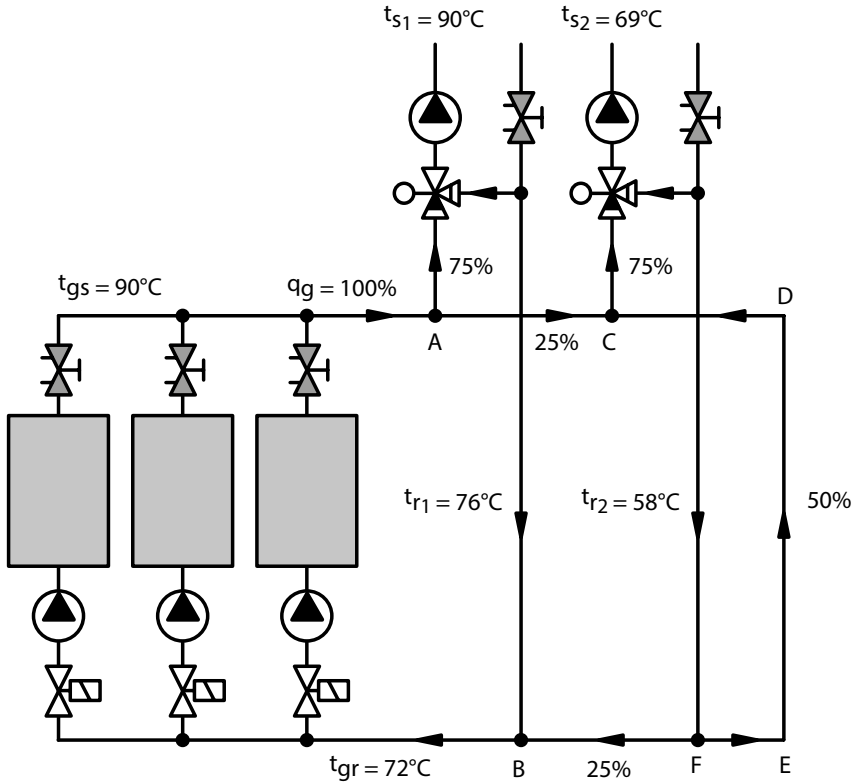
#### Att få valuta för sin investering

Produktionsenheter, pumpar, ledningar och apparater är konstruerade för att avge en viss maxeffekt. Om maxeffekten inte kan uppnås på grund av att anläggningen inte är injusterad, försämras lönsamheten i investeringen.

Om installerad maxeffekt aldrig behöver utnyttjas, innebär det att kylmaskiner, pumpar etc. är överdimensionerade – anläggningen är således inte optimalt konstruerad. Om anläggningen däremot är rätt injusterad, behöver man inte överdimensionera och då minskar både investerings- och driftskostnader.

Uppenbarligen orsakar överflöden i vissa delar av anläggningen underflöden i andra och ogynnsamt belägna kretsar kan inte avge full effekt när så krävs. Ett annat problem som kan uppstå är att tilloppstemperaturen vid fullast blir för låg i värmeanläggningar och för hög i kylanläggningar, på grund av att primär- och sekundärflödena inte är kompatibla.

Exempel, värmeanläggning



Figur F12: Två kretsar med för stora flöden

I figur F12 visas en värmeanläggning med tre pannor som arbetar i sekvens. Distributionskretsen har lågt motstånd för att undvika störningar mellan pannorna och kretsarna. Därför måste varje onödigt ledningsmotstånd undvikas i bypassledningen DE. Om t ex en backventil installeras mellan D och E skulle sekundärpumparna komma att arbeta i serie med primärpumparna och allvarligt störa funktionen hos de trevägs styrventilerna.

Om de två kretsarna är identiska ska de normalt ta 50 % vardera av det totala flödet. Antag att de tar 75 % i stället. Vid punkt A tar den första kretsen 75 % av det totala flödet och då återstår 25 % till den andra. Den andra ska ha 75 % men får bara 25 % och följderna blir att den kommer ta 50 % från sin egen retur. I C blandas 25 % av varmvattnet med 50 % av returvattnet från krets 2. För denna krets blir maximal tillloppsstemperatur 69 °C. Vid föreskrivna förhållanden vid en utetemperatur på -10 °C och så länge den första kretsen tar sitt maxflöde, kommer rumstemperaturen i krets 2 inte att överstiga 14 °C. När börvärdet för rumstemperaturen i krets 1 har uppnåtts, kommer trevägsventilen i denna att börja stänga.

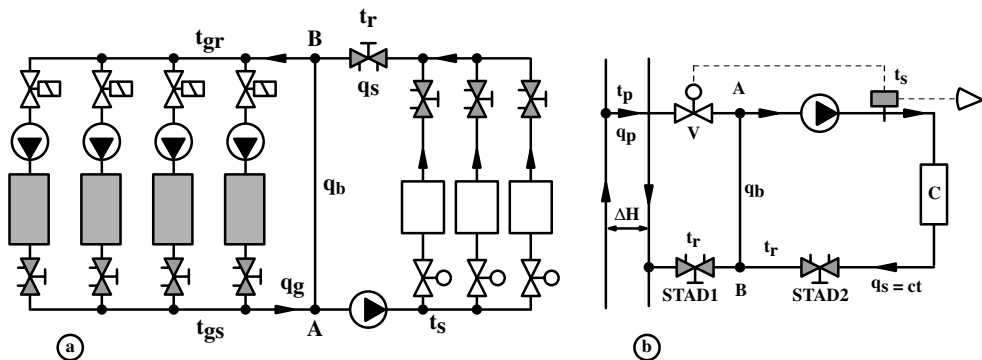
Tilloppstemperaturen i den andra kretsen ökar till max 80 °C och kretsen får därmed en tillgänglig kapacitet på 90 % av föreskriven kapacitet. Nu blir max rumstemp 17 °C i den andra kretsen. Att försöka lösa detta genom att öka pumptrycket i den andra kretsen kommer bara att göra problemen än värre.

Starttiden blir mycket längre än förväntat och installerad effekt kan inte till fullo överföras. För att undvika detta problem måste de sammanlagda totala flödet i sekundärkretsarna vara lika med eller lägre än maxflödet i primärkretsen.

En lösning på problemet skulle kunna vara att på något sätt minska pumptrycket på sekundärsidan för att på så sätt begränsa flödena. Men följden skulle bli att problemen med underflöden i ogynnsamt belägna apparater blir än mer påtagliga. Följaktligen kvarstår behovet av att justera in apparaterna i kretsen sinsemellan. Om flödet i en krets är för stort på grund av att den inte är injusterad, kan andra kretsar bli än mer lidande – de kanske inte ens får 50 % av föreskrivet flöde. Detta resulterar i att tilloppstemperaturen blir 10 °C lägre än föreskrivet och ett försämrat flöde.

Kostnaden för en injusterings uppgår oftast till mindre än 1 % av totala anläggningskostnaden. I en injusterad anläggning kan installerad maxeffekt utnyttjas och därmed förbättras lönsamheten på investeringen.

### Exempel, kylanläggning



Figur F13: Kylanläggningar

I figur F13a visas en kylanläggning med fyra kylmaskiner. Om distributionskretsen inte är injusterad kan maxflödet  $q_s$  bli större än produktionsflödet  $q_g$ . I sådana fall kommer flödet  $q_b$  i bypassledningen att få motsatt flödesriktning, från B till A, vilket medför att en blandningspunkt skapas i A. Tilloppstemperaturen blir då högre än beräknat och installerad effekt kan inte överföras.

Fig 13b beskriver en apparat som arbetar i en krets med konstant flöde. Kretsen förses med kylvatten via en tvåvägs styrventil. Om flödet i apparaten blir för stort kommer flödet  $q_b$  alltid att ha riktningen från B till A. Tilloppstemperaturen  $t_s$  blir då alltid högre än föreskrivet och föreskriven maximal effekt kan därmed inte överföras till apparaten.

I båda exemplen gäller att ett överflöde på 50 % i distributionsledningen eller genom batteriet, medför en ökning av tilloppstemperaturen från 6 till 8 °C.

# Bilaga G

## Felsökning och systemanalys

Injustering förhindrar att överflöden uppstår i vissa kretsar vilket orsakar underflöden i andra, avslöjar eventuell överdimensionering av pumpar och verifierar om anläggningen uppfyller de funktions- och prestandakrav som konstruktören tänkt sig.

### G.1 Vanliga problem

Symptom	Vanliga men felaktiga åtgärder	Typiska men förbisedda grundorsaker	Rätta åtgärder	Fördelar
För varmt i vissa delar av byggnaden, för kallt i andra.	Öka pumptrycket (huvud- eller sekundärtryck).	Överflöden i vissa kretsar som orsakar underflöden i andra. Ingen injustering av kretsarna gjord efter differensstryckventilerna.	Injustera distributionssystemet med STAD/STAF injusteringsventiler.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rätt rumstempera- och optimerad energikostnad.</li> <li>Flödena bekräftade och dokumenterade.</li> <li>Möjlighet att mäta och registrera flöde och upptäcka problem.</li> </ul>
Det tar lång tid innan alla rum uppnår rätt rumstemperatur efter nattsänkning.	Höja tilloppstemperaturen i värmeanläggning och sänka den, om möjligt, i kylanläggning. Ta bort nattsänkingsfunktionen. Installera fler pannor eller kylmaskiner.	Överflöden i vissa kretsar som orsakar underflöde i andra. Distributionsflödet större än produktionsflödet (ingen kompatibilitet).	Injustera distributionssystemet med injusteringsventilerna STAD/STAF. Se till att produktions- och distributionsflödena är kompatibla genom lämplig injustering.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manuell injustering identifierar man hydroniska problem som kan lösas i ett tidigt skede.</li> <li>Kortast möjliga startid efter nattsänkning.</li> <li>Möjlighet att minimera energiförbrukningen i pumpen.</li> <li>Undvik oljud pga onormalt pumptryck.</li> <li>Stabil och noggrann temperaturreglering.</li> <li>Låg energikostnad.</li> <li>Mindre risk för oljud.</li> <li>Med reglering av <math>\Delta p</math> över styrventilerna blir auktoriteten, med STAP, nära 1 och styrventilerna är aldrig överdimensionerade.</li> </ul>
Onormalt hög driftskostnad för pumpdriften.		Pumpen är överdimensionerad, men det går ej att avläsa.	Justera in anläggningen med STAD/STAF-ventiler, för att motverka överdimensionering hos pumpen. Justera varvtalet, byt pumphjul eller byt pump. Installera sekundärpumpar vid extra stora tryckfall.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mindre risk för oljud.</li> <li>Med reglering av <math>\Delta p</math> över styrventilerna blir auktoriteten, med STAP, nära 1 och styrventilerna är aldrig överdimensionerade.</li> </ul>
Ojämn temperaturreglering. Oljud från styrventilerna.	Ändra i programmeringen av regleringen, fast det är ett strömningsproblem. Byta pendlande, men korrekt dimensionerade, styrventiler till mindre dimensioner.	Anläggningen inte injusterad. Styrventilens auktoritet för låg. Fel reglerparametrar. Styrventilen är överdimensionerad eller utsatt för varierande $\Delta p$ .	Justera in anläggningen med STAD/STAF-ventiler. Dimensionera styrventilerna noggrannare. Använd rätt karakteristik och korrekta reglerparametrar. Begränsa variationerna av $\Delta p$ med STAP $\Delta p$ -regulatorer.	



## G.2 Felsökning

Med TA-SCOPE-instrumentet löser du snabbare och bättre problem i vattenburna värme- och kylanläggningar. TA-SCOPE, i kombination med injusteringsventiler, mäter och registrerar differensstryck, flöden och temperaturer.

Här är en lista på typiska fel som TA-SCOPE kan hjälpa dig att hitta:

- Felaktiga flöden i ledningar och apparater.
- För höga eller för låga tilloppstemperaturer.
- Felaktiga lufttemperaturer.
- Primär- och sekundärflöde är ej kompatibla.
- Interaktivitet mellan produktionsenheter.
- Onormala tryckfall i komponenter och möjlighet att söka och hitta t ex igensatta filter och apparater.
- Stängda avstängningsventiler som normalt ska vara öppna.
- Felaktigt monterade backventiler.
- Defekter i ledningar.
- För högt eller för lågt tillgängligt differensstryck över en krets.
- Över- eller underdimensionerad distributionspump.
- Fel rotationsriktning på en trefas pumphmotor.
- Ojämnt varvtal för en motor.
- Interaktivitet mellan kretsar som då och då orsakar omvänd flödesriktning i en ledning.
- Instabil reglering av apparater.
- Överdimensionerade styrventiler och möjlighet att beräkna deras auktoritet.
- Osv

En av flera fördelar med en manuell injustering är att man upptäcker många fel under injusteringen. Det är betydligt billigare att rätta till fel i detta skede än exempelvis efter att undertaket har monterats och hyresgästerna flyttat in i byggnaden.

## G.3 Noggrann systemanalys

För att kunna rätta till särskilt besvärliga fel är det ibland nödvändigt att göra en noggrannare systemanalys. Till grund för en sådan analys är det värdefullt att känna till hur differensstryck, flöde och temperatur varierar över tiden på strategiska ställen i anläggningen.

Här kan TA-SCOPE vara till hjälp. Koppla in instrumentet till anläggningen och låt det logga driftdata under en period. Koppla sedan TA-SCOPE till en dator och analysera dem i lugn och ro på kontoret.





# Injustering av distributionssystem

Hydronic Engineering Handbok nr 2

Injustering av distributionssystem är nr 2 i IMI Hydronic Engineerings serie av handböcker för VVS-produkter. Handbok nr 1 handlar om Injustering av reglerkretsar. Handbok nr 3 behandlar Injustering av radiatorsystem och nr 4 behandlar Stabilisering av differenstrycket.

**Mer info på**  
[www.imi-hydronic.se](http://www.imi-hydronic.se)

