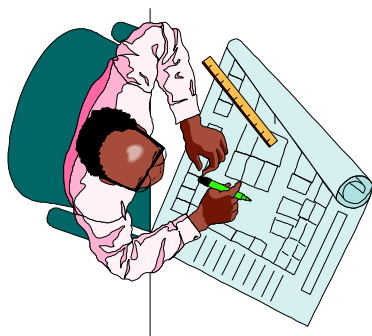


# VANNBÅREN ENERGI

## Vannfordeling - regulering



**Varme- og kjøleanlegg**

**HOVEDFORDELING  
PRIMÆRKRETSER  
SEKUNDÆRKRETSER**

**Forfatter av 1. utg. desember 1991:**

Arvid Grindal, RESØ K A.S

**Forfattere av 2. utg. mars 1998:**

**Del 1 (Konstante volumstrømmer)**

Arvid Grindal, Control Engineering

**Del 2: (Variable volumstrømmer - Mengderegulering)**

Bent A. Børresen, Techno Consult AS



**FORORD TIL 2. UTG. (1998)**

1. utg. av håndboken ble utgitt i 1991

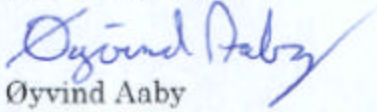
Hensikten med håndboken er å oppnå gode reguleringstekniske løsninger i bygningene til Statsbygg med tanke på et godt inneklima, driftssikre anlegg og et kontrollert energiforbruk.

En vesentlig forutsetning for god temperatur regulering og høy driftssikkerhet er at vannfordelingssystemene utføres på en hensiktsmessig måte. I håndboken følger det med et rikt utvalg med prinsipptegninger for både konstante og variable vannmengder.

Arvid Grindal, Control Engineering og Bent A.Børresen, Techno Consult A/S har laget dette heftet på oppdrag og nært samarbeid med Faggruppe VVS i Statsbygg. Håndboken har blitt laget på basis av forrige utgave og et FoU-prosjekt avsluttet i 1996 med feltmessige målinger (mengderegulering) fra Tordenskjoldsgt. 12.

Statsbygg gjennomfører byggeprosjekter innen nybygg og rehabilitering. I 1998 bygger vi for omlag 4 milliarder kroner. Statsbygg forvalter 2,5 millioner m<sup>2</sup> gulvareal.

Målsettingen vår er at både rådgivere og entreprenører benytter seg av håndboken når det er byggeprosjekter med vannbåren energi (varmeanlegg, kjøleanlegg).

Oslo i mars 1998  
  
Øyvind Aaby  
Statsbygg, Faggruppe VVS

**GENERELLE ANMERKNINGER:**

Avstengningsventiler er hovedsakelig tegnet inn for å vise prinsipiell plassering i ulike koplinger. Nødvendig antall ventiler for å gi effektive servicemuligheter må vurderes i hvert enkelt tilfelle. I sekundærkoblinger forutsettes det benyttet kuleventiler opp til nominell diameter 50mm. For større dimensjoner benyttes spjeldventiler.

Luftepunkter er vist utformet som utvidelse av tur- og returrøret ved sekundærkoplinger. Praksis har vist at dette gir en effektiv uttømming av luft, spesielt i varmtvannssystemer. Automatiske luftepotter bør ha rikelig volum og være utført i metall.

I kjøleanlegg skal det brukes microbubbleutskillere.

Motorstyrte ventiler (el.motor, pneumatisk motor, magnetmotor e.l.) kalles konsekvent *REGULERINGSVENTILER*.

Strupeventiler med to trykkuttak kalles *INNJUSTERINGSVENTILER* i systemer med konstante volumstrømmer, *MÅLEVENTILER* i systemer med variable volumstrømmer.

## **INNHALDSFORTEGNELSE**

<b>FORORD TIL 2. UTG. (1998).....</b>	<b>2</b>
---------------------------------------	----------

<b>GENERELLE ANMERKNINGER: .....</b>	<b>3</b>
--------------------------------------	----------

<b>1. SYSTEMER MED KONSTANTE VOLUMSTRØMMER .....</b>	<b>5</b>
--	----------

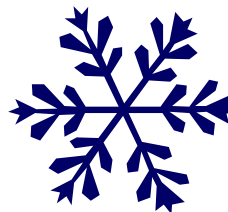
<b>1.1 HOVEDFORDELING AV VARMTVANN FOR OPPVARMING. ....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 PRIMÆRFORDELING AV VARMTVANN (PRIMÆRKURSER). ....</b>	<b>5</b>
<b>1.3 SEKUNDÆR FORDELING AV VARMTVANN (SEKUNDÆRKOPLINGER).....</b>	<b>6</b>
1.3.1 FOR VENTILASJONSBATTERIER MED FROSTFARE.....	6
1.3.2 FOR VENTILASJONSBATTERIER UTEN FROSTFARE. ....	7
1.3.3 FOR VARMEKURSER. ....	7
1.3.4 FOR GULVVARMESYSTEMER. ....	9
<b>1.4 HOVEDFORDELING AV ISVANN FOR KJØLING. ....</b>	<b>10</b>
<b>1.5 PRIMÆRFORDELING AV ISVANN. ....</b>	<b>11</b>
1.5.1 FOR KJØLEBATTERIER. ....	11
1.5.2 FOR SEKUNDÆRE KJØLEBATTERIER UTEN DRYPPANNE OG MONTERT I ROM. ....	11
1.5.3 FOR KJØLETAK (KJØLEBAFFLER). ....	12
<b>1.6 SEKUNDÆR FORDELING AV ISVANN.....</b>	<b>12</b>
1.6.1 FOR KJØLEBATTERIER UTEN AVFUKTNING.....	12
1.6.2 FOR KJØLEBATTERIER MED AVFUKTNINGSFUNKSJON. ....	13
1.6.3 FOR KJØLETAK.....	13

<b>2. SYSTEMER MED VARIABLE VOLUMSTRØMMER - MENGDEREGULERING .....</b>	<b>14</b>
--	-----------

<b>2.1 KARAKTERISTIKA .....</b>	<b>14</b>
2.1.1 BETYDELIGE TRYKKVARIASJONER .....	15
2.1.2 VENTILAUTORITET .....	15
<b>2.2 SYSTEMOPPDDELING - HOVEDELEMENTER .....</b>	<b>16</b>
<b>2.3 FORBRUKERSTEDER.....</b>	<b>16</b>
2.3.1 FORVARMEBATTERI .....	16
2.3.2 ETTERVARMEBATTERI MED VANNSIRKULASJON .....	17
2.3.3 ETTERVARMEBATTERI MED REN MENGDEREGULERING .....	17
2.3.4 GULVVARME MED LUKKET KRETS.....	17
<b>2.4 RØRNETT.....</b>	<b>18</b>
2.4.1 RADIATORNETT - FORBRUKERNETT.....	18
2.4.2 FJERNKURS.....	18
2.4.3 UTETEMPERATURKOMPENSERING AV TURVANNSTEMPERATUR .....	19
2.4.4 TRYKKREGULERING AV HOVEDPUMPE - VENTILAUTORITET .....	19
<b>2.5. KJØLETEKNISKE INSTALLASJONER.....</b>	<b>20</b>

<b>VEDLEGG – FIGURER (PRINSIPTEGNINGER).....</b>	<b>21</b>
--	-----------

## 1. SYSTEMER MED KONSTANTE VOLUMSTRØMMER



### 1.1 Hovedfordeling av varmtvann for oppvarming.

Hovedfordelingen fordeler varmtvann produsert av kjele(r) til de ulike primærkursene. Hovedfordelingen utføres som *trykkløs fordeler*, fortrinnsvis med en turstokk og en returstokk. Stokkene mates i den ene enden og kortsluttes ved den andre. Prinsippskisse i fig. 1, fordeler for mindre bygning i fig. 2.

**Begrunnelse:** Ved å bruke trykkløs hovedfordeler blir primærkursene trykkmessig uavhengige av hverandre. Dette gir enkel og varig innjustering. Kortslutning plassert andre steder enn ved enden av stokkene kan medføre at ikke alle kursene får nok varmtvann.

### 1.2 Primærfordeling av varmtvann (primærkurser).

Anlegget seksjoneres med egne primærkurser til naturlig avgrensede enheter. Dette kan f.eks. være et ventilasjonsrom med et antall varmebatterier, - en varmekurs til en oppvarmingszone med radiatorer, - en kurs til en sone med ettervarmebatterier, - en kurs til en sone med gulvvarme etc.

Forbrukerne tilkoples primærkursen ved *trykkfordeling*, dersom ikke spesielle forhold tilsier noe annet. Ved seksjoneringen må sunn fornuft brukes, slik at ikke antall primærkurser blir kunstig stort.

Alle primærkurser skal ha *egen sirkulasjonspumpe og innjusteringsventil* for den totale volumstrømmen. Varmekurser koples direkte til stokkene med *norsk kopling*

uten egen kortslutning (benytter kortslutningen mellom stokkene). Prinsippskisse i fig. 3.

**Begrunnelse:** Ved å seksjonere anlegget i logiske enheter med like behov og innen et felles, geografisk område blir innjusteringen enkel ved at samtlige justeringsventiler som innvirker på hverandre er innen rimelig rekkevidde.

### 1.3 Sekundær fordeling av varmtvann (sekundærkoplinger).

#### 1.3.1 For ventilasjonsbatterier med frostfare.

Det benyttes *norsk kopling*. Kortslutningen på primærsiden skal ha *samme dimensjon* som primært tur- og returrør. Koplingen skal være utstyrt med automatiske luftepotter.

*Det sekundære tilførselsrøret (fra kortslutningen til batteriets innløp) skal være kort (maks 2m), og kan med fordel være en standard rørdimensjon mindre enn rørene i primærkretsen. Dette øker ved tradisjonell dimensjonering vannhastigheten til ca. 1 m/s.*

Koplingen skal, dersom det på noen måte er mulig utføres stående eller stigende (øvre fordeling). Tilførselsrøret føres, dersom det er mulig til batteriets nedre tilkoplingsstuss. Prosjektet motstrøms eller medstrøms kopling av batteriet må ikke endres ved dette. Det sekundære returrøret utføres med samme dimensjon som rørene i primærkretsen. Avstanden mellom kortslutningen og reguleringsventilen skal være 10-15 rørdiametre.

Det skal benyttes *seteventil montert som blandeventil*.

*Dimensjonerende trykkfall for reguleringsventilen ( $\Delta p_{v100}$ ): ca. 5 kPa.*

Primær og sekundær retur skal ha innjusteringsventil med to uttak for trykkmåling. Service-ventiler monteres i forbindelsesrørene mellom primær- og sekundærkrets. Prinsippskisse i fig. 4.

**Begrunnelse:** Norsk kopling er lite følsom for variasjoner i primærkretsen, og genererer normalt ingen forstyrrelser i denne. Innjusteringen av den primære volumstrømmen blir lite kritisk (den må være stor nok), og trykkforholdene blir stabile. Stående rørkopling og tilførsel nederst i batteriet letter den automatiske utluftingen. Kort tilførselsrør med høy vannhastighet bidrar til kort dødtid.

### 1.3.2 For ventilasjonsbatterier uten frostfare.

Det benyttes *forbikopling* (by-pass kopling). Avstanden mellom forgreningspunktet og innløpet til batteriet skal være *kortest mulig*, og røret kan med fordel være en standard rørdimensjon mindre enn primærkretsens rør for å gi vannhastighet ca. 1m/s. Rørkoplingen skal, hvis mulig være stående eller stigende.

Ved betydelige trykkfall over batteriet ved nominell volumstrøm, skal det monteres en innjusteringsventil i by-pass ledningen. Det skal monteres innjusteringsventil i returledningen - etter ev. luftepunkt.

*Dimensjonerende trykkfall for reguleringsventilen ( $\Delta p_{v100}$ ): <sup>3</sup> trykkfallet over batteriet.*

Det skal benyttes *seteventil koplet som blandeventil*. Batteriet og koplingen skal være utstyrt med automatiske luftepotter. Det monteres service-ventiler i primærkretsen. Prinsippskisse i fig. 5.

**Begrunnelse:** Batterier uten frostfare trenger ikke sekundærpumpe. Stående eller stigende rørkopling og tilførsel nederst i batteriet letter den automatiske utluftingen. Kort avstand mellom forgreningspunktet og batteriets innløp, samt høy vannhastighet bidrar til kort dødtid.

### 1.3.3 For varmekurser.

#### 1.3.3.1 For varmekurser uten termostatiske radiatorventiler.

Det benyttes *norsk kopling*. Tilkopling foretas fortrinnsvis til *trykkløs fordeler* med stokker, der kortslutningen mellom disse utnyttes (ingen egen kortslutning for hver kurs, se fig. 6).

*Reguleringsventilen* skal helst være *seteventil*. Ved eventuell bruk av sleideventil må det kontrolleres at lekkasjen gjennom stengt reguleringsport ikke overstiger akseptable grenser for unødvendig varmetap.

*Dimensjonerende trykkfall for reguleringsventilen ( $\Delta p_{v100}$ ) velges  $\gg 5$  kPa.*

Sirkulasjonspumpen monteres *i turledningen*. Det benyttes pumpe med *flat karakteristikk*, som gir begrenset trykkstigning når manuelle radiatorventiler er mye stengt.

Det er normalt ikke nødvendig å montere utstyr som holder differansetrykket mellom tur- og returledning konstant (eller begrenser det) ved varierende belastning. Dette gjelder dersom kursens turvannstemperatur er styrt fra signalgiver i uteluften ("utekompensert").

Innjusteringsventil med to uttak for differansetrykkmåling monteres i varmekursens *returledning*. Service-ventiler monteres ved stökkene og etter pumpen. Prinsippskisse i fig. 6.

**Begrunnelse:** Varmekurser skal ha mest mulig konstant volumstrøm for å gi jevn varmfordeling. Når radiatorne er uten ventiler, eller når de har manuelle ventiler er det vanligvis ingen problemer med trykkvariasjoner i kretsen. Ekstra trykkstabiliserende tiltak er derfor normalt ikke nødvendige. Se ellers gjeldende deler av 1.3.1.

### 1.3.3.2 For varmekurser med termostatiske radiatorventiler.

Det benyttes *norsk koplign*. Tilkopling fortrinnsvis til *trykkløs fordeler* med stokker, der kortslutningen mellom disse utnyttes (ingen egen kortslutning for hver kurs, se fig. 7).

*Reguleringsventilen* skal helst være *seteventil*. Ved eventuell bruk av sleideventil må det kontrolleres at lekkasjen gjennom stengt reguleringsport ikke overstiger akseptable grenser for unødvendig varmetap. *Dimensjonerende trykkfall* for reguleringsventilen ( $\Delta p_{v100}$ ) velges  $\gg 5$  kPa.

Sirkulasjonspumpe med *flat karakteristik* monteres i *turledningen*.

Innjusteringsventil med to uttak for differansetrykkmåling monteres i returledningen.

Ved utstrakte kurser kan det oppstå støyproblemer når de termostatiske radiatorventilene er nær stengt. Dette motvirkes ved å holde *differansetrykket over kursen konstant og lavest mulig* (= største rørtrykkfall når alle radiatorventiler er åpne + trykkfallet over den ventilen som har størst rørtrykkfall).

Det finnes forskjellig utstyr til dette formålet:

Det kan monteres en direktevirkende, *justerbar konstantrykkventil* (fjærbelastet kule- eller skiveventil) mellom tur- og returledning etter pumpen og etter innjusteringsventilen. Åpningstrykk og kapasitet for konstantrykkventilen velges utfra varmekursens og termostatventilenes data. Pumpen går med full volumstrøm hele tiden.

Det kan installeres en *direktevirkende, differansetrykkstyrt reduksjonsventil i serie* med pumpen. Pumpen går med redusert volumstrøm ved delast.

Det kan brukes *frekvensstyrt pumpe som senker løftehøyden automatisk* etter en lineær kurve når volumstrømmen synker pga. strupning i radiatorventilene. Pumpens løftehøyde ved full belastning må kunne stilles inn.

Det kan benyttes *sirkulasjonspumpe som turtallsreguleres fra differansetrykket* mellom tur- og returledning.

Dersom *rørtrykkfallene er store i forhold til trykkfallet over helt åpne radiatorventiler*, vil en turtallsregulert pumpe, som kun holder løftehøyden konstant, gi ubetydelig bedre driftsforhold enn en korrekt dimensjonert pumpe med flat karakteristik.

Best regulering, og minst fare for støy i de termiske ventilene oppnås når rørtrykkfallene er små i forhold til differansetrykket over helt åpne ventiler.

Avhengig av typen termostatventiler kan maksimalt *tillatt differansetrykk* over dem være *lavt*. For noen termostatiske radiatorventiler oppgis likevel maks. differansetrykk opp til 60 kPa eller mer. Det tas da forbehold om at denne grensen *ikke tar hensyn til eventuell støy*. Erfaring viser at det sjelden er behov for høyere differansetrykk over radiatorventilene enn 10-30 kPa (Danfoss). Fare for støy kontrolleres i h. til *datablad for ventilene*. Det skal benyttes ventiler med *forinnstilling* (maks. begrensning av åpningen). Samtlige termostatventiler i samme kurs *skal forinnstilles til nominell volumstrøm* ved valgt pumpetrykk og i h. til leverandørens anvisninger (datablad).

Turvannets temperatur skal styres fra uteluftens temperatur ("utekompenseres"). Prinsippskisse i fig. 7.

**Begrunnelse:** Differansetrykket mellom tur- og returledningen ute i kursen kan variere betydelig når åpningen i de termostatiske radiatorventilene endrer seg beroende på variasjoner i det lokale varmebehovet. Dette pga. at trykkfallene over i røret varierer kvadratisk med volumstrømmen, og at pumpetrykket øker ved redusert volumstrøm. Ved nær stengte ventiler kan det oppstå støyproblemer, og styringen av varmetilførselen kan svikte fordi ventilene ikke klarer å stenge helt. Utetemperaturstyrt turvannstemperatur motvirker disse tendensene, det samme gjør utstyr som holder differansetrykket over kursen konstant og så lavt som mulig (eller også senker det ved redusert belastning).

#### 1.3.4 For gulvvarmesystemer.

Til beredning av vann med tilpasset, lavere temperatur (35°C) benyttes en *svensk kopleing*. Fra denne sirkuleres vannet til et antall gulv som naturlig hører sammen (jfr. seksjonering i pkt. 1.2).

For hvert rom installeres utstyr for *individuell temperaturregulering* etter behov. Lokal, modulerende *strupning med 2-løps ventil* bør unngås, da den kan gi *reguleringsproblemer i fordelingskretsen* (spesielt ved få parallellkoplede gulv), og *skjev varmfordeling* over gulvflaten ved delbelastning.

Ved lokal, *modulerende 3-løpsventil* (forbikopleing) unngås variasjoner i primærkretsen, og eventuell støy, men det kan igjen oppstå *skjev varmfordeling* over gulvflaten ved delbelastning.

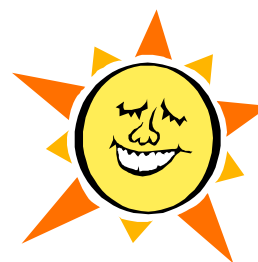
For små rom kan tilfredsstillende regulering oppnås ved *AV/PÅ-regulering med 3-veis ventil*. For større lokaler tilstrebes jevn *temperaturfordeling over gulvflaten ved parallellkopleing* av varmesløfene. (Plassering av varmerørene tilpasses lokale forhold, jfr. randsoner etc.).

Avhengig av gulvflatens størrelse vurderes bruk av *egen pumpe som gir konstant sirkulasjon* i gulvet. Derved kan lokal regulering utføres med *3-veis ventil i norsk kopleing*. Der det finnes andre oppvarmingssystemer som tar seg av romtemperaturreguleringen, styres turvannstemperaturen fra uteluftens temperatur. I tilfeller uten annet oppvarmingssystem, kan *utekompensering* av turvannstemperaturen og *lokal regulering kombineres*.

I felles turlledning monteres *overtemperaturbeskytter* som begrenser turvannstemperaturen ved å *overstyre reguleringsventilen og eventuelt stanse pumpen*.

I den svenske koplingen benyttes *seteventil med gangtid maks. 60 s*.  
Reguleringsventilen dimensjoneres for *primærkretsens volumstrøm*.  
*Dimensjonerende trykkfall* for reguleringsventilen ( $\Delta p_{v100}$ ) velges  $\gg 5 \text{ kPa}$ .  
Prinsippskisse i fig. 8.

**Begrunnelse:** I gulvvarmesystemer er det viktig at turvannstemperaturen holdes under det nivå som kan skade plastrør, lim for fliser, gulvbelegg etc. Dette, og at reguleringsventilen alltid arbeider over hele spindelaget for det aktuelle reguleringsområdet oppnås med svensk kopling. Vær oppmerksom på at volumstrømmen i primærkretsen i dette tilfellet kan bli kun en brøkdel av volumstrømmen i sekundærkretsen.



#### 1.4 Hovedfordeling av isvann for kjøling.

Hovedfordelingen fordeler isvann produsert av kjødemaskinen(e) til de ulike primærkursene. Hovedfordelingen utføres fortrinnsvis som *trykkløs fordeler* med kortsluttet tur- og returstock. Prinsippskisse i fig. 9.

I mindre anlegg med begrenset geografisk utstrekning, og der alle forbrukere skal ha samme turvannstemperatur kan en benytte bare en primærkurs som koples direkte til kjødemaskinen. Eventuell grenkurs med høyere turvannstemperatur kan koples til felleskursen med *trykkfordeling* (prinsippskisse i fig. 10).

**Begrunnelse:** Ved å bruke trykkløs hovedfordeler blir primærkursene trykkmessig uavhengige av hverandre. Dette gir enkel og varig innjustering. I mindre anlegg, der det kun kreves en primærkurs vil installasjon av spesiell fordeler være en unødvendig kostnad.

## 1.5 Primærfordeling av isvann.

### 1.5.1 For kjølebatterier.

Større anlegg seksjoneres med *egne kurser* til naturlig sammenhørende forbrukere, f.eks. kjølebatterier i et ventilasjonsrom og kjøletak i et visst område av en bygning.

Forbrukerne tilkoples primærkursen med *trykkfordeling*, dersom ikke spesielle forhold tilsier noe annet. Ved seksjonering må sunn fornuft brukes, slik at ikke antall kurser blir kunstig stort.

Alle primærkurser skal ha *egen primærpumpe og innjusteringsventil* med to trykkuttak for den totale volumstrømmen.

Prinsippskisse i fig. 9.

I små anlegg, der antall forbrukere er begrenset, og der de befinner seg innenfor et begrenset, geografisk område benyttes bare *en fordelingskurs* koplet direkte til isvannsmaskinen.

Prinsippskisse i fig. 10.

**Begrunnelse:** Ved å seksjonere anlegget i logiske enheter med like behov og innen et felles, geografisk område blir innjusteringen enkel ved at samtlige innjusteringsventiler som innvirker på hverandre er innen rimelig rekkevidde. I mindre anlegg, med få forbrukere vil trykkløs hovedfordeling og seksjonering falle unødvendig dyr, og dessuten ikke være påkrevet.

### 1.5.2 For sekundære kjølebatterier uten dryppanne og montert i rom.

Valgt, *høyere turvannstemperatur* beredes med en *svensk kopling*. Fra denne sirkuleres vannet til de apparater som naturlig hører sammen.

I hvert rom kan det monteres utstyr for lokal, *individuell regulering* av lufttemperaturen etter behov.

Lokal, modulerende strupning med *2-løps reguleringsventil* kan føre til *støy* og problemer med reguleringen av primærvannets temperatur, og bør derfor søkes unngått. Dersom mengderegulering likevel benyttes, må det vurderes å montere direktevirkende, eller justerbar konstanttrykkventil mellom tur- og returledningen, alternativt differansetrykkstyrt reduksjonsventil i serie med pumpen eller turtallsregulert pumpe styrt fra differansetrykket over kursen (se pkt. 1.3.3.2 og fig. 7). Reguleringsventilen i den "svenske" koplingen dimensjoneres for volumstrømmen i *primærkretsen*. Observer at denne vil være lavere enn volumstrømmen i sekundærkretsen.

*Dimensjonerende trykkfall* for reguleringsventilen ( $\Delta p_{v100}$ ) velges  $\gg 5 \text{ kPa}$ .

Prinsippskisser i fig. 9 og fig. 10.

**Begrunnelse:** Primær isvannstemperatur kan være så lav som +5 - +7°C. Noen kjøleapparater skal iblant ha en høyere turvannstemperatur for å unngå vannutfelling (f.eks. fan coiler og vindusapparater uten dryppanne). Ved å benytte svensk koplning kan turvannstemperaturen med helt åpen reguleringsport velges ved å tilpasse primær volumstrøm til sekundær volumstrøm.

### 1.5.3 For kjøletak (kjølebaffler).

For beredning av kjølevann med riktig temperatur benyttes *svensk koplning* der primær volumstrøm velges slik at blandningstemperaturen med helt åpen reguleringsport blir den ønskede.

Fra den svenske koplningen sirkuleres vannet til kjøletak *som naturlig hører sammen*. I hvert rom kan det monteres utstyr for lokal, *individuell regulering* av lufttemperaturen etter behov. Modulerende mengderegulering kan føre til *problemer med reguleringen av primærvannstemperaturen*, dessuten må *mulighetene for støy* i stengte eller nær stengte reguleringsventiler vurderes. I slike tilfeller vurderes montering av direktevirkende, justerbar konstanttrykkventil mellom tur- og returledningen, alternativt turtallsregulert pumpe styrt fra differansetrykket (se pkt. 1.3.3.2 og fig. 7).

For små rom kan AV/PÅ-regulering med 3-veis ventil gi tilfredsstillende resultater.

Reguleringsventilen i den *svenske koplningen* dimensjoneres for volumstrømmen i *primærkretsen*. Vær oppmerksom på at denne kan være *vesentlig mindre enn* volumstrømmen i sekundærkretsen.

Prinsippskisse i fig. 9 og fig. 10.

**Begrunnelse:** Ved kjøleflater opphengt i taket vil kondens kunne dryppe ned i lokalet og forårsake skade. Derfor må turvannstemperaturen til disse alltid ligge over duggpunktstemperaturen, f.eks. 14-17°C.

## 1.6 Sekundær fordeling av isvann.

### 1.6.1 For kjølebatterier uten avfuktning.

Det benyttes *forbikoplning* (fig. 5) eller *norsk koplning* (fig. 4).

**Begrunnelse:** Da et kjølebatteris plassering i aggregatet gjør at det normalt ikke utsettes for fare for frostspregning, kan det benyttes sekundærkoplning med eller uten pumpe. Ved å velge norsk koplning blir innjusteringen av volumstrømmene enkel og varig, men det kreves sekundærpumpe for hvert batteri. Ved å velge forbikoplning blir innjusteringen vanskeligere, men en sparer sekundærpumpene.

**1.6.2** For kjølebatterier med avfuktningsfunksjon.

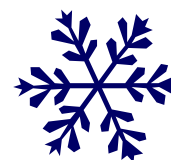
Det benyttes *forbikopling* (mengderegulering, fig. 5).

**Begrunnelse:** Ved forbikopling vil vann med primærtemperatur umiddelbart gjennomstrømme innløpssiden av batteriet. Dermed oppstår en kjøleflate med temperatur under duggpunktet med lite pådrag av av isvann. Ved å benytte sekundærkopling med sirkulasjonspumpe (regulering av blandingstemperaturen inn til batteriet) må ofte reguleringsventilen åpnes mye for å nå ned til duggpunktstemperaturen. Dette kan føre til en betydelig og uønsket nedkjøling av hele den gjennomstrømmende luftmengden.

**1.6.3** For kjøletak.

Løsningen diskuteres med leverandørene. Valget avhenger av *strategien for den totale løsningen* for regulering av romluftens temperatur (sekvens med oppvarmingssystemet). Se ellers pkt. 1.5.3.

## 2. SYSTEMER MED VARIABLE VOLUMSTRØMMER - MENGDEREGULERING



### 2.1 Karakteristika

Tre hovedprinsipp for regulering av et varmebatteri er vist i figur 2.1, her eksemplifisert ved et 70°/30° system:

- 4-veis shuntkopling. (dobbelthunt). Vannsirkulasjon holdes konstant både på varmeproduksjonsside (kjel) og forbruksside (batteri).
- Mengderegulering med pumpe-sirkulasjon på batterikrets (enkeltshunt). Vannsirkulasjonen mengdereguleres på varmeproduksjonsside.
- Ren mengderegulering (nullshunt). Vannsirkulasjon mengdereguleres på produksjonsside såvel som på batteriside.

Bruk av system med konstante volumstrømmer - shuntregulering - medfører at returvannstemperaturen øker når shuntventilen lukker, dvs. når avgitt effekt reduseres. Bruk av systemer med variable volumstrømmer, heretter betegnet mengderegulering, medfører at returvannstemperaturen minker når regulerings-ventilen reduserer effektavgivelsen.

*Som et ingeniørmessig holdepunkt for mengderegulering angis følgende:*

- Ved effektavgivelser under 50% blir returvanns-temperaturen liggende nær tilluftstemperaturen. For et radiatorsystem blir returvannstemperaturen nær lik rom-temperaturen ved effektavgivelse under 50%.
- Sirkulert primærvannmengde reduseres til halvparten allerede ved effektytelser på 70-80%.

Ved bruk av mengderegulering er det mulig å utnytte det faktum at vannbårne varmeanlegg ofte er 20-25% overdimensjonert. Dette medfører at:

- rørnett normalt har fleksibilitet, dvs. kapasitet til å ta tilleggsinstallasjoner uten å endre på rørstrekke. Dette kan skje ved moderat ny innregulering.

- returvannstemperaturen reduseres og forenkler utnyttelse av fjernvarme og lavtemperaturkilder, f.eks. varmepumper og solvarme.
- det kan settes mindre krav til isolering av returvannsrør

For systemer med konstante volumstrømmer er det viktig å senke turvannstemperaturen med belastningen for å unngå høye returvannstemperaturer. I praksis betyr dette å benytte utetemperaturkompensasjon.

### 2.1.1 Betydelige trykkvariasjoner

Bruk av mengderegulering innebærer at hovedfordelingen er trykkvarierende, og at trykkforholdene i fordelingsystemet til enhver tid vil endre seg. Enkelt sagt forstyrrer alle reguleringssløyfer hverandre ved normal drift. Følgende hovedtrekk må derfor tillegges vekt ved dimensjoneringen:

- En del av den strukturerte systemoppbygning som man kan oppnå ved trykkløs fordeling og konstante volumstrømmer, er vanskelig å oppnå.
- Trykkforholdene i rørsystemet varierer
- Trykkfallet i rørsystemet søkes holdt lavt. Dette for å kunne holde lavt trykkfall over reguleringsventilene samtidig som tilstrekkelig ventilautoritet opprett-holdes.
- Hovedpumpens driftsforhold
  - \* Arbeider ofte med hele rønettets trykkfall
  - \* Må trykkreguleres med reguleringspunktet for differansetrykk lagt ved utløpet av pumpeentral eller nær første avgreining
  - \* Konstantrykkspumpe kan benyttes når trykkfallet gjennom hovedsentral holdes lavt.
- Trykkfallet over reguleringsventilene bestemmes av nødvendig ventilautoritet

### 2.1.2 Ventilautoritet

Ved dimensjonering av reguleringsventil er det viktig å utnytte forhold knyttet til ventilautoritet. Her inngår *relativ vannavkjøling* (se Børresen 1994), reguleringsventilens karakteristikk, reguleringsnøyaktighet og trykkvariasjoner i rørsystemet. For å redusere trykkvariasjoner (dvs. mengdevariasjoner) er en stor relativ vannavkjøling fordelaktig. Stor relativ vannavkjøling vil under ellers like forhold redusere kravet til ventilautoritet, dvs at ventiltrykkfallet kan holde lavere.

Innflytelse av vannavkjøling indikeres ved å sammenligne et tradisjonelt 80°/60° som har lav vannavkjøling, se figur 2.2, med et 70/30% system, se figur 2.1.

Utnyttelse av relativ vannavkjøling har stor betydning for systemer der trykkhevningen primært skyldes hovedpumpen. Tradisjonelt har en ventilautoritet på 50-60% blitt lagt til grunn ved dimensjonering. Så stor ventilautoritet medfører stort trykkfall over ventilene, og dermed stor trykkhevning for hovedpumpen. Redusert ventilautoritet gir mindre nødvendig trykkhevning over hovedpumpen, men samtidig større dimensjoner på ventilene.

Normalt vil bruk av ventiler med kvadratisk eller eksponentiell (likeprosentlig) reguleringskarakteristikk være fordelaktig.

## 2.2 Systemoppdeling - Hovedelementer

Et typisk system med variable volumstrømmer fremgår av figur 2.3. Utført for oppvarming har systemet følgende hovedelementer:

- Varmeproduksjon. Dette kan eksempelvis være en oljekjel, en varmeveksler i et fjernvarmeanlegg, et varmepumpeanlegg eller en solfanger.
- Pumpesentral. Dette vil normalt være en pumpe som er trykkregulert på en eller annen måte, slik vi senere ser det i figur 2.6 (Ventilautoritet).
- Hovedfordelingsnett. Dette utgjøres av rønettet som fordeler vannstrømmen inn til et antall parallelle forbrukskurser eller forbrukssteder.
- Forbrukssted. Hvert forbrukssted kan, som figur 2.4 viser, være
  - \* en *enkelthforbruker* (eks. et for varmebatteri)
  - \* et *forbrukernett* (eks. en seriekopling av radiatorer).
  - \* en *fjernkurs* (eks. en kurs med egen trykkregulert pumpe som leverer til fjerntliggende forbrukernett).

## 2.3 Forbrukersteder

### 2.3.1 Forvarmebatteri

Figur 2.5 viser en anbefalt løsning for regulering av forvarmebatterier. Det inngår følgende elementer:

- Varmefordeling ovenifra. Ved stengt reguleringsventil gir koplingen temperatursjiktning som sikrer mot dobbeltsirkulasjon og utilsiktet varmeoverføring til varmebatteri.
- Reguleringsventiler er to-løps plassert slik at den gir trykkfall på kjelsiden (tilnærmet "svenskekopling")
- Kortslutningsledningen på batterisiden sikrer trykkløs kopling mellom hovedfordelingsnett og batterikrets. Dette betyr at

- \* uheldig innregulering av batterikrets med pumpe får ingen tilbakekopling mellom hovedfordelingsnett og batterikrets (viktigste moment).
- \* batterikrets må innreguleres riktig slik at nedblanding av kjelvannstemperatur unngås ved åpen reguleringsventil (varmt turvann strømmer via kortslutningen til retursiden). En tilbakeslagsventil i kortslutningen kan vurderes.

- Måle- og strupeventil plassert i batterikrets for å sikre riktig batterivannmengde.
- Kritisk avstand vurderes. For å unngå transportforsinkelse og reguleringsstabilitet bør rørlengde mellom kortslutningsledning og batteri holdes kort, dvs. typisk 2 m. Transporttiden bør holdes under ca. 5 sekunder.
- Måleventil er plassert i røret fra hovedfordelingsnettet. Måleventilen bør gi så lavt trykkfall som mulig, typisk 3 kPa. For å bedre målenøyaktigheten bør de anviste lengder på 5 h.h.v. 2 rørdiametre holdes foran og etter måleventilen.
- Oppstartsprosedyre med forsinket start på ventilasjonsaggregatet anbefales. Reguleringsventilen tvangsstyres mot åpen stilling slik at varmt vann kommer frem til batteriet før ventilasjonen startes.

### 2.3.2 Ettervarmebatteri med vannsirkulasjon

Ofte vil ettervarmebatteri med pumpe i batterikrets være fordelaktig, se figur 2.6. Dette sikrer at

- det oppnås god temperaturfordeling over batteriflaten
- batteripumpen dekker trykktapet over batteriet. Dvs. at en større del av hoved-pumpetrykket kan legges over reguleringsventilen slik at ventilautoriteten økes.

### 2.3.3 Ettervarmebatteri med ren mengderegulering

Der det kun settes moderate krav til temperaturfordelingen etter ettervarmebatteriet, eventuelt der vi har tilstrekkelig trykkfall over reguleringsventilen, er løsningen i figur 2.7 velegnet.

### 2.3.4 Gulvvarme med lukket krets

De lange skjulte rørføringer og bruk av plast med mulig oksygen diffusjon gjør at egne lukkede kretser anbefales for gulvvarmesystem, se figur 2.8. For system med stor trykkfall gjennom varmeveksler kan pumpesirkulasjon også her være en løsning, se figur 2.5.

En god varmefordeling betinger konstant pumpesirkulasjon på gulvvarmesiden.

For mindre rom kan løsninger med direkte kopling fra hovednett, dvs. uten varmeveksler, benyttes. For baderom kan denne også gjøres termisk akseptabel ved bruk av av/på regulering dvs. uten egen pumpesirkulasjon. Dette kan være aktuelt for baderom i boliger. Disse karakteriseres ved lavt effektbehov, men med meget lang varmesesong. For å oppnå konkurransedyktige priser kan slike løsninger bli nødvendig.

I gulvvarmesystem er det viktig at turtemperaturen holdes under det nivå som kan skade plastrør, lim for fliser og gulvbelegg, samt forårsake økt luftdiffusjon.

## 2.4 Rørnett

### 2.4.1 Radiatornett - forbrukernett

Et to-rørs radiatornett bør trykkavskjermes mot hovedfordelingsnett, dersom maksimaltrykket når over 20-25 kPa, slik figur 2.9 viser. Dette for å unngår støy samt å sikre at eventuelle termostatiske radiatorventiler klarer å stenge. Mulighetene må sjekkes mot leverandørens datablader.

En eventuell trykkavskjerming iverksettes med en konstantrykksventil. Denne går normalt 10-15 kPa over radiatornettet.

Avhengig av rørdimensjon, effektbehov pr. radiator, vannavkjøling og rørdimensjon vil typisk et sted mellom 4-22 radiatorer kunne seriekoples i forbrukernettet.

Forøvrig vises til de generelle forhold som er angitt i figur 2.9.

### 2.4.2 Fjernkurs

For kurs som leverer til fjerntliggende forbrukernett, vil installasjon av egen trykkregulert pumpe være aktuelt. Pumpen skal kompensere for tilleggstrykktapet i rørnettet. Pumpetrykket reguleres utfra differansetrykket nær første forbruker i fjernkursen, se figur 2.10.

### 2.4.3 Utetemperaturkompensering av turvannstemperatur

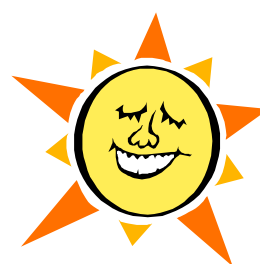
Utetemperaturkompensering av turvannstemperatur er viktig for å utnytte lavtemperatur varmekilder, samt for å redusere varmetap i rørnett. Figur 2.11 viser et system med utetemperaturkompensering.

Når lavtemperatur varmekilder utgjør en vesentlig del av varmebehovet er det helt avgjørende at en sterk utetemperaturkompensering innstilles. Når lavtemperatur varmekilder utgjør kun en mindre del av varmebehovet vil lav returvannstemperatur være en klar fordel. Utetemperaturkompensering er da mindre kritisk.

### 2.4.4 Trykkregulering av hovedpumpe - ventilautoritet

I figur 2.12 har vi angitt forskjellige muligheter for trykkregulering av hovedpumpe. Figuren angir det maksimale trykket  $p_{\max,s}$  som kan forventes over reguleringsventilen. Maksimale trykk opptrer gjerne i perioder der de fleste reguleringsventiler i rørnett er stengt, dvs. i vår, sommer og høstmånedene. I slike tilfeller vil vannmengden i rørnett være liten, trykkfallet gjennom rørnett være lavt og trykkfallet over reguleringsventilene være ca.  $p_{\max,s}$ .

Gitt blant annet av relativ vannavkjøling dimensjoneres autoriteten for reguleringsventilen og dermed reguleringsventilens dimensjonerende trykkfall jmf. figur 2.12a.



## 2.5. Kjøletekniske installasjoner

Opplegget ved kjøletekniske installasjoner følger hovedprinsippene for varmeanlegg, se figur 2.3 og 2.4.

For å utnytte eventuell temperatursjiktning i rør til å separere forbrukersted fra hovedkurs, kan termisk varmelås være aktuelt. Alternativt kan fordelingen monteres nedenifra og opp. Kjølebatteriene kobles forørig i tråd med anvisningene for ettervarmebatterier, dvs. slik som vist i figur 2.6. Det samme gjelder for fan-coil enheter.

Kjødetak og -baffler tilkobles som vist i figur 2.13. Temperaturen ut til kjødetak og kjødebaffler reguleres slik at kondensering unngås. Normalt benyttes ca. 14°C turtemperatur.

## **VEDLEGG – FIGURER (PRINSIPPTEGNINGER)**

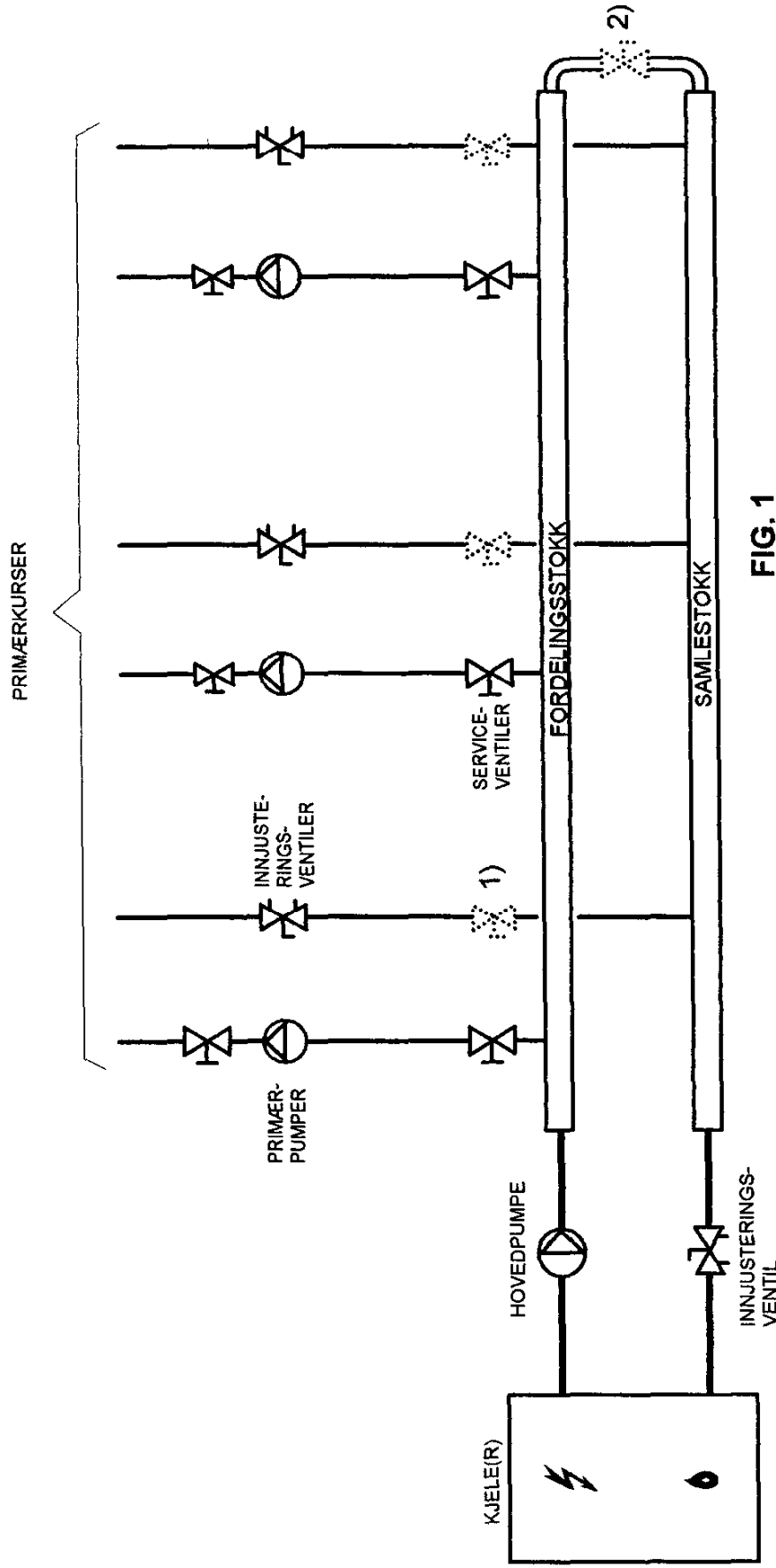


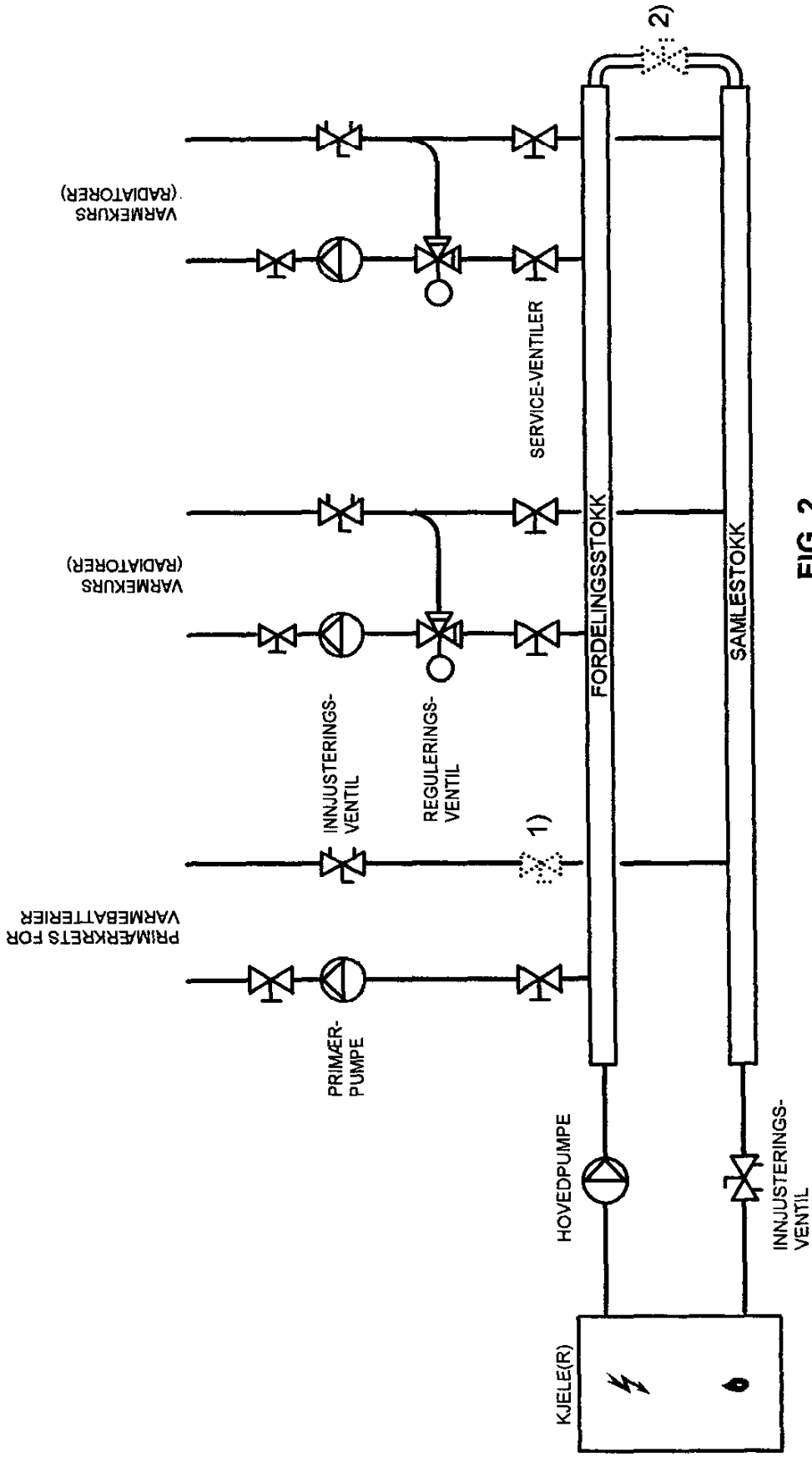
FIG. 1

TRYKKLØS HOVEDFORDELER - PRINSIPP

- 1) BEHOVET FOR DENNE SERVICE-VENTILEN AVHENGER AV ANVENDT TYPE INNJUSTERINGSVENTIL, OG HVOR DENNE ER PLASSERT I KRETSEN.
- 2) DENNE VENTILEN ANBEFALES DERSOM DET ER SJANSER FOR AT FORDELEREN KAN BLI KOPLET TIL FJERNVARMESYSTEM, VARMEPUMPE E.L. (SOM KREVER MENGDEREGLERING). SÅ LENGE FORDELEREN MATES FRA KJELE(R) MÅ VENTILEN VÆRE HELT APEN (FORTRINNSVIS EN VENTIL MED LITEN MOTSTAND).

STATSBYGG

c:\data\ventil\06fig.1.dwg

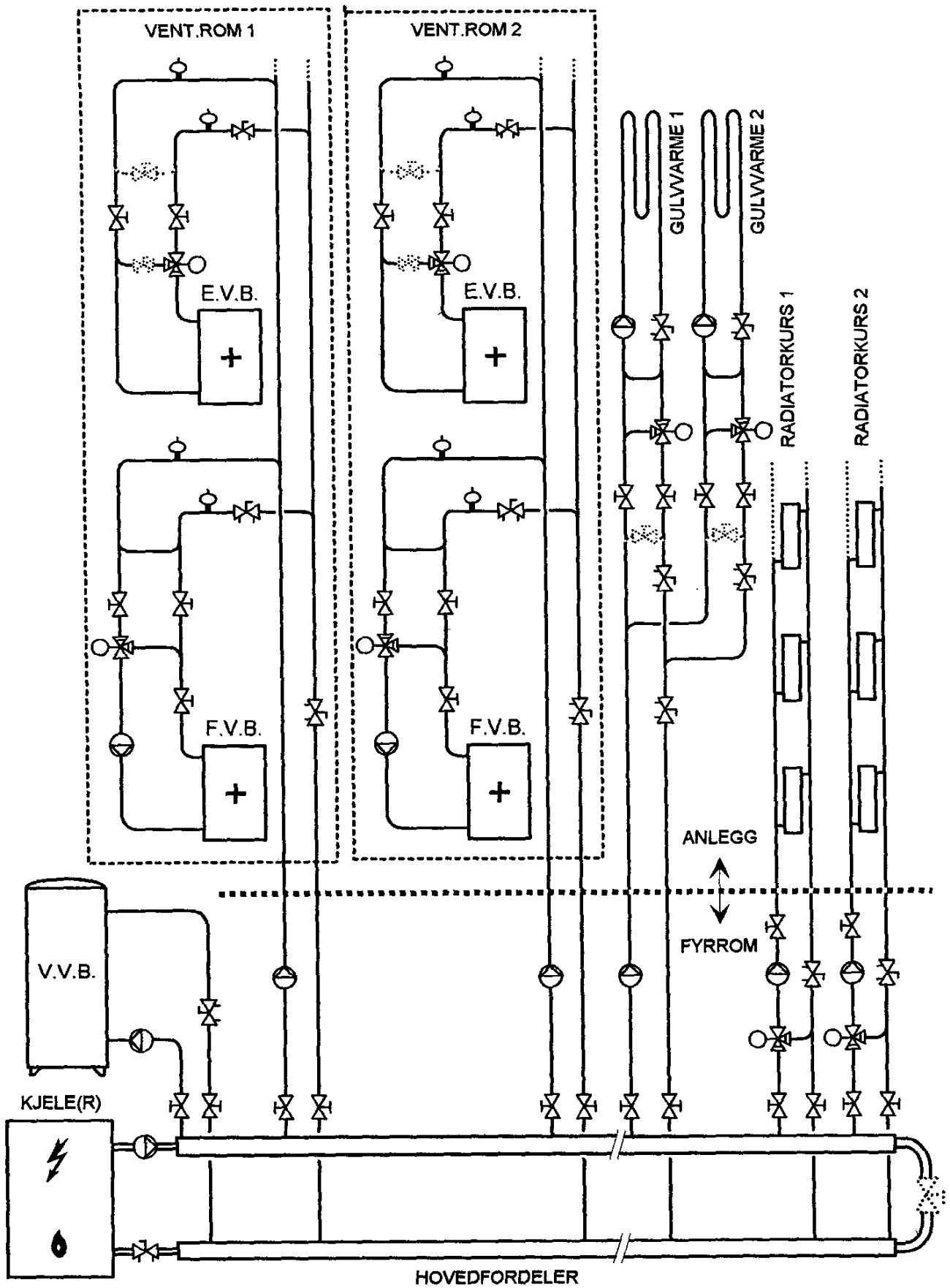


**FIG. 2**  
**TRYKKLØS HOVEDFORDELER FOR MINDRE BYGNING**

- 1) BEHOVET FOR DENNE SERVICE-VENTILEN AVHENGER AV ANVENDT TYPE INNJUSTERINGSVENTIL.
- 2) DENNE VENTILEN ANBEFALES DERSOM DET ER SJANSER FOR AT FORDELEREN KAN BLI KOPLET TIL FJERNVARMESYSTEM (SOM KREVER MENGDEREGULERING). SA LENGE FORDELEREN MATES FRA KJELE(R) MA VENTILEN VÆRE HELT ÅPEN (FORTRINNSVIS EN KULE- ELLER SPJELDVENTIL AV SAMME DIMENSJON SOM RØRET).

**STATSBYGG**

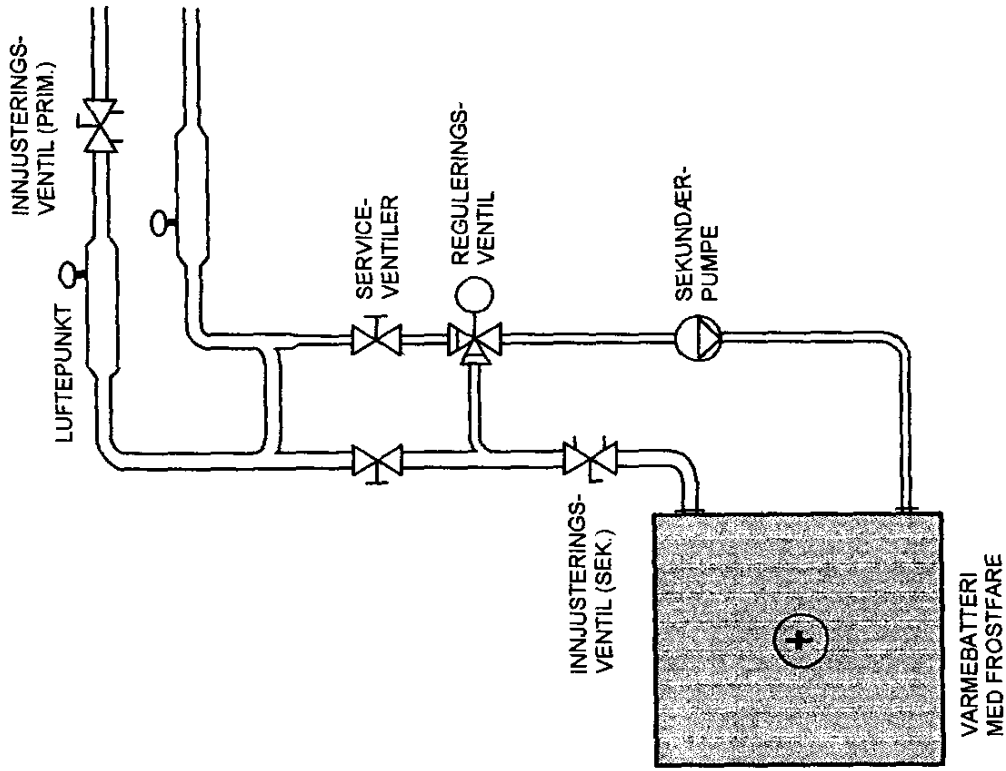
13.01.97  
 Avid Grindal  
 Control Engineering



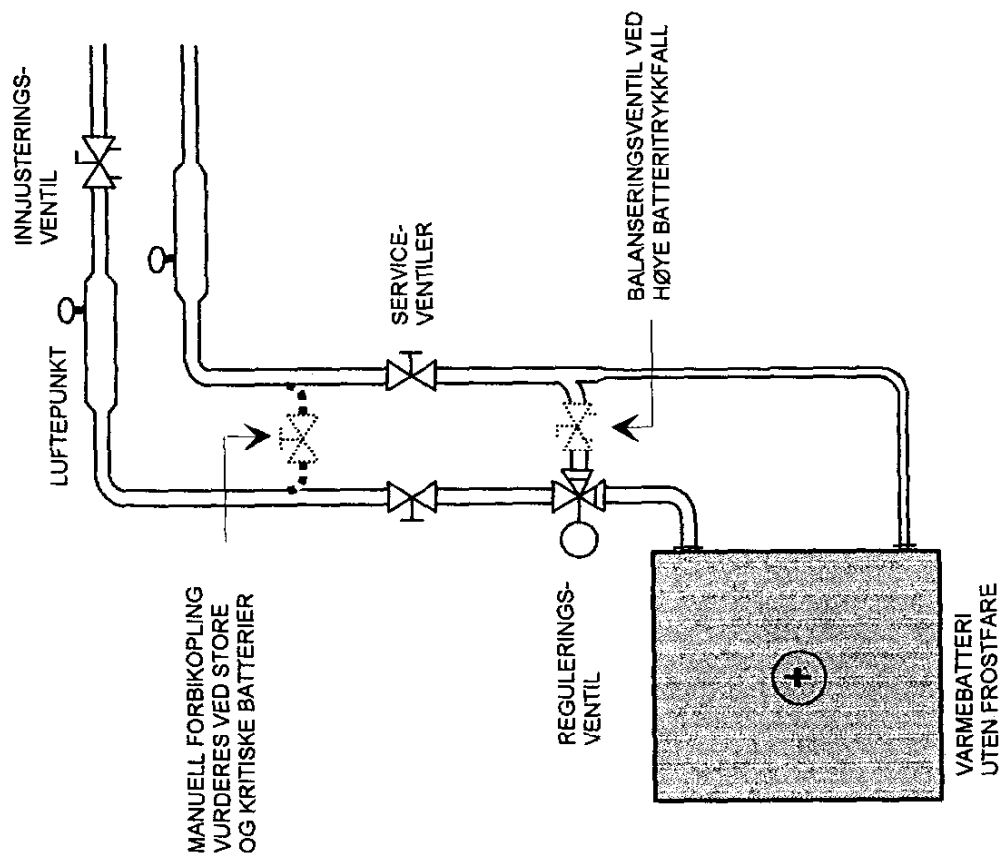
(Tegningen er hentet fra  
Norsk VVS nr. 10/86,  
Arvid Grindal/Skarland Press A/S)

c:d:\statsb\retn\197fig3.drw

**FIG. 3**  
**SEKSJONERT PRIMÆRFORDELING**



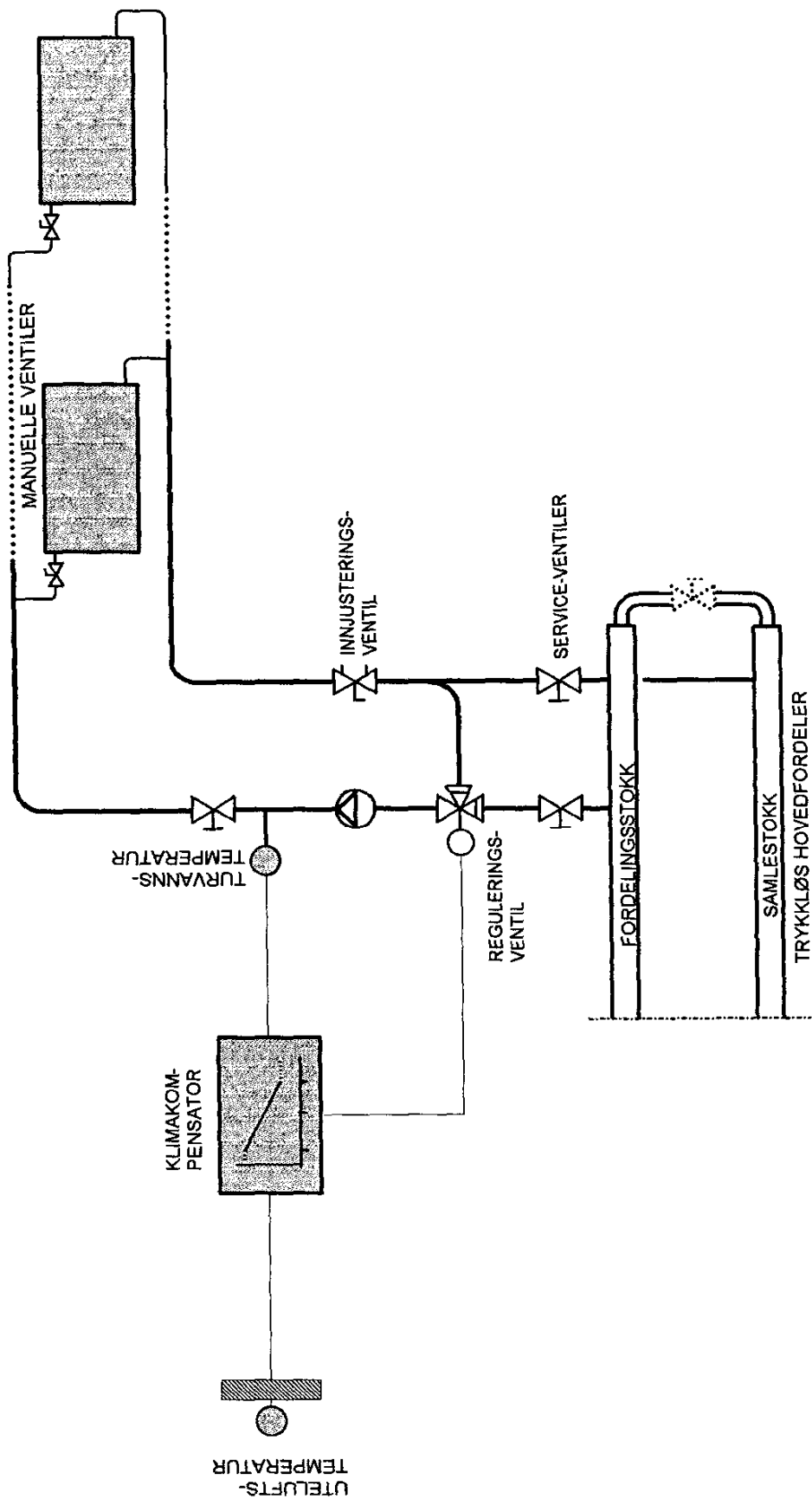
**FIG. 4**  
NORSK KOPLING



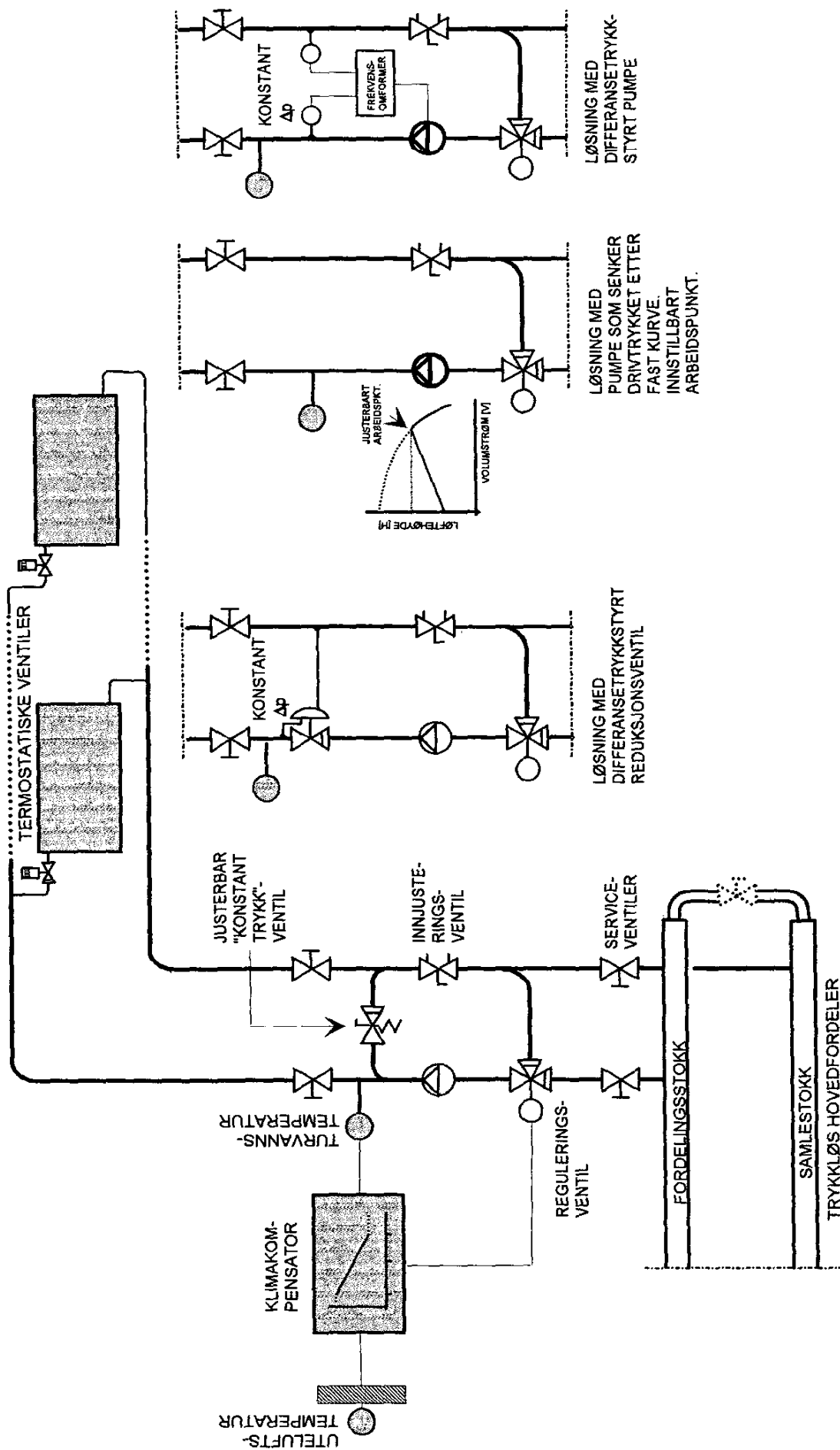
**FIG. 5**  
FORBIKOPLING - BY-PASS KOPLING

STATSBYGG

c:\statb\rem\97\fig5.drw



**FIG. 6**  
 VARMEKURS MED MAN. RADIATORVENTILER  
 OG UTEKOMPENSERT TURVANNSTEMPERATUR

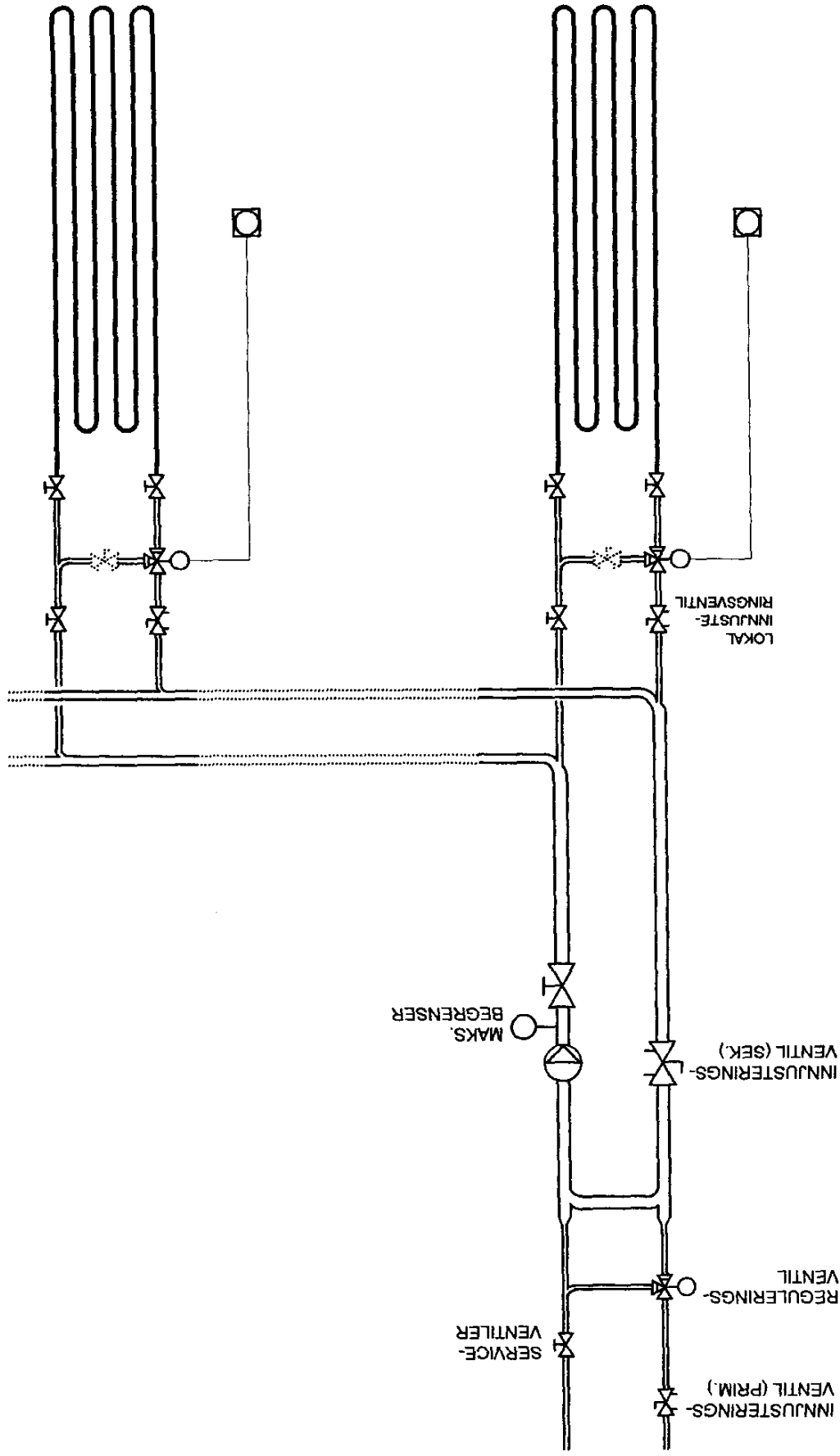


**FIG. 7**  
 VARMEKURS MED TERMOSTATISKE  
 RADIATORVENTILER  
 OG UTEKOMPENSERT TURVANNSTEMPERATUR

13.01.97  
 Arvid Grindal  
 Control Engineering

STATSBYGG

c:\statstabil\ventil\97fig7.dwg



**FIG. 8**  
 FORREGULERING (BEREDNING) AV  
 VANN TIL GULVVARMESYSTEM

STATSBYGG

13.01.97  
 Arvid Grindal

Control Engineering

PRIMÆRKURSER

KJØLE- OG AVFUKT-  
NINGSBATTERIER  
I OMRÅDE 1

KJØLEBAFFLER  
BATTERIER UTEN  
DRYPPANNE

KJØLE- OG AVFUKT-  
NINGSBATTERIER  
I OMRÅDE 2

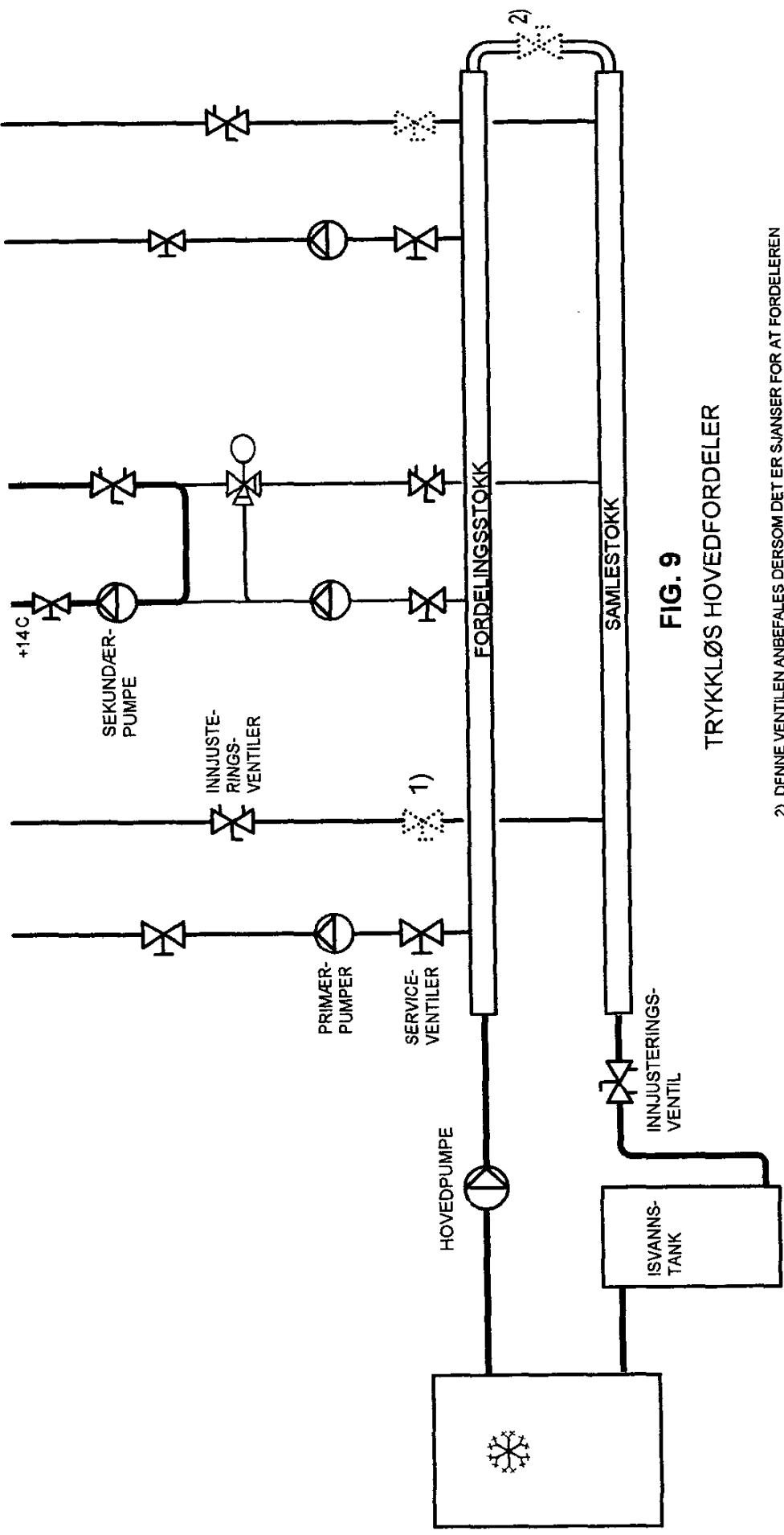
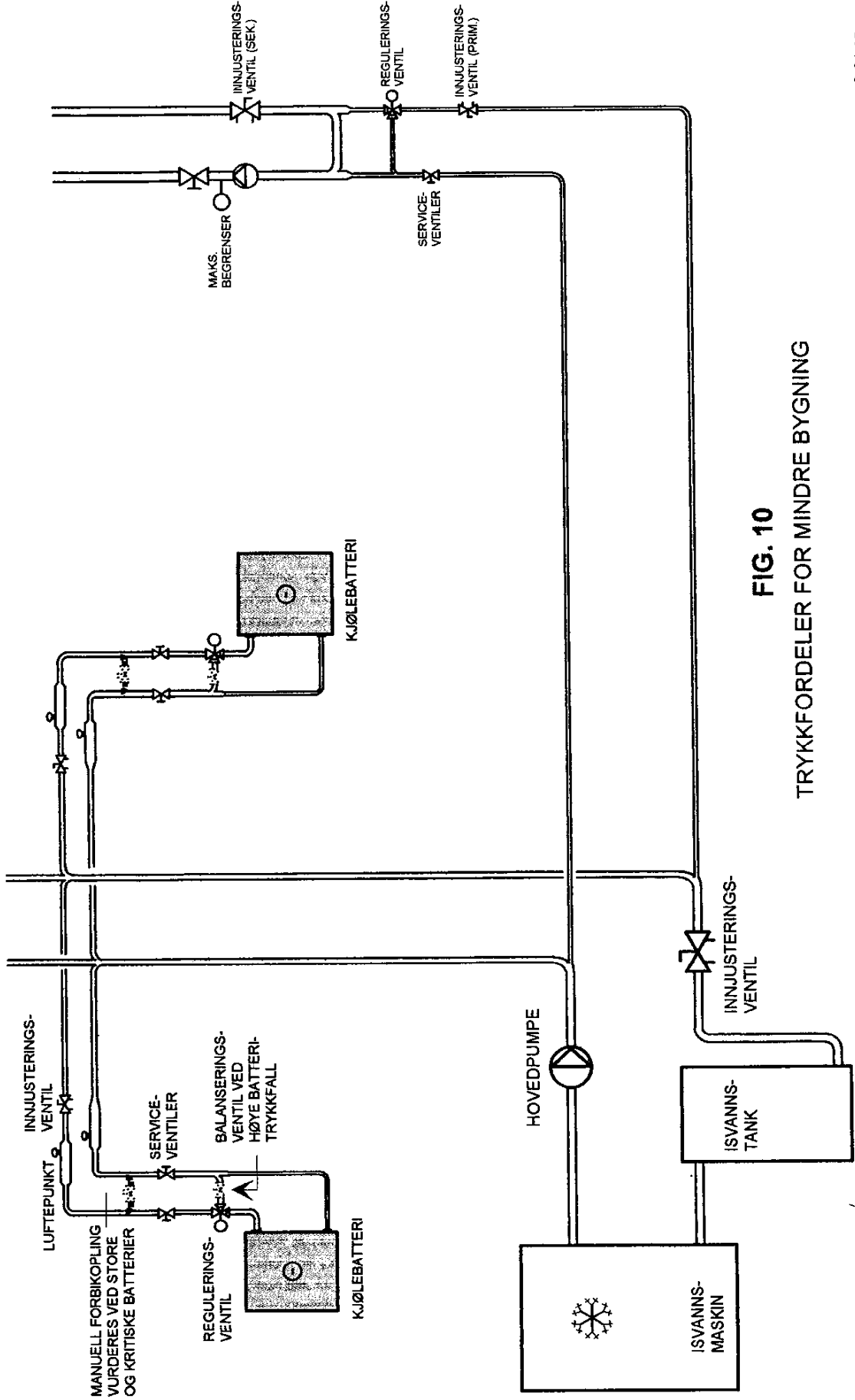


FIG. 9

TRYKKLØS HOVEDFORDELER

1) BEHOVET FOR DENNE SERVICE-VENTILEN AVHENGER AV ANVENDT TYPE INNJUSTERINGSVENTIL, OG HVOR DENNE ER PLASSERT I KRETSEN.

2) DENNE VENTILEN ANBEFALES DERESOM DET ER SJANSER FOR AT FORDELEREN KAN BLI KOPLET TIL MATENDE SYSTEM SOM KREVER MENGDEREGULERING. SA LENGE FORDELEREN MATES FRA KJØLEMASKINERI MED KONSTANTE VOLUMSTRØMMER MA VENTILEN VÆRE HELT ÅPEN (FØRTRINNSVIS EN VENTIL MED LITEN MOTSTAND).

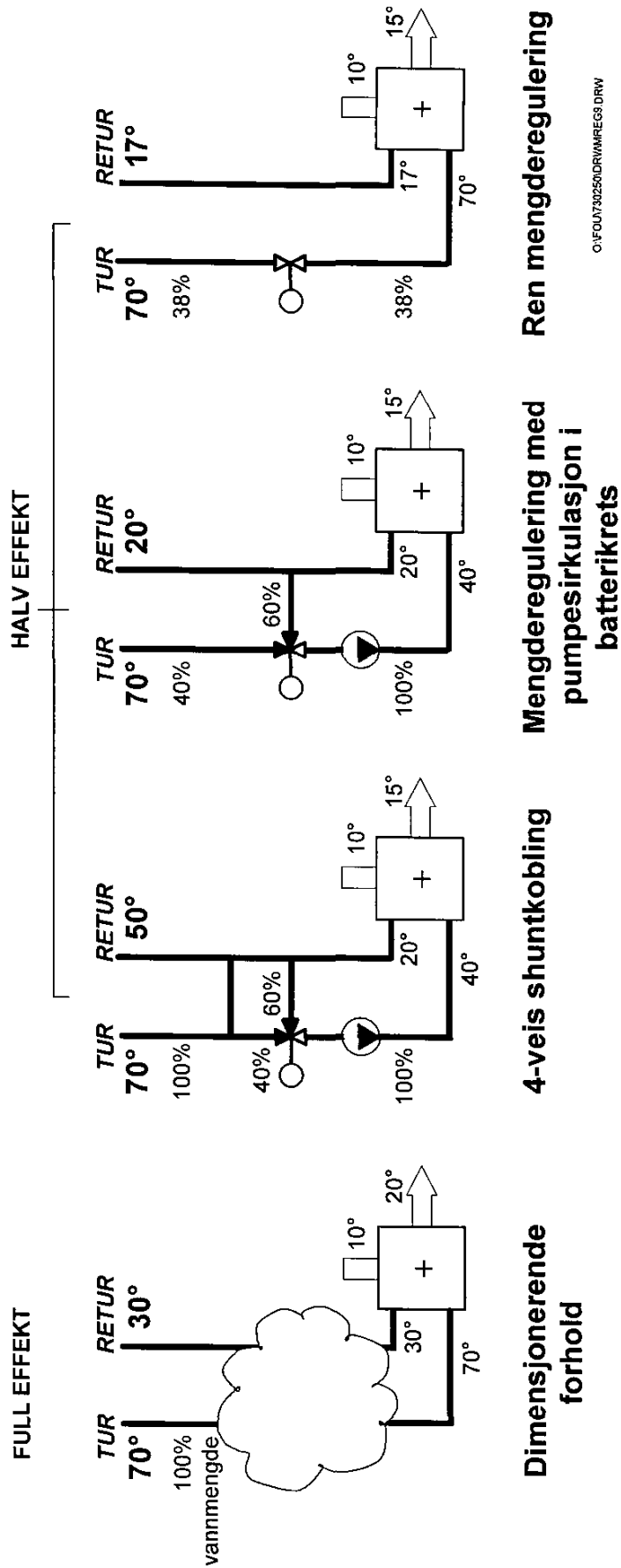


**FIG. 10**  
TRYKKFORDELER FOR MINDRE BYGNING

STATSBYGG

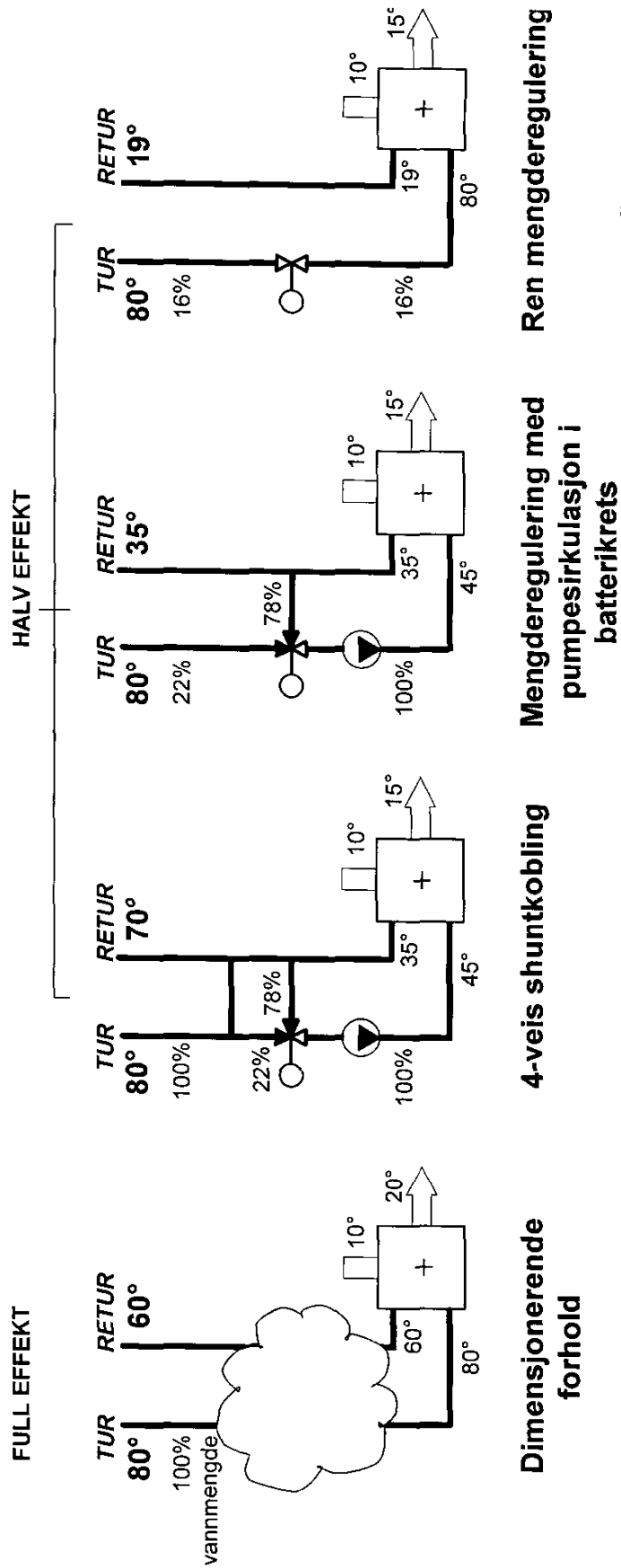
13.01.97  
Arvid Grindal  
Control Engineering

PRINSIPPSKJEMA  
**BATTERIREGULERING - ALTERNATIV 70°/30°C**  
 RELATIV VANNAVKJØLING 0.67 (67%)



Figur 2.1

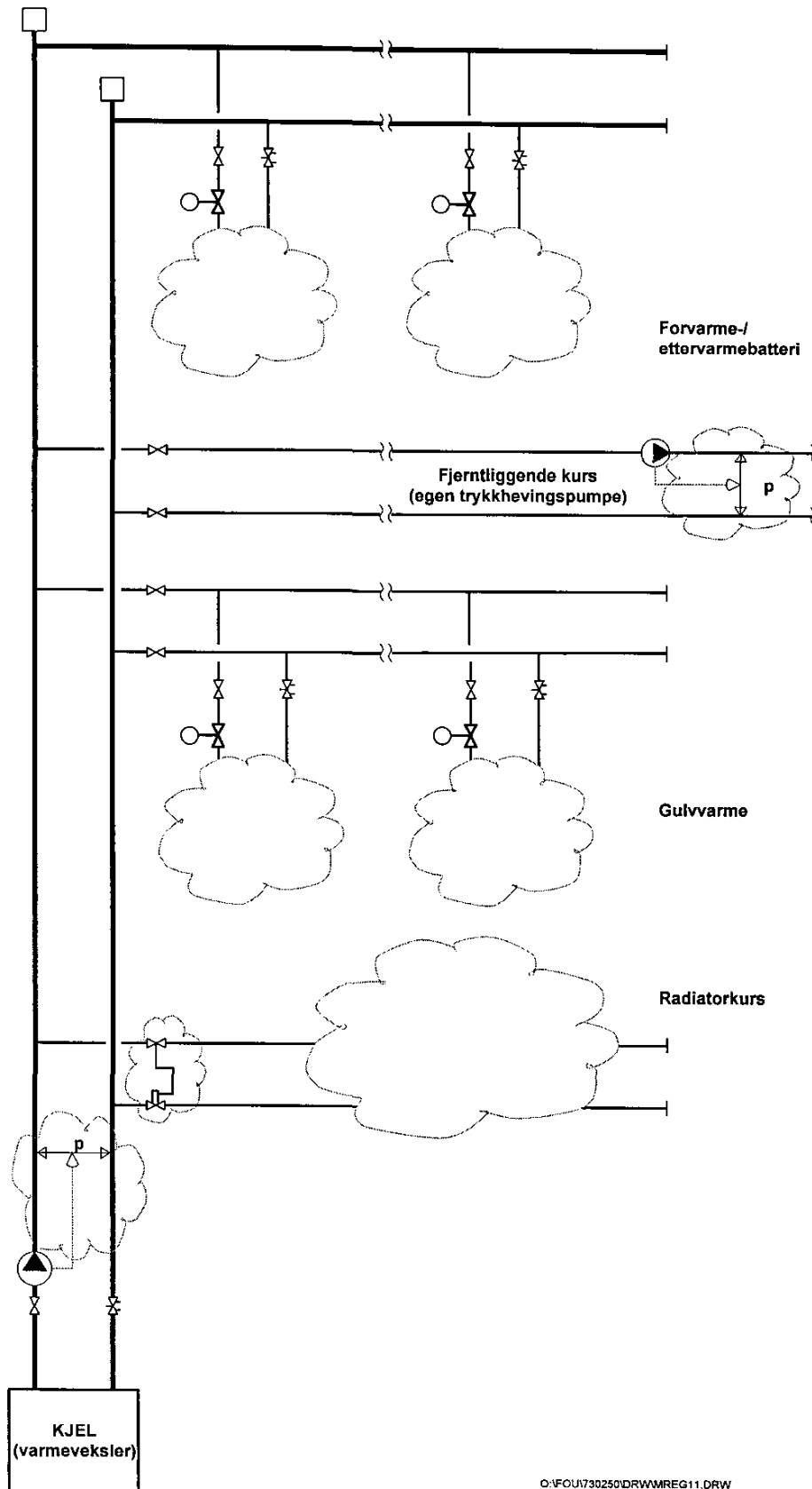
PRINSIPSKJEMA  
**BATTERIREGULERING - ALTERNATIV 80°/60°C**  
 RELATIV VANNAVKJØLING 0.29 (29%)



Figur 2.2

SYSTEMSKISSE

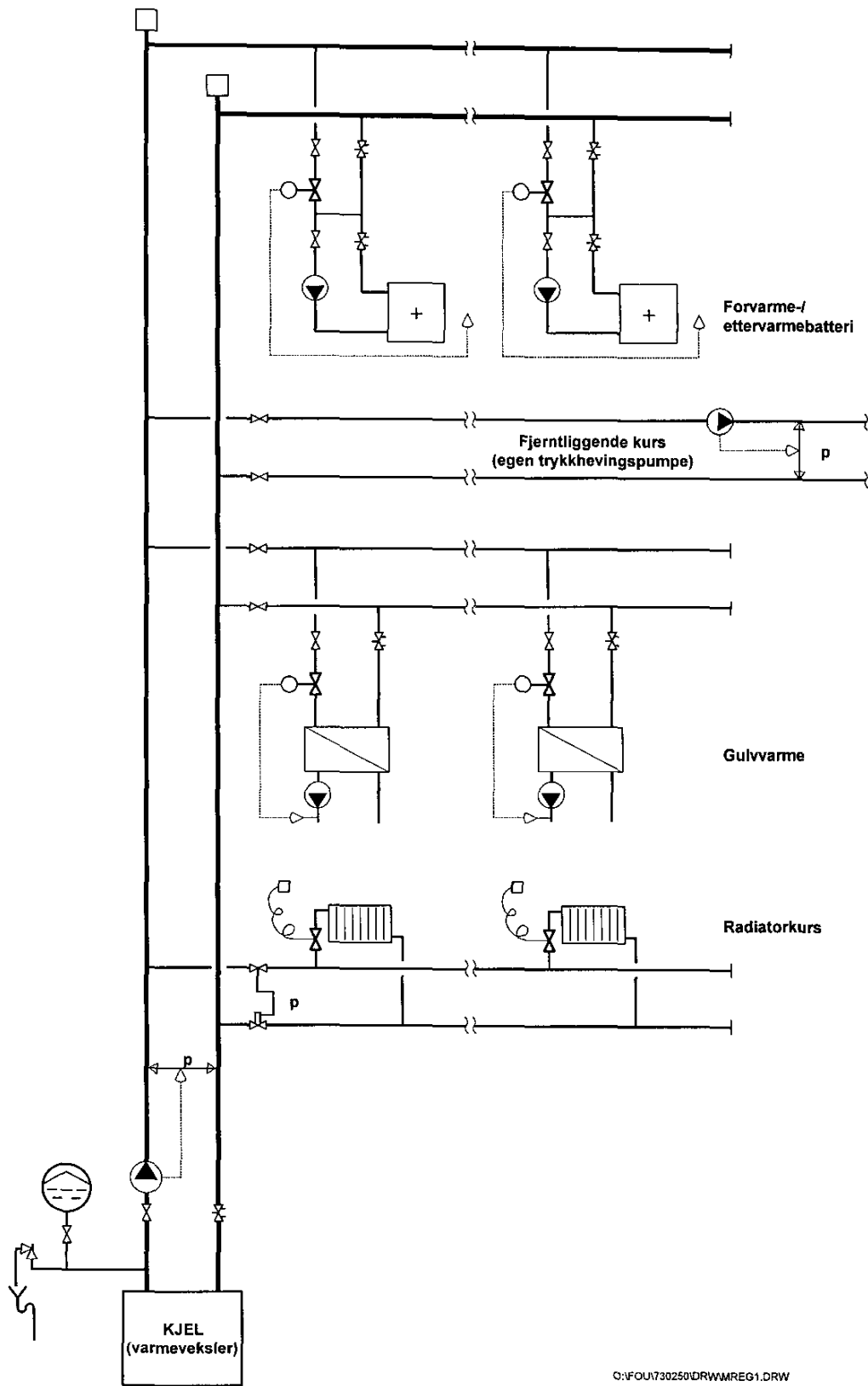
MENGDEREGULERTE KURSER



O:\FOU\730250\DRWMREG11.DRW

Figur 2.3

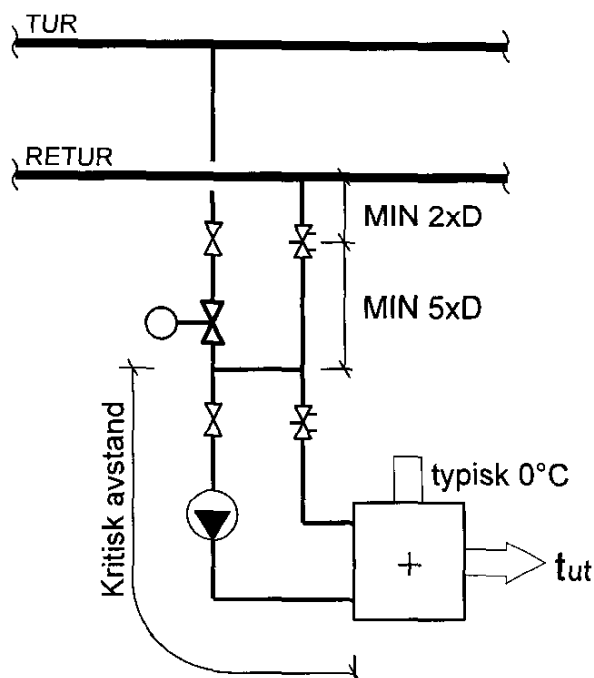
MENGDEREGULERING



O:\FOU\730250\DRWMREG1.DRW

Figur 2.4

## FORVARMEBATTERI



O:\FOU\730250\DR\MMREG18.DRW

### KRITISK AVSTAND:

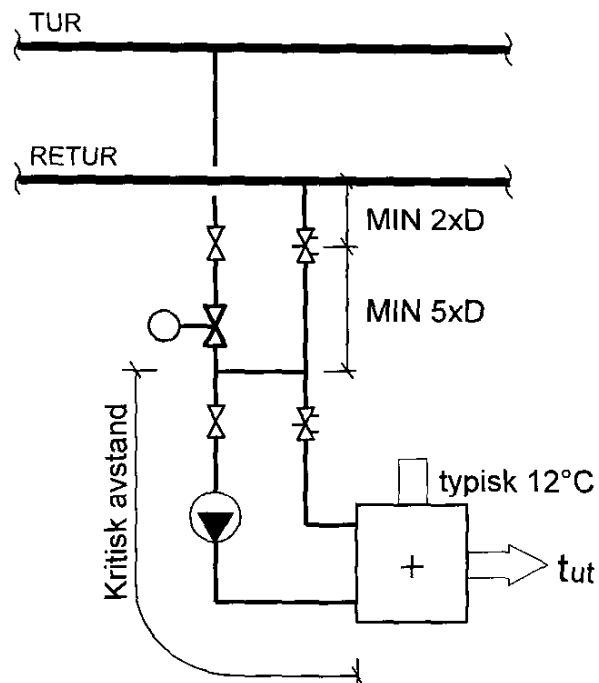
- HOLDES KORT, TYPISK < 2 m. (TRANSPORTTID I RØR HOLDES UNDER 5 SEK.)

### OPPSTART-PROSEDYRE:

1. REGULERINGSVENTIL STILLES 50% ÅPEN (SIKRER VARMTVANNS-SIRKULASJON FRAM TIL VARMEBATTERI)
2. VENTILASJONSAGGREGATET STARTER ETTER 60 SEK. (JUSTERES EVT. AV RØRAVSTAND)
3. DERSOM FROSTFARE I AGGREGAT BØR RETURVANNSFØLER BENYTTES. RETURVANNSFØLEREN STILLES PÅ 20°C.

Figur 2.5: Forvarmebatteri

## ETTERVARMEBATTERI, KJØLEBATTERI



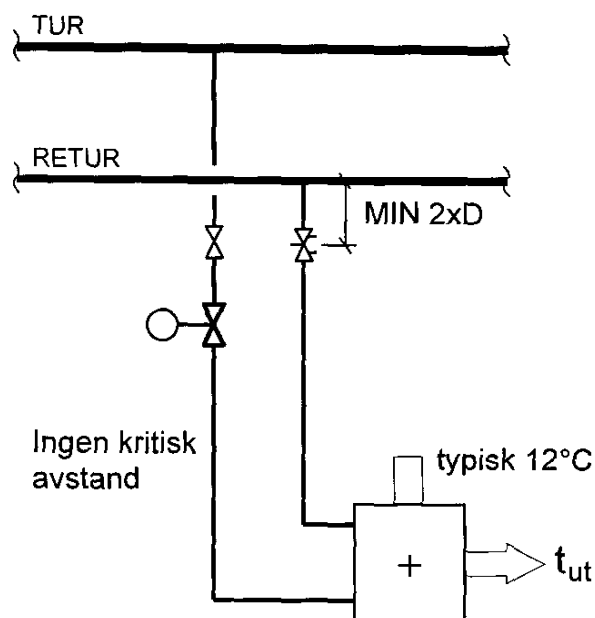
O:\FOU\730250\DRW\MREG17.DRW

### KRITISK AVSTAND:

- HOLDES KORT, TYPISK < 2 m. (TRANSPORTTID I RØR HOLDES UNDER 5 SEK.)

Figur 2.6: Ettervarmebatteri med pumpe-sirkulasjon

## ETTERVARMEBATTERI, KJØLEBATTERI



O:\FOU\730250\DRWMREG16.DRW

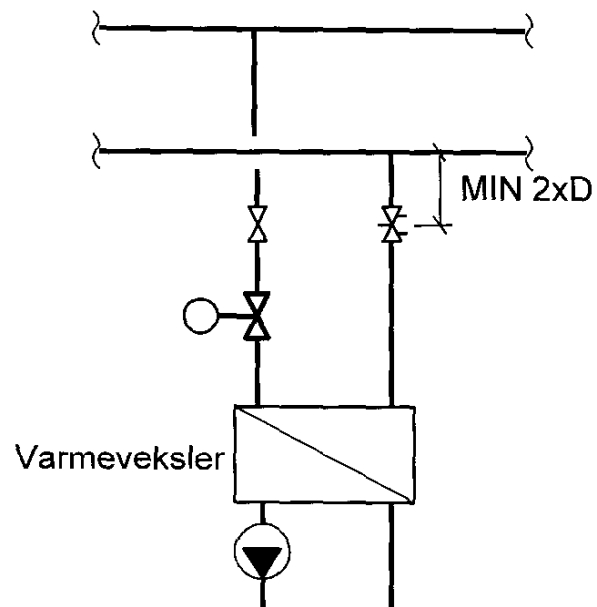
### KRITISK AVSTAND:

- INGEN KRITISK AVSTAND

Figur 2.7: Ettervarmebatteri med ren mengderegulering

PRINSIPPSKJEMA

## GULVVARME

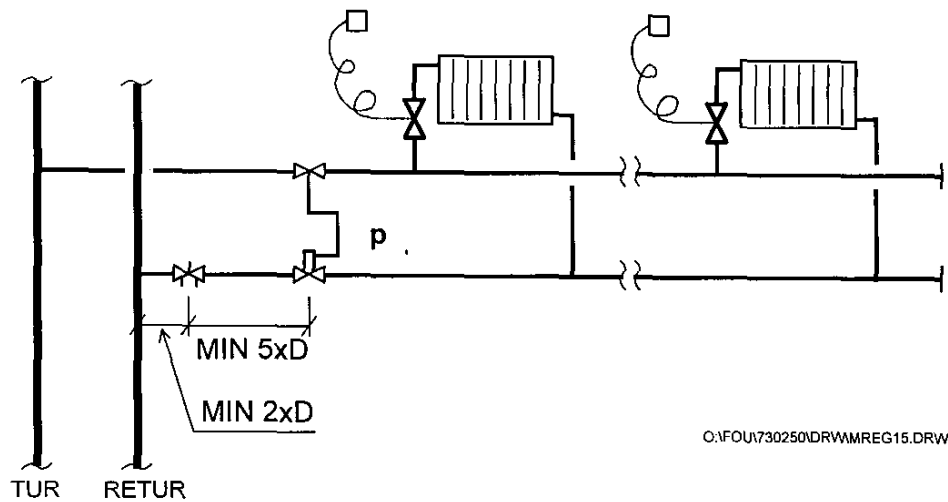


O:\FOU\730250\DRWMREG13.DRW

Figur 2.8: Gulvvarme

PRINSIPPSKJEMA, RØRKOBLING

## RADIATORKURS



O:\FOU\730250\DRWMREG15.DRW

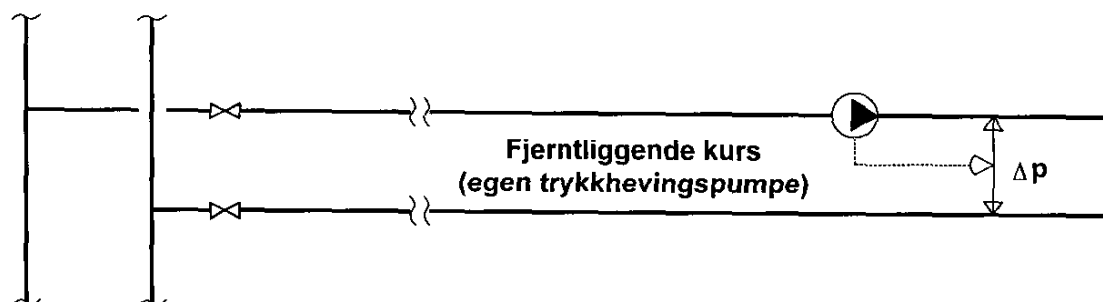
### KONSTANTTRYKKVENTIL:

- LØSNING UTEN KONSTANTTRYKKVENTIL KAN BENYTTES NÅR MAKSIMAL TRYKKDIFFERANSE ER UNDER 20-25 kPa

Figur 2.9: Radiatornett

PRINSIPPSKJEMA

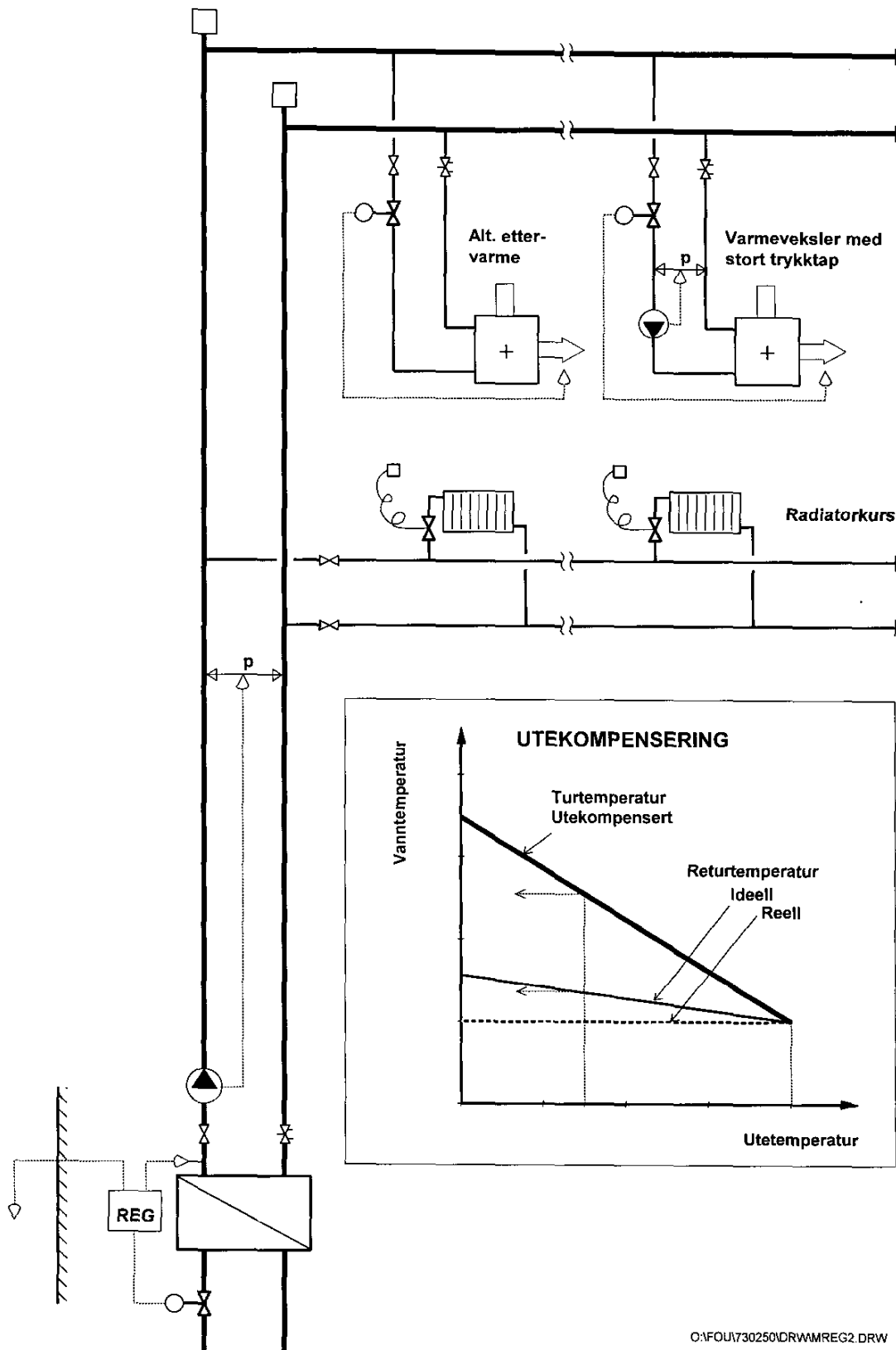
## MENGDEREGULERING AV FJERNTLIGGENDE KURSER



O:\FOU\730250\DRWMREG14.DRW

Figur 2.10: Fjerntliggende kurser

MENGDEREGULERING MED UTETEMPERATURKOMPENSERING

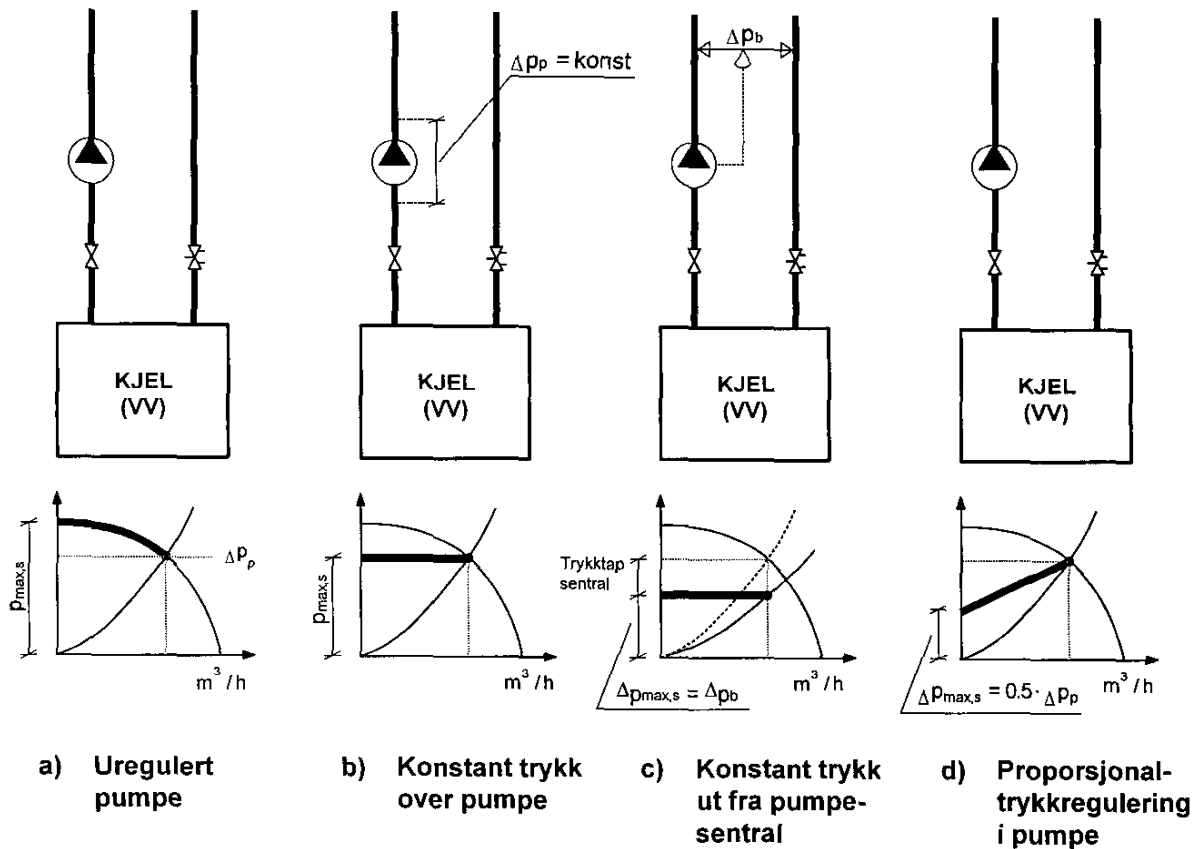


O:\FOU\730250\DR\MMREG2.DRW

Figur 2.11: Utetemperaturkompensering av turvannstemperaturen

INNVIKNING AV TRYKKREGULERING PÅ  
DIMENSJONERENDE TRYKKFALL OVER REGULERINGSVENTIL

VENTILAUTORITET



o:\fou\730250\drw\mreg8.drw

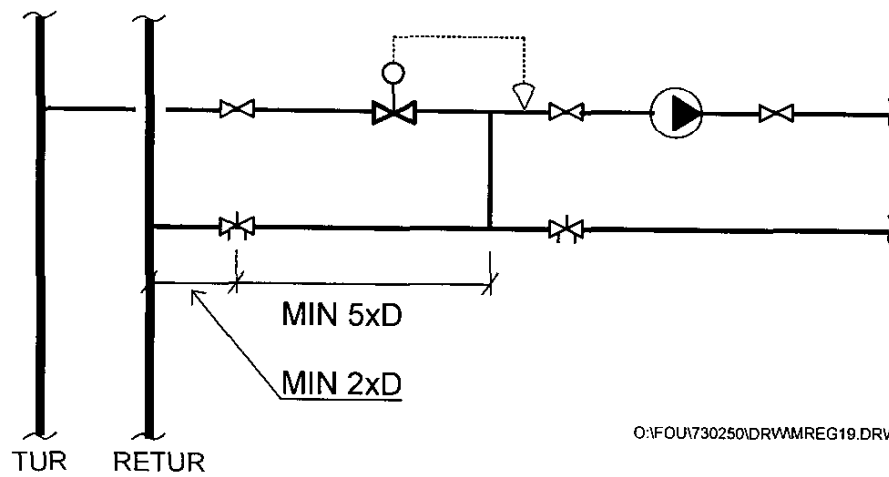
Ved liten vannmengde, typisk vår/sommer/høst, blir hele pumpetrykket  $\Delta P_{\text{max,s}}$  liggende over reguleringsventilene. Ventilautoriteten blir da:

$$P_v = \frac{\Delta p_{\text{ventil}}}{\Delta p_{\text{max,s}}}$$

Figur 2.12: Ventilautoritet

PRINSIPPSKJEMA, RØRKOBLING

## KJØLETAK/BAFFLER



Figur 2.13: Kjøletak og kjølebaffler