

# Feilsøking av HVAC/R-anlegg med overheting og underkjøling av kuldemedium

Feilsøking og vedlikehold av kjøle- og luftkondisjoneringsanlegg kan være en utfordrende prosess både for nye og erfarne HVAC/R-teknikere. Uavhengig av din erfaring, størrelsen på utstyret eller plasseringen: For å feilsøke anlegget er det viktig at du har en solid forståelse av grunnleggende kjøleprinsipper, inkludert prinsippene for overheting og underkjøling. Du må også ha de rette verktøyene og kunnskap om anvendelsen av disse prinsippene for å kunne bruke verktøyet raskt og effektivt.

Feilsøkingsteknikker krever ofte at du kjenner verdiene for temperatur, trykk, spenning og strøm i et anlegg samtidig; det betyr at en måler med bare en funksjon, ikke kan bidra til en fullstendig analyse av anlegget. Ofte er det nødvendig med flere verktøy.

I denne brukertipsartikkelen får du informasjon om feilsøking av kjøleanlegg ved hjelp av prinsippene for overheting og underkjøling i HVAC/R-utstyr. Den vil også lære deg de riktige metodene for å takle noen typiske feilsøkingsoppgaver ved hjelp av termometre, digitale multimetre, trykk/vakuummøduler og HVAC/R-tilbehør. Vi gjengir grunnprinsipper for kjøling utelukkende for å illustrere hvordan digitale termometre, multimetre og tilbehør kan gjøre servicen og vedlikeholdet av HVAC/R-anlegg enkelt, raskt og nøyaktig.

## Kjølesyklusen

Basert på prinsippet om at varme strømmer naturlig fra varmere til kjøligere områder, består kjølesyklusen av sju trinn:

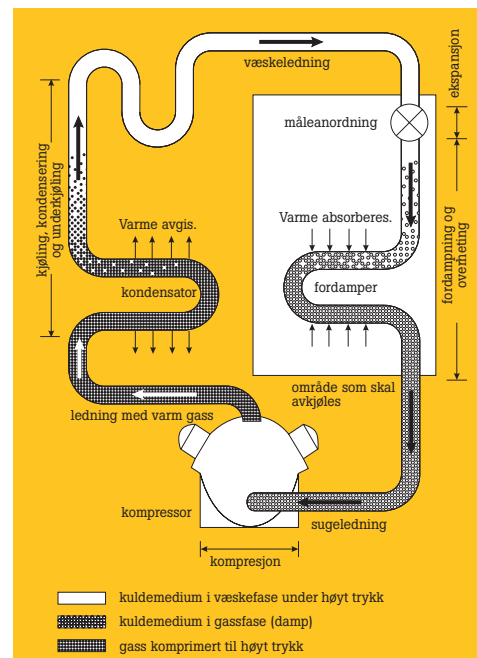
1. komprimering av varm gass
2. kjøling
3. kondensering
4. underkjøling
5. ekspansjon
6. fordamping
7. overheting

Et standard kjøleanlegg basert på dampkompresjon består av fire hovedkomponenter: en måleanordning (f.eks kapillarrør, fast åpning/stempel eller termostatisk ekspansjonsventil), fordampere, kompressor og kondensator.

(Se figur 1.) Komprimeringsenergien hever damptrykket til et kokepunkt som er lavere enn kondenseringsmediets temperatur. Med andre ord hever kompressoren kokepunktet til kuldemediet til et punkt der temperaturen i luften (eller vannet) som beveger seg gjennom kondensatoren er lav nok til å kondensere kuldemediet til en væske. Ekstra passeringer gjennom kondensatorcoilen kjøler det flytende kuldemediet ned til under kokepunktet for å sikre at det forblir i væskefase når trykket faller på vei til fordamperen. Denne avkjølingen til under kokepunktet kalles underkjøling.



Testing av kjølesystem på et tak, med Fluke 561 IR-termometer



**Figur 1** Kjøleanlegget: I et typisk kjøleanlegg sender kompressoren varm gass til kondensatoren. Deretter passerer den kondenserte væsken gjennom en ekspansjonsvenn til fordamperen, der den fordampere og tar opp varme fra området som skal avkjøles. Det gassformige kuldemediet kommer deretter inn i kompressoren, der kompresjonsprosessen øker trykket og temperaturen. Fra kompressoren blir kuldemediet sendt tilbake til kondensatoren og syklusen gjentas.

En måleanordning ved fordamerinnløpet fungerer som en "demning" for å begrense strømmingen og redusere trykket i kuldemediet til et nytt, lavere kokepunkt. Dette nye kokepunktet er lavere enn temperaturen i fordamermediet (luft eller vann), dermed får luften eller vannet som går gjennom fordamperen, kuldemediet til å koke. Etter at alt kuldemediet er fordampet, tar dampen opp ekstra varme ved at den passerer flere ganger gjennom fordamperen. Temperaturøkningen i dampen utover kokepunktet kalles overheting.

I kompressoren blir gassen komprimert så trykk og temperatur øker. Den varme gassen leveres deretter til kondensatoren der den avkjøles, avgir varme og omdannes til væskefase igjen.

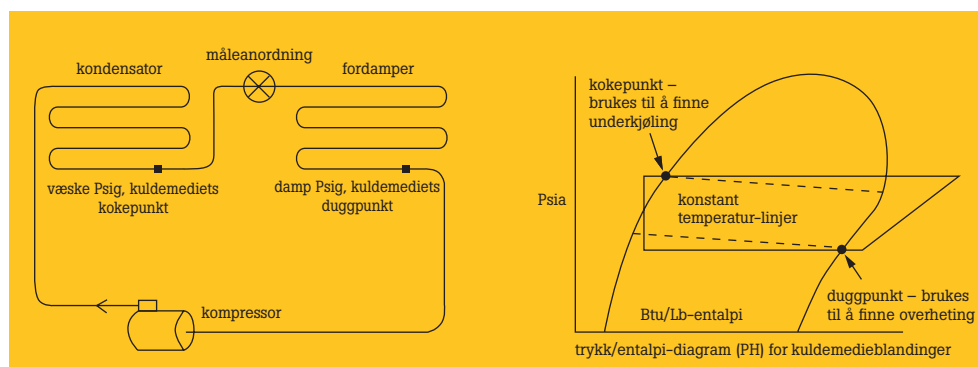
#### Merk:

Væskeoppsamlere brukes vanligvis ikke i kjøleanlegg, de bruker oftest termiske ekspansjonsventiler eller faste måleanordninger.

Når væsken under høyt trykk når måleanordningen, starter syklusen på nytt.

Ved service på de fleste kjøleanlegg måler teknikeren temperatur og trykk for å fastslå systemteltelsen. Nøyaktig overvåking av temperatur og trykk for å verifisere riktig styring og drift, kan sørge for at anlegget varer lengre samt redusere energiforbruket.

Ofte kan måling av temperaturer eller trykk på nøkkelpunkter i et anlegg, peke ut problemområder. Eksempler på slike målinger følger.



Figur 2 Målepunkter for overhetingstemperatur

### Overhete og måling av den

Konvertering av væske til damp i anleggets fordamper, innebærer at væsken tilføres varme ved kokepunktet, ofte kalt metningstemperaturen. Temperaturøkning etter at alt kjølemediet har fordampet, kalles overheting.

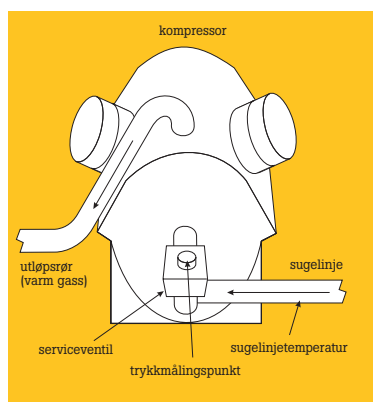
Overhetingen i sugeledningen beregnes ved hjelp av sugetrykket og to temperaturer – kjølemediets fordampningstemperatur ved et gitt trykk og suggastemperaturen, dvs. temperaturen ved utløpet fra fordamperen. Dette kalles ofte temperatur/trykk-metoden.

Kokepunktet finnes ved hjelp av et trykk/temperatur fasediagram (PT-diagram). De gamle KFK- og HKFK-kuldemediene, og noen nyere, ozonvennlige kuldemedier som R134a, fordamper ved konstant temperatur så lenge trykket i fordamperen også er konstant.

Nyere kuldemedier er blandinger av to eller flere stoffer, derfor øker temperaturen etterhvert som stoffene fordamper. Dette kalles kuldemediets temperaturglidning. For moderne kuldemedier med en temperaturglidning på 5 °C eller høyere, brukes duggpunktstemperaturen (DP). Det er temperaturen i kuldemediet idet siste rest av væsken fordamper. Enhver økning av temperaturen i dampen utover duggpunktet, kalles overheting, (se figur 2).

Den beste måten å beregne overheting ved hjelp av Fluke-produkter på, er å bruke en 80PK-8 termometer av rørtangtype og en PV350 trykk/vakuumm-modul i kombinasjon med et egnet Fluke digitalt multimeter med type K termoelementmåling og en mV-inngang. Rørtang-måleren gjør det mulig å måle rørtemperaturer raskere og mer nøyaktig fordi den klemmes rett på røret uten behov for isolasjon eller tape, i motsetning til et kule-termoelement. Trykk/vakuumm-modulen gir nøyaktige og raske trykkmålinger.

Husk å la anlegget kjøre lenge nok til at trykk og temperaturer stabiliseres, og å sjekke at det er normal luftstrømning over fordamperen, før du måler for å sjekke overheting. For å finne temperaturen i sugeledningen ved hjelp av en termometer av rørtangtype eller med borrelåprobe, festes proben rundt en bar del av utløpsrøret fra fordamperen. Rørtemperaturen kan leses av på innløpsrøret til kompressoren, dersom røret er mindre enn 4,5 m fra fordamperen og trykkfallet mellom de to punktene er minimalt, (se figur 3). De beste resultatene oppnås når røret er fritt for oksider og andre fremmedlegemer. Koble deretter trykk/vakuumm-modulen til serviceventilen på sugeledningen (eller påfyllingsstussen på manifold/manometer-enheten). Noter rørtemperatur og -trykk. Denne trykkavlesningen vil vise trykket i det kokende kuldemediet inne i fordamperen, forutsatt at det ikke er noen unormale restriksjoner



**Figur 3** Overheting i innsugingsrør med temperatur/trykk-metoden. Mål trykket ved serviceventilen på innsugingsrøret. Bruk sugeledningstrykket til å finne kokepunktet i fordampere i et PT-diagram. Mål temperaturen i sugeledningen med et Fluke IR-termometer og trekk kokepunktstemperaturen fra den målte temperaturen. Forskjellen kalles overhete.

i sugeledningen. Bruk denne trykkverdien til å finne kokepunktet (eller duggpunktet) i fordampere i et PT-diagram for den aktuelle kuldemedietypen, (se figur 4). Trekk fordampnings-/duggpunkttemperaturen fra sugeledningstemperaturen for å finne overhetingen.

Sugeledningstemperaturen kan også måles ved å feste et kule-termoelement på sugeledningen. Pass på å bruke kjølepasta og isolere termoelementet for å minimere feil grunnet varmetap til omgivende luft.

| °F  | °C    | 12    | 22    | 502   | 134a  | 401A<br>(MP39)<br>DAMP<br>VÆSKE<br>DP BP | 401B<br>(MP66)<br>DAMP<br>VÆSKE<br>DP BP | 402A<br>(HP80)<br>DAMP<br>VÆSKE<br>DP BP | 404A<br>(HP62)<br>(FX70) | 408A<br>(FX10) | 409A<br>(FX56)<br>DAMP<br>VÆSKE<br>DP BP | 410A<br>(AZ20) |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------|----------------|------------------------------------------|----------------|
| -40 | -40,0 | 11,0  | 0,5   | 4,1   | 14,5  | 14,3                                     | 12,8                                     | 5,6                                      | 4,6                      | 2,8            | 13,1                                     | 11,6           |
| -38 | -38,9 | 10,0  | 1,3   | 5,0   | 13,7  | 13,4                                     | 11,8                                     | 6,7                                      | 5,6                      | 3,7            | 12,1                                     | 12,9           |
| -36 | -37,8 | 8,9   | 2,2   | 6,0   | 12,8  | 12,4                                     | 10,7                                     | 7,8                                      | 6,6                      | 4,6            | 11,1                                     | 14,2           |
| -34 | -36,7 | 7,8   | 3,0   | 7,0   | 11,8  | 11,4                                     | 9,6                                      | 8,9                                      | 7,7                      | 5,6            | 10,1                                     | 15,6           |
| -32 | -35,6 | 6,7   | 4,0   | 8,1   | 10,8  | 10,3                                     | 8,5                                      | 10,0                                     | 8,8                      | 6,6            | 9,1                                      | 17,0           |
| -30 | -34,4 | 5,5   | 4,9   | 9,2   | 9,7   | 9,2                                      | 7,3                                      | 11,3                                     | 9,9                      | 7,6            | 8,1                                      | 18,5           |
| -28 | -33,3 | 4,3   | 5,9   | 10,3  | 8,6   | 8,1                                      | 6,0                                      | 12,5                                     | 11,1                     | 8,7            | 6,9                                      | 20,1           |
| -26 | -32,2 | 3,0   | 6,9   | 11,5  | 7,7   | 6,9                                      | 4,7                                      | 13,8                                     | 12,4                     | 9,8            | 5,6                                      | 21,7           |
| -24 | -31,1 | 1,6   | 7,9   | 12,7  | 6,2   | 5,6                                      | 3,3                                      | 15,2                                     | 13,3                     | 13,3           | 11,0                                     | 23,4           |
| -22 | -30,0 | 0,3   | 9,0   | 14,0  | 4,9   | 4,3                                      | 1,9                                      | 16,6                                     | 15,0                     | 15,0           | 12,2                                     | 25,1           |
| -20 | -28,9 | 0,6   | 10,1  | 15,3  | 3,6   | 2,9                                      | 0,4                                      | 18,0                                     | 16,4                     | 16,4           | 13,4                                     | 26,9           |
| -18 | -27,8 | 1,3   | 11,3  | 16,7  | 2,3   | 1,5                                      | 0,6                                      | 19,5                                     | 17,8                     | 17,8           | 14,7                                     | 28,9           |
| -16 | -26,7 | 2,1   | 12,5  | 18,1  | 0,8   | 0,0                                      | 1,3                                      | 21,1                                     | 19,3                     | 16,1           | 0,0                                      | 30,1           |
| -14 | -25,6 | 2,8   | 13,8  | 19,5  | 0,3   | 0,8                                      | 2,2                                      | 22,7                                     | 20,8                     | 17,5           | 1,0                                      | 32,8           |
| -12 | -24,4 | 3,7   | 15,1  | 21,0  | 1,1   | 1,6                                      | 3,0                                      | 24,4                                     | 22,4                     | 18,9           | 1,9                                      | 34,8           |
| -10 | -23,3 | 4,5   | 16,5  | 22,6  | 1,9   | 2,4                                      | 3,9                                      | 26,1                                     | 24,0                     | 20,4           | 2,8                                      | 36,8           |
| -8  | -22,2 | 5,4   | 17,9  | 24,2  | 2,8   | 3,2                                      | 4,8                                      | 27,9                                     | 25,7                     | 22,0           | 3,7                                      | 39,1           |
| -6  | -21,1 | 6,3   | 19,3  | 25,8  | 3,6   | 4,1                                      | 5,8                                      | 29,7                                     | 27,4                     | 23,6           | 4,6                                      | 41,4           |
| -4  | -20,0 | 7,2   | 20,8  | 27,5  | 4,5   | 5,0                                      | 6,8                                      | 31,6                                     | 29,2                     | 25,2           | 5,4                                      | 43,8           |
| -2  | -18,9 | 8,2   | 22,4  | 29,3  | 5,5   | 6,0                                      | 7,8                                      | 33,5                                     | 31,1                     | 26,9           | 6,3                                      | 46,2           |
| 0   | -17,8 | 9,2   | 24,0  | 31,1  | 6,5   | 7,0                                      | 8,9                                      | 35,6                                     | 33,0                     | 28,7           | 7,2                                      | 48,6           |
| 2   | -16,7 | 10,2  | 25,6  | 32,9  | 7,5   | 8,0                                      | 10,0                                     | 37,6                                     | 35,0                     | 30,5           | 8,3                                      | 51,2           |
| 4   | -15,6 | 11,2  | 27,3  | 34,9  | 8,5   | 9,1                                      | 11,1                                     | 39,8                                     | 37,0                     | 32,3           | 9,3                                      | 53,9           |
| 6   | -14,4 | 12,3  | 29,1  | 36,9  | 9,6   | 10,2                                     | 12,3                                     | 42,0                                     | 39,1                     | 34,3           | 10,4                                     | 56,6           |
| 8   | -13,3 | 13,5  | 30,9  | 38,9  | 10,8  | 11,3                                     | 13,5                                     | 44,3                                     | 41,3                     | 36,3           | 11,4                                     | 59,5           |
| 10  | -12,2 | 14,6  | 32,8  | 41,0  | 12,0  | 12,5                                     | 14,8                                     | 46,6                                     | 43,5                     | 38,3           | 12,5                                     | 62,3           |
| 12  | -11,1 | 15,8  | 34,7  | 43,2  | 13,1  | 13,7                                     | 16,1                                     | 49,0                                     | 45,8                     | 40,4           | 13,7                                     | 65,4           |
| 14  | -10,0 | 17,1  | 36,7  | 45,4  | 14,4  | 15,0                                     | 17,4                                     | 51,5                                     | 48,2                     | 42,6           | 15,0                                     | 68,5           |
| 16  | -8,9  | 18,4  | 38,7  | 47,7  | 15,7  | 16,3                                     | 18,8                                     | 54,0                                     | 50,6                     | 44,9           | 16,2                                     | 71,6           |
| 18  | -7,8  | 19,7  | 40,9  | 50,0  | 17,0  | 17,6                                     | 20,3                                     | 56,7                                     | 53,1                     | 47,2           | 17,5                                     | 75,0           |
| 20  | -6,7  | 21,0  | 43,0  | 52,5  | 18,4  | 19,0                                     | 21,8                                     | 59,4                                     | 55,7                     | 49,5           | 18,7                                     | 78,3           |
| 22  | -5,6  | 22,4  | 45,3  | 54,9  | 19,9  | 20,5                                     | 23,3                                     | 62,2                                     | 58,4                     | 52,0           | 20,2                                     | 81,9           |
| 24  | -4,4  | 23,9  | 47,6  | 57,5  | 21,4  | 22,0                                     | 24,9                                     | 65,5                                     | 61,1                     | 54,5           | 21,6                                     | 85,5           |
| 26  | -3,3  | 25,4  | 49,9  | 60,1  | 22,9  | 23,5                                     | 26,5                                     | 68,0                                     | 63,9                     | 57,1           | 23,1                                     | 89,2           |
| 28  | -2,2  | 26,9  | 52,4  | 62,8  | 24,5  | 25,1                                     | 28,2                                     | 71,0                                     | 66,8                     | 59,8           | 24,5                                     | 93,0           |
| 30  | -1,1  | 28,5  | 54,9  | 65,6  | 26,1  | 26,7                                     | 30,0                                     | 74,1                                     | 69,7                     | 62,5           | 26,0                                     | 96,8           |
| 32  | 0,0   | 30,1  | 57,5  | 68,4  | 27,8  | 28,4                                     | 31,8                                     | 77,3                                     | 72,8                     | 65,3           | 27,7                                     | 100,9          |
| 34  | 1,1   | 31,7  | 60,1  | 71,3  | 29,5  | 30,1                                     | 33,6                                     | 80,5                                     | 75,9                     | 68,2           | 29,4                                     | 105,0          |
| 36  | 2,2   | 33,4  | 62,8  | 74,3  | 31,3  | 31,9                                     | 35,5                                     | 83,9                                     | 79,1                     | 71,2           | 31,1                                     | 109,2          |
| 38  | 3,3   | 35,2  | 65,6  | 77,4  | 33,2  | 33,7                                     | 37,5                                     | 87,3                                     | 82,4                     | 74,2           | 32,8                                     | 113,6          |
| 40  | 4,4   | 36,9  | 68,5  | 80,5  | 35,1  | 35,6                                     | 39,5                                     | 90,9                                     | 85,7                     | 77,4           | 34,5                                     | 118,0          |
| 42  | 5,6   | 38,8  | 71,5  | 83,8  | 37,0  | 37,6                                     | 41,6                                     | 94,5                                     | 89,2                     | 80,6           | 36,5                                     | 122,8          |
| 44  | 6,7   | 40,7  | 74,5  | 87,0  | 39,1  | 39,6                                     | 43,7                                     | 98,2                                     | 92,7                     | 83,9           | 38,4                                     | 127,6          |
| 46  | 7,8   | 42,7  | 77,6  | 90,4  | 41,1  | 41,7                                     | 45,9                                     | 102,0                                    | 96,4                     | 87,3           | 40,0                                     | 132,4          |
| 48  | 8,9   | 44,7  | 80,7  | 93,9  | 43,3  | 43,8                                     | 48,2                                     | 106,0                                    | 100,1                    | 90,7           | 42,3                                     | 137,2          |
| 50  | 10,0  | 46,7  | 84,0  | 97,4  | 45,5  | 46,0                                     | 50,5                                     | 110,0                                    | 104,5                    | 95,8           | 44,3                                     | 142,0          |
| 52  | 11,1  | 48,8  | 87,3  | 101,0 | 47,7  | 47,0                                     | 52,3                                     | 114,0                                    | 108,5                    | 99,7           | 46,6                                     | 147,2          |
| 54  | 12,2  | 51,0  | 90,8  | 104,8 | 49,0  | 49,0                                     | 54,7                                     | 118,0                                    | 112,5                    | 103,5          | 48,8                                     | 152,4          |
| 56  | 13,3  | 53,2  | 94,3  | 108,6 | 52,3  | 51,5                                     | 57,3                                     | 122,0                                    | 116,7                    | 107,4          | 51,1                                     | 158,0          |
| 58  | 14,4  | 55,4  | 97,9  | 112,4 | 55,0  | 54,0                                     | 60,0                                     | 126,0                                    | 120,9                    | 111,2          | 53,3                                     | 164,0          |
| 60  | 15,6  | 57,7  | 101,6 | 116,4 | 57,5  | 56,0                                     | 62,5                                     | 130,0                                    | 125,2                    | 115,1          | 55,6                                     | 170,0          |
| 62  | 16,7  | 60,1  | 105,4 | 120,4 | 60,1  | 58,8                                     | 65,0                                     | 134,0                                    | 129,4                    | 119,4          | 58,0                                     | 176,0          |
| 64  | 17,8  | 62,5  | 109,3 | 124,6 | 62,7  | 61,7                                     | 67,5                                     | 138,0                                    | 133,6                    | 123,8          | 60,4                                     | 182,0          |
| 66  | 18,9  | 65,0  | 113,2 | 128,8 | 65,5  | 64,5                                     | 70,0                                     | 142,0                                    | 137,8                    | 128,0          | 62,8                                     | 188,0          |
| 68  | 20,0  | 67,6  | 117,3 | 133,2 | 68,3  | 67,3                                     | 72,5                                     | 146,0                                    | 142,0                    | 132,5          | 65,2                                     | 194,0          |
| 70  | 21,1  | 70,2  | 121,4 | 137,6 | 71,2  | 70,2                                     | 75,0                                     | 150,0                                    | 146,5                    | 136,8          | 67,6                                     | 200,0          |
| 72  | 22,2  | 72,9  | 125,7 | 142,2 | 74,2  | 73,2                                     | 77,5                                     | 154,0                                    | 150,5                    | 141,7          | 70,0                                     | 207,4          |
| 74  | 23,3  | 75,6  | 130,0 | 146,8 | 77,2  | 76,2                                     | 80,0                                     | 158,0                                    | 154,5                    | 146,6          | 72,4                                     | 213,8          |
| 76  | 24,4  | 78,4  | 134,5 | 151,5 | 80,3  | 79,3                                     | 82,5                                     | 162,0                                    | 158,5                    | 151,4          | 74,8                                     | 220,6          |
| 78  | 25,6  | 81,3  | 139,0 | 156,3 | 83,5  | 82,5                                     | 85,0                                     | 166,0                                    | 162,5                    | 156,3          | 77,2                                     | 227,8          |
| 80  | 26,7  | 84,2  | 143,6 | 161,2 | 86,8  | 85,8                                     | 87,5                                     | 170,0                                    | 166,5                    | 161,2          | 79,6                                     | 235,0          |
| 82  | 27,8  | 87,2  | 148,4 | 166,2 | 90,2  | 89,2                                     | 90,0                                     | 174,0                                    | 170,5                    | 166,6          | 82,0                                     | 242,6          |
| 84  | 28,9  | 90,2  | 153,2 | 171,4 | 93,6  | 92,6                                     | 92,5                                     | 178,0                                    | 174,5                    | 171,7          | 84,4                                     | 250,2          |
| 86  | 30,0  | 93,3  | 158,2 | 176,6 | 97,1  | 96,1                                     | 95,0                                     | 182,0                                    | 178,5                    | 176,7          | 86,8                                     | 258,0          |
| 88  | 31,1  | 96,5  | 163,2 | 181,9 | 100,7 | 99,7                                     | 97,5                                     | 186,0                                    | 182,5                    | 181,0          | 89,2                                     | 266,0          |
| 90  | 32,2  | 99,8  | 168,4 | 187,4 | 104,4 | 103,4                                    | 100,0                                    | 190,0                                    | 186,5                    | 185,0          | 91,6                                     | 274,0          |
| 92  | 33,3  | 103,1 | 173,7 | 192,9 | 108,2 | 107,2                                    | 102,5                                    | 194,0                                    | 190,5                    | 189,5          | 94,0                                     | 282,4          |
| 94  | 34,4  | 106,5 | 179,1 | 198,6 | 112,1 | 111,1                                    | 105,0                                    | 198,0                                    | 195,5                    | 193,5          | 96,4                                     | 290,8          |
| 96  | 35,6  | 110,0 | 184,6 | 204,3 | 116,1 | 115,1                                    | 107,5                                    | 202,0                                    | 199,5                    | 197,5          | 98,8                                     | 299,4          |
| 98  | 36,7  | 113,5 | 190,2 | 210,2 | 120,1 | 119,1                                    | 110,0                                    | 206,0                                    | 203,5                    | 201,5          | 101,2                                    | 308,2          |
| 100 | 37,8  | 117,2 | 195,9 | 216,2 | 124,3 | 123,3                                    | 112,5                                    | 210,0                                    | 207,5                    | 205,5          | 103,6                                    | 317,0          |
| 102 | 38,9  | 120,9 | 201,8 | 222,3 | 128,5 | 127,5                                    | 115,0                                    | 214,0                                    | 211,5                    | 209,5          | 106,0                                    | 326,2          |
| 104 | 40,0  | 124,7 | 207,7 | 228,5 | 132,9 | 131,9                                    | 117,5                                    | 218,0                                    | 215,5                    | 213,5          | 108,4                                    | 335,4          |
| 106 | 41,1  | 128,5 | 213,8 | 234,9 | 137,3 | 136,3                                    | 120,0                                    | 222,0                                    | 219,5                    | 217,5          | 110,8                                    | 345,0          |
| 108 | 42,2  | 132,4 | 220,0 | 241,3 | 142,8 | 141,8                                    | 122,5                                    | 226,0                                    | 223,5                    | 221,5          | 113,2                                    | 355,0          |
| 110 | 43,3  | 136,4 | 226,4 | 247,9 | 146,5 | 145,5                                    | 125,0                                    | 230,0                                    | 227,5                    | 225,5          | 115,6                                    | 365,0          |
| 112 | 44,4  | 140,5 | 232,8 | 254,6 | 151,3 | 150,3                                    | 127,5                                    | 234,0                                    | 231,5                    | 229,5          | 118,0                                    | 375,4          |
| 114 | 45,6  | 144,7 | 239,4 | 261,5 | 156,1 | 155,1                                    | 130,0                                    | 238,0                                    | 235,5                    | 233,5          | 120,4                                    | 385,8          |
| 116 | 46,7  | 148,9 | 246,1 | 268,4 | 161,1 | 160,1                                    | 132,5                                    | 242,0                                    | 239,5                    | 237,5          | 122,8                                    | 396,4          |
| 118 | 47,8  | 153,2 | 252,9 | 275,5 | 166,1 | 165,1                                    | 135,0                                    | 246,0                                    | 243,5                    | 241,5          | 125,2                                    | 407,2          |
| 120 | 48,9  | 157,7 | 259,9 | 282,7 | 171,3 | 170,3                                    | 137,5                                    | 250,0                                    | 247,5                    | 245,5          | 127,6                                    | 418,0          |
| 122 | 50,0  | 162,2 | 267,0 | 290,1 | 176,6 | 175,6                                    | 140,0                                    | 254,0                                    | 251,5                    | 249,5          | 130,0                                    | 429,2          |
| 124 | 51,1  | 166,7 | 274,3 | 297,6 | 182,0 | 181,0                                    | 142,5                                    | 258,0                                    | 255,5                    | 253,5          | 132,4                                    | 440,4          |
| 126 | 52,2  | 171,4 | 281,6 | 305,2 | 187,5 | 186,5                                    | 145,0                                    | 262,0                                    | 259,5                    | 257,5          | 134,8                                    | 452,0          |
| 128 | 53,3  | 176,2 | 289,1 | 312,9 | 193,1 | 192,1                                    | 147,5                                    | 266,0                                    | 263,5                    | 261,5          | 137,2                                    | 464,0          |
| 130 | 54,4  | 181,0 | 296,8 | 320,8 | 198,9 | 197,9                                    | 150,0                                    | 270,0                                    | 267,5                    | 265,5          | 139,6                                    | 476,0          |
| 132 | 55,6  | 185,9 | 304,6 | 328,9 | 204,7 | 203,7                                    | 152,5                                    | 274,0                                    | 271,5                    | 269,5          | 142,0                                    | 488,4          |
| 134 | 56,7  | 191,0 | 312,5 | 337,1 | 210,7 | 209,7                                    | 155,0                                    | 278,0                                    | 275,5                    | 273,5          | 144,4                                    | 500,8          |
| 136 | 57,8  | 196,1 | 320,6 | 345,4 | 216,8 | 215,8                                    | 157,5                                    | 282,0                                    | 279,5                    | 277,5          | 146,8                                    | 513,4          |
| 138 | 58,9  | 201,3 | 328,9 | 353,9 | 223,0 | 222,0                                    | 160,0                                    | 286,0                                    | 283,5                    | 281,5          | 149,2                                    | 526,2          |
| 140 | 60,0  | 206,6 | 337,3 | 362,6 | 229,4 | 228,4                                    | 162,5                                    | 290,0                                    | 287,5                    | 285,5          | 151,6                                    | 539,0          |



## Underkjøling og måling av den

I kondensatoren omdannes damp til væske. Det innebærer å fjerne varme fra kuldemediet ved metnings-/kondenseringstemperaturen. Eventuell ytterligere temperaturreduksjon kalles underkjøling. Underkjølingen beregnes ved hjelp av kondenseringstrykket og to temperaturer – kondenseringstemperaturen ved målt kondenseringstrykk og temperaturen i kuldemediet ved utløpet fra kondensatoren i væskeledningen. Væskeledningstemperaturen måles i form av overfalletemperaturen på utløpsrøret fra kondensatoren, (se figur 5).

### Merk:

Kondenseringstemperaturen finnes ved hjelp av et PT-diagram. For nye kuldemedieblandinger med stor temperaturglidning brukes kokepunktet (bubble point, BP), se figur 2.

La anlegget kjøre lenge nok til at temperaturen og trykket stabiliseres før du måler underkjølingen med en termometer av rørtangtype eller med borrelåsprobe. Kontroller at det er normal luftstrømning og finn deretter væsketemperaturen ved å klemme en termometer av rørtangtypen rundt væskeledningen.

Koble trykk/vakuummодуль til en påfyllingsstuss på væskeledningen (eller utløpsrøret fra kompressoren dersom det ikke er noen serviceventilstuss på væskeledningen). Noter væskeledningens temperatur og trykk. Konverter væskeledningstrykket til temperatur ved hjelp av et PT-diagram for den aktuelle kuldemedietypen. Forskjellen mellom de to temperaturene er underkjølingsverdien.

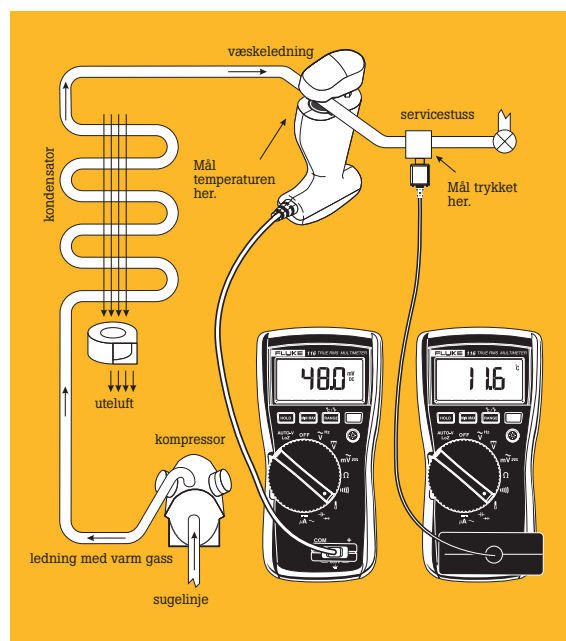
## Feilsøking

Data fra overhetings- og underkjølingsmålinger kan være nyttige for å fastslå tilstanden i ulike deler av HVAC/R-anlegget, inkludert mengden kuldemedium, og de kan vise hvor godt måleenheten virker. Målingene kan også brukes til å finne virkningsgraden til kondensatoren, fordampere og kompressoren.

Før du trekker konklusjoner på grunnlag av de målte dataene, er det viktig å kontrollere eksterne forhold som påvirker ytelsen til anlegget. Spesielt bør du sjekke nettspenningen til kompressormotoren og tilhørende laster, og at luftstrømningen over coil-overflatene er riktig. Husk å se etter åpenbare problemer ved coil-overflatene, som skitne luftfiltre oppstrøms for fordampere, og løv og skrot utvendig, som hindrer luftstrømmen gjennom kondensatoren.

## Bruk av overheting til feilsøking

Overhetingsverdien kan indikere forskjellige systemproblemer, inkludert tett filtertørker, underfylt anlegg, overfylt anlegg, defekt måleanordning, begrenset luftstrømning eller feil viftemotor eller blåseretning. Overhetingen i sugeledningen er et godt sted å starte diagnostiseringen, fordi en lav avlesning kan tyde på at flytende kuldemedium kan komme inn i kompressoren. Ved normal drift blir kuldemediet overhettet til godt over kokepunktstemperaturen i fordampere, for å sikre



**Figur 5** Underkjøling: Kontroller at luftstrømmen er normal og klem en termometer av rørtangtype eller med borrelåsprobe på væskerøret. Noter temperaturen. Fest deretter trykk-/vakuummодуль til en stuss på væskeledningen og mål trykket. Finn kondenseringstemperaturen ved hjelp av PT-diagrammet for den aktuelle kuldemedietypen. Underkjølingsverdien er differansen mellom temperaturene.

at kompressoren kun trekker inn gass og ikke flytende kuldemedium. På tradisjonelle HVAC/R-anlegg som benytter mekaniske måleanordninger, for eksempel termostatisk ekspansjonsventil eller kapillarrør, vil overhetingen variere mellom  $-13^{\circ}\text{C}$  og  $-6,7^{\circ}\text{C}$ . På nyere anlegg som bruker elektroniske ekspansjonsventiler og halvlederregulatorer, er det mulig å se overhetingsinnstillinger så lave som  $-15^{\circ}\text{C}$  til  $-12^{\circ}\text{C}$ .

Viser en avlesning lav eller ingen overheting, er det en indikasjon på at kuldemediet ikke tok opp nok varme i fordampere til å fordampe fullstendig. Flytende kuldemedium som trekkes inn i kompressoren, forårsaker ofte væskeslag. Det kan skade kompressorventilene og/eller innvendige mekaniske komponenter. I tillegg kan flytende kuldemedium blandes med oljen i kompressoren. Da blir det dårligere smøring som fører til økt slitasje og for tidlig svikt.



På den annen side, dersom en avlesning viser at overhetingen er for stor – over  $-6,7^{\circ}\text{C}$  til  $-1^{\circ}\text{C}$ , betyr det at kuldemediet har tatt opp mer varme enn normalt eller at fordampere får for lite kuldemedium. Mulige årsaker til denne tilstanden, kan være at en måleinnretning slipper gjennom for lite, er feiljustert eller rett og slett defekt. Andre problemer som gir stor overheting kan være at det er for lite kuldemedium i anlegget, hindringer i ledningene, fuktighet i systemet, en blokkert filtertørker eller for høy fordampervarme.

### Bruk av underkjøling ved feilsøking

Feil underkjølingsverdi kan skyldes forskjellige problemer i anlegget, inkludert overfylling, underfylling, hindringer i væskeledningen eller utilstrekkelig luftstrømning gjennom kondensatoren (eller vannstrømning

ved bruk av vannkjølte kondensatorer). Kuldemediet er typisk underkjølt med mellom  $-12^{\circ}\text{C}$  og  $-6,7^{\circ}\text{C}$  ved kondensatorutløpet, men enkelt moderne anlegg kan ha underkjølingsverdier så lave som  $-15,5$  grader for å tilfredsstille standarder for minimums virkningsgrad.

For eksempel viser en svært lav avlesning mellom  $-17,8^{\circ}\text{C}$  og  $-12^{\circ}\text{C}$  underkjøling at kjølemediet ikke avga normal mengde varme på veien gjennom kondensatoren. Mulige årsaker til dette kan være utilstrekkelig luftstrømning over kondensatoren, problemer med måleutstyret, som overmating, feiljustering eller for stor åpning, eller det kan være for lite kjølemedium i anlegget. Ofte er problemet rett og slett at kondensatorcoilsens overflate trenger en grundig rengjøring for å fjerne det som hindrer luftstrømmen.

Overdreven underkjøling betyr at kuldemediet ble avkjølt mer enn normalt. Mulige forklaringer kan være for mye kjølemedium i anlegget, blokkering i måleutstyret, feiljustering (undermating) eller feil trykkehøyderregulering i kaldt vær.

### Prinsipper for kjølesyklusen og oppsummering av feilsøking

Neste gang du blir bedt om å utføre service eller vedlikehold på HVAC/R-utstyr, må du huske å være tålmodig og bruke prinsippene du har lært i denne brukertipsartikkelen. Sjekk overheting og underkjøling på enheten. Sørg for å gjøre en visuell inspeksjon av utstyret for å verifisere at alle coil-overflater er rene og at viftene går i riktig retning. Du må ha de rette verktøyene og kunnskap om anvendelsen av disse prinsippene for å kunne bruke verktøyet slikt det var ment. Flukes termometre, digitale multimetre, trykk/vakuumm-moduler og Fluke HVAC/R-tilbehør vil hjelpe deg med å løse problemet og reparere utstyret korrekt på første forsøk.



Måling av temperatur og sugetrykk for å beregne overheting

**Fluke.** *Keeping your world up and running.®*

**Fluke Norge AS**  
Postboks 6054 Etterstad  
0601 Oslo  
Tlf: 800 18 227  
E-mail: [cs.no@fluke.com](mailto:cs.no@fluke.com)  
Web: [www.fluke.no](http://www.fluke.no)

©2017 Fluke Corporation. Med enerett.  
Informasjonen kan endres uten varsel.  
Vi tar forbehold om trykkfeil.  
10/2017 2098397d-nor

Endring av dette dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig tillatelse fra Fluke Corporation.