

SISÄLLYSLUETTELO

LUKIJALLE.....	3	3.9 HFC-kylmäaineiden kanssa käytettävät öljyt.....	44	5 LAITOSTYYPIT JA NIIDEN TOIMINTA.....	76	9 KYLMÄLAITOKSEN VIANETSINTÄ.....	200
1 FYSIIKKA KYLMÄASENTAJILLE	6	3.10 Ammoniakin kanssa käytettävät öljyt.....	45	5.1 Kylmäsäilytys	78	9.1 Yleistä	201
1.1 Taustaa	7	3.11 Kampikammion lämmitys.....	46	5.2 Ilmastoinnin jäähdytys.....	92	9.2 Vikojen etsintä	202
1.2 Lämpötila	7	3.12 Öljyn valinta.....	46	6 KYLMÄLAITOKSEN ASENNUS JA KÄYTTÖNOTTO	106	10 KYLMÄALAN LAINSÄÄDÄNTÖ	224
1.3 Lämpö määrä	7	3.13 Puhtaus	46	6.1 Putkimateriaalit ja -koot	107	10.1 Otsonikato.....	225
1.4 Teho	8	3.14 Kylmäaineen vaihto	47	6.2 Putkityökalut ja niiden käyttö	108	10.2 Kasvihuoneilmiö.....	226
1.5 Lämmittäminen ja jäähdyttäminen	8	3.15 Esteriöljyjen käyttöturvallisuus.....	47	6.3 Putkiliitokset.....	111	10.3 Lainsäädäntö	228
1.6 Olomuodot ja niiden muutokset	9	4 KYLMÄLAITOKSEN KOMPONENTIT JA NIIDEN TOIMINTA	48	6.4 Kylmäaineputkiston asennus.....	114	11 TERMODYNAMIIKAN PERUSTEET	232
1.7 Sulaminen ja jäähdyttäminen.....	9	4.1 Kompressori	50	6.5 Paine-koet, tyhjiöiminen, täyttö ja talteenotto.....	120	11.1 Yleistä	233
1.8 Höyrystyminen ja lauhtuminen.....	10	4.2 Lauhdutin	54	6.6 Kylmälaitoksen säätö, koekäyttö ja mittaukset.....	135	11.2 Termodynamiikan pääsäännöt	234
1.9 Lämmönsiirto.....	11	4.3 Termostaattinen ja elektroninen paisuntaventtiili	56	7 KYLMÄLAITTEIDEN SÄHKÖISTYS.....	142	11.3 Paine.....	241
1.10 Lämpölaajeneminen.....	12	4.4 Höyrystin.....	58	7.1 Sähköalan määräykset	143	11.4 Aineen olomuodot	244
1.11 Paine.....	12	4.5 Puhallin	60	7.2 Kompressorit.....	144	11.5 Olomuodon muutokset.....	245
1.12 Tehtäviä.....	13	4.6 Putkisto	61	7.3 Puhaltimet	147	11.6 Lämpökapasiteetti ja ominaislämpökapasiteetti	251
2 KYLMÄTEKNINEN KIERTOPROSESSI.....	14	4.7 Öljynerotin ja öljynpalautusjärjestelmä.....	61	7.4 Sähkövastukset.....	150	11.7 Lämpöteho.....	252
2.1 Periaate	15	4.8 Öljy kylmäaineessa	62	7.5 Käynnistystavat.....	155	11.8 Lämpöenergia.....	254
2.2 Log p,h -tilapiirros.....	17	4.9 Suodatinkuivain ja vesi kylmäaineessa.....	63	7.6 Sähköiset suojalaitteet	162	11.9 Lämmön siirtyminen	255
2.3 Häviötön kiertoprosessi log p,h -tilapiirroksessa	24	4.10 Termostaatti.....	64	7.7 Ohjaukset	168	11.10 Lämpölaajeneminen.....	260
2.4 Todellinen kiertoprosessi log p,h -tilapiirroksessa	27	4.11 Paine-kytkin	65	7.8 Säätimet ja säätöjärjestelmät.....	173	12 TULISTUMISEN JA ALIJÄÄHTYMISEN MÄÄRITTÄMINEN.....	262
3 KYLMÄAINEET JA KYLMÄKONEÖLJYT	30	4.12 Magneettiventtiilit.....	66	7.9 Sähköinen vianhaku	183	12.1 Johdanto	263
3.1 Yleistä	31	4.13 Sulku- ja yksisuuntaventtiilit	67	7.10 Johtojen asennus.....	189	12.2 Alijäähtymisen ja tulistumisen mittaaminen.....	263
3.2 Kylmäaineiden jaottelu.....	32	4.14 Vesiventtiili.....	68	8 KYLMÄLAITOKSEN HUOLTO	192	12.3 Alijäähtymisen ja tulistumisen arviointi.....	267
3.3 Kylmäaineiden numerointi.....	35	4.15 Lämmönsiirrin.....	69	8.1 Yleistä	193	Kuvaluettelo	269
3.4 Kylmäaineiden turvallisuusluokitus.....	39	4.16 Moduloivat paineensäätimet.....	70	8.2 Tarkastuskäynti.....	193		
3.5 Kylmäaineiden käyttöturvallisuus.....	40	4.17 Imusuodatin ja palamisjättesuodatin.....	73	8.3 Käytön seuranta	194		
3.6 Yleisimmät kylmäaineet	41	4.18 Pisaranerotin	74	8.4 Huoltokäynti.....	194		
3.7 Kylmäkoneöljyjen käyttötarkoitus.....	43	4.19 Mittarit.....	74	8.5 Vuosihuolto	194		
3.8 CFC- ja HCFC-kylmäaineiden kanssa käytettävät öljyt.....	44	4.20 Elektroniset säätimet.....	75	8.6 Kylmä- ja jäähdytyslaitosten huolto.....	194		
				8.7 Kylmälaitoksen komponenttien huolto.....	197		
				8.8 Säännöllisen huollon merkitys.....	199		

Jaottelu halogeenimolekyylin mukaan

Kuten edellä mainittiin, kylmäaineet ovat pääsääntöisesti hiilivetyjä, joiden vetyatomeja on eri tavoin prosessoimalla korvattu halogeenimolekyyleillä. Lainsäädännössä kylmäaineiden jaottelu tehdään juuri näiden halogeenimolekyyliperusteella. Halogeenihiilivedyt voidaan jakaa halogeenimolekyyliperusteella seuraaviin ryhmiin:

CFC-kylmäaineet	Täysin halogenoituja hiilivetyjä (= eivät sisällä lainkaan vetyä), jotka sisältävät klooria, fluoria ja hiiltä (eng. Chloro-Fluoro-Carbon). Kylmäaineita, joilla on suuri otsoni- ja merkittävä kasvihuonehaitallisuus.
HCFC-kylmäaineet	Osittain halogenoituja hiilivetyjä, jotka sisältävät vetyä, klooria, fluoria ja hiiltä (eng. Hydro-Chloro-Fluoro-Carbon). Kylmäaineita, joilla on pieni otsoni- ja merkittävä kasvihuonehaitallisuus.
HFC-kylmäaineet	Osittain halogenoituja hiilivetyjä, jotka sisältävät vetyä, fluoria ja hiiltä (eng. Hydro-Fluoro-Carbon). Otsonihaitattomia kylmäaineita, mutta niillä on merkittävä kasvihuonehaitallisuus.
HFO-kylmäaineet	Osittain halogenoituja ja tyydyttymättömiä (= vähintään yksi hiiliatomien välinen kaksoissidos) hiilivetyjä, jotka sisältävät vetyä, fluoria ja hiiltä (eng. Hydro-Fluoro-Olefin). Otsonihaitattomia kylmäaineita, joilla on erittäin pieni kasvihuonehaitallisuus.
PFC-kylmäaineet	Täysin halogenoituja hiilivetyjä, jotka sisältävät ainoastaan fluoria ja hiiltä (eng. Per-Fluoro-Carbon). Otsonihaitattomia kylmäaineita, mutta niillä on merkittävä kasvihuonehaitallisuus.

HFC-, PFC- ja HFC/HFO-kylmäaineet ovat ns. fluorihiihivetyjä ja niitä kutsutaan yleisesti **F-kaasuiksi**. Yksikomponenttiset HFO-kylmäaineet eivät kuulu F-kaasuihin.

Näiden ryhmien lisäksi on olemassa vielä ryhmä kylmäaineita, jotka eivät sisällä lainkaan halogeenimolekyylejä. Näitä kylmäaineita kutsutaan **luonnonmukaisiksi kylmäaineiksi** (eng. natural refrigerants). Tällaisia kylmäaineita ovat muiden muassa puhtaat hiilivedyt, ammoniakki ja hiilidioksidi. Näitä aineita esiintyy luonnossa sellaisenaan, eivätkä ne ole haitallisia ilmakehän otsonikerrokselle, ja niiden kasvihuoneilmiötä lisäävä vaikutus on nolla tai lähes nolla. Luonnonmukaiset kylmäaineet voidaan jakaa kahteen ryhmään:

HC-kylmäaineet	Puhtaat hiilivedyt (eng. Hydro-Carbon). Otsonihaitattomia kylmäaineita, joiden kasvihuonehaitallisuus on 0 tai lähes 0.
Epäorgaaniset kylmäaineet	Puhtaat epäorgaaniset yhdisteet (eng. Inorganic Compounds). Otsonihaitattomia kylmäaineita, joiden kasvihuonehaitallisuus on 0 tai lähes 0.

Kylmäaineiden käyttörajoituksia

Halogeenihiilivetyjen ilmakehälle haitallisten ominaisuuksien vuoksi niiden käyttöä on rajoitettu viime vuosina runsaasti lainsäädännöllisin keinoin. Nämä rajoitukset esitetään tämän kirjan luvussa 10 Kylmäalan lainsäädäntö.

Uusissa kylmälaitoksissa käytettävien kylmäaineiden ODP-luku täytyy olla 0 ja GWP-luku < 2500.

Luonnonmukaisille kylmäaineille ei ole asetettu vastaavia käyttörajoituksia. Puhtaat hiilivedyt ovat kuitenkin ensimmäisen luokan palavia nesteitä ja epäorgaanisista kylmäaineista esimerkiksi ammoniakki on ensimmäisen

luokan palava neste ja myrkykky. Näiden haitallisten ominaisuuksien vuoksi näitä kylmäaineita käytettäessä joudutaan rakentamaan erikoiskonehuonetilat. Tämä vaatimus asettaa rajoituksia näiden kylmäaineiden käytettävyydelle. Erikoiskonehuonetilojen rakentamista säätelee paloherkkiä ja myrkyllisiä aineita koskeva kansallinen lainsäädäntö.

3.3 Kylmäaineiden numerointi

Kylmäaineiden luokittelu ja nimeäminen kemiallisen koostumuksen mukaan helpottaa kylmäaineiden erottelua toisistaan ja auttaa ymmärtämään niiden välisiä kemiallisia koostumuseroja. Kylmäaineiden nimeäminen perustuu kirjaintunnukseen ja sitä seuraavaan numero-osaan. Kylmäaineille kirjaintunnus on **R**, joka on lyhenne englannin kielen sanasta refrigerant (= kylmäaine). Kirjainta R seuraava numero määräytyy kylmäaineen ominaisuuksien ja koostumuksen perusteella.

Viralliset tunnukset kylmäaineille myöntää yhdysvaltalainen LVIJ-tekniikan etujärjestö ASHRAE (American Society of Heating, Ventilation and Refrigerating Engineers).

Seuraavassa käydään läpi kylmäaineiden numeroinnin periaatteet ja se, kuinka kylmäaineiden koostumus vaikuttaa numerointiin.

Yksikomponenttiset hiilivedyt ja halogeenihiilivedyt

Hiilivedyille ja hiilivedyistä prosessoiduille yksikomponenttisille halogeenihiilivedyille kylmäaineen numero saadaan laskettua matemaattisen kaavan avulla. Hiilivedyn, HC, kemiallinen kaava määritellään seuraavasti:

$$HC = C_m H_{2m+2} \quad (3.1)$$

m hiiliatomien lukumäärä [kpl]

Kun hiilivetyä prosessoidaan korvaamalla sen vetyatomeja halogeenimolekyyleillä, saadaan halogeenihiilivedyn, HC_{bal} , kemiallinen kaava määriteltyä seuraavasti:

$$HC_{bal} = C_m H_n F_p Cl_q Br_r I_s \quad (3.2)$$

m hiiliatomien lukumäärä [kpl]
 n vetyatomien lukumäärä [kpl]
 p fluoriatomien lukumäärä [kpl]
 q klooriatomien lukumäärä [kpl]
 r bromiatomien lukumäärä [kpl]
 s jodiatomien lukumäärä [kpl]

Yhtälö (3.2) on muokattu seuraavaan muotoon (3.3), jonka avulla hiilivetyjen ja halogeenihiilivetyjen numerotunnus voidaan laskea, kun tiedetään kylmäaineen kemiallinen koostumus:

$$R(x)(m-1)(n+1)(p)B(r)I(s) \quad (3.3)$$

x tyydyttymättömien hiilisidosten lukumäärä [kpl]

Sulkutermit kirjaimen R jälkeen vastaavat numeroa ja ne merkitään numerotunnukseen seuraavasti:

- (x) Tyydyttymättömien hiilisidosten lukumäärä yhdisteessä. Jos luku on 0, se jätetään luvusta pois. Käytännön kylmäaineissa ainoastaan eteeniryhmän kylmäaineissa on tyydyttymättömiä hiilisidoksia.
- ($m-1$) Hiiliatomien lukumäärä yhdisteessä vähennettynä yhdellä. Jos luku on 0, se jätetään luvusta pois.
- ($n+1$) Vetyatomien lukumäärä yhdisteessä lisättyä yhdellä. Luku ilmoitetaan tunnusluvussa aina.



OPETUSHALLITUS
UTBILDNINGSTYRELSEN

4.1 Kompressorit

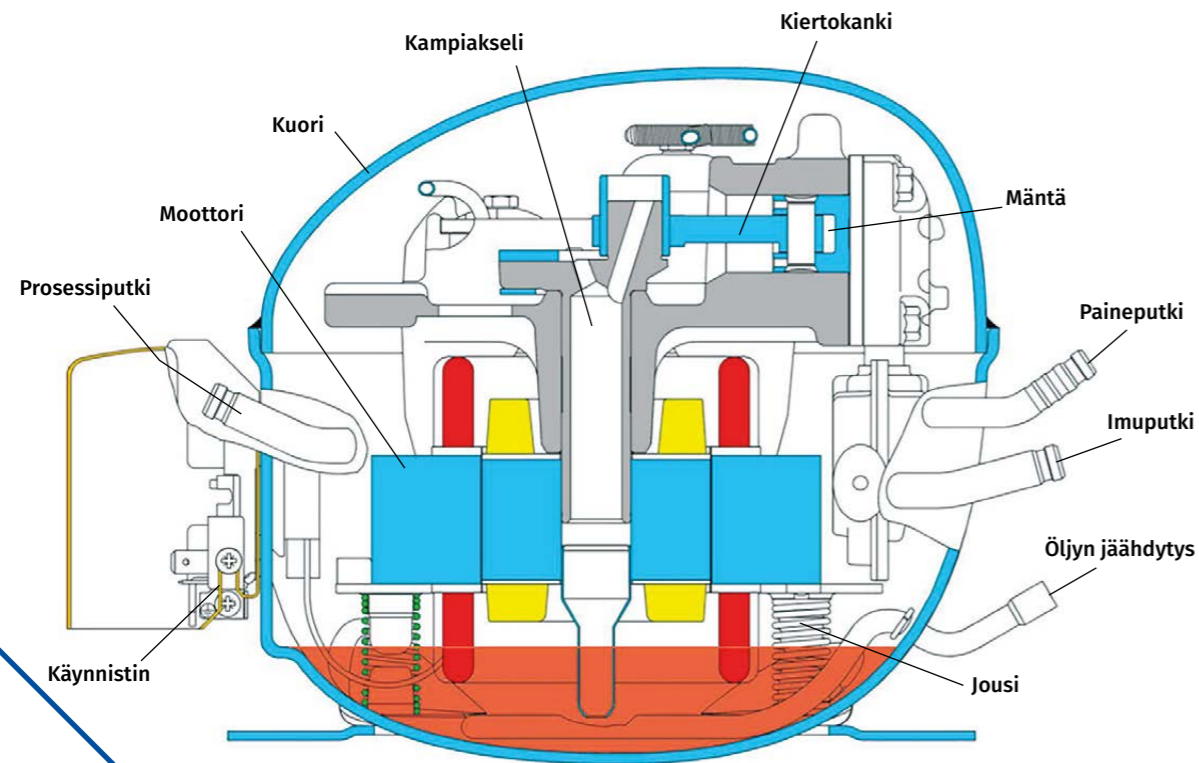
Kompressorin tehtävänä on kylmäaineen paineen korottaminen höyrystyslämpötilasta lauhtumislämpötilaan. Tämän paineron vuoksi kylmäaine siirtyy lauhtuttimesta höyrystimeen.

Kompressorit jaetaan rakenteen mukaan hermeettisiin, puolihhermeettisiin ja avokompressoreihin.

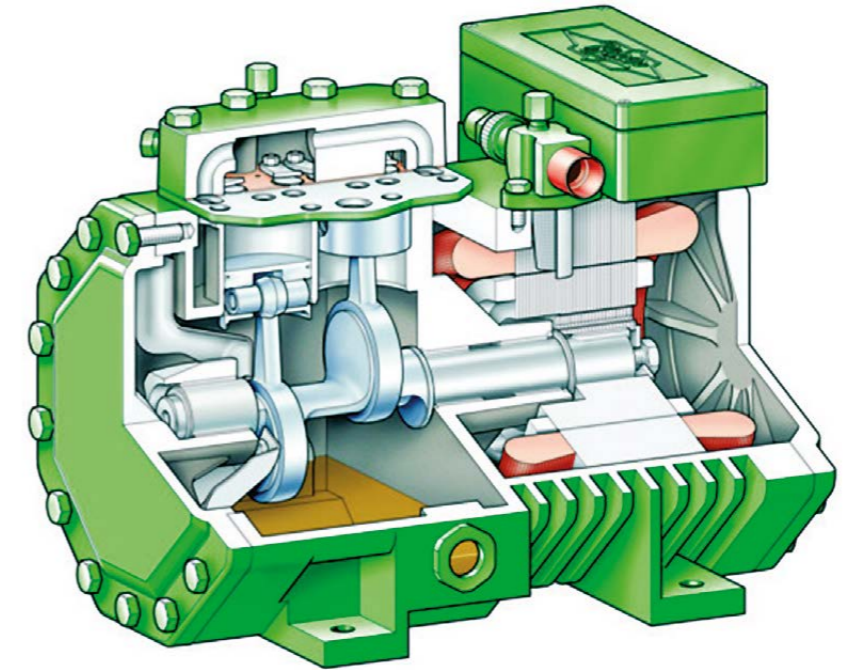
Hermeettisessä kompressorissa sähkömoottori ja kompressorin osat ovat tiiviin, hitsatun kuoren sisällä. Kuvassa 4.2 on hermeettisen mäntäkompressorin leikkauskuva. Sähkömoottori ja siihen liittyvät kompressorin osat ovat

kuoren sisällä jousien varassa, jotta männän edestakaisen liikkeen aiheuttamat värinät vaimenevat. Sähkömoottorin akseli toimii myös kompressorin kampiakselina. Kiertokanki on laakeroitu akseliin epäkeskeisesti, millä moottorin pyöriessä saadaan aikaan männän edestakainen pumppausliike sylinterissä.

Kylmäainehöyry johdetaan putkea pitkin kompressorin kuoren sisälle, jossa se jäähdyy sähkömoottoria. Höyry imetään sylinteriin, josta mäntä pumppaa sen äänenvaimentimen kautta paineputkeen ja edelleen kompressorin kuoren läpi kohti lauhtutinta.



Hermeettinen mäntäkompressorit



Kuva 4.3 Puolihhermeettinen mäntäkompressorit

Kompressorin voitelu perustuu keskipakovoimaan. Moottorissa on ontto akseli. Moottorin pyöriessä öljy nousee akselin sisällä ylöspäin. Akselin yläpäässä olevien reikien kautta öljy johdetaan voitelemaan kiertokangen ja moottorin laakereita. Öljyä myös roiskuu ympäriinsä, jolloin mäntä saa osansa voitelusta.

Hermeettisiä kompressoreita käytetään kotitalouksien jää- ja pakastekaapeissa, pienissä kaupan kylmälaitteissa ja kylmähuoneissa, ilmastoinnin jäähdytyskoneissa, vedenjäähdytyskoneissa ja lämpöpumpuissa. Hermeettisiä kompressoreita ei yleensä korjata, vaan ne vaihdetaan rikkouduttuaan.

Puolihhermeettisessä kompressorissa moottori ja kompressorit ovat avattavan kuoren sisällä, jolloin kompressorit on korjattavissa. Kuvassa 4.3 on puolihhermeettisen mäntäkompressorin leikkauskuva.

Joidenkin kompressorien moottoria jäähdytetään kompressorin tulevalle höyrylle – niitä



kutsutaan imukaasujäähdytteisiksi kompressoreiksi. Jos moottoria ei jäähdytetä höyryllä, siitä käytetään nimitystä ei-imukaasujäähdytteinen kompressorit. Tällöin moottoria jäähdytetään puhaltimella.

Kompressorissa voidaan käyttää joko roiskevoitelua tai painevoitelua. Kuvan roiskevoitelussa kompressorissa kiertoangot osuvat pyöriessään kompressorin kampikammiossa



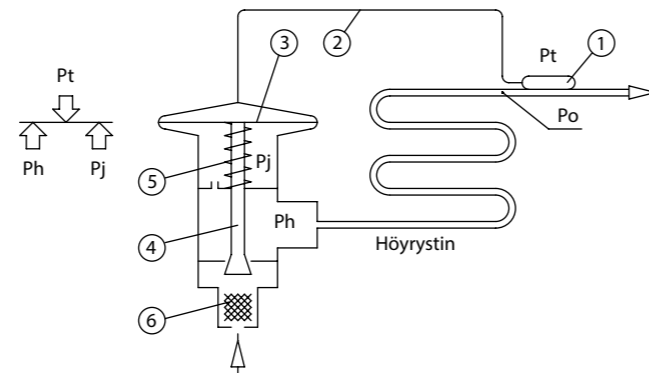
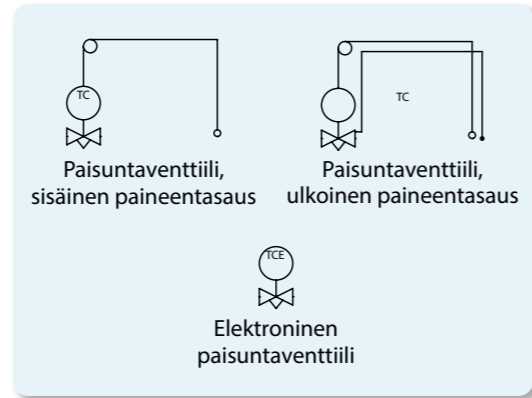
OPETUSHALLITUS
UTBILDNINGSTYRELSEN

4.3 Termostaattinen ja elektroninen paisuntaventtiili

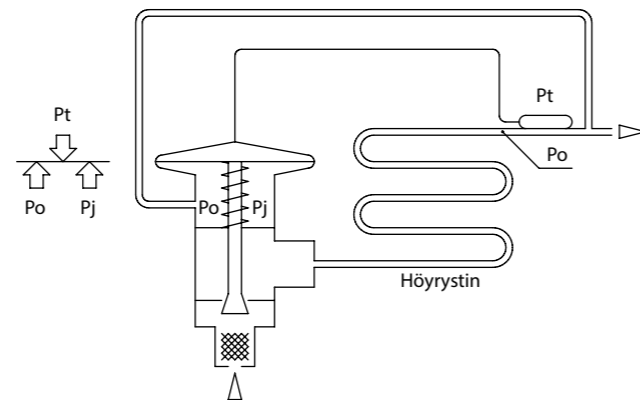
Termostaattinen paisuntaventtiili (kuva 4.11) säätelee kylmäaineen ruiskutusta höyrystimeen. Ruiskutusta ohjaa kylmäaineen tulistus. Kun tulistus suurenee, lämpötila höyrystimestä lähtevässä imuputkessa nousee. Tällöin myös höyrystimen jälkeen asennetussa tuntoelimesä (1) nousevat sekä lämpötila että paine (Pt). Paine välittyy kapillaariputkea (2) pitkin kalvon (3) yläpuolelle ja edelleen suuttimessa olevaan neulaan (4), jolloin venttiili avautuu lisää ja enemmän nestettä virtaa höyrystimeen. Kalvon alapuolella vaikuttaa paisuntaventtiilin sisällä oleva paine. Tulistusta vastaava paine-ero määräytyy jousen (5) voimasta (Pj), jota voidaan säätää ruuvilla. Suuttimen tukkeutuminen pyritään estämään sihdillä (6).

Venttiiliä avaava voima on se tuntoelimen paine (Pt), joka kohdistuu kalvon yläpuolelle. Venttiiliä sulkevia voimia ovat paisuntaventtiilin sisällä vaikuttava paine (Ph) ja jousivoimasta aiheutuva paine (Pj), jotka molemmat kohdistuvat kalvon alapuolelle. Kun tulistus pienenee, paine kalvon yläpuolella laskee, jolloin venttiili alkaa sulkeutua. Vastaavasti, kun tulistus suurenee, nousee paine kalvon yläpuolella, jolloin venttiili alkaa avautua.

Ulkoisella paineentasauksella varustettu paisuntaventtiili eroaa sisäisellä paineen tasauksella varustetusta lähinnä siinä, että venttiilissä on kalvon alapuolella yhde. Kun tämä yhdistetään imuputkeen, vallitsee kalvon alapuolella höyrystimen jälkeinen paine (Po). Höyrystimen sisäinen painehäviö ja mahdollisen nestejakajan ja jakoputkiston painehäviöt vaikuttavat paisuntaventtiilin toimintaan. Höyrystimen pinta-ala hyödynnetään. Kuvassa 4.12 on ulkoisella paineentasauksella varustetun paisuntaventtiilin toimintaperiaate.



Kuva 4.11 Termostaattinen paisuntaventtiili, jossa on sisäinen paineentasaus



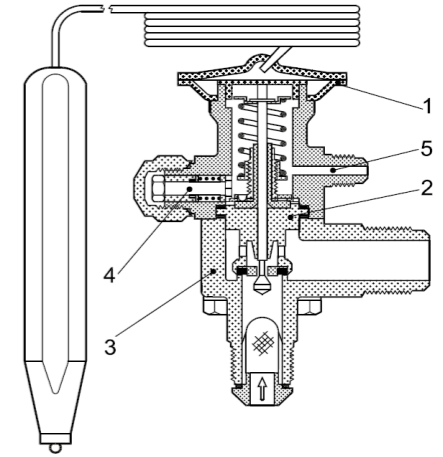
Kuva 4.12 Ulkoisella paineentasauksella varustetun paisuntaventtiilin toimintaperiaate

Pakastevarastoissa käytetään usein ns. MOP-paisuntaventtiileitä (Maximum Operating Pressure; suurin toimintapaine). Niiden tuntoelin on täytetty siten, että tuntoelimen lämpötilan noustua riittävän korkeaksi on kaikki siinä ollut neste höyrystynyt eikä venttiili avaudu enempää. Näin höyrystymispaine ei nouse liian korkeaksi, jolloin kompressorin moottori voisi ylikuormittua tai lauhtumispaine kohota liian korkeaksi.

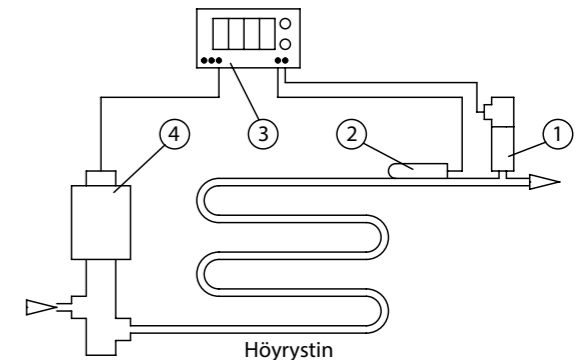
Selvitä itsellesi kuvan 4.13 termostaattisen paisuntaventtiilin toiminta.

Varsinkin kaupan kylmälaitteissa ja vedenjäähdytyskoneistoissa käytetään kuvan 4.14 kaltaisia elektronisia paisuntaventtiileitä (4). Toimintaperiaatteeltaan ne voivat olla pulssittavia, askelmoottoreita tai jatkuvasti säätäviä. Säädin (3) ohjaa venttiilin toimintaa tulistuksen mukaan, joka määritetään yleensä mittaamalla lämpötila lämpötila-anturilla (2). Paine määritetään painelähtetimestä (1).

Pulssittava venttiili toimii jaksoissa, joiden aikana venttiili voi olla auki tai kiinni. Jos jakson pituus on 6 sekuntia, on venttiili 50 prosentin teholla auki 3 sekuntia ja kiinni 3 sekuntia. Askelmoottorilla varustettu venttiili avautuu ja sulkeutuu pienin portain. Venttiilin tyypin ja tehon mukaan voi moottorissa olla muutamasta sadasta muutamaan tuhanteen porrasta. Jatkuvasti säätävä venttiili toimii portaattomasti.



Kuva 4.13 Termostaattinen paisuntaventtiili



Kuva 4.14 Elektroninen paisuntaventtiili



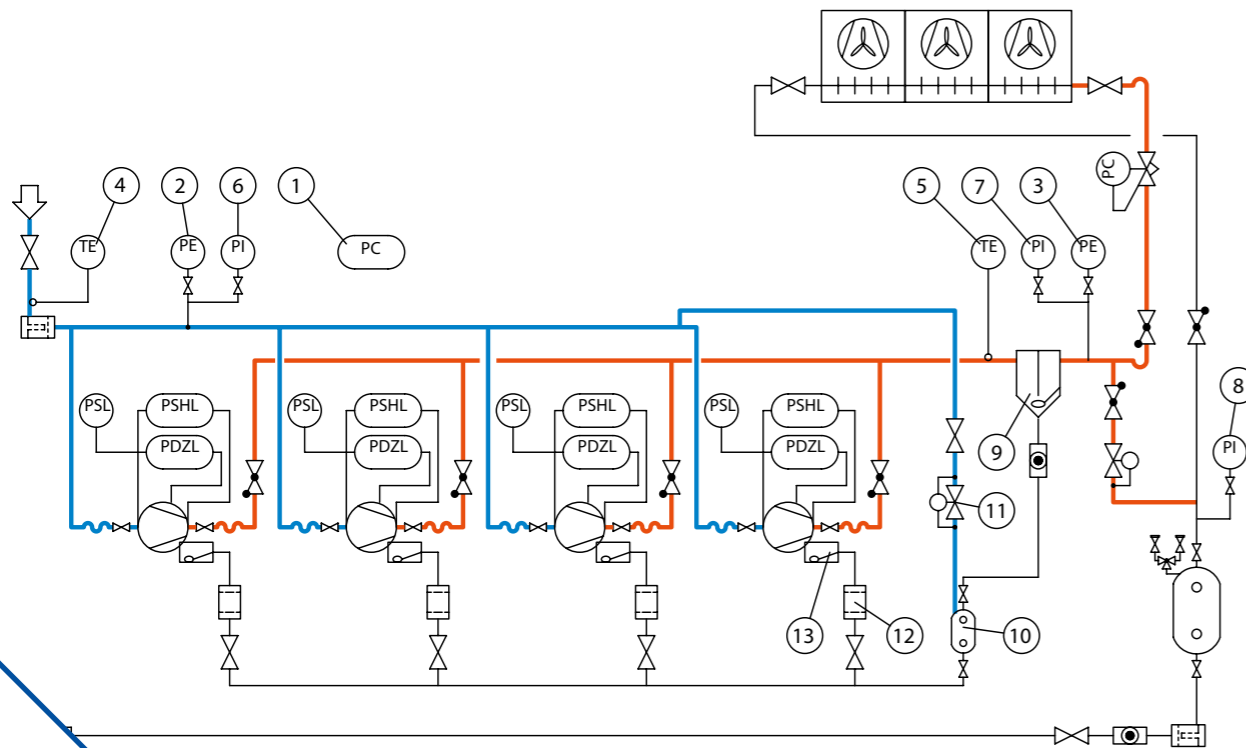
OPETUSHALLITUS
UTBILDNINGSTYRELSEN

Kaupan rinnan kytketyt koneistot

Suurta jäähdytystehoa, hyvää tehonsäätöä ja käyttövarmuutta tarvitsevilla kohteissa käytetään usein rinnan kytkettyjä koneistoja, joissa on kytketty rinnan 2–6 kompressoria. Kuvassa 5.15 on esimerkiksi kaupan kylmäkalusteita ja huoneita jäähdyttävä koneisto, jossa on 4 kompressoria. Kompressorien käyntiä ja vuorottelua ohjataan säätimellä (1) koneiston imupaineen mukaan, jota mitataan painelähtettimellä (2). Vastaavasti säädin (1) ohjaa lauhtuttimen puhallinmoottoreita lauhtumispaineen mukaan, jota mitataan painelähtettimeillä (3). Säädin myös valvoo imukaasun

(4) ja kuumakaasun (5) lämpötilaa lämpötilantureilla. Koneisto varustetaan perinteisillä painemittareilla, joilla voidaan seurata imupainetta (6), lauhtumispainetta (7) sekä usein myös varaajan painetta (8).

Koneisto on varustettu yhteisellä öljynerottajalla (9), josta öljy johdetaan öljysäiliöön (10). Öljysäiliö on varustettu paine-eruventtiilillä (11), jonka avulla paine pidetään hieman kompressorien imupainetta korkeamana. Öljysäiliöstä öljy johdetaan suodattimen (12) kautta kompressorin öljypinnan säätimelle (13).



Kaupan rinnan kytketty kompressorikoneisto



OPETUSHALLITUS
UTBILDNINGSTYRELSEN

OPPIMATERIAALIT
LÄROMEDEL

Teollisuuden kylmäkoneistot

Teollisella kylmällä tarkoitetaan kylmälaitteita, joita käytetään elintarvike-, kemian- ja prosesseollisuudessa, tekojääradoissa ja suurissa lämpöpumpuissa.

Elintarviketeollisuuden kohteita ovat mm. panimot, meijerit, lihan- ja kalanjalostuslaitokset, valmisruokateollisuus sekä suuret kylmä- ja pakkasvarastot.

Varsinkin panimo- ja lihanjalostusteollisuudessa on käytetty kylmäaineena ammoniakia. Työtiloissa, joissa on paljon väkeä, käytetään usein välillistä jäähdytystä.

Teollisuuden kylmäkoneistoja tarkastellaan tarkemmin esimerkiksi kirjassa Kylmälaitoksen suunnittelu.



Kuva 5.16 Teollisuuden kylmäkoneisto



Kuva 6.22 Mekaaninen tyhjiömittari, jossa yksi viivanväli vastaa 1000 Pa.

Elektronista tyhjiömittaria käytettäessä sitä tulee pitää pystyasennossa, jottei laitteen sisään pääse öljyä tai muuta epäpuhtautta. Kun tyhjiömittaria ei käytetä, sen yhteisiin laitetaan suojahatut estämään lian ja kosteuden pääsy laitteen sisään. Monella on kokemuksia siitä, ettei elektroninen tyhjiömittari kestä talvipakkasilla huoltoauton perässä. Jos yhteydet ovat auki, ulkolämpötilan sahatessa ylös alas mittarin sisälle kondensoituu kosteutta, joka rikkoo mittarin.

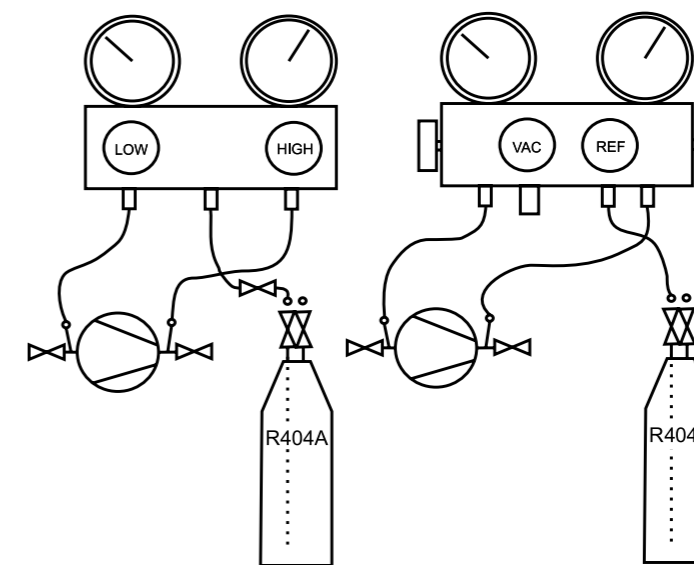
Kylmäaineen täyttö

Kun kylmäputkisto on tyhjiöity, ja on todettu, ettei vuotoja ole, voidaan tehdä kylmäainetäyttö. Tyhjiöpumppu ja -mittari pitää irrottaa ja jommankumman tilalle kytkeä letkulla kylmäainepullo. Tällöin letkussa on yleensä ilmaa, jonka pääsy kylmälaitokseen on estettävä. Letku voidaan ilmata jättämällä se huoltomittarisarjan liittimessä kiristämättä ja päästämällä pieni määrä kylmäainetta sen läpi. Kylmäainepullo laitetaan vaa'alle ja sen näyttö nollataan. Vaa'asta nähdään kiloina kylmälaitoksen täyttömäärä.

Kylmäkoneiston putkistossa on tyhjiöinnin jälkeen hyvin matala paine, ja kylmäainepullossa on korkeampi, kyseessä olevan kylmäaineen lämpötilaa vastaava paine. Kun venttiilit avataan, kylmäaine virtaa putkistoon.



Kuva 6.23 R32-kylmäainepulloja



Kuva 6.24 Kylmäainetäytön kytkentä

On turvallisinta tehdä kylmäainetäyttö nesteenä tyhjiöidyn laitteen painepuolelle. Näin kompressoria käynnistettäessä ei ole vaarana, että imuputkessa oleva nestemäinen kylmäaine rikkoo kompressorin. Näin saadaan aikaiseksi alkutäyttö, minkä jälkeen kompressori voidaan käynnistää. Sarjan 400 kylmäaineet, joilla on liukuma, on aina muistettava täyttää nesteinä.

Huoltomittarisarjan painepuolen venttiili suljetaan, kun kompressori käynnistetään. Kompressorin käydessä nestelasissa nähdään voimakasta kuohumista, joka kertoo nestevajauksesta, ja imupuolen paine lähtee laskemaan. Tällöin voidaan varovasti päästää kylmäainetta imupuolelle niin, ettei nestemäistä kylmäainetta joudu kompressorin puristustilaan. Kylmäaineen täyttämistä jatketaan, kunnes kuplat häviävät nestelasista. Kun nestelasista menee läpi pelkästään nestettä, se kertoo oikeasta täyttömäärästä sen hetkisisä olosuhteissa.

Näin kesällä tehty täyttömäärä ei välttämättä ole oikea talvikeleillä, jolloin suurempi osa kylmäaineesta on lauhduttimella nestemuodossa. Kesällä, kun lauhdutinpaineen säätöventtiili ei ole toiminnassa, lauhduttimessa on kylmäainemäärä, joka vastaa noin 20 % lauhduttimen sisätilavuudesta. Talvella lauhdutin saattaa olla lähes täynnä nestemäistä kylmäainetta lauhdutinpaineen säätöventtiilin patoamana. Sitä varten pitäisi siis täyttää lähes lauhduttimen sisätilavuutta vastaava määrä kylmäainetta kesällä nestelasin kuplinnan loppumisen jälkeen. Käytännössä lopullinen täyttö tehdään yleensä talvella. Kun varaajaan on laitettu uimuriin perustuva nestepinnan vartija, saadaan hälytys siitä, koska kylmäainetta pitää mennä lisäämään.

Turvallisempi paikka täytöksen tekemiseen on käyttää erillistä, varaajan jälkeen nesteputkessa olevaa täyttöyhdyttä. Kun varaajalta lähtevässä linjassa oleva sulkuventtiili suljetaan, odotetaan, että paine nestelinjassa laskee, ja

