

KYLMÄAINETILANNE 2008

YLEISTÄ

Kylmäaineet ovat nesteytettyjä kaasuja, joita käytetään väliaineina lämmön siirtämiseen kylmäkoneistoissa.

Kylmäaineiden käyttö kylmäkoneistoissa perustuu niiden kykyyn muuttaa olomuotoa nestemäisestä kaasumaiseksi ottaessaan vastaan lämpöä ympäristöstään, tai kaasumaisesta nestemäiseksi luovuttaessaan lämpöä ympäristöönsä. Tätä olomuodon muutosta hyväksikäyttäen saadaan suuriakin lämpökuormia siirrettyä suhteellisen pienellä kylmäaineen massavirralla. Kylmäaineen ominaisuudet riippuvat suuresti siihen kulloinkin vaikuttavasta paineesta ja lämpötilasta.

KYLMÄAINEIDEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSIA KUVAAVAT TUNNUSLUVUT

Ympäristöystävällisyydellä tarkoitetaan kylmäaineiden yhteydessä yleensä haitattomuutta ilmakehän otsonikerrokselle ja mahdollisimman vähäistä kasvihuoneilmiötä lisäävää vaikutusta. Otsonihaitattomuus edellyttää, ettei kylmäaine sisällä klooria (Cl) eikä bromia (Br). Kylmäaineiden ympäristövaikutuksia kuvataan seuraavilla tunnusluvuilla:

ODP	Luku, joka ilmoittaa kylmäaineen suhteellisen otsonihaitallisuuden (eng. O tzone D epletion P otential). Referenssilukuna käytetään kylmäaineen R11 lukua, jolle on annettu arvo 1,0. Asteikko on 0...1,0.
GWP	Luku, joka ilmoittaa kylmäaineen kasvihuonehaitallisuuden (eng. G lobal W arming P otential). Vertailulukuna käytetään hiilidioksidin (CO ₂) haitallisuuslukua, jonka arvo on 1,0. GWP-luvut ilmoitetaan yleensä 100 vuoden ajanjaksolle laskettuina arvoina. Asteikko on 0:stä ylöspäin (esim. R134a:lla 1300).
TEWI	Luku, joka ilmoittaa kylmälaitoksen elinaikanaan tuottaman kasvihuonehaitallisuuden kg:na CO ₂ :ta (eng. T otal E quivalent W arming I mpact). TEWI-luvut ilmoitetaan yleensä 100 vuoden ajanjaksolle laskettuina arvoina. Asteikko on 0:sta ylöspäin.

Mitä suurempia ODP-, GWP- ja TEWI- luvut ovat, sitä haitallisempia ne ovat ilmakehälle.

KYLMÄAINEIDEN TURVALLISUUSLUOKITUS

Kylmäaineet jaetaan ryhmiin niiden terveys- ja turvallisuusvaikutusten mukaan. Käytännössä tämä tarkoittaa kylmäaineiden jaottelua niiden myrkyllisyyden ja syttymisherkkyiden mukaan. Kylmäaineille viralliset turvallisuusluokitukset myöntää amerikkalainen LVIJ- tekniikan etujärjestö ASHRAE.

Myrkyllisyysluokitus

Kylmäaineet jaetaan kahteen ryhmään niiden myrkyllisyyden mukaan.

- Ryhmä A** Kylmäaineet, joilla ei ole tunnettuja haitallisia vaikutuksia ihmisiin, kun kylmäaineen keskipitoisuus ilmassa on työpäivän ja -viikon aikana jatkuvasti ≥ 400 ppm.
- Ryhmä B** Kylmäaineet, joilla on tunnettuja haitallisia vaikutuksia ihmisiin, kun kylmäaineen keskipitoisuus ilmassa on työpäivän ja -viikon aikana jatkuvasti yli 0 ppm, mutta alle 400 ppm.

Kylmäaineista voi syntyä myrkyllisiä hajoamistuotteita mikäli ne pääsevät kosketuksiin liekkien tai kuumien pintojen kanssa. Tämä on otettava huomioon, kylmäainetta sisältävien koneistojen sijoittelua suunniteltaessa.

Syttymisherkkyyssuokitus

Kylmäaineet jaetaan kolmeen ryhmään niiden syttymisherkkyyden mukaan. Syttymisherkkyydellä tarkoitetaan kylmäaineen alempaa syttymisrajaa. Alempi syttymisraja on kylmäaineen minimi-pitoisuus, joka aiheuttaa liekin syttymisen kylmäaineen ja ilman homogeenisessa seoksessa ilmakehän paineessa ja huonelämpötilassa.

- Ryhmä 1** Kylmäaineet, jotka eivät muodosta ilman kanssa syttyvää seosta millään pitoisuudella.
- Ryhmä 2** Kylmäaineet, jotka muodostavat ilman kanssa syttyvän seoksen, kun kylmäaineen pitoisuus ilmassa on $\geq 3,5$ tilavuusprosenttia.
- Ryhmä 3** Kylmäaineet, jotka muodostava ilman kanssa syttyvän seoksen, kun kylmäaineen pitoisuus ilmassa on alle 3,5 tilavuusprosenttia.

Kylmäaineseosten turvallisuusluokitus

Kylmäaineseoksilla saattavat syttymisherkkyy- ja myrkyllisyysominaisuudet muuttua koostumuksen muuttuessa niiden komponenttien erkaantuessa toisistaan. Näillä kylmäaineilla turvallisuusluokitus tehdään pahimman mahdollisen tilanteen mukaan, mikä komponenttien erkaantumisen aikana voi esiintyä.

TAULUKKO 1. Kylmäaineiden turvaluokituksen periaatteet

	Turvaryhmä	
Suuri syttymisherkkyyys	A3	B3
Pieni syttymisherkkyyys	A2	B2
Ei syttyviä	A1	B1
	Pienempi myrkyllisyys (terveydelle haitaton)	Suurempi myrkyllisyys (terveydelle haitallinen)

KYLMÄAINEIDEN JAOTTELU

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). Suuren otsoni- ja merkittävän kasvihuonehaitallisuuden omaavia kylmäaineita.
HCFC-kylmäaineet	Osittain halogenoituja hiilivetyjä, jotka sisältävät klooria, fluoria, hiiltä ja vetyä (eng. Hydro-Chloro-Fluoro-Carbon). Pienen otsoni- ja merkittävän kasvihuonehaitallisuuden omaavia kylmäaineita.
HFC-kylmäaineet	Osittain halogenoituja hiilivetyjä, jotka sisältävät fluoria, hiiltä ja vetyä (eng. Hydro-Fluoro-Carbon). Otsonihaitattomia, mutta merkittävän kasvihuonehaitallisuuden omaavia kylmäaineita.
PFC-kylmäaineet	Täysin halogenoituja hiilivetyjä, jotka sisältävät ainoastaan fluoria ja hiiltä (eng. Per-Fluoro-Carbon). Otsonihaitattomia, mutta merkittävän kasvihuonehaitallisuuden omaavia kylmäaineita.

HFC- ja PFC- kylmäaineet ovat ns. fluorihiiilivetyjä ja niitä kutsutaan yleisesti *F-kaasuiksi*.

Edellä esitettyjen ryhmien lisäksi on olemassa vielä ryhmä kylmäaineita, jotka eivät sisällä lainkaan halogeenimolekyylejä. Näitä kylmäaineita kutsutaan ns. *luonnonmukaisiksi kylmäaineiksi* (eng. natural refrigerants). Tällaisia kylmäaineita ovat mm. 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 KÄYTTÖRAJOITUKSET

Halogeenihiilivetyjen ilmakehälle haitallisten ominaisuuksien johdosta on niiden käyttöä rajoitettu lainsäädännöllisin keinoin runsaasti viime vuosina.

TAULUKKO 2. Halogeenihiilivedyille asetettuja käyttörajoituksia

Kylmäaine	Käyttörajoitukset
CFC- kylmäaineet (esim. R11, R12, R502)	<ul style="list-style-type: none"> • käyttö kielletty uusissa laitoksissa ja laitteissa 1.1.1995 alkaen • käyttö kielletty huollossa 1.1.2001 alkaen
HCFC- kylmäaineet (esim. R22, R401, R402, R403, R408, R409)	<ul style="list-style-type: none"> • käyttö kielletty uusissa laitoksissa ja laitteissa 1.1.2000 alkaen • käyttö kielletty huollossa uusilla aineilla 1.1.2010 alkaen • käyttö huollossa kierrätetyillä aineilla sallittu 31.12.2014 saakka • käyttö kielletty huollossa 1.1.2015 alkaen
HFC- ja PFC- kylmäaineet (esim. R134a, R404A, R407C, R410A, R507A)	<ul style="list-style-type: none"> • käyttö uusissa laitoksissa ja laitteissa sallittu • käyttö kielletty uusien ajoneuvojen ilmastointilaitteissa 1.1.2011 alkaen • käyttö kielletty kaikkien ajoneuvojen ilmastointilaitteissa 1.1.2017 alkaen

HCFC- kylmäaineita ei Suomessa kierrätetä, ainoastaan tuhotaan. Tämän vuoksi niiden käyttö huoltotoiminnassa loppuu käytännössä Suomessa jo 31.12.2009.

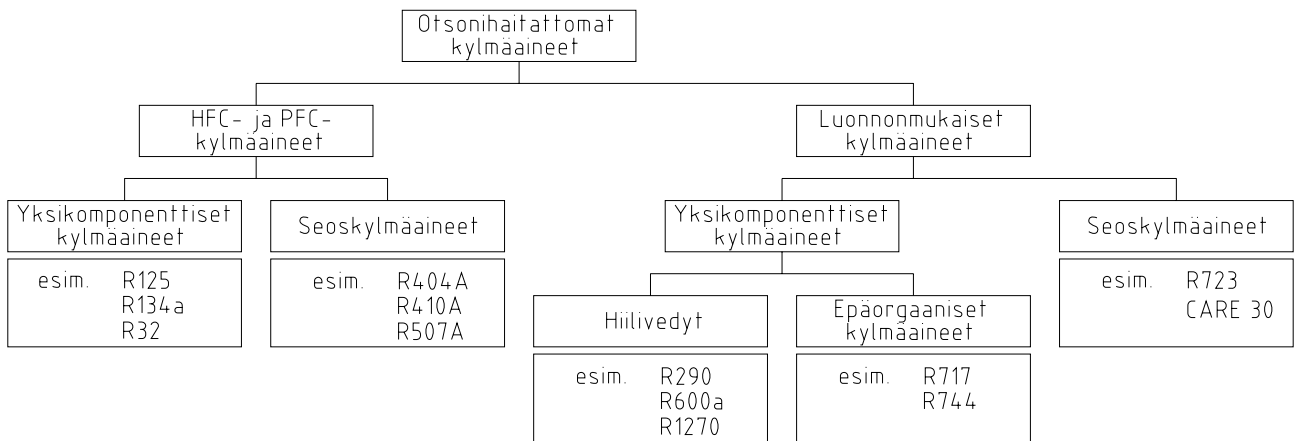
Uusissa kylmälaitoksissa käytettävien kylmäaineiden ODP- luku täytyy olla 0.

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 myrky.

Luonnonmukaisten kylmäaineiden käyttöä säätelevät painelaitelainsäädäntö (PED) sekä kansalliset palavia nestekaasuja koskeva lainsäädäntö.

YLEISIMMIN KÄYTETYT KYLMÄAINEET

Edellä esitettyjen käyttörajoitusten johdosta, voidaan todeta, että käytettävissä olevien kylmäaineiden valikoima rajoittuu kylmäaineisiin, jotka eivät ole otsonihaitallisia. Nämä kylmäaineet voidaan esittää kaaviomuodossa seuraavasti:



KUVA 1. Otsonihaitattomien kylmäaineiden jaottelu

HFC-KYLMÄAINEET

HFC-kylmäaineet uusiin laitoksiin

R134a

	R134a
koostumus	CF ₃ CH ₂ F 1,1,1,2-tetrafluorietaani
molekyylipaino [g/mol]	102,0
kiehumispiste [°C]	-26,1
kriittinen lämpötila [°C]	101,0
kriittinen paine [bar]	40,7
ODP	0
GWP	1300
turvaluokka	A1
liukuma	ei liukumaa
yhteensopivat öljyt	AB, POE, PVE, PAG

Edut:

- alhainen puristusaine
- hyvä kylmäkerroin ($t_h > -5 \text{ °C}$)
- sopii käytettäväksi myös märkähöyrysteisiin järjestelmiin
- alhainen GWP-luku

Haitat:

- pieni tilavuustuotto
- alipaine, kun $t_h < -25 \text{ °C}$

Käyttökohteita:

- kodin kylmälaitteet
- jääpalakoneistot, olutjäähdyttimet
- ilmastoinnin jäähdytyksen ruuvi- ja turbovedenjäähdytyskoneet
- ajoneuvojen kylmälaitteet
- lämpöpumput

R404A

	R404A
seos	R125/R143a/R134a
koostumus [m-%]	44/52/4%
molekyylipaino [g/mol]	97,6
kiehumispiste [°C]	-46,6
kriittinen lämpötila [°C]	72,1
kriittinen paine [bar]	37,3
ODP	0
GWP	3260
turvaluokka	A1
liukuma	0,8...0,2 °C
yhteensopivat öljyt	AB, POE, PVE, PAG

Edut:

- alhainen tulistuminen puristuksessa
- laaja käyttöalue

Haitat:

- korkeahko GWP-luku
- korkeahko puristusaine
- lämpötilaliukuma

Käyttökohteita:

- myymälöiden kylmälaitokset
- kylmä- ja pakastekoneistot
- jääratkoneistot

R407C

	R407C
seos	R32/R125/R134a
koostumus [m-%]	23/25/52%
molekyylipaino [g/mol]	86,2
kiehumispiste [°C]	-43,8
kriittinen lämpötila [°C]	86,7
kriittinen paine [bar]	46,2
ODP	0
GWP	1520
turvaluokka	A1
liukuma	7,5...3,5 °C
yhteensopivat öljyt	AB, POE, PVE, PAG

Edut:

- alhainen puristusaine
- hyvä kylmäkerroin
- melko alhainen GWP-luku

Haitat:

- suuri lämpötilaliukuma

Käyttökohteita:

- comfort-ilmastoinnin jäähdytyslaitteet (siirrettävät, ikkunakojeet, splitit)
- vedenjäähdytyskoneistot
- kaappi- ja vakioilmastointikoneet
- kompressorilauhduttimet
- lämpöpumput

R410A

	R410A
seos	R32/R125
koostumus [m-%]	50/50%
molekyylipaino [g/mol]	72,6
kiehumispiste [°C]	-51,6
kriittinen lämpötila [°C]	74,7
kriittinen paine [bar]	51,7
ODP	0
GWP	1720
turvaluokka	A1
liukuma	0,1 °C
yhteensopivat öljyt	AB, POE, PVE, PAG

Edut:

- hyvä tilavuustuotto
- laaja käyttöalue
- melko alhainen GWP-luku

Haitat:

- korkea puristusaine
- suuri tulistuminen puristuksessa

Käyttökohteita:

- comfort-ilmastoinnin jäähdytyslaitteet (siirrettävät, ikkunakojeet, splitit)
- vedenjäähdytyskoneistot
- kaappi- ja vakioilmastointikoneet

R507A

	R507A
seos	R125/R143a
koostumus [m-%]	50/50%
molekyylipaino [g/mol]	98,8
kiehumispiste [°C]	-47,1
kriittinen lämpötila [°C]	70,9
kriittinen paine [bar]	37,9
ODP	0
GWP	3300
turvaluokka	A1
liukuma	ei liukumaa
yhteensopivat öljyt	AB, POE, PVE, PAG

Edut:

- hyvä tilavuustuotto
- laaja käyttöalue
- sopii käytettäväksi myös märkähöyrysteisiin järjestelmiin
- hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet erityisesti lauhtumisessa

Haitat:

- korkeahko GWP-luku
- korkeahko puristuspaine

Käyttökohteita:

- myymälöiden kylmälaitokset
- kylmä- ja pakastekoneistot
- jääratakoneistot
- lämpöpumput

Drop in-kylmäaineet vanhoihin laitoksiin

Drop-in- kylmäaineella tarkoitetaan kylmäainetta, joka voidaan vaihtaa vanhan kylmäaineen tilalle ilman erityisiä toimenpiteitä esim. öljytyypin vaihtoa. Drop-in- kylmäaineet soveltuvat korvaaviksi kylmäaineiksi kuivahöyrysteisiin järjestelmiin.

Korvattaessa vanhoja kylmäaineita drop-in- kylmäaineilla tulee pitää mielessä, että vaihdon seurauksena saattaa olla:

- järjestelmän jäähdytystehon laskeminen
- painehäviöiden kasvaminen järjestelmän eri osissa → öljynkierto ongelmat
- paisuntaventtiilin teho loppuu kesken
- kylmäaineen lämpötilaliukuma vaikeuttaa järjestelmän toimintaa
- kumitiivisteet vuotavat → tiivisteiden vaihtaminen uusiin

R413A (ISCEON MO 49)

	R413A
seos	R134a/R218/R600a
koostumus [m-%]	88/9/3%
molekyylipaino [g/mol]	103,96
kiehumispiste [°C]	-35,0
kriittinen lämpötila [°C]	101,3
kriittinen paine [bar]	41,1
ODP	0
GWP	1770
turvaluokka	A2
liukuma	0,5...7 °C
yhteensopivat öljyt	MO, AB, MO+AB, POE

Käyttökohteita:

- korvaava kylmäaine vanhaan R12-laitokseen

R417A (ISCEON MO 59)

	R417A
seos	R125/R134a/R600
koostumus [m-%]	46/50/4%
molekyylipaino [g/mol]	106,6
kiehumispiste [°C]	-41,8
kriittinen lämpötila [°C]	89,9
kriittinen paine [bar]	38,6
ODP	0
GWP	1950
turvaluokka	A1
liukuma	5,5...2 °C
yhteensopivat öljyt	MO, AB, MO+AB, POE

Käyttökohteita:

- korvaava kylmäaine vanhaan R22-laitokseen, lähinnä ilmastoinnin jäähdytyslaitokseen

R422A (ISCEON MO 79)

	R422A
seos	R125/R134a/R600a
koostumus [m-%]	85/11,5/3,5%
molekyylipaino [g/mol]	115,8
kiehumispiste [°C]	-48,7
kriittinen lämpötila [°C]	71,8
kriittinen paine [bar]	37,5
ODP	0
GWP	2530
turvaluokka	A1
liukuma	3...0,5 °C
yhteensopivat öljyt	MO, AB, MO+AB, POE

Käyttökohteita:

- korvaava kylmäaine vanhaan R22-laitokseen, lähinnä myymälöiden kylmä- ja pakastelaitoksiin, vaatii todennäköisesti paisuntaventtiilin vaihdon

R422D (ISCEON MO 29, GENETRON R422D)

	R422D
seos	R125/R134a/R600a
koostumus [m-%]	65/31,5/3,5%
molekyylipaino [g/mol]	109,8
kiehumispiste [°C]	-44,7
kriittinen lämpötila [°C]	80,7
kriittinen paine [bar]	39,5
ODP	0
GWP	2230
turvaluokka	A1
liukuma	5...1,5 °C
yhteensopivat öljyt	MO, AB, MO+AB, POE

Käyttökohteita:

- korvaava kylmäaine vanhaan R22-laitokseen

R424A (RS-44)

	R424A
seos	R125/R134a/R600/R600a/R601a
koostumus [m-%]	50,5/47/0,9/1,0/0,6%
molekyylipaino [g/mol]	108,1
kiehumispiste [°C]	-38,7
kriittinen lämpötila [°C]	88,8
kriittinen paine [bar]	40,4
ODP	0
GWP	2011
turvaluokka	A1
liukuma	7,5...4 °C
yhteensopivat öljyt	MO, AB, MO+AB, POE

Käyttökohteita:

- korvaava kylmäaine vanhaan R22-laitokseen, lähinnä ilmastoinnin jäähdytyslaitokseen ja myymälöiden kylmälaitokseen

R426A (RS-24)

	R426A
seos	R125/R134a/R600/R601a
koostumus [m-%]	5,1/93/1,3/0,6%
molekyylipaino [g/mol]	102,6
kiehumispiste [°C]	-28,6
kriittinen lämpötila [°C]	101,0
kriittinen paine [bar]	41,0
ODP	0
GWP	1349
turvaluokka	A1
liukuma	2,5...4,5 °C
yhteensopivat öljyt	MO, AB, MO+AB, POE, PAG

Käyttökohteita:

- korvaava kylmäaine vanhaan R12-laitokseen

R427A (FORANE FX 100)

	R427A
seos	R32/R125/R143a/R134a
koostumus [m-%]	15/25/10/50%
molekyylipaino [g/mol]	90,4
kiehumispiste [°C]	-42,7
kriittinen lämpötila [°C]	86,8
kriittinen paine [bar]	44,0
ODP	0
GWP	1830
turvaluokka	A1
liukuma	7...3 °C
yhteensopivat öljyt	POE

Käyttökohteita:

- korvaava kylmäaine vanhaan R22-laitokseen (vaatii öljytyypin vaihdon esterioöljyksi), vedenjäähdytyskoneistoon, myymälöiden kylmä- ja pakaste-laitoksiin

HC-KYLMÄAINEET

R290, propaani

	R290
koostumus	C ₃ H ₈ propaani
molekyylipaino [g/mol]	44,1
kiehumispiste [°C]	-42,1
kriittinen lämpötila [°C]	96,7
kriittinen paine [bar]	42,4
ODP	0
GWP	3
turvaluokka	A3
liukuma	ei liukumaa
yhteensopivat öljyt	MO, AB, MO+AB, PAO, POE, PAG

Edut:

- alhainen puristusaine
- pieni painesuhde
- laaja käyttöalue
- hyvä kylmäkerroin koko käyttöalueella
- sopii käytettäväksi myös märkähöyrysteisiin järjestelmiin
- ympäristöystävällinen
- hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet

Haitat:

- palava

Käyttökohteita:

- vedenjäähdytyskoneistot
- kylmä- ja pakastekoneistot
- jääratakoneistot
- lämpöpumput

R600a, isobutaani

	R600a
koostumus	CH(CH ₃) ₃ isobutaani
molekyylipaino [g/mol]	58,1
kiehumispiste [°C]	-11,6
kriittinen lämpötila [°C]	135,9
kriittinen paine [bar]	36,8
ODP	0
GWP	3
turvaluokka	A3
liukuma	ei liukumaa
yhteensopivat öljyt	MO, AB, MO+AB, PAO, POE, PAG

Edut:

- alhainen puristusaine
- pieni painesuhde
- ympäristöystävällinen
- hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet

Haitat:

- palava
- alipaineinen, kun $t_h < -10$ °C
- vaatimaton tilavuustuotto

Käyttökohteita:

- kodin kylmälaitteet

R1270, propeeni

	R1270
koostumus	C ₃ H ₆ propeeni
molekyylipaino [g/mol]	42,1
kiehumispiste [°C]	-47,7
kriittinen lämpötila [°C]	91,8
kriittinen paine [bar]	46,1
ODP	0
GWP	3
turvaluokka	A3
liukuma	ei liukumaa
yhteensopivat öljyt	MO, AB, MO+AB, PAO, POE, PAG

Edut:

- alhainen puristusaine
- pieni painesuhde
- laaja käyttöalue
- hyvä kylmäkerroin koko käyttöalueella
- sopii käytettäväksi myös märkähöyrysteisiin järjestelmiin
- ympäristöystävällinen
- hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet

Haitat:

- palava

Käyttökohteita:

- vedenjäähdytyskoneistot
- kylmä- ja pakastekoneistot
- jääratakoneistot
- lämpöpumput

EPÄORGAANISET KYLMÄAINEET

R717, ammoniakki

	R717
koostumus	NH ₃ ammoniakki
molekyylipaino [g/mol]	17,0
kiehumispiste [°C]	-33,3
kriittinen lämpötila [°C]	132,4
kriittinen paine [bar]	113,5
ODP	0
GWP	0
turvaluokka	B2
liukuma	ei liukumaa
yhteensopivat öljyt	MO, AB, MO+AB, PAO, PAG

Edut:

- hyvä tilavuustuotto
- alhainen puristuspaine
- sopii käytettäväksi myös märkähöyrysteisiin järjestelmiin
- hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet
- hyvä kylmäkerroin
- ympäristöystävällinen
- vuodot helppo havaita

Haitat:

- erittäin myrkyllinen
- palava
- suuri tulistuminen puristuksessa
- suhteellisen kallis laitos

Käyttökohteita:

- suuret vedenjäähdytyskoneistot
- kylmä- ja pakastekoneistot
- jääratakoneistot
- suuret lämpöpumput

R744, hiilidioksidi

	R744
koostumus	CO ₂ hiilidioksidi
molekyylipaino [g/mol]	44,0
kiehumispiste [°C]	-78,4
kriittinen lämpötila [°C]	31,1
kriittinen paine [bar]	73,8
ODP	0
GWP	1
turvaluokka	A1
liukuma	ei liukumaa
yhteensopivat öljyt	MO, AB, MO+AB, PAO, POE, PAG

Edut:

- loistava tilavuustuotto
- pieni painesuhde
- sopii käytettäväksi myös märkähöyrysteisiin järjestelmiin
- hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet
- ympäristöystävällinen

Haitat:

- korkea paine
- alhainen kriittinen piste
- syrjäyttää hapen vuototilanteissa

Käyttökohteita:

- pakastekoneistot
- pienet kylmäkaapit
- ajoneuvojen kylmälaitteet
- jääratojen liuos
- lämpöpumput

Kylmäainevalmistajien kotisivuja

http://refrigerants.dupont.com/Suva/en_US/products/index.html

<http://www.solvay-fluor.com/>

<http://www51.honeywell.com/sm/genetron/>

http://www.ineosfluor.com/main.php?id_cpg=1

<http://www.schickemzet.de/>

<http://www.aga.fi>

<http://www.care-refrigerants.co.uk/>

<http://www.forane.com>

<http://www.refsols.com>