

Tomi Levomäki

Kylmäaineiden käytön kartoitus ja valvonta Espoon alueella

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
22.1.2013

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Tomi Levomäki Kylmäaineiden käytön kartoitus ja valvonta Espoon alueella 49 sivua + 11 liitettä 22.1.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kemiantekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Prosessi- ja ympäristötekniikka
Ohjaaja(t)	Ympäristötarkastaja Katja Ohtonen Yliopettaja Pekka Lehtonen
<p>Kylmäaineina käytetään vieläkin otsonikerrosta ohentavia sekä ilmaston lämpenemistä voimistavia aineita. Insinööriyön tarkoituksena oli kartoittaa Espoossa käytössä olevia kylmäaineita sekä valvoa F-kaasuja ja otsonikerrosta heikentäviä aineita sisältäviä laitteita. Insinööriyö tehtiin Espoon ympäristökeskukselle, joka valvoo Espoon ympäristöasioita. Kylmäaineiden kartoituksesta ja valvonnasta saatujen tietojen avulla tehtiin kehittämisedotuksia valvontatyön tehostamiseksi.</p> <p>Valvonnan taustalla oli valtioneuvoston asetus 452/2009 otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta, joka sisältää mm. pätevyysvaatimuksia laitteiden huoltajille ja asentajille sekä velvoitteita laitteiden haltijoille.</p> <p>Kylmäaineiden valvonta ja kartoitus suoritettiin tarkistamalla Espoon alueen eri yritysten ja kohteiden kylmälaitteita. Kylmälaitteista tarkistettiin, että ne täyttävät asetuksessa olevat vaatimukset. Samalla kerättiin tietoa kylmäaineiden määrästä ja laaduista. Tarvittaessa annettiin korjauskehotus laitteiden omistajalle tai haltijalle.</p> <p>Yli puolelta tarkastetuista kohteista löytyi puutteita kylmälaitteiden kunnossapidosta. Yleisimmät puutteet olivat huoltotarrojen ja huoltopäiväkirjojen puuttuminen.</p> <p>Kylmäaineiden käytön kartoituksessa saatiin tietoa eri toimialoilla käytetyistä kylmäaineista sekä niiden määrästä. Otsonikerrosta heikentäviä aineita löytyi useasta eri paikasta. Varsinkin vanhoissa laitteissa oli otsonikerrosta heikentäviä aineita vielä jäljellä.</p> <p>Vaikka kylmälaitteista saatiin tarkistettua luultavasti vain pieni osa Espoon alueelta, antoi tutkimus tärkeää tietoa kylmälaitteiden kunnossapidosta sekä kylmäaineiden määrästä ja laaduista. Saaduilla tiedoilla pystytään tehostamaan kylmäaineiden valvontaa Espoon ympäristökeskuksessa sekä jakamaan kokemuseräistä tietoa myös muillekin valvontaviranomaisille.</p>	
Avainsanat	kylmäaine, kylmälaite, valvonta

Author(s) Title	Tomi Levomäki Surveying and monitoring refrigerants being used in the Espoo area
Number of Pages Date	49 pages + 11 appendices 22 January 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Chemical Engineering
Specialisation option	Process and Environmental Engineering
Instructor(s)	Katja Ohtonen, Environmental Inspector Pekka Lehtonen, Principal Lecturer
<p>Substances with ozone-depletion properties and high global warming potentials are still being used as refrigerants. The aim of this thesis was to survey the refrigerants being used in the Espoo area and supervise the equipment which contained F-gases and ozone-depleting substances. The thesis was made for the Environment Centre of Espoo which monitors the city's environment matters. Based on the information gathered through a survey and on-site supervision, suggestions and plans for improvement were made to enhance the methods for monitoring the use of refrigerants.</p> <p>The background for this survey comes from the government decree 452/2009 on the maintenance of equipment containing ozone-depleting substances and certain fluorinated greenhouse gases. The decree dictates, for example, the qualification requirements for the person performing maintenance or installation and the requirements for the person in possession of the equipment.</p> <p>The survey and monitoring of refrigerants were conducted by examining the refrigeration systems in various companies and places. The refrigeration systems were checked to ensure that they meet all the necessary regulations and all gathered information about the quantity and the quality of the refrigerants was recorded. If necessary, the owner or the person in possession of the equipment was given a repair notice.</p> <p>Over half of the companies and places had some flaws with the maintenance of their refrigeration systems. The most common flaws were the absence of logbooks and labels.</p> <p>Surveying the refrigerants provided information about the quantities and qualities of the various substances used in the industry. Ozone-depleting substances were used in several places. This was especially the case with older refrigeration systems.</p> <p>Even if only a fraction of the refrigeration systems in the Espoo region were inspected, the study provided important information about the maintenance of refrigeration systems and the quantities and qualities of the refrigerants used. Enhancements for monitoring the refrigerants in the Environment Centre of Espoo can be made with the acquired information. Also the experiential information could be shared with other supervising authorities.</p>	
Keywords	refrigerant, refrigeration system, survey

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kylmäaineet	2
2.1	Historia	2
2.2	Kylmäaineilta vaadittavat ominaisuudet	2
2.2.1	Termodynaamiset ominaisuudet	3
2.2.2	Kemialliset ominaisuudet	3
2.2.3	Fysiologiset ominaisuudet	4
2.3	Kylmäaineiden turvallisuusluokitukset	4
2.4	Kylmäaineiden käyttöturvallisuus	5
2.5	Kylmäaineiden jaottelua	5
2.5.1	Jaottelu höyrystymis- ja lauhtumiskäyttötymisen mukaan	5
2.5.2	Jaottelu halogeenimolekyylin mukaan	6
2.5.3	Luonnolliset kylmäaineet	8
3	Ympäristövaikutukset	10
3.1	Otsonikato	10
3.1.1	Otsoni	10
3.1.2	Otsonin luontainen syntyminen ja hajoaminen stratosfäärissä	10
3.1.3	Otsonin hajoaminen katalyyttisesti	11
3.1.4	Otsonikadon seuraukset	12
3.2	Kasvihuoneilmiö ja kasvihuonekaasut	13
3.2.1	Yleistä	13
3.2.2	Kasvihuoneilmiön voimistumisen seuraukset	14
4	Kylmäalan lainsäädäntö	15
4.1	Montrealin pöytäkirja	15
4.2	Kiotoon pöytäkirja	16
4.3	Otsoniasetus	16
4.4	F-kaasuasetus	16
4.5	Huoltoasetus	17
5	Kylmlaitetekniikka	19
5.1	Kylmäteknisen kiertoprosessin periaate	19
5.2	Suora ja välillinen jäähdytys	19

6	Kylmälaitostyytit	21
6.1	Kotitalouksien kylmälaitteet	21
6.2	Tekojääradat	21
6.3	Kaupan kylmälaitokset	21
6.4	Elintarvike- ja prosessiteollisuuden kylmälaitokset	22
6.5	Ammattikeittiöiden kylmälaitokset ja omakoneelliset kylmäkalusteet	23
6.6	Ilmastoinnin jäähdytysjärjestelmät	23
6.7	Lämpöpumput	24
7	ODS- ja F-kaasujen virrat Suomessa	24
8	Kylmäaineprojekti Espoossa	27
8.1	Kylmäaineprojektin syntyminen	27
8.2	Valmistelevat työt	27
8.2.1	Saatekirje	27
8.2.2	Kohteiden etsiminen	28
8.2.3	Tiedon kokoaminen	29
8.3	Projektista tiedottaminen	29
8.4	Valvontakäyntien tekeminen	30
8.5	Uusintatarkastukset	31
9	Projektin tulokset	31
9.1	Kohteiden määrät ja havaitut puutteet	31
9.2	Kylmäaineiden määrät ja laadut	31
9.3	Uudelleen tarkistettut kohteet	32
9.4	Kylmäaineiden määrät ja laadut toimialoittain	33
10	Tulosten tarkastelu	36
10.1	Kylmälaitteiden kunnossapidon tilanne Espoossa	36
10.2	HFC-kylmäaineiden käytön tilanne Espoossa	38
10.3	CFC- ja HCFC-kylmäaineiden käyttö Espoossa	38
10.4	Puutteiden korjaukset kohteissa	38
10.5	Kylmäaineiden kartoittamisen ja valvonnan hyödyt valvontaviranomaisille	39
10.6	Kylmäaineiden kartoittamisen ja valvonnan hyödyt kohteille	40
10.7	Valvonnan ja kartoittamisen haasteet	41
11	Kehittämis ehdotuksia kylmäaineiden valvontaan	42
11.1	Mihin valvontaa kannattaa kohdentaa jatkossa?	43

11.2	Ehdotukset valvontatyön helpottamiseksi	44
12	Yhteenveto	45
	Lähteet	47
	Liitteet	
	Liite 1. Taulukko kylmäaineiden numeroinnin periaatteesta	
	Liite 2. Luettelo halogenoitujen yhdisteiden eliniästä ilmakehässä sekä GWP ₁₀₀ - ja ODP-arvot	
	Liite 3. Luettelo eri kylmäaineiden ominaisuuksista	
	Liite 4. Luettelo otsonikerrosta heikentävistä aineista, joihin huoltoasetusta sovelletaan	
	Liite 5. Luettelo fluoratuista kasvihuonekaasuista, joihin huoltoasetusta sovelletaan	
	Liite 6. Saatekirje	
	Liite 7. Valvontatarkastuskäynnin lomake – osa 1	
	Liite 8. Valvontatarkastuskäynnin lomake – osa 2	

1 Johdanto

Tämä insinöörityö on tehty Espoon ympäristökeskukselle, joka valvoo ympäristöasioita Espoon alueella. Työn tarkoituksena oli kartoittaa Espoon alueella käytössä olevia kylmäaineita sekä valvoa otsonikerrosta heikentäviä aineita ja F-kaasuja sisältäviä kiinteästi asennettuja jäähdytys-, ilmastointi- ja lämpöpumppulaitteita sekä sammutuslaitteistoja.

Valvonnan taustalla on 1.7.2009 voimaan tullut valtioneuvoston asetus 452/2009 otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta (ns. huoltoasetus). Asetuksessa mm. asetetaan pätevyysvaatimuksia laitteiden huoltajille ja asentajille sekä erilaisia velvoitteita laitteiden omistajille tai haltijoille.

Säädösten tarkoituksena on estää otsonikerrosta tuhoavien tai voimakkaiden kasvihuonekaasujen vuotaminen ilmakehään. Pätevyysvaatimukset ja säädösten noudattaminen ennaltaehkäisevät laitteiden vääristä käsittelyistä johtuvia vuotoja sekä laitteiden säännöllinen tarkastaminen vähentävät laitteiden rikkoutumisesta, vanhenemisesta ja muista syistä johtuvia vuotoja. Kylmäainevajaukset lisäävät myös energiankulutusta sekä lisäävät laitteiston kulumista, mitkä aiheuttavat välillisesti ympäristön kuormittumista.

Valvonnan ohella saatiin tärkeää tietoa kylmäaineiden määristä ja laaduista Espoossa. Saatujen tietojen avulla pystytään kartoittamaan Espoossa olevia kylmäaineita ja kylmälaitteita ja näin ollen tehostamaan niiden valvontaa. Käyntien yhteydessä myös tiedotettiin huoltojen tärkeydestä sekä HCFC-kylmäaineiden poistumisesta huoltojen käytöstä 1.1.2015 alkaen.

Espoossa suoritettu kylmäaineiden käytön kartoitus on luultavasti Suomen laajin huoltoasetuksen valvontaan tähtäävä kampanja. Valvonnasta ja kartoittamisesta kerättyjä tietoja jaettiin mm. muiden kuntien ympäristövalvontaviranomaisille.

2 Kylmäaineet

2.1 Historia

1900-luvun alussa käytettiin kylälaitteiden kylmäaineena vielä hiilidioksidia (CO_2), ammoniakkia (NH_3), rikkidioksidia (SO_2) ja metyylikloridia (CH_3Cl). Kuitenkin nämä kylmäaineet olivat myrkyllisiä, haitallisia suurina pitoisuuksina tai palavia, joten 1930-luvulla pyrittiin keksimään myrkytön kylmäaine. Myrkyllisten kylmäaineiden korvaajaksi amerikkalainen kemisti Thomas Midgley sekä DuPont-niminen kemianyritys kehittivät CFC-yhdisteet 1920-luvun lopulla. CFC-kylmäaineita käytettiin monissa eri tarkoituksissa niiden palamattomuuden, myrkyttömyyden ja stabiilisuden takia. DuPont kutsui ensimmäisiä CFC- ja HCFC-kylmäaineita kauppanimeltään freoneiksi, jota käytetään vieläkin kuvaamaan kyseisiä yhdisteitä. (1; 2, s. 28; 3)

Ensimmäiset epäilyt CFC-kylmäaineen haitallisuudesta otsonikerrokselle heräsivät 1970-luvulla. Vasta kymmenen vuotta myöhemmin havahduttiin asian vakavuudelle, jolloin päätettiin sopia kansainvälisiä sopimuksia CFC-kylmäaineiden käytön rajoittamiseksi. Näistä tärkeimpänä sopimuksena pidetään vuonna 1987 solmittua Montrealin sopimusta. CFC-kylmäaineiden käyttö loppui vuonna 1995, ja HCFC-kylmäaineiden käytöstä aiotaan luopua 2029 mennessä. CFC- ja HCFC-kylmäaineita on korvattu HFC-kylmäaineilla sekä luonnollisilla kylmäaineilla. (4, s. 113; 5, s. 113–114)

2.2 Kylmäaineilta vaadittavat ominaisuudet

Kylmäaineet ovat nesteytettyjä kaasuja, joita käytetään lämpöenergian siirtoon paikasta toiseen. Kylmäaineiden käyttö laitteissa perustuu niiden kykyyn ottaa vastaan lämpöenergiaa ympäristöstä, jolloin ne muuttavat olomuotoa nestemäisestä kaasumaiseksi. Luovuttaessaan lämpöä ympäristöön kylmäaineiden olomuoto muuttuu kaasumaisesta nestemäiseksi. Näitä olomuodon muutoksia hyväksikäyttäen pystytään siirtämään suuriakin lämpömääriä pienellä kylmäaineen massavirralla. (6, s. 31)

Vaikka kylälaitteet toimivat pääperiaatteiltaan hyvin samankaltaisesti, riippuvat tarvittavat jäähdytystehot, jäähdytyksien jakelulämpötilat, toimintalämpötilat ja paineet pro-

sessista tai sovelluksesta. Paineen ja lämpötilan määrät vaikuttavat paljonkin kylmäaineen ominaisuuksiin, joten tarvitaan ominaisuuksiltaan erilaisia kylmäaineita. Myös kylmäaineen hinta ja ympäristöystävällisyys vaikuttavat kylmäaineen valintaan. Tiukke-
nevan lainsäädännön myötä joudutaan etsimään mahdollisimman ympäristöystävällisiä kylmäaineita. (6, s. 31–32; 2, s. 32)

2.2.1 Termodynaamiset ominaisuudet

Kylmäaineen käyttäytymistä kiertoprosessissa määräävät termodynaamiset ominaisuudet, kuten moolimassa, höyrystymislämpö, ominaislämmöt, höyrynpaine, viskositeetti ja lämmönjohtavuus. Yksi aine ei pysty tarjoamaan kaikkia ominaisuuksia, joten kylmäaine on valittava käyttöolosuhteiden mukaan. Termodynaamisilta ominaisuuksiltaan hyvässä kylmäaineessa on seuraavia ominaisuuksia (6, s. 31; 5, s. 106–107):

- suuri höyrystymislämpö, jonka ansiosta kylmäaineen massavirta on pieni sekä kompressorin ja putkien koot ovat pienet
- pieni painesuhde kompressorissa, jolloin puristustyö on pientä ja tulistuminen vähäistä
- pieni viskositeetti, jolloin kompressorin venttiilien ja putkistojen painehäviö on pieni
- hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet, jolloin lämmönsiirtopinta-alan tarve on pieni ja lämpötilaerot eivät ole suuria
- suuri tilavuustuotto, jolloin voidaan käyttää pienempää kompressoria
- höyrystymispaine yli 1 bar muttei kuitenkaan liikaa, koska se asettaa laitteistolle lujuusvaatimuksia. Ylipaine estää mahdollisessa vuodossa tapahtuvan kosteuden ja ilman pääsemisen kylmälaitokseen.

2.2.2 Kemialliset ominaisuudet

Kylmäaineella pitää olla hyvä stabiilisuus, koska sillä saadaan suuri käyttölämpötila-alue. Kylmäaineen pitäisi olla stabiilina n. 200 °C:seen asti käytettävien materiaalien ja öljyjen kanssa. Kylmäaine ei saisi reagoida käytettyihin materiaaleihin, kosteuteen, ilmaan tai öljyyn. Ongelmia syntyy, kun kylmäaine, öljy ja laitteiston materiaalit reagoi-

vat keskenään aiheuttaen korroosiota ja turvottaen elastomeereja. Öljyn liukeneminen kylmäaineeseen pitäisi olla joko lähes täydellistä tai erittäin pientä, jolloin öljy täytyy erottaa mahdollisimman tehokkaasti. Yleisesti ajatellen öljy on haitallista kierrossa, koska se saattaa aiheuttaa lämmönsiirron heikkenemistä ja muita ongelmia. Kylmäaineen palamattomuus on tärkeä ominaisuus turvallisuuden kannalta. Palavien kylmäaineiden käyttöä rajoittavat tiukat turvallisuussäädökset. (5, s. 108–110; 6, s. 32)

2.2.3 Fysiologiset ominaisuudet

Myrkyttömyys sekä vähäinen ärsyttävyys hengityselimille ja limakalvoille ovat suotavia ominaisuuksia kylmäaineelle. Haitallisille kylmäaineille pitää olla varoitusjärjestelmä, joka on hyvin varma ja luotettava. Näin pystytään huolehtimaan kylmäaineen käytön turvallisuudesta. Kylmäaine ei saisi aiheuttaa haittoja jäähdytettävälle tavaralle, sillä vuotojen yhteydessä saattaisi syntyä tuotehävikkiä. Vuotojen havaitsemisen helppous auttaa kylmäaineen käytön turvallisuudessa sekä helpottaa huoltotoimenpiteitä. (5, s. 108–109; 6, s. 32)

2.3 Kylmäaineiden turvallisuusluokitukset

Kylmäaineet jaetaan ryhmiin niiden myrkyllisyyden ja syttymisherkkyyden mukaan. Myrkyllisyysluokituksessa kylmäaineet jaetaan kahteen eri ryhmään riippuen niiden myrkyllisyydestä. Ryhmä A luokitellaan sellaiset kylmäaineet, joilla ei ole tunnettuja vaikutuksia ihmisiin, kun keskimääräinen kylmäaineen pitoisuus on työpaikan ilmassa yli 400 ppm. Ryhmä B luokitellaan sellaiset kylmäaineet, joilla on tunnettuja haittavaikutuksia ihmisiin, kun kylmäaineen keskipitoisuus työpaikan ilmassa on alle 400 ppm. (6, s. 41–42)

Syttymisherkkyysluokituksessa kylmäaineet jaetaan kolmeen ryhmään. Syttymisherkkyys tarkoittaa kylmäaineen alemmaa syttymisrajaa. Alempi syttymisraja on aineen pienen pitoisuus ilmakehän paineessa ja huoneen lämpötilassa, joka aiheuttaa liekin syttymisen aineen ja ilman homogeenisessä seoksessa. Ryhmään 1 kuuluvat ne kylmäaineet, jotka eivät synnytä palavaa seosta millään pitoisuudella ilman kanssa. Ryhmään 2 kuuluvat kylmäaineet muodostavat ilman kanssa palavan seoksen, kun kylmäaineen

pitoisuus ilmassa on vähintään 3,5 tilavuusprosenttia. Ryhmään 3 kuuluvat kylmäaineet muodostavat ilman kanssa palavan seoksen, kun kylmäaineen pitoisuus on alle 3,5 tilavuusprosenttia. (6, s. 41–42)

2.4 Kylmäaineiden käyttöturvallisuus

Kylmäaineiden käytössä saattaa syntyä turvallisuusriskejä, joita pyritään välttämään. Vaikka useat kylmäaineet ovat myrkyttömiä tai lähes terveydelle haitattomia, saattavat niiden suuret pitoisuudet aiheuttaa terveysvaikutuksia. CFC-, HCFC- ja HFC-kylmäaineet ovat liuottimia, jotka suurina määrinä hengitettynä saattavat aiheuttaa sekavan olotilan. Mikäli kylmäainetta pääsee niin paljon vapaaksi, että ilman happipitoisuus laskee n. 17 %:iin, saattaa tästä aiheutua tajuttomuutta tai pahimmassa tapauksessa tukehtuminen. Kylmäaineista ammoniakki luokitellaan myrkyksi, ja sen haitalliseksi todettu pitoisuus 8 tunnin työpäivässä on 25 ppm. Ammoniakin hyvänä puolena on sen voimakas haju, jonka voi jo pieninä pitoisuuksina (5 ppm) pystyä haistamaan. Tällöin jo pieniinkin vuotoihin pystytään reagoimaan erittäin nopeasti. Kaikkia kylmäaineiden haittavaikutuksia ei kuitenkaan tunneta, joten ylimääräistä altistumista tulee välttää. (6, s. 42–43)

Koska kylmäaine sitoo itseensä nopeasti lämpöä, saattavat kylmäaineriskeet synnyttää paleltumisvaaroja. Riskitilanteita saattaa syntyä, kun esim. painemittaria irrotetaan. (6, s. 42–43)

2.5 Kylmäaineiden jaottelua

2.5.1 Jaottelu höyrystymis- ja lauhtumiskäyttötymisen mukaan

Kylmäaineet voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään sen mukaan, onko kylmäaine yksikomponenttinen vai kylmäaineseos sekä muuttuuko lämpötila höyrystymisen ja lauhtumisen aikana. Kylmäaineiden ryhmät jaotellaan yksikomponenttisiin, atseotrooppisiin ja tseotrooppisiin kylmäaineisiin. Yksikomponenttinen kylmäaine koostuu vain yhdestä aineesta, jonka höyrystyminen ja lauhtuminen tapahtuvat samassa lämpötilassa. Atseotrooppinen kylmäaine koostuu kahdesta tai useammasta yksikomponenttisestä kylmä-

aineesta, jonka höyrystyminen ja lauhtuminen tapahtuvat vakiolämpötilassa. Atseotrooppisen kylmäaineen tunnus alkaa numerolla 5, esim. R-507A. Tseotrooppinen kylmäaine koostuu kahdesta tai useammasta yksikomponenttisesta kylmäaineesta, jonka höyrystymisessä ja lauhtumisessa tapahtuu lämpötilan muutosta. Tseotrooppisen kylmäaineen tunnus alkaa numerolla 4, esim. R-404A. Liitteessä 1 on taulukko kylmäaineiden numeroinnin periaatteista. (6, s. 33)

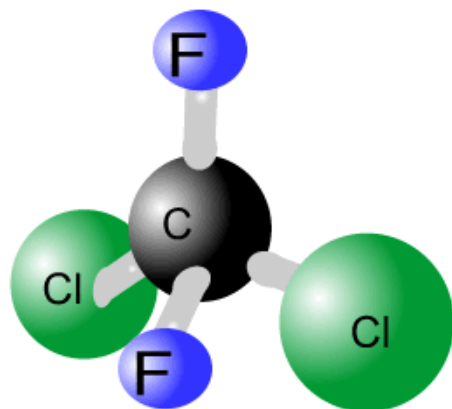
2.5.2 Jaottelu halogeenimolekyylin mukaan

Kylmäaineet ovat yleensä hiilivetyjä, joiden vetyatomeita on korvattu halogeenimolekyyleillä prosessoimalla niitä eri tavoin. Lainsäädännössä kylmäaineiden jaottelu tehdään halogeenimolekyylien perusteella. Liitteistä 2 ja 3 löytyy tietoja kylmäaineiden otsonikerrosta tuhoavasta vaikutuksesta (ODP = Ozone Depletion Potential), ilmastoa lämmittävästä vaikutuksesta (GWP = Global Warming Potential) sekä eliniästä ilmakehässä. (6, s. 34–35)

CFC-kylmäaineet

CFC-kylmäaineet (Chloro-Fluoro-Carbon) ovat täysin halogenoituja hiilivetyjä, jotka sisältävät klooria, fluoria ja hiiltä mutta eivät yhtään vetyä. CFC-kylmäaineet on yleensä valmistettu yksinkertaisista hiilivedyistä, kuten metaani- tai etaanijohdannaisista, korvaamalla vetyatomit kloori- ja fluoriatomeilla. Kuvassa 1 on CFC-molekyylin rakenne kylmäaineesta R-12. CFC-kylmäaineilla on erittäin suuri otsonikerrosta tuhoava vaikutus (ODP) sekä suuri ilmastoa lämmittävä vaikutus (GWP). (1; 6, s. 35)

Yleisimmät CFC-kylmäaineet ovat olleet R-11, R-12, R-13 ja R-502. Esim. R-11:tä on käytetty uretaanisolumuovien ponneaineena sekä useissa ilmastoinnin jäähdytyslaitteissa. R-12 on ollut yleinen pienissä kylmälaitteissa sekä autojen ilmastoinnin jäähdytyksessä. (5, s. 114)

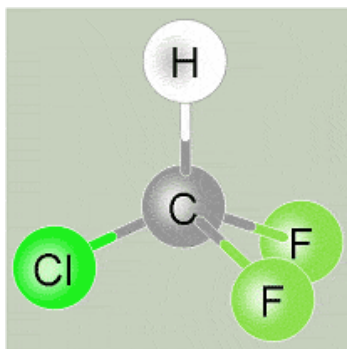


Kuva 1. CFC-yhdisteen R-12-molekyyli (7)

HCFC-kylmäaineet

HCFC-kylmäaineet (Hydro-Chloro-Fluoro-Carbon) ovat osittain halogenoituja hiilivetyjä, jotka sisältävät klooria, fluoria, hiiltä ja vetyä. Kuvassa 2 on HCFC-yhdisteen molekyyli-rakenne kylmäaineesta R-22. HCFC-kylmäaineet ovat palamattomia, myrkyttömiä sekä stabiileja kylmäaineita. Niillä on pieni otsonikerrosta tuhoavaa vaikutus (ODP) sekä kohtuullisen suuri ilmastoa lämmittävä vaikutus (GWP). (6, s. 35; 1)

HCFC-kylmäaineista ensimmäisenä markkinoille saapui R-22, joka tuli pian ensimmäisten CFC-kylmäaineiden jälkeen ja korvasi ne monissa sovelluksissa. R-22 on HCFC-kylmäaineista ehdottomasti eniten käytetty kylmäaine. Sitä on käytetty mm. ilmastoinnin jäähdytyksessä, kylmävarastoissa, jäähalleissa ja lämpöpumpuissa. Otsonikerrosta tuhoavan vaikutuksensa takia sen käytöstä on alettu luopua. (5, s. 114; 8; 9, s. 28)



Kuva 2. HCFC-yhdisteen R-22-molekyyli (10)

HFC-kylmäaineet

HFC-kylmäaineet (Hydro-Fluoro-Carbon) ovat osittain halogenoituja hiilivetyjä, jotka sisältävät fluoria, hiiltä ja vetyä. Ne ovat otsonikerrokselle haitattomia yhdisteitä mutta niillä on suuri ilmastoa lämmittävä vaikutus (GWP). (6, s. 35)

Koska CFC- ja HCFC-kylmäaineet sisältävät klooria ja näin ollen voimistavat otsonikatoa, niistä pyritään pääsemään kokonaan eroon. Niitä on pääosin korvattu HFC-kylmäaineilla. Näiden kehittäminen on ollut erittäin kallista ja aikaa vievää, sillä aineet on testattava perusteellisesti. (5, s. 115)

Suosituimpia HFC-kylmäaineita ovat olleet R-134a, R-404A, R-407C ja R-410A. Näistä R-134a on puhdas aine ja loput ovat erilaisia seoksia, jotka yleensä koostuvat kolmesta eri komponentista. R-134a:ta käytetään paljon ilmastoinnin vedenjäähdytyskoneistoissa ja lämpöpumpuissa. R-404A on erittäin suosittu kaupan kylmäjärjestelmissä, kylmä- ja pakkasvarastoissa sekä jääradoilla. (5, s. 115, 118–119)

PFC-kylmäaineet

PFC-kylmäaineet (Per-Fluoro-Carbon) ovat täysin halogenoituja hiilivetyjä, jotka sisältävät klooria, fluoria, hiiltä ja vetyä. Ne ovat otsonikerrokselle haitattomia yhdisteitä mutta niillä on suuri ilmastoa lämmittävä vaikutus (GWP). (6, s. 35)

PFC-yhdisteitä käytetään yleensä elektroniikkateollisuudessa, kosmetiikka- ja lääketeollisuudessa sekä CFC-kylmäaineita korvaavana kylmäaineena usein muiden kaasujen kanssa. PFC-yhdisteitä on käytetty ennen myös sammutusaineena palontorjuntalaitteistoissa. (11)

2.5.3 Luonnolliset kylmäaineet

Luonnolliset kylmäaineet tarkoittavat aineita, jotka esiintyvät luonnossa jossain muodossa jo valmiiksi. Luonnollisia kylmäaineita ovat ilma, vesi, hiilidioksidi, hiilivedyt ja ammoniakki. Nämä luonnolliset kylmäaineet eivät sellaisenaan aiheuta otsonikatoa, ja niiden vaikutus ilmaston lämpenemiseen on lähes olematon. Yleensä luonnolliset kyl-

määaineet jaetaan kahteen ryhmään: HC-kylmäaineisiin ja epäorgaanisiin kylmäaineisiin. (5, s. 122; 6, s. 35)

HC-kylmäaineita eli hiilivetyjä (lyhenne HC = hydrocarbons) ovat esim. propaani, propeni, isobutaani ja propyleeni. HC-kylmäaineet ovat myrkyttömiä eivätkä ne aiheuta otsonikatoa, ja niiden vaikutus kasvihuoneilmioon on erittäin pieni. Ne ovat kuitenkin erittäin syttymisherkkiä aineita, mikä asettaa rajoituksia niiden käytettävyydelle. (6, s. 35–36; 5, s. 127–128)

Epäorgaanisia kylmäaineita ovat esim. vesi, ilma, hiilidioksidi ja ammoniakki. Niiden vaikutus kasvihuoneilmioon on hyvin pieni, mutta ammoniakki on myrkyllistä sekä muodostaa suurissa pitoisuuksissa ilman kanssa palavan seoksen. Hiilidioksidi syrjäyttää suurissa pitoisuuksissa hapen, mikä saattaa aiheuttaa erilaisia oireita ja pahimmillaan tukehtumisen. Kuvassa 3 on hiilidioksidilla toimiva kylmälaite. (5, s. 122–124, 129)



Kuva 3. Hiilidioksidilla toimiva kylmälaite

3 Ympäristövaikutukset

3.1 Otsonikato

1970-luvun alussa tutkijat esittivät tuloksiansa yhdisteistä, jotka tuhoavat otsonikerrosta stratosfäärissä. Amerikkalaiset kemistit Rowland ja Molina esittivät teorian pitkäikäisistä orgaanisista halogeeniyhdisteistä, kuten CFC-yhdisteistä, jotka vaikuttavat stratosfäärissä olevaan otsonikerrokseen. Tutkimusten lisääntyessä teoria vahvistui vähitellen oikeaksi. Mm. CFC-yhdisteiden hajoamisesta tulleiden klooriatomien todettiin hävittävän otsonikerroksessa olevaa otsonia. (5, s. 112–113; 4, s. 113)

3.1.1 Otsoni

Otsoni (O_3) on hapen kolmiatominen muoto, joka suojelee maapalloa haitalliselta ultraviolettisäteilyltä. 15–50 km korkeudessa stratosfäärissä sijaitsee yli 90 % otsonista, jossa sitä on tiheimmillään 20–30 km korkeudessa. 10 % otsonista on alailmakehässä eli troposfäärissä, missä sen kokonaismäärä on vain muista ilmakehän kaasuista miljoonasosa. Lähes kaikki ilmakehässä oleva happi on kaksiatomisina molekyyleinä. Stratosfäärissä oleva otsonikerros vaimentaa auringosta tulevaa lyhytaaltoista ultraviolettisäteilyä (UV-B-säteilyä), jonka aallonpituus on välillä 280–315 nm. Stratosfäärissä otsonikerroksen otsoni suojelee luontoa haitalliselta ultraviolettisäteilyltä, mutta alailmakehän troposfäärissä se aiheuttaa ilmaston lämpenemistä sekä haittoja eliöstölle. Otsoni toimii myös voimakkaana hapettimena, sillä sen molekyyli on epästabiili verrattuna happikaasuun. (11; 4, s. 113–114; 12, s. 82)

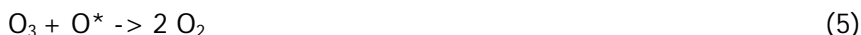
3.1.2 Otsonin luontainen syntyminen ja hajoaminen stratosfäärissä

Aallonpituudeltaan alle 243 nm:n säteily hajottaa happimolekyylin kahdeksi erilliseksi happiatomiksi eli happiradikaaliksi (1), jotka ovat erittäin reaktiivisia. Syntyneet happiatomit reagoivat happimolekyylien kanssa synnyttäen otsonia (2). Alle 243 nm:n säteilyä esiintyy vain 30 km:n korkeudella maanpinnan yläpuolella. Tekstin alla on ns. Chapmanin teoria stratosfäärissä luontaisesti syntyvästä otsonista. M on reaktioyhtälössä mikä tahansa reagoimaton aine, joka voi ottaa vastaan reaktiossa syntyvän ener-

gian otsonimolekyylin stabiloimiseksi. Yleensä M on vety- tai happimolekyyli. (12, s. 83; 4, s. 115; 13)



Pidempiaaltoinen UV-säteily (240–320 nm) hajottaa otsonimolekyylin happimolekyyliksi ja happiradikaaliksi (4). Happiradikaali vie otsonimolekyyliä happiatomin, jolloin syntyy kaksi happimolekyyliä (5). Stratosfäärissä otsonia hajoaa luontaisesti alla olevien reaktioyhtälöiden mukaisesti. (12, s. 83; 4, s. 115)



Yläilmakehän otsonipitoisuuksilla on eroja riippuen sijainnista ja vuodenaajoista. Otsoni tarvitsee muodostuakseen auringonvaloa, joten eniten otsonia syntyy päiväntasaajalla ja vähiten napojen yläpuolella. Napa-alueilla ilmamassat eivät pääse vaihtumaan muiden leveysasteiden kanssa, sillä ilmakehää hallitsee ns. napapyörre. (4, s. 113–114; 12, s. 83)

3.1.3 Otsonin hajoaminen katalyyttisesti

Otsonikerrosta tuhoavat yhdisteet ovat erittäin pitkäikäisiä. Alailmakehässä nämä yhdisteet reagoivat vain vähän, minkä takia ne saattavat kulkeutua yläilmakehään. Yhdisteiden kulkeutuminen troposfääristä stratosfääriin kestää keskimäärin muutamia vuosia. (4, s. 115, 117)

Yläilmakehässä auringon säteily reagoi yhdisteen kanssa irrottaen siitä reaktiivisen molekylin tai atomin (H, OH, NO, Cl tai Br), joka pystyy irrottamaan otsonimolekyylistä vapaan happiatomin eli happiradikaalin (6). Yläilmakehässä otsonia hajoaa normaalisti auringon säteilyn vaikutuksesta, jolloin syntyy vapaita happiradikaaleja. Nämä happiradikaalit voivat irrottaa esim. klooriin sitoutuneen happiatomin vapauttaen kloorin (7). Tällä tavoin kloori pääsee hajottamaan uudelleen uuden otsonimolekyylin. Kloori toimii

siis reaktion katalysaattorina sitoutumatta itse lopputuotteisiin Sama klooriatomi jatkaa toimintaansa, kunnes se päätty troposfääriin tai kohtaa inaktivoivan aineen, joka lopettaa kloorin pääsemisen vapaaksi. Tärkeimpiä inaktivoivia aineita ovat metaani ja typpidioksidi. (4, s. 115–116)

Otsonin hajoaminen reagoivan molekyylin tai atomin seurauksena, $X = (H, OH, NO, Cl \text{ tai } Br)$ (12, s. 83–84):



3.1.4 Otsonikadon seuraukset

UV-säteily jaetaan aallonpituutensa mukaan kolmeen eri ryhmään. UV-A on pitkäaaltoista säteilyä (315–400 nm), joka on ultraviolettisäteilyistä vaarattominta. Suurin osa säteilystä on UV-A-säteilyä. UV-B-säteily on aallonpituudeltaan 280–315 nm säteilyä, jonka liialliselta määrältä otsonikerros suojaa. Erityisesti otsonikadosta johtuva liiallinen UV-B-säteily aiheuttaa terveyshaittoja niin ihmisille kuin luonnollekin. Haitallisinta säteilyä on lyhytaaltainen UV-C-säteily (aallonpituus alle 280 nm), joka kuitenkin lähes kokonaan imeytyy stratosfäärin otsonikerrokseen. Varsinkin napojen läheisyydessä UV-säteilyn voimakkuus on suurta. Säteily on lisääntynyt eteläisellä pallonpuoliskolla pohjoista enemmän. (4, s. 121)

Lisääntynyt UV-säteily haittaa ihmisten terveyttä lisäämällä ihosyöpätapauksia ja harmaakaihin todennäköisyyttä, heikentämällä immuunijärjestelmää ja rappeuttamalla ihoa. Vaikka lisääntynyt UV-säteily kasvattaakin mainittuja riskejä, vaikuttavat myös ravinto, perintötekijät ja muut sairaudet säteilystä johtuviin seurauksiin. (12, s. 82; 4, s. 121)

Myös luonto kärsii lisääntyneestä UV-säteilystä. Ihminen pystyy omilla ratkaisullaan vaikuttamaan saamaansa säteilymäärään, mutta luonnon muut eliöt eivät osaa suojautua samalla tavalla. Joillekin eläimille on havaittu jopa ihosyövän syntymistä altistuviin nahan osiin. UV-B-säteily vaikuttaa myös kasvillisuuteen, vaikka säteilyn vaikutukset

ovatkin vaihdelleet eri lajien ja yksilöiden välillä. Vielä haitallisempaa säteily on sienille ja bakteereille, jotka ovat sille herkempiä kuin kasvit. (4, s. 121–122)

3.2 Kasvihuoneilmiö ja kasvihuonekaasut

3.2.1 Yleistä

Kasvihuoneilmiö on maan pinnasta lähtevän pitkäaaltoisen säteilyn absorboitumista ilmakehän nk. kasvihuonekaasuihin. Auringosta tuleva lyhytaaltainen säteily lämmittää ja valaisee maan pintaa, josta se heijastuu pitkäaaltoisena säteilynä takaisin avaruuteen. Kasvihuonekaasut päästävät lyhytaaltoisena säteilynä tulevaa energiaa lävitseen mutta pidättävät maan pinnasta tulevaa pitkäaaltoisena säteilynä tulevaa energiaa. Atomien välisten sidosten erilaisuuksien takia eri aineet absorboivat eri tehokkuudella eri aallonpituusalueita. Kasvihuoneilmiötä kuitenkin tarvitaan tietyn verran, sillä muutoin maapallon keskilämpötila maan pinnalla olisi reilusti pakkasen puolella. (5, s. 113; 4, s. 89)

Kasvihuonekaasuista merkittävimmät ovat vesihöyry ja hiilidioksidi. Ihmistoiminnasta aiheutuvat vesihöyrypäästöt ovat kasvihuoneilmiötä tarkasteltaessa merkityksettömiä, eikä niitä myöskään rajoiteta kansainvälisillä sopimuksilla. Vesihöyryn määrä lisääntyy kuitenkin välillisesti ihmisen toimesta, sillä ilmaston lämpeneminen lisää veden höyrystymistä. Muihin kasvihuonekaasuihin ihminen vaikuttaa selvästi omilla toimillaan. Hiilidioksidipitoisuuden lisääntyminen ilmakehässä on erityisesti seurausta fossiilisten polttoaineiden käytöstä sekä metsien poltosta. Muita kasvihuonekaasuja ovat esim. metaani (CH_4), CFC-yhdisteet, dityppioksidi (N_2O), F-kaasut (HFC, PFC ja SF_6) sekä otsoni (O_3). (4, s. 89; 5, s. 113)

F-kaasut eli HFC-, PFC- ja SF_6 -yhdisteet ovat kasvihuonekaasuja, joilla on erittäin suuri lämmityspotentiaali (GWP). Yksi kilogramma F-kaasua saattaa vastata useita tuhansia kilogrammoja hiilidioksidia. F-kaasut on otettu mukaan kansainvälisiin ilmastosopimuksiin laittamalla niille päästövähennystavoitteita. SF_6 on kaikkein voimakkain kasvihuonekaasu mutta sen päästömäärät ovat erittäin pieniä. F-kaasujen yhteenlaskettu osuus kasvihuonepäästöistä Suomessa on noin prosentin luokkaa. (4, s. 98)

Klooria sisältävät CFC-yhdisteet ohentavat otsonikerrosta sekä toimivat voimakkaina kasvihuonekaasuina. CFC-yhdisteiden päästöjä on onnistuttu vähentämään erityisesti otsonikadon torjumisen yhteydessä. Pitoisuudet ilmakehässä ovat kuitenkin vielä varsin suuria, sillä CFC-yhdisteet säilyvät ilmakehässä satoja vuosia. Taulukossa 1 on eri kasvihuonekaasujen eliniät ilmakehässä sekä ilmastonlämmityspotentiaalit (GWP). (4, s. 98)

Taulukko 1. Kasvihuonekaasujen elinikä ja ilmastonlämmityspotentiaali (14)

Kasvihuonekaasujen elinikä ja ilmastonlämmityspotentiaali

Kaasu	Elinäika (v)	GWP 20 v	GWP 100v
Hiilidioksidi	50-200	1	1
Metaani	12	72	25
Dityppioksidi	114	310	298
HFC:t	1,4-270	437-12 000	124-14 800
PFC:t	2 600 – 50 000	5 210- 8630	7 390-12 200
SF ₆	3200	16300	22800
CFC:t	45-1700	5 310-11 000	4 750-14 400
HCFC:t	1,3-17,9	273-5 490	77-2 310
Halonit	16-65	3 680-8 480	1 640-7 140

Lähde: IPCC 2007

3.2.2 Kasvihuoneilmiön voimistumisen seuraukset

Ilmaston lämpeneminen on ollut nopeampaa kuin se olisi luontaisesti. Hallitusten välisen ilmastopaneelin IPCC:n mukaan ilmasto on lämmennyt erityisesti ihmisten toiminnasta aiheutuvien kasvihuonekaasujen takia. 1900-luvulta asti on maapallon keskilämpötilan arveltu nousseen noin 0,65-0,92 celsiusastetta. Varmaa tietoa lämpötilan nousun suuruudesta on vaikea sanoa, sillä vanhat lämpötilatiedot ovat hieman epäluotettavia. Maapallon ilmaston lämpötilaan ovat vaikuttaneet maapallon liikeradat ja akselikulma, auringon säteilyn voimakkuuden muutokset, mannerten liikkeet, tulivuoren purkaukset, hiilen kierron muutokset sekä maahan törmänneistä meteoriiteista nousseet hiukkaset. Nykyiseen ilmastoomme vaikuttaa eniten hiilidioksidipitoisuuksien kasvu. (4, s. 87–88, 100–101)

Ilmaston lämpenemisestä aiheutuvat vaikutukset vaihtelevat alueittain. Joillakin alueilla kuivuus saattaa lisääntyä, kun taas toisilla sateiden määrät kasvavat. Kuivuudet ja tulvat vaikuttavat erityisesti maa- ja metsätalouteen voimakkaasti, jolloin esim. köyhemmissä maissa nälänhädän riski on erittäin suuri. Jäätiköiden sulaminen sekä meriveden lämpölaajeneminen nostattavat merenpintaa, jolloin lisääntyneet tulvat sekä vedenpinnan nousu saattavat jättää alleen jopa suuriakin maa-alueita. Myös äärimmäisten sääilmiöiden lisääntymistä, lajien sukupuuttoa sekä erilaisten tautien, sienien ja viruksien leviämisiä pidetään seurauksina ilmastonlämpenemisen johdosta. (15; 4, s. 103–106)

4 Kylmäalan lainsäädäntö

4.1 Montrealin pöytäkirja

Vuonna 1986 tehtiin Wienin yleissopimus, jossa osapuolet tekevät tutkimuksia ja tietojen vaihtoa otsonikerroksen ohentumisen torjumiseksi. Tämän pohjalta tehtiin vuonna 1987 Montrealin pöytäkirja, ja se astui voimaan vuonna 1989. Montrealin pöytäkirja on yksi menestyneimmistä ja tärkeimmistä ympäristönsuojeluun tähtäävistä sopimuksista, ja sitä on tähän mennessä muutettu neljä kertaa. Montrealin pöytäkirja sisältää sopimuksia otsonikerrosta heikentävien aineiden tuotannon, kulutuksen ja kaupan rajoittamisista. Pöytäkirjaan on merkitty kaikkien otsonikerrosta ohentavien aineiden valmistuksen ja käytön lopettamisvuodet niin teollisuusmaissa kuin kehitysmaissakin. Pöytäkirjan kirjoittamisen jälkeen otsonikerrosta heikentävien aineiden päästöjä on saatu leikattua 98 % ja otsoninkadon voimistuminen on saatu pysäytettyä. Tällä hetkellä kaikki maailman maat ovat ratifioineet Montrealin pöytäkirjan. (16; 17; 18)

Vuonna 2010 saatiin kielletyksi maailmanlaajuisesti CFC-yhdisteiden, halonien, hiilitetrakloridin ja 1,1,1-trikloorietaanin valmistus sekä kulutus, lukuunottamatta kriittisiä ja välttämättömiä käyttötarkoituksia. HCFC-yhdisteille ja metyylibromidille on saatu sovittua valmistuksen ja kulutuksen lopettamisaikataulu, johon poikkeuksena kuuluvat välttämättömät ja kriittiset kohteet sekä kehitysmaiden omiin tarpeisiin tuotetut aineet. (17)

4.2 Kioton pöytäkirja

Vuonna 1997 sovittiin Japanin Kiotossa ilmastonmuutosta koskeva Kioton pöytäkirja, jossa teollisuusmaat ovat sitoutuneet pienentämään kasvihuonepäästöjensä 5,2 % 1990-luvun kokonaismäärästä. Velvoite täytyy saavuttaa vuosina 2008–2012. Sen on ratifioinut 25.10.2010 mennessä yhteensä 195 maata. Suomi ratifioi Kioton pöytäkirjan muiden Euroopan unionin jäsenmaiden kanssa 31.5.2002. Yhdysvallat on yhtenä tärkeimmistä teollisuusmaista kirjoittanut Kioton pöytäkirjan. Se ei ole kuitenkaan ratifioinut sitä, jolloin pöytäkirja ei sido Yhdysvaltoja päästövähennyksiin. (19; 20; 21)

Eri maat ovat sitoutuneet eriasteisiin päästövähennyksiin, joista Euroopan unioni on sitoutunut tiukimpiin tavoitteisiin. Euroopan unionin yhteinen päästövähennystavoite on 8 prosenttia, jonka taakanjaosta on sovittu maakohtaisin velvoittein. Suomen veloitteena on laskea päästöt vuoden 1990 tasolle. Kioton pöytäkirjassa rajoituksia koskevat kasvihuonepäästöt ovat hiilidioksidi, dityppioksidi, metaani, fluorihillivedyt (HFC-yhdisteet), perfluorihillivedyt (PFC-yhdisteet) ja rikkiheksafluoridi (SF₆). (20; 4)

4.3 Otsoniasetus

Tuorein EU:n otsoniasetusasetus otsonikerrosta heikentävistä aineista (EY) N:o 1005/2009 astui voimaan 1.1.2010, ja se korvasi vanhentuneen asetuksen (EY) N:o 2037/2000. Otsoniasetuksen tarkoituksena on estää otsonikerroksen ohentumista Montrealin pöytäkirjan mukaisesti. Asetuksessa on tiukemmat vaatimukset otsonikatoa aiheuttavien aineiden käytöstä luopumisen aikataululle kuin Montrealin pöytäkirjassa, ja siinä määrätään jäsenvaltioita suorittamaan riskianalyysihin perustuvia tarkastuksia varmistamaan, että yritykset noudattavat asetuksien mukaisia määräyksiä. Tiedot otsonikerrosta ohentavista aineista sekä niiden asteittaisesta luopumisesta ovat lueteltuna asetuksen liitteisiin. Näitä aineita ovat mm. CFC- ja HCFC-yhdisteet, halonit ja metyylibromidi. (9, s. 10)

4.4 F-kaasuasetus

F-kaasuasetus tietyistä fluoratuista kasvihuonekaasuista (EY) N:o 842/2006 astui voimaan heinäkuussa 2007. Asetus antaa EU:n alueelle yhteiset säännöt F-kaasujen käsit-

telystä ja talteenotosta. Asetuksessa on mukana määräyksiä F-kaasua sisältävien laitteiden tarkastuksille sekä pätevyysvaatimuksia tarkastuksia suorittavien henkilöiden pätevyysvaatimuksille. Asetus määrää myös F-kaasujen valmistukseen, maahantuontiin ja maastavientiin liittyvien tietojen raportointivelvoitteista sekä eräiden laitteiden merkinnöistä. Asetuksessa rajoitetaan F-kaasujen käyttämistä tietyissä sovelluksissa. F-kaasuasetuksen tarkoituksena on rajoittaa, estää ja vähentää Kioton pöytäkirjaan kuuluvien fluorattujen kasvihuonekaasujen päästöjä. Uutta Euroopan unionin F-kaasuasetusta valmistellaan juuri, ja sen luonnosta käsitellään parhaillaan EU:n parlamentissa ja komissiossa. (9, s. 10; 21; 22)

4.5 Huoltoasetus

Valtioneuvoston asetus (VNA 452/2009) otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta sisältää mm. pätevyysvaatimuksia laitteiden huoltajille ja asentajille sekä velvoitteita laitteiden haltijoille. Laitteille on tehtävä säännöllisesti vuototarkastuksia sekä pidettävä huoltopäiväkirjaa. Valvottaviin laitteisiin kuuluvat mm. jäähdytys-, ilmastointi- ja lämpöpumppulaitteet sekä sammutuslaitteistot, jotka sisältävät asetuksen liitteissä (liitteet 4 ja 5) lueteltuja vähintään kolme kiloa F-kaasua tai otsonikerrosta tuhoavia aineita. Huoltoasetuksen noudattamista omilla toimialoillaan valvovat viranomaiset, kuten ELY-keskuksen viranomaiset, kuntien ympäristönsuojeluviranomaiset, terveydensuojeluviranomaiset, elintarvikeviranomaiset sekä kulutustavaroiden ja kuluttajapalveluiden valvontaviranomaiset. (9, s. 10–12; 23)

Toiminnanharjoittajan täytyy tehdä Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukesille ilmoitus ennen laitteiden huollon, asetuksessa tarkoitettujen aineiden käsittelyn tai jätehuollon aloittamista. Tukes voi myöntää toiminnanharjoittajalle todistuksen henkilön pätevyydestä asetuksen mukaisiin toimiin. Tukes pitää rekisteriä pätevyysvaatimukset täyttävistä yrityksistä ja niiden vastuuhenkilöistä. (9, s. 11; 23)

Laitteen haltijan tai omistajan täytyy huolehtia siitä, että tarkastuksen suorittavalla henkilöllä tai yrityksellä on asetusten mukainen Tukesin myöntämä todistus pätevyydestään. (9, s. 11; 23)

Kylmäainetta sisältävän kiinteästi asennetun jäähdytys-, ilmastointi- ja lämpöpumppu-laitteen ja -piirin sekä sammutuslaitteiston haltijan tai omistajan on huolehdittava siitä, että vähintään kolme kiloa ainetta sisältävät laitteet on tarkastettava vuosittain, vähintään 30 kiloa ainetta sisältävät laitteet kerran kuudessa kuukaudessa sekä vähintään 300 kiloa ainetta sisältävät laitteet kerran kuudessa kuukaudessa. Tarkastusväli voidaan pidentää vähintään 30 kiloa ainetta sisältävillä laitteilla kerran vuodessa tehtäväksi, jos käytössä on vuodonilmaisujärjestelmä. Vähintään 300 kiloa ainetta sisältävissä laitteissa täytyy olla vuodonilmaisujärjestelmä. Vuodonilmaisujärjestelmä pitää tarkistaa kerran vuodessa. Hermeettisesti suljettuja alle kuusi kiloa ainetta sisältäviä laitteita ei tarvitse tarkastaa, jos laitteiden valmistaja on merkinnyt ne hermeettisesti suljetuiksi ja ne täyttävät niille asetetut vaatimukset. Laitteiden tarkastukset voidaan suorittaa muiden huoltojen yhteydessä. (9, s. 11; 23)

Laitteen haltijan tai omistajan on pidettävä huolto- ja tarkastuspäiväkirjaa, josta voidaan selvittää laitteen sisältämän aineen määrä ja tyyppi, lisätyn aineen määrä, talteen otetun aineen määrä, viimeisin huoltopäivämäärä, tehty toimenpide, tarkastuksen suorittaneen toiminnanharjoittajan nimi ja huoltajan allekirjoitus. Huolto- ja tarkastuspäiväkirja on näytettävä valvontaviranomaiselle pyydettyäessä. Kuvassa 4 on kuva huoltopäiväkirjasta. Laitteen lähettyvillä pitää olla ilmoitus siitä, milloin laite on viimeksi tarkastettu. Yleensä laitteiden lähettyville on laitettu huoltotarra, josta näkee huoltojen ajankohdat. (9, s. 12; 23)



Kuva 4. Huoltopäiväkirja (24)

Huoltoasetus koskee myös laitteita, joita ei enää käytetä aktiivisesti, sillä näistäkin saattaa vuotaa kylmäaineita. Käyttämättömät laitteet täytyy toimittaa hävitettäväksi, tai muuten niihin pitää soveltaa huoltoasetukseen mukaisia toimenpiteitä. (9, s. 29)

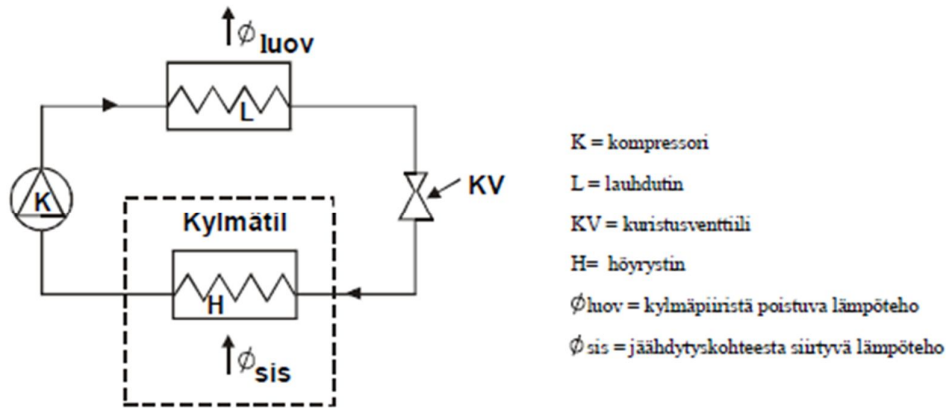
5 Kylmälaitetekniikka

5.1 Kylmäteknisen kiertoprosessin periaate

Kylmäteknisessä kiertoprosessissa siirretään lämpöä prosessin tekemän työn avulla. Kiertoprosessissa työaineena on kylmäaine, jonka höyrystymiseen ja lauhtumiseen koko kiertoprosessi perustuu. Kylmälaitteeseen kuuluu neljä pääkomponenttia: höyrystin, kompressor, lauhdutin ja paisuntaventtiili. Pääkomponentteja yhdistävät putket, joissa kylmäaine kiertää. Höyrystimessä matalapaineinen ja matalalämpöinen kylmäaine sitoo itseensä lämpöenergiaa ympäristöstä, jolloin kylmäaine höyrystyy. Höyrystynyt kylmäaine menee kompressorin, jossa sen paine ja lämpötila kasvavat. Kompressorista tuleva höyry johdetaan lauhduttimeen, jossa se luovuttaa lämpöenergiaa ympäristöön ja tiivistyy nesteeksi. Neste johdetaan vielä paisuntaventtiiliin, jossa sen painetta alennetaan ja myös sen lämpötila laskee. Kylmä neste palaa höyrystimeen, josta kierto voi alkaa taas uudestaan. Tätä kaikkea kutsutaan kylmäpiiriksi. Kylmäpiiri voi olla yhden laitteen sisällä tai laitteen eri osat saattavat sijaita eri paikoissa. (6, s. 17–18; 9, s. 16)

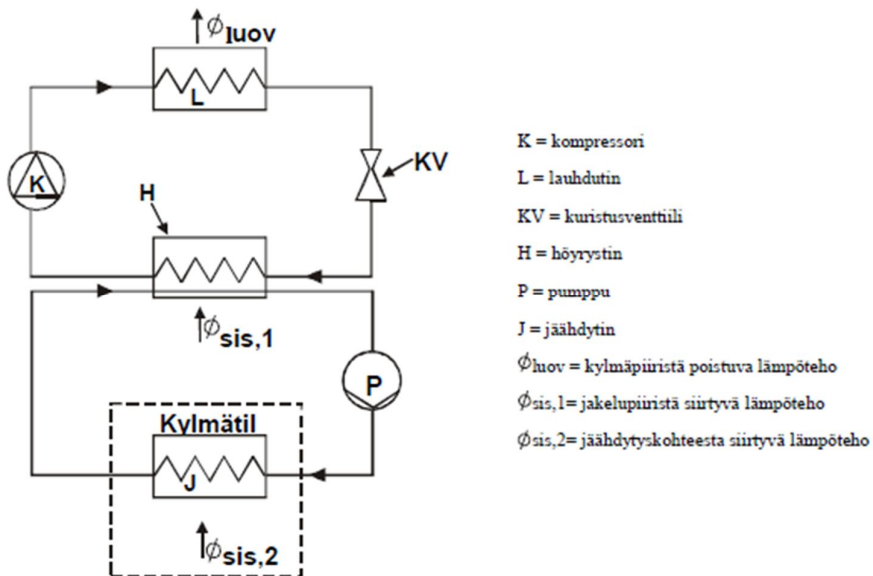
5.2 Suora ja välillinen jäähdytys

Kylmä- ja jäähdytysjärjestelmät jaetaan yleensä suoriin ja välillisiin järjestelmiin. Suorassa jäähdytyksessä höyrystin sijaitsee suoraan jäähdytettävässä kohteessa, jossa se on suorassa kosketuksessa jäähdytettävään aineeseen, kuten ilmaan. Jäähdytettävästä kohteesta lämpöenergiaa siirtyy kylmäaineeseen höyrystäen sen. Kuvassa 5 on kaaviokuva suoran jäähdytyksen periaatteesta. (6, s. 75)



Kuva 5. Suorajäähdytys (2)

Välillisessä jäähdytyksessä on varsinaisen kylmäainepiirin (primääripiirin) lisäksi erillinen jäähdytyksen jakelupiiri (sekundääripiiri). Primääripiirissä kiertävä kylmäaine menee höyrystimeen, joka on kosketuksissa sekundääripiirin väliaineeseen, kuten veteen tai glykoli-vesiseokseen. Tämä väliaine on puolestaan kosketuksissa jäähdytettävään tilaan, jossa esim. jäähdytettävä ilma on kosketuksissa väliaineeseen. Kuvassa 6 on kaaviokuva välillisen jäähdytyksen periaatteesta. (2, s. 29–30; 6, s. 75)



Kuva 6. Välillinen jäähdytys (2)

6 Kylmälaitostyypit

Kylmä- ja ilmastointilaitteisiin sekä lämpöpumppuihin sisältyy useita erilaisia sovelluksia, jotka vaihtelevat yksittäisistä laitteista suuriin laitoksiin asti. Tässä luvussa tarkastellaan kylmälaitostyyppejä kotitaloudessa, tekojääradoissa, kaupallisella ja teollisella puolella sekä ilmastointi- ja lämpöpumppupuolella.

6.1 Kotitalouksien kylmälaitteet

Kotitalouksien kylmälaitteisiin lasketaan erilaiset jääkaapit, pakastimet ja niiden yhdistelmät. Kylmäainekierto on yleensä toteutettu suorahöyrystyksellä käyttäen hermeettistä kompressoria, joissa sähkömoottori ja kompressorin on asennettu kaasutiiviiseen koteloon. Kylmäaineena käytettiin ennen usein CFC-kylmäainetta R-12, joka on nykyään korvattu mm. HFC-kylmäaineella R-134a tai isobutaanilla. (2, s. 40–41)

6.2 Tekojääradat

Suomen Jääkiekkoliiton mukaan vuonna 2007 jäähalleja oli Suomessa 209 kappaletta. 1990-luvun alussa rakennettiin viimeisiä suoralla jäähdytyksellä toimivia jäähdytysjärjestelmiä. Nykyään asennetaan vain välilliseen jäähdytykseen perustuvia jäähdytysjärjestelmiä. Tekojääratojen kylmäaineena on ennen käytetty ammoniakkia tai HCFC-kylmäainetta R-22. Nykyään kylmäaineena käytetään vieläkin ammoniakkia tai HFC-kylmäainetta R-404A. (2, s. 56; 25, s. 14)

6.3 Kaupan kylmälaitokset

Kaupan kylmäjärjestelmät voidaan eritellä itsenäisiin kylmäkoneistoihin, lauhdutusjärjestelmiin ja keskusjärjestelmiin. Itsenäisiä kylmäkoneistoja (omakoneellisia kylmäkalusteita) ovat esimerkiksi jäähdytetyt lasikaapit erilaisia tuotteita varten, ja ne ovat hyvin samankaltaisia kotitalouksien kylmälaitteiden kanssa. (2, s. 44)

Lauhdutinjärjestelmä on jäähdytyslaitteesta (höyrystimestä) erotettu kompressorin ja lauhdutyksikkö eli kompressorilauhdutin. Tämä koostuu tyypillisesti yhdestä tai kah-

desta kompressorista, nestesäiliöstä (varaaja) ja lauhduttimesta. Lauhdutinjärjestelmää käytetään yleensä pienissä kylmähuoneissa, prosessilaitteissa ja myyntiautomaateissa. (2, s. 44)

Keskusjärjestelmissä konehuoneeseen on sijoitettu keskitetty jäähdytysjärjestelmä. Jäähdytyslaitteiston koneistamisessa käytetään yleensä kahta eri periaatetta. Ensimmäinen tapa toteuttaa kylmälaitoksien koneistaminen on niin, että yksittäiset kompressorit jäähdyttävät vain muutamia kylmäkalusteita tai -huoneita. Toinen tapa koneistaa kylmälaitokset tapahtuu asentamalla useampi kompressor rinnan, jolloin ne jäähdyttävät kylmäpuolen tai pakkaspuolen kalusteita tai huoneita. Jäähdytyksen jakelu eri paikkoihin toteutetaan joko suorajäähdytyksellä tai välillisellä jäähdytyksellä. Suomessa kaupan kylmälaitteiden ja -laitosten jäähdytys perustuu lähes kokonaan suoraan jäähdytykseen. (2, s. 44)

Kauppojen kylmälaitoksissa on käytetty ennen yleensä CFC-kylmäainetta R-12 tai HCFC-kylmäaineita R-22 ja R-502. Lähes kaikki kauppojen kylmälaitoksien kylmäaineet on korvattu HFC-kylmäaineella R-404A, minkä kylmäaineiden kartoituskin tässä työssä paljasti. Itsenäisten kylmäkoneistojen kylmäaineet on usein korvattu HFC-kylmäaineella R-134a. Nykyään moniin uusiin kauppoihin tehdään myös hiilidioksidilla toimivia kylmälaitoksia. (2, s. 45; 22)

6.4 Elintarvike- ja prosessiteollisuuden kylmälaitokset

Elintarviketeollisuudessa kylmälaitoksia tarvitaan elintarvikkeiden valmistuksessa jäähdytykseen sekä ruoan säilyttämiseen ja pakastamiseen. Eri prosessiteollisuuden aloilla, kuten öljy-, kemian-, kaasu-, metalli- ja muoviteollisuuden aloilla, tarvitaan jäähdytystä moniin erilaisiin sovelluksiin. Elintarvikealan käyttämä jäähdytyslämpötila vaihtelee noin 0 ja -10 celsiusasteen välillä, kun taas prosessiteollisuudessa tarvittavat lämpötilat voivat olla jopa alle -90 celsiusastettakin. (2, s. 50)

Teollisuudessa käytetään monenlaisia kylmäaineita. Ammoniakki on ollut teollisuuden suosima kylmäaine jo vuosia, sillä sen termodynaamiset ominaisuudet ovat hyvät ja sen hinta on edullinen. Varsinkin isot yksiköt suosivat ammoniakkin käyttöä viilennyksessä. Teollisuudessa on käytetty paljon myös HCFC-kylmäaineita, esim. R-22:ta, joita

on vähitellen alettu korvata HFC-kylmäaineilla. Vuonna 1999 Suomessa asennetuista HFC-kylmäaineella toimivista kylmlaitoksista 40 % oli vedenjäähdytyskoneistoja ja 60 % suorajäähdytteisiä laitoksia. Prosessien vedenjäähdytyskoneistot käyttävät nykyään usein kylmäaineina R-407C:tä, R-134a:ta tai ammoniakia. (2, s. 51)

6.5 Ammattikeittiöiden kylmlaitokset ja omakoneelliset kylmäkalusteet

Ammattikeittiöitä on mm. päiväkodeissa, kouluissa, ravintoloissa, sairaaloissa sekä varuskunnissa. Ammattikeittiössä olevat erilaiset raaka-aineet sekä valmiit ruuat tarvitsevat eri lämpötiloissa olevia kylmäsäilytystiloja. Kylmäsäilytystilat koostuvat usein kylmlaitoksien kylmä- ja pakastetiloista sekä omakoneellisista kylmlaitteista, kuten pakastealtaista ja kylmäkaapeista. Kylmlaitteet voi olla keskitetty vain muutamaan kylmlaitokseen, jotka viilentävät kaikkia ammattikeittiön kylmlaitteita. Kylmäaineina on käytetty CFC- ja HCFC-kylmäaineita, kuten kylmäaineita R-12 ja R-22. Lainsäädännön myötä ne ovat kuitenkin alkaneet korvautua HFC-kylmäaineilla R-404A ja R-134a. (2, s. 59)

6.6 Ilmastoinnin jäähdytysjärjestelmät

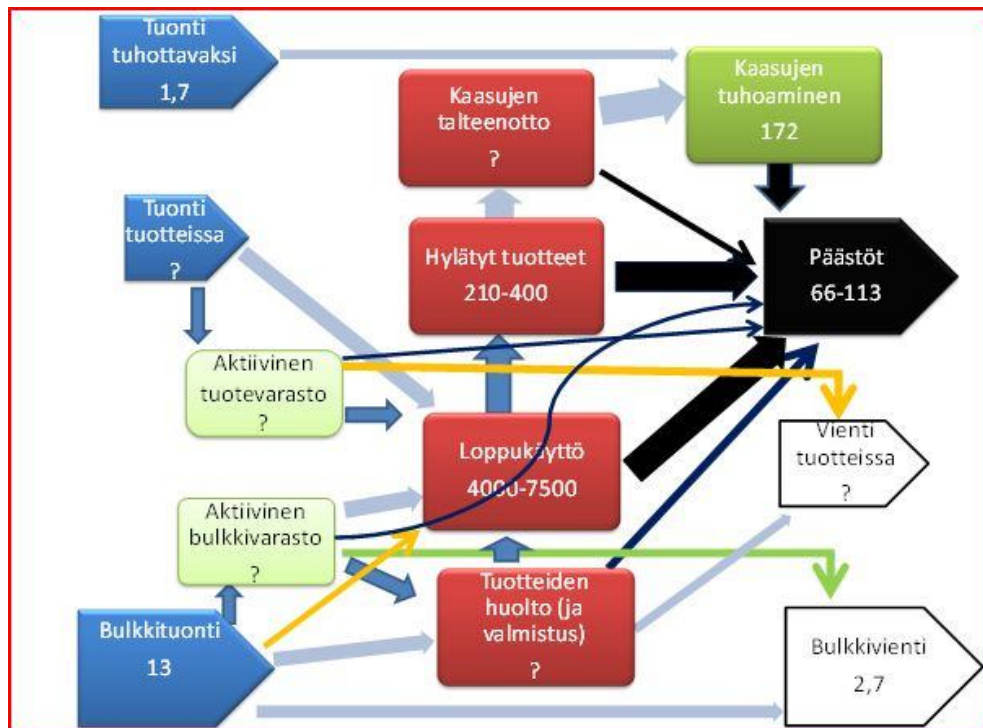
Rakennusten ilmastoinneissa sekä serverihuoneiden viilennyksessä käytetään yleensä esim. kaappi- ja vakioilmastointikoneita, puhallinkonvektoreita, jäähdytyspalkkeja, split-koneistoja, tuloilmakoneen jäähdytyskoneistoa, ikkunakoneita, vedenjäähdytyskoneistoa ja siirrettäviä jäähdytyslaitteistoja. Tilojen viilennys voidaan tehdä joko välillisenä tai suorana jäähdytyksenä. Yksittäiset kylmlaitteet soveltuvat huoneen tai pienen tilan viilentämiseen, kun taas isommat tilat on yleensä viilennetty joko usealla erillisellä kylmlaitteella tai keskitetty yhteiseen kylmlaitokseen. Usein suurien rakennusten ilmastoinnin jäähdytys on toteutettu välillisellä jäähdytyksellä, kuten vedenjäähdytyskoneistolla, missä vedenjäähdyttimessä oleva kylmäaine jäähdyttää esim. vesi-glykoliseosta. Vesi-glykoliseos kiertää putkistoa pitkin tuloilmakoneille, vakioilmastointikoneille tai puhallinkonvektoreille, jotka viilentävät haluttua tilaa. Kylmäaineina on aikaisemmin käytetty CFC- ja HCFC-kylmäaineita, mutta nykyään niitä on korvattu HFC-kylmäaineilla R-134a, R-407C ja R-410A. (9, s. 19; 2, s. 67–68)

6.7 Lämpöpumput

Lämpöpumppuja käytetään pääasiassa rakennusten lämmittämiseen ja kaukolämmön-tuotantoon. Suurin osa lämpöpumpuista perustuu kompressorilla toimivaan kylmä-höyryprosessiin. Lämpöpumput toimivat samalla periaatteella kuin jäähdytyslaitteetkin, mutta yleensä niiden tarkoituksena on lämmittää haluttua tilaa. Niitä voidaan käyttää kuitenkin myös tilojen viilentämiseen. Energia- ja prosessiteollisuus ovat käyttäneet lämpöpumppuja jo vuosia, mutta ne ovat alkaneet myös yleistyä asuinrakennuksissa. Rakennuksissa käytetään yleensä lämpöpumppuina, maa-, ilma-, poistoilma- tai ilma-vesilämpöpumppuja. Nykyään kylmäaineena käytetään HFC-kylmäaineita R-407C, R-134a ja R-410A. (2, s. 83–85; 26; 27)

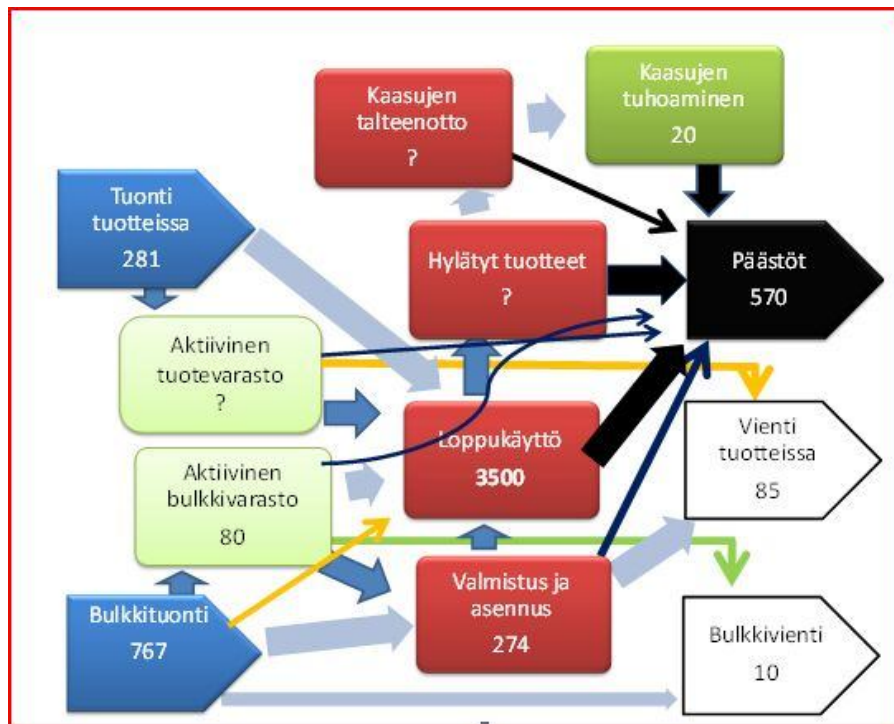
7 ODS- ja F-kaasujen virrat Suomessa

Tullitilastojen mukaan Suomen talouteen saapui ulkomailta vuonna 2010 noin 15 ton-nia otsonikerrosta heikentäviä ODS-kaasuja (ODS = Ozone Depleting Substances), jois-ta suunnilleen kaksi tonnia meni tuhottavaksi Ekokemin laitoksille. Vanhoissa laitteissa ja tuotteissa olevia ODS-kaasuja meni tuhottavaksi noin 170 tonnia. ODS-kaasujen tuonnista suurin osa oli regeneroituja HCFC-kaasuja. Prosessikaaviosta (kuva 7) näkyy ODS-kaasujen kulkeutuminen Suomessa. ODS-kaasuja on varastoituneina eriste-muoveihin ja vanhoihin kylmälaitteisiin arviolta 4200–7900 tonnia. (28)



Kuva 7. ODS-kaasujen virrat ja varastot Suomessa vuonna 2010 (tonneina) (28)

F-kaasuja tuotiin Suomeen vuonna 2010 yli 1000 tonnia. Kylmälaitteisiin liittyi valtaosa tuonnista. F-kaasuja tuhottiin noin 20 tonnia Ekokemin laitoksilla vuonna 2010. F-kaasuja joutui Suomen ilmakehään arviolta noin 570 tonnia vuonna 2010. Suomen kaikista kasvihuonepäästöistä se oli noin pari prosenttia. Päästöjä syntyy eniten kylmäaineiden käytöstä, joista yli puolet johtuu autojen ilmastointilaitteista. Prosessikaaviosta (kuva 8) näkyy F-kaasujen kulkeutuminen Suomessa. (28)



Kuva 8. ODS-kaasujen virrat ja varastot Suomessa vuonna 2010 (tonneina) (28)

Taulukkoon 2 on merkitty F-kaasujen kylmäainekäytössä olevat eri käyttökohteet vuonna 2010. Ilmastointien lisääntyminen autoissa on nostanut F-kaasujen määrää kylmälaitteissa. Vuonna 2010 kulkuajoneuvoissa olevat kylmäainemäärät olivat lähes kolmasosa F-kaasujen kokonaiskylmäainemäärästä. F-kaasujen suuri käyttäjäryhmä on ollut myös kauppoiden kylmälaitteet. (28)

Taulukko 2. F-kaasujen kokonaiskylmäainemäärät eri käyttökohteissa vuonna 2010 (tonneina) (28)

Kotikylmiöt	59
Kaupan kylmiöt	801
Elintarviketeollisuus	178
Prosessiteollisuus	209
Jääradat	11
Erilliset kaupalliset sovellutukset	22
Ammattikeittiöt	29
Kylmäkuljetus	53
Kiinteä ilmastointi	298
Lämpöpumput	293
Kulkuvälineet	1123
Yhteensä	3076

8 Kylmäaineprojekti Espoossa

8.1 Kylmäaineprojektin syntyminen

Suomen ympäristökeskuksen laatima "Valvontaohje otsonikerrosta heikentäviä aineita tai fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huoltoa valvoville viranomaisille" valmistui alkuvuodesta 2012 (Ympäristöhallinnon ohjeita 3/2012). Espoon ympäristökeskuksen edustaja oli mukana tätä ns. valvontaopasta valmistelleessa ryhmässä. Huoltoasetuksen mukaisen valvonnan tehostamiseksi ympäristökeskuksessa päätettiin toteuttaa kylmäaineiden valvonta- ja kartoitusprojekti Espoon alueelta. Espoon ympäristökeskus otti yhteyttä Metropolia Ammattikorkeakouluun ja tarjosi projektia insinöörityön aiheeksi.

Projektin tarkoituksena oli tehdä mahdollisimman kattavasti huoltoasetuksen mukaista valvontaa sekä kartoittaa mahdollisimman paljon eri kohteita. Tiedot kylmäaineiden määristä ja laaduista sekä huoltoasetuksen noudattamisesta antavat pohjaa niin valvonnan tehostamiseen kuin kylmäaineiden ja kylmälaitteiden käyttöön liittyviin jatko-projekteihin.

8.2 Valmistelevat työt

8.2.1 Saatekirje

Projektin alussa todettiin, että olisi hyvä tiedottaa kohteille tulevasta käynnistä. Tämä antaisi kohteille mahdollisuuden valmistautua tulevaa käyntiä varten. Ympäristökeskuksessa laadittiin saatekirje, joka lähetettiin kohteille sähköpostilla ennen käyntiä. Saatekirje löytyy liitteestä 6.

Saatekirjeestä selviävät seuraavat asiat:

- mikä viranomaistaho suorittaa valvontaa ja milloin
- mihin valvonta perustuu
- mikä on käynnin tarkoitus

- mikä merkitys on kylmälaitteiden kunnossapidolla
- mitä asioita tarkastuskäynnillä käydään läpi
- kuinka kauan käynti kestää
- yhteystiedot.

8.2.2 Kohteiden etsiminen

Kylmäaineiden käytön valvontaan Suomessa on panostettu vasta lähivuosina. Vaikka CFC-yhdisteiden käytöstä kylmäaineena ja liuottimena onkin tehty muutamia tarkasteluja, ei kattavaa valvontaa ja kartoitusta ole tehty nykyisistä kylmäaineista. Koska suoritettu kylmäaineiden valvonta ja kartoitus oli todennäköisesti laajuudessaan ensimmäinen Suomessa, ei ennakkotietoa kylmälaitteiden ja kylmäaineiden määristä sekä käyttökohteista juuri ollut saatavilla. Osassa uusimpia ympäristötarkastajien tekemiä tarkastuspöytäkirjoja on merkittynä kylmäaineiden määriä ja laatuja, mutta tietoja ei ollut koottuna. Tämän takia ainoastaan muutamia kohteita pystyttiin ennakolta valitsemaan tarkastuspöytäkirjojen avulla.

Suomen ympäristökeskuksen laatimaa valvontaopasta käytettiin apuna valvonnan suunnittelussa ja kohteiden valinnassa. Oppaan avulla päätettiin ottaa tarkastuskohteiksi tyypillisesti suuria kylmäainetäyttömääriä sisältäviä kohteita, kuten kaupan kylmälaitteet (kuva 9).



Kuva 9. Kaupan kylmälaite

Ensisijaisesti valittiin tarkastettaviksi

- jäähallit
- elintarviketeollisuus
- suuret elintarvikekaupat
- kauppakeskusten kiinteistöt
- suuret konttorirakennukset.

Kartoituksen kannalta oli myös tärkeää käydä mahdollisimman erilaisissa kohteissa. Ympäristökeskuksen henkilökunnan tietoja ja internethakuja käytettiin kohteiden etsimisessä. Espoon ympäristökeskuksella oli myös valvottavien kohteiden lista Excel-tiedostona, jonka avulla pystyttiin etsimään sopivia käyntikohteita.

Espoon seudun ympäristöterveyden kanssa keskusteltiin siitä, mihin elintarvikepuolen paikkoihin valvontaa kannattaisi kohdistaa. Näin saatiin esim. tietoa kohteista, joiden kylmälaitteita on uusittu tai tullaan uusimaan.

8.2.3 Tiedon kokoaminen

Suomen ympäristökeskuksen valvontaoppaassa oli valmiina valvontatarkistuskäynnin lomakkeen pohja (liitteet 7 ja 8), johon pystyi helposti merkitsemään mm. kylmäaineiden määrät ja laadut sekä huoltotarran ja huoltopäiväkirjan löytymisen laitteesta. Lomaketta hiukan muokattiin juuri tähän projektiin sopivaksi. Lomakkeista saadut tiedot kerättiin taulukkoon kokonaiskuvan saamiseksi. Tärkeää oli myös koota huoltoasetuksen noudattamisessa esiintyneet puutteet sekä niiden yleisyys.

8.3 Projektista tiedottaminen

Aluksi kylmäaineprojektista tiedotettiin vain ympäristökeskuksen omalle henkilöstölle ja tarkastettavien kohteiden yhteyshenkilöille. Puolesta välissä projektia tehtiin mediatiedote Espoossa tapahtuvasta kylmälaitteiden valvonnasta ja kartoituksesta. Näin pystyt-

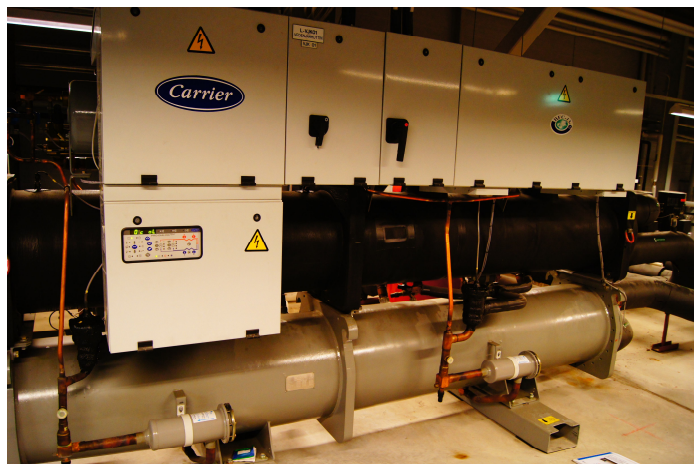
tiin informoimaan tapahtuvasta valvonnasta mahdollisimman laajasti ja todennäköisesti tavoittamaan myös kohteita, joissa ei ehditty käymään.

8.4 Valvontakäyntien tekeminen

Ennen kuin valvontakäyntiä päästiin tekemään, piti kohteesta saada kiinni yhteyshenkilö, joka voisi tulla näyttämään kohteen kylmälaitteet. Usein kohteeseen pystyi soittamaan internetistä löydetyn vaihdenumeron kautta. Muutamien puheluiden jälkeen oikea yhteyshenkilö yleensä löytyi ja päästiin sopimaan käynnille ajankohta.

Käynnin ajankohdaksi sovittiin kummallekin osapuolelle sopiva aika. Tämän jälkeen yhteyshenkilölle lähetettiin saatekirje sähköpostitse antamaan lisätietoa käynnin tarkoituksesta sekä asioista, jotka olisi hyvä tietää ennen käyntiä.

Kylmälaitteita näyttämässä oli yleensä yhteyshenkilö tai huoltohenkilö, joka tiesi kylmälaitteiden sijainnit sekä huoltopäiväkirjat ja huoltotarrat. Laitteiden tiedot ja mahdolliset puutteet merkittiin valmiisiin lomakkeisiin. Jos laitteissa löydettiin kylmäaineena HCFC-kylmäainetta, muistutettiin yhteyshenkilöä ja/tai huoltohenkilöä, että HCFC-aineita ei saa enää käyttää huolloissaan 1.1.2015 alkaen. Valvontakäynnin jälkeen lomake kirjoitettiin puhtaaksi ja tarkastettiin, minkä jälkeen se lähetettiin yhteyshenkilölle. Puutteen korjaamiseen annettiin yleensä noin kuukausi aikaa tarkastuksesta. Kuvassa 10 on kiinteistön kylmälaitte, joka käytiin tarkastamassa.



Kuva 10. Kiinteistön vedenjäähdytyskone

8.5 Uusintatarkastukset

Uusintatarkastukset pyrittiin suorittamaan heti, kun puutteiden korjaamisen annettu määräaika loppui. Uusintatarkastuksissa tarkistettiin kylmälaitteet, joista oli löytynyt puutteita edellisellä kerralla. Jos puutteita ei ollut korjattu, kehoitettiin korjaamaan puutteet viipymättä. Määräaika uuteen tarkistukseen annettiin tilanteen mukaan.

9 Projektin tulokset

9.1 Kohteiden määrät ja havaitut puutteet

Kohteiden määrät ja havaitut puutteet on merkitty taulukkoon 3. Taulukosta ilmenee, minkälaisia puutteita yhdestä tai useammasta laitteesta löytyi, ja kuinka monessa kohteessa tietty puute havaittiin. Työssä tarkistettiin 63 kohdetta, joista 34:ssä löytyi korjattavia puutteita.

Taulukko 3. Kohteiden määrät ja havaitut puutteet

Kohteita käyty	63 kpl
Puutteellisten kohteiden määrä	34 kpl
Kohteet ilman puutteita	29 kpl
Puutteet	Kohteet (kpl)
Huoltopäiväkirja puuttuu	23
Huoltotarra puuttuu	24
Laitetta ei ole tarkastettu asetusten mukaisin määrävälein	10
Huollon tekijä ei ole Tukesin rekisterissä	4
Merkinnät kylmäaineen laadusta puuttuvat	8
Merkinnät kylmäaineen määrästä puuttuvat	18
Laitteella ei ole huoltoyritystä	4

9.2 Kylmäaineiden määrät ja laadut

HFC-, HCFC- ja CFC-kylmäaineiden määriä ja laatuja on merkitty taulukkoon 4. Tarkastettavista laitteista löytyi kylmäaineita yhteensä 38512 kg, josta HFC-kylmäaineita oli 30060 kg, HCFC-kylmäaineita 8329 kg ja CFC-kylmäaineita 123 kg. HCFC-kylmäainetta

R-409A ei ole merkitty taulukkoon, koska sen määrästä ei ollut tietoa. Erilaisia kylmäaineiden laatuja löytyi yhteensä 18.

Taulukko 4. Kylmäaineiden määrät ja laadut

Kylmäaineet 63 kohteessa	Määrä (kg)
R-404A	15486
R-134a	9887
R-22	8144
R-407C	3531
R-410A	760
R-422D	176
R-422A	167
R-402A	100
R-114	60
R-401A	45
R-502	40
R-402B	40
R-426A	35
R-12	23
R-437A	12
R-23	5
R-410C	1

9.3 Uudelleen tarkistettut kohteet

Projektityössä oli tärkeää korjata kohteista löytyneet puutteet. Korjauskehotuksen lisäksi pyrittiin tekemään uusintatarkastuskäyntejä kohteisiin, joista puutteita oli löytynyt. Taulukkoon 5 on merkittynä mm. projektin aikana suoritettujen puutteiden korjausten lukumäärä eri kohteissa.

Taulukko 5. Uudelleen tarkistettut kohteet

Puutteellisten kohteiden määrä	34 kpl
Puutteiden uusintatarkistus paikan päällä	18 kpl
Kaikki puutteet korjattu	15 kpl
Osa puutteista korjattu	8 kpl
Kohteita ei tarkistettu uudelleen	12 kpl

9.4 Kylmäaineiden määrät ja laadut toimialoittain

Taulukko 6. Elintarviketeollisuudesta löytyneet kylmäainemäärät

Elintarviketeollisuuden kylmäainemäärät (kg)					
R-404A	R-401A	R-22	R-407C	R-410A	R-402B
2720	45	210	4	40	40

Elintarviketeollisuudesta (taulukko 6) tarkastettiin kaikki suurimmat paikat (6 eri kohdetta), jossa kylmäaineita mahdollisesti olisi suuria määriä. Elintarviketeollisuudessa käytettiin eniten kylmäainetta R-404A.

Taulukko 7. Laitetiloista löytyneet kylmäainemäärät

Laitetilojen kylmäainemäärät (kg)		
R-134a	R-407C	R-410A
645	454	212

Laitetiloja käytiin katsomassa kahdesta eri kohteesta (taulukko 7). Laitetilojen jäähdytykseen käytettiin eniten kylmäaineita R-134a ja R-407C.

Taulukko 8. Kauppakeskusten kiinteistöistä löytyneet kylmäainemäärät

Kauppakeskusten (kiinteistö) kylmäainemäärät (kg)			
R-134a	R-22	R-410A	R-407C
4454	651	67	65

Kauppakeskusten kiinteistöjen kylmälaitteita tarkistettiin yhdeksässä eri kohteesta (taulukko 8). Ilmastoinnin jäähdytykseen käytettiin eniten kylmäainetta R-134a. R-22-kylmäainetta sisältäviä laitteita löytyy vielä jonkin verran kauppakeskuksista. Kauppakeskuksissa olevat elintarvikekaupat eivät kuuluneet näihin kylmäainemääriin.

Taulukko 9. Elintarvikekaupoista löytyneet kylmäainemäärät

Elintarvikekauppojen kylmäainemäärät (kg)				
R-404A	R-407C	R-22	R-402A	R-134a
11724	45	105	30	140

Elintarvikekauppoja käytiin tarkastamassa 15:ssä eri kohteessa (taulukko 9). Elintarvikekaupoissa käytetään lähes poikkeuksetta pakaste- ja kylmäkalusteiden sekä pakaste-

ja kylmähuoneiden jäähdyttämiseen kylmäainetta R-404A. Pienetkin kaupat käyttivät useita satoja kilogrammoja kylmäainetta kylmälaitteissansa.

Taulukko 10. Isoista toimistorakennuksista löytyneet kylmäainemäärät

Isojen toimistorakennuksien kylmäainemäärät (kg)					
R-134a	R-407C	R-404A	R-410A	R-422D	R-22
1349	422	80	13	176	12

Isoja toimistorakennuksia tarkastettiin neljässä eri kohteessa (taulukko 10). Eniten käytetty kylmäaine ilmastoinnin jäähdyttämiseen oli R-134a. R-404A:ta käytettiin yleensä keittiöiden kylmätilojen jäähdyttämiseen.

Taulukko 11. Teollisuudesta löytyneet kylmäainemäärät

Teollisuuden kylmäainemäärät (kg)					
R-134A	R-407C	R-404A	R-22	R-410A	R-426A
1726	1941	62	428	164	35

Teollisuuden kylmälaitteita käytiin katsomassa neljässä eri kohteessa (taulukko 11). R-134a- ja R-407C-kylmäaineita käytettiin eniten teollisuuden jäähdytyskoneissa. Myös R-22-kylmäainetta löytyi useasta jäähdytyskoneesta.

Taulukko 12. Terveyskeskuksista ja sairaaloista löytyneet kylmäainemäärät

Terveyskeskuksien ja sairaaloiden kylmäainemäärät (kg)					
R-407C	R-134a	R-22	R-12	R-404A	R-410C
184	346	64	3	149	1

Terveyskeskuksien kylmälaitteita käytiin katsomassa yhdestä kohteesta ja sairaaloiden kylmälaitteita kahdesta eri kohteesta (taulukko 12). Sairaaloissa oli isot erot kylmälaitteiden määrissä. Isossa sairaalassa oli useita kylmälaitteita eri puolilla sairaalaa, kun taas pienessä sairaalassa oli vain muutamia kylmälaitteita. Yhdestä sairaalasta löytyi CFC-kylmäainetta R-12. Terveyskeskuksessa oli vain muutama kylmälaite.

Taulukko 13. Oppilaitoksista löytyneet kylmäainemäärät

Oppilaitosten kylmäainemäärät		
R-22	R-407C	R-134a
5510	332	490

Oppilaitoksista käytiin viidessä eri yliopiston rakennuksessa (taulukko 13). R-22-kylmäaineella toimivia kylmälaitteita on alueella runsaasti jäljellä. Kylmälaitteista käytiin katsomassa vain osa, sillä niitä löytyy useita erilaisia yliopiston alueelta. Eräästä yliopiston laitoksesta löytyi 5000 kg R-22-kylmäainetta.

Taulukko 14. Hotelleista löytyneet kylmäainemäärät

Hotellien kylmäainemäärät (kg)	
R-410A	R-404A
24	343

Hotellien (kaksi kohdetta) kylmäainemäärät riippuivat siitä, onko hotellilla omaa ravintolaa, jossa on kylmähuoneita ja pakastimia. Hotellien ilmastointien jäähdytyksessä ei käytetty paljoa kylmäainetta (taulukko 14).

Taulukko 15. Tutkimuskeskuksista ja laboratorioista löytyneet kylmäainemäärät

Tutkimuskeskuksien ja laboratorioiden kylmäainemäärät (kg)												
R-410A	R-22	R-404A	R-407C	R-134a	R-422A	R-502	R-437A	R-401A	R-12	R-402A	R-23	R-114
240	513	223	68	515	?	40	12	?	20	70	5	60

Tutkimuskeskukset ja laboratoriot käyttävät HCFC-kylmäainetta vielä aika paljon omista laitteissaan (taulukko 15). Myös CFC-kylmäaineita, kuten R-502, R-12 ja R-114, löytyi tutkimuskeskuksista ja laboratorioista jonkin verran.

Taulukko 16. Muista kohteista löytyneet kylmäainemäärät

Muiden kohteiden kylmäaineidenmäärät (kg)				
R-404A	R-22	R-422A	R-407C	R-134a
185	370	87	15	222

Muihin kohteisiin kuului mm. tavarataloja, ammattikeittiötä, seurakunnan tiloja sekä urheilukeskuksia (taulukko 16). Tavaratalossa käytettiin kylmäaineena pelkästään R-134a. Kylmäainetta R-22 löytyi paljon mm. ammattikeittiöstä.

Kaikki Espoon jäähallit käyttivät luonnollista kylmäainetta, ammoniakkia. Tämän takia jäähallien kylmälaitteita ei käyty tarkistamassa.

10 Tulosten tarkastelu

10.1 Kylmälaitteiden kunnossapidon tilanne Espoossa

Projektissa saatiin tarkastettua 63 kohdetta. Saadut tulokset antavat suuntaa kylmälaitteiden kunnossapidosta Espoossa. 34:stä eri kohteesta (n. 54 % kohteista) löytyi korjattavia puutteita. Kokonaiskuvaa saattaa hieman vääristää se, että kohteella saattoi olla useitakin eri kylmäkoneita kiinteistössään, kun taas toisella oli vain muutama. Näin ollen suuret määrät kylmälaitteita omaava kohde saattoi usein sisältää ainakin yhden korjattavan puutteen. Vaikka yli puolessa kohteita havaittiin korjattavia puutteita, on huoltoyritysten ja huoltohenkilöiden toiminta ollut pääosin mallikasta. Mielenkiintoista oli se, että isoissa laitteissa puutteita oli vähemmän kuin pienissä laitteissa. Tämä johtui luultavasti siitä, että isompien laitteiden merkitys kohteelle on paljon suurempi kuin pienempien laitteiden. Tämä saa huollon keskittymään herkemmin isompiin kylmälaitteisiin ja jättämään pienemmät laitteet vähemmälle huomiolle.

Huoltotarran (kuva 11) ja huoltopäiväkirjan puuttuminen oli yleisin puute kylmälaitteiden osalta. Lähes 38 %:lta kohteista puuttui huoltotarra/huoltotarrat ja n. 37 %:lta kohteista huoltopäiväkirja/huoltopäiväkirjat. Isoimmissa kylmälaitteissa nämä asiat olivat yleensä kunnossa, mutta pienemmissä laitteissa näiden puuttuminen oli varsin yleistä. Varsinkin katoilla olevat pienet jäähdytyskoneet olivat usein ilman huoltotarraa tai/ja huoltopäiväkirjaa. Tämä saattaa johtua laitteiden pienistä kylmäainemääristä ja vaikeista sijainneista, jolloin ei ole ollut mielekästä laittaa huoltotarroja ja huoltopäiväkirjoja laitteiden välittömään läheisyyteen.

KYLMÄLAITOKSEN MÄÄRÄAIKAISTARKASTUS	
KYLMÄÄINEVUODOT TARKASTETTU / KORJATTU pvm: ____ . ____ . 20 ____	
HUOLTO TEHTY	pvm: ____ . ____ . 20 ____
SEURAAVA VUOTOTARKASTUS / HUOLTO VIIMEISTÄÄN	
____ KUU 20 ____	
Allekirjoitus _____	
YRITYS _____	

Kuva 11. Huoltotarra (9)

Lähes kaikilla kylmälaitteilla oli Tukesin rekisterissä oleva huoltoyritys tai huoltohenkilö huoltamassa niitä. Vain muutamassa kohteessa oli huoltamattomia laitteita, joita oli huollettu vain niiden mennessä rikki. Ilman huoltoyritystä tai huoltohenkilöä olevia kylmälaitteita oli n. 6 % kaikista kohteista. Tukesin rekisteriin kuulumattomia huoltoyrityksiä ja huoltohenkilöitä löytyi n. 6 % kaikista kohteista. Osalla oli myöhässä pätevyystodistuksen saaminen ja toimintailmoituksen tekeminen. Tukesin rekisteriin kuulumattomat henkilöt tai huoltoyritykset ilmoitettiin Suomen ympäristökeskukselle. Laitteiden määräaikaista vuototarkastuksia oli tehty liian harvoin, n. 16 %:iin kaikista kohteista. Vuototarkastukset tehdään yleensä laitteiden huoltojen yhteydessä, jolloin huoltoja tehdään yhtä monta kuin vuototarkastuksiakin.

Usein tuli vastaan laitteita, joiden huoltopäiväkirjoihin tai laitteen lähettyville ei ollut merkitty lainkaan tietoa kylmäaineiden määrästä. Noin 29 %:lta kaikista kohteista puuttui kylmäainemäärät laitteiden lähettyviltä. Laitteiden kylmäainemäärästä saatiin yleensä lisätietoa huoltoyrityksen kautta. Sen sijaan laitteiden kylmäaineiden laadut olivat yleensä nähtävillä, koska laitteiden valmistajat olivat merkinneet ne näkyviin. Kylmäainemäärä laadut puuttuivat n. 13 %:lta kaikista kohteista.

10.2 HFC-kylmäaineiden käytön tilanne Espoossa

HFC-kylmäaineita on käytössä useita erilaisia. Espoossa käytetään eniten kylmäaineita R-404A, R-134a ja R-407C. Ne kattavat kylmäainemäärältään n. 75 % kaikista kylmäaineista sekä HFC-kylmäaineista lähes 96 %. R-404A on ollut suosituin kylmäaine niin elintarviketeollisuudessa kuin elintarvikekaupoissakin. Sitä käytetään erityisesti kylmä- ja pakastekoneistoissa sekä myymälöiden kylmälaitoksissa. Koska käyntejä suoritettiin erityisesti elintarviketeollisuuteen sekä elintarvikekauppoihin, kylmäaineen R-404A määrä todennäköisesti ylikorostuu tuloksissa.

Ilmastoinnin jäähdyttämiseen käytetään eniten kylmäaineita R-134a ja R-407C. R-134a:ta käytetään etenkin vedenjäähdytyskoneissa. R-407C on suosittu kylmäaine kaappi- ja vakioilmastointikoneissa ja pienemmissä jäähdytyslaitteissa.

10.3 CFC- ja HCFC-kylmäaineiden käyttö Espoossa

CFC-kylmäaineita R-12, R-114 ja R-502 löytyi vielä muutamista kohteista Espoon alueella, ja niiden kylmäainemäärät olivat 0,3 % kaikista kylmäaineista. CFC-kylmälaitteita on varmasti Espoossa enemmänkin, mutta niiden paikantaminen on vaikeaa johtuen kylmälaitteiden runsaasta määrästä.

HCFC-kylmäaineita R-22, R-401A, R-409A, R-402A ja R-402B löytyi Espoon alueelta n. 22 %:sta kaikista kylmäainemääristä, ja niistä R-22 on selvästi suosituin. Vaikka HCFC-kylmäaineet poistuvatkin huollon käytöstä 1.1.2015 alkaen, käytetään niitä vielä runsaasti erilaisissa kylmälaitteissa. R-22-kylmäainetta löytyy suuria määriä varsinkin Otaniemestä. Erästä oppilaitoksesta löytyi 5000 kg R-22-kylmäainetta sisältävä laite, mikä tietysti vaikuttaa huomattavasti HCFC-kylmäaineiden kokonaismäärään.

10.4 Puutteiden korjaukset kohteissa

Korjattavia puutteita löytyi 34:ssä eri kohteessa. Uudelleen tarkistuksia suoritettiin 18:ssä eri kohteessa eli n. 53 %:ssa kohteista, joista puutteita löytyi. Osa hoidetuista puutteiden korjauksista pystyttiin selvittämään myös puhelimitse tai sähköpostilla, sillä

kopio huoltopäiväkirjasta, laitteen vuototarkastusvälin muuttaminen tai huoltoliikkeen pääsy Tukesin rekisteriin pystyttiin tarkastamaan toimistolta käsin.

12:ssa eri kohteessa eli n. 35 %:ssa kaikista puutteita sisältäneistä kohteista puutteiden korjaukset jäivät tarkastamatta. Osassa kohteita puutteita ei ollut korjattu lainkaan, tai vain osa puutteista oli saatu korjattua. Annettuja määräaikoja ei aina noudatettu, joten jouduttiin usein puhelimitse ja sähköpostilla kyselemään puutteiden korjausten perään.

Kaikki havaitut puutteet saatiin korjattua 15:ssä eri kohteessa eli n. 44 %:ssa kohteista, joissa puutteita oli löydetty. Kahdeksassa kohteessa oli osa puutteista korjattu. Eri-tyisesti teollisuuden kohteet hoitivat puutteiden korjaukset nopeasti ja aktiivisesti.

10.5 Kylmäaineiden kartoittamisen ja valvonnan hyödyt valvontaviranomaisille

Pelkästään valvonnan läsnäolo toi parannusta Espoossa tehtyihin kylmälaittehuoltoihin. Kun huoltoyritykset/huoltohenkilöt huomaavat valvonnan läsnäolon, kylmälaitteiden huoltamiseen kiinnitetään entistä enemmän huomiota. Kaikki huoltoyritykset/huoltohenkilöt eivät ole muistaneet tehdä asetusten mukaisia huoltotoimenpiteitä, joten valvonta antaa hyvän muistutuksen siitä, mitä kaikkea kuuluu kylmälaitteen ylläpitämiseen ja vastuisiin.

Kartoituksesta saatuja tietoja pystytään käyttämään myöhemmin hyväksi esim. tunnistamalla suuria kylmäainemääriä sisältäviä kohteita. Mahdolliset riskikohteet, joissa ei välttämättä hoideta kylmälaitteita määräysten mukaisesti, pystytään tunnistamaan kartoituksen avulla. Näin pystytään kohdentamaan resursseja haluttuihin paikkoihin ja priorisoimaan kohteita. Myös tiedottamista pystytään tarvittaessa kohdentamaan haluttuihin paikkoihin, esim. elintarvikekauppaketjuihin, jolloin pystytään kauppaketjujen kautta kertomaan huoltojen tärkeydestä sekä määräysten mukaisesta toiminnasta.

Valvonnan alaiset kylmäaineet ovat otsonikatoa aiheuttavia ja/tai kasvihuoneilmiötä voimistavia aineita. Kun kylmäainevuotojen määrää saadaan pienennettyä määräysten mukaisilla huoltotoimenpiteillä, pystytään kylmäaineista aiheutuvaa ympäristöhaittaa pienentämään. Valvonnassa pystytään tiedottamaan kohteille kylmäaineiden haitalli-

suuksista, jolloin laiminlyönneistä johtuvia laiterikkoja, vuotoja tai jopa onnettomuuksia pystytään vähentämään.

10.6 Kylmäaineiden kartoittamisen ja valvonnan hyödyt kohteille

Laiterikkojen ja vuotojen ehkäiseminen on määräysten mukaisten huoltojen tärkeimpiä tehtäviä. Laitteiden rikkoutuminen saattaa aiheuttaa taloudellisia menetyksiä sekä vaikeuttaa kohteiden toimintaa. Varsinkin elintarviketeollisuuden ja elintarvikekauppojen kylmälaitteiden rikkoutuminen aiheuttaa suuria hävikkejä tuotteille sekä vaikeuttaa liiketoiminnan harjoittamista. Määräysten mukaiset huollot estävät laitteiden hajoamista sekä pidentävät niiden elinikää.

Myös kohteiden pitää ottaa ympäristövaikutukset huomioon toiminnassaan. Kylmälaitteiden huoltamatta jättäminen saattaa aiheuttaa suuriakin päästöjä ympäristöön. Kylmäaine itsessään on jo ympäristölle haitallista, mutta myös laitteiden vajaatoiminta saattaa aiheuttaa ympäristölle kuormitusta, kuten hävikistä syntynyttä jätettä sekä kasvanutta energiankulutusta.

Energiatehokkuuteen panostetaan entistä enemmän. Kylmäainevuodot lisäävät kylmälaitteiden energiantarvetta, mistä aiheutuu ylimääräisiä kustannuksia kohteelle.

Huoltoyritykset/huoltohenkilöt huoltavat asiakkaidensa kylmälaitteita sopimusten mukaisesti. Huoltotoimenpiteet eritellään, ja lasku lähetetään asiakkaalle. Asiakas ei välttämättä käy katsomassa kylmälaitteiden huoltoon liittyviä asioita, jos laitteet ovat toimineet moitteettomasti. Vuosihuoltojen määrä, huoltopäiväkirjan pitäminen ja huoltotarrojen laittaminen on annettu kokonaan huoltoyrityksen/huoltomiehen vastuulle. Kuitenkin laitteen omistajalla/haltijalla on vastuu siitä, että kaikki on tehty asetusten mukaisesti. Valvontakäyntien avulla kohde saa tietoa siitä, kuinka hyvin huoltoyritys/huoltohenkilö on onnistunut noudattamaan huoltoasetusta. Laitteiden omistaja/haltija pystyy antamaan palautetta huoltoyritykselle/huoltohenkilölle laitteiden huoltoon liittyvistä asioista sekä varmistamaan, että kaikki asiat on tehty sopimusten mukaisesti.

HCFC-kylmäaineiden poistuminen huolloista 1.1.2015 on varmasti jäänyt osalta kylmälaitteiden omistajilta/haltijoilta huomaamatta. Kylmäaineen vaihtaminen saattaa aiheuttaa muutoksia laitteisiin tai jopa laitteiden uusimisen kokonaan. Niin median kautta kuin valvontakäynneilläkin pystytään tiedottamaan asiasta. On tärkeää, että laitteiden omistajat tietävät HCFC-kylmäaineen käytöstä poistumisesta sekä varautuvat siihen ennakoon.

10.7 Valvonnan ja kartoittamisen haasteet

Yhteyshenkilön tavoittaminen oli yksi projektintyön haasteista. Vaikka puhelinvaihteen kautta löydettiin välillä yhteyshenkilö, jouduttiin monesti puhumaan useamman eri henkilön kanssa ennen kuin oikea henkilö löytyi. Kohteissa ei aina oltu tietoisia siitä, kuka kylmälaitteiden kunnossapidosta vastasi.

Valvontaa suoritettiin kevään ja kesän aikana. Kyseiset ajankohdat eivät välttämättä olleet parhaita ajankohtia käyntien tekemiseen. Toukokuussa käyntien sopiminen oli vielä kohtuullisen vaivatonta, mutta kesäkuusta eteenpäin oli vaikeuksia saada yhteyshenkilöitä kiinni. Kesälomat ja huoltohenkilökunnan puute hankaloittivat tarkastuskäyntiaikojen sopimista. Huoltohenkilöiden puute näkyi lähinnä siinä, ettei kohteeseen saatu ketään näyttämään kylmälaitteita.

Koska aikaa kohteiden läpi käymiseen oli rajatusti, täytyi priorisoida tärkeimpiä kohteita, joiden kylmälaitteita haluttiin nähdä. Tämä oli välillä hankalaa, koska ennakkotietoa suurien kylmäainemäärien sijainneista ei ollut tarpeeksi. Suurimmat kohteet pyrittiin käymään läpi melko kattavasti. Siellä, missä arveltiin olevan vähemmän kylmäaineita, tehtiin käyntejä hieman vähemmän.

Paljon aikaa kului asioiden selvittelyyn valvontakäyntien jälkeen. Kohteiden yhteyshenkilöt eivät aina pystyneet toimittamaan pyydettyjä tietoja riittävän nopeasti ja kattavasti. Valvontaprojektiin käytettävä aika oli kuitenkin rajattu neljään kuukauteen, joten moni asia oli nopeampaa ja tehokkaampaa selvittää itse.

Uusissa, vielä takuun piirissä olevissa kylmälaitteissa havaittiin paljon puutteita huoltoasetuksen määräysten täyttämiseksi. Näissä laitteissa oli usein puutteita huoltotar-

sa ja huoltopäiväkirjoissa. Laitteen omistaja/haltija ei yleensä tiedä laitteeseen liittyvistä huolloista paljoakaan, koska takuun aikana laitteen toimittaja vastaa kaikista huolloista.

Huoltopäiväkirjojen puutteet olivat esillä projektin alusta asti. Huoltoasetus velvoittaa pitämään huoltopäiväkirjaa, josta käy ilmi laitteen sisältämän aineen määrä ja tyyppi, lisätyn aineen määrä, talteen otetun aineen määrä, viimeisin huoltopäivämäärä, tehty toimenpide, tarkastuksen suorittaneen toiminnanharjoittajan nimi ja huoltajan allekirjoitus. Tältä osin asetuksen tarkka seuraaminen osoittautui hankalaksi, koska suurimassa osassa laitteita huoltopäiväkirjoista puuttui jokin asetuksen vaatimista tiedoista. Projektissa keskityttiin lähinnä siihen, että huoltopäiväkirja olisi edes olemassa laitteelle. Kohteen yhteyshenkilölle muistutettiin kyllä huoltopäiväkirjan täyttämisestä, mutta siihen ei keskitytty liikaa. Yksi kohde saattoi sisältää kymmeniä eri laitteita, joten jokaisen laitteen huoltopäiväkirjan määräysten mukaiseksi saattaminen olisi vienyt liikaa aikaa.

Uudelleenkäyntejä oli kesän aikana vaikea toteuttaa yhteyshenkilöiden kesälomien takia. Jos uudelleen käynti saatiin sovittua, saattoi kohteella olla joitakin puutteita vielä korjaamatta. Teollisuudessa ja isoissa toimistorakennuksissa oli puutteet pääosin korjattu hyvin ja uudelleen käyntien järjestäminen oli vaivatonta.

Pienten kylmälaitteiden (3–30 kg kylmäainetta) tarkastaminen tuotti hankaluuksia niiden lukumäärän sekä hankalien sijaintiensä takia. Jos kohteessa oli useita pieniä kylmälaitteita, niistä tarkastettiin vain osa. Näistä priorisoitiin HCFC-kylmäaineita sisältävät laitteet.

11 Kehittämisehdotuksia kylmäaineiden valvontaan

Insinööriyön tarkoituksena oli kylmäaineiden valvonnan ja kartoittamisen lisäksi antaa myös valvontakäynneistä kokemuseräistä tietoa. Espoon ympäristökeskukselle tehtiin erillinen loppuraportti projektista, josta saadut tulokset esiteltiin muillekin viranomais-tahoille.

11.1 Mihin valvontaa kannattaa kohdentaa jatkossa?

Kaikkia kohteita ei kannata valvoa, vaan pitää priorisoida tärkeimmät kohteet. Vaikeus syntyy siitä, että kylmälaitteiden ja kylmäaineiden määrästä on vaikea löytää ennakolta tietoa. Isojen kylmälaitteiden valvominen on suositeltavaa niiden suurten kylmäainemäärien takia, vaikka isot laitteet usein hoidetaankin hyvin. Pienetkin vuodot suurissa laitteissa ovat merkittäviä. Pienemmissä laitteissa vuodot ovat paljonkin pienempiä kuin isoissa laitteissa, mutta pienten laitteiden huoltamisessa on useammin puutteita. Vanhat laitteet kannattaa useimmiten tarkistaa, koska ne saattavat sisältää otsonikerrokselle haitallisia kylmäaineita. Vanhojen laitteiden huolloissakin on usein puutteita.

Vaikka Espoon kaikki jäähallit käyttivätkin kylmäaineena ammoniakkia, saatetaan Suomen muissa jäähalleissa käyttää kuitenkin jotakin toista kylmäainetta. Suurten kylmäainemäärien takia jäähallien kylmälaitteiden tarkastaminen olisi suotavaa. Elintarvikeollisuus ja elintarvikekaupat käyttävät suuria määriä kylmäainetta, joka usein on R-404A. Tällä kylmäaineella on suuri GWP-arvo (n. 3922). Vaikka yleensä elintarvikealan laitteet onkin hoidettu hyvin, tekevät niiden suuret kylmäainemäärät niistä vartenotettavia tarkastuskohteita.

Isot konttorirakennukset sisältävät usein yllättävän paljon kylmäaineita. Varsinkin isot pääkonttorit ovat kohteita, missä saattaa olla useita eri laitteita. Jos konttorirakennus sisältää oman ravintolan, saattaa sielläkin olla kylmälaitteita pakkas- ja kylmähuoneille.

Kauppakeskuksen kiinteistöjen kylmälaitemäärät vaihtelevat. Isoissa kauppakeskuksien kiinteistöissä on useita eri kylmälaitteita eri puolella kiinteistöä. Hieman pienemmissä kauppakeskuksissa kylmälaitteet on sijoitettu yleensä yhteen tai kahteen eri paikkaan. Vanhoissa kauppakeskuksissa on vielä käytössä HCFC-kylmäaineita sisältäviä laitteita.

Pieniä 3–30 kg kylmäainetta sisältäviä kylmälaitteita on paljon Espoon alueella. Vaikka pienemmissä kylmälaitteissa on yleensä ollut eniten puutteita huoltojen osalta, kannattaa niiden tarkastamisia rajoittaa vain muutamaan laitteeseen. Kohteissa kannattaa ottaa yli 30 kg kylmäainetta sisältävät laitteet sekä muutama pienempi kylmälaite tarkastettavaksi. Näin saadaan hyvä otos kohteen kylmälaitteista. HCFC-kylmäaineita si-

sältävät kylmälaitteet ovat yleensä tärkeimpiä tarkastuskohteita. Kuvassa 12 on katolla pieni kylmälaite, joka tarkastettiin.



Kuva 12. Kylmälaite katolla

11.2 Ehdotukset valvontatyön helpottamiseksi

Ennakkotiedottaminen on hyvä tapa saada eri kohteille tietoa käynnissä olevasta valvonnasta. Saatekirje, joka lähetettiin jokaiselle kohteelle kertomaan käynnin tarkoituksesta sekä siihen liittyvistä asioista, osoittautui hyväksi työvälineeksi. Osa yhteyshenkilöistä oli ollut ennen kirjetta tietämätön kylmälaitteisiin liittyvistä asioista sekä vastuksista, mitä niihin kuuluu. Saatekirjeen saatuaan yhteyshenkilö oli ehtinyt ennen tarkastuskäyntiä perehtyä tarkastettaviin laitteisiin ja oli jopa korjannut puutteet ennen valvontakäyntiä. Tämä säästi aikaa ja vaivaa käynnin aikana.

Mediatiedottaminen on hyvä keino tiedottaa valvonnasta. Mahdollisimman suuri tietoisuus kylmälaitteisiin liittyvistä vastuista ja asioista helpottaa valvontatyötä sekä edesauttaa kylmälaitteiden määräysten mukaista huoltamista. Myös huoltoyritysten ja huoltohenkilöiden koulutuksissa olisi hyvä tiedottaa valvonnan olemassaolosta. Näin saataisiin huoltohenkilöt ja huoltoyritykset paremmin noudattamaan huoltoasetuksen mukaisia määräyksiä.

Valmiit tarkastuslomakkeet helpottivat valvontatyötä. Niihin pystyy helposti merkitsemään tarvittavat tiedot, ja yhteyshenkilö näkee selkeästi, missä laitteissa on ollut mitään puutteita.

Koska kylmälaitteiden ja kylmäaineiden määristä ei ole vielä paljoa tietoa, on olemassa olevan tiedon käyttäminen tärkeää. Näin pystytään helpommin valitsemaan tarkastettavia kohteita. Tiedot vanhoista laitteista auttavat määrittelemään eri kohteissa käytettävien laitteiden ja kylmäaineiden määrää, jolloin pystytään arvioimaan sitä, kannattaako kyseisen paikan kylmälaitteita mennä tarkastamaan.

Valvonnan ajankohdan valitseminen loma-ajan ulkopuolelle saattaisi helpottaa käyntien järjestämistä. Kesällä ihmisten lomat, henkilöiden vähyys ja kiire vaikeuttavat valvontakäyntien suorittamista. Tämä tekee myös uusintatarkastuksien sopimisesta vaikeaa.

Valvonnassa pitäisi miettiä, kuinka tarkasti pyritään valvomaan kylmälaitteiden määräysten mukaista toimintaa. Esim. huoltopäiväkirjan merkinnöissä on lähes aina puutteita, jos tulkitaan huoltoasetusta pilkulleen. Olisi hyvä pohtia, pidetäänkö huoli siitä, että kaikki puutteet on korjattu huoltoasetuksen mukaisesti, vai kiinnitetäänkö huomiota tiettyihin ympäristöriskien kannalta oleellisiin puutteisiin.

12 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli tehdä Espoon ympäristökeskukselle kylmäaineiden valvontaa ja kartoitusta koskeva projektityö Espoon alueella. Kartoituksessa pyrittiin saamaan mahdollisimman hyvä kuva Espoossa olevista kylmäaineista, niiden määristä ja laaduista. Erityisesti tietoa haluttiin CFC- ja HCFC-kylmäaineiden käytön laajuudesta. Lisäksi haluttiin tietää, kuinka hyvin Espoon alueen kylmälaitteissa noudatetaan huoltoasetuksen mukaisia säännöksiä. Haluttiin myös tiedottaa ennakkoon HCFC-kylmäaineiden poistumisesta huoltojen käytöstä 1.1.2015. Mahdollisimman suuri osa havaituista puutteista pyrittiin hoitamaan kuntoon projektin aikana. Espoon ympäristökeskukselle tehtiin loppuraportti kylmäaineiden valvonnasta ja kartoituksesta saaduista tuloksista. Niiden avulla pystytään tehostamaan valvontaa sekä antamaan yleiskuvaa kylmäaineiden käytöstä eri toimialoilla.

Espoossa sijaitsevista kylmälaitteista saatiin luultavasti tarkastettua vain pieni osa, sillä niitä käytetään monissa eri paikoissa, esim. toimistorakennusten jäähdytyksessä ja

teollisuuden prosesseissa. 63:sta eri kohteesta saadut tulokset antavat kuitenkin suuntaa kylmäaineiden käytöstä eri toimialoilla sekä auttavat tehostamaan valvontaa. Erityisesti elintarviketeollisuuden ja elintarvikekauppojen kylmälaitteita käytiin tarkistamassa kattavasti. Kylmälaitteiden omistajille sekä niitä huoltaville yritykselle saatiin muistutettua kylmälaitteisiin liittyvistä vastuista ja velvoitteista sekä erityisesti HCFC-kylmäaineiden poistumisesta vuoden 2015 alusta lähtien.

Yli puolelta tarkastetuista kohteista löytyi puutteita kylmälaitteiden kunnossapidosta. Yleisimmät puutteet olivat huoltotarrojen ja huoltopäiväkirjojen puuttuminen. Eri kohteista löytyneitä puutteita saatiin korjattua merkittävä määrä projektin aikana, ja luultavasti korjaamattomatkin puutteet tullaan pääosin korjaamaan.

Kylmäaineiden käytön kartoituksessa saatiin tietoa eri toimialoilla käytetyistä kylmäaineista sekä niiden määristä. Elintarvikekauppojen ja elintarviketeollisuuden suosimaa HFC-kylmäainetta R-404A käytettiin Espoon alueella eniten. Otsonikerrosta heikentäviä aineita löytyi useista eri paikoista. Varsinkin vanhoista laitteista löytyi otsokerrosta heikentäviä HCFC- ja CFC-kylmäaineita. HCFC-kylmäaineiden määrät osoittivat, että niitä käytettiin vielä melko paljon Espoon alueella. CFC-kylmäaineita löytyi vielä muutamista kohteista, mutta niiden yhteenlaskettu kylmäainemäärä oli vain 0,3 %:n luokkaa kaikista kylmäaineista.

Kylmäaineiden valvontaan ja kartoitukseen liittyvät tulokset käytiin esittelemässä Suomen kuuden suurimman kunnan ympäristökeskusten edustajille. Suomen ympäristökeskuksen kanssa tehtiin yhteistyötä sekä jaettiin tietoja projektia koskien. Myös Suomen Kylmäliikkeiden Liiton SKLL:n asiantuntemusta hyödynnettiin työssä.

Otsonikatoa ja kasvihuoneilmiötä voimistavien kylmäaineiden osalta lainsäädäntö tulee todennäköisesti vielä tiukkenemaan. Useissa uusissa HFC-kylmäaineissa on suuri ilmastoa lämmittävä potentiaali (GWP), joten niihin liittyviä uusia rajoituksia pohditaan jo tälläkin hetkellä. Tämä saattaa asettaa uusia haasteita kylmäaineiden käytön valvontaan.

Lähteet

- 1 Chlorofluorocarbon. Verkkodokumentti.
<<http://en.wikipedia.org/wiki/Chlorofluorocarbon>>. Luettu 2.7.2012.
- 2 Teemu Oinonen, Sampo Soimakallio. 2001. HFC- ja PFC-yhdisteiden sekä SF₆:n päästöjen tekniset vähentämiskeinot ja niiden kustannukset Suomessa. Espoo: Otamedia Oy.
- 3 DuPont. Verkkodokumentti.
<<http://en.wikipedia.org/wiki/DuPont#Chlorofluorocarbons>>. Luettu 3.7.2012.
- 4 Jari Lyytimäki, Harri Hakala. 2008. Ympäristön tila ja suojele Suomessa. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press Oy Yliopistokustannus,HYY Yhtymä.
- 5 Antero Aittomäki. 2008. Kylmäteknikka. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- 6 Aulis Hirvelä, Matti Jokela, Esko Kaappola, Jani Kianta. 2011. Kylmäteknikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus.
- 7 Greenhous Effect –CFCs and ozone layer. Verkkodokumentti.
<<http://www.dynamicscience.com.au/tester/solutions/chemistry/greenhouse/cfc.htm>>. Luettu 3.7.2012.
- 8 Matti Jokela. 2010. Kylmäaineiden historiasta nykypäivään. Verkkodokumentti.
<<http://kehittyvaelintarvike.fi/teemajutut/kylmaaineiden-historiasta-nykypaivaan>>. Luettu 9.7.2012.
- 9 Nufar Finel, Tapio Reinikainen, Juudit Ottelin. 2012. Valvontaohje otsonikerrosta heikentäviä aineita tai fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta valvoville viranomaisille. Verkkodokumentti.
<<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=136625&lan=fi>>. Luettu 1.8.2012.
- 10 R-22. Verkkodokumentti. < <http://www.fluorchemie.de/13-1-r22.htm>>. Luettu 3.7.2012.
- 11 Otsoni. Verkkodokumentti. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Otsoni>>. Luettu 2.8.2012.
- 12 Petteri Taalas, Heikki Tuomenvirta. 2002. Globaalit ilmakehämuutokset. Verkkodokumentti. <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=23672>>. Luettu 3.8.2012.
- 13 The Kinetics of Atmospheric Ozone. Verkkodokumentti.
<http://www.columbia.edu/itc/chemistry/chem-c2407/hw/ozone_kinetics.pdf>. Luettu 3.1.2013.

- 14 Kasvihuonekaasut. Verkkodokumentti. Taulukko.
<<http://ilmasto.org/ilmastonmuutos/perusteet/kasvihuonekaasut>>. Luettu 3.7.2012.
- 15 Ilmaston lämpenemisen vaikutukset. Verkkodokumentti.
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Ilmaston_l%C3%A4mpenemisen_vaiikutukset>. Luettu 13.8.2012.
- 16 Otonikerros toipumassa – päästöjä rajoittavan sopimuksen solmimisesta 25 vuotta. 2012. Verkkodokumentti. Ilmatieteen laitos.
<<http://ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/543194>>. Luettu 1.10.2012.
- 17 Montrealin pöytäkirja. Verkkodokumentti. Suomen ympäristökeskus.
<<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=341>>. Päivitetty 2.11.2012. Luettu 4.11.2012.
- 18 Eliisa Irpola. 2003. Kylmäainelainsäädäntö nyt ja lähitulevaisuudessa. Verkkodokumentti. <<http://www.skll.fi/yhdistys/www/att.php?type=2&id=13>>. Luettu 6.8.2012.
- 19 Päästökaupan ensisijainen tarkoitus on säästää kustannuksia. Verkkodokumentti. Forest.fi.
<<http://www.forest.fi/smyforest/forest.nsf/allbyid/0F7BAE5721BA1B2DC22572A0004B3687?Opendocument>>. Luettu 5.11.2012.
- 20 Kioton pöytäkirja. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö.
<<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1885&lan=fi#a0>>. Päivitetty 10.11.2011. Luettu 4.11.2012.
- 21 Kioton pöytäkirja. Verkkodokumentti.
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Kioton_p%C3%B6yt%C3%A4kirja>. Luettu 4.11.2012.
- 22 Finel. Nufar. Ylitarkastaja. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Sähköposti 21.12.2012.
- 23 Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 18.6.2009/452. Verkkodokumentti. Lainsäädäntö. <<http://www.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/20090452>>. Luettu 9.11.2012.
- 24 Huoltopäiväkirja. Verkkodokumentti. Kuva.
<<http://www.skll.fi/www/popupcard.php?id=56>>.
- 25 Antero Aittomäki, Ali Mäkinen, Kari Sipilä, Jarmo Söderman, Miika Rämä. 2009. Urheilupaikkojen integroidut lämmitys- ja jäähdytystekniset ratkaisut. Verkkodokumentti. <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2476.pdf>>. Luettu 19.11.2012.
- 26 Lämpöpumput. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampopumput>. Päivitetty 17.8.2011. Luettu 9.11.2012.

- 27 Lämpöpumppu. Verkkodokumentti.< <http://www.lampopumppu.org/>>. Luettu 9.11.2012.
- 28 Olli Tammilehto. 2011. Otsonikerrosta tuhoavien ja fluoroitujen kasvihuonekaasujen virrat ja varastot Suomessa. Suomen ympäristökeskuksen tutkimus.

Taulukko kylmäaineiden numeroinnin periaatteesta

<i>Kylmäaineryhmä</i>	<i>Tyyppi</i>	<i>Numerointitapa</i>	<i>Lisätunniste</i>
<i>Hiilivedyt ja halogeeni hiilivedyt</i>	<i>yksikomponenttisia</i>	<i>laskukaava</i>	<i>a, b, c</i>
	<i>kylmäaineita, joilla ei ole</i>		<i>(kuvaavat yhdisteen</i>
	<i>lämpötilaliukumaa</i>		<i>symmetrisyyttä)</i>
<i>400- sarja</i>	<i>tseotrooppiset kylmä-</i>	<i>virallistamisjärjestys</i>	<i>A, B, C, jne</i>
	<i>aineseokset, joilla on</i>		<i>(ilmoittavat</i>
	<i>lämpötilaliukuma</i>		<i>kylmäaine-seoksen</i> <i>massaosuudet.)</i>
<i>500- sarja</i>	<i>atseotrooppiset kylmä-</i>	<i>virallistamisjärjestys</i>	<i>A, B, C, jne.</i>
	<i>aineseokset, joilla ei ole</i>		<i>(ilmoittavat</i>
	<i>lämpötilaliukumaa</i>		<i>kylmäaine-seoksen</i> <i>massaosuudet)</i>
<i>600- sarja</i>	<i>yksikomponenttisia</i>	<i>virallistamisjärjestys</i>	<i>a, b, c</i>
	<i>orgaanisia kylmä-aineita,</i>		<i>(kuvaavat yhdisteen</i>
	<i>joilla ei ole lämpötila- liukumaa</i>		<i>symmetrisyyttä)</i>
<i>700- sarja</i>	<i>yksikomponenttisia</i>	<i>moolimassa</i>	<i>ei lisätunnisteita</i>
	<i>epäorgaanisia kylmä-</i>		
	<i>aineita, joilla ei ole lämpötilaliukumaa</i>		

Luettelo halogenoitujen yhdisteiden eliniästä ilmakehässä sekä GWP₁₀₀- ja ODP-arvot

nimi	kemiallinen kaava	elinikä ilmakehässä [a]	GWP ₁₀₀	ODP
Kloorifluorihidriidit (CFC-yhdisteet)				
CFC-11 (Trikloorifluorimetaani)	CCl ₃ F	50	3 800	1,0
CFC-12 (Dikloorifluorimetaani)	CCl ₂ F ₂	102	8 100	1,0
CFC-113 (Triklooritrifluorimetaani)	CCl ₃ FCF ₃	85	4 800	1,0
CFC-114 (Diklooritetrafluorimetaani)	CCl ₂ FCF ₂	300		1,0
CFC-115 (Klooripentafluorimetaani)	C ₂ F ₅ Cl	1 700		0,6
Kloorifluorihidriidit (HCFC-yhdisteet)				
HCFC-22 (Klooridifluorimetaani)	CF ₂ HCl	12,1	1 500	0,055
HCFC-123	C ₂ F ₅ HCl ₂	1,4	90	0,02
HCFC-124	C ₂ F ₄ HCl	6,1	470	0,022
HCFC-141b	C ₂ F ₅ H ₂ Cl	9,4	600	0,11
HCFC-142b	C ₂ F ₄ H ₂ Cl	18,4	1 800	0,065
Halonit				
Haloni-1211 (Bromidikloorimetaani)	CBrClF ₂	20		3
Haloni-1301 (Bromitrifluorimetaani)	CBrF ₃	65	5 400	10
Kloorifluorihidriidit (HFC-yhdisteet)				
HFC-23 (Trifluorimetaani)	CHF ₃	264	11 700	-
HFC-32 (Difluorimetaani)	CH ₂ F ₂	5,6	650	-
HFC-41 (Metyylifluoridi)	CHF ₃	3,7	150	-
HFC-125 (Pentafluorimetaani)	C ₂ HF ₅	32,6	2 800	-
HFC-134	C ₂ H ₂ F ₄	10,6	1 000	-
HFC-134a (1,1,1,2-tetrafluorimetaani)	CH ₂ FCF ₃	14,6	1 300	-
HFC-143	C ₂ H ₃ F ₃	3,8	300	-
HFC-143a (1,1,2-trifluorimetaani)	C ₂ H ₂ F ₃	48,3	3 800	-
HFC-152a (1,1-difluorimetaani)	C ₂ H ₄ F ₂	1,5	140	-
HFC-227ea (1,1,1,2,3,3,3-heptafluorimetaani)	C ₃ HF ₇	36,5	2 900	-
HFC-236fa (1,1,1,3,3,3-heksafluoripropaani)	C ₃ H ₂ F ₆	209	6 300	-
HFC-245ca	C ₃ H ₂ F ₅	6,6	560	-
HFC-245fa (1,1,1,3,3-pentafluoripropaani)	C ₃ H ₂ F ₅	* (7,7 ¹ -8,8 ²)	* (820 ³ -1 040 ³)	-
HFC-365-mfc (1,1,1,3,3-pentafluoributaani)	C ₄ H ₂ F ₅	* (10,2 ¹)	* (910 ³)	-
HFC-43-10mee	C ₃ H ₂ F ₁₀	17,1	1 300	-
Perfluorihidriidit (PFC-yhdisteet)				
Perfluorimetaani (PFC-14)	CF ₄	50 000	6 500	-
Perfluorimetaani (PFC-116)	C ₂ F ₆	10 000	9 200	-
Perfluoripropaani (PFC-218)	C ₃ F ₈	2 600	7 000	-
Perfluoributaani (PFC-31-10)	C ₄ F ₁₀	2 600	7 000	-
Perfluoripentaani (PFC-41-12)	C ₅ F ₁₂	4 100	7 500	-
Perfluorihexaani (PFC-614)	C ₆ F ₁₄	3 200	7 400	-
Perfluorisyklobutaani (PFC-51-14)	c-C ₄ F ₈	3 200	8 700	-
Perfluori-N-heptaani	C ₇ F ₁₆	*	*	-
Perfluorioktaani	C ₈ F ₁₈	*	*	-
Rikkiheksafluoridi	SF ₆	3 200	23 900	-
Muut halogenoituvat yhdisteet				
Typitrifluoridi	NF ₃	* (740 ¹)	* (10800 ³)	-
HFE-7100 (Metoksyli-nonafuoributaani)	C ₄ F ₉ OCH ₃	* (5,0 ¹)	* (390 ³)	-
HFE-7200 (Etoksi-nonafuoributaani)	C ₄ F ₉ OC ₂ H ₅	* (0,77 ¹)	* (55 ³)	-

* ei IPCC:n (1996) määrittelemä

¹ UNEP (1999a)

² Calm et al. (1997)

³ WMO (1999)

Lähde: IPCC (1996)

Luettelo eri kylmäaineiden ominaisuuksista

Kylmäaine		Fysikaaliset tiedot					Turvallisuustiedot			Ympäristösuojelliset tiedot		
N:o	Nimi	Yhdistöiden massaosuudet [%]	Mooli- massa [g/mol]	Käyttöpiste (NTP)[°C]	Käyttölämpötila [°C]	Käyttöpaine [MPa]	Aluepi- sytyssyys [%]	Päästö- lämpö [MJ/kg]	Elämä- aikakausi [a]	ODP	GWP ₁₀₀	
CFC- ja HCFC-kylmäaineet												
R-11	CF ₃ Cl	100	137,37	-23,7	198,0	4,41	-	0,9		1,0	3800	
R-12	CF ₂ Cl ₂	100	120,91	-29,8	112,0	4,14	-	-0,8		1,0	8100	
R-22	HCFC-22	100					-	2,2		0,055	1500	
R-502	CF ₃ Cl / HCFC-22	51,2 / 48,8	111,63	-45,3	80,7	4,02	-			0,044	5494	
Haiden kylmäaineet												
R-401A	HCFC-22 / HCFC-125 / HCFC-134a	53 / 13 / 34	94,44	-34,4	105,3	4,61	-			0,039	970	
R-401B	HCFC-22 / HCFC-125 / HCFC-134a	61 / 11 / 28	92,84	-35,7	103,5	4,68	-	-2,7		0,042	1060	
R-401C	HCFC-22 / HCFC-125 / HCFC-134a	33 / 15 / 52	101,03	-30,5	109,9	4,40	-			0,034	760	
R-402A	HFC-125 / HCFC-290 / HCFC-22	60 / 2 / 38	101,55	-49,2	76,0	4,23	-	-1,4		0,020	2250	
R-402B	HFC-125 / HCFC-290 / HCFC-22	38 / 2 / 60	94,71	-47,2	83,0	4,53	-	-1,6		0,033	1960	
R-409A	HCFC-22 / HCFC-124 / HCFC-142b	60 / 25 / 15	97,43	-35,4	106,9	4,69	-	3,0		0,050	1440	
R-413A	HFC-134a / HFC-218 / HCFC-600a	88 / 9 / 3					-			0,000	1774	
HFC-kylmäaineet												
R-23	HFC-23	100	70,01	-82,1	25,9	4,84	-	-12,5	243	0,000	11700	
R-134a	HFC-134a	100	102,03	-26,1	101,1	4,06	-	4,2	13,6	0,000	1300	
R-404A	HFC-125 / HFC-143a / HFC-134a	44 / 52 / 4	97,60	-46,6	72,1	3,74	-	-6,6		0,000	3260	
R-407C	HFC-32 / HFC-125 / HFC-134a	23 / 25 / 52	86,20	-43,8	87,3	4,63	-	-4,9		0,000	1530	
R-408A	HFC-125 / HFC-143a / HCFC-22	7 / 46 / 47	87,01	-45,5	83,3	4,42	-	5,7		0,026	2649	
R-410A	HFC-32 / HFC-125	50 / 50	72,58	-51,6	72,5	4,95	-	-4,4		0,000	1725	
R-410B	HFC-32 / HFC-125	45 / 55	75,57	-51,5	71,0	4,78	-			0,000	1830	
Halogeenittomat kylmäaineet												
R-290	Propani - CH ₃ CH ₂ CH ₃	100	44,10	-42,1	96,7	4,25	2,3	50,3		0,000	*	
R-600a	Isobutani - CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₃	100	58,12	-11,6	134,7	3,64	1,8	49,4		0,000	*	
-	HC-600a / HC-290	50 / 50	50,15	-32,8	114,8	4,04	2			0,000	*	
-	HC-170 ^o / HC-290	6 / 94	42,90	-50,0	91,2	4,29	1,9			0,000	*	
R-717	Ammoniakki - NH ₃	100	17,03	-33,3	132,3	11,34	14,8	22,5		0,000	*	
R-718	Vesi - H ₂ O	100	18,02	100,0	374,2	22,10	-			0,000	*	
R-744	Huili dioksidi - CO ₂	100	44,01	-78,4	31,1	7,38	-		50-200	0,000	1	

* HC-170 on etäni * ei määritetty

Lähteet: Fysikaaliset ja turvallisuus tiedot: (Calm et al. 1997)
Ympäristösuojelliset tiedot: (IPCC 1996)

Luettelo otsonikerrosta heikentävistä aineista, joihin huoltoasetusta sovelletaan

Luettelo otsonikerrosta heikentävistä aineista, joihin asetusta sovelletaan

CFC-yhdisteet	
CFC13	CFC-11
CF2Cl2	CFC-12
C2F3Cl3	CFC-113
C2F4Cl2	CFC-114
C2F5Cl	CFC-115
CF3Cl	CFC-13
C2FC15	CFC-111
C2F2Cl4	CFC-112
C3FC17	CFC-211
C3F2Cl6	CFC-212
C3F3Cl5	CFC-213
C3F4Cl4	CFC-214
C3F5Cl3	CFC-215
C3F6Cl2	CFC-216
C3F7Cl	CFC-217

Halonit:	
CF2BrCl	haloni-1211
CF3Br	haloni-1301
C2F4Br2	haloni-2402
Hiilitetrakloridi:	
CCl4	hiilitetrakloridi (tetrakloorimetaani)
C2H3Cl3	1,1,1-trikloorietaani
CH3Br	1,1,1-trikloorietaani
Metyyliibromidi:	
CH3Br	Metyyliibromidi

HBFC-yhdisteet:	
CHFBr2	
CHF2Br	
CHF2FBr	
C2HFBr4	
C2HF2Br3	
C2HF3Br2	
C2HF4Br	
C2H2FBr3	
C2H2F2Br2	
C2H2F3Br	
C2H3FBr2	
C2H3F2Br	

C2H4FBr
C3HFBr6
C3HF2Br5
C3HF3Br4
C3HF4Br3
C3HF5Br2
C3HF6Br
C3H2FBr5
C3H2F2Br4
C3H2F3Br3
C3H2F4Br2
C3H2F5Br
C3H3FBr4
C3H3F2Br3
C3H3F3Br2
C3H3F4Br
C3H4FBr3
C3H4F2Br2
C3H4F3Br
C3H5FBr2
C3H5F2Br
C3H6FBr

HCFC-yhdisteet:	
CHFC12	HCFC-21
CHF2C1	HCFC-22
CH2FC1	HCFC-31
C2HFC14	HCFC-121
C2HF2C13	HCFC-122
C2HF3C12	HCFC-123
C2HF4C1	HCFC-124
C2H2FC13	HCFC-131
C2H2F2C12	HCFC-132
C2H2F3C1	HCFC-133
C2H3FC12	HCFC-141
CH3CFC12	HCFC-141b
C2H3F2C1	HCFC-142
CH3CF2C1	HCFC-142b
C2H4FC1	HCFC-151
C3HFC16	HCFC-221
C3HF2C15	HCFC-222
C3HF3C14	HCFC-223
C3HF4C13	HCFC-224
C3HF5C12	HCFC-225
CF3CF2CHC12	HCFC-225ca
CF2C1CF2CHC1F	HCFC-225cb
C3HF6C1	HCFC-226
C3H2FC15	HCFC-231

C3H2F2Cl4	HCFC-232
C3H2F3Cl3	HCFC-233
C3H2F4Cl2	HCFC-234
C3H2F5Cl	HCFC-235
C3H3FC14	HCFC-241
C3H3F2Cl3	HCFC-242
C3H3F3Cl2	HCFC-243
C3H3F4Cl	HCFC-224
C3H4FC13	HCFC-251
C3H4F2Cl2	HCFC-252
C3H4F3Cl	HCFC-253
C3H5FC12	HCFC-261
C3H5F2Cl	HCFC-262
C3H6FC1	HCFC-271

Bromikloorimetaani:	
CH2BrCl	bromikloorimetaani

Luettelo fluoratuista kasvihuonekaasuista, joihin huoltoasetusta sovelletaan

Luettelo fluoratuista kasvihuonekaasuista, joihin asetusta sovelletaan

Rikkiheksafluoridi	SF 6
Fluorihilivedyt (HFC-yhdisteet):	
HFC-23	CHF ₃
HFC-32	CH ₂ F ₂
HFC-41	CH ₃ F
HFC-43-10mee	C ₅ H ₂ F ₁₀
HFC-125	C ₂ H ₅ F
HFC-134	C ₂ H ₂ F ₄
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂
HFC-143	C ₂ H ₃ F ₃
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃
HFC-227ea	C ₃ H ₇ F ₇
HFC-236eb	CH ₂ FCF ₂ CF ₃
HFC-236ea	CHF ₂ CHF ₂ CF ₃
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆
HFC-245ea	C ₃ H ₃ F ₅
HFC-245fa	CHF ₂ CH ₂ CF ₃
HFC-365mfe	CF ₃ CH ₂ CF ₂ CH ₃
Perfluorihilivedyt (PFC-yhdisteet):	
Perfluorimetaani	CF ₄
Perfluorietaani	C ₂ F ₆
Perfluoripropaani	C ₃ F ₈
Perfluoributaani	C ₄ F ₁₀
Perfluoripentaani	C ₅ F ₁₂
Perfluoriheksaani	C ₆ F ₁₄
Perfluorisyklobutaani	c-C ₄ F ₈

Saatekirje



7.6.2012

Arvoisa vastaanottaja



KYLMAÄINEIDEN KÄYTÖN KARTOITUS JA VALVONTA ESPOOSSA

Espoon kaupungin ympäristökeskuksen edustajat tarkastavat vuoden 2012 kevään ja kesän aikana Espoon alueella sijaitsevia kiinteistöjä ja yrityksiä, joissa käytetään otsonikatoa aiheuttavia ja kasvihuoneilmiötä voimistavia kylmäaineita.

Valtioneuvoston asetus 452/2009 otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluoroituja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta sisältää mm. pätevyysvaatimuksia laitteiden huoltajille ja asentajille sekä velvoitteita laitteiden omistajille tai haltijoille. Laitteille on tehtävä säännöllisesti vuototarkastuksia ja pidettävä huoltopäiväkirjaa. Säädösten tarkoituksena on taata, ettei otsonikatoa tuhoavia tai voimakkaita kasvihuonekaasuja pääse vuotamaan ilmakehään. Pätevyysvaatimukset ennaltaehkäisevät laitteiden väärän käsittelyn aiheuttamia vuotoja, ja laitteiden säännölliset tarkastukset laitteiden rikkoutumisesta, vanhenemisesta ja muista syistä johtuvia vuotoja. Kylmäainevajaus lisää myös laitteiston kulumista ja energiankulutusta.

Tarkastuksessa käydään läpi laitteen sisältämä kylmäaine ja sen määrä (huoltotarra ja huoltopäiväkirjasta). Valvottavissa laitteissa tulisi löytyä tiedot, mitä kylmäainetta laite sisältää ja minkä verran. Lisäksi laitteen kyljessä tulisi olla huoltotarra, mistä näkyy, milloin laite on viimeksi tarkastettu.

Käyntimme kestää toimipaikan koosta ja käsiteltävistä asioista riippuen n. 0,5-4 tuntia. Olisi hyvä, että laitteiden sijainnit, huoltopäiväkirjat ja laitteesta vastaavien huoltajien tiedot olisivat jo valmiina, kun tarkastuskäyntiä tullaan tekemään.

Tarkastuskäynnillä esitettävät kysymykset

- Minkälaisia jäähdytys-, ilmastointi- ja lämpöpumppulaiteita teillä on?
- Näyttäsittekö laitteiden kompressorit?
- Milloin laite on viimeksi tarkastettu? Kuka suoritti tarkastuksen?
- Näyttäsittekö laitteen huoltokirjan?

Tarkastamme laitteet myös pintapuolisesti.

Tomi Levomäki
projektityöntekijä
puh. (09) 816 24838
email. tomi.levomaki@espoo.fi

Katja Ohtonen
ympäristötarkastaja

Valvontatarkastuskäynnin lomake – osa 1

Valtioneuvoston asetuksen 452/2009 valvontatarkastuskäynnin lomake – osa 1

Otsonikerrosta heikentäviä aineita tai F-kaasuja sisältävien kiinteästi asennettujen jäähdytys-, ilmastointi- ja lämpöpumpplaitteiden sekä sammutuslaitteistojen huollon valvonta

Tarkastajan ja valvontayksikön yhteystiedot

Tarkastuspäivämäärä: __/__/____

Tarkastaja:	Valvontayksikkö:
Sähköposti:	Sähköposti:
Puhelinnumero:	Puhelinnumero:

Tarkastuskohde

Yritys / organisaatio:	
Yhteyshenkilö:	Katuosoite:
Puhelinnumero ja sähköposti:	Postinumero ja postitoimipaikka:

Valvottava laite				Kylmäaine		Määrä (kg)	Huoltoyritys		Tukesin ² rekisterissä	
									On	Ei
Huoltotarra		Huoltopäiväkirja täytetty		Tarkastusväli (kk) ¹		Vuodonilmaisujärj.		Muuta huomioitavaa		
On	Ei	On	Ei			On	Ei			

Valvottava laite				Kylmäaine		Määrä (kg)	Huoltoyritys		Tukesin ² rekisterissä	
									On	Ei
Huoltotarra		Huoltopäiväkirja täytetty		Tarkastusväli (kk) ¹		Vuodonilmaisujärj.		Muuta huomioitavaa		
On	Ei	On	Ei			On	Ei			

Valvottava laite				Kylmäaine		Määrä (kg)	Huoltoyritys		Tukesin ² rekisterissä	
									On	Ei
Huoltotarra		Huoltopäiväkirja täytetty		Tarkastusväli (kk) ¹		Vuodonilmaisujärj.		Muuta huomioitavaa		
On	Ei	On	Ei			On	Ei			

Valtioneuvoston asetuksen 452/2009 valvontatarkastuskäynnin lomake

Valvottava laite				Kylmäaine	Määrä (kg)	Huoltoyritys	Tukesin ² rekisterissä	
							On	Ei
Huoltotarra		Huoltopäiväkirja täytetty		Tarkastusväli (kk) ¹	Vuodonilmaisujärj.		Muuta huomioitavaa	
On	Ei	On	Ei		On	Ei		

Valvottava laite				Kylmäaine	Määrä (kg)	Huoltoyritys	Tukesin ² rekisterissä	
							On	Ei
Huoltotarra		Huoltopäiväkirja täytetty		Tarkastusväli (kk) ¹	Vuodonilmaisujärj.		Muuta huomioitavaa	
On	Ei	On	Ei		On	Ei		

Valvottava laite				Kylmäaine	Määrä (kg)	Huoltoyritys	Tukesin ² rekisterissä	
							On	Ei
Huoltotarra		Huoltopäiväkirja täytetty		Tarkastusväli (kk) ¹	Vuodonilmaisujärj.		Muuta huomioitavaa	
On	Ei	On	Ei		On	Ei		

Kiinteistöt							Kyllä	Ei
Ilmastointijärjestelmän kylmälaitteiden lakisääteinen (489/2007) energiatehokkuustarkastus tehty (väh. 12 kW laitteet, tarkastus 5 vuoden välein)								
Lisätietoja:								

☐ Tarkastuksessa ei havaittu puutteita.

☐ Tarkastuksessa havaittu puutteita. Täytettävä valvontatarkastuskäynnin lomake osa 2.

Kopio lomakkeesta toimitettu tarkastuskohteen yhdyshenkilölle pvm: ____.

¹Valtioneuvoston asetuksen 452/2009 mukaiset tarkastusvälit

Kylmäaineen määrä	Tarkastusväli	Tarkastusväli, jos käytössä on vuodonilmaisujärjestelmä
≥ 3 kg (hermeetinen > 6 kg)	12 kk	12 kk
≥ 30 kg	6 kk	12 kk
≥ 300 kg	3 kk	6 kk

Laitteiden täyttömäärien rajat ovat kylmäpiirikohtaisia. VNA 452/2009 ei koske luonnollisia kylmäaineita (esim. CO₂, ammoniaki, hiilivedyt).

²Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) kylmäalan rekisterit

<http://www.tukes.fi/fi/Rekisterit/kylmalaitteet-rekisterit/>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, PL 66 (Opastinsilta 12 B), 00521 HELSINKI. Puh. vaihde: 010 6052 000 www.tukes.fi

Valvontatarkastuskäynnin lomake – osa 2

Valtioneuvoston asetuksen 452/2009 valvontatarkastuskäynnin lomake – osa 2

Otsonikerrasta heikentäviä aineita tai F-kaasuja sisältävien kiinteästi asennettujen jäähdytys-, ilmastointi- ja lämpöpumppulaitteiden sekä sammutuslaitteistojen huollon valvonta

Valvontatarkastuskäynnillä havaitut puutteet ja toimintaohje toiminnanharjoittajalle

1. ☐ Laitetta ei ole tarkastettu

Laitte tarkistutettava pätevällä henkilöllä määräpäivään mennessä

Laitteen haltijan tai omistajan on huolehdittava siitä, että laite tarkastetaan asetuksen mukaisin määrävälein. Tarkastuksen tai huollon suorittavalla henkilöllä tai toiminnanharjoittajalla on oltava Tukesin myöntämä todistus pätevyydestä. Laitteen yhteydessä tulee olla ilmoitus (esim. tarra) siitä, milloin laite on viimeksi tarkastettu.

2. ☐ Tarkastuksen tai huollon suorittaja ollut epäpätevä

Laitte tarkistutettava pätevällä henkilöllä määräpäivään mennessä

Laitteen haltijan tai omistajan on huolehdittava siitä, että laite tarkastetaan asetuksen mukaisin määrävälein. Tarkastuksen tai huollon suorittavalla henkilöllä tai toiminnanharjoittajalla on oltava Tukesin myöntämä todistus pätevyydestä. Laitteen yhteydessä tulee olla ilmoitus (esim. tarra) siitä, milloin laite on viimeksi tarkastettu.

3. ☐ Merkintä kylmäaineen laadusta ja määrästä puuttuu

Laitteeseen tai sen lähetyville merkittävä laitteen sisältämän kylmäaineen määrä ja laatu mennessä.

4. ☐ Huoltopäiväkirja puuttuu tai on puutteellinen

Huoltopäiväkirja saatettava kuntoon määräpäivään mennessä.

Huoltopäiväkirjasta on käytävä ilmi laitteen sisältämän aineen määrä ja tyyppi, lisätyn aineen määrä, talteen otetun aineen määrä, viimeisin huoltopäivämäärä, tehty toimenpide, tarkastuksen suorittaneen toiminnanharjoittajan nimi ja huoltajan allekirjoitus. Huoltopäiväkirja on pyydettyessä näytettävä valvontaviranomaiselle.

5. ☐ Muu puute, mikä?

Toimintaohje:

Määräpäivä:

(jatka tarvittaessa lomakkeen kääntöpuolelle)

☐ Ilmoitettu otsoni- ja F-kaasuasutusten toimivaltaiselle viranomaiselle (pvm.), että huoltoyritys tai laitetta huoltava henkilö: ei löydy Tukesin rekisteristä.

Lomakkeesta toimitettu kopio:

- ☐ Tarkastuskohteen yhteyshenkilölle
☐ Kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle: / ELY-keskukselle:

Tarkastajan allekirjoitus

Päivämäärä:

Valvonta perustuu Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseen (EY) N:o 1005/2009 otsonikerrasta heikentävistä aineista (otsoniasetus), asetukseen (EY) N:o 842/2006 tietyistä fluoratuista kasvihuonekaasuista (F-kaasuasetus) sekä Valtioneuvoston asetukseen 452/2009 otsonikerrasta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta