

1. Johdanto

1.1 Hiilivedyt ja otsoni

Haihtuviksi hiilivedyiksi eli haihtuviksi orgaanisiksi yhdisteiksi (VOC) määritellään kaikki orgaaniset yhdisteet, jotka voivat tuottaa valokemiallisia hapettimia reagoidessaan typen oksidien ja ilmakehän hapen kanssa auringonvalon läsnäollessa. Puhtaiden hiilivetyjen lisäksi haihtuviin orgaanisiin yhdisteisiin luetaan aldehydit, alkoholit, fenolit, eetterit, esterit, ketonit ja orgaaniset hapot, mutta ei CFC-yhdisteitä. /1/.

Hiilivetyjä syntyy teollisuuden liuottimia käyttävistä prosesseista, teollisesti valmistettujen tuotteiden liuotinpäästöistä ja fossiilisten polttoaineiden käytöstä liikenteen ja sähkön- ja lämmöntuotannon energialähteenä sekä luontaisesti. Suomessa tapahtuvan ihmistoiminnan vuotuisiksi hiilivetyypäästöiksi on arvioitu noin 170 kilotonnia ja luonnon päästöiksi noin 320 kilotonnia. /2,3/

Ihmistoiminnan hiilivetyypäästöt jakautuvat melko tasan liikenteen kokonaispäästöjen ja kiinteiden lähteiden kuten teollisuuden päästöjen kesken. Liikenteen kokonaispäästöihin kuuluvat muun muassa polttoaineiden jakelusta, teiden päällystyksestä ja tietyökoneista aiheutuvat päästöt. Päästöt koostuvat lukuisista eri yhdisteistä. /2/. Ajoneuvoliikenteen päästöistä lähes 90 % aiheutuu henkilöautoista, ja siitä noin puolet niiden kylmäkäynnistyksistä /4/. Luonnon päästöjen suurin yksittäinen ryhmä ovat metsäpuiden lehvästön, erityisesti havupuiden, monoterpeenipäästöt /3/

Kiinteiden lähteiden hiilivetyypäästöt ovat Arnoldin ym. mukaan vähentyneet vuoden 1986 100 kilotonnista 80 kilotonniin vuonna 1996 /2/. Mäkelän mukaan tie-, raide-, vesi- ja ilmaliikenteen hiilivetyypäästöt ovat laskeneet vuodesta 1990, jolloin ne saavuttivat enimmäismääränsä 70 kilotonnia. Vuoden 2000 päästöt ovat 49 kilotonnia ja vuoden 2010 päästöennuste 31 kilotonnia. Siihen mennessä lähes kaikissa bensiinikäyttöisissä autoissa on katalysaattori /5/.

Alailmakehän otsonia syntyy teollisuuden, teollisuustuotteiden ja liikenteen hiilivetyjen ja typen oksidien päästöistä sekä ilmakehän hapest auringonvalon katalysoimissa reaktioissa. Hiilivedyt ja typen oksidit ovat voimakkaita hapettimia ja otsoni niiden reaktioiden yleisin oksidantti. /1/.

Otsoninmuodostus on ongelma etenkin Keski-Euroopassa. Otsoni on nykyään yleisesti esiintyvänä korkeina pitoisuuksina haitallinen sekä nisäkkäille että kasveille. Tyypillisiä otsonin aiheuttamia terveyshaittoja ovat silmien, nenän ja kurkun limakalvojen ärsytysoireet. Hengityselinsairauksista kärsivillä, esimerkiksi astmatikoilla, voivat myös muut oireet, kuten yskä ja hengenahdistus, lisääntyä. Otsoni voi myös pahentaa siitepölyn aiheuttamia allergioita. Suomessa otsonialtistus on suurimmillaan aurinkoisella säällä keväällä ja kesällä taajamien ulkopuolella.

Otsoni on suorien haitallisten kasvillisuusvaikutusten aiheuttajana merkityksellisimpiä ilmaansaasteita. Korkea otsonipitoisuus heikentää metsien kasvua ja aiheuttaa satotappioita. Kasvien herkkyys otsonille vaihtelee kasvilajeittain. /6,7/.

Suomessa otsonipitoisuus ylittää harvoin väestölle tiedottamisen kynnysarvon $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mutta etenkin Länsi- ja Keski-Euroopan maaseudulla sen ylittyminen on tavanomaista. Suurkaupungit toimivat otsoninieluina, koska hiilivedyt ja erityisesti tieliikenteen typenoksidi-päästöt sitovat otsonia. Töölössä ja Vallilassa mitatut otsonipitoisuudet ovat etenkin kasvukauden alussa huomattavasti alhaisempia kuin maaseututausta-aseamalla Luukissa. /7/.

Kasvillisuuden suojelemiseksi asetettu ilman otsonipitoisuuden kynnysarvo, $65 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{vrk}$, ylittyi vuonna 1998 Töölössä 27 päivänä, Tikkurilassa 66 päivänä ja Luukissa 107 päivänä. Terveysvaikutusten kynnysarvo, tuntiarvojen liukuva 8 tunnin keskiarvo $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ei ylittynyt Töölössä, mutta ylittyi Tikkurilassa viitenä ja Luukissa 15 päivänä. Töölössä otsonipitoisuuden vuosikeskiarvo on kaksinkertaistunut ja Luukissa noussut kolmanneksen 1990 - 1999. Pitoisuudet ovat nousseet myös Ilmatieteen laitoksen taustamittausasemilla kautta maan ja ovat huolestuttavan korkeita verrattaessa niitä muualla Euroopassa, lähellä otsonia muodostavien yhdisteiden päästölähteitä, mitattuihin pitoisuuksiin. /7,8/.

1.2 VOC-direktiivin tavoite ja yhteys muuhun hiilivetypäästöjen vähentämiseen

Suomi hyväksyi vuonna 1990 Pohjoismaisen ilmansuojelun toimintaohjelman ja siihen kuuluvan hiilivetypäästöjen 50 % vähennystavoitteen vuoden 1988 tasosta vuoteen 2005 mennessä /ks. 1/. Suomi sitoutui vuonna 1991 vähentämään haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjä 30 % vuoden 1988 tasosta vuoden 1999 loppuun mennessä allekirjoittaessaan ECE:n haihtuvien orgaanisten yhdisteiden vähentämistä koskevan Geneven pöytäkirjan /ks. 1/.

Euroopan neuvosto antoi 29.3.1999 direktiivin *orgaanisten liuottimien käytöstä tietyissä toiminnoissa ja laitoksissa aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta*. VOC-direktiiviksi kutsutun säädöksen tarkoituksena on ehkäistä teollisuuden hiilivetypäästöistä aiheutuvia haitallisia terveys- ja kasvillisuusvaikutuksia. /9,10/. Direktiivin toimeenpano on edellä mainittujen sitoumusten täyttämistä.

Vuonna 1990 terveyden suojelemiseksi asetettu otsonipitoisuuden kynnysarvo alittui vain 10 prosentilla EU:n pinta-alasta. VOC-direktiivin perustelujen mukaan aiemmin hyväksytyillä toimenpiteillä voidaan otsonin esiasteiden päästöjä vähentää koko EU:n alueella puoleen vuoden 1990 tasosta, jolloin pinta-alaosuus kasvaa 25 prosenttiin. Direktiivin toimeenpanon sekä muiden otsonipitoisuuteen vaikuttavien säädösten, kuten tieliikenteen päästöjen vähentämistä koskevan EU:n Auto Oil -ohjelman, tavoitteiden saavuttamisella pinta-alaosuus kasvaisi edelleen 12 prosenttiyksiköllä 37 prosenttiin. /9/.

Väestölle tiedottamisen kynnysarvo $180 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$, alittui 73 prosentilla EU:n maa-alasta vuonna 1990. Jo hyväksytyin toimin, joilla tavoitellaan päästöjen 50 % vähennystä, pinta-alan odotetaan kasvavan 89 prosenttiin. Tavoitteena olevan 70 % vähennyksen saavuttamisella tiedottamista väestölle edellytettäisiin enää yhdellä prosentilla EU:n pinta-alasta. /9/.

Otsonipitoisuuksien kannalta keskeistä on maasta toiseen tapahtuva kaukokulkeutuminen. Esimerkiksi Suomen korkeat otsonin taustapitoisuudet johtuvat valtaosin läntisen Euroopan päästöistä. Päästöjen kansainvälinen sääntely on otsonista aiheutuvien haittojen ehkäisemiseksi välttämätöntä.

VOC-direktiiviä laadittaessa on otettu huomioon ympäristölainsäädäntöön keskeisesti kuuluva suhteellisuusperiaate. Laitokset, jotka käyttämiensä prosessien tai kokonsa vuoksi päästävät ilmaan ainoastaan pieniä määriä orgaanisia yhdisteitä, eivät kuulu direktiivin piiriin. Teknisesti ja taloudellisesti toteutettavissa olevat päästöjen vähennykset on otettu huomioon päästörajoja määritettäessä. Koska parhaaseen käytettävissä olevaan tekniikkaan (BAT) investoivat yritykset hyötyvät investoinneista tuottavuuden ja kilpailukyvyn nousuna, parantaa direktiivin toimeenpano tällaisten toiminnanharjoittajien asemaa./9/.

Direktiivillä vahvistetaan ne toimenpiteet ja menettelytavat, jotka pannaan täytäntöön, mikäli tietty laitos tai toiminto ylittää tiettyjen liuottimien kulutuksen kynnyksarvon. Direktiivin toimeenpano on edellä esitettyjä sitoumuksia voimakkaampi keino vähentää hiilivedyistä aiheutuvaa ilmastohaittaa. /9/.

Direktiivin toimeenpanolla säädellään seuraaviin toimialoihin luettavien laitosten hiilivetypäästöjä:

- Liimaus, maalaus, lakkaus ja pinnoitus
- Maalien, lakkojen, painovärien ja muiden pinnoitteiden sekä liimojen valmistus
- Painatus
- Kemiallinen pesu
- Pintojen puhdistus
- Nahan viimeistely
- Lankalakkaus ja kelapinnoitus
- Kumin jalostus ja jalkineiden valmistus
- Kemiallinen pesu ja pintojen puhdistus
- Lääketeollisuus
- Kasviöljyjen ja eläinrasvojen uutto ja kasviöljyjen jalostus
- Ajoneuvojen maalaus ja korjausmaalaus
- Uusien ajoneuvojen maalaus
- Puun kyllästäminen ja puun ja muovin laminointi

Direktiivi sisältää muun muassa seuraavat säännökset:

1. Direktiivin tarkoittamat uudet laitokset rekisteröidään tai niille haetaan lupa ennen kuin ne otetaan käyttöön.
2. Vanhojen laitosten on oltava rekisteröityjä tai niillä on oltava lupa 31.10.2007.
3. Vaihtoehtona edelliselle on erillisen vähentämisohjelman tai toimialakohtaisen, kaikkia kyseisen toimialan laitoksia sitovan kansallisen suunnitelman noudattaminen. Vähentämisohjelmaa noudattavien laitosten on ilmoitettava

tästä viranomaiselle 31.10.2005 mennessä. Sama määräaika koskee kansallisen suunnitelman esittämistä.

4. Vähentämisohjelmaa noudattavien uusien laitosten on saavutettava päästöjen tavoitearvo 31.10.2004 mennessä ja olemassa olevien laitosten 31.10.2007 mennessä.
5. Kaikkien laitosten on noudatettava poistokaasupäästöjen raja-arvoja ja hajapäästöjen arvoja tai vaihtoehtoisesti kokonaispäästöjen raja-arvoja 31.10.2007.
6. Laitoksilla on päästöjen mittausvelvoite ja mittaustulokset on raportoitava vuosittain.
7. Laitosten, joiden päästöt ovat suuremmat kuin 10 kg/h kokonaishiiltä, tulee mitata päästönsä jatkuvatoimisin laittein.
8. Mittausvelvoite ei koske laitoksia, jotka eivät puhdistu päästöjään. Kyseiset laitokset eivät tarvitse puhdistuslaitteistoja pysyäkseen päästörajoissa.
9. Viranomaiselle toimitettujen mittaustulosten on oltava yleisön saatavilla.

VOC-direktiivi koskee laitoksia, joiden liuottimien kulutuksen alaraja vaihtelee toimialan mukaan ajoneuvojen maalauksen ja korjausmaalauksen 0,5 tonnista maalien, lakkojen, painovärien ja muiden pinnoitteiden sekä liimojen valmistuksen 100 tonniin vuodessa sekä kaikkia kemiallista pesua harjoittavia yrityksiä.

VOC-direktiivin mukaan ehdottomasti lupavelvollisia ovat vain ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi annetun IPPC-direktiivin mukaan lupavelvolliset orgaanisia liuottimia käyttävät toiminnat. Niiden päästöjä on jo säädelty ympäristönsuojelulainsäädännöllä. IPPC-direktiivi koskee myös energiateollisuutta. Ympäristönsuojeluasetuksen mukaan lupavelvollisia ovat tähän asti olleet laitokset, jotka käyttävät haihtuvia orgaanisia yhdisteitä yli 150 kiloa tunnissa tai yli 200 tonnia vuodessa sekä laitokset, joissa mainittuja yhdisteitä käytetään yli 10 tonnia vuodessa, kun käytöstä luetaan pois tuotteisiin sitoutuva tai jäävä osuus, tai vastaava huippukulutus vähintään 20 kiloa tunnissa. /9,11,12,13,14/.

Valtioneuvoston päätöksellä on säännelty bensiinin jakelusta ja varastoinnista aiheutuvien päästöjen rajoittamista. Päätöstä sovelletaan bensiinin suurvarastointiin ja varastointiin jakeluasemilla sekä koko jakeluketjuun, mikä käsittää myös säiliöautojen lastauksen ja lastin purkamisen. Se perustuu hiilivetypäästöjen rajoittamisesta polttoaineiden varastoinnin ja jakelun yhteydessä annettuun direktiiviin. /15,16/.

VOC-direktiivi ratifioidaan säätämällä asiaa koskeva asetus maaliskuun loppuun mennessä 2001. Ratifioinnin yhteydessä muutetaan myös ympäristönsuojeluasetusta siltä osin, mikä on tarpeen VOC-asetuksen ja ympäristönsuojeluasetuksen yhteensovittamiseksi. Muutosten jälkeen hiilivetypäästöjen rajoittamista koskeva säädöstö on yhtenäinen ja kattava.

1.3 Aikaisemmat selvitykset

Helsingissä selvitettiin vuonna 1985 Herttoniemen ja Roihuvuoren teollisuusalueiden päästöt/17/. Vuonna 1986 hiilivetypäästöt selvitettiin kahdeksan muun teollisuusalueen osalta /18,19/. Alueet ja niiden hiilivetypäästöt on kuvattu taulukossa 1. Alueiden liikenteen päästö-

jen arvioitiin olevan hieman suurempia kuin teollisuuden. Hanasaaren ja Salmisaaren voimalaitosten energiantuotannon päästöiksi ilmoitettiin 87 tonnia vuodessa. /20/.

Taulukko 1. Helsingin keskeisten teollisuus-alueiden hiilivetypäästöt vuonna 1986 /20/	
Alue	Päästö, tonnia
Herttoniemi	151
Roihupelto	14
Sörnäinen - Hermannin - Toukola - Vanhakaupunki	77
Pitäjänmäki	70
Konala - Reimari	86
Ruoholahti	7
Munkkisaari	74
Koivunen suurpiiri	114
Vallila	34
Vattuniemi	12
Vuosaari	1
Alueet yhteensä	640

Pönkä ja Elsilä arvioivat Helsingin alueen kiinteiden lähteiden päästöjen olleen vuonna 1987 1 900 tonnia. Energiantuotannon osuus siitä oli 200 tonnia. Liikenteen päästöiksi arvioitiin 3 500 tonnia /21/. Luvut sisältävät metaanipäästöt. Ne eivät sisälly useimpiin myöhempiin selvityksiin eikä niillä ole mainittavaa merkitystä teollisuuden tai energiantuotannon päästöissä.

Myllysen mukaan pääkaupunkiseudun hiilivetypäästöt olivat vuonna 1994 YTV-alueella 18 000 - 20 000 tonnia ollen 10 % Suomen kokonaispäästöistä. Liikenteen osuus YTV-alueen kokonaispäästöistä oli 12 000 tonnia. /22/.

Ympäristöministeriö arvioi Suomen kiinteiden lähteiden NMVOC-päästöiksi 102 000 - 105 000 tonnia, liikenteen päästöiksi 210 500 - 215 000 tonnia ja luonnon päästöiksi 520 000 tonnia vuodessa. Arvio koski vuotta 1988. /6/. Vuoteen 1993 kiinteiden lähteiden päästöt las-
kivat noin 20 % liikenteen päästöjen pysyessä ennallaan /23/.

Suomen ympäristökeskus arvioi ihmisen toiminnasta aiheutuviksi päästöiksi Suomessa vuonna 1995 190 000 tonnia, jossa liikenteen osuus oli 81 000 tonnia. /24/.

Arnoldin ym. mukaan Suomen kiinteiden lähteiden NMVOC-päästöt olivat vuonna 1996 78 800 - 80 300 tonnia ja liikenteen 92 800 tonnia. Kiinteiden lähteiden päästöt olivat vuodesta 1988 laskeneet noin 25 %. Keskeisimpiä vähennykseen johtaneita syitä olivat maalien ja painovärien liuotinpitoisuuden lasku. /2/.

Liikenteen hiilivetypäästöt Suomessa vuonna 1999 olivat noin 54 400 tonnia. Tieliikenteen osuus oli 80 %, vesiliikenteen 18,8 %, ilmaliikenteen 0,8 % ja rautatieliikenteen 0,4 % /25/.

Tieliikenteen päästöt saavuttivat huippunsa, 62 000 tonnia, vuonna 1989. Siitä ne ovat laskeutuneet 30 % vuoteen 1999. Rautatieliikenteen päästöt ovat vähentyneet koko laskentajakson vuodesta 1980 alkaen vähennyksen oltua 45 % vuoteen 1999. Rataverkon tultua sähköistetyksi ne pysyvät vastaisuudessa nykyisellä tasolla. /25/.

Vesiliikenteen hiilivetypäästöjen huippuarvo osui vuoteen 1999, mikä on kaksinkertainen vuoden 1980 päästöihin. Vuoteen 2020 vesiliikenteen päästöjen ei oleteta olennaisesti muuttuvan. Ilmaliikenteen päästöt ovat jatkuvasti lisääntyneet ja lisääntyvät edelleen. Päästöjen kasvu vuodesta 1980 on ollut 135 %, ja lisäkasvuksi vuoteen 2020 on arvioitu 67%. Ilmaliikenteen osuus kokonaispäästöistä olisi tuolloin 2,2 %. /25/.

1.4. Selvityksen tarkoitus

VOC-direktiivin toimeenpanosta aiheutuu Helsingin kaupungin ympäristövalvonnalle uusia tehtäviä. Tämä raportti kuuluu osana hankkeeseen, jonka tarkoituksena oli selvittää, miten paljon Helsingissä toimii direktiivin toimialojen laitoksia ja miten suuria ovat niiden hiilivetypäästöt. Tarkoitus oli myös selvittää päästöt sellaisella menetelmällä, joka mahdollistaa niissä tapahtuvien laitos- ja toimialakohtaisten muutosten seurannan. Samalla haluttiin selvittää teollisuuspäästöjen osuus hiilivetyjen kokonaispäästöistä Helsingissä.

Toimiala- ja laitoskohtaiset tiedot sisältävä, valvontakäyttöön tarkoitettu hankemuistio valmistui 15.12.1999. Tähän julkaisuun on koottu muistion toimialakohtaiset summatiedot sekä teollisuuden hiilivetypäästöjen vertailuaineistoksi tiedot Helsingin alueen muista hiilivetypäästöistä.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1 Laitosten ja työtilojen kartoitus

VOC-direktiivin tarkoittamia toimintoja säädellään ympäristönsuojelulain ja -asetuksen lupamenettelyllä /12,13/. Luvanvaraisten toimintojen laitosluettelo kattaa runsaasti muitakin kuin VOC-direktiivin tarkoittamia toimintoja. Toisaalta direktiivin piiriin kuuluu toimintoja, joita ei aiemmin ole säädelty, esimerkiksi ajoneuvojen korjausmaalaamot. Taulukossa 1 on vertailtu direktiivin ja asetuksen toimintoja.

Taulukko 2. VOC-direktiivin toiminto ja sitä vastaava ympäristönsuojeluasetuksen mukaan luvanvarainen toiminto	
VOC-direktiivin toiminto	Ympäristönsuojeluasetuksen mukaan luvanvarainen toiminto
Eri tyyppiset painot Pintojen puhdistus Muu pintojen puhdistus Ajoneuvojen korjausmaalaus	Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä käyttävä toiminta
Kelapinnoitus. Muu pinnoitus mukaan lukien maalaus Lankalakkaus	Metallien tai muovien kemiallista pintakäsittelyä suorittava laitos Telakka
Puupintojen maalaus	Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä käyttävä toiminta
Kemiallinen pesu	Kemiallinen pesula
Puun kyllästys	Puun kyllästämö tai muu puunsuojakemikaaleja käyttävä laitos
Nahan viimeistely Jalkineiden valmistus	Nahan tai tekstiilien laitosmainen tuotanto tai käsittely: nahkatehdas tai turkismuokkaamo
Puun ja muovin laminointi Liimapinnoitus	Lastulevyä, kuitulevyä, vaneria tai muita puulevyjä taikka muita liimattuja tai laminoituja puutuotteita valmistava tehdas. Muovien kemiallista pintakäsittelyä suorittava laitos
Maalien, lakkojen, painovärien ja liimojen valmistus	Maali-, painoväri- tai lakkatehdas Liimatehdas
Kumin käsittely	Kumitehdas
Kasviöljyjen ja eläinrasvan uutto sekä kasviöljyjen jalostus	Kasvi- tai eläinperäisiä rasvoja tai -öljyjä valmistava tehdas taikka margariinitehdas
Lääketeollisuus	Lääketehdas tai lääke- tai lääke-aineita valmistava tehdas

VOC-direktiivin tarkoittamat laitokset sekä ympäristönsuojeluasetuksen mukaisten toimintojen toimipaikat Helsingissä seulottiin Tilastokeskuksen toimialaluokituksen /26, 27, 28/ avulla Seutu-CD-tiedostosta /29/. Toimialat valittiin siten, että ne kattoivat mahdollisimman hyvin taulukon 2 mukaiset toiminnot.

Toimipaikoille asetettiin seuraavat kriteerit: toimipaikan liikevaihdon tuli olla yli 1mmk, toiminnasta tuli aiheutua mahdollisia VOC-direktiivin mukaisia päästöjä ja toimipaikassa tuli työskennellä vähintään kolme työntekijää. Kriteerit karsivat toimipaikkojen lukumäärän noin kolmannekseen toimipaikkojen kokonaismäärästä (taulukko 3).

Toimipaikoista suuri osa oli erilaisia agenttuureja ja vastaavia toimistoja tai kauppaliikkeitä, jotka täyttivät toimialakriteerin, mutta joiden toiminnasta ei aiheutunut hiilivetypäästöjä. Merkittävä osa oli myös uinuvia yrityksiä tai yrityksiä, joiden yhtiöjärjestyksen mukainen toimiala kattoi lukuisien muiden toimintojen ohella VOC-direktiivin mukaisia toimintoja, mutta näitä toimintoja ei ollut aktivoitu.

Taulukko 3. Tilastokeskuksen toimialaluokituksen mukaisten toimipaikkojen lukumäärä Helsingissä sekä toimipaikkojen lukumäärä liikevaihto-, toiminta- ja henkilöstökriteerein tarkennettuna.

Toimiala	Toimipaikkojen lkm	Liikevaihto yli 1 mmk	Toiminta ja henkilöstö
Painaminen ja sitä palveleva toiminta	421	197	157
Autojen ja moottoripyörien korjaus ja maalaus	317	78	60
Pesulatoiminta	90	62	62
Metallin, metallituotteiden ja koneiden ja laitteiden valmistus	210	64	31
Kumi- ja muovituotteiden valmistus	45	19	11
Autojen ja kulkuneuvojen valmistus	15	9	7
Kemikaalien ja tekokuitujen valmistus	27	12	6
Massan, paperin ja paperituotteiden valmistus	12	8	3
Turkisten muokkaus ja valmistus			
Laukkujen, jalkineiden ym. valmistus	42	5	0
Puutavaran ja puutuotteiden valmistus	9	1	0
Sähköisten ja optisten laitteiden valmistus	4	2	0
Muulla luokittelemattomat palvelut	50	3	0
Toimipaikkoja yhteensä	1096	460	337

2.2 Yleisimpien toimintojen kuvaus

2.2.1 Painaminen

Yleisimpiä painotyypppejä ovat koho-, flekso-, offset-, syvä- ja seripainot /30/. Painojen hiilivetypäästöt syntyvät painovärien sisältämistä liuottimista, värien ohentamiseen käytettävistä liuottimista ja painopinnan kostutusaineista sekä painokoneiden puhdistusaineista ja näiden aineiden varastoinnista /31/. Painotyyppit, niiden tyypilliset käyttökohteet sekä painojen käyttämien väriaineiden sisältämät liuottimet on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Yleisimmät painotyypit, niiden käyttökohteet ja painovärien sisältämät liuottimet sekä liuottimien osuus painovärimissä /30,31/		
Painotyyppi ja käyttökohde	Liuotin ja sen osuus painovärimissä	%
Cold offset: sanomalehdet	Mineraaliöljyt (jakeet < 500 °C)	25 - 75
Heat offset: aikakauslehdet	Mineraaliöljyt (jakeet 250-320 °C)	30 - 50
Arkkioffset: kuvakirjat, pakkaukset, julisteet, myös metallille	Mineraaliöljyt (jakeet 350-500 °C)	30 - 50
Syväpaino: aikakauslehdet, luettelot, tapetit, pakkaukset	Tolueeni, ksyleeni, etyylialkoholi, propanoli, metyylietyyliketoni	50 - 70
Seripaino, silkkipaino: julisteet, kilvet, tekstiilit		54 - 60
Fleksopaino: pakkaukset, kelmut, foliot	Etyyliasettaatti, etyylialkoholi, propanoli, metyylietyyliketoni	40 - 70

Offsetvärien liuottimina käytetään mineraaliöljyjä, jotka ovat alifaattisten hiilivetyjen korkean kiehumispisteen (> 230 °C) fraktioita. Cold offset-menetelmää käytettäessä tarvitaan liuottimia, jotka muuttuvat hitaasti. Siksi siinä käytetään haihtumattomia öljyjä. Sanomalehtioffsetvärien kuivumismekanismi on absorptio paperiin. Arkkioffsetvärit kuivuvat osin hapettumalla, osin absorboitumalla. Sanomalehti- ja arkkioffsetmenetelmiä käytettäessä ei väreistä siten haihdu hiilivetyjä. Heatset-painovärit kuivuvat haihtumalla kuuman ilman vaikutuksesta, jolloin noin 85 % liuottimesta haihtuu lopun absorboituessa painoalustaan. Heatset-offset-painatukseen voidaan liittää kuivauskaasujen jälkipoltin. /31/.

Korkean kiehumispisteen omaavista liuottimista osa jää painojälkeen. Siitä ne haihtuvat hitaasti. Näitä yhdisteitä kutsutaan puolihaihtuviksi (SVOC, Semi Volatile Organic Compounds). Hiukkasiin sitoutuvat eli POM-yhdisteet (Particulate Organic Matter) eivät haihdu lainkaan. Koska mainitut yhdisteet eivät esiinny ulkoilmassa kaasumaisina, ei niitä lueta VOC-direktiivin tarkoittamiin yhdisteisiin /9/.

2.2.2 Autojen ja moottoripyörien maalaus ja korjausmaalaus

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjä syntyy niistä maalaus- ja korjausmaalaustoiminnoista, jotka mahdollistavat liuottimien haihtumisen maaleista tai puhdistusaineista. Maalaukseen ja pinnoitukseen luettiin kuuluvaksi maalauksen ja lakkauksen lisäksi korroosionesto. Koska tilastokeskuksen toimialaluokitus ja VOC-direktiivin toiminnot eroavat toisistaan, yhdistettiin otsikon toimialan laitoksiin auto- ja moottoripyöräkorjaamot, autojen ja alusten maalaamot ja korjaamot sekä verhoamot.

Yleisimpiä maalaustekniikoita ovat pensseli- ja telamaalaus sekä erilaiset ruiskumaalaukset. Useimmiten maalaus suoritetaan suljetussa, muista työtiloista eristetyssä tilassa. Tilassa on yleensä oma ilmanvaihto. Pienissä maalaamoissa ei ole erillisiä maalaustiloja. Maalauksen jälkeen työtilat voidaan puhdistaa pyyhkimällä rätillä tai trasselilla.

Ajoneuvojen korjausmaalauksessa käytettävissä maaleissa, lakoissa, täyteaineissa sekä pesu- ja puhdistusaineissa on orgaanisia liuottimia ollut keskimäärin 75 % /32/. Liuottimien haihtuminen maaleista ja lakoista kestää yleensä joitakin tunteja. Teollisessa käytössä 80 % liuotti-

mesta haihtuu hyvin nopeasti levittämisen jälkeen ja loput seuraavan tunnin aikana. Maalien sekoituksen ja muiden maalaamisen valmistelutoimintojen sekä puhdistamisen aikana voi muodostua jopa puolet koko maalaustoiminnan päästöistä. /33/.

2.2.3 Metallin, metallituotteiden ja koneiden ja laitteiden valmistus

Helsingin alueella toimiala on lähinnä pk-konepajateollisuutta, jolle on ominaista tuotantomenetelmien moninaisuus ja vaihtelevuus. Toimiala kattaa tässä selvityksessä metalliteollisuus, metallipintojen maalaus, teollisuuden komponenttien valmistus, elektroniikkateollisuus, joihtojen ja kaapeleiden valmistus, sähkökoneiden tai laitteiden valmistus ja korjaus, laivojen ja helikoptereiden huolto. Seuraavassa tarkastelussa toimialaan on luettu myös autojen ja kulkuneuvojen valmistus sekä sähköisten, optisten ja elektroniikkatuotteiden valmistus. Lähteenä on käytetty Tonterin ym. julkaisua. /34/.

Tuotantoprosessit ovat kullekin toimipaikalle ominaisia. Työmenetelmiä ovat muun muassa muovaavat, leikkaavat tai lastuavat työstöt, kokoaminen, liittäminen, ruosteen ja muun epäorgaanisen lian poisto mekaanisin tai kemiallisin menetelmin ja rasvanpoisto sekä pintakäsittely metalli- tai muovipinnoittein tai maalaamalla.

Ilmaan joutuvista aineista merkittävimpiä ovat maalin liuottimet ja klooratut rasvanpoistoliuottimet. Hiilivetyjä käytetään mm. työstönesteinä pintojen jäähdyttämisessä, elektroniikkateollisuuden juotosflukseissa, pintojen puhdistuksessa ja pesussa ennen maalausta tai muuta pinnoittamista sekä maalinpoistossa. Ainesosina ne ovat ruosteenestoaineissa, maaleissa ja liimoissa.

Puhdistus tehdään pyyhkimällä, valelemalla, suihkuttamalla ja upottamalla. Käytetyin rasvanpoistolaite on kuumaa liuotinta sisältävä avoallas, johon kappale upotetaan. Haihtumisen rajoittamiseksi altaan yläosassa on jäähdytyskierukka. Myös suljettuja laitteita käytetään.

Kloorattuja rasvanpuhdistusaineita ovat trikloorietyleeni, metyleenikloridi ja tetrakloorietyleeni. Kloorattujen yhdisteiden suurimpia etuja ovat palamattomuus ja hyvä teho vaikeasti irtoaviin orgaanisiin epäpuhtauksiin. Haittana ovat terveysriskit sekä vaarallisuus ympäristölle. Kloorattujen liuottimien kulutus on vähentynyt selvästi vuoden 1995 alussa voimaan tulleen 1,1,1-trikloorietaanin käyttökiellon myötä. Vuonna 1996 kloorattuja liuottimia tuotiin maahan enää puolet vuoden 1987 tuontimäärästä.

Teollisuusmaalien liuottimista ovat tavallisimpia ksyleeni ja muut aromaattiset hiilivedyt sekä lakkabensiini ja alkoholit. Näiden ohella käytetään ketoneja, glykoleja ja metyleenikloridia. Liuottimia sisältävät myös kulkuneuvojen valmistuksessa käytettävät täyte- ja tiivistystahnat.

2.2.4 Kemiallisten tuotteiden valmistus

Toimialaan kuuluvat tässä selvityksessä maalien, lakkojen, painovärien ja lääkkeiden valmistus. Helsingin alueella toimivat kemianalan yritykset ovat pääasiassa painovärien, maalien, öljyjalosteiden ja hartsien valmistajia. Seuraavassa tarkastelussa lähteenä on käytetty Estlanderin ja Leinosen julkaisua. /35/.

Maalien valmistus tapahtuu panoksittain. Prosessin päävaiheet ovat panostus, esisekoitus, jauhatus, sekoitus, suodatus ja pakkaus. Liuottimia säilytetään varastosäiliöissä, joista ne

pumpataan tuotantoprosessiin. Tuotteet sekoitetaan suljetuissa astioissa. Märkämaalien valmistukseen käytetyt laitteistot pestään joko liuotin- tai lipeäpesulla. Suuremmissa tehtaissa on siirrettäville laitteille suljetut liuotinpesulaitteistot. Joillakin tehtailla on tisluslaitteistot pesuliuottimien talteenottoon.

Maaliteollisuuden päästöt ilmaan ovat pääasiassa liuottimia ja pölyjä. Liuotinpäästöt ovat keskimäärin 1,5 % käytettyjen liuottimien määrästä. Herkästi haihtuvien liuottimien, kuten metyleenikloridin ja asetonin, päästöt saattavat olla noin 5 % käyttömäärästä. Maali- ja lakkateollisuuden päästöistä suurin osa johtuu veteen, mutta merkittävimmät ympäristövaikutukset on ilmapäästöillä.

Päästöt koostuvat pääosin aromaattisista hiilivedyistä kuten ksyleenistä, tolueenista ja metyleenikloridista. Alkoholeja päästöissä on butanolia, etanolia ja glykoleita sekä estereitä etyyli- ja metyyliasetaatia.

Eniten päästöjä syntyy sekoitusastioiden täytön ja sekoituksen aikana, toiseksi eniten laitteistojen liuotinpesusta. Pienissä laitoksissa pesu tehdään työtiloissa, jolloin haihtuva liuotin kuluu työtilojen ilmanvaihdon mukana ulos. Suurissa laitoksissa astiat pestään suljetuissa laitteissa. Niiden höngät voivat muodostaa kolmanneksen päästöistä. Päästöjä tulee myös varastosäiliöiden hönkäputkista ja käsiteltäessä liuottimia avoimessa tilassa.

2.2.5 Kumi- ja muovituotteiden valmistus

Muoviteollisuus

Muovituoteteollisuuteen luetaan muovituotteiden ja muovipuolivalmisteiden tuotanto. Alan yritykset valmistavat muovipakkauksia, rakennusmuovituotteita, teknisiä muovituotteita, kulustavaroita ja välineiden ja laitteiden osia. Suurin osa yrityksistä on erikoistuneita ptk-yrityksiä. Tärkeimpiä raaka-aineita ovat polyeteeni, polyvinyylikloridi, polystyreeni ja polypropeeni. Lähteenä tarkastelussa on käytetty Mroueh'n ja Laukkarisen selvitystä. /36/.

Muovituotteiden valmistusmenetelmiä ovat suulake- ja ruiskupuristus, muottiinpuhallus, lämpömuovaus, vaahdotus ja päällystys sekä sively. Suulakepuristuksessa sulatettu tai pehmitetty muovimassa puristetaan suulakkeen läpi haluttuun muotoon ja jäähdytetään. Ruiskupuristuksessa muovimassa ruiskutetaan muottiin ja jäähdytetään. Sivelyä käytetään kankaan ja paperin päällystykseseen. Metallia päällystettäessä voidaan käyttää upotusta.

Muovipinnan viimeistelyyn käytetään painatusta, foliopinnoitusta, maalausta ja metallointia. Muovien painatukseen sopivat useimmat paperinpainatukseen käytettävät menetelmät. Painoväriin liuotinosa liuottaa muovia sen verran, että väri tarttuu. Tärkeimmät painomenetelmät ovat flekso- ja syväpaino. Pieniin sarjoihin käytetään silkkipainoa.

Muovipakkausteollisuus kuluttaa runsaasti liuottimia. Painovärien sisältämien liuottimien lisäksi liuottimia on laminointiliimoissa ja -lakoissa. Liuottimia käytetään myös maalauksessa sekä sivelepäällystyksessä muovipastan liuottimena. Tärkeimmät liuottimet ovat etyyliasetaatia, etanoli ja isopropanoli. Niiden ohella käytetään metyyliketonia, asetonia ja etyleeniglykolieetteriä.

Lujitemuovit koostuvat muovista ja sitä vahvistavasta lujitekuidusta. Muoviosana on tyydyttymätön polyesteriharts. Kovettumisreaktioon osallistuvana monomeerina käytetään styreeniä. Myös polyesteriharts sisältää noin 35 % styreeniä. Siitä 5-10 % haihtuu tuotteen kuivussa. Eniten styreeniä haihtuu käsin- ja ruiskulaminoituista tuotteista. Styreeni haihtuu hitaasti, minkä vuoksi sen talteenotto on hankalaa.

Työvälineiden, koneiden ja laitteiden puhdistukseen muoviteollisuus käyttää asetonia ja muita pesuliuottimia. Pesuliuottimista osa haihtuu osan jäädessä liuotinjätteeseen.

Kumiteollisuus

Kumituoteteollisuus valmistaa ajoneuvojen renkaita ja jalkineita sekä teknisiä kumituotteita kuten kaapeleita, lattiapäällysteitä, liimoja ja latekseja. Lähteenä tarkastelussa on käytetty Mroueh'n ja Laukkarisen selvitystä. /36/.

Kumiseosten pohjana ovat elastomeerit kuten luonnonkumi, nitrilikumi, fluorikumi, ja silikonikumi. Kumituotteen valmistusmenetelmä jakaantuu yleensä kumiseoksen valmistamiseen, tuotteen muovaamiseen ja vulkanointiin. Kangasta kumitetaan sivelemällä kumiseoksesta ja liuottimesta valmistetulla pastalla, minkä jälkeen liuotin haihdutetaan kuumentamalla.

Kumiliimoja käytetään koottavien kumituotteiden, kuten autonrenkaiden, jalkineiden ja letkujen valmistuksessa sekä pinnoitettaessa tuotteita kumilla. Jalkineiden valmistuksessa käytettävien lakkojen liuottimia ovat etyyli- ja butyyliasetaatti, metyyliketoni, tolueeni ja vähäisessä määrin ksyleeni. Liuottimet haihtuvat suhteellisen nopeasti käsittelyn jälkeen joko suoraan työpaikan ilmaan tai kuivaajassa.

Teknisiä kumituotteita ovat kaapeleiden, lattiapäällysteiden, liimojen ja lateksien lisäksi telojen ja säiliöiden kumipäällysteet, levyt, letkut, hihnat ja kumitetut tekstiilit sekä solu- ja vaahtokumituotteet. Liuottimia käytetään kumiliimojen ja lakkojen liuottimena sekä pesutarkoituksiin. Kumiliimat sisältävät noin 90 % liuotinaineita, joista suurin osa on liuotinbensiniä. Lakoissa haihtuvien liuotinaineiden pitoisuus on noin 95 %.

2.3 Kyselyt

Laitoksille suunnattuja, orgaanisten liuottimien käyttöä koskevia kyselyjä varten toimialaluokituksen /**Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.**29/ toimipaikat ryhmiteltiin toimialoittain seuraaviin ryhmiin:

1. Kemiallisten tuotteiden valmistus, poltto- ja voiteluaineiden suurvarastot sekä moottoriajoneuvojen korjaus ja maalaus
2. Painolaitokset
3. Kone-, metalli- ja sähköala

Kullekin ryhmälle laadittiin omat kyselylomakkeensa ottaen huomioon laitosten toimiala. Lomakkeiden mallina käytettiin YTV:n selvityksessä /22/ käytettyjä lomakkeita. Korjaamojen, maalaamojen ja metallialan liuotinkäyttöä koskeva kyselylomake tehtiin Mona Arnoldin laatiman mallin mukaisesti. Lomakkeet ovat julkaisun liitteenä.

Kysely sisälsi saatekirjeen, yrityksen perustietolomakkeen, toimialaryhmäkohtaisen lomakkeen, Suomen ympäristökeskuksen Ilmansuojelu/VOC-päästöt -lomakkeen sekä VOC-direktiivin liitteen II A, mistä ilmenevät kullekin prosessille sallitut liuotinpäästöjen raja-arvot.

Kyselyt postitettiin kolmessa erässä kolmen viikon välein touko-kesäkuussa 1999, millä varmistettiin laitoksille vastaamisen avuksi tarjotun puhelinalvelun saatavuus. Vastaukset pyydettiin toimittamaan kahden viikon kuluessa. Kuukauden kuluttua vastausajan päättymisestä postitettiin vastaamatta jättäneille uusintakysely.

2.4 Liuotinpäästöjen määrittäminen

Laitoskohtaiset liuotinpäästöt laskettiin yritysten ilmoittamasta liuottimien käyttötaseesta seuraavan yhtälön mukaisesti:

$$\text{Käytetty liuotinmäärä} - \text{miinus poisviety liuotinmäärä} = \text{NMVOC -päästö}$$

Käytettyyn liuotinmäärään luettiin kaikki käytetyt orgaaniset liuottimet, ohentimet ja pesuaineet mukaan lukien maalien ja painovärien sisältämät liuottimet. Poisvietyyn määrään luettiin esimerkiksi ongelmajätteenä yrityksestä ulos toimitettu liuotinmäärä, joka ei enää pääse haihtumaan yrityksen tiloissa. Liuotinmäärää, joka kierrätetään yrityksen sisällä, regeneroidaan uudelleenkäyttöön tai myydään yrityksen ulkopuolelle, ei yhtälössä vähennetty. /33/.

Jokaista yritystä tarkasteltiin erikseen yrityksen antaman vastauksen mukaisesti, koska käytetty maali-, lakka-, ohenne- ja pesuainelaadut sekä maalaustekniikat olivat hyvin yrityskohtaisia. Useimpien laitosten vastauksiin kysyttiin täydennystä ja tarkennusta puhelimitse.

Päästöjen estimointi jatkui olettamuksesta, että NMVOC-päästöt ovat yhtä suuret kuin käytettyjen päällysteiden liuotinosien ja orgaanisten liuottimien käyttömäärät yhteensä. Arviointimenetelmästä käytetään nimitystä *pahimman mahdollisimman päästötilanteen menetelmä* (Worst case). Määrää tarkistettiin alaspäin, kun voitiin osoittaa, että tietty merkittävä määrä liuotinta sitoutui tuotteeseen. Poistokaasujen puhdistustekniikat otettiin huomioon laitteiston puhdistustehon mukaisesti.

Käytettyjen valmisteiden liuotinainepitoisuus saatiin joko yrityksen vastauksesta tai valmisteen käyttöturvallisuustiedotteista /37/. Niiden puuttuessa käytettiin maali- ja lakka-aineiden valmistajan yleistä arviota maalien liuotinainepitoisuudesta tai vastaavaa, kirjallisuuteen perustuvaa arviota. Maalien sisältämät liuottimet laskettiin ohenteista erillään. /33 /.

Jokaisen tuotannossa käytetyn raaka-aineen osalta laskettiin käytetty liuotinainemäärä. Määränä otettiin huomioon haihtuvat orgaaniset liuotinainejakeet. Liuottimen haihtuvuus arvioitiin höyrynpaineen mukaan. Sen tuli olla VOC-direktiivin mukaisesti yli 0,01 kPa 20 °C:ssa /9/. Jos tietoa höyrynpaineesta ei ollut saatavilla, haihtuvuus arvioitiin kiehumislämpötilan mukaan (taulukko 5).

Taulukko 5. Orgaanisten yhdisteiden jaottelu yhdisteen kiehumisalueen mukaan (WHO 1989 Saarelan 1992 mukaan /38/).			
Nimike	Lyhenne	Lyhenteen selitys	Kiehumisalue (°C)
Erittäin haihtuvat	VVOC	Very Volatile Organic Compounds	0...50-100
Haihtuvat	VOC	Volatile Organic Compounds	50-100...240-260
Puolihaihtuvat	SVOC	Semivolatile Organic Compounds	240-260...380-400
Hiukkasin sitoutuneet	POM	Particulate Organic Matter	>380

Hiilivetypäästöt laskettiin seuraavan esimerkin mukaisesti: Maalin liuotinpitoisuus on 60 %, liuottimen tiheys $0,9 \text{ kg/dm}^3$ ja käytetty maalimäärä 1000 litraa. Käytetyksi liuotinainemääräksi saadaan $0,6 \cdot 0,9 \cdot 1000 = 0,54$ tonnia. Liuottimen tiheys saatiin valmistekohtaisesta käyttöturvallisuustiedotteista tai tiedotekokoelmasta /37/. Yleisimmin käytetyt liuottimet ja niille käytetyt tiheydet on koottu taulukkoon 6.

Taulukko 6. Yleisimmin käytetyt liuottimet ja niille käytetyt tiheydet					
Aine	tiheys, g/dm³	höyrynpaine, (20 C) kPa	kiehumis-pistealue, °C	suhteellisen haihtuvuus-	Aineen synonyymi
asetoni	0,797	23,9	56	5,7-6,0	dimetyyliketoni, propanoli
butyyliasetaatti	0,87	1,3	98-118	1,5-1,8	
butyyliglykoli	0,9	0,08	171		2-butoksietanoli
dikloorimetaani	1,33	45,3	40	27,5	metyleenikloridi
etanoli	0,789	5,6	78	1,7	etyyialkoholi
etyyliasetaatti	0,9	9,7	77	4,1	
heptaani	0,68	4,8	98	3,9	n-heptaani
2-propanoli	0,785	4,3	82	1,6	isopropyialkoholi
ksyleeni	0,87	0,9	139-144	0,77	dimetyylibentseeni
liuotinbensiini	0,63-0,72	ei tunneta	40-140	vaihtelee	petroli, maaöljytisle
liuotinbensiini	0,8	ei tunneta	140-200	vaihtelee	petroli, maaöljytisle
metanoli	0,793	12,8	65	2,1	metyyialkoholi
metyylietakrylaatti	0,936	5,3	101		
n-butyliasetaatti	0,88	2 (25 C)	127	1	
1-propanoli	0,804	6,9	97	1	n-propyyialkoholi
petroleumnafta	0,77	0,2	145-200		
styreeni	0,91	0,6	146		vinyylibentseeni
sykloheksanoni	0,948	0,2	156	0,23	
tolueeni	0,87	2,9	111	2	metyylibentseeni, toluoli
trikloorietaani	1,46	13,3	74		metyylikloroformi
trikloorietyleeni	1,46	7,7	87	6,2	
tärpähti	0,86	vaihtelee	149	0,45	C10H16-isomeerejä

Yrityksen käyttämät liuotinmäärät laskettiin yhteen ja niistä vähennettiin mahdolliset poistot. Tulokseksi saatiin yrityksen arvio yksittäisen hiilivetypäästöiksi. Ympäristölupavelvollisten laitosten päästötiedot kerättiin laitosten valvontaraporteista.

Kunkin toimialan kokonaispäästö laskettiin seuraavasti: Vastanneiden, liuotteita käyttäneiden yritysten hiilivetypäästöarvot laskettiin yhteen. Summasta laskettiin keskimääräinen hiilivetypäästö liuotteita käyttävälle yritykselle. Seuraavaksi laskettiin liuotteita käyttäneiden laitosten suhdeluku kaikkiin kyseisen toimialan vastauksen antaneisiin laitoksiin. Luku kerrottiin vastaamattomien yritysten määrällä. Näin saatiin liuotteita käyttäneiden, vastaamatta jättäneiden yritysten määrä. Tämä kerrottiin liuotteita käyttäneen yrityksen keskimääräisellä hiilivetypäästöllä. Näin saatiin vastaamatta jättäneiden yritysten kokonaispäästö, mikä lisättiin vastanneiden yritysten kokonaispäästöön. Saatu summa on esitetty toimialan haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispäästönä.

3. Tulokset

3.1. Vastausprosentit toimialaryhmittäin

Toimialaryhmään 1, kemiallisten tuotteiden valmistus, poltto- ja voiteluaineiden suurvarastot sekä moottoriajoneuvojen korjaus ja maalaus, kuului 95 laitosta. Ryhmän vastausprosentti oli 80. Laitosryhmään 2, painolaitokset, kuului 160 laitosta. Ryhmän vastausprosentti oli 68. Laitosryhmään 3, kone-, metalli- ja sähköala, kuului 221 laitosta. Ryhmän vastausprosentti oli 75.

3.2 Päästöt toimialoittain

Kemiallisten tuotteiden valmistuksen, poltto- ja voiteluaineiden suurvarastojen, kumi- ja muovituotteiden valmistuksen ja moottoriajoneuvojen korjaus- ja maalaustoimintaa harjoittavien laitosten, painolaitosten ja metalli-, kone- ja sähköalan laitosten toimialakohtaiset päästöt sekä liuottimia käyttäneiden laitosten toimialakohtainen keskimääräinen päästö, joiden toimintaa säädellään VOC-direktiivillä, on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Liuottimia käyttävien teollisten toimialojen kokonaispäästöt, tonnia vuodessa, sekä liuottimia käyttäneiden laitosten vuosipäästöjen keskiarvot toimialoittain, t/a, Helsingissä vv. 1998 – 1999.

Toimiala	Kokonaispäästö	Keskipäästö/laitos
Kemiallisten tuotteiden valmistus	29,41	7,35
Poltto- ja voiteluainevarastot	35,87	11,95
Kumi- ja muovituotteiden valmistus	2,08	1,04
Moottoriajoneuvojen maalaus ja korjausmaalaus	49,25	0,95
Painolaitokset	178,10	1,86
Koneiden, metalli-, sähkö- ja elektroniikka- tuotteiden valmistus	194,23	2,19
Päästöt yhteensä	488,94	

3.3. VOC-direktiivin soveltamisalan laitokset

Verrattaessa laitosten toimintaa direktiivin määräyksiin havaittiin seuraavaa: Kemiallisten tuotteiden valmistajia oli Helsingin alueella kaikkiaan neljä. Niistä yksi ylitti liuotinkäytön alemman, 100 tonnin vuotuisen käytön kynnyksarvon ja yksi ylitti ylemmän, 1000 tonnin kynnyksarvon.

Molemmat laitokset alittivat säädetty päästörajat vuonna 1999 päästöjen ollessa viidennessä sallituista. Vuonna 1998, ennen jälkipolttimen asennusta, enemmän liuottimia käyttävän laitoksen päästöt vielä ylittivät päästörajat.

Direktiivin kohdelaitoksista toisella on Helsingin kaupungin myöntämä ympäristölupa, toisella Uudenmaan ympäristökeskuksen myöntämä ympäristölupa. Kaupungin myöntämä lupa ei sisällä ilmalupaa, joten haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöt eivät ole aktiivisen valvonnan kohteena.

Kumi- ja muovituotteita valmistavien kahden yrityksen liuottimien kulutus oli pienempi kuin direktiivin mukainen kulutuksen kynnysarvo.

Moottoriajoneuvojen maalausta ja korjausmaalausta harjoittavista yrityksistä liuottimien kulutuksen direktiivin mukaiset kynnysarvot, yli 0,5 tonnia, alle 15 tonnia, täytti 13 yritystä 38 vastanneesta. Kun otetaan huomioon vastaamatta jättäneet yritykset ja alemman kynnysarvon alarajan mataluus, on direktiivin piiriin kuuluvien yritysten lukumääräarvio 17 kpl. Minkään tämän alan yrityksen päästöt eivät ole olleet lupavalvonnan alaisia.

Liuottimia käyttävistä, 64 kyselyyn vastanneesta painolaitoksesta neljä ylitti liuotinkäytön alimman kynnysarvon, mikä on painotyyppistä riippuen 15 – 30 tonnia vuodessa, ja kuuluvat direktiivin piiriin. Yritysten keskipäästöksi saatiin 1,86 tonnia vuodessa. Laskennallisesti Helsingin alueella on 95 liuottimia käyttävää painolaitosta. Vastaamatta jättäneistä laitoksista mikään ei oletettavasti ylitä alinta liuotinkäytön kynnysarvoa.

Metalli- kone- ja sähköalan laitosten liuotinkäyttöä verrattiin direktiivin toimintoon *Muu pinnoitus, mukaan lukien metallin, muovin, tekstiilien, folion ja paperin pinnoitus/maalaus*. Alemman raja-arvon, 5 - 15 tonnia, rajoihin kuului kaksi laitosta. Kummallakaan ei ole ympäristölupaa.

Yli 15 tonnin raja-arvon ylitti kolme laitosta. Niistä yhden toiminta on kaupungin myöntämän ympäristöluvan varaista. Lupa ei sisällä ilmalupaa, mutta hiilivetypäästöjä valvotaan terveydenhoitoasetuksen mukaisella päätöksellä. Toisella laitoksella on lääninhallituksen myöntämä ilmalupa. Luvan sallima poistokaasujen päästöraja on VOC-direktiivin rajaan nähden kaksinkertainen.

Direktiivilaitoksien alustava lukumäärä on siten 28. Ne jakautuvat toimialoittain ja nykyisen ympäristölupatilanteensa mukaan seuraavasti:

- Kaksi kemiallisten tuotteiden valmistajaa, joista toisella on hiilivety päästöjä säätelevä ympäristölupa.
- 17 moottoriajoneuvojen maalausta tai korjausmaalausta harjoittavaa yritystä. Niillä ei ole hiilivety päästöjä säätelevää ympäristölupaa.
- Neljä painolaitosta. Niillä ei ole hiilivety päästöjä säätelevää ympäristölupaa.
- Viisi metalli- kone- ja sähköalan laitosta, joista kahdella on hiilivety päästöjä säätelevä lupa.

4. Tulosten tarkastelu

Vuoden 1987 Helsingin teollisuuden hiilivety päästöiksi ilman energiantuotantoa arvioitiin 1 700 tonnia /21/. Luku sisältää myös metaanipäästöt, mutta niiden osuus teollisuuden päästöistä on hyvin vähäinen. Helsingin keskeisten teollisuusalueiden hiilivetyjen vuosipäästöiksi 1985 - 1988 arvioitiin 640 tonnia /20/. Nyt päästöiksi saatiin 490 tonnia. Koska selvitykset eroavat toteutustavoiltaan toisistaan, ei niiden tuloksia ole perusteltua vertailla tarkemmin.

Teollisia työpaikkoja on viime vuosikymmeninä siirtynyt Helsingistä ympäristökuntiin /39/. Päästöjen puhdistustekniikka on kehittynyt ja hiilivetyjä korvaavien aineiden käyttö on lisääntynyt. Myös tuotantotekniikat ovat kehittyneet, mikä vähentää hiilivetyjen ominaispäästöjä. Nämä muutokset ovat vähentäneet Helsingin teollisuuden hiilivety päästöjä.

Kuvaava esimerkki puhdistustekniikan käyttöönoton vaikutuksista on maaleja valmistavan Teknos Winter Oy:n päästöjen kehitys 1998 -1999. Päästöt laskivat vuoden 1998 130 tonnista 20 tonniin vuonna 1999 /40, 41/. Yhden laitoksen poistokaasujen jälkipoltin vähensi kemian-teollisuuden toimialan päästöjä noin 80 % ja vaikutti merkittävästi koko Helsingin alueen päästöihin. Vastaava laitospäätös kertaluokan suuruinen muutos tapahtui myös jo 1980-luvun lopussa, kun Oy G. W. Sohlberg Ab:n, nykyinen Crown Pakkaus Oy, metallipakkaustehtaan liuotinhöyrypäästöjä rajoitettiin ilmansuojelulain mukaisen päätöksen edellyttämällä jälkipolttimen käyttöönotolla 200 tonnista 10 tonniin vuodessa ja toimialan kokonaispäästöt puoliintuivat /42/.

4.1 Virhelähteet, selvityksen heikkoudet

Yritykset kokivat kyselyn pääsääntöisesti vaikeaksi vastata. Useimmat yritykset katsoivat tietonsa riittämättömiksi päästöjen arvioimiseen ja kokivat siten päästöjensä vertaamisen VOC-direktiivin päästörajoihin hankalaksi. Ne yritykset, joilla oli ympäristölupa tai jotka olivat hankkineet ympäristömerkin, osasivat vastata kyselyyn varsin tyhjentävästi.

Korjaamojen, maalamojen ja metallialan liuotinkäyttö -lomakkeen valmiiksi annettu käyttö-määrien luokitus oli liian suuri. Tarkennusten hankkiminen kaikkiin toimialan vastauksiin vei suuren osan hankkeeseen varatusta kokonaisajasta. Lisäksi lomakkeesta puuttui toimialaa tarkentava kysymys, mikä jätti laitosten toimenkuvan seutu-CD:n varaan. Parempaan tulokseen

olisi päästy, kun kyselylomakkeita ei olisi laadittu toimialakohtaisesti vaan käytetty yhtä, kattavaa kyselylomaketta.

Maalaamoilta olisi pitänyt pyytää tarkat tiedot maalaustekniikoista ja -paikoista sen selvittämiseksi, maalataanko käsin vai ruiskutetaanko maali jollain tekniikalla ja maalataanko kammiassa, taustaa vasten vai avoimessa paikassa. Tämä olisi antanut puhelinkyselyjä varten viitteitä käytettävien maalien koostumuksesta ja korvaavien maalilaatujen käyttöönottomahdollisuuksista.

Epäluuloa herätti yhden ajoneuvojen korjausmaalausta harjoittavan yrityksen vastaus: Kirjallisen vastauksen mukaan yrityksessä ei ollut lainkaan liuotinkäyttöä. Puhelintiedustelun mukaan sitä oli 0,25 tonnin edestä. Yrityksen toiminnan laajuus huomioonottaen sen liuotinkäyttö saattoi olla huomattavasti tätäkin suurempaa.

Direktiivin toimiala *Ajoneuvojen maalaus ja korjausmaalaus* on Tilastokeskuksen toimialaluokituksessa nimikkeellä *Autojen ja moottoripyörien korjaus ja maalaus*, ja sellaisen korjaustoiminnan, mihin ei kuulu maalausta, liuotinpäästöjä lienee tilastoitu maalauksesta aiheutuvaksi. Helsingissä on toisaalta ajoneuvojen yhteis- tai laitosvarikkoja, joilla tehdään korjausmaalausta, mutta joita ei saada esille käytettävissä olevilla toimialaluokituksen hakuehdoilla.

Kemian alan kyselyssä olisi tullut ottaa huomioon, että pakattaessa tuotteita uudelleen tai sekoitettaessa niitä kannellisissa astioissa, ei tuotannossa välttämättä synny mainittavia päästöjä. Tuotantotekniikoiden tarkempi selvittäminen olisi parantanut arvioiden laatua.

Graafiselle alalle suunnatun kyselyn puute oli paino-, kuivatus- ja puhdistustekniikan riittämättömän selvittäminen. Valinnaisina painotyyppinä olisi tullut käyttää Cold set (kylmä)-, Heat set (kuuma)-, Sheet fed (arkki)-offset-, flekso-, koho-, seri- ja syväpainoja. Näin olisi saatu kuva käytettyjen painovärien laadusta.

Epätarkkuutta tuloksiin toi se, ettei voitu selvittää, miten paljon liuottimia ohjautui esimerkiksi telojen pesurättien mukana ongelmajätelaitoksille, koska puhdistustekniikkoja koskevat vastaukset olivat epätarkkoja. Arviolaskelmaa olisivat parantaneet laitosvierailut jokaista eri painotyyppiä edustavassa yrityksessä /33/.

Kone-, metalli- ja sähköalalle suunnatussa kyselyssä olisi pitänyt kysyä tarkempaa kuvausta laitosten toiminnasta. Kyselyn piirissä oli niin monenlaista toimintaa, että ilman tehtyjä tarkennuksia laitosten päästöistä ei voinut saada hyvää kuvaa. Epätarkkuutta tulokseen aiheutti ryhmän moninaisuus erilaisine raaka-aineineen ja työmenetelmineen. Vastaukset olivat varsinakin työmenetelmien osalta riittämättömiä.

5. Hiilivetypäästöt muista lähteistä

5.1 Liikenteen ja teiden ylläpidon päästöt

Ajoneuvoliikenteen hiilivetypäästöt ovat vähentyneet kolmanneksella vuoden 1988 3 700 tonnista, jolloin vuosipäästöt Helsingissä olivat suurimmillaan, vuoden 1999 2 500 tonnin /5/.

Katujen päällystyksestä ja ajoratamerkinnöistä voidaan YTV:n selvityksen perusteella Helsingissä arvioida vuositasolla vapautuvan 200 tonnin päästöt /22/.

Laivaliikenteen päästöt vuonna 1998 olivat 24 tonnia /43/. Huviveneilyn päästöt olivat YTV-alueella 254 tonnia /22/. Vuoden 1999 huviveneilyn päästöksi Helsingin alueella arvioidaan veneilyn lisääntyminen huomioon ottaen 150 tonnia /44/.

Malmin lentoaseman lentoliikenteen päästöt olivat vuonna 1998 neljä tonnia /45/.

5.2 Huoltamoiden päästöt

Helsingissä on 103 polttoaineiden jakeluasemaa. Niistä 21 on kylmiä asemia ja 7 palvelee vesiliikennettä. Vuoden 1998 loppuun mennessä 1 000 m³:n vuosijakelun ylittävien asemien oli määrä siirtyä polttoainesäiliöiden täytön yhteydessä vapautuvien kaasujen talteenottoon. Pienemmillä asemilla talteenottoon on siirryttävä vuoteen 2005 mennessä. /16/. Tankkauksen yhteydessä tapahtuvasta kaasujen talteenotosta ei ole säädöstä. Talteenottotekniikan käyttöön-ottoon, ns. Stage II -vaiheeseen, siirytään asemien uusimisen yhteydessä. /46/.

VOC-päästön selvittämiseksi laskettiin huoltamoiden lupaehdoista niiden vuotuiset bensiinin keskijakelumäärät ja oletettiin, että vuoden 1999 aikana asemista kolmannes oli varustettu tankkauskaasujen talteenotolla. Päästökertoimina käytettiin öljyalan ohjeen lukuja /47/. Dieselin jakelu oletettiin päästöttömäksi. Bensiinin tiheysoletaman 0.77 mukaan jakeluasemien päästöiksi saatiin 440 tonnia.

5.3 Työ- ja pienkoneiden päästöt

Työ- ja pienkoneiden päästöt olivat YTV-alueella vuonna 1994 luokkaa 1000 - 1500 tonnia /22/. Helsingin osuutta ei arvioitu erikseen. Pienkoneista lehtipuhaltimien määrä on sittemmin noussut. Karkea arvio Helsingin alueen konekannan päästöiksi vuonna 1999 on 800 tonnia.

5.4 Energiantuotannon päästöt

Helsingin Energian hiilivetypäästöiksi vuodelta 1994 arvioitiin 231 tonnia /48/. Siitä päästöt ovat maakaasun käyttöön lisääntymisen myötä laskeneet 141 tonniin vuonna 1999. Marras-kuussa 1998 tehtyjen päästömittausten mukaan Vuosaaren kaasuturbiinivoimaloiden palokaa-sujen hiilivetypitoisuus on yhden miljoonasosan luokkaa /49/.

5.5 Rakennusmaalaus ja maalien kotikäyttö

Suomalaisten ja ruotsalaisten arvioiden mukaan maalien, lakkojen ja ohenteiden käyttö asu-kasta kohden vuodessa oli 1990-luvun alussa luokkaa 2,0 – 2,2 kilogrammaa ja vesiohenteis-ten maalien osuus 37 %. Vesiohenteisten maalien osuus on rakennusmaalauksessa kasvanut koko 1990-luvun ja on nykyisin yli kaksi kolmannesta. Teollisuusmaalauksessa vesiohenteis-ten maalien osuus on 10 %:n luokkaa loppuosan jakautuessa liuotinpohjaisiin ja muihin kuten kuivamaaleihin. /50/.

Maalien kokonaiskulutus Suomessa on 15 – 16 kiloa henkeä kohden vuodessa. Rakennus- ja kotikäytön osuus siitä on noin 7 kiloa /50/. Kemianteollisuuden tuotanto on kasvanut vuodesta

1993 vuoteen 2000 noin 30 %. Sen osana kasvua on ollut myös maali- ja väriteollisuuden tuotannossa /51/. Helsingissä maalien kulutus on uudis- ja korjausrakentamisen vuoksi mahdollisesti maan keskiarvoa suurempaa, mutta ulkomaalauksen vähäisyyden vuoksi keskiarvoa pienempää, eikä Helsingissä juurikaan käytetä kyllästysaineita. Rakennusmaalauksen ja maalien kotikäytön liuottimien ja ohenteiden kulutuksella 2,2 kg/asukas laskettuna olivat maalien, lakkojen ja kyllästysaineiden hiilivetypäästöt Helsingissä vuonna 1999 noin 1 220 tonnia.

5.6 Kulutustuotteiden päästöt

Henkilökohtaisista hygieniatuotteista, kotitalouksien ja yleisten tilojen puhdistusaineista, konttoritarvikkeista, sairaanhoitotuotteista ja vastaavista kulutustuotteista on Ruotsissa arvioitu vapautuvan liuotinaaineita noin 1,5 kiloa asukasta kohti vuodessa /ks. 22/. Tämän mukaisesti olivat päästöt vuonna 1999 Helsingissä 825 tonnia.

5.7 Ihmistoiminnan päästöt Helsingissä

Ihmistoiminnan päästöt on koottu taulukkoon 8.

Taulukko 8. Ihmistoiminnasta peräisin olevat hiilivetyjen vuosipäästöt Helsingissä 1998 - 1999.		
Toiminta		Päästöt, tonnia vuodessa
Teollisuus		489
Energiantuotanto		141
Tieliikenne yhteensä, siitä		3133
	Ajoneuvoliikenne	2493
	Katujen päällystys	200
	Bensiinin jakelu- asemat	440
Työ- ja pienkoneet		800
Vesiliikenne yhteensä, siitä		174
	Laivaliikenne	24
	Huviveneily	150
Ilmailu		4
Rakennusmaalaus ja maalien yksityiskäyttö		1220
Kulutustuotteet		825
Toiminnot yhteensä		6786

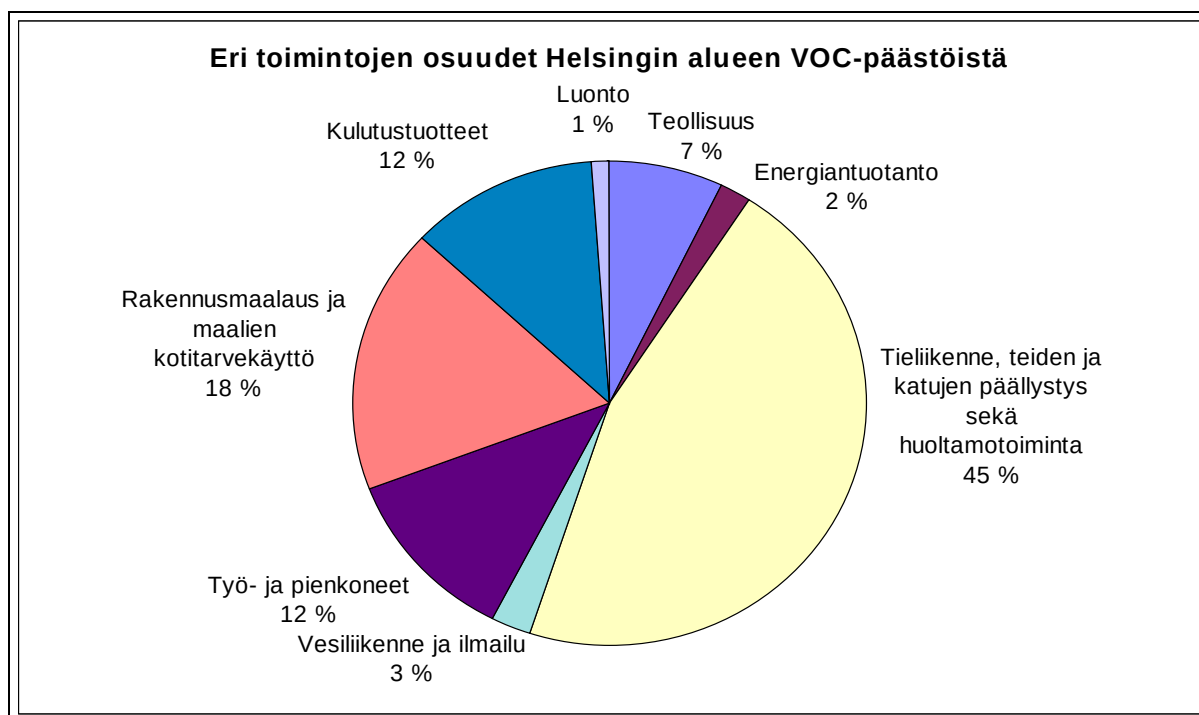
5.8 Päästöt luonnosta

Helsingin metsäpinta-ala on 3 500 hehtaaria /52/. Koska Helsingin metsistä osa on saarissa, oletettiin niiden vastaavan hiilivetypäästöjen puulajirakenteeltaan Uudenmaan ja Ahvenan-

maan metsien yhdistelmää. Päästölaskelmien mukaan /3/ ja pinta-alaan suhteutettuna Helsingin metsien hiilivetypäästöiksi arvioitiin 72 tonnia vuodessa.

5.9 Eri VOC-lähteiden päästöjen suhteet

Eri toimintojen osuudet Helsingin alueen hiilivetypäästöihin on esitetty kuvassa 1. Käytetyt arvot ja lähteet on esitetty luvuissa 5.1. – 5.8.



Kuva 1. Hiilivetyjen vuosipäästöt päästölähteittäin Helsingissä 1990-luvun lopulla.

Tieliikenteen ja sen oheistoimintojen osuus hiilivetypäästöistä on varsin hallitseva, kun työ-koneistakin tuntuva osa palvelee liikennettä. Ilmailuun on Helsingin alueen ilmatilan päästöistä laskettu vain Malmin kentän lentoliikenteen osuus, ei reittikoneiden aiheuttamia päästöjä. Kaikkiaan liikenteen osuus Helsingin alueen kokonaispäästöistä on 60 %:n luokkaa.

6. Teollisuuden hiilivetypäästöjen vähentämiskeinot

Haihtuvia päästöjä voidaan vähentää tehokkaalla liuotinhallinnalla, siirtymällä käyttämään vähäliuotteisia tuotteita, tehostamalla liuottimien käyttötekniikoita ja sulkemalla prosesseja siten, että liuotinhöyryt voidaan puhdistaa uudelleenkäyttöön /33/. Parhaaseen tulokseen johtaa eri tekniikoiden joustava yhdistäminen.

Liuottimien talteenottomenetelmiä ovat tislauk, lauhdutus, kylmäjäähdytys ja adsorptiomenetelmät. Polttomenetelmiä ovat katalyyttinen tai terminen jälkipoltto sekä hiekkapetipoltto. Seuraava esitys perustuu Estlanderin ja Leinosen artikkeliin, ellei muuta lähdettä ole mainittu /35/. Menetelmien soveltuvuutta eri liuottimille sekä niiden puhdistustehoa on kuvattu taulukossa 9.

Puhdistusmenetelmien soveltuvuuteen vaikuttavat liuottimen lisäksi poistokaasun virtausnopeus ja liuotinainepitoisuus. Biosuodatus soveltuu parhaiten suurten virtaamien ja pienten liuotinpitoisuuksien puhdistamiseen, kondensointi pienten virtaamien ja suurten pitoisuuksien puhdistamiseen. Laajemman käyttöalan sovelluksia ovat poltto- ja absorptiomenetelmät. /53/.

6.1 Liuottimien talteenotto- ja poistomenetelmät

Teollisuuden järjestöt julkaisevat direktiiviin liittyen omia ohjeitaan. Esimerkki tällaisesta on Euroopan teollisuusmaali-, paino- ja taideväriyhdistyksen julkaisema, parhaaseen käytettävissä olevaan tekniikkaan perustuva ajoneuvojen korjausmaalausta koskeva ohje /32/. Parhaan tekniikan käytöllä voidaan liuotinpäästöt alentaa kymmenyksen ja maalin kulutus neljänneksen siinä, mitä ne ovat perinteisessä autojen korjausmaalauksessa /54/. Painoteollisuudelle vastaavan oppaan on tuottanut EU-projekti, johon ovat osallistuneet kansalliset painoalan liitot /55/.

6.1.1 Talteenottomenetelmät

Kondensointimenetelmät

Tislaus: Tislauskolonnissa liuottimet erotetaan toisistaan niiden kiehumispisteiden perusteella. Lauhduttimessa höyry kondensoituu, jolloin tuote saadaan talteen.

Lauhdutus: Lauhduttimessa kuuma poistokaasu jäähtyy, jolloin osa liuottimista tiivistyy ja ne otetaan talteen. Lauhdutinjärjestelmässä on usein kaksi lauhdutinta, joissa toisessa on vettä ja toisessa jotakin kylmäainetta kuten glykolia.

Kylmäjäähdytys: Haihtuvaa orgaanista ainetta sisältävä kuuma prosessikaasu ohjataan esijäähdytykseen, mikä voi tapahtua jäähdytyskoneistolla tai jäähdytysaineena voi olla kylmä kaasumainen tyyppi tai kylmä prosessikaasu. Päälauhduttimessa kaasu jäähtyy edelleen, kunnes se saavuttaa kondensaatiolämpötilan.

Adsorptiomenetelmät

Aktiivihiiliadsorberissa hiilivetykaasut sitoutuvat heikoilla sidoksilla aktiivihiilipatjaan. Se regeneroidaan johtamalla siihen höyryä. Talteenotettu liuotin johdetaan jatkopuhdistukseen.

Polymeeriadsorberissa adsorptioaineena toimivat polyvinylibentseenipartikkelit, joita kiertetään adsorptiosta desorptioyksikön kautta takaisin adsorptioon. Kierrätyksen avulla laitteiston toiminta saadaan jatkuvatoimiseksi.

Zeoliittikonsentraattorissa on zeoliittikennoston täyttämä pyörivä roottori, joka samanaikaisesti isommassa sektorissa adsorboi ja pienemmässä regeneroi puhdistettavaa kaasua. Huokoinen zeoliitti konsentroidaan ja erottaa liuotinaineet poistoilmasta jatkokäsittelyä varten.

6.1.2 Poistomenetelmät

Poltomenetelmät

Katalyyttisessä poltossa haihtuneet liuottimet poltetaan yleensä platina- tai palladiumkatalyyttien avulla hiilidioksidiksi ja vedeksi. Klooriyhdisteiden poltossa käytetään metallioksidikatalyyttejä. Katalyyttipeti on yleensä keraaminen mahdollisimman suuren katalyyttipinta-alan saamiseksi.

Katalyyttinen poltto tapahtuu niin alhaisissa lämpötiloissa, ettei niissä synny termisesti ilman tyyppistä ja hapestaa typen oksideja. Termisessä poltossa typen oksidien syntymistä on vaikea estää. /56/.

Taulukko 9. Liuotinkaasujen puhdistusmenetelmien puhdistusaste ja soveltuvuus /35 /		
Menetelmä	Puhdistusaste	Soveltuvuus
Aktiivihiiliadsorberi	95-99 %	Asetoni, bentseeni, metyyliketoni, hiilitetrakloridi, tolueeni
Zeoliittikonsentraatti	< 90 %	Asetoni, bentseeni, alkoholit, etyyli- ja butyyliasettaatti, heptaani, tolueeni, ksyleeni, helposti haihtuvat aromaattit
Polymeeriadsorberi	90-99 %	Asetoni, ksyleeni, tolueeni, alkoholit, styreeni, heksaani, etyyliasettaatti, trikloorietaani
Kaasunpesuri, absorptio	85-90 %	Liuottimet, hapot, pölyt pesunesteestä riippuen
Katalyyttinen poltto	>95 %	Alkoholit, aldehydit, aromaattit. Ei sovi fosfori- ja raskasmetalliyhdisteille.
Terminen jälkipoltto	95-99 %	Alkoholit, aldehydit, tolueeni, aromaattit
Hiekkapetipoltin	95-98 %	Liuottimet
Kylmääjähdytys	40-50 %	Asetoni, metanoli, etanoli, tolueeni, etaanikloridi, liuottimet, joiden jäätymispiste on alle -30 °C

Termisessä jälkipoltossa poistokaasu lämmitetään esilämmittimessä 450 °C:een ja johdetaan sieltä varsinaiseen polttimeen. Polttimen lämpötila riippuu poistokaasun koostumuksesta. 750 °C riittää useimmille komponenteille. Kaasut viipyvät polttimessa 0,3-0,6 sekuntia. Syntyvä lämpöenergia voidaan hyödyntää reaktorin jälkeisessä lämmönsiirtimessä.

Hiekkapetipoltossa hiekkapedin keskelle sijoitettujen sähkökierukoiden avulla pedin lämpötila säädetään haluttuun lämpötilaan. Puhdistettava ilma virtaa pedin läpi pieniä kanavia pitkin, jolloin kontaktipinta-ala hiekan kanssa on mahdollisimman suuri. Vaihtamalla poltettavan ilman kiertosuuntaa voidaan kylmällä liuotinpitaisella ilmalla jäähdyttää ja kuumalla poistoilmalla lämmittää petiä, jolloin sen lämpötila pysyy vakiona.

Kaasunpesuri, absorptio

Kaasunpesurissa kaasu- ja nestevirrat kulkevat kolonnissa vastakkain. Pesuliuos syötetään kolonnin yläosaan ja poistetaan alhaalta. Kaasuvirta syötetään alhaalta ja poistetaan ylhäältä. Kolonnin täytekappaleet estävät suorat virtaukset ja saavat nesteen ja kaasun läheiseen kosketukseen, jolloin liuottimet siirtyvät absorptiossa kaasufaasista nestefaasiin. /53/.

Biologiset puhdistusprosessit

Biologisia puhdistusprosesseja ovat biosuodatus ja biopesu. Biosuodatuksessa puhdistus tapahtuu suodatinpedissä. Liuottimia sisältävien kaasujen biopuhdistuksessa käytetään biopesureita. Biopesurissa kaasumaiset epäpuhtaudet absorboidaan veteen, minkä jälkeen ne hajotetaan bioreaktorissa. /53/.

6.2 Liuotinpäästöjä vähentävät prosessit ja liuottimia korvaavat aineet**6.2.1 Maalaus**

Maalauksessa hyvä keino vähentää liuotinpäästöjä on käyttää hiilivetypohjaisia maaleja korvaavia, vähän tai ei lainkaan orgaanisia liuottimin sisältäviä maaleja, joita ovat vesiliukoiset maalit, pulverimaalit ja korkean kuiva-ainepitoisuuden omaavat epoksi- ja polyuretaanimaalit. Taulukossa 10. on esitetty eri maalityyppien keskimääräisiä liuotinainepitoisuuksia.

Taulukko 10. Maalien orgaanisten liuottimien pitoisuus prosentteina valmisteesta /33/	
Maalityyppi	Liuotinpitoisuus, %
Tavanomainen liuotinmaali	40-70
Korkean kuiva-ainepitoisuuden maalit	< 30
Vesiliukoiset maalit	< 20
Vähäliuotteiset maalit	0 - 10
Pulverimaalit	0

Muita keinoja vähentää maalauksen päästöjä ovat maalausprosessin muuttaminen siten, että siirrytään sähköstaattiseen maalaukseen tai regeneroidaan käytettyjä liuottimia uudelleenkäyttöön. Taulukossa 11. on vertailu teollisuusmaalauksen liuotinpäästöjen vähennysmenetelmien tehokkuudesta.

Maalin elinkaari on osoittautunut sitä lyhyemmäksi, mitä ympäristöystävällisempiä liuotin- ja sideaineita käytetään. Ympäristön kannalta paras valinta ei olekaan maalin vähäpäästöisyys, vaan tuotteen liuotinpäästöt sen elinkaaren aikana. /57/

Vesiohenteisten maalien kehitystä ovat kiihdyttäneet ympäristösertifikaatit ja direktiivit. Telakat ja autoteollisuus ovat niiden suurimpia käyttäjiä. Autoteollisuus käyttää alimmaisena maa-

likerroksena vesiohenteisia maaleja ja niiden päällä liuotelakkaa. Sähköstaattinen maalaustekniikka ja vesiohenteiset maalit sopivat yhteen.

Taulukko 11 . Maalauksen päästöjen vähennystehokkuus eri vähennysvaihtoehdoilla /33/	
Vaihtoehto	teho-%
Siirtyminen vähäliuotteisiin maaleihin	40-80
Siirtyminen vesiliukoisiin maaleihin	60-95
Siirtyminen pulverimaaleihin	92-98
Poistokaasujen käsittely, kuten poltto	95

Vesiohenteiset maalit ovat herkkiä rasva- ja likatahroille, joten maalattavat komponentit tulee puhdistaa kunnolla. Tämä lisää osaltaan liuottimien kulutusta. Vesiliukoisten maalien hyviin puoliin kuuluu hyvä ruiskutettavuus. Hyötynä on myös niiden huomattavasti nopeampi kuivuminen uunikuivauksessa alkydimaaliin verrattuna. Työtä helpottavaa ja turvallisuutta lisäävää on myös se, että välineet voidaan pestä vedellä ja paloturvallisuus paranee. /58/.

Suomessa vesiohenteisten maalien teollisuuskäyttö on vähäistä, noin 10 % maaleista /50/. Ruotsissa neljännes teollisuudessa käytettävästä maalista on vesiliukoisia. /58/.

Esimerkkinä vesiohenteisten maalien käyttöönoton hyödyistä on Kvaerner Masa-Yards Oy:n telakka. Yritykseltä on valmistunut useita vesiohenteisilla maaleilla maalattuja aluksia. Telakalla tehdään samanaikaisesti useaa eri urakkaa. Liuotinpohjaisia maaleja käytettäessä ei kipinointia aiheuttavaa työtä voida tehdä maalausalueella tai sen läheisyydessä. Vesiohenteisiä maaleja käytettäessä voidaan hitsauksia ja hiontoja tehdä maalauskohteen lähellä. Tämä nostaa tuottavuutta ja lisää työn turvallisuutta merkittävästi samalla, kun liuottimien terveyshaitat poistuvat. Monimutkaisen ja kalliin työsuorituksen ohjeistuksen ja valvonnan helpottuminen on ollut yksi lisäetu. Keskeinen syy vesiohenteisten maalien käyttöönotolle oli telakan sijainti Helsingin keskustassa. /59/.

Laivojen tankkien maalaukseen käytetään niukkaliukoisia ja liuotinvapaita maaleja. Sisätiloissa, joita on kolme neljännessä laivan maalattavasta pinta-alasta, käytetään lähes pelkästään vesiohenteisiä maaleja. Laidoituksessa sekä kansirakenteissa käytetään niukkaliuotteisia maaleja ja pinnassa akryylimaalia. Lisäksi telakalla luovutaan profiiliteräksien esikäsittelystä. Materiaali hankitaan valmiiksi esikäsiteltynä. Vesiohenteisten maalien kalliimpi hinta kompensoituu osin työsuorituksen nopeutumisena. Hiilivetypäästöjen alentaminen muilla keinoin tulisi kalliiksi. /59/

6.2.2 Painaminen

Painamisen hiilivetypäästöjä voidaan vähentää termisellä tai katalyyttisellä poltolla, biologisella hajottamisella, liuottimen talteenotolla hiiliadsorption, kondensoinnin tai suodatuksen keinoin tai siirtymällä vähän orgaanisia liuottimia sisältäviin painoväreihin, joita ovat vesipohjaiset ja liuotteettomat, kuten UV-kuivuvat värit. Yleisimmät menetelmät ovat poltto, hiiliadsorptio, kondensointi ja suodatus. /60/

Vesiohenteisia painovärejä fleksopainatukseen on ollut saatavissa yli 30 vuotta. Tästä huolimatta monet muoville painajat näkevät ne vieläkin kokeellisina tuotteina, joiden laatu ei yllä liuotinhenteisten värien tasolle. Yhdysvalloissa ympäristönäkökohdat on katsottu tärkeämmiksi ja hyväksytty hieman huonompi painojälki. Painettassa imeville materiaaleille, kuten paperille ja aaltopahville, vesiohenteisten värien käyttö on jo nyt edullisempaa kuin orgaanisia liuottimia sisältävien. Arviolta kolme neljännestä paperinpainannasta tehdään käyttäen vesiliukoisia värejä. /61/

On arvioitu, että säteilykuivuvat värit ja niihin liittyvä teknologia kehittyvät seuraavan viiden vuoden kuluessa enemmän kuin perinteiset painovärit. Värien kuivuminen perustuu joko ultravioletti-(UV) tai elektronisäteilyyn (EB; Electron Beam). UV-säteilykuivatus on yleisempi halvemman kuivatusyksikkörakenteen vuoksi. UV- värit ovat painajaystävällisiä, koska liuottimia ei haihdu. Painokoneen puhdistaminen on varsin vaivatonta. Pakkausteollisuudessa UV-värien käyttö on vähäistä, koska värien käyttö elintarvikepakkauksiin on rajoitettua. /61/.

7. Johtopäätökset

Otsonin väestössä aiheuttamia tyypillisiä oireita ovat silmien, silmien, nenän, kurkun ja limakalvojen ärsytysoireet /6/. Se voi myös heikentää immuunijärjestelmän kykyä vastustaa infektioitauteja. Otsoni aiheuttaa myös monia vaikutuksia luonnon- ja viljelykasveihin sekä puustoon aiheuttaen taloudellisten arvojen, laatuominaisuuksien ja luonnon monimuotoisuuden menetyksiä. /62/.

Otsonia synnyttävien ilman epäpuhtauksien, typen oksidien ja hiilivetyjen (VOC), päästöjen tulisi laskea EU:n alueella vuoden 1990 tasosta 70 - 80 %, jotta otsonin haitalliset vaikutukset voitaisiin estää /9/. VOC-direktiivin pitkän aikavälin ympäristötavoitteet on laadittu tämän vähennystason saavuttamiseksi

Helsingin keskeisten teollisuusalueiden hiilivetypäästöt on selvitetty 1980-luvun puolivälissä. Päästöiksi arvioitiin tuolloin 640 tonnia. Vuotta 1987 koskeneen selvityksen mukaan teollisuuden päästöt Helsingissä olivat 1 700 tonnia. Nyt teollisuuden päästöiksi saatiin 490 tonnia. Koska selvitykset poikkeavat toisistaan aineistoltaan ja menetelmiltään, ei päästökehityksessä tapahtunutta tarkkaa muutosta ole perusteltua laskea. Tässä hankkeessa kuvattu laskentamenetelmä ja yritystasolle yksilöidyt tulokset antavat mahdollisuuden seurata päästöjen kehitystä vuodesta 1998 eteenpäin.

Helsingin teollisuuden hiilivetypäästöt ovat vähentyneet menneen vuosikymmenen ajan sekä teollisuuden prosesseissa tapahtuneiden muutosten että päästöjen puhdistamisen vuoksi. Prosessimuutoksia ovat olleet muun muassa siirtyminen liuotinhenteisistä vesiohenteisiin malleihin ja orgaanisia liuottimia sisältävien painovärien korvaaminen vesiliukoisilla tai liuotteettomilla väreillä. Tämä kehitys jatkuu edelleen. Päästöjen puhdistamisessa keskeistä on ollut ympäristölupamääräyksistä johtunut jälkipolttimien käyttöönotto runsaasti liuotinpäästöjä aiheuttavissa laitoksissa. Myös päästöjen puhdistamistekniikat kehittyvät ja niitä otetaan käyttöön entistä laajemmin.

Tieliikenteen edellytetään saavuttavan pakokaasupäästöjen ja haihtuvien hiilivetypäästöjen 68 %:n vähennystaso 1990 - 2010. Tavoitteen saavuttaminen Helsingissä vaikuttaa realistisel-

ta. Vastaavaa ennustetta ei Helsingin teollisuuden liuotinpäästöjen osalta ole esitetty. On kuitenkin oletettavaa, että teollisuuden hiilivetyypäästöt eivät vähene yhtä paljon, koska palhin hiilivetyjä päästävät laitokset noudattavat jo nyt VOC-direktiivin ja vastaavan asetuksen päästörajoja.

Liikenteen hiilivetyypäästöjen vähentäminen Helsingissä on keskeisin päästöjen hallintakeino, koska liikenne ja sen sekä tiestön huolto- ja ylläpito aiheuttaa suurimmat päästöt, noin puolet Helsingin kokonaispäästöistä. Teollisuuspäästöjä enemmän aiheutuu päästöjä myös maalauksesta ja kulutustuotteiden käytöstä, ja näiden päästölähteiden osuus kasvaa liikenteen päästöjen pienentyessä. Liikenteen ja kulutustuotteiden päästöihin voivat kuntalaiset vaikuttaa enemmän kuin muiden lähteiden päästöihin.

Tämän hankkeen tarkoituksena oli selvittää, miten paljon Helsingissä toimii direktiivin toimialojen laitoksia ja miten suuria ovat niiden ja toisaalta koko kaupungin alueen hiilivetyypäästöt. Arvioksi VOC-direktiivilaitosten lukumäärästä saatiin 28. Niistä kolme on sellaisia, joiden hiilivetyypäästöt ovat jo aiemmin kuuluneet sääntelyyn ympäristöluvan mukaisesti. Muilta osin direktiivin toimeenpano tulee lisäämään Helsingin kaupungin ympäristövalvonnan tehtäviä ennakko- ja jälkivalvonnan osalta.

Kunnallisin tai kansallisin päätöksin ei Helsingin tai Suomen otsonipitoisuuksiin voida juurikaan vaikuttaa, koska pitoisuuksien nousu johtuu pääosin otsonin valtioiden rajat ylittävästä kaukokulkeutumasta ja omat haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästömme ovat vähäisiä. Siksi EU-direktiivin toimeenpano kaikissa EU:n jäsenmaissa on Suomen kannalta erityisen tärkeää. Toimeenpano on lisäksi EU:n läheisyysperiaatteen ja sitä laajemmin edustavan yhteisen vastuun käsitteen mukaista. Jos VOC-direktiivin toimeenpano onnistuu koko Euroopan tasolla, vähenee otsonin Suomeen suuntautuva kaukokulkeutuma. Ilmansuojelun resursseja voidaan tällöin suunnata enenevästi kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen.

8. Lähteet

1. Mroueh, U-M. 1992. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) vähentämisstrategia. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Muistio 6/1992. Valtion painatuskeskus. Helsinki. ISSN 0788-5911. ISBN 951-47-4781-X. 215 s.
2. Arnold, M, Kuusisto, S & Mroueh, U-M. 1998. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) päästöt vuonna 1996. VTT tiedotteita 1921. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Libella Painopalvelu Oy. Espoo. ISSN 951-38-5327-6- ISBN 1235-0605. 35 s.
3. Lindfors, V. ja Laurila, T. 2000. Biogenic volatile organic compound (VOC) emissions from forests in Finland. Boreal Environment Research 5:95-113. ISSN 1239-6095.
4. Liikenteen jäljet. Tietoa liikenteen ilmanlaatu- ja meluvaikutuksista asuinympäristössä. YTV. 2000. Painotuote. Ei muita bibliografisia tietoja. 20 s.
5. Mäkelä, K. 2000. Suomen tieliikenteen hiilivetyypäästöt. LIISA 1999 –laskentajärjestelmä. VTT Yhdyskuntatekniikka. www.vtt.fi/yki/lipasto. 22.5.2000.
6. Ilmanlaadun ohjearvotyöryhmän mietintö. Työryhmän mietintö nro 72/1993. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Painatuskeskus Oy. Helsinki. ISSN 0788-5954. ISBN 951-47-4855-7. 186 + 20 s.
7. Aarnio, P, Koskentalo, T. ja Myllynen, M. 2000. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 1999. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 2000:7. YTV:n monistamo. Helsinki ISSN 0357-5454. 27 + 40 s.

8. Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun raja-arvoista ja kynnysarvoista. Suomen säädöskoelma 481/1996.
9. Ehdotus Neuvoston direktiiviksi orgaanisten liuottimien käytöstä aiheutuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta tietyissä teollisissa toimissa. Euroopan yhteisöjen komissio. Bryssel 6.11.1996. KOM(96) 538. Luettelonumero CB-CO-96-565-FI-C. ISSN 1024-4492. ISBN 92-78-11385-9. Euroopan yhteisöjen virallinen julkaisutoimisto. L-2985 Luxemburg. 73 s.
10. Neuvoston direktiivi, 1999/13/EY, orgaanisten liuottimien käytöstä tietyissä toiminnoissa ja laitoksissa aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta. Annettu 11.3.1999. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti 29.3.1999 L 85. 22 s.
11. Neuvoston direktiivi, 1996/61/EY, ympäristön pilaantumisen ehkäisemisen ja vähentämisen yhtenäistämiseksi. Annettu 24.9.1996. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti.
12. Ympäristönsuojelulaki. Suomen säädöskokoelma 86/2000.
13. Ympäristönsuojeluasetus. Suomen säädöskokoelma 169/2000.
14. Karjalainen, A. 2000. Luonnos valtioneuvoston asetukseksi orgaanisten liuottimien käytöstä tietyissä toiminnoissa ja laitoksissa aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen (VOC) rajoittamisesta. Muistio 17.11.2000. Ympäristöministeriö. 15 s.
15. Europe Union Directive 94/63/EC on the control of volatile organic compound (VOC) emissions resulting from the storage of petrol and its distribution from the terminals to service stations. 1994. Bryssel.
16. Valtioneuvoston päätös bensiinin varastoinnista ja jakelusta aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden rajoittamisesta. Suomen säädöskokoelma nro 468/1996.
17. Värri, E. ja Reinikainen, L. 1985. Herttoniemen ja Roihupellon teollisuusalueiden päästöselvitys. Helsingin kaupungin kaupunginsuunnitteluvirasto. Helsinki 1985. Moniste. 20 s.
18. Sörnäisten - Hermannin - Toukolan ja Pitäjänmäen - Konalan teollisuusalueiden päästöselvitys. 1988. Helsingin kaupunki, ympäristölautakunta. Julkaisu 3/1988. ISSN 9783-9111. ISBN 951-771-797-0. 35 + 29 s.
19. Koillisen suurpiirin sekä Lauttasaaren, Länsisataman, Vallilan, Vuosaaren kaupunginosien teollisuusalueiden päästöselvitys. Helsingin kaupunki, ympäristönsuojelulautakunta. Julkaisu 7/1988. 26 + 12 s.
20. Teollisuuden päästöt ilmaan Helsingin alueella. Yhteenveto päästökartoituksista ja arvio päästöjen vaikutuksista ilmanlaatuun. 1989. Helsingin kaupunki, ympäristölautakunta. Julkaisu 4/1989. ISSN 0783-9111. ISBN 951-771-963-9. 21 + 12 s.
21. Pönkä, A ja Elsilä, H. 1990. Tieliikenteen, energiatuotannon ja teollisuuden aiheuttamat epäpuhtauspäästöt ilmaan Helsingissä ja koko maassa. Helsingin kaupungin terveysviraston raportteja 53/1990. Sarja A. Helsingin kaupungin hankintakeskus. Helsinki. ISSN 951-772-083-1. ISBN 0782-3418. 59 s.
22. Myllynen, M. 1995. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) päästöt pääkaupunkiseudulla. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1995:19. YTV:n kanslia, offsetmonistus. Helsinki. ISSN 0357-5454. 32 s.
23. Mroueh, U-M. 1994. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöt vuonna 1993. VTT Tiedotteita 1609. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. VTT Offsetpaino. Espoo. ISSN 1235-0605. ISBN 951-38-4724-1. 31 s.
24. Melanen, M. ja Eqvist, M. (toim) 1997. Suomen ilmapäästöt ja niiden skenaariot. tietojärjestelmän tietopohja ja alustavia tuloksia. Suomen ympäristö 131. Oy Edita Ab. Helsinki. ISSN 952-11-0594-1. ISBN 1238-7312. 52 s.

-
25. LIPASTO 1999 päästölaskentajärjestelmä. <http://www.vtt.fi/yki/lipasto/kehhc.htm>. Päivitys 23.5.2000.
 26. Toimialaluokitus 1995. 1993. Käsikirjoja 4. Tilastokeskus, luokituspalvelut. Painatuskeskus Oy. Helsinki. ISSN 0355-2063. ISBN 951-47-7589-9. Helsinki 1993 218 s.
 27. Toimialaluokitus 1995. 1995. Käsikirjoja 4. Liite 2. Muunnosavain toimialaluokitus 1988:sta. Tilastokeskus, luokituspalvelut. Painatuskeskus Oy. Helsinki. ISSN 0355-2063. ISBN 951-727-050-X. Helsinki 1993 108 s.
 28. Toimialaluokitus 1995. 1996. Käsikirjoja 4. Liite 1. Hakemistot. 10.10.1996. 3. painos. Tilastokeskus, luokituspalvelut. Yliopistopaino. Helsinki. ISSN 0355-2063. ISBN 951-47-7589-9. Helsinki 1993 209 s.
 29. Seutu-CD 1998. Espoon, Helsingin, Kauniaisten ja Vantaan kaupungit sekä YTV. 1 cd.
 30. Puusta paperiin 1988. M-601 Painomenetelmät. Finnppap, Suomen Paperi. Metlas Ky. Anso Oy, Myllykoski. ISBN 951-9309-69-1. Sivuja ei numeroitu.
 31. Constantine R. (1991). Air Pollution from printworks - alternative answers. Ink Print Int. 9. s.12-18, 24. Korhosen ym., viitteen 60mukaan.
 32. Ajoneuvojen korjausmaalaus. Paras käytettävissä oleva tekniikka. CEPE:n, Conseil Européen de l'Industrie des Peintures, des Encres d'Imprimerie et des Colours d'Art, Ajoneuvojen korjausmaalauksen teknisen komitean ohje. 1999. Väriteollisuusyhdistys ry. Moniste. 21 s.
 33. CORINAIR 1996. Atmospheric emissions inventory guidebook. European Environment Agency. Copenhagen. (www.eea.eu.int/frdocu.htm)
 34. Tonteri, H., Mroueh, U.-M., Nykänen, H., Liimatainen, M. ja Mäkelä, E. 1993. Konepajateollisuuden ympäristöhaittojen vähentäminen. VTT tiedotteita. VTT offsetpaino. Espoo. 1484. ISSN 1235-0605
 35. Estlander, A. ja Leinonen, V. 1991. Maali- ja lakkateollisuuden sekä lääketeollisuuden ympäristönsuojelu. Helsinki . Valtion painatuskeskus. Selvitys 93. ISSN 0788-5903. 82 s.
 36. Mroueh, U.-M. ja Laukkarinen, A. 1985. Teollisuuden ilmansuojeluselvitys. Haihtuvat liuottimet. Ympäristöministeriö. Ympäristön- ja luonnonsuojeluosaston julkaisu A 38. Valtion painatuskeskus, Annankadun monistuskas. Helsinki. ISSN 0780-6795. ISBN 951-46-9040-0. 130 s.
 37. Työministeriön päätös käyttöturvallisuustiedotteista. 20.8.1993/779.
 38. Saarela, K. 1992. Rakennusmateriaalien orgaaniset päästöt ja niiden vähentäminen. Ympäristöministeriö, kaavoitus- ja rakennusosasto. Selvitys 3/92. ISSN 0786, ISBN 951-37-0909-4. 68 s.
 39. Urban Industries. Helsinki and the Helsinki Region. 1998. Tilastoja 1998:11. Helsingin kaupungin tilastokeskus. Fagepaino Ltd, Helsinki. ISSN 1455-7231. 66 s.
 40. Ympäristöluvan ehtojen mukainen vuosiraportti 1998. 26.2.1999. Teknos Winter.
 41. Teknos Winter Oy:n Pitäjänmäen tuotantolaitosten liuotinpäästömittaukset. Tutkimusselostus KET 2700/99. VTT Kemiantekniikka, Ympäristötekniikka. 6 + 1 s
 42. Uudenmaan lääninhallituksen päätös 18.7.1987. No 4255. Dnro 11957 3661 87 Y Soh.
 43. Komsu, J. 1999. Sähköinen tiedonanto.
 44. Puhelintiedustelu 19.11.1999 Helsingin kaupungin liikuntavirastosta kaupungin venepaikkojen täyttöasteen kehityksestä vv 1994 - 1999.
 45. Viinikainen, M. Ilmailulaitos. Sähköinen tiedonanto 24.11.1999.
 46. Hakkola, M., Saarinen, L. ja Saarikko, M. 1998. Asiakkaiden bensiinihöyryaltistuminen huoltoasemilla. Ympäristö ja Terveys 9 - 10.1998. ss. 101 - 104.
 47. VOC emissions from gasoline distribution and service stations in western Europe - control technology and cost-effectiveness. CONCAWE. Bryssel. Report 90/52.

48. Hämäläinen, M-L. 1995. Hiilivetypäästöt vuonna 1994. Helsingin Energia.
49. Hämäläinen, M-L. 1999. Hiilivetypäästöt vuonna 1998. Helsingin Energia.
50. Kastinen, A. 2001. Väriteollisuusyhdistys ry. Suullinen tiedonanto 10.1.2001.
51. Kemianteollisuudella hyvä alkuvuosi. Uutisia, nyheter. Kemia-Kemi 8/2000. s. 706. Lähde: Tilastokeskus. Eurostat.
52. Helsinki, metsäinen kaupunki meren rannalla. Tavoitteet metsäsuunnitelmaa 1995 - 2004 varten. Helsingin kaupungin kiinteistöviraston metsä- ja maatalousosasto 3/1995. 20 s. ISBN 951-772-616-3. ISSN 1238-0865. Helsinki.
53. Lehtomäki, J. 2000. katsaus VOC- ja hajupäästöjen puhdistusmenetelmiin. Ilmansuojelu 4/2000. Ilmansuojeluyhdistys ry:n jäsenlehti. ISSN 0786-5899. ss 14 – 19.
54. Heitzinger, H., Schnitzer, H. ja Nussbaumer, M. 1998. Reducing environmental impacts of car paint repair. Industry and Environment 3/1998. Vol. 21. UNEP IE. ISSN 0378-9993. ss. 32 – 33.
55. Printing and the Environment. Guidance on Best Available Techniques (BAT) in Printing Industries. 1999. Intergraf/EGF. Ehkä 250 s.
56. Lylykangas, R. ja Silvonen, R. 1998. Suomalaisyritykset kehittivät katalyyttisen polttolaitoksen liuotinpäästöjen puhdistukseen. Kemia-Kemi 25. 8/1998. ISSN 0355-1628. ss. 688 - 690.
57. Keitele, J. 1999. Maalien ympäristöpäästöistä uusia ohjeita. Maalarilehti 1/99. ISSN 0024-8568. ss. 24 - 26.
58. Fransman, S. 1999. Vesiohenteinen kuivuu nopeasti. Maalarilehti 1/99. ISSN 0024-8568. ss 20 - 22.
59. Tuotantovauhdin lisäys ja VOC-päästöjen alentaminen syynä nopeaan vesiohenteisiin siirtymiseen. Viisi vuotta koemaalausten aloittamisesta. Pintakäsittely 2. 1997.
60. Korhonen, M. ja Grönlund, A. 1992. Painovärien ekologinen kiertokulku. Teknillinen korkeakoulu, graafisen tekniikan laboratorio. Otaniemi. Tutkimusraportti 17. ISBN 951-22-1924-9. 30 s.
61. Värillä on väliä. Tiukkenevat ympäristövaatimukset tuovat vesiohenteiset painovärit muovipainatuksiin. 1999. Pakkaus 3. ISSN 0031-0131. ss 18 - 20.
62. Ilmanlaadun tietopaketti. Huhtikuu 1999. Euroopan komissio, pääosasto XI, ympäristö, ydinturvallisuus ja väestönsuojelu. 20 s.