

## Liite I

## AINEET, JOIDEN KÄYTTÖ JA TUOTANTO LOPETETAAN

Ellei tässä pöytäkirjassa toisin määritetä, tätä liitettä ei sovelleta jäljempänä lueteltuihin aineisiin siinä tapauksessa, että nämä aineet ovat: (i) tuotteiden sisältämiä epäpuhtauksia, tai (ii) voimaansaattamispäivämääränä teollisesti valmistettavissa tai käytössä olevissa tuotteissa, tai (iii) yhden tai useamman aineen valmistuksen aikana esiintyviä kemiallisia välituotteita, jotka näin muunnetaan kemiallisesti. Ellei toisin määritetä, jokainen jäljempänä esitetty velvoite on voimassa pöytäkirjan voimaantulopäivästä alkaen.

Aine	Voimaansaattamista koskevat vaatimukset	
	Lopetettava	Ehdot
Aldriini CAS: 309-00-2	Tuotanto	Ei ole
	Käyttö	Ei ole
Klordaani CAS: 57-74-9	Tuotanto	Ei ole
	Käyttö	Ei ole
Klordekoni CAS: 143-50-0	Tuotanto	Ei ole
	Käyttö	Ei ole
DDT CAS: 50-29-3	Tuotanto	1. Tuotanto lopetettava vuoden kuluessa siitä, kun sopimuspuolet ovat yksimielisesti päättäneet, että DDT:lle on käytävissä sopivia vaihtoehtoja kansalaisten terveyden suojelemiseksi sellaisilta sairauksilta kuin malaria ja aivokalvontulehdus. 2. Jotta DDT:n tuotanto voidaan lopettaa mahdollisimman nopeasti, sopimuspuolet tarkastelevat uudelleen viimeistään vuoden kuluessa tämän pöytäkirjan voimaan tulosta ja sen jälkeen tarvittaessa säännöllisin väliajoin sekä kuullen Maailman terveysjärjestöä, Yhdistyneiden Kansakuntien elintarvike- ja maatalousjärjestöä sekä Yhdistyneiden Kansakuntien ympäristöohjelmaa näiden vaihtoehtojen saatavuutta ja käyttökelpoisuutta ja tarvittaessa edistävät DDT:tä turvallisempien, taloudellisesti kannattavien DDT:n vaihtoehtojen kaupallistamista.
	Käyttö	Ei ole, lukuun ottamatta liitteessä II yksilöityjä ehtoja.

Aine	Voimaansaattamista koskevat vaatimukset	
	Lopetettava	Ehdot
Dieldriini CAS: 60-57-1	Tuotanto	Ei ole
	Käyttö	Ei ole
Endriini CAS: 72-20-8	Tuotanto	Ei ole
	Käyttö	Ei ole
Heptakloori CAS: 76-44-8	Tuotanto	Ei ole
	Käyttö	Ei ole, lukuun ottamatta valtuutetun henkilöstön suorittamaa tulimuurahaisten torjuntaa teollisuudessa käytettävissä umpinaisissa sähköliitäntärasioissa. Tätä käyttöä arvioidaan tämän pöytäkirjan nojalla uudelleen viimeistään kahden vuoden kuluttua tämän pöytäkirjan voimaantulosta.
Heksabromi-bifenyylimuokke CAS: 36355-01-8	Tuotanto	Ei ole
	Käyttö	Ei ole
Heksakloori-bentseeni CAS: 118-74-1	Tuotanto	Ei ole, lukuun ottamatta siirtymätalousmaiden pöytäkirjan allekirjoittamisen tai siihen liittymisen yhteydessä tallettamassa selityksessä määritettyjä rajoitettuja käyttötarkoituksia varten.
	Käyttö	Ei ole, lukuun ottamatta siirtymätalousmaiden pöytäkirjan allekirjoittamisen tai siihen liittymisen yhteydessä tallettamassa selityksessä määritettyä rajoitettua käyttöä.
Mireksi CAS: 2385-85-5	Tuotanto	Ei ole
	Käyttö	Ei ole

Aine	Voimaansaattamista koskevat vaatimukset	
	Lopetettava	Ehdot
PCB <u>a/</u>	Tuotanto	Ei ole, lukuun ottamatta siirtymätalousmaita, jotka lopettavat tuotannon mahdollisimman nopeasti ja viimeistään 31 päivänä joulukuuta 2005 ja jotka ilmaisevat pyrkimyksenä tähän niiden ratifioimis-, hyväksymis- tai liittymiskirjan yhteydessä talletettavassa selityksessä.
	Käyttö	Ei ole, lukuun ottamatta liitteessä II yksilöityjä ehtoja.
Toksafeeni	Tuotanto	Ei ole
CAS: 8001-35-2	Käyttö	Ei ole

a/ Sopimuspuolet ovat sopineet arvioivansa uudelleen polykloorattujen terfenyylien ja Ugilec-aineiden tuotantoa ja käyttöä pöytäkirjan nojalla 31 päivään joulukuuta 2004 mennessä.

**Annex I****SUBSTANCES SCHEDULED FOR ELIMINATION**

Unless otherwise specified in the present Protocol, this annex shall not apply to the substances listed below when they occur: (i) as contaminants in products; or (ii) in articles manufactured or in use by the implementation date; or (iii) as site-limited chemical intermediates in the manufacture of one or more different substances and are thus chemically transformed. Unless otherwise specified, each obligation below is effective upon the date of entry into force of the Protocol.

<b>Substance</b>	<b>Implementation requirements</b>	
	<b>Elimination of</b>	<b>Conditions</b>
Aldrin CAS: 309-00-2	Production	None
	Use	None
Chlordane CAS: 57-74-9	Production	None
	Use	None
Chlordecone CAS: 143-50-0	Production	None
	Use	None
DDT CAS: 50-29-3	Production	<p>1. Eliminate production within one year of consensus by the Parties that suitable alternatives to DDT are available for public health protection from diseases such as malaria and encephalitis.</p> <p>2. With a view to eliminating the production of DDT at the earliest opportunity, the Parties shall, no later than one year after the date of entry into force of the present Protocol and periodically thereafter as necessary, and in consultation with the World Health Organization, the Food and Agriculture Organization of the United Nations and the United Nations Environment Programme, review the availability and feasibility of alternatives and, as appropriate, promote the commercialization of safer and economically viable alternatives to DDT.</p>
	Use	None, except as identified in annex II.

Substance	Implementation requirements	
	Elimination of	Conditions
Dieldrin CAS: 60-57-1	Production	None
	Use	None
Endrin CAS: 72-20-8	Production	None
	Use	None
Heptachlor CAS: 76-44-8	Production	None
	Use	None, except for use by certified personnel for the control of fire ants in closed industrial electrical junction boxes. Such use shall be re-evaluated under this Protocol no later than two years after the date of entry into force.
Hexabromobiphenyl CAS: 36355-01-8	Production	None
	Use	None
Hexachlorobenzene CAS: 118-74-1	Production	None, except for production for a limited limited purpose as specified in a statement deposited by a country with an economy in transition upon signature or accession.
	Use	None, except for a limited use as specified in a statement deposited by a country with an economy in transition upon signature or accession.
Mirex CAS: 2385-85-5	Production	None
	Use	None

Substance	Implementation requirements	
	Elimination of	Conditions
PCB <sup>a/</sup>	Production	None, except for countries with economies in transition which shall eliminate production as soon as possible and no later than 31 December 2005 and which state in a declaration to be deposited together with their instrument of ratification, acceptance, approval or accession, their intention to do so.
	Use	None, except as identified in annex II.
Toxaphene CAS: 8001-35-2	Production	None
	Use	None

<sup>a/</sup> The Parties agree to reassess under the Protocol by 31 December 2004 the production and use of polychlorinated terphenyls and “ugilec”.

## Liite II

## AINEET, JOIDEN KÄYTTÖÄ RAJOITETAAN

Ellei tässä pöytäkirjassa toisin määritetä, tätä liitettä ei sovelleta jäljempänä lueteltuihin aineisiin siinä tapauksessa, että nämä aineet ovat: (i) tuotteiden sisältämiä epäpuhtauksia, tai (ii) voimaansaattamispäivämääränä teollisesti valmistettavissa tai käytössä olevissa tuotteissa, tai (iii) yhden tai useamman aineen valmistuksen aikana esiintyviä kemiallisia välituotteita, jotka näin muunnetaan kemiallisesti. Ellei toisin määritetä, jokainen jäljempänä esitetty velvoite on voimassa pöytäkirjan voimaantulopäivästä alkaen.

Aine	Voimaansaattamista koskevat vaatimukset	
	Sallitut käyttötarkoitukset	Ehdot
DDT CAS: 50-29-3	<p>1. Kansalaisten terveyden suojelemiseksi malariaa ja aivokalvontulehdusta vastaan.</p> <p>2. Kemiallisena väliaineena dicofolin tuotannossa.</p>	<p>1. Käyttö sallitaan ainoastaan osana tuholaisten monitorijuntamenetelmiä ja ainoastaan välttämättömässä laajuudessa vuoden ajan liitteen I mukaisesta tuotannon lopettamispäivästä lukien.</p> <p>2. Tällaista käyttöä arvioidaan uudelleen viimeistään kahden vuoden kuluttua tämän pöytäkirjan voimaantulopäivästä.</p>
HCH CAS: 608-73-1	<p>Teknisten HCH-aineiden (kuten HCH-isomeeriseosten) käyttö rajoitetaan kemianteollisuuden väliaineiksi.</p> <p>Tuotteet, joissa vähintään 99 % HCH:sta on gammaisomeerina (kuten lindaani, CAS: 58-89-9), rajoitetaan seuraavaan käyttöön:</p> <p>1. Siementen käsittely.</p> <p>2. Levitys maanpinnalle siten, että aine imeytyy välittömästi maan pintakerrokseen.</p> <p>3. Sahatavaran, puutavaran ja tukkien ammattimainen suojaus ja teollinen käsittely.</p> <p>4. Ulkoisesti käytettävänä hyönteismyrkkinä kansalaisten terveyden suojelussa ja eläinlääketieteellisissä tarkoituksissa.</p>	<p>Kaikkia lindaanin sallittuja käyttötarkoituksia arvioidaan uudelleen pöytäkirjan puitteissa uudelleen viimeistään kahden vuoden kuluttua tämän pöytäkirjan voimaantulopäivästä.</p>

Aine	Voimaansaattamista koskevat vaatimukset	
	Sallitut käyttötarkoitukset	Ehdot
	<p>5. Maanpinnalla tapahtuva puiden taimien käsittely, pienimuotoinen nurmikoiden käsittely ja taimitarhojen ja koristekasvien käsittely sisä- ja ulkotiloissa.</p> <p>6. Teollinen käyttö ja kotitalouskäyttö sisätiloissa.</p>	
PCB <u>a/</u>	<p>PCB-yhdisteet, jotka joko ovat käytössä voimaantulopäivänä tai joita tuotetaan 31 päivään joulukuuta 2005 asti liitteen I määräysten mukaisesti.</p>	<p>Sopimuspuolten on pyrittävä määrätietoisesti seuraaviin päämääriin:</p> <p>a) tunnistettavien PCB-yhdisteiden käytön lopettaminen laitteissa (kuten muuntajissa, kondensaattoreissa tai muissa nestejämiä sisältävissä säiliöissä), jotka sisältävät yli 5 dm<sup>3</sup> PCB-yhdisteitä tai joiden PCB-pitoisuus on 0,05 % tai enemmän, mahdollisimman nopeasti mutta viimeistään 31 päivänä joulukuuta 2010, tai siirtymätalousmaissa 31 päivänä joulukuuta 2015,</p> <p>b) kaikkien a-kohdassa tarkoitettujen nestemäisten PCB-yhdisteiden ja muiden muualla kuin laitteissa olevien, yli 0,005 % PCB-yhdisteitä sisältävien nesteiden tuhoaminen tai puhdistaminen ympäristön kannalta kestäväällä tavalla mahdollisimman nopeasti ja viimeistään 31 päivänä joulukuuta 2015, tai siirtymätalousmaissa 31 päivänä joulukuuta 2020,</p> <p>c) a kohdassa tarkoitettujen laitteiden puhdistaminen tai hävittäminen ympäristön kannalta kestäväällä tavalla.</p>

a/ Sopimuspuolet ovat sopineet arvioivansa polykloorattujen terfenyylien ja Ugilec-aineiden tuotantoa ja käyttöä uudelleen pöytäkirjan nojalla 31 päivään joulukuuta 2004 mennessä.



**Annex II****SUBSTANCES SCHEDULED FOR RESTRICTIONS ON USE**

Unless otherwise specified in the present Protocol, this annex shall not apply to the substances listed below when they occur: (i) as contaminants in products; or (ii) in articles manufactured or in use by the implementation date; or (iii) as site-limited chemical intermediates in the manufacture of one or more different substances and are thus chemically transformed. Unless otherwise specified, each obligation below is effective upon the date of entry into force of the Protocol.

Substance	Implementation requirements	
	Restricted to uses	Conditions
DDT CAS: 50-29-3	<p>1. For public health protection from diseases such as malaria and encephalitis.</p> <p>2. As a chemical intermediate to produce Dicofol.</p>	<p>1. Use allowed only as a component of an integrated pest management strategy and only to the extent necessary and only until one year after the date of the elimination of production in accordance with annex I.</p> <p>2. Such use shall be reassessed no later than two years after the date of entry into force of the present Protocol.</p>
HCH CAS: 608-73-1	<p>Technical HCH (i.e. HCH mixed isomers) is restricted to use as an intermediate in chemical manufacturing.</p> <p>Products in which at least 99% of the HCH isomer is in the gamma form (i.e. lindane, CAS: 58-89-9) are restricted to the following uses:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seed treatment.</li> <li>2. Soil applications directly followed by incorporation into the topsoil surface layer.</li> <li>3. Professional remedial and industrial treatment of lumber, timber and logs.</li> <li>4. Public health and veterinary topical insecticide.</li> </ol>	<p>All restricted uses of lindane shall be reassessed under the Protocol no later than two years after the date of entry into force.</p>

Substance	Implementation requirements	
	Restricted to uses	Conditions
	<p>5. Non-aerial application to tree seedlings, small-scale lawn use, and indoor and outdoor use for nursery stock and ornamentals.</p> <p>6. Indoor industrial and residential applications.</p>	
PCB <u>a/</u>	<p>PCBs in use as of the date of entry into force or produced up to 31 December 2005 in accordance with the provisions of annex I.</p>	<p>Parties shall make determined efforts designed to lead to:</p> <p>a) The elimination of the use of identifiable PCBs in equipment (i.e. transformers, capacitors or other receptacles containing residual liquid stocks) containing PCBs in volumes greater than 5 dm<sup>3</sup> and having a concentration of 0.05% PCBs or greater, as soon as possible, but no later than 31 December 2010, or 31 December 2015 for countries with economies in transition;</p> <p>b) The destruction or decontamination in an environmentally sound manner of all liquid PCBs referred to in subparagraph (a) and other liquid PCBs containing more than 0.005% PCBs not in equipment, as soon as possible, but no later than 31 December 2015, or 31 December 2020 for countries with economies in transition; and</p> <p>c) The decontamination or disposal of equipment referred to in sub-paragraph a) in an environmentally sound manner.</p>

a/ The Parties agree to reassess under the Protocol by 31 December 2004 the production and use of polychlorinated terphenyls and “ugilec”.

## Liite III

**AINEET, JOIHIN VIITATAAN 3 ARTIKLAN 5 KAPPALEEN A ALA-KOHDASSA SEKÄ VELVOITETTA KOSKEVA VERTAILUVUOSI**

Aine	Vertailuvuosi
PAH-yhdisteet <u>a/</u>	1990 tai jokin sopimuspuolen ratifioinnin, hyväksymisen tai liittymisen yhteydessä määrittämä vaihtoehtoinen vuosi vuosien 1985 ja 1995 välillä.
Dioksiinit/furaanit <u>b/</u>	1990 tai jokin sopimuspuolen ratifioinnin, hyväksymisen tai liittymisen yhteydessä määrittämä vaihtoehtoinen vuosi vuosien 1985 ja 1995 välillä.
Heksaklooribentseeni	1990 tai jokin sopimuspuolen ratifioinnin, hyväksymisen tai liittymisen yhteydessä määrittämä vaihtoehtoinen vuosi vuosien 1985 ja 1995 välillä.

a/ Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH): Päästöarviointeja varten käytetään seuraavaa neljää indikaattoriyhdistettä: bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni ja indeno(1,2,3-cd)pyreeni.

b/ Dioksiinit ja furaanit (PCDD/F): Polyklooratut dibentso-p-dioksiinit (PCDD) ja polyklooratut dibentsofuraanit (PCDF) ovat trisyklisiä, aromaattisia yhdisteitä, jotka muodostuvat kahdesta bentseenirenkaasta, joita PCDD:n tapauksessa sitoo kaksi happiatomia ja PCDF:n tapauksessa yksi happiatomi; bentseenirenkaan vetyatomit voidaan korvata enintään kahdeksalla klooriatomilla.

**Annex III****SUBSTANCES REFERRED TO IN ARTICLE 3, PARAGRAPH 5 (a), AND  
THE REFERENCE YEAR FOR THE OBLIGATION**

<b>Substance</b>	<b>Reference year</b>
PAHs <u>a/</u>	1990; or an alternative year from 1985 to 1995 inclusive, specified by a Party upon ratification, acceptance, approval or accession.
Dioxins/furans <u>b/</u>	1990; or an alternative year from 1985 to 1995 inclusive, specified by a Party upon ratification, acceptance, approval or accession.
Hexachlorobenzene	1990; or an alternative year from 1985 to 1995 inclusive, specified by a Party upon ratification, acceptance, approval or accession.

a/ Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): For the purposes of emission inventories, the following four indicator compounds shall be used: benzo(a)pyrene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, and indeno(1,2,3-cd)pyrene.

b/ Dioxins and furans (PCDD/F): Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD) and polychlorinated dibenzofurans (PCDF) are tricyclic, aromatic compounds formed by two benzene rings which are connected by two oxygen atoms in PCDD and by one oxygen atom in PCDF and the hydrogen atoms of which may be replaced by up to eight chlorine atoms.

**Liite IV****PCDD/F-YHDISTEITÄ  
KOSKEVAT RAJA-ARVOT  
HUOMATTAVIEN KIINTEIDEN  
LÄHTEIDEN OSALTA****I. JOHDANTO**

1. Dioksiinien ja furaanien (PCDD/F) määritelmä on tämän pöytäkirjan liitteessä III.

2. Raja-arvot ilmaistaan yksikköinä ng/m<sup>3</sup> tai mg/m<sup>3</sup> ja normaaliolosuhteissa (273,15 K, 101,3 kPa, kuiva kaasu).

3. Raja-arvot koskevat tavallista käyttötilanetta käynnistys ja pysäytys mukaan lukien, ellei kyseisiä tilanteita varten ole määritetty erityisiä raja-arvoja.

4. Kaikkia epäpuhtauksia koskevat näytteenotot ja analyysit toteutetaan Euroopan standardointikomitean (CEN), kansainvälisen standardointijärjestön (ISO) tai vastaavien Yhdysvaltojen tai Kanadan vertailumenetelmien mukaisesti. CEN- tai ISO-standardien kehittymistä odotettaessa sovelletaan kansallisia standardeja.

5. Todentamistarkoituksia varten raja-arvoihin liittyvien mittaustulosten tulkinnassa on otettava huomioon myös mittausten menetelmän epätarkkuus. Mittaustulos katsotaan raja-arvon mukaiseksi, jos mittauksen tulos, jossa on otettu huomioon mittausten menetelmän aiheuttama epätarkkuus, ei ylitä raja-arvoa.

6. Samankaltaisten eri PCDD/F-yhdisteiden päästöt ilmoitetaan toksisuusekvivalentteina (TE) käyttäen vertailukohteena 2,3,7,8-TCDD:tä nykyaikaisen yhteiskunnan haasteita käsittelevän NATO:n komitean (Committee on the Challenges of Modern Society, NATO-CCMS) vuonna 1988 esittämän järjestelmän avulla.

**Annex IV****LIMIT VALUES FOR PCDD/F  
FROM MAJOR STATIONARY  
SOURCES****I. INTRODUCTION**

1. A definition of dioxins and furans (PCDD/F) is provided in annex III to the present Protocol.

2. Limit values are expressed as ng/m<sup>3</sup> or mg/m<sup>3</sup> under standard conditions (273.15 K, 101.3 kPa, and dry gas).

3. Limit values relate to the normal operating situation, including start-up and shutdown procedures, unless specific limit values have been defined for those situations.

4. Sampling and analysis of all pollutants shall be carried out according to the standards laid down by the Comité européen de normalisation (CEN), the International Organization for Standardization (ISO), or the corresponding United States or Canadian reference methods. While awaiting the development of CEN or ISO standards, national standards shall apply.

5. For verification purposes, the interpretation of measurement results in relation to the limit value must also take into account the inaccuracy of the measurement method. A limit value is considered to be met if the result of the measurement, from which the inaccuracy of the measurement method is subtracted, does not exceed it.

6. Emissions of different congeners of PCDD/F are given in toxicity equivalents (TE) in comparison to 2,3,7,8-TCDD using the system proposed by the NATO Committee on the Challenges of Modern Society (NATO-CCMS) in 1988.

**II. MERKITTÄVIEN KIIINTEIDEN  
LÄHTEIDEN RAJA-ARVOT**

7. Seuraavia raja-arvoja (savukaasun happipitoisuuden ollessa 11 prosenttia) sovelletaan seuraaviin polttolaitoksiin:

Kiinteä yhdyskuntajäte (poltetaan  
yli kolme tonnia jätettä/tunti)  
0,1 ng TE/m<sup>3</sup>

Kiinteä sairaalajäte (poltetaan yli  
tonni jätettä/tunti)  
0,5 ng TE/m<sup>3</sup>

Vaarallinen jäte (poltetaan yli tonni  
jätettä/tunti)  
0,2 ng TE/m<sup>3</sup>

**II. LIMIT VALUES FOR MAJOR  
STATIONARY SOURCES**

7. The following limit values, which refer to 11% O<sub>2</sub> concentration in flue gas, apply to the following incinerator types:

Municipal solid waste (burning more  
than 3 tonnes per hour)  
0.1 ng TE/m<sup>3</sup>

Medical solid waste (burning more than  
1 tonne per hour)  
0.5 ng TE/m<sup>3</sup>

Hazardous waste (burning more than 1  
tonne per hour)  
0.2 ng TE/m<sup>3</sup>

**Liite V**

**PARAS KÄYTETTÄVISSÄ OLEVA  
TEKNIikka HUOMATTAVISTA  
KIINTEISTÄ LÄHTEISTÄ PERÄISIN  
OLEVIEN PYSYVIEN ORGAANISTEN  
YHDISTEIDEN PÄÄSTÖJEN  
VÄHENTÄMISEKSI**

**I. JOHDANTO**

1. Tämän liitteen tarkoituksena on opastaa yleissopimuksen sopimuspuolia tunnistamaan paras käytettävissä oleva tekniikka pöytäkirjan 3 artiklan 5 kohdassa tarkoitettujen velvoitteiden täyttämiseksi.

2. ”Parhaalla käytettävissä olevalla tekniikalla” tarkoitetaan sellaista toiminnan ja sen käytömenetelmien kehityksen tehokkainta ja edistyneintä tasoa, jossa osoitetaan erityisten tekniikoiden käytännön soveltuvuus niiden päästöjen raja-arvojen saavuttamiseksi, joiden tarkoituksena on ehkäistä - ja milloin tämän ei ole mahdollista - yleensä vähentää päästöjä ja päästöjen kokonaisvaikutusta ympäristöön:

- ‘Tekniikka’ sisältää sekä käytetyn teknologian että laitteiston suunnittelun, rakentamisen, huollon, käytön ja purkamisen;

- ‘Käytettävissä oleva’ tarkoittaa tekniikkaa, joka on kehitetty sellaisessa laajuudessa, että se voidaan ottaa käyttöön asian kannalta merkityksellisellä teollisuudenalalla, ja joka on taloudellisesti ja teknisesti toteutettavissa, ottaen huomioon kustannukset ja hyödyt riippumatta siitä, käytetäänkö sitä tai onko se tuotettu kyseisen sopimuspuolen alueella, edellyttäen, että tekniikka on suhteellisen helposti käyttäjän saatavilla;

- ‘Parhaalla’ tarkoitetaan tekniikkaa, jonka avulla voidaan saavuttaa tehokkaimmin koko ympäristön kattava korkea suojelun yleistaso;

Parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa määriteltäessä olisi yleensä tai erityistapauksissa kiinnitettävä erityisesti huomiota jäljempänä esitettyihin tekijöihin pitäen samalla mielessä kustakin toimenpiteestä todennäköisesti aiheutu-

**Annex V**

**BEST AVAILABLE TECHNIQUES  
TO CONTROL EMISSIONS OF  
PERSISTENT ORGANIC  
POLLUTANTS FROM MAJOR  
STATIONARY SOURCES**

**I. INTRODUCTION**

1. The purpose of this annex is to provide the Parties to the Convention with guidance in identifying best available techniques to allow them to meet the obligations in article 3, paragraph 5, of the Protocol.

2. “Best available techniques” (BAT) means the most effective and advanced stage in the development of activities and their methods of operation which indicate the practical suitability of particular techniques for providing in principle the basis for emission limit values designed to prevent and, where that is not practicable, generally to reduce emissions and their impact on the environment as a whole:

- ‘Techniques’ includes both the technology used and the way in which the installation is designed, built, maintained, operated and decommissioned;

- ‘Available’ techniques means those developed on a scale which allows implementation in the relevant industrial sector, under economically and technically viable conditions, taking into consideration the costs and advantages, whether or not the techniques are used or produced inside the territory of the Party in question, as long as they are reasonably accessible to the operator;

- ‘Best’ means most effective in achieving a high general level of protection of the environment as a whole.

In determining the best available techniques, special consideration should be given, generally or in specific cases, to the factors below, bearing in mind the likely costs and benefits of a measure and the principles of precaution and

vat kustannukset ja saatava hyöty sekä varovaisuutta ja ennaltaehkäisyä koskevat periaatteet:

- vähän jätettä muodostavan tekniikan käyttö;
- entistä vaarattomampien yhdisteiden käyttö;
- prosesseissa muodostuvien ja niissä käytettyjen yhdisteiden sekä jätteiden entistä tehokkaampi talteenotto ja kierrätys;
- vertailukelpoiset prosessit, järjestelmät ja toimintamenetelmät, joita on testattu teollisessa laajuudessa hyvin kokemuksiin;
- tieteellisen tiedon ja ymmärryksen lisääntyminen sekä tekniset edistysaskeleet;
- kyseisten päästöjen laatu, vaikutukset ja määrä;
- käyttöönottopäivämäärät sekä uusien että nykyisten laitosten osalta;
- parhaan käytettävissä olevan tekniikan käyttöönottoon tarvittava aika;
- prosessissa käytettävien raaka-aineiden (vesi mukaan lukien) kulutus ja ominaisuudet ja prosessin energiatehokkuus;
- tarve ehkäistä tai minimoida päästöjen kokonaisvaikutukset ympäristöön sekä niiden aiheuttamat ympäristöriskit;
- tarve ehkäistä onnettomuudet ja minimoida niiden ympäristövaikutukset.

Parhaan käytettävissä olevan tekniikan käsitteen tarkoituksena ei ole määrätä käytettäväksi mitään tiettyä tekniikkaa tai teknologiaa, vaan ottaa huomioon kyseisen laitoksen tekniset ominaisuudet, sen maantieteellinen sijainti sekä paikalliset ympäristöolosuhteet.

3. Vähennystoimenpiteiden tehokkuutta ja kustannuksia koskeva tieto perustuu pysyvien orgaanisten yhdisteiden teknisen työryhmän ja valmisteleavan työryhmän vastaanottamiin ja tarkistamiin asiakirjoihin. Ellei toisin ilmoiteta, mainitun tekniikan katsotaan olevan vakiintunutta ja perustuvan käyttökokemukseen.

4. Päästöjä vähentävän tekniikan soveltamisesta sekä tällaisen tekniikan jälkiasennuksesta nykyisiin laitoksiin saatu kokemus lisääntyy

prevention:

- The use of low-waste technology;
- The use of less hazardous substances;
- The furthering of recovery and recycling of substances generated and used in the process and of waste;
- Comparable processes, facilities or methods of operation which have been tried with success on an industrial scale;
- Technological advances and changes in scientific knowledge and understanding;
- The nature, effects and volume of the emissions concerned;
- The commissioning dates for new or existing installations;
- The time needed to introduce the best available technique;
- The consumption and nature of raw materials (including water) used in the process and its energy efficiency;
- The need to prevent or reduce to a minimum the overall impact of the emissions on the environment and the risks to it;
- The need to prevent accidents and to minimize their consequences for the environment.

The concept of best available techniques is not aimed at the prescription of any specific technique or technology, but at taking into account the technical characteristics of the installation concerned, its geographical location and the local environmental conditions.

3. Information regarding the effectiveness and costs of control measures is based on documents received and reviewed by the Task Force and the Preparatory Working Group on POPs. Unless otherwise indicated, the techniques listed are considered to be well established on the basis of operational experience.

4. Experience with new plants incorporating low-emission techniques, as well as with retrofitting of existing plants, is continuously



jatkuvasti. Tämän vuoksi liitteen säännöllinen kehittäminen ja muuttaminen on tulevaisuudessa välttämätöntä. Uusia teollisuuslaitoksia varten määriteltyä parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa voidaan tavallisesti soveltaa olemassa oleviin teollisuuslaitoksiin edellyttäen, että tätä varten varataan asianmukainen siirtymävaihe ja että tekniikka mukautetaan.

5. Liitteessä luetellaan joukko vähentämistoimenpiteitä, joiden kustannukset ja tehokkuus eroavat toisistaan huomattavasti. Toimenpiteiden valinta kussakin erityistapauksessa riippuu monesta tekijästä, mukaan lukien taloudelliset tilanteet, tekninen infrastruktuuri ja kapasiteetti sekä kaikki nykyiset ilman saastumista vähentävät toimenpiteet.

6. Kiinteistä lähteistä peräisin olevista pysyvistä orgaanisista yhdisteistä tärkeimmät ovat:

- a) polyklooratut dibentso-p-dioksiinit/furaanit (PCDD/F);
- b) heksaklooribentseeni (HCB);
- c) polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH).

Näiden yhdisteiden määritelmät on annettu tämän pöytäkirjan liitteessä III.

## II. PYSYVIEN ORGAANISTEN YHDISTEIDEN PÄÄSTÖJEN HUOMATTAVIMMAT KIINTEÄT LÄHTEET

7. PCDD/F-yhdisteet ovat peräisin lämpöprosesseista, joissa on osallisena orgaanista ainesta ja joissa syntyy klooria epätäydellisen palamisen tai kemiallisten reaktioiden tuloksena. Huomattavimpina PCDD/F-yhdisteiden kiinteinä lähteinä voidaan mainita:

- a) Jätteiden poltto, mukaan lukien rinnakkaispoltto;
- b) Metallurgiset lämpöprosessit, kuten alumiinin ja muiden rautaa sisältämättömien metallien, raudan ja teräksen tuotanto;
- c) Energiaa tuottavat polttovoimalat;
- d) Pienpoltto;
- e) Erityiset kemialliset tuotantoprosessit, joissa vapautuu väliaineita ja sivutuotteita.

8. PAH-yhdisteiden huomattavimpina kiinteinä lähteinä voidaan pitää seuraavia:

growing. The regular elaboration and amendment of the annex will therefore be necessary. Best available techniques (BAT) identified for new plants can usually be applied to existing plants provided there is an adequate transition period and they are adapted.

5. The annex lists a number of control measures which span a range of costs and efficiencies. The choice of measures for any particular case will depend on a number of factors, including economic circumstances, technological infrastructure and capacity, and any existing air pollution control measures.

6. The most important POPs emitted from stationary sources are:

- a) Polychlorinated dibenzo-p-dioxins/furans (PCDD/F);
- b) Hexachlorobenzene (HCB);
- c) Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs).

Relevant definitions are provided in annex III to the present Protocol.

## II. MAJOR STATIONARY SOURCES OF POP EMISSIONS

7. PCDD/F are emitted from thermal processes involving organic matter and chlorine as a result of incomplete combustion or chemical reactions. Major stationary sources of PCDD/F may be as follows:

- a) Waste incineration, including co-incineration;
- b) Thermal metallurgical processes, e.g. production of aluminium and other non-ferrous metals, iron and steel;
- c) Combustion plants providing energy;
- d) Residential combustion; and
- e) Specific chemical production processes releasing intermediates and by-products.

8. Major stationary sources of PAH emissions may be as follows:

- a) puu- ja hiililämmitys pienpolton yhteydessä;
- b) ulkoilmassa tapahtuva palaminen, kuten jätteiden poltto, metsäpalot ja kulutus;
- c) koksen ja anodien tuotanto;
- d) alumiinin tuotanto (Söderbergin prosessilla);
- e) puunsuojausta harjoittavat laitokset, paitsi jos nämä laitokset eivät muodosta merkittävää osaa sopimuspuolen PAH-yhdisteiden kokonaispäästöistä (kuten liitteessä III on määritetty).

9. HCB-yhdisteiden päästöt ovat peräisin samantyyppisistä lämpöprosesseista ja kemiallisista prosesseista kuin PCDD/F-yhdisteiden kohdalla, ja HCB-yhdisteet muodostuvat saman mekanismin mukaisesti. HCB-yhdisteiden päästöjen huomattavimpina kiinteinä lähteinä voidaan pitää seuraavia:

- a) Jätteenpolttolaitokset, mukaan lukien rinnakkaispoltto;
- b) Metalliteollisuuden lämpölähteet,
- c) Kloorattujen polttoaineiden käyttö polttouuneissa.

### III. PYSYVIEN ORGAANISTEN YHDISTEIDEN PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISTÄ KOSKEVIA YLEISIÄ LÄHESTYMISTAPOJA

10. Kiinteistä lähteistä peräisin olevien pysyvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen vähentämisessä tai ehkäisemisessä voidaan soveltaa useita lähestymistapoja. Näihin kuuluu asian kannalta merkityksellisten syöttöaineiden korvaaminen, prosessien muuntaminen (mukaan lukien huolto ja käytön ohjaus) sekä laitteiden jälkiasennus nykyisiin laitoksiin. Seuraavassa luettelossa on esitetty yleisluonteisesti ne käytettävissä olevat toimenpiteet, jotka voidaan ottaa käyttöön joko erikseen tai yhdistelmänä:

- a) Sellaisten syöttöaineiden korvaaminen, jotka ovat pysyviä orgaanisia yhdisteitä tai siinä tapauksessa, että syöttöaineiden ja lähteestä peräisin olevien pysyvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen välillä todetaan suora yhteys,

- a) Domestic wood and coal heating;
- b) Open fires such as refuse burning, forest fires and after-crop burning;
- c) Coke and anode production;
- d) Aluminium production (via Soederberg process); and
- e) Wood preservation installations, except for a Party for which this category does not make a significant contribution to its total emissions of PAH (as defined in annex III).

9. Emissions of HCB result from the same type of thermal and chemical processes as those emitting PCDD/F, and HCB is formed by a similar mechanism. Major sources of HCB emissions may be as follows:

- a) Waste incineration plants, including co-incineration;
- b) Thermal sources of metallurgical industries; and
- c) Use of chlorinated fuels in furnace installations.

### III. GENERAL APPROACHES TO CONTROLLING EMISSIONS OF POPs

10. There are several approaches to the control or prevention of POP emissions from stationary sources. These include the replacement of relevant feed materials, process modifications (including maintenance and operational control) and retrofitting existing plants. The following list provides a general indication of available measures, which may be implemented either separately or in combination:

- a) Replacement of feed materials which are POPs or where there is a direct link between the materials and POP emissions from the source;

b) Ympäristön kannalta parhaat käytännöt, kuten järkevä taloudenhoito, ehkäisevät huolto-ohjelmat tai prosessimuutokset, kuten prosessien muuttaminen suljetuiksi järjestelmiksi (esimerkiksi koksamoiden muuttaminen suljetuiksi tai inerttien elektrodien käyttö elektrolyysissä),

c) Prosessisuunnittelun muuttaminen täydellisen palamisen varmistamiseksi ja tämän avulla pysyvien orgaanisten yhdisteiden muodostumisen estämiseksi sellaisten muuttujien kuin polttolämpötilan tai viipymääjan säätelyn avulla,

d) Savukaasujen puhdistusmenetelmät, kuten terminen tai katalyyttinen poltto tai hapetus, hiukkasten saostaminen, adsorptio,

e) Jäämien, jätteiden ja jätevesilietteen käsittely esimerkiksi lämpökäsittelyn avulla tai muuttamalla edellä mainitut kohteet inerteiksi.

11. Eri toimenpiteitä varten taulukoissa 1, 2, 4, 5, 6, 8 ja 9 annetut päästötasot ovat yleisesti ottaen tapauskohtaisia. Arvot tai rajat ilmaisevat päästöjen tasot prosenttiosuuksina niistä päästötasoista, jotka syntyvät tavanomaista tekniikkaa käytettäessä.

12. Kustannustehokkuus voidaan määrittää käyttäen perusteena vuosittaisia kokonaiskustannuksia vähennysyksikköä kohden (mukaan lukien pääoma- ja käyttökustannukset). Pysyvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen vähentämisestä aiheutuvia kustannuksia olisi tarkasteltava myös prosessitalouden kokonaiskehityksessä; tähän kuuluvat muun muassa vähentämistoimenpiteiden vaikutus ja tuotantokustannukset. Vaikuttavien tekijöiden suuren lukumäärän vuoksi investointeja ja käyttökustannuksia koskevat luvut ovat erittäin tapauskohtaisia.

#### **IV. PCDD/F-YHDISTEIDEN PÄÄSTÖJÄ VÄHENTÄVÄ TEKNIikka**

##### **A. Jätteiden poltto**

13. Jätteiden polttoon kuuluu yhdyskuntajätteen, vaarallisen jätteen, sairaalajätteen ja jätevesilietteen poltto.

b) Best environmental practices such as good housekeeping, preventive maintenance programmes, or process changes such as closed systems (for instance in cokeries or use of inert electrodes for electrolysis);

c) Modification of process design to ensure complete combustion, thus preventing the formation of persistent organic pollutants, through the control of parameters such as incineration temperature or residence time;

d) Methods for flue-gas cleaning such as thermal or catalytic incineration or oxidation, dust precipitation, adsorption;

e) Treatment of residuals, wastes and sewage sludge by, for example, thermal treatment or rendering them inert.

11. The emission levels given for different measures in tables 1, 2, 4, 5, 6, 8, and 9 are generally case-specific. The figures or ranges give the emission levels as a percentage of the emission limit values using conventional techniques.

12. Cost-efficient considerations may be based on total costs per year per unit of abatement (including capital and operational costs). POP emission reduction costs should also be considered within the framework of the overall process economics, e.g. the impact of control measures and costs of production. Given the many influencing factors, investment and operating cost figures are highly case-specific.

#### **IV. CONTROL TECHNIQUES FOR THE REDUCTION OF PCDD/F EMISSIONS**

##### **A. Waste incineration**

13. Waste incineration includes municipal waste, hazardous waste, medical waste and sewage sludge incineration.

14. Tärkeimmät jätteiden polttolaitoksista peräisin olevien PCDD/F-yhdisteiden päästöjen vähentämistekniikat ovat:

- a) Poltettuja jätteitä koskevat esitoimenpiteet;
- b) Prosessitekniikkaa koskevat esitoimenpiteet;
- c) Polttoprosessien ja jätekaasujen fysikaalisia muuttujia (kuten lämpötilaa, jäähtymisnopeutta ja happipitoisuutta) säätelevät toimenpiteet;
- d) Savukaasujen puhdistaminen;
- e) Puhdistusprosesseista peräisin olevien jäämien käsittely.

15. *Poltettua jätettä koskevat esitoimenpiteet*, joihin kuuluu syöttöaineiden käsittely vähentämällä halogenoituja aineita ja korvaamalla ne halogenoimattomilla vaihtoehdoilla, eivät sovellu käytettäväksi yhdyskuntajätteen tai vaarallisen jätteen polton yhteydessä. On tehokkaampaa muuntaa polttoprosessia ja suorittaa savukaasuja puhdistavia jälkitoimenpiteitä. Syöttöaineiden käsittely on hyödyllinen esitoimenpide jätteiden vähentämiseksi, ja siihen saattaa liittyä kierrätyksen mukanaan tuomaa lisähyötyä. Tämän tuloksena PCDD/F-päästöt saattavat vähentyä, kun poltettavan jätteen määrä vähenee.

16. *Prosessitekniikan muuntaminen* poltto-olosuhteiden optimoimiseksi on tärkeä ja tehokas PCDD/F-yhdisteiden päästöjä vähentävä toimenpide (lämpötila tavallisesti yli 850°C, hapentarpeen arviointi lämpöarvon ja jätteiden koostumuksen mukaisesti, riittävä viipymäaika (850°C noin 2 sekuntia) ja kaasun turbulenssi, kylmien kaasujen alueiden välttäminen polttouunissa). Leijukerros polttolaitoksissa lämpötila pysyy alle 850°C:ssa, ja päästötasot ovat kohtuulliset. Käytössä olevien polttouunien osalta tämä vaihtoehto tarkoittaisi tavallisesti laitoksen suunnittelemista uudelleen ja/tai sen korvaamista; tämä vaihtoehto ei ole välttämättä kaikissa maissa taloudellisesti mahdollinen. Tuhkan sisältämä hiilipitoisuus olisi saatava mahdollisimman pieneksi.

17. *Savukaasuja koskevat toimenpiteet*. Seuraavien toimenpiteiden avulla savukaasujen sisältämiä PCDD/F-yhdisteiden pitoisuuksia

14. The main control measures for PCDD/F emissions from waste incineration facilities are:

- a) Primary measures regarding incinerated wastes;
- b) Primary measures regarding process techniques;
- c) Measures to control physical parameters of the combustion process and waste gases (e.g. temperature stages, cooling rate, O<sub>2</sub> content, etc.);
- d) Cleaning of the flue gas; and
- e) Treatment of residuals from the cleaning process.

15. *The primary measures regarding the incinerated wastes*, involving the management of feed material by reducing halogenated substances and replacing them by non-halogenated alternatives, are not appropriate for municipal or hazardous waste incineration. It is more effective to modify the incineration process and install secondary measures for flue-gas cleaning. The management of feed material is a useful primary measure for waste reduction and has the possible added benefit of recycling. This may result in indirect PCDD/F reduction by decreasing the waste amounts to be incinerated.

16. *The modification of process techniques* to optimize combustion conditions is an important and effective measure for the reduction of PCDD/F emissions (usually 850°C or higher, assessment of oxygen supply depending on the heating value and consistency of the wastes, sufficient residence time - 850°C for ca. 2 sec - and turbulence of the gas, avoidance of cold gas regions in the incinerator, etc.). Fluidized bed incinerators keep a lower temperature than 850°C with adequate emission results. For existing incinerators this would normally involve redesigning and/or replacing a plant - an option which may not be economically viable in all countries. The carbon content in ashes should be minimized.

17. *Flue gas measures*. The following measures are possibilities for lowering reasonably effectively the PCDD/F content in the flue

sia voidaan vähentää melko tehokkaasti. *Jälleensynteesi* tapahtuu noin 250 - 450°C:ssa. Seuraavat toimenpiteet ovat välttämätön edellytys sille, että päästöjen lisävähennys (poistopiipun päästä mitattuna) saadaan laskettua halutulle tasolle:

a) Savukaasujen nopea jäähditys (erittäin tehokas ja melko edullinen tapa);

b) Trietanoliamiinin tai trietyyliamiinin kaltaisten inhibiittoreiden lisääminen (näin voidaan vähentää myös typen oksideja); turvallisuussyiden vuoksi sivureaktiot on otettava huomioon;

c) Hiukkastenkeruujärjestelmien, kuten keeramisten suodattimien ja syklonien käyttö 800 - 1 000°C:n lämpötiloissa;

d) Matalalämpötilaisten sähköisten purkausjärjestelmien käyttö;

e) Lentotuhkan laskeuman välttäminen savukaasujen poistojärjestelmissä.

18. *Savukaasujen puhdistusmenetelmiä* ovat:

a) Tavanomaiset pölysuodattimet hiukkasiin sitoutuneiden PCDD/F-yhdisteiden vähentämiseksi;

b) Selektiivinen katalyyttinen pelkistys (SCR) tai selektiivinen ei-katalyyttinen pelkistys (SNCR);

c) Adsorbointi aktiivihiiilen tai kaksin avulla kiinteissä järjestelmissä taikka leijujärjestelmissä;

d) Erilaiset adsorptiomenetelmät ja tehostetut puhdistusjärjestelmät, joissa käytetään aktiivihiiilen, arinahiilen, kalkkikiven ja kalkkiliuosten yhdistelmiä kiintokerros-, liikkuvakerros- ja leijukerrosreaktoreissa. Kaasumaisten PCDD/F-yhdisteiden talteenottotehokkuutta voidaan parantaa käyttämällä sopivaa suodatavaa aktiivihiiликerrosusta pussisuodattimen pinnalla;

e)  $H_2O_2$ -hapetus, ja

f) Katalyyttiset polttomenetelmät, joissa käytetään erilaisia katalyytteja (esimerkiksi Pt/ $Al_2O_3$ - tai kupari-kromiittikatalyytit erilaisilla pinta-alueella stabiloivilla sekä katalyyttien kulumista hidastavilla kiihdytteillä varustettuina).

gas. The *de novo* synthesis takes place at about 250 to 450°C. These measures are a prerequisite for further reductions to achieve the desired levels at the end of the pipe:

a) Quenching the flue gases (very effective and relatively inexpensive);

b) Adding inhibitors such as triethanolamine or triethylamine (can reduce oxides of nitrogen as well), but side-reactions have to be considered for safety reasons;

c) Using dust collection systems for temperatures between 800 and 1000°C, e.g. ceramic filters and cyclones;

d) Using low-temperature electric discharge systems; and

e) Avoiding fly ash deposition in the flue gas exhaust system.

18. Methods for *cleaning the flue gas* are:

a) Conventional dust precipitators for the reduction of particle-bound PCDD/F;

b) Selective catalytic reduction (SCR) or selective non-catalytic reduction (SNCR);

c) Adsorption with activated charcoal or coke in fixed or fluidized systems;

d) Different types of adsorption methods and optimized scrubbing systems with mixtures of activated charcoal, open hearth coal, lime and limestone solutions in fixed bed, moving bed and fluidized bed reactors. The collection efficiency for gaseous PCDD/F can be improved with the use of a suitable pre-coat layer of activated coke on the surface of a bag filter;

e)  $H_2O_2$ -oxidation; and

f) Catalytic combustion methods using different types of catalysts (i.e. Pt/ $Al_2O_3$  or copper-chromite catalysts with different promoters to stabilize the surface area and to reduce ageing of the catalysts).

19. Edellä mainittujen toimenpiteiden avulla voidaan saavuttaa savukaasujen PCDD/F-yhdisteiden päästötaso, joka vastaa arvoa 0,1 ng TE/m<sup>3</sup>. Aktiivihiiltä tai koksiadsorbereita/suodattimia hyödyntäviä järjestelmiä käytettäessä on varmistettava huolellisesti, että vapautuvan kaasun hiilihiukkaset eivät vastaavasti lisää PCDD/F-yhdisteiden päästöjen tasoa. Lisäksi olisi pidettävä mielessä, että katalyytteja edeltävät (SCR-tekniikka) adsorberit ja pölynpoistolaitteistot saavat aikaan PCDD/F-pitoisia jäämiä, jotka on käsiteltävä uudelleen tai jotka on hävitettävä asianmukaisesti.

20. Vertailu savukaasujen sisältämien PCDD/F-yhdisteiden vähentämiseen liittyvien eri toimenpiteiden välillä on hyvin mutkikasta. Vertailun perusteella syntyvä taulukko sisältää kattavan joukon teollisuuslaitoksia, joilla kaikilla on erilainen kapasiteetti ja erilaiset laitteistot. Kustannusmuuttujat sisältävät myös muiden epäpuhtauksien, kuten raskasmetallien (hiukkasiin sitoutuneiden tai sitoutumattomien) vähentämistä koskevat toimenpiteet. Suoraa yhteyttä PCDD/F-yhdisteiden vähentämiseen ei tämän vuoksi voida useimmissa tapauksissa määrittää. Käytettävissä olevat tiedot eri vähennystoimenpiteistä esitetään lyhyesti taulukossa 1.

19. The methods mentioned above are capable of reaching emission levels of 0.1 ng TE/m<sup>3</sup> PCDD/F in the flue gas. However, in systems using activated charcoal or coke adsorbers/filters care must be taken to ensure that fugitive carbon dust does not increase PCDD/F emissions downstream. Also, it should be noted that adsorbers and dedusting installations prior to catalysts (SCR technique) yield PCDD/F-laden residues, which need to be reprocessed or require proper disposal.

20. A comparison between the different measures to reduce PCDD/F in flue gas is very complex. The resulting matrix includes a wide range of industrial plants with different capacities and configuration. Cost parameters include the reduction measures for minimizing other pollutants as well, such as heavy metals (particle-bound or not particle-bound). A direct relation for the reduction in PCDD/F emissions alone cannot, therefore, be isolated in most cases. A summary of the available data for the various control measures is given in table 1.

**Taulukko 1: Savukaasujen puhdistustoimenpiteet sekä jätteenpolttolaitosten proses-  
simuutokset PCDD/F-yhdisteiden päästöjen vähentämiseksi - vertailu**

Käsittelyvaihtoehdot	Päästötaso (%) <sup>a/</sup>	Arvioidut kustannukset	Käsittelyyn liittyvät riskit
<p><b>Syöttöaineiden muuntamisesta koostuvat esitoimenpiteet:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- prekursorien ja klooria sisältävien syöttöaineiden poistaminen, ja</li> <li>- jätevirtojen käsittely.</li> </ul>	<p>Syntyvää päästötasoa ei ole määriteltä, päästötaso ei nähtävästi riipu lineaarisesti syöttöaineen määrästä.</p>		<p>Syöttöaineiden esilajittelu ei ole tehokasta; ainoastaan osa voidaan kerätä; muita klooria sisältäviä aineita, kuten ruokasuolaa ja paperia, ei voida välttää. Vaarallisten jätteiden osalta tämä menettely ei ole suotava.</p> <p>Hyödyllinen ja erityistapauksissa (esimerkiksi jäteöljyt ja elektroniikkakomponentit) toteuttamiskelpoinen esitoimenpide; mahdollisena lisähyötynä materiaalien kierrätys.</p>
<p><b>Prosessiteknologian muuntaminen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimoidut polttoolosuhteet,</li> <li>- 840°C:ta pienempien lämpötilojen sekä savukaasujen kylmien alueiden välttäminen,</li> <li>- Riittävä happipitoisuus, prosessiin tarvittavan hapen määrä suhteutettuna lämpöarvoon ja syöttöaineen koostumukseen, ja</li> <li>- Riittävä viipymäaika ja turbulenssi.</li> </ul>			<p>Koko prosessi on jälkiasennettava.</p>
<p><b>Savukaasuja koskevat toimenpiteet:</b></p> <p>Hiukkaslaskeumien välttäminen seuraavien laitteiden avulla:</p>			

Käsittelyvaihtoehdot	Päästöaso (%) <sup>a/</sup>	Arvioidut kustannukset	Käsittelyyn liittyvät riskit
- Nokipuhdistimet, mekaaniset täryttimet, ääni- tai höyrynokipuhaltimet.			Höyrynokipuhallus saattaa nopeuttaa PCDD/F-yhdisteiden muodostumista.
<p><b>Pölyhiukkasten poisto yleensä jätteidenpoltto-uuneissa.</b></p> <p>- Kangassuodattimet,</p> <p>- Keraamiset suodattimet,</p> <p>- Syklonit, ja</p> <p>- Sähkösuodatus.</p> <p>Katalyyttinen hapeutus.</p> <p>Kaasun nopea jäädytys.</p> <p>Erittäin tehokas lisätyjä aktiivihiihihiukkasia sisältävä adsorptioyksikkö (sähködynaaminen venturi).</p>	<p>alle 10</p> <p>1 - 0,1</p> <p>Heikko tehokkuus</p> <p>Heikko tehokkuus</p> <p>Keskitasoinen tehokkuus</p>	<p>Keskisuuret</p> <p>Suuret</p> <p>Keskisuuret</p>	<p>Hiukkasten pintaan adsorboituneiden PCDD/F-yhdisteiden poisto. Kuumen savukaasuvirran sisältämien hiukkasten poistoa on toteutettu ainoastaan koelaitoksissa.</p> <p>Käyttö alle 150°C:n lämpötiloissa.</p> <p>Käyttö 800 - 1 000°C:n lämpötilassa.</p> <p>Käyttö 450°C:n lämpötilassa; PCDD/F-yhdisteiden jälleensynteesin edistymisen mahdollista, suuremmat NO<sub>x</sub>-päästöt, lämmön talteenoton vähentyminen.</p> <p>Käyttö 800 - 1 000°C:n lämpötilassa. Erillinen vähentäminen kaasufaasissa välttämätöntä.</p>



Käsittelyvaihtoehdot	Päästötaso (%) <sup>a/</sup>	Arvioidut kustannukset	Käsittelyyn liittyvät riskit
Selektiivinen katalyyttinen pelkistys.		Suuret investoinnit ja pienet käyttökustannukset	NO <sub>x</sub> :n pelkistyminen siinä tapauksessa, että NH <sub>3</sub> :a lisätään; suuret tilavaatimukset, käytetyt katalyytit ja aktiivihiilen tai aktiivisen ruskohiilen jäämät voidaan hävittää; katalyytit voidaan useimmissa tapauksissa käsitellä uudelleen teollisuudessa; aktiivihiili ja aktiivinen ruskohiili voidaan polttaa tarkasti valvotuissa olosuhteissa.
<b>Erityyppiset aktiivihiilestä, arinahiilestä, kalkkikivestä ja kalkkikiviliuoksista koostuvia seoksia sisältävät märkä- ja kuiva-adsorptiomenetelmät kiintokerros-, liikkuvakerros- ja leijukerrosreaktoreissa:</b>			
- Kiintokerrosreaktori, adsorptio aktiivisen puuhiilen tai arinahiilen avulla.	alle 2(0,1 ng TE/m <sup>3</sup> )	Suuret investoinnit, keski-suuret käyttökustannukset	Jäämien poistaminen; suuret tilavaatimukset.
- Virtaus- tai kiertoleijupeti-reaktori, johon on lisätty aktiivista hiiltä/kalkkia tai kalkkikiveä sisältävää liuosta sekä siihen liittyvä kangassuodatin.	alle 10(0,1 ng TE/m <sup>3</sup> )	Pienet investoinnit, keski-suuret käyttökustannukset	Jäämien poistaminen.
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> :n lisääminen.	2 - 5 (0,1 ng TE/m <sup>3</sup> )	Pienet investoinnit, pienet käyttökustannukset	

<sup>a/</sup> Jäljellä olevat päästöjen tasot verrattuna vähentämättömiin päästöihin.

**Table 1: Comparison of different flue-gas cleaning measures and process modifications in waste incineration plants to reduce PCDD/F emissions**

Management options	Emission level (%) <sup>a/</sup>	Estimated costs	Management risks
<p><b>Primary measures by modification of feed materials:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elimination of precursors and chlorine-containing feed material; and</li> <li>- Management of waste streams.</li> </ul>	<p>Resulting emission level not quantified; seems not to be linearly dependent on the amount of the feed material.</p>		<p>Pre-sorting of feed material not effective; only parts could be collected; other chlorine-containing material, for instance kitchen salt, paper, etc., cannot be avoided. For hazardous chemical waste this is not desirable.</p> <p>Useful primary measure and easible in special cases (for instance, waste oils, electrical components, etc.) with the possible added benefit of recycling of the materials.</p>
<p><b>Modification of process technology:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimized combustion conditions;</li> <li>- Avoidance of temperatures below 850°C and cold regions in flue gas;</li> <li>- Sufficient oxygen content; control of oxygen input depending on the heating value and consistency of feed material; and</li> <li>- Sufficient residence time and turbulence.</li> </ul>			<p>Retrofitting of the whole process needed.</p>

Management options	Emission level (%) <sup>a/</sup>	Estimated costs	Management risks
<p><b>Flue gas measures:</b></p> <p>Avoiding particle deposition by:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Soot cleaners, mechanical rappers, sonic or steam soot blowers.</li> </ul>			<p>Steam soot blowing can increase PCDD/F formation rates.</p>
<p><b>Dust removal, generally in waste incinerators:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabric filters;</li> <li>- Ceramic filters;</li> <li>- Cyclones; and</li> <li>- Electrostatic precipitation.</li> </ul> <p>Catalytic oxidation.</p> <p>Gas quenching.</p> <p>High-performance adsorption unit with added activated charcoal particles (electrodynamic venturi).</p>	<p>&lt; 10</p> <p>1 - 0.1</p> <p>Low efficiency</p> <p>Low efficiency</p> <p>Medium efficiency</p>	<p>Medium</p> <p>Higher</p> <p>Medium</p>	<p>Removal of PCDD/F adsorbed onto particles. Removal methods of particles in hot flue gas streams used only in pilot plants.</p> <p>Use at temperatures &lt; 150°C.</p> <p>Use at temperatures of 800 - 1000°C.</p> <p>Use at a temperature of 450°C; promotion of the <i>de novo</i> synthesis of PCDD/F possible, higher NO<sub>x</sub> emissions, reduction of heat recovery.</p> <p>Use at temperatures of 800 - 1000°C. Separate gas phase abatement necessary.</p>

Management options	Emission level (%) <sup>a/</sup>	Estimated costs	Management risks
Selective catalytic reduction (SCR).		High investment and low operating costs	NO <sub>x</sub> reduction if NH <sub>3</sub> is added; high space demand, spent catalysts and residues of activated carbon (AC) or lignite coke (ALC) may be disposed of, catalysts can be reprocessed by manufacturers in most cases, AC and ALC can be combusted under strictly controlled conditions.
<p><b>Different types of wet and dry adsorption methods with mixtures of activated charcoal, open-hearth coke, lime and limestone solutions in fixed bed, moving bed and fluidized bed reactors:</b></p> <p>- Fixed bed reactor, adsorption with activated charcoal or open-hearth coke; and</p> <p>- Entrained flow or circulating fluidized bed reactor with added activated coke/lime or limestone solutions and subsequent fabric filter.</p> <p>Addition of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.</p>	<p>&lt; 2 (0.1 ng TE/ m<sup>3</sup>)</p> <p>&lt; 10 (0.1 ng TE/ m<sup>3</sup>)</p> <p>2 - 5 (0.1 ng TE/ m<sup>3</sup>)</p>	<p>High investment, medium operating costs</p> <p>Low investment, medium operating costs</p> <p>Low investment, low operating costs</p>	<p>Removal of residuals; high demand of space.</p> <p>Removal of residuals.</p>

<sup>a/</sup> Remaining emission compared to unreduced mode.

21. Monissa maissa sairaalajätteen polttouunit saattavat olla merkittävä PCDD/F-yhdisteiden lähde. Erilaisia sairaalajätteitä, kuten ihmisen anatomisia osia, taudinaiheuttajia sisältävää jätettä, neuloja, verta, plasmaa ja solumyrkkyjä käsitellään vaarallisten jätteiden erityisenä muotona, kun taas muut sairaalajätteet poltetaan usein paikan päällä panosprosesseilla. Panosprosesseilla toimivat polttolaitokset voivat täyttää samat vaatimukset PCDD/F-yhdisteiden vähentämisen osalta kuin muut jätteenpolttouunit.

22. Sopimuspuolet voivat halutessaan tutkia mahdollisuutta hyväksyä menettelyjä, joilla voidaan kannustaa yhdyskuntajätteen ja sairaalajätteen polttamiseen suurissa alueellisissa laitoksissa pienempien laitosten sijasta. Tämä lähestymistapa saattaa tehdä parhaan käytettävissä olevan tekniikan soveltamisesta entistä kustannustehokkaampaa.

23. Savukaasujen puhdistusprosesseista peräisin olevien jäämien käsittely. Toisin kuin polttouuneista peräisin oleva tuhka, nämä jäämät sisältävät suhteellisen suuria pitoisuuksia raskasmetalleja, orgaanisia epäpuhtauksia (mukaan lukien PCDD/F-yhdisteet), klorideja ja sulfideja. Näiden aineiden hävittämismenetelmää on tämän vuoksi valvottava tarkasti. Erityisesti märkäpesujärjestelmät synnyttävät suuria määriä hapanta, epäpuhdasta nestemäistä jätettä. Käytettävissä on joitakin erikoiskäsittelymenetelmiä, kuten:

- a) Kangassuodatuksessa syntyvien hiukkasten katalyytikäsittely lämpötilaltaan alhaisissa ja hapettomissa olosuhteissa;
- b) Kangassuodatuksessa syntyvien hiukkasten erottelu 3-R-prosessin avulla (raskasmetallien uuttaminen happojen avulla ja poltto orgaanisen aineksen tuhoamiseksi);
- c) Kangassuodatuksessa syntyvien hiukkasten lasitus;
- d) Hiukkasten sitoutumista edistävät menetelmät, ja
- e) Plasmatekniikan soveltaminen.

21. Medical waste incinerators may be a major source of PCDD/F in many countries. Specific medical wastes such as human anatomical parts, infected waste, needles, blood, plasma and cytostatica are treated as a special form of hazardous waste, while other medical wastes are frequently incinerated on-site in a batch operation. Incinerators operating with batch systems can meet the same requirements for PCDD/F reduction as other waste incinerators.

22. Parties may wish to consider adopting policies to encourage the incineration of municipal and medical waste in large regional facilities rather than in smaller ones. This approach may make the application of BAT more cost-effective.

23. The treatment of residuals from the flue-gas cleaning process. Unlike incinerator ashes, these residuals contain relatively high concentrations of heavy metals, organic pollutants (including PCDD/F), chlorides and sulphides. Their method of disposal, therefore, has to be well controlled. Wet scrubber systems in particular produce large quantities of acidic, contaminated liquid waste. Some special treatment methods exist. They include:

- a) The catalytic treatment of fabric filter dusts under conditions of low temperatures and lack of oxygen;
- b) The scrubbing of fabric filter dusts by the 3-R process (extraction of heavy metals by acids and combustion for destruction of organic matter);
- c) The vitrification of fabric filter dusts;
- d) Further methods of immobilization; and
- e) The application of plasma technology.

**B. Metalliteollisuuden lämpöprosessit**

24. Myös metalliteollisuuden tietyt prosessit saattavat olla merkittäviä PCDD/F-yhdisteiden päästöjen lähteitä. Tällaisia prosesseja ovat:

- a) Raudan ja teräksen tuotanto (esimerkiksi masuunit, sintrauslaitokset, raudan pelletointi);
- b) Raudan ja teräksen jalostus, ja
- c) Muiden kuin rautaa sisältävien metallien tuotanto ja jalostus (kuparintuotanto).

Metalliteollisuuden PCDD/F-päästöjen vähentämistoimenpiteet esitetään lyhyesti taulukossa 2.

25. PCDD/F-päästöjä ympäristöön aiheuttavissa metallintuotanto- ja metallinkäsittelylaitoksissa voidaan vähennystoimenpiteiden avulla laskea päästöt enimmillään tasolle 0,1 ng TE/m<sup>3</sup> (jos jätekaasun virtaustilavuus on alle 5 000 m<sup>3</sup>/h).

**B. Thermal processes in the metallurgical industry**

24. Specific processes in the metallurgical industry may be important remaining sources of PCDD/F emissions. These are:

- a) Primary iron and steel industry (e.g. blast furnaces, sinter plants, iron pelletizing);
- b) Secondary iron and steel industry; and
- c) Primary and secondary non-ferrous metal industry (production of copper).

PCDD/F emission control measures for the metallurgical industries are summarized in table 2.

25. Metal production and treatment plants with PCDD/F emissions can meet a maximum emission concentration of 0.1 ng TE/m<sup>3</sup> (if waste gas volume flow > 5000 m<sup>3</sup>/h) using control measures.

**Taulukko 2:PCDD/F-yhdisteiden päästöjen vähentäminen metalliteollisuudessa**

<b>Käsittelyvaihtoehdot</b>	<b>Päästötaso (%)<sup>a/</sup></b>	<b>Arvioidut kustannukset</b>	<b>Käsittelyyn liittyvät riskit</b>
<p><b>Sintrauslaitokset</b></p> <p><u>Esitoimenpiteet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sintrauksen kuljetinhihnojen optimointi/eristäminen.</li> <li>- Jätekaasujen uudelleenkierätyks, kuten päästöjen kannalta optimaalinen sintraus, jossa jätekaasujen virtaus vähenee noin 35 prosenttia (jälkitoimenpiteiden kustannukset pienentyneet vähennetyn jätekaasuvirtauksen ansiosta), kapasiteetti 1 miljoonaa Nm<sup>3</sup>/h.</li> </ul> <p><u>Jälkitoimenpiteet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sähkösuodatus + molekyyli-seula,</li> <li>- Kalkkikivi/aktiivihiliseosten lisääminen,</li> <li>- Erittäin tehokkaat pesurit - olemassa oleva laitos: AIRFINE (Voest Alpine Stahl Linz) vuodesta 1993; kapasiteetti 600 000 Nm<sup>3</sup>/h; toista laitosta suunnitellaan rakennettavaksi Alankomaihin (Hoogoveniin) vuonna 1998.</li> </ul>	<p>40</p> <p>Keskitasoinen tehokkuus</p> <p>Suuri tehokkuus (0,1 ng TE/m<sup>3</sup>)</p> <p>Suuri tehokkuus: päästöt vähenevät arvoon (0,2 - 0,4 ng TE/m<sup>3</sup>)</p>	<p>Pienet</p> <p>Pienet</p> <p>Keskisuuret</p> <p>Keskisuuret</p> <p>Keskisuuret</p>	<p>Ei voida saavuttaa sataprosenttista tasoa</p> <p>0,1 ng TE/m<sup>3</sup> voitaisiin saavuttaa energiaa lisäämällä; yhtään laitosta ei ole olemassa.</p>
<p><b>Muiden kuin rautaa sisältävien metallien tuotanto (esimerkiksi kupari)</b></p> <p><u>Esitoimenpiteet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Romun esilajittelu, sellaisten syöttöaineiden kuin muovin ja PVC:tä sisältävien syöttöaineiden välttäminen, pinnoitteiden poistaminen ja kloorittomien eristysmateriaalien käyttö,</li> </ul>	<p>Suuri tehokkuus</p>	<p>Pienet</p>	

Käsittelyvaihtoehdot	Päästötaso (%) <sup>a/</sup>	Arvioidut kustannukset	Käsittelyyn liittyvät riskit
<p><u>Jälkitoimenpiteet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kuumien jätekaasujen nopea jäädytys,</li> <li>- Hapen tai hapella rikastetun ilman käyttö polttamisessa, hapen johtaminen kuilu-uuniin (millä varmistetaan täydellinen palaminen ja mahdollisimman pienien jätekaasumäärien muodostuminen),</li> <li>- Kiintokerrosreaktori tai leijusuihkuvirtausreaktori, joissa adsorptio tapahtuu aktiivihili- tai arinahiilihiukkasten avulla,</li> <li>- Katalyyttinen hapetus,</li> <li>- Viipymääjan vähentäminen jätekaasujärjestelmän kriittisillä lämpötila-alueilla.</li> </ul>	<p>5 - 7</p> <p>(1,5 - 2 TE/m<sup>3</sup>)</p> <p>(0,1 ng TE/m<sup>3</sup>)</p> <p>(0,1 ng TE/m<sup>3</sup>)</p>	<p>Pienet</p> <p>Suuret</p> <p>Suuret</p> <p>Suuret</p>	
<p><b>Raudan ja teräksen tuotanto</b></p> <p><u>Esitoimenpiteet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Öljyn poistaminen romusta ennen romun lastausta tuotantoastioihin,</li> <li>- Orgaanisten mukana kulkeutuvien aineiden, kuten öljyjen, emulsioiden, rasvojen, maalien ja muovien poistaminen syötettävien raaka-aineiden puhdistuksen yhteydessä.</li> <li>- Tiettyjen suurten jätekaasumäärien supistaminen.</li> <li>- Lastauksesta ja purkauksesta peräisin olevien päästöjen erillinen talteenotto ja käsittely.</li> </ul> <p><u>Jälkitoimenpiteet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lastauksesta ja purkauksesta peräisin olevien kaasujen erillinen keräys ja käsittely.</li> </ul>		<p>Pienet</p> <p>Pienet</p> <p>Keskisuuret</p> <p>Pienet</p> <p>Pienet</p>	<p>Käytettävä puhdistusliuotimia.</p>



Käsittelyvaihtoehdot	Päästöaso (%) <sup>a/</sup>	Arvioidut kustannukset	Käsittelyyn liittyvät riskit
- Koksinsyötön yhteydessä käytettävät kangassuodattimet.	alle 1	Keskisuuret	
<p><b>Alumiinin jalostus</b></p> <p><u>Esitoimenpiteet:</u></p> <p>- Halogenoitujen materiaalien (heksakloorietaanin) välttäminen, ja</p> <p>- Klooria sisältävien voiteluaineiden (kuten kloorattujen parafiinien) välttäminen.</p> <p>- Likaisten romukuormien puhdistus ja lajittelu esimerkiksi poistamalla pinnoitus las-tuamalla ja kuivaamalla, kellunta-upotus-erottelutekniikalla ja pyörrevirtauksen avulla tapahtuvalla erottelulla,</p> <p><u>Jälkitoimenpiteet:</u></p> <p>- Yksi- ja monitasoiset kangassuodattimet, joiden aktiivisuutta lisää suodattimen edessä oleva kalkkikivi/aktiivihiili,</p> <p>- Eri tavoin saastuneiden jätekaasuvirtaus-ten vähentäminen minimiin ja niiden erillisen poisto ja puhdistaminen,</p> <p>- Jätekaasujen sisältämien hiukkasten laskeu-tumisen välttäminen ja kriittisen lämpötila-alueen nopean ohittamisen edistäminen, ja</p> <p>- Entistä parempi alumiiniromun esikäsitte-ly repimien avulla siten, että käytetään hy-väksi kellunta-upotus-erottelutekniikkaa ja pyörrevirtauserottelua.</p>	alle 1 (0,1 ng TE/m <sup>3</sup> )	<p>Pienet</p> <p>Pienet</p> <p>Keskisuuret/ Suuret</p> <p>Keskisuuret/ Suuret</p> <p>Keskisuuret/ Suuret</p> <p>Keskisuuret/ Suuret</p>	

a/ Jäljellä olevat päästöjen tasot verrattuna vähentämättömiin päästöihin.

**Table 2: Emission reduction of PCDD/F in the metallurgical industry**

<b>Management options</b>	<b>Emission level (%)<sup>a/</sup></b>	<b>Estimated costs</b>	<b>Management risks</b>
<p><b>Sinter plants</b></p> <p><u>Primary measures:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimization/encapsulation of sinter conveying belts;</li> <li>- Waste gas recirculation e.g. emission optimized sintering (EOS) reducing waste gas flow by ca. 35% (reduced costs of further secondary measures by the reduced waste gas flow), cap. 1 million Nm<sup>3</sup>/h;</li> </ul> <p><u>Secondary measures:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Electrostatic precipitation + molecular sieve;</li> <li>- Addition of limestone/activated carbon mixtures;</li> <li>- High-performance scrubbers - existing installation: AIRFINE (Voest Alpine Stahl Linz) since 1993 for 600 000 Nm<sup>3</sup>/h; second installation planned in the Netherlands (Hoogoven) for 1998.</li> </ul>	<p>40</p> <p>Medium efficiency</p> <p>High efficiency (0.1 ng TE/m<sup>3</sup>)</p> <p>High efficiency - emission reduction to (0.2 - 0.4 ng TE/m<sup>3</sup>)</p>	<p>Low</p> <p>Low</p> <p>Medium</p> <p>Medium</p> <p>Medium</p>	<p>Not 100% achievable</p> <p>0.1 ng TE/m<sup>3</sup> could be reached with higher energy demand; no existing installation.</p>
<p><b>Non-ferrous production (e.g. copper)</b></p> <p><u>Primary measures:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pre-sorting of scrap, avoidance of feed material like plastics and PVC-contaminated scrap, stripping of coatings and use of chlorine-free insulating materials;</li> </ul>		<p>Low</p>	

<b>Management options</b>	<b>Emission level (%)<sup>a/</sup></b>	<b>Estimated costs</b>	<b>Management risks</b>
<p><u>Secondary measures:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Quenching the hot waste gases;</li> <li>- Use of oxygen or of oxygen-enriched air in firing, oxygen injection in the shaft kiln (providing complete combustion and minimization of waste gas volume);</li> <li>- Fixed bed reactor or fluidized jet stream reactor by adsorption with activated charcoal or open-hearth coal dust;</li> <li>- Catalytic oxidation; and</li> <li>- Reduction of residence time in the critical region of temperature in the waste gas system.</li> </ul>	<p>High efficiency</p> <p>5 - 7 (1.5 - 2 TE/m<sup>3</sup>)</p> <p>(0.1 ng TE/m<sup>3</sup>)</p> <p>(0.1 ng TE/m<sup>3</sup>)</p>	<p>Low</p> <p>High</p> <p>High</p> <p>High</p>	
<p><b>Iron and steel production</b></p> <p><u>Primary measures:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cleaning of the scrap from oil prior to charging of production vessels;</li> <li>- Elimination of organic tramp materials such as oils, emulsions, greases, paint and plastics from feedstock cleaning;</li> <li>- Lowering of the specific high waste gas volumes;</li> <li>- Separate collection and treatment of emissions from loading and discharging;</li> </ul> <p><u>Secondary measures:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Separate collection and treatment of emissions from loading and discharging; and</li> </ul>		<p>Low</p> <p>Low</p> <p>Medium</p> <p>Low</p> <p>Low</p>	<p>Cleaning solvents have to be used.</p>

Management options	Emission level (%) <sup>a/</sup>	Estimated costs	Management risks
- Fabric filter in combination with coke injection.	< 1	Medium	
<b>Secondary aluminium production</b>			
<u>Primary measures:</u>			
- Avoidance of halogenated material (hexachloroethane)		Low	
- Avoidance of chlorine-containing lubricants (for instance chlorinated paraffins); and		Low	
- Clean-up and sorting of dirty scrap charges, e.g. by swarf decoating and drying, swim-sink separation techniques and whirling stream deposition;			
<u>Secondary measures:</u>			
- Single- and multi-stage fabric filter with added activation of limestone/ activated carbon in front of the filter;	< 1 (0.1 ng TE/m <sup>3</sup> )	Medium/high	
- Minimization and separate removal and purification of differently contaminated waste gas flows;		Medium/high	
- Avoidance of particulate deposition from the waste gas and promotion of rapid passing of the critical temperature range; and		Medium/high	
- Improved pretreatment of aluminium scrap shredders by using swim-sink separation techniques and grading through whirling stream deposition.		Medium/ high	

a/ Remaining emission compared to unreduced mode.

### Sintrauslaitokset

26. Rauta- ja terästeollisuuden sintrauslaitoksissa toteutetut mittaukset ovat yleensä antaneet PCDD/F-päästöjen tasoksi noin 0,4 - 4 ng TE/m<sup>3</sup>. Yksittäinen mittaus eräässä laitoksessa, jossa ei ollut käytössä mitään rajoittavia toimia, antoi päästöjen tasoksi 43 ng TE/m<sup>3</sup>.

27. Halogenoidut yhdisteet saattavat johtaa PCDD/F-yhdisteiden muodostumiseen, jos halogenoituja yhdisteitä pääsee sintrauslaitoksiin syöttöaineiden (koksimumurskeen, malmien suolapitoisuuksien) ja käytettyjen kierrätettyjen materiaalien (kuten valssihilseen, masuunien kihtikaasuhiukkasten, suodatinhiukkasten sekä jätevedenkäsittelystä peräisin olevien lietteiden) mukana. Jätteidenpolton päästöjen tavoin ei syöttöaineiden klooripitoisuuden ja PCDD/F-päästöjen välillä näytä olevan suoraa yhteyttä. Asianmukainen toimenpide saattaa olla epäpuhtauksia sisältävien jäämien välttäminen ja valssihilseen sisältämän öljyn tai rasvan poistaminen ennen valssihilseen viemistä sintrauslaitokseen.

28. Tehokkaimmin PCDD/F-päästöjä voidaan vähentää ottamalla käyttöön erilaisista jälkitoimenpiteistä koostuvia yhdistelmiä seuraavasti:

a) Jätekaasujen uudelleenkierrätys vähentää PCDD/F-päästöjä merkittävästi. Lisäksi jätekaasuvirtaus vähenee huomattavasti, mikä taas pienentää poistopiippuihin asennettavien ylimääräisten rajoitusjärjestelmien asennuksesta aiheutuvia kustannuksia;

b) Kangassuodattimien (joissakin tapauksissa sähkösuodattimiin yhdistettyinä) tai aktiivihiiltä/arinahiihtä/kalkkikiviseosta jätekaasuun syöttävien sähkösuodattimien asennus;

c) On kehitetty puhdistusmenetelmiä, joihin kuuluu jätekaasujen esijäähdytystä, kaasujen huuhtelua tehopesun avulla sekä pisaralaskemien avulla tapahtuvaa erottelua. Tämän menetelmän avulla voidaan saavuttaa päästö-taso 0,2 - 0,4 ng TE/m<sup>3</sup>. Soveltuvien adsorptioaineiden kuten ruskohiilikoksin/hiilimumurskeen avulla voidaan saavuttaa päästö-taso 0,1 ng TE/m<sup>3</sup>.

### Sinter plants

26. Measurements at sinter plants in the iron and steel industry have generally shown PCDD/F emissions in the range of 0.4 to 4 ng TE/m<sup>3</sup>. A single measurement at one plant without any control measures showed an emission concentration of 43 ng TE/m<sup>3</sup>.

27. Halogenated compounds may result in the formation of PCDD/F if they enter sinter plants in the feed materials (coke breeze, salt content in the ore) and in added recycled material (e.g. millscale, blast furnace top gas dust, filter dusts and sludges from waste water treatment). However, similarly to waste incineration, there is no clear link between the chlorine content of the feed materials and emissions of PCDD/F. An appropriate measure may be the avoidance of contaminated residual material and de-oiling or degreasing of millscale prior to its introduction into the sinter plant.

28. The most effective PCDD/F emission reduction can be achieved using a combination of different secondary measures, as follows:

a) Recirculating waste gas significantly reduces PCDD/F emissions. Furthermore, the waste gas flow is reduced significantly, thereby reducing the cost of installing any additional end-of-pipe control systems;

b) Installing fabric filters (in combination with electrostatic precipitators in some cases) or electrostatic precipitators with the injection of activated carbon/open-hearth coal/limestone mixtures into the waste gas;

c) Scrubbing methods have been developed which include pre-enching of the waste gas, leaching by high-performance scrubbing and separation by drip deposition. Emissions of 0.2 to 0.4 ng TE/m<sup>3</sup> can be achieved. By adding suitable adsorption agents like lignite coal cokes/coal slack, an emission concentration of 0.1 ng TE/m<sup>3</sup> can be reached.

Kuparin tuotanto ja kuparin jalostus

29. Olemassa olevissa kuparia tuottavissa ja jalostavissa laitoksissa voidaan PCDD/F-päästöissä saavuttaa savukaasujen puhdistuksen jälkeen arvo muutamasta pikogrammasta arvoon 2 ng TE/m<sup>3</sup>. Eräs yksittäinen kuparikuilu-uuni päästi ympäristöön lähes 29 ng TE/m<sup>3</sup> PCDD/F-yhdisteitä ennen laitteiden optimointia. Yleensä näistä laitoksista peräisin olevien PCDD/F-yhdisteiden päästöjen arvot vaihtelevat huomattavasti erilaisissa laitteissa ja prosesseissa käytettyjen raaka-aineiden suurten erojen vuoksi.

30. Yleisesti ottaen PCDD/F-päästöjen vähentämiseen sopivat seuraavat toimenpiteet:

- a) Romun esilajittelu;
- b) Romun esikäsittely, esimerkiksi muovin tai PVC-pinnoitteiden poistaminen, kaapeliromun esikäsittely yksinomaan kylmämenetelmien tai mekaanisten menetelmien avulla;
- c) Kuumien jätokaasujen nopea jäähdytys (ottaen samalla lämpö talteen) siten, että jätokaasujen viipymäaika jätokaasujärjestelmän kriittisellä lämpötila-alueella lyhenee;
- d) Hapen tai hapella rikastetun ilman käyttäminen poltossa taikka hapen johtaminen kuiluuniin (millä varmistetaan täydellinen palaminen ja mahdollisimman pienien jätokaasumäärien syntyminen);
- e) Jätokaasujen adsorptio kiintokerrosreaktorissa tai leijusuihkuvirtausreaktorissa aktiivihiilen tai arinahiilen avulla, ja
- f) Katalyyttinen hapetus.

Teräksen tuotanto

31. Teräksen tuotannossa käytettävistä konverttereista ja valuraudan sulatuksessa käytettävistä kuumailmakupoliuuneista, sähköuuneista ja sähköisistä valokaariuuneista peräisin olevat PCDD/F-päästöt ovat arvoltaan huomattavasti alle 0,1 ng TE/m<sup>3</sup>. Kylmäuuneista ja (valuraudan sulatuksessa käytettävistä) pyörivistä putkiuuneista peräisin olevat PCDD/F-päästöt ovat suurempia.

Primary and secondary production of copper

29. Existing plants for the primary and secondary production of copper can achieve a PCDD/F emission level of a few picograms to 2 ng TE/m<sup>3</sup> after flue-gas cleaning. A single copper shaft furnace emitted up to 29 ng TE/m<sup>3</sup> PCDD/F before optimization of the aggregates. Generally, there is a wide range of PCDD/F emission values from these plants because of the large differences in raw materials used in differing aggregates and processes.

30. Generally, the following measures are suitable for reducing PCDD/F emissions:

- a) Pre-sorting scrap;
- b) Pretreating scrap, for example stripping of plastic or PVC coatings, pretreating cable scrap using only cold/mechanical methods;
- c) Quenching hot waste gases (providing utilization of heat), to reduce residence time in the critical region of temperature in the waste gas system;
- d) Using oxygen or oxygen-enriched air in firing, or oxygen injection in the shaft kiln (providing complete combustion and minimization of waste gas volume);
- e) Adsorption in a fixed bed reactor or fluidized jet stream reactor with activated charcoal or open-hearth coal dust; and
- f) Catalytic oxidation.

Production of steel

31. PCDD/F emissions from converter steelworks for steel production and from hot blast cupola furnaces, electric furnaces and electric arc furnaces for the melting of cast iron are significantly lower than 0.1 ng TE/m<sup>3</sup>. Cold-air furnaces and rotary tube furnaces (melting of cast iron) have higher PCDD/F emissions.

32. Teräksen jalostuksessa käytettävien sähkökäyttöisten valokaariuunien PCDD/F-päästöt voidaan laskea tasolle 0,1 ng TE/m<sup>3</sup> seuraavien toimenpiteiden avulla:

- a) Täyttämisen ja purkamisen yhteydessä tapahtuvien päästöjen erillinen talteenotto, ja
- b) Kangassuodattimen tai sähkösuodattimen käyttö koksien syötön yhteydessä.

33. Sähkökäyttöisiin valokaariuuneihin syötettävä raaka-aine sisältää usein öljyä, emulsoita tai rasvoja. Yleiset PCDD/F-päästöjä vähentävät esitoimenpiteet voivat sisältää romun lajittelua sekä öljyn ja pinnoitteiden poistamista romusta, joka saattaa sisältää muoveja, kumia, maaleja, väriaineita ja vulkanointiaineita.

#### Alumiinin jalostuksessa käytettävät sulatot

34. Alumiinin jalostuksessa käytettävistä sulatoista peräisin olevat PCDD/F-päästöt ovat tasoltaan yleensä noin 0,1 - 14 ng TE/m<sup>3</sup>. Päästötasot riippuvat sulatuslaitosten, käytettyjen materiaalien sekä käytettyjen jätteenkäsittelylaitosten ominaisuuksista.

35. Lyhyesti ilmaistuna yksi- ja monikerroksisten kangassuodattimien, joiden pinnalla on kalkkikivestä/aktiivihielestä/arinahielestä koostuva kerros, avulla päästötaso voidaan laskea arvoon 0,1 ng TE/m<sup>3</sup>, vähennystehokkuus on 99 prosenttia.

36. Myös seuraavia toimenpiteitä voidaan harkita:

- a) Eri tavoin saastuneiden jätteenkäsittelylaitosten minimoiminen ja kyseisten kaasujen poistaminen ja puhdistaminen erikseen;
- b) Jätteenkäsittelylaitosten sisältämien hiukkaslaskeumien välttäminen;
- c) Kriittisen lämpötila-alueen nopea ohittaminen;
- d) Alumiiniromun hajottimissa tapahtuvan esilajittelun parantaminen käyttämällä kellunta-upotus-erottelua ja pyörrevirtauserottelua,
- e) Alumiiniromun esipuhdistuksen parantaminen poistamalla pinnoitus lastuamalla ja kuivattamalla.

32. Electric arc furnaces used in secondary steel production can achieve an emission concentration value of 0.1 ng TE/m<sup>3</sup> if the following measures are used:

- a) Separate collection of emissions from loading and discharging; and
- b) Use of a fabric filter or an electrostatic precipitator in combination with coke injection.

33. The feedstock to electric arc furnaces often contains oils, emulsions or greases. General primary measures for PCDD/F reduction can be sorting, de-oiling and de-coating of scraps, which may contain plastics, rubber, paints, pigments and vulcanizing additives.

#### Smelting plants in the secondary aluminium industry

34. PCDD/F emissions from smelting plants in the secondary aluminium industry are in the range of approximately 0.1 to 14 ng TE/m<sup>3</sup>. These levels depend on the type of smelting aggregates, materials used and waste gas purification techniques employed.

35. In summary, single- and multi-stage fabric filters with the addition of limestone/activated carbon/open-hearth coal in front of the filter meet the emission concentration of 0.1 ng TE/m<sup>3</sup>, with reduction efficiencies of 99%.

36. The following measures can also be considered:

- a) Minimizing and separately removing and purifying differently contaminated waste gas flows;
- b) Avoiding waste gas particle deposition;
- c) Rapidly passing the critical temperature range;
- d) Improving the pre-sorting of scrap aluminium from shredders by using swim-sink separation techniques and grading through whirling stream deposition; and
- e) Improving the pre-cleaning of scrap aluminium by swarf decoating and swarf drying.

37. Vaihtoehdot d) ja e) ovat tärkeitä siksi, että on epätodennäköistä, että uudenaikaisilla vuotomilla sulatustekniikoilla (joissa vältetään halidisuolojen vuot) voitaisiin käsitellä huonolaatuista romua, jota taas voidaan käyttää pyörivissä uuneissa.

38. Koillis-Atlantin merellisen ympäristön suojelua koskevan yleissopimuksen puitteissa käytyjä keskusteluja jatketaan alumiiniteollisuudessa käytettävän heksakloorietaanin käytön lopettamista koskevan suosituksen tarkistamiseksi.

39. Sulaa voidaan käsitellä käyttämällä viimeisintä teknologiaa, esimerkiksi typpi/klooriseoksia suhteessa 9:1 ja 8:2, hienodispersioivia kaasuinjektointilaitteita sekä tyypellä suoritettavaa esi- ja jälkihuuhdelua ja tyhjiörasvanpoistoa. Typpi/klooriseoksia käytettäessä PCDD/F-päästöjen pitoisuudeksi on mitattu noin 0,03 ng TE/m<sup>3</sup> (verrattuna pelkästään kloorilla tapahtuneeseen käsittelyyn, jossa arvot olivat yli 1 ng TE/m<sup>3</sup>). Klooria tarvitaan magnesiumin ja muiden haitallisten aineiden poistamiseen.

### C. Fossiilisten polttoaineiden poltto hyötylämpökattiloissa ja teollisuuslämpökattiloissa

40. Hyötylämpökattiloissa ja teollisuuslämpökattiloissa tapahtuvassa fossiilisten polttoaineiden poltossa (yli 50 MW:n lämpökapasiteetti) parantunut energiatehokkuus ja energiansäästö vaikuttavat siten, että kaikkien epäpuhtauksien päästöt vähenevät vähentyneen polttoainetarpeen ansiosta. Tämän vuoksi myös PCDD/F-päästöt vähenevät. Kloorin poistaminen hiilestä tai öljystä ei olisi kustannustehokasta, mutta suuntaus kohti kaasukäyttöisten laitosten lisääntymistä auttaa kuitenkin vähentämään PCDD/F-päästöjä tällä alalla.

41. On pantava merkille, että PCDD/F-päästöt saattavat lisääntyä huomattavasti, jos polttoaineisiin lisätään jäteaineita (jätevesilietettä, jäteöljyä, kumijätteitä ja niin edespäin). Energiantuotantoon tarkoitettu jätteiden poltto olisi sallittava ainoastaan PSDD/F-päästöjä erittäin

37. Options (d) and (e) are important because it is unlikely that modern fluxless smelting techniques (which avoid halide salt fluxes) will be able to handle the low-grade scrap that can be used in rotary kilns.

38. Discussions are continuing under the Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-east Atlantic regarding the revision of an earlier recommendation to phase out the use of hexachloroethane in the aluminium industry.

39. The melt can be treated using state-of-the-art technology, for example with nitrogen/chlorine mixtures in the ratio of between 9:1 and 8:2, gas injection equipment for fine dispersion and nitrogen pre- and post-flushing and vacuum degreasing. For nitrogen/chlorine mixtures, a PCDD/F emission concentration of about 0.03 ng TE/m<sup>3</sup> was measured (as compared to values of > 1 ng TE/m<sup>3</sup> for treatment with chlorine only). Chlorine is required for the removal of magnesium and other undesired components.

### C. Combustion of fossil fuels in utility and industrial boilers

40. In the combustion of fossil fuels in utility and industrial boilers (>50 MW thermal capacity), improved energy efficiency and energy conservation will result in a decline in the emissions of all pollutants because of reduced fuel requirements. This will also result in a reduction in PCDD/F emissions. It would not be cost-effective to remove chlorine from coal or oil, but in any case the trend towards gas-fired stations will help to reduce PCDD/F emissions from this sector.

41. It should be noted that PCDD/F emissions could increase significantly if waste material (sewage sludge, waste oil, rubber wastes, etc.) is added to the fuel. The combustion of wastes for energy supply should be undertaken only in installations using waste gas purification



tehokkaasti vähentäviä jätekaasujen puhdistusjärjestelmiä (edellä A osassa kuvatulla tavalla) hyödyntävissä laitoksissa.

42. Typen oksidien ja rikkidioksidin päästöjä sekä savukaasujen sisältämiä hiukkasia vähentävät tekniikat vähentävät samalla myös PCDD/F-päästöjä. Näiden tekniikoiden PCDD/F-yhdisteitä vähentävät ominaisuudet vaihtelevat laitoksesta toiseen. PCDD/F-päästöjä vähentävän tekniikan kehittäminen jatkuu, mutta ennen kuin nämä tekniikat ovat teollisesti käytettävissä, mitään tekniikkaa ei pidetä parhaana käytettävissä olevana, erityisesti PCDD/F-päästöjä poistavana tekniikkana.

#### D. Pienpoltto

43. Pienpolton osuus PCDD/F-yhdisteiden kokonaispäästöistä ei ole kovin merkittävä silloin, kun hyväksytyt polttoaineita käytetään asianmukaisesti. Lisäksi päästöissä saattaa ilmetä suuria alueellisia eroja polttoaineiden tyyppin ja laadun, sovellusten maantieteellisen esiintymistiheyden ja käytön vuoksi.

44. Pienpolton tulisijojen polttoarvot polttoaineiden sisältämien hiilivetyjen ja jätekaasujen loppuunpalamisen osalta ovat huonommat kuin suurien teollisuuslaitosten vastaavat arvot. Näin on erityisesti silloin, kun kotitalouksissa käytetään kiinteitä polttoaineita, kuten puuta ja hiiltä; tällöin PCDD/F-päästöjen pitoisuudet ovat välillä 0,1 - 0,7 ng TE/m<sup>3</sup>.

45. Pakkausmateriaalien poltto yhdessä kiinteiden polttoaineiden kanssa lisää PCDD/F-päästöjä. Vaikka tämä on joissakin maissa kiellettyä, joissakin yksityistalouksissa saatetaan polttaa roskia ja pakkausmateriaalia. Lisääntyvien kaatopaikkamaksujen vuoksi kotitalouksien jättemateriaaleja poltetaan pienpolttojärjestelmissä. Puun poltto yhdessä jätepakkausmateriaalien kanssa saattaa johtaa siihen, että PCDD/F-päästöt kasvavat tasosta 0,06 ng TE/m<sup>3</sup> (jolloin poltetaan ainoastaan puuta) tasoon 8 ng TE/m<sup>3</sup> (hapen pitoisuuden ollessa 11 prosenttia). Monissa maissa tehdyt tutkimukset ovat vahvistaneet nämä tulokset; jättemateriaalien pienpolton aikana päästöjen arvoksi mi-

systems with highly efficient PCDD/F reduction (described in section A above).

42. The application of techniques to reduce emissions of nitrogen oxides, sulphur dioxide and particulates from the flue gas can also remove PCDD/F emissions. When using these techniques, PCDD/F removal efficiencies will vary from plant to plant. Research is ongoing to develop PCDD/F removal techniques, but until such techniques are available on an industrial scale, no best available technique is identified for the specific purpose of PCDD/F removal.

#### D. Residential combustion

43. The contribution of residential combustion appliances to total emissions of PCDD/F is less significant when approved fuels are properly used. In addition, large regional differences in emissions can occur due to the type and quality of fuel, geographical appliance density and usage.

44. Domestic fireplaces have a worse burn-out rate for hydrocarbons in fuels and waste gases than large combustion installations. This is especially true if they use solid fuels such as wood and coal, with PCDD/F emission concentrations in the range of 0.1 to 0.7 ng TE/m<sup>3</sup>.

45. Burning packing material added to solid fuels increases PCDD/F emissions. Even though it is prohibited in some countries, the burning of rubbish and packing material may occur in private households. Due to increasing disposal charges, it must be recognized that household waste materials are being burned in domestic firing installations. The use of wood with the addition of waste packing material can lead to an increase in PCDD/F emissions from 0.06 ng TE/m<sup>3</sup> (exclusively wood) to 8 ng TE/m<sup>3</sup> (relative to 11% O<sub>2</sub> by volume). These results have been confirmed by investigations in several countries in which up to 114 ng TE/m<sup>3</sup> (with respect to 13% oxygen by volume)

tattiin 114 ng TE/m<sup>3</sup> (hapen pitoisuuden ollessa 13 prosenttia).

46. Pienpolttolaitteista peräisin olevia päästöjä voidaan vähentää rajoittamalla syöttöaineet laadukkaisiin polttoaineisiin sekä välttämällä jätteiden, halogenoitujen muovien ja muiden materiaalien polttoa. Pienpolttolaitteiden hankkijoille/käyttäjille suunnatut yleiset tiedotusohjelmat voivat olla tehokas keino saavuttaa kyseinen tavoite.

#### **E. Puunpolttolaitokset (alle 50 MW:n kapasiteetti)**

47. Puunpolttolaitoksissa toteutetut mittaukset osoittavat, että pitoisuudeltaan yli 0,1 ng TE/m<sup>3</sup> olevia päästöjä esiintyy jätekaasuissa erityisesti epäedullisissa palamisolosuhteissa ja/tai kun poltettavat aineet sisältävät suurempia pitoisuuksia klooriyhdisteitä kuin tavallinen käsittelemätön puu. Heikon palamisen osoituksena on jätekaasun kokonaishiilipitoisuus. CO-päästöjen, palamislaadun ja PCDD/F-päästöjen välillä on osoitettu riippuvuussuhde. Taulukossa 3 esitetään joidenkin päästöjen pitoisuudet sekä tekijät puunpolttolaitosten osalta.

was measured in waste gases from residential combustion appliances burning waste materials.

46. The emissions from residential combustion appliances can be reduced by restricting the input materials to good-quality fuel and avoiding the burning of waste, halogenated plastics and other materials. Public information programmes for the purchasers/operators of residential combustion appliances can be effective in achieving this goal.

#### **E. Firing installations for wood (<50 MW capacity)**

47. Measurement results for wood-firing installations indicate that PCDD/F emissions above 0.1 ng TE/m<sup>3</sup> occur in waste gases especially during unfavourable burn-out conditions and/or when the substances burned have a higher content of chlorinated compounds than normal untreated wood. An indication of poor firing is the total carbon concentration in the waste gas. Correlations have been found between CO emissions, burn-out quality and PCDD/F emissions. Table 3 summarizes some emission concentrations and factors for wood-firing installations.

**Taulukko 3: Määrään liittyvät päästöjen pitoisuudet ja tekijät puunpolttolaitosten osalta**

<b>Polttoaine</b>	<b>Päästöjen pitoisuus (ng TE/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Päästötekijä (ng TE/kg)</b>	<b>Päästötekijä (ng/GJ)</b>
Luonnonpuu (pyökki)	0,02 - 0,10	0,23 - 1,3	12 - 70
Metsästä kerätty luonnonpuu lastuina	0,07 - 0,21	0,79 - 2,6	43 - 140
Lastulevy	0,02 - 0,08	0,29 - 0,9	16 - 50
Yhdyskuntajätepuu	2,7 - 14,4	26 - 173	1 400 - 9 400
Kotitalousjätteet	114	3 230	
Hiili	0,03		

**Table 3: Quantity-related emission concentrations and factors for wood-firing installations**

<b>Fuel</b>	<b>Emission concentration (ng TE/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Emission factor (ng TE/kg)</b>	<b>Emission factor (ng/GJ)</b>
Natural wood (beech tree)	0.02 - 0.10	0.23 - 1.3	12 - 70
Natural wood chips from forests	0.07 - 0.21	0.79 - 2.6	43 - 140
Chipboard	0.02 - 0.08	0.29 - 0.9	16 - 50
Urban waste wood	2.7 - 14.4	26 - 173	1 400 - 9 400
Residential waste	114	3 230	
Charcoal	0.03		

48. Yhdyskuntajätepuun (purkupuun) poltto liikkuvilla arinoilla aiheuttaa suhteellisen suuria PCDD/F-päästöjä muuta kuin jätepuuta käyttäviin lähteisiin verrattuna. Päästöjä vähentävänä esitoimenpiteenä on käsitellyn jätepuun käytön välttäminen puunpolttolaitoksissa. PCDD/F-päästöjen pitämiseksi mahdollisimman pieninä käsiteltyä puuta olisi poltettava ainoastaan laitoksissa, joissa on asianmukaiset savukaasuja puhdistavat laitteet.

## V. PAH-YHDISTEIDEN VÄHENTÄMISTÄ KOSKEVAT TEKNIIKAT

### A. Koksintuotanto

49. Koksintuotannon aikana PAH-yhdisteitä vapautuu ympäröivään ilmaan pääasiassa:

- kun uunia täytetään täyttöaukkojen kautta;
- vuotoina uunin luukusta, nousuputkista ja täyttöaukkojen kansista;
- koksin ulostyönnön ja koksin jäähtymisen aikana.

50. Bentso(a)pyreenin (BaP) pitoisuudet vaihtelevat suuresti koksilaitteiston yksittäisten

48. The combustion of urban waste wood (demolition wood) in moving grates leads to relatively high PCDD/F emissions, compared to non-waste wood sources. A primary measure for emission reduction is to avoid the use of treated waste wood in wood-firing installations. Combustion of treated wood should be undertaken only in installations with the appropriate flue-gas cleaning to minimize PCDD/F emissions.

## V. CONTROL TECHNIQUES FOR THE REDUCTION OF PAH EMISSIONS

### A. Coke production

49. During coke production, PAHs are released into the ambient air mainly:

- When the oven is charged through the charging holes;
- By leakages from the oven door, the ascension pipes and the charging hole lids; and
- During coke pushing and coke cooling.

50. Benzo(a)pyrene (BaP) concentration varies substantially between the individual

lähteiden välillä. Suurimmat BaP-pitoisuudet on havaittu laitteiston yläosassa ja aivan luukkujen läheisyydessä.

51. Koksintuotannossa syntyvien PAH-yhdisteiden määrää voidaan vähentää parantamalla nykyisten yhdistettyjen rauta- ja teräslaitosten tekniikkaa. Tämä saattaa edellyttää vanhojen koksilaitteistojen poistamista käytöstä ja niiden korvaamista uusilla sekä koksintuotannon kokonaistason vähentämistä esimerkiksi käyttämällä enemmän hyvälaatuista hiiltä terästuotannossa.

52. PAH-yhdisteiden vähentämisstrategiaan koksilaitteistojen osalta olisi sisällytettävä seuraavat tekniset toimenpiteet:

a) Koksivuunien täyttäminen:

- Hiukkaspäästöjen vähentäminen siirrettävässä koksia säiliöstä täyttövaunuihin;

- Suljetut koksinsiirtojärjestelmät käytettäessä kaksin esilämmitystä;

- Syntyvien kaasujen poisto ja sen jälkeinen käsittely, joko ohjaamalla kaasut viereiseen uuniin tai kuljettamalla ne kokoomajohdon kautta polttouuniin ja siihen liitettyyn hiukkasten poistolaitteeseen. Joissakin tapauksissa syntyneet poistokaasut voidaan polttaa täyttövaunuissa, mutta ympäristön kannalta näiden täyttövaunuihin perustuvien järjestelmien suorituskyky ja turvallisuus on edellä mainittuja menetelmiä heikompi. Riittävä imu olisi saatava aikaan suihkuttamalla nousuputkiin höyryä tai vettä;

b) Täyttöaukkojen kansista koksivalmistuksen aikana vuotavat päästöt olisi vältettävä:

- Käyttämällä erittäin tehokkaasti tiivistettyjä täyttöaukkojen kansia;

- Tiivistämällä täyttöaukkojen kannet savella (tai muulla yhtä tehokkaalla materiaalilla) kunkin täyttökerran jälkeen;

- Puhdistamalla täyttöaukkojen kannet ja puitteet ennen täyttöaukon sulkemista;

- Pitämällä uunin kattopinnot puhtaina koksijäämistä;

c) Nousuputkien kannet olisi varustettava vesilukoilla kaasu- ja tervapäästöjen välttämiseksi

sources in a coke battery. The highest BaP concentrations are found on the top of the battery and in the immediate vicinity of the doors.

51. PAH from coke production can be reduced by technically improving existing integrated iron and steel plants. This might entail the closure and replacement of old coke batteries and the general reduction in coke production, for instance by injecting high-value coal in steel production.

52. A PAH reduction strategy for coke batteries should include the following technical measures:

a) Charging the coke ovens:

- Particulate matter emission reduction when charging the coal from the bunker into the charging cars;

- Closed systems for coal transfer when coal pre-heating is used;

- Extraction of filling gases and subsequent treatment, either by passing the gases into the adjacent oven or by passing via a collecting main to an incinerator and a subsequent dedusting device. In some cases the extracted filling gases may be burned on the charging cars, but the environmental performance and safety of these charging-car-based systems is less satisfactory. Sufficient suction should be generated by steam or water injection in the ascension pipes;

b) Emissions at charging hole lids during coking operation should be avoided by:

- Using charging hole lids with highly efficient sealing;

- Luting the charging hole lids with clay (or equally effective material) after each charging operation;

- Cleaning the charging hole lids and frames before closing the charging hole;

- Keeping oven ceilings free from coal residuals;

c) Ascension pipe lids should be equipped with water seals to avoid gas and tar emissions,

seksi ja vesilukkojen asianmukainen toiminta olisi varmistettava puhdistamalla ne säännöllisesti;

d) Koksiiuunin luukkujen käsittelyssä käytettävät koneistot olisi varustettava järjestelmällä, jolla uunin luukkujen puitteissa ja uunin luukuissa olevat tiivisteet pidetään puhtaana;

e) Koksiiuunien luukut:

- Luukuissa olisi oltava erittäin tehokkaat tiivisteet (kuten jousikuormitteiset kalvo-ovet);

- Uunin luukuissa ja luukkujen puitteissa olevat tiivisteet olisi puhdistettava kunnolla kunakin käsittelykerran yhteydessä;

- Luukut olisi suunniteltava siten, että uuniin voidaan asentaa erityinen ulostyönnön yhteydessä käytettävä hiukkasten poistojärjestelmä, joka on (kokoomajohdon välityksellä) yhteydessä hiukkasten poistolaitteeseen;

f) Koksinsiirtokone olisi varustettava siihen liitettävällä kuvulla, kiinteällä kanavalla ja kiinteällä kaasunpuhdistusjärjestelmällä (mieluiten kangassuodattimella);

g) Koksin jäähdyttämässä olisi sovellettava päästöjä vähentäviä menettelyitä, kuten koksin kuivajäähdytystä. Märkäsammutusprosessin korvaamista koksin kuivajäähdytysmenetelmällä olisi suositettava niin kauan kuin jäteveden syntyminen kyetään välttämään käyttämällä suljettua kiertojärjestelmää. Kuivasammutettua koksia käsiteltäessä syntyviä hiukkasia olisi pyrittävä vähentämään.

53. "Muuksi kuin talteenottavaksi koksinvalmistukseksi" nimitetty koksinvalmistusmenetelmä päästää ympäristöön huomattavasti vähemmän PAH-yhdisteitä kuin tavanomainen sivutuotteet talteenottava prosessi. Tämä johtuu siitä, että uunit toimivat negatiivisen paineen alaisina ja estävät koksiiuunien luukuista pääsevät vuodot ilmakehään. Koksauksen aikana raakakoksista syntyvä uunikaasu poistuu uuneista luonnollisen vedon vaikutuksesta, mikä avulla negatiivinen paine uunissa säilyy. Näitä uuneja ei ole tarkoitettu raakakoksin uunikaasuista syntyvien kemiallisten sivutuotteiden talteenottoa varten. Sen sijaan koksauksessa syntyvät poistokaasut (mukaan lukien PAH-yhdisteet) poltetaan tehokkaasti korkeis-

and the proper operation of the seals should be maintained by regular cleaning;

d) Coke oven machinery for operating the coke oven doors should be equipped with systems for cleaning the seals and surfaces on the oven door frames and oven doors;

e) Coke oven doors:

- Highly effective seals should be used (e.g. spring-loaded membrane doors);

- Seals on the oven doors and door frames should be cleaned thoroughly at every handling operation;

- Doors should be designed in a manner that allows the installation of particulate matter extraction systems with connection to a dedusting device (via a collecting main) during pushing operations;

f) The coke transfer machine should be equipped with an integrated hood, stationary duct and stationary gas cleaning system (preferably a fabric filter);

g) Low-emission procedures should be applied for coke cooling, e.g. dry coke cooling. The replacement of a wet quenching process by dry coke cooling should be preferred, so long as the generation of waste water is avoided by using a closed circulation system. The dusts generated when dry quenched coke is handled should be reduced.

53. A coke-making process referred to as "non-recovery coke-making" emits significantly less PAH than the more conventional by-product recovery process. This is because the ovens operate under negative pressure, thereby eliminating leaks to the atmosphere from the coke oven doors. During coking, the raw coke oven gas is removed from the ovens by a natural draught, which maintains a negative pressure in the ovens. These ovens are not designed to recover the chemical by-products from raw coke oven gas. Instead, the offgases from the coking process (including PAH) are burned efficiently at high temperatures and with long residence times. The waste heat from this incineration is

sa lämpötiloissa, ja niillä on pitkät viipymääjat. Tästä palamisesta syntyvä hukkalämpö käytetään koksaukseen energiana, ja ylimääräistä lämpöä voidaan käyttää höyrykehitykseen. Ollakseen taloudellista tällainen koksaukseen saatava edellyttää ylimääräisestä höyrystä sivutuotteena sähköä tuottavan yksikön käyttämistä. Tällä hetkellä Yhdysvalloissa on toiminnassa ainoastaan yksi muu kuin talteenottava koksilaitos; toinen tällainen laitos on toiminnassa Australiassa. Pääasiassa prosessiin kuuluu vaakatasossa oleva yksihorminen talteenottamaton koksiiuuni sekä siihen liitetty kahden uunin polttokammio. Prosessin ansiosta kahta eri uunia voidaan käyttää vuorotellen niin, että toista täytettäessä toisessa valmistetaan koksia. Tämän ansiosta uunin polttokammiossa voi koko ajan polttaa koksikaasuja. Koksikaasun palaminen polttokammiossa toimii tarvittavana lämmönlähteenä. Polttokammio on suunniteltu niin, että viipymäaika on tarvittavan pitkä (noin 1 sekunti) ja lämpötila on korkea (vähintään 900°C).

54. Koksiiuunin tiivisteistä, nousuputkista ja täyttöaukkojen kansista peräisin olevien vuotojen varalta olisi käytettävä tehokasta seurantajärjestelmää. Tämä tarkoittaa vuotojen seuranta ja rekisteröintiä sekä laitosten välitöntä korjausta ja huoltoa. Näin hajapäästöjä voidaan merkittävästi vähentää.

55. Nykyisten koksilaitteistojen jälkiasennus mistä tahansa kuormituslähteestä peräisin olevien savukaasujen tiivistämisen (johon sisältyy lämmön talteenotto) helpottamiseksi saa aikaan sen, että PAH-yhdisteiden päästöt vähenevät vähintään 86 prosenttia ja ilmassa jopa 90 prosenttia (lukuun ottamatta jäteveden käsittelyä). Investointikustannukset voidaan kuolettaa viidessä vuodessa, kun otetaan huomioon talteenotettu energia, lämmin vesi, synteesissä tarvittava kaasu ja säästetty jäähdytysvesi.

56. Koksiiuunien kapasiteetin lisääminen aikaansaa uunien kokonaismäärän, uuninluokun päivittäisten avauskertojen sekä koksilaitteistoissa käytettävien tiivisteiden määrän vähenemisen ja tämän vaikutuksesta PAH-päästöjen vähenemisen. Samoin tuottavuus lisääntyy,

used to provide the energy for coking, and excess heat may be used to generate steam. The economics of this type of coking operation may require a cogeneration unit to produce electricity from the excess steam. Currently there is only one non-recovery coke plant operating in the United States, and one is in operation in Australia. The process is basically a horizontal sole-flue non-recovery coke oven with an incineration chamber adjoining two ovens. The process provides for alternate charging and coking schedules between the two ovens. Thus, one oven is always providing the incineration chamber with coke gases. The coke gas combustion in the incineration chamber provides the necessary heat source. The incineration chamber design provides the necessary dwell time (approximately 1 second) and high temperatures (minimum of 900°C).

54. An effective monitoring programme for leakages from coke oven door seals, ascension pipes and charging hole lids should be operated. This implies the monitoring and recording of leakages and immediate repair or maintenance. A significant reduction of diffuse emissions can thus be achieved.

55. Retrofitting existing coke batteries to facilitate condensation of flue gases from all sources (with heat recovery) results in a PAH reduction of 86% to more than 90% in air (without regard to waste water treatment). Investment costs can be amortized in five years, taking into account recovered energy, heated water, gas for synthesis and saved cooling water.

56. Increasing coke oven volumes results in a decrease in the total number of ovens, oven door openings (amount of pushed ovens per day), number of seals in a coke battery and consequently PAH emissions. Productivity increases in the same way by decreasing

kun käyttö- ja työvoimakustannukset vähenevät.

57. Koksen kuivajähdytysjärjestelmät edellyttävät suurempia investointeja kuin märkämenetelmät. Suurempia käyttökustannuksia voidaan tasoittaa käyttämällä talteenotettu lämpö koksen esilämmitysprosessissa. Koksen kuivajähdytyksen ja esilämmityksen yhdistävässä järjestelmässä energiatehokkuus on 65 prosenttia, kun se aikaisemmassa järjestelmässä on 38 prosenttia. Koksen esilämmitys lisää energiatehokkuutta 30 prosenttia. Edellistä koksausmenetelmää tasaisemman laadun ansiosta tehokkuus lisääntyy kokonaisuudessaan 40 prosenttia.

58. Kaikki kivihiilitervan ja kivihiilitervatuotteiden säilytykseen ja käsittelyyn tarkoitetut säiliöt ja laitteet on varustettava tehokkaalla höyrynkierätyks- ja/tai höyryntiivistysjärjestelmällä. Höyryntiivistysjärjestelmän aiheuttamia käyttökustannuksia voidaan pienentää autoteremisellä jälkipoltolla, jos jätteen sisältämien hiiliyhdisteiden pitoisuus on tarpeeksi suuri.

59. Koksamoissa käytettävät PAH-yhdisteiden päästöjä vähentävät toimenpiteet esitetään taulukossa 4.

operating and personnel costs.

57. Dry coke cooling systems require a higher investment cost than wet methods. Higher operating costs can be compensated for by heat recovery in a process of pre-heating the coke. The energy efficiency of a combined dry coke cooling/coal pre-heating system rises from 38 to 65%. Coal pre-heating boosts productivity by 30%. This can be raised to 40% because the coking process is more homogeneous.

58. All tanks and installations for the storage and treatment of coal tar and coal tar products must be equipped with an efficient vapour recovery return and/or vapour destruction system. The operating costs of vapour destruction systems can be reduced in an autothermal after-burning mode if the concentration of the carbon compounds in the waste is high enough.

59. Table 4 summarizes PAH emission reduction measures in coke production plants.

**Taulukko 4: PAH-yhdisteiden päästöjen vähentäminen koksintuotannossa**

Käsittelyvaihtoehdot	Päästöaso (%) <sup>a/</sup>	Arvioidut kustannukset	Käsittelyyn liittyvät riskit
<p><b>Vanhojen laitosten jälkiasennukset eri kuormituslähteistä peräisin olevien savukaasupäästöjen tiivistämiseksi sisältävät seuraavat toimenpiteet:</b></p> <p>- Uunien täyttämisen aikana syntyvien kaasujen poistaminen tai jälkipoltto ja kaasujen ohjaaminen mahdollisimman syvälle viereiseen uuniin,</p> <p>- Täyttöaukkojen kansista peräisin olevat päästöt olisi vältettävä niin tehokkaasti kuin mahdollista esim. erityisillä aukkojen kansirakenteilla ja erittäin tehokkailla tiivistysmenetelmillä. Koksiiunien luukkujen olisi oltava erittäin tehokkaasti tiivistetyt. Täyttöaukkojen kannet ja puitteet olisi puhdistettava ennen täyttöaukon sulkeamista,</p> <p>- Ulostyönnön yhteydessä syntyvät jätekaasut olisi otettava talteen ja syötettävä hiukkasten poistolaitteeseen,</p> <p>- Nopea jäähdytys kocsinjähdytyksen aikana märkämenetelmin ainoastaan siinä tapauksessa, että se suoritetaan asianmukaisesti ilman jätevettä.</p>	<p>Yhteensä alle 10 (ilman jätevettä)</p> <p>5</p> <p>alle 5</p> <p>alle 5</p>	<p>Suuret</p> <p>(Investointikustannusten kuolettaminen viidessä vuodessa, kun otetaan huomioon energian talteenotto, lämmin vesi, synteesissä tarvittava kaasu ja säästetty jäähdytysvesi.)</p>	<p>Märkäsammutuksen yhteydessä jätevesimäärät ovat hyvin suuria. Tätä menetelmää olisi käytettävä ainoastaan siinä tapauksessa, että vesi käytetään uudelleen suljetussa järjestelmässä.</p>



Käsittelyvaihtoehdot	Päästöaso (%) <sup>a/</sup>	Arvioidut kustannukset	Käsittelyyn liittyvät riskit
<b>Päästöjä vähentävät koksijäähdytysmenetelmät, kuten koksien kuiva-jäähdytys.</b>	Ei päästöjä veteen	Märkäjäähdytykseen verrattuna suuremmat investointikustannukset (mutta koksien esilämmityksen ja hukkalämmön käytön ansiosta pienemmät käyttökustannukset).	
<b>Kapasiteetiltaan suurten uunien käytön lisääminen uunien avauskerrojen ja tiivisteiden pinta-alan pienentämiseksi.</b>	Huomattava	Investoinnit noin 10 prosenttia suuremmat kuin tavannaisten laitosten kohdalla.	Useimmissa tapauksissa tarvitaan kattava jälkiasennus tai uuden koksilaitteiston asennus

a/ Jäljellä olevat päästöjen tasot verrattuna vähentämättömiin päästöihin.

**Table 4: PAH emission control for coke production**

Management options	Emission level (%) <sup>a/</sup>	Estimated costs	Management risks
<b>Retrofitting of old plants with condensation of emitted flue gases from all sources includes the following measures:</b>	Total < 10 (without waste water)	High	Emissions to waste water by wet quenching are very high. This method should be applied only if the water is reused in a closed cycle.
- Evacuation and after-burning of the filling gases during charging of ovens or passing the gases into the adjacent oven as far as possible;	5	(Amortization of investment costs, taking into account energy recovery, heated water, gas for synthesis and saved cooling water, may be 5 years.)	

Management options	Emission level (%) <sup>a/</sup>	Estimated costs	Management risks
<p>- Emissions at charging hole lids should be avoided as far as possible, e.g. by special hole lid construction and highly effective sealing methods. Coke oven doors with highly effective sealings should be used. Cleaning of charging hole lids and frames before closing the charging hole;</p> <p>- Waste gases from pushing operations should be collected and fed to a dedusting device;</p> <p>- Quenching during coke cooling by wet methods only if properly applied without waste water.</p>	<p>&lt;5</p> <p>&lt;5</p>		
<p><b>Low emission procedures for coke cooling, e.g. dry coke cooling.</b></p>	<p>No emissions into water</p>	<p>Higher investment costs than for wet cooling (but lower costs by preheating of coke and use of waste heat.)</p>	
<p><b>Increasing the use of high-volume ovens to lower the number of openings and the surface of sealing areas.</b></p>	<p>Considerable</p>	<p>Investment about 10% higher than conventional plants.</p>	<p>In most cases total retro-fitting or the installation of a new cokery is needed</p>

<sup>a/</sup> Remaining emission compared to unreduced mode.

**B. Anodituotanto**

60. Anodituotannosta peräisin olevia PAH-yhdisteiden päästöjä on käsiteltävä samalla tavoin kuin koksintuotannosta peräisin olevia päästöjä.

61. PAH-epäpuhtauksia sisältävien hiukkasien päästöjen vähentämiseksi käytetään seuraavia jälkitoimenpiteitä:

- a) Tervan sähkösuodatus;
- b) Tavanomaisen tervan sähkösuodattimen ja märkäsähkösuodattimen käyttö teknisen tason tehostamiseksi;
- c) Jätekaasujen poltto jälkilämmössä, ja
- d) Kuivapesu kalkkikiven/öljykoksin tai alumiinioksidin ( $Al_2O_3$ ) avulla.

62. Jälkilämmössä tapahtuvan polton aiheuttamia käyttökustannuksia voidaan vähentää autotermisellä palamisella, mikäli hiiliyhdisteiden pitoisuus jätekaasuissa on riittävän suuri.

Anodituotannosta peräisin olevien PAH-yhdisteiden päästöjen vähentämistoimenpiteet esitetään lyhyesti taulukossa 5.

**B. Anode production**

60. PAH emissions from anode production have to be dealt with in a similar fashion as those from coke production.

61. The following secondary measures for emission reduction of PAH-contaminated dust are used:

- a) Electrostatic tar precipitation;
- b) Combination of a conventional electrostatic tar filter with a wet electrostatic filter as a more efficient technical measure;
- c) Thermal after-burning of the waste gases; and
- d) Dry scrubbing with limestone/petroleum coke or aluminum oxide ( $Al_2O_3$ ).

62. The operating costs in thermal after-burning can be reduced in an autothermal after-burning mode if the concentration of carbon compounds in the waste gas is high enough.

Table 5 summarizes PAH emission control measures for anode production.

**Taulukko 5: Anodituotannosta peräisin olevien PAH-päästöjen vähentämistoimenpiteet**

Käsittelyvaihtoehdot	Päästötaso (%) <sup>a/</sup>	Arvioidut kustannukset	Käsittelyyn liittyvät riskit
<p><b>Vanhentuneiden laitosten nykyi-kaistaminen vähentämällä hajapäästöjä seuraavien toimenpiteiden avulla:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vuotojen vähentäminen,</li> <li>- Joustavien tiivisteiden kiinnittäminen uunien luukkuihin,</li> <li>- Syntyvien kaasujen poistaminen ja sitä seuraava käsittely joko johtamalla kaasut viereiseen uuniin tai johtamalla kaasut kokoomajohtoa pitkin polttouuniin sekä siihen liitettyyn maahan kiinnitettyyn hiukkasten-poistolaitteeseen,</li> <li>- Käyttöjärjestelmät ja koksasuunin luukun jäähdytysjärjestelmät, ja</li> <li>- Koksista peräisin olevien hiukkaspäästöjen poistaminen ja puhdistaminen.</li> </ul>	3 - 10	Suuret	
<p><b>Anodituotannossa Alankomaissa käyttöönotetut tekniikat:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uusi kuivaerottimella varustettu polttouuni (jossa kalkkikiveä/öljykoksia tai alumiinia)</li> <li>- Poistoveden kierrätys massayksikössä.</li> </ul>	45 - 50		Otettu käyttöön Alankomaissa vuonna 1990. Kalkkikiven tai öljykoksin avulla tapahtuva erottelu vähentää PAH-yhdisteitä tehokkaasti; alumiinin avulla tapahtuvan erottelun tehokkuus ei ole tiedossa.

Käsittelyvaihtoehdot	Päästötaso (%) <sup>a/</sup>	Arvioidut kustannukset	Käsittelyyn liittyvät riskit
<b>Paras käytettävissä oleva tekniikka:</b>  - Pölyn sähkösuodatus,  - Poltto jälkilämmössä.	2 - 5  15	Autotermisesti käytettäessä pienet käyttökustannukset.	Laite on puhdistettava tervasta säännöllisesti.  Käyttö autotermisesti mahdollista ainoastaan siinä tapauksessa, että jätökaasun PAH-pitoisuus on suuri.

<sup>a/</sup> Jäljellä olevat päästöjen tasot verrattuna vähentämättömiin päästöihin.

**Table 5: PAH emission control for anode production**

Management options	Emission level (%) <sup>a/</sup>	Estimated costs	Management risks
<b>Modernization of old plants by reducing diffuse emissions with the following measures:</b>  - Reduction of leakages;  - Installation of flexible sealants at the oven doors;  - Evacuation of filling gases and subsequent treatment, either by passing the gases into the adjacent oven or by passing the gases via a collecting main to an incinerator and a subsequent dedusting device on the ground;  - Operating and coke oven cooling systems; and	3 - 10	High	

Management options	Emission level (%) <sup>a/</sup>	Estimated costs	Management risks
- Evacuation and purification of particulate emissions from coke.			
<p><b>Established technologies for anode production in the Netherlands:</b></p> <p>- New kiln with dry scrubber (with limestone/petroleum cokes or with aluminium);</p> <p>- Effluent recycling in paste unit.</p>	45 - 50		Implemented in the Netherlands in 1990. Scrubbing with limestone or petroleum cokes is effective for reducing PAH; with aluminium not known.
<p><b>BAT:</b></p> <p>- Electrostatic dust precipitation; and</p> <p>- Thermal after-burning.</p>	<p>2 - 5</p> <p>15</p>	Lower operating costs in an auto-thermal mode	<p>Regular cleaning of tar is needed.</p> <p>Operating in auto-thermal mode only if the concentration of PAH in the waste gas is high.</p>

<sup>a/</sup> Remaining emission compared to unreduced mode.

### C. Alumiiniteollisuus

63. Alumiinia tuotetaan alumiinioksidista ( $Al_2O_3$ ) sähköisesti sarjaksi kytketyissä astioissa (kennoissa) elektrolyysin avulla. Astiat luokitellaan käytetyn anodityypin mukaan joko panosastioiksi tai Söderbergin astioiksi.

64. Panosastioissa on anodeja, jotka koostuvat vaihdettavista kalsinoiduista (käsitellyistä) hiilisauvoista. Söderbergin anodit käsitellään kennossa öljykoksin ja kivihiilipien muodostaman seoksen toimiessa sideaineena.

65. Söderbergin prosessissa vapautuu hyvin suuret määrät PAH-päästöjä. Päästöjä vähentävät esitoimenpiteet sisältävät nykyisten laitojen nykyaikaistamisen ja prosessioptimoinnin; toimenpiteiden avulla PAH-päästöjä voidaan vähentää 70 - 90 prosenttia. Päästöt voidaan laskea tasolle 0,015 kg bentso(a)pyreeniä/alumiinitonni. Nykyisten Söderbergin astioiden korvaaminen panosastioilla edellyttäisi nykyisten prosessien huomattavaa uudelleenjärjestämistä, mutta poistaisi PAH-päästöt lähes kokonaan. Kyseisestä korvaamisesta aiheutuvat pääomakustannukset ovat hyvin korkeat.

66. Alumiinituotannossa käytettävät PAH-päästöjen vähentämistoimenpiteet esitetään lyhyesti taulukossa 6.

### C. Aluminium industry

63. Aluminium is produced from aluminium oxide ( $Al_2O_3$ ) by electrolysis in pots (cells) electrically connected in series. Pots are classified as prebake or Soederberg pots, according to the type of the anode.

64. Prebake pots have anodes consisting of calcined (baked) carbon blocks, which are replaced after partial consumption. Soederberg anodes are baked in the cell, with a mixture of petroleum coke and coal tar pitch acting as a binder.

65. Very high PAH emissions are released from the Soederberg process. Primary abatement measures include modernization of existing plants and optimization of the processes, which could reduce PAH emissions by 70-90%. An emission level of 0.015 kg B(a)P/tonne of Al could be reached. Replacing the existing Soederberg cells by prebaked ones would require major reconstruction of the existing process, but would nearly eliminate the PAH emissions. The capital costs of such replacements are very high.

66. Table 6 summarizes PAH emission control measures for aluminium production.

**Taulukko 6: PAH-päästöjen vähentämistoimenpiteet Söderbergin prosessia käyttävässä alumiinituotannossa**

Käsittelyvaihtoehdot	Päästötaso (%) <sup>a/</sup>	Arvioidut kustannukset	Käsittelyyn liittyvät riskit
<p><b>Söderbergin elektrodien korvaaminen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Käsittelyillä elektrodeilla (pikeä sisältävien sideaineiden välttäminen),</li> <li>- Inerteillä anodeilla.</li> </ul>	3 - 30	Suuret elektrodikustannukset, noin 800 miljoonaa USD	Söderbergin elektrodit ovat käsiteltyjä elektrodeja edullisempia, koska niitä käytettäessä ei tarvita lainkaan anodien käsittelylaitosta. Tutkimus etenee koko ajan, mutta odotukset ovat vaatimattomat. Tehokas käyttö ja päästöjen seuranta ovat päästöjen vähentämisen olennaiset osat. Heikko suorituskyky saattaisi aiheuttaa merkittäviä hajapäästöjä.
<b>Suljetut käsittelyjärjestelmät, joissa on keskitetty alumiinansyöttö, tehokas prosessinohjaus sekä astiaa täydellisesti suojaavat kuvut, jotka mahdollistavat ilman epäpuhtauksien tehokkaan talteenoton.</b>	1 - 5		
<b>Söderbergin astia, johon kuuluvat pystysuorat liitinpidikkeet sekä jätekaasujen talteenottojärjestelmät.</b>	yli 10	Söderbergin teknologian jälkiasennus koteloinnin ja syöttökohteen muuton avulla: USD 50 000 - 10 000 uunia kohden	Hajapäästöjä ilmenee syötön ja pinnan repeämisen yhteydessä sekä käännettäessä rautaisia kosketusliittimiä yläasentoon.
<b>Sumitomo-teknologia (anodibriketit VSS-prosessia varten).</b>		Pienet - keskisuuret	



Käsittelyvaihtoehdot	Päästötaso (%) <sup>a/</sup>	Arvioidut kustannukset	Käsittelyyn liittyvät riskit
<b>Kaasupuhdistus:</b> - Tervan sähkösuodattimet,  - Tavanomaisten tervan sähkösuodattimien ja kaasujen märkäsähkösuodatuksen yhdistäminen,  - Poltto jälkilämmössä.	2 - 5   yli 1	Pienet   Keskisuuret	Suuri kipinöinti ja valokaaret; kaasujen märkäpesu synnyttää jättevettä.
<b>Pien- ja korkeamman sulamispisteen käyttö (HSS + VSS).</b>	Suuret	Pienet - Keskisuuret	
<b>Kuivapesun käyttö nykyisissä HSS + VSS-laitoksissa.</b>		Pienet - Keskisuuret	

a/ Jäljellä olevat päästöjen tasot verrattuna vähentämättömiin päästöihin.

**Table 6: PAH emission control for aluminium production using the Soederberg process**

Management options	Emission level (%) <sup>a/</sup>	Estimated costs	Management risks
<b>Replacement of Soederberg electrodes by:</b> - Prebaked electrodes (avoidance of pitch binders); - Inert anodes.	3 - 30	Higher costs for electrodes about US\$ 800 million	Soederberg electrodes are cheaper than prebaked ones, because no anode baking plant is needed. Research is in progress, but expectations are low. Efficient operation and monitoring of emission are essential parts of emission control. Poor performance could cause significant diffuse emissions.

Management options	Emission level (%) <sup>a/</sup>	Estimated costs	Management risks
<b>Closed prebake systems with point feeding of alumina and efficient process control, hoods covering the entire pot and allowing efficient collection of air pollutants.</b>	1 - 5		
<b>Soederberg pot with vertical contact bolts and waste gas collection systems.</b>	> 10	Retrofit of Soederberg technology by encapsulation and modified feeding point: US\$ 50,000 - 10,000 per furnace	Diffuse emissions occur during feeding, crust breaking and lifting of iron contact bolts to a higher position.
<b>Sumitomo technology</b> (anode briquettes for VSS process).		Low - medium	
<b>Gas cleaning:</b>  - Electrostatic tar filters;	2 - 5	Low	High rate of sparking and electrical arcing; Wet gas-cleaning generates waste water.
- Combination of conventional electrostatic tar filters with electrostatic wet gas cleaning;  - Thermal after-burning.	> 1	Medium	
<b>Pitch use with higher melting point</b> (HSS + VSS).	High	Medium low - medium	
<b>Use of dry scrubbing in existing HSS + VSS plants.</b>		Medium - high	

<sup>a/</sup> Remaining emission compared to unreduced mode.

## D. Pienpoltto

67. Pienpolton yhteydessä PAH-yhdisteitä pääsee ympäristöön uuneista tai avotakoista erityisesti käytettäessä polttoaineena puuta tai hiiltä. Pienpoltto voi olla merkittävä PAH-päästöjen lähde. Tämä johtuu takkojen ja kiinteitä polttoaineita käyttävien pienikokoisten polttolaitteiden käytöstä pienpoltossa. Joissakin maissa takkojen tavanomaisena polttoaineena käytetään hiiltä. Hiilenpoltouunit päästävät puunpoltouuneja vähemmän PAH-yhdisteitä ympäristöön, koska hiilenpoltouuneissa polttolämpötila on suurempi ja polttoaineiden laatu on tasaisempi.

68. Tämän lisäksi optimoiduin käyttöominaisuuksin (esim. polttoaika) varustetut polttojärjestelmät vähentävät pienpoltosta peräisin olevia PAH-päästöjä tehokkaasti. Optimoidut poltto-ominaisuudet sisältävät optimoitujen polttokammioiden suunnittelun sekä optimoidun ilmansyötön. Käytettävissä on useita tekniikoita, joilla poltto-olosuhteet voidaan optimoida ja päästöjä vähentää. Erilaisten tekniikoiden synnyttämien päästöjen välillä on merkittäviä eroja. Nykyaikaisella parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa hyödyntävällä puulämmitteisellä lämmityskattilalla, jossa on kuumavesivaraaja, päästöjä voidaan vähentää 90 prosenttia verrattuna vanhentuneeseen, ilman kuumavesivaraajaa toimivaan lämmityskattilaan. Nykyaikaisessa lämmityskattilassa on kolme eri osaa: tulisija puun kaasunnuuttamista varten, keraamisia tai muita materiaaleja sisältävä kaasunpoltto-osa, joka kestää noin 1 000°C:n lämpötilan, sekä lämpöä johtava osa. Lämpöä johtavan osan, jossa vesi absorboi lämmön, olisi oltava riittävän pitkä ja tehokas, jotta kaasun lämpötila ehtisi laskea 1000:sta 250°C:seen tai sen alle. Käytettävissä on myös useita tekniikoita, joilla vanhojen ja vanhentuneiden lämmityskattiloiden toimintaa voidaan tehostaa esimerkiksi kuumavesivaraajien, keraamisten syöttimien ja pelletinpolttimien avulla.

69. Palamisnopeuksien tehostaminen johtaa hiilimonoksidin (CO), hiilen kokonaispäästöjen ja PAH-päästöjen vähenemiseen. CO:n ja hii-

## D. Residential combustion

67. PAH emissions from residential combustion can be detected from stoves or open fireplaces especially when wood or coal is used. Households could be a significant source of PAH emissions. This is the result of the use of fireplaces and small firing installations burning solid fuels in households. In some countries the usual fuel for stoves is coal. Coal-burning stoves emit less PAH than wood-burning ones, because of their higher combustion temperatures and more consistent fuel quality.

68. Furthermore, combustion systems with optimized operation characteristics (e.g. burning rate) effectively control PAH emissions from residential combustion. Optimized combustion conditions include optimized combustion chamber design and optimized supply of air. There are several techniques which optimize combustion conditions and reduce emissions. There is a significant difference in emissions between different techniques. A modern wood-fired boiler with a water accumulation tank, representing BAT, reduces the emission by more than 90% compared to an outdated boiler without a water accumulation tank. A modern boiler has three different zones: a fireplace for the gasification of wood, a gas combustion zone with ceramics or other material which allow temperatures of some 1000°C, and a convection zone. The convection part where the water absorbs the heat should be sufficiently long and effective so that the gas temperature can be reduced from 1000°C to 250°C or less. There are also several techniques to supplement old and outdated boilers, for example with water accumulation tanks, ceramic inserts and pellet burners.

69. Optimized burning rates are accompanied by low emissions of carbon monoxide (CO), total hydrocarbons (THC) and PAHs. Setting

len kokonaispäästöjä koskevien raja-arvojen (tyyppihyväksyntää koskevat asetukset) asettaminen vaikuttaa myös PAH-päästöihin. Määrältään vähäiset CO:n ja hiilen kokonaispäästöt aikaansaavat määrältään vähäisiä PAH-päästöjä. Koska PAH-päästöjen mittaaminen on huomattavasti kalliimpaa kuin CO-päästöjen mittaaminen, on kustannustehokkaampaa asettaa raja-arvot CO:n ja hiilen kokonaispäästöille. Työskentelyä enintään 300 kW:n hiili- ja puulämmitteisten lämmityskattiloiden CEN-standardia koskevan ehdotuksen laatimiseksi jatketaan (katso taulukko 7).

limits (type approval regulations) on the emission of CO and THCs also affects the emission of PAHs. Low emission of CO and THCs results in low emission of PAHs. Since measuring PAH is far more expensive than measuring CO, it is more cost-effective to set a limit value for CO and THCs. Work is continuing on a proposal for a CEN standard for coal- and wood-fired boilers up to 300 kW (see table 7).

**Taulukko 7: Luonnokset CEN-standardeiksi vuonna 1997**

Luokka	Teho (kW)	3	2	1	3	2	1	3	2	1
		CO			Hiilivetyjen kokonaispäästöt			Hiukkaset		
Manuaalinen	alle 50	5 000	8 000	25 000	150	300	2 000	150/125	180/150	200/180
	50-150	2 500	5 000	12 500	100	200	1 500	150/125	180/150	200/180
	yli 150-300	1 200	2 000	12 500	100	200	1 500	150/125	180/150	200/180
Auto- maattinen	alle 50	3 000	5 000	15 000	100	200	1 750	150/125	180/150	200/180
	50-150	2 500	4 500	12 500	80	150	1 250	150/125	180/150	200/180
	yli 150-300	1 200	2 000	12 500	80	150	1 250	150/125	180/150	200/180

Huomaa: Päästötasot mg/m<sup>3</sup> happipitoisuuden ollessa 10 prosenttia.

**Table 7: Draft CEN standards in 1997**

Class	Effect (kW)	3	2	1	3	2	1	3	2	1
		CO			THC			Particulates		
Manual	< 50	5 000	8 000	25 000	150	300	2 000	150/125	180/150	200/180
	50-150	2 500	5 000	12 500	100	200	1 500	150/125	180/150	200/180
	>150-300	1 200	2 000	12 500	100	200	1 500	150/125	180/150	200/180
Automatic	< 50	3 000	5 000	15 000	100	200	1 750	150/125	180/150	200/180
	50-150	2 500	4 500	12 500	80	150	1 250	150/125	180/150	200/180
	> 150-300	1 200	2 000	12 500	80	150	1 250	150/125	180/150	200/180

Note: Emission levels in mg/m<sup>3</sup> at 10% O<sub>2</sub>.

70. Pienpolton puunpolttouuneista peräisin olevia päästöjä voidaan vähentää:

a) Nykyisten uunien osalta asianmukaista uunien käyttöä, yksinomaan käsittelemättömän puun käyttöön kannustamista, polttoaineiden käsittelyjärjestelmiä sekä puun kosteudenpoistomenetelmiä koskevalla yleisellä tiedottamisella ja tietoisuutta lisäävillä ohjelmilla;

b) Uusien uunien osalta soveltamalla CEN-standardiluonnoksen (ja Yhdysvaltojen ja Kanadan vastaavien tuotestandardien) mukaisia tuotestandardia.

71. PAH-päästöjä vähentäviä yleisiä toimenpiteitä ovat pienpolton keskuslämmitysjärjestelmien kehittämiseen sekä energiansäästöön liittyvät toimenpiteet, kuten tehostettu lämmöneristys energiankulutuksen vähentämiseksi.

72. Tiedot esitetään lyhyesti taulukossa 8.

70. Emissions from residential wood combustion stoves can be reduced:

a) For existing stoves, by public information and awareness programmes regarding proper stove operation, the use of untreated wood only, fuel preparation procedures and the correct seasoning of wood for moisture content; and

b) For new stoves, by the application of product standards as described in the draft CEN standard (and equivalent product standards in the United States and Canada).

71. More general measures for PAH emission reduction are those related to the development of centralized systems for households and energy conservation such as improved thermal insulation to reduce energy consumption.

72. Information is summarized in table 8.

**Taulukko 8: Pienpoltosta peräisin olevien PAH-päästöjen vähentämistä koskevat toimenpiteet**

Käsittelyvaihtoehdot	Päästötaso (%) <sup>a/</sup>	Arvioidut kustannukset	Käsittelyyn liittyvät riskit
<b>Kuivan hiilen ja kuivan puun käyttö (kuiva puu on puuta, jota on varastoitettu vähintään 18 - 24 kuukautta).</b>	Suuri tehokkuus		
<b>Kuivan hiilen käyttö.</b>	Suuri tehokkuus		
<b>Kiinteiden polttoaineiden järjestelmien suunnittelu optimoitujen, täydellisen palamisen takaavien olosuhteiden luomiseksi:</b>  - Kaasuuntumisosa,  - Palaminen keraamisissa osissa,  - Tehokas lämpöä johtava osa.	55	Keskisuuret	Uunien valmistajien kanssa on käytävä neuvotteluja uunien hyväksymisjärjestelmän käyttööntottamiseksi.
<b>Kuumavesivaraaja.</b>			
<b>Tekniset ohjeet käytön tehostamiseksi.</b>  <b>Yleinen puunpoltouunien käyttöä koskeva tiedotusohjelma.</b>	30 - 40	Pienet	Voidaan saavuttaa myös tehokkaalla yleiskoulutuksella, johon yhdistetään käytännön ohjeita ja uunityyppejä koskevia säännöksiä.

<sup>a/</sup> Jäljellä olevat päästöjen tasot verrattuna vähentämättömiin päästöihin.

**Table 8: PAH emission control for residential combustion**

<b>Management options</b>	<b>Emission level (%)<sup>a/</sup></b>	<b>Estimated costs</b>	<b>Management risks</b>
<b>Use of dried coal and wood (dried wood is wood stored for at least 18-24 months).</b>	High effectiveness		
<b>Use of dried coal.</b>	High effectiveness		
<b>Design of heating systems for solid fuels to provide optimized complete burning conditions:</b>  - Gasification zone;  - Combustion with ceramics;  - Effective convection zone.	55	Medium	Negotiations have to be held with stove manufacturers to introduce an approval scheme for stoves.
<b>Water accumulation tank.</b>			
<b>Technical instructions for efficient operation.</b>  <b>Public information programme concerning the use of wood-burning stoves.</b>	30 -40	Low	Might be achieved also by vigorous public education, combined with practical instructions and stove type regulation.

<sup>a/</sup> Remaining emission compared to unreduced mode.

### E. Puunsuojausta harjoittavat laitokset

73. Puunsuojaus, jossa käytetään PAH-yhdisteitä sisältäviä kivihiilitervatuotteita, on yksi merkittävä ilmakehään vapautuvien PAH-päästöjen lähde. Päästöt voivat aiheutua joko itse puun kyllästysprosessin tai ulkoilmassa tapahtuvan kyllästetyn puun varastoinnin, käsittelyn tai käytön aikana.

74. Laajimmin käytetyt PAH-yhdisteitä sisältävät kivihiilitervatuotteet ovat karbolineumi ja kreosootti. Molemmat aineet ovat PAH-yhdisteitä sisältäviä kivihiilitervatisleitä, joita käytetään puutavaran (puun) suojaamiseen luonnolliselta lahoamiselta.

75. Puunsuojaamisesta, puunsuojauslaitteistoista ja varastointitiloista vapautuvia PAH-päästöjä voidaan vähentää soveltamalla erilaisia lähestymistapoja joko erikseen tai yhdistelmänä, kuten:

a) Varastointiolosuhteita koskevat vaatimukset huuhtoutuneiden PAH-yhdisteiden sekä sadeveteen joutuneiden epäpuhtauksien aiheuttaman maa- ja pintavesien saastumisen ehkäisemiseksi (kuten sadeveden pitäminen pois varastointitiloista, kattojen peittäminen, epäpuhtauksia sisältävän veden käyttäminen uudelleen kyllästysprosessissa, valmistettuja materiaaleja koskevat laatuvaatimukset);

b) Kyllästyslaitoksista ilmakehään vapautuvia päästöjä vähentävät toimenpiteet (esimerkiksi kuuma puutavara olisi jäähdytettävä 90°C:sta vähintään 30°C:seen ennen sen kuljettamista varastotiloihin). Kuitenkin parhaana käytettävissä olevana tekniikkana olisi suositava vaihtoehtoista menetelmää, jossa painehöyryä käytetään tyhjiössä puun kyllästämiseen kreosootilla;

c) Puunsuoja-aineiden optimaalinen käyttö, jossa käsitellylle puutuotteelle annetaan asianmukainen suoja paikan päällä, voidaan pitää parhaana käytettävissä olevana tekniikkana, koska tämä tekniikka vähentää kuljetustarvetta ja puunsuojauslaitoksista peräisin olevia päästöjä;

### E. Wood preservation installations

73. Wood preservation with PAH-containing coal-tar products may be a major source of PAH emissions to the air. Emissions may occur during the impregnation process itself as well as during storage, handling and use of the impregnated wood in the open air.

74. The most widely used PAH-containing coal-tar products are carbolineum and creosote. Both are coal tar distillates containing PAHs for the protection of timber (wood) against biological attack.

75. PAH emissions from wood preservation, installations and storage facilities may be reduced using several approaches, implemented either separately or in combination, such as:

a) Requirements on storage conditions to prevent pollution of soil and surface water by leached PAH and contaminated rainwater (e.g. storage sites impermeable to rainwater, roof cover, reuse of contaminated water for the impregnation process, quality demands for the material produced);

b) Measures to reduce atmospheric emissions at impregnation plants (e.g. the hot wood should be cooled down from 90°C to 30°C at least before transport to storage sites. However, an alternative method using pressure steam under vacuum conditions to impregnate the wood with creosote should be highlighted as BAT);

c) The optimum loading of wood preservative, which gives adequate protection to the treated wood product *in situ*, can be regarded as a BAT as this will reduce the demand for replacements, thereby reducing emissions from the wood preservation installations;



d) Sellaisten puunsuojaustuotteiden käyttäminen, joissa on vähäinen määrä pysyviksi orgaanisiksi yhdisteiksi luokiteltavia PAH-yhdisteitä:

- Mahdollisesti käyttämällä muunnettua kreoosottia, jota voidaan pitää 270 - 355°C:n lämpötilassa kiehuvana tislaujakeena, minkä avulla voidaan vähentää sekä helpommin haihtuvien että raskaampien ja myrkyllisempien PAH-yhdisteiden päästöjä;

- Myös karbolineumin käytön rajoittaminen vähentäisi PAH-päästöjä;

e) PAH-pohjaisten tuotteiden käyttöä vähentävien, taulukossa 9 esitettyjen kaltaisten vaihtoehtojen arvioiminen ja tämän jälkeen niiden käyttäminen soveltuvin osin.

76. Kyllästetyn puun polttaminen lisää PAH-yhdisteiden päästöjä ja synnyttää muita haitallisia aineita. Mikäli kyseistä polttamista tapahtuu, sen olisi tapahduttava asianmukaisella vähennystekniikalla varustetuissa laitoksissa.

d) Using wood preservation products with a lower content of those PAHs that are POPs:

- Possibly using modified creosote which is taken to be a distillation fraction boiling between 270°C and 355°C, which reduces both the emissions of the more volatile PAHs and the heavier, more toxic PAHs;

- Discouraging the use of carbolineum would also reduce PAH emissions;

e) Evaluating and then using, as appropriate, alternatives, such as those in table 9, that minimize reliance on PAH-based products.

76. Burning of impregnated wood gives rise to PAH emissions and other harmful substances. If burning does take place, it should be done in installations with adequate abatement techniques.

**Taulukko 9: PAH-pohjaisia tuotteita käsittävän puunsuojauksen vaihtoehdot**

<b>Eri käsittelyvaihtoehdot</b>	<b>Käsittelyyn liittyvät riskit</b>
<p>Vaihtoehtoisten materiaalien käyttäminen rakentamisessa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kestävällä tavalla tuotettu kovapuu (reunavallit, aidat, portit),</li> <li>- Muovit (puutarhatolpat),</li> <li>- Betoni (ratapölkkyt),</li> <li>- Keinotekoisien rakenteiden korvaaminen luonnonrakenteilla (reunavallit, aidat, jne.),</li> <li>- Käsittelemättömän puun käyttäminen.</li> </ul> <p>Kehitteillä on useita vaihtoehtoisia puunsuojateknikoita, jotka eivät sisällä puun kylästystä PAH-pohjaisilla tuotteilla.</p>	<p>Muita ympäristöongelmia on arvioitava, tällaisia ovat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Soveltuvalla tavalla tuotetun puun saataavuus,</li> <li>- Muovien, erityisesti PVC:n, tuotannosta ja hävittämisestä syntyvät päästöt.</li> </ul>

**Table 9: Possible alternatives to wood preservation involving PAH-based products**

<b>Management options</b>	<b>Management risks</b>
<p>Use of alternative materials for application in construction:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sustainably produced hardwood (riverbanks, fences, gates);</li> <li>- Plastics (horticulture posts);</li> <li>- Concrete (railway sleepers);</li> <li>- Replacement of artificial constructions by natural ones (such as riverbanks, fences, etc.);</li> <li>- Use of untreated wood.</li> </ul> <p>There are several alternative wood-preserving techniques in development which do not include impregnation with PAH-based products.</p>	<p>Other environmental problems have to be evaluated such as:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Availability of suitably produced wood;</li> <li>- Emissions caused by the production and disposal of plastics, especially PVC.</li> </ul>

**Liite VI****RAJA-ARVOJEN SEKÄ PARHAAN  
KÄYTETTÄVISSÄ OLEVAN TEKNI-  
KAN KÄYTTÖNOTTOA KOSKEVA  
AIKATAULU UUSIEN JA NYKYIS-  
TEN KIINTEIDEN LÄHTEIDEN  
OSALTA**

Raja-arvojen ja parhaan käytettävissä olevan tekniikan käyttööntoa koskeva aikataulu on seuraava:

a) uudet kiinteät lähteet: kaksi vuotta tämän pöytäkirjan voimaantulopäivästä;

b) nykyiset kiinteät lähteet: kahdeksan vuotta tämän pöytäkirjan voimaantulopäivästä. Tarvittaessa tätä ajanjaksoa voidaan pidentää tiettyjen nykyisten kiinteiden lähteiden osalta kansallisessa lainsäädännössä säädetyn siirtymäjaksan mukaisesti.

**Annex VI****TIMESCALES FOR THE  
APPLICATION OF LIMIT VALUES  
AND BEST AVAILABLE  
TECHNIQUES TO NEW AND  
EXISTING STATIONARY SOURCES**

The timescales for the application of limit values and best available techniques are:

a) For new stationary sources: two years after the date of entry into force of the present Protocol;

b) For existing stationary sources: eight years after the date of entry into force of the present Protocol. If necessary, this period may be extended for specific existing stationary sources in accordance with the amortization period provided for by national legislation.

## Liite VII

**LIKKUVISTA LÄHTEISTÄ PERÄISIN OLEVIENT PYSYVIEN ORGAANISTEN  
YHDISTEIDEN PÄÄSTÖJÄ KOSKEVAT SUOSITELLUT VÄHENTÄMISTOI-  
MENPITEET**

1. Asian kannalta merkitykselliset määritelmät ovat tämän pöytäkirjan liitteessä III.

**I. UUSIA AJONEUVOJA KOSKEVAT SAAVUTETTAVISSA OLEVAT PÄÄSTÖTASOT SEKÄ POLTTOAINEITA KOSKEVAT MUUTTUJAT**

**A. Uusia ajoneuvoja koskevat saavutettavissa olevat päästötasot**

2. Dieselkäyttöiset henkilöajoneuvot

Vuosi	Vertailukohde	Raja-arvot	
		Hiilivety- ja No <sub>x</sub> -määrä	Hiukkasmäärä
1.1.2000	Kaikki	0,56 g/km	0,05 g/km
1.1.2005 (viitteellinen)	Kaikki	0,3 g/km	0,025 g/km

3. Raskaat ajoneuvot

Vuosi/testisykli	Raja-arvot	
	Hiilivety määrä	Hiukkasmäärä
1.1.2000/ESC-sykli	0,66 g/kWh	0,1 g/kWh
1.1.2000/ETC-sykli	0,85 g/kWh	0,16 g/kWh

4. Muut kuin tieliikenneajoneuvot

Vaihe 1 (viite: ECE:n sääntö No.96) \*/

Nettoteho (P) (kW)	Hiilivety määrä	Hiukkasmäärä
P ≥ 130	1,3 g/kWh	0,54 g/kWh
75 ≤ P < 130	1,3 g/kWh	0,70 g/kWh
37 ≤ P < 75	1,3 g/kWh	0,85 g/kWh

\*/ Yhtenäiset määräykset maanviljelys- ja metsätraktoreihin asennettavien ahdinmoottoreiden hyväksynnästä moottoreista peräisin olevien epäpuhtauksien päästöjen osalta. Sääntö tuli voimaan 15 päivänä joulukuuta 1995, ja asetuksen muutos tuli voimaan 5 päivänä maaliskuuta 1997.

Vaihe 2

Nettoteho (P) (kW)	Hiilivetymassa	Hiukkasmassa
0 ≤ P < 18	1,5 g/kWh	0,8 g/kWh
18 ≤ P < 37	1,3 g/kWh	0,4 g/kWh
37 ≤ P < 75	1,0 g/kWh	0,3 g/kWh
75 ≤ P < 130	1,0 g/kWh	0,2 g/kWh
130 ≤ P < 560		

**B. Polttoaineita koskevat muuttujat**

## 5. Dieselpolttoaine

Muuttuja	Yksikkö	Raja-arvot		Testimenetelmä
		Vähimmäisarvo (2000/2005) <sup>*/</sup>	Enimmäisarvo (2000/2005) <sup>*/</sup>	
Setaaniluku	kg/m <sup>3</sup>	51/N.S.	-	ISO 5165
Tiheys 15°C:ssa	°C	-	845/N.S.	ISO 3675
Haihtuvuus (95%)	massa-%	-	360/N.S.	ISO 3405
PAH-yhdisteet	ppm	-	11/N.S.	prIP 391
Rikki		-	350/50 <sup>**/</sup>	ISO 14956

N.S.: Ei määritelty.

\*/ Arvo 1. tammikuuta kyseisenä vuonna.

\*\*/ Ohjearvo.

**II. POLTTOAINEISSA JA VOITELUAINEISSA KÄYTETTÄVIEN HALOGENOITUJEN PUHDISTAVIEN LISÄAINEIDEN KÄYTTÖÄ KOSKEVAT RAJOITUKSET**

6. Joissakin maissa 1,2-dibromimetaania käytetään yhdessä 1,2-dikloorimetaanin kanssa lyijypitoisen bensiinin puhdistavana lisäaineena. Tämän lisäksi PCDD/F-aineita muodostuu koneissa polttoprosessien aikana. Kolmitiekatalysaattoreiden käyttö autoissa edellyttää lyijyttömän polttoaineen käyttöä. Puhdistavien lisäaineiden ja muiden halogeeneja sisältävien yhdisteiden käyttöä lisäaineina bensiinissä ja muissa polttoaineissa olisi vältettävä mahdollisimman tehokkaasti.

7. Tieliikennemootoriajoneuvojen pakokaasujen PCDD/F-aineiden päästöjen vähentämistoimenpiteet esitetään lyhyesti taulukossa 1.

**Taulukko 1: Tieliikennemootoriajoneuvojen pakokaasujen PCDD/F-aineiden päästöjen vähentämistoimenpiteet**

Käsittelyvaihtoehdot	Käsittelyyn liittyvät riskit
<p>Halogenoitujen yhdisteiden polttoaineisiin lisäämisen välttäminen</p> <p>- 1,2-dikloorimetaani</p> <p>- 1,2-dikloorimetaani ja vastaavat bromiyhdisteet kipinäsytytysmoottoreiden lyijypitoisissa polttoaineissa käytettyinä puhdistavina lisäaineina</p> <p>(bromiyhdisteet saattavat johtaa bromattujen dioksiinien tai furaanien muodostumiseen.)</p> <p>Halogenoitujen lisäaineiden välttäminen polttoaineissa ja voiteluaineissa.</p>	<p>Halogenoidut puhdistavat lisäaineet poistuvat käytöstä, kun lyijypitoisten polttoaineiden markkinat supistuvat kipinäsytytysmoottoreissa käytettävien silmukaltaan suljettujen kolmitiekatalysaattoreiden lisääntyvän käytön vuoksi.</p>

### III. LIIKKUVISTA LÄHTEISTÄ AIHEUTUVIA PYSYVIEN ORGAANISTEN YHDISTEIDEN PÄÄSTÖJÄ KOSKEVAT TORJUNTATOIMENPITEET

#### A. Moottoriajoneuvoista aiheutuvat pysyvien orgaanisten yhdisteiden päästöt

8. Moottoriajoneuvoista aiheutuvat pysyvien orgaanisten yhdisteiden päästöt ovat hiukkasiin sitoutuneita PAH-yhdisteitä, jotka vapautuvat ilmakehään dieselkäyttöisistä ajoneuvoista. PAH-yhdisteitä pääsee ilmakehään vähäisiä määriä myös bensiinikäyttöisistä ajoneuvoista.

9. Voiteluöljyt ja polttoaineet saattavat sisältää halogenoituja yhdisteitä öljyjen ja polttoaineiden lisäaineina tai tuotantoprosessien takia. Nämä yhdisteet saattavat muuntua palamisen yhteydessä PCDD/F-yhdisteiksi, ja tämän jälkeen ne saattavat vapautua ilmakehään pakokaasujen mukana.

#### B. Tarkastus ja huolto

10. Dieselkäyttöisten liikkuvien lähteiden osalta PAH-yhdisteiden päästöjen vähentämisen tehokkuus voidaan varmistaa ohjelmilla, joissa liikkuvat lähteet testataan säännöllisesti mittaamalla hiukkaspäästöt, mittaamalla läpinäkyttömyys vapaan kiihdytyksen aikana tai käyttämällä muita vastaavia menetelmiä.

11. Bensiinikäyttöisten liikkuvien lähteiden osalta PAH-yhdisteiden (muiden pakokaasun ainesosien lisäksi) päästöjen vähentämisen tehokkuus voidaan varmistaa ohjelmilla, joissa polttoaineiden annostelu ja katalysaattorin tehokkuus testataan säännöllisesti.

### **C. Diesel- ja bensiinikäyttöisistä moottoriajoneuvoista peräisin olevien PAH-yhdisteiden päästöjen vähentämistekniikat**

#### 1. Vähennysteknologiaa koskevat yleiset näkökohdat

12. On tärkeää varmistaa se, että ajoneuvojen suunnittelussa otetaan huomioon päästöjä koskevat standardit koko ajoneuvon käyttöiän osalta. Tämä voidaan toteuttaa varmistamalla tuotannon vaatimustenmukaisuus, koko kestävyys käyttöiän aikana, päästöjä vähentäviä rakenneosia koskeva takuu sekä viallisten ajoneuvojen kunnostus. Käytössä olevien ajoneuvojen osalta päästöjen vähentämisen jatkuvuus voidaan varmistaa tehokkaan tarkastus- ja huolto-ohjelman avulla.

#### 2. Päästöjen vähentämistä koskevat tekniset toimenpiteet

13. Seuraavat PAH-päästöjen vähentämistoimenpiteet ovat tärkeitä:

- a) Polttoaineiden laatuvaatimukset ja moottoreiden säätäminen päästöjen vähentämiseksi (esitoimenpiteet);
- b) Pakokaasujen käsittelyjärjestelmien, kuten hapettavien katalysaattoreiden tai hiukkaserottimien asentaminen (jälkitoimenpiteet).

##### 1) Dieselmoottorit

14. Dieselpolttoaineen muuntamisella voidaan saavuttaa kahdenlaista etua: pienentynyt rikkipitoisuus vähentää hiukkaspäästöjä ja lisää hapettavien katalyyttien muuntotehokkuutta, ja di- ja tri- aromaattisten yhdisteiden väheneminen vähentää PAH-yhdisteiden muodostumista ja päästöjä.

15. Yksi päästöjä vähentävä esitoimenpide on moottorin muuntaminen entistä täydellisemmän palamisen saavuttamiseksi. Käytössä on useita erilaisia muuntotapoja. Yleensä ajoneuvojen pakokaasujen koostumukseen vaikuttavat muutokset polttokammion suunnittelussa ja tavallista suurempi polttoaineen ruiskutusaine. Tällä hetkellä useimmissa dieselmoottoreissa käytetään mekaanisia moottorin ohjausjärjestelmiä. Uusissa moottoreissa käytetään yhä enemmän tietokoneistettuja elektronisia ohjausjärjestelmiä, joiden avulla päästöjä on mahdollista vähentää entistä joustavammin. Toisessa päästöjä vähentävässä teknologiassa yhdistyvät turboahdin- ja välijäähdytystekniikka. Kyseinen järjestelmä vähentää tehokkaasti NO<sub>x</sub>-päästöjä sekä säästää polttoainetta ja lisää moottorin tehoa. Raskaiden ja kevyiden ajoneuvojen moottoreiden osalta yksi mahdollisuus on imusarjojen säätö.

16. Voiteluöljyn säätely on tärkeää hiukkasainekseen vähentämiseksi, koska 10 - 50 prosenttia hiukkasaineksestä muodostuu moottoriöljystä. Öljyn kulutusta voidaan vähentää tarkemmilla moottoreiden valmistusvaatimuksilla ja parannetuilla moottoritiivisteillä.

17. Päästöjen torjunnan jälkitoimenpiteet koskevat pakokaasujen käsittelyjärjestelmien lisäämistä. Yleensä dieselmoottoreiden osalta happikatalyyttien käyttö yhdessä hiukkassuodattimen kanssa on osoittautunut tehokkaaksi PAH-päästöjen vähentäjäksi. Tällä hetkellä arvioidaan hiukkasten hapetuserotinta. Kyseinen erotin sijoitetaan pakokaasujärjestelmään erottelemaan hiukkasaaineksa, ja se mahdollistaa suodattimen osittaisen regeneroinnin, erotin polttaa kerätyt hiukkasainekset järjestelmän sähkölämmitystä tai jotakin muuta talteenottomenetelmää hyödyntäen. Passiivisten järjestelmäerottimien moitteettomasti toimiva regenerointi tavallisen käytön yhteydessä edellyttää polttimella tehostetun regenerointijärjestelmän tai lisäaineiden käyttöä.

## 2) Bensiinimoottorit

18. Bensiinikäyttöisten moottoreiden PAH-päästöjä vähentävät toimenpiteet perustuvat pääasiassa silmukaltaan suljettujen kolmitiekatalysaattoreiden käyttöön, katalysaattorin toimiessa PAH-yhdisteet vähentyvät osana hiilivetypäästöjä.

19. Parannettu kylmäkäynnistys vähentää orgaanisia päästöjä yleisesti ja erityisesti PAH-päästöjä (esimerkiksi käynnistyskatalyytit, tehostettu polttoaineen höyrystyminen/atomisointi, kuumakatalyytit).

20. Moottoroitujen tieliikenneajoneuvojen pakokaasujen sisältämiä PAH-päästöjä vähentävät toimenpiteet esitetään lyhyesti taulukossa 2.

**Taulukko 2: Moottoroitujen tieliikenneajoneuvojen pakokaasujen sisältämiä PAH-päästöjä vähentävät toimenpiteet**

Käsittelyvaihtoehdot	Päästötaso (%)	Käsittelyyn liittyvät riskit
<b>Kipinäsytytysmoottorit:</b>		
- Silmukaltaan suljetut kolmitiekatalysaattorit,	10 - 20	Lyijyttömän bensiinin saatavuus.
- Kylmäkäynnistuksen aikana vapautuvia päästöjä vähentävät katalyytit.	5 - 15	Markkinoilla joissakin maissa.
<b>Kipinäsytytysmoottoreiden polttoaineet:</b>		Jalostuskapasiteetin saatavuus.
- Aromaattisten aineiden vähentäminen,		
- Rikin vähentäminen.		
<b>Dieselmoottorit:</b>		
- Happikatalyytit,	20 - 70	
- Hapetuserottimet, hiukkassuodattimet		
<b>Dieselpolttoaineen muuntaminen:</b>		Jalostuskapasiteetin saatavuus.
- Rikin vähentäminen hiukkaspäästöjen vähentämiseksi.		
<b>Dieselmoottoreita koskevien vaatimusten parantaminen:</b>		Nykyiset tekniikat.
- Elektroninen ohjausjärjestelmä, ruiskutus-tehon säätö ja polttoaineen suuripaineinen ruiskutus,		
- Turboahtaminen ja välijäähdytys,		
- Pakokaasujen uudelleenkierrätys.		



## Annex VII

**RECOMMENDED CONTROL MEASURES FOR REDUCING  
EMISSIONS OF PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS FROM  
MOBILE SOURCES**

1. Relevant definitions are provided in annex III to the present Protocol.

**I. ACHIEVABLE EMISSION LEVELS FOR NEW VEHICLES AND FUEL  
PARAMETERS**

**A. Achievable emission levels for new vehicles**

2. Diesel-fuelled passenger cars

Year	Reference mass	Limit values	
		Mass of hydrocarbons and NO <sub>x</sub>	Mass of particulates
1.1.2000	All	0,56 g/km	0,05 g/km
1.1.2005 (indicative)	All	0,3 g/km	0,025 g/km

3. Heavy-duty vehicles

Year/test cycle	Limit values	
	Mass of hydrocarbons	Mass of particulates
1.1.2000/ESC-cycle	0,66 g/kWh	0,1 g/kWh
1.1.2000/ETC-cycle	0,85 g/kWh	0,16 g/kWh

4. Off-road engines

Step 1 (reference: ECE regulation No.96) \*/

Net power (P) (kW))	Mass of hydrocarbons	Mass of particulates
P ≥ 130	1,3 g/kWh	0,54 g/kWh
75 ≤ P < 130	1,3 g/kWh	0,70 g/kWh
37 ≤ P < 75	1,3 g/kWh	0,85 g/kWh

\*/“Uniform provisions concerning the approval of compression ignition (C.I.) engines to be installed in agricultural and forestry tractors with regard to the emissions of pollutants by the engine.” The regulation came into force on 15 December 1995 and its amendment came into force on 5 March 1997.

Step 2

Net power (P) (kW)	Mass of hydrocarbons	Mass of particulates
$0 \leq P < 18$	1,5 g/kWh	0,8 g/kWh
$18 \leq P < 37$	1,3 g/kWh	0,4 g/kWh
$37 \leq P < 75$	1,0 g/kWh	0,3 g/kWh
$75 \leq P < 130$	1,0 g/kWh	0,2 g/kWh
$130 \leq P < 560$		

**B. Fuel parameters**

## 5. Diesel fuel

Parameter	Unit	Limits		Test method
		Minimum value (2000/2005) <sup>*/</sup>	Maximum value (2000/2005) <sup>*/</sup>	
Cetane number	kg/m <sup>3</sup>	51/N.S.	-	ISO 5165
Density at 15°C	°C	-	845/N.S.	ISO 3675
Evaporated 95%	mass %	-	360/N.S.	ISO 3405
PAH	ppm	-	11/N.S.	prIP 391
Sulphur		-	350/50 <sup>**/</sup>	ISO 14956

N.S.: Not specified.

\*/ 1 January of year specified.

\*\*/ Indicative value.

**II. RESTRICTION OF HALOGENATED SCAVENGERS, ADDITIVES IN FUELS AND LUBRICANTS**

6. In some countries, 1,2-dibromomethane in combination with 1,2-dichloromethane is used as a scavenger in leaded petrol. Moreover, PCDD/F are formed during the combustion process in the engine. The application of three-way catalytic converters for cars will require the use of unleaded fuel. The addition of scavengers and other halogenated compounds to petrol and other fuels and to lubricants should be avoided as far as possible.

7. Table 1 summarizes measures for PCDD/F emission control from the exhaust from road transport motor vehicles.

**Table 1: PCDD/F emission control for the exhaust from road transport motor vehicles**

<b>Management options</b>	<b>Management risks</b>
<p>Avoiding adding halogenated compounds to fuels</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1,2-dichloromethane</li> <li>- 1,2-dichloromethane and corresponding bromo compounds as scavengers in leaded fuels for spark ignition engines</li> </ul> <p>(Bromo compounds may lead to the formation of brominated dioxins or furans.)</p> <p>Avoiding halogenated additives in fuels and lubricants.</p>	<p>Halogenated scavengers will be phased out as the market for leaded petrol shrinks because of the increasing use of closed-loop three-way catalytic converters with spark ignition engines.</p>

### **III. CONTROL MEASURES FOR EMISSIONS OF POPs FROM MOBILE SOURCES**

#### **A. POP emissions from motor vehicles**

8. POP emissions from motor vehicles occur as particle-bound PAHs emitted from diesel-fuelled vehicles. To a minor extent PAHs are also emitted by petrol-fuelled vehicles.

9. Lubrication oil and fuels may contain halogenated compounds as a result of additives or the production process. These compounds may be transformed during combustion into PCDD/F and subsequently emitted with the exhaust gases.

#### **B. Inspection and maintenance**

10. For diesel-fuelled mobile sources, the effectiveness of the control of emissions of PAHs may be ensured through programmes to test the mobile sources periodically for particulate emissions, opacity during free acceleration, or equivalent methods.

11. For petrol-fuelled mobile sources, the effectiveness of the control of emissions of PAHs (in addition to other exhaust components) may be ensured through programmes to test periodically the fuel metering and the efficiency of the catalytic converter.

#### **C. Techniques to control PAH emissions from diesel- and petrol-fuelled motor vehicles**

##### 1. General aspects of control technologies

12. It is important to ensure that vehicles are designed to meet emission standards while in service. This can be done by ensuring conformity of production, lifetime durability, warranty of

emission-control components, and recall of defective vehicles. For vehicles in use, continued emission control performance can be ensured by an effective inspection and maintenance programme.

## 2. Technical measures for emission control

13. The following measures to control PAH emissions are important:

- a) Fuel-quality specifications and engine modifications to control emissions before they are formed (primary measures); and
- b) Addition of exhaust treatment systems, e.g. oxidizing catalysts or particle traps (secondary measures).

### 1) Diesel engines

14. Diesel-fuel modification can yield two benefits: a lower sulphur content reduces emissions of particles and increases the conversion efficiency of oxidizing catalysts, and the reduction in di- and tri-aromatic compounds reduces the formation and emission of PAHs.

15. A primary measure to reduce emissions is to modify the engine to achieve more complete combustion. Many different modifications are in use. In general, vehicle exhaust composition is influenced by changes in combustion chamber design and by higher fuel injection pressures. At present, most diesel engines rely on mechanical engine control systems. Newer engines increasingly use computerized electronic control systems with greater potential flexibility in controlling emissions. Another technology to control emissions is the combined technology of turbocharging and intercooling. This system is successful in reducing NO<sub>x</sub> as well as increasing fuel economy and power output. For heavy- and light-duty engines the use of intake manifold tuning is also a possibility.

16. Controlling the lubricating oil is important to reduce particulate matter (PM), as 10 to 50% of particulate matter is formed from engine oil. Oil consumption can be reduced by improved engine manufacturing specifications and improved engine seals.

17. Secondary measures to control emissions are additions of exhaust treatment systems. In general, for diesel engines the use of an oxidizing catalyst in combination with a particulate filter has been shown to be effective in reducing PAH emissions. A particle trap oxidizer is being evaluated. It is located in the exhaust system to trap PM and can provide some regeneration of the filter by burning the collected PM, through electrical heating of the system or some other means of regeneration. For proper regeneration of passive system traps during normal operation, a burner-assisted regeneration system or the use of additives is required.

### 2) Petrol engines

18. PAH-reduction measures for petrol-fuelled engines are primarily based on the use of a closed-loop three-way catalytic converter, which reduces PAHs as part of the HC emission reductions.

19. Improved cold start behaviour reduces organic emissions in general and PAHs in particular (for instance start-up catalysts, improved fuel evaporation/atomization, heated catalysts).

20. Table 2 summarizes measures for PAH emission control from the exhaust from road transport motor vehicles.

**Table 2: PAH emission control for the exhaust from road transport motor vehicles**

<b>Management options</b>	<b>Eission level (%)</b>	<b>Management risks</b>
<p><b>Spark ignition engines:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Closed-loop three-way catalytic converter,</li> <li>- Catalysts for reducing cold start emissions.</li> </ul> <p><b>Fuel for spark ignition engines:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduction of aromatics,</li> <li>- Reduction of sulphur.</li> </ul> <p>Availability of refinery capacity.</p> <p><b>Diesel engines:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oxidizing catalyst,</li> <li>- Trap oxidizer/particulate filter.</li> </ul> <p><b>Diesel fuel modification:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduction of sulphur to reduce particulate emissions.</li> </ul> <p><b>Improvement of diesel engine specifications:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Electronic control system, injection rate adjustment and high-pressure fuel injection,</li> <li>- Turbocharging and intercooling,</li> <li>- Exhaust gas recirculation.</li> </ul>	<p>10 - 20</p> <p>5 - 15</p> <p>20 - 70</p>	<p>Availability of unleaded petrol.</p> <p>Commercially available in some countries.</p> <p>Availability of refinery capacity.</p> <p>Availability of refinery capacity.</p> <p>Existing technologies.</p>

**Liite VIII****HUOMATTAVAT KIINTEIDEN LÄHTEIDEN LUOKAT****I. JOHDANTO**

Tämä luettelo ei kata uusia tuotteita koskevaan tutkimukseen, uusien tuotteiden kehittelyyn ja testaukseen käytettäviä laitoksia eikä näiden laitoksien osia. Tätä luetteloa yksityiskohtaisempi luokkien kuvaus on liitteessä V.

**II. LUOKAT**

<b>Luokka</b>	<b>Luokan kuvaus</b>
1	Yhdyskuntajätteen, vaarallisen jätteen, sairaalajätteen ja jätevesilietteen poltto, mukaan lukien rinnakkaispoltto.
2	Sintrauslaitokset.
3	Kuparin tuotanto ja jalostus.
4	Teräksen tuotanto.
5	Alumiinin jalostuksessa käytettävät sulatot.
6	Fossiilisten polttoaineiden poltto lämpökapasiteetiltaan yli 50 MW <sub>th</sub> :n hyötylämpökattiloissa ja teollisuuslämpökattiloissa.
7	Pienpoltto.
8	Lämpökapasiteetiltaan alle 50 MW <sub>th</sub> :n puunpolttolaitokset.
9	Koksin tuotanto.
10	Anodituotanto.
11	Alumiinin tuotanto Söderbergin proses sin avulla.
12	Puunsuojausta harjoittavat laitokset, paitsi ne sopimuspuolet, joiden osalta tämä luokka ei muodosta merkittävää osuutta PAH-yhdisteiden kokonaispäästöistä (kuten liitteessä III on määritelty).

**Annex VIII****MAJOR STATIONARY SOURCE CATEGORIES****I. INTRODUCTION**

Installations or parts of installations for research, development and the testing of new products are not covered by this list. A more complete description of the categories may be found in annex V.

**II. LIST OF CATEGORIES**

<b>Category</b>	<b>Description of the category</b>
1	Incineration, including co-incineration, of municipal, hazardous or medical waste, or of sewage sludge.
2	Sinter plants.
3	Primary and secondary production of copper.
4	Production of steel.
5	Smelting plants in the secondary aluminium industry.
6	Combustion of fossil fuels in utility and industrial boilers with a thermal capacity above 50 MW <sub>th</sub> .
7	Residential combustion.
8	Firing installations for wood with a thermal capacity below 50 MW <sub>th</sub> .
9	Coke production.
10	Anode production.
11	Aluminium production using the Soederberg process.
12	Wood preservation installations, except for a Party for which this category does not make a significant contribution to its total emissions of PAH (as defined in annex III).