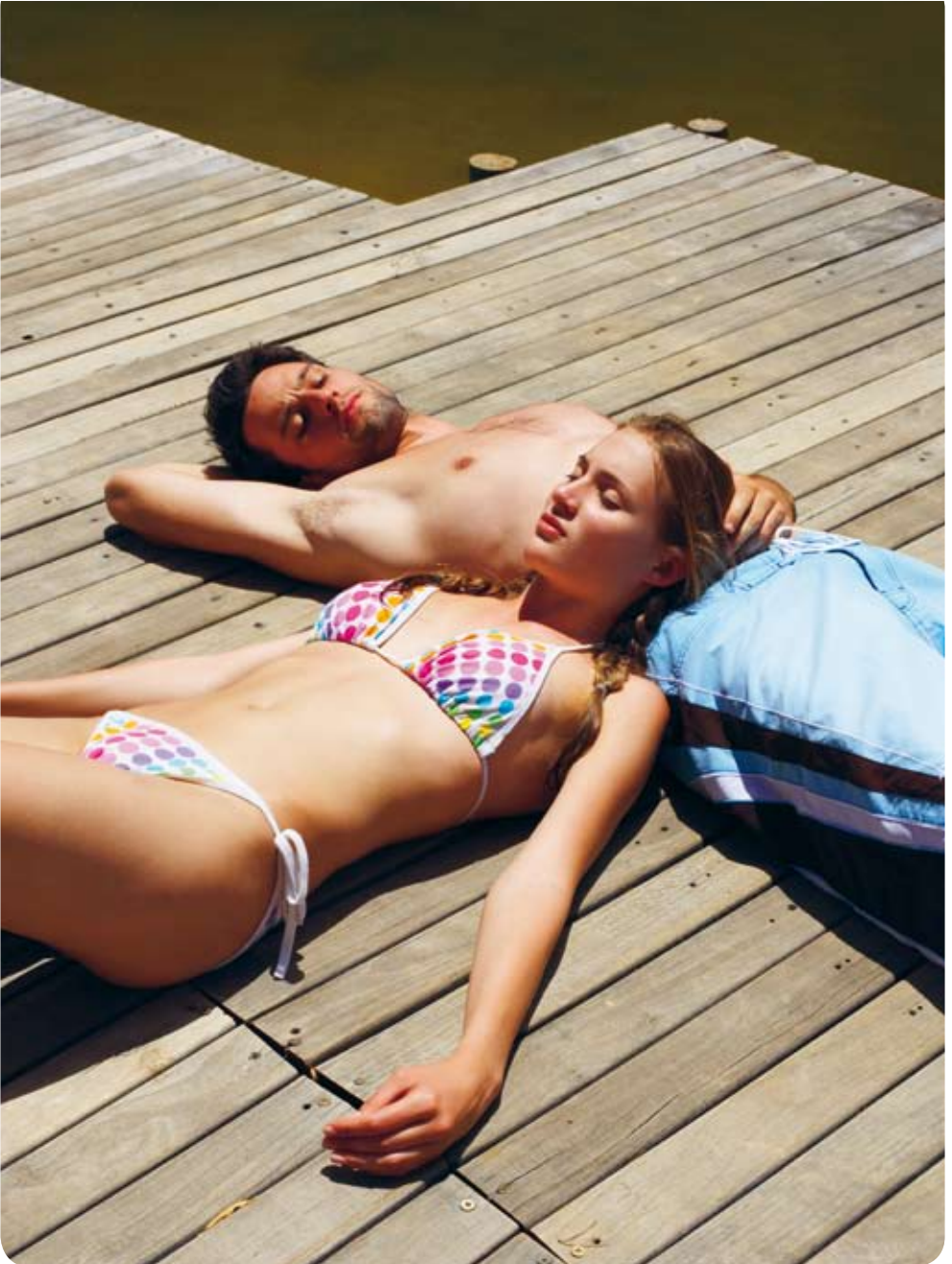


# ONKO OTSONIKERROS pelastettu?





*Polaaripilvet ovat kauniita, mutta niiden yhteydessä olosuhteet otsonikerroksen tuhoutumiseen ovat otollisimmillaan.*

## **20 vuotta otsonikerroksen suojelua**

On kulunut 20 vuotta siitä, kun otsonikerroksen suojelua koskeva Montrealin pöytäkirja allekirjoitettiin. Tämä tapahtui vuonna 1987, tarkemmin ottaen 16. syyskuuta, mistä on sittemmin tullut kansainvälinen otsonikerroksen suojelupäivä. Kansainvälinen yhteisö sopi silloin otsonikerroksen suojelusta vähentämällä otsonikerrosta heikentävien aineiden tuotantoa ja kulutusta.

Alkuaikoina monia otsonikerrokselle vaarallisia aineita pidettiin harmittomina. Ne ovat hyvin pysyviä, palamattomia eivätkä erityisen myrkyllisiä. Niinpä 1960-luvun jälkeen ilmakehään päästettiin yli 40 miljoonaa tonnia otsonikerrosta heikentäviä aineita. Näistä aineista peräisin olevan kloorin pitoisuus stratosfäärissä on nykyisin kuusi - seitsemän kertaa suurempi kuin 1950-luvulla. Vasta 70-luvulla alettiin epäillä näiden aineiden vaikuttavan haitallisesti otsonikerrokseen ja 1985 osoitettiin, että Etelänavan yläpuolella olevan otsoniaukon syynä ovat kyseiset aineet. Montrealin pöytäkirja allekirjoitettiin tästä kahden vuoden päästä.

Nykyään Montrealin pöytäkirjaa pidetään kansainvälisten ympäristösopimusten malliesimerkkinä ja menestystarinana. Sen ovat allekirjoittaneet lähes kaikki maailman maat, yhteensä 191. Vuodesta 1987 otsonikerrosta heikentävien aineiden kulutus on vähentynyt maailmanlaajuisesti 95 prosenttia. Viime vuosina tutkimusta on kohdistettu yhä enemmän ilmastonmuutoksen ja otsonikerroksen ohenemisen väliseen yhteyteen, sekä pohdittu keinoja, joilla kansainväliset ja paikalliset toimet näiden ilmiöiden torjumiseksi voitaisiin sovittaa yhteen.

## Otsonikerros

Otsonikerrokseksi kutsutaan 15-35 km korkeudella stratosfäärissä sijaitsevaa otsonimolekyylien tiheintä esiintymisaluetta. Tässä tiheimmässäkään esiintymässä on vain kolme otsonimolekyyliä 10 miljoonaa muuta ilmakehän molekyyliä kohden. Mikäli stratosfääriin otsonimäärä koottaisiin maan pinnalle, siitä muodostuisi vain noin 3-5 mm paksu kerros.

### OTSONIKERROS SUOJEELEE UV-SÄTEILYLTYÄ

Ohuudestaan huolimatta otsonikerros on hyvin tärkeä maapallon elämälle. Se suodattaa tehokkaasti haitallista UV-säteilyä aurin-  
gonvalosta. Tämä säteily aiheuttaa ihosyöpää, silmäsairauksia sekä heikentää vastustuskykyä. Tutkijoiden mukaan liiallinen altistuminen UV-säteilylle edesauttaa haitallisimman ihosyövän, melanooman, syntymistä. UV-säteily vaikuttaa ihmisten ja eläinten lisäksi myös muuhun ekosysteemiin mm. vähentäen kasvien, levien ja mikrobien kasvua.

### OTSONIKERROKSEN OHENEMINEN

Otsonikerroksen paksuus vaihtelee luonnostaan vuodenaikojen ja maapallon leveyspiirin mukaan. 1970-luvulta lähtien sen tuhoutuminen on ollut luontaista voimakkaampaa ja johtanut tunnettuihin aukkoihin Etelänavan yläpuolella sekä merkittävään otsonikerroksen ohenemiseen myös arktisilla alueilla Pohjoisnavan yllä. Ohenemisen syynä ovat ihmisen valmistamat klooria tai bromia sisältävät aineet, jotka ovat niin haihtuvia ja pysyviä, että ne voivat kulkeutua stratosfääriin asti hajoamatta matkalla.



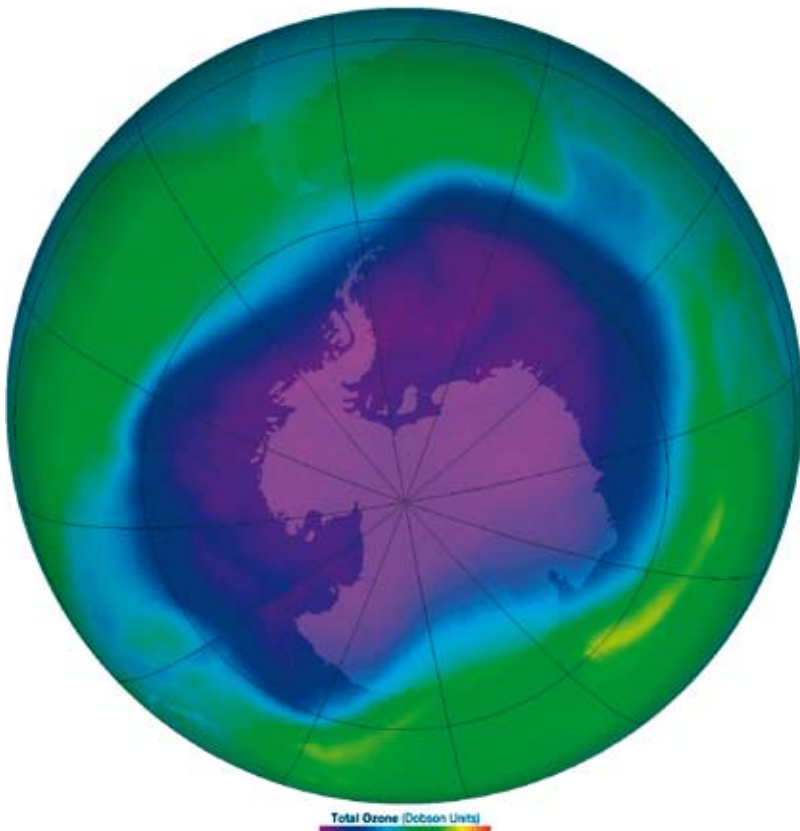
Stratosfääriin päästyään yksi molekyyli pystyy tuhoamaan monta otsonimolekyyliä ennen omaa hajoamistaan.

Vuoden 2006 laskelmien mukaan otsonikerros uusiutuu Etelänavan yllä samaan kuntoon kuin ennen 1980-lukua vasta vuosien 2065-70 aikoihin, ja Pohjoisnavan yläpuolella noin 2050. Näiden ennusteiden toteutuminen edellyttää, että Montrealin pöytäkirjan velvoitteita noudatetaan, uusia otsonikerrosta heikentäviä aineita ei oteta käyttöön ja ilmastonmuutoksen vaikutukset stratosfääriin eivät heikennä tilannetta.

## OTSONIKERROS JA ILMASTONMUUTOS

Otsonikerroksen ja ilmastonmuutoksen välinen yhteys on monimutkainen ja yhä puutteellisesti tunnettu. Kasvihuoneilmion on kuitenkin pääsääntöisesti katsottu pahentavan otsonikerroksen tilannetta. Kasvihuonekaasujen, kuten hiilidioksidin ja metaanin päästöt nostavat alailmakehän lämpötilaa, ja samanaikaisesti stratosfäärissä lämpötila laskee. Muut mekanismit, kuten ilmakehän virtausmallit (circulation patterns) voivat myös vaikuttaa otsonikerroksen uusiutumiseen.

Sisäkannen kuvassa näkyvien napapiirin pohjoispuolella esiintyvien polaaripilvien esiintymisen todennäköisyys kasvaa kun



Toistaiseksi laajin otsoniaukko Etelämantereen yllä havaittiin syyskuussa 2006. Kuvassa pahinta otsonikatoa on kuvattu lilalla ja sinisellä, vihreä ja keltainen väri indikoivat korkeampia otsonipitoisuuksia. (NASA:n kuva)

yläilmakehässä on kylmempää ja sinne kulkeutuu vesihöyryä. Polaaripilvet sijaitsevat niin korkealla stratosfäärissä, että aurin-  
gon valo saa ne loistamaan myöhään yölläkin, vaikka aurinko on  
maasta katsottuna jo laskenut. Otsonikerroksen oheneminen on  
erityisen voimakasta näiden pilvien yhteydessä.

## Otsonikerrosta heikentävät aineet ja kasvihuonekaasut

Otsonikerrosta heikentäviä aineita tunnetaan noin sata. Niitä on  
käytetty moniin eri käyttötarkoituksiin, mm. ponneaineena aero-  
solipulloissa, kylmäaineena, vaahtomuovien vaahtotusaineena,  
sammutusaineena ja liuottimena. Näiden aineiden vaikutus otso-  
nikerokselle vaihtelee ja tätä vaikutusta kuvataan ODP-kertoi-  
mella, otsonia tuhoavalla potentiaalilla. Lähes kaikki otsoniker-  
rosta heikentävät aineet ovat myös vahvoja kasvihuonekaasuja.  
Otsonikerrosta heikentävien aineiden korvaajiksi kehitetyt vaih-  
toehtoiset aineet eivät sisällä klooria tai bromia, mutta melko  
usein kylläkin fluoria. Nämä aineet eivät siis tuhoa otsonikerrosta,  
mutta niillä on vahva ilmastoa lämmittävä vaikutus, usein vielä  
suurempi kuin aineilla joita ne tulivat korvaamaan.

Taulukossa esitetään yleisimpien otsonikerrosta heikentävien  
aineiden sekä niiden korvaajien vaikutus otsonikerrokseen sekä  
kasvihuoneilmiön voimistumiseen.

AINE	Vaikutus otsonikerrokseen (ODP)	Vaikutus ilmaston lämpenemiseen (GWP)	elinikä (vuosia)
<i>Otsonikerrosta heikentävät aineet</i>			
CFC-12	1	10,720	100
CFC-115	1	7,250	1700
HCFC-22	0.055	1,720	12
HCFC-141b	0.110	713	9.3
Halon 1301	10	7,030	65
Halon 1211	3	1,860	16
CCL4	1.1	1,380	26
<i>Kasvihuonekaasut</i>			
HFC-23	0	14,310	270
HFC-227ea	0	3,140	34,2
HFC-134a	0	1,410	14
HFC-seos esim. R-404A	0	3,750	38
<i>Muut korvaavat aineet</i>			
Hiilidioksidi	0	1	
Ammoniakki	0	0	
Hiilivedyt	0	<10	

# Montrealin pöytäkirja

Montrealin pöytäkirja asettaa rajoituksia otsonikerrosta heikentävien aineiden tuotannolle ja kulutukselle sekä takarajat, milloin näistä aineista on luovuttava. Nykyisin näiden aineiden tuotanto ja käyttö on teollisuusmaissa pääosin kielletty. Kehitysmailla on annettu velvoitteiden toteuttamiselle noin 10 vuoden siirtymäaika. Jo 15 vuoden ajan on toiminut monenkeskinen otsonirahasto, josta teollisuusmaat ovat maksaneet kehitysmaiden toimia korvaaviin menetelmiin siirtymiseksi vuosittain noin 150 miljoonaa dollaria.

Maailman terveysjärjestö WHO on laskenut, että Montrealin pöytäkirja on säästänyt maailman yli 20 miljoonalta syöpätapaukselta ja yli 130 miljoonalta silmäsairaudelta. Inhimillisten kärsimysten lisäksi on säästetty WHO:n mukaan hoidoissa 224 miljardia dollaria.

Koska monet otsonikerrosta heikentävistä aineista ovat myös kasvihuonekaasuja, on Montrealin pöytäkirjalla ollut merkittävä vaikutus ilmastonmuutoksen torjunnassa. Itse asiassa Montrealin pöytäkirjan aikaansaama ilmastovaikutus on suurempi kuin Kioton pöytäkirjan tavoitteet kaudelle 2008-2012.

## KIOTON PÖYTÄKIRJA

---

Kioton pöytäkirja on kansainvälinen kasvihuonekaasujen päästöjä rajoittava sopimus, jossa teollisuusmaat ovat sitoutuneet rajoittamaan näitä päästöjä 5 % vuoden 1990 tasosta tavoitekaudelle 2008-2012. Yhteistavoitteen toteuttamiseksi on kullekin osapuolelle määritelty omat tavoitteet, ja EU-maille vielä keskenään jaettu osuudet. Näin Suomen tavoitteeksi on muodostunut vuoden 1990 päästötasolla pysyminen.

## SUOMEN TOIMET OTSONIKERROKSEN SUOJELUSSA

---

Ensimmäiset kansalliset rajoitukset CFC-yhdisteiden käytöstä annettiin Suomessa vuonna 1989. Vuonna 1993 CFC-yhdisteiden, halonien, hiilitetrakloridin ja 1,1,1-trikloorietaanin käyttö uusien tuotteiden valmistukseen ja niitä sisältävien tuotteiden tuonti kiellettiin ja käytöstä poistetut aineet veloitettiin käsittelemään ongelmajätteenä. Nykyään voimassa olevilla EU-asetuksilla ja kansallisilla säädöksillä on otsonikerrosta heikentävien aineiden ja niitä sisältävien tuotteiden valmistus, markkinoille luovutus, käyttö ja vienti EU:n ulkopuolelle kielletty. Poikkeuksena kiellosta ovat välttämättömät ja kriittiset käyttökohteet sekä HCFC-yhdisteiden käyttö olemassa olevien kylmälaitteiden huollossa vuoteen 2015 saakka.

Suomessa ei ole koskaan tuotettu otsonikerrosta heikentäviä aineita. Niiden käyttö oli 2600 ODP-tonnia (otsonikerrosta heikentävällä potentiaalilla painotettu määrä) vuonna 1990 ja alle 5 ODP-tonnia vuonna 2006.



## Mitä voidaan tehdä?

- **KOTONA**

Jotkut kodin laitteet kuten vanhat jääkaapit ja pakastimet saattavat vielä sisältää otsonikerrosta heikentäviä CFC- tai HCFC-yhdisteitä. Nämä laitteet tulisi elinkaarensa lopussa toimittaa asianmukaiseen jätteen vastaanottoaikaan.

Astman ja muiden keuhkosairauksien hoidossa on käytetty CFC-ponneaineellisia suihkeita. Mikäli tällainen lääke on vielä käytössä, kannattaa keskustella lääkärin kanssa, voiko tuotteen vaihtaa otsonikerrokselle ystävällisempään vaihtoehtoon.

- **YRITYKSISSÄ JA HALLINNOSSA**

- Eri toimijoiden tulisi yhteistyössä varmistaa, ettei otsonikerrosta heikentävistä aineista luopuminen johda epäedulliseen tilanteeseen kasvihuonekaasujen päästöjen osalta. Tähän vaikuttavat sekä korvaavat aineet ja tekniikat että laitteiden tiivys, joilla voidaan välttää päästöjä. Laitteiden energiatehokkuutta lisäämällä voidaan puolestaan vähentää energiantuotannon hiilidioksidipäästöjä.

- **KANSAINVÄLISESTI**

- Kansainvälisesti tulisi pystyä sopimaan vielä sallittujen aineiden käytön nopeutetusta rajoitusaikataulusta sekä laittoman kaupan tehokkaasta valvonnasta.



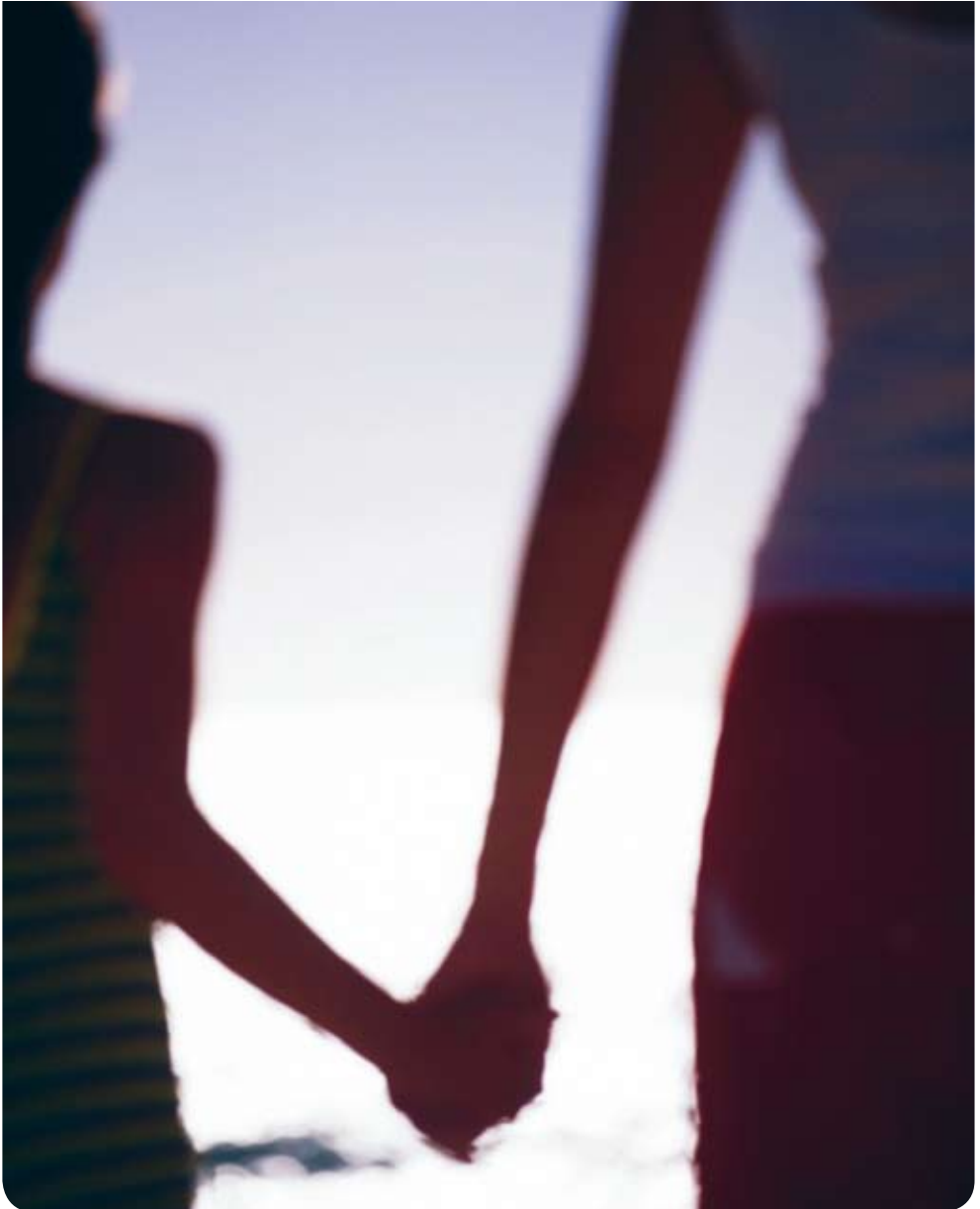
norden

Pohjoismaiden ministerineuvosto

Store Strandstræde 18  
DK-1255 Kööpenhamina K  
[www.norden.org](http://www.norden.org)

Lisätietoja:

**Suomen ympäristökeskus**  
Kemikaaliyksikkö  
Puh. 020 490 123  
[www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)



Suunnittelu: Kjell Olsson. Paino: Clausen Offset, Odense 2007. Painettu ympäristöä säästävälle paperille, joka täyttää pohjoismaisen Joutsenmerkin kriteerit. Kansi s. 1, 3 & 8: Imageclub; s. 2: Árný Sigríður Ásgeirsdóttir; s. 4: NASA.