

Teemana kasvihuoneilmiö

Kasvihuoneilmiö

ANTTI KULMALA

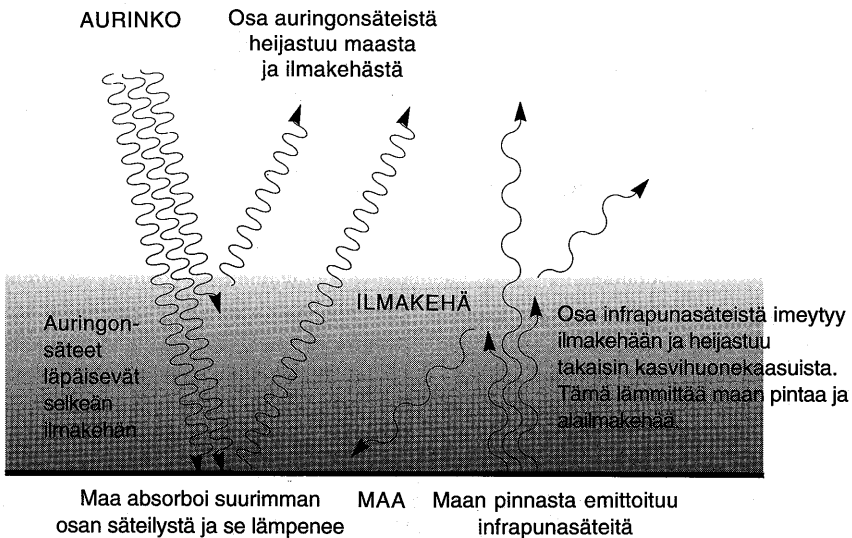
1. Ilmiön synty

Kasvihuoneilmiö on helppotajuinen. Kuvassa 1 on havainnollistettuna ilmiön perusluonne. Auringosta tuleva lyhytaaltainen säteily tunkeutuu tehokkaasti ilmakehän läpi maanpintaan, joka lämpenee imiessään energiaa itseensä. Maanpinta toimii mustan kappaleen tavoin ja lähettää pitkäaaltoista lämpösäteilyä takaisin ilmakehään. Alailmakehässä olevat kasvihuonekaasut eli vesihöyry, hiilidioksidi, metaani, typpioksiduli ja kloorifluorihilivedyt

(CFC-aineet) sitovat suuren osan ulossuuntautuvasta infrapunasäteilystä itseensä. Kaasujen ansiosta alailmakehä lämpenee ja syntyy kasvihuoneilmiö. Sen ansiosta ilmakehän keskilämpötila oli ennen teollistumiskautta asettunut tasapainotilaan tasolle 15°C, kun se ilman näitä kaasuja olisi -18°C.

Kasvihuonekaasujen pitoisuudet ovat nousseet nopeasti. Maapallon ilmakehän hiilidioksidipitoisuus on viime vuosikymmeninä kasvanut noin 0,5 % vuodessa, metaanin 1 — 2 % ja keskeisten CFC-yhdisteiden pitoisuus jopa 4 —

Kuva 1. Havainnollistettu piirros kasvihuoneilmistä.



Lähde IPCC 1992a

5 % vuodessa. Kasvihuonekaasujen elinikä ilmakehässä on hyvin pitkä; lyhin eli 11 vuotta se on metaanilla, CFC-yhdisteillä se vaihtelee 75 — 150 vuoden välillä, hiilidioksidilla se on noin 150 vuotta ja pisin noin 200 vuotta on typpioksidulilla.

Nämä perusominaisuudet johtavat siihen, että kaasujen pitoisuudet ovat kertyviä eli esimerkiksi valtaosa toisen maailmansodan jälkeisistä kasvihuonekaasupäästöistä on edelleen ilmakehässä ja tulee pysymään siellä pitkään. Toisaalta nopeatkin puuttumiset päästömääriin antavat positiivisen vasteen vasta muuttaman kymmenen vuoden päästä. Toisin sanoen kasvihuonekaasujen pitoisuudet tulevat vielä kauan nousemaan ja se tietää kasvihuoneilmion voimistumista.

2. Hiilidioksidin lähteet ja nielut

Hiilidioksidipäästöjä tuottavat eniten fossiilisten polttoaineiden käyttö, maankäytön muutokset ja sementin tuotanto. Paras arvio maailmanlaajuisista fossiilisten polttoaineiden käytöstä johtuvista hiilidioksidipäästöistä sisältyy Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 1992a) uusimpaan raporttiin. Sen mukaan päästöt olivat vuonna 1990 on $6,0 \pm 0,5$ Gt hiilenä (Gt = 109 tonnia = miljardi tonnia). Jos halutaan muuttaa päästö hiilidioksidiksi, määrä on kerrottava luvulla 3,7. Viime vuoden öljylähteiden palaminen Kuwaitissa aiheutti arviolta 0,065 Gt:n hiilipäästön eli koko maailman vuotuisiin lukuihin niistä aiheutui tilapäisesti noin 1 % lisäys.

Maankäytön muutoksista tärkein vaikuttaja on metsien hävittäminen. Siitä johtuvan nettopäästön arviointi on hallitaan heikosti. Arvio on tehtävä aikasarjojen perusteella ja niissä on otettava huomioon hävitettyjen metsien pinta-ala, hävitetyn alan suhde uudelleen metsitettyyn alaan, alkuperäisten metsien ja uudistettujen metsien hiilisisällöt sekä maanpäällisten ja maanalaisten hiilivarantojen muutos.

Lähinnä satelliittihavaintoihin perustuen YKn maatalousjärjestö (FAO) on arvioinut että 1980-luvulla hävitettiin tyypillistä sademetsää noin 17 miljoonaa hehtaaria vuodessa. Se oli

50 % enemmän kuin edellisen vuosikymmenen lopulla. Vaikka arvioihin sisältyy suuria epävarmuuksia, pidetään päästöarviota $1,6 \pm 1,0$ Gt varsin luotettavana (IPCC 1992b).

Kasvatavat metsät, valtameret ja ilmakehän hiilidioksiidi- ja typpipitoisuuden noususta johtuva yleinen kasvien hiilensidonnain lisäys toimivat vastaavasti hiilidioksidinieluinä. IPCCn arvio valtamerien nielun suuruudesta on $2,0 \pm 0,8$ Gt vuodessa. Puolet pienempiä arviotakin esiintyy, mutta nekin mahtuvat arviotarkkuuden sisään. Valtamerien hiilensidontakykyyn vaikuttaa ratkaisevasti meri-ilmakehävaihdon intensiivisyys, joka riippuu tuulennopeudesta ja lämpötilasta, merenpinnassa ja ilmakehän alaosassa vallitsevien hiilidioksidin osapaineiden erotuksesta sekä jokien tuoman hiilen määrästä.

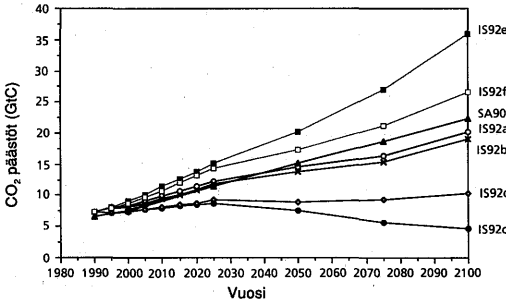
Biosfäärin nielun suuruus tunnetaan edelleen hyvin heikosti. Selvää on, että suurin biosfäärin nielu sijaitsee tällä hetkellä pohjoisen pallonpuoliskon keskileveysvyöhykkeillä. Sademetsien hävittämisestä huolimatta päiväntasaajavyöhyke on vain heikko nettopäästöalue. Eteläinen pallonpuolisko kokonaisuudessaan on heikko nielu. Koko biosfäärin nielun suuruudeksi arvioidaan $1,6 \pm 2,4$ Gt vuodessa.

Jos edelläluetellut lähteet ja nielut lasketaan yhteen jää päästöyli jäämäksi 1 — 2 Gt hiiltä vuodessa. Tätä osuutta kutsutaan »puuttuvaksi nieluksi». Tämä luku on keskeisessä asemassa, kun halutaan arvioida ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvua tulevina vuosikymmeninä.

3. Hiilidioksidin päästöennusteet

Hiilidioksidipäästöihin vaikuttavat maailman väestökehitys, taloudellinen kasvu, yhteiskuntien rakennemuutokset, energian hinta ja saatavuus ja energiatuotannon muutokset. IPCC on esittänyt skenaarioita maailman tulevalle kehitykselle ja olettanut kussakin vaihtoehdossa tietyt mallit energiantuotannolle. Näillä oletuksilla on laskettu ennusteet hiilidioksidipäästöjen kehitykselle. Kuvassa 2 suurimmat päästöt antava vaihtoehto IS92e on Maailmanpankin versioista se, jossa maailman väestömää-

Kuva 2. IPCC:n skenaarioita hiilidioksidipäästöjen kehityksestä maailmassa vv. 1990 — 2100.



räksi ennustetaan 11,3 miljardia vuonna 2100 ja talouskasvuksi 3,0 % — 3,5 %.

Pienimmät ennusteet tekee YK. Sen mukaan väestö kasvaa 6,4 miljardiin vuonna 2100 ja talouskasvu on keskimäärin 2,0 % vuosina 1990 — 2025 ja 1,2 % siitä vuoteen 2100. Näiden skenaarioiden heikkoutena on, etteivät kehitysmaat ole hyväksyneet maankäytön muutosten ennustamista, koska ne pitävät sitä kehitystä ohjaavana.

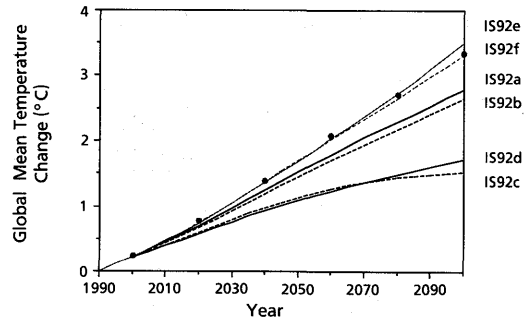
Kuvassa näkyy myös miten pieni mahdollisuus teollistuneilla mailla on vaikuttaa tulevaan kehitykseen. Vaihtoehdot IS92a ja IS92b ovat identtiset sillä poikkeuksella, että jälkimmäisessä oletetaan useimpien OECD-maiden stabioloivan hiilidioksidipäästönsä noin vuoteen 2000 mennessä. Ero päästöjen kertymässä on pieni.

Nykyiset hiilidioksidin kokonaispäästöt (7,4 Gt hiiltä 1990) kasvaisivat kaikissa vaihtoehdoissa vuoteen 2025 asti arviosta riippuen 20:sta 100 prosenttiin. Vain vaihtoehdossa IS92c päästöt kääntyisivät ensi vuosisadalla laskuun ja vähennys olisi noin 38 % vuoteen 2100 mennessä.

4. Ilmastomuutosennusteet

Maapallon ilmakehä-valtameri -ilmastojärjestelmän mallittaminen on äärimmäisen vaikea ongelma, jota tiedemiehet ovat pitkään yrittäneet ratkaista. Viime vuosien kehitys on johtanut ilmakehämalleihin, joissa pystytään

Kuva 3. IPCC:n paras arvio lämpötilan muutoksesta vuoden 1992 skenaarioille ja vuoden 1990 perusskenaariolle.



muuttamaan jatkuvana muutoksena ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuutta ja mallin ennustamaa ilmastomuutosta korjataan vastaavasti. Uusimmat mallit eivät ole ratkaisevasti muuttaneet aikaisempia ennusteita.

Nykyisissäkin ennusteissa:

- maanpintalämpötilat nousevat enemmän mantereiden kuin merien yllä,
- sade lisääntyy lähellä napoja olevilla alueilla, Aasian monsuunivyöhykkeellä ja talvisin keskileveysasteilla,
- eräillä keskileveysasteiden manneralueilla maan kosteus tulee olemaan kesäisin keskimääräistä vähäisempää.

Eräiden mallien mukaan Pohjois-Atlantin pohjoisosissa ja lähellä Etelänapaa olevilla eteläisillä valtamerillä lämpeneminen olisi vain vajaa puolet aiemmin ennustetusta. Atlantilla syynä on syvältä kumpuava kylmä merivesi.

Kun malleihin syötettiin kuvan 2 mukaisia uusimpia ennusteita kasvihuonekaasujen päästöistä, saatiin vaihtoehtoisia ennusteita lämpötilan nousulle. Skenaariossa IS92a tapauksessa pidetään parhaana lämpötilan nousun arviona ensi vuosisadan loppuun mennessä 2,5°C. Maksimilämpenemiseksi saadaan vastaavalla skenaariolla 4,5°C ja minimilämpenemiseksi 1,5°C. Kaikilla arvoilla lämpötilan nousu olisi nopeampaa kuin viimeisen 10 000 vuoden aikana.

Kun mukaan otetaan kaikki kasvihuonekaasut ja käytetään parasta arvausta ilmastomuutokselle, saadaan kuvassa 3 olevat ennusteet

kuvan 2 mukaisille skenaarioille. Kuvasta nähdään, että myös ensi vuosisadalle alenevia CO₂-päästöjä ennakoiva skenaario IS92c johtaa lähes 1,5°C lämpenemiseen. OECD-maiden CO₂-päästöjen stabilointi alentaisi ennustettua lämpenemistrendiä 0,1 — 0,2°C ensi vuosisadalla.

Vastaavat mallit ennustavat meriveden pinnan kohoamiseksi 20 — 40 cm vuosisadassa, kun muutokseen otetaan mukaan lämpenemisestä johtuva laajentuminen.

5. Laskennalliset ja havaitut ilmasto- muutokset

Mallilaskelmien mukaan ilmaston pitäisi muuttua nopeammin kuin tähän mennessä on tapahtunut. Havaittu muutos ilmakehän keskilämpötilassa on viimeisen sadan vuoden aikana ollut $0,45 \pm 0,15^\circ\text{C}$ ja mallit antavat tämän ja lähivuosisikymmenten muutosnopeudeksi $0,3^\circ\text{C}$ vuosikymmenessä. Onko viipeeseen johtava syy edellämainittu »puuttuva nielu» vai onko ilmaston luonnollinen vaihtelu varjostamassa kasvihuonetrendiä — sitä ei vielä tunneta.

Esimerkki ristiriitaisuuksista saadaan tarkastelemalla lämpötilamuutosta vuodesta 1955 vuoteen 1985. Eteläisen pallonpuoliskon lämpeneminen oli $0,3^\circ\text{C}$, kun taas pohjoisella pallonpuoliskolla ei todettu juuri lainkaan nousua. Teorian mukaan tilanteen pitäisi olla päinvastoin, koska pohjoisella pallonpuoliskolla on enemmän manneralueita, joiden tulisi lämmentä nopeammin kuin merialueiden. Toisaalta aivan viime vuosina pohjoinen pallonpuolisko on lähtenyt lämpenemään nopeasti. Syytä tähän ristiriitaan ei ole löydetty. Suurin epäily kohdistuu merivirtojen muutoksiin.

Esimerkki vastakkaiseen suuntaan saadaan pohjoisen pallonpuoliskon keskimääräisestä lumipeitteestä. Vuoden 1973 jälkeen lumipeitteinen alue on pienentynyt keskimäärin noin 8 %, mutta vähennys on sijoittunut epäsäännöllisesti. Jakson lyhyydestä huolimatta ilmiötä pidetään todellisena, koska lumipeitteisen alueen koon ja pohjoisen pallonpuoliskon eetrooppisten alueiden keskilämpötilan välillä on todettu korkea korrelaatio eli $-0,76$.

Viimeisen sadan vuoden aikana seitsemän

lämpimintä vuotta maapallolla osuu viimeisten 11 vuoden aikaan. Henkilökohtaisesti pidän tätä merkinä siitä, että olemme ensimmäisen kerran näkemässä kasvihuoneilmiön aiheuttaman signaalin (*Kulmala 1992*). En kuitenkaan väitä vääräksi tilastotutkijoiden toteamusta: »Ilmastomuutoksen signaali on vielä liian pieni erottuakseen luonnollisen ilmastovaihtelun tilastollisesta hälystä». Jälkimmäinen väite perustuu terveeseen tieteelliseen varovaisuuteen. Toisaalta kokemus stratosfääriin otsonikadosta osoittaa, että se on tähän mennessä ylittänyt kaikkien mallilaskelmien ennakoimat trendit sekä muutoksen nopeudessa että määrässä.

6. Suomi ja kasvihuoneilmiö

Suomen hiilidioksidipäästöt olivat vuonna 1988 54 miljoonaa tonnia eli vajaa 15 miljoonaa tonnia hiilenä (*Hiilidioksiditoimikunta 1991*). Luvussa eivät ole mukana puun ja sen jätelienten poltosta syntyvät hiilipäästöt (noin 5 Mt), koska Suomessa sitoutuu metsiin vuosittain hyvinkin vastaava määrä hiiltä. Päästöjen määrä ei viime vuosina ole oleellisesti muuttunut näistä luvuista. Taloudellisen laman vuoksi tämän vuosikymmenen päästöt olivat ilmeisesti korkeimmillaan vuonna 1990.

Suomen hiilidioksidipäästöt ovat noin 0,25 % koko maailman päästöistä, vaikka väestömme edustaa 0,1 % maapallon väestöstä. Suomen ominaispäästö on 2,9 t hiiltä/asukas/vuosi, kun maapallon keskiarvo on 1,2 t/asukas. Teollisuutemme energiantensivisyys ennen kaikkea aiheuttaa OECD-maihinkin verrattuna korkeat ominaispäästömme.

Suomen päästöennusteet eivät lupaa helpotusta tuleville vuosille. Uusin päästöennuste sisältyy valtioneuvoston energiapoliittiseen selontekoon (*Valtioneuvosto 1992*). Selonteon perusolettamuksena on Valtion Taloudellisen tutkimuskeskuksen niin sanottu ETA-skenaario tuotannon volyymin muutoksista vuosille 1990 — 2010 (*Kauppa- ja teollisuusministeriö 1992*).

Hyväksyessään taulukon talouskasvun ja varsinkin sen jakaantumisen, hallitus hyväksyy tärkeimpänä perusolettamuksenaan, että Suo-

Taulukko 1. Tuotannon volyymin muutokset toimialoittain 1990–2010

Toimiala	Arvo mrd mk 1990	Tuotannon vuosimuutos, % 1992–2005
Maa- ja metsätalous	28	1,4
Tehdasteollisuus	100	3,1
metsäteollisuus	27	3,3
metalliteollisuus	39	4,4
muu teollisuus	34	1,5
Energiahuolto	1	2,4
Rakennustoiminta	45	2,6
Kauppa	52	2,5
Liikenne	38	2,6
Rahoitus, ym.	60	3,8
Julkinen toiminta	82	1,5
Muut toimialat	61	2,2
Yhteensä	458	2,5

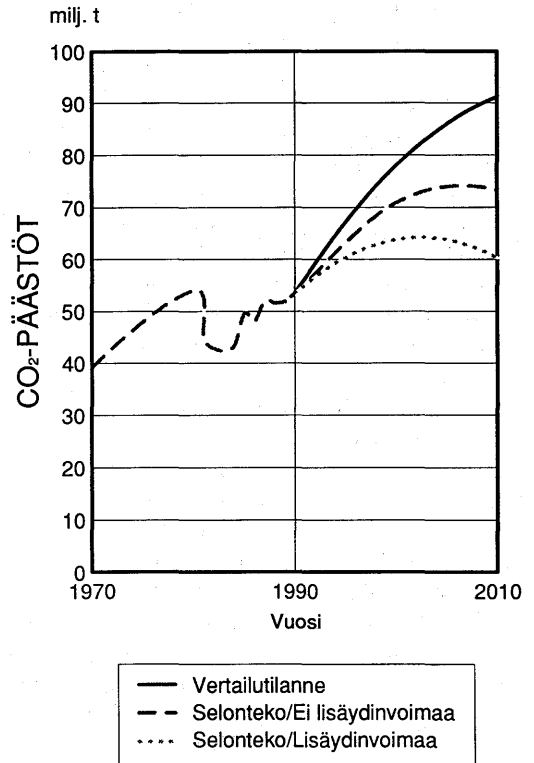
men taloutta rakennetaan pitkälle tulevaisuuteen metsäteollisuuden varaan. Samalla oletetaan, että metsäteollisuuden nousu vetää mukanaan metalliteollisuuden, jonka päätuotteita ovat metsäteollisuuden koneet. Ilmastonsuojelun kannalta ennusteeseen sisältyy viesti siitä, että Suomi panostaa eniten energiaintensiivisimpien tuotannoalojensa lisäämiseen.

Eräillä lisäoletuksilla selonteossa päädytään seuraaviin lopputuloksiin vuoteen 2010 mennessä; talouskasvu olisi 50 %, energian kokonaiskulutuksen kasvu 16 % ja sähkön kulutus lähes 50 %. Viimemainitun havainnollistamiseksi on syytä antaa joitakin tehokkuja. Selonteon mukaan tarvittaisiin jo rakenteilla olevan lisäksi uutta sähköntuotantokapasiteettia 2 500 MW 1990-luvun loppuun mennessä. Ensi vuosikymmenellä kasvuvauhti olisi 250 MW vuodessa eli se merkitsisi uuden 1 000 MW ydinlaitoksen valmistumista joka neljäs vuosi.

Olettamalla päästönormien tiukkenevan selontekoskenaariion mukaiset rikkidioksidipäästöt alenesivat tällä vuosikymmenellä suunnitellun tavoitteen mukaisesti noin 80 prosenttiin vuoden 1980 tasosta. Typen oksidit eivät alenisi lähellekään vähennystavoitetta, joka on 30 prosentin vähennys mainitusta tasosta. Hiilidioksidipäästöjen kehitys ilmenee parhaiten kuvasta 4.

Kuvassa on vertailuskenaariona on käytetty

Kuva 4. Ennusteita Suomen hiilidioksidipäästöjen kehityksestä eri energiaskenaariolla.



KTMn vuonna 1990 julkaiseman »Energiatalouden kehityslinjoja vuoteen 2025» perusvaihtoehtoa (*Kauppa- ja teollisuusministeriö 1990*). On ilahduttavaa todeta, että energiennusteita on kahdessa vuodessa reivattu noin 10 prosentilla vuonna 2010. Se vaikuttaa myös CO₂-päästöihin alentavasti eli päästöjen kasvuluvut ovat: vertailuskenaario 71 %, selontekoskenaario ei lisäydinvoimaa 37 % ja selontekoskenaario lisäydinvoimalla 13 %. Viimemainitussa vaihtoehdossa päästöt lähtisivät siis laskemaan ensi vuosikymmenellä, mutta olisivat vielä vuonna 2010 selvästi lähtötasoa korkeammat.

7. Ilmastomuutoksen vaikutuksia Suomessa

Ilmastomuutosta ennakoivien mallien käyttö alueellisten muutosten ennustamiseen on edel-

leen epävarmalla pohjalla. Esimerkiksi Suomen tai Skandinavian alueelle vartavasten tehtyjä ennusteita ei ole julkaistu vaan tulkinnat on perustettava globaalien mallien varaan. Uusimmat mallilaskelmat tasoittavat jonkin verran vuodenaikoihin liittyvää lämpenemistä, jos sitä verrataan aikaisempiin mallilaskelmiin. Ennen ennustettiin talvikaudelle selvästi kesää suurempaa lämpenemistä, nyt talvien ennustetaan lämpenevän lievästi voimakkaammin. Talven keskilämpötila nousisi ennusteiden mukaan suurinpiirtein ensi vuosisadan puoliväliin mennessä 3°C Etelä-Suomessa ja 5°C Pohjois-Suomessa (IPCC 1992b). Kesällä koko maassa koettaisiin noin 3°C lämpeneminen. Sateiden ja maanpinnan kosteusolosuhteisen ei ennakoita Suomen alueella muuttuvan.

Ennustetun suuruisen lämpötilan nousun vaikutuksia suomalaiseen elämänmenoon on vaikea arvioida. Lämmityskulut ilmeisesti laskisivat, Etelä-Suomen kelirikkkokaudet pitenisivät, hiihtomahdollisuudet siirtyisivät entistä pohjoisemmaksi ja Lapissakin hiihtoseasonki lyhenisi. Luonnossa tapahtuvat muutokset ovat vielä vaikeampia ennustettaviksi: 200 — 300 vuoden aikana lehtimetsät ilmeisesti valtaisivat alaa myös Suomessa. Toisaalta juuri nyt menossa oleva metsävarojen nopea kasvu johtaa päinvastaiseen kehitykseen. Tihenevissä metsissä lehtipuut kärsivät.

8. Ilmastomuutos ja kansainväliset sopimukset

YK:n yleiskokous asetti joulukuussa 1990 hallitustenvälisen neuvottelukomitean valmistelemaan ilmastomuutosta koskevaa sopimusta. Komitea sai sen valmiiksi tämän vuoden toukokuussa ja se allekirjoitettiin Rio de Janeiron ympäristö- ja kehityskonferenssissa. Sopimusta on pidetty vesitettyinä ja hampaattomana. Tosiasiassa ilmastopimus on tavoitteissaan hyvinkin tiukka ja toteutuessaan se kääntää maailman kehitystä kohti kestäväen kehityksen uraa keskipitkällä aikavälillä.

Sopimuksen perusteena on kansainvälisen tiedeyhteisön vuosikausia kestänyt analyysi kasvihuoneilmiön syistä ja seurauksista. Sopi-

mustekstin sisältö on raju analyysi teollistuneen maailman hyvinvoinnin aiheuttamista rasisuksista yhteiselle ilmakehällemme ja varoitus ilmastomuutoksen kiihtymisestä ellei vastatoimiin ryhdytä nopeasti. Samalla se varoittaa siitä uhkasta, joka sisältyy väestönkasvuun kehitysmaissa ja niiden oikeutettuun vaatimukseen tasaveroisemmasta elintason jakaantutumasta maapallolla.

Sopimuksen keskeisiä elementtejä ovat:

- yleiset päästösitoumukset kaikille osapuolille ja erityssitoumukset teollistuneille maille.
- rahoitusjärjestelmä, jolla kehitysmailla tehdään mahdolliseksi kestäväen kehityksen toteutus ympäristön kannalta tervettä teknologiaa hyödyntäen.
- raportointi- ja seurantajärjestelmä.

Sopimuksen tavoitteet

Sopimuksessa sanotaan yksiselitteisesti, että mailla on oikeus kestäväen kehitykseen ja niiden tulee edistää sen syntymistä. Sopimus rajaa maapallon kestäväen kehityksen kirjaamalla tavoitteeksi: » ... perimmäisenä tavoitteena on yleissopimuksen asiaankuuluvien määräysten mukaisesti saada aikaan kasvihuonekaasujen ilmakehäpitoisuuksien vakiinnuttaminen tasolle, joka estäisi ihmistoiminnan aiheuttaman vaarallisen puuttumisen ilmastojärjestelmään. Sellainen taso tulisi saavuttaa aikavälillä, joka tekee ekosysteemeille mahdolliseksi sopeutua luonnollisella tavalla ilmastomuutokseen, varmistaa ettei ruuantuotanto ole uhattuna ja sallii taloudellisen kehityksen etenemisen kestäväen kehityksen edellyttämällä tavalla». Selkokielellä tämä merkitsee hiilidioksidipäästöjen alentamista 60 % ja metaanipäästöjen alentamista 20 % niiden nykytasosta aikavälillä, joka ei saisi kestää enempää kuin 40 — 50 vuotta.

Teollisuusmaiden erityissitoumukset

Teollistuneet maat aiheuttavat arviolta 70 — 85 % kasvihuonekaasujen päästöistä, joten niiden on myös kannettava suurin vastuu niiden

vähentämisestä. Teollisuusmaiden neuvottelu niiden päästösitoumuksista oli eräs prosessin vaikeimmista osista. Kompromissi syntyi viime kädessä USAn ja Euroopan yhteisön välillä aivan huipputasolla. Vapaasti muotoillen siinä sanotaan: »Muuttaakseen kasvihuonekaasujen päästöjen kehitystrendejä vastaamaan yleis-sopimuksen tavoitetta teollisuusmaat näkevät tarpeelliseksi palauttaa tämän vuosikymmenen loppuun mennessä kasvihuonekaasujen päästöt aikaisemmille tasoille». Sanaa »aikaisemmille» määritellään raportointivelvoitetta koskevassa pykälässä:»... tavoitteena palauttaa yksittäisinä maina tai yhteisesti hiilidioksidin ja muiden kuin Montrealin pöytäkirjan sääntelemien kasvihuonekaasujen päästöt niiden 1990 tasoille». Eli jälleen selkokielellä: Maiden tulee palauttaa muun muassa hiilidioksidipäästösä noin vuonna 2000 noin vuoden 1990 tasolle.

Päästöjen sääntelyssä maa, jonka kasvihuonekaasuja sitovat nielut ovat lisääntyneet, saa vähentää vastaavan määrän päästöistään. Suomessa tällaista potentiaalia sisältyy esimerkiksi pakettipeltojen metsitykseen.

Päästötavoitteitaan maat voivat esimerkiksi EY:n tavoin toteuttaa myös suuremman alueen yhteisenä »kuplana». Suomi ja joku lähialueen maa voivat siis toteuttaa kahdenkeskisiä hankkeita ja sopia hankkeista tulevan päästövähennyshyvityksen jaosta.

Maat, jotka ovat siirtymässä keskussuunnittelujärjestelmästä kohti markkinatalousjärjestelmää, saavat sopimuksen mukaan joustoa vähennyssitoumusten aikatauluun. Sellaisista maista on Suomelle kiinnostavia Venäjä, Eesti, Liettua, Latvia, Puola ja Unkari.

Kehitysmaiden rahoitusjärjestelmä

Kehitysmaiden mukaantulo yleissopimukseen ratkesi, kun sopu rahoitusjärjestelyistä saatiin aikaan. Teollistuneet maat sitoutuvat antamaan kehitysmaille tukea kansallisten suunnitelmien tekoon. Ehtona on niiden saattaminen sopimuspuolten tarkasteltavaksi. Rahoitusta myönnetään myös sopimuksen mukaisten, ilmastomuutosta torjuvien hankkeiden aiheuttamiin lisäkustannuksiin. Rahoitusasioita hoitaa toistaiseksi Maailmanpankin, YK:n kehitysohjelman

ja YK:n ympäristöohjelman perustama maailmanlaajuinen ympäristörahoitus (GEF). Arviot tarvittavista erityisrahoituksista vaihtelevat muutamasta miljardista sataankin miljardiin dollariin vuodessa.

Sopimuksen seuranta

Edellä esitetyt positiiviset arviot sopimuksen onnistuneisuudesta vaativat perusteluita. Oli jo itsessään suuri tulos, että runsaassa vuodessa neuvoteltiin sopimus, joka avaa mahdollisuudet puuttua maailmanlaajuisesti ihmiskunnan suurimpaan ympäristöuhkaan. Sopimus sitoo valtiot kehittyvään järjestelmään, jonka seurauksena ne joutuvat esittämään keskeiset kehitysuunnitelmansa muiden tarkasteltavaksi. Kokemukset rikki- ja typpipöytäkirjoista, puhumatkaakaan Montrealin otsonipöytäkirjasta osoittavat, että vaatimattominkin perustavoittein muotoiltu sopimus johtaa toteutuessaan osapuolten keskinäiseen vertailutilanteeseen. On pakko tehdä kansallisia ohjelmia, joita sopii esitellä osapuolten arvioitavaksi.

Aikataulujen nopeutta on niinkään syytä korostaa. Nopeimmillaan teollisuusmaat joutuvat raportoimaan toimiaan jo 1 — 2 vuoden sisällä. Silloin on Suomenkin kerrottava miten se aikoo palauttaa hiilidioksidipäästönsä aikaisemmalle tasolle tämän vuosikymmenen loppuun mennessä. Mittatikkuna on muun muassa EY:n ohjelma. Silloin on myös kuvattava millaisella energiapolitiikalla Suomi suunnittelee alentavansa päästöjään ensi vuosisadan alkuvuosikymmeninä tai millaista ympäristöverotusta se tulee käyttämään.

9. Suomen mahdollisuudet sopeutua ilmastopoliittiseen

Hallitus totesi energiasektoreissa: »Energiapolitiikan yleisesti käytössä olevilla keinoilla ei CO₂-päästöjä saada vuoden 1990 tasolle vuoteen 2000 mennessä...». Näin on vain, jos sallitaan energian loppukulutuksen kasvaa, tavoitellaan korkeaa talouskasvua ja panostetaan varovaisesti vähäpäästöisiin energiamuotoihin. Aikatarkastelu onkin siirrettävä rakennuspää-

töksestä toiseen etenevässä energiapolitiikassa muutaman kymmenen vuoden päähän. Sellaisella aikavälillä on mahdollista kehittää toisenlainen Teknologia-Suomi.

Pitkällä aikavälillä on määrätietoista energiapolitiikkaa noudattaen mahdollista saavuttaa hyvinkin huomattavia päästövähennyksiä. Hiilidioksiditoimikunta osoitti neljä lähes tasaveroista keinoa vähentää päästöjä:

1. energiansäästö
2. energiatuotannon tehostaminen
3. ydinvoima
4. maakaasu.

Toimikunnan energiansäästöarvio perustuu KTM:n energiansäästö-projektin raporttiin (*Lepistö 1991*). KTM:n antamien ennakkotietojen mukaan hallituksen energiansäästöohjelma painottaa enemmän kotitalouksien säästöjä. Sillä voi olla vaikutusta mielipiteiden muokkauksessa.

Hiilidioksiditoimikunnan käyttämä ydinvaihtoehto on maksimivaihtoehto, joka tarkoittaisi nykyisen runsaan 2000 MW ydintehon nostamista nelinkertaiseksi seuraavan 30 vuoden aikana. Maakaasuvaihtoehdossa edellytetään sekä Norjan että Barentsinmeren kaasurojen käyttöönottoa samalla aikavälillä. Maakaasu pudottaa kivihiileen verrattuna hiilidioksidipäästöt noin puoleen ja se on helposti otettavissa käyttöön myös vanhoissa laitoksissa.

Biopolttoainesten käytössä Suomessa on merkittäviä mahdollisuuksia: energiapuu, pakketiellot, harvennusunshakkuu.

Edellä lueteltuja keinoja yhdistämällä Suomi selviytyy tulossa olevista kansainvälisistä velvoitteista. Keinojen soveltaminen edellyttää ensisijaisesti energiapihin perusteellisuuden luomista ja liikenteen kehittämistä ympäristöystävälliseksi. Verotus ohjaavana keinona on lähes ainoa tie saavuttaa tavoitteet.

10. Kokemuksia ympäristökustannuksista

Sekä rikki- että typenoksiditoimikunnat valitsivat suosituksensa käyttäen kustannustehok-

kuutta ensisijaisena kriteerinä (*Rikkitoimikunta 1986*, *Typenoksiditoimikunta 1990*). Toimikuntavaiheen ja määräysten antamisen jälkeiset arviot rikin- tai typenpoiston kustannuksista ovat olleet jyrkässä ristiriidassa. Esimerkiksi katalyysattorien käyttöönottoa vastustettiin voimakkaasti kustannussyistä. Tänäpä autonostaja ei kuitenkaan huomaa oleellista hinnannousua, vaikka kaikki myytävät autot sisältävät katalyyttisen puhdistuksen.

Kustannustehokkuutta tulisi käyttää enemmän uudistuskohteiden valinnassa. Esimerkiksi Itä-Euroopan siirtymätalousmaissa on energian loppukulutuksen tehokkuus niin paljon länsimaista jäljessä, että niissä saataisiin vähin kustannuksin aikaan suuria hiilidioksidipäästöjen vähennyksiä. Avunantaja saa ilmastositomuksen mukaan laskea osan vähennyksestä hyväksien. Monien kyseessä olevien maiden poliittinen tilanne on tosin erittäin hankala järkevän kaupankäynnin kannalta.

Kirjallisuus

- Hiilidioksiditoimikunta (1991): *Komiteanmietintö 1991:21*.
- IPCC (1992a): *Intergovernmental Panel on Climate Change 1992 IPCC Supplement*.
- IPCC (1992b), *Climate Change*.
- Kauppa- ja teollisuusministeriö (1990): *Energiatalouden kehityslinjoja vuoteen 2025*. Sarja B:70.
- Kauppa- ja teollisuusministeriö (1992): *Energiasasto, Energiapoliittisen selonteon vaikutuksia*, Muistio.
- Kulmala, A. (1992): *Muuttaako kasvihuoneilmiö elämäntapamme?* Tampereen Teknillinen Korkeakoulu, Täydennyskoulutuskeskus.
- Lepistö, A (1991): *Energiasäästöprojekti*, loppuraportti. KTM katsauksia B:100.
- Rikkitoimikunta (1986): *Komiteanmietintö 1986:33*.
- Typenoksiditoimikunta (1990): *Komiteanmietintö 1990:11*.
- Valtioneuvosto (1992): *Suomen energiastrategia*, Valtioneuvoston energiapoliittinen selonteko eduskunnalle.