

JUKKA HOFFRÉN

TALOUS HYVINVOINNIN JA  
YMPÄRISTÖHAITTOJEN TUOTTAJANA  
– SUOMEN EKOTEHOKKUUDEN  
MITTAAMINEN



Tilastokeskus  
Statistikcentralen  
Statistics Finland

Jukka Hoffrén

TALOUS HYVINVOINNIN JA  
YMPÄRISTÖHAITTOJEN TUOTTAJANA  
–SUOMEN EKOTEHOKKUUDEN  
MITTAAMINEN



*Tilastokeskus  
Statistikcentralen  
Statistics Finland*

*Tutkimuksia-sarjan toimituskunta*  
Tilastokeskuksen tieteellinen neuvottelukunta

*Päätoimittaja*  
Tilastokeskuksen tieteellinen johtaja  
Risto Lehtonen

*Kannen suunnittelu*  
Maija Sohlman

*Taitto*  
Hilkka Lehikoinen

Tilastokeskus 1999

ISSN 0355-2071  
ISBN 951-727-604-4

Yliopistopaino

Helsinki 1999

# ESIPUHE

Tutkimuksessa tarkastellaan taloutta järjestelmänä joka tuottaa yhteiskunnan jäsenille samanaikaisesti sekä hyvinvointia että ympäristöhaittoja. Tutkimus keskittyy erityisesti uuden ympäristöpoliittisen toimintastrategian, ekotehokkuuden, perusteiden tarkasteluun sekä Suomen talouden ekotehokkuuden analysointiin. Tavoitteena on arvioida lähestymistavan käyttökelpoisuutta ja luoda pohjaa ekotehokkuutta koskeville jatkotutkimuksille. Tutkimuksen viitekehyksenä ovat vahvasti talousteoriat, erityisesti ekologinen taloustiede, ns. läpivirtaustalous -ajattelu ja kestävän kehityksen politiikan tavoitteet.

Ekotehokkuus pyrkii käytännössä nivomaan samansuuntaisiksi tavoitteiksi tuotantojärjestelmien taloudellisen ja materiaalsen tehokkuuden sekä maapallon kantokyvyn määrittämisen ekologisen kestävyuden samaan aikaan kun ihmisille turvataan kestävä, vähintään nykyinen, tarpeiden tyydytyksen taso (hyvinvointi). Maapallon luonnon kantokyky asettaa aineellisen hyvinvoinnin lisäämiselle selkeät rajat, joita maailmantalous niin ympäristön saastumisen kuin luonnonvarojen käytön osalta jo eri tutkimusten mukaan koettelee. Ekotehokkuuden keskeisenä tavoitteena on näiden tuotannon aikaansaamien hyvinvoinnin tasoa laskevien ympäristöongelmien välttäminen etukäteen.

Tutkimus on laadittu lisensiaattityöksi Tampereen yliopiston aluetieteen ja ympäristöpolitiikan laitokselle. Tutkimuksen tekoa ovat osaltaan tukeneet aiemmat tutkimusprojektini luonnonvara- ja ympäristöasioiden parissa Tilastokeskuksessa. Työn ohjaajana on toiminut professori, FT Yrjö Haila Tampereen yliopiston aluetieteen ja ympäristöpolitiikan laitokselta. Haluan kiittää häntä erityisesti kannustavasta ja positiivisesta suhtautumisesta tutkimukseeni. Asiantuntevista kommentteista ja vinkeistä haluan lisäksi kiittää emeritusprofessori, VTT Aarni Nybergiä (Helsingin kauppakorkeakoulu), ylitarkastaja, HL Lari Kuusistoa (Verohallitus) ja professori, TkT Jyrki Luukkasta (Tampereen yliopisto). Tutkimuksen tarkastajina ovat toimineet professori, TkT Janne Hukkinen (Teknillinen korkeakoulu) ja professori, TkT Ilkka Savolainen (Jyväskylän yliopisto). Toivon, että tutkimus auttaa kestävän kehityksen politiikan implementoinissa Suomessa sekä edistää omalta osaltaan alan kotimaista ja kansainvälistä tutkimusta sekä tietopohjan laajentumista.

Helsingissä toukokuussa 1999

*Jukka Hoffrén*

# SISÄLLYS

<b>Esipuhe</b> .....	<b>3</b>
<b>Tiivistelmä</b> .....	<b>6</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>8</b>
<b>1 Johdanto</b> .....	<b>10</b>
Aihe-alueen kuvaus .....	10
Tutkimusongelma ja tutkimuksen tavoite .....	14
Tutkimuksen sisältö .....	15
<b>2 Taloustieteen näkökulman kehitys</b> .....	<b>17</b>
Tieteellisen tiedon tuottamisen menetelmät .....	17
Taloustieteen varhainen kehitys –havainnoista holistiseksi teoriaksi ..	19
Formaalin taloustieteen kehittyminen .....	22
Talouden ilmiöiden kokonaisvaltainen tarkastelu .....	27
Kohden holistista näkemystä luonnosta ja taloudesta .....	30
<b>3 Tuotannon ympäristöhaitat hyvinvointiongelmiana</b> .....	<b>33</b>
Hyvinvoinnin materiaallinen perusta .....	33
Ympäristöhaittojen sisäistäminen hintoihin .....	41
Kestävän tulotason mittaaminen .....	44
Ulkoiset kustannukset ja bruttokansantuote .....	47
Talous- ja ympäristötilinpidon yhdistäminen hyvinvointitilinpidoksi ..	48
Taloudellisen hyvinvoinnin mittaamisen kehittäminen .....	54
<b>4 Tavoitteena materiaalien kestävä käyttö</b> .....	<b>58</b>
Kestävä kehitys ja talouskasvun rajat .....	58
Materiaalien suljettu kierto .....	64
Materiaalien läpivirtauksen pienentäminen .....	66
<b>5 Ekotehokkuus ympäristöpoliittisena toimintastrategiana</b> .....	<b>73</b>
Taloudellisen tehokkuuden käsitteeseen liittyvät ongelmat .....	73
Ekotehokkuus tienä kestävään kehitykseen .....	76
Ekotehokkuuden mittaaminen käytännössä .....	82
<b>6 Suomen talouden ekotehokkuuden mittaaminen</b> .....	<b>87</b>
Talouden luonnonvaraperusta .....	87
Luonnonvarojen kulutuksen kehitys .....	90
Materiaalien käytön, bruttokansantuotteen ja päästöjen kehitys .....	94
Ulkoisvaikutusten hinnoittelu .....	99
Suomen talouden ekotehokkuuden tarkastelu .....	102

Kansainvälinen vertailu .....	109
<b>7 Ekotehokkuustarkastelun kehittäminen .....</b>	<b>118</b>
<b>8 Johtopäätökset .....</b>	<b>127</b>
<b>9 Kirjallisuus.....</b>	<b>131</b>
<b>LIITE 1 Primäärimateriaalien kokonaiskulutus .....</b>	<b>139</b>
<b>LIITE 2 Suomen talouden tunnuslukujen kehitys .....</b>	<b>140</b>
<b>LIITE 3 Suomen ympäristönsuojelumenot .....</b>	<b>142</b>
<b>LIITE 4 Suomen tärkeimpien ympäristövaikutusten kehitys.....</b>	<b>143</b>
<b>LIITE 5 Suomen ekotehokkuuden kehitys .....</b>	<b>145</b>
<b>LIITE 6 Talouksien ekotehokkuudet.....</b>	<b>146</b>
<b>Keskeiset käsitteet.....</b>	<b>148</b>

# TIIVISTELMÄ

**Jukka Hoffrén: Talous hyvinvoinnin ja ympäristöhaittojen tuottajana –Suomen ekotehokkuuden mittaaminen. Tilastokeskus, Tutkimuksia 226, Helsinki 1999**

Tutkimus tarkastelee mahdollisuutta kokonaisvaltaisten, holististen analyysien tekemiseen ympäristön ja talouden muodostamasta kokonaisuudesta. Erityisenä mielenkiinnon kohteena on talouden toiminta hyvinvoinnin ja ympäristöhaittojen generoijana sekä näiden kehityskulkujen kuvaamiskeinot. Lähemmin tutkimuksessa tarkastellaan ja arvioidaan ns. ekotehokkuusajattelun käyttökelpoisuutta. Tutkimus jakautuu teoreettiseen ja empiiriseen osaan. Teoreettisessa osassa tarkastellaan kestävän kehityksen politiikan suhdetta perinteiseen tieteelliseen ajatteluun sekä taloustieteen näkökulman historiallista kehitystä. Erityisenä mielenkiinnon kohteena on taloustieteen käsitys hyvinvoinnista ja ympäristöhaitoista sekä näiden mittaamisesta käytännössä. Lisäksi tarkastellaan ympäristöä talouskasvun rajoitteena, esitellään ekotehokkuusajattelun periaatteet ja käyttö ympäristöpoliittisena toimintastrategiana sekä mahdollisuudet käytännössä mitata ekotehokkuutta. Tutkimuksen empiirinen osa arvioi Suomen ekotehokkuuden kehitystä vuosina 1980 – 1997 yhdistämällä saatavilla olevat ekotehokkuuden eri ulottuvuuksia koskevat tutkimus- ja tilastotiedot.

Tutkimus nojautuu metodologisesti ja menetelmällisesti pitkälti ekologisesti kestävän kehityksen periaatteisiin ja taloustieteen, erityisesti ekologisen taloustieteen teorioihin, kuten materiaalivirta-ajatteluun. Ekotehokkuustarkastelu perustuu ekologisen taloustieteen piirissä kehitettyyn ns. läpivirtaustalous –ajatteluun. Ekotehokkuustarkastelu tarjoaa kehityskulkujen kvantitatiivisen arvioinnin kautta ympäristöpolitiikalle runsaasti uusia mahdollisuuksia. Hyödykkeisiin sitoutuvan materiaalmäärän vähentyminen hyvinvoinnin kasvaessa tai säilyessä vähintään ennallaan tuo taloudellisia säästöjä ja laskee ympäristökuormitusta. Tavoitteena on tuotantojärjestelmien taloudellinen ja ma-

teriaalinen tehokkuus samaan aikaan kun ihmisille turvataan kestävä, vähintään nykyinen hyvinvoinnin taso. Talous on ekotehokkaalla kehitysuralla kun se tuottaa elämän laadun paranemisen alati pienenevällä määrällä luonnonvaroja ja energiaa. Taloudellisen tehokkuuden lisäksi tuotannolta edellytetään ns. ekologista tehokkuutta ja kestävyyttä, yhteiskunnallista eettisyyttä ja oikeudenmukaisuutta. Näistä on käytännössä mahdollista mitata vain taloudellisia ja ekologisia tekijöitä.

Talouden aiheuttamia ympäristöongelmia on tutkimuksessa tarkasteltu hyvinvoinnin näkökulmasta. Ekologisen taloustieteen näkökulmasta kestävä kehitys tarkoittaa hyvinvoinnin tason pitämistä vähintään ennallaan ja tulevien sukupolvien mahdollisuuksien turvaamista vähintään nykyisen tasoiseen hyvinvointiin. Erityisenä ongelmana on elämän laadun parantumisen eli hyvinvoinnin mittaaminen. Hyvinvoinnin mittarin valinta muuttaa helposti kuvaa talouden ekotehokkuuden kehityksestä. Perinteinen bruttokansantuote, jota tutkimuksessa on jouduttu hyvinvoinnin kehitystä arvioitaessa käyttämään, ei ole varsinainen hyvinvoinnin mittari. Ekotehokkuustarkasteluissa on jatkossa hyvinvoinnin kehitystä kuvattaessa tärkeää käyttää bruttokansantuotemittarin ohella myös muita, vaihtoehtoisia hyvinvoinnin mittareita.

Tutkimuksen perusteella Suomen ekotehokkuus on viimeisten 18 vuoden aikana parantunut. Materiaalien käyttö ja ympäristöhaitat ovat vähentyneet sekä absoluuttisesti että suhteessa hyvinvointiin. Kehitys on ollut samansuuntaista kuin muissakin teollisuusmaissa Yhdysvalloissa, Saksassa, Japanissa ja Alankomaissa. Ekotehokkuustarkastelun perusteella Suomen hyvinvoinnin taso bruttokansantuotemittarin avulla mitattuna ei enää 1990-luvulla ole ollut sidottu materiaalien kulutuksen kasvuun. Ns. Factor 10 ja Factor 4 -tavoitteiden toteutuminen edellyttäisi kuitenkin toteutuakseen materiaalien käytön vähenemistä keskimäärin 5,3 prosentilla vuosittain, kun toteutunut vähenemä oli 1990-luvulla keskimäärin vain 1,9 prosenttia. Nykyinen kehitys ei näillä näkymin johda riittävään materiaalien käytön vähentymiseen, vaan Factor-tavoitteiden saavuttaminen edellyttää uusien, tehokkaiden ympäristöpoliittisten toimenpiteiden käyttöönottoa.

**Avainsanat:** *Kestävä kehitys, ympäristötaloustiede, ekotehokkuus, hyvinvointi, materiaalivirtatilinpito.*



# ABSTRACT

**Jukka Hoffrén: The Economy as Generator of Wellbeing and Environmental Damage –Measuring Finnish Eco-efficiency. Statistics Finland, Research Reports 226, Helsinki 1999.**

This study examines the possibility of making comprehensive, holistic analyses on a whole formed by the environment and the economy. Its particular emphasis is on the economy as a generator of economic welfare and environmental hazards and the ways of describing the progress involved. In the study, the applicability of eco-efficiency is examined and assessed in detail. The study divides into a theoretical and an empirical part. The theoretical part examines the relation of the policy of sustainable development to conventional scientific thinking and the historical development of the viewpoint of economics. The conception of welfare and environmental hazards for economics and their practical measurement are given particular attention. The environment is also examined as a constraint on economic growth, introducing the principles of eco-efficiency and its use as a strategy for environmental policy and practical methods for measuring eco-efficiency. The empirical part of the study assesses the development of Finland's eco-efficiency from 1980 to 1997, bringing together the available research and statistical data on various aspects of eco-efficiency.

Methodologically, the study rests largely on the principles of ecologically sustainable development and on the theories of economics, especially those of ecological economics, such as material flow analysis. Eco-efficiency is examined in the context of so-called throughput economy developed in the field of ecological economics. With its quantitative evaluation of development, eco-efficiency gives new possibilities for environmental policy. As welfare grows or remains unchanged, the amount of material bound to commodities will fall, thus producing economic savings and lower environmental loads. The objective is to make the production systems economically and materially efficient, while people are guar-

anted a sustainable, i.e. at least the present level of welfare. The economy is on an eco-efficient track when it will improve the quality of life using lower amounts of natural resources and energy. In addition to economic efficiency, the production is expected to be ecologically efficient and sustainable, socially ethical and just. Of these, only economic and ecological factors can be measured in practice.

In the study, the environmental problems caused by the economy are viewed from the perspective of welfare. For ecological economics, sustainable development means that the level of welfare remains at least unchanged and it will be possible for the future generations to maintain at least the present level of welfare. A particular problem is how to measure the improved quality of life, or welfare. The selection of the indicator of welfare will easily change the view of how the eco-efficiency of the economy is developing. The conventional gross national product, which the study had to use for evaluating the development of welfare, is not an actual indicator of welfare. In the future, other, alternative welfare indicators should be used in addition to the gross national product to describe the progress of welfare.

The study indicates that Finland's eco-efficiency appears to have improved in the last 18 years. The use of materials and environmental hazards have shrunk both in absolute terms and in relation to welfare. This trend has been similar in other industrialised countries, such as the United States, Germany, Japan and the Netherlands. This examination of eco-efficiency gives reason to believe that, measured by the gross national product, the Finnish welfare level has no longer been bound to the increase in material consumption in the 90s. The attainment of the Factor 10 and Factor 4 objectives would require, however, an average decrease of 5.3 per cent per year in material consumption, while the actual decrease has been, on average, only 1.9 per cent in the 90s. The present development does not appear to help us to attain the Factor objectives, but new, efficient environmental policy measures are needed to achieve them.

**Keywords:** *Sustainable development, environmental economics, eco-efficiency, welfare, material flow accounting*

# 1 JOHDANTO

---

## *Aihe-alueen kuvaus*

---

Toisen maailmansodan jälkeinen nopean talouskasvun aika on kohottanut monin paikoin suuresti maapallon väestön pääosan taloudellista elintasoja. Samaan aikaan räjähdysmäinen talouskasvu on kuitenkin aiheuttanut kasvavia saaste- ja jäteongelmia, jotka ovat osaltaan heikentäneet ihmisten elinmahdollisuuksia. Teollisuusmaissa ympäristöongelmat nousivat 1960-luvulta alkaen vilkkaan julkisen keskustelun kohteeksi. Yhteiskunnalliseen tietoisuuteen nousi myös kysymys luonnon ja erityisesti luonnonvarojen rajallisuudesta sekä nykyisenlaisen talouskasvun rajoitusta 1960-luvun lopulla ja 1970-luvun alussa. Teollisuustuotannon ja väestön määrän räjähdysmäinen kasvu sekä hyvinvoinnin tason samanaikainen nousu näyttivät mahdottomalta yhtälöltä. Varsinaisesti tämän luonnon rajallisuuteen liittyvän problematiikan nosti julkisuuteen ns. Rooman klubin vuonna 1972 ilmestynyt raportti "Kasvun rajat" (Meadows et al. 1974). Raportissa esitettiin talouskasvun pysäyttämistä, jotta ihmiskuntaa uhkaava katastrofi voitaisiin välttää. Käytännössä luonnonvarojen rajallisuus kosketti talouksia ja suurta yleisöä ensimmäisen öljykriisin myötä vuosina 1973–75.

Talusteoria osoittautui nopeasti kyvyttömäksi antamaan vastauksia poliitikkojen ja suuren yleisön esittämiin talouden toiminnan, luonnonvarojen riittävyyden, väestön kasvun, ympäristöongelmien ja hyvinvoinnin välisiä yhteyksiä sisältäviin kysymyksiin. Kansantaloustieteen valtavirtaus, uusklassinen talusteoria, on kiinnostunut lähinnä yksittäisistä ja paikallisista ympäristöongelmista ja niiden ratkaisemisesta maailmanlaajuisen ympäristöongelmien sijasta. Vallitsevan tieteenteorian mielestä suuret ongelmat voidaan ratkaista summaamalla osaongelmien ratkaisut kokonaisuuksiksi. Tämä on myös pitkälti valtavirtataloustieteen lähestymistapa maailman kohtaamiin ympäristöongelmiin. Uusklassisen ympäristötaloustieteen tärkeimmät työkalut tuotannon aikaansaamien ulkoisvaikutusten korjaamiseen

ovat muun muassa saastumisen kompensoiminen siitä kärsiville, päästömaksut saastuttaville teollisuuden aloille ja luonnon tarjoamien ilmaisten palveluiden varjohinnoittelu ja verottaminen. Näin pyritään saastumisen, luonnonvarojen ehtymisen ja jätemäärien kasvun aiheuttamien ongelmien rahamääräiseen arviointamiseen, jolloin paikalliset haitat voidaan kompensoida yhteiskunnan kannalta optimaalisella tavalla. Yksikään näistä keinoista ei sinänsä pysty poistamaan ongelmaa, vaan ainoastaan korjaamaan pahimmat epäkohdat. Varsinaista "ympäristötalouden makroteoriaa", joka selittäisi luonnon ja talouden muodostaman kokonaisuuden toimintaa ja vuorovaikutussuhteita, ei ole vielä olemassa, vaikka sitä kipeästi tarvittaisiin.

Havaittiin myös, että teollistuneissa yhteiskunnissa tuotantojärjestelmä voi olla taloudellisesti tehokas vaikka se käytännössä haaskaisi raaka-aineita ja energiaa. Syynä tähän vinoutumaan on pitkälti luonnonvarojen eli teollisuuden raaka-aineiden väärä hinnoittelu, joissa ei esimerkiksi ole huomioitu rahamääräisenä tuotantopanosten potentiaalista kykyä aiheuttaa haitallisia saaste- ja jäteongelmia. Taloustieteen kyvyttömyys ottaa huomioon ympäristöasioita kulminoitui ympäristöliikkeen ja suuren yleisön mielissä yhteiskunnallisen suunnittelun tärkeimpään apuvälineeseen, kansantalouden tilinpitoon, ja erityisesti sen tärkeimpään mittariin, bruttokansantuotteeseen (BKT). BKT-mittari katsottiin kyvyttömättömäksi huomioimaan taloudellisen kasvun ulkoisvaikutuksia. Ympäristöliikkeiden eräs keskeisimmistä vaatimuksista oli ulkoisvaikutukset rahamääräisenä huomioon otta- van "vihreän" BKT:n kehittäminen, jonka avulla ympäristöongelmat olisi mahdollista välttää jo ennakolta.

Huolen ympäristö- ja luonnonvaraongelmista kasvettua voimakkaasti, järjesti Yhdistyneet kansakunnat 1970-luvulla sarjan suuria kansainvälisiä konferensseja, joista ensimmäinen oli Tukholmassa vuonna 1972 järjestetty ympäristönsuojelun erityiskonferenssi. Kokous nosti ympäristöasiat ensimmäisen kerran kansainvälisen politiikan asialistalle. Myös YK:n kansainvälinen ympäristöohjelma UNEP perustettiin samana vuonna päämääränään sovittaa yhteen YK:n eri järjestöjen toimia ympäristönsuojelussa sekä tekemään aloitteita ympäristöasioissa. Varsinaisesti ympäristökysymysten merkitys korostui 1980-luvun alussa, jolloin Yhdistyneet kansakunnat asetti vuonna 1983 Ympäristön ja kehityksen maailmankomission pohtimaan ratkaisuja näihin ongelmiin. Raportissaan "Yhteinen tulevaisuutemme" Ympäristön ja kehityksen maailmankomissio (1988, 21–35) piti talouskasvun

jatkamista tarpeellisena, koska se takaa tekniikan kehittymisen entistä ympäristöystävällisempään suuntaan. Ongelmana komissio piti enemmänkin sitä, ettei talouskasvu sinänsä aina takaa ympäristön kannalta parhaimman tekniikan käyttöönottoa. Komission esitti myös kasvun rakenteen muuttamista vähemmän energiaan ja raaka-aineisiin perustuvaksi sekä väestönkasvun ja kulutuksen sopeuttamista luonnon tuotantokyvyn rajoihin. Nämä ajatukset komissio nimesi kestävän kehityksen politiikaksi, joka "tydyttää nykyhetken tarpeet ja säilyttää tulevien sukupolvien mahdollisuudet omien tarpeidensa tyydyttämiseen". Maailmankomissio vetosi lisäksi maailman tiedemiehiin uusien, tämän kestävän kehityksen politiikan mukaisten teoreettisten mallien ja työkalujen kehittämiseksi.

Kestävän kehityksen politiikasta tuli 1990-luvulla ympäristöpolitiikan keskeinen lähtökohta. Alan tutkimuksen kuten myös kansainvälisen ja kansallisen ympäristöpolitiikan eräänä keskeisenä lähtökohtana toimii tällä hetkellä kestävän kehityksen politiikka sellaisena kuin se Yhdistyneitten kansakuntien järjestämässä Rio de Janeiron ympäristö- ja kehityskonferenssissa kesällä 1992 määriteltiin. Kestävän kehityksen -politiikan periaatteista eli taloudellisen ja sosiaalisen kehityksen sovittamisesta luonnonvarojen asettamiin puitteisiin niin, että nykyiset hyvinvoinnin edellytykset säilyisivät tuleville sukupolville sovittiin 178 valtion kesken. Osallistujamaiden kokouksen päätteeksi hyväksymä nk. Rion julistus sisältää suosituksen periaatteista, joita noudattamalla voidaan edistää kestävää kehitystä. Rion seurantakokouksessa New Yorkissa kesällä 1997 maailman valtiot vahvistivat Riossa antamansa sitoumukset. Käytännössä kestävän kehityksen politiikan puitteissa ei ole tähän mennessä saavutettu tarvittavia muutoksia maailman ympäristön tilassa ja luonnonvarojen käytössä. Sopiminen kestävän kehityksen määrällisistä tavoitteista on osoittautunut erityisen vaikeaksi, sillä laajan kansainvälisen yksimielisyyden saavuttaminen ei aina ole helppoa. Konkreettisesti tämä oli havaittavissa ensimmäistä maailmanlaajuista ja oikeudellisesti sitovaa kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä koskevaa Kioton pöytäkirjaa joulukuussa 1997 laadittaessa.

Nuorena tieteenalana ympäristöpolitiikka ei ole eriytynyt kovinkaan kauaksi käytännön ympäristöongelmista, joten yhteys tutkimuksen ja käytännön politiikan implementoinnin välillä on vielä melko kiinteä. Tutkijoiden YK:n tilastotoimiston suojissa laatima, luonnonvarojen hyödyntäminen ja ympäristövauriot tuo-

tannon arvoa laskettaessa huomioon ottava, "yhdistetty ympäristön ja talouden tilinpito" (System of Integrated Environmental and Economic Accounting; SEEA) kehitettiin nimenomaan kestäväen kehityksen politiikan apuvälineeksi (United Nations 1993). Koska kansantalouden tilinpitoa katsottiin yleisesti tarvittavan alkuperäisessä tehtävässään kansantalouksien suhdannevaihteluiden kuvaajana, liitettiin luonnonvarat ja ympäristövarat siihen erillisen satelliittitilinpidon avulla. Tällöin kansantalouden tilinpidon antama informaatio voitaisiin säilyttää talouselämän tarpeita silmällä pitäen. Käytännössä yksimielisyyden saavuttaminen ympäristövaurioiden ja luonnonvarojen käytön rahallisesta arvottamisesta osoittautui 1990-luvun puolivälissä poliittisesti mahdottomaksi ja eikä rahamääräisten ympäristötilinpitotojen käyttöönotto ole toteutunut. Vihreän BKT:n kehittämistä pidetään alan tutkijoiden piirissä nyt yhä enemmän saavuttamattomana unelmana. SEEA-järjestelmää ollaan parhaillaan uusimassa ja se näyttää olevan kehittymässä kohden kansantalouden tilinpidosta täysin erillistä ja itsenäistä järjestelmää. Uusi SEEA keskittyy ympäristön tilan luonnontieteelliseen kuvaukseen ilman yhteyttä taloudelliseen toimintaan. Samalla tilinpidon kehittämisvastuu on siirtymässä yhä enemmän yhteiskuntatieteilijöiltä luonnontieteilijöille.

Vaikka ympäristöongelmat ovat olleet julkisessa keskustelussa hyvinkin ajankohtaisia jo viimeisten 30 vuoden ajan ei taloustiede ole tänä aikana pystynyt useista poliitikkojen vetoimuksista huolimatta tarjoamaan mitään oleellisesti uutta menetelmää tai työkalua ympäristöongelmiin. Tarjotut ratkaisut ovat monesti perustuneet vanhojen ajatusten soveltamiseen uusiin olosuhteisiin sekä monitieteisiin tarkasteluihin. Lupaavia mahdollisuuksia uusien mallien rakentamiselle on tarjonnut ns. yhteiskunnallinen termodynamiikka, jota erityisesti ekologinen ympäristötaloustiede on soveltanut. Se tarjoaa mallien rakentamisessa tarpeellisia yleisiä lainalaisuuksia muuten yhteismitattomille järjestelmille. Yhteiskunnallisen termodynamiikan sisältämien lainalaisuuksien yhdistäminen talusteoriaan ja hyvinvointiin on lupaava, mutta samalla myös erittäin vaativa tutkimusalue.

Yhteyttä talouden ja ympäristön välille on 1990-luvun loppupuolella alan tutkijoiden piirissä etsitty ns. ekotehokkuus -ajattelusta. Ekotehokkuus -ajatusten päämääränä on raaka-aineiden käytön supistaminen rajallisen globaalin ekosysteemin kantokyvyn ylittävien ympäristövaikutusten, kuten saasteiden ja jätteen määrän, vähentämiseksi yhteiskunnallisen termodynamiikan

kan mukaisesti. Tavoitteena on ihmisten kestävä tarpeiden tyydytyksen (hyvinvoinnin) taso. Pontta ekotehokkuus -ajattelu on saanut siitä tosiseikasta, että erityisesti teollisuusmaissa materiaalien kulutus ylittää useiden tutkimusten mukaan ympäristön uusiutumisen ja kantokyvyn. Ympäristöpolitiikan tutkimukselle keskeisin haaste on tulevaisuudessa kestävä kehityksen politiikan tarjoaman kokonaisvaltaisen, kaikki ympäristön ja talouden väliset monimutkaiset vuorovaikutussuhteet huomioon ottavan lähestymistavan muuntaminen käytännön politiikaksi ottaen huomioon että ns. talouden globalisaatio vähentää edelleen valtioiden keinoja vaikuttaa ympäristönsuojelun tasoon omalla alueellaan, jolloin ympäristöverojen ja osin myös kansallisen ympäristölainsäädännön itsenäinen käyttöönotto on vaikeutuu. Ekotehokkuus tarjoaa tällöin lupaavimmalta näyttävän yhteiskunnallisen toimintastrategian.

---

### *Tutkimusongelma ja tutkimuksen tavoite*

---

Tutkimus tarkastelee yhteiskunnan kokonaishyvinvoinnin muodostumista ja erityisesti tällä hetkellä ajankohtaista ekotehokkuus -ajattelua yhteiskunnan mahdollisena uutena ympäristöpoliittisena toimintastrategiana. Ekotehokkuus yhdistää samansuuntaisiksi tavoitteiksi tuotantojärjestelmien taloudellisen ja materiaallisen tehokkuuden sekä maapallon kantokyvyn määrittämisen ekologisen kestävyuden. Tarkoituksena on esittää katsaus taloustieteen näkemyksistä hyvinvoinnista ja ympäristötaloustieteen näkökulma ympäristövaikutuksista. Tutkimus pyrkii antamaan selvityksen kysymykseen; kuinka Suomen talouden luonnonvara- ja ympäristötehokkuudet ovat kehittyneet viimeisen kahdenkymmen vuoden aikana sekä vastaamaan ympäristöpolitiikan kannalta keskeiseen tulevaisuuden kysymykseen; saavutaanko Factor 4 ja 10 -tavoitteiden mukaiset ekotehokkuudet nykyisellä kehitysuralla?

Tutkimus on tietävästi ensimmäinen työ, jossa tarkastellaan Suomen talouden ekotehokkuuden kehittymistä. Tutkimus nojautuu pitkälti talousteorioiden ajatuksiin ympäristöstä. Tämä on perusteltua sillä talouden ja ympäristön tilan välillä on olemassa monia erilaisia riippuvuuksia ja vuorovaikutussuhteita, jotka useimmiten jäsentyvät taloudesta ja sen toiminnasta käsin.

Tutkimuksen teoreettisena viitekehysenä toimii uusklassinen talousteoria ekologisen taloustieteen ajatuksilla laajennettu-

na. Aihepiirinsä puolesta tutkimus sijoittuu lähinnä Suomessa vähän harjoitetun ekologisen ympäristötaloustieteen alalle. Työ on myös ensimmäinen Suomessa laadittu esitys ekotehokkuusajattelun kokonaistaloudellisista perusteista ja käytännön soveltamisesta. Tutkimuksessa käytetyn tietopohjan kokoamista on myös pidettävä urauurtavana työnä. Monia tätä tutkimusta varten kerättyjä aikasarjatietoja ei aiemmin ole ollut lainkaan saatavilla.

---

## *Tutkimuksen sisältö*

---

Tutkimus jakautuu rakenteellisesti teoreettiseen ja empiiriseen osaan. Teoreettisessa osassa luvuissa 2, 3, 4 ja 5 luodaan katsaus alan aikaisempaan tutkimukseen ja sen kehitykseen. Teoreettinen osa luo pohjan tutkimuksen varsinaiselle empiiriselle osalle, luvulle 6. Ekotehokkuustarkastelun kehittämiseen paneudutaan saatujen tulosten pohjalta luvussa 7.

Taloustieteen näkökulman kehitystä ja aikaisempaa tutkimusta tarkastellaan luvussa 2. Näkökulma kansantaloustieteen kehitykseen on hyvinvointikeskeinen. Ensiksi esitellään taloustieteessä sovellettuja tärkeimpiä metodologisia lähestymistapoja sekä tarkastellaan yleisellä tasolla teorioiden muodostumisprosesseja taloustieteessä. Tämän osaksi historiallisen katsauksen kautta tarkastellaan taloustieteen hyvinvointikäsitteen kehittymistä ja luodaan pohjaa hyvinvoinnin taloustieteeseen liittyvien ongelmien ja puutteiden käsittelylle seuraavissa luvuissa. Luvussa 3 tarkastellaan talouden ja ympäristön välistä vuorovaikutusta erityisesti ihmisten hyvinvoinnin näkökulmasta. Tarkoituksena on hyvinvoinnin mittaamisen kehittäminen vastaamaan ekologisesti kestävästä kehityksen vaatimuksista sekä tarkastella erilaisten hyvinvoinnin mittaamistapojen etuja ja ongelmia. Eriytyisenä mielenkiinnon kohteena on kansantalouden tilinpitojärjestelmän kehittäminen kohden kestävästä tulotason mittaamisesta, ulkoisten kustannusten huomioiminen rahamääräisinä sekä talous- ja ympäristötilinpidon integroiminen enemmän hyvinvoinnin kehittymistä mittaavaksi seuranta- ja suunnittelujärjestelmäksi. Lisäksi tarkastellaan yksilöiden taloudellisen hyvinvoinnin mittaamisryityksiä.

Luvussa 4 tarkastellaan materiaalien käytön sovittamista kestävästä kehityksen rajoihin. Talouskasvun ja ekologisesti kestävästä kehityksen sovittaminen yhteen edellyttää luonnonvarojen käy-



tön vähentämistä taloudessa samalla kun tuotettu hyvinvointi säilyy vähintään ennallaan. Talouden luonnosta ottamien ja sinne palauttamien materiaalien ”läpivirtauksen” pienentäminen on käytännössä mahdollista siirtämällä talouskasvun painopiste ns. laadulliseen kasvuun. Tavoite edellyttää tuotannolta nykyistä taloudellista tehokkuuden käsitettä laajempaa tehokkuusajattelua. Luvussa 5 tarkastellaan ekotehokkuuskäsitettä ympäristöpolitiikan uutena toimintastrategiana ja tuotantojärjestelmien taloudellisen ja materiaallisen tehokkuuden sekä ekologisen kestävyuden yhdistäjänä. Luonnonvarojen käytön vähentäminen ja talouden kasvun rakenteen siirtäminen kohden ns. laadullista kasvua edellyttää ekotehokkuusmittarin kehittämistä ja soveltamista. Erityisenä mielenkiinnon kohteena luvussa on ekotehokkuus tienä kestäväen kehityksen edellyttämiin kestäviin tuotanto- ja kulutustapoihin. Lisäksi esitellään tutkimuksissa aiemmin käytettyjä ekotehokkuuden mittaamismenetelmiä.

Luvussa 6 ekotehokkuustarkastelua sovelletaan Suomeen käytettävissä olevien tilastoaineistojen perusteella. Aluksi luodaan katsaus maan luonnonvaraperustaan, teollisuuden rakenteeseen ja luonnonvarojen käytön intensiivisyyteen. Lisäksi tarkastellaan materiaalien primäärikäytön, bruttokansantuotteen ja tärkeimpien päästöjen kehitystä. Tämän lisäksi testataan erään ehdotetun yhteiskuntien ekotehokkuusmittarin toimintaa ja tarkastellaan sen tuottamia tuloksia. Suomen talouden ekotehokkuutta verrataan myös luvussa 6 Saksan, Japanin, Yhdysvaltojen ja Alankomaiden talouksien ekotehokkuuksiin.

Luvussa 7 tarkastellaan ekotehokkuustarkastelun avulla saatuja tuloksia ja pohditaan lähestymistavan kehittämistarpeita. Tutkimuksen lopuksi esitellään vielä työn keskeiset johtopäätökset. Tutkimus keskittyy tarkastelemaan aihetta kirjallisuuden, artikkeleiden ja tutkimusten sekä saatavilla olleiden tilastotietojen perusteella.

## 2

# TALOUSTIETEEN NÄKÖKULMAN KEHITYS

---

### *Tieteellisen tiedon tuottamisen metodit*

---

Yhdistyneitten kansakuntien järjestämässä Rio de Janeiron ympäristö- ja kehityskonferenssissa kesällä 1992 määritellystä kestävästä kehityksen politiikasta on nopeasti muodostunut ympäristöpolitiikan keskeinen lähtökohta eri puolilla maailmaa. Kestävä kehitys edellyttää taloudellisen ja sosiaalisen kehityksen sovittamista luonnonvarojen asettamiin puitteisiin niin, että edellytykset nykyisen hyvinvoinnin ylläpitämiseen säilyisivät tuleville sukupolville. Hailan (1995, 8–9) mukaan tärkeimmät kestävästä kehityksen kriteerit liittyvät ekologiaan. Inhimilliset toiminnot, kuten talouden toiminnot eivät voi olla kestävällä perustalla, jos ne johtavat elollisen luonnon elinvoiman rappeutumiseen. Ekologisesti kestävästä kehityksen keskeinen vaatimus on luonnon elinvoiman vaaliminen. Ekologiset ongelmat voidaan määritellä kahdesta erilaisesta näkökulmasta: inhimillisen terveyden ja hyvinvoinnin tai elollisen luonnon prosessien näkökulmasta. Näistä terveys ja hyvinvointi –näkökulma on useimmiten selkeämpi ja yksikäsitteisempi kuin luonnon tilaan liittyvät näkökulmat.

Käsitettä kestävä kehitys on pidetty epämääräisenä, sillä perinteisen tieteen näkökulmasta katsottuna kestävästä kehityksen edellytysten yksiselitteinen ja tarkka määrittely on ongelmallista. Esimerkiksi kestävästä kehityksen politiikan määritelmässä mainituille ”luonnonvarojen asettamille puitteille” ei ole vielä löydetty tarkkaa ja yleispätevää luonnontieteellistä pohjaa. Perinteisesti on katsottu että tieteellisillä käsitteillä on oltava tarkasti sovitettu merkitys ja että ne on voitava esittää formaalissa muodossa matemaattisin termein. Kestävästä kehityksen terminologia ei ole tässä mielessä vielä kaikilta osin vakiintunutta. Tässä tutkimuksessa käytettyjen keskeisten käsitteiden sisältöä onkin pyritty tarkentamaan tutkimuksen lopussa. Perinteisesti tieteen keskeisenä kriteerinä on pidetty sitä, että hypoteesit ja teoriat on

voitava osoittaa oikeiksi ja paikkansapitäviksi reaali maailman kokein ja havainnoin. Down (1996, 11–17) mukaan tieteen perimmäisenä tehtävänä on etsiä ja löytää ympäröivästä maailmasta perusaksioomia, jotka ovat tosia ja itsestäänselviä. Periaatteessa kaikki väitteet voidaan luokitella tosiksi ja epätosiksi eli tiedoksi ja ei-tiedoksi. Reduktionismin (tai atomismin) eli pelkistämisen avulla ongelmat pyritään hajottamaan mahdollisimman pieniin osaongelmiin, jotka on helpompi ratkaista turvautumalla deduktioon eli tekemällä jostakin tunnetusta, yleisestä totuudesta yksittäinen, tätä osaongelmaa koskeva päätelmä. Länsimaisen tieteellisen tiedon eräänä keskeisenä ominaisuutena on myös pidetty tiedon kumulatiivisuutta eli sitä, että olemassaolevaan tietoon lisätään näitä edellä kuvattuja, uusia tieteellisen tiedon “palasia”. Näistä sirpaleista pyritään muodostamaan edelleen loogisia ajatusmalleja, teorioita. Uutta mahdollisimman luotettavaa tietoa, joka tarjoaa perustan tieteellisille teorioille, taas saadaan parhaimmillaan luonnontieteellisten fysikaalisten mittaustulosten kautta.

Myös ympäristötaloustieteen metodologian ja sisällön kehitystä ovat paljolti hallinneet yritykset soveltaa näitä perinteisiä tieteellisiä periaatteita. Esimerkiksi uusklassisen taloustieteen omaksumat kuluttajan rationaalisuus -aksioomat sallivat yhä mitä erilaisimpien teoreemien johtamisen deduktiivisen logiikan avulla, vaikkei näitä aksioomia voida osoittaa tosiksi ihmisten käyttäytymisestä tehtyjen havaintojen perusteella. Siten soveltaville tieteille, joihin myös taloustiede lukeutuu, on teorioiden rakentaminen itsestäänselvien aksioomien pohjalle ongelmallista, sillä muodostuvien teorioiden pitäisi olla todettavissa myös vastaavia reaali maailman havaintoja tarkasteltaessa. Näistä havaintojen ja omien teoriarakennelmiensa välisistä ristiriidoista huolimatta taloustieteen valtavirtaus, jota nykyään edustaa uusklassinen taloustiede, pyrkii kehittämään teorioitansa matemaattisten aksioomien varaan ja arvioimaan kilpailevia vaihtoehtoisia teorioita oman perinteisen metodologiansa kriteerien mukaan. (Dow 1996, 12, 40–41)

Perinteisen tieteellisen ajattelutavan kanssa kilpaileva holistinen eli kokonaisvaltaisuutta korostava tieteellinen ajattelutapa lähtee näkemyksestä, että itsestäänselvien, vedenpitävien aksioomien löytäminen on mahdotonta. Lähestymistapa perustuu erilaisiin argumentteihin, joilla on erilainen lähtökohta ja jotka menestyksekkäässä teoriassa vaikuttavat toisiinsa. Tieteellistä tietoa kertyy teorioiden käytännön sovellutusten kautta, eri metode-

ja hyväksikäyttäen. Tätä lähestymistapaa hyödynsi esimerkiksi 1930-luvulla John Maynard Keynes makrotalousteoriansa, joka haastoi paremminkin perinteiseen tieteelliseen ajattelutapaan perustuvan uusklassisen talousteorian. Hänen argumentointinsa perustui johtopäätösten tekemiseen taloutta koskevista tilastotiedoista. (Dow 1996, 12, 18) Perinteisen länsimaisen tieteellisen metodin näkökulmasta Keynesin tarkastelutapa eikä siten myöskään hänen teoriansa ollut tieteellinen. Keynesin teorian ”tieteellisyys” puutteen korvasi kuitenkin relevanttius käytännön kanssa.

Kestävän kehityksen ja erityisesti kestävän talouden reunaehtojen määrittely edellyttää holistista lähestymistapaa talouden ja ympäristön muodostamaan kokonaisuuteen. Erityisen tärkeää on kehittää ympäristötaloustieteeseen menetelmiä, jotka mahdollistavat kokonaisnäkemyksen muodostamisen ja holististen analyysien tekemisen kestävän kehityksen edistymisestä yhteiskunnissa. Tämä edellyttää tulevaisuudessa uudenlaista monitieteistä tutkimusta ja lähestymistapaa, jotka yhdistää taloustieteellisen, luonnontieteellisen ja yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen yhdeksi holistiseksi analyysiksi taloudesta ja ympäristöstä. Käytännössä kestävän kehityksen politiikan käytännön toteutusta on viivästyttänyt haluttomuus toteuttaa radikaaleja kestävän kehityksen mukaisia ja taloudellista hyvinvointia luultavasti laskevia uudistuksia tuotanto- ja kulutustavoissa. Kestävän talouden reunaehtojen määrittely taloustieteen näkökulmasta onkin avainasemassa kestävän kehityksen politiikan kannalta.

Länsimainen tiede on luonteeltaan kumulatiivinen – se lisää koko ajan uutta tietoa olemassa olevaan. Siten ympäristötaloustieteen nykyisen näkökulman ymmärtäminen perehtymistä taloustieteen syntyyn ja kehitykseen, jotka yhä määräävät ja selittävät tieteenalan ajattelutapaa. Seuraavissa luvuissa tarkastellaan taloustieteen teoriamuodostusta aina taloustieteen synnystä ekologisen ympäristötaloustieteen näkökulmaan saakka.

---

### *Taloustieteen varhainen kehitys –havainnoista holistiseksi teoriaksi*

---

Nykyinen valtavirtataloustiede kehittyi 1700-luvulta lähtien aina toiseen maailmansotaan saakka lähinnä englantilaisen poliittisen taloustieteen suojissa tai sen ympärillä melko pienen ja monesti toisilleen tutun tiedemiespiirin piirissä. Vasta 1900-luvun

alkupuolella taloustieteen kehittäminen siirtyi suuntauksen edustajien viemänä Yhdysvaltoihin. Alunperin yhteiskuntafilosofiasta eronneen poliittisen taloustieteen keskeisinä kiinnostuksen aiheina olivat varallisuuden lisääntymisen syyt. Kansantaloustieteen isänä pidetyn skotlantilaisen Adam Smithin (1723–1790) teos *The Wealth of Nations* (suom. *Kansakuntien varallisuus*) oli ennen kaikkea hyökkäys tuon ajan vallitsevaa talouspolitiikkaa, merkantilismia ja sen kaupankäynnille asettamia rajoituksia vastaan. Länsi-Eurooppaa 1600- ja 1700-luvuilla hallinnut talouspoliittinen ajattelu, merkantilismi näki kansantalouden suurena kotitaloutena, jota piti kehittää kansallista etua silmällä pitäen eli edistettävä vientiä ja rajoitettava tuontia. Smithin näkemys maiden varallisuuden luonteesta erosi myös jyrkästi merkantilistien ajattelusta, jonka mukaan maan varallisuuden perusta oli arvokkaissa metalleissa, kuten kullassa ja hopeassa. Smithin mukaan arvokkaiden metallien korkea hinta ei sinällään kertonut minkään maan köyhyydestä tai talouden alikehittyneisyydestä, vaan ainoastaan maankamaran karuudesta ja kaivosten tuotoksesta. Smithin käsityksen mukaan ”kansakunnan varallisuuden” muodostivat markkinoilla vaihdettavat tavarat, joiden hinta perustui tuotantokustannuksiin. Smithin mukaan kansallista vaurautta kuvasi arvokkaiden metallien sijasta paremmin valtion maan ja työvoiman vaihdettavissa olevan vuosittaisen tuotoksen arvo. Siten Smith tarkoitti termillä ”kansallinen vauraus” (national wealth) lähinnä samaa kuin taloustieteilijät nykyään puhuessaan kansantulosta. (Ekelund – Hebert 1975, 73)

Adam Smithin näkemykset tukivat käytännön taloudessa tapahtuneita merkittäviä muutoksia. Feodalistinen, kotitarvetuotantoon ja vaihtotalouteen perustuva talousjärjestelmä oli 1600- ja 1700-luvuilla korvautunut rahataloudella ja markkinoilla tapahtuvaan vaihtoon perustuvalla talousjärjestelmällä. Smith pyrki torjumaan tähän muutokseen liittyviä pelkoja siitä, että nopea yhteiskunnallinen muutos loisi epäjärjestystä ja pyrki todistamaan kuinka yksilöiden itsekeskeisellä käytöksellä oli myös positiivisia, epäsuorasti koko yhteiskuntaa hyödyttäviä vaikutuksia. Smith pyrki erityisesti kuvaamaan kuinka omaa etuaan ajavat yksilöt markkinataloudessa tekevät yhteistyötä tavalla, joka luo yhtenäisen talousjärjestelmän. Smithin mukaan talouden ”näkyttömän käden” ohjaamana jokainen yksilö tiedostamattaan edistää yleistä hyvinvointia tavoitellessaan omaa etuaan. Tämä näkytön käsi on vapaa kilpailu, joka rohkaisee tehokkaaseen kuluttajia hyödyttävään tuotantoon. Smithin mukaan

taloudessa näin vallitseva "luonnollinen harmonia" tekee valtion asioihin puuttumisen sekä tarpeettomaksi että ei-toivottavaksi. Koska markkinavoimilla oli Smithin havaintojen mukaan sisäinen pyrkimys keskittymiseen, kannatti hän kuitenkin monopoli-valtaa vähentävien yhteiskunnallisten keinojen käyttöä. (Dow 1996, 51; Ekelund - Hebert 1975, 59)

Adam Smith esitti teoriansa sanallisella ja yleisellä tasolla, kuten 1700-luvulla oli tapana. Samaan aikaan Smithin teoksen kanssa oli taloustiede kuitenkin alkanut erottua formaalimmaksi, omaksi tieteenhaarakseen myös ensimmäinen taloustieteellinen koulukunnan, ranskalaisten fysiokraattien piirissä. Fysiokraattien mukaan vain osa taloudesta oli tuottavaa toimintaa, joka synnytti enemmän vaurautta kuin kulutti. Kaikki muut elinkeinot toimivat näin syntyneen taloudellisen ylijäämän varassa sitä kuluttaen. Kansakunnan varallisuuden kasvu edellytti heidän mielestään ylijäämää tuottavan toiminnan edistämistä. Ajan luontoa ihannoivan ajattelun mukaisesti fysiokraatit katsoivat että tuottavia ovat vain luontoa suoraan hyväksi käyttävät elinkeinot kuten maatalous, minkä takia sitä tuli edistää. Fysiokraatit esittivät ensimmäisinä taloudellisen vapauden periaatteen torjuen merkantilistisen taloutta kahlitsevan talouspolitiikan. Varallisuus kasvoi parhaiten kun talous saa toimia omien lakiensa mukaan. Näkemystä alettiin kutsua *laissez faire* (antaa mennä) -periaatteeksi. Suuntauksen perustaja ja merkittävin edustaja oli ranskalainen Francois Quesnayn (1723-1790), joka laati vuonna 1774 varhaisen panos-tuotostilinpidoon esikuvan *tableau économique* kuvataksaan maatalouden luoman ylijäämän kiertoa taloudessa. Fysiokraatit eivät erottaneet taloustieteellistä analyysiä ja toisaalta poliittista ja eettistä analyysiä selkeästi toisistaan.

Modernin kansantaloustieteen katsotaan alkaneen englantilaisen nk. klassisen taloustieteen (*classical political economy*) myötä, jonka edustajat ensimmäisinä kehittivät oman, systemaattisen lähestymistapansa taloustieteeseen säilyttäen kuitenkin yhä yhteydet poliittisiin ja eettisiin kysymyksiin. Taloustiede olikin suuntauksen edustajille nimenomaan poliittista taloustiedettä (*political economy*), moraalista tiedettä ja analyysien lähtökohtina olivat käytännön politiikkakysymykset. Lopullisena päämääränä oli lisätä ymmärrystä äskettäin syntyneen teollisen kapitalistisen järjestelmän lainalaisuuksista. (Dow 1996, 51) Suuntauksen merkittävimmät edustajat olivat David Ricardo (1772-1823), Thomas Malthus (1766-1834), John Stuart Mill

(1806–1873) ja ranskalainen Jean Baptiste Say, jotka olivat kiinnostuneita näiden säännönmukaisuuksien mallintamisesta. Klassisen taloustieteen edustajia kiinnostaneita politiikkakysymyksiä olivat teollisen vallankumouksen aiheuttamat muutokset, jotka koskettivat eniten maataloutta. Malthus, Ricardo ja Mill pohtivat jo tuolloin kasvavan väestön ja toisaalta rajallisen viljelysmaahan välisen epäsuhdan välistä ongelmaa. Klassisen taloustieteen edustajista David Ricardo pyrki määrittelemään formaalisti tulonjakoa ohjaavat lainalaisuudet. Taloustieteelle Ricardon ajattelun vaikutusta on pidetty lähes yhtä suurena kuin Adam Smithin. Ricardon soveltama deduktiivinen tapa rohkaisi osaltaan kaventamaan poliittisen taloustieteen formaaliksi taloustieteeksi 1870-luvulla. (Dow 1996, 54) Erilaisista näkemyksistä huolimatta klassinen poliittinen taloustiede oli monilta perusosiltaan yhtenäinen teoria. Tästä huolimatta sitä ei koskaan hyväksytty yksimielisesti. Koulukuntaa syytettiin liiasta teoreettisuudesta ja Iso-Britannialle edullisen, mutta vasta teollistuville maille haitallisen vapaan ulkomaankaupan suosimisesta.

---

### *Formaalin taloustieteen kehittyminen*

---

Adam Smithin ja myöhemmin klassisen poliittisen taloustieteen esittämien, luonteeltaan holististen teorioiden matemaattinen mallintaminen alkoi vasta sata vuotta Smithin teoksen ilmestymisen jälkeen. Tuolloin yhteiskuntaluokkien sijasta taloustieteen keskeiseksi kiinnostuksen kohteeksi nousi Englannissa 1800-luvun lopulla yksilön taloudellinen käyttäytyminen sekä markkinoilla tapahtuva vaihto ja hinnan muodostus (Hueting 1980, 9). Samaan aikaan tapahtui hiileen, höyryyn ja rautaan perustuvan teollisuuden läpimurto, jonka kulmakiviä olivat höyrykone, höyryveturi, sähkömoottori ja teräs.

Taloustieteeseen tässä nk. marginalistisessa vallankumouksessa 1870-luvun alussa syntyi kolme merkittävää suuntausta. Ensinnäkin uusklassinen koulukunta, joka tukeutui englantilaiseen ja varsinkin Marshallin hyötyteoriaan pyrkien säilyttämään osan klassisen koulukunnan ajattelusta, toiseksi formaalimpi koulukunta Walrasin ja Pareton johdolla, jotka keskittyivät yleisen tasapainoteorian kehittämiseen (common general equilibrium theory, CGE) ja kolmanneksi Mengerin itävaltalainen koulukunta, joka sovelsi subjektiivista lähestymistapaa ja hyökkäsi empi-

rismiä vastaan. Marginalistien tavoitteena oli luoda kokonainen analyyttinen järjestelmä, joka kuvaisi taloudellisia suhteita riittävästi luonnonlakien lakien mukaisiksi yksilöiden käyttäytymisen aksioomeiksi. Taloustieteen metodi muuttui näin matemaattiseksi, tutkimuskohde kasvun ja tulojaon tutkimuksesta resurssien tehokkaan allokaation tutkimiseen ja näkökulma tuotannon tarkastelemisesta vaihdon tarkastelemiseen. (Dow 1996, 56–57).

Uusklassisessa vallankumouksessa klassisen taloustieteen tuotannon ja pääomatavaroiden fyysinen tarkastelutapa sekä näkemys teollisuustuotannosta materiaaleja prosessoivana toimintona hävisivät. Näkemys taloudesta perustui analyyttiseen mekaniikkaan, josta oli lyhyt matka hyödyn näkemiseen luonnonvoimana, joka oletti ihmisten tietävän kaikki potentiaaliset tarpeensa kaikissa mahdollisissa maailmantoissa. Hyöty oli siten riippumaton tavasta jolla kukin talouden tila saavutettiin. Historialla, kulttuurilla ja oppimisella ei ollut teoriassa vaikutusta ihmisen toiveisiin. Uusklassikot hylkäsivät klassisten taloustieteilijöiden tuotantokustannuksiin perustuvan arvoteorian ja loivat niukkuuteen ja vähenevään rajahyötyyn perustuvan arvoteorian. Tuloksena oli staattinen tasapainoteoria, jossa hinnat perustuvat väheneviin voittoihin ja negatiiviseen takaisinkytkentään. (Christensen 1991, 77-78)

Klassiseen taloustieteeseen nojautuvien Alfred Marshallin ja Arthur Pigoun työt perustuivat osittaistasapainoihin perustuviin oletuksiin. Esimerkiksi Marshall näki taloustieteen lähinnä Adam Smithin ajatusten jatkona ja piti uusklassista taloustiedettä enemmänkin vanhojen klassisten ajatusten modernina versiona. Marshall uskoi myös Ricardon ja Millin suhteellisen yksinkertaisten analyysien selitysvoimaan. (Ekelund - Hebert 1975, 341)

Nykyinen kansantaloustieteen valtavirtaus, matemaattisiin malleihin perustuva uusklassinen talousteoria on pitkälti synteesi mm. Léon Walrasin ja Alfred Marshallin töistä, joissa he yhdistivät klassisen taloustieteen teorian matemaattisiin malleihin. Mahdollisuuden monimutkaisemman, uusklassisen talousteorian kehittymiselle tarjosi erityisesti ranskalainen, mutta englantilaista traditiota edustaneen taloustieteilijän Léon Walrasin (1834–1910) kehittämä taloudellinen mallijärjestelmä. Walrasin malli koostui suuresta matemaattisesta yhtälöjärjestelmästä, joka kuvasi yksilöiden hyödykkeiden ja palvelujen kysyntää ja työvoiman tarjontaa, muuta tuotannontekijöiden tarjontaa sekä yrityksen eri tuotannontekijöiden kysyntää ja hyödykkeiden tarjon-



taa. Tarjonnan ja kysynnän välinen tasapaino riippui tässä erittäin laajassa ja monimutkaisessa mallissa hyödykkeiden ja tuotantotekijöiden hinnoista. Hinnat olivatkin hänen järjestelmänsä avain.

Uusklassisen koulukunnan perustajiin luetaan Léon Walrasin ohella myös itävaltalainen Carl Menger ja englantilainen William Stanley Jevons. Uusklassisen koulukunnan myötä nimitys poliittinen taloustiede (political economy) korvattiin ternillä kansantaloustiede (economics). Carl Menger (1840–1921) näki taloustieteen ihmisen toiminnan tieteenä, joten selittääkseen objektiivisesti tapahtumia, huomio pitäisi kiinnittää toiminnan lopputuloksen sijasta ennen muuta toiminnan subjektiiviseen motivaatioon (Dow 1996, 74–75). William Stanley Jevons (1835–1882) puolestaan asetti taloustieteen keskeiseksi päämääräksi yksilöiden subjektiivisen hyödyn maksimoinnin. Jevonsin näkemyksen mukaan taloustieteen tehtävänä on maksimoida mielihyvä eli tuottaa suurin määrä sitä mitä eniten halutaan käyttämällä sitä mitä vähiten halutaan. Jevonsin näkemys pohjautui erityisesti Jeremy Benthamin (1748–1832) kehittämään hyödykkeiden arvon rajahyötyteoriaan ja ranskalaisen Jules Dupuitin (1804–1866) ajatukseen hyödykkeen vähenevästä rajahyödystä. Benthamin keskeinen tavoite oli nk. utilitarismi eli pyrkimys taata suurin mahdollinen onni suurimmalle mahdolliselle joukolle. Bentham lisäsi aiempaan hedonistiseen ajattelutapaan, jonka mukaan kukin yksilö etsii onneaan, eettisen velvoitteen. Sen mukaisesti jokaisen ihmisen käytöksen pitäisi johtaa kohden suurimman mahdollisen joukon onnellisuuden maksimointia. Dupuit puolestaan osoitti vuonna 1844, että yksilön homogeenisista hyödykkeistä saaman hyödyn määrä kertoo mihin käyttöön viimeiset hyödykkeet laitetaan. Eli että hyödykkeestä saatava rajahyöty vähenee hyödykkeen määrän kasvaessa. (Ekelund – Hebert 1975, 111, 217, 250–251)

Walras käytti yleisen tasapainomallinsa laadinnassa hyväkseen Dupuitin, Mengerin, Jevonsin ja muiden luomia käsitteitä yhdistäen aiemmat hyöty- ja kysyntäfunctiot yksilön hyödyn maksimoivaksi malliksi, joka käsitti kaikki yksilön kuluttamat hyödykkeet ja budjettirajoitteen. Walras oletti, että mikä tahansa hyödykkeen määrän lisäys lisäisi aina myös yksilön kokonaishyvinvointia. Näiden valintojen perusteella oli puolestaan mahdollista johtaa yksilön kysyntä- ja tarjontakäyrät. Walrasin yleisen tasapainomallinjärjestelmän päättää Walrasin laki, jonka mukaan kysyntä on vain toinen tapa katsoa tarjontaa. Walrasin mallia on helpointa kuvata yksinkertaisin matemaattisin yhtälöin.

Ensiksi määritellään hyöty- ja rajahyötyfunktiot sekä kehitetään rajasubstituutioasteen käsite. Yksilön budjettirajoitteen, tulojen ja varallisuuden perusteella määritellään optimaalinen tavaroiden ja palvelujen kombinaatio juuri tälle yksilölle. (Ekelund – Hebert 1975, 322–323) Walrasin ajatusten tuloksena syntyi moderni hintateoria 1800-luvun lopulla, joka erosi radikaalisti aiemmasta ajattelusta, jonka mukaan hinnat oli otettu annettuina tai ne olivat perustuneet vain työvoimakustannuksiin. Léon Walras uskoi voimakkaasti kehittämäänsä järjestelmään ja taivutti vuosien 1857 ja 1909 välillä taloustieteilijöitä ja talouspolitiikasta vastaavia kaikkialla maailmassa yleisen tasapainomallissa kannattajiksi. Myöhemmin Walrasin mallia kehitti mm. hänen oppilaansa, italialainen Vilfredo Pareto (1848–1923). (Ekelund – Hebert 1975, 332)

Nykyisen modernin yleisen tasapainoteorian perustana olevan walraasialaisen tasapainon -käsitteen kehittivät Arrow ja Debreu vuonna 1954. Siten modernin yleisen tasapainoteorian (Common General Equilibrium Theory, CGE) juuret ulottuvat uusklassisen teorian syntyyn ja erityisesti Walrasiin. Yleinen tasapainomalli on periaatteessa mikä tahansa suljettu järjestelmä, joka rakentuu matemaattisista, samanaikaisista yhtälöistä. Yhtälöryhmän ratkaisu, jos se on olemassa, on yleinen tasapainopiste. Liikkumista kohden tai pois päin tasapainosta täytyy kuvata jonkin mekanismin avulla. Walraasialaisessa mallissa, joka on yleisen tasapainomallin eräs muunnos, kuvaavat yhtälöryhmät kysyntää ja tarjontaa yksittäisillä markkinoilla. Suurin osa yleisen tasapainoteorian makroteorian kehityksestä 1960, 70 ja 80 -luvulla voidaan tulkita yrityksiä kehittävä yhtäpitävä mikro-makromalli, jossa makrotaloudellisen vuorovaikutussuhteet olisivat peräisin uusklassisen mikrotalousteorian rationaalisen käyttäytymisen aksioomista. (Dow 1996, 69–71) Nykyisetkin yleisen tasapainon mallit pohjautuvat vahvasti olettamuksiin, että kotitalouksien käyttäytymisen taustalla on pyrkimys hyödyn maksimointiin ja että yritysten toiminta tähtää voiton maksimointiin. Perusmallissa hinnat ovat täysin joustavia ja ne tasapainoittavat kysynnän ja tarjonnan kaikilla markkinoilla. Lisäksi yleensä oletetaan täydellinen kilpailutilanne ja resurssien täyskäyttö. GCE-mallien etuna osittaistasapainomalleihin nähden on, että ne ottavat huomioon kaikki substituutio- ja tulovaikutukset sekä sektorien välisen vuorovaikutuksen. Mallit on tarkoitettu lähinnä pitkän aikavälin rakenteellisten muutosten ja hyvinvointivaikutusten tarkasteluun. CGE-malleja on kansainvälisesti käytetty

1980-luvulta lähtien mm. vero-, kauppaa- sekä ympäristö- ja energiapolitiittisten toimenpiteiden tarkastelussa. (Pohjola 1997, 3) Mallien avulla voidaan käytännössä määrittellä mm. eri politiikkatoimenpiteiden vaikutukset bruttokansantuotteen suuruuteen ja mahdolliset yhteiskunnalle koituvat rahamääräiset hyvinvointitappiot.

Taloustieteen tärkein kehityssuuntaus toisen maailmansodan jälkeen oli tutkimusmenetelmien nopeasti edistynyt matematisoituminen sekä empiirisessä tutkimuksessa tarvittavien tilastotieteellisten menetelmien kehitys. Arrow ja Intriligator (1981, 1–8) jakavat matemaattisen taloustieteen kolmeen laajempaan ja osittain päällekkäiseen periodiin; ns. marginalistiseen periodiin (1838–1947), teoreettiseen ja lineaaristen mallien periodiin (1948–1960) ja integroivaan periodiin (1961–). Modernin matemaattisen taloustieteen perustana ovat yhä marginalistisella periodilla kehitetyt tuotanto-, kuluttaja-, oligopoli- ja yleiset tasapainoteoriat. Toisen maailmansodan jälkeen alkoi teoreettisen periodin läpimurto. Samalla lineaariset yhtälöjärjestelmät ja epätasapainot korvasivat osittaisderivaattojen käytön taloustieteessä. Vuonna 1961 alkanutta periodia nimitetään integroivaksi periodiksi, sillä sen aikana moderni matemaattinen kansantaloustiede yhdisti aiempien periodien käyttämät työkalut. Tällä periodilla matemaattiset menetelmät otettiin käyttöön lähes kaikilla kansantaloustieteen osa-alueilla.

Adam Smithin ajoista alkaen taloustiede jätti instituutiot ja organisaatiot sekä niiden toiminnan analysoinnin teorian ulkopuolelle. Markkinoiden vapaata toimintaa talouden ihanteena kuten myös uusklassisen talousteorian olettamia talouselämän lainalaisuuksia kritisoi saksalaisten Gustav Schmollerin (1838) ja Adolf Wagnerin (1835–1917) perustama merkantilismia ihaileva historiallinen koulukunta, jonka taloustieteen analyysi perustui historiantutkimuksen menetelmiin. Historiallinen koulukunta katsoi valtion roolin talouselämässä tarpeelliseksi sosiaalisten ongelmien tasoittamiseksi. Historiallinen koulukunta vaikutti kuitenkin suuresti 1900-luvun alussa amerikkalaiseen taloustieteen institutionaaliseen koulukuntaan, jonka perustajina olivat Thorsten Veblen (1857–1929), Wesley Mitchell (1874–1948) ja John Commons (1862–1945). He kritisoivat uusklassisen taloustieteen rationaalisuuskäsityksiä ja instituutioiden roolin väheksymistä. Institutionalit eivät kuitenkaan pystyneet rakentamaan ajatuksistaan teoreettista oppijärjestelmää ja 1930-luvulla institutionalismi syrjäytyi taloudellisesta tutkimuksesta. Pitkästi samoin kävi Saksan historialliselle koulukunnalle. Institutionalit

nen talousteoria ei kuitenkaan kuollut kokonaan, vaan toisen maailmansodan jälkeen syntyi ns. uusi institutionaalinen talousteoria, joka keskittyi kysymyksiin liiketoiminnan kustannuksista (transaction costs), rationaalisuudesta, ja julkisesta valinnasta (public choice). Toisin kuin Iso-Britanniassa ja Euroopassa eivät klassinen ja uusklassinen koulukunta saavuttaneet yhtä vahvaa asemaa Yhdysvalloissa. Historiallinen koulukunta säilyi, joskin vailla "tieteen" asemaa, useissa eri muodoissa mm. taloushistorian ja politiikkakysymysten empiirisen tutkimuksen alueilla sekä institutionaalisenä koulukuntana Yhdysvalloissa. (Dow 1996, 59–60)

---

### *Talouden ilmiöiden kokonaisvaltainen tarkastelu*

---

Voimakkaan taloudellisen kasvun aikakauden katkaissut 1930-luvun lama osoitti ensimmäisen kerran uusklassisen teorian puutteet taloudellisten ilmiöiden, erityisesti joukkotyöttömyyden selittäjänä. Uusklassinen talousteoria ei pystynyt selittämään tilannetta, jossa palkat alenivat samaan aikaan kun työttömyys kasvoi. Tähän kysymykseen vastaavan makrotalousteorian hahmotteli John Maynard Keynes (1883–1946) vuonna 1935 kirjassaan *The General Theory of Employment, Interest and Money*. Keynesin (1951) perusoivallus oli, että kansantaloudessa vallitseva kokonaiskysynnän taso määrää tuotannon tason ja siten myös työllisyyden. Keynes kumosi taloustieteilijöitä yhdistäneen Sayn lain, jonka mukaan "tarjonta luo aina oman kysyntänsä" osoittamalla, että tämä pätee vain vaihdantataloudessa jossa ei käytetä rahaa. Sen sijaan rahataloudessa tarjonta ei välttämättä luo kysyntää, koska kotitaloudet voivat kuluttamisen sijasta säästää rahansa. Keynes myös osoitti kuinka pienin oletusten muutoksin uusklassisen talousteorian tulokset olivat muutettavissa toisiksi. (Dow 1996, 62–63)

Keynesin kehittämä makrotalousteoria on mekanistinen järjestelmä, jossa erilaiset rahamääräiset kustannukset virtaavat sektorilta toiselle. Jos rahavirta on riittämätön täystyöllisyyden kannalta, voidaan sitä lisätä valtion menoja lisäämällä. Keynesin malli merkitsi siirtymistä uusklassisesta matemaattisesta aksioomiin perustuvasta teoriasta kohden talouden empiiristä analyysiä. Keynesin ja uusklassisen teorian välille muodostui kiulu erityisesti yksilöiden käyttäytymistä koskevien aksioomien kohdalle. Keynesin käyttämä aksiooma, jonka mukaan "yksilön kulutus on vakio-osa tuloista" oli käytännössä helpommin testattavis-

sa reaali maailmassa kuin uusklassisen teorian väite, jonka mukaan "kuluttajat maksimoivat hyötynsä". Koska käytännön havainnot eivät vastanneet uusklassisen talusteorian mukaisia tasapainotiloja, laati Keynes aksioomat jotka pystyivät jotenkin käsittelemään myös epätasapainotiloja. Näin oli mahdollista seurata kuinka havainnot liittyvät uraan kohden tasapainoa eli kuinka käytännössä dynaaminen sopeutumisprosessi vastaa teoreettista uusklassista tasapainomallia. (Dow 1996, 65)

Keynesin makrotalusteoria merkitsi vallankumousta niin uusklassisessa taloustieteessä kuin talouspolitiikassakin. Erityisesti Keynesin valtiovallalle tarjoama, Adam Smithin ja uusklassisen taloustieteen vastainen aktiivisen toimijan rooli jakoi voimakkaasti taloustieteilijöitä. Useat uusklassiset talusteoreetikot pyrkivät todistamaan Keynesin teorian vain uusklassisen mallin erikoistapaukseksi soveltamalla siihen perinteisiä uusklassisia metodologisia periaatteita. Esimerkiksi Hicks (1937) ja Modigliani (1944) pyrkivät osoittamaan että Keynesin pysyvä työttömyysilmiö voidaan sisällyttää uusklassiseen malliin tietyillä oletuksilla. Pigou (1941) piti sitä siihen, että pysyvä työttömyys oli selitettävissä vain palkkojen joustamattomuudella alaspäin, mikä estää täystyöllisyyden työmarkkinoilla. Vain ne Keynesin teorian osat tunnustettiin tieteelliseksi, jotka vahvistivat tai olivat käännettävissä uusklassisen teorian mukaisiksi. Muista Keynesin esittämistä ajatuksista katsottiin voitavan olla välittämättä, kuten vaihtoehtoisesta mallikehikosta. (Dow 1996, 64–65).

Vastarinnasta huolimatta taloustieteessä tapahtui opillinen ja talouspoliittinen vallankumous. Taloudellisen liberalismiin laissez faire -ajattelu hylättiin ja valtiot ryhtyivät tasoittamaan suhdannevaihteluita raha- ja finanssipolitiikan keinoin. Länsimaiden toisen maailmansodan jälkeinen poikkeuksellisen nopea ja tasainen kasvu oli suureksi osaksi Keynesin ajatusten perusteella vakaana pidetyn kysyntäpolitiikan ansiota. Koska Keynes itse jätti teoksessaan teoriansa ja uusklassisen talusteorian välisen suhteen avoimeksi, aloitettiin työ näiden teorioiden yhdistämiseksi heti toisen maailmansodan jälkeen. Keynes oli pitänyt teoriansa vaihtoehtona Ricardon ja uusklassisen talusteorian ajatuksille eikä siksi pyrkinyt esittämään yhdistäviä tekijöitä uusklassisen taloustieteen ajatuksiin. (Dow 1996, 62) Erityisesti yhdysvaltalainen Paul Samuelson on pyrkinyt luomaan keynesiläiselle makrotalusteorialle mikrotaloudelliset perusteet. (Dow 1996, 65–66)

Makrotalousteorian mikroperusteiden ja nk. uusklassisen synteessin kehittymiseen vaikuttivat myös monet muut taloustieteilijät. Clower (1965) kiinnitti ensimmäisenä huomiota markkinoiden käyttäytymiseen Keynesin makrotalousteoriassa. Hänen mukaansa Walrasin laki ei toteutunut Keynesin mallissa. Hänen analyysinsä keskittyi siten epätasapainotilanteisiin ja eri markkinoilla toimivien agenttien tiedontarpeisiin. Clower osoitti, että Keynesin pysyvä työttömyys -ilmiö oli yhtäpitävä uusklassisten rationaalisuuskriteerien kanssa. Leijonhufvud (1967, 1968) jatkoi Keynesin teorioiden esittämistä uusklassisessa muodossa. Hicks (1976, 1980-81) osoitti IS-LM-mallin rajoitteet Keynesin teorian ilmentymänä. Leijonhufvud (1968, 1981) ja Hicks (1974) kehittivät molemmat makrotalousteorian mikroperustaa tutkimalla markkinoiden käyttäytymistä. (Dow 1996, 69)

Vaikka monet uusklassiset taloustieteilijät ovat halunneet nähdä Keynesin analyttisen merkityksen taloustieteelle melko pienenä, ei kukaan kiellä hänen suurta merkitystään tieteelle. Siinä missä Ricardo, Mill ja Marshall olivat 1800-luvun suuria nimiä taloustieteen alalla, pidetään Keynesiä 1900-luvun ehkä kuuluisimpana ja merkittävimpanä teoreetikkona. (Ekelund - Hebert 1975, 409) Keynesin ansiota oli nykyaikaisen, itsenäisen makrotalousteorian kehittyminen makrotalousteorian rinnalle. Epäselvää sen sijaan on kuinka paljon makrotalousteoria kehittyi Keynesin haluamaan suuntaan ja kuinka paljon hän tarjosi muille mahdollisuuden muutokseen. Erityisesti ekonometristen makrotalousmallien kehittyminen oli suoraa seurausta Keynesin työstä, vaikka tietojen keruuta olivat aiemmin harrastaneet myös institutionaalisen taloustieteen edustajat. (Dow 1996, 64)

Kansantaloustieteen suoraviivaisena jatkunut kehitys joutui 1970-luvulla melkoisen sisäisen myllerryksen kohteeksi lähinnä reaalityaloudessa tapahtuneiden muutosten takia, jotka horjuttivat voimakkaasti uskoa taloustieteen selityskykyyn. Keynesin makrotalousteorian selitysvoiman katsottiin ratkaisevasti vähentyneen ja erityisesti ympäristökysymykset nousivat taloustieteen keskeisiksi kysymyksiksi. Kysymykset hintamekanismin toimivuudesta ja teknologisen kehityksen merkityksestä ekokatastrofin estäjänä ovat jakaneet ympäristötaloustieteilijöitä aina 1970-luvun alusta saakka. Keskeisin taloustieteilijöitä jakava tekijä on tällä hetkellä usko hintamekanismin toimivuuteen resursseja allokoitaessa. Raja kansantaloustieteen valtavirtauksen ja sen arvostelijoiden välillä on kuitenkin 1990-luvulla ollut hyvin epämääräinen, sillä suurin osa arvostelijoista hyväksyy uusklassisen teorian perusajatukset.

Keynesin ajatukset torjuva ja uusklassiseen suuntaukseen paluuta merkitsevä ajattelu voimistui 1970-luvulla. Tämä näkyi mahdollisimman vapaasti toimivien markkinoiden ihailuna ja haluna vähentää valtiovallan merkitystä markkinoiden tasaajana. Kokonaistaloudelliset häiriöt katsottiin ulkopuolisten "shokkien" seurauksiksi. Tämä suuntauksen tunnetuin edustaja on 1960-luvun lopulta lähtien Milton Friedman ja hänen ns. monetaristinen talusteoriensa. Friedman perusti monetaristisen teorian uusklassiseen rahan määräteoriaan (Quantity Theory of Money) Kuluttajien käyttäytyminen voitiin kuvata rationaalisen käyttäytymisen aksioomien perusteella. Friedmanin teoria viitoitti uusklassikoille tietä kehittämään kokonaisen makrotalousteorian, joka olisi empiirisesti testattavissa ja perustuisi mikrota-  
lousteorian aksioomiin. (Dow 1996, 68)

Monetarismin nousu merkitsi alkua kehitykselle, joka on merkinnyt paluuta vanhaan uusklassisen teorian lähtökohtaan, jonka mukaan mahdollisimman vapaasti toimivat markkinat ovat tehokkaat. Kun luottamus itse monetaristisen teorian kykyyn selittää talouden ilmiöitä heikkeni nopeasti, suuntautui taloustiede yhä enemmän kohden uusklassisen teorian ajatuksia. Käytännössä tämä merkitsi harjoitetun talouspolitiikan muuntumista ns. uusliberalistiseksi talouspolitiikaksi, joka pyrki minimoimaan valtion harjoittaman sääntelyn ja ohjauksen. Ensimmäisenä tämän talouspoliittinen ajattelutapa omaksuttiin Yhdysvalloissa ja Iso-Britanniassa 1980-luvulta lähtien. Myöhemmin 1980-luvun lopulla ja 1990-luvulla talouspolitiikka on muuttunut tähän suuntaan myös monissa muissa teollisuusmaissa.

---

### *Kohden holistista näkemystä luonnosta ja taloudesta*

---

Luonnon- ja ympäristönsuojelu nykyaikaisessa merkityksessään saivat alkunsa vasta toisen maailmansodan jälkeen. Ensimmäinen suuri sodan jälkeinen saasteonnettomuus oli Lontooseen kasautunut savusumu vuonna 1952, joka tappoi nelisen tuhatta ihmistä. Sen seurauksena Englannissa säädettiin puhtaan ilman laki (Clean Air Act), joka pyrki vähentämään hiilenpolttoa suurkaupungeissa ja määräsi tehtaiden savupiippuja korotettaviksi. Lakia jäljiteltiin muissa Euroopan teollisuusmaissa. Se johti kuitenkin vain saasteiden kulkeutumiseen kauemmaksi niiden syntypaikasta. Varsinaisesti yleiseen tietoisuuteen ympäristöngel-

mat murtautuivat vasta 1960-luvulla. Haitalliset ympäristövaikutukset toi ensimmäisen kerran julkisuuteen yhdysvaltalainen Rachel Carson kirjallaan Äänetön kevät (The Silent Spring) vuonna 1962. Teos esitteli kemiallisen tuholaiсторjunnan haittavaikutuksia. Luonnonvarojen rajallisuuteen ja tuotannon kasvaviin ulkoisvaikutuksiin, kuten saastumiseen ja jätteiden määrän kasvuun, liittyvät tutkimukset herättivät 1960-luvun lopussa ja 1970-luvun alussa vilkkaan keskustelun nykyisenlaisen talouskasvun rajoista. Näin huomio siirtyi vähitellen yksittäisistä ja paikallisista ympäristöongelmista globaalien ympäristöuhkien tarkasteluun.

Luonnon ja talouden rajallisuuden nosti ympäristönsuojelun ja ympäristötaloustieteen keskeiseksi kysymykseksi amerikkalainen Kenneth Boulding artikkelissaan vuonna 1966. Boulding (1971) kuvaa sodan jälkeistä talousjärjestelmää ”lännenmiehen taloudeksi” ja uutta kierroltaan suljettua järjestelmää ”avaruusaluksen taloudeksi”. Bouldingin (1971, 9–10) mukaan ongelman ydin on siinä että talouden toimijat käyttäytyvät yhä kuin entisaikojen cowboyt avoimella rajaseudulla. Väestön määrän ja teollisuustuotannon kasvu ovat kuitenkin 1900-luvulla tehokkaasti täyttäneet maailman, joka on alkanut muistuttaa rajallista avaruusalusta. Bouldingin mukaan teollistuneet yhteiskunnat harjoittavat nyt cowboytaloutta avaruuslaivaksi muuttuneessa maailmassa, mikä johtaa luonnon kantokyvyn ylittymiseen ja romahtamiseen ja toisaalta kiihkeään kamppailuun heikkenevistä, elämää ylläpitävistä palveluista miehistön heikkojen ja vahvojen jäsenten välille. Cowboytaloudessa kulutusta ja tuotantoa pidetään sinänsä hyvinä asioina ja talouden luonnetta voidaan kuvata tuotannontekijöiden läpivirtaukseksi, jonka mittarina toimii bruttokansantuotemittari (BKT). Avaruusaluksen taloudessa päämääränä on läpivirtauksen maksimoinnin sijasta sen minimointi. Talouden menestyksellisyyden mittarina on tuotannon ja kulutuksen sijasta kokonaispääomavarannon rakenne, kattavuus, laatu ja monimuotoisuus, pääomavarannon ylläpito sekä teknologian kehittäminen niin että läpivirtaus vähenee. Bouldingin mukaan talouden tavoitteena pitäisi olla raaka-aineiden käytön minimointi. Talouden virtojen sijasta hän korosti varallisuutta (hyvinvointia) aikaansaavien varantojen merkitystä. Näiksi hyvinvointia lisääviksi varannoiksi, joita yhteiskunnan tulisi pyrkiä säilyttämään ja kasvattamaan, hän näki tiedot ja taidot, yleisen elämänlaadun ja ympäristövarat. (Pearce 1993, 2)



Boulding määritteli pitkälti sittemmin kestäväen kehityksenkin hyväksymän kokonaisvaltaisen lähestymistavan talouden ja ympäristön muodostamaan kokonaisuuteen. Boulding esitti ajatuksensa melko yleisellä, holistisella tasolla. Matemaattisia perusteluja hänen näkemykselleen on kuitenkin löydetävissä soveltamalla termodynamiikan perussääntöjä sekä luonnon että ihmisten luomien järjestelmien tarkasteluun. Bouldingin ajatusten myötä syntynyt ekologinen taloustiede pyrkii tunnistamaan traditionaalisen taloustieteen torjumat ajatukset kuten sen että talous on laajemman sosiaalisen ja biofyysisen järjestelmän ympäröimä. Tähän asti ekologinen taloustiede on keskittynyt talouden ja luonnon välisen vuorovaikutuksen biofyysisiin ulottuvuuksiin. Huolenaiheena on ollut tapa jolla taloudellinen toiminta kehittää sivuvaikutuksia jotka voivat uhata luonnon ja ihmisen järjestelmien terveyttä ja kestävyyttä. Ekologisen taloustieteen mielenkiinto kohdistuu tavaroiden ja palvelujen virran, joka on ihmisten hyvinvoinnin perusta, vakaana pitämiseen. Tämä tarjontapuoleen keskittynyt näkökulma keskittyy pitämään yhteiskunnan kokonaispääoman (luonnon, rakennetun, inhimillisen ja kulttuuripääoman) arvon vähintään ennallaan tuleville sukupolville (infinite future). (Dodds 1997, 96)

Bouldingin avaruusaluksen talouden säännöt ja ekologisen taloustieteen pyrkimys hyödykevirtojen vakaana pitämiseen tarjoavat ensimmäiset reunaehdot kestäväälle taloudelle. Ne mahdollistavat myös holististen analyysien tekemisen talouden ja ympäristön muodostamasta kokonaisuudesta. Uusklassisen ja ekologisen taloustieteen näkökulmia ympäristöhaittoihin ja hyvinvointiin sekä hyvinvoinnin käytännön mittaamista tarkastellaan lähemmin luvussa 3.

### 3

## TUOTANNON YMPÄRISTÖHAITAT HYVINVOINTIONGELMINA

---

### *Hyvinvoinnin materiaalinen perusta*

---

Ekologiselle taloustieteelle keskeinen kysymys on aina ollut talouden ja luonnon välisen vuorovaikutuksen sopeuttaminen toisiinsa niin ettei luonnon olemassaolo vaarannu. Talouden kasvu ja luonnon antamat rajoitteet yhdistyvät nimenomaan hyvinvoinnin käsitteessä. Tämä huoli on eri aikakausina saanut erilaisia ilmenemismuotoja. Ensimmäiseksi 1960- ja 1970-luvuilla se konkretisoitui peloksi taloudelliselta kannalta arvokkaiden luonnonvarojen loppumisesta. Globaalit ympäristöongelmat kuten otsonikato ja kasvihuoneilmiö nousivat keskeisiksi kiinnostuksen kohteiksi 1980-luvulla. Kestävän kehityksen teema hallitsi ympäristötaloudellista keskustelua 1980-luvun lopussa ja 1990-luvun alussa. Keskeiseksi kysymykseksi ovat 1990-luvun jälkipuoliskolla nousseet luonnonvarojen ja ympäristön hyödyntämisen haitalliset vaikutukset. Mitä enemmän materiaalista tuotantoa lisätään hyvinvoinnin nostamiseksi, sitä enemmän syntyy hyvinvoinnin kannalta haitallisia päästöjä ja jätteitä. Keskeinen kysymys onkin, miten ihmisten kokema kokonaishyvinvointi voidaan maksimoida tässä tilanteessa? Epävarmuutta lisää se, että vaikka yksittäisen ekosysteemien kantokyky melko hyvin tunnetaan, ei luonnon kokonaiskantokyvystä ole olemassa luotettavia tietoja. Emme siis tiedä kuinka suuren määrän saasteita ja jätteitä elävä luonto pystyy ottamaan vastaan tuhoutumatta.

Länsimaiden teollistumisen eräs keskeisimmistä piirteistä on 1800- ja 1900-luvulla ollut pyrkimys laajamittaisen massatuotannon lisäämiseen. Teollistuminen ei Adam Smithin mukaan olisi ollut mahdollisia ilman rahan perustuvaa vaihtoa markkinoilla, mikä mahdollisti myös teollisuuden vaatimien pääomien muodostumisen. Adam Smith ja häntä seurannut klassinen poliittinen taloustiede pitivätkin teollisuuden rakentamisen vaatimien pääomien keräämistä tärkeänä. Pääomia pystyivät teollistumisen al-

kuvaiheessa keräämään käytännössä etenkin ne yksilöt, jotka omistivat teollisuuden kipeästi tarvitsemia luonnonvaroja. Klas-sisen taloustieteen mukaan vain maa pystyi tuottamaan ruokaa ja muita talouden kannalta tarpeellisia materiaaleja. Elävän ke-hon lailla talous on riippuvainen materiaalista ja ruuasta joita saadaan maasta erilaisten tuotantoprosessien avulla. Koska teol-lisuustuotanto oli luonteeltaan materiaaleja prosessoiva toiminto, edellytti talouden kasvu vastaavasti yhtä suurta raaka-aineiden käytön lisäystä tuotannossa. (Christensen 1991, 76–77)

Teollistumisen alussa vaikuttaneen merkantilistisen talouspoliitiikan oppien mukaan kansakunnan vaurauden lisäämiseksi teollisuuden tarvitsemia raaka-aineita tulikin olla runsaasti saa-tavilla ja niiden hinnan alhainen. Euroopan maille siirtomaiden hankinta olikin tärkeää etenkin halpojen raaka-aineiden saannin turvaamiseksi. Lisäksi teollistumisen alussa säädettiin runsaasti luonnonvaraintensiivisiä tuotannonaloja tukevia lakeja ja ta-loudellisia tukijärjestelmiä. Erityisesti Yhdysvalloissa, Kanadas-sa ja Australiassa tehtiin luonnonvarojen hyödyntämisestä ja maan hankinnasta erityisen edullista paitsi eurooppalaisten siir-tolaisten houkuttelemiseksi työvoimaksi myös kilpailuedun anta-miseksi omalle kehittyvälle teollisuudelle. Höyrylaivojen käyt-töönotto sekä rautateiden rakentaminen alensivat 1800-luvun lo-pussa huomattavasti kuljetuskustannuksia ja Eurooppaan tulvi raaka-aineita ja viljaa Pohjois- ja Etelä-Amerikasta, Australiasta, Venäjältä ja siirtomaista. Näin luonnonvarat kansainvälisen kau-pan ansiosta näyttivät rajattomilta, ”luonnon vapailta lahjoilta” (free gifts of nature). Esimerkiksi David Ricardon mukaan viljely-maa tai ympäristö ei ollut tuotannontekijä eikä niiden niukkuus tuotannon rajoite. Näin uusklassiset taloustieteilijät Alfred Marshallista alkaen katsoivat tuotannontekijöiksi enää vain työ-voiman ja investoidun pääoman. Alfred Marshallille pääomaa oli kaikki muu joka tuottaa tuloja paitsi maa. Maa taas tarkoitti kaikkia luonnon tarjoamia ilmaisia hyödykkeitä, kuten malmeja, kaloja jne. jotka tuottivat tuloja. (Hinterberger et al. 1997, 6) Marshallin edustaman ajattelun mukaan väestön määrän kasva-essa viljelymaan rajatuottavuuden alenemisen estää tekninen ke-hitys, joka eliminoi rajallisuuden.

Yhä nykyäänkin elävän, jo merkantilismin kaudella 1600-lu-vulla syntyneen käsityksen mukaan kansakunnan vaurautta voi-daan parhaiten nostaa lisäämällä kaikin tavoin sen teollisuuden käytettävissä olevien raaka-ainevarantojen määrää. Länsimai-den harjoittama teollisuuspolitiikka onkin 1800- ja 1900-luvuilla

pyrkinyt takaamaan erityisesti neitseellisten luonnonvarojen tuotannon ja kulutuksen korkean tason, jotta taloudellinen toime-  
liaisuus ja sen yhteiskunnalle ja kansalaisille mukanaan tuoma  
hyvinvointi lisääntyisivät mahdollisimman nopeasti. Luonnonva-  
ravaltaisia tuotannonaloja tukevia lakeja ja taloudellisia tukijär-  
jestelmiä säädettiin teollistumisen alussa erityisesti Yhdysval-  
loissa, Kanadassa ja Australiassa. Aluksi kehitys paransi huo-  
mattavasti ihmisten elintasoja, mutta pikkuhiljaa alkoivat myös  
kehityksen varjopuolet näkyä; aluksi paikallisina, mutta myö-  
hemmin myös maailmanlaajuisina ympäristöongelmina. Vaikka  
havahtuminen luonnon rajallisuuteen ja ympäristöongelmien ka-  
sautumiseen tapahtui jo 1960- ja 1970-lukujen vaihteessa, ei ta-  
loudessa, sen rakenteessa eikä kulutustavoissa ole vielä saatu ai-  
kaan läheskään kaikkia ongelmien ratkaisemiseksi tarvittavia  
muutoksia. Ongelmien syyt ja ratkaisut niihin on määritelty,  
mutta ongelmaksi on jäänyt ihmisten vakuuttaminen muutosten  
välttämättömyydestä ja kiireellisyydestä sekä ihmisten elintason  
laskuun liittyvien pelkojen hälventäminen.

Maailman kantokykyä uhkaavat ekologisen taloustieteen nä-  
kökulmasta tällä hetkellä erityisesti väestönkasvu ja ruuan-  
tuotantoon käytetyn alan kasvu sekä maailman talouden laajen-  
tuminen. Vuosien 1950 ja 1997 välisenä ajanjaksona maailman  
väestönmäärä on kaksinkertaistunut 5,9 miljardiin, veden ja vil-  
jan kulutus kolminkertaistunut, metallien kulutus nelinkertai-  
stunut, kalansaaliit ja fossiilisten polttoaineiden käyttö sekä hiili-  
päästöt viisinkertaistuneet ja maailmantalous kuusinkertaistu-  
nut (Brown et al. 1998). Väestönmäärän ennustetaan jatkavan  
kasvuun ja saavuttavan 9,4 miljardin rajan vuoteen 2050 men-  
nessä. Mikäli talous jatkaa tasaista, noin kolmen prosentin kas-  
vua, se lähes viisinkertaistuu vuoteen 2050 mennessä. Kuitenkin  
jo nykyinen maailmantalouden taso ja luonnonvarojen tasaisesti  
kasvava kulutus uhkaavat vakavasti maailman luonnon kantoky-  
kyä ja maailmantalouden omaa perustaa. Kantokyvyn ylittymi-  
nen näkyy kalakantojen romahtamisena, pohjaveden pinnan las-  
kemisena ja vesipulana, metsäalan kutistumisena, maan kulumi-  
sena ja aavikoitumisena, järvi- ja jokien kuivumisena, sadonmenetyksiä aihe-  
uttavina helleaaltoina ja lajien häviämisenä. Brown et al. (1996,  
16–18 ja 1998) mukaan ihmiskunnan materiaalien käyttö ylittää  
tällä hetkellä maapallon ekologisen kantokyvyn eli kestävän tuo-  
toksen moninkertaisesti. 1900-luvun lopulla globaalit rajat on yli-  
tetty mm. valtamerikalastuksen ja ilmankehän hiilen sitomiska-  
pasiiteetin kohdalla. Taulukossa 1 on esitetty ihmisen toiminnan

luonnon kiertokulkua nopeuttava vaikutus eräiden tekijöiden kohdalla.

Fossiilisten polttoaineiden käyttö	= 600 000	×	Fossiilisten polttoaineiden synty
Ihmisen aiheuttama lajien tuhoutuminen	= 10 000	×	Lajien luontainen tuhoutumisnopeus
Ihmisen nopeuttama elohopean kierto	= 80	×	Elohopean luontainen kiertonopeus
Ihmisen nopeuttama lyijyn kierto	= 70	×	Lyijyn luontainen kiertonopeus
Ihmisen nopeuttama kadmiumin kierto	= 5	×	Kadmiumin luontainen kiertonopeus
Ihmisen aiheuttama maaperän eroosio	= 6	×	Luonnollinen eroosionopeus
Ihmisen aiheuttama maamassojen siirtyminen	= 2 - 3	×	Maamassojen luontaisiirtyminen
Ihmisen vähentämä biosfäärin fotosynteesi	= 0,8	×	Biosfäärin luontainen fotosynteesi.

(Lähde : Wahlström et al. 1994, 16.)

Yhteiskunnat kannustavatkin yhä kuluttamaan luonnonvaroja suuria määriä ja harjoitettu talouspolitiikka vääristää yhä tietoisesti tuotantotapoja ja kulutustottumuksia hyvänä tarkoituksenaan lisätä hyvinvointia. Tämän seurauksena on kehittynyt laaja luonnonvaroja runsaasti kuluttava massatuotantoteollisuus, jonka tuottamien hyödykkeiden hinnat ovat lisäksi hyvin halpoja. Yhä suuremmaksi ongelmaksi on maailmantalouden laajentuessa nousemassa se seikka, että muun muassa malmi- ja mineraalivaroja voidaan niiden halvan hinnan takia yleisesti käyttää tuhlailevasti ja kansakuntien käytettävissä olevista resursseista suuntautuu malmi- ja mineraaliteollisuuteen enemmän kuin olisi taloudellisesti tehokasta. Valtioiden tukien lisäksi lousinteollisuuden kehittyminen on mahdollistanut malmien ja mineraalien tuottamisen entistä suurempina määrinä aiempaa köyhemmistä esiintymistä entistä alemmin kustannuksin. Mineraalien alhaiset markkinahinnat kuvastavat tuskin aina edes itse lousinnan välittömiä hyödyntämiskustannuksia. Esimerkiksi mineraalien maailmanmarkkinahinnat ovat toisen maailmansodan jälkeen laskeneet voimakkaasti ja yksin vuosien 1974 ja 1986 vä-

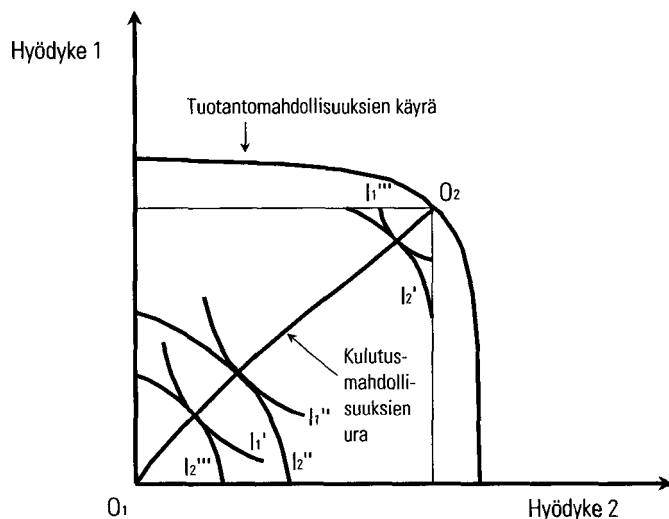
lisenä aikana laskivat niiden reaalihinnat puoleen entisestään. Markkinahintojen lasku on jatkunut yhä 1990-luvulla. Siten markkinoilta tuleva hintainformaatio ei enää viime vuosina ole kannustanut teollisuutta parantamaan luonnonvarojen käytön tehokkuutta kuten aiemmin.

Uusklassisen taloustieteen edustaman näkemyksen mukaan talouskasvu voi jatkua loputtomiin, jos tekninen kehitys on riittävän nopeata ja jos talous perustuu vapaaseen kilpailuun ja kapitalismiin, jossa omistusoikeudet on selvästi määritelty. Niukoiksi tuotannontekijöiksi nähdään uusklassisen teorian talouskasvua kuvaavissa erilaisissa kasvumalleissa ihmisen luoma pääoma ja työvoima, joiden kasvuvauhti määrää tuotoksen suuruuden. Luonnon tehtävänä on tarjota yhteiskunnille hyötyä tuottavia materiaaleja. Siten luonto ei määrää talouden kasvuvauhtia, vaan pikemminkin rajaa sitä. Ihmisen suhde luontoon voidaankin uusklassisessa teoriassa kuvata autonomiseksi. (Kneese – Sweeney 1985, 572–573; Lichtenstein 1983, 97)

Pareton (1848–1923) uusklassinen hyvinvointiteoria, joka perustuu yksilöiden käyttäytymiseen omaa etuaan maksimoivina, oli jatkoa Adam Smithin ajatukselle että vapaasti kilpailevat markkinat johtavat optimaaliseen yhteiskunnalliseen hyvinvointiin. Pareto oletti analyysissään ettei markkinoilla ole ulkoisvaikutuksia. Pareton koko malli perustui staattisiin tasapainoihin, jolloin epävarmuuden vaikutukset voidaan ohittaa. Siten Pareto edesauttoi Walrasin yleisen tasapainomallin hyväksymistä. (Ekelund – Hebert 1975, 332) Nykyisinkin käytössä oleva termi Pareto-tehokkuus tarkoittaa sekä tuotannon tehokkuutta että kulutuksen tehokkuutta sikäli kuin tuotanto heijastaa kuluttajien preferenssejä. Siten Pareto-tehokkuus määrittelee yhteiskunnallisen tehokkuuden eri ulottuvuudet. Pareto-tehokkuus edellyttää tehokkuutta sekä tuotannossa että kulutuksessa. Tuotanto ei myöskään ole riippuvainen vain resurssien saatavuudesta vaan myös kuluttajien preferensseistä (Randall 1987, 92). Uusklassisessa talousteoriassa yksilöiden preferenssit sisältyvät heidän hyötyfunktioihinsa. Kuluttajien hyötyfunktioiden avulla voidaan muodostaa vastaavat indifferenssikäyrät jotka kertovat minkälaisia kombinaatioita eri hyödykkeitä kuluttajat preferoivat. Kuluttajien indifferenssikäyrien sivuamispisteet yhdistämällä voidaan vuorostaan muodostaa kulutusmahdollisuuksien ura (consumption efficiency locus),  $O_1...O_2$ . Jokaisessa kulutusmahdollisuuksien uran pisteessä eri hyödykkeiden rajasubstituutioasteen (Rate of Commodity Substitution, RCS) tulee olla sama kaikille kulutta-

jille. Hyödykkeiden A ja B rajasubstituutioasteen tulee olla sama sekä kuluttajalle 1 että kuluttajalle 2 eli  $(RCS_{A,B})_1 = (RCS_{A,B})_2$ . (Randall 1989, 93, 100–101) Kaikki tehokkaiden resurssien, kuten maan (D) ja työvoiman (L) eri kombinaatiot muodostavat tehokkaan tuotantomahdollisuuksien uran (production efficiency locus), jolla teknisen rajasubstituution (technical substitution, RTS) tulee olla yhtä suuri kuin jokaisen hyödykkeen jokaisella tuotantomahdollisuuksien uran pisteellä. Eli  $(RTS_{D,L})_A = (RTS_{D,L})_B$ . Kukin RTS-piste edustaa tiettyä tuotettua määrää kutakin hyödykettä. Tämän tiedon perusteella on mahdollista muodostaa tuotantomahdollisuuksien käyrä (production possibilities curve), joka kertoo tehokkaat tuotantomahdollisuudet. (Randall 1989, 97–98). Tuotannon ja kulutuksen pareto- tehokkuutta on havainnollistettu kuviossa 1.

**Kuvio 1.**  
**Tuotannon ja kulutuksen pareto- tehokkuus**



Hyvinvoinnin taloustiede, joka perustuu pitkälti Pareton wäl- rasilaiseen yleiseen tasapainomalliin ja Pigoun marshallilaiseen osittaistasapainomalliin, on tarkoitettu tuottamaan arvovapaita vastauksia erilaisiin politiikkakysymyksiin, kuten tulonjako- kysymyksiin (Dow 1996, 58). Koko yhteiskunnan hyvinvointia ovat hyvinvoinnin taloustieteeseen perustuen mallintaneet Paul Samuelson (1948) ja Abram Bergson (1938). Käsitteen yhteiskun- nallinen hyvinvointifunktio esitteli ensimmäisen kerran Bergson vuonna 1938. Heidän yhteiskunnallisessa hyvinvointifunktios-

saan (social welfare function, SWF) yhteiskunnallinen kokonaishyvinvointi ( $W$ ) muodostuu kaikkien yhteiskunnan yksiköiden hyötyjen ( $U_1, U_2, \dots, U_n$ ) summasta. Eli  $W = w(U_1, U_2, \dots, U_n)$ , missä yhteiskunnan hyvinvointi koostuu funktiosta  $w$  yksilöiden hyötyjä. Yhteiskunnallinen hyvinvointifunktio kertoo kuinka taloudellinen hyvinvointi (tai hyöty) tulisi jakaa yksilöiden kesken. Jokaisen yhteiskunnan tavoite on maksimaalinen yhteiskunnallinen hyvinvointi (maximum social well-being), missä yhteiskunnan hyvinvointi on maksimissaan, resurssit, tuotantoteknologia ja yksilöiden preferenssit huomioon ottaen. Nämä muuttujat määrittelevät yhteiskunnan kokonaisyötykäyrän (grand utility frontier), jonka jokainen rajapinnan piste on tehokas sikäli että mikään muutos pisteestä pois ei parantaisi kenenkään hyvinvointia vahingoittamatta jonkun muun hyvinvointia. (Randall 1989, 132) Kenneth Arrow (1951) määritteli puolestaan hyvinvointifunktion (SWF) yhden yhteiskunnallisen järjestyksen  $R$  yksilöiden ( $i=1, \dots, n$ ) järjestysten  $R_i$  funktiona. Eli:  $R = f(R_i)$ .

Uusklassiseen talusteorian mukaan taloudellinen kasvu lisää myös väistämättä yksilöiden hyvinvointia. Siten klassisen taloustieteen käyttämä termi "varallisuus" (wealth) korvattiin sanalla "hyvinvointi" (welfare), joka tarkoitti yksilöllisten tarpeiden tyydyttämistä niukoilla hyödykkeillä, tavaroilla ja palveluilla. Uusklassinen teoria lähtee ajattelussaan liikkeelle nimenomaan yksittäisten ihmisten hyvinvoinnista keskittyen tarkastelemaan erilaisten materiaalisista hyödykkeistä koostuvien kombinaatioiden hyvinvointia kohottavaa vaikutusta eri ihmisten kohdalla. Teorian mukaan taloudellisia päätöksiä tekevä yksilö eli kuluttaja käyttäytyy rationaalisesti pyrkien maksimoimaan hyvinvointinsa. Hyödykkeen arvo perustuu sen kykyyn tyydyttää tarpeita ja hyödykkeen hinta on siten riippuvainen tarpeiden ja tarpeiden tyydyttämisen välisestä epäsuhdasta eli niukkuudesta. Niukkuutta voidaan poistaa esimerkiksi lisäämällä niukkojen hyödykkeiden tuotantoa, jolloin myös hyvinvointi kasvaa. Koska enemmän hyödykkeitä on aina parempi vaihtoehto kuin vähemmän, johtaa pyrkimys tarpeiden tyydytysentason nostamiseen yhteiskunnat erikoistumaan. Oletuksena on että kukin yksilö pystyy tekemään hyödykkeiden kesken valintoja prefenssiensä perusteella. (Ekelund – Hebert 1975, 323) Niukkojen voimavarojen käyttämistä niin, että tuloksena on mahdollisimman suuri hyvinvointi, sanotaan hyvinvoinnin maksimoimiseksi. Ihmisen rajattomiin haluihin nähden suhteellinen niukkuus nostaa uusklassisen taloustieteen keskeiseksi kysymykseksi voimavarojen parhaan



mahdollisen allokoinnin eli valinnan. Koska vapaaseen vaihtoon perustuvilla markkinoilla tulee vaihdon olla kaikille siihen osallistuville hyödyllistä, seuraa tästä pyrkimys kysynnän ja tarjonnan tasapainoon.

Keynes ja hänen makrotalousteoriaansa kiinnittivät huomiota lähinnä suuren laman esiin nostamiin kokonaistaloudellisiin ongelmiin ja talouden vaihteluiden tasaamiseen. Huolista pienin oli luonnonvarojen niukkuus. Keynesin analyysi jätti suurelta osin huomioimatta luonnonvarojen tuottavan roolin. Myös nykyinen kansantalouden tilinpitojärjestelmä, joka seuraa Keynesin makrotalousmallia tekee samoin. (Repetto et al. 1989, 1–2) Keynes katsoi myös taloudellisen kasvun lopulta hävittävän niukkuuden. Hicks (1959) kuvasi samaa ilmiötä ”taloudellisen toiminnan vähenevän rajamerkityksen lakina” (the law of diminishing marginal significance of economic activity) ja toisti Keynesin kannan että hyvinvoinnin lisääntyminen mahdollistaisi siirtymisen rakentamaan parempaa, paremminkin kuin rikkaampaa yhteiskuntaa, jossa varallisuus yhdistyy vastuullisuuteen, turvallisuuteen ja vapauteen. (Dodds 1997, 105) Commons (1995) toteaa niukkuuden olevan yhä olemassa huolimatta vuosikymmeniä jatkuneesta taloudellisesta kasvusta. Heady ja Wearing totesivat tutkimuksessaan (1992) onnellisuuden ja demokratian, vaurauden ja tasa-arvon positiivisen yhteyden. Heidän mukaansa vapaus näyttää olevan yksilöille hyvinvointia tärkeämpi. Keskimääräisten tulojen ja hyvinvoinnin välinen yhteys näytti maltilliselta ja tutkijoiden mukaan ”voidaan epäillä olisiko ylimääräisillä tuloilla paljoakaan vaikutusta hyvinvointiin rikkaimmissa maissa”. (Dodds 1997, 107)

Kuitenkin tärkein yhteiskunnallisen hyvinvoinnin mittaamisen väline, Keynesin makrotalousteoriaan perustuva kansantalouden tilinpito mittaa tuotannon volyymiä. Se kehitettiin talouden suhdannevaihteluiden kuvaajaksi ja yhteiskunnan politiikkatoimenpiteiden seurantavälineeksi 1940- ja 1950-luvuilla. Tilinpito perustuu John Maynard Keynesin (1883–1946) vuonna 1935 esittämiin yleisen talousteorian virtakäsitteisiin. Nykyisen kansantalouden tilinpidon esikuvana voidaan pitää englantilaisen Sir Richard Stonen (1913–1991) Kansainliiton ja OEEC:n piirissä 1930- ja 1940-luvuilla valmistelemaa ja vuonna 1947 julkaistua raporttia *Measurement of National Income and Construction of Social Accounts*. Ehdotettu järjestelmä keskittyi tuotannossa syntyvien arvolisäysten kuvaukseen. (Hjerppe 1989, 426). Stonen työhön perustuen Yhdistyneet kansakunnat antoi ensim-

mäisen suosituksen kansantalouden tilinpitojärjestelmäksi (*System of National Accounts and Supporting Systems, SNA*) markkinatalousmaille vuonna 1953. Vuosina 1960 ja 1964 tehtyjen pie-nehköjen muutosten jälkeen järjestelmä uudistettiin ja uusi suositus kansantalouden tilinpidoksi julkaistiin vuonna 1968 (United Nations 1968). Uudistuksessa järjestelmän kuvausaluetta paitsi laajennettiin myös sen rakennetta disaggregoitiin taloudellisten analyysien helpottamiseksi. (Sheng 1995, 33) Taloudellisen kasvun talousteoreettinen, kokonaisvaltainen tarkastelu syntyi 1950-luvulla Keynesin makrotalousteorian ja kansantalouden tilinpitojärjestelmän kehittymisen jälkeen. Länsimainen panos-tuotostilinpito eli hyödyketilinpito on itse asiassa kansantalouden tilinpidon laajentuma, jossa tuotantotoimintaa kuvataan hyödykevirtojen avulla. Arvotermein ilmaistu panos-tuotostaulukko voidaan tulkita myös kansantalouden tilinpidoksi. YK:n vuonna 1994 antaman kansantalouden tilinpitosuosituksen mukaan kansantalouden tilinpidon laskennan tulisikin perustua jatkossa hyödyketilinpitoihin (United Nations 1994).

---

### *Ympäristöhaittojen sisäistäminen hintoihin*

---

Siinä missä ekologinen taloustiede yrittää tarkastella ympäristön ja luonnonvarojen yhteiskunnalle aiheuttamia ongelmia kokonaisvaltaisesti pitäytyy uusklassinen talousteoria mikrotasolla ja tarkastelee näiden ongelmien vaikutuksia yksilöiden hyvinvointiin. Markkinamekanismien epätäydellistä toimintaa uusklassinen talousteoria tarkastelee lähinnä Alfred Marshallin (1842–1924) vuonna 1910 esittelemän ulkoisvaikutusten käsitteen avulla. Ulkoisvaikutusten -käsite tarkoittaa kaikkia niitä tuotannon sivuvaikutuksia mukaanlukien luonnonvarojen tuhlaus ja saastumisongelmat, joiden aiheuttamat haitat kohdistuvat kolmansiin osapuoliin ja joille ei näitä menetyksiä kompensoida. Uusklassiseen talousteoriaan kuuluvan hyvinvoinnin taloustieteen lähtökohtana pidetään Arthur Pigoun vuonna 1920 ilmestynyttä kirjaa *The Economics of Welfare*. Pigoun mukaan tuotannon ulkoisvaikutukset voidaan poistaa asettamalla yrityksen tuottamille hyödykkeille vero, joilla arvotetaan aiheutetut ulkoisvaikutukset. Pigou esitti työssään vuonna 1932 ulkoisvaikutusten aiheuttamien hyvinvointitappioiden kompensoimista niistä kärsiville ihmisille, jolloin ulkoiset kustannukset voitaisiin julkisen vallan toimenpitein tasata yhteiskunnan ja yritysten välille.

Pigou katsoi ulkoisvaikutusongelmat lähinnä paikallisiksi, tiettyjä alueita koskeviksi ongelmiksi. Myös taloustieteilijä William Baumol katsoi teoksessaan (1952) ulkoisvaikutukset lähes pelkästään paikallisiksi ongelmiksi. (Stockhammer et al. 1997, 20)

Yksityisten yritysten taipumusta lisätä muiden lähinnä yhteiskunnan kannettavaksi jääviä ulkoisia kustannuksiaan (social costs) sääntelemättömän kilpailun vallitessa tarkasteli ensimmäisenä institutionalistinen taloustieteilijä Karl William Kapp. Hän katsoi, että mahdollisuus siirtää osa tuotantokustannuksista, ns. ulkoiset kustannukset mm. yhteiskunnan kannettavaksi osoitti uusklassisen talusteorian arvoteorian pahimman puutteen eli kyvyttömyyden huomioida kustannuksia joita on vaikea ilmaista rahamääräisenä. Markkinatalous ei myöskään pysty maksimoimaan niukkojen resurssien tarpeita tyydyttävää potentiaalia, koska modernissa yhteiskunnassa nämä institutionaaliset esteet rajoittavat rationaalista käyttäytymistä ja koska sosiaaliset voitot jätetään huomiotta puuttuvien hintojen takia. (Kapp 1950, 11)

Englantilainen, Yhdysvalloissa työskentelevä institutionalistinen taloustieteilijä Ronald Coase pohti vuonna 1960 artikkelissaan yritysten sosiaalisia kustannuksia ja esitti ratkaisuksi ulkoisvaikutusongelmiin omistusoikeuksien täydellistä määrittelyä, jolloin markkinamekanismin toiminta poistaisi nämä aiemat ongelmat. Tämän talusteoreetikko George Stiglerin (1911–1991) vuonna 1966 nykymuotoonsa muovaaman, Coasen teoreeman nimellä tunnetun periaatteen mukaan jokaisessa ulkoisvaikutusongelmassa on mahdollista saavuttaa pareto-optimaalinen neuvotteluratkaisu ulkoisvaikutuksen aiheuttajan ja niistä kärsimään joutuvien kesken jos omistusoikeudet on määriteltä. Aiheutuva tappio eliminoidaan osapuolten välisellä kaupalla. Ronald Coasen ajatus ulkoisvaikutusten poistamisesta perustuu myös näkemykseen, jonka mukaan ympäristöongelmat ovat paikallisia ongelmia. Coasen ehdotuksen mukaan ulkoisvaikutukset voidaan välttää määrittelemällä luonnonvarojen ja saastumisen omistusoikeudet. Saattamalla ympäristöhyödykkeiden omistajat ja saastuttajat neuvotteluihin keskenään olisi Coasen mukaan löydettävissä markkinaratkaisu, joka eliminoisi ulkoisvaikutusten aiheuttamat haitat. Siten markkinat pystyisivät sisäistämään ulkoisvaikutukset ilman julkisen vallan asiaan puuttumista. Coasen teoreema edellyttää ettei kauppaan liity lainkaan transaktiokustannuksia, mikä käytännön elämän kannalta on kuitenkin epärealistinen oletus. Coasen ratkaisu soveltuu si-

ten vain tilanteisiin, joissa haitasta kärsivien lukumäärä on rajallinen. Koska ympäristön saastuminen koskettaa niin monia, ei Coasen näkemystä ole juurikaan tuettu, vaan Pigoun ajatusta on pidetty toteuttamiskelpoisempana myös muiden kuin paikallisten ympäristöongelmien kohdalla käytännön elämässä. Vaikka uusklassiset taloustieteilijät ovat kritisoineet voimakkaastikin Coasen teoreemaa, on siitä muodostunut myös eräs uusklassisen ympäristötaloustieteen lähtökohdista.

Vaikka uusklassisessa taloustieteeseen sisältyy teoria yhteiskunnallisen hyvinvoinnin maksimoimisesta edistämällä tehokasta resurssien käyttöä, ei itse hyvinvoinnin olemusta ole juurikaan pohdittu. Kiinnostus on pitkälti suuntautunut yhteiskunnalliseen hyvinvointiin tai elämän laatuun vaikuttaviin tekijöihin. Osaltaan tähän on syynä havainto, jonka mukaan tulojen lisääntyminen ei näytä johtavan hyvinvoinnin lisääntymiseen. Työteko ei myöskään aina ole vastenmielistä eivätkä kuluttajien preferenssit pysy vakioina. Ylipäätään haluttujen maailmantilojen ja ihmisen mielentilan muutosten väliset yhteydet ovat mallintamisen kannalta useinkin hyvin monimutkaisia. (Dodds 1997, 106) Jo teollistumisen alussa huomattiin että työläisten palkkoja piti alentaa jotta heidät olisi saatu työskentelemään koko ”työpäivän ajan”. Aiemmin itsensä työllistäneet käsityöläiset valitsivat suurten tulojen sijasta vapaa-aikaa. Miksi sitten ihmiset tavoittelevat tulojensa lisääystä vaikkei sillä ole vaikutusta heidän hyvinvointiinsa?

Lintott (1997) katsoo, että kuluttajat näyttävät käyttäytymisellään pyrkivän lisäämään kulutustaan vaikkei se olisikaan liitettävissä hyvinvointiin, koska he haluavat käyttäytymisellään tuoda esiin sitoutumistaan halukkaan kuluttajan rooliin. Osaksi syynä ovat kulttuuriset syyt. Esimerkiksi Nandy (1995) katsoo että kuluttaminen kukoistaa vain siellä missä yhteisöön kuulumisen tunne on tuhottu. Toisaalta Wachtel (1983), Scitovsky (1976), Cross ja Guer (1980) katsovat että kulutus on suhteessa toisiin ihmisiin, mikä vuorostaan vaikuttaa hyvinvointiin. Fred Hirsch (1977) tarkastelee ”yhteiskunnallisen kasvun rajoja” (social limits of growth) jotka aiheutuvat hyödykkeiden merkityksen lisääntymisestä yhteiskuntien tullessa vauraammiksi. Näitä hyödykkeitä ovat mm. auto, kesämökki, korkea koulutus jne., joiden merkitys kunkin yksilön hyvinvoinnin kannalta vähenee kun muut hankkivat niitä. Tietyn pisteen jälkeen lisäys esimerkiksi auton omistamisessa johtaa yhteiskunnan toimintojen hajautumiseen ja julkisen liikenteen loppumiseen eli auton omistaminen johtaa vä-

hentyneeseen eikä suinkaan parantuneeseen saavutettavuuteen. Hyödykkeistä saatava hyvinvoinnin lisäys ei johdakaan kokonaishyvinvoinnin lisääntymiseen. Hirschin mukaan yksilöiden preferenssit eivät sinänsä ole irrationaalisia, mutta yksilöiden alunperin rationaaliset preferenssit voivat johtaa irrationaaliseen lopputulokseen. Eli "kuluttajat yhdessä saavat tuotteen jota he eivät ole tilanneet". Suhteellisen kulutuksen käsitteen tärkeys käytäytymisen selittämisessä kertoo, miksi jopa kaikkein rationaalisin kuluttaja yrittäessään maksimoida oman hyvinvointinsa on usein turhautunut, kun kaikki muut rationaaliset kuluttajat toimivat samalla tavalla. Tällaisissa tapauksissa kulutuksen yleisen tason lisääminen, sen ollessa pitkällä aikavälillä mahdotonta ympäristön rajallisuuden takia, ei ole muutenkaan haluttua tai edes toivottua, jos päämääränä on hyvinvointi. (Lintott 1997, 8)

---

### *Kestävän tulotason mittaaminen*

---

Taloustieteilijä John R. Hicksin (1904–1989) vuonna 1939 esittämän ja melko yleisesti hyväksytyn määritelmän mukaan kuluttajan tulot on summa, jonka kuluttaja voi käyttää jonkin periodin aikana ilman että hän joutuu kuluttamaan varallisuuttaan. Eli Hicksin mukaan kyseessä on kestävä tulotaso kun kulutusta ei rahoiteta syömällä varallisuutta. Tulo on siis se maksimisumma, jonka yksilö voi kuluttaa tietyssä aikana ilman että alentaa mahdollista kulutusta tulevaisuudessa. Siten luonnonvarojen liiallinen käyttö saa aikaan tulon joka on kestämatöntä. Hicksin kestävä tulon käsitettä ei vielä sovelleta minkään maan kansantalouden tilinpidossa, mutta esimerkiksi luonnonvarojen kestävä käyttö perustuu tähän samaan määritelmään. (Hicks 1939, 172; Repetto et al. 1989, 4)

Tuloja generoiva varallisuus eli ihmisten hallussa oleva pääoma voidaan jakaa (1) ihmisen luomiksi arvoiksi, (2) inhimilliseksi pääomaksi ja (3) luonnon pääomaksi. Yhdessä nämä varat kehittävät sen palvelujen virran, jota ihmiset kuluttavat. (Pearce-Mäler 1991, 52) Luonnon pääomalla tarkoitetaan yleensä kaikkien luonnonvarojen ja ympäristön tarjoamien palvelusten muodostamaa kokonaisuutta. Ympäristön tilan heikentyessä vähenee luonnollisesti tämän luonnon pääoman arvo. Myös luonnon monimuotoisuus, sekä lajien että ekosysteemien, sisältyvät luonnon pääomaan, vaikka taloudellisesta näkökulmasta katsottuna niille ei ole olemassa markkinahintaa. Kestävään kehitykseen sisälty-

vä sukupolvien välisen oikeudenmukaisuuden sääntö merkitsee käytännössä pääomakantojen pitämistä vähintään ennallaan. Siten tulevaisuus ei voi olla hyvinvoivempi kuin menneisyys, ellei se peri samaa tai suurempaa pääomavarantoa kuin nykyisellä sukupolvella on hallussaan. Tämä käsitys kestävästä kehityksestä, kulutuksen ja varallisuuden suhteesta on hyvin lähellä nk. fisheriläisen tulon määritelmää. Fisher määritteli oikeaksi tuloksi sen määrän kulutusta, jolla tasolla varallisuuden määrä säilyy ennallaan. Tällaista kulutusta olisi siten mahdollista ylläpitää loputtomiin. (Arjopalo 1994, 5)

Koska kansantalouden tilinpito on lähinnä suhdannevaihteluiden kuvaaja, seuraa järjestelmä lähinnä tuotannon määrien, volyymin kehitystä. Kansantalouden tilinpito seuraa tuotettujen hyödykkeiden kokonaismäärää, eikä se ole juurikaan kiinnostunut luonnonvarojen käytön tehokkuudesta tai tuotannon ulkoisvaikutuksista. Kansantalouden tilinpidon tärkein mittari on bruttokansantuote eli BKT, joka on maassa jonain ajanjaksona tuotettujen tavaroiden ja palvelusten arvo niiden lopullisessa käytössä. BKT mittaa siis tuotetuista määristä saatuja tuloja. Uusklassisen talousteorian mukaan tulot muodostavat kuitenkin vain osan ihmisten hyvinvoinnista. BKT mittaaakin hyvin harhaisesti yhteiskunnan todellista hyvinvointia, jonka kuvaajana sitä kuitenkin julkisuudessa on yleisesti pidetty. BKT:llä on hyvinvoinnin mittarina paljon muitakin puutteita. Ongelmana on esimerkiksi se, ettei BKT ota huomioon tulonjakoa eikä kotitaloustyö sisälly siihen. Myöskään vapaa-ajan arvoa ei oteta huomioon, eikä tuotannon ympäristövaikutuksiakaan sisällytetä suoraan BKT:hen. Lisäksi luonnonvarojen käyttö otetaan kansantalouden tilinpidossa epätäydellisesti huomioon ja myös monet muut hyvinvointiin, terveyteen sekä elämän laatuun liittyvät kysymykset jäävät huomiotta. Monopolit ja muut poikkeamat täydellisistä markkinoista aiheuttavat sen, että BKT-laskelmien hinnat antavat epätäydellisen kuvan kansantaloudesta.

Tämän ongelman voittamiseksi YK:n kehitysohjelma UNDP kehitti kehitysmaiden hyvinvointivertailujen mittariksi ns. HDI-indeksin (Human Development Index), joka kehitystä mitattaessaan ottaa huomioon kunkin maan kansalaisten todellisen ostovoiman (Purchasing Power Parity, PPP) lisäksi mm. luku- ja kirjoitustaidon sekä odotettavissa olevan eliniän. HDI-lukua on pidetty kohtalaisen onnistuneena yrityksenä vertailla valtioiden välisiä elintasoeroja. Myös kansantalouden tilinpitoa on pyritty kehittämään lähinnä uusklassisen taloustieteen ajatuksiin pe-

rustuen. Uusimman tilinpitosuosituksen mukaan kansalliseen tilinpidon taseeseen lasketaan kaikki panokset, joista voi saada taloudellista hyötyä. Siten uudessa järjestelmässä otetaan huomioon ympäristöasiat, kuten metsät, maaperän käyttö, eläin- ja kasvikunta, mineraalivarat ja ympäristövahingot. Koska bruttokansantuotetta ei voi rasittaa liian monilla ympäristöasioilla ilman että sen toimivuus kansantalouden suhdannekuvaajana menetetään, on ympäristöasiat tarkoitus huomioida erillisessä satelliittitilinpidossa SEEA:ssa.

Maailmanpankin raportissa *Monitoring Environmental Progress* (World Bank 1995) arvioitiin kansankuntien tulojen muodostumista eri pääomalajeista. Tutkimuksessa jokaiselle maalle laskettiin arvio kokonaisvauraudesta perustuen nykyisen väestön odotetun elinaikanaan luomaan nykyarvoiseen tulovirtaan. Luonnonvarojen hinnat perustuivat niiden markkinahintoihin. Tulosten mukaan raaka-aineiden vientiin keskittyneissä maissa luonnonpääoman osuus kansallisen vaurauden muodostumisessa oli 44 prosenttia, ihmillisen pääoman 36 ja ihmisen luoman pääoman 20. Muissa kehitysmaissa ihmillisen pääoman osuus oli 56 prosenttia, luonnonpääoman 28 ja ihmisen luoman pääoman 16 prosenttia. Teollisuusmaiden vauraudesta ihmellisestä pääomasta on peräisin 67 prosenttia, luonnonpääomasta 17 ja ihmisen luomasta pääomasta 16 prosenttia. Huomiota tuloksissa herättää se, että ihmisen luoman pääoman osuus on eri tyyppisissä yhteiskunnissa lähes yhtä suuri. Kehitysmaissa ei myöskään ole havaittavissa pulaa ihmellisestä pääomasta. (Hamilton – Lutz 1996, 11)

Toisessa maailmanpankin raportissa *Expanding the Measure of Wealth* (World Bank 1997), joka on tarkoitettu YK:n kestäväen kehityksen toimikunnalle, on tarkasteltu paitsi kansankuntien vaurauden mittaamista erilaisten pääomakantojen perusteella, myös näiden pääomakantojen syntymistä ja niiden säilyttämistä vähintään ennallaan. Raportissa Länsi-Euroopan varallisuus (wealth) henkeä kohden on arvioitu 237 000 Yhdysvaltojen dollariksi (USD). Tästä ihmillisen pääoman osuus oli 177 000 dollaria (74 prosenttia), ihmisen luomien varojen 55 000 (23 prosenttia) ja luonnonpääoman 6 000 dollaria (kaksi prosenttia). Luonnonpääoman osuus kokonaispääomavarannosta on Länsi-Euroopassa maailman pienin. (World Bank 1997, 11) Suomen luonnonpääoman arvoksi henkeä kohden on arvioitu 15 930 dollaria. Tästä laidunmaan arvo on 90 dollaria (yksi prosentti), viljelymaan 4 670 (29 prosenttia), puuvarojen 6 970 (44 prosenttia), metsien si-

vutuotteiden 1 660 (10 prosenttia), suojelualueiden 2 420 (15 prosenttia) ja kaivannaisvarojen 110 dollaria (yksi prosentti). (World Bank 1997, 21)

Vaikka bruttokansantuotemittari ei mittaa taloudellista hyvinvointia, käytetään sitä kuitenkin monesti aivan kuin se tekisi niin. (Stockhammer et. al. 1997, 19) Tilastovirastot ovat vastaanottaneet hitaasti BKT-mittaria vastaan esitettyyn kritiikkiin ja asiaan on kiinnitetty huomiota vasta 1990-luvun alussa ilmestyneissä uusissa kansantalouden tilinpito- ja SEEA-ympäristötilinpitotuosituksissa. (Stockhammer et. al. 1997, 20)

---

### *Ulkoiset kustannukset ja bruttokansantuote*

---

Vaikka Rooman klubin raportti kritisoi voimakkaasti BKT-mittaria, varsinaisesti keskustelun ympäristövaurioiden sisällyttämisestä BKT-mittariin aloitti hollantilainen Roefie Hueting kirjallaan *New Scarcity and Economic Growth* vuonna 1974. 1960- ja 1970-lukujen vaihteen kehitys sai 1970-luvulla aikaan materiaa-  
livotilinpitojen ja kansantalouden tilinpitoa korjaavien järjestelmien kehittämismuutosten. Euroopassa edelläkävijöitä ovat olleet jo 1970-luvun vaihteesta lähtien Norja ja Ranska. Norjassa ensimmäinen luonnonvaratilinpidoon kehikko laadittiin jo vuonna 1968 ja kehittyneempi versio vuonna 1971. Ensimmäinen täydellinen luonnonvaratilinpito saatiin laadittua vuonna 1981. Hollannissa kehittämistyö perustui Roefie Huetingin (kt. esim. Hueting 1980) ajatuksiin ja sen tavoitteena oli kansantalouden tilinpidoon korjaaminen tärkeimpien ympäristömuutosten arvoilla. Työstä muotoutui nk. NAMEA-matriisi (National Accounting Matrix with Environmental Accounts) 1980-luvun loppupuolella.

Osa siitä, minkä nykyinen kansantalouden tilinpito kirjaa tuloksi, on todellisuudessa tuottoja pääoman myynnistä eli varallisuuden "syömistä", mitä ei pitäisi laskea tuloksi. BKT mittaa lähinnä vain tuotannon tasoa, ei sitä osaa tuotannosta joka voidaan kuluttaa ja joka aikaansaa hyvinvointia. (Stockhammer et. al. 1997, 32) Luonnon pääoman kulumista on laskenut muun muassa David Repetto (1989). Indonesiaa koskevassa laskelmassa Repetto huomioi kolme luonnonvaraa eli öljyn, puun ja maaperän. Näiden luonnonvarojen väheneminen huomioimalla Indonesian keskimääräinen BKT:n kasvu, joka oli vuosina 1971–84 kansantalouden tilinpidoon mukaan 7,1 prosenttia olikin todellisuudessa vain neljä prosenttia. (Hamilton – Lutz 1996, 24) Peri-



aatteessa kansantalouden tilinpidon nettokansantuotemittari (NKT) ottaa huomioon ainoastaan ihmisen tekemän pääoman poistot, kun taas vihreää NKT:ta laskettaessa tulosta täytyy vähentää myös luonnon pääoman poistuma ja hyödyntäminen. Siten yksinkertaistettu vihreän NKT:n laskentakaava (1) on seuraava:

$$vNKT = C + S - K_m P - K_n P - K_n H \quad (1)$$

missä  $vNKT$  on vihreä nettokansantuote,

$C$  on kulutus,

$S$  on säästäminen

$K_m P$  on ihmisen tekemän pääoman poistuma,

$K_n P$  on luonnon pääoman poistuma ja

$K_n H$  on luonnon pääoman hyödyntäminen.

Kaavan (1) muuttuja  $vNKT$  voidaan tulkita em. Hicksin kestäväksi tuloksi. Ongelmana on vain "oikeiden" rahallisten arvojen johtaminen muuttujille  $K_m P$  ja  $K_n H$  (Pearce 1993, 34). Esitetty kaava (1) ei kuitenkaan vielä huomioi henkistä pääomaa ( $K_h$ ) yhdeksi tuotannontekijäksi. Mikäli se otettaisiin huomioon, olisi nettokansantuote ihmisen tekemän pääoman ( $K_m$ ), luonnon pääoman ( $K_n$ ) ja henkisen pääoman ( $K_h$ ) muodostaman kokonaispääoman aikaansaama korkotulo. Näin laskettuna nettokansantuote on samalla kulutuksen maksimiura ja talouden kestävä tulotaso, joka ei huononna tulevien sukupolvien mahdollisuuksia hyvinvointiin.

---

### *Talous- ja ympäristötilinpitöjen yhdistäminen hyvinvointitilinpidoksi*

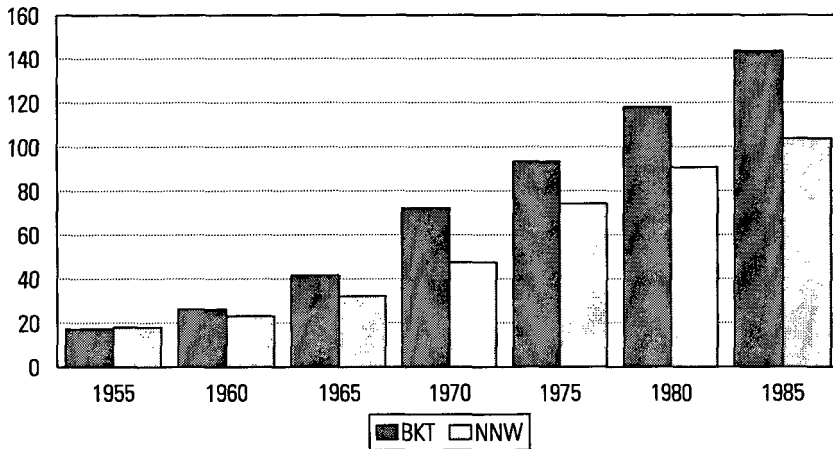
---

Empiirisellä tasolla ehkä parhain yritys kuvata taloudellisen toiminnan ja sen aikaansaamien ympäristövaurioiden arvoja on Japanin "nettohyvinvointimittari" (Net National Welfare, NNW), jossa perinteiseen BKT-mittariin on tehty ympäristövaurioita vastaavat hyvinvointikorjaukset. Ajatus talouskasvun automaattisesti vaurautta ja hyvinvointia luovasta vaikutuksesta hyväksyttiin Japanissa yleisesti aina 1960-luvun alkupuolelle asti. Kuitenkin 1960-luvun loppupuolella alkoi, lähinnä saastu-

misongelmien, luonnon tuhoutumisen ja voimakkaan inflaation vaikutuksesta, kasvupolitiikan voimakas kritiikki. Talouskasvun kyky lisätä hyvinvointia kyseenalaistettiin ja esitettiin epäilyjä sen itseasiassa monessa tapauksessa alentavan hyvinvointia. Keskustelu sai Japanin hallituksen päättämään todellisen hyvinvoinnin mittarin kehittämistä. Nettohyvinvointimittaria kehittävä työryhmä aloitti työnsä toukokuussa 1971. NNW:n kehittämistyö perustui Tobinin ja Nordhausin tutkimuksiin taloudellisen kasvun aikaansaamasta hyvinvoinnista vuodelta 1972. (Uno 1989, 308) Japanin NNW-mittaria on 1990-luvulla kehittänyt mm. Kimio Uno, joka kutsuu parannettua hyvinvointitilinpitoa sosiaali-, talous- ja ympäristötietojärjestelmäksi (Ks. Uno 1994).

NNW on niiden ympäristöelementtien arvoilla korjattu BKT, jotka voidaan ilmaista jotenkin rahamääräisesti. Järjestelmästä on kuitenkin jätetty pois investoinnit, jotka yleensä ovat tärkeä osa BKT:sta, sillä tässä järjestelmässä ne nähdään elämän laadun näkökulmasta välituotteiksi. Kuitenkin hyvinvointia nostavat pääomien (investoinnit, kestokulutushyödykkeet ja kotitalouksien yhteiskunnalliset yleiskustannukset) kyky luoda tuloja (palveluja), jotka NNW ottaa huomioon eksplisiittisesti. Vero vuonna 1975 (1.4.–31.3.) NNW:n arvo oli noin 74 000 miljardia jeniä vuoden 1970 hinnoin, kun taas BKT:n vastaava arvo oli noin 93 000 miljardia jeniä. NNW:n suurin osatekijä oli yksilöiden kulutus, jota seurasivat vapaa-ajan ja markkinattomat toiminnot. Yksityisten kestokulutushyödykkeiden aiheuttama nopea palveluiden kasvu on huomion arvoinen havainto. Samaan aikaan ympäristön saastumisen ja kaupungistumisen aiheuttamat haitat ja tappiot nousivat nopeasti laskien hyvinvoinnin tasoa. (Uno 1989, 308–309) Japanin BKT:n ja NNW:n kehitys vuosina 1955–1985 on esitetty kuviossa 2.

Ympäristön saastumisen aiheuttamat hyvinvointitappiot saavuttivat absoluuttisen ja suhteellisen huippunsa vuonna 1970. Tuolloin saastumisen arvo oli 14,3 prosenttia NNW:stä. Vuonna 1980 saastumisen aiheuttamat tappiot olivat 4,3 prosenttia NNW:n kokonaisarvosta ja vuonna 1985 tappioiden arvo oli enää kolme prosenttia. Vuosina 1970–75 oli NNW:n kasvu vuosittain 9,3 prosenttia, kun BKT:n kasvu jäi vastaavasti vain 5,2 prosenttiin. Toisin sanoen hyvinvoinnin kasvu jatkui vaikka öljykriisin seurauksena harjoitettu talouden toimintaa supistava talouspolitiikka ja yksityisen pääoman muodostuksen pysähtyminen saivat aikaan BKT-mittarin mukaan taloudellisen laskukauden. NNW:n kasvu oli seurausta kysynnän kasvusta, lisääntyneestä vapaa-

**Kuvio 2****Japanin bruttokansantuotteen ja NNW-mittarin kehitys 1955–85 (Biljoonaa jeniä vuoden 1970 hinnoin)***(Uno 1989, 310)*

ajasta, kuluttajien kestokulutushyödykevarantojen kasvusta, kotitalouksien yhteiskunnallisen pääoman kasvusta ja saastumisen vähentymisestä. Itseasiassa NNW:n keskimääräinen vuosikasvu oli vuosina 1955–1960 5,1 prosenttia nousten 6,8 prosenttiin vuosina 1960–65 ja 8,2 prosenttiin vuosina 1965–70. Sen sijaan koko 1980-luvun BKT:n kasvu oli nopeampaa kuin NNW:n kasvu. Syynä oli yksityisen pääoman muodostuksen kasvu, joka ennakoi lähinnä tietokoneisiin ja informaatiotekniikkaan perustuvan informaatioyhteiskunnan kehittymistä.

Hollannin tilastokeskuksen Bram de Boo, Peter Bosch, Cor Gorter ja Steven Keuning (1991) yhdistivät kehittämässään NAMEA (National Accounting Matrix with Environmental Accounts) -matriisissa systemaattisesti kaiken ympäristötiedon kansantalouden tilinpidon tietoihin. Mallin kehittämistä on hyödynnetty Stonen panos-tuotostilinpidon periaatteita sekä Ayresin ja Kneesen materiaalitaseajattelua. Tekijöiden mukaan kansantalouden tilinpidon ympärille on käytännössä mahdollista kerätä paljon erilaista täydentävää ympäristötietoa ja yhdistää ne tilinpidoksi taloudellisen toiminnan vaikutuksista ympäristöön. Tarkoituksena on tarjota kattava tilinpito kaikista kansantalouden tilinpidon ja ympäristön välisistä yhteyksistä. NAMEA:n lopullisena tavoitteena on tuottaa uusklassisen hyvin-

vointiteoriaan perustuva "hyvinvointitilinpito", jossa nettokansantuotteen arvosta on vähennetty ympäristövaurioiden arvot. Ongelmana on kuitenkin ympäristö- ja luonnonvarojen hinnoitteluongelmat, minkä takia kaikkea ympäristötietoa ei ole mahdollista ilmaista rahamääräisenä. NAMEA -mallissa on ympäristön vaikeat arvottamisiongelmat ohitettu indikaattoreiden käytön avulla. Ympäristöindikaattorit ovat NAMEA:ssa suoraan verrannollisia kansantalouden tilinpidosta saataviin makrotaloudellisiin muuttujiin, kuten nettokansantuotteeseen, nettokansantuuloon ja vaihtotaseeseen. (Haan et al. 1993, 1–2)

Euroopan unionin piirissä kehitetyn SERIEE -ympäristötilinpitojärjestelmän (European System for the Collection of Economic Information on the Environment) perustavoite on kuvata satelliittitilinpidon muodossa kustannuksia jotka tarvitaan ympäristönsuojelun sisäisten kustannusten kokonaisarvon laskentaan. (Eurostat 1990, 2) Järjestelmä keskittyy keräämään "vihreän BKT:n" laskemisessa tarvittavia tietoja ulkoisvaikutusten arvoista ja sen kehittämistä on vastannut Euroopan unionin EU:n tilasto-organisaatio Eurostat. Tarkoituksena on että EU:n ja EFTA:n jäsenvaltioiden tilastotoimet tuottaisivat keskenään vertailukelpoisia tietoja ympäristönsuojelumenoista. SERIEE:n tarkoituksena on kuvata ympäristöinvestointeja ja niiden rahoitusta, erillisen mutta luokittelultaan kansantalouden tilinpidon kanssa yhteensopivan satelliittitilinpidon avulla.

Maailmanpankki ja YK:n kehitysohjelma UNEP järjestivät vuosina 1983–88 lukuisia ympäristötilinpidon kehittämiseen ja siihen liittyviin ongelmiin keskittyviä kansainvälisiä asiantuntijakokouksia, joissa pohdittiin ympäristö- ja taloustilinpitojen yhdistämistä. Näiden kokousten perusteella muotoutunutta järjestelmää testattiin 1980-luvun lopussa Meksikossa ja Papua-Uudessa Guineassa. Rion kokouksen perusteella järjestelmästä kehittivät formaalin "yhdistetyn ympäristön ja talouden tilinpitojärjestelmän" (System of Integrated Environmental and Economic Accounts eli SEEA) YK:n tilastotoimisto UNSTAT ja Maailmanpankki 1990-luvun alussa. Tämän Carsten Stahmerin, Peter Bartelmuksen ja Jan van Tongerenin laatiman tilinpitojärjestelmän (United Nations 1993) on tarkoitus yhdistää taloutta ja ympäristöä koskeva informaatio. SEEA-järjestelmä yhdistää käytännössä kansantalouden tilinpidon tiedot olemassa olevien ympäristö- ja luonnonvaratietojen kanssa ja se pikemminkin täydentää kuin korvaa perinteistä kansantalouden tilinpitoa. SEEA tarkoitettiin myös tulevaisuudessa kiinteäksi osaksi kansallisia päätöksente-

kojärjestelmiä. (Dieren 1995, xvii, 232–233, 265) SEEA -järjestelmä perustuu 90-prosenttisesti NAMEA -mallin kehittämisessä saatuihin kokemuksiin ja osaltaan lähinnä norjalaisen esikuvan mukaisesti luonnonvaratilinpitoihin.

Yleensä niin talous- kuin ympäristötietokin tarjotaan päättäjille tiivistetyn tunnusluvun muodossa. Esimerkiksi kansantalouden tilinpito tiivistyy viime kädessä bruttokansantuotteeksi. Yhtä helppokäyttöiset ja tehokkaat kestävä kehityksen indikaattorit tarvitsevat kuitenkin taustakseen samanlaisen systemaattisen tilastojärjestelmän kuin kansantalouden tilinpito. SEEA:n sisältää myös ”vihreän” kansantuotteen, jonka laskeminen edellyttää kuitenkin tietoja ympäristömuutoksista. Koska useimmilla ympäristön ihmisille tarjoamilla hyödykkeillä ei kuitenkaan ole markkinahintaa, onkin SEEA:n ehkä suurin ongelma luonnonvarojen ja ympäristön ”oikea” hinnoittelu. Periaatteessa näille hyödykkeille on mahdollista arvioida ns. varjohinnat erilaisten keinotekoisien tekniikoiden, kuten maksuhaluuskyselyiden avulla. Ympäristökorjatun (netto)kansantuotteen laskentakaava on seuraava :

**Bruttokansantuote BKT (Gross Domestic Product, GDP)**

– Tuotannontekijätulot muualta maailmasta

– Epäsuorat verot muualta maailmasta

**= Bruttokansantulo BKTL (Gross National Product, GNP)**

– Kiinteän pääoman kuluminen

**= Kansantuote (National Income, NNI)**

– Ympäristönsuojelumenot

**= Ympäristökorjattu kansantuote 1 (Environmentally adjusted Domestic Product, EDP1)**

– Ympäristövarojen muutosten arvot

**= Ympäristökorjattu kansantuote 2 (Environmentally adjusted Domestic Product, EDP2)**

Itse SEEA -satelliittitilinpitojärjestelmä koostuu neljästä osasta. Ensinnäkin on nykyisen kansantalouden tilinpidon sisältämä ympäristöinformaatio, johon on käytettävissä hyödyketilinpidon panos-tuotostauluista jo nyt löytyvät tiedot. Ne täytyy kuitenkin luokitella nykyistä tarkemmin ympäristövaikutusten perusteella. Toisena on luonnonvarojen hyödyntämisen, käytön taloudessa ja hylkäämisen kierron kuvaus fyysisinä määrinä, mikä on mahdollista johtaa tilinpidon panos-tuotostauluista. Fyysinen määrätieto on siten vertailukelpoista kansantalouden tilinpidon kanssa.

Kolmantena ovat ympäristön taloudellisen hyödyntämisen kustannukset, jotka voidaan laskea markkinahintojen, luonnonvarojen määrän ja laadun ennallaan säilyttämisen aiheuttamien kustannusten avulla tai kuluttajien maksuhalukkuuden perusteella. Neljäntenä on tulevaisuudessa mahdollisesti toteutettava tuotantokäsitteen laajennus, joka sisältäisi muun muassa kotitalouksien tuotantotoiminnan. (Arjopalo 1994, 20–21)

SEEA:n laatiminen edellyttää melko kattavaa tilinpitoa ympäristöstä ja luonnonvaroista. Uusin kansantalouden tilinpitosuositus (United Nations 1994) sisältää avaus- ja lopetustaseet alunperin norjalaisen luonnonvaratilinpidon mukaisesti. Siten kansantalouden tilinpidon ja luonnonvaratilinpitojärjestelmän luokittelu yhdenmukaistuvat ja myös laatu tietojen tilinpidon täytyy noudattaa samoja periaatteita, jotta kestävä kehityksen mittaaminen olisi mahdollista. SEEA:n käsitteistö ja esitystapa seuraavat mahdollisimman tarkasti kansantalouden tilinpitoa, joten kansantalouden tilinpidon aineisto on suoraan verrannollinen ympäristökorjattuun aineistoon. Tämä yhdenmukainen luokittelu helpottaa ympäristömuuttujien yhdistämistä taloudellisiin tilastoihin. Lisäksi SEEA:ssa pyritään esittämään fyysiset ja rahamääräiset tilit vierekkäin.

SEEA:n ensimmäisiä testauksia oli Meksikossa vuosina 1990–1991 YK:n tilastotoimiston johdolla suoritettu koelaskenta. Tulosten mukaan Meksikon tapauksessa EDP1 on 94 prosenttia perinteisen nettokansantuotteen (NDP) arvosta ja EDP2 87 prosenttia NDP:n arvosta. Perinteisestä NDP-mittarista loppukulutus on 83 prosenttia ja pääomien nettomuodostus 11 prosenttia. EDP1:n kohdalla loppukulutus nousee 88 prosenttiin, mutta pääomien nettomuodostus laskee kuuteen prosenttiin. Nettomuodostus olisi ollut 12 prosenttia, mutta taloudellisten varojen otto suoraan ympäristöstä laskee EDP1:tä kuusi prosenttia. EDP2:n kohdalla loppukulutus on lähes 96 prosenttia ja pääomien nettomuodostus muuttuu negatiiviseksi miinus kahdeksi prosentiksi, mikä on seurausta taloudellisten varojen kasvamisesta lähes 13 prosentilla ja ympäristövarojen vähentymisestä 15 prosentilla. (Tongeren et al. 1991) Yhdysvaltojen kauppaministeriön alainen taloudellisten analyysien virasto (BEA) aloitti huhtikuussa 1994 SEEA:n mukaisen yhdistetyn ympäristö- ja talustilinpitokehityksen kehittämistyön. Mikäli kaikki ulkoiset kustannukset otetaan huomioon saadaan kansankunnan vauraudesta ja kestävästä tuloista parempi kuva.

Koska YK:lla ei ole SEEA:n uudistamiseen tarvittavia resursseja, laatii uudistetusta SEEA-järjestelmästä käsikirjan nk. Lontoon ryhmä, joka koostuu lähinnä teollisuusmaiden ja kansainvälisten järjestöjen kansantalouden tilinpidon asiantuntijoista. Ryhmän tarkoituksena on saada käsikirjaluonnos valmiiksi vuoden 1999 loppuun mennessä. Uudistuksen tavoitteena on itsenäisen, kansantalouden tilinpidosta riippumattoman ympäristötilinpidon kehittäminen. Uuden ympäristötilinpidon käsikirjaan on alustavasti suunniteltu ohjeistoa ympäristövarojen tilastoinnista, materiaalivirtatilinpidon hyödyntämisestä, ympäristönsuojelumenojen kirjaamisesta, ympäristövarojen ja -virtojen arvottamisesta ja sovelluksista.

---

### *Taloudellisen hyvinvoinnin mittaamisen kehittäminen*

---

Jo hyvinvointiteoreetikko Arthur Pigou erotti vuonna 1952 toisistaan yleisen hyvinvoinnin (general welfare), taloudellisen hyvinvoinnin (economic welfare) ja kansantuotteen (national income) (Stockhammer et. al. 1997, 20). Taloudellista hyvinvointia pyrkivät mittaamaan Nordhaus ja Tobin kehittämänsä MEW-mittarin (Measure of Economic Welfare) avulla vuonna 1972. Mittarin suurin ero BKT-mittariin verrattuna oli mm. vapaa-ajan arvon, kotitaloustyön, julkisten palvelujen ja kuluttajien pääomien ottaminen huomioon. Tulosten mukaan tulot per capita lisääntyivät vuosina 1929–1965 MEW-mittarilla mitattuina Yhdysvalloissa joskin kasvu oli hitaampi kuin nettokansantuotteen kasvu. Nordhausin ja Tobinin mielenkiinnon kohteena oli erityisesti vapaa-ajan merkitys hyvinvoinnin muodostumisessa. Nordhaus ja Tobin päätyivät puolustamaan tutkimuksessaan BKT:n käyttöä hyvinvoinnin mittarina. Zolotas (1981) kehitti myöhemmin MEW -mittaria ottamalla hyvinvoinnin muodostukseen mukaan myös ilmansaasteiden vaikutuksen.

ISEW (Index of Sustainable Economic Welfare)-indeksin kehittivät Herman Daly, John Cobb ja Clifford Cobb (1989) Nordhausin ja Tobinin sekä Zolotasin töihin perustuen. ISEW perustuu Hicksin (1946, 172) kestäväen tulon määritelmään. ISEW herätti runsaasti huomiota Euroopassa ja laskelmia on tähän mennessä tehty mm. Saksassa (1991), Iso-Britanniassa (1994), Itävallassa (1995), Skotlannissa, Tanskassa ja Hollannissa. Vuonna 1994 Cobb ja Cobb julkaisivat ISEW:in toisen version. Samaan ai-

kaan ISEW:iin tehtiin taloustieteilijöiden antaman kritiikin perusteella suuria korjauksia ja se nimettiin uudestaan GPI:ksi (Genuine Progress Indicator). (Stockhammer et al. 1997, 21) Dalyn ja Cobbin (1989) alkuperäisen ISEW-mittarin suurin ero MEW-mittariin nähden on vapaa-ajan arvon ja terveydenhuoltokustannusten huomiotta jättäminen sekä pitkäaikaisten ympäristövauroiden, tulonjaon ja uusiutumattominen luonnonvarojen käytön huomioiminen. Empiiristen laskelmien mukaan taloudellinen hyvinvointi per capita ISEW-mittarilla mitattuna kasvoi vuosina 1950–1965, mutta aleni vuosina 1965–1986. Nordhaus esitteli vuonna 1992 uuden taloudellisen hyvinvoinnin mittarin ”Hicksin Tulo no. 1:n”, joka on yritys luoda Hicksin tulomääritelmää vastaava tulomittari. Hicksin Tulo no. 1 osoitti hyvinvoinnin kasvua; vuosina 1950–1965 se oli hieman nopeampi kuin BKT:n ja NNP:n kasvu ja vuosina 1965–1986 hitaampaa. (Hamilton – Lutz 1996, 37–38; Stockhammer et al. 1997, 22)

ISEW -indeksi yrittää kuvata kestäväen taloudellisen hyvinvoinnin kehitystä ottamalla huomioon myös ne tekijät jotka kansantalouden tilinpito jättää huomiotta. Käsite taloudellinen hyvinvointi on peräisin Pigoulta (1952). Perinteisen kansantalouden tilinpidon huomioivan materiaalisesta hyvinvoinnin lisäksi ISEW huomioi myös (a) ei-markkina tuotannon, (b) taloudellisen toiminnan aiheuttavien vahinkojen korjaamiseen tarvittavan tuotannon (puolustautumismenot = defensive costs), (c) ympäristön vaurioitumisen (jota ei korjata), (d) tulevan hyvinvoinnin alentumisen nykyisen kulutuksen/tuotannon seurauksena, (e) hyvinvoinnin hankkimiseen uhrattavan panostuksen (työn kesto ja intensiivisyys) ja (f) tulonjaon. (Stockhammer et al. 1997, 20)

ISEW:in laskentaan kuuluu kolme vaihetta: (a) kulutusperustan (consumption base) laskenta, (b) hyvinvointia vähentävien asioiden arvioiminen ja vähentäminen kulutusperustasta ja (c) näin saatavan raaka-ISEW:in painottaminen indeksillä, joka perustuu tulonjaon ja työvoiman käytön epätasaisuuteen. Kulutusperustan muodostavat yksityinen ja julkinen kulutus, kotitalouksien tuotantotoiminta ja investointien aikaansaama potentiaalinen hyvinvointi tulevaisuudessa. Kulutusperustaa vähentäviä eriä ovat mm. ympäristönsuojelumenot eli ns. ”ympäristölliset ja yhteiskunnalliset puolustusmenot” sekä luonnonpääomanvarannon eli ”tulevaisuuden hyvinvoinnin vähentyminen”. Saatavalla ISEW-indeksillä voidaan mitata yhteiskunnallista ja kestäväen taloudellista hyvinvointia, kun yhteiskunnan rakenne ja teknologia otetaan annettuna. ISEW ei tarkasti ottaen ole kestäväen ta-



loudellisen hyvinvoinnin mittari, vaan paremminkin arvio siitä. Tämän takia ISEW tuskin arvioi kestäväää taloudellista hyvinvointia liian suureksi. ISEW on sitoutunut ekologisesti kestäväään taloudelliseen kehitykseen ja yhteiskunnalliseen oikeudenmukaisuuteen. (Stockhammer et al. 1997, 21–22)

ISEW ja SEEA ovat osittain vaihtoehtoisia ja osittain ristiriidassa keskenään. SEEA tarjoaa järjestelmän tietojen organisointiin, joten se tarjoaa paremman tietopohjan myös ISEW:lle. Satelliittitilinpitona SEEA yrittää lisätä ympäristönäkökohtia kansantalouden tilinpitoon ja sen ympäristökorjattu kansantuote (EDP) -mittari tarjota ympäristön arvoilla korjatun BKT:n. ISEW:n menee vielä tästäkin pidemmälle. Se kyseenalaistaa paitsi koko BKT -mittarin, myös taustalla olevan ajatuksen BKT:n kasvun ja hyvinvoinnin kasvun välisestä yhteydestä. ISEW ei myöskään rajoitu pelkästään ympäristökysymyksiin vaan ottaa huomioon myös yhteiskunnallisia kysymyksiä kuten yhteiskunnalliset ja tulevat kustannukset sekä tulon- ja työnjaon. SEEA:n näkökulma on siten rajatumpi kuin ISEW:in. (Stockhammer et al. 1997, 25)

Stockhammer et al.:n tutkimustulosten mukaan Itävallan BKT ja ISEW:in kulutusperusta ovat vuosina 1955 – 1992 kehittyneet lähes identtisesti. Sen sijaan BKT ja kokonaishyvinvointi ISEW:llä per capita mitattuna kehittyivät vuodesta 1955 aina vuoteen 1979 saman suuntaisesti. Tosin 1960-luvun puolivälistä alkaen ISEW:in kasvu alkoi jäädä jälkeen BKT:n kasvuun verrattuna. ISEW saavutti huippunsa vuonna 1979, jonka jälkeen se on hieman alentunut. Samaan aikaan BKT on jatkanut kasvuaan uusiin ennätyksiin 1990-luvun alussa. BKT on siten hyvinvoinnin mittarina ollut täysin harhaanjohtava 1980- ja 1990 -luvulla. (Stockhammer et al. 1997, 30) Syynä kestävään taloudelliseen hyvinvoinnin lievään alenemiseen ovat olleet tuotanto ja kulutustavat, jotka ovat vaarantaneet mahdollisuuksia hyvinvointiin tulevaisuudessa. Nykyinen taloudellinen järjestelmä vaatii alati kasvavan osuuden tuotannosta aiheuttamiensa vaurioiden korjaamiseen. ISEW:in alentumiseen ovat syynä ympäristövaurioiden kulutusperustan kasvua voimakkaampi lisääntyminen 1980-luvulla, tulonjaon epätasa-arvoistuminen ja kotitalouksien tuotanto toiminnan siirtyminen yksityiseksi kulutukseksi. (Stockhammer et al. 1997, 31–32)

ISEW:iin ei sisälly vapaa-aika vaikka se on selkeä osa hyvinvointia. Taloudellisen hyvinvoinnin mittaamista ilman vapaa-ajan muutosten huomioimista voidaan pitää harhaanjohtavana. Ongelmana vapaa-ajan muutosten kohdalla on rahamääräinen

arvottaminen. Kuinka se pitäisi tehdä? ISEW huomioi myös saastuttavan teollisuuden sijoittumisen muihin maihin positiivisena hyvinvoinnin kannalta, koska se on kansallinen mittari. Koska ISEW:ssä kestävä taloudellinen hyvinvointi lasketaan vähentämällä kulutusperustasta kestäättömien tekijöiden arvot, on kestävä tulo aina alhaisempi kuin toteutuneet tulot, mikä on harhaanjohtavaa. Kestävässä taloudessa tulo voi olla suurempi kuin potentiaalinen tulo annetulla tuotantorakenteella joka tuhoaa tuotantomahdollisuuksia. Pääasiallisin kritiikki ISEW:iä kohtaan on moniulotteisen ilmiön kuten hyvinvoinnin summaaminen yksiulotteiseksi, rahamääräiseksi arvoksi, joka unohtaa niiden laadulliset tekijät. Vaikka ISEW on pitkä askel eteenpäin paremman hyvinvointimittarin kehittämisessä tarvitsee se yhä runsaasti kehitystyötä. (Stockhammer et al. 1997, 32–33)

# 4

## TAVOITTEENA MATERIAALIEN KESTÄVÄ KÄYTTÖ

---

### *Kestävä kehitys ja talouskasvun rajat*

---

Talusteoriassa resurssien, kuten materiaalien hyödyntämistä ohjaa hintainformaatio. Käytännössä taloudessa pyritään välttämään suhteellisen kalliiden resurssien käyttöä ja hyödyntäminen kohdistamaan suhteellisesti ottaen halvimpiin resursseihin. Tätä kutsutaan resurssien tehokkaaksi allokaatioksi, joka on taloudellisen tehokkuuden perusta. Käytännössä materiaalien hinta koostuu nykyisin pääosin hyödyntämiskustannuksista ja mahdollisista korvauksista luonnonvaran omistajalle, eivätkä siihen yleensä sisälly nk. ulkoiset kustannukset, kuten luonnonvarojen ylihyödyntäminen (kestämätön kehitys), tuotannon sivutuotteet (saasteet) eivätkä lopputuotteet (jätteet). Taloudellinen järjestelmä ei tällöin pysty huomioimaan kustannuksina etenkin luonnonvarojen hyödyntämisen, talouden käyttöön otettujen materiaalien hylkäyksen ja loppusijoituksen yhteydessä syntyviä haitallisia ympäristövaikutuksia.

Tämän takia käytännön tasolla talouden toiminta ei johtanut ympäristöhaittojen vähentymiseen, vaikka ympäristövaikutusten poistamista on pidetty tärkeänä. Esimerkiksi vuonna 1985 OECD:n talous- ja ympäristökonferenssissa sekä ympäristönsuojelun tason parantaminen että talouskasvu katsottiin jäsenmaille yhtä tärkeiksi tavoitteiksi. Konferenssi asetti toivonsa ympäristönsuojelussa nimenomaan teknologisen kehitykseen. (OECD 1985, 10) Ratkaisuja maailmanlaajuisiin ympäristöongelmiin etsimään asetti YK samoihin aikoihin erityisen maailmankomission. Tämä ns. Bruntlantin komissio määritteli loppuraportissaan ratkaisuksi ns. kestävä kehityksen politiikan, joka on "kehitystä, joka tyydyttää nykyhetken tarpeet viemättä tulevilta sukupolvilta mahdollisuutta tyydyttää omat tarpeensa." Määritelmä sisältää käsitteen tarve, jolla viitataan pyrkimykseen tyydyttää kaikkien ihmisten perustarpeet ja ajatukseen rajoitteista,

joita teknologia ja nykyiset yhteiskuntajärjestelmät asettavat luonnon kyvyille tyydyttää nykypäivän ja tulevaisuuden tarpeita. Vähimmäisvaatimukset ylittävän elintason komissio katsoo *“py-syväksi vain jos kulutuksessa otetaan (...) huomioon se, että kehityksen on kestettävä pitkään”*. Komission mukaan talouskasvua tarvitaan siellä missä tarpeet eivät tule vielä tyydytetyiksi kuten kehitysmaissa. Kestävän kehityksen katsotaan voivan toteutua vain jos väestökehitys on sopusoinnussa niiden muutosten kanssa, joita luonnon kantokyvyssä tapahtuu. Komission mukaan teknologisen kehityksen avulla voidaan ratkaista joitakin ongelmia, mutta saada samalla aikaan paljon suurempia. Kestävän kehityksen tulisi vähintään estää maapallon elämää ylläpitävien järjestelmien vaarantuminen taloudellisen toiminnan seurauksena. Väestön ja luonnonvarojen käytön kasvulla ei komission mukaan ole muita ennalta määrättyjä rajoja kuin ekologisen katastrofin asettamat. Rajat ilmenevät pikemminkin hintojen nousuna ja tuottojen supistumisena kuin voimavarojen äkillisenä ehtymisenä. Mineraaleja ja fossiilisia polttoaineita olisi maailmankomission mukaan kierrätettävä ja käytettävä niin säästäväisesti etteivät ne lopu ennen kuin niille on kehitetty hyväksyttäviä vaihtoehtoja. Kestävän kehityksen edellytys on komission mukaan, että uusiutumattomien luonnonvarojen kulutus sulkee meiltä pois mahdollisimman vähän vaihtoehtoja. (Ympäristön ja kehityksen maailmankomissio 1988, 26–29)

Komission mukaan yhtä hyödykettä kohden tarvittava raaka-ainemäärä, maataloustuotteita lukuunottamatta, on kaikkien hyödykkeiden osalta laskenut koko kuluvan vuosisadan ajan vaikka teollisuuden tuotanto on samana ajanjaksona kasvanut valtavasti. Luonnonvarojen tuottavuus paranee ja luonnonvarojen käyttö tehostuu kaiken aikaa, samalla kun teollisuustuotannon painopiste siirtyy pois raaka-ainevaltaisesta tuotannosta. Vaikka maailmantalouden aineellisuusaste on vähentymässä, ovat teollistuneet maatkin yhä riippuvaisia perusteollisuustuotteiden jatkuvasta saannista. Ne vaativat jatkossakin runsaasti raaka-aineita ja energiaa. (Ympäristön ja kehityksen maailmankomissio 1988, 189–190)

Bruntlandin komission raportin myötä kestävä kehitys -iskusana nousi yleiseen tietoisuuteen, mutta sen sisältö jäi hyvinkin epämääräiseksi. Kestävälle kehitykselle löydettiin nopeasti lähinnä kolmeen alaryhmään jaettavia merkityksiä. Brown ja Hansonin (1987, 716–717) mukaan nämä keskeiset näkökulmat ovat (1) Yhteiskunnallinen kestävyys, joka keskittyy yksilöiden

tarpeiden jatkuvaan tyydyttämiseen, (2) Ekologinen kestävyys, joka tarkoittaa luonnon biologisten prosessien ja ekosysteemien tuottavuuden ja toimintakyvyn säilyttämistä sekä (3) Taloudellinen kestävyys, johon olemassa kaksi erilaista näkökulmaa. Ensinnäkin ns. kestävä kasvun -ajatus, joka perustuu taloudellisen kasvun jatkuvuuden turvaamiseen, ja toiseksi ns. vakaa-eseen eli nollakasvuun perustuva näkemys, joka nojautuu näkemukseen termodynamiikan peruslaeista taloudellista kasvua rajoittavina ehtoina.

Taloudellisesti kestävä kehitys perustuu tuotantokeskeiseen näkemukseen, jonka mukaan luonnon ainoa tehtävä on tarjota panoksia tuotantoon. Siten luonto on tämän näkökulman perusteella tuhottavissa vaikka kokonaan, kunhan vain siitä saatava taloudellinen hyöty on suurempi kuin sen aiheuttamat menetykset. Yhteiskunnallisesti kestävä kehitys perustuu ihmiskeskeiseen näkökulmaan, jonka mukaan luonnolla on olemassa arvoa vain suhteessa ihmiseen. Luonto on siten merkityksellinen vain tuottaessaan hyötyä ja hyvinvointia ihmisille. Ekologinen näkökulma taas perustuu luontokeskeiseen näkökulmaan, jonka mukaan luonnolla on olemassa arvoa sinänsä, ilman ihmistäkin. Siten ekologinen suuntaus pyrkii turvaamaan luonnon ekosysteemien ja lajien hyvinvoinnin sekä monimuotoisuuden. Ekologisesti kestävä kehitys on näistä lähestymistavoista ehkä selkeimmin perusteltavissa, sillä luonnon hyvinvointi ja monimuotoisuus on pitkällä tähtäimellä optimaalista myös ihmisen kannalta. Kestävä kehityksen politiikan periaatteista sovittiin 178 valtion kesken Yhdistyneiden kansakuntien vuonna 1992 Rio de Janeiroon koolle kutsumassa Ympäristö- ja kehityskonferenssissa (Saurimo 1993). Kokouksen tavoitteena oli sovittaa taloudellinen ja yhteiskunnallinen kehitys luonnonvarojen määräämiin puitteisiin niin että nykyiset hyvinvoinnin edellytykset säilyisivät myös tuleville sukupolville.

Ekologisesti kestävä kehityksen on katsottu edellyttävän siirtymistä tuotannon määrällisen kehityksen suosimisesta laadullisen kehityksen edistämiseen. Luonnonvarojen käytön ja saasteiden tuotettua hyödykeyksikköä kohden tulisi tällöin jatkuvasti pienentyä, jolloin teknologinen kehitys johtaisi ympäristörasituksen pienentymiseen. Sen sijaan varsinkin taloudellisesti kestävä kehitys tähtää tämän laadullisen kehityksen aikaansaamien parannusten käyttämiseen tuotannon lisäämiseen. Kestävä kasvun politiikka pyrkii vain turvaamaan talouskasvun jatkumisen kiinnittämättä tarpeeksi huomiota ihmisten tarpeisiin. Useat

luonnon tarjoamista hyödykkeistä ovat välttämättömiä ihmisen olemassaololle. Esimerkiksi taloustieteilijä Herman Dalyn (1991b) mukaan aineiden ja energian kierron täytyy täyttää kolme ehtoa ollakseen kestäviä (Meadows et al. 1993, 170):

- (1) Uudistuvien luonnonvarojen käytön vauhti ei saa ylittää sitä vauhtia, jolla niitä luonnon omissa prosesseissa syntyy,
- (2) uudistumattomien luonnonvarojen käytön vauhti ei saa ylittää sitä vauhtia, jolla korvaavia uudistuvia luonnonvaroja kehitetään ja
- (3) saastepäästöjen lisääntymisvauhti ei saa ylittää ympäristön kykyä ottaa vastaan saasteita.

Ongelmana on kuitenkin ns. kestävä tason määrittely. Ilman näitä rajoitteita em. ympäristö- ja luonnonvarojen käyttösääntöjä on mahdotonta käytännössä soveltaa. Pearcen et al.:n (1993, 8) mukaan helpoin tapa määrittellä kestävä kehitys on katsoa tavoitteeksi ihmisen hyvinvoinnin vähintään nykyisellä tasolla pitäminen yli ajan. Ylipäätään suurin osa taloustieteilijöistä katsoo parhaaksi lähestyä kestävä kehitystä juuri hyvinvoinnin näkökulmasta. Lisäksi useat ekologisen taloustieteen edustajat katsovat että juuri luonnon pääoma tulisi säilyttää vähintään ennallaan, jotta hyvinvoinnin väheneminen yli ajan vältettäisiin. (Hinterberger et al. 1997, 11) Ekologisen taloustieteen rajattu optimointiongelma olisi siten niiden yhteiskunnallisten insenttiivien ja asenteiden tunnistaminen, jotka optimoivat nykyisen hyvinvoinnin yhteiskunnallisten ja biofysikaalisten rajojen puitteissa samaan aikaan, kun tulevien sukupolvien mahdollisuudet nauttia vähintään nykyisen tasoisesta hyvinvoinnista säilyisivät. (Dodds 1997, 108)

Nicolaisen et al.:n (1991, 14–15) mukaan taloudelliseen kasvuun liittyvien ongelmien ratkaisuksi esitetty "ekologisesti kestäväksi kehitykseksi" nimetty politiikka voidaan esittää hyvinvointikaavana seuraavasti:

$$W = W(K, E), \quad (2)$$

missä  $W$  = potentiaalinen kulutus (hyvinvointi)

$K$  = ihmisen tekemän pääoman määrä

$E$  = ympäristöpääoman määrä

Eli potentiaalinen hyvinvointi on funktio ihmisen tekemästä varallisuudesta ja ympäristövaroista. Mikäli hyvinvoinnin laskua ei sallita, saadaan yhtälölle seuraava ehto :

$$\Delta K \geq -q\Delta E \text{ tai } \Delta K + q\Delta E \geq 0,$$

missä  $\Delta K$  on muutos ihmisen tekemässä pääomassa,

$\Delta E$  on muutos ympäristöpääomassa ja

$q$  on ympäristöpääoman varjohinta (tai kustannus) mitattuna ihmisen tekemän pääoman avulla.

Tällöin  $q$  on luonnon pääoman lisäyksen (e) varjohinta ihmisen tekemän pääoman muutoksen (k) avulla ilmaistuna eli  $q = W_e/W_k$ . Varjohinta  $q$  kertoo myös kuinka paljon kulutus muuttuu luonnon pääoman muuttuessa, sillä kulutuksen muutos on seurausta ihmisen tekemän pääoman muutoksen suuruudesta. Kaavan mukaan kestävä kehitys edellyttää, ettei luonnon pääoman reaaliarvon muutos saa ylittää ihmisen tekemään pääomaan tehdyn nettoinvestoinnin reaaliarvon muutosta. (Nicolaisen et al. 1991, 15)

Daly (1989, 75) kuvaa sanalla "*talouskasvu*" ainoastaan talouden fyysisten mittasuhteiden kasvua. Laadullista "kasvua" hän nimittää *taloudelliseksi kehitykseksi*. Dalyn mielestä termodynamiikan ensimmäisen lain mukaan maapallon fyysinen mittakaava ei voi kasvaa, joten myös talouden osajärjestelmän tulee kehittyä ilman kasvua. Siten hän määrittelee vakaaseen kasvuun perustuvan talouden (steady-state economy) talousjärjestelmäksi, joka kehittyy ilman *taloudellista kasvua*. Dalyn (1991a, 34) mukaan ekologisen taloustieteen oleellisin kysymys on, kuinka suuren osan osajärjestelmän (talous) pitäisi viedä koko ympäristön ja talouden muodostamasta järjestelmästä. Globaalin talousjärjestelmän kasvaessa, on globaaliekosysteemi säilynyt entisen kokoisena. Daly pitää talousjärjestelmän mittakaavan parhaimpana mittarina ihmisen käyttämää osuutta maailman kokonaisfotosynteesituotannosta. Nettoprimaari tuotanto (Net Primary Production, NPP) kertoo kuinka paljon primaari tuottajat ottavat vastaan auringon energiaa, kun summasta on vähennetty niiden omien elintoimintojen ylläpito. NPP on siten kaikkien niiden olioiden perusravintovaranto, jotka eivät kykene fotosynteesiin. Vitousek et al.:n (1986, 368–373) laskelmien mukaan 40 prosenttia potentiaalista maalla tuotettavasta NPP:stä käyttävät ihmiset. Koska mittakaava ei voi kasvaa lähellekään 100 prosenttia il-

man että ekosysteemeille, joista ihminen on myös osaltaan riippuvainen, ei jäisi mitään NPP:stä, asettaa se selkeän rajoitteen taloudellisen toiminnan laajuudelle. (Daly 1991a, 37)

Dalyn (1989, 73) mukaan markkinat voivat ihannetapauksissa päätyä Paretotehokkaaseen resurssien allokaatioon, joskaan markkinat eivät pysty määrittämään optimaalista tuotannon tasoa (tuotettua määrää) kuten se ei pysty määrittelemään optimaalista tulonjakoakaan. Yhteiskunta olisi yhä Paretotehokkaassa tilassa vaikka sen väkimäärä ja resurssien käyttö kaksinkertaistuisivat yhtäkkiä tai jos ne alenisivat puoleen entisestään. Dalyn mukaan tulonjaollinen ongelma on taloustieteilijöiden piirissä jo tiedostettu ja sen ratkaisemiseen tarvitaan eettisiä sääntöjä. Sen sijaan optimaalisen tuotannon tason määrittelyongelmaa ei vielä ole laajelmalti tiedostettu. Dalyn vertauksen mukaan esimerkiksi liian painavasti kuormattu vene uppoaa, vaikka sen kuorma olisi sijoitettu optimaalisesti. Samoin tehokkaasti allokoitu talous "uppoaa" ellei skaalaongelmaan kiinnitetä huomiota. Talouden skaalaongelman ratkaisemiseen ei Dalyn mukaan riitä uusklassisen talousteorian tapa redusoida skaalaongelma hinnoitteluongelmaksi, vaan tarvitaan ekologisia kriteereitä. (Daly 1989, 73–74) Markkinataloudessa on kolme keskenään ristiriidassa olevaa arvoa : allokaatio (tehokkuus), tulonjako (oikeudenmukaisuus) ja mittakaava (kestävyys). Taloustieteilijät ovat perinteisesti erottaneet toisistaan tehokkaan allokaation tavoitteet ja oikeudenmukaisuuden antamalla hintajärjestelmän toimia vapaasti. Samoin kuin oikeudenmukaisuutta on yhteiskunnissa hoidettu erillisellä tulonjakopolitiikalla, pitäisi kestävyystavoitteeksi asettaa oikean mittakaavan tavoittelu sitä vastaavien politiikkatoimenpiteiden avulla. (Daly 1991b, 36)

Koska Paretotehokas tila on saavutettavissa millä tahansa väestön ja resurssien käytön määrällä, ei taloudellisen tehokkuuden käsite pysty ottamaan kantaa talouden skaalaongelmaan eikä tulonjakoon. Kuitenkin ympäristön toimintakyky on suuresti riippuvainen talouden mittakaavan suuruudesta ja toisaalta ihmisten hyvinvointi riippuvainen ympäristön toimintakyvystä. Talouden kasvun ylittäessä optimiskaalan, kasvavat ulkoisvaikutukset, kuten hapan sade ja kasvihuoneilmiö, jotka eivät ole enää hoidettavissa sisäistämällä ulkoiset kustannukset. Taloudellisen kasvun alkaessa muuttaa aiemmin ilmaisia hyödykkeitä niukoiksi, muodostuu niille teorian mukaan niukkuudesta kertova hinta, joka ohjaa niiden taloudellisesti tehokkaaseen hyödyntämiseen. Sinänsä teoria ei pysty ottamaan kantaa siihen, onko hyvinvointi



suurempi hyödykkeen ollessa ilmainen vai sillä ollessa markkinahinta. Hyödykkeelle muodostunut hinta ei kuvasta hyötyä, vaan paremminkin kustannusta. Hyvinvoinnin luominen lisäämällä niukkuutta ei ole lopulta järkevää. Uusklassiselle teorialle yksittäisen toiminnon optimaalinen skaala ei ole tuntematon käsite. Itseasiassa koko uusklassinen mikrotalousteoria on optimaalisen skaalan etsimistä kullekin toiminnolle. Tämä optimi löytyy pisteestä, jossa rajakustannukset ovat yhtä suuret kuin rajahyöty. Makrotalousteoriasta optimaalisen skaalan käsite puuttuu täysin. (Daly 1989, 77–78)

---

### *Materiaalien suljettu kierto*

---

Termodynamiikan opit talousteoriaan toi alunperin Bernard Brunhes (1867–1910) kirjallaan *Energian häviäminen (La degradation de l'énergie)* vuonna 1908. Juuri termodynamiikan lakeihin perustuen Robert Ayres ja Allen Kneese (1969, 282–297) katsoivat artikkelissaan saastumisen tuotannon ja kulutuksen aiheuttamaksi väistämättömäksi ja pysyväksi ilmiöksi. Luonnon kyky muuttaa jätteet ja saasteet takaisin ihmisen kannalta käyttökelpoiseen muotoon on rajallinen ja vaatii ihmisen kannalta erittäin pitkiä aikoja. Näin päädytään talouden ja tuotannon jatkuvasti kasvaessa nopeasti tilanteeseen, jossa luonto ei enää pysty puhdistamaan talouden aikaansaamia sivutuotteita, saastumista ja jätteitä. Seurauksena voi olla vakavia ympäristöongelmia.

Termodynamiikan lakeja talouden teoreettisessa tarkastelussa on soveltanut erityisesti Nicholas Georgescu-Roegen (1906–1994). Georgescu-Roegenin ensimmäisessä aiheetta käsittelevässä kirjassa (1971), katsottiin että todellisen taloudessa niukkoja tuotantokäijöitä ovatkin energia ja matalan entropiatason omaavat materiaalit (ympäristö- ja luonnonvarat). Samaan aikaan Georgescu-Roegenin oppilas, amerikkalainen taloustieteilijä Herman Daly (1971, 1973) esitti talouksien siirtämistä stationääriseen tilaan (nk. Steady-State Economy) ekologian ja entropianlain asettamien rajojen saavuttamiseksi maailmantaloudessa.

Yleisesti ottaen fysiikan termodynamiikka (lämpöoppi)-niminen osa-alue tutkii energian käyttäytymistä avoimissa ja suljetuissa järjestelmissä ja sitä voidaan soveltaa myös luonnossa ja kansantalouksien tapahtuvien materiaalikiertojen analyysiin. Ns. yhteiskunnallinen termodynamiikka (Social Thermodynamics), on vielä suhteellisen nuori teoria, eikä se ole vielä saavut-

tanut täydellistä hyväksyntää akateemisissa piireissä. Yhteiskuntatieteellisen termodynamiikan mukaan luonnonlait määräävät fyysisen maailmankaikkeuden ohella myös yhteiskuntia niiden sisäisestä rakenteesta riippumatta. Teorian keskeisinä kiinnostuksen kohteina ovat muutosprosessit ja voimavarojen tehokas hyväksikäyttö. Yhteiskunnallisen termodynamiikan teoria perustuu kahteen fysiikan peruslakiin:

- (a) energian ja materian säilymisen lakiin, jonka mukaan energian ja materian määrä maailmankaikkeudessa säilyy vakiona sekä
- (b) termodynamiikan toiseen pääsääntöön, jonka mukaan lämpö ei virtaa itsestään kylmemmästä kuumempaan. Tämän yleistys on ns. entropialaki.

*(Friend 1986, 25)*

Yhteiskunnallisen termodynamiikan näkökulmasta maapallo voidaan määritellä järjestelmäksi, joka on energian suhteen avoin ja materiaalien suhteen suljettu. Maapallon "käyttövoimana" oleva energia on peräisin lähes kokonaan auringon säteilystä. Ilman sitä maapallon pintalämpötila putoaisi lähelle avaruudessa vallitsevaa absoluuttista nolapistettä eli nollaa Kelvin astetta, joka on  $-273$  Celsius astetta. Termodynaaminen näkökulma käsittää koko elävän maapallon, biosfäärin kokonaisuudeksi, jonka osasia ihmisten luomat järjestelmät kuten yhteiskunnat, ovat. Sen mukaan luonnonlait määräävät fyysisen maailmankaikkeuden lisäksi myös yhteiskuntia niiden sisäisestä rakenteesta riippumatta. Termodynamiikan ensimmäisen pääsäännön eli ns. energian ja materian säilymisen lain mukaan materian ja energian määrä maailmankaikkeudessa pysyy vakiona. Tästä seuraa, että energia ja materia eivät koskaan häviä talouden ja luonnon prosesseissa. Sen sijaan ne voivat muuttua laadullisesti ihmisen kannalta käyttökeltvottomaan ja jopa haitalliseen muotoon. Tuotantoteknologian pysyessä ennallaan, kasvaa saastuminen ja jätteen määrä aina prosesseissa käytettyjen panosten määrän lisäystä vastaavasti. Termodynamiikan näkökulmasta talouden prosesseissa itseasiassa materiaa muutetaan energian avulla ihmisen kannalta käyttökelpoisiksi hyödykkeiksi ja toisaalta sivutuotteiksi, saasteiksi ja jätteiksi. Koska termodynamiikan lakien mukaan mikään talouden tuotantoprosessi ei voi koskaan ylittää 100 prosentin hyötysuhteeseen eli tehokkuuteen, on haitallisten

vaikutusten syntyminen talouden prosesseissa väistämätöntä. Termodynamiikan näkökulmasta auringosta peräisin oleva energia virtaa luonnon järjestelmien läpi, missä yhteyttävät kasvit muuttavat osan siitä biosfäärin kannalta käyttökelpoiseen muotoon. Koska tietynä hetkenä maapallon tavoittava auringon energian määrä on rajallinen, muodostaa se luonnollisen rajoitteen paitsi luonnolle myös talouskasvulle, jonka on pitkällä aikavälillä elettävä luonnon sille tarjoamien varojen puitteissa. Lyhyellä aikavälillä tämä auringon muodostama tulobudjetti on mahdollista ylittää, mikä on mahdollistanut mm. nykyisenlaisen teollisuusyhteiskunnan kehittymisen. Esimerkiksi fossiiliset polttoaineet edustavat kauan sitten varastoitunutta auringon energiaa, jota ihmiskunta nyt käyttää ylittäen näin hiilen luonnollisen kiertokulun mukaisen tason.

Termodynamiikan ensimmäisen pääsäännön mukaan energian ja materian määrä maailmankaikkeudessa on vakio. Energian ja materian määrät voivat muuttua, mutta niiden kokonaismäärä, ns. massa-energia, säilyy vakiona. Fysiikan oppikirjoissa sana energia määritellään yleensä kyvyksi tehdä työtä, mikä ei tarkalleen ottaen pidä paikkaansa sillä sinänsä häviämättömän energian kyky tehdä työtä perustuu sen laatuun. Ihmisen kannalta energia voidaan jakaa edelleen käyttökelpoiseen vapaaseen energiaan ja käyttökelvottomaan sidottuun energiaan. Ihmisen kannalta käyttökelpoinen energiamäärä saadaan selville kertomalla energiamäärä nollan ja ykkösen välillä olevalla laatutekijällä. Mekaanisen energian laatutekijä on määritelmän mukaan yksi, kuten käytännöllisesti katsoen myös sähkön. Auringon säteilyn laatu on lähellä ykköstä. Yleisesti ottaen lämmön laatu on sitä korkeampi mitä korkeammassa lämpötilassa lämmönlähde on ympäristöönsä verrattuna. (Ayres 1978, 44–45)

Konventionaalisen BKT-mittarin ja termodynamiikan "vapaa, käytettävissä oleva energia" -käsitteen välille ei kuitenkaan ole yrityksistä huolimatta löydetty mitään yhteyttä (Ayres– Kneese 1989, 99).

---

### *Materiaalien läpivirtauksen pienentäminen*

---

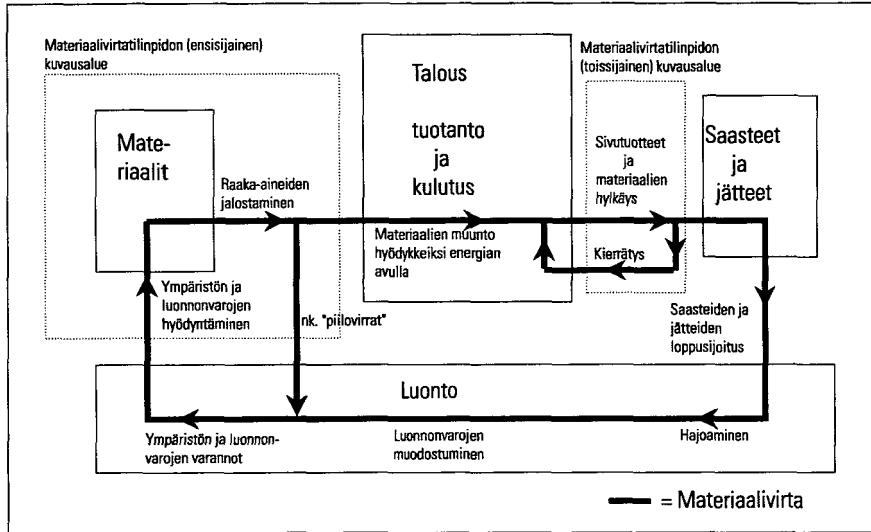
Ympäristötaloustieteilijöitä termodynamiikan ensimmäinen pääsääntö on kiinnostanut, koska se määrittää materiaalien ja energian käyttöä myös taloudellisissa prosesseissa (kt. esim. Lichtenstein 1983.). Termodynamiikan ensimmäisen pääsääntö tulkittu-

na yhteiskuntaa määrittäväksi säännöksi merkitsee sitä, että tuotannon lisäys fyysisinä tavaroina johtaa aina (1) lisääntyvään luonnonvarojen hyödyntämiseen ja (2) vastaavaan lisäykseen jätemäärissä. Tämän yhteiskunnalliseksi termodynamiikaksi kututun ajattelun perusteella taloudellinen kasvu johtaa aina luonnonvarojen hyödyntämisen ja jätteiden määrään lisääntymiseen, ilman teknologista kehitystä (laadullista kasvua). (Barbier 1989, 52) Erityisen hyvin yhteiskunnallisen termodynamiikan ajatukset soveltuvat luonnon ja talouden välisen materiaalikierron analyysiin. Mikään teknologinen kehitys ei termodynamiikan pääsääntöjen mukaan mahdollista materiaalijätteiden ja energian täydellistä kierrätystä. Toisaalta myöskään mikään ei estä talouselämää käyttämästä yhä enemmän ja enemmän luonnonvaroja tuotannon panoksiksi ja muuttamasta niitä lopulta jätteiksi. Ns. vahvan hypoteesin perusteella tästä on seurauksena ekologinen katastrofi. Myös ns. heikon hypoteesin mukaan voimavarojen kumulatiivista hyödyntämistä harjoittavassa järjestelmässä ympäristön laatu heikkenee, tapahtuu vakavia ekologisia tuhoja ja ihmisten elintaso voi hyvinkin romahtaa. (Barbier 1989, 98)

Materiaalien suljettua kiertoa taloudessa kuvaavien materiaalitaseiden läpimurto ympäristötaloustieteessä perustui alunperin Robert Ayresin ja Allen Kneesen vuonna 1969 *American Economic Review* -lehdessä ilmestyneeseen artikkeliin *Production, Consumption and Externalities*, jossa tekijät katsoivat saastumisen tuotannon ja kulutuksen aiheuttamaksi väistämättömäksi ja pysyväksi ilmiöksi. Luonnon kyky muuttaa jätteet ja saasteet takaisin ihmisen kannalta käyttökelpoiseen muotoon on rajallinen ja vaatii ihmisen kannalta erittäin pitkiä aikoja. Näin päädytään talouden ja tuotannon jatkuvasti kasvaessa nopeasti tilanteeseen, jossa luonto ei enää pysty puhdistamaan talouden aikaansaamia sivutuotteita, saastumista ja jätteitä. Seurauksena voi olla vakavia ympäristöongelmia. Kneesen, Ayresin ja D'Argen täydellisempi esitys materiaalitasemallin periaatteista ilmestyi vuonna 1971. Tämä yhteiskunnallisen termodynamiikan lakeihin pohjautuva, materiaalitaselähestymistapa (Material Balance Approach) tarkastelee talouden käyttöönotettujen materiaalien kokonaisvirran kehitystä kuvion 3 mukaisesti.

Materiaalivirtatilinpitotarkastelut (Material Flow Accountig, MFA) keskittyvät seuraamaan talouden käyttöön otettavien materiaalien ja lähinnä fossiilisten energialähteiden kokonaismääriä l. materiaalivirtoja. Materiaalivirtatilinpitoja voidaan laatia myös silloin kun ympäristön tai luonnonvaran varannon koko tai

**Kuvio 3**  
**Materiaalien suljettu kierto ja materiaalivirtatilinpidon kuvausalueet**



(Hoffrén 1998b, 21)

laajuus ei ole tarkkaan tiedossa. Materiaalivirtatilinpitojen tärkein soveltamisalue Luonnonvaratilinpito (Natural Resource Accounting, NRA) lähtee liikkeelle ympäristön tai luonnonvaran varannosta ja sen suuruuden sekä käytön kehityksen seuraamisesta. Kiinnostuksen kohteena näissä 1970-luvulta alkaen kehitetyissä luonnonvaratilinpidoissa on taloudelliselta kannalta arvokkaan ja rajallisen luonnonvaran varannon hyödyntämisen seuraaminen. Sekä luonnonvara- että materiaalivirtatilinpidot tilastoivat nimenomaan fyysisiä määriä, kiloja, kuutioita jne. Materiaalivirtatilinpidon kanssa rinnan käytössä oleva termi materiaalitaseanalyysi (Material Flow Analysis, MFA) viittaa tilinpidon tietojen avulla tapahtuvaan materiaalien käytön tehokkuuden arvioimiseen. Materiaalivirta-analyysi auttaa tunnistamaan luonnonvarojen ja muiden materiaalien tuhlauksen taloudessa, mikä muuten voisi käytännössä jäädä huomaamatta.

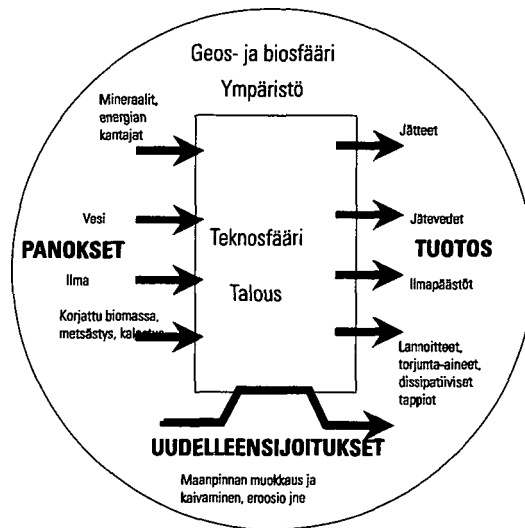
Ympäristökysymysten poliittisen painoarvon noustua ja materiaalitasejärjestelmän mahdollisuuksista kiinnostuneena YK:n tilastotoimisto palkkasi Robert Ayresin 1970-luvun alkupuolella kehittämään täydellisen materiaali- ja energiatasejärjestelmän (Materials-Energy Balances Statistical System, MEBSS). Kuitenkin jo projektin metodologisen osan valmistuttua vuonna 1978, YK:n tilas-

tokomissio päätti lähestymistavan olevan käyttökelpoinen vasta pidemmällä aikavälillä eikä suositellut sen käyttöönottoa. Siten MEBSS:n käytännön soveltaminen jäi tekemättä. Periaatteessa 1970-luvulla kehitetty, termodynamiikan lakeihin perustuva, materiaali- ja energiatase (Materials/Energy Balance Approach) -lähestymistapa tarkastelee nimenomaan talouden käyttöönotettujen materiaalien kokonaisvirran kehitystä. (Hoffrén 1998b)

Kenneth Bouldingin ja Herman Dalyn teoreettisiin töihin perustuen ovat mm. Herman Daly (1992) sekä Robert Ayres ja Simonis (1994) nimittäneet nykyistä taloudellista järjestelmää ”läpivirtaustaloudeksi” (throughput economy). Sen lähtökohtana on termodynamiikan lakien mukaisesti luonnosta saatavien materiaalien muuttuminen teknosfäärin prosesseissa loppusijoitettaviksi jätteiksi eli materiaalien läpivirtaus on leimallinen teollistuneiden maiden nykyiselle tuotantorakenteelle. Tämä läpivirtaustalousajattelu esitelty kuviossa 4.

**Kuvio 4**

**Ihmisen aikaansaamiin materiaalivirtoihin perustuva ”läpivirtaustalous” -järjestelmä**



(Bringezu 1997, 44)

Donella ja Dennis Meadowsin sekä Randersin ja Behrensien Rooman klubille laatima ja vuonna 1972 ilmestynyt raportti *Limits of Growth* (suom. Kasvun rajat. Tammi. 1974) perustui edellä mainitun termodynamiikan lakeihin ja materiaalitaseajat-

teluun perustuvalla Maailma 3 -mallilla saatuihin tuloksiin. Vuonna 1991 Meadowsit ja Randers tarkastelivat uudestaan Maailma 3 -mallilla toteutuneita kehityskulkuja. Heidän mukaansa laskelmat osoittavat ihmiskunnan jo ylittäneen useat planeetan rajoista. Kaikesta huolimatta tutkijat halusivat yhä uskoa että siirtyminen kestäväan kehitykseen olisi yhä mahdollista, vaikka tekniikan kehittymisestä ja teollisuusmaiden ympäristöpolitiikan vahvistumisesta huolimatta luonnonvarojen ja saasteiden virrat olivat jo ylittäneet kestävät rajat. Tulosten mukaan eräät kestäväan kehityksen mahdollisuudet olivat 20 vuodessa kaventuneet, mutta samaan aikaan uusia oli avautunut. Eräät teknologiset edistysaskeleet ja hallinnolliset keinot tarjosivat nyt todellisia mahdollisuuksia vähentää luonnonarojen ja saasteiden virtaa samalla kun elämänlaatua voidaan nostaa. Materiaalien ja energiankäytön tulisi tehostua nopeasti ja voimakkaasti. Teknisesti ja taloudellisesti kestävä yhteiskunta on täysin mahdollinen, joskaan pelkkä tuottavuuden ja tekniikan kehitys ei riitä. Tutkijat päätyvät korostamaan kohtuullisuuteen, säästäväisyyteen ja elämänlaatuun liittyvien yhteiskunnallisia arvojen ja asenteiden merkitystä. (Meadows et. al. 1993, 12–13)

Perinteisen uusklassisen taloustieteen piirissä esitettyä kritiikkiä Maailma 3-mallilla aikaansaatuja tuloksia kohtaan on esittänyt mm. Ahtiala (1994, 788–790), jonka mukaan mallin virheet eivät kestä lähempää tarkastelua. Vaikka mallin riippuvuussuhteet ovat rakenteeltaan järkevät, ovat ne määrällisesti täysin vailla empiiristä pohjaa. Ahtialan mukaan mallissa tekninen edistys, taloudellisen kasvun tärkein lähde on rakennettu malliin antamalla uusiutumattomille panoksille tietyt alkuarvoihin verrattuna moninkertaiset arvot. Tämä vain siirtää ekokatastrofia eteenpäin, mikä vastaa tilannetta että kehitys pysähtyi si tietyn pisteen jälkeen. Mikäli mallissa sallittaisiin jatkuva tekninen kehitys, tulisi myös jatkuva kasvu mahdolliseksi. Kriittinen ehto per capita tuotannon kasvulle huomioiden luonnonvarojen käyttö, ympäristönsuojelu ja vähenevien tuottojen kasvujarru (growth drag) on, että kokonaistuottavuuden pitäisi kasvaa yli neljännesprosentilla vuodessa. Maailman kokonaistuottavuuden kasvun ollessa 1–2 prosenttia vuodessa täyttyy tämä ehto helposti. Mallissa ei myöskään sallita eri panostekijöiden korvaamista toisilla, vaan oletetaan että jokainen prosessi tapahtuu aina samalla tuotantoteknologialla ja samoilla raaka-aineilla. Mallissa ei myöskään ole hintamekanismia, joka käynnistäisi korvaamisprosessin. Mikäli korvaaminen sallitaan, tulee jatkuva taloudelli-

nen kasvu niinikään mahdolliseksi. Ahtialan mukaan kysymys eksponentiaalisesta kasvusta rajallisella maapallolla on olennainen vain sikäli mikäli rajat tulevat vastaan sillä aikavälillä jolla nyt tehtävillä päätöksillä on merkitystä. Nordhausin tekemän arvon mukaan luonnonvarojen ja ympäristöhuollon aiheuttama ns. kasvujarru on vain 0,3 prosenttia vuodessa, mikä on kymmenesosa nykyisestä kasvuvauhdista. Maailman bruttokansantuotteen kasvun pysähtymisestä ei kannata siten huolehtia vielä ainakaan muutamaan vuosisataan. Edelleen maailmanpankin tutkimuksen perusteella per capita kansantuotteen kasvuvauhti on nopeinta maissa joissa on vakaa makrotalous, kilpailukykyinen ja kilpaileva mikrotalous, joka osallistuu kansainväliseen työnjakoon, investoi henkiseen pääomaan ja hallitsee väestönkasvuaan. (Ahtiala 1994, 788–790)

Ahtialan mallia kohtaan esittämä kritiikki on monilta olennaisilta osiltaan oikeutettua. Kritiikki pohjautuu kuitenkin lineaariseen ajatteluun, joka ei huomioi biodiversiteetin ja ekosysteemien olemassaoloon ja uusiutumiseen liittyviä biologisia lainalaisuuksia. Myös johtopäätös, jonka mukaan ympäristö ei tule muodostamaan rajoitetta talouden toiminnalle näkyvässä olevalla aikaperspektiivillä on liian pitkälle viety yksinkertaistus todellisesta maailmantilanteesta. Käytännössä muun muassa luonnonvarojen alihinnoittelu, markkinoiden toimimattomuus ja tehottomuudet sekä teknologisen kehityksen nopeuden ennustamiseen liittyvät ongelmat eivät oikeuta tätä johtopäätöstä. Ylipäätään kysymys teknisen kehityksen roolista ja riittävydestä torjumaan ekokatastrofi jää avoimeksi sillä varsinaisen taloudellisen edistyksen ns. laadullisen kasvun rooli talouskasvun aikaansaajana on osin epäselvä.

Koska talouden ja ympäristön väliset syy-seuraus- ja vuorovaiikutussuhteet näyttävät usein epäsuorilta ja pienillekin muutoksille alttiilta, on talouden ja ympäristön kuvaukseen alettu soveltaa 1990-luvulla biologian teorioita ja erilaisia kehitysteorioita. Esimerkiksi Ayresin ja Kneesen (1989, 105) mielestä talous muistuttaa elävää organismia sikäli, että molemmissa esiintyy itseorganisoitumista ja kasvua. Samalla taloutta materiaalien kuluttajana on ryhdytty tarkastelemaan ns. teollisen aineenvaihdunnan (industrial metabolism) -näkökulmasta. Ajatuksena on että talouden aineenvaihdunta (materiaalien kierto) voidaan nähdä analogisena muiden elävien olentojen kehojen aineenvaihdunnan kanssa. Tällöin mielenkiinnon kohteena ovat kaikki ”talouden aineenvaihdunnan” muodostavat materiaalivirrat. Siinä missä



aiemmat 1970- ja 1980-luvuilla sekä 1990-luvun alussa tehdyt materiaalivirtatarkastelut, kuten raportit Rooman klubille "Kasvun rajat" (1972) ja "Ylittyvät kasvun rajat" (1992), keskittyivät tärkeimpien, suoraan talouden käyttöön otettujen materiaalivirtojen tarkasteluun, tarkastelevat mm. Friedrich Schmidt-Bleek (1994) ja Factor 10-klubi (Schmidt-Bleek 1995) teknosfäärin kokonaismateriaalien ja -energian läpikulkua. Tavoitteena on tämän virran vähentämisen luonnon kantokyvyn turvaamiseksi.

Tuotannon materiaalien käytön vähentämistä on käytännössä on selvitetty muun muassa teollistuneiden maiden yhteistyö- ja kehitysjärjestön OECD:n piirissä. Kestävään tuotantoon ja kulutukseen liittyvien käsitteiden sisältöä, mukaanlukien ekotehokkuus, pohdittiin ensi kerran OECD:ssa vuonna 1995. OECD:n ympäristöministeriöiden kokouksessa helmikuussa 1996 ekotehokkuus nähtiin lupaavana strategiana. OECD:n huhtikuussa 1998 pidetylle ympäristöministerikokoukselle laaditun raportin (Michaels 1997) mukaan ekotehokkuuden panoksia ovat tuotantoon kulutetut luonnonvarat, taloudelliset varat (kustannukset) sekä ympäristövarat ja tuotoksena on "elämän laadun" parantuminen. Raportin mukaan energian, materiaalien ja maankäytön BKT-intensiivisyys laskee OECD-maissa noin kaksi prosenttia vuosittain. Tämä vähentymä ei kuitenkaan ole riittävä kymmenekertaiseen ekotehokkuuden saavuttamiseksi 30 vuoden kuluessa. Suurimmat materiaalien kulutuksen vähentämistarpeet ja säästämishämmätykset liittyvät nimenomaan itse tuotteisiin ja kulutustapoihin, eivät itse tuotantoprosesseihin. Kehitys ei nykyisellään myöskään johda haluttuihin kestäviin ja oikeudenmukaisiin tuotanto- ja kulutustapoihin.

# 5

## EKOTEHOKKUUS YMPÄRISTÖPOLIITTISENA TOIMINTASTRATEGIANA

---

### *Taloudellisen tehokkuuden käsitteeseen liittyvät ongelmat*

---

Taloustieteen näkökulmasta talous toimii tehokkaasti kun se hyödyntää kaikkia käytössään olevia tuotantomahdollisuuksiaan. Jos osa tuotannontekijöistä on käyttämättä tai niitä ei käytetä parhaalla mahdollisella tavalla, toimii talous tehottomasti. Ympäristön kannalta kuitenkin tilanne, jossa osa tuotannontekijöistä on käyttämättä on kuitenkin yleensä parempi kuin tilanne jolloin resurssit ovat täyskäytössä ja myös ulkoisvaikutuksia, saasteita ja jätteitä syntyy eniten. Jo yksistään tämän takia taloudellisen tehokkuuden käsite yksinään on riittämätön kriteeri kestävän kehityksen mukaiselle talouspolitiikalle. Lisäksi taloudellisen tehokkuuden kriteerin mukaisia tehokkaita markkinaratkaisuita voi periaatteessa olla ääretön määrä, koska syntynyt tuotos voidaan yhteiskunnassa jakaa äärettömällä määrällä vaihtoehtoisia tapoja. Taloudellinen tehokkuuden parantaminen ei takaa tasa-arvoa, vaan se voi käytännössä jopa vahingoittaa joidenkin yksilöiden hyvinvointia tai epäonnistua huono-osaisimpien hyvinvoinnin parantamisessa. (Randall 1989, 132)

Raportti Rooman klubille "Limits to Growth" vuonna 1972 (Meadows 1974), Bruntlantin komission loppuraportti vuonna 1987 (Ympäristön ja kehityksen maailmankomissio 1988) ja Rion ympäristö- ja kehityskonferenssi vuonna 1993 (Saurimo 1993) ovat kaikki katsoneet ekokatastrofin uhan perimmäiseksi syyksi hallitsemattoman väestönkasvun ohella luonnonvarojen ja energian liikakäytön. Taloustiede on kuitenkin ollut melko kykenemätön ottamaan näiden tekijöiden muutoksia huomioon omissa mallissaan. Uusklassinen taloustiede ja taloustieteilijät ovat tukeutuneet luonnonvarojen ja fossiilisten polttoaineiden kohdalla vanhoihin merkantilistisiin talousoppeihin ja olleet haluttomia suo-

sittelemaan 1900-luvulla kehitettyjen uusien lähestymistapojen soveltamista käytännössä, kuten mm. Pigoun ja Coasen esittämiä keinoja luonnonvarojen alihinnoitteluongelmaan. Kyse on myös pitkälti teollisuusmaiden ja raaka-aineita tuottavien kehitysmaiden välisistä kauppapoliittisista vääristymistä. Kehitysmaat ovat olleet pakotettuja myymään luonnonvarojaan alihintaan, kun taas teollisuusmaat ovat halunneet pitää hinnat alhaisina. Käytännössä yhteiskuntien pyrkimys turvata halpojen raaka-aineiden saanti massatuotantoteollisuudelle estää tehokkaasti markkinamekanismin toiminnan ja taloudellisen tehokkuuden toteutumisen näiden resurssien käytön kohdalla.

Kun hintamekanismin toiminta on näin talouskasvun ja kehityksen edistämiseksi estetty, on teollisuusmaissa jouduttu talouden luonnonvaratehokkuuden arviointiin kehittämään muita keinoja, jotka eivät perustu hintamekanismin toimintaan. Näistä tärkeimmän, materiaalivirtatilinpidon ja -analyysin pyrkimys tuotantjärjestelmän materiaaliseen tehokkuuden parantamiseen täydentää taloudellisen tehokkuuden käsitettä. Yleisenä tavoitteena on tuottaa "vähemmästä enemmän" (ns. laadullinen kasvu).

Nykytietämyksen perusteella maailman kokonaismateriaalinen kulutus ylittää maapallon ympäristön kantokyvyn, joten nykyistä raaka-aineiden käyttöä täytyy supistaa jotta välttyttäisiin ekosysteemien äkilliseltä romahdukselta ympäristön kantokyvyn pettäessä. Läpivirtaustalous -ajattelu on luonteeltaan materiaalin fyysistä virtaa luonnosta talouden kautta takaisin luontoon. Esimerkiksi Dalyn (1991b) mukaan taloudellisen toiminnan loppuhyöty on aina jokin tietty palvelu. Taloudellisen toiminnan loppukustannuksena on taas luonnonvarojen läpivirtaus (fyysinen virta). Tämä läpivirtaus ei suoranaisesti luo palveluja, vaan virtaus täytyy ensin muuttaa keinotekoiseksi (ihmisen luomaksi) pääomavarannoksi. Kaikki palvelut ovat kuitenkin alkujaan luonnon pääomavarantojen aikaansaamia, joten itseasiassa juuri ne tyydyttävät tarpeitamme. Keinotekoiset pääomavarannot ovat vain välivarastoja, jotka koostuvat hetkeksi pysähtyneistä järjestäytyneistä rakenteista. Toisaalta ne saavat aikaan palveluja, toisaalta vaativat uutta läpivirtausta ylläpitoonsa. Dalyn mukaan (1991b, 36) tämä voidaan ilmaista seuraavana yhtälönä (3) :

$$\frac{\text{Palvelu}}{\text{Läpivirtaus}} = \frac{\text{Palvelu}}{\text{Varanto}} \times \frac{\text{Varanto}}{\text{Läpivirtaus}} \quad (3)$$

(1)                      (2)                      (3)

Suhde (1) kertoo läpivirtauksen loppupalvelutehokkuuden eli loppuhyödyn ja loppukustannusten suhteen. Suhde (2) kertoo varannon palvelutehokkuuden ja suhde (3) läpivirtauksen varannon ylläpitokyvyn tehokkuuden. *Taloudellinen kehitys* merkitsee suhteiden (2) ja (3) lisäämistä ja siten läpivirtausyksiköstä saatavien palvelujen kasvamista. *Taloudellinen kasvu* taas merkitsee palvelujen määrän kasvamista pääomavarantoa kasvattamalla, mutta pitämällä tehokkuussuhteet (2) ja (3) vakaana tai jopa pienentämällä niitä. Vakaan kasvun taloudessa varantojen pitäminen vakioina pakottaisi lopettamaan *taloudellisen kasvun* ja panostamaan *taloudelliseen kehitykseen*. (Daly 1991b, 37)

Suhteen (3), joka mittaa varantojen kestävyyttä (ylläpitotehokkuus) kasvamista rajoittaa termodynamiikan toinen pääsääntö, sillä kestävyys ei voi olla ääretön. Sen sijaan suhdetta (2), varannoista saatavien palvelujen tehokkuutta, ei periaatteessa rajaa mikään; se ei myöskään ole oleellista vakaan tilan kannalta. Vain ylläpitotehokkuuden rajat ovat tärkeitä. Pääomavarannon luonne, laajuus, laatu ja rakenne määräävät kuinka paljon palveluja ja kuinka paljon tarpeiden tyydytystä varanto saa aikaan. (Daly 1991b, 37–38)

Tehokkuus voidaan määritellä hyötyjen ja kustannusten väliseksi suhteeksi. Kun hyödyksi määritellään palvelu on tehokkuus läpivirtaustaloudessa yksinkertaisesti talouden tuottamien palveluiden ja tuotannon seurauksena menetettyjen ekosysteemien palvelujen välinen suhde. Eli kaavana (4) :

$$\text{Tehokkuus} = \frac{\text{Hyöty}}{\text{Kustannus}} = \frac{\text{Tuotetut keinotekoiset palvelut}}{\text{Menetettyt ekosysteemien tarjoamat palvelut}} \quad (4)$$

Tehokkuus voidaan nyt yhtälön (4) perusteella ilmaista yhtälönä (5) seuraavasti:

$$\frac{\frac{\text{Tuotetut keinotekoiset palvelut}}{\text{Ekosysteemien palveluiden vähentyminen}}}{(1)} = \frac{\frac{\text{Tuotetut keinotekoiset palvelut}}{\text{Keinotekoinen varanto}}}{(2)} \times \frac{\frac{\text{Läpivirtaus}}{\text{Ekosysteemien varantojen vähentyminen}}}{(3)} \times \frac{\frac{\text{Ekosysteemien varantojen vähentyminen}}{\text{Ekosysteemien palveluiden vähentyminen}}}{(4)} \quad (5)$$

Yhtälön (5) kaikki neljä suhdetta (1) – (4) kuvaavat kukin jostain tehokkuuden osatekijää. (1) **Keinotekkoisten palvelujen tehokkuus** (artifact service efficiency) kertoo annetun, ihmisen tuottaman varannon tehokkuuden suhteessa tuotettuihin palveluihin. Tehokkuus on riippuvainen varannon jakaantumisesta eli allokstaatiosta eri hyödykkeiden tuotantoon ja käyttöön sekä varannon jakaantumiseen eri ihmisten välillä.

(2) **Keinotekkoisen pääoman ylläpitotehokkuus** (artifact maintenance efficiency) on keinotekkoisen pääomavarannon uusiutumisaika. Mitä kestävämpi, korjattavissa oleva ja kierrätettävämpi pääomavaranto on, sitä kauemmin pääomahyödykkeet kestävät; sitä vähemmän ylläpitoa ja uudistamista ne tarvitsevat ja sitä suurempi on ylläpitotehokkuus. (3) **Ekosysteemien ylläpitotehokkuus** (ecosystem maintenance efficiency) kuvaa asetetta jolla ekosysteemi voi ylläpitää kestävää "läpivirtaustarjontaa", siis tarjonnan tasoa jolla luonnon pääoma ei vähene.

(4) **Ekosysteemien palvelujen tehokkuus** (ecosystem service efficiency) on riippuvainen ekosysteemien varantojen menetysten allokoinnista ja jakautumisesta. Vaikka hintajärjestelmä pysyy melko hyvin allokoimaan keinotekkoisten pääomavarantojen palvelut, ei se pysty juurikaan ohjaamaan menetettyjen ekosysteemien palvelujen allokointia ja jakaantumista. Siten kustannukset allokoituvat ja jakaantuvat lähinnä markkinatalouden ulkopuolella ekologisten vuorovaikutus- ja riippuvuussuhteiden perusteella.

---

### *Ekotehokkuus tienä kestävään kehitykseen*

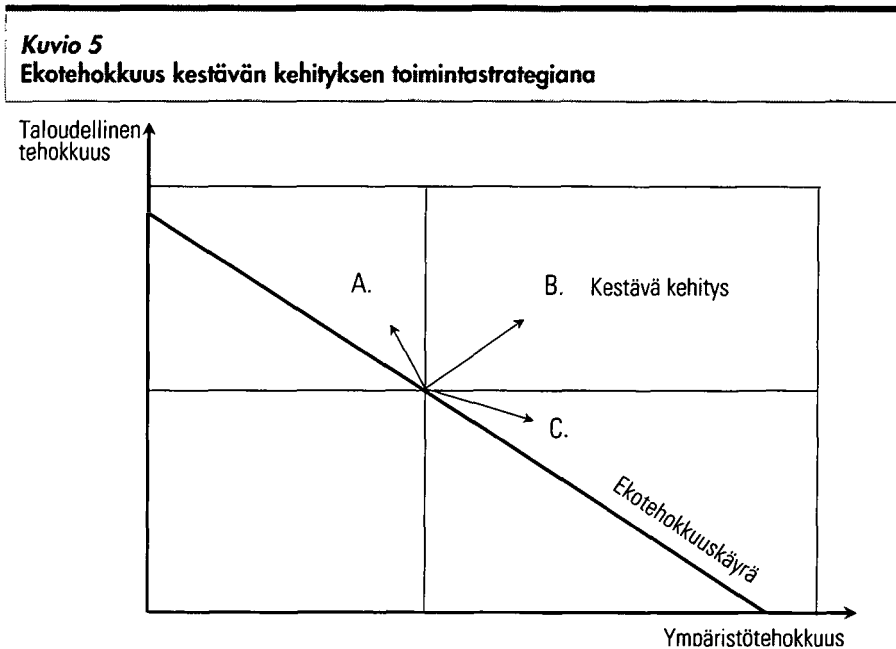
---

Käsitteen ekotehokkuus (eco-efficiency) esittelivät ensimmäisenä Schaltegger ja Sturm vuonna 1990 ja myöhemmin sen popularisoivat Schmidheiny ja kansainvälinen elinkeinoelämän kestävä kehityksen järjestöjen neuvosto BCSD (The Business Council for Sustainable Development). Teoriataustansa puolesta ekotehokkuus lukeutuu ekologiseen talousteoriaan; erityisesti edellä esitettyihin Bouldingin, Dalyn, Ayresin ja Simonisin läpivirtaustalousajatteluun. Ekotehokkuus pyrkii yhdistämään taloudellisen ja tuotannon materiaalisen tehokkuuden kestävä kehityksen päämäärien ja yhteiskunnallisen oikeudenmukaisuuden tekemän kanssa yhdeksi kokonaisuudeksi. Yleisellä tasolla näiden näkökulmien yhdistäminen merkitsee että materiaalien käyttöä tulee vähentää jotta haitallisia ympäristövaikutuksia saataisiin

pienennettyä, samaan aikaan kun yhä pienemmästä määrästä materiaaleja tulisi tuottaa suhteellisesti enemmän taloudellista hyvinvointia jakaantuneena entistä oikeudenmukaisemmin. (Helminen 1998, 38)

Schaltegger ja Sturm ovat määrittäneet ekotehokkuuden halutun tuotoksen suhteeksi yhtä ympäristövaikutusyksikön lisäystä kohden. Tuotoksena huomioidaan laadun tai arvon sijasta ainoastaan määrä. Ekologinen tehokkuus voidaan jakaa kahteen osaan: ekologiseen tuotetehokkuuteen (tuoteyksikkö yhtä ympäristövaikutuksen lisäystä kohden) ja ekologiseen funktiotehokkuuteen (Ecological function efficiency) jolla tarkoitetaan yhtä ympäristövaikutusyksikön lisäystä vastaavaa palvelufunktion lisäystä. Laajempi näkökulma saadaan yhdistämällä taloudelliset ja ekologiset ulottuvuudet talouden ekologiseksi tehokkuudeksi eli ekotehokkuudeksi (economic-ecological efficiency eli eco-efficiency), joka kuvaa yhden ympäristövaikutusyksikön lisäystä vastaavaa tuotoksen lisäystä kohden. Ympäristövaikutuksiksi katsotaan kaikki ympäristövaikutukset niiden suhteellisen ympäristövaikeuttavuuden mukaisesti. (Helminen 1998, 39)

Schaltegger et al. (1996) ovat kuvanneet kestävän kehityksen ja ekotehokkuuden välistä suhdetta kuvion 5 avulla.



(Schaltegger et al. 1996, 126; Helminen 1998, 40)

Kuviossa 5 nuolet A, B ja C kuvaavat yhteiskunnan valittavissa olevia ekotehokkuuden paranemiseen johtavia kehityskulkuja. Kuviossa muutos minkä tahansa nuolen suuntaan ekotehokkuuskäyrän yläpuolella merkitsee yhteiskunnan ekotehokkuuden lisääntymistä, joskin kestäväää kehitystä kohden liikutaan vain jos sekä taloudellinen että ekologinen tehokkuus paranevat (nuoli B). Muutoksen suuntautuessa tähän suuntaan talouden kasvu on nimenomaan laadullista, vähemmästä enemmän kasvua, joka lisää hyvinvointia ympäristövaikutusten pienentyessä. Sen sijaan muutoksen suuntautuessa ainoastaan kohden taloudellista tehokkuutta (kohden aluetta A) heikkenee ympäristötehokkuus ja muutoksen siirtyessä liiaksi kohden ympäristötehokkuutta (kohden aluetta C) heikkenee taloudellinen tehokkuus. Kuvio 4 ei eduistaan huolimatta pysty kuitenkaan ottamaan huomioon kestävän kehityksen kolmatta ulottuvuutta, etiikkaa, mikä on sen suurin heikkous. (Helminen 1998, 39)

Kansainvälinen elinkeinoelämän kestävän kehityksen järjestöjen neuvosto BCS D tiivistä Rio de Janeiron YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssille (1992) laatimassaan asiakirjassa yritystason kestävän kehityksen idean yritystasolla käyttäen sekä taloudellisen että ekologisen tehokkuuden sisältävää ekotehokkuus -käsitettä. (Helminen 1998, 38) BCS D näki ekotehokkuuden keinona vähentää yritys sektorin luonnonvarojen kulutusta ja saasteiden tuotantoa samaan aikaan kun kilpailukyky paranisi. BCS D:n raportissa ekotehokkuudelle esitetään seuraava määritelmä:

*“Ekotehokkuus saavutetaan tarjoamalla kilpailukykyisesti hinnoiteltuja tuotteita ja palveluja siten, että inhimilliset tarpeet tyydytetään ja elämän laatu taataan, ja samalla lisääntyvässä määrin vähennetään tuotannon elinkaaren aikaisia ekologisia vaikutuksia ja tuotteiden resurssi-intensiivisyyttä vähintään tasolle, joka vastaa maapallon arvioitua kantokykyä”.*

BCS D:n mukaan käytännön toiminnassaan ekotehokkaalla yrityksellä on seitsemän keskeistä tavoitetta:

1. Minimoida tuotteiden ja palvelujen materiaali-intensiivisyys
2. Minimoida tuotteiden ja palvelujen energiaintensiivisyys
3. Minimoida myrkylliset päästöt
4. Laajentaa materiaalien kierrätystä
5. Maksimoida uusiutuvien luonnonvarojen osuus kokonaiskulutuksesta
6. Parantaa tuotteiden kestävyyttä
7. Lisätä tuotteiden ja palveluiden “palveluintensiivisyyttä”

(Michaelis 1997, 9)

Useat eurooppalaiset yritykset ovat 1990-luvun puolivälissä ryhtyneet soveltamaan ekotehokkuusnäkökulmaa ympäristöjohtamisessa ja -raportoinnissa. Yritysten näkökulmasta ekotehokkuusajattelu tarkoittaa käytännössä toimenpiteitä elinkaaren aikaisten energiapanosten käytön vähentämiseksi, myrkyllisten aineiden käytön vähentämistä, materiaalien kierrätettävyyden parantamista, uusiutuvien luonnonvarojen kestävän käytön maksimointia, tuotteiden kestävyuden lisäämistä ja tuotteiden tarkoituksenmukaisuuden parantamista. Ekotehokkuus-ajattelun mukaisesti voidaan viime kädessä tuottaa lisäarvoa niin yritykselle kuin yhteiskunnallekin, mikä nostaa tällä hetkellä erityisen tärkeäksi koettua osakkeenomistajien omistuksen arvoa (shareholder value). Ekotehokkuuden suurimmat pullonkaulat olivat elinkeinoelämän kestävän kehityksen järjestöjen neuvoston (BSCD, vuodesta 1996 alkaen WBSGD) vuonna 1993 tekemän arvion mukaan nykyiset taloudelliset insentiivit, uudenlaisen laatuajattelun omaksumisen hitaus, vanha massatuotanto ja resurssitehokkuus -ajattelujen pinttyneisyys, ekotehokkuuden päämäärien epäselvyys, liiketaloudellisen ajattelun lyhytjänteisyys ja kestävämmien elämäntapojen yleistyminen. Keinoina edistää ekotehokkuutta nähtiin hintavääristymien korjaaminen, taloudellisten insentiivien muuttaminen, koulutuksen ja rahoituksen lisääminen, muotoilun uudistaminen sekä viestinnän parantaminen. (Helminen 1998, 41)

Teollistuneiden maiden yhteistyö- ja kehitysjärjestö OECD on ollut hyvin kiinnostunut tuotannon materiaalien käytön vähentämisestä. Kestävään tuotantoon ja kulutukseen liittyvien käsitteiden sisältöä, mukaanlukien ekotehokkuus, pohdittiin ensi kerran OECD:n vuonna 1995 Norjassa järjestämässä työkokouksessa. OECD:n ympäristöministeriöiden kokouksessa helmikuussa 1996 ekotehokkuus nähtiin lupaavana strategiana ja sen soveltamismahdollisuuksista päätettiin teettää selvitys. OECD:n maaliskuussa 1998 pidetylle ympäristöministerikokoukselle laaditussa ekotehokkuuden mahdollisuuksia käsittelevässä taustaraportissa ekotehokkuuden perusajatus on esitetty muodossa:

*“Ekotehokkuus on kvantitatiivisiin panos/tuotosmittauksiin perustuva toimintastrategia, jolla pyritään maksimoimaan energian ja materiaalien tuottavuus. Tavoitteena on vähentää resurssien kulutusta ja päästöjä tuotantoyksikköä kohti ja samalla tuottaa kustannussäästöjä ja kilpailuetua. Ekotehokkuus voidaan nähdä myös yritysten, viranomaisten ja kotitalouksien käyttäytymistä ohjaavana keinona, jolla pyritään ta-*



*voitteiden ja asenteiden muuttamiseen ympäristömyötäisiksi”.*  
*(Michaels 1997)*

OECD:n maaliskuussa 1998 pidetylle ympäristöministerikoukselle laaditun taustaraportin mukaan energian, materiaalien ja maankäytön intensiivisyys BKT:hen nähden laskee järjestön jäsenmaissa kahden prosentin vuosivauhtia. Nämä vähennykset luonnonvarojen käytössä ja saasteiden määrässä eivät kuitenkaan ole riittäviä Factor 10 mukaisen tehokkuuden saavuttamiseksi seuraavien 30 vuoden aikana. Arvion mukaan materiaalitehokkuus paranee seuraavien 30 vuoden aikana Factor 2:n mukaisesti. Kehitys ei siten nykyisellään johda globaaliin kehitykseen kohden kestäviä ja tasa-arvoisia tuotanto- ja kulutusmalleja. Raportin mukaan korkeampia tehokkuudenparantumisasteita, kuten 10 prosentin parannuksia pitkällä periodeilla ja 35 prosentin parannuksia lyhyemmällä ajanjaksoilla, on saavutettu tietyissä olosuhteissa. Korkeat ekotehokkuusasteet ovat tyypillisiä korkean teknologian aloilla, joissa huomattavia tieteellisiä keksintöjä on pystytty soveltamaan tuotteisiin hyvin lyhyillä aikaperiodeilla. (Michaelis 1997, 17)

Ekotehokkuuden suosimisen taloudelliset vaikutukset ovat herättäneet runsaasti keskustelua. Yritystasolla teknologinen kehitys on edesauttanut teknistä ja organisatorista kehitystä, joka on mahdollistanut liike-elämän omien ja heidän asiakkaidensa ympäristöpoliittisten tavoitteiden toteutumisen. Sen sijaan kehityksen vaikutukset koko yhteiskuntaan eivät vielä ole selvillä. Toisaalta ympäristötehokkuuden paranemisen voidaan katsoa vauhdittavan myös muuta kehitystä, mikä lisää kilpailukykyä ja tuottavuutta. Toisaalta, varsinkin monet taloustieteilijät uskovat teollisuuden toiminnan rajoittamisen ympäristöasioiden takia johtavan vain yritysten taloudellisten tulosten heikkenemiseen. Kumpaaakin näkökulmaa voidaan perustella lukuisilla käytännön esimerkeillä. Käytännössä on huomattu että nopeasti kehittyvillä aloilla ympäristöjohtamisjärjestelmien avulla työntekijät on saatu mukaan luoviin ongelmanratkaisuprosesseihin, jotka ovat johtaneet taloudellista tulosta parantaneisiin teknisiin edistysaskeleihin. Toisaalta on myös huomattu että useat vakiintuneilla teollisuuden aloilla toimivat teollisuusyritykset, jotka ovat tehneet suuria investointeja standarditekniikkaan ovat vain pyrkineet täyttämään ympäristönormit lisätekniiikan avulla, mikä on johtanut ainoastaan niiden kustannusten lisääntymiseen. Teknologinen kehitys, joka on tarjonnut uutta ympäristöystävällisempää

ja laadukkaampaa lopputuotetta valmistamaan pystyvää tekniikkaa alhaisemmin kustannuksin, on lopulta pakottanut vanhaan teknologiaan investoineet yritykset pois markkinoilta. (Michaelis 1997, 27–28)

Yhdysvaltojen kesäkuussa 1993 perustetun presidentin kestävän kehityksen neuvoston (The President's Council on Sustainable Development) tehtävänä on neuvoa presidenttiä kestävän kehityksen politiikkaan liittyvissä kysymyksissä sekä kehittää täysin uusia menetelmiä talous-, ympäristö- ja tasa-arvokysymysten yhteensovittamiseksi. Valmistellakseen kansallisen kestävän kehityksen suunnitelmaa neuvosto perusti ensi vaiheessa kahdeksan työryhmää jotka keskittyivät 1. ekotehokkuuteen, 2. energiaan ja liikenteeseen, 3. luonnonvaroihin, 4. väestön määrään ja kulutukseen, 5. yhteydenpitoon ja keskusteluun kansalaisten kanssa sekä koulutukseen, 6. Kestävään maatalouteen ja 7. kestäviin yhdyskuntiin sekä 8. em. sektoreiden kestävän kehityksen periaatteiden ja tavoitteiden luonnosteluun. Ekotehokkuutta valmistelleen työryhmän raportti valmistui vuonna 1996. Raportissa ekotehokkuuden edistämiseksi suositellaan mm. taloudellisen menestyksen laskennan parantamista kansantulon mittaamista kehittämällä, muuttamalla vero- ja budjettipolitiikkaa edistämällä kansainvälistä kehitystä, yhdistämällä taloudelliset ja ympäristönäkökohdat eri sektoripolitiikoissa erityisesti kuitenkin maataloudessa, liikenteessä ja energiantuotannossa, laajentamalla taloudellisten instrumenttien käyttöä ympäristölainsäädännössä ja hyödyntämällä teollisuudenaloittaista lähestymistapaa ympäristönsuojelussa. (President's Council on Sustainable Development 1996)

Euroopan unionin huhtikuussa 1997 valmistelemassa ekotehokkuusaloitteessa katsotaan teknologinen ja poliittinen kehitys yhdessä elämäntapojen muuttamisen ja hyvinvoinnin uudelleen määrittelemisen ohella ratkaisuiksi tuotteiden ja palvelujen kysynnän kasvun ja nykyisten elintapojen aikaansaaman ympäristöuhkan ongelmaan. EU:n mielestä YK:n kestävän kehityksen toimikunnan CSD:n tulisi toiminnassaan ottaa ekotehokkuus huomioon, jotta tuotanto- ja kulutustapojen muutosta voitaisiin edistää kansallisilla tasoilla (European Union 1998). Euroopan unionin aloitteesta kesäkuussa 1997 New Yorkissa pidetyn YK:n yleiskokouksen erityisistunnon UNGASS:in loppuasiakirjassa ekotehokkuustavoitteen realistisuus ja sen saavuttamiseksi tarvittavat keinot nostettiin tärkeäksi tutkimuskohteeksi, kun tavoitellaan tuotanto- ja kulutustapojen muutoksia.

Luonnonvarojen kuluttamiseen kannustavien tukijärjestelmien ohella eräs keskeinen ongelma pyrittäessä materiaalien käytön vähentämiseen on teollisuusmaiden nykyinen veropolitiikka, joka suosii luonnonvarojen käyttöä mutta samaan aikaan hillitsee työn tekemistä ja työvoiman palkkaamista. OECD-maiden ympäristöministerien mukaan ekotehokkuutta tulisi teollisuusmaissa edistää erityisesti markkinasignaalien avulla, kuten omistusoikeuksien määrittelyn ja ulkoisten kustannusten sisäistämisen kautta eli materiaalien hintoja nostamalla. Saksalaisen Wuppertal Instituutin mukaan primaariraaka-aineiden tuotantoa voidaan käytännössä vähentää lukuisin eri tavoin, joista tärkeimmät ovat:

1. Materiaalien kysynnän vähentäminen,
  - a) parantamalla materiaalien käytön tehokkuutta ja tuotteiden ekologista suunnittelua,
  - b) muuttamalla kulutustottumuksia ja
  - c) siirtämällä kysyntää tuotteista palveluihin,
2. Tuotteiden kierrätyksen lisääminen,
3. Aurinkoenergian käytön lisääminen ja
4. Raaka-aineiden ja niitä runsaasti sisältävien tuotteiden hinnan nostaminen.

Verotuksen painopisteen siirtäminen materiaalien kulutuksen verottamiseen olisi tehokkaimpia keinoja, joskin poliittisesti se on erittäin vaikeaa. Periaatteessa erittäin tehokas tapa ohjata luonnonvarojen hyödyntämistä ekotehokkaaseen suuntaan on luonnonvarojen ja sivutuotteiden syntymisen verottaminen. Itseasiassa uusklassisen talusteorian mukaan luonnonvarojen oikean tasoisen verotuksen pitäisi riittää, jolloin sivutuotteiden verotukseen ei tarvitse lainkaan mennä. Tällä hetkellä kansainvälisesti suurin osa energia- ja ympäristöveroista kohdistuu kuitenkin pääosin fossiilisten polttoaineiden käyttöön ja OECD:n selvityksen mukaan ainoastaan Kanadassa Manitoban osavaltiossa veroa peritään kaivosmineraalien louhinnasta.

---

### *Ekotehokkuuden mittaaminen käytännössä*

---

Ekotehokkuuden toteutumista mittaamaan on kehitetty runsaasti erilaisia tunnuslukuja, joilla pyritään kuvaamaan asetettujen tavoitteiden toteutumista. Keskeisimmät ekotehokkuutta mittaavat indikaattorit seuraavat luonnonvarojen ja energian käytön

kehitystä suhteessa tuotantoon. Yleisesti hyväksytyjä ekotehokkuusindikaattoreita tuotannolle, tuotteille ja palveluille ei ole vielä pystytty kehittämään. Kansainvälisen vertailukelpoisuuden lisäksi ekotehokkuuden laskemisessa korostuu lähtötietojen saataavuus, luotettavuus ja ajantasaisuus. (Ekotehokkuustyöryhmä 1998, 17) Ekotehokkuuteen sitoutuneet yritykset ovat suuntautuneet fyysisesti mitattaviin ulottuvuuksiin. Hinta- ja hyvinvointi-indikaattoreiden muodostaminen ei ole yksiselitteistä, vaikka rahamääräiset arvot ovat keskeinen ekotehokkuuden osa. Toisaalta eräät WBCSD:n ekotehokkuuden luettelemat osatekijät voivat käytännössä olla käyttötarkoitukseensa nähden epäsoivia. (Michaelis 1997, 9)

Ekotehokkuus, teollinen aineenvaihdunta, ympäristövara sekä Factor -ajattelujen syntymisen ja läpimurron myötä heräsi 1990-luvun puolivälissä myös eurooppalaisten tutkijoiden keskuudessa laajempaa kiinnostusta talouden hyödyntämien materiaalien ja erityisesti luonnonvarojen kokonaiskulutuksen seurantaan. Asiaa kohtaan tunnettua mielenkiintoa ohjaamaan ja koordinoimaan perustettiin keväällä 1996 EU:n DG XII -direktoraaatin ympäristö- ja ilmasto-ohjelman tukema materiaalivirtatilinpitöjen ja -analyysien koordinoitiprojekti *ConAccount* (Coordination of Regional and National Material Flow Accounting for Environmental Sustainability), jonka koordinoinnista vastasi käytännössä Saksalainen ympäristö- ja energiakysymyksiin erikoistunut Wuppertal Insituutti. Hankkeen tehtävänä oli edistää materiaalivirtoihin liittyvää tutkimusta ja yhteistyötä alan tutkijoiden kesken sekä luoda yhteyksiä päätöksentekijöihin. Projekti muodosti yhteydet 160 erilaiseen materiaalivirtaprojektiin ja lisäksi tarkkailijoina toimii 50 eri instituutiota. Lisäksi projektin yhteydessä selvitettiin materiaalien käyttöä eräissä teollistuneissa yhteiskunnissa, Yhdysvalloissa, Japanissa, Alankomaissa ja Saksassa.

Tuotteiden ja palvelujen ekotehokkuutta voidaan mitata saksalaisen Friedrich Schmidt-Bleekin ja saksalaisen Wuppertal -instituutin 1990-luvun puolivälissä kehittämällä *MIPS-indeksillä* (Material Input Per Service), joka seuraa materiaalien kulutuksen kehitystä yhtä tuotettua palveluyksikköä kohden. MI -indeksi (Material Input) on kaikkien tuotteen tai palvelun elinkaaren aikana aikaansaamien materiaalivirtojen summa. Indeksillä sisältää suorien materiaalivirtojen ohella myös välilliset materiaalivirrat. Näitä kuluttajalle näkymättömiä materiaalipanoksia kutsutaan tuotteen tai palvelun *ekologiseksi selkärepuksi* (Ecolo-

gical Rucksack). Yhtä teollisuuden raaka-aineeksi jalostettua metallikiloa kohden täytyy kaivoksista yleensä nostaa tonneja malmeja. Esimerkiksi henkilöauton yhdeksän kiloa painavan katalysaattorin ekologinen selkäreppu on keskimäärin 2 500 kiloa, 10 gramman painoisen kultasormuksen 3000 kiloa ja litran appelsiinimehua 100 kiloa. Kulutuksen ympäristövaikutuksia havainnollistetaan nk. *ekologisella jalanjäljellä* (Ecological Footprint), jossa kaikkien tuotteiden ja palvelujen vaatimat materiaalivirrat on suhteutettu niiden tuottamiseen vaadittavaksi tuottavaksi maa-alaksi. Henkeä kohden laskettu ekologinen jalanjälki kuvaa tuottavaa maa-alaa, jonka yksi kuluttaja tarvitsee kulutustasonsa ylläpitämiseen. (Weizsäcker et. al 1997, 242–244; Ekotehokkuustyöryhmä 1998, 19)

Dow Europe on kehittänyt *ekokompassiksi* (Eco-Compass) kutsutun mittausjärjestelmän, jonka avulla voidaan arvoida tuoteinovaatioita kuuden eri ekotehokkuus ulottuvuuden suhteen. Ekokompassissa tavoitteet muodostavat kuusikulmion. Lähtökohtana on markkinoilla jo oleva tuote, jonka arvoksi kunkin ulottuvuuden suhteen annetaan 2, kun asteikko on 0–5. Uuden tuotteen muodostaman pinta-alan laajuus kertoo ekotehokkuuden muutoksesta suhteessa olemassa olevaan tuotteeseen. Tanskalainen bioteknologian alan yritys on. kehittänyt ns. *ekotuottavuusindeksin* EPI:n (Eco-Productivity Index), joka seuraa yrityksen vuosittaista resurssien käyttöä. Perusvuoden 1990 arvoa merkitään luvulla 100. Indeksillä lasketaan yrityksen liikevaihtoa ja resurssien käyttöä kuvaavien indeksilukujen suhteena. Sveitsiläinen lääkealan yritys Roche on puolestaan kehittänyt *ekotehokkuuden asettamittarin* EER:n (Eco-Efficiency Rate), joka lasketaan jakamalla yrityksen tuotannon myynnin arvo ympäristönsuojelukustannuksilla ja rahamääräisinä arvioitujen, ympäristölle aiheutettujen vahinkojen summalla. Kanadalainen viestintäalan yritys Nortel on puolestaan kehittänyt nk. *ympäristösuoritusindeksin* EPI:n (Environmental Performance Index), joka seuraa toiminnan kehittymistä suhteessa asetettuihin ympäristötavoitteisiin. Indeksillä koostuu yhteensä 25 päästöjä ja resurssien käyttöä mittaavasta muuttujasta, jotka on ryhmitelty neljään luokkaan. Indeksillä lasketaan parametrien summana huomioiden kullekin luokalle annettu painoarvo. Kestävän kehityksen tavoitteita Kanadan liike-elämässä edistävä Ympäristön ja talouden pyöreän pöydän järjestö NRTEE on ehdottanut kolmen indikaattorin käyttöä yritysten ekotehokkuuden mittaamiseksi. Nämä mittarit ovat materiaalien tuottavuusindikaattori, myrkylliset päästöt -in-

dikaattori ja jätehuoltokustannusten suhde kestävyyyteen -indikaattori. NRTEE pyrkii saavuttamaan laajan hyväksymisen näiden indikaattoreiden käytön laajentamiseksi ja nykyisin vallitsevan indikaattorikirjavyuden vähentämiseksi. (Ekotehokkuustyöryhmä 1998, 19–21; Michaelis 1997, 8–10)

Teollisuuden aloittaiseen vertailuun ekotehokkuuskäsitettä on soveltanut Helminen (1998) vertaillen Suomen ja Ruotsin massa- ja paperiteollisuuden ekotehokkuutta. Tutkimuksessa ekotehokas tuotantolaitos on määritelty laitokseksi, jonka ekotehokkuussuhdeluku (arvonlisäys ympäristövaikutusta kohden) on korkeampi kuin vertailtavan laitoksen (Helminen 1998, 82). Tutkimuksessa ekotehokkuutta on arvioitu ainoastaan erilaisten painotettujen ympäristövaikutusindeksien avulla, eikä siinä ole lainkaan huomioitu materiaalien ja energian käyttöä. Tutkimuksen mukaan kunkin tuotantoprosessin ekotehokkuus määräytyy pitkälti käytettävissä olevan tietopohjan lisäksi paljolti sen mukaan mitä ekotehokkuuden laskemiseksi kehitettyä menetelmää sovelletaan.

Michaelis (1997, 16) on OECD:lle laatimassaan raportissa hahmotellut kansantalouden ekotehokkuusmittaria. Kansantalouden tasolla ekotehokkuuden panoksina pidetään tuotantoon kulutettuja luonnonvaroja, taloudellisia varoja (kustannukset) ja ympäristövaroja ja tuotoksena elämän laadun parantumista. Näin ekotehokkuudelle voidaan löytää yksi määrämällinen mittari seuraavan kaavan (6) perusteella (Michaelis 1997, 15):

$$Ekotehokkuus = \frac{Parannus\ elämän\ laadussa}{Kustannukset + Luonnonvarat + Vahingot} \quad (6)$$

Kaavassa (6) termi ”*Parannus elämän laadussa*” tarkoittaa itseasiassa yhtä hyvinvointiyksikön lisäystä, ”*Kustannukset*” taloudellisen pääoman kulumista, ”*Luonnonvarat*” luonnonvarojen käyttöä eli materiaalien virtaa talouteen ja ”*Vahingot*” muita talouden toiminnan ympäristölle aiheuttamia haittoja. Käytännössä kaavan (6) muuttujina on mahdollista käyttää ainoastaan joidakin suureita, jotka ovat estimaatteja muuttujan jostakin ulottuvuudesta. Muuttujien kehitystä voidaan kuvata kaavassa erilaisien panoksia tai tuotosta kuvaavien indikaattoreiden avulla. Parannuksesta elämän laadussa kertovat mm. YK:n HDI (Human Development Index) -indeksi, ISEW-indeksi ja erilaiset ympäristökorjatut bruttokansantuote (”vihreä BKT”) -mittarit. Ympäristövahinkoja voidaan kuvata erilaisten ympäristöindi-

kaattoreiden ja luonnonvarojen käyttöä saksalaisen, kokonaismateriaalien käyttöä kuvaavan DMI ja TMR -mittarien avulla. Koska kaavassa käytetyt muuttujat ovat keskenään yhteismitattomia, täytyy muuttujat varsinaista ekotehokkuusmittaria laskettaessa indeksoida jonkin perusvuoden mukaan. Näin saatava ekotehokkuusmittari siis kertoo muutoksesta jonkin perusvuoden tilanteeseen verrattuna. Ekotehokkuusindeksi kertoo tällöin absoluuttisen muutoksen sijasta ekotehokkuuden suhteellisesta muutoksesta. Näin kaavan avulla voidaan arvioida ekotehokkuuden kehitystä. Mittariin sisältyy monia ongelmia ja epävarmuustekijöitä, mutta toisaalta se on myös ainoa laskettavissa oleva ekotehokkuuden estimaatti. Parempiakaan ei tähän tarkoitukseen ole vielä kehitetty.

Erilaisten materiaalitonnien ja -kilojen summaaminen yhdeksi mittariksi antaa ympäristötilasta hyvin karkean kuvan. Pieni määrä hyvin myrkyllistä ainetta saattaa vaikutuksiltaan olla nimenomaan biologisessa mielessä suurempi ympäristöongelma kuin esimerkiksi suurten mutta vaarattomien kiviainesmäärien käyttö talouden tarpeisiin. Ekotehokkuustarkastelun taustalta löytyykin julkilausumaton ajatus että nykyisen ympäristöpolitiikan keinoin riittävässä määrin huolehditaan siitä, että erilaisten materiaalivirtojen kykyä aiheuttaa erilaisia ympäristövaikutuksia pystytään ympäristö- ja muun yhteiskuntapolitiikkojen keinoin siinä määrin neutralisoimaan että DMI ja TMR -mittareiden laadinta ja käyttö on mahdollista.

# 6

## SUOMEN TALOUDEN EKOTEHOKKUUDEN MITTAAMINEN

---

### *Talouden luonnonvaraperusta*

---

Suomen talous on historiansa aikana pitkälti nojautunut elollisen ekosysteemin tuotantokykyyn ja pyrkinyt sovittamaan olemassa-olevia tekniikoita luonnon uusiutumiskykyyn ja niukkuuteen. Kilpailukyvyyn ylläpidon kannalta keskeisiä tekijöitä ovat tulevaisuudessa huolehtiminen luontopääomasta ja sen hyödyntämiseen keskittyneen tietotaidon kehittäminen. (Kuisma 1997, 226–227) Suomen merkittävin ero muihin teollistuneihin maihin on ollut se, ettei maassa ole koskaan ollut omasta takaa öljyä eikä kivihiiltä, joihin muun Länsi-Euroopan ja Yhdysvaltojen teollistuminen on perustunut. Rautamalmia ja muita mineraaleja on Suomessa ollut suhteellisen vähän. Ratkaisevia tekijöitä Suomen teollistumisessa ovat olleet runsaat metsävarat, tarjolla ollut halpa vesivoima ja suhteellisen hyvin koulutettu työvoima. Suomen teollistuminen toisen maailmansodan jälkeen tapahtui muihin Länsi-Euroopan maihin verrattuna verraten myöhään, mutta sitäkin ekstensiivisemmin. Talouskasvu perustui olemassaolevien resurssien, kuten puuvarojen ja vesivoiman voimaperäiseen ja laajaan teolliseen hyödyntämiseen. Maan teollistaminen sai myös yksimielisen kannatuksen kaikilta väestöryhmiltä. Teollistumisen katsottiin merkitsevän automaattisesti myös hyvinvoinnin kasvua ja olevan edellytys sivistyneen ja modernin yhteiskunnan kehittymiselle. Tuotannon kasvun aiheuttamat paikalliset ympäristöhaitat katsottiin hyvinvoinnin parantumisesta väistämättä maksettavaksi hinnaksi ja yleensä kokonaisuuden kannalta vähämerkityksellisiksi. Osaltaan teollistumisen mukanaan tuoma taloudellinen hyvinvointi onkin mahdollistanut nykyisenlaisen hyvinvointiyhteiskunnan kehittymisen.

Suomen talous ja ulkomaankauppa perustuu yhä vieläkin voimakkaasti luonnonvarojen hyödyntämiseen ja runsaaseen ener-



giankulutukseen. Keskeisiä aloja ovat metsävarojen hyödyntäminen ja energiaintensiiviset teollisuudenalat kuten massa- ja pape-riteollisuus, perusmetalliteollisuus ja metallituotteiden valmistus. Vaikka Suomen teollisuuden rakenne on monipuolistunut 1960- ja 1970-luvuilta lähtien, pidetään metsä- ja metalliteollisuutta yhä talouden selkärankana. Metsät ovat olleet Suomen taloudellisesti kaikkein tärkein luonnonvara, jota kuitenkin vielä 1700- ja 1800 -luvuilla hyödynnettiin tavalla joka hävitti metsät lähes tyystin kylien ympäristöistä. Puuston kasvu on 1970-luvulta lähtien ylittänyt selkeästi hakkuut. Samalla puuvaranto on kasvanut vuoden 1960 noin 1400 miljoonasta kiintokuutiometristä nykyiseen runsaaseen 1900 miljoonaan kiintokuutiometriin. Puuston keskimääräinen vuotuinen kasvu oli vuosina 1989–1994 tehdyn valtakunnan metsien inventoinnin mukaan 75 miljoonaa kuutiota. Teollisuuden ja muuhun ihmisen käyttöön puuta hakattiin vuonna 1997 yhteensä ennätyselliset 59,1 miljoonaa kiintokuutiometriä.

Puun hyödyntäminen ei ole viime vuosina uhannut varantoa ja tässä suhteessa Suomen metsätalous on ollut kestävän kehityksen kriteerien mukaista. Puuvarojen laajamittainen hyödyntäminen on kuitenkin esimerkiksi OECD:n ns. maatutkimuksen (1997, 24) mukaan suurin syy ekologisen monimuotoisuuden katoamiseen Suomen luonnosta. Malmivaroja on teollisuuden tuotantoon nähden jäljellä suhteellisen vähän ja nykyisin tunnetut malmivarat ovat nopeasti kulumassa loppuun. Kotimaisten malmikaivosten tuotanto on 1990-luvulla laskenut selkeästi. Koska metalliteollisuus on Suomessa hyvinkin uudenaikaista, jatkunee metallien jatkojalostus Suomessa vielä pitkään joskin ulkomaisen raaka-aineen ja kierrätyksen varassa. Nykyisin Suomessa tuotettavasta teräksestä suurin osa valmistetaan Ruotsista ja Venäjältä tuodusta rautamalmista sekä romuraudasta. (Hoffrén 1998a, 13–14)

Sekä metsä- että metalliteollisuudelle on eräs tärkeimmistä tuotantopanoksista ollut halpa energia. Suomessa pääasiallisin energialähde oli puu aina 1950-luvun lopulle asti. 1960-luvulla puun käyttö väheni ja koko energiankulutuksen kasvu tyydytettiin öljyllä. Toisen maailmansodan jälkeen mm. Lähi-idästä ja Afrikasta löydettiin uusia, runsaita ja alhaisin kustannuksin hyödynnettäviä öljyesiintymiä, jotka valtasivat markkinoita muilta energialähteiltä. 1960-luvun lopulla öljy tyydytti jo yli puolet Suomen energiantarpeesta. Energialähteiden tarjonta alkoi monipuolistua vasta ensimmäisen öljykriisin 1973–75 jäl-

keen. Suomeen rakennettiin 1970 ja 1980 -luvuilla neljä ydinreaktoria ja 1980-luvulla maakaasuputki Venäjältä, mitkä vähensivät merkittävästi öljyn kulutusta. Vielä 1950-luvulla 70 prosenttia energiantarpeesta tyydytettiin kotimaisista lähteistä, mutta 1970-luvun lopussa kotimaisten osuudeksi vakiintui noin 30 prosenttia minä se on pienin heilahduksin säilynyt aina 1990-luvulle saakka. (Laaksonen 1989, 69–72) Talouden tulevaisuuden kannalta ongelmallisin kysymys on energiantuotannon aiheuttamat ilmansaasteet, erityisesti hiilidioksidipäästöjen kasvu. Talouden massatuotantoon perustuvan rakenteen takia energian kulutuksen ja siitä aiheutuvien päästöjen vähentäminen, samaan aikaan kun sen hinta halutaan pitää kilpailukykyisistä alhaisena on vaikeaa. Koska luonnonvarat ja työvoima on 1990-luvulla nähty Suomelle pysyvästi niukkoina tuotannontekijöinä, on mielenkiinto suuntautunut energian saatavuuden lisäämiseen ja hinnan pitämiseen alhaisena ja vakaana. Vaikka eduskunta torjui ydinvoiman lisärakentamisen kesällä 1993, ovat teollisuus ja osa energia-alasta halunneet voimallisesti pitää esillä ydinvoimavaihtoehtoa hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi.

Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen taloudellisen ohjauksen avulla on monissa malleissa osoitettu huomattavan kalliiksi. Esimerkiksi Pohjolan (1997, 49) uusklassiseen, yleiseen tasapainoteoriaan perustuvalla tasapainomallilla tekemän ennusteen mukaan Suomen vähentäessä hiilidioksidipäästöt vuoden 1990 tasolle vuoteen 2010 mennessä hiilidioksidiveron avulla, laskee bruttokansantuote 0,8 prosenttia ja hyvinvointitappio on 5,9 miljardia markkaa. Veron suuruus olisi 275 markkaa tonnilta, mikä nostaisi hiilen ja turpeen suhteellista hintaa voimakkaasti ja saisi aikaan siirtymän maakaasun käyttöön. Tulosten mukaan toimenpiteiden seurauksena massa- ja paperiteollisuuden tuotanto laskisi 20 prosenttia. Teollisuus ja energia-ala ovat näiden laskelmien perusteella katsonut Kiotossa Suomelle sovitun kasvihuonekaasujen vähentämistavoitteen epärealistiseksi ja vaatineet sen keventämistä. Teollisuuden ja energia-alan mukaan Suomen on teknisesti ja taloudellisesti erittäin vaikea vähentää päästöjä sovitulla tavalla. Kasvihuonekaasujen alunperin sovittu vähennystavoite uhkaa niiden mielestä vakavasti talouden ja työllisyyden kasvua. Myös Ahtialan (1994, 804) mukaan laajalle, mutta harvaan asutulle maalle tulee kalliiksi kulkea kehityksen etulinjassa, ellei kehitettävästä teknologiasta aiota vientituotetta. Siksi kilpailijamaita tiukemmat normit esim. hiilidioksidipäästöille eivät ole kilpailukykyyn kannalta mielekkäitä, vaan ym-

päristösuojelussa pitäisi käyttää malttia. Sekä Pohjolan että Ahtialan näkemykset on käytännössä pitkälti hyväksytty yhteiskunnassa.

Kotimaisten luonnonvarojen hyödyntäminen perustuu Suomessa pääosin erilaisiin lupamenettelyihin. Keskeisiä lakeja ovat luonnonsuojelulaki, metsälaki, maa-ainelaki ja kaivoslaki sekä vesi- ja luonnonsuojelulaki. Suomessa teollisuus on melko hyvin pystynyt täyttämään nykyiset lainsäädäntöön ja muihin viranomaisten antamiin määräyksiin perustuvat ympäristövelvoitteensa. Eräät edelläkävijäryitykset ovat jopa vapaaehtoisesti kehittäneet ympäristönsuojeluaan tästäkin eteenpäin. Käyttöön on muun muassa otettu erilaisia ympäristöjohtamis- ja raportointijärjestelmiä sekä laadittu yrityksille omia ympäristöpolitiikka-ohjelmia. Myös yritysten raaka-aineiden kulutuksen pienentämiseen on näiden järjestelmien puitteissa alettu kiinnittää yhä enemmän huomiota. Kuitenkin 1990-luvun lopulla uhkaavat luonnonvarojen primäärikulutus ja päästöjen määrä kääntyä talouskasvun kiihtymisen myötä nopeaan nousuun.

Ympäristöverotusta ei Suomessa ole sovellettu luonnonvarojen kulutukseen lukuunottamatta liikenteen ja energiantuotannon polttoaineita. Suurin osa nykyisin käytössä olevista ympäristöön liittyvistä valtion veroista ja maksuista, mukaanlukien energiaverot, on säädetty muulla kuin ympäristöperusteella. Eli niillä ei ole ollut alunperinkään tarkoitus parantaa ympäristön tilaa. Ympäristöön liittyviä veroja kerätään vuonna 1999 runsaat 24 miljardia markkaa ja niiden osuus verotuloista on 12,9 prosenttia. Ympäristöön liittyvistä veroista ja maksuista ohjausvaikutus on selvin alkoholi- ja virvoitusjuomaverojen lisäveroilla, energiaverojen ympäristöperusteisilla lisäveroilla, öljyjätämaksulla, vesiensuojelumaksulla ja öljysuojamaksulla sekä jäteverolla. Näitä veroja voidaan kutsua varsinaisiksi ympäristöveroiksi. Koska niiden tuotto jää vain muutamiin satoihin miljooniin markkoihin, ei niiden ohjausvaikutus ole kovin merkittävä. (Ks. Hoffrén 1998a, 6–8)

---

### *Luonnonvarojen kulutuksen kehitys*

---

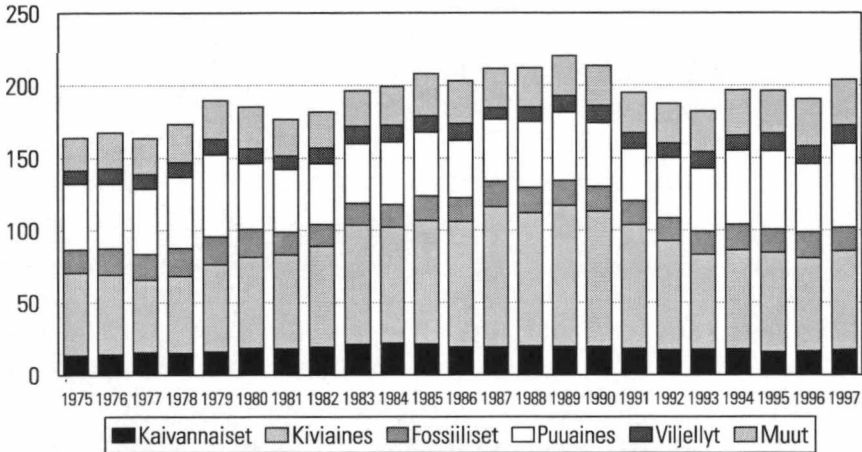
Luonnonvarojen kokonaiskäytön kehitystä Suomessa ovat tarkastelleet Pekka Mäkelä (1985) Taloudellisesta suunnittelukeskuksesta, Urho Laine (1994) Valtion taloudellisesta tutkimuskeskuksesta ja Jukka Hoffrén (1997b ja 1998b) Tilastokeskuksesta.

Mäkelän Suomi 2000 -selvitykseen liittyvässä työssä on tarkasteltu luonnonvarojen käyttöä suhteessa kansantuotteeseen ja lasketun nk. materiaali-intensiteetin kehitystä vuosina 1960–1980 ja ennustettua käyttöä vuonna 2000. Erityisenä painopisteenä on ollut metallien ja mineraalien saatavuus ja markkinanäkymät. Laineen työssä tarkastellaan osin Mäkelän aineistojen perusteella materiaalien kokonaiskäyttöä Suomessa vuosina 1960–1991 pyrkimyksenä näin luoda arvio materiaalien käytöstä tulevaisuudessa. Materiaalien käytön lisääntyminen on Laineen selvityksen perusteella ollut huomattavasti nopeampaa kuin Mäkelän ennusteissa. Laskelmien mukaan vuonna 1980 primäärimateriaaleja otettiin talouden käyttöön lähes 150 miljoonaa tonnia, kun vuonna 1990 vastaava luku oli jo 190 miljoonaa tonnia. Mäkelän ennusteen mukaan kokonaiskäyttö olisi pitänyt tuolloin olla vain 165 miljoonaa tonnia. Laine ennustaa kuitenkin materiaalien käytön laskevan 180 miljoonaan tonniin vuoteen 2005 mennessä eli keskimääräinen lasku olisi noin 0,2 prosenttia vuodessa. Laine panee merkille myös raaka-aineiden käytön materiaali-intensiteetin laskun samaan aikaan kun materiaalien suhteelliset hinnat ovat laskeneet. Tämä selittyy Laineen mukaan tuotannon painopisteen siirtymisellä teknologian, informaatiotekniikan ja palvelujen suuntaan.

Tätä tutkimusta varten on arvioitu uudelleen Hoffrénin (1997b, 12 ja 1998b, 37) aiemmin esittämät tiedot Suomen materiaalien käytön kehityksestä vuosina 1980–1997 ja jatkettu tätä aikasarjaa kattamaan myös vuodet 1960–1979. Materiaalien käyttötiedot sisältävät tonnimääräisesti suurimmat materiaali-ryhmät ja antavat siten melko luotettavan kuvan suoran materiaalien käytön kehityksen suunnasta. Luvut poikkeavat edellä esitetyistä Mäkelän ja Laineen esittämistä sikäli, että niissä on mitattu raaka-aineiden kulutuksen sijasta ensisijaisesti primaarimateriaalien kulutusta, luonnonvaroja ja biomassaa, joita ihminen hyödyntää hyvinvointinsa edellyttämien hyödykkeiden ja palvelujen tuottamisessa (Hoffrén 1998b, 36). Materiaalien kulutukseksi on katsottu malmien, mineraalien, kalkkikiven, turpeen, kiviaineksen (sora, heikka ja kalliokiviainekset), puuaineksen, fossiilisten polttoaineiden, maatalouden ja puutarhatalouden tuottamien viljeltyjen varojen, metsien sivutuotteiden (marjat, sienet ja riista) ja kalavarojen (ammatti- ja vapaa-ajan kalastuksen saalis) otto talouden tuotantoprosesseihin. Arvioon eivät sisälly veden ja ilman kulutus, joista ei ole saatavilla luotettavia tilastoja. Aineisto Suomen luonnonvarojen kokonaiskulutuksen ke-

hityksestä vuosina 1975–1997 on esitetty graafisessa muodossa kuviossa 6 sekä vuosia 1960–97 koskeva aikasarja liitteessä 1 sivulla 139.

**Kuvio 6**  
Materiaalien kulutus vuosina 1975–1997 (miljoonaa tonnia)

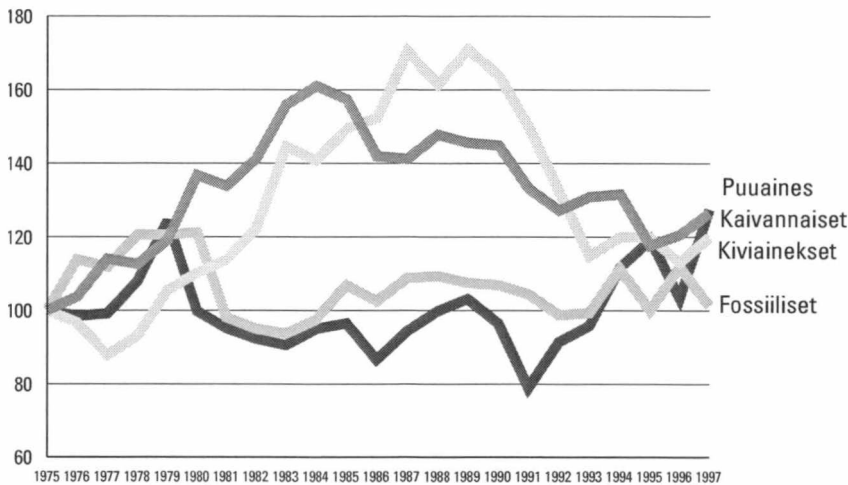


Kuten kuviosta 6 nähdään ovat määrällisesti suurimmat materiaalivirrat kiviaineksen ja puuaineksen virtoja. Esimerkiksi vuonna 1997 kiviainesten (sora, hiekka ja kalliokiviainekset) osuus suorasta luonnonvarojen kokonaiskulutuksesta oli 36,5 prosenttia ja puuaineksen 31,0 prosenttia. Kotimaisten malmien, mineraalien ja kalkkikiven osuus oli 9,2 prosenttia, fossiilisten polttoaineiden 8,6 prosenttia ja peltoviljojen ja muiden viljelykasvien 6,7 prosenttia. Loput kahdeksan prosenttia koostuivat turve-, kala-, puutarhatuotannosta, riistasaaliista, metsien sivutuotteista sekä tuontimetalleista. Kaiken kaikkiaan Suomessa kulutettiin primaarimateriaaleja vuonna 1997 yhteensä arviolta 187,6 miljoonaa tonnia. Tästä uusiutumattomia luonnonvaroja oli 114,4 miljoonaa tonnia ja uusiutuvia 59,9 miljoonaa tonnia, kun turve luokitellaan uusiutumattomaksi.

Materiaalien kulutus absoluuttisina määrinä nousi Suomessa 1980-luvulla melko tasaisesti aina 1990-luvun alun lamakauteen saakka, jolloin materiaalien käyttö supistui nopeasti. Materiaali-

en kulutus oli suurinta, 203,1 miljoonaa tonnia, vuonna 1989, josta se laski 166,2 miljoonaa tonniin vuonna 1993. 1990-luvun loppupuolella materiaalien kulutus on taas kääntynyt kasvuun, mutta määrällisesti kokonaiskulutus jää yhä alle huippuvuoden 1989 tason. Määrällisesti suurimpien materiaalien kulutuksen kehitystä on tarkasteltu lähemmin kuviossa 7. Kuviossa tonnimääräiset materiaalivirrat on indeksoitu (perusvuotena 1975) kehityksen tarkastelun helpottamiseksi.

**Kuvio 7**  
Määrällisesti suurimpien materiaalien kulutuksen kehitys 1975–97 (1975=100)



Kuten kuvioista 7 huomataan on kiviainesten kulutus vähentynyt voimakkaasti 1980-luvun lopusta lähtien. Myös kotimaisten kaivannaisten kulutus on kääntynyt laskusuuntaan 1980-luvun alussa. Toisaalta puuaineksen kulutus on vastaavasti kääntynyt 1990-luvun alussa voimakkaaseen kasvuun. Ennusteiden mukaan Suomen metsävarojen pääosin nuoresta ikärakenteesta ja tehokkaasta metsänhoidosta johtuva kasvu jatkuu ainakin seuraavat 15–20 vuotta. Fossiilisten polttoaineiden kulutus on pysynyt tarkasteluajanjaksolla melko tasaisena. Suomen energian kulutuksen rakenne onkin pysynyt samana viimeisen kymmenen vuoden ajan. Fossiilisten polttoaineiden osuus energiankulutuksesta on noin 46 prosenttia.

Soran ja muun kiviaineksen kulutus oli suurimmillaan 1980-luvun lopussa vilkkaan rakentamistoiminnan seurauksena. Rakentamisen vähennettyä voimakkaasti 1990-luvun alun lama-vuosina ovat kaivetut soramäärät pienentyneet. Soranotto on ollut suuresti riippuvaista talouden suhdanteista. Lisäksi sora- ja hiekkavarojen määrä vaihtelee paljolti alueittain. Soravarojen vähentyessä asutuskeskusten läheltä on kalliomurskeen valmistaminen lisääntynyt voimakkaasti erityisesti pääkaupunkiseudulla ja länsirannikolla. Tietyistä maa-aineslaaduista on kuitenkin pulaa, kuten esimerkiksi rakennusteollisuuden tarvitsemista parhaimmista laatusorista. Myös Suomen omien malmikaivosten louhintamäärät ovat nopeasti pienentyneet. Malmivaroja onkin Suomessa teollisuuden tuotantoon nähden jäljellä suhteellisen vähän ja tiedossa olevat malmivarat ovat nopeasti kulumassa loppuun. Arvioiden mukaan 2000-luvun alussa toiminnassa on ainoastaan yksi nykyistä malmikaivoksista.

---

### *Materiaalien käytön, bruttokansantuotteen ja päästöjen kehitys*

---

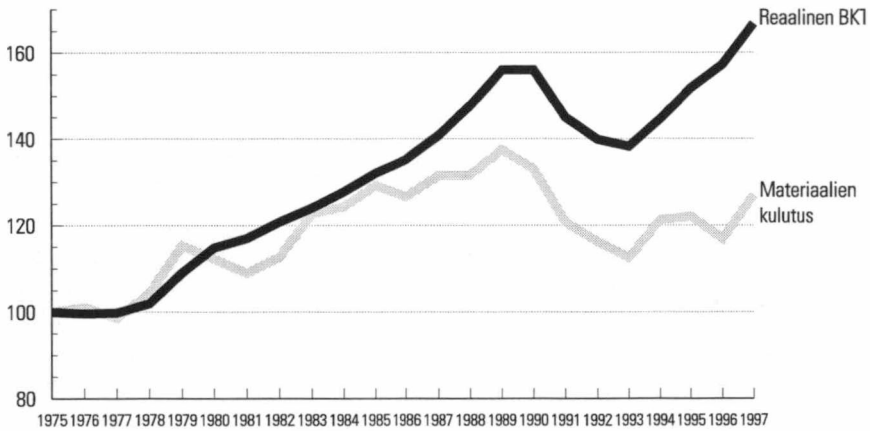
Talouden toiminnan kuvaajana käytetään Suomessa yleisesti kansantalouden tilinpitoa ja erityisesti sen bruttokansantuotemittaria. Suomen varhaisin kansantalouden tilinpitolaskelma on Karl Emil Ignatiuksen laskelma vuosilta 1881–82 (Hjerppe 1989, 426). Tämän varhaisen kansantulotilaston tarina päättyi Ignatiuksen siirtymiseen pois tilastoalalta ja tilaston pohjana olevan suostuntaveron lakkauttamiseen. Näin virallisen kansantulolaskenta keskeytyi seuraaviksi 40 vuodeksi. (Marjomaa 1986, 37) Seuraava laskelma Suomen "kansallistulosta" tehtiin vasta vuonna 1922. Keynesin makrotalousteoriaan ja kansainvälisiin suosi-tuksiin perustuva virallisen kansantalouden tilinpidon laadinta alkoi Suomessa vuonna 1948. Vuodesta 1978 alkaen kansantalouden tilinpitoa on laadittu YK:n ns. SNA-68 -suositukseen perustuen ja SNA68:n mukainen aikasarja kattaa tällä hetkellä vuodet 1975–97. Parhailaan kansantalouden tilinpitoa ollaan uudistamassa YK:n SNA-94 ja Euroopan unionin ESA95-suositusten mukaiseksi. SNA-68 suosituksen mukaisesti laaditun Suomen bruttokansantuotteen kehitys vuosina 1975–1997 on esitetty tämän tutkimuksen liitteessä 2 sivulla 140. Taulukossa 2 on esitetty Suomen materiaalien kulutuksen, reaalisen BKT:n ja asukasluvun kehitys vuosina 1975–1997.

**Taulukko 2**  
**Materiaalien kulutuksen, reaalisen BKT:n ja asukasluvun kehitys**

	Materiaalien kulutus (Milj. tonnia)	Reaalinen BKT (Milj. markkaa)	Keskiväki- luku (Henkeä)
1975	147,7	330 360	4 711 400
1976	149,3	328 958	4 725 700
1977	145,6	329 764	4 738 902
1978	154,0	336 667	4 752 528
1979	170,3	360 092	4 764 700
1980	165,8	379 294	4 779 500
1981	160,9	386 361	4 800 000
1982	166,4	398 907	4 826 900
1983	181,3	409 690	4 855 800
1984	183,6	422 048	4 881 800
1985	190,9	436 258	4 902 200
1986	186,9	446 606	4 918 200
1987	194,2	464 917	4 832 100
1988	194,4	487 719	4 946 500
1989	203,1	515 364	4 964 400
1990	196,5	515 430	4 986 400
1991	178,3	479 011	5 013 700
1992	171,6	462 003	5 042 000
1993	166,2	456 571	5 066 000
1994	179,0	477 340	5 088 000
1995	180,3	501 490	5 108 000
1996	172,7	519 322	5 125 000
1997	187,6	550 532	5 140 000

Taulukon 2 tietojen perusteella voidaan tehdä alustavia tarkasteluja Suomen talouden materiaalien kulutuksen kehityksestä. Koska reaalisen bruttokansantuotemittarin käyttö antaa aikasarja-analyyseissä luotettavamman kuvan taloudellisen toiminnan kehityksestä, on tutkimuksessa käytetty juuri reaalista bruttokansantuotemittaria ja ympäristökorjattua kansantuotetta hyvinvoinnin kuvaajana. Taulukon 2 mukaan Suomen materiaalien kulutus oli vuonna 1997 lähes 27 prosenttia suurempi kuin vuonna 1975. Lisäksi reaalin BKT on vuosina 1975–97 kasvanut 67 prosentilla. Suomen asukasluku on tarkasteluajanjaksolla kehittynyt melko vakaasti, kasvaen vain 8,3 prosenttia. Suomen reaalisen BKT:n (vuoden 1990 hinnoin) ja materiaalien käytön kehitys vuosina 1975–1997 on tarkasteltu kuviossa 7. Lisäksi kuvion 8 tiedot on esitetty liitteissä 1 ja 2 sivuilla 139 ja 140.



**Kuvio 8****Suomen reaalisen BKT:n ja suoran materiaalien käytön kehitys (1975=100)**

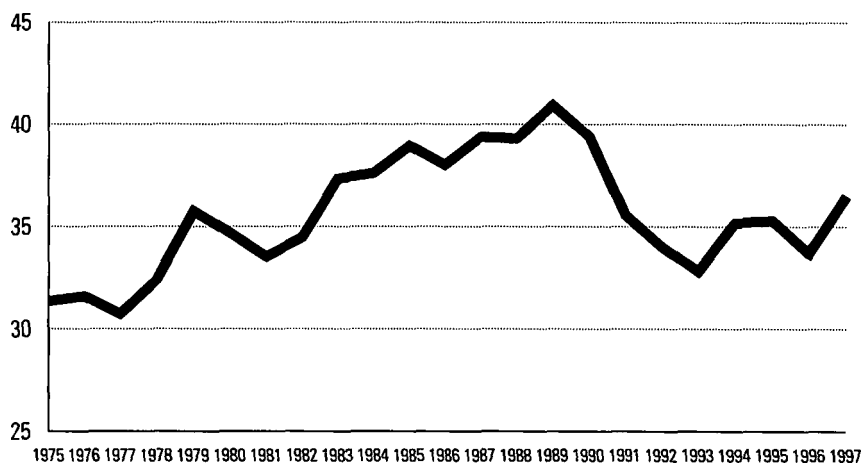
Kuviossa 8 sekä reaalisen BKT että materiaalien kulutus kuvaavat nimenomaan näiden muuttujien arvojen muutosta verrattuna vuoteen 1975, jota merkitään luvulla 100. Kuvion 7 perusteella talouden tuotannon kehitys on Suomessa aivan 1980-luvun lopussa ja 1990-luvulla ollut intensiivistä eli vähemmästä materiaalmäärästä on kyetty tuottamaan entistä suurempi määrä vaurautta bruttokansantuotteella mitattuna. Materiaalien kulutus voidaan myös suhteuttaa asukaslukuun, jolloin kehitystä on mahdollista arvioida kestäväen kehityksen mukaisen luonnonvarojen kokonaiskulutuksen määrän kertovan ympäristövara -käsitteen avulla. Materiaalien käyttöä asukasta kohden (per capita) vuosina 1975–97 on tarkasteltu kuviossa 9.

Luonnonvarojen kokonaiskulutus asukasta kohden (per capita) on kuvion 9 mukaan vaihdellut tarkasteluajanjaksolla 31–41 tonnin välillä. Vuonna 1997 luonnonvaroja kulutettiin arviolta 36,5 tonnia asukasta kohden. Kuviossa 10 on tarkasteltu materiaalien käytön kehitystä yhtä reaalista BKT-markkaa kohden vuosina 1975–97.

Luonnonvarojen suora kokonaiskulutus yhtä BKT-markkaa kohden on kuvion 10 mukaan laskenut vuoden 1975 0,45 kilosta markkaa kohden 0,34 kiloon markkaa kohden vuonna 1997. Eli vaikka talouden materiaalien kulutus ei Suomessa ole absoluuttisina määrinä paljoakaan laskenut, on yhden BKT-markan tuottamiseen tarvittavan materiaalien määrä vähentynyt selvästi.

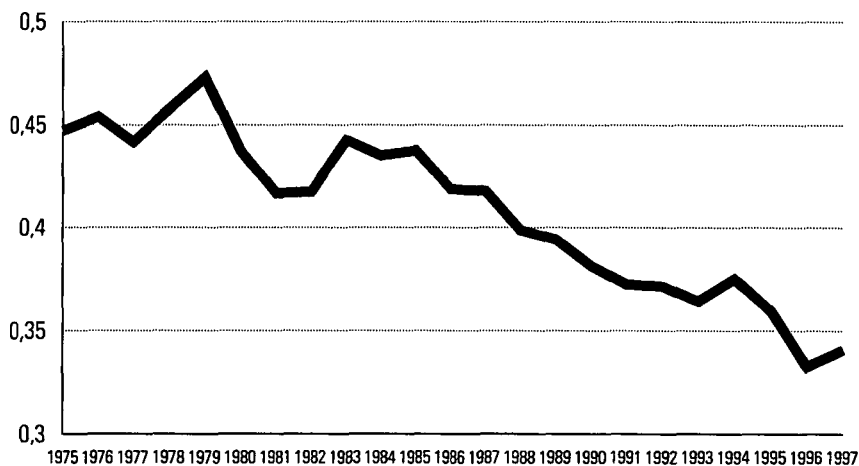
**Kuvio 9**

**Materiaalien käyttö asukasta kohden 1975–97 (Tonnia per capita)**



**Kuvio 10**

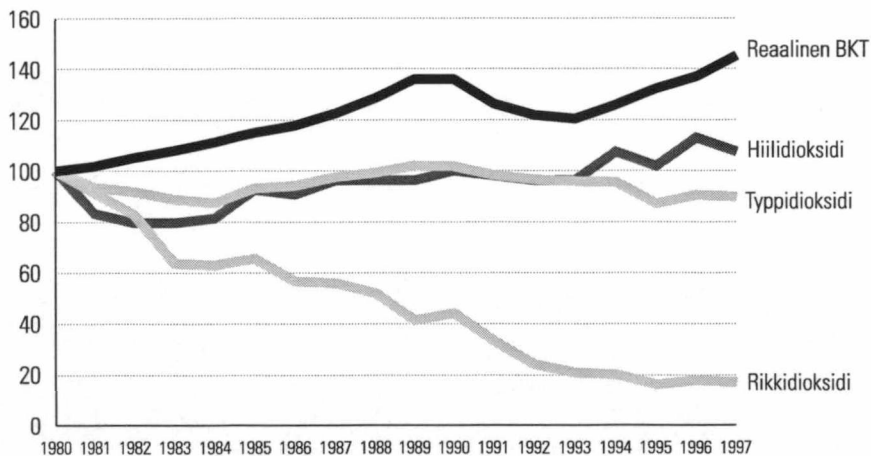
**Materiaalien käyttö per BKT-markka 1975–97 (Kiloa per markka)**



Läpivirtaustaloustajattelun mukaisesti materiaalivirrat aiheuttavat vastaavan suuruisia ympäristövaikutuksia mikäli tuotannossa käytetyn teknologian taso säilyy ennallaan. Käytettävissä oleva tietoaineiston taso ei riitä käytetyn luonnonvarojen määrän ja syntyneiden jätteiden ja saasteiden määrän aikasarjatarkaste-

luun vuosittaisten jätetilastojen puuttumisen takia. Sen sijaan reaalisen BKT:n ja tärkeimpien ilmapäästöjen kehitystä vuosina 1980–97 on mahdollista verrata toisiinsa. Koska Suomen talouden kokonaispäästöjä on tilastoitu kattavasti vasta aivan viime vuosina, ei tätä pidemmän aikavälin tarkastelu ole mahdollinen. Kuviossa 11 on esitetty Suomen reaalisen BKT:n ja tärkeimpien ilmapäästöjen kehitys 1980–97.

**Kuvio 11**  
Reaalisen BKT:n ja ilmapäästöjen kehitys (1980=100)



Kuvion 11 perusteella voidaan todeta Suomen bruttokansantuotteen kasvaneen vuodesta 1980 lähtien nopeammin kuin rikki-, typpi- ja hiilidioksidipäästöt. Erityisen hyvin hallinnollisilla toimenpiteillä on onnistuttu vähentämään rikkipäästöjä. Suomessa onkin nimenomaan onnistuttu vähentämään perinteistä ympäristökuormitusta. Ilmapäästöjen lisäksi on vähennetty muun muassa lyijypäästöjä ja happamoittavaa laskeumaa sekä teollisuuden ja yhdyskuntien jätevesipäästöjä. On myös syytä muistaa että Suomen harjoittama ympäristöpolitiikka keskittyi 1970- ja 1980-luvuilla vesiensuojeluun. Ilmansuojeluun kiinnitettiin huomiota vasta myöhemmin ja siihen alettiin panostaa 1980-luvun alussa. Tonnimääräisesti laskettuna ilmansaasteita syntyi vuonna 1997 yhteensä yli 58 miljoonaa tonnia.

Ilmapäästöjen lisäksi on Suomessa arvioitu syntyvän kiinteitä jätteitä vuosittain lähes 88,5 miljoonaa tonnia, josta malmien ja mineraalien kaivuussa 35,5 miljoonaa tonnia. Teollisuudessa jätteitä syntyy 15,5 miljoonaa tonnia, josta metsäteollisuus tuottaa puolet, metalliteollisuus viidenneksen ja kemianteollisuus alle viidenneksen. Teollisuuden jätteistä hyödynnetään kokonaisuudessaan 58 prosenttia eli 9 miljoonaa tonnia. Maataloudessa jätettä syntyy vuosittain 22 miljoonaa tonnia, josta lantaa 21,5 miljoonaa tonnia. Kotitalouksissa syntyvien jätteiden kokonaismäärä on vuosittain likimain 900 000 tonnia. Suurin yksittäinen kotitalousjäteryhmä on biojäte eli luonnonmukaisissa olosuhteissa helposti hajoava kasvi- ja eläinperäinen jäte. Jätteiden kokonaismäärästä ja kehityssuunnasta ei ole vielä saatavissa tarkempaa aikasarjatietoa. Yhteensä saasteita ja jätteitä syntyy siis Suomessa vuosittain arviolta 150 miljoonaa tonnia.

---

### *Ulkoisvaikutusten hinnoittelu*

---

Luvussa 5.3 esitellyn kaavan (6) mukaan ekotehokkuuden panoksia ovat tuotantoon kulutetut luonnonvarat, taloudelliset varat (kustannukset) ja ympäristövarat ja tuotoksena on ihmisten elämän laadun parantuminen. Ekotehokuusmittari kertoo tällöin kuinka paljon kunakin vuonna elämän laadun paranemista yhtä panosyksikköä kohden saavutetaan. Muuttujina laskennassa on mahdollista käyttää erilaisia panoksia tai tuotosta kuvaavia indikaattoreita. Parannusta elämän laadussa kuvaavat mm. YK:n HDI (Human Development Index) -indeksi ja erilaiset ympäristökorjatut BKT ("vihreä BKT") -mittarit. Ympäristövahinkoja voidaan kuvata erilaisten ympäristöindikaattoreiden avulla ja luonnonvarojen käyttöä kokonaismateriaalien käyttöä kuvaavan DMI-mittarin avulla.

Luotettavin vihreä BKT-mittari on YK:n SEEA-järjestelmään sisältyvä myös ympäristökorjattu kansantuote EDP (Environmentally adjusted Domestic Product), joka on tarkoitettu yhteiskunnan todellisen hyvinvoinnin mittaamisen helpottamiseen ja avuksi päätöksenteossa. Ympäristökorjattu kansantuote (EDP) saadaan YK:n julkaiseman käsikirjan (United Nations 1993) mukaan lisäämällä markkinahintaiseen bruttokansantuotteeseen ulkomaiset tuotannontekijätulot ja välilliset verot sekä vähentämällä tästä summata kiinteän pääoman kuluminen, ympäristönsuojelumenot ja muut muutokset ympäristövarojen arvoissa.

Yksityiskohtainen ympäristökorjatun kansantuotteen laskenta-kaava on esitetty tämän tutkimuksen sivulla 52. Ympäristökorjatun kansantuotteen EDP:n laskenta edellyttää lähinnä kiinteän pääoman (ihmisen tekemän pääoman) kulumisen ja ympäristövarojen (luonnon pääoman) kulumisen vähentämistä perinteisen bruttokansantuotteen arvosta. Käytännössä kiinteän pääoman kuluminen huomioidaan jo nettokansantuotetta laskettaessa, joten ongelmaksi jää ympäristönsuojelumenojen luotettava tilastointi sekä luonnonvarojen varantojen muutosten että tuotannon aiheuttamien ympäristövaikutusten arvottaminen. Laskelman Suomen SEEA -järjestelmän mukaisesta ympäristökorjatusta kansantuotteesta on esittänyt Hoffrén (1997a, 103). Tämä laskelma on tätä tutkimusta varten päivitetty taulukossa 3.

**Taulukko 3**  
**Suomen ympäristökorjattu kansantuote 1990-97 (miljoonaa markkaa; käyvin hinnoin)**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
<u>SNA-68</u>								
<b>BKT</b>	<b>515 430</b>	<b>490 868</b>	<b>476 778</b>	<b>482 397</b>	<b>510 992</b>	<b>549 863</b>	<b>574 027</b>	<b>622 106</b>
Tuotannontekijätulot ulkomailta	-15 040	-19 569	-24 811	-29 763	-23 426	-20 013	-19 308	-16 596
Välilliset verot ulkomailta	-	-	-	-	-	-1 029	-984	-980
<b>BKTL</b>	<b>500 390</b>	<b>471 299</b>	<b>451 967</b>	<b>452 634</b>	<b>486 498</b>	<b>527 821</b>	<b>553 735</b>	<b>604 530</b>
Kiinteän pääoman kuluminen	-79 512	-82 170	-81 892	-83 819	-85 480	-87 027	-87 632	-90 974
<b>NKT</b>	<b>420 878</b>	<b>389 129</b>	<b>370 075</b>	<b>368 815</b>	<b>402 086</b>	<b>440 794</b>	<b>466 103</b>	<b>513 556</b>
<u>SNA-94:</u>								
Metsien kasvu	2 914	3 839	2 502	2 065	1 506	1 523	2 416	2 400
<u>SEEA:</u>								
Ympäristönsuojelumenot	-5 956	-6 182	-8 206	-8 050	-7 473	-9 319	-9 958	-10 864
<b>EDP 1</b>	<b>417 836</b>	<b>386 786</b>	<b>364 371</b>	<b>362 830</b>	<b>396 119</b>	<b>432 998</b>	<b>458 361</b>	<b>505 092</b>
Muut muutokset ympäristövarojen arvossa	-12 588	-12 711	-11 926	-10 882	-11 952	-10 634	-11 909	-11 258
<b>EDP 2</b>	<b>405 248</b>	<b>374 075</b>	<b>352 445</b>	<b>351 948</b>	<b>384 167</b>	<b>422 364</b>	<b>446 652</b>	<b>493 834</b>

- = ei käytössä \*) = arvio

(Lähde: Hoffrén 1997a)

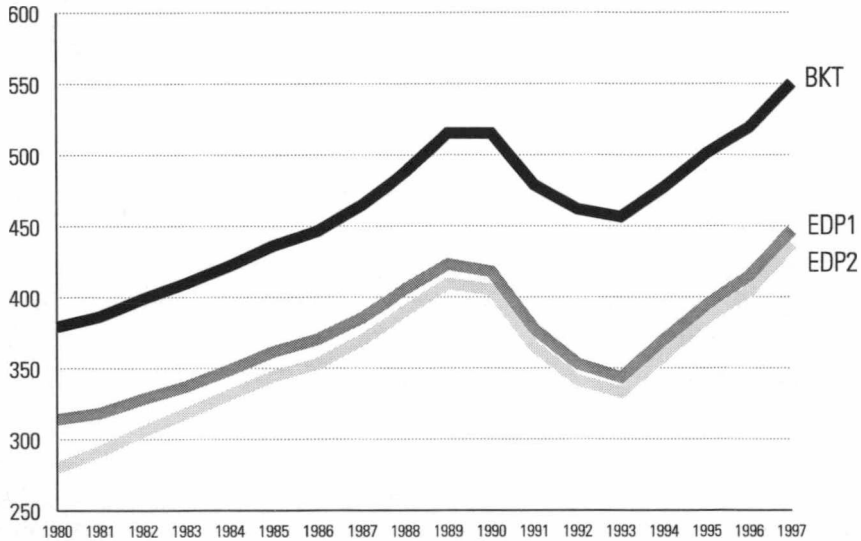
Taulukossa 3 kohdassa *"Metsien kasvu"* on huomioitu Suomen metsien puuaineksen korjaamaton kasvu SEEA -käsikirjan mukaisesti talousmetsissä. Metsävarojen kasvutiedot perustuvat Metsäntutkimuslaitoksen keräämiin tietoihin ja Tilastokeskuksen puuainestilinpäätösten tietoihin. Metsien korjaamaton kasvu on hinnoiteltu kunkin vuoden kantohintatietojen perusteella. Ympäristönsuojelumenot ovat valtion, kuntien ja kuntayhtymien, teollisuuden ja ympäristöjärjestöjen ympäristön- ja luonnonvarojen tilan parantamiseen tarkoitettuja, toteutuneita menoja. Tarkempi erittely ympäristönsuojelumenoista on liitteessä 3 sivulla 138. Kohta *"Muut muutokset ympäristövarojen arvossa"* käsittää muut talouden aiheuttamien ulkoisvaikutusten arvot. Taulukossa 3 on tässä kohtaa arvioitu Suomen rikki- ja typpilaskeumasta aiheutuvan happaman laskeuman, metsien harsuuntumisen sekä hiilidioksidipäästöjen ja metsien kasvun hiiltä sitovan vaikutuksen rahalliset arvot. Puuvarannon korjaamattomaan kasvuun sitoutuneen hiilen taloudellisena arvona on käytetty Tielaitoksen hankesuunnittelussa käyttämää 170 markkaa tonnilta. Happaman laskeuman arvona on käytetty IIASA:n (International Institute for Applied Systems Analysis) ympäristötekniikan tutkimusprojekteissa aiemmin käyttämää arvoa, joka vastaa 22 000 Suomen markkaa. (kt. lähemmin Hoffrén 1997a)

Kuten taulukosta 3 huomataan ylittää kiinteän pääoman kuluminen Suomessa selkeästi, 4–5 kertaisesti vuodesta riippuen, arvioidun luonnon pääoman kulumisen. Osaltaan tämä johtuu varmasti siitä ettei läheskään kaikkia tiedossa olevia ympäristövaikutuksia ole edes pyritty tässä laskelmassa hinnoittelemaan luotettavien hinta-arvioiden puuttuessa. Suomen reaalisesta BKT:n, EDP1:n ja EDP2:n kehitystä suhteessa toisiinsa vuosina 1980–97 on tarkasteltu kuviossa 12.

Kuten kuviossa 12 huomataan on BKT ja EDP -käyrien kehitys lähes täsmälleen samansuuntaista. Tämä johtuu talouden muuttujien toisiaan korreloivista muutoksista. Erityisesti kiinteän pääoman dominoiva rooli EDP:tä laskettaessa peittää alleen ympäristömuutosten arvot. EDP1:n ja EDP2:n välinen ero ei näytä kovinkaan suurelta; tämä johtuu siitä ettei ympäristövaikutuksia ole pystytty ottamaan kattavasti huomioon eikä hinnoittelemaan niitä "oikeilla" hinnoilla. Ympäristökorjattu kansantuote onkin puutteellinen nimenomaan hyvinvoinninmittarina, mikä on syytä muistaa sitä hyödynnettäessä. Parempi hyvinvoinnin mittari olisi kestävä taloudellisen hyvinvointi indeksi ISEW:in tapainen mittari. Sen edellyttämiä tietoja ei kuiten-

**Kuvio 12**

Reaalisen BKT:n, EDP1:n ja EDP2:n kehitys 1980–97 (miljardia markkaa)



kaan ole saatavilla. Esitettyä laskelmaa Suomen ympäristökorjattua kansantuotteesta EDP1:stä voidaan kuitenkin pitää parempana hyvinvoinnin mittarina kuin bruttokansantuotetta. Tämän takia seuraavissa luvuissa käytetään juuri EDP1:n mukaista ympäristökorjattua kansantuotetta hyvinvoinnin mittarina Suomen ekotehokkuutta arvioitaessa.

### *Suomen talouden ekotehokkuuden tarkastelu*

Yksinkertaisimmillaan taloudelliset tehokkuusluvut ilmaisevat tuotoksen suhteessa kustannuksiin eli tehokkuus on tuotos per kustannukset. Mitä suurempi luku on, sen tehokkaampi ja tuottavampi toiminto. Tuottojen ja kustannusten ollessa yhtäsuuret muodostuu tehokkuusluvuksi 1. Mikäli tehokkuusluku jää alle yhden on toiminto selkeästi tehoton. Suomen talouden ekotehokkuutta arvioidaan tässä tutkimuksessa Michaelsin (1997) OECD:lle esittämän kaavan (6) mukaisesti. Koska kansantalouden tilinpito lähtee siitä olettamuksesta että taloudessa menot ja tulot ovat määritelmän mukaan yhtä suuret, ei kansantalouden tasolla ole mahdollista laskea tehokkuutta aivan samalla tavalla kuin yritysmailmassa. Kansantaloudessa tehokkain tilanne on se kun toteutunut BKT on yhtä suuri kuin potentiaalinen BKT,

jolloin kaikki resurssit ovat täyskäytössä. Ympäristön kannalta tilanne ei kuitenkaan aina ole toivottavin, eikä tehokkain.

Tässä tutkimuksessa Suomen talouden kokonaistehokkuutta analysoidaan tarkastelemalla reaalisen ympäristökorjatun kansantuotteen kehityksen suhdetta luonnonvarojen kulutukseen ja ympäristöhaittojen määrään. Muuttujien yhteismitattomuuden takia on päädytty käyttämään indeksointia, jossa kaikkien muuttujien lähtötasoa, vuotta 1980 merkitään luvulla 100. Vuosittaiset muutokset kertovat siten miten muuttuja kunakin vuonna käyttäytyy suhteessa tähän perusvuoteen. Käytetty ympäristökorjattu kansantuotemittari perustuu YK:n SEEA-järjestelmään ja käytännön laadinta kansantaloudentilinpitoon sekä Luonnonvarat ja ympäristö 1998 -katsauksessa (Hoffrén 1998a) esitettyihin tietoihin. Reaalisen ympäristökorjatun kansantuotteen kehitys on esitetty liitteessä 2. Luonnonvarojen kulutukseksi on katsottu luonnonvarojen ns. primäärikulutus eli käytännössä kotimaisista kaivoksista nostetun hyötykiven määrä, kiviainesten, saven ja turpeen kulutus, metallien ja mineraalien tuonti, fossiilisten polttoaineiden käyttö sekä peltoviljojen tuotanto, puutarhatuotanto, puuaineksen käyttö, metsien sivutuotteet ja kalasaalis sekä kalankasvatuksen tuotanto. Eri materiaalien käytön suhteellista haitallisuutta ei tässä tutkimuksessa ole pyritty edes arvioimaan. Luonnonvarojen kulutuksen kehitys on esitetty liitteessä 1. Ympäristövahingoiksi on katsottu tärkeimmät ilmapäästöt eli rikki-, typpi- ja hiilidioksidipäästöt sekä vesistökuormitus eli fosfori- ja typpikuormitus. Näihin muuttujiin on päädytty tietojen saatavuuden takia. Ympäristöhaittoja ei ole myöskään painotettu niiden haitallisuuden mukaan tehtävän vaikeuden ja suuren kiistanalaisuuden takia. Ympäristövahinkojen kehitys on esitetty liitteessä 4.

Suomen talouden kokonaistehokkuutta (Ekotehokkuus 1) on arvioitu seuraavan kaavan (7) avulla (Michaelis 1997, 12):

$$\text{Ekotehokkuus 1} = \frac{RE}{((L + V) / 2)} \quad (7)$$

missä  $RE$  on SEEA:n mukainen reaalinen ympäristökorjattu kansantuote (EDP1),

$L$  on luonnonvarojen primäärikulutus ja

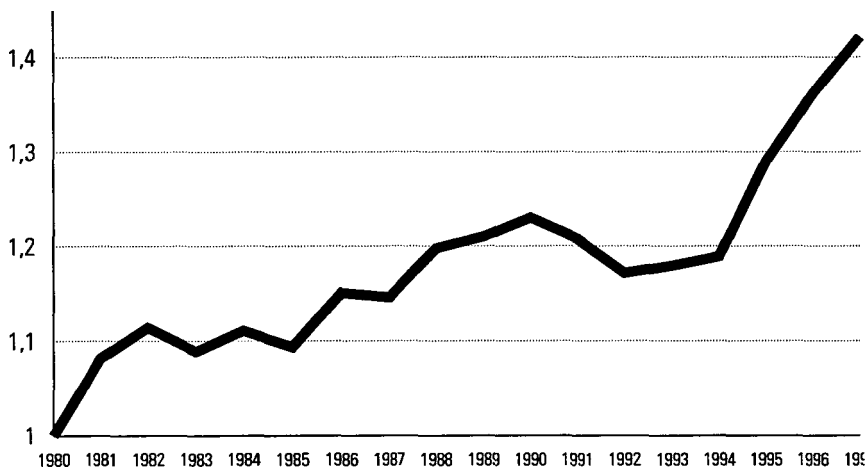
$V$  on ympäristöhaittojen määrän kehitys.



Koska kaavassa 1 käytetyt muuttajat ilmaistaan eri mittayksikköinä, on muuttujina RE, L ja V käytetty muuttujien arvoyksiköiden sijasta niiden indeksejä. Perusvuonna 1980 kaikkien muuttujien arvoksi on merkitty luku 100. Muiden vuosien indeksit ilmaisevat siis muutosta vuoden 1980 arvoon verrattuna. Indeksien arvot on esitetty tutkimuksen liitteessä 5. Kaavan (7) avulla saadut tulokset on esitetty kuviossa 13 ja tutkimuksen liitteessä 5 sivulla 141.

**Kuvio 13**

**Talouden kokonaiskotehokkuuden kehitys 1980–1997 (Ekotehokkuus 1)**



Kuten kuvioista 13 huomataan on Suomen talouden kokonaiskotehokkuus parantunut selkeästi vuodesta 1980 lähtien lukuunottamatta 1990-luvun alun lamaa. Vuoteen 1980 verrattuna Ekotehokkuus 1 oli vuonna 1997 parantunut kaikkiaan 42,1 prosenttia. Nopeinta paranemista oli vuosina 1995–1997, jolloin talouskasvukin oli nopeaa. Factor 10 ja Factor 4 -tavoitteiden toteutuminen edellyttäisi toteutuakseen ekotehokkuuden parantumista vuosittain keskimäärin 5,3 prosentilla. Toteutunut vuosittainen vähenemä oli kuitenkin vuosina 1980–97 keskimäärin vain 2,3 prosenttia ja 1990-luvullakin keskimäärin vain 1,9 prosenttia vuodessa. Toteutuneen kehityksen perusteella nykyinen kehitysura ei näillä näkymin johda Factor -tavoitteiden saavuttamiseen,

vaan tarvitaan uusia, tehokkaita ympäristöpoliittisia toimenpiteitä mikäli nämä tavoitteet halutaan saavuttaa.

Talouden materiaalisen tehokkuutta on tutkittu seuraavan Ekotehokkuus 2 -kaavan (8) avulla (Adriaanse et.al. 1997, 14):

$$\text{Ekotehokkuus 2} = \frac{RE}{L}, \quad (8)$$

missä  $RE$  on reaalin ympäristökorjattu kansantuote (EDP1)

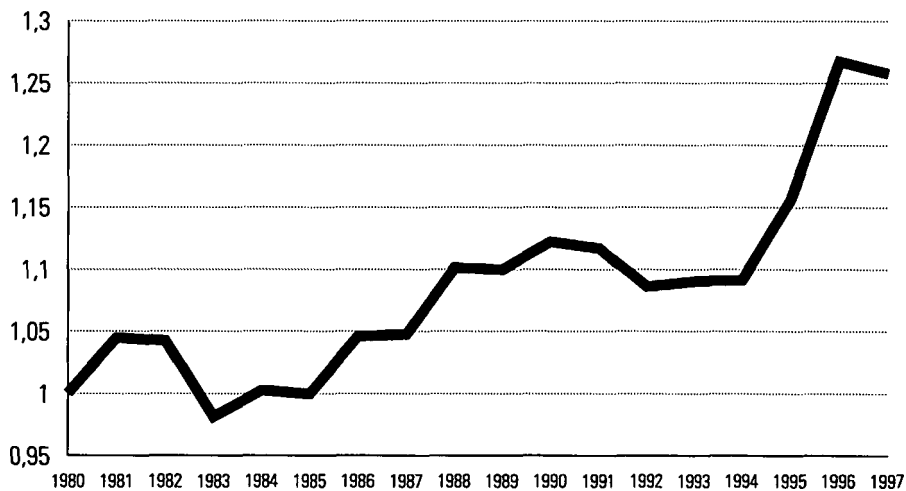
ja

$L$  = luonnonvarojen primäärikulutus.

Kaavan (8) avulla saadut tulokset on esitetty kuviossa 14 ja tutkimuksen liitteessä 5 sivulla 145.

**Kuvio 14**

**Talouden materiaalien käytön tehokkuuden kehitys 1980–1997 (Ekotehokkuus 2)**



Kuten kuvioista 14 huomataan, heikkeni Suomen talouden materiaallinen tehokkuus 1980-luvun puolivälissä, jonka jälkeen materiaallinen tehokkuus on parantunut. Nopeinta kasvu oli vuosina 1995–1996. Vuoteen 1980 verrattuna Ekotehokkuus 2 parani 25,8 prosenttia vuoteen 1997 mennessä. Factor 10 ja Factor 4 -tavoitteiden toteutuminen edellyttäisi kuitenkin toteutuakseen materi-

aalien käytön vähenemistä keskimäärin 5,3 prosentilla vuosittain aina vuoteen 2040 asti. Toteutunut vähenemä oli vuosina 1980–97 kuitenkin vain 1,4 prosenttia ja 1990-luvulla keskimäärin vajaat 0,2 prosenttia vuodessa. Nykyinen kehitysvahti ei näillä näkymin ole riittävä Factor -tavoitteiden saavuttamiseen.

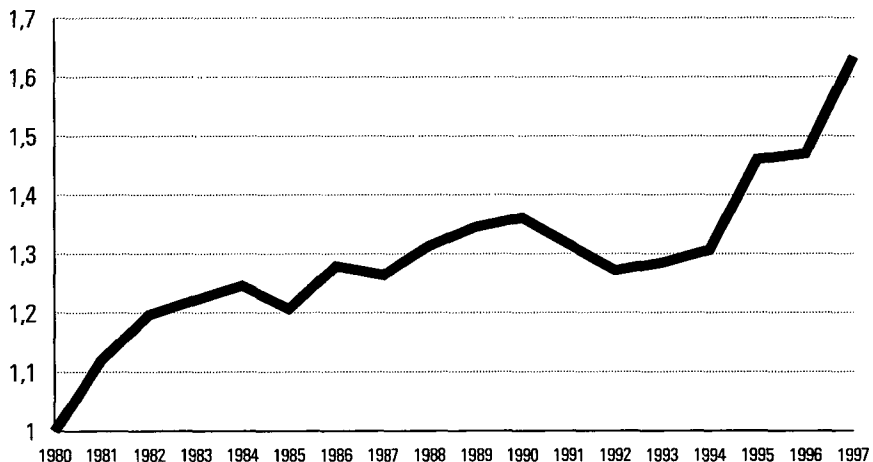
Talouden ympäristövahinkojen määrän suhdetta hyvinvoinnin kehitykseen on tutkittu seuraavan Ekotehokkuus 3 -kaavan (9) avulla (Michaelis 1997, 13–15):

$$Ekotehokkuus3 = \frac{RE}{V} \quad (9)$$

missä  $RE$  on reaalin ympäristökorjattu kansantuote (EDP1) ja  $V$  on ympäristöhaittojen määrän kehitys.

Kaavan (9) avulla saadut tulokset on esitetty kuviossa 15 ja tutkimuksen liitteessä 5 sivulla 145.

**Kuvio 15**  
**Talouden aiheuttamien ympäristöhaittojen korjaamistehokkuuden kehitys**  
**(Ekotehokkuus 3)**



Talouden aiheuttamat ympäristöhaitat ovat talouden luomaan hyvinvointiin nähden pienentyneet nopeasti. Tosin 1990-luvun alun lama hidasti tehokkuuden parantumista. Vuoteen 1980 ver-

rattuna Ekotehokkuus 3 parani jopa yli 63 prosenttia vuoteen 1997 mennessä.

Ilmapäästöjen suhdetta hyvinvoinnin kehitykseen on tutkittu seuraavan Ekotehokkuus 4 -kaavan (10) avulla (Michaelis 1997, 15):

$$Ekotehokkuus4 = \frac{RE}{IP} , \quad (10)$$

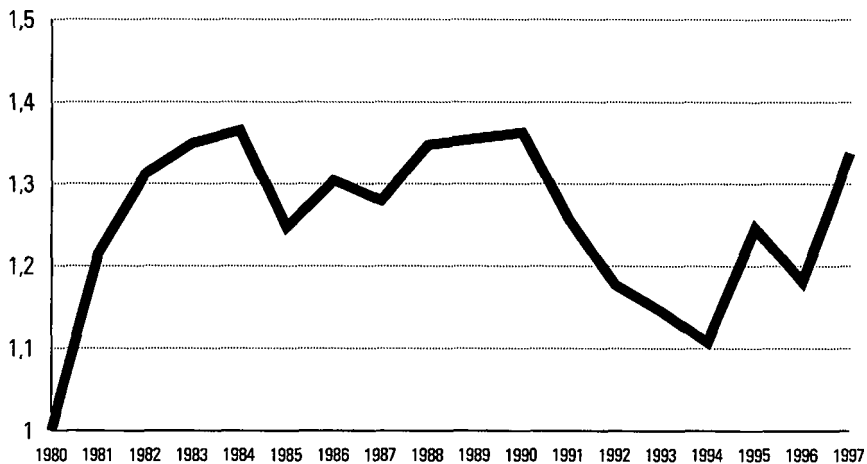
missä  $RE$  on reaalin ympäristökorjattu kansantuote (EDP1) ja

$IP$  on rikki-, typpi- ja hiilidioksidipäästöjen tonni-määräinen kehitys.

Kaavan (10) avulla saadut tulokset on esitetty kuviossa 16 ja tutkimuksen liitteessä 5 sivulla 145.

**Kuvio 16**

*Talouden ilmapäästöjen puhdistamistehokkuuden kehitys, (Ekotehokkuus 4)*



Kuvion 16 mukaan 1990-luvun alussa Ekotehokkuus 4 -mittarin parantuminen näyttää kääntyneen selkeään laskuun, joskin vuoden 1995 jälkeen tehokkuus on jälleen alkanut parantua. Vuoteen 1980 verrattuna Ekotehokkuus 4 oli vuoteen 1997 mennessä parantunut 33,7 prosenttia.

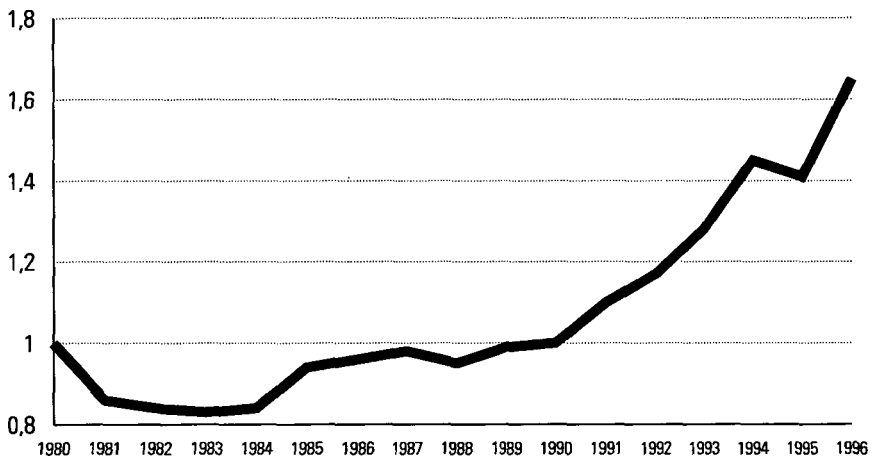
Vesistökuormituksen suhdetta hyvinvoinnin kehitykseen on tutkittu seuraavan Ekotehokkuus 5 -kaavan (11) avulla:

$$Ekotehokkuus5 = \frac{RE}{IP} , \quad (11)$$

missä  $RE$  on reaalin ympäristökorjattu kansantuote (EDP1) ja  
 $VP$  on vesistöjen typpi- ja fosforikuormituksen tonni-  
 määräinen kehitys.

Kaavan (11) avulla saadut tulokset on esitetty kuviossa 17 ja tutkimuksen liitteessä 5 sivulla 145.

**Kuvio 17**  
**Talouden vesistökuormituksen vähentymistehokkuuden kehitys, (Ekotehokkuus 5)**



Vesistökuormitus on talouden luomaan hyvinvointiin nähden kasvanut selvästi nopeammin koko 1980-luvun. Vasta 1990-luvulla vesistökuormitus suhteessa tuotannon määrään on alkanut nopeasti supistua. Vuoteen 1980 verrattuna Ekotehokkuus 5 parani 90-luvun myönteisen kehityksen ansiosta jopa 56,9 prosenttia vuoteen 1996 mennessä.

Näillä Ekotehokkuus 1–5 -mittareilla tarkasteltuna Suomen talouden ekotehokkuus on 1980- ja 1990 -luvulla parantunut

merkittävästi. Sen sijaan ekotehokkuuden eri osatekijöiden suhteen kehitys on edennyt hyvinkin eri suuntaisesti. 1980-luvulla ekotehokkuuden paraneminen johtui ilmapäästöjen pienentymisestä, sillä luonnonvarojen kulutuksen sekä vesistökuormituksen osalta ekotehokkuus heikkeni selkeästi. Sen sijaan talouden ekotehokkuuden paraneminen on 1980-luvun lopulla ja 1990-luvulla ollut seurausta luonnonvarojen primäärikulutuksen selkeästä tehostumisesta ja vesistökuormituksen alenemisesta, joskin ilmapäästöjen, etenkin hiilidioksidi- ja typpipäästöjen osalta tehokkuus on heikkenemässä.

---

### *Kansainvälinen vertailu*

---

Suomen talouden ekotehokkuutta ei aiemmin ole verrattu muiden teollisuusmaiden vastaaviin lukuihin. Esimerkiksi Helmisen (1998, 23) mukaan kaikista tuottavuuden osatekijöistä materiaallinen tuottavuus on lähinnä ekotehokkuutta. Lisäksi talouden tuotannontekijöistä vain materiaalien kulutuksella on suora yhteys luonnon talouteen. Tässä tutkimuksessa Suomen talouden ekotehokkuuden kehitystä verrataan eräiden teollisuusmaiden vastaavaan kehitykseen nimenomaan materiaallisen tehokkuuden kautta. Osaltaan tähän on syynä vertailutietojen rajallinen saatavuus. Tutkimuksessa käytetään Adriaansen et.al.:n (1997) keräämiä tietoja Saksan, Alankomaiden, Yhdysvaltojen ja Japanin talouksien materiaalisista tehokkuuksista. Nämä tiedot on kerätty saksalaisen Wuppertal Instituutin teollisuusmaiden materiaalitaseita koskevassa tutkimuksessa, joka alkoi lokakuussa 1992. Yhdysvaltalainen World Resources Intitute, Alankomaiden asunto- ja ympäristöministeriö sekä Japanin kansallinen ympäristötutkimuskeskus liittyivät projektiin huhtikuussa 1996. Samalla päätettiin laatia näille neljälle maalle vertailukelpoiset materiaali virtatilinpidot. Tulokset valmistuivat huhtikuussa 1997. (Bringezu 1997, 57)

Tutkimuksen kannalta on ongelmallista että tuoreimmat käytettävissä olevat kansainväliset vertailutiedot ovat saatavilla vain vuoteen 1994 asti. Siten Suomen viime vuosien kehityksen vertaaminen muiden teollisuusmaiden tilanteisiin ei vielä ole mahdollista. Myöskin ekotehokkuuden eri osatekijät huomioon ottavan kansainvälisen vertailun tekeminen ei vielä tietopohjan puutteellisuuksien takia ole mahdollista. Muiden teollisuusmaiden osalta ei vielä ole saatavissa laskelmia ympäristökorjatun

kansantuotteen kehityksestä. Myösin ilma- ja vesipäästötiedot ovat hajanaisia eivätkä sovellu aikasarja-analyysien tekemiseen. Tarkasteltavien teollisuusmaiden talouksien suorat materiaalien kulutukset on esitetty taulukossa 4. Suomea koskevat materiaali-virtatiedot (Hoffrén 1997b, 1998a ja 1998b) ovat samat kuin edellä käytetyt. Adriaanse et al.:n laskemia, Saksan, Yhdysvaltojen, Alankomaiden ja Japanin suoraa materiaalien kulutusta kuvaavia lukuja on tässä tutkimuksessa eräiltä osin muutettu vertailukelpoiseksi Suomen lukujen kanssa. Suurimmat muutokset ovat puolivalmisteiden ja lopputuotteiden sisältämien materiaalien jättäminen pois luvuista, mikä ei kuitenkaan juurikaan muuta suoran materiaalien kulutuksen tasoa. Suora materiaalien kulutus on määrällisesti suurinta Yhdysvalloissa, yli 6 miljardia tonnia vuonna 1994. Seuraavina tulevat Japani ja Saksa.

**Taulukko 4**  
**Eräiden teollisuusmaiden suora materiaalien kulutus 1975–94 (miljoonaa tonnia)**

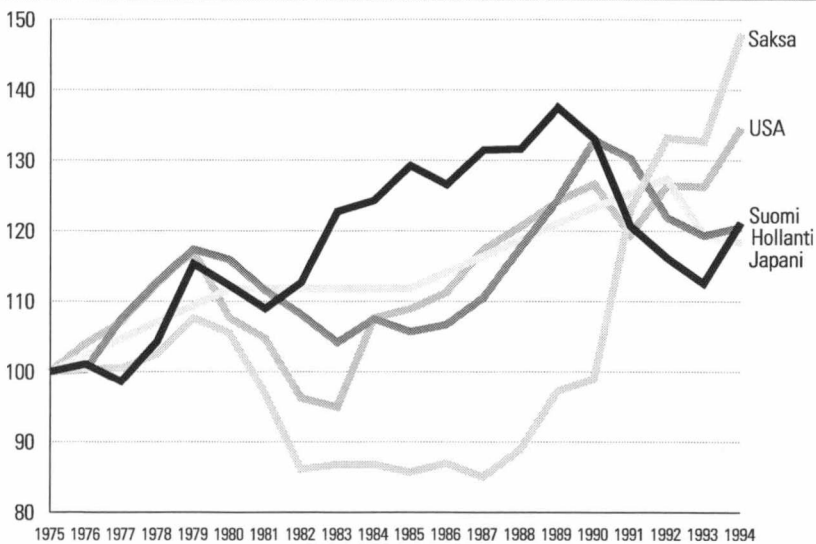
	Suomi	Saksa	Japani	USA	Alankomaat
1975	148	964	1 589	4 526	424
1976	149	968	1 594	4 708	434
1977	146	969	1 708	4 844	443
1978	154	988	1 792	5 095	453
1979	170	1 038	1 865	5 301	463
1980	166	1 017	1 842	4 872	473
1981	161	933	1 772	4 739	473
1982	166	830	1 718	4 354	473
1983	181	837	1 655	4 295	474
1984	184	837	1 708	4 871	474
1985	191	826	1 679	4 928	474
1986	187	838	1 695	5 035	483
1987	194	820	1 756	5 313	493
1988	194	857	1 869	5 459	503
1989	203	937	1 977	5 620	513
1990	197	954	2 111	5 732	522
1991	178	1 186	2 070	5 406	531
1992	172	1 285	1 937	5 721	540
1993	166	1 279	1 896	5 714	505
1994	179	1 427	1 915	6 092	501

Suora materiaalien kulutus kasvoi vuosina 1975–79 tarkastelluissa maissa, mitä seurasi lasku vuosina 1980–82. Kaikissa tarkastelluissa maissa käänne suoran materiaalien kulutuksen kas-

vun alkamiseen ajoittuu vuosiin 1983–85 ja kasvu näyttää kestäneen aina vuosiin 1989–90 saakka. Sen jälkeen kulutus kääntyi voimakkaaseen laskuun muissa maissa paitsi Saksassa. Saksan tilanteen arviointia haittaa osaltaan vuonna 1990 tapahtunut ns. jälleenyhdistyminen, jonka jälkeen Saksan lukuihin sisältyvät myös entisen Itä-Saksan tiedot. Materiaalien kulutus näyttää vuonna 1994 kasvaneen Saksassa, Yhdysvalloissa ja Suomessa. Sen sijaan Alankomaissa ja Japanissa lasku näyttää vasta vaikiintuneen. Suomen, Yhdysvaltojen, Saksan, Alankomaiden ja Japanin suoran materiaalien kulutuksen kehitys vuoteen 1975 verrattuna on esitetty kuviossa 18.

**Kuvio 18**

**Suoran materiaalien kulutuksen kehitys eräissä teollisuusmaissa (1975=100)**



Tarkasteltaessa talouden materiaalista tehokkuutta, on tärkeää suhteuttaa suora materiaalien kulutus ensiksikin maan asukaslukuun. Materiaalivirta-analyysin kannalta tämä materiaalien kulutus per capita -indikaattori on tärkeä mittari. Taulukossa 5 on esitetty Suomen, Saksan, Alankomaiden, Japanin ja Yhdysvaltojen suoran materiaalien kulutuksen kehitys vuosina 1975–94 sekä vuosittaiset muutosprosentit kehityksen suunnan arvioimiseksi.



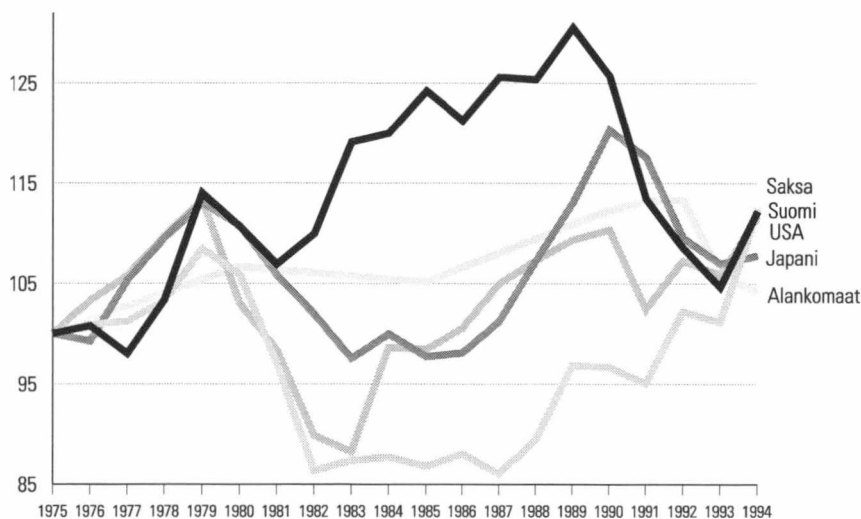
**Taulukko 5****Suoran materiaalien kulutuksen kehitys eräissä teollisuusmaissa 1975–94**

	Suomi		Saksa		Japani		USA		Alankomaat	
	Tonna per capita	Muutos-% ed. vuodesta	Tonna per capita	Muutos-% ed. vuodesta	Tonna per capita	Muutos-% ed. vuodesta	Tonna per capita	Muutos-% ed. vuodesta	Tonna per capita	Muutos-% ed. vuodesta
1975	31,35	–	15,60	–	14,20	–	20,88	–	31,28	–
1976	31,59	+1,0	15,74	+0,9	14,09	–0,8	21,56	+3,3	31,72	+1,4
1977	30,72	–2,8	15,79	+0,3	14,96	–0,8	22,09	+2,5	32,14	+1,3
1978	32,40	+5,5	16,11	+2,0	15,56	+6,1	22,91	+3,7	32,56	+1,3
1979	35,74	+10,2	16,91	+5,0	16,05	+4,0	23,66	+3,3	32,97	+1,3
1980	34,69	–2,8	16,52	–2,4	15,73	+1,2	21,50	–9,1	33,37	+1,2
1981	33,52	–3,5	15,13	–8,4	15,03	–4,5	20,54	–4,5	33,28	–0,3
1982	34,47	+3,0	13,47	–11,0	14,47	–3,7	18,76	–8,7	33,18	–0,3
1983	37,34	+8,1	13,62	+1,2	13,85	–4,3	18,42	–1,8	33,08	–0,3
1984	37,61	+0,8	13,68	+0,4	14,20	+2,5	20,59	+11,8	32,98	–0,3
1985	38,94	+3,5	13,54	–1,0	13,88	–2,3	20,55	–0,2	32,89	–0,3
1986	38,00	–2,3	13,73	+1,4	13,93	+0,4	20,99	+2,1	33,35	+1,4
1987	39,37	+3,7	13,42	–2,3	14,37	+3,2	21,91	+4,4	33,81	+1,4
1988	39,30	–0,3	13,94	+3,9	15,23	+6,0	22,41	+2,3	34,26	+1,3
1989	40,91	+4,1	15,10	+8,3	16,05	+5,3	22,83	+1,9	34,70	+1,3
1990	39,41	–3,7	15,08	–0,2	17,08	+6,4	23,04	+0,9	35,14	+1,3
1991	35,56	–9,6	14,82	–1,7	16,69	–2,3	21,38	–7,2	35,42	+0,8
1992	34,03	–4,5	15,94	+7,5	15,56	–6,8	22,40	+4,8	35,46	+0,1
1993	32,80	–3,5	15,77	–1,0	15,19	–2,4	22,09	–1,4	33,12	–6,6
1994	35,18	+7,3	17,53	+11,2	15,31	+0,8	23,32	+5,6	32,57	–1,7

Suora materiaalien kulutus asukasta kohden on ollut hyvinkin erilaista eri maissa. Osaltaan tämä johtuu maiden teollisuuksien erilaisista raaka-aineintensiivisyydestä. Tässä suhteessa Suomen ja Alankomaiden taloudet näyttävät kuitenkin hyvin samankaltaisilta, raaka-ainevaltaisilta talouksilta. Molemmissa suora materiaalien kulutus asukasta kohden on ollut reilut 30 tonnia vuodessa. Myös Saksan ja Japanin taloudet muistuttavat tässä suhteessa toisiaan. Suora materiaalien kulutus asukasta kohden on niissä reilut 15 tonnia vuodessa. Yhdysvallat sijoittuu tässä vertailussa reilulla 20 tonnilla asukasta kohden vuodessa näiden kahden maaryhmän väliin. Suora materiaalien kulutus per capita -indikaattorin kehitys on esitetty myös kuviossa 19.

Kuvio 19

DMI per capita -indikaattorin kehitys eräissä teollisuusmaissa (1975=100)



Suora materiaalien kulutus asukasta kohden vähentyi 1980-luvun alkupuolella kaikissa muissa teollisuusmaissa paitsi Suomessa, jossa kulutus kasvoi voimakkaasti aina vuoteen 1989 saakka. 1980-luvun loppupuolella suora materiaalien kulutus asukasta kohden alkoi kasvaa myös Yhdysvalloissa, Alankomaissa, Japanissa ja Saksassa joskaan kasvu ei ollut läheskään yhtä voimakasta kuin Suomessa. Suomessa suora materiaalien kulutus saavutti huippunsa 1989, jonka jälkeen suora materiaalien kulutus asukasta kohden romahti jopa 30 prosentilla vuoteen 1993 mennessä. Myös muissa teollisuusmaissa suora materiaalien kulutus asukasta kohden vakiintui vuosina 1989–90 ja kääntyi tämän jälkeen laskuun. Vuonna 1994 oli suora materiaalien kulutus asukasta kohden palannut tarkastelluissa teollisuusmaissa lähelle niiden suhteellista vuoden 1980 tasoa. Merkille pantavaa on että Yhdysvaltojen ja Suomen sekä yhdistyneen Saksan kehitys olivat suhteellisesti tarkasteltuna voimakkaasti lähestymässä toisiaan. Japani ja Alankomaat olivat tasonsa puolesta hieman alemmalla kehitysuralla.

Talouden materiaalista tehokkuutta kuvaa kuitenkin parhaiten ns. suora materiaalien kulutus per bruttokansantuote yksikkö -mittari. Vertailtavuussyistä bruttokansantuotteet ilmoitetaan yleensä reaalisin, jonkin tietyn vuoden hinnoin. Bruttokansantuotetiedot ovat kunkin maan virallisia tietoja ja taulukon 6 DMI/BKT-indikaattorin laskemisessa on käytetty reaalisia, vuo-

**Taulukko 6**  
**DMI/BKT -indikaattorin parantuminen vuoteen 1975 verrattuna (prosenttia)**

	Suomi	Saksa	Japani	USA	Alankomaat
1976	-1,5	+4,7	+3,5	-4,0	+2,6
1977	+1,2	+7,2	+1,0	-2,1	+3,9
1978	-2,3	+8,2	+1,3	-3,0	+2,8
1979	-5,8	+7,4	+1,9	-2,1	+2,8
1980	+2,2	+10,2	+6,5	+8,5	+1,9
1981	+6,9	+17,6	+12,8	+10,5	+1,4
1982	+6,7	+26,1	+17,9	+19,1	+0,2
1983	+1,0	+26,7	+22,7	+18,6	+1,9
1984	+2,7	+28,7	+23,3	+10,7	+5,0
1985	+2,1	+31,1	+27,8	+14,8	+7,8
1986	+6,4	+28,6	+29,1	+15,7	+8,4
1987	+6,6	+34,2	+29,5	+15,8	+7,9
1988	+10,9	+33,6	+29,3	+16,7	+8,5
1989	+11,9	+29,9	+28,7	+16,9	+10,9
1990	+14,7	+32,6	+27,6	+16,1	+12,7
1991	+16,7	+20,2	+31,6	+20,2	+13,3
1992	+16,9	+15,0	+36,6	+17,9	+13,6
1993	+18,6	+13,7	+38,1	+20,0	+19,7
1994	+16,1	+5,8	+33,6	+17,7	+22,8

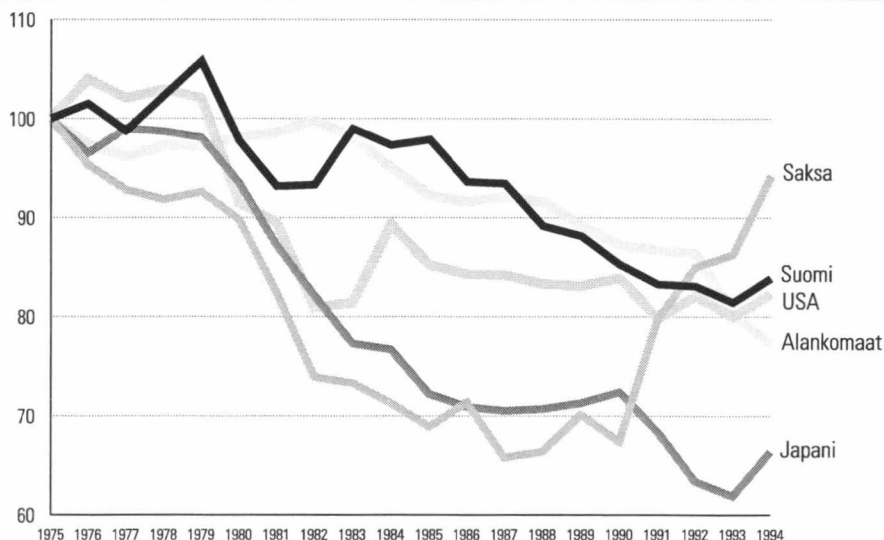
den 1990 hintojen mukaisia ja SNA-68 -suosituksen mukaan laskettuja bruttokansantuotetietoja.

Wuppertal Instituutin johtamassa tutkimuksessa merkittävin havainto oli Bringezun (1997, 62) mukaan suoran materiaalien kulutuksen vähittäinen alentuminen kaikissa tarkastelluissa maissa. Tämä kehitys on kuitenkin ollut pikemminkin vaihteista kuin jatkuvaa parantumista. Yleisesti ottaen talouden tehostumisen voidaan Bringezun mukaan katsoa näkyvän myös vähentyneenä materiaalien kulutuksena. Kuten taulukosta 5 huomataan on Suomen kehitys ollut samansuuntaista kuin muissakin tarkastelluissa teollisuusmaissa. DMI per BKT-indikaattorin kehitys tarkastelluissa maissa on esitetty myös kuviossa 20.

DMI per BKT-yksikkö -indikaattori näyttää laskeneen teollisuusmaissa reilusti 1980-luvulla ja kääntyneen vuoden 1993 jälkeen uudelleen kasvuun. Suomessa ja Alankomaissa DMI per BKT-yksikkö -indikaattorin lasku alkoi, muista teollisuusmaista poiketen, vasta vuoden 1983 jälkeen. Kun Saksassa ja Japanissa

Kuvio 20

DMI per BKT-yksikkö -indikaattorin kehitys eräissä teollisuusmaissa (1975=100)



DMI per BKT -indikaattori laski lähes 28 ja 33 prosenttia vuoteen 1990 mennessä, oli lasku Suomessa vain 16,7 prosenttia. Yhdysvalloissa vastaava lasku oli 16,1 ja Alankomaissa 12,7 prosenttia. Japanin DMI per BKT -indikaattori on myös tämän jälkeen alentunut, mutta Saksan kasvanut. Saksan todellisen tilanteen arviointia vaikeuttaa jälleen vuonna 1990 tapahtunut jälleenyhdistyminen, joka muutti osin merkittävästi maan talouden rakenteita. Suomessa DMI per BKT -indikaattori laski aina vuoteen 1993 saakka, jonka jälkeen se on hieman kasvanut. Vuonna 1994 Suomen DMI/BKT -indikaattori oli alentunut kaikkiaan 16,1 prosenttia vuoteen 1975 verrattuna. Saksassa vastaava vähentymä oli 5,8 prosenttia, Yhdysvalloissa 17,7 ja Alankomaissa 22,8 prosenttia sekä Japanissa 33,6 prosenttia.

Toteutuneen kehityksen perusteella voidaan laskea Suomelle, Saksalle, Japanille, Yhdysvalloille ja Alankomaille DMI/BKT -indikaattorin vuosittaiset vähenemäprosentit. Nämä vuosittaiset vähentymät on esitetty taulukossa 7.

Kaikkien tarkasteltujen maiden DMI/BKT -indikaattorin arvo näyttää laskeneen tarkasteltujen 20 vuoden aikana. 1990-luvun alussa vähentymisvauhti näyttää Alankomaita lukuunottamatta hieman laskeneen teollisuusmaissa. Factor 4 ja 10 -tavoitteiden voidaan arvioida edellyttävän ekotehokkuuden parantumisesta 5,3

**Taulukko 7****DMI/BKT -indikaattorin väheneminen eräissä teollisuusmaissa (prosenttia)**

	Vähene- mä ajan- jaksolla 1975-79	Vähene- mä ajan- jaksolla 1980-89	Vähene- mä ajan- jaksolla 1990-94	Vuosittai- nen vähenemä 1975-79	Vuosittai- nen vähenemä 1980-89	Vuosittai- nen vähenemä 1990-94
Japani	-1,9	-23,8	-8,3	-0,39	-2,38	-1,65
Yhdysvallat	-2,1	-8,4	-0,8	-2,38	-0,84	-0,16
Alankomaat	-2,8	-9,2	-11,6	-0,56	-0,92	-2,31
Saksa	-7,4	-22,0	+40,0	-1,49	-2,20	+7,94
Suomi	+5,8	-9,8	-1,7	+1,16	-0,98	-0,34

prosentilla vuosittain. Taulukossa vuosien 1980–89 DMI/BKT –indikaattorien keskimääräiset vähentymät vaihtelevat 0,8 – 2,4 prosentin välillä, mikä on Factor -tavoitteiden kannalta liian alhainen kehitysvauhti. Vähentymisvauhdin pitäisi olla 2000 -luvun alussa toteutuneeseen kehitykseen verrattuna lähes 2,5 -kertaista mikäli Factor -tavoitteet halutaan saavuttaa.

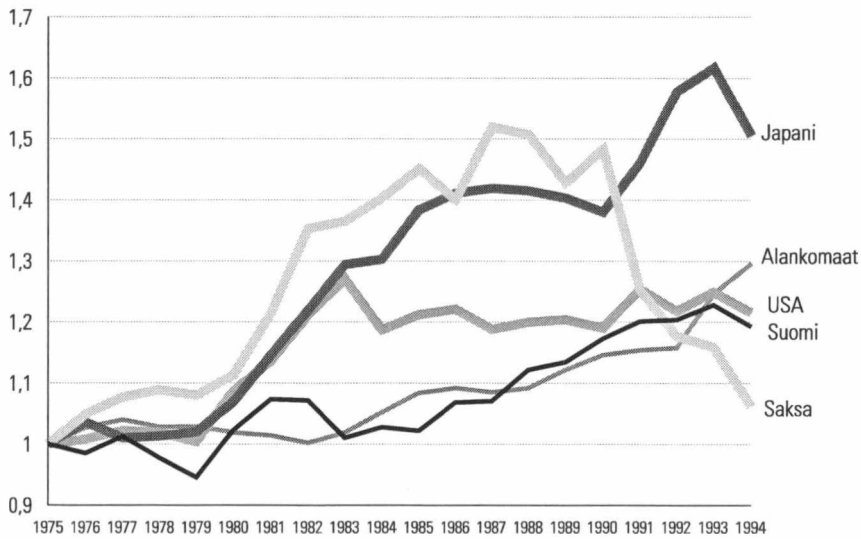
Talouksien kuviossa 20 esitettyä Suomen, Saksan, Yhdysvaltojen, Japanin ja Alankomaiden materiaalista tehokkuutta voidaan tarkastella myös aiemmin sovelletun Ekotehokkuus 2 –mittarin (8) avulla. Hyvinvointia täytyy kuitenkin mitata ympäristökorjatun kansantuotteen (EDP) sijasta tavanomaisen bruttokansantuotemittarin (BKT) avulla. Tällöin Ekotehokkuus 2:n kaava (12) on seuraava (Adriaanse et.al. 1997, 14):

$$Ekotehokkuus2 = \frac{BKT}{L} , \quad (12)$$

missä  $BKT$  on reaalin bruttokansantuote ja  $L$  on luonnonvarojen primäärikulutus.

Kaavan (12) avulla saadut tulokset on esitetty kuviossa 21 ja tutkimuksen liitteessä 6 sivulla 147.

Kuviosta 21 nähdään Suomen talouden suoran materiaalien kulutuksen lähentyneen tarkastellulla ajanjaksolla merkittävästi muiden teollisuusmaiden materiaalien käyttöä. Kun vielä

**Kuvio 21****Talouksien materiaalien käytön tehokkuuden kehitys 1975–1997 (Ekotehokkuus 2)**

1980-luvulla Suomen tilanne poikkesi merkittävästi muiden teollisuusmaiden tilanteesta, on materiaalien kulutuksen rakenne vuonna 1994 jo hyvinkin samantapainen muihin teollisuusmaihiin verrattuna.

## EKOTEHOKKUUSTARKASTELUN KEHITTÄMINEN

Yhdistyneitten kansakuntien järjestämässä Rio de Janeiron ympäristö- ja kehityskonferenssissa kesällä 1992 määritellystä kestävästä kehityksen politiikasta on 1990-luvulla tullut ympäristöpolitiikan keskeinen lähtökohta. Kestävä kehitys edellyttää taloudellisen ja sosiaalisen kehityksen sovittamista luonnonvarojen asettamiin puitteisiin niin, että edellytykset nykyisen hyvinvoinnin ylläpitämiseen säilyisivät tuleville sukupolville. Käytännössä kestävä kehityksen politiikan käytännön toteutusta on haitannut epäselvyys talouskasvun todellisista rajoista ja tästä johtuva hallittomuus toteuttaa radikaaleja kestävä kehityksen mukaisia, mutta samaan aikaan ehkä taloudellista hyvinvointia laskevia uudistuksia tuotanto- ja kulutustavoissa. Lisäksi ihmisten tulee havaita ympäristöongelmat ja ymmärtää niiden syyt ennen kuin niitä ryhdytään ratkaisemaan. Kestävä kehityksen käytännön toteutuksen kohtaamat ongelmat eivät johdu yksin historiallisista, yhteiskunnallisista ja poliittisista syistä, vaan ne mitä suurimmassa määrin koettelevat myös tieteen eri alojen teorioita ja selityskäytäntöjä. Ongelmia ja ilmiöitä, joiden olemassaoloa tiede ei pysty todistamaan tieteellisten mittaustulosten kautta, on vaikea tarkastella perinteisten tieteenteorian muodostuksen osalta. Luonteeltaan ympäristöongelmat ovat kuitenkin todellisia ongelmia joiden ratkaisemiseen tieteeltä odotetaan pikaisia vastauksia.

Perinteisen tieteen näkökulmasta katsottuna kestävä kehityksen edellytysten tarkka määrittely ja mallintaminen on ongelmallista. Esimerkiksi kestävä kehityksen politiikan määrittelyssä mainituille "luonnonvarojen asettamille puitteille" ei ole vielä löydetty tarkkaa luonnontieteellistä pohjaa. Periaatteessa maapallon kantokyky muodostuu ympäristön tuotantokyvystä eli kyvystä tuottaa ympäristö- ja luonnonvaroja sekä saasteiden siirtokyvystä eli kyvystä "imeä" itseensä talouden sivutuotteita ilman huomattavia vahinkoja. Ylipäätään näyttää siltä että ympäristöntuotantokyky on joustava eli sitä voidaan haluttaessa kas-

vattaa kun taas ympäristön saasteiden sietokyky vaikuttaa paljon joustamattomammalta. Maapallon kantokykyä ei tämän joustavuuden takia pidetä kovin tarkkana käsitteenä. Käsitteen tieteellinen kiistanalaisuus johtuu siitä etteivät luonnontieteet ole pystyneet yleispätevästi määrittelemään elämän ylläpitämiseksi vaadittavien ekosysteemien määrää tai yksittäisten ekosysteemien kantokykyä. Myös taloustieteilijöiden monesti suosima ajatus talouskasvun automaattisesti hyvinvointia nostavasta vaikutuksesta on ristiriidassa kestävän kehityksen politiikan ajatusten kanssa. Lukuisten tutkimusten mukaan talouskasvu ei läheskään aina johda yleiseen hyvinvoinnin tason kasvuun. Lisäksi kysymystä ”Kuinka talouskasvu on saatu aikaan?” ei pidetä niin ratkaisevan tärkeänä kuin sen kestävän kehityksen kannalta katsottuna tulisi olla, vaan talouskasvun käsitteessä sotkeutuvat toisiinsa talouden varsinainen laadullinen kasvu ja talouden laajeneminen yhä uusille yhteiskunnan sektoreille ilman että tämä lisäisi ihmisten kokemaa hyvinvointia.

Tieteellisen tutkimuksen kehittäminen vastaamaan kestävän kehityksen vaatimuksia edellyttää tulevaisuudessa aivan uudenlaista monitieteistä tutkimusta ja lähestymistapaa. Erityisen tärkeää on kehittää menetelmiä, jotka mahdollistavat kokonaisnäkömyksen muodostamisen ja holististen analyysien tekemisen kestävän kehityksen edistymisestä yhteiskunnissa. Erään nämä edellytykset täyttävän tarkastelukehikon tarjoavat termodynamiikaksi kutsuttu fysiikan osa-alue ja erityisesti sen yhteiskuntatieteelliset sovellukset. Ns. yhteiskunnallisen termodynamiikan ajatuksia on aiemmin hyödynnetty varsinkin ekologisen taloustieteen piirissä. Lähestymistavan suurimpana puutteena on kuitenkin sen kyvyttömyys ottaa huomioon ihmisten käyttäytymistä ja sitä ohjaavia tekijöitä. Teknologisten innovaatioiden kehitys ja hintamekanismin talouden kehitystä ohjaavat signaalit sekä tuottajien ja kuluttajien tekemät valinnat ovat näitä ekologiselta taloustieteeltä piiloon jääviä tekijöitä. Ekologisen taloustieteen näkökulma hyvinvointiin voidaan asettaa kysymyksen muotoon ”Kuinka maksimoida hyvinvointi kestävän kehityksen politiikan määrittämässä rajoissa pysyen?” Keskeiseksi kysymykseksi nousee tällöin kysymys hyvinvoinnin tuottamisesta tulevaisuudessa paitsi taloudelliselta kannalta tehokkaasti myös materiaaliselta kannalta tehokkaammin ja ympäristöystävällisemmin sekä yhteiskuntien välillä entistä oikeudenmukaisemmin jakautuen.



Sinällään ajatus pyrkimyksestä optimaaliseen yhteiskunnallisen hyvinvoinnin määrään on uusklassisen hyvinvoinnin taloustieteen keskeisiä lähtökohtia. Uusklassinen taloustieteen hyvinvointiteoria analysoi kuitenkin ihmisten käyttäytymistä ja erityisesti heidän preferenssiensä vaikutusta valintoihin eikä niinkään tarkastele tehtyjen valintojen vaikutuksia maailman tilaan ja ihmisten lopulliseen hyvinvointiin. Lisäksi valinta tapahtuu rajattomassa maailmassa, jossa ainoan esteen materiaalistien hyödykkeiden hankkimiselle ja kuluttamiselle muodostavat kuluttajien tulot ja varallisuus sekä hyödykkeiden hinta. Koska uusklassinen talusteoria ei sisällä tehtyjen kulutusvalintojen vaikutuksia maailman tilaan eikä luonnon rajallisuutta, ei hyvinvointiteoria pysty vastaamaan kestäväen kehityksen tarjoomiin haasteisiin. Ylipäättään uusklassisen talusteorian on vaikea analysoida tilannetta, jossa kaikkien kuluttajien yhteenlasketut valinnat aiheuttavat maailmantilanteen jossa kuluttajat saavat ostamansa tuotteen ohessa "sivutuotoksen", esimerkiksi ekokatastrofin, jota he eivät ole tilanneet ja jota he eivät halua. Tällä hyvinvoinnin optimointiongelmalla ei muun muassa ole selkeää aikaperspektiiviä (tulevat sukupolvet?), tuotos (mitä on hyvinvointi?) ja haitat ovat epäselviä (jonkin ympäristöongelman rahallinen arvo?) eivätkä matemaattiset rajoitteet ole selkeästi määriteltävissä (luonnon kantokyky?), joten yleisesti käytetyt matemaattiseen optimointiin tarkoitettut taloustieteen työkalut eivät siihen pure. Tällöin kestävä kehitys uhkaa uusklassisen taloustieteen näkökulmasta jäädä toistaiseksi enemmän tai vähemmän filosofiseksi pohdinnaksi.

Käytännössä yhteiskuntien haluttomuus toteuttaa kestäväen kehityksen mukaisia muutoksia tuotanto- ja kulutustavoissa näyttää jättäneen ympäristövaikutuksia vähentävän teknologisen kehityksen ainoaksi tieksi välttää uhkaava ekologinen kriisi. Teknologiseen kehitykseen sisältyvät niin täysin uudet innovaatiot kuin vanhojen prosessien parantaminen. Talouden toiminnalle on ominaista pyrkimys tehokkaaseen tuotantoon eli tuotoksen tekeminen mahdollisimman pienin kustannuksin. Yksinkertaisimmillaan tehokkuus voidaan määritellä panoksina yhtä tuotettua yksikköä kohden. Ympäristö- ja luonnonvarojen kohdalla uusklassisen taloustieteen mukaisen resurssien tehokkaan allokaation toteutumisen estää käytännössä hintamekanismin toimimattomuus, johon syynä ovat lähinnä luonnonvarojen alihinnoitteluongelma ja tuotannon ns. ulkoisvaikutukset. Näitä kustannuksia ei aiemmin ole haluttu sisäistää tuotteiden hintoihin, vaan

niiden hinnat on pidetty keinotekoisena alhaisina teollisuuden rakentamiseksi ja talouskasvun kiihdyttämiseksi. Valinnan tapahtuessa nykyisten kestävän kehityksen kannalta väärin hintasignaalien perusteella ei tuotanto ole tehokasta luonnonvarojen ja ympäristön kestävän käytön kannalta. Käytännössä hintamekanismi suosii siis materiaalien käyttöä eikä tarjoa nykyisellään riittävää kannustinta niiden käytön vähentämiseen ja tätä vastaavaan teknologiseen kehitykseen.

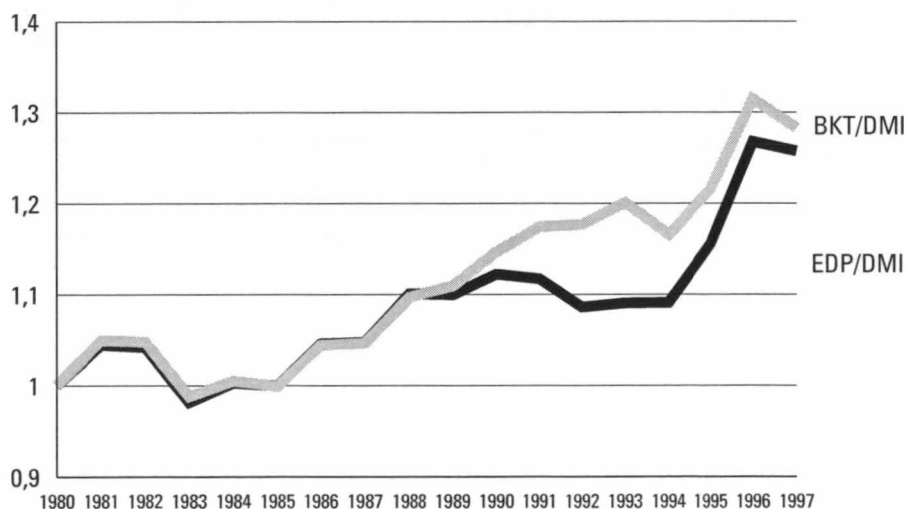
Yritykset yhteiskuntien, tuotantoprosessien ja tuotteiden ekotehokkuuden mittaamiseen ovat ensimmäisiä konkreettisia askeleita kohden kestävän kehityksen politiikan taloudelle asettamien määrällisten tavoitteiden määrittelyä tavalla joka lienee myös taloustieteilijöiden hyväksyttävissä. Ekotehokkuus –ajattelu pyrkii käytännössä nivomaan samansuuntaisiksi tavoitteiksi tuotantojärjestelmien taloudellisen ja materiaalsen tehokkuuden sekä ekologisen kestävyuden sekä vähintään nykyinen tarpeiden tyydytyksen tason (hyvinvoinnin) turvaamisen. Ekotehokkuus kytkee toisiinsa siten talouden tuotoksen (hyvinvoinnin) ja panokset (luonnonvarojen käytön). Rajoitteen aineellisen hyvinvoinnin lisäämiselle asettaa maapallon luonnon kantokyky, jota maailmantalous niin ympäristön saastumisen kuin luonnonvarojen käytön osalta jo eri tutkimusten mukaan koettelee. Ekotehokkuus –ajattelun ongelmana on, että se mallintaa maailmaa monien vielä täsmentymättömien käsitteiden, kuten ”maapallon kantokyky” ja ”hyvinvointi” avulla määrittelemättä niitä kovinkaan tarkasti. Vaikka implisiittisesti nämä käsitteet ovat toki kaikkien ymmärrettävissä, ei niiden tieteellisesti tarkkoja koostumuksia ja arvoja vielä ole määritelty. Tämä lähestymistavan ”keskeneräisyys” saattaa haitata sen yleisempää hyväksymistä. Lähestymistavan suuri ansio on kuitenkin siinä, että se pystyy ensi kertaa kvantifiomaan kestävän kehityksen eräitä tärkeimpiä ulottuvuuksia. Tulevaisuudessa nämä käsitteet tulee kuitenkin määritellä tarkemmin.

Kestävän kehityksen kannalta tehokas talous on ekotehokkaalla kehitysuralla kun se tuottaa kuluttamansa elämän laadun paranemisen alati pienenevällä määrällä luonnonvaroja ja energiaa. Uusklassisen talousteorian käsitys tehokkuudesta ei siten ole riittävä, sillä talous voi taloudelliselta kannalta olla tehokas vaikka se käytännössä haaskaisi luonnonvaroja ja energiaa. Taloudellisen tehokkuuden lisäksi kestävän kehityksen politiikka edellyttää tuotannolta ns. ekologista tehokkuutta ja kestävyyttä, yhteiskunnallista eettisyyttä ja oikeudenmukaisuutta. Näistä on

kuitenkin käytännössä mahdollista mitata vain taloudellisia ja ekologisia tekijöitä. Tämän takia ekotehokkuuden mittaaminen on tutkimusten ja selvitysten perusteella keskittynyt kvantitatiivisissa olevien kestävän kehityksen eri ulottuvuuksien mittaamiseen. Käytännössä ekotehokkuuden mittaaminen on vielä tällä hetkellä useiden ulottuvuuksien osalta ongelmallista. Tämän hetkinen tiedontaso kansantalouksien toiminnasta, materiaalien ja energian käytöstä mahdollistaa vasta melko yleisten arvioiden tekemisen tuotannon kansantalouksien ekotehokkuuksien kehittymisestä.

Nykyinen kansantalouden tilinpito ja sen BKT-mittari kuvaa taloudellisen järjestelmän kokonaistuotannon tason vaihteluita kohtuullisen hyvin. Tämä on aiheuttanut haluttomuutta muuttaa tai edes pyrkiä kehittämään nykyistä bruttotuotosta mittaavaa järjestelmää enemmän varsinaista lopputuotosta, hyvinvointia mittaavaksi järjestelmäksi. Pyrkimykset sisäistää uusklassisen talousteorian havaitsemat ns. ulkoisvaikutukset osaksi kansantalouden tilinpitoa ja laskea ympäristökorjattua ns. "vihreää bruttokansantuotetta" eivät ole vielä toteutuneet. Erityisenä ongelmana ekotehokkuutta mitattaessa onkin tällä hetkellä elämän laadun parantumisen ts. hyvinvoinnin oikeampi mittaaminen. Tämä ongelma on erityisen selvästi havaittavissa kun verrataan toisiinsa Suomen EDP/DMI ja BKT/DMI -indikaattoreita kuten kuviossa 22.

**Kuvio 22.**  
Suomen EDP/DMI ja BKT/DMI -indikaattoreiden vertailu (1980=100)



Suomen kohdalla hyvinvoinnin mittarina käytetyn ympäristökorjatun kansantuotteen (EDP) korvaaminen bruttokansantuotteella (BKT) johtaa Suomen materiaallisen tehokkuuden paraneamiseen eli EDP/DMI -mittari antaa ekotehokkuuden kehityksestä positiivisemmän kuvan kuin BKT/DMI -mittari. Tämä on johtuu siitä että EDP mittarissa huomioidaan myös rahamääräisinä hyvinvointia nostava luonnonvarojen kasvu ja sitä vähentävänä ympäristönsuojelukustannukset. Hyvinvointia arvioitaessa olisikin jatkossa pyrittävä huomioimaan rahamääräisenä myös ulkoisvaikutukset. Nykyinen bruttokansantuote ei ole varsinainen hyvinvoinnin mittari, vaikka siihen on tässäkin tutkimuksessa jouduttu hyvinvoinnin kehitystä eräissä teollisuusmaissa arvioitaessa nojautumaan. Ekotehokkuuden mittaamisen kannalta bruttokansantuote on kovin karkea hyvinvoinnin mittari ja jatkossa olisikin mielenkiintoista arvioida ekotehokkuuden kehitystä bruttokansantuotteen ohella myös suhteessa muihin, vaihtoehtoiisiin hyvinvoinnin mittareihin kuten ympäristökorjattuun kansantuotteeseen (EDP), inhimillisen kehityksen indeksiin (HDI) ja kestävään taloudelliseen hyvinvointi-indeksiin (ISEW).

Materiaalivirtatilinpitöjen avulla pystytään periaatteessa muodostamaan melko kattava kuva koko kansantalouden materiaalien kulutuksen kehityksestä ilman varojen hinnoittelua. Ekotehokkuustarkastelun kannalta on tärkeää että sekä materiaalivirtatilinpidon että kansantalouden tilinpidon rakenne ovat yhteneväiset ja ne perustuvat samoihin suljetun kierron ajatuksiin. Käytännössä tietojen kokoaminen eri materiaalien yksityiskohdaisesta kulutuksesta on kuitenkin vaikeaa ja aikaa vievää sekä osin kokonaan mahdotonta. Myös erilaisten materiaalitonnien ja -kilojen summaaminen yhdeksi mittariksi antaa ympäristön tilasta hyvin karkean kuvan. Pieni määrä hyvin myrkyllistä ainetta saattaa vaikutuksiltaan olla nimenomaan biologisessa mielessä suurempi ympäristöongelma kuin esimerkiksi suurten mutta vaarattomien kiviainesmäärien käyttö talouden tarpeisiin. Ekotehokkuustarkastelun taustalta löytyykin julkilausumaton ajatus että erilaisten materiaalivirtojen kykyä aiheuttaa erilaisia ympäristövaikutuksia pystytään ympäristö- ja muun yhteiskuntapolitiikkojen keinoin siinä määrin neutralisoimaan että ns. DMI ja TMR -mittareiden laadinta ja käyttö on mahdollista. Esimerkiksi Suomessa teollisuus on melko hyvin pystynyt täyttämään nykyiset lainsäädäntöön ja muihin viranomaisten antamiin määräyksiin perustuvat ympäristövelvoitteensa.

Ekotehokkuus on hyvä yhteiskunnan käytännön toimintastrategia pyrittäessä kestäväen kehityksen mukaiseen, hyvinvoinnin optimoivaan tarpeiden tyydytykseen. Ekotehokkuusmittareiden etuna verrattuna esimerkiksi vihreään bruttokansantuotteeseen on, etteivät ne pyri hinnoittelemaan kiistanalaisin menetelmin tonnimääräisiä materiaalivirtoja, mutta pystyvät kuitenkin antamaan arvion kehityksen suunnasta. Ekotehokkuusmittareiden avulla ei kuitenkaan ole mahdollista analysoida kovin syvällisesti talouden toimintaa ja ennustaa teknologista kehitystä. Taloudellisten ja materiaalisten ulottuvuuksien ohella myös muita ekotehokkuuden ulottuvuuksia pitäisi tulevaisuudessa pystyä kvantifioimaan analyysejä varten. Tältä osin ekotehokkuusmittareiden kohdalla tarvitaan vielä paljon kehitystyötä, jotta ne soveltuisivat yhteiskuntien yhdenmisen talous- ja ympäristöpolitiikan käyttöön.

Tässä tutkimuksessa on hyödynnetty saksalaisen Wuppertal instituutin ekotehokkuustarkasteluja varten kehittämää suoraa materiaalien kulutus (DMI) -mittaria, joka on kehitetty tuotantoprosessien ekotehokkuuden melko yleisluontoiseen tarkasteluun. Wuppertal instituutin tutkimuksesta poiketen tässä tutkimuksessa on hyvinvoinnin mittarina Suomen ekotehokkuutta arvioitaessa käytetty perinteisen bruttokansantuotemittarin (BKT) sijasta ns. ympäristökorjattua kansantuotetta (EDP), joka antaa hieman paremman kuvan hyvinvoinnin kehityksestä kuin BKT. Kansainvälisessä vertailussa on kuitenkin myös Suomen kohdalla jouduttu käyttämään bruttokansantuotetta hyvinvoinnin mittarina, koska muiden maiden osalta EDP:n mahdollistavia tietoja ei ole vielä saatavilla. Käytetyt mittarit ovat tämän tutkimuksen kannalta osoittautuneet toimiviksi, joskin niiden kehittäminen on jatkossa hyvinkin tarpeellista. Tutkimuksessa saatujen tulosten mukaan Suomen ekotehokkuus näyttää viimeisten 18 vuoden aikana parantuneen kiihtyvään tahtiin. Materiaalien käyttö ja ympäristövaikutukset ovat vähentyneet sekä absoluuttisesti että suhteessa aikaansaatuun elämän laadun paranemiseen. Kehitys on ollut samansuuntaista kuin muissakin teollisuusmaissa, kuten Yhdysvalloissa, Saksassa, Japanissa ja Alankomaissa. Tarkastelun mukaan Suomen hyvinvoinnin taso bruttokansantuotteella mitattuna ei enää 1990-luvulla ole ollut sidottu materiaalien kulutuksen kasvuun. Suomessa näyttää olevan toteutumassa samankaltainen talouden dematerialisaatiokehitys kuin muissakin teollisuusmaissa. Factor 10 ja Factor 4 -tavoitteiden toteutuminen edellyttäisi kuitenkin toteutuakseen materiaalien käytön

vähennemistä keskimäärin 5,3 prosentilla vuosittain. Factor 10 ja Factor 4 -tavoitteiden toteutuminen edellyttäisi kuitenkin toteutukseen materiaalien käytön vähennemistä keskimäärin 5,3 prosentilla vuosittain aina vuoteen 2040 asti. Toteutunut vuosittainen vähennämä oli vuosina 1980–1997 kuitenkin keskimäärin vain 2,3 prosenttia ja 1990-luvullakin keskimäärin vain 1,9 prosenttia. Nykyinen kehitys ei näillä näkymin olekaan riittävä Factor -tavoitteiden saavuttamiseen, vaan tarvitaan uusia, tehokkaita ympäristöpoliittisia toimenpiteitä mikäli nämä tavoitteet halutaan saavuttaa. Sama pätee myös muihin tarkasteltuihin teollisuusmaihin; Yhdysvaltoihin, Saksaan, Japaniin ja Alankomaihin.

Tutkimuksessa on Suomen talouden ekotehokkuutta tarkasteltu nimenomaan ns. suoraan materiaalien kulutukseen perustuen. Näin tarkastelu on keskittynyt materiaalisia hyödykkeitä tuottavien teollisuusprosessien ekotehokkuuden mittaamiseen ja kuvaamiseen. Koska materiaalien kulutukseen suoranaisesti liittyviä ns. piilovirtoja ei ole tietopohjan puutteellisuuksien takia huomioitu, jää osa talouden aikaansaamista materiaaliveirroista ja niiden ympäristövaikutuspotentiaalista tarkastelun ulkopuolelle. Maa- ja metsätalouden tuotannon, kalastuksen ja keräilyn sekä fossiilisten polttoaineiden kohdalla ei piilovirtojen osuus lie ne kuitenkaan juurikaan muuttunut tarkasteluajanjakson aikana. Merkittävää piilovirtojen osuuden kasvua on tapahtunut ainoastaan kaivostoiminnassa, missä piilovirtojen osuus on kasvanut kotimaisten kaivosten osalta 58 prosentista 68 prosenttiin kokonaismateriaalien kulutuksesta. Tietojen saanti tuontimetallien piiloveirroista on kuitenkin erittäin vaikeaa ja arviot voivat olla hyvinkin kiistanalaisia. Tämän takia piilovirrat on tässä tutkimuksessa jätetty tarkastelun ulkopuolelle. Suomen kohdalla tämä ratkaisu ei merkittävästi muuta tutkimuksessa saatua kuvaa ekotehokkuuden kehityksestä.

Materiaalivirtoihin liittyvän ympäristövaikutuspotentiaalin paremman kuvauksen ja kansainvälisen vertailtavuuden takia talouden materiaali-kiertoon liittyvät ns. piilovirrat tulisi jatkossa kuitenkin pyrkiä huomioimaan ekotehokkuustarkasteluissa, mikäli se vain tietopohjan puolesta on mahdollista. Tämä täydentäisi hyvin ekotehokkuusanalyysiä. Lisäksi kierrätys, vaikka sillä onkin koko kansantalouden tasolla vielä melko marginaalinen merkitys, tulisi materiaaleja säästävänä toimintana huomioida. Jatkotutkimusta varten tulee myös etenkin materiaaleja koskevaa tietopohjaa parantaa, jotta ekotehokkuustarkastelu voitaisiin perustaa luotettavaan ja kattavaan materiaaliveirtatilinpitoon.

Lisäksi tulee parantaa hyvinvointia kuvaavaa tietopohjaa. Myös taloudellisen, materiaalisen ja yhteiskunnallisen oikeudenmukaisuuden huomioonottavien ekotehokkuusmittareiden kehittäminen on tarpeellista kuten myös talouden ja rajallisen luonnonvaraperustan välisen vuorovaikutuksen entistä parempi mallintaminen sekä vastaavien ennustemallien kehittäminen.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimus on keskittynyt uuden ympäristöpoliittisen toimintastrategian, ekotehokkuuden, perusteiden tarkasteluun sekä Suomen talouden ekotehokkuuden analysointiin. Tutkimus palvelee ympäristöpoliittisten tavoitteiden ohella myös muita yhteiskunnassa yleensä tärkeiksi koettuja tavoitteita, kuten kustannustehokkuutta ja säästäväisyyttä. Nämä tavoitteet yhdistyvät pitkälti ekotehokkuus -ajattelussa. Tutkimuksessa on ensimmäistä kertaa mitattu käytännössä jonkin talouden ekotehokkuuden kehitystä. Erityisesti ekotehokkuuden hyvinvointiulottuvuuteen ei aiemmin ole kansainvälisissä tutkimuksissa kiinnitetty yhtä kattavasti huomiota. Tutkimus antaa myös uutta tietoa Suomen talouden materiaalisesta perustasta kansainvälisissä tutkimuksissa käytettyjen mittarien avulla. Vastaavaa analyysiä Suomen talouden materiaalivirroista ei ole aiemmin tehty. Tutkimusta varten kerätty tietopohja mahdollistaa lisäksi Suomen ekotehokkuuden kehityksen kansainvälisen vertailtavuuden myös jatkossa.

Ekotehokkuus pyrkii käytännössä yhdistämään samansuuntaisiksi tavoitteiksi tuotantojärjestelmien taloudellisen ja materiaalisen tehokkuuden sekä ekologisen kestävyuden ja vähintään nykyisen, tarpeiden tyydytyksen tason (hyvinvoinnin) säilymisen tuleville sukupolville. Maapallon luonnon kantokyky asettaa aineellisen hyvinvoinnin lisäämiselle rajat, joita maailmantalous niin ympäristön saastumisen kuin luonnonvarojen käytön osalta jo eräiden tutkimusten mukaan koettelee. Ekotehokkuuden keskeisenä tavoitteena on näiden tuotannon aikaansaamien, hyvinvoinnin tasoa laskevien ympäristöongelmien välttäminen etukäteen. Lähestymistavan suurin ansio on siinä, että sen avulla on vihdoin käytännössä mahdollista tehdä tutkimus- ja tilastotietoihin perustuvia holistisia analyysejä ympäristön ja talouden vuorovaikutuksesta.

Kestävän kehityksen kannalta talous on ekotehokkaalla kehitysuralla kun se tuottaa kuluttamansa elämän laadun paranemisen alati pienenevällä määrällä luonnonvaroja ja energiaa. Uusklassisen talousteorian käsitys tehokkuudesta ei siten ole riittävä



ehto ekotehokkuudelle, sillä talous voi taloudelliselta kannalta olla tehokas vaikka se käytännössä haaskaisi luonnonvaroja ja energiaa. Taloudellisen tehokkuuden lisäksi kestävä kehityksen politiikka edellyttää tuotannolta ns. ekologista tehokkuutta ja kestävyyttä, yhteiskunnallista eettisyyttä ja oikeudenmukaisuutta. Näistä on kuitenkin käytännössä mahdollista mitata vain taloudellisia ja ekologisia tekijöitä. Tämän takia ekotehokkuuden mittaaminen on tutkimusten ja selvitysten perusteella keskittynyt kvantitafioitavissa olevien kestävä kehityksen eri ulottuvuuksien mittaamiseen. Käytännössä ekotehokkuuden mittaaminen on vielä tällä hetkellä erittäin ongelmallista. Tämän hetkinen tiedontaso materiaalien ja energian käytöstä mahdollistaa korkeintaan yleisten arvioiden tekemisen tuotannon materiaallisen tehokkuuden kehittymisestä.

Yritykset yhteiskuntien, tuotantoprosessien ja tuotteiden ekotehokkuuden mittaamiseen ovat ensimmäisiä konkreettisia askeleita kohden kestävä kehityksen politiikan taloudelle asettamia määrällisiä tavoitteita. Ekotehokkuusmittarit kytkevät toisiinsa tuotoksen (hyvinvoinnin) ja panokset (luonnonvarojen käytön). Ekotehokkuusmittareiden etuna verrattuna esimerkiksi ns. vihreään bruttokansantuotteeseen on se, ettei niitä laadittaessa pyritä hinnoittelemaan kiistanalaisin menetelmin tonnimääräisiä materiaalivirtoja mutta ne pystyvät kuitenkin antamaan arvion kehityksen suunnasta. Ekotehokkuusmittareiden kohdalla tarvitaan vielä paljon kehitystyötä, jotta ne soveltuisivat yhteiskuntien yhdenmetyt talous- ja ympäristöpolitiikan käyttöön. Erityisenä ongelmana on vielä tällä hetkellä elämän laadun parantumisen ts. hyvinvoinnin oikeampi mittaaminen. Tällöin hyvinvoinnin olisi huomioitava rahamääräisenä myös ulkoisvaikutukset. Ekotehokkuus on kuitenkin hyvä yhteiskunnan käytännön toimintastrategia pyrittäessä kestävä kehityksen mukaiseen, hyvinvoinnin optimoivaan tarpeiden tyydytykseen.

Materiaalivirtatilinpidot antavat sinällään systemaattisen ja luotettavan kokonaiskuvan materiaalien kulutuksen kehityksestä ilman varojen hinnoittelua, mutta kokonaisuutena materiaalivirtatietojen avulla ei kuitenkaan ole mahdollista analysoida sen syväliemmin talouden toimintaa eikä sen avulla voida ennustaa teknologista kehitystä. Tämä on merkittävä puute, sillä haluttomuus toteuttaa kestävä kehityksen politiikan mukaisia uudistuksia tuotanto- ja kulutustavoissa on jättänyt teknologisen kehityksen ainoaksi tieksi välttää hyvinvointia uhkaava ekologinen kriisi. Vaikka materiaalivirtatilinpidon avulla voidaan kuvata ympäris-

tövaikutusten määrää yleisellä makrotasolla, ei niiden yksityiskohtaisista mikrotason vaikutuksista ole mahdollista muodostaa tämän lähestymistavan avulla tarkempaa kuvaa. Tähän on syynä ns. mittayksikkö-ongelma, sillä erilaisten materiaalitonnien ja -kilojen summaaminen yhdeksi mittariksi antaa ympäristötilasta hyvin karkean kuvan. Pieni määrä hyvin myrkyllistä ainetta saattaa vaikutuksiltaan olla nimenomaan lyhyellä tähtäimellä suurempi ympäristöongelma kuin esimerkiksi suurten mutta vaarattomien kiviainesmäärien käyttö talouden tarpeisiin. Ekotehokkuustarkastelun taustalta löytyykin julkilausumaton ajatus että nykyisen ympäristöpolitiikan keinoin riittävässä määrin huolehditaan siitä, etteivät nämä jo pieninä määrinä hyvin myrkylliset tai muuten vaaralliset aineet muodosta uhkaa ympäristölle ja ihmisen hyvinvoinnille. Näin erilaisten materiaaliavirtojen kykyä aiheuttaa erilaisia ympäristövaikutuksia pystytään ympäristö- ja muiden yhteiskuntapolitiikkojen keinoin siinä määrin neutralisoimaan että DMI ja TMR -mittareiden laadintaa ja käyttöä pidetään mahdollisena.

Ympäristöpolitiikalle ekotehokkuustarkastelu tarjoaa runsaasti uusia mahdollisuuksia. Siirtämällä huomiota perinteisestä ympäristönsuojelusta materiaalien kokonaiskäytön vähentämiseen on mahdollista alentaa ympäristökuormitusta merkittävästikin. Hyödykkeisiin sitoutuvan materiaalmäärän vähentyminen hyvinvoinnin kasvaessa tai säilyessä vähintään ennallaan tarjoaa runsaasti positiivisia mahdollisuuksia ympäristöpolitiikan ohella myös muulle yhteiskunnalle. Nämä mahdollisuudet ilmenevät kustannussäästöinä materiaalien kulutuksen laskiessa ja uusina, tuotanto- ja kulutusprosesseja koskevinä teknologisina innovaatioina. Ekotehokkuus –ajattelu soveltuu hyvin ympäristöpolitiikan apuvälineeksi tarjoamalla mahdollisuuden kehityskulkujen kvantitatiiviseen arviointiin. Tutkimustulosten mukaan Suomen ekotehokkuus näyttää viimeisten 18 vuoden aikana parantuneen, sillä materiaalien käyttö ja ympäristövaikutukset ovat vähentyneet sekä absoluuttisesti että suhteessa aikaansaatuun elämän laadun paranemiseen. Suora materiaalien kulutus asukasta kohden kasvoi 35 tonnista vuonna 1980 lähes 41 tonniin vuonna 1989. Tämän jälkeen kulutus alkoi pienentyä ollen vuonna 1993 pienimmillään vajaat 33 tonnia. 1990-luvun lopulla kulutus kääntyi hienoiseen kasvuun ollen lähes 37 tonnia vuonna 1997. BKT-markkaa kohden materiaalien suora kulutus on alentunut melko tasaisesti 0,44 kilosta vuonna 1980 0,34 kiloon vuonna 1997. Suomen ekotehokkuus onkin parantunut merkittävästi tar-

kastellulla ajanjaksolla ja tarkastelun perusteella Suomen hyvinvoinnin taso bruttokansantuotteella mitattuna ei enää 1990-luvulla näytä olevan sidottu materiaalien kulutuksen kasvuun. Suomen talous oli vuonna 1997 lähes 40 prosenttia ekotehokkaampi kuin vuonna 1980. Eniten tuotanto näyttää tehostuneen vuosina 1995–97 lähinnä materiaalien käytön tehostumisen ja ympäristöhaittojen vähentymisen ansiosta. Tämä johtuu epäilemättä ainakin osittain elektroniikkateollisuuden ja palvelujen aseman korostumisesta hyvinvoinnin generoinnissa. Suomen kehitys on ollut samansuuntaista kuin Yhdysvalloissa, Saksassa, Japanissa ja Alankomaissa. Factor 10 ja Factor 4 -tavoitteiden toteutuminen edellyttäisi kuitenkin toteutuakseen materiaalien käytön vähenemistä Suomessa 2,8 kertaa 1990-luvulla toteutunutta vähentymää nopeammin. Nykyinen kehitys ei näillä näkymin olekaan riittävä Factor -tavoitteiden saavuttamiseen. Ympäristöpolitiikassa tulisikin kiinnittää entistä enemmän huomiota ympäristö- ja luonnonvarojen käytön tehostamiseen.

Tarkoituksena on jatkaa Suomen talouden ekotehokkuuden mittaamiseen liittyvää tutkimusta. Tavoitteena on kehittää tutkimuksen teoriapohjaa ja ekotehokkuuden käytännön mittaamista. Jatkotutkimukseen liittyy nykyisen hyvinvointia ja materiaalien käyttöä koskevan tietopohjan parantaminen sekä nykyistä pidempien aikasarjojen laadinta. Jatkotutkimuksessa vaatii erityistä huomiota hyvinvoinnin mittaamisen kehittäminen. Parempi hyvinvoinnin mittari voisi olla esimerkiksi Suomelle laadittava ”kestävä taloudellinen hyvinvointi-indeksi” (ISEW). Materiaalivirtoihin liittyvän ympäristövaikutuspotentiaalın ja kansainvälisen vertailtavuuden takia talouden materiaalikiertoon liittyvät ns. piilovirrat tulisi jatkossa huomioida ekotehokkuustarkasteluissa, mikäli se vain tietopohjan puolesta on mahdollista. Materiaalien kulutuksen kuvaamiseen on lisäksi tarvetta kehittää ennustemalli, joka paitsi selittää paremmin toteutunutta kehitystä tarjoaa myös mahdollisuuden skenaarioiden tekemiseen. Ennustemalli näyttäisi olevan mahdollista laatia Tampereen yliopiston LINDA -energiaskenaariomallın pohjalle. Materiaalien kulutusta ennustava malli olisi erityisen käyttökelpoinen Factor -tavoitteiden toteutumista arvioitaessa. Lisäksi se tarjoaisi mahdollisuuden kansainvälisiin vertailuihin.

# 9

## KIRJALLISUUS

- Adriaanse, A – Bringezu S. – Hammond, A – Moriguchi Y. – Rodenburg, E. – Rogich, D. – Schutz H. (1997), *Resource Flows: The Material Basis of Industrial Economies*. World Resources Institute USA), Wuppertal Institute (Germany), Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment (Netherlands) and National Institute for Economic Studies (Japan). Printed in the U.S.A.
- Ahtiala P. (1994), Strategia kestäväen kehityksen turvaamiseksi. Teoksessa : Kurki-Suomio I. – Heikkilä M. (toim.) *Kestäväen kehityksen edellytykset Suomessa*. Imatran Voima Oy:n 60-vuotisjuhlajulkaisu. Rauma. 785–806.
- Arjopalo O. (1994), *Ekologisesti kestäväen kehityksen mittaaminen*. Ympäristö 1994:2. Tilastokeskus. Helsinki.
- Arrow K.J. – Intriligator M.D. (ed.) (1981), *Handbook of Mathematical Economics*. Volumes I and III. North Holland. Amsterdam.
- Ayres R.U. (1978), *Resources, Environment and Economics. Applications of the Materials/Energy Balance Principle*. Wiley. New York.
- Ayres R.U. – Kneese A.V. (1969), Production, Consumption and Externalities. *American Economic Review* 59. 282–297.
- Ayres R.U. – Kneese A.V. (1989), Externalities: Economics & Thermodynamics. Teoksessa : Archibugi F. – Nijkamp P. (editors). *Economy and Ecology. Towards Sustainable Development*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Holland. 89–118.
- Ayres R.U. – Simonis U.E. (editors) (1994), *Industrial Metabolism. Restructuring for Sustainable Development*. United Nations University Press. Tokyo – New York – Paris.
- Barbier E. (1989), *Economics, Natural-Resource Scarcity and Development. Conventional and Alternative Views*. London.
- Baumol W.J. (1952), *Welfare Economics and the Theory of the State*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, U.S.A.

- Boo de B. – Bosch P. – Keuning S. (1991), *An Environmental Module and the Complete System of National Accounts*. Netherlands Central Bureau of Statistics. Conference of European Statisticians. Work Session on Specific Methodological Issues in Environment Statistics. Working Paper no. 7. Ottawa, Canada 14 – 17 May 1991.
- Boulding K.E. (1971), The Economics of the Coming Spaceship Earth. Teoksessa: Jarrett H. (editor). *Environmental Quality in Growing Economy*. Resources for the Future. John Hopkins University Press. Third Printing. Baltimore. 3–14.
- Bringezu S. (1997), From Quantity to Quality. Material Flow Analysis. Teoksessa : Bringezu S. – Fischer-Kowalski M. – Kleijn R. – Palm V. (editors.) *Regional and National Material Flow Accounting: From Paradigm to Practice of Sustainability*. Proceedings of the ConAccount workshop 21 – 23 January, 1997, Leiden, The Netherlands. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy. Wuppertal Special 4. 43–57.
- Brown B. – Hanson M. – Liverman D. – Merideth R. (1987), Global Sustainability : Toward Definition. *Environmental Management Vol 11, No. 6*. 713–719.
- Brown L.R – Flavin C.– French H. et al. (1996), *Maailman tila 1996*. Worldwatch Institute. Gaudeamus Kirja. Tampere. Engl. alkuteos State of the World 1996. Worldwatch Institute, Washington D.C. Norton, New York.
- Brown L.R. – Flavin C.– French H. et al. (1998), *State of the World 1998. A Worldwatch Institute Report on Progress Toward Sustainable Society*. Worldwatch Institute, Washington D.C. Norton, New York.
- Carson R. (1962), *Silent Spring*. Houghton Mifflin. Boston.
- Coase R. (1960), The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics* 3.
- Christensen P. (1991), Driving Forces, Increasing Returns and Ecological Sustainability. Teoksessa: Costanza R. (ed.) *Ecological Economics. The Science and Management of Sustainability*. Columbia University Press. New York. 75–87.
- Daly H.E. (1971), Toward a Stationary-State Economy. Teoksessa: Harte J. – Socolow R.H. *Patient Earth*. Holt, Rinehart and Winston. Yale University. 226–244.
- Daly H.E. (1973), The Steady State Economy: Toward a Political Economy of Biophysical Equilibrium and Moral Growth. Teoksessa Daly H. (editor). *Toward a Steady-State Economy*. W. H. Freeman. San Francisco. 149–174.

- Daly H.E. (1989), Steady-State and Growth Concepts for the Next Century. Teoksessa : Archibugi F. – Nijkamp P. (editors). *Economy and Ecology. Towards Sustainable Development*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Holland. 73–88.
- Daly H.E. (1991a), Elements of Environmental Macroeconomics. Teoksessa : Costanza R. (ed.) *Ecological Economics. The Science and Management of Sustainability*. Columbia University Press. New York. 32–46.
- Daly H. E. (1991b), *Steady-State Economics. Institutions for a Steady-State Economics*. Island Press. Washington DC.
- Daly H.E. (1992), *Steady-state economics*. 2nd edition with new essays. Earthscan Publications, London. Clays, St. Ives.
- Dieren van W. (ed.) (1995), *Taking Nature Into Account. Toward a Sustainable National Income*. A Report to the Club of Rome. Copernicus. An Imprint of Springer-Verlag. New York.
- Dodds S. (1997), Towards a “science of sustainability”: Improving the way ecological economics understands human well-being. *Ecological Economics* 23 (1997), 95–111.
- Dow S.C. (1996), *The Methodology of Macroeconomic Thought. A Conceptual Analysis of Schools of Thought in Economics*. Elgar Publishing. Bodmin.
- Ekelund R.B. – Hebert R.F. (1975), *A History of Economic Theory and Method*. McGraw-Hill. New York.
- Ekotehokkuustyöryhmä (1998), *Ekotehokkuus ja factor-ajattelu*. [Eco-efficiency and factors]. Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja 1/1998. Helsinki.
- European Union (1998), *Eco-efficiency Initiative*. 22 April 1998.
- Eurostat (1990), *European System for the Collection of Economic Information on the Environment (SERIEE)*. Statistical Office of the European Communities. Draft manual. Unrevised translation. Luxembourg, August 1990.
- Friend A. (1986), *Natural resource Accounting and its relationship with Economic and Environmental Accounting*. Discussion Paper. Ottawa, September 1986.
- Georgescu-Roegen N. (1971), *The Entropy Law and Economic Process*. Cambridge, Massachusetts. Harvard University Press.
- Haan de M. – Keuning S.J. – Bosch P.R. (1993), *Integrating Indicators in a National Accounting Matrix including Environmental Accounts (NAMEA): an application to the Netherlands*. Central Bureau of Statistics. Nr. NA–060.
- Haila Y. (1995), *Kestävän kehityksen luontoperusta. Mitä päätäjien tulee tietää ekologiasta?* Suomen Kuntaliitto. Helsinki.

- Hamilton K. – Lutz E. (1996), *Green National Accounts: Policy Uses and Empirical Experience*. The World Bank. Environmental Economics Series. Paper no. 039. Washington D.C., July 1996.
- Helminen R. (1998), *Eco-efficiency in the Finnish and Swedish Pulp and Paper Industry*. Acta Polytechnica Scandinavia. Mathematics, Computing and Management in Engineering Series No. 90. Espoo.
- Hicks J.R. (1939), *Value and Capital*. 2nd Ed. Clarendon Press. Oxford.
- Hinterberger F. – Luks F. – Schmidt-Bleek F. (1997), Material flows vs. “natural capital”. What makes an economy sustainable? *Ecological Economics* 23(1997), 1–14.
- Hjerppe R.T. (1989), Kansantalouden kuvausjärjestelmästä. Sivut 408–429 teoksessa : Loikkanen H. – Pekkarinen J. (toim.) *Suomen kansantalous – instituutiot, rakenne ja kehitys*. WSOY. Porvoo.
- Hoffrén J. (1997a), Finnish Forest Resource Accounting and Ecological Sustainability. Research Reports 224. Statistics Finland. Helsinki.
- Hoffrén J. (1997b), Luonnonvarojen käytön verotus. Tarpeiden ja vaikutusten arviointia. Katsauksia 1997/14. Tilastokeskus. Edita. Helsinki.
- Hoffrén J. (1998a), *Luonnonvarat ja ympäristö 1998*. [Finland's Natural Resources and the Environment 1998; Ympäristö 1998:9C]. Ympäristö 1998:9. Tilastokeskus ja Ympäristöministeriö. Hakapaino. Helsinki.
- Hoffrén J. (1998b), *Materiaalivirtatilinpito luonnonvarojen kokonaiskulutuksen seurantavälineenä*. [Material Flow accounts as a measure of the total consumption of natural resources]. Suomen ympäristö 257. Ympäristöministeriö ja Edita. Helsinki.
- Hueting R. (1980), *New Scarcity and Economic Growth. More Welfare through Less Production*. North Holland. Amsterdam.
- Kapp K.W. (1950), *The Social Costs of Private Enterprise*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts.
- Keynes J. M. (1951), *Työllisyys, korko ja raha. Yleinen teoria*. Porvoo. Engl. alkuteos: *The General Theory of Employment, Interest and Money* (1935). Harcourt Brace Jovanovich. New York.

- Kneese A.V. – Ayres R.U. – d'Arge R.C. (1971), *Economics and the Environment*. A Materials Balance Approach. 2nd printing. Resources for the Future. Washington D.C.
- Kneese A.V. – Sweeney J.L. (1985), *Handbook of Natural Resource and Energy Economics*. Handbooks in Economics 6. Elsevier/North Holland. Amsterdam.
- Kuisma J. (1997), *Tuli leivän antaa. Suomen ekohistoria*. Gummerus. Jyväskylä.
- Laine U. (1994), *Luonnonvarojen käyttö Suomessa*. Keskustelu-aloitteita 64. Valtion taloudellinen tutkimuskeskus. Helsinki.
- Lichtenstein P. (1983), Thermodynamic, Marxian and Neoclassical Resource Methodologies : A Comparative Analysis. Economic Forum 13, 1983. s. 89–103.
- Lintott, J. (1997), *Environmental Accounting and Welfare*. Paper for the International Symposium on Progress in Environment and resource Accounting, Shimane University, Matsue. Japan 13–15, 1997.
- Laaksonen K. (1989), *Energia ja energiapolitiikka*. Teoksessa: Loikkanen H. – Pekkarinen J. (toim.) Suomen kansantalous – instituutiot, rakenne ja kehitys. WSOY. Porvoo.
- Luther G. (1993), *Suomen tilastotoimen historia vuoteen 1970*. WSOY ja Tilastokeskus. Helsinki.
- Marjomaa P. (1986), Suomen kansantalouden tilinpidon historiaa. Teoksessa: *Taulukoinnista tietoyhteiskuntaan*. Tilastokeskus. Helsinki. 37–43.
- Meadows D.H. – Meadows D.L. – Randers J. (1993), *Ylittävät kasvun rajat. Maailmanyhteisön romahdus vai kestävä tulevaisuus?* Tulevaisuuden tutkimuksen seura. Acta Futura Fennica No. 4. Valtion painatuskeskus. Helsinki. Engl. alkuteos: Beyond the Limits: Global Collapse or Sustainable Future (1992). Earthscan. London
- Meadows D.H. – Meadows D.L. – Randers J. – Behrens C.W. (1974), *Kasvun rajat*. Tammi. Engl. alkuteos: The Limits To Growth (1972). Universe Books. New York.
- Michaelis, L. (1997), *Eco-efficiency: Decoupling economic growth from environmental damage?* OECD. Environment Directorate. Environment Policy Committee. Group on Pollution Prevention and Control. ENV/EPOC/PPC(97)/8. OECD Headquarters, 5–6 November 1997.
- Mäkelä P. (1985), *Luonnonvarojen käyttö ja kansantuote: Materiaali-intensiteetin kehitys 1960–2000*. Taloudellinen suunnittelukeskus. Helsinki.



- Nicolaisen J. – Dean A. – Hoeller P. (1991), *Economics and Environment: A Survey of Issues and Policy Options. OECD Economic studies No. 16.* Paris. 7–43.
- OECD (1997), *Environmental Performance Reviews: Finland.* Paris.
- OECD (1985), *Environment and Economics. Results of the International Conference on Environment and Economics.* Paris.
- Pearce D. (1993), *Economic Values and the Natural World.* CSERGE. Earthscan Publications. London.
- Pearce D. – Mäler K. (1991), *Environmental Economics and the Developing World. Ambio. A Journal of The Human Environment. Volume XX. Number 2. April 1991.* Special issue : Environmental Economics.
- Pearce D. – Turner R.K. – O’riordan, T. – Adger, N. – Atkinson, G. – Brisson, I. – Brown, K. – Duborg, R. – Frankhauser, S. – Jordan, A. – Maddison, D. – Moran, D. – Powell, J. (1993), *Blueprint 3: Measuring sustainable development. The sequel to blueprint for a green economy.* CSERGE. Earthscan Publications. Lontoo.
- Pigou A. C. (1920), *The Economics of Welfare.* 4th edition. MacMillan. London.
- Pohjola J. (1997), *CO<sub>2</sub> -päästöjen vähentämisen kansantaloudelliset vaikutukset: Tuloksia polttoainerakenteen muutokset huomioinnottavasta CGE-mallista.* Keskusteluaiheita No. 624. Elinkeinoelämän tutkimuslaitos. Helsinki 18.12.1997.
- President’s Council on Sustainable Development (1996), *Eco-Efficiency Task Force Report.* Washington D.C, U.S.A.
- Randall A. (1989), *Resource Economics. An Economic Approach to Natural Resource and Environmental Policy.* 2nd edition. Wiley. New York.
- Repetto R. – Magrath W. – Wells M. – Beer C. – Rossini F. (1989), *Wasting Assets: Natural Resources in the National Income Accounts.* World Resources Institute. Washington D.C..
- Saurimo, M. (toim.) (1993), *UNCED. YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssi.* Rio de Janeiro 3.–14.6.1992. Ympäristöministeriö ja ulkoasiainministeriö. Helsinki.
- Schaltegger S. – Muller K. – Hindrichsen H (1996), *Corporate Environmental Accounting.* John Wiley. New York.
- Schmidt-Bleek, F. (1994), *MIPSbook or the Fossil Makers – Factor 10 and more.* Draft translation. June 1996. Saks. alkutoes *Wieviel Umwelt braucht der Mensch – mips das Mass für Ökologisches Wirtschaften.* Birkhäuser. Berlin.

- Schmidt-Bleek, F. (1995), *Carnoules declarations of Factor Ten Club*. Wuppertal Institute. Wuppertal.
- Sheng F. (1993), *Real Value for Nature*. WWF International.
- Stockhammer E. – Hochreiter H. – Obermayr B. – Steiner K. (1997), The Index of sustainable economic welfare (ISEW) as an alternative to GDP in measuring economic welfare. The Results of the Austrian (revised) ISEW calculation 1955–1992. *Ecological Economics* 21(1997), 19–34.
- Tongeren van J. – Schweinfest S. – Lutz E. – Luna M.G – Martin F.G. (1991), *Integrated Environmental and Economic Accounting. A Case Study for Mexico*. Environment Working Paper No. 50. The World Bank. Environment Department. December 1991.
- United Nations (1994), *System of National Accounts*. Studies in Methods. Series F, No.2. Revision 4. New York.
- United Nations (1993), *Integrated Environmental and Economic Accounting. Handbook of National Accounting*. Statistical Division. Studies in Methods. Series F, No. 61. New York.
- United Nations (1968), *A System of National Accounts*. Publication E.69.XVII.3. New York.
- Uno K. (1989), *Economic Growth and Environmental Change in Japan: Net National Welfare and Beyond*. Teoksessa: Archibugi F. – Nijkamp P (eds). *Economy and Ecology: Towards Sustainable Development*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.
- Uno K. (1994), *Social Economic and Environmental Data Set (SEEDS)*. Paper to be presented at the National Accounts and the Environment Meeting, London March 16–18, 1994. February 1994.
- Weizsäcker von E. – Lovins A.B. – Lovins L.H. (1997), *Factor Four. Doubling Wealth, halving resource use*. The New Report to the Club of Rome. Earthscan. London.
- Ympäristön ja kehityksen maailmankomissio (1988), *Yhteinen tulevaisuutemme*. Ulkoasiainministeriö ja ympäristöministeriö. Valtion painatuskeskus. Helsinki. Engl. alkuteos Our Common Future (1987). [The Brundtland Report]. World Commission on Environment and Development. Oxford University Press. Oxford.
- Vitousek P.M. – Ehrlich P.R. – Ehrlich A.H. – Matson P.A. (1986), Human Appropriation of the Products of Photosynthesis. *BioScience* 34(6), 368–373.

- Wahlström E. – Reinikainen T. – Hallanaro E. (1994), *Ympäristön tila Suomessa*. Vesi ja ympäristöhallitus, ympäristötietokeskus. Gaudeamus Kirja. 2. painos. Forssa.
- World Bank (1997), *Expanding The Measure of Wealth*. Indicators of Environmentally Sustainable Development. CSD Edition. Draft for Discussion. Washington D.C., April 1997.
- World Bank (1995), *Monitoring Environmental Progress. A Report on Work in Progress*. ESD – Environmentally Sustainable Development. Washington D.C.

# LIITE 1

## PRIMÄÄRIMATERIAALIEN KOKONAISKULUTUS

Primäärimateriaalien kokonaiskulutus Suomessa 1960–1997  
(miljoonaa tonnia)

	Kaivan- naiset	Kivi- aines*)	Fossiiliset poltto- aineet	Puu- aines	Viljel- lyt	Muut	Kaikki yhteen- sä	L- indeksi (1980= 100)
1960	5,2	43,3	5,0	43,5	9,2	2,4	108,6	-
1961	6,4	43,6	6,0	45,7	8,3	1,4	111,4	-
1962	6,7	48,8	6,6	42,1	7,7	1,6	113,5	-
1963	6,6	46,0	7,4	41,6	8,3	1,6	111,5	-
1964	7,5	57,2	8,7	42,9	7,6	1,8	125,7	-
1965	8,1	67,3	9,8	42,0	8,8	2,5	138,5	-
1966	7,9	72,6	10,8	40,5	8,4	2,3	142,5	-
1967	8,2	60,8	11,0	40,6	8,5	2,1	131,2	-
1968	9,0	65,9	12,3	40,4	8,6	2,0	138,2	-
1969	10,4	72,4	14,4	42,9	7,8	4,6	152,5	-
1970	11,3	78,0	14,3	44,2	9,2	4,6	161,6	-
1971	10,7	83,0	14,3	45,1	9,1	5,0	167,2	-
1972	12,5	79,0	16,0	54,2	9,3	5,0	176,0	-
1973	13,8	78,0	17,7	57,8	9,0	5,8	182,1	-
1974	14,5	65,0	16,2	55,6	8,7	6,3	166,3	-
1975	13,6	57,0	16,0	45,6	9,0	6,5	147,7	-
1976	14,1	55,1	18,2	44,9	10,4	6,6	149,3	-
1977	15,5	50,1	17,9	45,2	9,9	7,0	145,6	-
1978	15,3	53,0	19,3	49,2	10,2	7,0	154,0	-
1979	16,2	60,1	19,3	56,7	10,8	7,2	170,3	-
1980	18,6	62,8	19,4	45,5	10,2	9,3	165,8	100,0
1981	18,2	64,8	15,7	43,4	9,2	9,6	160,9	97,0
1982	19,2	69,6	15,2	42,1	10,9	9,4	166,4	100,4
1983	21,2	82,4	15,0	41,3	12,0	9,4	181,3	109,3
1984	21,9	80,2	15,6	43,3	11,6	11,0	183,6	110,7
1985	21,4	85,2	17,1	44,0	11,4	11,8	190,9	115,1
1986	19,3	86,8	16,4	39,5	11,8	13,1	186,9	112,7
1987	19,2	97,1	17,4	43,0	7,8	9,7	194,2	117,1
1988	20,1	92,0	17,5	45,5	9,9	9,4	194,4	117,2
1989	19,8	97,4	17,2	47,0	11,4	10,3	203,1	122,5
1990	19,7	93,4	17,1	44,0	11,8	10,5	196,5	118,5
1991	18,1	85,4	16,7	36,0	10,8	11,3	178,3	107,5
1992	17,3	75,4	15,8	41,7	9,8	11,6	171,6	103,5
1993	17,8	65,4	15,9	43,7	11,5	11,9	166,2	100,2
1994	17,9	68,4	17,8	50,9	10,6	13,4	179,0	108,0
1995	16,0	68,4	16,0	54,4	12,1	13,4	180,3	108,7
1996	16,4	64,4	17,9	47,1	12,2	14,7	172,7	104,2
1997	17,2	68,4	16,2	58,1	12,6	15,1	187,6	113,1

\*) = arvio

Luokittelu: **Kaivannaiset**: kotimainen malmien, kalkin, teollisuusmineraalien louhintä; nostetun hyötykiven määrä, **Kiviaines**: nostetun kotimaisen soran ja hiekan, sora- ja kalliomurskeen sekä saven määrä, **Fossiiliset polttoaineet**: öljyn, kivihiilen ja koksen kokonaiskulutus, **Puuaines**: kotimaiset nettohakkuiden ja tuontipuun määrä, **Viljelyt**: Peltoviljojen ja muiden viljelykasvien sadon määrä, **Muut**: metallien tuonti, tuontipuu, turpeen nosto, puutarhatuotanto, metsien sivutuotteet ja kalastuksen saalis.

**Lähteet**: **Kaivostuotanto**: Vuoriteollisuusyhdistys; Vuorimies-lehdet. **Kiviaines**: Geologian tutkimuskeskus, Tielaitos ja Suomen maanrakentajien keskusliitto. **Savi**: Geologian tutkimuslaitos. **Tuontimateriaalit ja mineraalit**: Metalliteollisuuden vuosikirjat. **Fossiiliset polttoaineet**: Tilastokeskus; Energiatilastot 1996. **Puutarhat ja metsien sivutuotteet**: Metsäntutkimuslaitos; Metsätaloustilastolliset vuosikirjat. **Turve**: Turveteollisuusliitto ry./Metsätaloustalonnellinen vuosikirja. **Peltoviljat ja puutarhatuotanto**: Maa- ja metsätalousministeriö; Maatalustaloustilastolliset vuosikirjat. **Muut**: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen julkaisut.

## LIITE 2

# SUOMEN TALOUDEN TUNNUSLUKUJEN KEHITYS

**Bruttokansantuoteen ja nettokansantuoteen kehitys 1975–1997  
(miljoonaa markkaa)**

	BKT, cp	BKT, rp	BKT-indeksi	NKT, cp
1975	103 174	330 360	100,0	87 173
1976	116 644	328 958	99,6	98 025
1977	128 545	329 764	99,8	106 663
1978	142 289	336 667	101,9	161 421
1979	165 550	360 092	109,0	138 266
1980	191 376	379 294	114,8	159 791
1981	216 660	386 361	117,0	179 613
1982	243 585	398 907	120,7	201 656
1983	271 607	409 690	124,0	224 243
1984	304 597	422 048	127,8	252 918
1985	331 628	436 258	132,1	276 122
1986	354 994	446 606	135,2	295 411
1987	386 855	464 917	140,7	322 088
1988	434 341	487 719	147,6	362 885
1989	486 998	515 364	156,0	402 872
1990	515 430	515 430	156,0	420 878
1991	490 868	479 011	145,0	389 129
1992	476 778	462 003	139,8	370 075
1993	482 397	456 571	138,2	368 815
1994	510 992	477 340	144,5	402 086
1995	549 863	501 490	151,8	440 794
1996	574 027	519 322	157,2	466 103
1997	622 106	550 532	166,6	513 556

cp = käyvin hinnoin (current prices);

rp = reaalisin hinnoin (real prices), tässä vuoden 1990 hinnoin.

**Ympäristökorjattujen kansantuotteiden EDP1:n ja EDP2:n kehitys  
(miljoonaa markkaa)**

	EDP1, cp	EDP1, rp	RE -indeksi	EDP2, rp
1980	158 533	314 201	100,0	279 993
1981	178 614	318 515	101,4	291 674
1982	200 663	328 616	104,6	305 579
1983	223 538	337 183	107,3	318 303
1984	251 787	348 875	111,0	331 366
1985	274 911	361 647	115,1	344 332
1986	294 467	370 459	117,9	353 215
1987	320 727	385 445	122,7	369 998
1988	361 113	405 492	129,1	390 165
1989	399 954	423 250	134,7	409 557
1990	417 836	417 836	133,0	405 248
1991	386 786	377 443	120,1	365 039
1992	364 371	353 079	112,4	341 523
1993	362 830	343 405	109,3	333 106
1994	396 119	370 032	117,8	358 867
1995	432 998	394 906	125,7	385 207
1996	458 561	414 860	132,0	404 086
1997	505 092	446 981	142,3	437 018

cp = käyvin hinnoin (current prices);  
rp = reaalisin hinnoin (real prices), tässä vuoden 1990 hinnoin.

*Lähteet: BKT ja NKT: Tilastokeskus; kansantalouden tilinpito. EDP: Hoffrén 1997a ja 1998b sekä tämän tutkimuksen liite 3.*

# LIITE 3 SUOMEN YMPÄRISTÖNSUOJELUMENOT

**Suomen ympäristönsuojelumenot 1980–1997**  
(miljoonaa markkaa; käyvin hinnoin)

	Valtio	Siirrot	Kunnat	Yritykset	Järjestöt	Yhteensä
1980	163	-37	1 536	340	..	2 002
1981	199	-42	1 661	340	..	2 158
1982	231	-53	1 764	510	..	2 452
1983	251	-53	1 748	435	..	2 381
1984	304	-57	2 153	395	..	2 795
1985	399	-53	2 299	1 035	..	3 680
1986	435	-38	2 396	1 049	..	3 842
1987	536	-33	2 535	910	..	3 948
1988	480	-30	2 625	1 269	..	4 344
1989	684	-33	2 937	1 647	..	5 235
1990	639	-33	3 408	1 935	7	5 956
1991	929	-50	3 610	1 682	11	6 182
1992	1 483	-36	3 549	3 196	14	8 206
1993	1 488	-76	3 500	3 124	14	8 050
1994	1 877	-77	3 147	2 512	14	7 473
1995	3 200	-62	3 053	3 113	15	9 319
1996	3 654	-75	2 981	3 383	15*)	9 958
1997	4 060	-89	3 528	3 350*)	15*)	10 864

**HUOM.**

Luokittelu: **Valtio**: ympäristöhallinnon, lähialueyhteistyön, ympäristön- ja luonnonsuojelun, ympäristötutkimuksen, maatalouden ympäristönsuojelumenot sekä energian säästömenot. **Siirrot** ovat erilaisia tulonsiirtoja, kuten avustuksia ja tukia kunnille ja yrityksille. **Kunnat**: Viemäröinti-, jätevesienpuhdistus-, jätehuolto- ja ympäristöhuoltomenot. Kunnallisen energihuollon ilmansuojelumenot sisältyvät teollisuuden lukuihin. **Teollisuus**: 1980–1984 vain teollisuuden vesiensuojelumenot, 1985–87 vesiensuojelumenot ja metsäteollisuuden ympäristönsuojelumenot, 1988–1991 vesiensuojelumenot, metsäteollisuuden ja kemianteollisuuden ympäristönsuojelumenot ja 1992–1995 kaikki teollisuuden ympäristönsuojelumenot. **Järjestöt**: Ympäristöjärjestöjen palkkausmenot.

.. = tieto puuttuu

\*) = ennuste

Lähteet: Hoffrén 1997a, 129 ja 1998b, 9–10.

# LIITE 4

## SUOMEN TÄRKEIMPIEN YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN KEHITYS

Suomen rikkidioksidi- (SO<sub>2</sub>), typenoksidi- (NO<sub>x</sub>) ja hiilidioksidipäästöt (CO<sub>2</sub>) 1980-97  
(tuhatta tonnia)

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	IP-indeksi (1980=100)
1980	584	295	54 000	100,0
1981	534	276	45 000	83,5
1982	484	271	43 000	79,7
1983	372	262	43 000	79,5
1984	368	258	44 000	81,3
1985	383	275	50 000	92,3
1986	331	278	49 000	90,4
1987	327	288	52 000	95,9
1988	303	293	52 000	95,9
1989	242	301	52 000	99,4
1990	258	300	54 000	97,6
1991	195	290	53 000	95,6
1992	141	285	52 000	95,5
1993	122	283	52 000	95,5
1994	118	282	58 000	106,4
1995	96	257	55 000	100,9
1996	105	267	61 000	111,8
1997	100*)	265*)	58 000	106,4

\*) = arvio

Lähde: Hoffrén 1998b, 49

**Huom.**

Luvut eivät sisällä ulkomaanliikenteen päästöjä. Hiilidioksidipäästöt käsittävät päästöt fossiilista polttoaineista ja turpeesta, rikkidioksidipäästöt energiantuotannon rikkipäästöt rikkidioksidina ja typenoksidipäästöt teollisuuden ja energiantuotannon typpipäästöt typpioksideina.



## Suomen fosfori- ja typpipäästöjen vesiin kehitys 1980–1996

	Fosforipäästöt vesiin		Typpipäästöt vesiin		VP - indeksi
	Tonnina	(1980=100)	Tonnina	(1980=100)	(1980=100)
1980	1 622	100,0	20 874	100,0	100,0
1981	1 550	95,5	20 793	99,6	97,6
1982	1 477	91,1	20 712	99,2	95,1
1983	1 474	90,9	21 109	101,1	96,0
1984	1 471	90,7	21 505	103,0	96,9
1985	1 488	91,7	21 947	105,1	99,4
1986	1 407	86,7	21 163	101,4	94,1
1987	1 489	91,8	21 856	104,7	98,3
1988	1 549	95,5	22 161	106,2	100,8
1989	1 518	93,6	22 580	108,2	100,9
1990	1 407	86,7	22 745	109,0	97,9
1991	1 119	69,0	21 888	104,9	86,9
1992	999	61,6	21 093	101,0	81,3
1993	844	52,0	20 306	97,3	74,7
1994	820	50,6	20 307	97,3	73,4
1995	756	46,6	20 080	96,2	71,4
1996	697	43,0	19 315	92,5	67,8

Lähde: Suomen ympäristökeskus, ympäristökuormitusyksikkö.

# LIITE 5

## SUOMEN EKOTEHOKKUUDEN KEHITYS

### Ekotehokuustarkastelussa käytettyjen indeksien arvot 1980–1997 (1980=100)

	RE	L	IP	VP	V
1980	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1981	101,4	97,0	83,5	97,6	90,5
1982	104,6	100,4	79,7	95,1	87,4
1983	107,3	109,3	79,5	96,0	87,8
1984	111,0	110,7	81,3	96,9	89,1
1985	115,1	115,1	92,3	98,4	95,4
1986	117,9	112,7	90,4	94,1	92,2
1987	122,7	117,1	95,9	98,3	97,1
1988	129,1	117,2	95,8	100,8	98,3
1989	134,7	122,5	99,4	100,9	100,1
1990	133,0	118,5	97,6	97,9	97,7
1991	120,1	107,5	95,6	86,9	91,3
1992	112,4	103,5	95,5	81,3	88,4
1993	109,3	100,2	95,5	74,7	85,1
1994	117,8	108,0	106,4	73,4	90,2
1995	125,7	108,7	100,9	71,4	86,1
1996	132,0	104,2	111,8	67,8	89,8
1997	142,3	113,1	106,4	67,8	87,1

### Ekotehokkuuksien 1, 2, 3, 4 ja 5 arvot 1980–1997

	Ekoteho 1	Ekoteho 2	Ekoteho 3	Ekoteho 4	Ekoteho 5
1980	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1981	1,08	1,04	1,12	1,21	0,86
1982	1,11	1,04	1,2	1,31	0,84
1983	1,09	0,98	1,22	1,35	0,83
1984	1,11	1,00	1,25	1,37	0,84
1985	1,09	1,00	1,21	1,25	0,94
1986	1,15	1,05	1,28	1,30	0,96
1987	1,15	1,05	1,26	1,28	0,98
1988	1,20	1,10	1,31	1,35	0,95
1989	1,21	1,10	1,35	1,36	0,99
1990	1,23	1,12	1,36	1,36	1,00
1991	1,21	1,12	1,32	1,26	1,10
1992	1,17	1,09	1,27	1,18	1,17
1993	1,18	1,09	1,28	1,14	1,28
1994	1,19	1,09	1,31	1,11	1,45
1995	1,29	1,16	1,46	1,25	1,41
1996	1,36	1,27	1,47	1,18	1,65
1997	1,42	1,26	1,63	1,34	1,57

# LIITE 6 TALOUKSIEN EKOTEHOKKUUDET

**Suomen, Saksan, Japanin, Yhdysvaltojen ja Alankomaiden SNA-68 suosituksen mukaiset bruttokansantuotteet 1975-1994 vuoden 1990 hinnoin**

	Suomi Miljoonaa markkaa (FIM)	Saksa Miljoonaa markkaa (DEM)	Japani Miljardia jeniä (JPY)	Yhdysvallat Miljardia dollaria (USD)	Alankomaat Miljoonaa guldenia (NLG)
1975	330 360	1 654 231	234,489	3 671,5	365 448
1976	328 958	1 742 304	243,809	3 850,5	384 157
1977	329 764	1 791 875	254,513	4 014,6	398 060
1978	336 667	1 845 585	267,931	4 213,6	402 330
1979	360 092	1 923 551	280,625	4 319,4	411 290
1980	379 294	1 942 417	290,588	4 294,5	416 250
1981	386 361	1 944 342	299,801	4 367,0	414 140
1982	398 907	1 926 054	308,966	4 278,5	409 320
1983	409 690	1 959 935	316,141	4 424,3	416 320
1984	422 048	2 015 089	328,525	4 691,9	430 010
1985	436 258	2 055 997	342,993	4 845,9	443 250
1986	446 606	2 014 221	352,924	4 987,1	455 460
1987	464 917	2 135 311	367,602	5 121,3	461 900
1988	487 719	2 214 817	390,375	5 314,3	473 980
1989	515 364	2 295 094	409,235	5 489,1	496 160
1990	515 430	2 426 000	430,040	5 554,1	516 550
1991	479 011	2 548 782	446,372	5 498,5	528 281
1992	462 003	2 593 387	450,933	5 653,2	538 981
1993	456 571	2 542 853	452,339	5 790,4	543 086
1994	477 340	2 599 354	425,300	6 004,5	560 588

*Lähde OECD. National Accounts. Main Aggregates 1960-97. Paris 1999.*

**Talouksien materiaalien käytön tehokkuuden kehitys 1975–1994  
(Ekotehokkuus 2)**

	Suomi	Saksa	Japani	Yhdysvallat	Alankomaat
1975	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1976	0,99	1,05	1,04	1,01	1,03
1977	1,01	1,08	1,01	1,02	1,04
1978	0,98	1,09	1,01	1,02	1,03
1979	0,95	1,08	1,02	1,00	1,03
1980	1,02	1,11	1,07	1,09	1,02
1981	1,07	1,21	1,15	1,14	1,01
1982	1,07	1,35	1,22	1,21	1,00
1983	1,01	1,37	1,29	1,27	1,02
1984	1,03	1,40	1,30	1,19	1,05
1985	1,02	1,45	1,38	1,21	1,08
1986	1,07	1,40	1,41	1,22	1,09
1987	1,07	1,52	1,42	1,19	1,09
1988	1,12	1,51	1,42	1,20	1,09
1989	1,13	1,43	1,40	1,20	1,12
1990	1,17	1,48	1,38	1,19	1,15
1991	1,20	1,25	1,46	1,25	1,15
1992	1,20	1,18	1,58	1,22	1,16
1993	1,23	1,16	1,62	1,25	1,25
1994	1,19	1,06	1,51	1,22	1,30

# KESKEISET KÄSITTEET

**Bruttokansantuote, BKT** (*Gross Domestic Product, GDP*) = kansantalouden tilinpidon tärkein tunnusluku, joka kertoo taloudellisen toiminnan laajuuden rahamääräisenä.

**Ekologinen selkäreppu** (*Ecological rucksack*) = käsite, jonka avulla ilmaistaan jonkin tietyn tuotteen vaatiman koko elinkaaren aikaisten primäärimateriaali- ja energiapanosten kokonaismäärä. Kuvaa tietyn tuotteen koko sen elinkaaren, valmistuksen ja kulutuksen, vaatimaa primaarimateriaalimäärää.

**Ekologinen talousteoria** (*Ecological Economics*) = taloustieteen haara, joka tavoittelee luonnon hyvinvoinnin turvaamista. Käytännössä päämääränä on taloudellisen toiminnan sopeuttaminen maapallon kantokyvyn mukaiseksi niin määrälliseksi kuin laadullisestikin.

**Ekologisesti kestävä kehitys** (*Ecologically Sustainable Development*) = kestävän kehityksen politiikan tiukin määritelmä, joka pyrkii joka tilanteessa turvaamaan luonnon hyvinvoinnin. Periaatteena on ettei luontoa voi korvata millään muulla hyödykkeellä. Käytetyin kestävän kehityksen määritelmä.

**Ekotehokkuus** (*Eco-efficiency*) = yhteiskunnallinen toimintastrategia, joka tähtää materiaalien käytön vähentämiseen taloudessa, jotta haitallisia ympäristövaikutuksia saataisiin pienennettyä. Yhä pienemmästä määrästä materiaaleja tulee tuottaa suhteellisesti enemmän taloudellista hyvinvointia entistä oikeudenmukaisemmin jakautuneena. Ekotehokkuuden yleisenä tavoitteena on tuottaa "vähemmästä enemmän" (nk. laadullinen kasvu).

**Factor 4** = tavoite, jonka mukaan keskipitkällä aikavälillä, seuraavien 20-30 vuoden kuluessa luonnonvara-, raaka-aine- ja energiapanoksen per tuotettu yksikkö on alennettava neljänteen osaan nykyisestä. Tavoite on johdettu hiilidioksidipäästöjen alentamistavoitteesta kestäväälle tasolle.

**Factor 10** = tavoite, jonka mukaan pitkällä aikavälillä, seuraavien 30-50 vuoden kuluessa luonnonvara-, raaka-aine- ja energiapanoksen per tuotettu yksikkö on alennuttava kymmenenteen

osaan nykyisestä. Tavoite on johdettu hiilidioksidipäästöjen alen-  
tamistavoitteesta kestäväälle tasolle.

**Hyvinvointi** (*welfare*) = taloustieteellinen termi, jolla tarkoi-  
tetaan yksilöille tarpeiden tyydyttämisen kautta syntynyttä pa-  
rannusta elämän laadussa. Hyvinvointiteorian mukaan ihmisen  
kokonaishyvinvointi koostuu talouden tuottamista hyödykkeistä,  
luonnon ja ympäristön tarjoamista ilmaishyödykkeistä ja vapaa-  
ajasta.

**Kansantalouden tilinpito** (*System of National Accounting, SNA*) = systemaattisesti järjestettyihin tileihin perustuva yhteis-  
kunnallinen seurantajärjestelmä, joka kuvaa talouden toimintaa  
rahamääräisenä. Perustuu 1930 ja 1940-luvuilla kehitettyyn  
makrotalousteoriaan. Tilinpidon tärkein tunnusluku on brutto-  
kansantuote (BKT), joka kertoo taloudellisen toiminnan laajuus-  
den rahamääräisenä.

**Kokonaismateriaalinen kulutus** (*Total Material Input, TMI*  
*tai Total Material Requirement*) = saksalaisen Wuppertal Insti-  
tuutin kehittämä kokonaistaloudellinen mittari, joka kertoo ton-  
nimääräisenä paitsi talouden tuottamien hyödykkeiden sisältä-  
män luonnonvarojen määrän, myös siihen liittyvät nk. piilovirrat.  
Näitä taloudellisen järjestelmän ulkopuolelle jääviä materiaali-  
virtoja ovat mm. hakkuissa hyödyntämättä jäävä puuainek-  
sivat, neulaset, lehdet ja juuret), kaivoksista hyötykiven louhinnan  
yhteydessä nostettu sivukivi, teknoysteemin rakentamiseksi tar-  
vitut maansiirrot (tiet ja yhdyskunnat) sekä ihmisen toiminnan  
(ml. tehomaatalouden) aiheuttama eroosio. Mittarin avulla voi-  
daan arvioida kansantalouden ekotehokkuutta ja Factor-tavoit-  
teiden toteutumista.

**Luonnonvaratilinpito** (*Natural Resource Accounting, NRA*)  
= systemaattisesti järjestettyihin tileihin perustuva yhteis-  
kunnallinen seurantajärjestelmä, joka kuvaa taloudelliselta kannalta  
arvokkaan ja rajallisen luonnonvaran varannon suuruutta ja hyö-  
dyntämistä fyysisinä määrinä, kuten tonneina.

**Materiaalivirta-analyysi** (*Material Flow Analysis, MFA*) =  
arviointimenetelmä, joka arvioi materiaalien käytön tehokkuutta  
materiaalivirtatilinpidon tietojen avulla. Materiaalivirta-analyysi  
auttaa tunnistamaan luonnonvarojen ja muiden materiaalien  
tuhlauksen taloudessa, mikä taloudellisilta seurantajärjestelmil-  
tä muuten jää yleensä huomaamatta.

**Materiaalivirtatilinpito** (*Material Flow Accounting, MFA*) =  
systemaattisesti järjestettyihin tileihin perustuva kansanta-  
loudellinen seurantajärjestelmä, joka kuvaa talouden käyttöön

otettavien materiaalien ja lähinnä fossiilisten energialähteiden kokonaismääriä eli materiaalivirtoja. Materiaalivirtatilinpitoja voidaan laatia myös silloin kun ympäristön tai luonnonvaran varannon laajuus ei ole tarkkaan tiedossa. Mahdollistaa muun muassa luonnonvarojen kokonaiskulutuksen ja siihen liittyvien nk. piilovirtojen seurannan sekä DMI ja TMI -indikaattoreiden laskemisen.

**MIPS** (*Material Input Per Service*) = saksalaisen Wuppertal instituutin kehittämä mittayksikkö, jonka avulla voidaan tarkastella eri tuotteiden ja palvelusten materiaali-intensiteettiä suhteessa yhteen tuotettuun hyöty-yksikköön. Tätä tarkastelutapaa kutsutaan MAIA:ksi (*Material Intensity Analysis*).

**SEEA** (*System of integrated Environmental and Economic Accounting*) = ympäristötilinpitojärjestelmä, jonka tarkoituksena on täydentää kansantalouden tilinpitoa tärkeimmillä ympäristön ja luonnonvarojen arvoilla. YK antoi ohjeet SEEA:n mukaisen ympäristötilinpidon laadinnasta vuonna 1993.

**Suora materiaalien kulutus** (*Direct Material Input, DMI*) = saksalaisen Wuppertal instituutin kehittämä kokonaistaloudellinen mittari, joka kertoo tuotettuihin hyödykkeisiin sisältyvän luonnonvarojen kokonaismäärän tonneina. Mittarin avulla voidaan arvioida kansantalouden materiaali-intensiteetin kehitystä, tehokkaamman tuotantotekniikan käyttöönottoa ja Factor-tavoitteiden toteutumista.

**Tilinpitojärjestelmä** (*System of Accounts*) = useista, yleensä samanmuotoisista tileistä muodostuva tilastollinen kokonaisuus, joka pyrkii esittämään joitakin tiettyyn kokonaisuuteen kuuluvia tilastotietoja yhdenmukaisella ja systemaattisella tavalla. Useissa tapauksissa tileissä pyritään nimenomaan tasemuotoiseen esitystapaan.

**Uusklassinen talousteoria** (*Neoclassical economics*) = taloustieteen valtavirtaus, joka painottaa markkina- ja hintamekanismien merkitystä niukkojen resurssien optimaalisessa allokoinnissa.

**Yhteiskunnallinen termodynamiikka** (*Social thermodynamics*) = fysiikan termodynamiikka (lämpöoppi) -nimisestä osa-alueesta johdettu yhteiskunnallinen ajattelutapa, joka mukaan termodynamiikan lait määrittävät yhtäläillä sekä luonnon että talouden toimintaa. Materiaalien käytön kasvu johtaa tämän mukaan aina vastaavaan ympäristöhaittojen kasvuun. Ainoa tapa pienentää talouden ympäristövaikutuksia on teknologinen kehitys ja talouden ns. laadullinen kasvu.

**Ympäristötilinpito** (*Environmental Accounting*) = Luonnonvarat, ekosysteemien laadun ja ihmisen ympäristövaikutukset huomioiva tilinpitojärjestelmä. Luonnonvara- ja materiaaalivirta-tilinpidot tarjoavat ympäristötilinpidolle ympäristöä koskevan tietopohjan, joka tilinpidossa pyritään ilmaisemaan rahamääräisinä tai indikaattoreiden avulla. Tarjoaa yhteiskunnalle kokonaiskuvan sen luonnon tilasta ja mahdollistaa ympäristökorjatun kansantuotteen eli ns. vihreän BKT:n laskemisen. YK antoi ohjeet SEEA-ympäristötilinpidon laadinnasta vuonna 1993.

**Ympäristövara** (*Environmenta! Space*) = se vuosittainen luonnonvarojen kokonaiskulutuksen määrä johon jokainen ihminen on luonnon kantokyvyn puitteissa korkeintaan "oikeutettu".



## TUTKIMUKSIA-SARJA

Tilastokeskus on julkaissut Tutkimuksia v. 1966 alkaen,  
v. 1990 lähtien ovat ilmestyneet seuraavat:

164. **Henry Takala**, Kunnat ja kuntainliitot kansantalouden tilinpidossa. Tammikuu 1990. 60 s.
165. **Jarmo Hyrkkö**, Palkansaajien ansiotasoindeksi 1985=100. Tammi-kuu 1990. 66 s.
166. **Pekka Rytönen**, Siivouspalvelu, ympäristöhuolto ja pesulapalvelu 1980-luvulla. Tammikuu 1990. 70 s.
167. **Jukka Muukkonen**, Luonnonvara-tilinpito kestävän kehityksen kuvaajana. 1990. 119 s.
168. **Juha-Pekka Ollila**, Tieliikenteen tavarakuljetus 1980-luvulla. Helmikuu 1990. 45 s.
169. **Tuovi Allén – Seppo Laaksonen – Päivi Keinänen – Seija Ilmakunnas**, Palkkaa työstä ja sukupuolesta. Huhtikuu 1990. 90 s.
170. **Ari Tyrkkö**, Asuinolotiedot väestölaskennassa ja kotitaloustiedustelussa. Huhtikuu 1990. 63 s.
171. **Hannu Isoaho – Osmo Kivinen – Risto Rinne**, Nuorten koulutus ja kotitasta. Toukokuu 1990. 115 s.
- 171b. **Hannu Isoaho – Osmo Kivinen – Risto Rinne**, Education and the family background of the young in Finland. 1990. 115 pp.
172. **Tapani Valkonen – Tuija Martelin – Arja Rimpelä**, Eriarvoisuus kuoleman edessä. Sosioekonomiset kuolleisuuserot Suomessa 1971–85. Kesäkuu 1990. 145 s.
173. **Jukka Muukkonen**, Sustainable development and natural resource accounting. August 1990. 96 pp.
174. **Iiris Niemi – Hannu Pääkkönen**, Time use changes in Finland in the 1980s. August 1990. 118 pp.
175. **Väinö Kannisto**, Mortality of the elderly in late 19th and early 20th century Finland. August 1990. 50 pp.
176. **Tapani Valkonen – Tuija Martelin – Arja Rimpelä**, Socio-economic mortality differences in Finland 1971–85. December 1990. 108 pp.
177. **Jaana Lähteenmaa – Lasse Siurala**, Nuoret ja muutos. Tammikuu 1991. 211 s.
178. **Tuomo Martikainen – Risto Yrjönen**, Vaalit, puolueet ja yhteiskunnan muutos. Maaliskuu 1991. 120 s.
179. **Seppo Laaksonen**, Comparative Adjustments for Missingness in Short-term Panels. April 1991. 74 pp.
180. **Ágnes Babarczy – István Harcsa – Hannu Pääkkönen**, Time use trends in Finland and in Hungary. April 1991. 72 pp.
181. **Timo Matala**, Asumisen tuki 1988. Kesäkuu 1991. 64 s.
182. **Iiris Niemi – Parsla Eglite – Algimantas Mitrikas – V.D. Patrushev – Hannu Pääkkönen**, Time Use in Finland, Latvia, Lithuania and Russia. July 1991. 80 pp.
183. **Iiris Niemi – Hannu Pääkkönen**, Vuotuinen ajankäyttö. Joulukuu 1992. 83 s.
- 183b. **Iiris Niemi – Hannu Pääkkönen – Veli Rajaniemi – Seppo Laaksonen – Jarmo Lauri**, Vuotuinen ajankäyttö. Ajankäyttötutkimuksen 1987–88 taulukot. Elokuu 1991. 116 s.
184. **Ari Leppälahti – Mikael Åkerblom**, Industrial Innovation in Finland. August 1991. 82 pp.
185. **Maarit Säynevirta**, Indeksiteoria ja ansiotasoindeksi. Lokakuu 1991. 95 s.
186. **Ari Tyrkkö**, Ahtaasti asuvat. Syyskuu 1991. 134 s.
187. **Tuomo Martikainen – Risto Yrjönen**, Voting, parties and so-

- cial change in Finland. October 1991. 108 pp.
188. **Timo Kolu**, Työelämän laatu 1977–1990. Työn ja hyvinvoinnin koettuja muutoksia. Tammikuu 1992. 194 s.
189. **Anna-Maija Lehto**, Työelämän laatu ja tasa-arvo. Tammikuu 1992. 196 s.
190. **Tuovi Allén – Päivi Keinänen – Seppo Laaksonen – Seija Ilmakunnas**, Wage from Work and Gender. A Study on Wage Differentials in Finland in 1985. 88 pp.
191. **Kirsti Ahlqvist**, Kodinomistajaksi velalla. Maaliskuu 1992. 98 s.
192. **Matti Simpanen – Irja Blomqvist**, Aikuiskoulutukseen osallistuminen. Aikuiskoulutustutkimus 1990. Toukokuu 1992. 135 s.
193. **Leena M. Kirjavainen – Bistra Anachkova – Seppo Laaksonen – Iiris Niemi – Hannu Pääkkönen – Zahari Staikov**, Housework Time in Bulgaria and Finland. June 1992. 131 pp.
194. **Pekka Haapala – Seppo Kouvonnen**, Kuntasektorin työvoimakustannukset. Kesäkuu 1992. 70 s.
195. **Pirkko Aulin-Ahmavaara**, The Productivity of a Nation. November 1992. 72 pp.
196. **Tuula Melkas**, Valtion ja markkinoiden tuolla puolen. Joulukuu 1992. 150 s.
197. **Fjalar Finnäs**, Formation of unions and families in Finnish cohorts born 1938–67. April 1993. 58 pp.
198. **Antti Siikanen – Ari Tyrkkö**, Koti – Talous – Asuntomarkkinat. Kesäkuu 1993. 167 s.
199. **Timo Matala**, Asumisen tuki ja aravavuokralaiset. Kesäkuu 1993. 84 s.
200. **Arja Kinnunen**, Kuluttajahintaindeksi 1990=100. Menetelmät ja käytäntö. Elokuu 1993. 89 s.
201. **Matti Simpanen**, Aikuiskoulutus ja työelämä. Aikuiskoulutustutkimus 1990. Syyskuu 1993. 150 s.
202. **Martti Puohiniemi**, Suomalaisten arvot ja tulevaisuus. Lokakuu 1993. 100 s.
203. **Juha Kivinen – Ari Mäkinen**, Suomen elintarvike- ja metallituoteollisuuden rakenteen, kannattavuuden ja suhdannevaihteluiden yhteys; ekonometrinen analyysi vuosilta 1974 – 1990. Marraskuu 1993. 92 s.
204. **Juha Nurmela**, Kotitalouksien energian kokonaiskulutus 1990. Marraskuu 1993. 108 s.
- 205a. **Georg Luther**, Suomen tilastotoimen historia vuoteen 1970. Joulukuu 1993. 382 s.
- 205b. **Georg Luther**, Statistikens historia i Finland till 1970. December 1993. 380 s.
206. **Riitta Harala – Eva Hänninen-Salmelin – Kaisa Kauppinen-Toropainen – Päivi Keinänen – Tuulikki Petäjaniemi – Sinikka Vanhala**, Naiset huipulla. Huhtikuu 1994. 64 s.
207. **Wangqiu Song**, Hedoninen regressioanalyysi kuluttajahintaindeksissä. Huhtikuu 1994. 100 s.
208. **Anne Koponen**, Työolot ja ammattillinen aikuiskoulutus 1990. Toukokuu 1994. 118 s.
209. **Fjalar Finnäs**, Language Shifts and Migration. May 1994. 37 pp.
210. **Erkki Pakkinen – Veijo Ritola**, Suhdannekäänteet ja taloudelliset aikasarjat. Kesäkuu 1994. 200 s.
211. **Riitta Harala – Eva Hänninen-Salmelin – Kaisa Kauppinen-Toropainen – Päivi Keinänen – Tuulikki Petäjaniemi – Sinikka Vanhala**, Women at the Top. July 1994. 66 pp.
212. **Olavi Lehtoranta**, Teollisuuden tuottavuuskehityksen mittaminen toimialatasolla. Tammikuu 1995. 73 s.
213. **Kristiina Manderbacka**, Terveystilan mittarit. Syyskuu 1995. 121 s.

214. **Andres Vikat**, Perheellistyminen Virossa ja Suomessa. Joulukuu 1995. 52 s.
215. **Mika Maliranta**, Suomen teollisuuden tuottavuus. Helmikuu 1996. 189 s.
216. **Juha Nurmela**, Kotitaloudet ja energia vuonna 2015. Huhtikuu 1996. 285 s.
217. **Rauno Sairinen**, Suomalaiset ja ympäristöpolitiikka. Elokuu 1996. 179 s.
218. **Johanna Moisander**, Attitudes and Ecologically Responsible Consumption. August 1996. 159 pp.
219. **Seppo Laaksonen (ed.)**, International Perspectives on Nonresponse. Proceedings of the Sixth International Workshop on Household Survey Nonresponse. December 1996. 240 pp.
220. **Jukka Hoffrén**, Metsien ekologisen laadun mittaaminen. Elokuu 1996. 79 s.
221. **Jarmo Rusanen – Arvo Naukkarinen – Alfred Colpaert – Toivo Muilu**, Differences in the Spatial Structure of the Population Between Finland and Sweden in 1995 – a GIS viewpoint. March 1997. 46 pp.
222. **Anna-Maija Lehto**, Työolot tutkimuskohteena. Marraskuu 1996. 289 s.
223. **Seppo Laaksonen (ed.)**, The Evolution of Firms and Industries. June 1997. 505 pp.
224. **Jukka Hoffrén**, Finnish Forest Resource Accounting and Ecological Sustainability. June 1997. 132 pp.
225. **Eero Tanskanen**. Suomalaiset ja ympäristö kansainvälisestä näkökulmasta. Elokuu 1997. 153 s.
226. **Jukka Hoffrén**. Talous hyvinvoinnin ja ympäristöhaittojen tuottajana –Suomen ekotehokkuuden mittaaminen. Toukokuu 1999. 154 s.

*TUTKIMUKSIA kuvaa suomalaista yhteiskuntaa ja sen kansainvälistä asemaa tutkittujen tietojen pohjalta. Sarjassa julkaistaan Tilastokeskuksessa laadittuja tai Tilastokeskuksen aineistoihin perustuvia tieteellisiä tutkimuksia.*

Tutkimus tarkastelee talouden aiheuttamia ympäristöongelmia hyvinvoinnin näkökulmasta ja sen erityisenä mielenkiinnon kohteena on ns. ekotehokkuustarkastelun käyttökelpoisuuden arviointi. Ekotehokkuustarkastelu perustuu läpivirtaustalous-ajatteluun, jonka mukaan hyödykkeisiin sitoutuvan materiaalmäärän vähentyminen hyvinvoinnin kasvassa tai säilyessä vähintään ennallaan tuo taloudellisia säästöjä ja laskee ympäristökuormitusta. Tutkimuksen empiirinen osa arvioi Suomen ekotehokkuuden kehitystä vuosina 1980 - 1997 yhdistämällä saatavilla olevat ekotehokkuuden eri ulottuvuuksia koskevat tutkimus- ja tilastotiedot.

#### MYynti

Tilastokeskus  
Myyntipalvelu  
PL 3B  
00022 TILASTOKESKUS  
Puh (09) 1734 2011  
Faksi (09) 1734 2474  
tilastomyynti@tilastokeskus.fi  
www.tilastokeskus.fi

#### FÖRSÄLJNING

Statistikcentralen  
Försäljningstjänsten  
PB 3B  
00022 STATISTIKSCENTRALEN  
Tfn (09) 1734 2011  
Fax (09) 1734 2474  
tilastomyynti@stat.fi  
www.stat.fi

#### ORDERS

Statistics Finland  
Sales Services  
P.O. Box 3B  
00022 STATISTICS FINLAND  
Tel. + 358 9 1734 2011  
Fax. + 358 9 1734 2474  
E-mail: tilastomyynti@stat.fi  
www.stat.fi

ISSN 0355-2071  
ISBN 951-727-604-4

