

# Maailma lähestyy öljyn tuotantohuippua

Maailman öljyn tuotantohuippu on useiden asiantuntija-arvioiden mukaan lähellä. Edessä on ensin tasaantuvan tarjonnan aika sekä viime kädessä öljyntuotannon kääntyminen laskuun. Lähivuosina öljyn ja öljytuotteiden tarjonta supistuu ja hinnat nousevat huomattavasti.

**M**aailma on viimeisten 60 vuoden aikana tullut lähes huomaamatta riippuvaiseksi öljystä. Nykyinen talouskasvu ja hyvinvointi ovat perustuneet pitkälti öljyn edullisuuteen ja tämän käyttökelpoisen energialähteen hyödyntämisen lisäämiseen. Öljylle yhteiskuntien käyttövoimana ei ole tällä hetkellä olemassa yhtä selkää korvaajaa. Yhteistä kaikille vaihtoehtoisille energialähteille ovat niiden käyttöön liittyvät useat ratkaisemattomat ongelmat.

Öljyntuotannon hiipuminen uhkaakin iskeä länsimaisten teollisten yhteiskuntien ja talouksien perusteisiin, jotka ovat hyvin riippuvaisia öljystä. Öljyn saatavuuden heikkeneminen saattaa pahimpien ennusteiden mukaan johtaa maatalouden tuotannon romahtamiseen, elintarvikkeiden tarjonnan supistumiseen ja jopa nälänhätään. Yhdysvaltojen energiaministeriölle vuonna 2005 laadittu raportti *Peaking of world oil production: impacts, mitigation, & risk management* kertoo, että kyseessä tulee olemaan ”ennennäkemätön riskienhallintaongelma”, jonka kaltaista modernit teolliset yhteiskunnat eivät ole aikaisemmin kohdanneet.

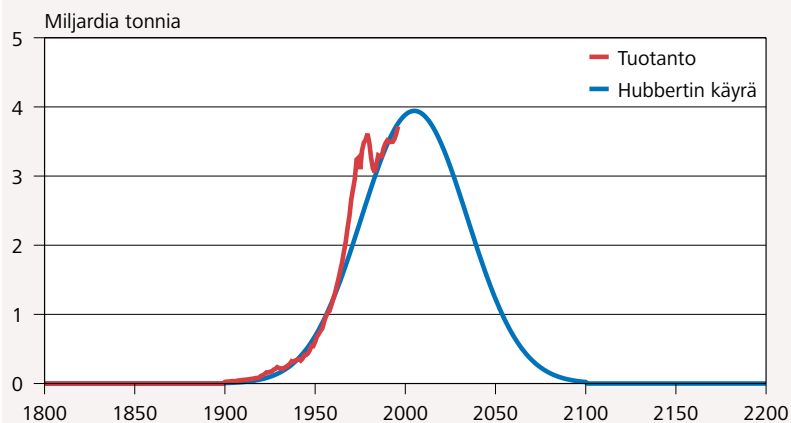
## Arvioita öljyn tuotantohuipusta

Öljyn tuotantohuippu saavutetaan ns. Hubbertin teorian mukaan, kun 50 prosenttia maailman öljyvarannoista on hyödynnetty. Shellin tutkija *M. King Hubbertin* vuonna 1956 tekemien käytännön havaintojen mukaan öljykentän sisältämästä öljystä ensimmäiset 50 prosenttia on melko helppoa ja halpaa tuottaa, kun öljy nousee maanpinnalle omalla paineellaan. Viimeisten 50 prosentin tuottaminen vaikeutuu, kun öljy pitää teknisin apuvälineiden avulla nostaa maanpinnalle. Samalla tuotan-

tomäärät ensin vakiintuvat ja kääntyvät sitten laskuun, kun alkuperäistä tuotantovauhtia ei pystytä enää pitämään yllä. Tuotantohuipun jälkeen myös tuotantokustannukset alkavat nousta jyrkästi. Toinen merkittävä käännekohta on, kun öljyn tuottamiseen kuluu enemmän energiaa kuin tuotetusta öljystä saadaan. Tällöin öljykenttä hylätään taloudellisesti kannattamattomana, jolloin osa öljystä jää pysyvästi piiloon lähteiden öljytaskuihin. Hubbertin teoria soveltuu myös koko maailman öljyntuotannon kuvaamiseen (Kuvio 1).

Hubbert ennusti vuonna 1956, että manner-Yhdysvaltojen öljyntuotanto saavuttaa huippunsa vuonna 1973, ja että nämä öljyvarat ehtyvät kokonaan ennen vuotta 2100. Ennuste Yhdysvaltojen tuotantohuipusta osui kohdalleen, ja nykyisin öljyntuotanto on voimakkaassa laskussa. Maailman öljyntuotannon Hubbert ennusti saavuttavan huippunsa vuonna 2000 ja kääntyvän sen jälkeen ▶

Maailman öljynkulutus ja Hubbertin käyrä vuosina 1800–2200



Lähde: U.S. Energy Information Administration 2006; Worldwatch Institute 1998

Kuvio 1

**Monet alan tutkijat ja asiantuntijat ennustavat maailman öljyntuotannon huipun olevan käsillä jo ennen vuotta 2010.**

laskuun. Epävarmuutta laskelmiin toi kuitenkin maailman öljyvarantojen koon arviointi. Käytännössä maailman öljyntuotanto noudatti hyvin Hubbertin käyrää aina 1970-luvun ensimmäiseen öljykriisiin saakka. Sitten öljykriisejä seurannut öljyn tuotannon lasku on johtanut tuotantohuipun viivästytmiseen ja tasaantumiseen.

Varmasti huippuvuosi tiedetään vasta jälkikäteen, kun öljyntuotanto alkaa jo vähetä. Öljyntuotannon huippukohdan saavuttamisen ajankohdasta ei ole tarkkaa ja yksimielistä näkemystä. Tämä on pitkälti seurausta käytettävissä olevan tilastollisen tietopohjan heikkouksista. Kuitenkin monet alan tutkijat ja asiantuntijat ennustavat maailman öljyntuotannon huipun olevan käsillä jo ennen vuotta 2010. Geologi *Kenneth Deffeyes* ajoitti vuonna 2001 Hubbertin mallin ja uudemman tilastotiedon perusteella maailman öljyntuotannon huipun vuosiin 2004–2009 riippuen

OPEC-maiden öljyvarantojen suuruudesta ja niiden tuotantokyvystä. Hänen laskelmissaan suurin epävarmuustekijä oli Saudi-Arabian jäljellä olevien öljyvarantojen määrä. Näitä tietoja Saudi-Arabia ei halunnut julkistaa. Öljyteollisuuden ja kansainvälisten järjestöjen arviot käännekohdasta ovat optimistisempia. World Energy Council ajoittaa huipun vuoden 2010 jälkeiseen aikaan, Yhdysvaltojen Energy Information Agency vuoteen 2016, British Petroleum vuosille 2015–2020 ja Shell vuoteen 2025. Ne perustavat optimisminsa paljolti kehittyvän etsintä- ja tuotantoteknologian sekä mahdollisten uusien öljylöytöjen varaan.

Association of the Study of Peak Oil and Gas (ASPO) arvioi, että maailman öljyntuotanto kääntyisi laskuun vuonna 2007, mikä johtaisi suureen kriisiin 2010-luvulla. Tämä saa tukea arvioista, joiden mukaan yhä useammat tuotannossa olevat öljykentät ovat joko alkamassa ehtyä tai ovat jo ehtyneet. Suuret, helposti hyödynnettävät öljykentät on todennäköisesti jo löydetty, eikä uusia kenttiä ole viime vuosina löydetty samaan tahtiin kuin vanhoja on hyödynnetty. Viimeinen jättiläiskenttä löytyi vuonna 1970, ja vuosi 2003 oli ensimmäinen vuosi, jolloin suuria öljykenttiä ei löydetty yhtäkään (Kuvio 2).

### Kysyntä kasvaa, tarjonta pienenee

Yhdysvaltojen Energy Information Administrationin (EIA) ennusteen mukaan maailman öljynkysyntä nousee nykyisestä 84 miljoonasta tynnyristä 118 miljoonaan tynnyriin päivässä vuoteen 2030 mennessä. Suuri osa kasvusta aiheutuu Kiinan ja Intian teollistumisesta. Perusennusteessa kysyntä tyydytetään lähes 90-prosenttisesti fossiililla polttoaineilla, joten öljyn kysyntä uhkaa nousta lähes 48 prosentilla. Kuitenkin jo nyt maailma kuluttaa yli kolme kertaa enemmän öljyä kuin uusia löytöjä tehdään, maailman 48 suurimmasta öljyntuottajamaasta 33:ssa tuotanto on kääntynyt laskuun ja arvioiden mukaan öljyntuotannon huippu alkaisi olla jo käsillä. 11 OPEC-maasta tuotannon huippu on saavutettu seitsemässä maassa ja maailman öljyntuotannon lisäyksestä 90 prosenttia oli peräisin vain kolmesta OPEC -maasta, Saudi-Arabiasta, Kuwaitista ja Qatarista. EIA ennusti vuonna 2005, että OPEC-maiden öljyntuotannon lisäys vuosina 2002–2025 olisi 24 miljoonaa tynnyriä päivässä, mutta jo vuoden 2006 ennusteessa todettiin, että OPEC-maat pystyvätkin lisäämään tuotantoaan tuolla ajanjaksolla korkeintaan 11,8



Kuvapörssi

miljoonalla tynnyrillä päivässä.

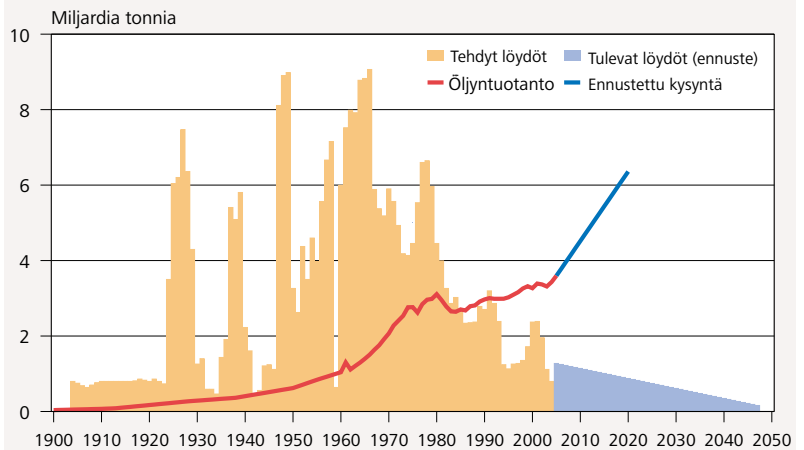
Parhaiten tunnettu viimeaikainen esimerkki jo tapahtuneesta öljyn tuotantohuipusta on Omanin öljytuotanto, joka saavutti huippunsa vuonna 2001, ja kääntyi sitten yllättäen laskuun huolimatta uusimmasta teknologiasta. Pohjanmeren öljyntuotanto saavutti huippunsa vuonna 1999 ja on nyt ehtymässä kiihtyvällä vauhdilla. Vuonna 2005 Ison-Britannian öljyntuotanto Pohjanmerellä oli vähentynyt vuoden 1999 tuotantohuipusta 38,6 prosenttia ja Norjan 15,8 prosenttia. Vuonna 2020 Pohjanmeren öljyntuotannon ennustetaan olevan enää kolmannes vuoden 1999 tuotantohuipusta.

Vanhoin öljykenttien tuotannon laskeminen pitäisi pystyä korvaamaan uusilla öljylöydöillä, jotta nykyinen tuotantotaso voitaisiin säilyttää. Nykyisin 80 prosenttia maailman öljyntuotannosta tapahtuu ennen vuotta 1970 löydettyillä kentillä, ja ne ovat alkaneet näyttää ehtymisen merkkejä. Maailman öljylöytöjen määrällinen huippu oli 1960-luvun puolivälissä. Jo löydetty öljyvarannot eivät loputtomiin riitä nykyisen öljyn tuotantovauhdin jatkamiseen ja ennustetun kysynnän kasvun tyydyttämiseen. Ongelmasta kertoo uusien öljylöytöjen vähäisyyden ja kasvavan tuotannon välinen kasvava kuilu.

Ylivoimaisesti suurin osa öljyvaroista sijaitsee Lähi-idässä sekä viidessä Persianlahden rannikkovaltiossa: Saudi-Arabiassa, Irakissa, Iranissa, Kuwaitissa ja Yhdistyneissä Arabiemiirikunnissa. Lisäykset öljyvarannoissa ovat myös viime vuosikymmeninä yhä enemmän perustuneet varantojen koon uudelleenarviointeihin uusien löytöjen sijasta. Näyttää siltä, että suurimmat öljykentät on jo löydetty ja jäljellä on enää pienempiä kenttiä, joiden tuotanto ei pysty korvaamaan poistuvaa tuotantoa. Esimerkiksi Saudi-Arabia nosti vuonna 1990 arviota öljyvarannoistaan 170 miljoonasta tynnyristä 258 miljoonaan tynnyriin pelkästään laskentakaavoja muuttamalla. Lisäksi maa on päättänyt kertoa jäljellä olevien öljyvarantojen sijasta vain alkuperäisten öljyvarantojen suuruudesta. Tämä vaikeuttaa osaltaan tuotantohuipun tarkan ajankohdan määrittelyä.

Kysynnän kasvaessa öljyntuottajat ovat tehneet parhaansa lisätä tuotantoaan kysyntää vastaavaksi. Maailman suurin öljyntuottajamaa Saudi-Arabia kertoi kesäkuussa 2006, että sen vanhojen öljykenttien tuotanto laskee noin kahdeksan prosentin vuosivauhtia. Laskua yritetään kääntää takaisin nousuun tehostamalla tuotantoa eli käytännössä poraamalla uusia reikiä van-

## Maailman öljylöydöt ja öljyntuotanto vuosina 1904–2005 sekä ennustetut trendit



Lähteet: Laherrère 2006, 11; Longwell 2002, 101

Kuvio 2

hoihin kenttiin. Näin tuotantoa pystytään kuitenkin lisäämään vain väliaikaisesti. Ongelmana on, että mikäli öljyntuotantoa lisätään liian nopeasti, se saattaa vahingoittaa öljykentän geologista rakennetta, jolloin aiempaa suurempi osa öljyvarannoista voi jäädä hyödyntämättä. Ylituotannon aiheuttamat vauriot näkyvät myöhemmin hyödynnettävissä olevien öljyvarantojen pienenemisenä ja tuotantomahdollisuuksien supistumisena.

## Öljyn väheneminen nostaa kaikkia hintoja

Nykyinen teollinen yhteiskuntamuoto on suuren haasteen edessä, kun yhteiskunnan tarpeisiin ei ole käytettävissä öljyä entiseen malliin. Kun tuotantohuippu on ohitettu, raakaöljyvarat hupenevat niin nopeasti, että 30 vuodessa tuotanto supistuu neljäsosaan nykyisestä. Samaan aikaan maailman väestön määrä ja energian kysyntä kasvavat jyrkästi. Öljyntuotannon supistuminen muuttaa yhteiskuntia nopeasti. Vaikka öljyä olisi saatavilla kansainvälisillä markkinoilla, olisi sen tarjonta nykyistä pienempää ja hinta ylittäisi monien maksukyvyyn. Öljyn hinnan jyrkkä nousu vähentäisi nykyistä laajamittaista yksityisautoilua, lentomatkalua ja nostaisi monien tuotteiden hintoja. Elintarvikkeet kallistuisivat, koska nykyaikainen maatalous perustuu öljyn saatavuuteen, kuten myös maalit, muovit, voiteluöljyt, lääkkeet, kosmetiikka, koska nekin perustuvat öljyyn. Etenkin tavaran ja ihmisten kuljetuksen kallistuminen vaikuttaisi koko maailmantalouteen ja luultavimmin johtai- ➤

**Vuonna 2005 maailman biopolttoaineiden osuus oli yhden prosentin verran maailman liikennepolttoaineiden kysynnästä.**

si globaaliin taantumaan. Niukemmaksi muuttuvan öljyn säästäminen ja korvaavien energialähteiden käyttöönotto tulevat vaatimaan perusteellisia muutoksia yhteiskuntien rakenteissa ja toimintatavoissa (Kuvio 3).

Tilanteessa, jossa öljyn kysyntä kasvaa, mutta tarjonta vähenee, on periaatteessa valittavana neljä erilaista vaihtoehtoa:

1. Säästäminen, jolloin nykyistä elämäntapaa yritetään jatkaa energiatehokkaammilla autoilla, koneilla ja laitteilla.
2. Elämäntavan muutos, jolloin esimerkiksi liikkumista vähennetään.
3. Substituutio, jolloin muilla energialähteillä korvataan öljyä.
4. Taantuma ja katastrofi, jossa yksinkertaisesti ei tehdä asialle mitään.

Öljyä nykyisin käytössä olevien ajoneuvojen energialähteenä on vaikea korvata millään muulla energialähteellä. Lisäksi öljyn kohtuullinen hinta on estänyt toistaiseksi laajamittaisen siirtymän vaihtoehtojen käyttöön, vaikka hintapiikit ovatkin saaneet autonvalmistajat kehittämään autojen polttoainetehokkuutta ja uusiutuvia polttoaineita, kuten etanolia ja biodieseliä. Öljyn kohdalla ongelmana on kuitenkin se, ettei muuta yhtä helposti tuotettavaa ja mukana kulkevaa energianlähdettä vielä tunneta. Mikäli yhteiskunnat ja öljy-yhtiöt vielä pitävät öljyn hintaa kaikin keinoin kohtuullisella tasolla, tulee hinnan nousu ja öljyntarjonnan supistuminen lopulta tapahtumaan äkillisesti ja yllättäen.

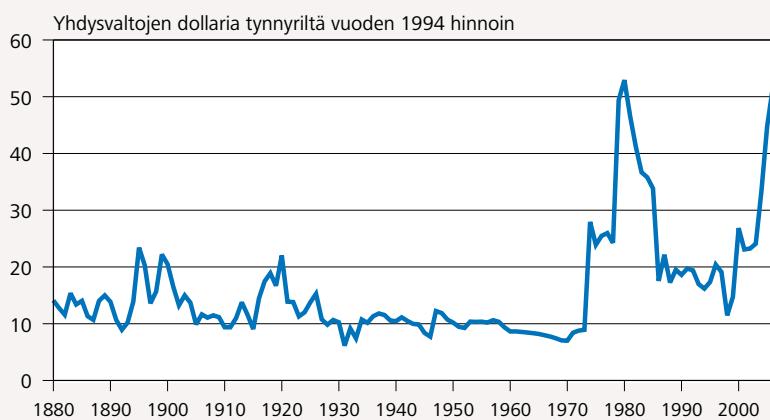
**Kohti öljytöntä yhteiskuntaa**

Biopolttoaineiden, kuten etanolin ja biodieselin tuotanto on alkuvaikeuksien jälkeen pääsemässä vihdoin käyntiin, mutta ongelmana ovat yhä, nykyisellään riittämättömät tuotantomäärät siihen nähden mitä siirtymä kohden öljyttömiä yhteiskuntia vaatisi. Biopolttoaineet voivat osaltaan merkittävästi vähentää maailman riippuvuutta öljystä. Vuonna 2005 maailman biopolttoaineiden osuus oli yhden prosentin verran maailman liikennepolttoaineiden kysynnästä. Uusien polttoaineiden ja -tekniikoiden kehittäminen sekä niiden kaupallistaminen tarvitsevat ainakin alkuvaiheessa yhteiskunnan tukea.

Ainoa maa, joka on tuonut markkinoille kustannustehokkaan vaihtoehdon öljylle on Brasilia. 1970-luvulta lähtien maa on panostanut etanolikäyttöisten autojen käyttöön subventoimalla polttoaineen hintaa. Maa onkin käytännössä jo saavuttanut öljyriippumattomuuden. EU:n tavoitteena on, että vuonna 2010 markkinoilla olevista liikenteen polttoaineista biopolttoaineita olisi 5,75 prosenttia. Yhdysvalloissa liikennepolttoaineista biopohjaisia on kolme prosenttia, ja osuus on määrä nostaa kaksikertaiseksi vuoteen 2010 mennessä. Presidentti *George W. Bush* esittikin tammikuussa 2007 Yhdysvaltojen bensiinin kulutuksen vähentämistä 20 prosentilla seuraavien kymmenen vuoden aikana.

Arvioiden mukaan esimerkiksi Yhdysvallat voisi korvata noin neljänneksen bensiininkulutuksestaan viljapohjaisella etanolilla. Näin suuri siirtymä edellyttää uusien etanoli- tai Flex Fuel -autojen laajamittaista käyttöönottoa. Kuluttajat kuitenkin odottavat kattavaa jakelujärjestel-

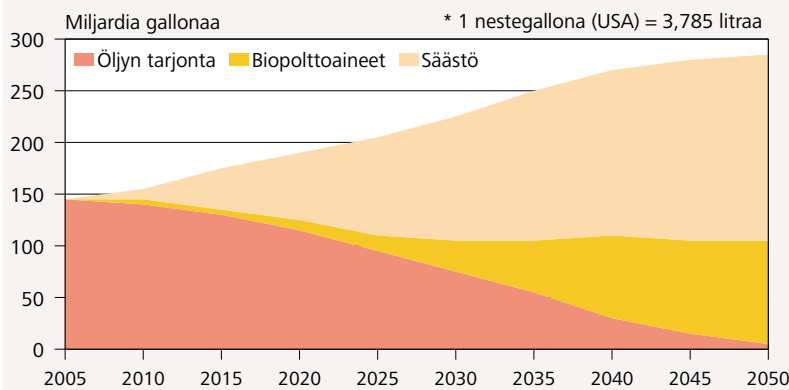
**Raakaöljyn maailmanmarkkinahinnan kehitys vuosina 1880–2006**



Lähde: BP 2006

Kuvio 3

**Ennakoitu öljyn ja biopolttoaineiden kulutuksenkehitys sekä energiatehokkuuden parantumisen aikaansaamat säästöt Yhdysvalloissa vuosina 2005–2050**



Lähde: Greene ym. 2005

Kuvio 4

mää ennen kuin tekevät ostopäätöksiä. National Resources Defence Councilin (NDRC) mukaan Yhdysvaltojen maantieliikenne olisi mahdollista muuttaa biopolttoainepohjaiseksi vuoteen 2050 mennessä, mikäli samaan aikaan hyödynnetään olemassa olevat tekniset säästömahdollisuudet (Kuvio 4).

Teollistuneista maista Ruotsi on pisimmällä suunnittelemassa siirtymää kohden öljytöntä yhteiskuntaa. Maan hallitus asetti vuonna 2005 tavoitteekseen tehdä Ruotsin ensimmäisenä maailman maana riippumattomaksi fossiilista polttoaineista vuoteen 2020 mennessä. Ruotsi on 30 viime vuoden aikana vähentänyt öljyn osuutta asuntojen lämmityksessä 70 prosentilla ja laskelmien mukaan myös loput 30 prosenttia on realistista korvata muilla lämmityskeinoilla. Lähivuosien konkreettisina tavoitteina on laskea öljypohjaisten liikennepolttoaineiden kulutusta 40–50 prosenttia, alentaa öljyn käyttöä teollisuudessa 25–40 prosenttia, luopua kokonaan öljyn käytöstä lämmityksessä ja tehostaa energian käyttöä 20 prosentilla. Näin Ruotsi vapautuisi kuitenkin öljyriippuvuudesta vuoteen 2020 mennessä. Ruotsissa on tehty poliittinen päätös siitä, että biopoltonesteitä ryhdytään valmistamaan ja käyttämään liikenteen polttoaineena. Myös Suomessa SDP ja Vihreät ovat esittäneet vastaavan ajatuksen Suomen muuttamisesta öljyriippumattomaksi vuoteen 2030 mennessä.

### Energiatohokkuutta parannettava, uusiutuvia energialähteitä kehitettävä

Arviot öljyntuotantohuipun ajankohdasta vaihtelevat, mutta suuri osa ennusteista povaa huippua ennen vuotta 2010. Energiayhtiöiden ja -järjestöjen suosima ajatus öljyn hinnannousun ja uuden tekniikan uusia öljylöytöjä ja tuotantotekniikan kehitystä kiihdyttävästä vaikutuksesta on sinällään taloustieteen oppien mukainen – mutta vain, jos öljyvarantoja on vielä löydettävissä. Vaikka uusia löytöjä tehtäisiin, löydöstä uusien öljyenttien saamiseen tuotantoon menee arviolta 10 vuotta. Näin tänä päivänä tehdyt löydöt olisivat käytössä vasta, kun öljyhuippu on jo ohitettu. Öljynetsinnän lisääminen ja tuotantoteknologian kehittäminen eivät siis enää pystyne estämään tapahtuvaa öljyntarjonnan supistumista. Öljyn kohoava hinta tulee väistämättä pakottamaan yhteiskuntaa parantamaan eri tavoin energiatohokkuuttaan ja kehittämään uusiutuvia energialähteitä.

Siirtymä pois öljystä on sitä helpompaa mitä energiatohokkaampi yhteiskunta on, joten päättäjiä pitäisi aktiivisesti tukea energiatohokkuuden jatkuvaa parantamista. EU-maiden talouksien ja Japanin öljynkulutus perustuu yli 90-prosenttisesti tuontiöljyyn, kun taas Pohjois-Amerikan riippuvuus on vain 55 prosentin luokkaa. Näin EU-maat ja Japani saattavat olla suurempien haasteiden edessä kuin esimerkiksi Yhdysvallat. Öljyn hinnan noustessa ja tarjonnan lähtiessä jyrkään alamäkeen yhteiskunnat ovat perustavanlaatuisen ratkaisujen edessä. Kuinka turvata nykyisen kaltaisen sivilisaation jatkuminen ja väestön elintarviketuotanto? Näihin kysymyksiin vastaaminen edellyttäisi aktiivista toimintaa siihen monesti hyvin halutuilta hallituksilta ja kuluttajilta. Päätökset panostamisesta öljyä korvaavien uusiutuvien energialähteiden kehittämiseen pitäisi tehdä viimeistään nyt, mikäli yhteiskunnat haluavat välttää öljyn loppumisesta syntyvät vakavat ongelmat. ■



Kirjoittaja on tutkimuspäällikkö Tilastokeskuksen Tietotekniikka- ja menetelmä-palvelujen Tutkimus- ja kehittämis-yksikössä.

#### Lähteet:

- Deffeyes, Kenneth S. (2003): *Hubbert's Peak: The Impending World Oil Shortage*.  
 Greene, Nathanael and Yerina Mugica (2005): *Bringing Biofuels to the pump. An Aggressive Plan for Ending America's Oil Dependence*. Natural Resource Defence Council. Issue Paper.  
 Hirsch, Robert L., Roger Bezdek and Robert Wendling (2005): *Peaking of World Oil Production: Impacts, Mitigation and Risk Management*.  
 Hubbert, M. King (1956): *Nuclear Energy and Fossil Fuels*, Shell Development Company, Publication Number 95, Houston.  
 Kommissionen mot oljeberoendet (2006): *På väg mot ett oljefritt Sverige*.

### Biopolttoaineiden tuotanto maailmassa 1990–2005

	Etanoli, miljardia litraa	Biodiesel, miljardia litraa
1990	15 189	-
1991	16 347	11
1992	15 848	87
1993	15 848	144
1994	16 828	284
1995	18 032	401
1996	18 789	541
1997	20 560	549
1998	19 247	541
1999	18 838	681
2000	17 578	950
2001	19 133	1 230
2002	24 103	1 503
2003	28 743	1 768
2004	29 649	1 900
2005	33 602	3 714

Lähde: IEA 2006