

Artikkeleita

Luonnonvarojen käyttö ja talouskasvu

ILMO MÄENPÄÄ

Seuraava näkemys on esitetty usein: Koska taloudellinen kasvu on aineellista kasvua ja jatkuva aineellinen kasvu on mahdotonta rajallisessa maailmassa, niin talouskasvu on pysäytettävä.

Osoitan, että näkemys on väärä, että aineellinen kasvu ja taloudellinen kasvu eivät ole välttämättä sidoksissa toisiinsa ja että on useita toimintasuuntia, jotka samanaikaisesti vähentävät aineen käyttöä ja lisäävät talouskasvua.

Jotta näkemyksestä voitaisiin keskustella täsmällisesti, on ensin määriteltävä tarkemmin, mitä taloudellisella ja aineellisella kasvulla tarkoitetaan. Mielekäs mittain talouskasvulle on bruttokansantuote. Aineellinen kasvu puolestaan voidaan samastaa luonnonvarojen käyttöön, koska taloudessa liikkuva ainemäärä on luonnonvaroista jalostettua. Jalostuksessa ei voida luoda ainetta tyhjästä: siinä vain parannetaan aineen käyttökelpoisuutta ihmisen toiminnan välineenä. Tosin kierrätyksen yleistyessä myös aineellinen kasvu voi erkaantua neitseellisten luonnonvarojen käytöstä.

Seuraavassa analysoidaan, millaiseksi Suomen talouden ja taloudellisen hyvinvoinnin kasvu voi eri oletuksilla muodostua, kun ta-

louskehityksen rajoitteeksi asetetaan luonnonvarojen käytön pysyttäminen ennallaan, aineellinen nollakasvu.

Ei ole mitään periaatteellista syytä pitää nollakasvua oikeana tai parhaana mahdollisena tavoitteena. Voitaisiin aivan hyvin väittää, että esimerkiksi kehittyneille teollisuusmaille aineellinen nollakasvu on riittämätön tavoite ja että itse asiassa teollisuusmaiden luonnonvarojen käyttöä pitäisi vähentää - pitäisi päästä negatiiviseen aineelliseen kasvuun - että luotaisiin tilaa kehitysmaiden väestönkasvulle ja vaurastumiselle. Luonnonvarojen käytön oikean tason määrittäminen on kuitenkin perin vaikea tehtävä. Aineellisen nollakasvun käsite on analyttisenä välineenä hyödyllinen, koska se on yksinkertainen ja havainnollinen, tarkasteluja yhtenäistävä mittapuu.

Analyysit on tehty FMS mallisysteemillä. FMS on Oulun yliopistossa kehitetty laaja Suomen talouden pitkän ajan simulointimalli. Suomen Akatemian Kestävän kehityksen tutkimusohjelman puitteissa mallisysteemiin on kehitetty talouden energiankulutuksen, ilmapäästöjen, luonnonvarojen käytön sekä taloudellisen hyvinvoinnin osalohkot. Mallisysteemin tiivis

yleiskuvaus on esitetty liitteenä artikkelin lopussa.

1. Perusskenaario ja luonnonvarojen käytön nollakasvu

Talouden perusskenaario pohjataan Valtion taloudellisen suunnittelukeskuksen Avautuva Suomi raportin skenaarioon 1 (VATT 1993, 195 -197). Skenaarion yleiset taustaoletukset ovat seuraavat: Suomen vienti kasvaa pitkällä ajalla noin 5 prosenttia vuodessa; viennin rakenne muuttuu voimakkaasti pitkälle jalostettujen tuotteiden suuntaan; tuonnin kansantuoteosuus kasvaa nykyisestä neljäsosasta kolmasosaan; julkisen sektorin osuus kansantuotteesta palautuu vuoden 1990 tasolle. Taulukossa 1 on esitetty FMS mallisysteemillä uudelleen tuotetun perusskenaarion keskeisten kokonaistaloudellisten tunnuslukujen kehitys vuodesta 1990 vuoteen 2005.

Vuosi 1990 on valittu tarkastelujen lähtövuodeksi sopivan pyöreiden lisäksi ennen kaikkea siksi, että se on viimeinen suhteellisen normaali vuosi ennen 90-luvun alun jyrkkää lamaan. Laman aikana useat talouden rakennesuhteet ovat vääristyneet. Pitkän ajan muutostrendit tulevat oikeammin esiin, kun lähtövuosi on lähellä normaalitilaa.

Taulukon yläosassa on kolme talouden kokonaistoiminnan tasoa mittaavaa keskeistä muuttujaa: bruttokansantuote, vienti ja työttömyysaste. Keskiosassa on kaksi hyvinvoinnin mittainta: nettokansantuote ja kotitalouksien ekvivalenttikulutus. Taulukon alaosassa on primäärienergian kulutus miljoonina ekvivalenteina öljytonneina sekä kasvihuonekaasupäästöt miljoonina ekvivalenteina hiilidioksiditonneina. Lopussa on esitetty luonnonvarojen käyttö yhteensä ja uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö erikseen vuoden 1990 hintaisina

markkavolyymeina. Markkavolyymeja käytetään tonnimäärien sijasta, koska markkavolyymeihin sisältyy myös eri luonnonvarojen niukuuspainot.

Taulukko 1 Suomen talouden perusskenaario.

Mrd mk 1990 hinnoin	1990	2005	%/v
Bruttokansantuote	515	693	2,0
Vienti	119	244	4,9
Työttömyysaste, %	3,4	11,5	8,5
Nettokansantuote	409	577	2,3
Ekvivalenttikulutus	252	362	2,4
Energia, Mtoe	31	36	1,1
Kasvihuonekaasut, Mt	65	82	1,6
Luonnonvarojen käyttö	39	46	1,1
- uusiutumattomat	16	18	0,7

Bruttokansantuote kasvaa 2 prosenttia vuodesta 1990 vuoteen 2005. Laman pohjalta vuodesta 1993 lähtevänä kasvu olisi 3,5 prosenttia vuodessa.

Työttömyysaste vuonna 2005 on vielä yli 11 prosenttia. Työttömyysasteen tulkinta pitkän aikavälin kehityksessä on kuitenkin ongelmallinen. FMS mallisysteemissä tuotetaan työpäanoskysyntä ensin työtunteina. Olettamalla, miten vuotuinen työtuntimäärä kehittyy, saadaan työllisten määrä. Skenaariossa on oletettu, että työaika supistuu tulevaisuudessa samaa tahtia, kuin se supistui 70- ja 80-luvuilla keskimäärin eli 0,6 prosenttia vuodessa. Riippuu työaikajärjestelyistä, jakaantuuko näin laskettu työttömyysaste lisääntyvänä vapaa-aikana tasaisesti kaikille, vai kohdistuuko se totaalisenä työttömyytenä suppeampaan työikäisten osaan.

Luonnonvarojen kokonaiskäyttö kasvaa perusskenaariossa 1,1 prosenttia vuodessa ja uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö 0,7 prosenttia vuodessa. Luonnonvarojen käyttö kas-

vaa huomattavasti hitaammin kuin bruttokansantuote. Tämä on myös menneen kehityksen ilmiö: Valtion taloudellisessa tutkimuskeskuksessa laadittujen luonnonvarojen käytön aikasarjojen mukaan Suomessa vuodesta 1960 vuoteen 1990 luonnonvarojen käyttö bruttokansantuoteyksikköä kohti supistui 40 prosenttia tonneina laskettuna ja 50 prosenttia vuoden 1990 markkoina laskettuna (Laine 1994).

Tarkastellaan, kuinka paljon talouskasvun pitäisi hidastua, että päästäisiin luonnonvarojen käytön nollakasvuun. Talouskasvun hidastaminen talouden sisäisiä riippuvuuksia rikkomatta käy parhaiten supistamalla vientiä. Tehokkain tapa saavuttaa nollakasvu olisi vähentää rajusti niiden toimialojen vientiä, jotka käyttävät luonnonvaroja eniten. Tämä strategia ei kuitenkaan tunnu hyvältä, koska siinä siirrettäisiin vain raskaimpia tuotantoaloja ulkomaille, esimerkiksi kehitysmaihin. Siksi menetellään niin, että kaikkien toimialojen vientiä supistetaan suhteellisesti yhtä paljon. Tällöin viennin kokonaistaso muuttuu, mutta sen sisäinen rakenne pysyy ennallaan. Menettely on myös mahdollisimman neutraali skenaarion alkuperäisille oleuksille.

Taulukossa 2 on esitetty perusskenaarion rinnalla näin tuotetut FMS mallisysteemin tulokset aineellisen nollakasvun kahdella vaihtoehdolla. NOLLA1 skenaariossa talouskasvua on supistettu, kunnes on päädytty luonnonvarojen kokonaiskäytön nollakasvuun. Skenaariossa NOLLA2 on vaadittu ainoastaan uusiutumattomien luonnonvarojen nollakasvua.

Luonnonvarojen kokonaiskäytön nollakasvussa bruttokansantuotteen vuosikasvu alenisi perusskenaarion 2 prosentista vajaaseen prosenttiin. Uusiutumattomien luonnonvarojen nollakasvussa talouskasvu tulisi hidastaa vain vajaaseen puoleentoista prosenttiin.

Suomen talousnäkymissä luonnonvarojen kokonaiskäytön nollakasvu on ankarampi rajoite kuin uusiutumattomien luonnonvarojen käytön nollakasvu. Tämä johtuu tietysti puun keskeisestä merkityksestä Suomen taloudelle. Perusskenaariossa puun käytön kasvusta merkittävin osa on puun energiankäytön kasvua. Perusskenaariossa Suomen uusiutuvista luonnonvaroista kasvisten käyttö ei kasva ja puun käyttö jää myös huomattavasti ns. kestäväen hakkuumäärän alapuolelle. Siten voidaan sanoa, että perusskenaarion uusiutuvien luonnon-

Taulukko 2 Luonnonvarojen käytön nollakasvu perusskenaariossa.

Mrd mk 1990 hinnoin	1990	TASOT VUONNA 2005			KASVUT %/v		
		PERUS	NOLLA1	NOLLA2	PERUS	NOLLA1	NOLLA2
Bruttokansantuote	515	693	592	636	2,0	0,9	1,4
Vienti	119	244	203	221	4,9	3,6	4,2
Työttömyysaste, %	3,4	11,5	16,0	13,9	8,5	10,9	9,8
Nettokansantuote	409	577	491	528	2,3	1,2	1,7
Ekvivalenttikulutus	252	362	302	329	2,4	1,2	1,8
Energia, Mtoe	31	36	31	33	1,1	0,1	0,5
Kasvihuonekaasut, Mt	65	82	68	74	1,6	0,3	0,9
Luonnonvarojen käyttö	39	46	39	42	1,1	0,0	0,5
- uusiutumattomat	16	18	15	16	0,7	-0,6	0,0

varojen käytön volyyymi jää kestäväen käytön rajan alapuolelle.

Jatkossa rajoitutaankin tarkastelemaan vain uusiutumattomien luonnonvarojen nollakasvun rajaa.

2. Raskas tie

Perusskenaariossa oletettiin, että Suomen viennin rakenne muuttuu verraten nopeasti pitkälle jalostavaan, keveän tuotannon suuntaan. VATT:n Avautuva Suomi raportissa hahmotellaan myös skenaario 2, jossa viennin rakenne pysyy enemmän Suomen perinteisen viennin kaltaisena, raskaaseen perusteellisuuteen painottuneena (VATT 1993, 197 - 198). Skenaariota kutsutaan seuraavassa raskaan tien skenaarioksi.

Skenaarioiden erojen havainnollistamiseksi seuraavissa FMS simuloinneissa on oletettu, että viennin kokonaisvolyymin kasvu on molemmissa sama, vain niiden rakenne poikkeaa.

Taulukossa 3 on esitetty talouskehityksen keskeiset tunnusluvut molemmissa skenaarioissa. Taulukossa sarake (R-P)/P % kertoo, kuin-

ka monta prosenttia raskaan tien skenaarion tasot vuonna 2005 poikkeavat perusskenaariosta.

Raskaan tien skenaariossa bruttokansantuote on hieman alempi kuin perusskenaariossa. Työttömyysaste on noin 3 prosenttiyksikköä korkeampi. Hyvinvoinin kehitystä kuvastavissa muuttujissa, nettokansantuotteessa ja varsinkin kotitalouksien ekvivalenttikulutuksessa, ero on myös suurempi kuin bruttokansantuotteessa.

Huomattavimmat erot ovat kuitenkin ympäristö- ja luonnonvaramuuttujissa: energian kulutus, kasvihuonekaasupäästöt ja luonnonvarojen käyttö ovat kaikki yli kymmenen prosenttia korkeammalla tasolla kuin perusskenaariossa. Raskaalla tiellä energia, päästöt ja luonnonvarojen käyttö kasvavat suurinpiirtein samaa tahtia kuin bruttokansantuote.

Tulos osoittaa, kuinka voimakkaasti talouden rakenne voi vaikuttaa luonnonvarojen käyttöön.

Kun perusskenaariossa uusiutumattomien luonnonvarojen nollakasvuun päästään 1,4 prosentin talouskasvulla, raskaalla tiellä kasvu olisi rajoitettava 0,7 prosenttiin, puolta hitaamaksi.

Taulukko 3. Perusskenaario ja raskaan tien skenaario.

Mrd mk 1990 hinnoin	1990	TASOT 2005		ERO (R-P)/P%	KASVUT %/v	
		PERUS	RASKAS		PERUS	RASKAS
Bruttokansantuote	515	693	680	-1,9	2,0	1,9
Vienti	119	244	244	0,0	4,9	4,9
Työttömyysaste, %	3,4	11,5	15	27,0	8,5	10,2
Nettokansantuote	409	577	565	-2,1	2,3	2,2
Ekvivalenttikulutus	252	362	342	-5,6	2,4	2,0
Energia, Mtoe	31	36	39	9,4	1,1	1,7
Kasvihuonekaasut, Mt	65	82	90	9,9	1,6	2,2
Luonnonvarojen käyttö	39	46	53	13,8	1,1	2,0
- uusiutumattomat	16	18	20	10,2	0,7	1,3

3. Energiansäästö

Energiansäästöillä tarkoitetaan tässä energian kulutuksen tehostamista niin, että sama energiapalvelus saadaan aikaan entistä pienemmällä energiapanoksella. Kauppa- ja teollisuusministeriön energiaosastolla toteutettiin 90-luvun taitteessa laaja energiansäästö tutkimus (*Lepistö* 1991). Tutkimuksessa selvitettiin teollisuuden, palvelujen, asumisen ja liikenteen osalta energialajeittain, minkälaisia energiansäästökohteita on, kuinka suuri osa eri toimialojen energian kulutuksesta kohteet toteuttamalla voitaisiin säästää, ja mitä ovat kunkin kohteen toteuttamisen investointikustannukset. Tästä tiedosta FMS mallisysteemiin on rakennettu toimialoitteiset energiansäästön rajakustannuskäyrät. Energiansäästön taloudellinen rationaliteetti voidaan muotoilla yksinkertaisella periaatteella: ne energiansäästö hankkeet toteutetaan, joilla säästetyn energian hinta on alempi kuin ostetun energian. Koska energiansäästötoimenpiteet ovat investointiluonteisia, niin säästetyn energian hinta muodostuu investointikustan-

nusten lisäksi investointien tuottovaatimukselta. Useissa selvityksissä on havaittu, että säästöinvestointien tuottovaatimus on sangen korkea, noin 30 prosentin diskonttokoron luokkaa sekä teollisuudessa että yksittäisillä kuluttajilla.

Perusskenaariossa on oletettu, että energiansäästöinvestoinneissa käytetään korkeaa 30 prosentin diskonttokorkoa. Tämä merkitsee, että energiansäästömahdollisuuksista vain melko vähäinen, tosin kaikkein kannattavin osa toteutetaan. Taulukossa 4 on esitetty simulointitulokset, kun perusskenaariosta lähtien energiansäästöinvestointien tuottovaatimusta asteittain alennetaan kymmenen, viiden ja nollan prosentin korkotasoon. Tällöin säästöinvestoinnit lisääntyvät asteittain niiden kannattavuusjärjestyksessä. Taulukossa ensimmäisenä sarakeena ovat tulokset, kun energiansäästöä ei toteudu lainkaan. Tulokset on esitetty tasoindekseinä, kun perusskenaarion (30 % korko) tasoja merkitään sadalla.

Kun 30 prosentin tuottovaatimuksen tasolta edetään 5 prosentin tuottotasolle, kansantuotteen ja myös hyvinvointiosoitimien tasot pää-

Taulukko 4. Energiansäästön vaikutukset talouden ja luonnonvarojen käyttöön energiansäästöinvestointien eri tuottovaatimuksilla. Perusskenaarion tasot = 100,0.

	TASOINDEKSIT VUONNA 2005, PERUS = 100,0				
	Ei säästöä	30 %	10 %	5 %	0 %
Bruttokansantuote	98,7	100,0	101,8	102,2	101,0
Vienti	99,6	100,0	101,3	101,5	100,3
Työttömyysaste, %	101,7	100,0	95,7	94,8	97,4
Nettokansantuote	98,6	100,0	101,9	102,3	101,1
Ekvivalenttikulutus	98,1	100,0	102,2	102,6	95,6
Energia, Mtoe	107,8	100,0	96,9	96,1	93,3
Kasvihuonekaasut, Mt	112,7	100,0	94,5	93,0	89,9
Luonnonvarojen käyttö	101,9	100,0	100,0	99,6	97,4
- uusiutumattomat	105,1	100,0	98,3	97,7	94,9

tevuonna nousevat. Kun tämän jälkeen säästöjä vielä lisätään, talouden osoittimien tasot kääntyvät laskuun. Tosin vielä nollakorollakin talouden osoittimien tasot ovat korkeammalla kuin perusskenaariossa. Voidaan sanoa, että puhtaasti kansantalouden kannalta on optimaalista toteuttaa kaikki ne energiansäästökohteet, jotka ovat 5 prosentin tuottovaatimuksella kannattavia. Tämän perusteella kansantaloudellisesti optimaalinen tuottovaatimus eli diskonttokorko on 5 prosenttia.

Huomionarvoista on se, että energiansäästön edetessä talouden hyvinvointiosoitimet, nettokansantuote, mutta varsinkin kotitalouksien ekvivalenttikulutus kohoavat nopeammin kuin bruttokansantuote, ja optimipisteen jälkeen alenevat myös hieman nopeammin.

Energiansäästön positiivinen vaikutus talouskasvuun johtuu kahdesta tekijästä. Energiansäästö vähentää tuontienergian tarvetta, jolloin talouden tuontialttiuden aleneminen lisää talouskasvua. Tärkeämpi tekijä on kuitenkin se, että energiansäästöinvestoinnit korvaavat energiantuotannossa tarvittavia investointeja. Energian tuotannon toimialat - sähkö- ja lämpöhuolto

sekä öljynjalostus - ovat hyvin pääomavaltaista tuotantoa. Kannattavimmissa energiansäästöinvestoinneissa säästetyn energian investoinnit ovat pienemmät kuin vastaavan energiamäärän tuotannon vaatimat investoinnit. Siten energiansäästöissä edettäessä aluksi talouden rakenne kevenee, sen pääomakerroin alenee. Tällöin nettokansantuote ja varsinkin kulutus voi kasvaa nopeammin kuin bruttokansantuote. Ennenpitkää energiansäästöissä joudutaan kuitenkin alueelle, jossa säästetyn energian investointikustannukset energiayksikköä kohti ylittävät tuotetun energian investointikustannukset. Tällöin talouden pääomakerroin alkaa jälleen kohota.

Vaikka energiansäästön edetessä kansantuote kasvaa, niin energian kulutus, ilmapäästöt ja luonnonvarojen käyttö supistuvat. Tämä on selkeä esimerkki siitä, miten luonnonvaroja säästävän teknologian käyttöönotto samalla lisää talouskasvua. On aika laajalle levinnyt sellainen käsitys, että tuhlaus lisää talouskasvua, kun taas säästeliäisyys vähentää sitä. Esimerkki osoittaa, että käsitys on harhainen.

Taulukossa 5 tarkastellaan, minkälainen ta-

Taulukko 5. Luonnonvarojen käytön nollakasvu perusskenaariossa ja energian lisäsäästöllä.

Mrd mk 1990 hinnoin	1990	TASOT VUONNA 2005			KASVUT %/v		
		PERUS	5 %	0 %	PERUS	5 %	0 %
Bruttokansantuote	515	693	664	674	1,4	1,7	1,8
Vienti	119	244	231	235	4,2	4,5	4,6
Työttömyysaste, %	3,4	11,5	13,0	12,5	9,8	9,4	9,1
Nettokansantuote	409	577	552	560	1,7	2,0	2,1
Ekvivalenttikulutus	252	362	346	351	1,8	2,1	2,2
Energia, Mtoe	31	36	33	32	0,5	0,4	0,4
Kasvihuonekaasut, Mt	65	82	71	70	0,9	0,5	0,5
Luonnonvarojen käyttö	39	46	43	43	0,5	0,7	0,7
- uusiutumattomat	16	18	16	16	0,0	0,0	0,0

louskasvu voidaan saavuttaa uusiutumattomien luonnonvarojen nollakasvun rajoitteella, kun energiansäästö viedään perusskenaarion tasolta 5 ja 0 prosentin diskonttokoron tasolle.

Perusskenaariossa kansantuote voi kasvaa luonnonvarojen käytön nollakasvun rajoitteella 1,4 prosenttia vuodessa Viiden prosentin diskonttokoron energiansäästöllä talous voi kasvaa 1,7 prosenttia vuodessa ja edelleen nollakoron energiansäästöllä vielä hieman nopeammin, 1,8 prosenttia vuodessa. Tarkastelu tuo esiin sen lisäpiirteen, että kun toimenpide, tässä energiansäästö, liittyy läheisesti jonkin kansantaloudelle asetetun kiinteän tavoitteen tai rajoitteen saavuttamiseen, niin silloin toimenpiteen toteutusta kannattaa viedä pitemmälle kuin mitä puhdas kansantaloudellinen kannattavuusperiaate sanoisi. Tämä pitää paikkansa kuitenkin vain silloin, kun toimenpide on ainoa keino tavoitteen saavuttamiseksi. Yleensä käytettävissä on useampia keinoja samaan tavoitteeseen. Kun yhden keinon käytössä siirrytään korkeiden kustannusten alueelle, tarvittava lisätuki kannattavaa etsiä muilta keinoalueilta.

4. Voimalaitostekniikat

FMS mallisysteemin energialohkossa sähkö ja lämpö tuotetaan voimalaitoksissa, lämpö osin myös lämpökeskuksissa. Pohjatiedostossa on tiedot Suomen jokaisen voimalaitoksen ominaisuuksista: käynnistysvuosi, polttoainetehto sekä tuotettu sähkö ja lämpö, käytetyt polttoaineet ja päästöt normaalilla vuosikäytöllä. Tiedostoa on päivitetty tiedoilla rakenteilla olevista ja päätetyistä uusista voimaloista sekä olevien voimaloiden muutoksista. Olettamalla voimalaitoksille tietyt käyttöajat, käynnistysvuoden avulla voidaan laskea, kuinka paljon nyt olemassa olevasta voimalaitoskapasiteetista on tarkastelujakson päätevuonna jäljellä ja mitkä

ovat sen ominaisuudet. Uuden voimalaitoskapasiteetin tarve voidaan laskea, kun sähkön ja lämmön kulutus saadaan energialohkon kulu-
tuspuoelta.

Uutta kapasiteettia varten mallisysteemissä on teknis-taloudelliset tiedot paristakymmenestä voimalaitosteknisestä vaihtoehdosta. Mukana on tiedot uusimmista nykyisin käytössä olevista tekniikoista ja myös sellaisista, joita vielä ei ole käytössä, mutta joiden kehittäminen on niin pitkällä, että niiden tekniset ja taloudelliset ominaisuudet tunnetaan. Näistä lähitulevaisuuden uusista mahdollisuuksista tärkeimpiä ovat kiinteiden polttoaineiden kaasutuskombi-
laitokset. Kaasutuskombi-
laitosten keskeinen edistysaskel on siinä, että niissä voidaan tuottaa kaksi kertaa enemmän sähköä lämpökuormaa kohti kuin nykyisissä uusimmissa leijukerrospoltto-
laitoksissa. Kombitekniikka on jo käytössä maakaasuvoimaloissa. Kiinteillä polttoaineilla samaa tekniikkaa voidaan soveltaa, jos poltto-
aine kaasutetaan. Kombitekniikalla entistä suurempi osa sähköstä voidaan tuottaa korkealla hyötysuhteella lämmöntuotannon yhteydessä ja vastaavasti pienempi osa jää sähkön erillistuotantoon matalalla hyötysuhteella.

Uusien, markkinoille vielä tulemattomien tekniikoiden taloudellisten vaikutusten arviointi on vaikeaa, koska etenkin niiden kustannusarviot ovat epävarmoja. Seuraavissa laskelmissa on käytetty VTT:n arvioita kaasutuskombi-
laitosten kustannuksista (*Lehtilä - Pirilä* 1991). Viimeaikoina kahdessa demonstraatiolaitos-
hankkeessa kohdattujen vaikeuksien vuoksi laitosten kustannusarvioita on nostettu huomattavasti VTT:n arvioita korkeammaksi. On kuitenkin perusteltua otaksua, että viimeaikaiset kustannusarviot sisältävät runsain mitoin kehitystyön kustannuksia, jotka laimentuvat voimalaitosten rutiinituotannon vaiheessa. Viimeaikojen ongelmat kehitystyössä viittaavat

silti siihen, että seuraavissa tarkasteluissa kaasutuskombitekniiikan laajamittaisen markkinoilletulon aikataulu on todennäköisesti ylioptimistinen.

Perusskenaariossa on oletettu, että vuonna 2005 suurin osa kiinteiden polttoaineiden uudesta kapasiteetista perustuu vielä leijukerros-polttoon ja kaasutuskombilaitoksia on käytössä vain muutama. Tarkastellaan nyt vaikutuksia, kun uuden tekniikan käyttöönottoa nopeutetaan. Taulukossa 6 on esitetty, kuinka paljon perusskenaario muuttuu, jos oletetaan, että kaikki uudet kiinteiden polttoaineiden lämpövoimalaitokset rakennettaisiin kaasutuskombeina.

Talouden kasvu nopeutuu hieman, mutta primäärienergian kulutus ja myös luonnonvarojen käyttö supistuu sähkön tuotannon hyötysuhdevoittojen ansiosta. Kasvihuonekaasupäästöt supistuvat erityisen voimakkaasti, yli 8 prosenttia. Tämä johtuu siitä, että Suomen sähkön tuotannon rakenteessa tuotettu lisäsähkö korvaa ensisijassa hiililauhdevoimaa, jossa hiilidioksidipäästöt tuotettua sähköyksikköä kohti ovat korkeat.

Perusskenaariossa on oletettu, että voimaloiden keskimääräinen käyttöaika on 30 vuotta. Oletetaan nyt, että käyttöaika lyhenee 20 vuoteen, jolloin vanhat voimalaitokset vaihtuvat entistä nopeammin uusiin. Taulukossa 7 on verrattu perusskenaariota kahteen nopeamman uusiutumisen tapaukseen. Tapauksessa 20V/L oletetaan, että uudet voimalat ovat uusimpien käytössä olevien leijukerrosvoimaloiden mukaisia. Tällöin voimaloiden hyötysuhde ja rakennusaste kohoavat jonkin verran, mutta ei paljon. Tapauksessa 20V/K oletetaan, että uudet voimalat ovat kaasutuskombeja, jolloin etenkin rakennusaste nousee rajusti.

Osoittautuu, että kun uudet voimalat ovat leijukerrostekniikkaa, kansantuote ja hyvinvointimuuttujat supistuvat. Tulos johtuu siitä, että nopeammalla uudistamistahdilla sähkö- ja lämpöhuollon investointikustannukset kohoavat. Leijukerrosvoimaloiden tuotantotekniset edut vanhoihin voimaloihin eivät ole riittäviä kattamaan lisäinvestointien kansantaloudellisia kustannuksia. Kaasutuskombitekniiikkaan siirtäessä kansantalous kasvaa sen sijaan nopeammin. Tulos osoittaa, että jos uuden tekniikan

Taulukko 6. Kaasutuskombitekniiikan käyttöönoton vaikutukset talouskasvuun ja luonnonvarojen käyttöön.

Mrd mk 1990 hinnoin	1990	TASOT 2005		ERO (K-P)/P%	KASVUT %/v	
		PERUS	KOMBI		PERUS	KOMBI
Bruttokansantuote	515	693	699	0,8	2,0	2,1
Vienti	119	244	246	0,5	4,9	5,0
Työttömyysaste, %	3,4	11,5	11,2	-2,6	8,5	8,3
Nettokansantuote	409	577	582	0,8	2,3	2,4
Ekvivalenttikulutus	252	362	365	0,9	2,4	2,5
Energia, Mtoe	31	36	35	-2,2	1,1	0,9
Kasvihuonekaasut, Mt	65	82	75	-8,5	1,6	0,9
Luonnonvarojen käyttö	39	46	46	-0,6	1,1	1,1
- uusiutumattomat	16	18	17	-1,1	0,7	0,6

edut ovat riittävän suuret, niin investointikustannusten kasvusta huolimatta nopeutettu siirtyminen siihen on kansantaloudellisesti kannattavaa. Nopeutettu siirtyminen uuteen tekniikkaan tietysti samalla myös voimistaa uuden tekniikan kokonaisvaikutuksia primäärienergian kulutukseen, luonnonvarojen käyttöön ja päästöihin.

Lopuksi yhdistetään energiajärjestelmän teknisen muutoksen kaksi osa-aluetta. Energiansäästö viedään nollakoron tuottovaatimukselle asti ja energian tuotannossa oletetaan siirryttäväksi kaasutuskombiteknikkaan nopeutulla uudistumistahdilla. Käytetään tästä tapauksesta nimeä NOPEA. Taulukossa 8 on verrattu NOPEA tapausta perusskenaarioon.

NOPEA tapauksessa talouden kokonaistoininnan ja hyvinvoinnin tasot ovat perusskenaariota korkeammalla. Kuitenkaan uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö ei enää kasva, vaan pikemminkin on hieman vuoden 1990 tasoa alempana. Myös kasvihuonekaasupäästöt ovat vuoden 1990 tason alapuolella.

NOPEA tapauksessa uusiutumattomien

luonnonvarojen käytön nollakasvu on saavutettu ilman minkäänlaisia talouskasvua rajoittavia toimia. Sen sijaan on voimistettu luonnonvarojen säästävän tekniikan käyttöönottoa. Samalla talouskasvu ja taloudellisen hyvinvoinnin kasvu ovat nopeutuneet.

5. Päätelmiä

Tehdyt analyysit osoittavat, että luonnonvarojen käytön kasvu ei ole talouskasvun välttämätön seuraus. Päinvastoin löytyy luonnonvarojen käyttöä vähentäviä toimia, samalla lisäävät talouskasvua.

Analyseissa keskeisellä sijalla olivat sellaiset muutokset, jotka lisäävät luonnonvarojen käytön tuottavuutta eli luonnonvarayksiköstä saatavan taloudellisen hyödyn määrää. Uusiutumattomien luonnonvarojen käytössä tuottavuuden kasvulla on itse asiassa sangen keskeinen asema: tuottavuuden kasvu nimittäin oikeuttaa uusiutumattomien luonnonvarojen käytön kestäväen kehityksen normit täyttävällä tavalla.

Taulukko 7. Voimalaitoskapasiteetin nopeutetun uudistumisen vaikutukset talouskasvuun ja luonnonvarojen käyttöön, kun uutena tekniikkana on leijukerrosplitto (20V/L) tai kombiteknikka (20V/K).

Mrd mk 1990 hinnoin	1990	TASOT VUONNA 2005			TASOEROT	
		PERUS	20V/L	20V/K	(L-P)/P%	(K-P)/P%
Bruttokansantuote	515	693	692	701	-0,1	1,1
Vienti	119	244	243	246	-0,3	0,5
Työttömyysaste, %	3,4	11,5	11,5	11,1	0,0	-3,5
Nettokansantuote	409	577	576	583	-0,2	1,1
Ekvivalenttikulutus	252	362	361	366	-0,2	1,2
Energia, Mtoe	31	36	35	34	-2,2	-6,1
Kasvihuonekaasut, Mt	65	82	78	65	-4,8	-20,4
Luonnonvarojen käyttö	39	46	46	46	0,0	-1,1
- uusiutumattomat	16	18	17	17	-2,3	-4,5

Kestävä kehitys edellyttää, että nykyinen sukupolvi ei toiminnallaan heikennä seuraavien sukupolvien toimintaedellytyksiä. Jos uusiutumattomien luonnonvarojen tuottavuus ei kasva, niiden vähäinenkin käyttö vähentää aina seuraavien sukupolvien toimintaedellytyksiä. Oletaan nyt, että nykysukupolvi käyttää luonnonvaran varannosta puolet, mutta samalla nostaa luonnonvaran tuottavuuden eli luonnonvarayksiköstä saatavan taloudellisen hyödyn kaksinkertaiseksi. Silloin seuraavalle sukupolvelle periytyvän luonnonvarapuolikkaan taloudellinen arvo säilyy yhtäsuurena kuin koko luonnonvaran arvo nykysukupolven aloittaessa sen hyödyntämisen. Jos seuraava sukupolvi edelleen kaksinkertaistaa luonnonvaran tuottavuuden, se on oikeutettu käyttämään jäljellä olevasta luonnonvarasta jälleen puolet heikentämättä tulevien sukupolvien edellytyksiä. Yleistäen, kun luonnonvaran tuottavuutta lisäävässä taloudellisessa kehityksessä luonnonvaraa käytetään tuottavuuden kasvua vastaava määrä, jälkipolville periytyvän luonnonvaravaranon taloudellinen arvo säilyy ennallaan. Voidaan

sanoa jopa, että sukupolvi, joka ei käytä luonnonvaraa eikä myöskään kehitä sen tuottavuutta, jättää jälkipolville perinnöksi heikommat taloudellisen toiminnan edellytykset. Ja, mitä enemmän luonnonvaran tuottavuutta kohotetaan, sitä paremmat edellytykset jälkipolvet saavat perinnökseen.

Luonnonvarojen tuottavuus taloudessa vaikuttaa oleellisesti myös talouden yleiseen rakenteeseen. Luonnonvarojen jalostuksen ensivaiheen toimialat, perusmetallien valmistus, peruskemikaalien valmistus, massan valmistus, tiilien, sementin ja betonin valmistus ovat hyvin pääomavaltaisia sekä energia- ja päästöintensiivisiä (ks. *Mäenpää - Tervo* 1994, 30 - 37). Pääomaa, energiaa ja päästöjä sitoutuu näille toimialoille suorassa suhteessa käsiteltävien luonnonvarojen tonnimäärään. Sen sijaan jatkojalostus on useimmiten kevyttä teollisuutta, jossa myös energiantensiteetti ja päästöt ovat pienet. Kun luonnonvarojen tuottavuus nousee, eli kun talouden hyödykkeitä opitaan valmistamaan entistä vähemmällä luonnonvarojen käytöllä, talouden yleisrakenteessa ras-

Taulukko 8. Talouskasvu ja luonnonvarojen käytön kasvu perusskenaariossa ja energiatekniikan nopean uudistumisen tapauksessa..

Mrd mk 1990 hinnoin	1990	TASOT 2005		ERO (N-P)/P%	KASVUT %/v	
		PERUS	NOPEA		PERUS	NOPEA
Bruttokansantuote	515	693	702	1,2	2,0	2,1
Vienti	119	244	244	0,0	4,9	4,9
Työttömyysaste, %	3,4	11,5	11,2	-2,6	8,5	8,3
Nettokansantuote	409	577	584	1,2	2,3	2,4
Ekvivalenttikulutus	252	362	368	1,5	2,4	2,5
Energia, Mtoe	31	36	31	-13,1	1,1	0,1
Kasvihuonekaasut, Mt	65	82	58	-29,1	1,6	-0,7
Luonnonvarojen käyttö	39	46	44	-4,5	1,1	0,8
- uusiutumattomat	16	18	16	-10,2	0,7	0,0

kaan perusteellisuuden osuus supistuu, talouden rakenne kevenee, tuotannosta pienempi osa menee investointeihin ja isompi osa voidaan kuluttaa.

Kirjallisuus

Juutinen, Artti (1995): *Luonnonvarojen käyttö FMS mallisysteemissä*, Oulun yliopisto, Pohjois-Suomen tutkimuslaitos, Tiedonantoja 116, Oulu.

Laine, Urho (1994): *Luonnonvarojen käyttö Suomessa*, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus VATT, Keskustelualoitteita 64.

Lehtilä, Antti ja Pirilä, Pekka (1991): *Energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen kokonaismalli*. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 1313, Espoo.

Lepistö, Arto (1991): *Energiansäästöprojekti*, Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energiaosasto, Katsauksia B:100.

Mäenpää, Ilmo ja Tervo, Hannu (1992): *Hiilidioksidipäästöjen rajoittaminen, Kokonaistaloudelliset vaikutukset Suomessa*, Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energiaosasto, Katsauksia B:114, Helsinki.

Mäenpää, Ilmo ja Ellison, Martin (1993): *Ympäristöverot ja hyvinvointi - Taloustieteen näkökulmia*, Ympäristöministeriö, ympäristöpolitiikan osasto, Selvitys 2/1993.

Mäenpää, Ilmo ja Männistö, Jarmo (1993): *Metsäsektorin vaihtoehdot ja Suomen talous*, University of Oulu, Research Institute of Northern Finland, Research Reports 118.

Mäenpää, Ilmo ja Tervo, Hannu (1993): *Voimalaitostekniikoiden kansantaloudelliset vaikutukset ja kannattavuus*, University of Oulu, Research Institute of Northern Finland, Research Reports 119.

Mäenpää, Ilmo ja Tervo, Hannu (1994): *Suomen talouden energiankulutuksen ja ilma-*

päästöjen rakenteet vuonna 1990, Panos-tuotosanalyysi, Oulun yliopisto, Pohjois-Suomen tutkimuslaitos, Taloustieteellisiä keskustelualoitteita No. 15. Oulu.

VATT (1993): *Avautuva Suomi, tulevaisuuden haasteita*, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, VATT-julkaisu 11, Helsinki.

LIITE

FMS mallisysteemin yleispiirteet

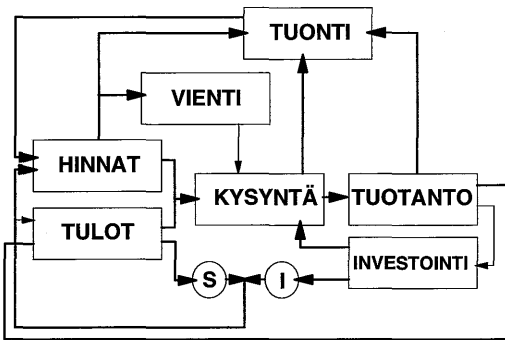
FMS mallisysteemi (FMS = the Finnish long term Model System) voidaan luonnehtia Suomen talouden pitkän ajan monitoimialaiseksi ekonometriseksi simulointimalliksi. FMS on puhtaasti pitkän ajan kasvumalli. Se etsii talouden tasapainotilan valittuna päätevuotena olettaen, että talouden muuttujat kehittyvät lähtövuodesta päätevuoteen tasaista kasvu-uraa. Mallista on abstrahoitu pois suhdannevaihteluiden mekanismit. Pitkän ajan kehityksen hallittavuus on saavutettu johtamalla mallin yhtälö-rakenteet tasaisen kasvun, talouden tasapainon ja optimoivan käyttäytymisen yleisistä ominaisuuksista.

Pitkän ajan kehityksen arvioinnille tyypillisesti FMS mallisysteemiä ei ole tarkoitettu mahdolliseen, tulevaisuuden ennustamiseen sinänsä. Sen sijaan mallilla voidaan tuottaa sisäisesti johdonmukaisia, talouden teoreettisia ja empiirisiä riippuvuuksia noudattavia Suomen talouden kehitysuria talouden ulkoisten olojen ja sisäisten politiikkatoimien oletusten pohjalta. Ehkä tärkein mallin käyttöalue on kuitenkin vaikutusanalyyseissä: millä tavoin vaihtoehdotiset oletukset talouden ulkoisista oloista tai politiikkavalinnoista vaikuttavat talouden pitkän ajan kulkuun.

Mallisysteemi jakautuu loogisesti kahteen tasoon: talouden ydinmalliin ja satelliittimallei-

hin. Ydinmalli kuvaa talouden kokonaistoiminnan riippuvuudet loogisesti umpeutuvalla tavalla. Silti se on melko yksityiskohtainen: talouden tuotantotoiminta jakautuu 31 toimialaan, kotitalouksien kulutus 19 hyödykeryhmään, investoinnit 5 tavararyhmään ja ulkomaankauppa 34 hyödykeryhmään. Talouden viiden institutionaalisen sektorin tulonjakojärjestelmä sisältää 17 tulo-, tulonsiirto- ja tulonkäyttökategoriaa. Ydinmallissa on noin 1000 yhtälöä ja noin 5000 parametrien ja ulkoisten muuttujien arvoa. Aikasarjoista ekonometrisesti estimoituja käyttäytymisyhtälöitä on noin 110. Ydinmallin keskeinen arkkitehtuuri ilmenee kuviossa 1.

Kuvio 1. FMS ydinmallin perusrakenne



Ydinmallin osioiden sisällöt ovat lyhyesti seuraavat.

Tuotanto-osiossa panos-tuotostmalli sitoo toimialat yhteen siten, että lopputotekysynnästä saadaan toimialojen keskinäisen välituotekäytön kautta toimialoittaiset kokonaistuotokset. Vintage- eli vuosikertamalli sitoo tuotannon kasvun sekä investointi- ja työpanoskysynnän yhteen peruspanoksien käyttöä koskevan teknisen muutoksen kanssa. Vuosikertamallissa työn ja pääoman hintasuhteet vaikuttavat kiin-

teän pääoman taloudelliseen pitoaikaan ja siten investointien kautta tapahtuvan uuden teknologian käyttöönoton ja sitä myötä työn tuottavuuden kasvun tahtiin. Lisäksi toimialan tuotannon kasvunopeus vaikuttaa uuden teknologian käyttöönoton nopeuteen ja työn tuottavuuteen. (Mäenpää 1982.)

Tulot-osio kanavoi tuotannosta muodostuvat tuotannontekijätulot institutionaalisille sektoreille, johtaa niistä tulojen uudelleenjakelun jälkeen sektoreiden käytettävissä olevat tulot ja kohdistaa ne kulutukseen ja säästämiseen.

Hinnat-osiossa johdetaan toimialoittaiset tuottajahinnat ja niistä edelleen kulutus- ja investointihyödykkeiden ostajahinnat. Hintamallistossa ei ole itsenäisiä parametreja, vaan mallisto muodostaa täsmällisen duaalin tuotanto-osion hyödykevirtojen ja tulot osion tulovirtojen rakenteille.

Kysyntä-osiossa määräytyy hyödykkeiden lopputuotekäyttö. Kotitalouksien kulutushyödykkeiden kysyntä johdetaan ns. habit formati- on dynamiikalla laajennetulla lineaarisella menojärjestelmällä tulot osion antamista kotitalouksien kokonaiskulutusmenoista ja hinnat osion säätämistä kulutushyödykeryhmien hinnoista (Mäenpää ja Koivumäki 1995). Lopputuotekäyttöön lisätään julkisten menojen välituotekäyttö, investointien hyödykesisältö ja hyödykkeiden vienti.

Ulkomaanvaihto-osio liittää mallisysteemiin toimialoittaisen viennin ja tuonnin. Vienti johdetaan pääosin maailmanmarkkinoiden hyödykeryhmittäisen kysyntävolyymien kasvuoletuksista ja Suomen hintakilpailukyvästä. Tuonti määräytyy niinikään pääosin Suomen tuontiosuuksien muutostendensseistä ja hintasuhteiden muutoksesta. (Mäenpää 1984.)

Tasapainossa talouden kokonaissäästämisen S ja investointien arvon I on oltava yhtä suuret. Mallisysteemiin kehitetty algoritmi etsii mallin

iteratiivisessa ratkaisussa sellaisen investointien tuotto vaatimuksen eli lyhemmin voittoasteen tason, jolla sisäinen rahoitustasapaino löytyy. Koska mallisysteemi on talouden umpeutuvasti konsistentti kuvaus, talouden sisäisen rahoitustasapainon oloissa myös ulkoinen vaihtotase on tasapainossa.

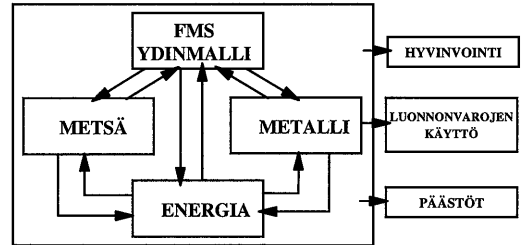
Mallisysteemi on rakennettu hierarkisesti modulierakenteisena. Kutakin talouden lohkoa kuvaava osio on ohjelmoitu erillisenä modulina. Pääohjelma kokoaa modulit yhteen ja etsii iteratiivisesti tasapainoratkaisun. Modulirakente parantaa laajan mallisysteemin hallittavuutta ja käytön joustavuutta.

FMS:n ydinmalli muodostaa sinänsä Suomen talouden umpeutuvan kokonaiskuvauksen. Ympäristö- ja luonnonvaratalouden sekä hyvinvointiteorian laajennuksissa systeemiin on lisätty satelliittimalleja, Energia, Metsä, Metall, Päästö, Luonnonvara ja Hyvinvointi, joissa kukin tarkastelukohde kuvautuu ydinmallin luokitteluja yksityiskohtaisemmin, kuvauskohteen erityispiirteiden kannalta tarkoituksenmukaisin jaotuksin. Myös muuttujien mittaustapa on erilainen. Ydinmallissa hyödykevirrat mitataan vuoden 1990 hintaisina markkavolyymeina, satelliiteissa sen sijaan fyysisin mitoin. Energiasatelliitti mittaa energiavirtoja jouleina, Metsäsatelliitti puuvirtoja puuaineksen kuivaainetonneina ja Päästösatelliitti päästötonneina. Ydinmallin ja satelliittimallien vuorovaikutusten yleisperiaate on seuraava. Ydinmallin markkamääräisistä hyödykevirroista johdetaan satelliittimallien kysyntäerät. Satelliittimallien fyysisten virtojen rakennemuutoksista johdetaan hintojen avulla ydinmallin markkamääräisiä virtoja ohjaavien parametrien muutokset. Siten ydinmallin ja satelliittimallien välillä säilyy täsmällinen vastaavuus. Mallisysteemin kokonaisuuden ratkaisussa satelliitit ovat normaaleja moduleja, jotka pääohjelmassa kytkeytyvät

systeemin iteratiivisen ratkaisun kehään.

Ydinmallin ja satelliittimallien kokonaisuus on esitetty kuviossa 2.

Kuvio 2. FMS ydinmallin ja satelliittien kytkennät



Energiasatelliitissa energia on jaettu 11 loppuenergiatalajiin. Kun sähkö ja lämpö primarisoidaan, saadaan 13 primäärienergiatalajia. Energian loppukulutus johdetaan ydinmallin tuottamista toimialoittaisista tuotoksista energiakerrotoimilla. Kertoimia voidaan supistaa energiansäästötoimin. Energiansäästön mahdollisuuksista ja niiden kustannuksista eri toimialoilla ja eri energiaryhmissä on koottu teknis-taloudellista tietoa. Käyttäytymissäntönä on: ne säästötoimet toteutetaan, joilla ostetun energian hinta on korkeampi kuin säästetyyn energian hinta. Ostetun energian hintaa voidaan nostaa energia- ja ympäristöveroilla. Sähkön ja lämmön tuotanto on eritelty voimalatyypeittäin. Voidaan valita, rakennetaanko uusi ydinvoimala vai ei, kuinka paljon tuulivoimaa tuotetaan vuonna 2005, kuinka paljon puuta poltetaan. (Mäenpää ja Tervo 1993.)

Metsäsatelliitissa puuvirrat on jaoteltu 36 hyödykkeeseen: metsätaloudesta tuleva puuaines 8 puulajiin, puutavaran valmistuksen tuotteet 7 tuotelajiin, massan ja paperin valmistuksessa massat 9 massalajiin sekä paperit ja kartongit 12 lajiin. Puuainevirrat on mitattu yksi-

käsitteisesti kuiva-ainetonneina, jolloin jalostusketjujen sisäiset sidokset ovat täsmällisesti hallittavissa. Satelliitin yksityiskohtaisuudesta johtuen metsäteollisuuden sisäisen rakenteen muutosmahdollisuudet ja yksittäiset tuotantotekniset muutokset, mm. uusiomassan osuuden lisääminen eri paperilaaduissa, on hyvin hallittavissa. Tärkeitä ovat myös metsä- ja energiasatelliittien keskinäiset kytkennät. (*Mäenpää ja Männistö 1993.*)

Metallisatelliitissa perusmetallien valmistus toimialan tuotteet on jaettu 40 tuotteeseen. Tuotteiden kysyntä metallien jatkojalostustoimialoilla, rakennustoimialoilla, investoinneissa ja ulkomaankaupassa johdetaan yksityiskohtaisemmin. Satelliitissa määräytyy myös mm. metallirikasteiden kulutus, hiilen raaka-ainekäyttö masuuneissa ja perusmetallien valmistuksen energiatalous. (*Viitanen 1995.*)

Päästösatelliitissa määräytyy viisi päästöläjää. Hiilidioksidi CO₂, metaani CH₄ ja typpioksiduuli N₂O ovat kasvihuonekaasuja. Rikki-dioksidi SO₂ ja typenoksidit NO_x ovat happamoittavia ilmansaasteita. Päästöt määräytyvät lähinnä eri primäärienergiälajien käytöstä. Erityisesti sähkön ja lämmön tuotannossa otetaan huomioon puhdistuslaitteiden käyttöönnoton vaikutukset päästöihin. (*Mäenpää ja Tervo 1993.*)

Luonnonvarasatelliitissa kootaan talouden luonnonvarojen käyttö ja muunnetaan ne yhteismitallisiksi tonneiksi ja vuoden 1990 hintaisiksi markkavolyymeiksi. Luonnonvarojen käyttö yhdistetään kuuteen ryhmään. Uusiutuvia luonnonvaroja ovat kasvikset sekä luonnoneläimet ja puu. Uusiutumattomia luonnonvaroja ovat sora, teollisuusmineraalit, metallirikasteet sekä energiamineraalit. (*Juutinen 1995.*)

Hyvinvointisatelliitissa johdetaan talouden kokonaistoiminnan hyvyyttä kuvaavia muuttu-

via. Keskeisiä ovat hyvinvointiteoreettisesti johdetut nettokansantuote ja kotitalouksien ekvivalenttikulutus. Kotitalouksien ekvivalenttikulutus korvaa kotitalouksien kulutuksen yksinkertaisen kiinteähintaisen volyymin hyvinvointiteoreettisella volyymilla, joka voidaan sanallisesti määritellä seuraavasti: kuinka paljon kotitalouksien pitäisi perusvuoden hinnoilla vähintään käyttää rahaa kulutukseen, että ne saavuttaisivat yhtäsuuren hyödyn tason kuin päätevuonna saavutetaan. Nettokansantuote mittarissa bruttokansantuotteesta vähennetään pääoman kuluminen ja kotitalouksien kulutusmenovolyymi korvataan ekvivalenttikulutuksella. Nettokansantuote mittaa, kuinka paljon taloudessa voitaisiin yhden vuoden aikana käyttää kulutukseen ja samalla pitää talouden tuotantokyky ennallaan. (*Mäenpää ja Koivumäki 1995.*)

Kirjallisuus

- Juutinen, Artti (1995): *Luonnonvarojen käyttö FMS mallisysteemissä*, Oulun yliopisto, Pohjois-Suomen tutkimuslaitos, Tiedonantoja 116, Oulu.
- Mäenpää, Ilmo (1982): *Voittoaste, investoinnit ja työllisyys Suomen talouden pitkän ajan kasvussa*, Oulun yliopiston kansantaloustieteen laitoksen Tutkimuksia No 21, Oulu.
- Mäenpää, Ilmo (1984): *Rate of return, competitiveness and foreign trade in the growth of the Finnish economy*. Department of Economics, University of Oulu, Research Reports Nr 22, Oulu.
- Mäenpää, Ilmo (1993): *FMS - Suomen talouden pitkän ajan simulointimalli*, teoksessa *Miten tutkimme tulevaisuutta*, toim. Matti Vapaavuori, Tulevaisuuden tutkimuksen seura, Acta Futura Fennica, No 5, Helsinki. s. 163 - 172.

- Mäenpää, Ilmo (1993): *FMS model system: a methodological overview*, University of Oulu, Research Institute of Northern Finland; University of Oulu, Department of Economics; University of Lapland, Department of Economics and Management Sciences, Discussion papers in economics and business studies No 6, Oulu.
- Mäenpää, Ilmo ja Tervo, Hannu (1992): *Hiili-dioksidipäästöjen rajoittaminen, Kokonaistaloudelliset vaikutukset Suomessa*, Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energiaosasto, Katsauksia B:114, Helsinki.
- Mäenpää, Ilmo ja Männistö, Jarmo (1993): *Metsäsektorin vaihtoehdot ja Suomen talous*, University of Oulu, Research Institute of Northern Finland, Research Reports 118, Oulu.
- Mäenpää, Ilmo ja Tervo, Hannu (1993): *Voi-malaitostekniikoiden kansantaloudelliset vaikutukset ja kannattavuus*, University of Oulu, Research Institute of Northern Finland, Research Reports 119, Oulu.
- Mäenpää, Ilmo ja Koivumäki, Timo (1995): *Kulutus ja hyvinvointi FMS mallisysteemisä*. Oulun yliopisto, PohjoisSuomen tutkimuslaitos, Taloustieteellisissä keskustelualoitteita 20, Oulu
- Viitanen, Mikko (1995): *Terästeollisuuden näköalat Suomen talouden pitkän ajan kasvussa*, Oulun yliopisto, Taloustieteen osasto, Tutkimuksia no 35, Oulu.