

Bioenergian tuotannon talous-, työllisyys-, ja ympäristövaikutukset alueta- solla – yleisen tasapainon mallinnustarkastelu

Antti Simola¹⁾, Jouko Kinnunen^{2,3)}, Hannu Törmä⁴⁾ ja Jukka Kola¹⁾

¹⁾*Helsingin Yliopisto, Taloustieteen laitos, Koetilantie 7, PL 28, 00014 Helsingin yliopisto*

²⁾*Ålands statistik- och utredningsbyrå (ÅSUB), Pb 1187, AX-22111 Mariehamn*

³⁾*Valtion taloudellinen tutkimuslaitos VATT, Arkadiankatu 7, PL 1279, 00101 Helsinki*

⁴⁾*Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti, Kampusranta 9, 60320 Seinäjoki*

Tiivistelmä

Bioenergian tuotannolle on julkisessa keskustelussa asetettu useita toiveita. Kansallisella tasolla sen toivotaan auttavan kasviuonekaasupäästöjen torjunnassa ja ilmastonmuutoksen ehkäisyssä. Lisäksi bioenergian tuotannon toivotaan synnyttävän uutta taloudellista toimintaa maaseutualueille ja tehostavan luonnonvarojen hyödyntämistä. Kansallisessa pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa on asetettu selkeät tavoitteet bioenergian käytön lisäämiselle. Bioenergian tuotannon vaikutuksia eri alueiden tasolla ei ole kuitenkaan tätä ennen kattavasti selvitetty. Tämä tutkimus pyrkiikin tuomaan lisävalaistusta bioenergian tuotannon lisäämisen aluetaloudellisiin vaikutuksiin.

Käytimme analyysissämme rekursiivisesti dynaamista yleisen tasapainon aluemallia RegFin-DynBio. Mallissa on mukana 20 Suomen maakuntaa, yhteensä 38 toimialaa ja bioenergian sisältävä energian tuotantorakenne. Hyödyntäen maa- ja metsätalouden bioenergiapotentiaaliaineistoja selvitimme mallin avulla kuinka bioenergian tuotannon lisääminen vaikuttaa talouden eri indikaattoreihin. Tutkimme bioenergian tuotannon lisäämistä kolmella eri suuruusluokalla: 1) varovainen lisäys, 2) ilmasto- ja energiastrategian mukainen lisäys, sekä 3) koko teknis-taloudellisen bioenergiapotentiaalın hyödyntäminen. Rajoitimme tarkastelumme koskemaan maa- ja metsätalouden sivutuote- ja jätevirtojen hyödyntämistä sähkön- ja lämmöntuotannossa. Tällä tavalla pystyimme rajaamaan tarkastelumme ulkopuolelle kysymykset elintarvikkeiden ja puumateriaalin poistumisesta markkinoilta sekä myös valtaosan biopolttoaineiden tuotantoon liitetyistä ympäristöhaitoista.

Johtopäätöksenä toteamme, että bioenergian tuotanto aiheuttaa melko lieviä kustannuksia koko kansantalouden tasolla sekä talouskasvulle että työllisyydelle. Tulos johtuu siitä, että bioenergialla korvattava olemassa oleva tuotanto on nykyisellä hintatasolla kannattavampaa kuin markkinoille syötettävä bioenergia. Suurimmat menetykset koituivat energian tuotannoltaan kapea-alaisille maakunnille, joissa teollisuuden osuus kokonaistuotannosta oli suhteellisesti suurin. Parhaiten pärjäsivät eteläisen Suomen palveluvaltaisemmat maakunnat, joissa oli mahdollisuuksia kasvattaa maakaasun käyttöä energian tuotannossa. Kaiken kaikkiaan vaikutukset jakautuivat eri maakuntien välillä varsin epätasaisesti. Merkittävä poikkeus on Etelä-Pohjanmaan maakunta, jossa bioenergian teknis-taloudellinen potentiaali on verrattain suuri omaan energiankulutukseen verrattuna. Koko potentiaalın hyödyntäminen tuottaa maakunnalle vientituloja ja vaikuttaa positiivisesti sekä BKT:hen että työllisyyteen. Eniten bioenergian voimakkaasta hyödyntämisestä kärsivät rakennekehityksessä jo ahtaalla oleva Kainuu sekä Itä-Uusimaa, jossa on paljon öljynjalostusteollisuutta maakunnan koko taloudelliseen toimintaan suhteutettuna. Loppupäätelmänä voidaan joka tapauksessa todeta, että bioenergian vaikutukset aluepolitiikan kannalta eivät näyttäisi olevan niin suotuisia kuin on toivottu.

Asiasanat: bioenergia, maa- ja metsätalous, aluetalous, BKT, työllisyys, yleisen tasapainon mallit

Johdanto

Suomi on kansallisessa ilmasto- ja energiastategiassaan määritellyt tavoitteet uusiutuvan energian käytölle. EU-tasolla on otettu tavoitteeksi nostaa uusiutuvan energian osuus 20 %:iin loppukäytöstä vuoteen 2020 mennessä. Vuonna 2005 uusiutuvan energian osuus oli EU:ssa vain 8,5 %, ja energian kokonaiskulutus on ollut edelleen nousevalla uralla. Suomen tavoite asetettiin korkeammalle, 38 %:iin johtuen Suomen korkeasta alkutasosta ja mittavasta laajennuspotentiaalista erityisesti metsätaloudessa. Tavoite on vaativa, ja esimerkiksi VTT:n (Ekholm ym. 2008, 33) tutkimuksen mukaan vuonna 2020 voidaan saavuttaa 31,5 % taso jos päästöoikeuksien hinta nousee 50 €tasolle. Myös VTT:n laatimassa Teknologiapolut 2050 selvityksessä 38 % tavoitteen saavuttaminen osoittautuu vaativaksi: skenaarios- ta riippuen päästölupien hinnan tulisi nousta 60–80 €/tonnilta. Vaihtoehtoisesti ohjatun teknologisen kehityksen avulla tavoite voitaisiin saavuttaa jopa 20 €/tonni hintatasolla. (VTT 2008, 41.) Ilman pääs- tökauppaa jäädään kauas tavoitteesta, 25,4 %:iin. Strategian mukaisesti metsähakkeen kulutus nostet- taisiin 3,6 miljoonasta kiinto-m³:sta 12 miljoonaan vuoteen 2020 mennessä, ja maatalouden uusiutuvaa energiaa tuotettaisiin samana vuonna 4-5 TWh. Bioenergian potentiaaliaineiston perusteella nämä tavoitteet ovat mahdollisia saavuttaa. Metsähakkeen teknis-taloudellinen potentiaali on hyvin lähellä asetettua tavoitetta, kun taas maatalouden tavoite on vain noin neljännes olemassa olevasta potentiaa- lista. Maatalouden bioenergiatavoitteen alhaisuus teknis-taloudelliseen potentiaaliin nähden on kuiten- kin helposti selitettävissä maatalouden bioenergian alhaisella nykytuotannolla ja tarjontahalukkuudella.

Pyrimme tutkimuksessamme selvittämään kuinka nämä tavoitteet vaikuttavat talouden toimin- takykyyn keskipitkällä aikavälillä. Keskitymme bioenergian tuotannon lisäämiseen maa- ja metsäta- loudessa ja vertaamme aiheutuvia kustannuksia eri päästövähennystavoitteissa.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimme yleisen tasapainon (YTP) mallin avulla kuinka ilmasto- ja energiastategian bioenergiata- voitteet toteutuminen vaikuttaa BKT:hen ja työllisyyteen aluetasolla. YTP-mallin käyttö on perustel- tua, koska tutkimuksessa keskeinen energiasektori on vahvasti sidoksissa muuhun kansantalouteen. Etuna YTP-mallissa on sen kyky ottaa huomioon toimialojen väliset sidokset ja niistä koituvat kerran- naisvaikutukset kansantalouden sisällä. Hanketta varten päivitettiin ja laajennettiin jo olemassa olevaa RegFin-mallia, jonka alun perin rakensivat Törmä ja Rutherford (1998). Lähdimme työssämme liike- keelle mallin uudemmassa, dynaamisesta versiota RegFinDyn, jonka Kinnunen (2007) rakensi edelli- sen pohjalta. Nimenomaisesti tätä tutkimusta varten malliin rakennettiin aiempaa yksityiskohtaisempi energian tuotantorakenne sekä ympäristöpolitiikan tarkasteluja varten päästökauppa ja hiilivero ver- taittaviksi politiikkakeinoiksi. Mallissa on mukana 38 toimialaa ja 20 aluetta, jotka ovat Suomen maa- kunnat (NUTS3-taso).

Yleisen tasapainon mallit kalibroidaan perusvuoden empiiristä aineistoa vastaavaksi ns. sosiaa- lisen tilinpidon matriisien (SAM, social accounting matrices) avulla. Muodostimme mallia varten 20 SAM-matriisia, yhden jokaista maakuntaa kohden. Matriisit pohjautuvat Tilastokeskuksen tuottamiin alueellisiin panos-tuotos-taulukoihin, jotka kuvaavat toimialojen tuotannossaan käyttämien panosten ja tuotosten suhdetta. Tätä perusaineistoa täydennettiin useista eri lähteistä saadulla aineistolla. Fossiili- sen energian tuotanto- ja kulutusrakenteet muodostettiin valtakunnallisen tason GTAP-aineistosta, ja jaettiin maakunnittain niiden maakuntakohtaisten tuotanto-osuuksien mukaan. Bioenergian potentiaa- liaineistoa tarvittiin politiikkasimulaatioihin, joissa bioenergian käyttöä nostettiin lineaarisesti nykyti- lanteesta tiettyyn tulevaisuuden arvoon.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Laadimme malliin kolme eriasteista bioenergian lisäämistä kuvaavaa simulaatiota. Simulaatiot ovat järjestyksessä pienimmästä muutoksesta alkaen: 1) varovainen bioenergian lisäys (CONSERV), 2) ilmasto- ja energiastategian tavoitteet (STRATEGY) ja 3) teknis-taloudellisen potentiaalın täysi hyö- dyntäminen (TECHECON). Nämä simulaatiot toteutettiin ilmastopolitiikan tulevaisuuden kehitystä kuvaavissa skenaariossa. Skenaariot koostettiin siten, että niillä voidaan tarkastella 1) päästöjen rajoit- tamista eri tasoille, 2) rajoitustoimien ulottamista eri toimialoilte sekä 3) päästökaupan ja hiiliveron keskinäisiä eroja ilmastopolitiikan keinoina. Skenaariot on jaettu seitsemään tapaukseen. Seuraavaksi

kuvailemme simulaatiot ja skenaariot yksityiskohtaisemmin ja esitämme saamamme tulokset kahden tärkeimmän taloudellisen indikaattorin, BKT:n muutoksen ja työllisyyden suhteen.

Simulaatiot

Toteutimme mallilla kolme perusuralle vaihtoehtoista simulaatiota kuvaamaan bioenergian tuotannon lisäämistä. Perussimulaatiossa bioenergian tuotantoon ei kohdisteta mitään erityisiä tukitoimia ja mallin annetaan ratketa perusurallaan lähtövuodesta 2005 vuoteen 2020 asti. Kolmessa vaihtoehtoisessa simulaatiossa sen sijaan bioenergian tarjontaa lisätään eksogeenisesti.

1. Varovainen bioenergian lisäys (CONSERV)

Ensimmäinen vaihtoehtoinen simulaatio kuvaa varovaista bioenergian lisäystä, jossa maatalouden bioenergiaa lisätään ilmasto- ja energiastrategian tavoitteen verran ja metsäenergiaa teknis-taloudellisella potentiaalilla ilman kantojen hyödyntämistä. Tässä simulaatiossa pyritään varmistamaan, ettei maa- ja metsätaloudessa maaperän ravinnetaseet heikkene biomassan lisääntyneen hyödyntämisen seurauksena. Biomassan hyödyntäminen jää sekä maa- että metsätaloudessa alle teknis-taloudellisen potentiaalilin.

2. Ilmasto- ja energiastrategian tavoitteet (STRATEGY)

Toisessa vaihtoehtoisessa simulaatiossa maa- ja metsätaloudessa molemmissa kasvatetaan bioenergian tuotantoa ilmasto- ja energiastrategian tavoitteiden verran. Maataloudessa hyödyntäminen on siis samalla tasolla kuin edellisessä simulaatiossa, mutta metsätaloudessa noin neljäsosan edellistä korkeampi. Metsätalouden osalta bioenergian hyödyntäminen on teknis-taloudellisen potentiaalilin verran.

3. Teknis-taloudellisen potentiaalilin täysi hyödyntäminen (TECHECON)

Kolmannessa vaihtoehtoisessa simulaatiossa hyödynnetään koko teknis-taloudellinen potentiaali sekä maa- että metsätaloudessa. Metsätaloudessa hyödynnettävä biomassa on samalla tasolla kuin edellisessä tapauksessa, mutta maataloudessa hyödynnetään bioenergiaa noin neljä kertaa se määrä kuin mitä ilmasto- ja energiastrategiassa on tavoitteena.

Skenaariot

Kaikki perussimulaatiot ajettiin ympäristöpolitiikan erilaisia tulevaisuuskuvia kuvaavissa skenaarioissa. Skenaariot on rakennettu kolmen muuttujan avulla. Ei-päästökauppasektorilla ja päästökauppasektorilla päästöjen määrä voidaan asettaa lähestymään tiettyä tavoitetta simulaatioperiodin lopussa. Lisäksi päästökauppasektorilla voidaan päästölupien hinta asettaa eksogeenisesti tietylle tasolle. Molemmille sektoreille voidaan asettaa lisätoimenpiteenä tuotantopanoksille kohdennettu hiilivero tehostamaan päästökaupan vaikutusta. Tutkimuksen skenaariot jaetaan myös kolmeen pääluokkaan, jotka on tarkemmin kuvattu alla. Eksogeenisen päästörajoituksen avulla kuvataan monien pienempien, mallissa erittelemättömien politiikkatoimien vaikutusta. Kansainvälinen päästöluvan hinta on niin ikään eksogeeninen muuttuja, joka kuvaa päästömärkinoiden kehittymistä. Hiilivero on mallissa mukana ylimääräisenä politiikkatoimenpiteenä, joka voidaan ottaa kansallisesti käyttöön tehostamaan päästötavoitteisiin pääsyä.

1. Tavoitevähennykset perusuralla

Kaikissa skenaarioissa päästölupien hinta määräytyy eksogeenisesti EU:n markkinoilla. Ensimmäisessä skenaarioryhmässä päästöluvan hinta on ensimmäisellä kaudella 10 €/tonni, toisella kaudella 15 €/tonni ja viimeisellä kaudella 30 €/tonni. Tapaus 1a esittää tapausta, jossa päästöjen määrää ei rajoiteta. Tapaus 1b rajoittaa päästöt nykyisin voimassa olevalla Kioton sopimuksen tavoitetasolle. Tapaus 1c kuvaa voimakkaampia päästörajoituksia, jotka ovat 20 % vähennys päästökauppasektoreilla ja 16 % (strategian mukainen tavoite) vähennys ei-päästökauppasektoreilla Kioton tavoitteisiin nähden.

2. Kohonnut päästölupien hinta - ei rajoituksia päästökaupan ulkopuolisille sektoreille

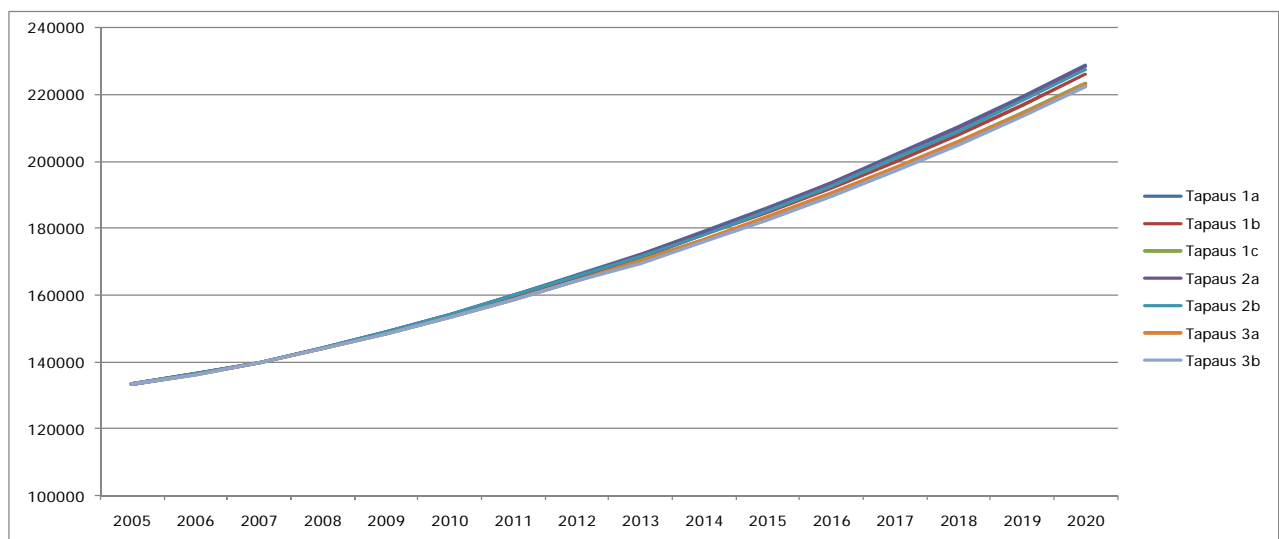
Toisessa skenaarioryhmässä päästölupien hinta kohoaa viimeisellä kaudella tasolle 50 €/tonni. Tässä skenaarioryhmässä ei kohdisteta lainkaan rajoitteita päästökaupan ulkopuolisille sektoreille. Tapaus 2a:ssa päästökaupasektoreiden päästöjä vähennetään 20 %. Tapaus 2b:ssä asetetaan 2a:n oletusten lisäksi päästökaupaan kuuluville sektoreille ylimääräinen hiilivero 20 €/tonni.

3. Kohonnut päästölupien hinta - rajoitukset molemmille sektoreille

Tapaukset 3a ja 3b eroavat tapauksista 2a ja 2b vain siinä suhteessa, että nyt päästöjä rajoitetaan sekä päästökaupaan kuuluvilla että sen ulkopuolisilla sektoreilla (16 % kuten tapauksessa 1c). Myös suuruudeltaan 20€/tonni oleva hiilivero kohdistuu tapauksessa 3b molemmille sektoreille.

Valtakunnalliset tulokset

Kuvaajat 1 ja 2 kuvaavat eri skenaarioiden perusurat bruttokansantuotteelle ja työllisyydelle. Kuvaajasta 1 nähdään kuinka eri ilmastopolitiikan vaihtoehdot vaikuttavat mallissa talouskasvuun. Suurimmillaan talouskasvu on odotetustikin silloin kun päästöjä ei erikseen rajoiteta tapauksessa 1a. Eniten talouskasvu hidastuu tapauksessa 3b, jolloin BKT jää vuonna 2020 2,9 % alhaisemmaksi kuin tapauksessa 1a. Jos puolestaan otetaan vertailukohdaksi nykytilannetta esittävä tapaus 1b, huomataan että ero äärimmäisessä tapauksessa 3b on enää 1,7 %. Verrattaessa tapauksia 1c tapaukseen 1b, saadaan arvio siitä kuinka BKT muuttuu ilmasto- ja energiastrategian yleisten tavoitteiden seurauksena. Muutos on tällöin 1,2 % ja se on hivenen Honkatukian ja Forsströmin (2008, 33) saamaa arvoa 0,8 % korkeampi.

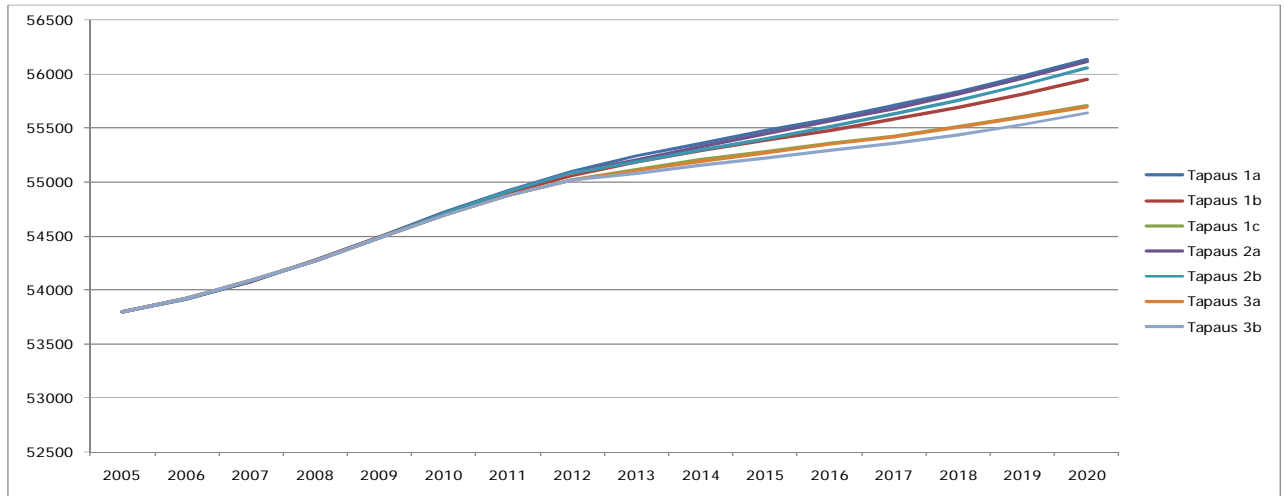


Kuvaaja 1. Bruttokansantuotteen perusurat eri skenaarioissa.

Kuvaajasta 2 nähdään kuinka työllisyys kehittyy hitaammin ja eri ilmastoskenaarioiden vaikutukset työllisyyden kehittymiseen ovat itse asiassa pienempiä kuin talouskasvulle. Ääripäät ovat samat kuin BKT:llä: tapaus 3b jää 0,9 % tapaus 1a:ta alhaisemmalle tasolle vuonna 2020.

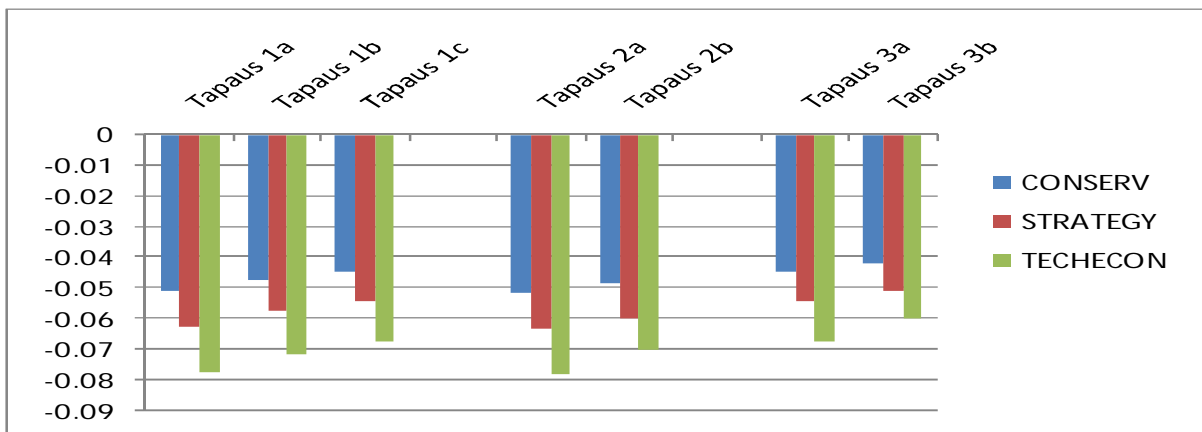
Bioenergian lisäys vähennetään markkinoilla fossiilisen energian tuonnista. Koska nykyisillä hinnoilla fossiilinen energia on edullisempaa käyttää, on oletettavaa, että sen korvaaminen kalliimmalla tuotantopanoksella laskee taloudellista tuottavuutta. Siten tulokset antavat käsityksen siitä kuinka paljon bioenergian lisääminen tulee maksamaan kansantaloudelle menetetyt talouskasvun ja työllisyyden muodossa. Ilmastopolitiikan kiristäminen lisää uusiutuvien energiamuotojen suhteellista etua ja siten vähentää bioenergian lisäämisestä koituvia tehokkuustappioita. Voimme myös arvioida kuinka suuren kustannuksen maatalouden bioenergiapotentialin lisääminen kansantaloudelle toisi ja samalla määrittää hinta sen avulla saaduille päästövähennyksille. Nämä vaikutukset ovat odotettuja valtakunnallisella tasolla, mutta maakunnallisella tasolla vaikutusten jakautuminen ei välttämättä määräydy

yhtä suoraviivaisesti johtuen eri maakuntien erilaisista bioenergiapotentiaaleista ja erityisesti niiden energia- ja tuotantorakenteista.



Kuvaaja 2. Työllisyyden kehitys eri skenaarioissa.

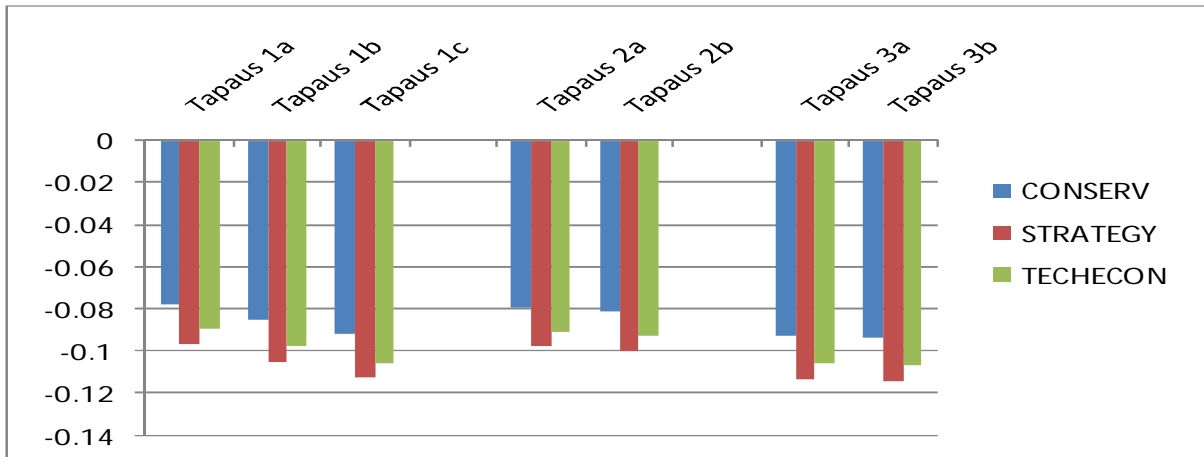
Kuvaajat 3 ja 4 esittävät kuinka bioenergian eriasteinen lisääminen vaikuttaa BKT:hen ja työllisyyteen verrattuna perusuraan eri skenaarioissa koko valtakunnan tasolla. Kuvaajasta 3 voidaan nähdä, että kokonaisuudessaan bioenergian lisäämisellä on lievästi negatiivinen vaikutus BKT:hen valtakunnallisella tasolla. Bioenergian määrän lisäyksen vaikutus on suoraviivainen: mitä enemmän bioenergian tuotantoa lisätään, sitä suurempi tappio kansantaloudelle koituu. Myös ilmastopolitiikan vaikutus on selkeästi nähtävissä tapauksissa 1a, 1b ja 1c: ilmastopolitiikan kiristäminen tekee bioenergiasta suhteellisesti kannattavampaa. Silti varovainenkaan bioenergian lisäys ei tuo positiivista vaikutusta kaikkein voimakkaimmassa ilmastopolitiikan vahvistamisen skenaariossa. Tapausten 2a/b ja 3a/b vertaaminen osoittaa, että kokonaisvaltaisempi ilmastopolitiikka on bioenergian käytölle suotuisampaa kuin pelkästään päästökaupparektorille kohdistetut toimet. Vertaamalla tapauksia 2a ja 2b sekä 3a ja 3b keskenään voidaan huomata, että hiiliveron ilmastopolitiikan keinona vaikuttavaa varsin suotuisasti bioenergian asemaan energianlähteenä.



Kuvaaja 3. BKT:n %-muutokset suhteessa perusuraan eri skenaarioissa koko Suomessa.

Kuvaajasta 4 nähdään, että työllisyyden suhteen tilanne on jonkin verran mutkikkaampi. Vaikutukset työllisyyteen ovat pieniä, mutta jonkun verran suurempia kuin BKT:llä. On jokseenkin yllättävää havaita, että bioenergian tuotannon lisäyksen määrällä ei ole suoraviivaista vaikutusta työllisyyteen. Varovaisen lisäyksen aiheuttama vähennys työllisyydessä on kaikkein pienin ja strategian mukaisen lisäyksen puolestaan suurin. Täyden potentiaalın hyödynnyks sijoittuu näiden väliin. Ilmastopolitiikan kiristäminen taas vaikuttaa negatiivisesti: mitä enemmän päästöjä rajoitetaan, sitä enemmän bioenergian lisääminen heikentää työllisyyttä. Tämä on todennäköisesti seurausta ilmastopolitiikan vaikutuksesta

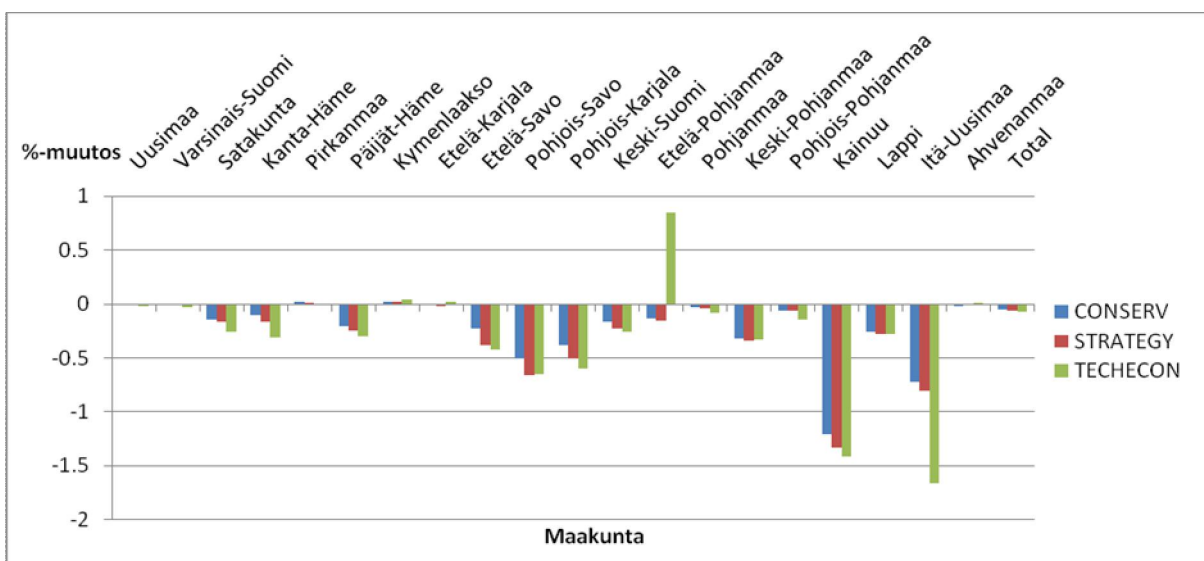
muuhun talouteen, joka supistuu pystyy työllistämään vähemmän. Bioenergian tarvitsema työvoima syrjäyttää tällöin suhteellisesti enemmän muun talouden tarvitsemaa tuottavampaa työvoimaa. Tapauksien 2a/b ja 3a/b vertaaminen keskenään näyttäisi tukevan tätä selitystä: tiukemman ilmastopoliittikan vallitessa työllisyys laskee suhteellisesti enemmän. Vertaamalla tapauksia 2a ja 2b sekä 3a ja 3b keskenään huomataan hiiliveron olevan melko neutraali ilmastopoliittikan keino työllisyyden kannalta. Niinpä hiiliverolla voitaisiin saavuttaa suotuisat vaikutukset BKT:n osalta ilman negatiivisia työllisyysvaikutuksia.



Kuvaaja 4. Työllisyyden %-muutokset suhteessa perusuraan eri skenaarioissa koko Suomessa.

Alueelliset tulokset

Kuvaaja 5 esittää vaikutusten alueellisen jakautumisen BKT:n osalta tapauksessa 1b, joka kuvaa Kioton sopimuksen mukaista tilannetta. Maakuntien välillä voidaan havaita selkeitä eroja sopeutumisessa lisääntyneeseen bioenergian tuotantoon. Vaikutukset ovat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta negatiivisia. Etelä-Pohjanmaa poikkeaa muista selvällä positiivisella tuloksella koko teknis-taloudellisen potentiaalin hyödyntämisen tapauksessa johtuen saaduista vientituloista. Itä-Uusimaa ja Kainuu ovat selkeät häviäjät, edellinen johtuen fossiilisen energian jalostusteollisuuden suuresta osuudesta aluetaloudessa ja jälkimmäinen alueen talouden rakenteen heikosta sopeutumiskyvystä. Eteläisen Suomen palveluvaltaiset ja maakaasua käyttävät maakunnat näyttävät pärjäävän melko hyvin. Työllisyyden osalta alueellinen jakautuminen on hyvin samansuuntaista.



Kuvaaja 5. BKT:n %-muutokset maakunnittain tapauksessa 1b.

Johtopäätökset

Valtakunnallisella tasolla voimme havaita, että nykyisellä teknologian tasolla bioenergian tuotannon lisääminen maksaa talouskasvun heikkenemisen ja työllisyyden laskun muodossa. Aiheutuva muutos ei ole määrällisesti suuri ja riippuu vallitsevan ilmastopolitiikan tasosta. Bioenergian tuotantoa lisäämällä pystytään vähentämään päästöjä, mutta ei siis ilman kustannuksia; win-win mahdollisuus se ei näiden tulosten perusteella näyttäisi olevan. Onkin yhteiskunnallisessa keskustelussa arvioitava, onko tämä päästöjen vähentämisestä koituva kustannus kohtuullinen.

Saamiemme tulosten pohjalta voimme kuitenkin todeta, että pelkkä valtakunnallinen tarkastelu ei riitä antamaan tarvittavaa tietoa bioenergian tuotannon tehokkaaseen edistämiseen. Erot eri alueiden välillä voivat olla varsin suuria niin bioenergia tuottamisen kuin hyödyntämisenkin suhteen, ja niinpä politiikkakeinot tulisi suunnitella nämä eroavaisuudet huomioon ottaen. Bioenergian tuotantoa tulisi kannustaa ennen kaikkea markkinaperusteisilla ohjaukskeinoilla, jotka tukevat uuden taloudellisen toiminnan perustamista sellaisille alueille, joissa tuotannolle on selkeät taloudelliset edellytykset. Tästä hyvänä esimerkkinä voidaan mainita Etelä-Pohjanmaa, jonka teknis-taloudellinen potentiaali riittää jopa bioenergian vientiin muihin maakuntiin. Toisaalta Kainuussa, joka muutenkin kohtaa taloudellisia haasteita, ei näyttäisi olevan järkevää lisätä bioenergian tuotantoa. Itä-Uudellemaalle koituu bioenergian tuotannosta myös huomattavia tappioita, mutta nämä tappiot johtuvat ennemminkin maakunnan ulkopuolisesta bioenergian tuotannosta ja öljynjalostusteollisuuden dominoivasta asemasta maakunnan koko taloudessa. Järkevintä Itä-Uudellamaalla olisikin varautua fossiilisen energian tuotannon rakennemuutokseen ja ryhtyä monipuolistamaan alueen taloudellista toimintaa.

Eri politiikkainstrumenteista hiilivero näyttäytyy tämän tutkimuksen valossa edullisemmalta keinolta saavuttaa ylimääräisiä päästövähennyksiä suhteessa päästölupien määrän leikkaamiseen johtuen sen neutraalista työllisyysvaikutuksesta. Päästövähennysten ulottaminen mahdollisimman monelle toimialalle on järkevää kokonaisuhyödyn kannalta, sillä tällöin voidaan päästöjä vähentää alhaisemmillä kustannuksilla. Tutkimuksemme kuitenkin osoittaa, että nämä hyödyt eivät jakaudu tasaisesti eri maakuntien välillä.

Tutkimuksessamme emme ottaneet kantaa muutamiin melko olennaisiin seikkoihin. Biomassan hyödyntäminen liikennepolttoaineiden tuotannossa suhteessa biomassan käyttämiseen sähkön ja lämmön tuotantoon olisi hyödyllistä selvittää myös yleisen tasapainon kehikossa. Maa- ja metsätalouden kannalta myös metaanin ja dityppioksidin päästöt olisi syytä huomioida maankäytön ja karjatalouden yhteydessä. Useamman kaasun huomioiminen tarjoaa enemmän mahdollisuuksia päästövähennyksille ja sitä kautta alhaisemmat päästövähennysten kustannukset. Maankäyttö ja karjatalous ovat myös kiinteästi yhteydessä energiaksi käytettävän biomassan tuotantoon ja näiden suhteiden tarkempi kuvaus mallissa voisi tuoda lisävalaisua asiaan. Tätä tutkimusta varten luotu malli tarjoaa kuitenkin hyvän lähtökohdan näiden seikkojen huomioimiselle myöhemmissä tutkimuksissa.

Kirjallisuus

- Ekholm, T., Lehtilä, A. & Savolainen, I. 2008. EU:n yksipuolinen päästöjen rajoittaminen ja kehittyneiden maiden yhteinen päästöjen rajoittaminen – vaikutukset Suomeen arvioituna TIMES-mallilla. VTT Working Papers 96. Saatavilla verkossa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2008/W96.pdf>
- Honkatukia, J. ja Forsström, J. 2008. Ilmasto- ja energiapolitiittisten toimenpiteiden vaikutukset energiajärjestelmään ja kansantalouteen. VATT-tutkimuksia 139. Saatavilla verkossa: http://www.vatt.fi/file/vatt_publication_pdf/t139.pdf
- Kinnunen, J. 2007. RegFinDyn - Recursive Dynamic Version of Regional CGE RegFin Model - Practical Documentation. Saatavilla verkossa: <http://ruralia.sjoki.uta.fi/hymakes/yp/regfindyn.pdf>
- Törmä, H. & Rutherford, T. 1998. Regional Computable General Equilibrium Model for Finland. *Publications of Kemi-Tornio Polytechnic series E*, Working Papers 1.
- VTT 2008. Teknologiapolut 2050 – Skenaariotarkastelu kasvihuonekaasupäästöjen syvien rajoittamistavoitteen saavuttamiseksi Suomessa. VTT Tiedotteita 2433. Saatavilla verkossa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2008/T2433.pdf>