



Teknillinen tiedekunta

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0200 Energiatekniikan kandidaatintyö ja seminaari

ENERGIASEKTORIN PÄÄSTÖJEN PITKÄN AIKAVÄLIN NÄKYMÄT

LONG TERM PERSPECTIVES IN ENERGY SECTOR EMISSIONS

Lappeenrannassa 3.12.2008

0278831

Markku Helminen

Ente 4

SISÄLLYSLUETTELO

LYHENNELUETTELO	2
1. JOHDANTO	3
2. NYKYTILA	4
2.1 Muutoksen syyt ja tuleva ilmastonmuutos.....	5
3. KANSAINVÄLINEN ILMASTOPOLITIikka	6
3.1 Kioton pöytäkirja	7
3.2 Balin toimintasuunnitelma.....	8
3.3 Euroopan unionin ilmastopolitiikka.....	8
3.4 Suomen ilmastopolitiikka	9
3.5 Yhdysvaltojen ilmastopolitiikka.....	12
4. HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖJEN TULEVAISUUS	13
4.1 ACT skenaario	14
4.2 BLUE skenaario.....	15
4.3 Huomautuksia skenaarioista	16
5. HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN	17
5.1 Energiantuotanto	19
5.2 Hiilen talteenotto ja varastointi (CCS).....	20
5.3 Loppukäyttäjien polttoainevaihdot	21
5.4 Loppukäyttäjien energiatehokkuuden parantaminen	22
6. ENERGIANTARVE JA VÄHENNYKSET SEKTOREITTAIN	24
6.1 Sähköntuotanto	25
6.2 Liikenne	27
6.3 Rakennukset.....	27
6.4 Teollisuus.....	29
7. YHTEENVETO.....	30
LÄHTEET	31

LYHENNELUETTELO

ACT	Accelerated Technology Scenario
CCS	CO ₂ Capture and Storage
CO ₂ -ekv	hiilidioksidiekvivalentti
IEA	International Energy Agency
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
Mtoe	Million tonnes oil equivalent
ppm	parts per million

1. JOHDANTO

Jatkuva taloudellinen kasvu on lisännyt huomattavasti ihmisten elintasoja, mutta samalla myös kasvattanut lähes samaan tahtiin energiantarvetta. Maailmantalouden on ennustettu nelinkertaistuvan seuraavan neljänkymmenen vuoden aikana ja jopa kymmenkertaistuvan Kiinan ja Intian kaltaisilla kasvualueilla. Luonnonvarojen kestämaton käyttö ja ympäristön tuhoutuminen on väistämätöntä, jollei taloudellista kasvua ja sen vaatimaa energiantuotantoa fossiililla polttoaineilla eroteta toisistaan.

Samalla kun energia tarjoaa henkilökohtaista mukavuutta ja edesauttaa liikkumista, niin se on myös tärkeä voimavara teollisuudessa ja kaupallisessa kasvussa. Jatkuva energiankulutuksen kasvu asettaa suuria haasteita energiantuotannolle ja erityisesti paineita ympäristölle. Kestämättömät tuotantomenetelmät kiihdyttävät ilmastonmuutosta, lisäävät luonnon ekosysteemin vahingoittumista, sekä rakennetun ympäristön pilaantumista. Lopulta nämä kaikki heijastuvat ihmisten hyvinvointiin ja terveyteen.

Nykyisillä toimilla ja tuotantorajoituksilla ennustetaan 70 % kasvua öljyn kysyntään ja 130 % kasvua hiilidioksidipäästöihin vuoteen 2050 mennessä. Hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (Intergovernmental Panel on Climate, IPCC) mukaan 130 % kasvu hiilidioksidipäästöissä tulisi nostamaan maapallon keskilämpötilaa noin kuudella asteella vuoteen 2100 mennessä. Seuraukset tästä olisivat merkittäviä kaikille elämänmuodoille ja peruuttamattomia ympäristölle.

Energiatalouteen on siis saatava maailmanlaajuinen muutos. Muun muassa uusiutuvan energian osuutta on lisättävä, mutta myös ydinvoima on pidettävä merkittävänä osallisena energiantuotannossa. Lisäksi on kehitettävä erityisesti uusia tekniikoita ja otettava niitä laajalti käyttöön, kuten esimerkiksi hiilidioksidin talteenotto ja päästötön liikenne. Muutoksia on saatava myös valtioiden energiapolitiikkoihin ja ihmisten asenteisiin. Maiden on suunniteltava itselleen pitkän aikavälin strategiat, miten vähentää kasvihuonekaasuja ennen kuin se on liian myöhäistä. Kaikki tämä vaatii osansa valtioiden varoista, mutta mitä aikaisemmin ryhdytään toimiin, sitä halvemmalla lopuksi selvitetään.

Tämä työ tarkastelee maapallomme nykyistä tilaa ja sen tulevaisuutta. Siinä tarkastellaan kannaltamme keskeisten maiden energiastrategioita ja suunnitelmia tulevaisuutta varten. Ratkaisuksi päästöongelmiin tarkastellaan kansainvälisen energiajärjestön (International Energy Agency, IEA) vuonna 2008 julkaiseman raporttia siitä, että miten pitäisi toimia energiasektorilla kestävän, kilpailukykyisen ja varman energihuollon turvaamiseksi.

2. NYKYTILA

Turvattu, luotettava ja edullinen energia on perustana taloudelliselle kehitykselle ja sen vakaudelle. Häiriöt energiavarmuudessa, vakava ilmastonmuutos ja kasvava energiatarve ovat uhkana maailman taloudelle ja asettavat merkittäviä haasteita päättäjille. Mutta onneksi innovaatiot energia-alalla ja nykyisten tekniikoiden tehokkaampi käyttö haastavat tulevat ongelmat.

Viime vuosina fossiilisten polttoaineiden hinnat ovat nousseet huomattavasti ja niiden ennustetaan nousevan tulevaisuudessa vieläkin nopeammin. Hintojen nousun näkyvyyttä maailmantalouden kasvussa on lievennetty erilaisilla keinoilla, kuten US-dollarin heikolla kurssilla, energiatuilla, ja pienentyneenä energianhintana suhteessa bruttokansantuotteen kasvuun. Samalla jäljellä olevat öljy- ja kaasuvarat keskittyvät muutamiin suuriin tuotantomaihin, mikä lisää epävarmuutta energiavarmuuteen ja joiden nousevat hinnat tulevat haittamaan muiden maiden taloudellista kasvua. Tämän vuoksi moni maa pyrkii energiaomavaraiseksi.

Energiavarmuuden huolenaiheet ovat yhtäläillä yhteydessä kasvihuonekaasujen päästöihin, sillä suurin osa maapallon hiilidioksidipäästöistä syntyy energiantuotannosta ja energiankäytöstä. Kasvihuonekaasuista hiilidioksidilla on suurin lämmitysvaikutteinen osuus. Kaikista vuonna 2004 päästetyistä kasvihuonekaasuista hiilidioksidin osuus oli 77 % (International Energy Agency 2008, 52). Samalla se on myös tärkein ihmisen toiminnasta johtuva kasvihuonekaasu. Hiilidioksidin vuosittaiset päästöt kasvoivat noin 80 % vuosien 1970 ja 2004 välillä, kun kaikki muut kasvihuonekaasupäästöt lisääntyivät 70 %. IPCC:n vuoden 2007 Neljännen arviointiraportin mukaan maapallon lämpötila on noussut esiteollisesta ajasta useilla asteilla. Lämpötilan nousu on aiheuttanut valtamerten

pintojen nousua keskimäärin 1.8 mm vuodessa sitten vuoden 1961 jälkeen. Nouseva merenpinta vähentää maapinta-alaa ja näin ollen muun muassa vaikeuttaa ihmisten elämistä. Myös lumen ja jään peittämien maa-alueiden on havaittu pienenevän lämpötilan nousun myötä, keskimääräisesti 2.7 % vuosikymmenessä vuoden 1978 jälkeen. (Hallitustenvälinen ilmastopaneeli 2007, 2.)

Lämpötilan nousun myötä sademäärät ovat pääsääntöisesti lisääntyneet maapallon pohjois- ja eteläosissa, kun taas vähentyneet keskiosissa. Tämän myötä kuivuuden vaivaamat alueet ovat laajentuneet 1970-luvulta lähtien. Myös voimakkaat trooppiset myrskyt ovat yleistyneet sitten vuoden 1970. Yleisesti voidaan sanoa, että lämpötilan nousu vaikuttaa moniin luonnollisiin järjestelmiin. (Hallitustenvälinen ilmastopaneeli 2007, 3.)

2.1 Muutoksen syyt ja tuleva ilmastonmuutos

Ilmastonmuutokseen vaikuttavia tekijöitä ovat ilmakehän kasvihuonekaasujen ja aerosolien pitoisuuksien muutokset, maankäytön muutokset, sekä auringon aktiivisuuden vaihtelu. Suurimman vaikutuksen lähiajan muutokseen on kuitenkin aiheuttanut ihmisen toiminnasta johtuvat kasvihuonekaasupäästöt, jotka kasvoivat vuosien 1970 ja 2004 välillä 70 % (Hallitustenvälinen ilmastopaneeli 2007, 6).

Nykyisillä ilmastonmuutoksen hillintätoimilla ja kestävä kehityksen käytännöillä kasvihuonekaasupäästöt jatkavat kasvuaan seuraavien vuosikymmenien ajan. Jos kasvihuonepäästöt pysyvät nykytasolla tai suurempina, maapallon lämpeneminen kiihtyy entisestään. On arvioitu, että maapallon keskilämpötila tulee nousemaan vielä 1.4 – 5.8 °C vuoteen 2100 mennessä (Hallitustenvälinen ilmastopaneeli 2007, 11). Tästä seuraa ilmastonmuutoksia, jotka ovat vielä suurempia kuin viime vuosisadalla havaitut muutokset. Erityisesti ääri-ilmiöt tulevat lisääntymään, kuten esimerkiksi helleaallot, sekä hirmumyrskyt, jotka vaikuttavat etupäässä haitallisesti luontoon ja ihmisten elinoloihin. Lämpeneminen voi johtaa myös äkillisiin ja peruuttamattomiin vaikutuksiin.

Johtuen ilmastoprosessien hitaista muutoksista ja palautemekanismeista, seuraavien kahden, kolmen vuosikymmenen aikana tehtävät hillintätoimet ja niihin liittyvät investoinnit tulevat vaikuttamaan merkittävästi mahdollisuuksiin saavuttaa kasvihuonekaasuissa nopeasti pysyvä taso. Mitä aikaisemmin kasvihuonekaasut saadaan laskuun, sitä nopeammin lämpeneminen ja merenpinnan nousu saadaan pysähtymään.

3. KANSAINVÄLINEN ILMASTOPOLITIikka

Vaikka ihmisen aiheuttamaa ilmastomuutosta ei voida enää pysäyttää, voidaan kuitenkin sen pahimpien seurausten riskejä pienentää määrätietoisin toimenpitein. Ilmastomuutoksen maailmanlaajuisen luonteen vuoksi sen hillitsemiseksi tarvitaan kansainvälistä yhteistyötä.

YK:n ilmastopimus ja Kioton pöytäkirja ovat maailmanlaajuisia ratkaisuja ilmastomuutoksen hillitsemiseksi. Vuonna 1994 voimaan tulleen YK:n ilmastomuutosta koskevan sopimuksen päätavoite on vakauttaa ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuudet tasolle, jolla pysäytetään ihmisen toiminnan aiheuttamat vaaralliset häiriöt ilmastossa. YK:n ilmastomuutosta koskevaa sopimusta täydentää Kioton pöytäkirja. Se on toimi, jonka avulla kansainvälinen yhteisö pyrkii YK:n ilmastopimuksen tavoitteita. Kioton pöytäkirja sisältää teollisuusmaille asetettuja sitovia velvoitteita vähentää kasvihuonekaasujen päästöjä keskimäärin 5.2 % vuoden 1990 tasosta vuosina 2008 – 2012. YK:n ilmastopimuksen on tähän mennessä ratifioinut 192 osapuolta.

Osapuolten velvoitteisiin kuuluu muun muassa kerätä tietoa aiheutuneista kasvihuonepäästöistä, laatia ja toimeenpanna kansallisia ohjelmia ilmastomuutoksen hillitsemiseksi ja siihen sopeutumiseksi. Sekä raportoida päästöjä koskevat tiedot määräajoin ilmastopimuksen sihteeristölle.

3.1 Kioton pöytäkirja

Käytännössä Kioton pöytäkirjan päästövähennysvelvoitteet tulevat olemaan teollisuusmailta yli viiden prosentin, sillä niiden päästöt ovat vain kasvaneet vuoden 1990 tasosta. Todellisuudessa teollisuusmaiden päästövähennykset ovat lähes 20 % verrattuna arvioihin vuoden 2010 päästöistä, joissa minkäänlaisia päästövähennyksiä ei olisi otettu käyttöön. Kioton osapuolet voivat käyttää päästöjen vähentämiseen monia eri keinoja kuten esimerkiksi lainsäädäntöjä, maksuja, veroja ja hiilinieluja lisääviä metsänhoitotoimia. Kioton pöytäkirja sisältää myös joustavuusmekanismeja, joita käyttämällä Kioton osapuolet voivat täydentää omia päästövähennystoimiaan. Pääosa vähennyksistä on kuitenkin toteutettava kansallisin toimin, kun joustomekanismien tarkoituksena on edistää päästövähennyksien kustannustehokkuutta ja joustavuutta.

Joustomekanismeja on pääasiassa kolme: päästökauppa, missä ylitetyt päästöt ostetaan toiselta teollisuusmaalta, joka alittaa sallitun päästömäärän. Yhteistoteutus missä teollisuusmaa hankkii päästövähennyksiä rahoittamalla päästövähennyshankkeita muissa maissa, pääasiassa siirtymätalousmaissa, niin sanotun yhteistoteutusmekanismin avulla. Sekä puhtaan kehityksen mekanismi, jossa teollisuusmaa rahoittaa vähennyshankkeita kehitysmaissa ja siirtää käyttöönsä hankkeen päästövähennykset.

Kioton pöytäkirjan voimaantulo oli vasta ensimmäisiä askelia yhteisessä ilmastomuutoksen hillitsemiseen tähtäävässä työssä. Kioton velvoitekausi päättyy jo vuonna 2012, mutta YK:n ilmastosopimuksen päätavoite velvoittaa vielä tiukempia toimia vuoden 2012 jälkeen. Balilla joulukuussa 2007 käynnistettiin neuvottelut Kioton jälkeiselle ajalle. Sopimusneuvottelut pyritään saamaan päätökseen vuoden 2009 mennessä, jotta itse sopimus saataisiin voimaan jo vuoden 2013 alusta. (Kauppa ja teollisuusministeriö: Energiaosasto 2005, 11.)

3.2 Balin toimintasuunnitelma

Joulukuussa 2007 neuvoteltu Balin toimintasuunnitelma ohjaa tulevaisuuden ilmastopimusneuvotteluita. Käynnistyneet neuvottelut tavoittelevat seuraavia päämääriä: Teollisuusmaiden on määriteltävä päästövähennysvelvoitteet, jotka ovat selkeästi mitattavissa, raportoitavissa ja todennettavissa. Kehitysmaiden tulee määrittellä vastaavat kriteerit täyttäviä hillitsemistoimenpiteitä, joiden avulla kehitysmaat voivat entistä vahvemmin osallistua ilmastonmuutoksen hillitsemiseen. Lisäksi on määriteltävä sopeutumistoimenpiteet ilmastonmuutoksen aiheuttamille väistämättömille seurauksille, sekä edistettävä ilmastoystävällistä kehitystä. Nämä toimenpiteet vaativat tuekseen erilaisia rahoituksellisia ja teknologista yhteistyötä, joiden muotoja ja mahdollisuuksia tulee selvittää.

Kioton mekanismin kaltaiset menettelyt kehittyvät ja tulevat laajemmin osaksi ilmastopimusjärjestelmää vuoden 2013 jälkeen. Nämä päästöjen vähentämistavat luovat kehittyneille maille pohjan toteuttaa kustannustehokkaita vähennyskeinoja ja liittävät päästökauppajärjestelmän kaltaisia ratkaisuja Euroopan Unionin päästökauppaan. Samalla ne houkuttelevat kehitysmaita liittymään järjestelmään ja edistämään kestävä kehitystä omilla alueillaan.

3.3 Euroopan unionin ilmastopoliittikka

Euroopan unioni on viime aikoina ollut ilmastopoliitikassa aktiivinen suunnannäyttäjä muulle maailmalle. Euroopan unionin toiminnan taustalla on tavoite rajoittaa maapallon ilmakehän keskilämpötilan nousu kahteen asteeseen esiteolliseen aikaan verrattuna. Euroopan unionilla on nyt jo sekä lyhyen, että pitkän aikavälin tavoitteet päästöjen vähentämiseksi ja ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi.

Euroopan unionin lyhyen aikavälin keskeinen ilmastopoliittinen tavoite on Kioto-pöytäkirjan päästövähennysten tavoitteiden saavuttaminen, eli päästöjen vähentäminen koko unionin alueella 8 % vuosina 2008 – 2012. Kahdeksan prosentin vähennystavoite

vastaa 336 Mt CO₂-ekv suuruisia kasvihuonekaasupäästöjä, joka on jaettu 15 jäsenmaan kesken Euroopan unionin sisäisen taakanjakosopimuksen mukaisesti. Suomen velvoitteeksi jaossa määräytyi päästöjen palauttaminen vuoden 1990 tasolle vuoteen 2012 mennessä.

Maaliskuussa 2007 Euroopan unioni sitoutui Eurooppa-neuvoston päätöksen nojalla seuraaviin pitkän aikavälin ilmastopoliittisiin toimiin, sekä päästövähennystavoitteisiin Euroopan strategisessa energiateknologiasuunnitelmassa: Ihmisten toiminnasta aiheutuvan maapallon ilmakehän keskilämpötilan nousu tulisi rajoittaa kahteen asteeseen esiteolliseen aikaan verrattuna. Ensisijainen tavoite on saada aikaan maailmanlaajuinen ja kattava sopimus kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä vuoden 2012 jälkeiselle ajalle. Kehittyneiden maiden tulisi uuden kansainvälisen sopimuksen myötä sitoutua 30 % päästövähennyksiin vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä, jotta ne voisivat yhteisesti vähentää päästöjään 60 – 80 % vuoteen 2050 mennessä.

Euroopan unioni on sitoutunut muuttumaan vähäpäästöiseksi alueeksi. Siksi se on hyväksynyt riippumattoman tavoitteen vähentää päästöjään vähintään 20 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä, kunnes Euroopan unionin tavoittelema tavoite kansainvälisestä sopimuksesta saadaan aikaiseksi. Osana tätä suunnitelmaa uusiutuvien energialähteiden osuus tulee nostaa 20 %:iin koko Euroopan unionin energiarakenteessa vuoteen 2020 mennessä. (Euroopan komissio 2007, 2.)

3.4 Suomen ilmastopoliittikka

Kansainvälisessä ilmastopoliitikassa Suomi toimii Euroopan unionin osana. Suomi ratifioi YK:n ilmasopimuksen vuonna 1994 ja Kioton pöytäkirjan vuonna 2002 yhdessä muiden Euroopan unionin maiden kanssa. Suomen toimet Kioto-velvoitteen päästöjen laskemisen vuoden 1990 tason saavuttamiseksi on määritelty vuoden 2001 kansallisessa ilmastostrategiassa, sekä vuonna 2005 tehdyssä kansallisen ilmastostrategian päivityksessä (Kauppa ja teollisuusministeriö 2005, 10). Syksyllä 2008 Suomi sai valmiiksi hallituksen ilmasto- ja energiapolitiikan työryhmän tekemän pitkän aikavälin ilmastostrategian. Strategiassa määritellään kymmeniksi vuosiksi eteenpäin Suomen ilmasto- ja

energiapolitiikan keskeiset tavoitteet ja keinot osana Euroopan unionin asettamista tavoitteista. Strategian pääpaino on linjauksissa vuoteen 2020 saakka ja niiden edellyttämissä toimenpiteissä. Näiden lisäksi on esitetty visioita aina vuoteen 2050 asti.

Suomessa toteutettavien päästövähennystoimien lisäksi Suomi hyödyntää myös Kioton mekanismeja velvoitteiden saavuttamiseksi. Ilmasto- ja energiapolitiikan ministerityöryhmän päätöksen mukaisesti Suomi hankkii seitsemän miljoonan tonnin edestä päästöyksiköitä vuosina 2008 – 2012. Näitä päästöyksiköitä Suomi hankkii puhtaan kehityksen mekanismeilla, sekä yhteistoteutuksen avulla. (Kauppa ja teollisuusministeriö 2005, 15.)

Pitkä aikavälin ilmastostrategian tavoitteina on lisätä huomattavasti kotimaisen energian ja uusiutuvan energian osuutta. Energiatehokkuutta parantamalla energian loppukulutus saadaan laskuun, jolloin myös kasvihuonepäästöt kääntyvät laskuun. Strategiassa pyritään lisäämään energian omavaraisuutta, jolloin kivihiilen ja öljyn osuus energiantuotannossa laskee. Samalla myös pyritään turvaamaan energian saanti ja energiajärjestelmien luotettava toiminta, sillä vaatimukset näillä alueilla ovat kasvaneet oleellisesti siitä, mitä pidettiin hyväksyttävänä vielä vuosikymmen aikaisemmin.

Suomen vuoden 2005 energian loppukulutus oli 302 TWh ja nykyisillä toimilla se kasvaisi vuoteen 2020 mennessä 347 TWh:iin (Työ- ja Elinkeinoministeriö 2008, 34). Vuoden 2020 arvio sisältää jo aikaisemmin päätetyt ja toteutettujen edistämistoimenpiteiden vaikutukset. Nykyiset tehostamiskeinot eivät kuitenkaan riitä ilmaston ja uusiutuvan energian tavoitteiden saavuttamiseksi, joten tarvitaan uusia voimakkaita tehostamistoimia. Strategian vuoden 2020 tavoitteena on energian loppukulutuksessa enintään 310 TWh:n kulutus (Työ- ja Elinkeinoministeriö 2008, 35).

Uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta oli Suomessa vuonna 2005 28.5 %. Tavoitteena on nostaa osuus Euroopan komission Suomelle esittämän veloitteen mukaisesti vuoteen 2020 mennessä 38 %:iin. Tavoitteeseen pääsy on haastava ja sen saavuttaminen riippuu suuresti energian loppukulutuksen kääntymisestä laskuun. Strategian toimet uusiutuvien lisäämiseksi ovat muun muassa, metsäteollisuuden

prosessien sivutuotteiden maksimaalinen käyttö, metsähakkeen käytön lisääminen, lämpöpumppujen, biopohjaisen öljyn, sekä aurinkolämmön hyödyntäminen lämmityksessä, energiakasvien lisääminen, sekä biopohjaisten polttoaineiden lisääminen liikenteessä vähintään 10 %:iin vuonna 2020. Myös tuulivoiman lisääminen nykyisestä noin 120 MW:n kokonaistehosta 2000 MW:iin vuoteen 2020 mennessä, sekä nykyisen vesivoimaan tehostaminen ovat toimia tavoitteen saavuttamiseksi. (Työ- ja Elinkeinoministeriö 2008, 40.)

Sähkön tarpeen kasvaessa, sekä sen vähenevän tuonnin korvaamiseksi, maahan tarvitaan uutta voimalaitoskapasiteettia nykyisten hankkeiden lisäksi vielä noin 2000 MW lisää vuoteen 2020 mennessä (Työ- ja Elinkeinoministeriö 2008, 48). Lisäksi on varauduttava korvaamaan vanhentuvaa ja poistuvaa kapasiteettia. Kapasiteetin lisäämiseksi strategiassa pyritään asettamaan etusijalle kasvihuonekaasuja päästämättömät tai vähäpäästöiset laitokset, kuten uusiutuvaa polttoainetta käyttävät, sekä ympäristöllisesti hyväksyttävät vesi- ja tuulivoimalaitokset. Lisäksi on varauduttava rakentamaan myös lisää ydinvoimaa, jota laskelmien mukaan sähköenergian riittävyyden kannalta tarvittaisiin Suomeen jo lähivuosina.

Jotta asetettuihin tavoitteisiin päästäisiin, on strategiassa esitetty myös ohjauskeinoja ja toimenpiteitä. Kaikille sektoreille kohdistuu teknologian ja innovaatioiden kehittämistä, sekä koulutuksen, neuvonnan ja viestinnän lisääminen. Näiden lisäksi strategiassa on muitakin ohjauskeinoja, kuten taloudelliset ohjauskeinot. Energiaverotuksilla ja –tuilla kannustetaan kestävimpiin polttoainevaihdoksiin, sekä niiden tuottamiseen. Investointituilla, sekä syöttötariffeilla rohkaistaan siirtymään uusiin teknologioihin ja tuotantomenetelmiin.

Ilman uusia ilmastopoliittisia toimenpiteitä Suomen kasvihuonekaasupäästöt olisivat noin 90 Mt CO₂-ekv vuonna 2020, eli noin 20 % enemmän vuoden 1990 tasosta (Työ- ja Elinkeinoministeriö 2008, 8). Päästöjen kasvu aiheutuu lähes yksinomaan energiantuotannon ja teollisuusprosessien päästöjen kasvusta. Kuten myös Euroopan unionin strategiassa, myös Suomen tavoitteena on energihuollon ympäristöllinen kestävyys, toimitusvarmuus sekä kilpailukyky. Tavoitteisiin pääseminen edellyttää

Suomelta toimenpiteitä, joissa painottuvat energiatehokkuus ja energiansäästö, sekä uusiutuvien energialähteiden tuotannon ja käytön lisääminen.

3.5 Yhdysvaltojen ilmastopolitiikka

Yhdysvalloilla ei ole ollut kansallista energiaohjelmaa vuosikymmeniin ja lähes kaikki energiapoliittiset päätökset ovat jääneet alan yritysten tehtäviksi. Yhdysvaltojen energiahuolto on suunniteltu lähinnä suurten öljy-yhtiöiden kannattavuuden ehdoilla, eikä lainkaan kansallisen edun vuoksi. Nyt kuitenkin uuden presidentin valinnan myötä kansallinen etu tulee ohittamaan öljy-yhtiöiden edun.

Vastavalittu presidentti Barack Obama kertoi valintansa varmistuttuaan, että maan energiahuollon uusiminen on hänen hallituksesta asialistan kärjessä. Uuteen energiaohjelmaan aiotaan sijoittaa 150 miljardin dollarin lisäinvestoinnit puhtaan energian tutkimukseen ja tuottamiseen seuraavien kymmenen vuoden aikana. Ohjelman avulla pyritään vähentämään kasvihuonepäästöjä, sekä synnyttämään miljoonia uusia työpaikkoja energiateollisuuteen.

Yhdysvaltojen energiantuotanto tulevaisuudessa tulee perustumaan joka tapauksessa vahvasti hiilellä tuotettuun energiaan, johtuen maan suurista hiilivaroista. Asiantuntijoiden mukaan lähivuosina pyritään kuitenkin energiantuotannossa keskittymään puhtaan hiilivoiman rakentamiseen. Yhdysvallat suunnittelee lisäävän merkittävästi tuuli- ja aurinkovoimaa, sekä rakentavan lukuisia uusia ydinreaktoreita. Kuitenkin yksi suurimmista hidasteita ydinvoiman lisäämiseksi on maailmanlaajuinen pula ydinvoiman rakentajista. Obama esitti kampanjassaan, että Yhdysvaltojen tulisi lisätä uusiutuvia energialähteiden osuutta energiankulutuksesta kymmeneen prosenttiin vuoteen 2012 mennessä (Horelli 2008, 8). Amerikalle tämä on kova tavoite ja varmaa on myös, että hekin tulevat maksamaan energiastaan enemmän kuin tänä päivänä.

4. HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖJEN TULEVAISUUS

Kansainvälisen energiajärjestön, IEA, kirjassa ”Energy Technology perspectives 2008” käsitellään energiatalouden ajankohtaisia ongelmia, sekä tulevaisuuden näkymiä. Siinä määritellään ongelmiin tarvittavat ratkaisut muutoksineen, sekä niiden laajuudet. Tässä työssä käytetään IEA:n ratkaisumallia, sekä samoja tulevaisuuden skenaarioita.

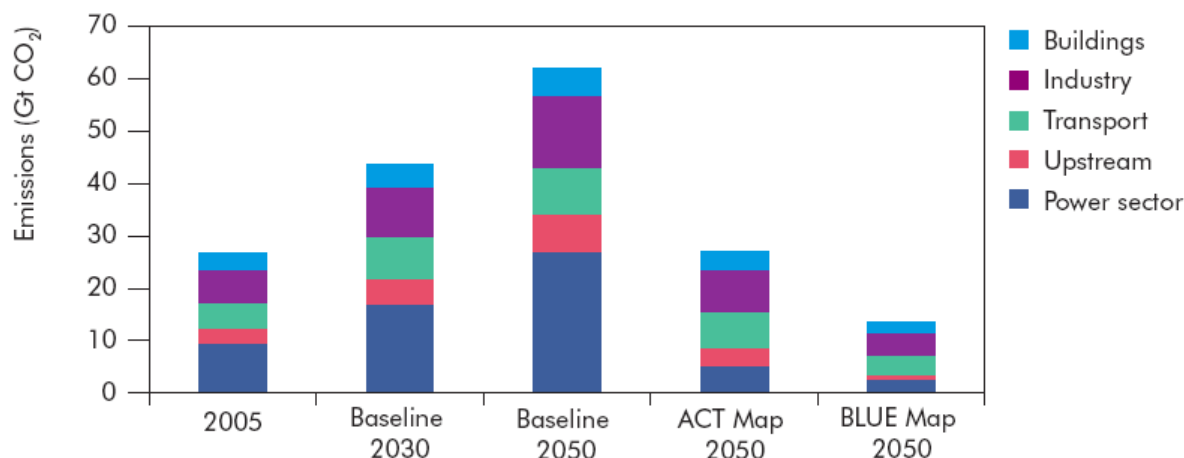
Maailmantalouden on ennustettu noin nelinkertaistuvat vuoteen 2050 mennessä vuoden 2005 tilasta. Nykyisillä toimilla primäärienergiankulutus lisääntyy samalla 110 % ja hiili-intensiteetti, mikä kuvaa hiilidioksidipäästöjä tuotettua energiayksikköä kohden, kasvaa 11 %. Kasvihuonekaasut kasvavat melkein samaan tahtiin energiatuotannon ja –tarpeen mukaan. Ennusteiden mukaan hiilidioksidipäästöt nousevat vuoden 2005 27 Gt:n tasosta vuoteen 2050 mennessä 62 Gt:iin. Ilmakehän pitoisuuksina kasvu olisi 385 ppm:stä 550 ppm:ään (International Energy Agency 2008, 51). Hallitustenvälisen ilmastopaneelin mukaan tämä tarkoittaisi yli neljän lämpötila-asteen nousua maapalolla.

Hiilidioksidipäästöjen suurin kasvu tapahtuisi energiantuotannossa, mutta myös liikenteessä, polttoaineiden jalostuksessa, sekä teollisuudessa kasvu tulisi olemaan suhteellisen nopeaa. Yhä suurempi osa energiasta tuotettaisiin hiilellä öljyn- ja kaasunhintojen noustessa. Hiilen osuus primäärienergiasta tulisi olemaan vuonna 2050 52 % (International Energy Agency 2008, 62). IEA käyttää tästä skenaariorista nimitystä Baseline eli peruslinja.

Peruslinjan toteutuessaan aiheuttaisi se hyväksyttämättömän ilmastonmuutoksen. Suurin osa maailman valtioista tulisi erittäin riippuvaisiksi öljyntuottajamaista, mikä vähentäisi niiden energiaomavaraisuutta ja heikentäisi energiavarmuutta. Peruslinja ei näin ollen tavoittele kestäväää kehitystä ja samalla vaarantaa maailman taloudellisen kasvun.

IEA käyttää raportissaan kahta muuta skenaariota, jotka ovat kombinaatioita erilaisista parannuksista, sekä tekniikoista ja joilla pyritään tulevaisuudessa rajoittamaan kasvihuonepäästöt järkeville tasoille. Näistä ACT skenaarion tavoite on päästä päästöissä samalla tasolla kuin vuonna 2005 vuoteen 2050 mennessä.

Vuoden 2005 päästötaso ei kuitenkaan välttämättä riitä, sillä se tulisi nostamaan maapallon keskilämpötilan nykyisestä yhä yli kolmella asteella. Jotta lämpötilan nousu saataisiin pidettyä kahden ja 2.5 asteen välillä, tulisi päästöjä vähentää nykyisestä tasosta vielä 50 %. Tähän vähennykseen pyrkii BLUE skenaario. (Kuva 1.) (Hallitustenvälinen ilmastopaneeli 2007, 30.)



Kuva 1. Vuosittaiset CO₂ päästöt eri skenaarioilla (International Energy Agency 2008, 63.)

4.1 ACT skenaario

ACT skenaario (Accelerated Technology Scenario) on yhdistelmä teknologioita, jotka ovat jo olemassa tai ovat pian käytettävissä, kuten esimerkiksi hiilen talteenotto. Näillä tekniikoilla, sekä tarpeeksi ajoissa tehdyillä päätöksillä päästään hiilidioksidipäästöissä nykyiselle tasolle vuoteen 2050 mennessä. ACT skenaariossa päästövähennyksissä keskitytään eniten hyötysuhteiden parantamiseen ja energiantuotantoon. Kulujen kattamiseksi ilmakehään päästetty hiilidioksiditonni maksaisi noin 50 US-dollaria. Kokonaisuudessaan hinta olisi vuosittain noin 0.4 % maailman bruttokansantaloudesta vuoteen 2050 mennessä, mikä vastaa suurin piirtein Alankomaiden nykyistä bruttokansantuloa. Kaikki tämän selvityksen hinnat ovat vuoden 2005 dollarin kurssilla. (International Energy Agency 2008, 38.)

Suurimmat päästöt, 34 Gt vuodessa, sijoittuisivat vuoden 2030 kohdille, mutta laskisivat siitä nykyiselle tasolle vuoteen 2050 mennessä. Ilmakehän pitoisuus jäisi kuitenkin

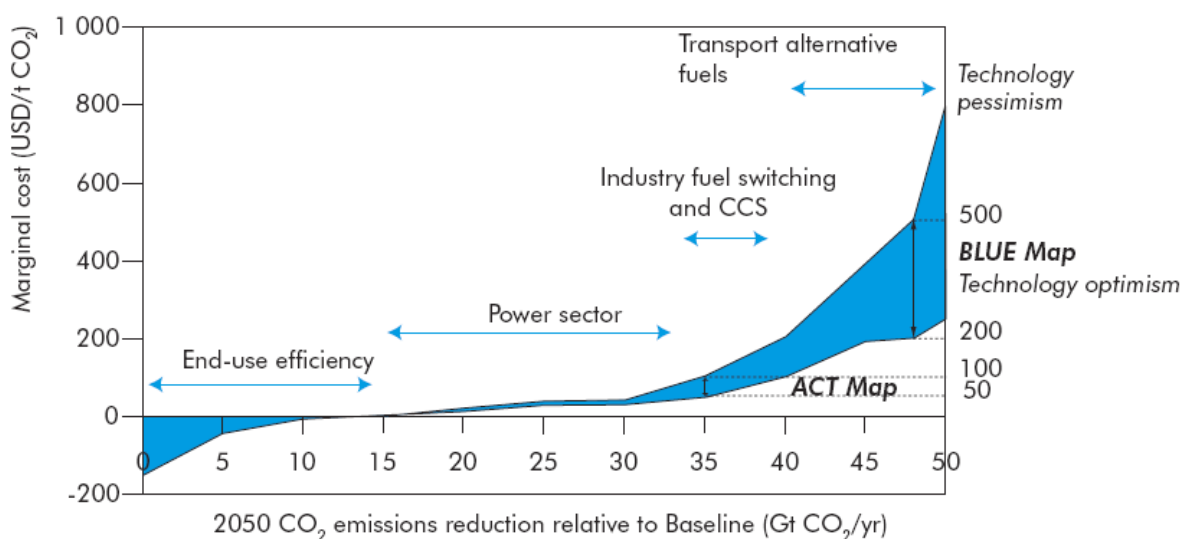
nykyistä korkeammalle tasolle, 485 ppm:ään, mutta sekin laskisi hiljalleen ajan myötä saavuttaen 14 Gt hiilidioksidipäästöt ja 450 ppm pitoisuuden ilmakehässä vuonna 2100. Olettaen kuitenkin, että päästöjen laskeminen jatkuisi. (International Energy Agency 2008, 51.)

4.2 BLUE skenaario

Päästöjen puolittaminen nykyisestä tasosta vuoteen 2050 mennessä on haastava tehtävä, mutta kuitenkin mahdollinen. Kulut eivät olisi pelkästään korkeampia, vaan herkästi muuttuvia. Sillä Blue skenaario sisältää paljon teknologioita, jotka ovat vasta suunnitteilla ja joiden kehittymistä, sekä menestymistä on vielä vaikeaa ennustaa. Onnistuakseen Blue skenaario vaatii kiireellistä paneutumista ennenkuulumattomiin ja kauaskantoisiin toimiin energiasektorilla.

Blue skenaarion suunnitelmilla hiilidioksidipäästöt puoliintuisivat vuoden 2005 tasosta vuoteen 2050 mennessä, joiden olevan silloin 14 Gt vuodessa ja ilmakehän pitoisuus 450 ppm (International Energy Agency 2008, 51). Tämä tarkoittaa, että maailman hiilidioksidipäästöt olisi saatava laskuun jo lähivuosina. Blue skenaariossa päästöpiikki osuisi vuodelle 2012. Mitä kauemmaksi tämä piikki vielä siirtyy, sitä vaikeampaa on saavuttaa alhaisimmat päästöraajat. Savuttaakseen kahden, kolmen asteen ilmastonmuutoksen, ei enää pelkät energiantuotannon hiilidioksidipäästöjen vähentäminen riitä. Vaan silloin on myös pystyttävä vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä minimiin kaikilta muiltakin osa-alueilta, kuten rakennuksista, teollisuudesta ja liikenteestä.

Optimaalisissa ennusteissa Blue skenaarion ilmaan päästetty hiilidioksiditonni maksaisi 200 US-dollaria. Jos uudet teknologiat epäonnistuvat odotuksissaan, voi päästöhinta nousta jopa 500 US-dollaria hiilidioksiditonnilta (Kuva 2.). Näin ollen Blue skenaarion vaatimat teknologiat olisivat ainakin neljä kertaa kalliimmat kuin ACT skenaarion. Kokonaisuudessaan Blue skenaarion kustannukset olisivat vuosittain noin 1.1 % maailman bruttokansantaloudesta vuoteen 2050 asti, joka vastaa noin Italian nykyistä bruttokansantuloa (International Energy Agency 2008, 39).



Kuva 2. Päästövähennysten hintamarginaalit (International Energy Agency 2008, 81.)

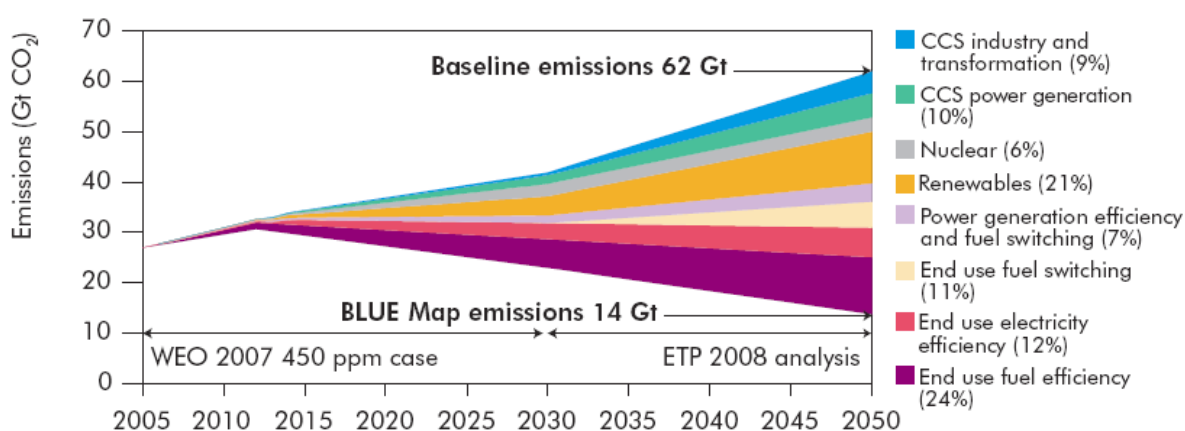
4.3 Huomautuksia skenaarioista

Kummatkin ACT ja Blue skenaariot sisältävät suhteellisen optimaalisia oletuksia kaikilta teknologian aloilta. Blue skenaario on vielä teoreettisempi, kuin ACT skenaario, koska se olettaa tulevaisuudessa olevan käytettävissä paljon teknologioita, joita ei ole vielä nykyään saatavilla. Se myös vaatisi näiden uusien kehittyvien teknologioiden erityisen nopeaa kehittymistä, sekä käyttöönottoa. Niinpä molempien skenaarioiden sisällä on lisäksi analysoitu erilaisia muuttujia, kuten esimerkiksi teknologioiden kehittymisen nopeutta, ydinvoiman määrää, sekä hyvien hyötysuhteiden saavuttamista. Blue skenaariossa on lisäksi vielä muuttujia liikenteen teknologioista, kuten vety- ja sähköautojen kehittämisestä. (International Energy Agency 2008, 59.)

Nämä skenaariot eivät ole ennusteita, vaan ne ovat johdonmukaisia analyyseja siitä, millä keinoin ja miten olisi mahdollisinta saavuttaa tarvittavat tavoitteet mahdollisimman edullisesti. Ne ovat apuna päätöksentekijöille tehtävässään suunnitella strategioita ja mekanismeja tulevaisuudelle.

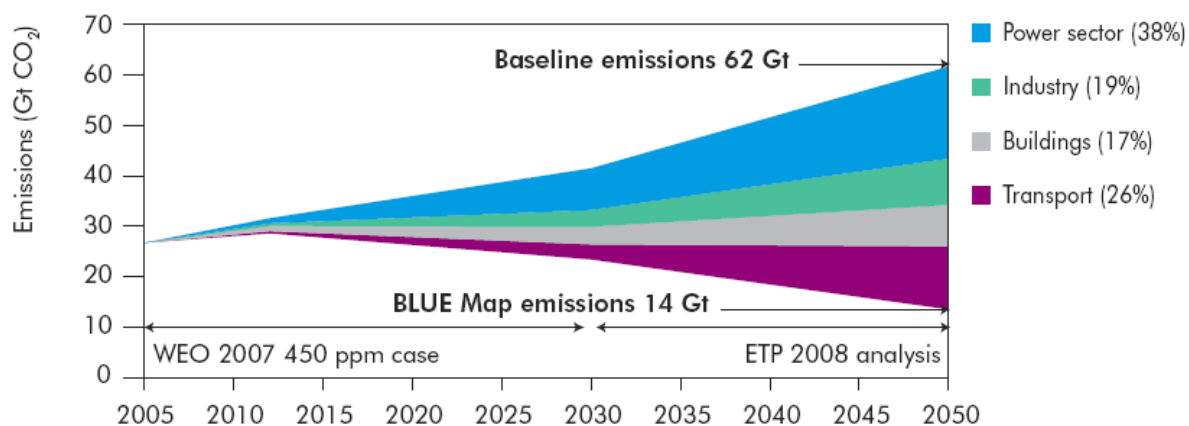
5. HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN

Hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää useilta eri osa-alueilta, lukuisilla eri tavoilla, sekä tekniikoilla. Kuvassa kolme on Blue skenaarion vähennyksien osa-alueet ja niiden osuudet yhteensä 48 Gt CO₂ vähennyksistä. Energiantuotannon päästöjen vähentäminen, sekä loppukäyttäjien hyötysuhteiden parantaminen ovat suurimmat osa-alueet päästövähennyksissä niin Blue, kuin ACT skenaarioissa. Blue skenaariossa lisävähennyksiä haetaan vielä laajemmalla määrällä erilaisilla tekniikoilla.



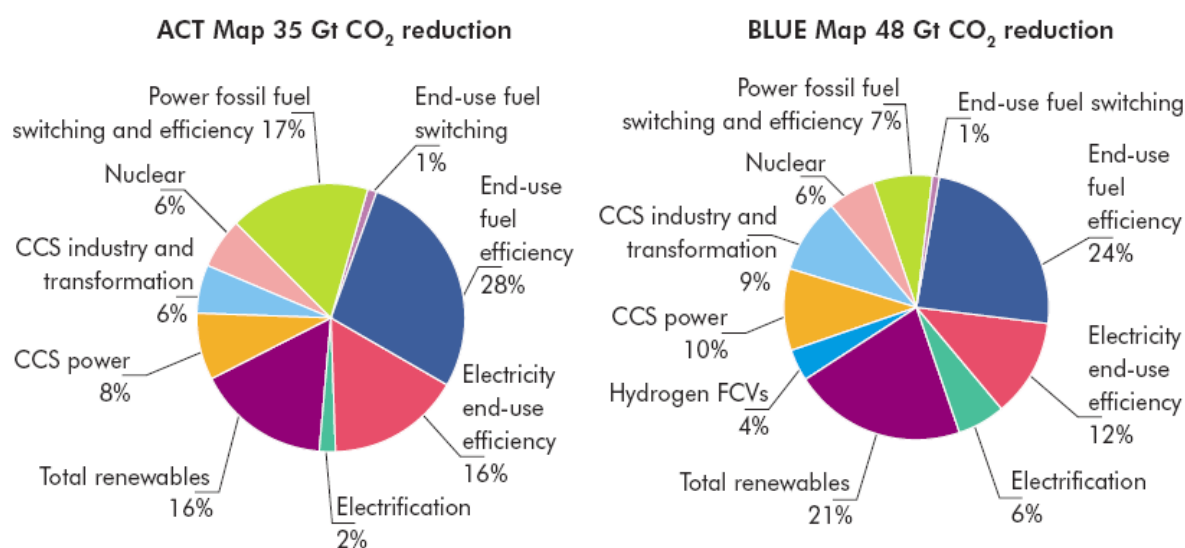
Kuva 3. Hiilidioksidipäästöjen vähennysten eri osa-alueiden osuudet Blue skenaariossa (International Energy Agency 2008, 64.)

Kuvassa neljä on esitetty samat päästövähennyksien osuudet sektoreittain Blue skenaariossa. Seuraavien kahden vuosikymmenien aikana energiantuotanto on päästövähennyksissä pääosassa, jonka jälkeen loppukäyttäjät teollisuudesta, talouksista, sekä liikenteestä kasvattavat osuuttaan.



Kuva 4. Energiasidonnaisten CO₂ päästöjen vähentäminen sektoreittain Blue skenaariossa (International Energy Agency 2008, 64.)

ACT skenaariossa loppukäyttäjien energiatehokkuuden parantaminen yksittäin vähentää eniten päästöjä, yhteensä 44 %. Energiantuotanto vähentää 43 % päästöistä ja uusiutuvien osuus vähennyksissä on yhteensä 16 %. Blue skenaariossa päästövähennyksistä energiantuotannon osuus on 38 %, energiatehokkuuden parantaminen 36 % ja kaikkien uusiutuvien osuus 21 %. Hiilen talteenotto ja varastoiminen energiantuotannossa, teollisuudessa sekä liikenteessä ovat ACT skenaariossa yhteensä 14 % ja Blue skenaariossa 19 %. (Kuva 5.)



Kuva 5. Hiilidioksidivähennykset osa-alueittain ACT ja Blue skenaarioissa (International Energy Agency 2008, 65.)

5.1 Energiantuotanto

Energiantuotannolla on merkittävä osuus hiilidioksidipäästöjen vähennyksessä. Sen päästöt vähenevät huomattavasti niin ACT, kuin Blue skenaariossa, osaksi johtuen myös sähkön pienentyneestä tarpeesta käyttäjien energiatehokkuuksien parannuksien myötä. Sähkön tarve ACT skenaariossa on 21 % vähemmän kuin peruslinjassa, kun Blue skenaariossa sen sijaan sähkön tarve olisi ACT skenaariota suurempi. Sillä sitä tarvitaan yhtä enemmän niin koitalouksissa, kuin myös liikenteessä, esimerkiksi lämpöpumppujen ja hybridiautojen yleistyessä. Blue skenaarion sähkön käyttö olisi kuitenkin 15 % peruslinjaa vähemmän. (International Energy Agency 2008, 68.)

Hiilen osuus energiantuotannossa vähenee peruslinjan 52 %:sta ACT skenaariossa 17 %:iin. Samalla kuitenkin maakaasun käyttö kasvaa nykyisestä 21 %:sta 29 %:iin. Vaikka kaasun käyttö lisääntyy, pienentää se kuitenkin samalla fossiilisilla polttoaineilla tuotetun sähkön hiili-intensiteettiä. Blue skenaariossa hiilen käyttö vähenee 13 %:iin, kuten myös maakaasun käyttö 17 %:iin. Suurin osa hiilivoimalaitoksista varustettaisiin hiilen talteenotolla, maakaasulaitoksissa sen sijaan harvemmin. Sillä maakaasusta talteen otettu hiilidioksiditonni on huomattavasti kalliimpaa kuin hiilivoimalaitoksesta. Vaikka maakaasulla onkin merkittävä osuus energiantuotannossa kummassakin skenaariossa, pysyy sen rooli kuitenkin vain vara- ja huippuvoimana. (International Energy Agency 2008, 68.)

Ydinvoima on nyt jo suuressa osassa sähköntuotantoa. Peruslinjassa sen kapasiteetti ennustetaan kasvavan nykyisestä 368 GW:sta vuonna 2050 570 GW:iin. Kuitenkin suurin osa nykyisestä kapasiteetista pitää uusia seuraavan 45 vuoden aikana, joka tarkoittaisi peruslinjalla keskimäärin yli kymmentä uutta reaktoria vuodessa. ACT ja Blue skenaarioissa ydinvoiman osuus olisi vielä peruslinjan skenaariota suurempi. Suunnittelumalleissa ydinvoiman osuus rajoitettaisiin 1250 GW:iin, sillä suuremmalla määrällä sen polttoainekulut kasvavat nopeasti suuremmiksi, kuin esimerkiksi hiilen talteenottomenetelmät hiilivoimaloissa. Muutenkin ydinvoiman vuosittainen lisärakentaminen rajoittuu kokemusten perusteella maksimissaan noin 30 GW:iin. (International Energy Agency 2008, 69.)

Uusiutuvan energian osuus energiantuotannossa nousee merkittävästi kummassakin skenaariossa. Nykyisestä uusiutuvien 18 %:n osuudesta ACT skenaariossa 35 %:iin ja Blue skenaariossa jopa 46 %:iin. Kun sähkön kokonaiskulutus yli kaksinkertaistuu Blue skenaariossa vuosien 2005 ja 2050 välillä, tarkoittaa se käytännössä, että energiantuotanto uusiutuvilla tulee nelinkertaistumaan. Uusiutuvan energian suurimmat kasvut keskittyvät tuulivoimaan, aurinkovoimaan, biomassaa sekä vesivoimaan, jonka osuus kaksinkertaistuu nykyisestäään. (International Energy Agency 2008, 69.)

5.2 Hiilen talteenotto ja varastointi (CCS)

Hiilen talteenoton ja varastointi (CO₂ Capture and Storage) energiantuotannossa, polttoaineen jalostuksessa, sekä teollisuudessa vähentää hiilidioksidipäästöjä yhteensä 14 % ACT skenaariossa ja 19 % Blue skenaariossa. Blue skenaariossa hiilen talteenotolla on periaatteessa vielä suurempi määrällinen osuus, koska se samalla lisää energiankulutusta, niin saatava hyötykin laskee hieman. Hiilen talteenotosta 54 % sijoittuu energiantuotantoon. Loput jakaantuvat polttoaineen jalostukseen, kuten jalostamot, sekä synteettisten polttoaineiden tuotanto ja teollisuuteen, kuten masuunit, sementtiteollisuus ja teollisuuden yhteistuotanto. (International Energy Agency 2008, 69.)

ACT skenaarion energiantuotannossa hiilen talteenotto tulee käyttöön lähinnä vain jälkiasennuksina. Kun Blue skenaariossa sen käyttöönotto aikaistuu ja uudet voimalaitokset varustetaan talteenotolla yhä aikaisemmassa vaiheessa. ACT skenaariossa vuonna 2050 hiilivoimalaitoksista 239 GW:ssa on jälkiasennettu talteenotolla, kun uusia voimalaitoksia talteenotolla on rakennettu 379 GW. Blue skenaariossa jälkiasennettua hiilen talteenottoa olisi vain 157 GW ja uutta 543 GW. Hiilen talteenotto on erityisen tärkeässä osassa teollisuudessa, sillä se on ainoa tapa saavuttaa merkittäviä päästövähennykset tärkeillä teollisuusaloilla, kuten teräs- ja sementtiteollisuudessa. (International Energy Agency 2008, 69.)

5.3 Loppukäyttäjien polttoainevaihdot

Polttoainevaihdolla vähemmän hiili-intensiivisiin polttoaineisiin suoraan käyttökohteissa, kuten rakennuksissa, teollisuudessa, sekä liikenteessä saavutetaan päästövähennyksiä ACT skenaariossa 9 % ja Blue skenaariossa 16 %. Peruslinjan skenaariossa sähkön kulutus kokonaisenergiasta kolminkertaistuu ja nousee vuoden 2005 17 %:sta vuonna 2050 26 %:iin. Kasvu johtuu lisääntyvästä sähkölaitteiden käytöstä, sekä fossiilisten polttoaineiden korvaamisesta sähköllä, kuten esimerkiksi ilmalämpöpumput rakennuksissa. (International Energy Agency 2008, 70.)

Vuonna 2050 ACT skenaariossa sähkön käytön osuus on myös 26 %, mutta Blue skenaariossa se nousee 30 %:iin, kun vähähiilisellä sähköllä korvataan yhä enemmän fossiilisia polttoaineita (International Energy Agency 2008, 70). Rakennuksissa lämpöpumppujen määrä tulee lisääntymään merkittävästi ja liikenteessä yleistyvät hybridit, sekä sähköautot. Nämä lisäävät sähkön tarvetta merkittävästi, mutta se ei kuitenkaan lisää hiilidioksidipäästöjä, sillä Blue skenaariossa sähköntuotanto on käytännössä hiilidioksidipäästötöntä.

Uusiutuvien osuus vuonna 2050 loppukäyttäjillä nousee 23 %:iin Blue skenaariossa, mikä on nelinkertainen määrä peruslinjaan verrattuna. Myös biomassan perinteiset käyttömenetelmät vaihtuvat uusiin teknologioihin, jolloin sen käyttöhyötysuhde paranee huomattavasti. Biomassan suora käyttö rakennuksissa vähenee ACT ja Blue skenaarioissa. Mutta kun sen hyötysuhde on entistä parempi, niin biomassan osuus energiapalveluissa kasvaa. Aurinkolämmöllä lämmitetyn veden ja sisätilojen osuus kolminkertaistuu ACT skenaariossa ja jopa kuusinkertaistuu Blue skenaariossa peruslinjaan verrattuna.

Biopolttoaineiden käyttö liikenteessä ovat merkittävässä osassa ACT ja Blue skenaarioiden päästövähennyksissä. Niiden käyttö lisääntyy vuoden 2005 19 Mtoe:sta ACT skenaariossa 570 Mtoe:iin ja Blue skenaariossa 693 Mtoe:iin (International Energy Agency 2008, 70). Blue skenaariossa biopolttoaineita käytetään vielä monipuolisemmin kuin ACT skenaariossa. Biopolttoaineilla korvataan fossiilisia polttoaineita osa-alueilla, joille ei ole

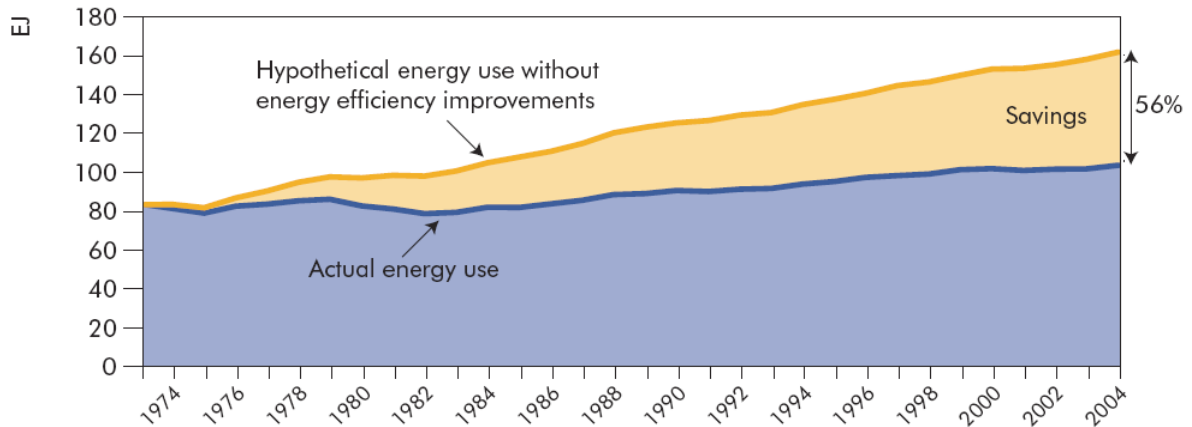
muita korvaavia mahdollisuuksia, kuten raskas liikenne, laivat ja lentokoneet. Autot ja kevyet rekat ovat helpompia muuttaa sähkö- tai vetykäyttöisiksi.

Biopolttoaineiden lisääntyminen vaatii kuitenkin elinkykyistä ja kannattavaa teknologioiden kehittymistä, jota ei ole vielä saatavilla järkevin kustannuksin. Myös maailman maanviljely- ja luonnonhallintoon on saatava merkittävä muutos, jotta ruuan ja biopolttoaineiden yhteisviljely pysyy kestäväenä. Tärkeää on myös saada ihmiset käyttämään tehokkaasti yleisiä kulkuneuvoja. Mahdollista on jopa, että maailmanlaajuisen matkustelun kasvua aletaan rajoittaa. Tärkeintä on kuitenkin kehittää liikenteeseen liittyviä uusia teknologioita niin, jotta läpimurto olisi pian mahdollista. Positiivisessa Blue skenaariossa oletetaan, että jopa 90 % vuonna 2040 myytävistä autoista olisi joko sähkö- vai vetyautoja.

5.4 Loppukäyttäjien energiatehokkuuden parantaminen

Energiatehokkuuden parantaminen muodostuu suurimmaksi yksittäiseksi keinoksi hiilidioksidipäästöjen vähennyksessä, niin ACT kuin Blue skenaarioissa. Energian kokonaistarve vuonna 2050 tulee olemaan ACT ja Blue skenaarioissa 23 – 33 % vähemmän, kuin peruslinjalla. Blue skenaariossa tehokkuuksia parantamalla 18 %:n osuus vähennyksistä tulee teollisuudesta, 40 % liikenteestä ja 37 % rakennuksista. (International Energy Agency 2008, 72.)

Maailmanlaajuinen energiantensiteetti, eli energiankäyttö bruttokansantuotetta kohden, on laskenut vuodesta 1973 lähtien keskimäärin 1.5 % vuodessa. Laskun voimakkuus on vaihdellut eri aikakausina ja eri maiden kesken. 1970 luvulla tapahtunut öljykriisi vähensi nopeasti teollisuusmaiden energiantensiteettiä, parhaimmillaan jopa 2.5 % vuodessa. Mutta 1990 luvun jälkeen laskutaso on jäänyt vain 1.1 % vuodessa. Keskiarvoa on sen jälkeen kuitenkin nostanut energiankäytön parantuminen kehitys- ja siirtymämaissa, joiden teknologiat ovat kehittyneet talouden kasvun myötä. Ilman näitä parannuksia energiatehokkuudessa kulutus olisi nykypäivänä jopa 56 % enemmän, kuin 30 vuotta sitten. (Kuva 6.) (International Energy Agency 2008, 72.)



Kuva 6. Energiansäästö OECD maissa hyötysuhteiden parannuksien johdosta (International Energy Agency 2008, 73.)

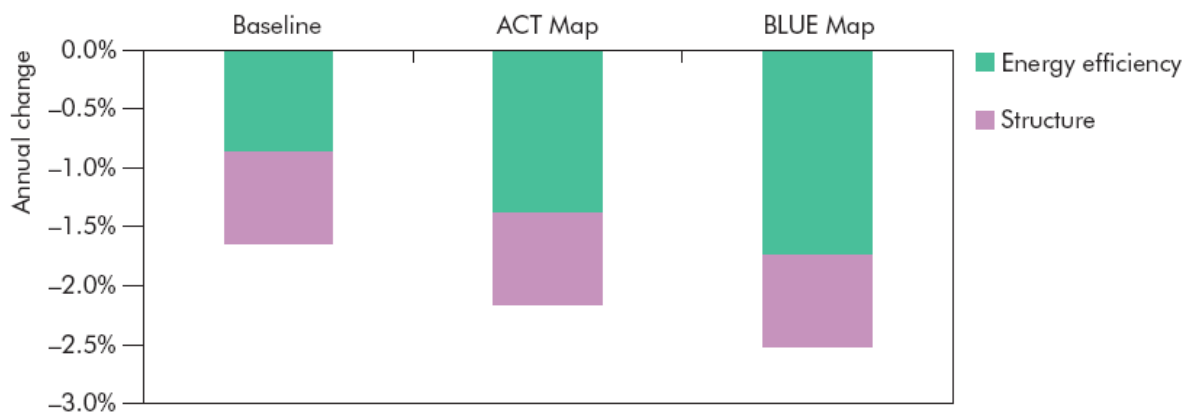
Energiaintensiteetin lasku tulee jatkumaan kaikissa tulevaisuuden skenaarioissa. Peruslinjassa sen taso pysyy samanlaisena kuin viimeisen 30 vuoden aikana. Tämä tarkoittaa, että vuonna 2050 yhtä bruttokansantuotetta kohden käytetty energiamäärä olisi vähemmän, kuin puolet mitä nykypäivänä tarvitaan. ACT skenaariossa energiantensiteetin keskimääräinen lasku tulisi olla 2.2 % vuosien 2005 – 2050 välillä. Ja Blue skenaariossa laskun tulisi kiihtyä vielä 2.5 %:iin vuodessa, mikä tarkoittaa, että vuonna 2050 yhtä bruttokansantuotetta kohden kuluisi nykyisestä enää 30 % energiaa. (International Energy Agency 2008, 74.)

Kehitys- ja siirtymämaiden energiantensiteetti tulee laskemaan teollisuusmaita nopeammin, mikä heijastaa niissä olevan suuren energiahyötysuhteen parantamisen potentiaalin. Bruttokansantuotteen kasvaessa siirtymämaiden talous modernisoituu ja energiankulutuksen intensiteetti laskee. Blue skenaariossa kehitysmaiden energiantensiteetin lasku nousisi jopa 2.9 %:iin vuodessa (International Energy Agency 2008, 74).

Maailmantalouden ennustetaan kasvavan peruslinjalla keskimääräisesti 3.3 % vuodessa vuosien 2005 – 2050 välillä, kun taas loppuenergiankulutuksen kasvu tulee olemaan 1.6 % vuodessa. Tämä tarkoittaa, että bruttokansantatalouden nelinkertaistuessa, energiantarve kaksinkertaistuu. Energiaintensiteetin parantuminen johtuu talouden rakenteellisista ja energiatehokkaista muutoksista. Rakenteelliset muutokset ovat esimerkiksi muutoksia

raaka-ainetuotannossa, jossa siirrytään vähemmän energiantensiivisesti valmistettuihin tuotteisiin. Energiantarvetta vähentävät vuosittain rakenteelliset muutokset 0,8 prosenttiyksikköä ja energiatehokkuuden parantuminen 0.9 prosenttiyksiköllä, joten yhteensä peruslinjalla vähennystä olisi 1.7 %. (International Energy Agency 2008, 75.)

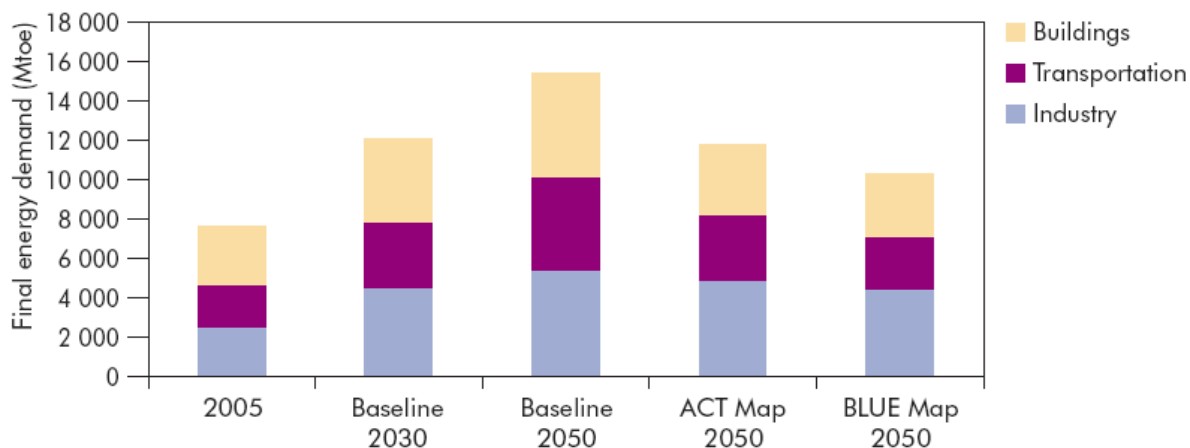
ACT ja Blue skenaarioissa vähennyksiä saadaan vielä merkittävästi lisää parantamalla loppukäyttäjien energiatehokkuutta, rakenteellisten parannuksien pysyessä samana. ACT skenaariossa energiatehokkuuden osuus nousee 1.4 prosenttiyksikköön, jolloin kokonaisvähennys on 2.2 %. Blue skenaariossa energiatehokkuus nousee vielä 1.7 prosenttiyksikköön, jolloin kokonaisvähennys on 2.5 %:iin vuodessa. (Kuva7.) (International Energy Agency 2008, 76.)



Kuva 7. Energiatehokkuuden ja rakenteellisten muutosten vähentymisen osuudet energiantensiteetistä (International Energy Agency 2008, 76.)

6. ENERGIANTARVE JA VÄHENNYKSET SEKTOREITTAIN

Energian loppukulutus tulee kasvamaan kaikilla sektoreilla. Peruslinjalla loppukulutus karkeasti ottaen kaksinkertaistuu kaikilla sektoreilla. ACT skenaariossa energianloppukulutus on 23 % ja Blue skenaariossa 33 % vähemmän kuin peruslinjan kulutus vuonna 2050. (Kuva 8.)



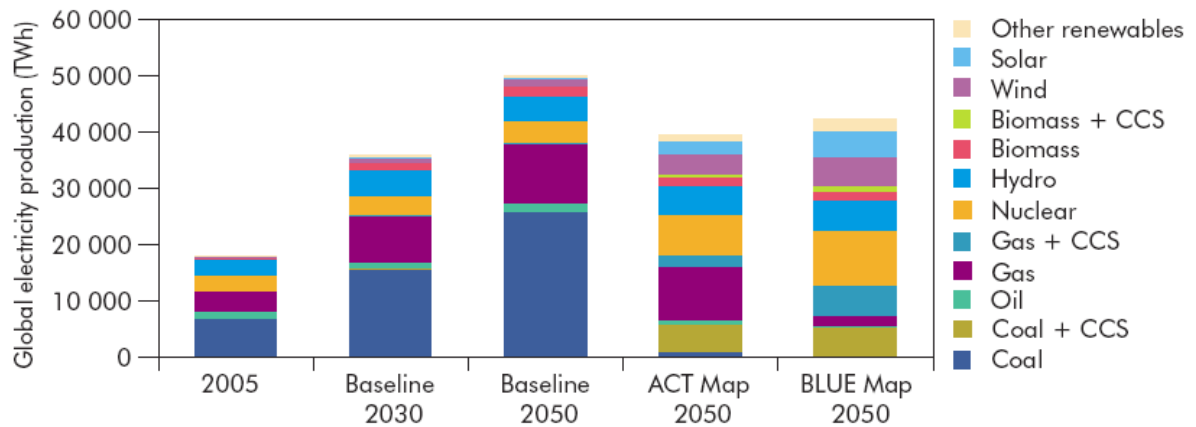
Kuva 8. Energianloppukulutus sektoreittain (International Energy Agency 2008, 80.)

6.1 Sähköntuotanto

Peruslinjan skenaariossa maailman sähköntuotanto nousee 179 % vuosien 2005 ja 2050 välillä. Vuonna 2050 hiilellä tuotettua sähköä tulee olemaan 252 % enemmän kuin vuonna 2005, kattaen 52 % kaikesta sähköntuotannosta. Kaasun poltto lisääntyy nykyisestä 20 %:sta vuoden 2050 23 %:iin. Ydinvoiman osuus vähenee nykyisestä 16 %:sta kahdeksaan prosenttiin, vesivoima kymmeneen prosenttiin ja tuulivoima kasvaa hieman 2.5 %:iin. (International Energy Agency 2008, 83.)

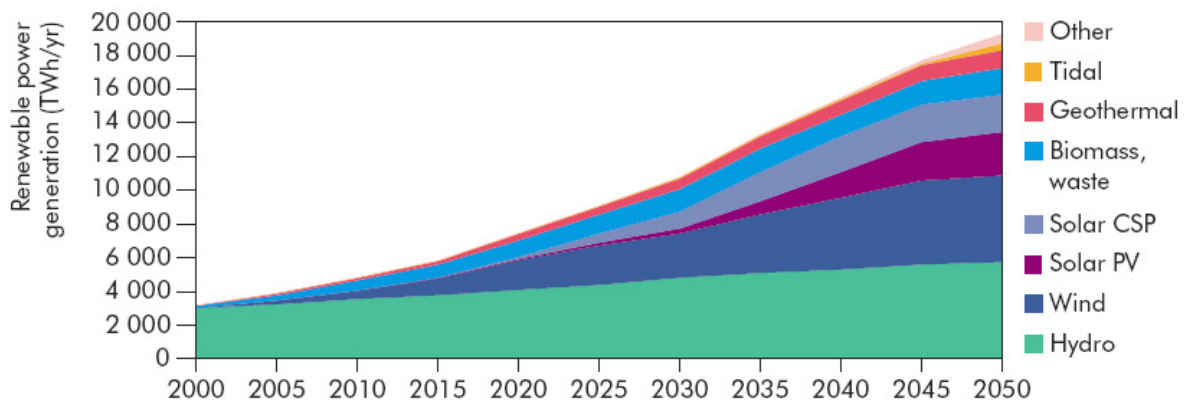
Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen ACT ja Blue skenaarioiden mukaan muuttaa merkittävästi energiantuotannon rakennetta verrattuna peruslinjaan (Kuva 9.). Ydinvoiman ja uusiutuvien käytön suosio kasvaa ja ohittaa fossiilisten polttoaineiden käytön. Energiantuotanto on potentiaaliltaan suurin sektori hiilidioksidipäästöjen vähennyksessä ja Blue skenaariossa se on käytännössä katsoen hiilidioksidipäästötöntä.

ACT skenaariossa sähkön tarve on 21 % vähemmän kuin peruslinjalla. Tämä johtuu loppukäytön hyötysuhteiden parantumisesta, sekä siirron ja jakelun häviöiden vähentämisestä. Blue skenaariossa hyötysuhteet paranevat ja häviöt pienenevät vielä entisestään. Mutta kun fossiilisten polttoaineiden käyttöä korvataan suoralla sähköllä, kasvaa sähkön tarve ja on enää vain 15 % vähemmän kuin peruslinjassa. (International Energy Agency 2008, 84.)



Kuva 9. Sähköntuotanto polttoaineittain eri skenaarioissa (International Energy Agency 2008, 84.)

Uusiutuvien käyttö sähköntuotannossa kasvaa nykyisestä 18 %:sta ACT skenaariossa 35 %:iin ja Blue skenaariossa 46 %:iin vuoteen 2050 mennessä (International Energy Agency 2008, 87). Biomassa ja tuulivoima muodostavat suurimman osan uusista uusiutuvista energianlähteistä vuoteen 2020 asti, jonka jälkeen muutkin vaihtoehtoiset tekniikat kasvattavat merkittävästi osuuttaan, kuten esimerkiksi aurinkovoima. Vesivoima kasvaa tasaisesti koko kauden ajan, mutta hidastuu loppua myöten, kun sopivien käyttökohteiden määrä vähenee. (Kuva 10.)



Kuva 10. Blue skenaarion uusiutuvien käyttö sähköntuotannossa 2000 – 2050 (International Energy Agency 2008, 88.)

6.2 Liikenne

Peruslinjan skenaariossa energiantarve liikenteessä kasvaa 120 % vuosien 2005 ja 2050 välillä. Maailman energiankulutus liikenteessä vuonna 2050 ylittää 4700 Mtoe:n, josta öljytuotteiden osuus on 75 %, nestemäiset keinopolttoaineet kaasusta ja hiilestä 22 % ja biopolttoaineiden osuus vain 3 %. (International Energy Agency 2008, 91.)

Polttoainetalous autoissa, rekoissa ja muissa liikenteen kulkuneuvoissa on huomattavasti parempi ACT ja Blue skenaarioissa, kuin peruslinjassa. Taloudellisuutta lisäävät tekniikat yleistyvät kaikissa liikenteen muodoissa, kuten esimerkiksi sähköjarrut. Näiden avulla ACT skenaariossa saavutetaan 30 % vähennys liikenteen polttoainetarpeessa, mikä vastaa 1464 Mtoe:a. Kuitenkin perinteisten öljytuotteiden osuus nousisi nykyisestä tasosta vielä 23 %. Biopolttoaineet, kuten etanoli ja biodiesel, nousisivat 17 %:iin. Blue skenaariossa polttoainetalous paranee vielä entisestään ja käyttöön tulee paljon uutta teknologiaa, kuten sähkö- ja vetyautot. (International Energy Agency 2008, 92.)

Blue skenaariossa polttoaineiden käyttö vuonna 2050 on 47 % vähemmän kuin peruslinjalla. Blue skenaariossa käytetään eniten biopolttoaineita, noin 700 Mtoe:a, eli 26 % kaikesta liikenteen kulutuksesta. ACT skenaariossa vedyn käyttö liikenteessä on melkein olematonta, kun Blue skenaariossa sillä on merkittävä osuus. Blue skenaariossa ennustetaan vetyautojen, sekä sähköautojen myynnin alkavan vuosien 2020 ja 2030 välillä ja teollisuusmaissa saavuttavan valta-aseman autojen myynnissä vuoteen 2050 mennessä. (International Energy Agency 2008, 94.)

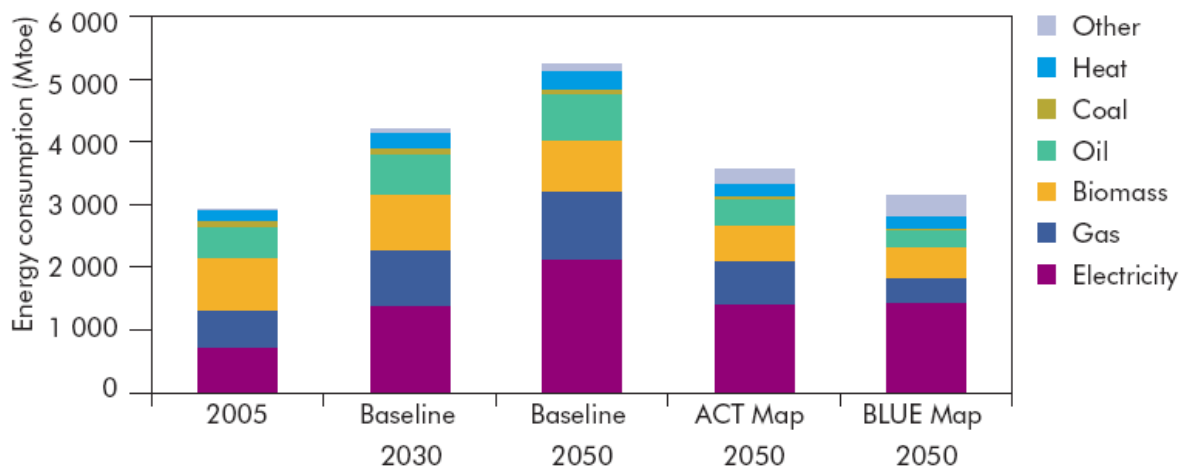
6.3 Rakennukset

Energiankulutus rakennussektorilla vuonna 2005 oli 38 % kaikesta maailman loppuenergiankulutuksesta, eli noin 2900 Mtoe. Julkiset ja yksityiset rakennukset kuluttivat 57 % kaikesta sähköenergiasta. Vuonna 2005 rakennussektorilla 28 % tarvittavasta energiasta tuotettiin perinteisillä keinoilla, kuten biomassalla, pääosin

kehitysmaissa. Sähköllä 25 % ja kaasu, sekä öljytuotteilla 37 %. (International Energy Agency 2008, 99.)

Peruslinjan skenaariossa rakennusten energiantarve nousee 5257 Mtoe:iin vuoteen 2050 mennessä (International Energy Agency 2008, 99). Yksityisellä sektorilla kasvu on suurempaa, kuin yleisissä rakennuksissa. Taloudellinen kasvu lisää keskimääräistä lattiapinta-alaa, sekä talouksien lukumäärää. Lämmitys ja lämpimän veden tarve, sekä ilmastointi lisääntyy teollisuusmaissa ja siirtymämaissa. Sähkön kulutus rakennuksissa keskimäärin kaksinkertaistuu, kun samalla muiden käytettävien polttoaineiden kulutus vähenee 19 %.

ACT skenaariossa rakennussektorin energiantarve on noin kolmannekset vähemmän kuin peruslinjalla. Blue skenaariossa tarve pienenee 41 % peruslinjan kulutuksesta. ACT ja Blue skenaariossa kaikkien muiden energiamuotojen käyttö, paitsi uusiutuvan energian osuus, vähenee rakennuksissa. (Kuva 11.)

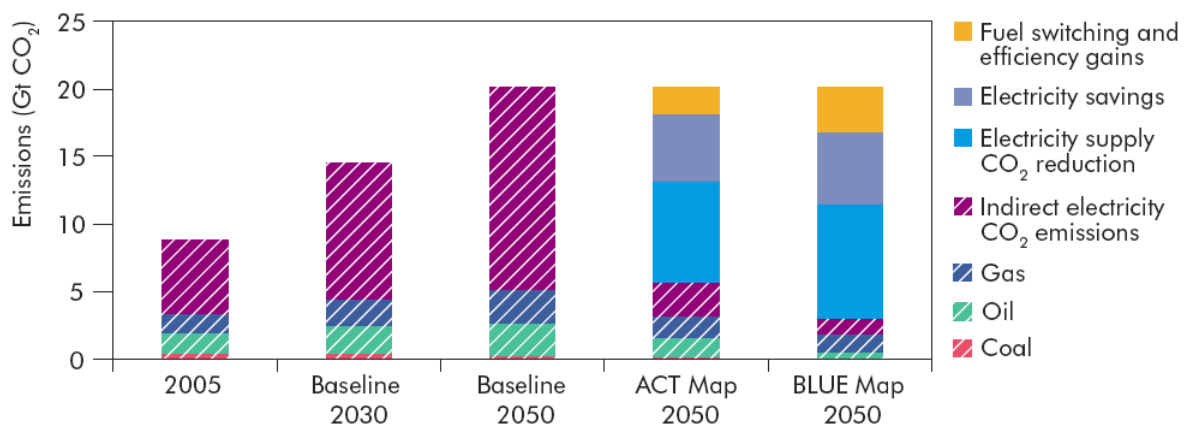


Kuva 11. Rakennussektorin energiantarve skenaarioittain (International Energy Agency 2008, 100.)

ACT skenaariossa rakennuksissa suositaan elinkaariltaan halvimpia laitteita, kun Blue skenaariossa käytetään parhaita mahdollisia saatavilla olevia laitteita. Valaistuksen tehokkuutta parannetaan Blue skenaariossa jopa 75 %:lla, jolloin valaistuksen kokonaiskulutus saadaan jopa alle puoleen peruslinjan kulutuksesta. Blue skenaariossa päästövähennyksiä tehdään kaikilla mahdollisilla keinoilla. Esimerkiksi kehitysmaissa

ruuan valmistuksessa käytetty perinteinen biomassa vaihdetaan moderniin vähemmän päästöjä tuottavaan polttoaineeseen, kuten esimerkiksi biomassasta valmistettu dimetyylieetteri.

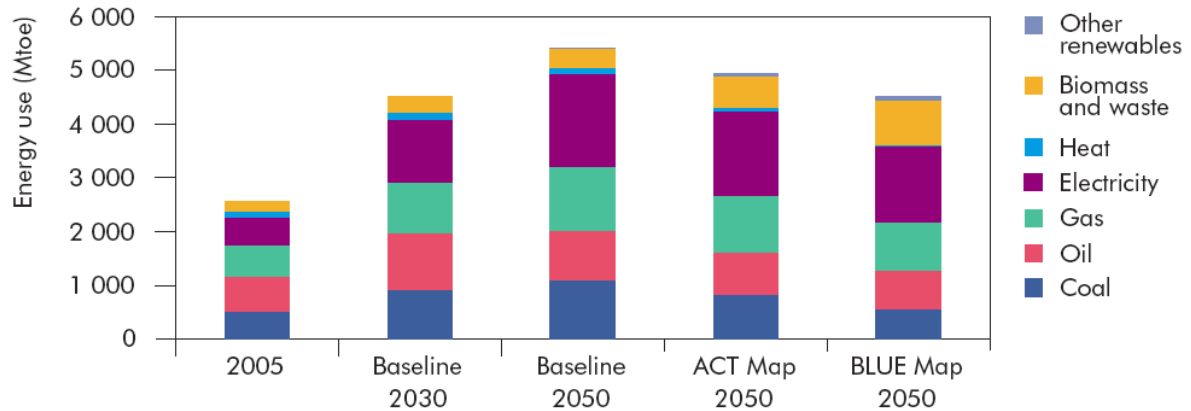
Peruslinjan skenaariossa rakennusten hiilidioksidipäästöt kasvavat nykyisestä 129 %:lla. ACT skenaariossa päästöt saadaan vähennettyä 72 %:lla ja Blue skenaariossa 85 %:lla (Kuva 12.) (International Energy Agency 2008, 102). Suurimmat päästövähennykset saadaan sähkön säästöstä ja sen tuotannon hiilidioksidipäästövähennyksistä. Blue skenaariossa oletetaan, että passiivitalot standardoituvat jo vuonna 2015 ja alkavat tämän jälkeen yleistymään.



Kuva 12. Rakennussektorin hiilidioksidipäästöt skenaarioittain (International Energy Agency 2008, 102.)

6.4 Teollisuus

Energian käyttö teollisuudessa kasvaa peruslinjalla vuoden 2005 kulutuksesta, 2564 Mtoe, vuoden 2050 kulutukseen 5415 Mtoe:iin. ACT skenaarion muutoksilla vähennys olisi suhteellisen pieni, vain yhdeksän prosenttia ja BLUE skenaariossa 17 % vähemmän. Muutokset käytetyissä polttoainerakenteessa ovat pieniä, paitsi että hiilen käyttöä korvataan paljon uusiutuvilla. (Kuva 13.)



Kuva 13. Teollisuuden energiankulutus eri skenaarioissa (International Energy Agency 2008, 107.)

Hiilen käyttöä voidaan vähentää polttoaineen vaihdoilla, sekä parannuksilla hyötysuhteissa ja tehokkuuksissa. Sähkön kulutus pienenee muun muassa uusien moottoreiden parempien hyötysuhteiden myötä. Monilla teollisuuden aloilla energiatehokkuus paranee automaattisesti kun uudet tekniikat korvaavat vanhoja ja tulevat käyttöön. Esimerkiksi rauta- ja terästeollisuudessa uudet energiatehokkaammat uunit ja tekniikat syrjäyttävät vanhat menetelmät. Öljyn kulutusta voidaan vähentää kierrättämällä muoveja entistä enemmän.

7. YHTEENVETO

Pitkän aikavälin suunnitelmien ja strategioiden määrittäminen, sekä niiden toteuttaminen on kiireellinen maailmanlaajuinen tehtävä. Vain hyväksymällä ja kohtaamalla tulevat haasteet tarpeeksi ajoissa, voimme välttää maailmanlaajuisen ilmastokatastrofin, jonka vaikutukset tulevat muuten vaikuttamaan jokaiseen maapallon asukkaaseen. Energia-alan tutkimuksiin on panostettava entistä enemmän ja hyväksyttävä se, että tilanteen korjaaminen tulee maksamaan paljon. Mutta mitä aikaisemmin siihen puututaan, sitä helpommalla ja halvemmalla tullaan pääsemään.

LÄHTEET

Euroopan komissio. 2007. Euroopan strateginen energiatekосуunnitelma (set-suunnitelma). [verkkajulkaisu]. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0723:FIN:FI:PDF>. [viitattu 02.10.2008]

Hallitustenvälinen ilmastopaneeli (IPCC). Neljäs arviointiraportti. Ilmastomuutos 2007: yhteenvetoraportti. Tiivistelmä päätöksentekijöille. [verkkajulkaisu]. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=81566&lan=fi>. [viitattu 02.10.2008]

International Energy Agency. 2008. Energy technology perspectives. Ranska. IEA Publications. 643 sivua. ISBN 92-64-04142-4.

Kauppa ja teollisuusministeriö: Energiaosasto. 2005. Lähiajan energia- ja ilmastopolitiikan linjauksia – kansallinen strategia Kioton pöytäkirjan toimeenpanemiseksi. Edita Publishing Oy. 125 sivua. ISBN 951-739-944-8.

Mika Horelli. 2008. Obama remontoii Amerikan energian. Energia-lehti. 7/2008. 8-9 s. ISSN 0781-9465

Työ- ja Elinkeinoministeriö: Energiaosasto. 2008. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. [verkkajulkaisu] Saatavissa: http://www.tem.fi/files/20585/Selontekoehdotus_311008.pdf. [viitattu 10.11.2008]