

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0201 Energiatekniikan kandidaatintyö ja seminaari

## KIINAN ROOLI MAAILMAN ENERGIASSA

Työn tarkastaja:

Työn ohjaaja: Esa Vakkilainen

Lappeenranta 6.9.2018

Arttu Hämäläinen

# TIIVISTELMÄ

Opiskelijan nimi: Arttu Hämäläinen

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyön ohjaaja: Esa Vakkilainen

Kandidaatintyö 2018

25 sivua, 9 kuvaa, 4 kuvaajaa, 2 taulukkoa ja 1 liite.

Hakusanat: Kiina, hiili, öljy, aurinkovoima, CO<sub>2</sub>-päästöt, NO<sub>x</sub>-päästöt

Tässä työssä analysoin Kiinan energiantuotantoa ja -kulutusta menneisyyden, nykyhetken ja tulevaisuuden näkökulmista. Maa on ollut maailman suurin energian kuluttaja ja tuottaja jo vuosia.

Lähestulkoon stereotyyppinen kuva Kiinan energiasta liittyy hiilivoimaan ja siitä aiheutuneisiin massiivisiin ilmanlaatuongelmiin. Tämä kuva ei ole suinkaan tuulesta temmattua, vaan Kiina todellakin on kärsinyt suurista päästöongelmista, pääasiassa johtuen sen jopa 70 %:sti hiilen polttamiseen perustuvaan energiantuotantoon. Vielä nykypäivänäkin 60 % tuotannosta perustuu hiileen, mutta muutoksia on luvassa: Kiina on suuntaamassa raskaasti tuuli- ja aurinkovoiman suuntaan, ja esimerkiksi hiilivoiman kapasiteetti ollaan rajoittamassa 1100 MW:iin. Myös vesi- ja ydinvoiman osuudet ovat kasvusuunnassa. Summaten voidaan sanoa, että kaikkea muuta paitsi hiilivoimaa ollaan lisäämässä.

Samaan aikaan kun ala on murroksessa, ei energian kulutuksen kasvu ole kuitenkaan loppumassa. Tämä aiheuttaa suuria tuotantopaineita, joihin olisi kaikkein helpoin vastata kypsällä fossiilisten polttoaineiden teknologialla. Näihin ei kuitenkaan täysin voida tukeutua, joten tilanne tulevaisuuteen suunnatessa on vähintäänkin haastava.

# SISÄLLYSLUETTELO

<b>Tiivistelmä</b>	<b>2</b>
<b>Sisällysluettelo</b>	<b>3</b>
<b>Symboli- ja lyhenneluettelo</b>	<b>4</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>5</b>
<b>2 HISTORIA</b>	<b>6</b>
2.1 Kehityksen ensiaskeleet .....	6
2.2 Moderni aikakausi .....	7
<b>3 NYKYTILANNE</b>	<b>12</b>
3.1 Fossiilisten polttoaineiden voittokulku ja sen haittapuolet .....	13
3.2 Maailman suurin vesivoiman tuottaja .....	14
3.3 Muut tuotantomuodot marginaalissa .....	14
<b>4 ENERGIA-ALAN TULEVAISUUS</b>	<b>16</b>
4.1 Päättävöitteena päästöjen vähennys .....	17
4.2 Ydinvoiman aamu .....	18
4.3 Vaihtoehtoisen energian lisäys .....	19
<b>5 YHTEENVETO</b>	<b>21</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>24</b>

## **Liitteet:**

Liite I      Kuvaajia

## **SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO**

### **Lyhenteet**

IEA	International Energy Agency
IHA	International Hydropower Association
LNG	Nestemäinen maakaasu (Liquid Natural Gas)
NO <sub>x</sub>	typen oksidit

# 1 JOHDANTO

Kuvassa (1-1) esitetty Kiina on suuruuksien maa: se on pinta-alaltaan maailman kolmanneksi suurin, taloudeltaan toiseksi suurin ja väestöltään maailman suurin valtio. Vuosikaudet se on ollut myös maailman nopeimmin kasvava talous sekä suurin energian kuluttaja ja tuottaja, vain muutamia mainitakseni. Näistä syistä Kiinaa on syytä tarkastella merkittävänä tekijänä myös energia-alan näkökulmasta.

Tässä työssä käyn läpi lyhyesti Kiinan historiaa, nykyhetkeä ja tulevaisuutta globaalien energiemarkkinoiden perspektiivistä mahdollisimman kattavasti. Pyrin seuraamaan kronologista erottelua, mutta esimerkiksi kansainvälisistä sopimuksista tai rakennusprojekteista puhuttaessa se on ajoittain haasteellista: päällekkäisyyksiä tulee siis esiintymään. Käsiteltävinä aiheina ovat esimerkiksi eri tuotantomuodot ja niiden ympäristövaikutukset, sekä politiikan vaikutukset erilaiseen päätöksentekoon. Poliitiikan vaikutukset ovat kommunistisessa Kiinassa vähäisempiä kuin muualla, mutta se on lähtenyt usein mukaan etenkin tuoreempiin kansainvälisiin sopimuksiin.



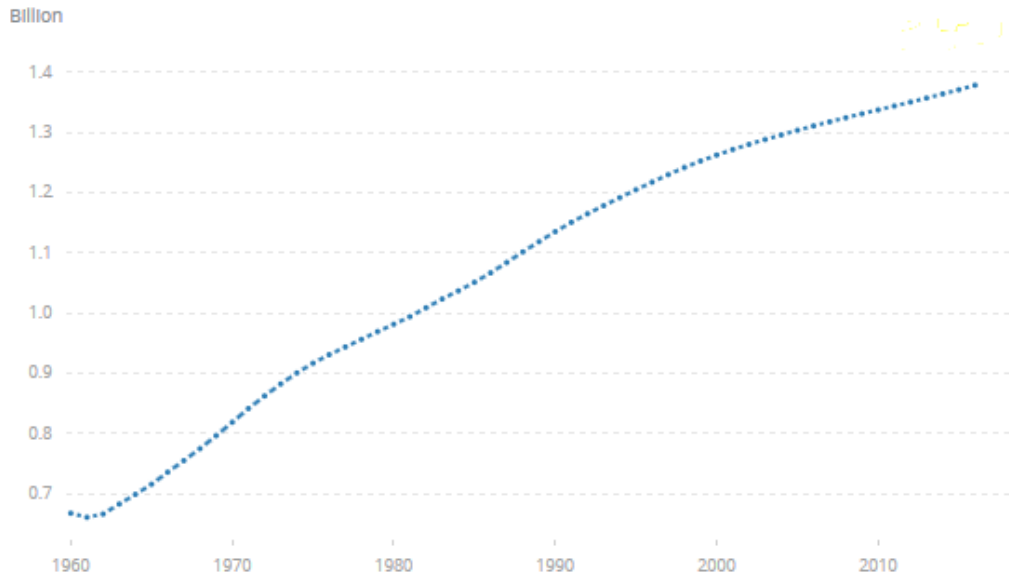
**Kuva 1-1:** Kiinan kartta, johon on merkitty myös väestötiheys. Lähde: Harvard World Map 2015.

## 2 HISTORIA

Siinä missä länsimaat ovat olleet kehityksen aallonharjalla jo ensimmäisestä teollisesta vallankumouksesta lähtien, Kiina nousi merkittäväksi tekijäksi maailman kartalla vasta viimeisten vuosikymmenien aikana. Kiinan historia on monimuotoinen ja värikäs, mutta maatalouteen perustunut yhteiskunta alkoi muotoutua moderniksi suurvallaksi vasta toisen maailmansodan jälkeen. Tässä kappaleessa käsittelem lyhyesti Kiinan lähihistoriaa ja arvioin sen vaikutusta energiasektorin kehittymiseen.

### 2.1 Kehityksen ensiaskeleet

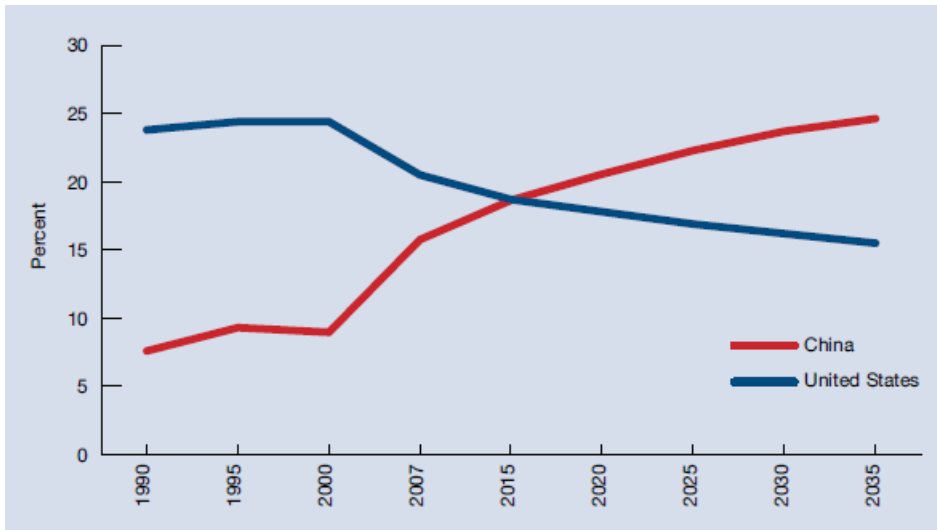
Toinen maailmansota oli Kiinan kannalta myrskyistä aikaa; Japani miehitti suuria maa-alueita manner-Kiinasta ja vainoissa sai surmansa noin 15 miljoonaa ja pakolaisiksi joutui 60-95 miljoonaa kiinalaista. Samalla Kiinaan 1900-luvun alussa juurrutettu demokratia ja modernisaatio tuhottiin täysin. (Mitter, Moore 2011, 225.) Sodan loputtua vuosia kestäneen valtakamppailun jälkeen valtaan nousi Mao Zedongin johtama kommunistinen puolue. Uudet hallitsijat yrittivät ensin saada maan talouden nousuun ”Suuri Harppaus”-ohjelman avulla, joka päättyi lopulta epäonnistumiseen ja talouden romahdukseen. Toinen yritys talouden elvyttämiseen oli puhemieheksi nousseen Maon Kulttuurivallankumous, joka johti alun vaikeuksien jälkeen haluttuihin tuloksiin. Myös kuvassa (2-1) kuvattu Kiinan väestömäärä lähti kasvuun ohjelmien aikaan, mikä ruokki edelleen talouskasvua.



**Kuva 2-1:** Kiinan väestömäärän kehitys 1960-2016. Lähde: Maailmanpankki 2017

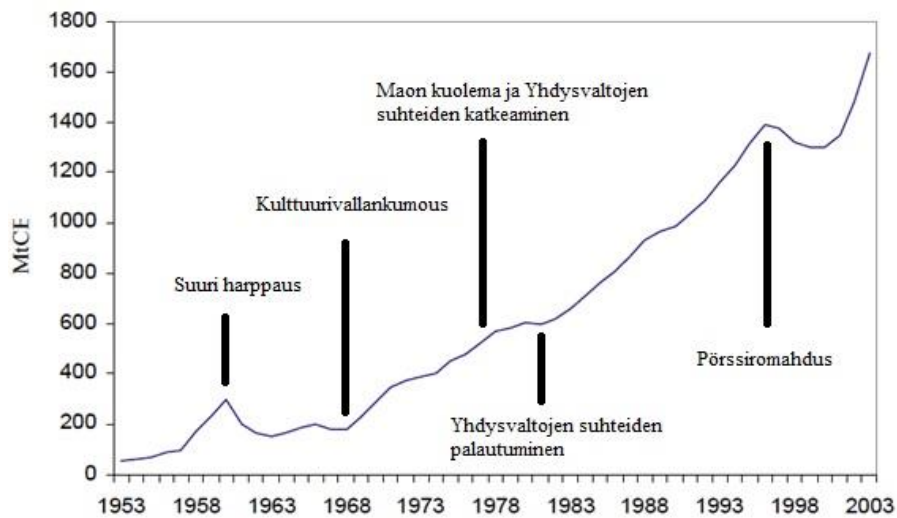
## 2.2 Moderni aikakausi

Todellinen kasvu kuitenkin alkoi vasta kun kommunistinen Kiina alkoi avautua länsimaailmalle 1970-luvulta lähtien. 2000-luvun taitteen talouskriisin jälkeen Kiina lähti jyrkkään talouskasvuun, mikä johti myös jyrkkään energian kulutuksen kasvuun, mikä voidaan havaita eri mittareita käyttäen kuvista (2-2), (2-3) ja (2-4). Vuonna 2009 Kiina ohitti Yhdysvallat maailman suurimpana energian kuluttujana, mikä on nähtävissä kaaviomuodossa kuvasta (2-2) (Pham 2011, 2). Talouskasvun kanssa voimakkaasti korreloiva energiankulutus on kuvattuna yhdessä muutamien maan lähihistorian merkittävimpien tapahtumien kanssa kuvaan (2-3). Tästä eteenpäin puhuttaessa energiasta viitataan sähköenergiaan. Mikäli tarkennusta tarvitaan, käytetään terminä erikseen primääri- tai lämpöenergiaa.



**Kuva 2-2:** Kiinan ja Yhdysvaltojen osuudet globaalista primäärienergiakulutuksesta 1990-2035.

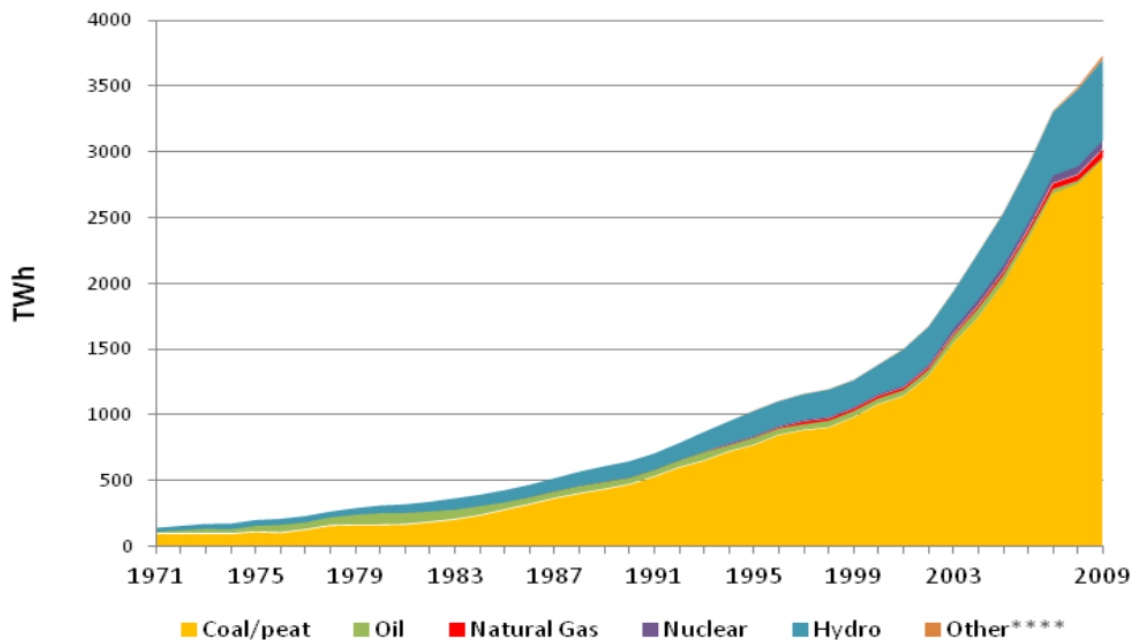
Lähde: Pham 2011, 3.



**Kuva 2-3:** Kiinan primäärienergiakulutus 1953-2003 ekvivalenttihilitonneina, johon merkitty merkkipaaluja lähihistoriasta. Lähde: Crompton, Wu 2004, 5.

Tutkitaan nyt Kiinan energiankulutuksen kehitystä hieman tarkemmin. Kuvassa (2-4) on havainnollistettu maan energiantuotantoa lähteittäin.

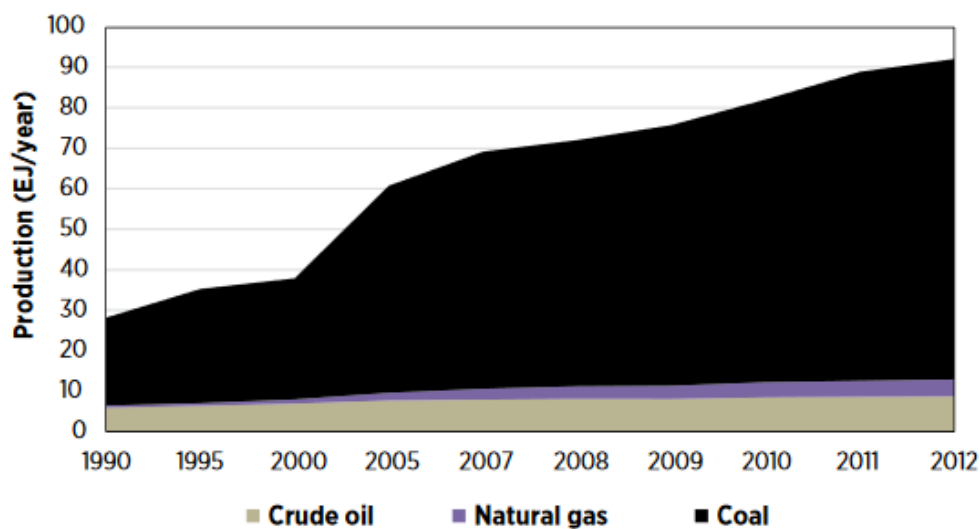




**Kuva 2-4.** Kiinan primäärienergiantuotanto lähteittäin 1971-2009. Lähde: IEA 2012, 4.

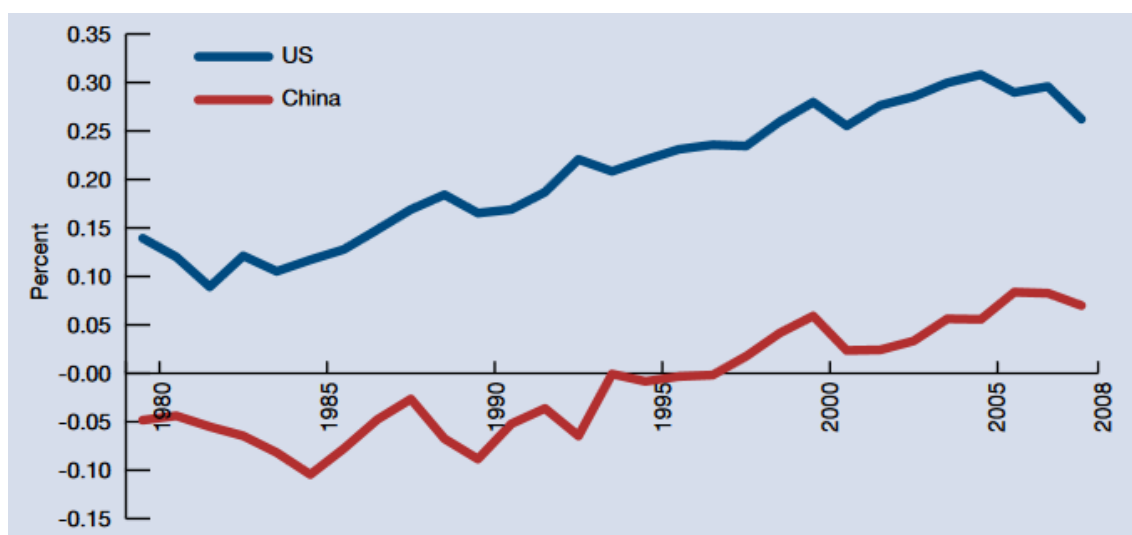
Kuvasta (2-4) voidaan havaita lähihistorian kasvutahdin lisäksi se, että tuotanto on ollut erittäin yksipuolista; vielä vuonna 2009 jopa 70 % maan energiasta tuotettiin hiiltä polttamalla (IEA 2012, 3.). Tähän on useita syitä, joista muutamaa on syytä painottaa.

Ensinnäkin nopea kysynnän lisääntyminen on ollut teknologinen haaste. Monissa tapauksissa ainoa keino yrittää vastata kysyntään on käyttää jo kypsää fossiilisiin polttoaineisiin perustuvaa teknologiaa. Toinen selitys hiilipainotteiselle tuotantopaletille ovat Kiinan omat hiiliresurssit. Maalla on hallussaan maailman suurimmat todennetut varannot; vuoden 2016 tietojen perusteella 21,4 % globaaleista hiilivarannoista sijaitsee Kiinassa (BP 2017, 36.). Polttoainetta hiililaitoksille on siis helppoa saada omien rajojen sisäpuolelta. Näiden lisäksi hiilivoiman rakentaminen on suhteellisen helppoa ja nopeaa, kun esimerkiksi ydinvoimalaitoksen rakentaminen vaatii enemmän pääomaa ja aikaa. Myös maantieteellinen sijoittaminen lähelle kuvassa (1-1) näkyviä itärannikon väestökeskittymiä on helppoa. Hiilivoima on siis monella tapaa ollut ainoa mahdollinen järkevä ratkaisu Kiinan tapauksessa. Myös öljyn ja maakaasun määrää on pyritty kasvattamaan kysynnän noustessa, mutta kuten kuvasta (2-5) näkyy, kasvutahti ei ole ollut lähelläkään hiilivoiman tasoa.



**Kuva 2-5:** Öljyn, kaasun ja hiilen tuotanto Kiinassa 1990-2012. Lähde: Irena 2014, 21.

Yksipuoleinen energiantuotanto ei kuitenkaan ole tullut ilman seuraamuksia. Vielä 1990-luvulla Kiina oli suurten hiilivarantojensa ansiosta energian nettoviejä. Kovaan kysynnän kasvuun ei kuitenkaan olla kyetty vastaamaan ja Kiina onkin kokonaisuutena muuttunut energian viejästä energian tuojaksi vähentäen energiaomavaraisuutta. Kiinan tuontienergian määrä on esitetty kuvassa (2-6).



**Kuva 2-6:** Kiinan ja Yhdysvaltojen tuontienergian määrä prosentteina kokonaiskulutuksesta. Lähde: (Pham 2011, 5.)

Toinen merkittävä seuraus on ollut Kiinan nousu maailman suurimmaksi kasvihuonekaasujen päästäjäksi vuodesta 2006 lähtien: tällöin hiilidioksidipäästöt olivat noin 6500 Mt, kun aiemmin suurimman päästäjän manttelia kantanut Yhdysvallat jäi ensimmäistä kertaa toiseksi 6000 Mt:n päästöillään. (Global Carbon Atlas 2017). Päästöjen nykytilannetta sekä niiden vaikutuksia on käsitelty laajemmin kappaleessa 3.

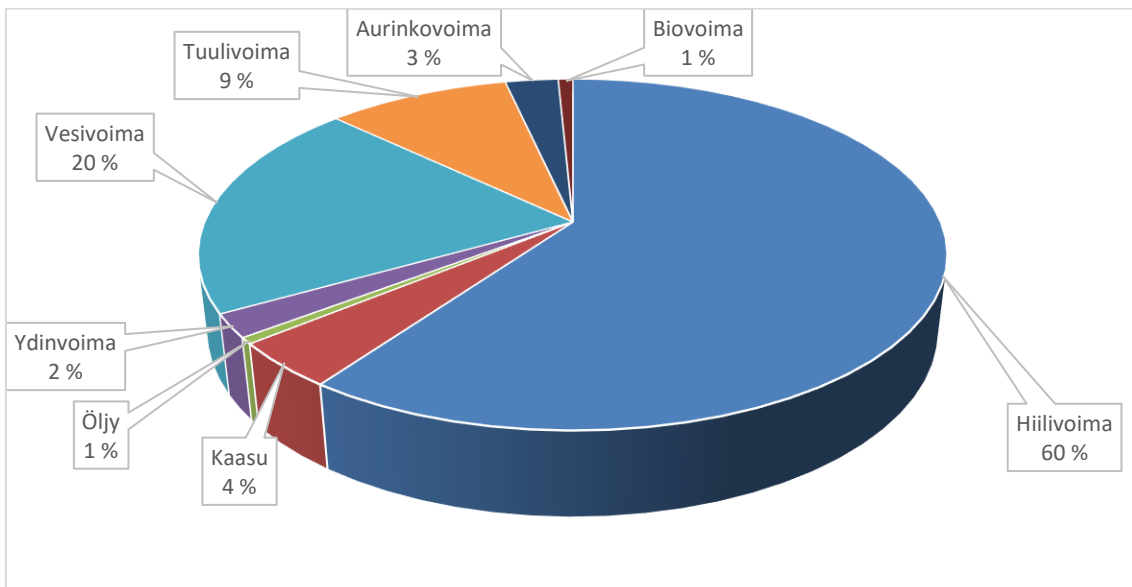
Hiilen lisäksi ainoa kuvasta (2-4) kunnolla jo kauan erottunut tuotantomuoto on vesivoima. Kiinassa on useita suuria jokia kuten Keltainen joki, Jangtse ja Hongshui, jotka soveltuvat erinomaisesti vesivoiman tuotantoon sekä virtaamaltaan että etenkin jokien yläjuoksuilla myös putouskorkeudeltaan. Maa onkin pyrkinyt hyödyntämään potentiaalia mahdollisimman tehokkaasti ja vuosina 2000-2009 tuotanto kasvoi yli 176 % (Pham 2011, 7.) Suurin ongelma vesivoiman hyödyntämisessä on ollut maan topografia; lähes kaikki potentiaali sijaitsee vuoristoisessa länsi-Kiinassa, eikä sähkönsiirtokapasiteettia lännestä itään ole ollut riittävästi. Kiinassa on myös maailman suurin yksittäinen vesivoimala, Kolmen Rotkon pato (Three Gorges), joka aloitti toimintansa 2008. Siinä on asennettua kapasiteettia yhteensä 22,5 GW. Kiinan suurimmat valmiit ja rakennusvaiheessa vuonna 2012 olleet vesivoimalat on esitetty kartalla kuvassa (2-6).



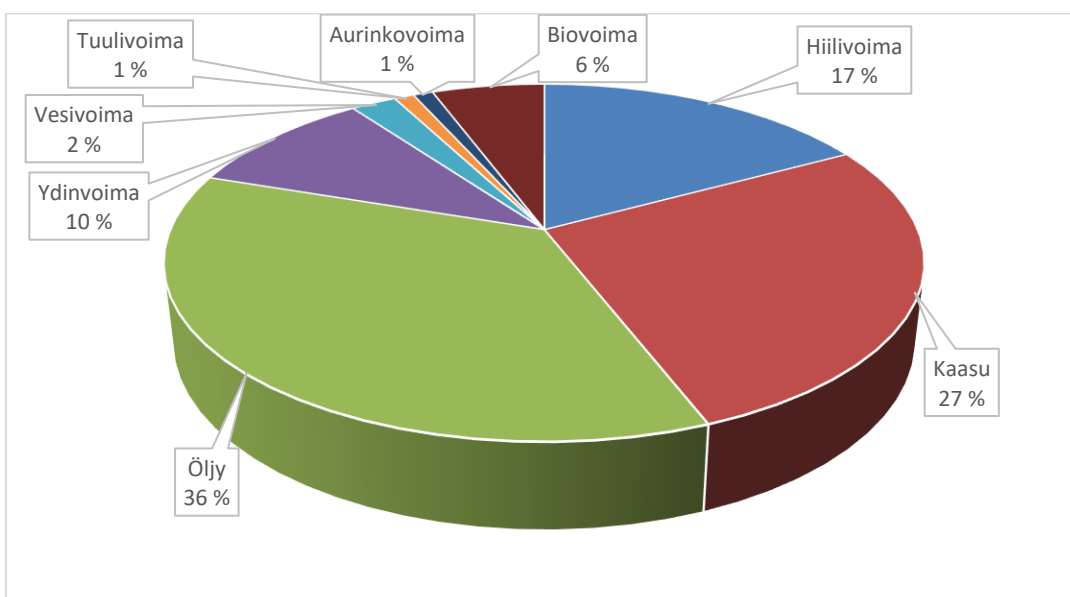
**Kuva 2-7:** Kiinan valmiit ja rakenteilla olevat vesivoimalat vuonna 2012. Lähde: Circle of Blue 2012

### 3 NYKYTILANNE

Tässä kappaleessa analysoin Kiinan energiantuotannon nykytilannetta ja sen tämänhetkisiä haasteita. Kuvaajassa (3-1) on esitetty Kiinan energiantuotantopaletti ja vertailun vuoksi koko maailman vastaava kuvaajassa (3-2). Seuraavaksi erottelen tärkeimmät seikat nykytilanteeseen liittyen.



**Kuvaaja 3-1:** Kiinan energiantuotanto lähteittäin vuonna 2016. Lähde: IEA 2017b.



**Kuvaaja 3-2:** Maailman energiantuotanto lähteittäin vuonna 2016. Lähde: IEA 2017c, 7.

### 3.1 Fossiilisten polttoaineiden voittokulku ja sen haittapaulet

Hiili on edelleen dominoiva polttoaine maan energiantuotannossa johtuen sen useista hyvistä puolista ja ylenpalttisesta saatavuudesta kotimaassa. Kysynnän ollessa edelleen nopeasti kasvavaa uusia hiilivoimaloita on arvioitu rakennettavan jopa yhden tai kahden laitoksen viikkotahdilla (Pham 2011, 5.). Hiilen globaalista primäärienergiantuotannosta Kiinan osuus on huimat 43 %, kun toiseksi eniten tuottavan USA:n osuus on 15 % (IEA 2018).

Kiina on ollut öljyn tuojamaa jo vuodesta 1993. Sen omat todennetut varannot ovat olleet jo kauan noin prosentin luokkaa globaaleista varannoista (BP 2017, 12.), joten se on riippuvainen tuonnista saadakseen 18 % energiastaan. Globaalissa mittakaavassa tämä vastaa melko tasan prosentin osuutta primäärienergian tuotannosta (IEA 2018). Käyttämästään öljystä Kiina tuo yli puolet (236 Mt vuonna 2010), josta yli puolet tulee Lähi-Idästä. Raakaöljyn päätuojat on esitetty liitteen 1 kuvassa (1) ja pääasialliset siirtoreitit liitteen 1 kuvassa (2). (IEA 2012, 6.)

Maakaasun käyttö on ollut globaalissa mittakaavassa hyvin vähäistä noin kolmen prosentin kulutuksella (IEA 2018), eivätkä Kiinan omat kaasuvarannotkaan ole kovin mittavat, vaikka liuskekaasun hyödyntämisen yleistymisen lähes nelinkertaisti ne vuoden 2006 tietoihin verrattuna (BP 2017, 26). Siksi maa onkin ollut kaasun nettotuojana vuodesta 2007 alkaen. Suurin osa kaasusta tuodaan Kiinaan Kazakstanista ja lisääntyvässä määrin Venäjältä putkilinjoja myöten, mutta LNG:llä on ollut voimakkaasti lisääntyvä osuus kaasun käytössä. (Pham 2011, 5.) Kaasun kuljetuksen infrastruktuuri sekä pääasialliset LNG:n tuojamaat on esitetty tarkemmin liitteen 1 kuvassa (3).

Näin laajamittaisen fossiilisten polttoaineiden käytön johdosta Kiinan suurissa kaupungeissa kärsitään suurista ilmanlaatuongelmista (Bingheng et al. 2009), jotka johtuvat pääosin energiasektorin toiminnasta; noin 32 % koko Kiinan päästöistä aiheutui sähkön- ja lämmöntuotannosta vuonna 2008. (Zhu 2016, 53-54.) Tämä on lisännyt jo kauan painetta vähentää hiilen käyttöä energiantuotantoon elinkelpoisen ympäristön säilyttämiseksi. Ensimmäiset toimenpiteet ovat jo tuottaneet tuloksia; SO<sub>2</sub>-päästöt ovat olleet laskussa vuodesta 2007 lähtien ja vuosituhannen vaihteesta alkaen kaikkien hiililaitoksien pölypäästöjä on tehokkaasti hillitty (Bing et al. 2011).

Ilmanlaadun lisäksi Kiina on ylivoimaisesti suurin CO<sub>2</sub>-päästöjen aiheuttaja maailmassa. Vuonna 2016 niitä aiheutui Kiinan toimesta 10 151 Mt, kun toiseksi eniten päästäneellä Yhdysvalloilla luku on 5312 Mt. (Global Carbon Atlas, 2016)

### **3.2 Maailman suurin vesivoiman tuottaja**

Kiinan asennettu vesivoiman kokonaiskapasiteetti on vuonna 2016 331 GW ja sen osuus on ollut viime vuodet kasvussa: pelkästään vuonna 2016 asennettiin uutta kapasiteettia lähes 12 GW ja vuonna 2017 Kiinan arvioidaan tuottavan yli neljänneksen kaikesta maailman vesivoimasta. Vaikka omasta kulutuksesta vesivoima muodosti vain 6 %, on tämä määrä 85 % kaikesta Kiinassa tuotettavasta uusiutuvasta energiasta (Irena 2014, 18.) Tulevaisuudessa kasvutahti kuitenkin kutistunee, sillä helposti hyödynnettävissä oleva kapasiteetti vähenee. Esimerkkinä tästä vuonna 2013 rakennettu lisäkapasiteetti oli vielä 29 GW (Holmes, 2014). Suurimpana ongelmana on edelleen se, että suurin osa vesivoimasta sijaitsee maan vuoristoisemmissa länsiosissa, kaukana paljon energiaa kuluttavista rannikon kasvukeskuksista kuten voidaan havaita kuvista (1-1) ja (2-6), eikä voimaverkon kehitys ole ollut riittävä tehokkaampaan resurssien hyödyntämiseen. (IHA, 2017)

Globaalissa mittakaavassa Kiina on ylivoimaisesti suurin vesivoiman tuottaja; tuotanto oli vuonna 2015 1130 TWh, mikä vastaa 28 %:a globaalista tuotannosta. Toiseksi suurin yksittäinen tuottaja maailmassa on Kanada 380 TWh lukemallaan, mikä vastaa vajaata kymmentä prosenttia maailmasta. (IEA, 2018)

### **3.3 Muut tuotantomuodot marginaalissa**

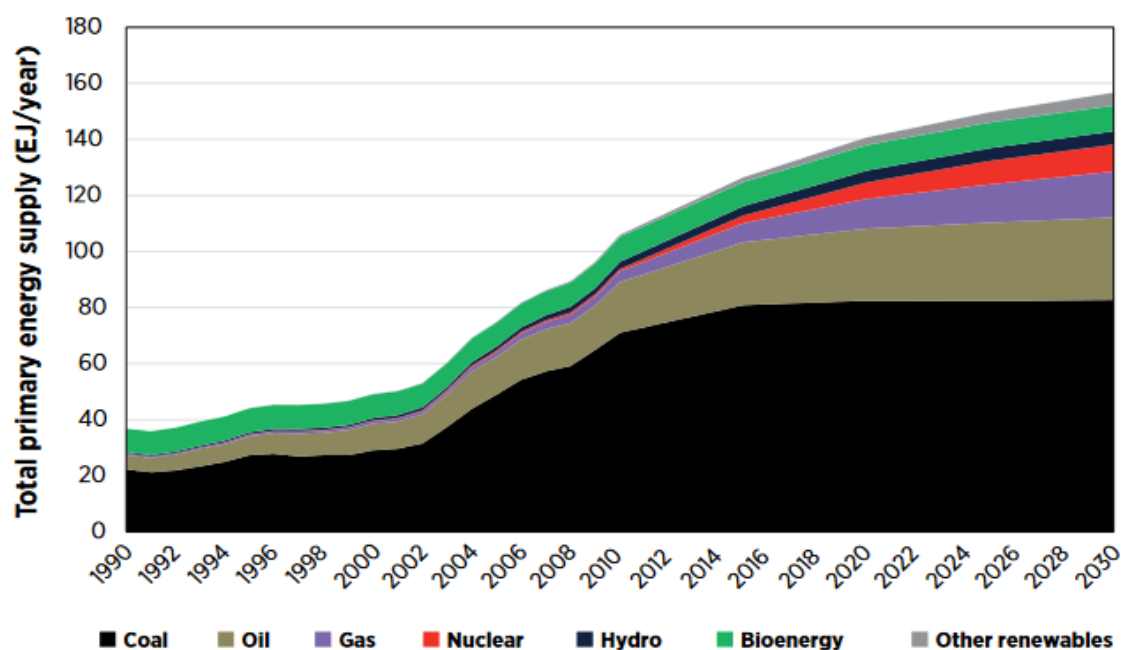
Vesivoiman rinnalla muiden uusiutuvien energiamuotojen tuotanto on Kiinassa ollut vähäistä. Kokonaisuudessaan uusiutuvilla tuotetaan kuvan (3-1) mukaan energiasta vain 13 %. Energian sijaan Kiina tuottaa enemmän tuotantolaitteistoja, kuten tuulivoimaloita sekä aurinkopaneeleja. Etenkin aurinkopaneeleista globaalisti suuri osa, jopa 40 %, tuotetaan Kiinassa (Statista 2018). Globaalissa mittakaavassa Kiina tuottaa eniten aurinkovoimasta 17 % (Saksa 16 % ja USA 13 %) ja toiseksi eniten tuulivoimasta 22 % (USA 23 %). (IEA, 2018)

Ydinvoima on myös Kiinassa potentiaaliaan selvästi pienempi tuotantomuoto. Asennettua kapasiteettia on vuonna 2017 32 GW, joka vastaa vain noin kahta prosenttia kokonaiskulutuksesta. Syynä ydinenergian vähäiseen käyttöön on esimerkiksi valtion haluttomuus panostaa ydinvoimaan. Kaupallisten reaktoreiden kehitys aloitettiin vasta 1970-luvulla ja ensimmäinen reaktori kytkettiin verkkoon 2014 (Fiori; Zhou 2015, 125.). Lisäksi maailmanpoliittisista syistä johtuen kehittyneemmän länsimaisen teknologian hyödyntäminen oli Kiinassa mahdotonta. Tuotantomäärissä Kiina on maailmassa ydinenergian osalta vasta neljäntenä USA:n (32 %), Ranskan (17 %) ja Venäjän (8 %) jälkeen 7 %:n osuudellaan. (IEA, 2018)

## 4 ENERGIA-ALAN TULEVAISUUS

Kiinan kommunistisesta järjestelmästä johtuen tulevaisuuden sanelee hyvin pitkälti puolueen ajoittain julkaisema suunnitelma seuraavalle viidelle vuodelle. Tämä järjestelmä lisää lyhyellä aikavälillä päätöksenteon vakautta, sillä vallassa olevilla on jatkuvasti likimain samat poliittiset päämäärät. Energiajärjestelmien kehityksen suunnitelma on kuitenkin hieman erilainen, sillä edellinen suunnitelma julkaistiin vuonna 2001 ja uusi suunnitelma marraskuussa 2016. Taulukkoon (4-1) on kirjattu siinä annetut päätavoitteet. Kokonaiskulutus tulee kuitenkin kasvamaan noin prosentin vuosivauhdilla ja sitä myötä asennettu kapasiteetti vuoden 2016 tasosta 1 625 GW noin 3 200 GW:iin vuoteen 2040 mennessä (IEA 2017b).

Kiinan tavoitteena on sekä omasta halustaan että kansainvälisen paineen alla tehdä energiasektoristaan nykyistä huomattavasti tehokkaampi ja ympäristöystävällisempi, kun kulutus tulee yhä tulevaisuudessa kasvamaan. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi se pyrkii monipuolistamaan tuotantoaan ja lisäämään vähäpäästöisempien tuotantomuotojen osuutta. Seuraavissa kappaleissa on esitelty pääasialliset keinot tämän saavuttamiseksi. Kuvassa (4-1) on lisäksi esitetty Kiinan energiankulutus eri lähteistä nykyhetkeen sekä arviot niiden kehityksestä 2030 saakka.



Kuva 4-1: Kiinan energiantuotanto lähteittäin 1990-2030. Lähde: Irena 2014, 31.



**Taulukko 4-1:** Kiinan 13:n viisivuotissuunnitelman tavoitteet eri tuotantomuodoille. Lähde: China Energy Storage Alliance 2016; IEA 2017a.

<b>Tuotantomuoto: Tavoitteet 2020 mennessä:</b>	
Vesivoima	Lisätään asennettua kapasiteettia 40 GW päästen 380 GW:iin
Tuulivoima	Lisätään asennettua kapasiteettia 79 GW päästen 210 GW:iin, josta 5 GW on off-shore tuulivoimaa
Ydinvoima	Lisätään asennettua kapasiteettia 68 GW päästen 110 GW:iin
Aurinkovoima	30 GW aurinkovoimaa tuotantoon päästen 58 GW:iin, josta 5 GW on aurinkolämpöä
Biopolttoaineet	15 GW kokonaistuotanto
Maakaasu	Lisätään asennettua kapasiteettia 50 GW päästen yli 110 GW:iin, josta 15 GW CHP-laitoksia
Geoterminen	530 MW kokonaistuotanto
Hiilivoima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lykätä/peruuttaa yli 150 GW hiililaitoksien rakentamista siten, että tuotannon maksimimäärä on 1 100 GW.</li> <li>- Asentaa 420 GW:iin matalampien päästöjen teknologiaa</li> <li>- Muokata 340 GW energiatehokkaammaksi</li> <li>- Ajaa alas yli 20 GW vanhoja laitoksia</li> <li>- Kaikki hiilivoimalaitokset päästävät vähemmän kuin 310 gCO<sub>2</sub>/kWh<sub>hiiltä</sub></li> </ul>
Jakeluverkko	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Joustava verkko, joka kykenee kuormitusmuutoksiin sopeutumiseen.</li> <li>- Lisätä länsi-itä –jakeluverkon kapasiteettia 130 GW päästen 270 GW:iin</li> <li>- Lisätä sähköajoneuvojen keskitettyjen latausasemien määrää yli 12 000:sta ja hajautettujen yli 4 800 000:aan.</li> <li>- Lisätään älykkäitä latausjärjestelmiä vastaamaan oletettuun 5 000 000:en sähköauton tarpeisiin.</li> </ul>

#### 4.1 Päättävöitteena päästöjen vähennys

Vuonna 2013 Kiina ilmoitti, että se pyrkii vähentämään hiilidioksidipäästöjään 40-45 % vuoteen 2005 verrattuna, lisäten samaan 2020 aikarajaan mennessä uusiutuvien energiamuotojen osuutta 15 %:iin (770 GW) kulutuksestaan. Tätä seurasi vielä vuoden 2014 tavoite lisätä ei-fossiilisiin polttoaineisiin perustuvaa energiantuotantoaan 20 %:iin vuoteen 2030 mennessä.

Pääasiallisena keinona on ollut vähentää hiilen osuutta energiantuotannosta; kuvasta (4-1) voidaankin havaita, että hiilen käytön kasvu on tasaantunut vuosituhaten alun tahdista. Hiililaitosten aiheuttamat pöly-, hiukkas- ja kasvihuonekaasupäästöt ovat olleet alati kasvava ongelma. Ilmastonmuutoksen lisäksi suorat vaikutukset ovat ongelma, sillä arvioiden mukaan päästöjen aiheuttamiin sairauksiin kuolee 656 000 kiinalaista joka vuosi. Pariisin ilmastopöytäkirjan liittäminen lisäksi Kiina on ottanut esimerkillisesti vastaan päästöjen vähentämisen haasteen esimerkiksi taulukossa (4-1) mainituilla hiilivoiman modernisoinneilla. Jo edellisen viisivuotissuunnitelman aikana yhteensä 500 GW hiililaitoksiin asennettiin savukaasujen rikinpoistojärjestelmiä. Nämä ovat kaikkein kustannustehokkain menetelmä, mutta lisäävät samalla muita päästöjä. Esimerkiksi SO<sub>2</sub>-päästöjen hillintä laitoksissa kasvattaa polttoaineen kulutusta ja sitä kautta CO<sub>2</sub>-, elohopea- ja NO<sub>x</sub>-päästöjä. (Bing et al. 2011) Kiinan kokonaisuudessaan käyttämä hiilen määrä tulee vielä kasvamaan, mutta asennettu kapasiteetti aiotaan rajoittaa kokonaisuudessaan 1 100 GW:iin.

Modernisointi ei suinkaan rajoitu vanhoihin hiililaitoksiin. Esimerkiksi CO<sub>2</sub>-päästökertoimeltaan hiiltä puhtaampaa maakaasua aiotaan käyttää entistä enemmän nostaten sen käyttöä tasaisesti. Vuoteen 2040 mennessä maakaasun osuus on arvioiden mukaan noussut 7 %:iin vuoden 2016 4 %:sta.

## **4.2 Ydinvoiman aamu**

Hiilidioksidineutraaliutensa vuoksi ydinvoimalla on suurin osuus Kiinan tulevaisuudessa, etenkin aurinko- ja tuulivoiman kypsymissivaiheessa. Ydinvoimaa on rakenteilla lisää 22 GW ja suunnitteilla 46,7 GW lukien pois epävarmat ja vahvistamattomat projektit. Vuoteen 2030 mennessä Kiinalla arvioidaan olevan 120-150 GW ydinvoimaa, mikä vastaisi arviolta 5 % kulutuksesta. (World Nuclear Association 2017). Vuoteen 2040 mennessä kokonaiskapasiteetti on edelleen kasvanut, mutta korkeiden uusiutuvien energiamuotojen tavoitteiden vuoksi sen suhteellinen osuus laskee noin neljään prosenttiin.

Kylmän sodan aikana Kiinaan ei saanut viedä juuri minkäänlaista ydinteknologiaa, mikä hidasti sektorin kasvua. Sittemmin maa on muuttunut hyvin omavaraiseksi ydinteknologian valmistajaksi, mutta hyödyntää edelleen länsimaista teknologiaa.

Esimerkiksi Olkiluoto 3:n tyyppisiä EPR-reaktoreita on rakenteilla Kiinaan kaksi kappaletta. (World Nuclear Association, 2017).

Ydinvoiman etuna on myös rakennusmahdollisuus lähemmäs kysyntää ja kasvukeskuksia ilman suurien päästöjen aiheuttamia ongelmia ja välttämättömät pitkät siirtomatkat. Näin ollen reaktoreilla on suhteellisen hyvät edellytykset korvata suuria hiilivoimalaitoksia läheltä suuria kuluttajia.

Lisätäkseen ydinvoiman pitkän aikavälin kestävyyttä Kiina pyrkii ydinpolttoaineen osalta täysin suljettuun kiertoon. Tämä lisää myös potentiaalia alan teknologian, esimerkiksi loppusijoitukseen liittyvän sellaisen, vientiin ulkomaille. Kokonaisuudessaan maa on jo nykypäivänä ydinvoimateknologian viejä. (World Nuclear Association, 2017)

### 4.3 Vaihtoehtoisen energian lisäys

Kaikkein ripein kasvuvauhti on ollut muilla energiantuotantomuodoilla, johon tässä luetaan pääasiassa tuuli- ja aurinkovoima sekä biopolttoaineet. Vaikka kokonaiskulutuksesta ne muodostavat edelleen vain murto-osan, on Kiinassa jo tänä päivänä maailman suurin kulutus monelle uusiutuvalle energiamuodolle. Esimerkiksi vuonna 2013 Kiinaan asennettiin enemmän uutta aurinkovoimaa kuin Eurooppaan yhteensä. (Irena 2014, 1.) Maalla on hallussaan jopa viidennes kaikesta uusiutuvan energian potentiaalista (Irena 2014, 6.). Taulukkoon (4-2) on eritelty uusiutuvien energiamuotojen tekninen potentiaali koko maassa.

**Taulukko 4-2:** Uusiutuvien energiamuotojen tekninen kapasiteetti vuoden 2012 arvioiden mukaan. Lähde: Irena 2014, 47.

Tuotantomuoto	2012 asennettu kapasiteetti [GW]	Tekninen potentiaali [GW]
Vesivoima	250	400-700
Onshore tuulivoima	63	1300-2600
Offshore tuulivoima	0,3	200
Aurinkovoima	5,4	2700

Aurinkovoimasta kasvatuksen kohteena ovat sekä aurinkosähkö että –lämpö. Pääasiallinen kasvu tullaan tekemään aurinkovoiman pienasennuksilla. (Gosens et al. 2017). Tähän syynä on osin siirtoverkon heikkous; kuten vesivoimallakin, suurin potentiaali aurinkoenergialle löytyy länsi-Kiinasta, kuten voidaan havaita liitteen 1 kuvasta (5). Vuodelle 2030 kapasiteetin arvioidaan nousevan jopa 310 GW:iin (Irena 2014, 2.).

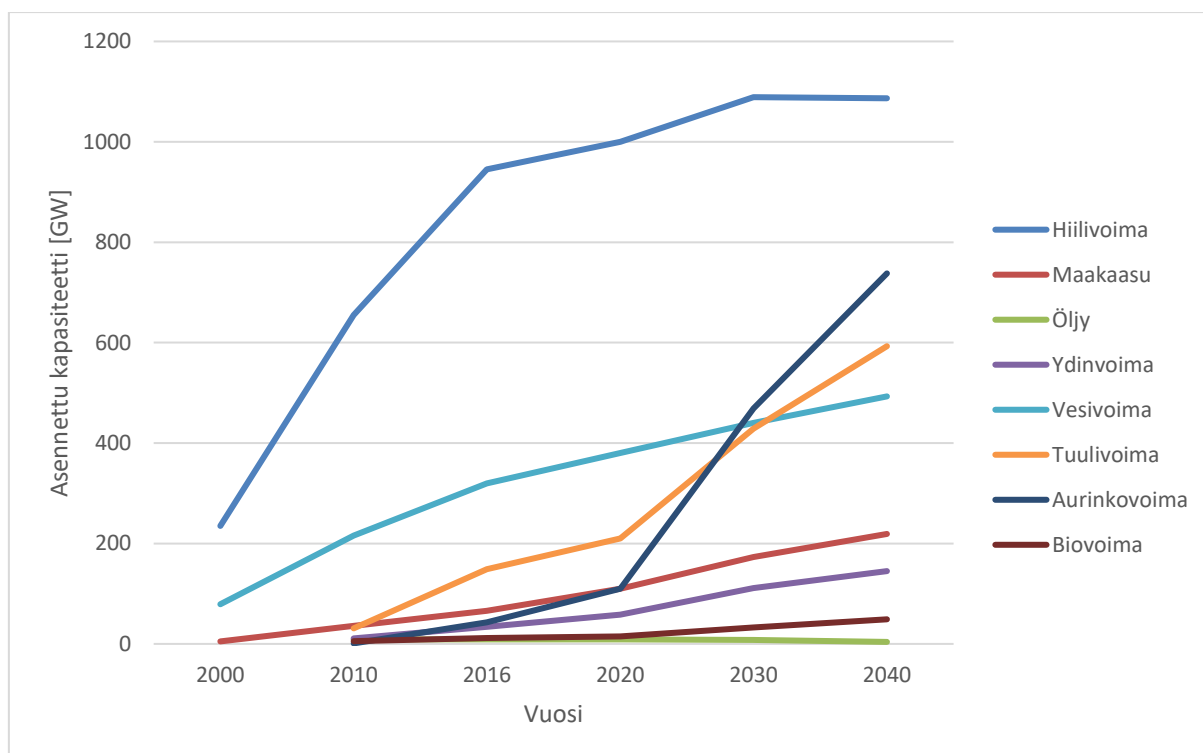
Tuulivoiman asennettua kapasiteettia on lisätty Kiinassa jo kauan, mutta vuoteen 2030 mennessä oletetaan sitä olevan on-shore 500 GW ja lisäksi 60 GW off-shore. (Irena 2014, 2.) Kuten liitteen 1 kuvasta (6) voidaan havaita, myös tuulivoimalle suurin potentiaali sijaitsee harvemmin asutetussa sisämaassa.

Monilla energiantuotantomuodoilla on ollut Kiinassa sama ongelma; puutteellinen sähköverkko, joka ei voida kytkeä paikallisesti tuotettavia uusiutuvia energiamuotoja. Esimerkiksi nykypäivänä keskimäärin 20 % kaikesta tuulivoimasta on ollut irti verkosta. Tämän vuoksi osana suunnitelmaa on myös jakeluverkon parantaminen. Tuorein viisivuotissuunnitelma lupaa 358 miljardia Yhdysvaltain dollaria älykkäiden verkkojen rakentamiseen yleisen kapasiteetin lisäyksen lisäksi. Vuoteen 2020 mennessä kytkemättömän tuuli- ja aurinkovoiman määrän ennustetaan putoavan 5 %:iin. (World Nuclear Association, 2017)

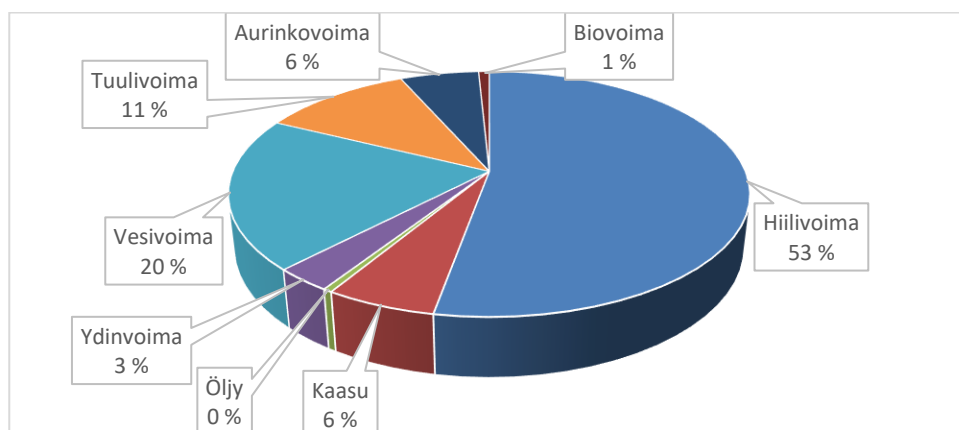
Kokonaisuutena arvioitu järjestelmän kehitys on kuvattu yhteenvedon kuvaajiin (5-1) ja (5-2).

## 5 YHTEENVETO

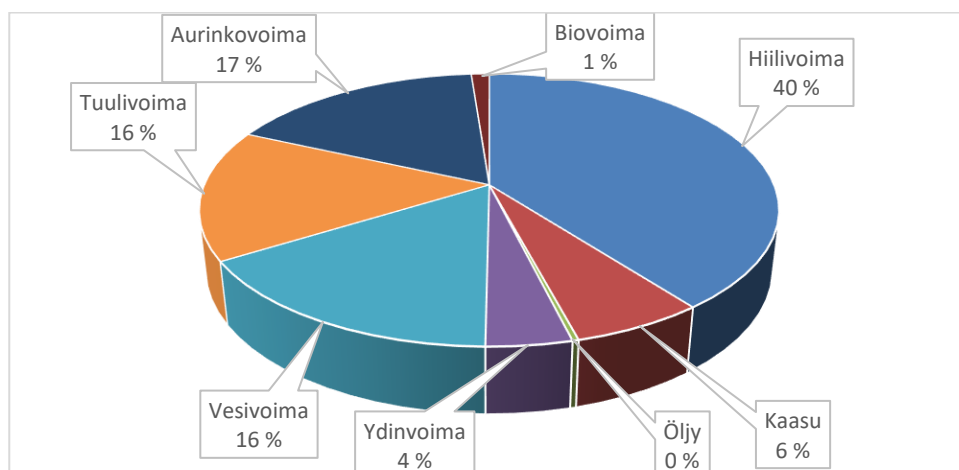
Kiinan energiasektori on ollut jo kauan selkeässä murroksessa kasvavan väestön ja talouden paineessa. Kysyntään on kyetty vastaamaan vain hyödyntämällä maan omia hiiliresursseja, mutta hiilen runsas käyttö on aiheuttanut pahoja päästöongelmia etenkin urbaaneilla alueilla. Maa on kuitenkin aloittanut selkeän ohjelman, jolla yksipuoliseen energiantuotantotilanteeseen pyritään saamaan muutos, jonka suuntana on kestävämpi ja vihreämpi tuotanto. Kuvaajaan (5-1) on kasattu eri lähteistä arvioita kapasiteetin kehittymisestä aina vuoteen 2040 saakka ja kuvaajassa (5-2) on vielä eroteltu tuotannon suhteelliset osuudet eri vuosina. Ennusteiden mukaan aurinko- ja tuulivoima tulevat molemmat ohittamaan vesivoiman suurimpina uusiutuvan energian muotoina 2020-luvun aikana ja hiilivoiman kasvu pysähtyy nykyisen tavoitteen mukaisesti noin 1100 GW:iin. Kokonaisuudessaan asennetun kapasiteetin oletetaan nousevan vuoden 2016 lukemasta 1578 GW jopa 3300 GW:iin vuoteen 2040 mennessä.



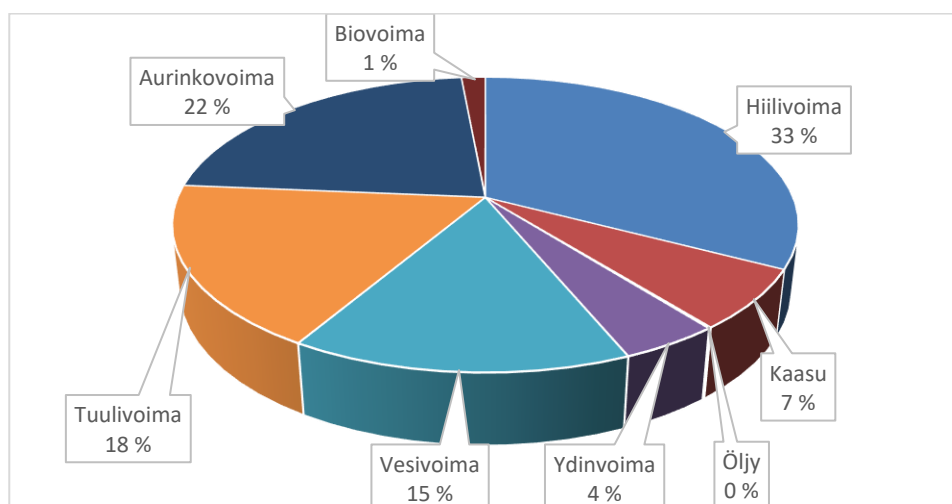
**Kuvaaja 5-1:** Kiinan energiasektorin asennettu kapasiteetti ja sen kehityksen ennusteet. Lähteet: IEA 2017b; Agora Energiewende 2017; Irena 2014.



a)



b)



c)

**Kuvaaja 5-2:** Kiinan energiantuotannon osuudet lähteittäin vuonna a) 2020 b) 2030 ja c) 2040. Lähteet: IEA 2017b; Agora Energiewende 2017; Irena 2014

Kuvaajista voidaan hyvin summata Kiinan energiasektorin kehityssuunta: Aiemmin hallinnee hiilivoiman osuutta ollaan vähentämässä, kun taas tuuli- ja aurinkovoiman tavoitteena on nousta hallitseviksi tuotantomuodoiksi seuraavina vuosikymmeninä. Sähköverkon kehitys tukee paikallisesti tuotettavaa uusiutuvaa energiaa ja suurien kapasiteettien siirtokyvyn parantuessa vesivoima näyttelee yhä merkittävää roolia kokonaisuudessa.

## LÄHTEET

Agora Energiawende. 2017. *Energy Transition in the Power Sector in China: State of Affairs in 2016*. Saatavilla [https://www.agora-energiawende.de/fileadmin/Projekte/2017/JAW\\_China\\_2016/Agora\\_Energy-Transition-China-2016-EN\\_WEB.pdf](https://www.agora-energiawende.de/fileadmin/Projekte/2017/JAW_China_2016/Agora_Energy-Transition-China-2016-EN_WEB.pdf)

Bing, Zhang; Wilson, Elizabeth; Jun, Bi. 2011. *Controlling Air Pollution from Coal Power Plants in China: Incremental Change or a Great Leap Forward*. Environmental Science & Technology. [Viitattu 5.1.2018] Saatavilla <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es203766m>

Bingheng, Chen; Chuanjie, Hong; Haidong, Kan. 2009. *Health Impact of Outdoor Air Pollution in China: Current Knowledge and Future Research Needs*. Environmental Health Perspectives. Vol. 117; nro. 5/2009. A187. Saatavilla <https://ehp.niehs.nih.gov/12737/>

BP. 2017. *BP Statistical Review of World Energy, June 2017*. 49 s. [Viitattu 5.1.2018] Saatavilla <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf>

China Energy Storage Alliance. 2016. *Power Sector Reforms Announced in China's 13th Five Year Plan*. [Viitattu 4.1.2018] Saatavilla <http://en.cnesa.org/latest-news/2016/11/22/power-sector-reforms-announced-in-chinas-13th-five-year-plan>

Crompton, Paul; Wu, Yanrui. 2004. *Energy Consumption in China – Past Megatrends and Future Directions*. Saatavilla [http://www.web.uwa.edu.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0003/102567/04\\_22\\_Crompton\\_Wu.pdf](http://www.web.uwa.edu.au/_data/assets/pdf_file/0003/102567/04_22_Crompton_Wu.pdf)

Fiori, F.; Zhou, Z. 2015. *Sustainability of the Chinese nuclear expansion: The role of ADS to close the nuclear fuel cycle*. Viitattu [8.1.2018]. Saatavilla <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0149197015000542?via%3Dihub>



Global Carbon Atlas. 2017. *Global CO<sub>2</sub>-emissions*. Saatavilla <http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>

Global Wind Atlas. 2017. *Mid-size maps for East Asia and Pacific*. Saatavilla <https://www.globalwindatlas.info/downloads/EAP>

Gosens, Jorrit; Kåberger, Tomas; Wang, Yufei. 2017. *China's next renewable energy revolution: goals and mechanisms in the 13th Five Year Plan for energy*. Energy Science & Engineering. Volume 5, issue 3. 141-155. Saatavilla <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ese3.161/full>

Harvard World Map. 2015. *Population Density in China*. Saatavilla <http://worldmap.harvard.edu/maps/11756>

Holmes, Frank. 2014. *China's \$25 Billion Three Gorges Dam Rivals The Great Wall Of China In Scale And Ingenuity*. Business Insider. [Viitattu 3.1.2018] Saatavilla <http://www.businessinsider.com/big-dam-resources-2014-8?r=US&IR=T&IR=T>

IHA. 2017. *Country profile: China*. [Viitattu 3.1.2018] Saatavilla <https://www.hydropower.org/country-profiles/china>

IEA. 2012. *Oil & Gas Security – Emergency Response of IEA Countries: People's Republic of China*. 19 s.

IEA. 2017a. *China 13th Electricity Development Five Year Plan (2016-2020)*. [Viitattu 4.1.2017] Saatavilla <https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/china/name-160313-en.php?s=dHlwZT1yZSZzdGF0dXM9T2s.&return=PG5hdiBpZD0iYnJlYWRjcnVtYiI-PGEgaHJlZj0iLyI-SG9tZTwwYT4gJnJhcXVvOyA8YSBocmVmPSIvcG9saWNpZXNhbmRtZWZdXJlcy8iPIBvbGljaWVzIGFuZCBNZWFzdXJlcwvYT4gJnJhcXVvOyA8YSBocmVmPSIvcG9saWNpZXNhbmRtZWZdXJlcy9yZW5ld2FibGVlbnVyZ3kvIj5SZW5ld2FibGUgRW5lcmd5PC9hPjwvbmF2Pg,,>

IEA. 2017b. *World Energy Outlook 2017: China*. Saatavilla <https://www.iea.org/weo/china>

IEA. 2017c. *Key World Energy Statistics*. 95 s. Saatavilla <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf>

IEA. 2018. *World Electricity Generation Statistics*. Saatavilla <https://www.iea.org/statistics/?country=WORLD&year=2015&category=Key%20indicators&indicator=TPESbySource&mode=map&categoryBrowse=false&dataTable=BALANCES&showDataTable=true>

Irena. 2014. *REmap 2030: Renewable Energy Prospects: China*. Saatavilla <http://irena.org/publications/2014/Nov/Renewable-Energy-Prospects-China>

Maaailmanpankki. 2017. *China total population*. Saatavilla <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?end=2016&locations=CN&start=1960&view=chart>

Mitter, Rana; Moore, Aaron. 2011. *China in World War II, 1937-1945; Experience, Memory, and Legacy*. *Modern Asian Studies* 45. s. 225-240.

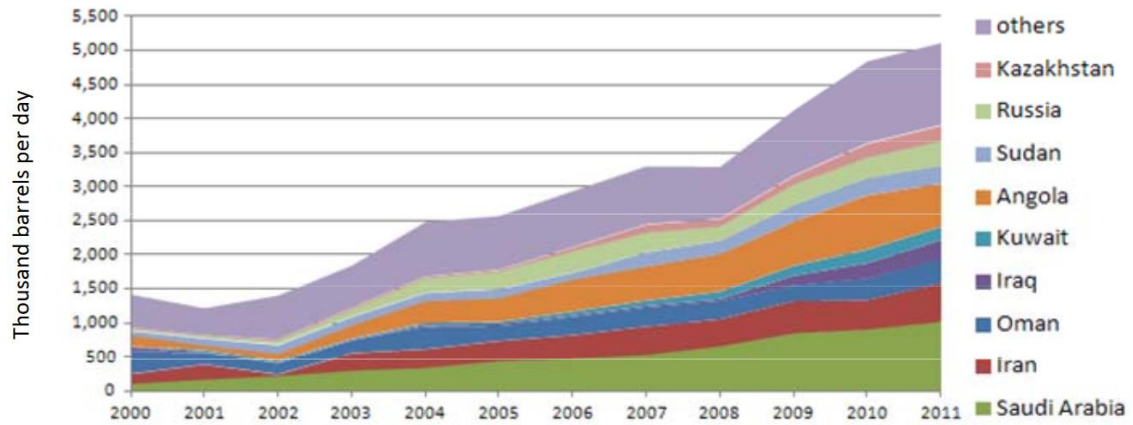
National Renewable Energy Laboratory 2012. *Solar Resources of China*. Saatavilla [https://www.nrel.gov/gis/images/international\\_solar/china\\_solar\\_pv-01.jpg](https://www.nrel.gov/gis/images/international_solar/china_solar_pv-01.jpg)

Pham, Nam D. 2011. *China's Quest for Energy*. U.S. Chamber of Commerce.

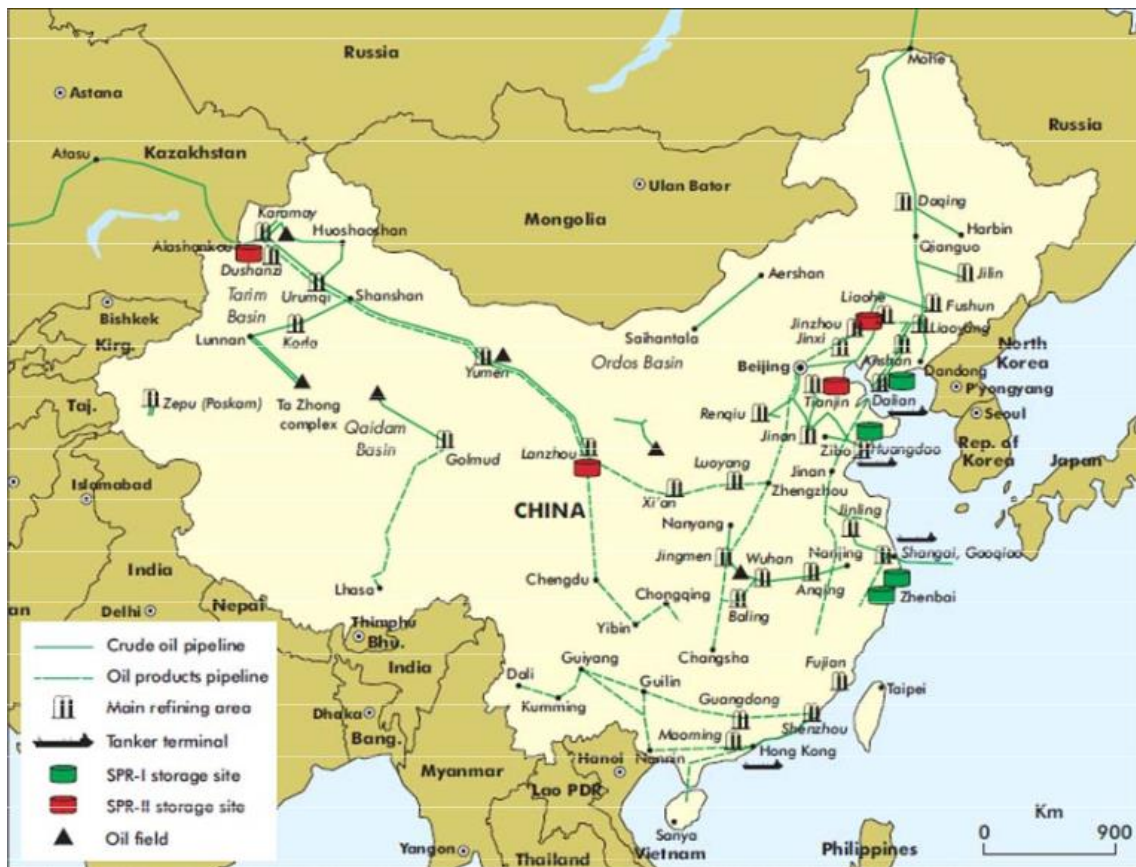
Statista. 2018. *Leading countries in planned solar PV manufacturing capacity in 2017 (in megawatts)*. Saatavilla <https://www.statista.com/statistics/510762/capacity-announcements-of-solar-pv-manufacturing-by-key-country/>

World Nuclear Association. 2017. *Country Profiles: China*. [Viitattu 3.1.2018] Saatavilla <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-power.aspx>

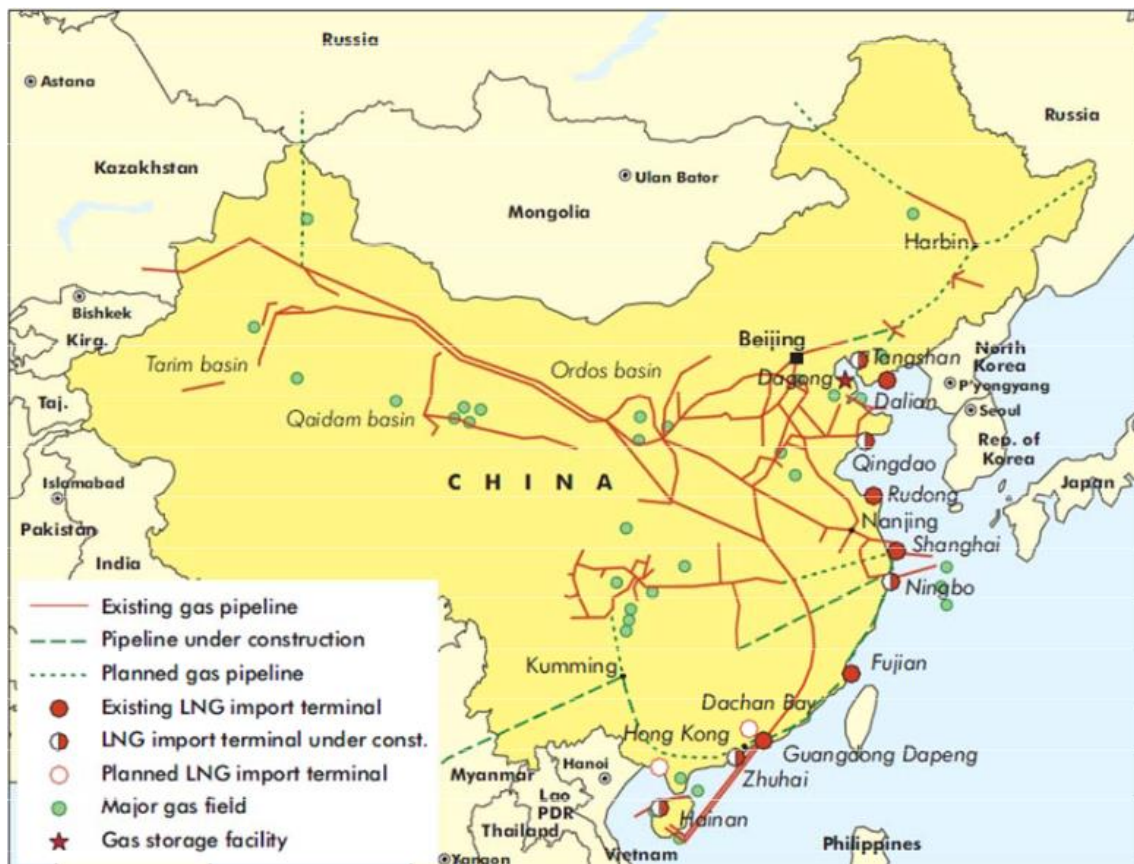
Zhu, Liu. 2016. *Carbon Emission in China*. Heidelberg: Springer. 102s. ISBN 978-3-662-52864-8. Saatavilla <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-662-52864-8>



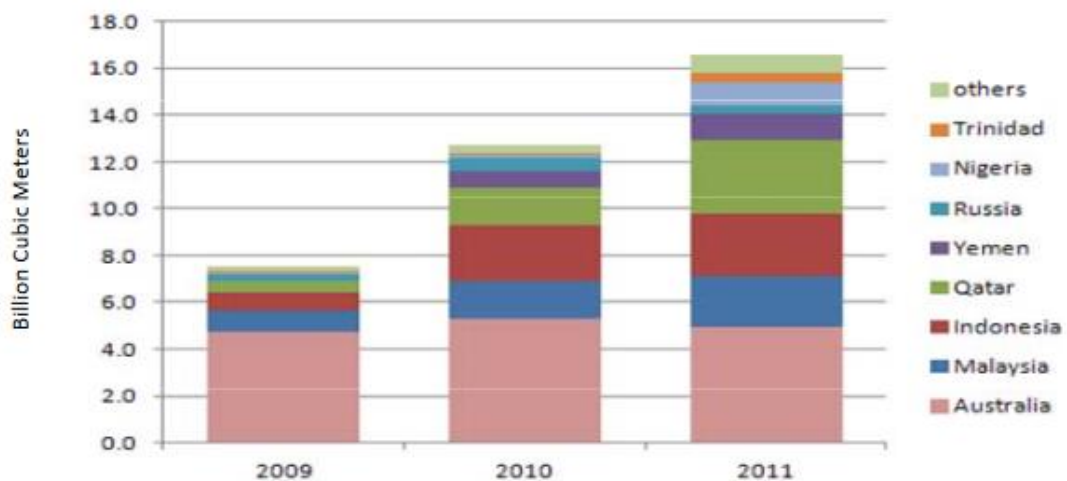
Kuva 1: Raakaöljyn tuonti lähdemaittain 2000-2011. Lähde IEA 2012, 6.



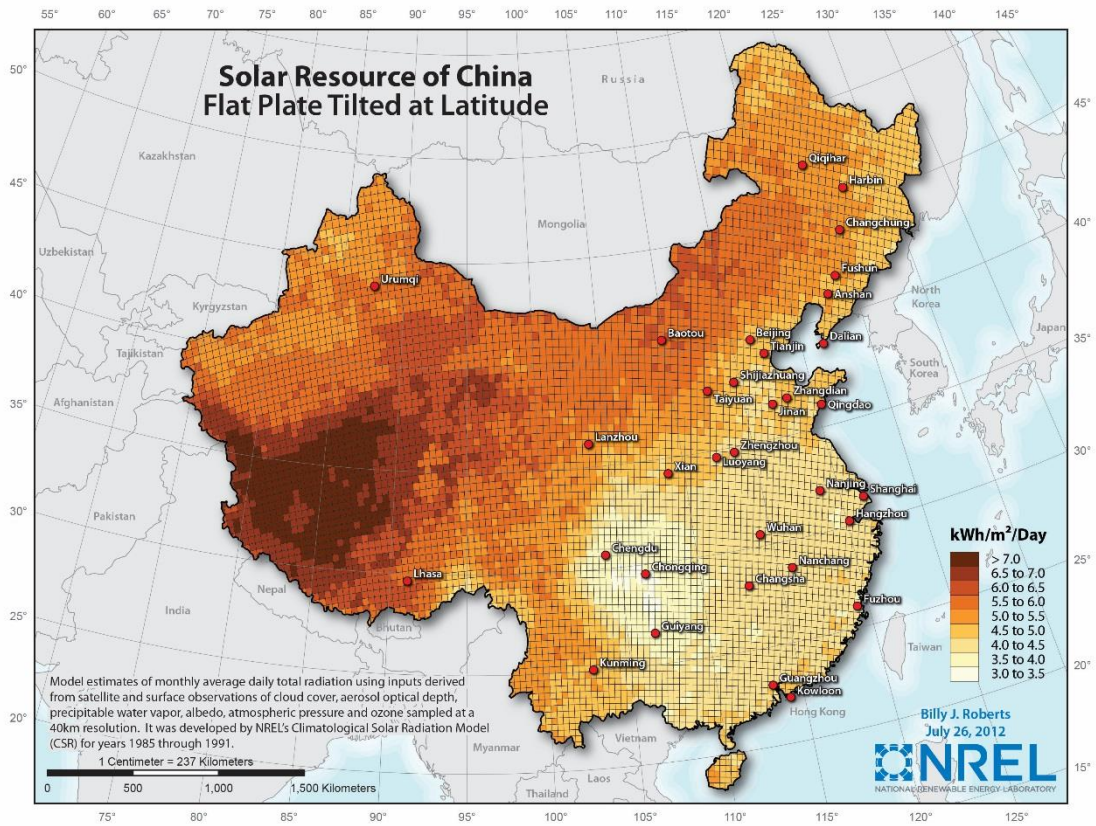
Kuva 2: Kiinan öljysiirtoreitit. Lähde: IEA 2012, 10.



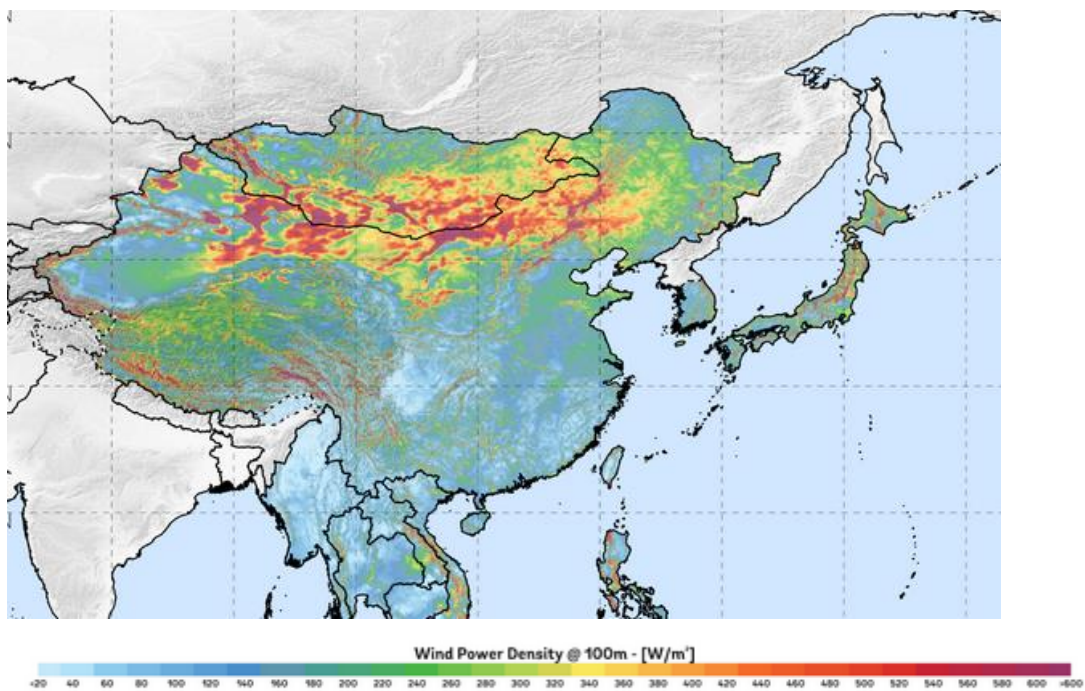
Kuva 3: Kiinan kaasunsuittoreitit. Lähde: IEA 2012, 17.



Kuva 4: LNG:n tuonti lähdemaittain 2009-2011. Lähde IEA 2012, 18.



**Kuva 5:** Kiinan aurinkoenergiapotentiaali. Lähde: National Renewable Energy Laboratory 2012.



**Kuva 6:** Kiinan tuulivoimapotentiaali. Lähde: Global Wind Atlas, 2017.