



Arvioita liuskekaasun kehitysnäkymistä ja vaikutuksista Euroopassa

Juha Forsström | Tiina Koljonen

Arvioita liuskekaasun kehitysnäkymistä ja vaikutuksista Euroopassa

Juha Forsström & Tiina Koljonen

VTT



ISBN 978-951-38-8024-8 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

VTT Technology 104

ISSN-L 2242-1211

ISSN 2242-122X (verkkojulkaisu)

Copyright © VTT 2013

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT

PL 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)

02044 VTT

Puh. 020 722 111, faksi 020 722 7001

VTT

PB 1000 (Teknikvägen 4 A, Esbo)

FI-02044 VTT

Tfn +358 20 722 111, telefax +358 20 722 7001

VTT Technical Research Centre of Finland

P.O. Box 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)

FI-02044 VTT, Finland

Tel. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 7001

Arvioita liuskekaasun kehitysnäkymistä ja vaikutuksista Euroopassa

Juha Forsström & Tiina Koljonen. Espoo 2013. VTT Technology 104. 60 s.

Tiivistelmä

Globaalit maakaasumarkkinat ovat viime vuosina olleet muutosten kohteena, ja kaasumarkkinoiden kehityksen arviointi on tullut entistä haasteellisemmaksi. Yksi merkittävä tekijä maakaasumarkkinoiden mullistuksessa on ollut liuskekaasun tuotannon käynnistyminen Yhdysvalloissa. Tämä on rohkaissut myös monia muita maita, kuten Kiinaa, Puolaa, Etelä-Afrikkaa, Argentiinaa ja Isoa-Britanniaa, arvioimaan omia kaasuresurssejaan uudessa valossa. Liuskekaasun tuotanto Yhdysvaltojen ulkopuolella on kuitenkin merkityksetöntä, ja arvioiden mukaan tilanne pysynee samana vuoteen 2020 asti. Kyseiset valtiot tarvitsevat aikaa kehittää liuskekaasuteollisuutta, jonka osalta kohdataan uudenlaisia teknisiä, geologisia ja säädännöllisiä haasteita. Liuskekaasun tulevaisuuteen vaikuttaa myös julkinen keskustelu ja huoli liuskekaasun tuotantoon liittyvistä sosiaalisista vaikutuksista sekä ympäristöriskeistä, joita ei vielä tunneta tarkasti. Liuskekaasun tuotanto onkin useissa valtioissa kielletty nykyinsäädännöllä, näin esimerkiksi Ranskassa.

Julkaisussa on arvioitu liuskekaasutuotannon näkymiä ja vaikutuksia maakaasumarkkinoihin globaalisti ja Euroopan näkökulmasta. Työ on toteutettu Energiategollisuus ry:n toimeksiannossa helmi–toukokuussa 2013. Selvityksen johtopäätöksenä voidaan todeta

- Epäkonventionaalisten kaasuvarojen käyttö vähentää globaalia kaasukauppaa, koska entistä suurempi osa kysynnästä voidaan tuottaa kuluttavassa maassa.
- Liuskekaasuvarojen hyödyntäminen tuo useampia tuottajia maailmanmarkkinoille, mikä parantaa markkinoiden toimintaa kilpailua lisäämällä.
- Ilman epäkonventionaalisten kaasuvarojen käyttöä niiden maiden merkitys – sellaisten, joilla on suurimmat konventionaaliset varat – kaasukaupassa kasvaa kaasuvarojen niukentuessa. Näitä maita ovat Venäjä, Iran ja Qatar.
- Euroopan konventionaalisen kaasun tuotanto vähenee varojen ehtyessä, mikä merkitsee tuonnin kasvua nykyiselläkin kaasun käyttömäärällä. Omien epäkonventionaalisten kaasuvarojen käytöllä tuontitarpeen kasvun voisi (ainakin periaatteessa) pysäyttää, ehkä kääntääkin. Joka tapauksessa epäkonventionaalisten varojen tuotanto antaa enemmän vaihtoehtoja tuontilähteen valinnalle, vaikkei Eurooppa itse sitä tuottaisikaan.
- Venäjän asema Euroopan kaasunhankinnassa voi muuttua: sekä kaasun hinnoitteluun että markkinaosuuteen kohdistuu suuria muotospaineita.

Kaasun pitkäaikaisten sopimusten öljysidonnaisuudesta siirryttäen kaasukeskeiseen hinnoitteluun ja markkinaosuustaistelu LNG-tuonnin kanssa voi päättyä Venäjän tappioksi laajenevan liuskekaasutuotannon myötä.

Asiasanat shale gas, natural gas, gas resources, gas reserves, LNG, unconventional gas, gas markets

Alkusanat

Tässä selvityksessä on arvioitu liuskekaasun merkitystä erityisesti Euroopan näkökulmasta heijastellen Yhdysvalloissa tapahtunutta maakaasumullistusta. Selvityksessä on esitetty arvioita liuskekaasun teknisesti hyödynnettävistä resursseista ja tuotantopotentiaaleista ottamalla huomioon eri maiden nykyinen lainsäädäntö ja regulaatio. Lisäksi julkaisussa on esitetty näkökulmia liuskekaasumurroksen aiheuttamiin mahdollisiin vaikutuksiin tulevaisuuden maakaasumarkkinoihin sekä Euroopassa että globaalisti. Selvitys perustuu pääasiassa julkisiin lähteisiin, mutta siinä on käytetty myös VTT:n aikaisempia tutkimuksia, jotka liittyvät fossiilisten polttoaineiden resursseihin ja markkinoihin sekä EU:n energiajärjestelmän kehitykseen. Työn ovat toteuttaneet VTT:n erikoistutkija Juha Forsström ja johtava tutkija Tiina Koljonen Energiateollisuus ry:n toimeksiannosta ja projektipäällikkönä hankkeessa toimi Tiina Koljonen. Energiateollisuuden yhteyshenkilö hankkeessa oli johtaja Pertti Salminen.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
Alkusanat.....	4
Lyhenneluettelo	7
1. Johdanto.....	9
2. Maakaasu- ja liuskekaasuvarat sekä liuskekaasun tuotanto	11
2.1 Globaalit maakaasuvarat	11
2.2 Globaalit liuskekaasuvarat	14
2.3 Liuskekaasun tuotanto ja tuotannon kustannukset	15
2.3.1 Liuskekaasuvarat ja tuotanto Yhdysvalloissa.....	17
2.3.2 Euroopan liuskekaasuvarat ja mahdollisuudet tuottaa liuskekaasua	18
2.3.3 Kiinan, Argentiinan ja Etelä-Afrikan liuskekaasunäkymiä.....	20
3. Maakaasumarkkinat	22
3.1 Primäärienergian käyttö	22
3.2 Maakaasun ominaisuuksia.....	23
3.2.1 Konventionaalisen ja epäkonventionaalisen kaasun tuotanto	24
3.3 Maakaasun alueellisten markkinoiden piirteitä.....	25
3.3.1 Pohjois-Amerikka	25
3.3.2 Eurooppa	26
3.3.3 Aasia	31
3.4 Nesteytetyn maakaasun globaalimarkkinat.....	34
3.5 Pohjois-Amerikan liuskekaasuvallankumouksen vaikutukset.....	40
3.5.1 Muutoksia Yhdysvaltojen energiatilanteessa	40
3.5.2 Ryhtyykö Yhdysvallat kaasunviejäksi?	44
3.5.3 Yhdysvaltojen LNG-viennin vaikutus.....	45
3.6 Maakaasun globaaleja tulevaisuusnäkymiä	50

4. Johtopäätökset ja yhteenveto liuskekaasun merkityksestä Euroopalle	56
Lähdeluettelo	58

Lyhenneluettelo

bcm	Billion cubic meters, 10^9 m^3
CBM	Coal Bed Methane. Hiilikerrostumiin sitoutunut metaanikaasu
NGL	Natural Gas Liquids. Kevyet hiilivety-yhdisteet, kuten etaani, propaani ja butaani, joita esiintyy maakaasuesiintymässä ja jotka ovat nesteenä maakaasukentän paineessa
LNG	Liquified Natural Gas, nesteytetty maakaasu
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development. 34 OECD-maahan kuuluvat useimmat EU-maat ja mm. Yhdysvallat, Australia, Kanada, Japani, Etelä-Korea, Meksiko
R/P	Reserves per production, reservien määrä suhteessa toteutuneeseen tuotantoon tietyssä vuonna. R/P-lukua käytetään yleisesti fossiilisten polttoainevarojen riittävyyden arviointiin
tcm	Trillion cubic meters, 10^{12} m^3
U.S. DOE	United States Department of Energy, Yhdysvaltojen hallituksen kabinettitason osasto, joka hallinnoi mm. energiantuotantoa.

Muunnostaulukko 1. Maakaasuesiintymän koko ilmoitetaan yleisimmin yksikössä miljardia kuutiometriä: 1 bcm = 10⁹ m³.

Yksikkö	toe	Wh	J
1 bcm = 10 ⁹ m ³	0,86 Mtoe	10,0 TWh	36 PJ
1 tcm = 10 ¹² m ³	860 Mtoe	10 000 TWh	36 000 PJ

Muunnostaulukko 2. Eri energiayksiköt.

Yksikkö	toe	GJ	MWh	MBtu
1 toe	1	41,87	11,63	39,68
1 GJ	0,02388	1	0,2778	0,948
1 MWh	0,086	3,6	1	3,41
1 MBtu	0,0252	1,055	0,2933	1

Muunnostaulukko 3. Tilavuusyksiköt kuutiojalka [cf] ja kuutiometri [m³].

Yksikkö	cf	m ³
1cf	1	0,0282
1 m ³	35,3	1

1. Johdanto

Maakaasun globaali kulutus on noin kaksinkertaistunut viidessätoista vuodessa, ja vuonna 2011 maakaasun osuus maailman primäärienergian kulutuksesta oli 23 % (BP 2012). Maakaasun käyttöä OECD-maissa on lisännyt etenkin ilmastonmuutoksen hillintä ja siihen liittyvät energia- ja ilmastopoliittiset toimenpiteet sekä kehittyvissä talouksissa nopeasti kasvava energian kysyntä. Toisaalta OECD-maiden omien kaasureservien hupeneminen on herättänyt huolta energiavarmuuden heikentyessä. Liuskekaasun tuotantoon liittyvä tekninen läpimurto ja liuskekaasutuotannon käynnistyminen Yhdysvalloissa on kuitenkin käynnistänyt uuden aikakauden maakaasun tulevaisuuden arvioinneissa. Erityisesti maissa, jotka ovat riippuvaisia kaasun tuonnista ja joissa liuskekaasuesiintymiä on olemassa, maakaasun roolia ollaan arvioimassa uudestaan.

BP:n tilastojen mukaan (BP 2012) maailman suurimmat maakaasun tuottajat ovat Yhdysvallat ja Venäjä. Vuonna 2011 Yhdysvallat tuotti noin 20 % (651 bcm, eli biljoonaa m³, 1 000 miljardia m³) maailman maakaasusta ja Venäjä noin 19 % (607 bcm). Molemmat valtiot kasvattivat kaasuntuotantoaan edellisvuodesta: Yhdysvallat lähes 8 % ja Venäjä noin 3 %. Yhdysvallat ja Venäjä ovat myös maailman suurimmat kaasun kuluttajat, ja sekä Yhdysvalloissa että Venäjällä kaasun kulutus kasvoi edellisvuodesta yli 2 % talouden taantumasta huolimatta. Vuonna 2011 Yhdysvallat kulutti noin 21 % (690 bcm) maailman kaasusta ja Venäjä puolestaan noin 13 % (425 bcm). Venäjällä kaasua riittää siis reilusti vientiin, kun taas Yhdysvaltojen kaasuntuotanto ei vuonna 2011 täysin riittänyt omaan kulutukseen, vaikka liuskekaasun tuotannon käynnistyttyä Yhdysvaltojen kaasun omavaraisuus kasvoi jo yli 90 prosenttiin. Euroopan (eli EU27-alue, Norja ja Sveitsi) kaasunkulutus on poikennut Yhdysvaltojen ja Venäjän tilanteesta. Euroopan oma kaasun tuotanto oli vuonna 2011 251 bcm ja vuoteen 2010 verrattuna tuotanto laski lähes 9 %. Euroopan kaasun kulutus oli 450 bcm, ja vuoteen 2010 verrattuna kaasun kulutus laski lähes 11 %. Syynä kaasunkulutuksen laskuun oli talouden taantuma, ja lisäksi hiilen ja päästöoikeuksien alhaiset hinnat ovat lisänneet hiilen käytön kustannustehokkuutta kaasuun verrattuna.

Liuskekaasuesiintymät ovat maantieteellisesti hajaantuneet, ja erityisen mielenkiintoiseksi liuskekaasun tekee se seikka, että liuskekaasureservejä löytyy maista, jotka ovat riippuvaisia tuontikaasusta. Tämän vuoksi liuskekaasutuotannon käynnistyminen Yhdysvalloissa on herättänyt toiveita maakaasun omavaraisuuden

lisäämisestä sekä Euroopassa että muualla maailmassa. Liuskekaasuesiintymien geologiaa tunnetaan kuitenkin vielä huonosti, eikä kaikilta alueilta ole saatavissa lainkaan tietoa, joten liuskekaasun tulevaisuuden reservejä (eli teknisesti ja taloudellisesti hyödynnettävissä olevia varoja) on hyvin vaikea arvioida. Lisäksi liuskekaasun tuotantoon liittyy ympäristöllisiä ja sosiaalisia riskejä, minkä vuoksi monet valtiot ovat kieltäneet liuskekaasutuotannon lainsäädännöllä tai muulla regulaatiolla.

Yhdysvaltojen liuskekaasun vallankumous on eriyttänyt Pohjois-Amerikan maakaasumarkkinat muiden alueiden maakaasumarkkinoista, mikä näkyy maakaasun markkinahintojen entistä suurempana eriytymisenä. Yhdysvaltojen alhaiset kaasun markkinahinnat ovat lisänneet kannustimia kaasun vientiin, jonka vuoksi useita maakaasun nesteytys Hankkeita on suunnitteilla. Tähän mennessä ainoastaan yksi nesteytys Hankke, Cheniere's Sabine Pass -projekti Meksikonlahdella Louisianassa, on saanut toteutusluvan, kun nesteytetyn maakaasun (LNG) vienti on herättänyt yleistä keskustelua siitä, kuinka paljon LNG:n vienti nostaa maakaasun kotimarkkinahintoja. U.S. Department of Energy (U.S. DOE) onkin selvittämässä LNG-viennin mahdollisia vaikutuksia kaasun hintaan Yhdysvalloissa ennen kuin se käsittelee jonossa olevia hakemuksia kaasun viennistä. LNG-vienti Yhdysvalloista olisi kannattavaa erityisesti Koillis-Aasian markkinoille nykyisillä maakaasun spotmarkkinahintaeroilla (IEA 2012a).

Tässä selvityksessä on esitetty näkemyksiä liuskekaasun vaikutuksista tulevaisuuden maakaasumarkkinoihin ja energijärjestelmien kehityksiin Euroopan, Yhdysvaltojen ja globaalista näkökulmasta. Selvityksessä on käytetty lähteinä vuosina 2010–2013 julkaistuja julkisia raportteja sekä VTT:n omia fossiilisten polttoainoiden kysynnän, tarjonnan ja markkinoiden kehitykseen liittyviä tutkimuksia, joita on esitetty raporteissa Koljonen et al. (2009), Ruska et al. (2012) ja Forsström (2012). Luvussa 2 on esitetty yleisesti maakaasureservit, -resurssit ja liuskekaasun globaalit resurssit sekä liuskekaasun tuotannon teknologiaa ja siihen liittyviä ympäristöllisiä haasteita ja riskejä. Luvussa 3 on esitetty maakaasumarkkinoiden yleistä kehitystä ja arvioitu, mitä muutoksia liuskekaasun tuotanto on tuonut ja on mahdollisesti tuomassa Yhdysvaltojen ja Euroopan maakaasumarkkinoihin. Luvussa 4 on esitetty yhteenveto ja johtopäätökset liuskekaasun vaikutuksista Euroopan näkökulmasta.

2. Maakaasu- ja liuskekaasuvarat sekä liuskekaasun tuotanto

2.1 Globaalit maakaasuvarat

Fossiilisten polttoaineiden varoja luokitellaan **reserveihin ja resursseihin** sekä **konventionaalisiin ja epäkonventionaalisiin** varoihin. Reserveiksi luokitellaan todennetut teknisesti ja taloudellisesti hyödynnettävissä olevat varat (proved reserves). Resursseiksi (resources) luokitellaan geologisesti paikannetut varat, joita ei voida nykyisillä teknisillä ja taloudellisilla reunaehdoilla hyödyntää sekä varat, joita ei ole vielä löydetty, mutta jotka todennäköisesti tullaan löytämään. Konventionaalisen ja epäkonventionaalisen luokittelun perusteena puolestaan käytetään esiintymän geologisia olosuhteita ja hyödyntämisessä käytettyä tekniikkaa. Kumpikaan luokittelu ei ole yksiselitteinen: teknologian kehittyessä ja polttoaineen hinnan kasvaessa resursseja siirtyy reserveihin ja toisaalta tuotantoteknologioiden kehittyessä ennen epäkonventionaalisenä pidetyt varat saatetaan luokitella uudelleen konventionaaliseksi varoiksi.

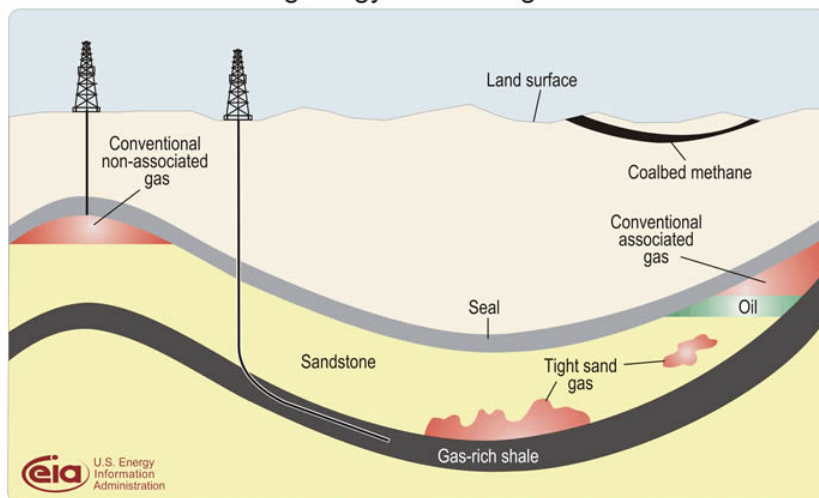
Kuvassa 1 on esitetty maakaasuesiintymien geologia. Maakaasua tuotetaan poraamalla kaasua maankuoren esiintymistä, ja se koostuu pääasiassa metaanista, mutta siinä on pieninä pitoisuuksina muitakin hiilivetyjä kuten butaania, etaania ja propaania. Nämä voidaan myydä omille markkinoilleen, mikä lisää kyseisen kaasukentän kannattavuutta. Konventionaalisisessa maakaasuesiintymässä maakaasu on huokoisessa hiekassa ja karbonaatissa kun taas epäkonventionaalisisessa esiintymässä maaperän läpäisevyys (permeabiliteetti) on pieni, ja siksi kaasun tuotantoa joudutaan stimuloimaan esimerkiksi vesisärötyksellä.

Liuskekaasu luokitellaan epäkonventionaaliseksi esiintymäksi, jonka tuotannon kannattavuuteen on vaikuttanut viime vuosikymmenellä läpimurtonsa saanut ns. horisontaalinen poraaminen. Itse asiassa liuskekaasu (*gas-rich shale tai shale gas*) on maakaasun alkuperäinen lähde, josta kaasu on virrannut muuntotyypisiin esiintymiin. Kaasu voi olla varastointuneena alueelliseen makrohuokoismatriisiin liuskeen sisälle tai liuskeen mikrohuokosiin. Tuotannossa käytetään melkein aina myös horisontaalista poraamista, sillä pelkästään vertikaalisen poraamisen tuotanto on harvoin riittävä ollakseen kannattavaa. Poraamisen lisäksi käytetään myös

veisärötystä (raportissa Ruska et al. 2012 teknologiasta käytetty myös termiä hydraulinen murtaminen).

BP:n (2012) tilastojen mukaan konventionaaliset kaasureservit olivat vuoden 2011 lopussa 208 tcm (triljoonaa m³, 10¹² m³). Vuoteen 2010 verrattuna reservien lisäys oli 12 tcm verrattuna vuoteen 2010 johtuen pääasiassa Turkmenistanin kaasureservien lähes kaksinkertaistumisesta. BP:n lisäksi Oil & Gas Journal julkaisee vuosittain omat reserviarvionsa. Tuorein, vuoden 2012 joulukuussa julkaistu arvio (O&G 2012) oli sama 208 tcm, eli esimerkiksi Yhdysvaltojen kaasureserveihin ei ollut tullut muutoksia. Taulukossa 1 on esitetty arvio teknisesti hyödynnettävistä maakaasuvaroista eri maantieteellisillä alueilla. Maakaasun kokonaisresurssit ovat jopa 790 tcm, eli maakaasun nykyisellä kulutuksella kaasua riittäisi yli 230 vuodeksi. Mikäli tarkastellaan nykyisiä kaasureservejä (eli tänään teknisesti ja taloudellisesti hyödynnettäviä varoja), maakaasuvarat riittäisivät 150 vuodeksi. Jälkimmäinen on ns. R/P-arvo (*reserves per production*), jota käytetään yleisesti fossiilisten varojen arviointiin. Tässä yhteydessä tulee huomioida, että erityisesti epäkonventionaalisten varojen arviointiin liittyy merkittävää epävarmuutta. Hyvä yhteenveto liuskekaasun arvioiduista varoista eri lähteiden perusteella on esitetty Joint Research Centerin (JRC 2012) raportissa, josta käy hyvin ilmi, että eri lähteet arvioivat liuskekaasun teknisesti hyödynnettävän potentiaalin suhteessa kokonaispotentiaaliin eri lähtökohdista. IEA:n arvio edustaa kuitenkin keskiarvoa, ja sitä voi pitää nykyisen tietämyksen valossa hyvänä arviona.

Schematic geology of natural gas resources



Kuva 1. Maakaasuesiintymien geologia. Coalbed methane: epäkonventionaalinen kaasu, joka on hiilijuonteeseen adsorboitunutta kaasua; tight gas: epäkonventionaalinen kaasu, jossa esiintymä on pienihuokoisessa hiekkakivessä tai karbonaatissa. Associated gas: konventionaalinen kaasu, jossa kaasuesiintymä on öljyesiintymän yhteydessä (kuva: http://www.eia.doe.gov/oil_gas/natural_gas/special/ngresources/ngresources.html).

Taulukko 1. Arvio teknisesti hyödynnettävistä maakaasuvaroista (lähde: IEA 2012a).

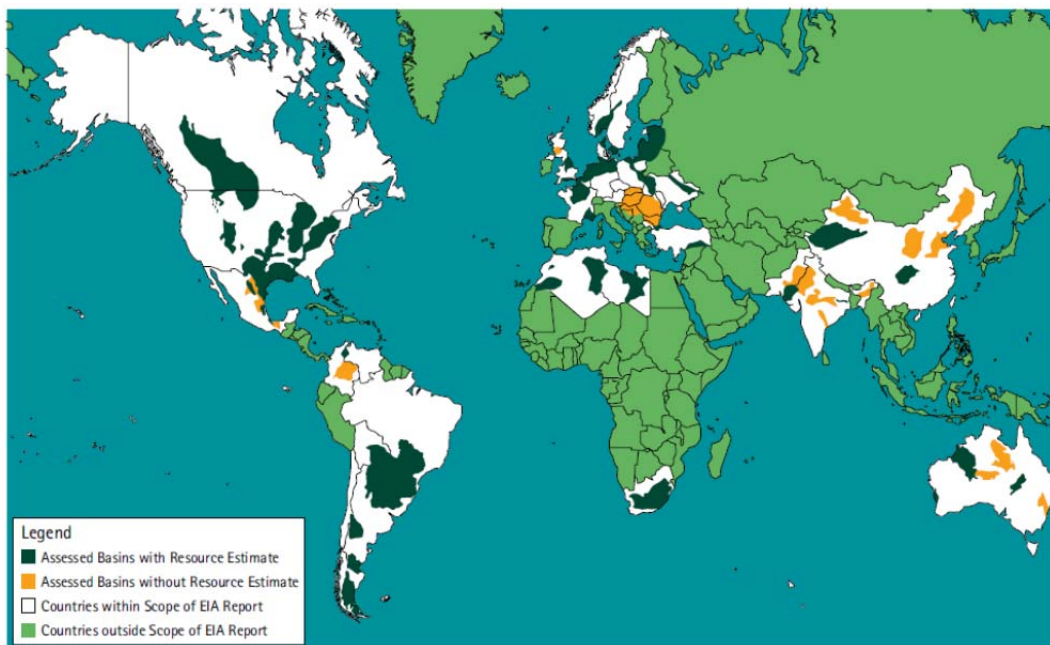
Alue	Konventionaalinen tcm (10^{12} m ³)	Epäkonventionaalinen, tcm (10^{12} m ³)				Yhteensä tcm (10^{12} m ³)
		Tight gas ¹⁾	Liuskekaasu	CBM ²⁾	Sub-total	
Itä-Eurooppa & Euraasia	144	11	12	20	44	187
Lähi-itä	125	9	4	-	12	137
Aasia	43	21	57	16	94	137
OECD-Amerikka	47	11	47	9	67	114
Afrikka	49	10	30	0	40	88
Latin-Amerikka	32	15	33	-	48	80
OECD Eurooppa	24	4	16	2	22	46
Yhteensä	462	81	200	47	328	790

¹⁾ "Tiukka kaasu", ²⁾ Coal Bed Methane

IEA:n (IEA 2012a) arvion mukaan maakaasuresurssit riittävät reilusti kattamaan myös kasvavan kaasun kysynnän. Arvioon liittyy kuitenkin merkittävä epävarmuustekijä: IEA:n arviossa oletetaan, että vuoteen 2035 mennessä lähes puolet maakaasun tuotannon kasvusta olisi lähtöisin epäkonventionaalisista varoista eli lähinnä liuskekaasun tuotannosta.

2.2 Globaalit liuskekaasuvarat

Kattavin julkinen selvitys liuskekaasuvaroista on U.S. Energy Information Administrationin (EIA) vuonna 2011 julkaisema selvitys, jossa on esitetty arviot 38 maan liuskekaasuresursseista. Kuvasta 2 nähdään, että lähes kaikista tutkimukseen sisällytetyistä alueista löytyy liuskekaasua. Taulukossa 2 on esitetty maittain kymmenen suurinta teknisesti hyödynnettävää liuskekaasuresurssia. Ylivoimaisesti eniten liuskekaasua on arvioitu olevan Kiinassa ja toiseksi eniten Yhdysvalloissa. Taulukosta nähdään, että yksikään Euroopan liuskekaasuesiintymä ei yllä kymmenen suurimman joukkoon, vaikkakin Puola ja Ranska yltävät sijoille 11 ja 12. Yhdysvaltojen ja Euroopan liuskekaasureservejä ja -tuotantoa on käsitelty tarkemmin luvuissa 3.3.1 ja 3.3.2 ja muiden merkittävien liuskekaasualueiden osalta on esitetty lyhyt yhteenveto.



Kuva 2. EIA:n esittämät 48 suurta teknisesti hyödynnettävää liuskekaasuesiintymää 38 maassa (lähteet: EIA 2011, Accenture 2012).

Taulukko 2. Arvioidut teknisesti hyödynnettävät liuskekaasuresurssit maittain ja maakaasun tuotanto, kulutus sekä omavaraisuus vuoden 2011 tilastojen mukaan (lähteet: EIA 2011, BP 2012).

	Maakaasu 2011 tilastojen mukaan			Todennetut maakaasu-reservit tcm (10 ¹² m ³)	Teknisesti hyödynnettävät liuskekaasuresurssit tcm (10 ¹² m ³)
	Tuotanto bcm (10 ⁹ m ³)	Kulutus bcm (10 ⁹ m ³)	Tuotanto/ Kulutus %		
Kiina	103	131	78	3,1	36
USA	651	690	94	8,5	24
Argentiina	39	47	82	0,3	22
Meksiko	53	69	77	0,4	19
Etelä-Afrikka	0	4	0	-	14
Australia	45	26	173	3,8	11
Kanada	161	105	153	2,0	11
Libya	4	0	-	1,5	8
Algeria	78	28	279	4,5	7
Brasilia	17	27	63	0,5	6
10 yhteensä	1 149	995	115	24,6	159
Globaalisti yhteensä	3 276	3 223	102	208,4	188

Taulukossa 2 on esitetty myös kyseisten maiden omavaraisuusaste (tuotanto/kulutus) maakaasun osalta. Taulukosta nähdään, että Etelä-Afrikkaa lukuun ottamatta kaikkien maat ovat jo nykyisin yli 60-prosenttisesti omavaraisia maakaasun suhteen. Vastaava vertailu Euroopan osalta on esitetty Taulukossa 3, josta nähdään, että tilanne on hyvin erilainen Euroopassa.

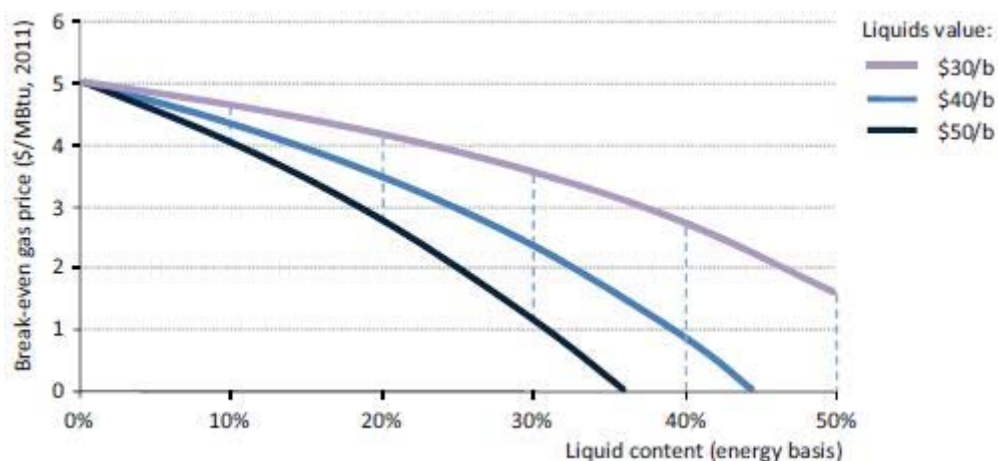
2.3 Liuskekaasun tuotanto ja tuotannon kustannukset

Liuskekaasun tuotanto on massiivista teollista toimintaa, jonka ympäristövaikutukset ovat suuremmat kuin konventionaalisen kaasun tuotannon. Kaasun poraus vaatii useampia kaivoja kuin konventionaalisen kaasun ja lisäksi yleensä vesisäilytystä. Ongelmaksi on muodostunut liuskekaasun tuotantoon liittyvät sosiaaliset ja ympäristövaikutukset tuotannon mittavan maan- ja vedenkäytön vuoksi. Lisäksi huolena ovat liuskekaasun tuotannon ympäristöpäästöt eli ilmapäästöt, pinta- ja pohjavesien saastuminen sekä metaanipäästöt.

Liuskekaasun tuotannolle on tyypillistä kaasuntuotannon nopea hiipuminen, koska yhden porauskaivon kaasusta suurin osa tuotetaan parin ensimmäisen vuoden aikana (ks. kuva 7). Tämän vuoksi investointipäätöksenteko riippuu pitkälti

siitä, kattaako porauskaivon kaasuntuotto investoinnit uuteen infrastruktuuriin. Liuskekaasutuotannon kannattavuus paranee merkittävästi, jos liuskekaasun sivutuotteena saadaan nestekaasuja (NGL), kuten etaania, butaania ja/tai propaania sekä muita hiilivetykondensaatteja. Tällöin puhutaan ns. märästä kaasusta (*wet gas*) kuivan kaasun (*dry gas*) sijasta. NGL:n hinta indeksoidaan yleisesti öljyn hintaan, jolloin liuskekaasun tuotannon kannattavuus paranee merkittävästi. Kuvassa 3 on esitetty liuskekaasutuotannon kannattavuus maakaasun hinnan ja kaasun NGL-pitoisuuden funktiona. Kuvan mukaan kuivan kaasun tapauksessa (liquid content 0 %) kaasun hinnan tulisi olla yli 17 \$/MWh (5 \$/MBtu), jotta liuskekaasun tuotanto olisi kannattavaa. Yhdysvaltojen Henry Hub-pörssihiinnat (vrt. luku 3) ovat olleet liuskekaasutuotannon vallankumouksen jälkeen 3–4 \$/MBtu, joka on selvä merkki NGL-tuotannosta liuskekaasun yhteydessä.

Eniten kritiikkiä liuskekaasutuotannon osalta on herättänyt vesihuolto. Tyypillinen liuskekaasukaivo käyttää noin 20 000 m³ vettä, josta suuri osa pumpataan porauskaivon hiekan ja kemikaalien kanssa, ja loput vedestä kuluu kaivon porausvaiheessa. Vaikka suuri osa vedestä voidaan kierrättää, liuskekaasuntuotanto vaatii myös lisävettä. Puhtaan lisäveden tarve on huolenaihe erityisesti alueilla, joissa on suuri vedentarve. Toinen huolenaihe on veden pinta- ja pohjavesien saastuminen. Massachusetts Institute of Technologyn tekemän selvityksen mukaan riski on kuitenkin hyvin vähäinen (MIT 2011). Kolmas kritiikin aihe kohdistuu jäteveden käsittelyyn. Noin prosentti käytetystä vedestä nousee maanpinnalle jokaista kaivoa kohden, ja tämä jätevesi on erittäin saastunutta ja voi saastuttaa pohjaveidet, mikäli jätevettä ei oteta tarkasti talteen (Accenture 2012).



Kuva 3. Liuskekaasuinvestoinnin kannattavuus kaasun markkinahinnan ja kaasun sivutuotehiilivetyjen funktiona. 1 \$/MBtu =3,41 \$/MWh; 5 \$/MBtu = 17,05 \$/MWh). Liquids value: \$/barreli (lähde: IEA 2012a).

Suurimmat liuskekaasun tuottajat IEA-skenaariossa (IEA 2012a) olisivat Yhdysvallat, Kiina ja Australia. Liuskekaasuvaroja kuitenkin vasta kartoitetaan, ja lisäksi liuskekaasutuotantoon liittyvien ympäristö- ja sosiaalisten riskien vuoksi liuskekaasun tuotanto on useissa maissa kielletty. Accenturen (2012) arvion mukaan liuskekaasun tuotannon käynnistyminen muualla kuin Yhdysvalloissa onkin epätoennäköistä ennen vuotta 2020. Tosin muitakin arvioita on esiintynyt, lähinnä positiivisempia esimerkiksi Kiinan ja Puolan osalta. Toisaalta, jos liuskekaasuvarantojen geologia kyetään kartoittamaan, lainsäädäntö ja muut kansalliset säädökset pystytään muuttamaan ja lisäksi investoimaan liuskekaasutuotannon vaatimaan infrastruktuuriin riittävän ajoissa, IEA:n skenaario epäkonventionaalisen kaasutuotannon kasvusta voisi toteutuakin. Esimerkkinä voidaan mainita, että liuskekaasutuotanto käynnistyi Yhdysvalloissa 2000-luvun alussa, ja vuonna 2007 USA:n kaasutuotannosta jo noin puolet saatiin epäkonventionaalisista esiintymistä.

2.3.1 Liuskekaasuvarat ja tuotanto Yhdysvalloissa

Yhdysvaltojen liuskekaasuvarat sijaitsevat 48 osavaltion alueella, joista suurin esiintymä on Marcellus-kenttä koillisosassa maata. Liuskekaasun tuotanto on lisääntynyt äärimmäisen nopeasti: vuonna 2000 tuotanto oli noin 11 bcm ja vuonna 2010 140 bcm, joten on ymmärrettävää, että voidaan puhua jopa liuskekaasuvallankumouksesta. Huomioitavaa myös on, että jaksolla 80 % kasvusta 2000–2009 oli peräisin yhdestä kentästä, eli Barnett-esiintymästä Teksasin Fort Worth-alueella. Nykyisin tuotantoa on lisäksi mm. Fayetteville-, Woodford- ja Marcellus-kentillä (ks. kuva 4).

Nykyisin Yhdysvaltojen liuskekaasuteollisuuden kohdistuva regulaatio on hajanaisista ja suhteellisen ”kevyttä”, mutta näköpiirissä on, että regulaatiota tiukennetaan nykyisestä. Esimerkiksi New York on lykännyt uusien lupien myöntämistä uudelle liuskekaasutuotannolle, kunnes selvitykset liuskekaasutuotannon ympäristövaikutuksista ovat ehtineet valmistua. Selvityksiin on sisällynyt myös yleinen kuuleminen, joka päättyi vuonna 2012. Vuonna 2011 New Yorkin kuvernööri julisti myös kolmivuotisen toimeksiannon, jossa arvioidaan Marcellus-liuskekaasukentän tuotannon taloudellisia ja ympäristövaikutuksia. Ennen selvityksen valmistumista ei uusia porauslupia myönnetä. Vastaavia tilanteita on useissa muissakin osavaltioissa, ja uutta lainsäädäntöä sekä regulaatiota ollaan valmistelemassa, niillä vastataan lisääntyvän kaasutuotannon riskeihin (Accenture 2012).

Yhdysvaltojen liuskekaasutuotantoon liittyy siten merkittäviä haasteita lähitulevaisuudessa. On epäselvää, kuinka kauan Yhdysvaltojen liuskekaasutuotanto pystytään pitämään nykytasolla, jos uusia porauslupia ei myönnetä, koska käytössä olevat liuskekaasukaivot ehtyvät jo muutamissa vuosissa. Epäselvää myös on, kuinka paljon Yhdysvaltojen liuskekaasuesiintymistä on ns. märkiä esiintymiä. IEA:n arvion mukaan parhaiden liuskekaasuesiintymien tuotanto hiipui jo ennen vuotta 2020, jonka jälkeen tuotanto siirtyy kuivan kaasun kentille (IEA 2012a). Molempien seikkojen vuoksi Yhdysvaltojen nykyiset alhaiset kaasuhinnat ovat tuskin pysyvä ilmiö.



Kuva 4. Yhdysvaltojen liuskekaasuesiintymät (lähteet: EIA 2011, Accenture 2012).

2.3.2 Euroopan liuskekaasuvarat ja mahdollisuudet tuottaa liuskekaasua

Euroopan suurimmat liuskekaasuesiintymät sijaitsevat Puolassa ja Ranskassa (ks. Taulukko 3). Arvioiden mukaan teknisesti hyödynnettävät liuskekaasuresurssit koko Euroopassa ovat noin 18 tcm eli kolminkertaiset verrattuna nykyisiin todennettuihin maakaasuresursseihin ja siinä mielessä varsin mittavat. Euroopan liuskekaasuesiintymien geologia on kuitenkin epäedullisempi kaasun tuotantoon verrattuna Yhdysvaltojen tilanteeseen: liuskekaasuesiintymät ovat syvemmällä, liuske on savipitoisempaa ja soveltuu huonommin hydrauliseen murtamiseen ja lisäksi Euroopasta on saatavilla rajoitetusti kentätietoa. Merkittävä pullonkaula liuskekaasutuotannon näkökulmasta on myös lainsäädännön ja muun säädännön puuttuminen. Euroopassa erityisesti ympäristölainsäädäntö on tiukka, mutta myös maankäyttöön liittyvä regulaatio on haasteellinen liuskekaasutuotannon osalta (liuskekaasun tuotanto vaatii laajat maa-alat ja Eurooppa on keskimäärin tiheästi asuttu). Lisäksi Euroopassa uusien toimijoiden markkinoille tulo on vaikeampaa kuin Yhdysvalloissa institutionaalisten rakenteiden vuoksi.

Liuskekaasutoiminta on aktiivisinta **Puolassa**, joka on myös riippuvainen Venäjän kaasun tuonnista. Puolan liuskekaasuresurssit sijaitsevat pääosin ns. Baltic-Podlasie-Lublin-sedimentaatiokerroksessa. Maaliskuussa 2012 Polish Geological Institute pystyi vahvistamaan kyseisellä kentällä noin 2 tcm:n reservit US Geological Surveyn tukemassa tutkimushankkeessa. Puolan liuskekaasuesiintymä on

noin kaksi kertaa syvemmällä kuin Marcellus-esiintymässä Yhdysvalloissa, joka johtanee korkeampiin porauskustannuksiin ja vedentarpeeseen. Puolassa on kuitenkin ollut vilkasta liuskekaasurintamalla: yli 100 liuskekaasun kenttätutkimusorganisaatiota on saanut luvan toimintaansa ja lähes 30 uutta anomusta on käsiteltyssä. Puolassa toimivat aktiivisesti kansainväliset öljy-yhtiöt, joten ei ole yllättävää, että ConocoPhillips porasi ensimmäisen tutkimuskaivon Puolassa. Tähän mennessä 20–30 tutkimuskaivoa on porattu ja vuoteen 2017 mennessä on suunniteltu 123 kaivon poraamista. Testattujen kaivojen tulokset eivät kuitenkaan ole olleet lupaavia – kaasuntuotanto on huomattavasti vähäisempää kuin Yhdysvaltojen vastaavissa esiintymissä, minkä vuoksi liuskekaasun tuotanto ei vaikuta taloudellisesti kannattavalta. Puolan hallitus kuitenkin voimakkaasti edistää liuskekaasuhankkeita.

Euroopan toiseksi suurimmat liuskekaasuesiintymät sijaitsevat **Ranskassa**. Liuskekaasun tuotanto on kuitenkin kielletty nykyisellä lainsäädännöllä, joten liuskekaasun tuotanto Ranskassa vaikuttaa hyvin epätodennäköiseltä. Ranskan presidentti Hollande lausui syyskuussa 2012: “As far as the exploration and exploitation of non-conventional hydrocarbons is concerned, this will be my policy throughout my [five-year] term of office.” (FT 2012)

Taulukko 3. Arvioidut teknisesti hyödynnettävät liuskekaasuresurssit maittain ja maakaasun tuotanto, kulutus sekä omavaraisuus vuoden 2011 tilastojen mukaan (lähteet: EIA 2011, BP 2012).

	Maakaasu 2011 tilastojen mukaan			Todennetut maakaasureservit tcm (10 ¹² m ³)	Teknisesti hyödynnettävät liuskekaasuresurssit tcm (10 ⁹ m ³)
	Tuotanto bcm (10 ⁹ m ³)	Kulutus bcm (10 ⁹ m ³)	Tuotanto/ Kulutus %		
Puola	4,3	15,4	28	0,16	5,3
Ranska		40,3	0	0,01	5,1
Norja	101,4	4,0	2535	2,04	2,4
Ukraina	18,2	53,7	34	1,10	1,2
Ruotsi		1,3	0		1,2
Tanska	7,1	4,2	169	0,06	0,7
Iso-Britannia	45,2	80,2	56	0,25	0,6
Alankomaat	64,2	38,1	169	1,39	0,5
Turkki		45,7	0	0,01	0,4
Saksa	10,0	72,5	14	0,18	0,2
Liettua		3,4	0		0,1
Muut			-	0,08	0,5
Eurooppa yhteensä	1036	1125	92	5,27	18,1

Isossa-Britanniassa on myönnetty väliaikainen lupa hydrauliselle murtamiselle, jotta Ison-Britannian liuskekaasuvarojen taloudellista hyödynnettävyyttä voidaan arvioida tarkemmin. Valmistuneen selvityksen mukaan liuskekaasun tuotanto voisi olla kannattavaa kaasun markkinahinnan ylittäessä \$9/Mcf (30 \$/MWh), mutta suuri este tuotannon käynnistämiseksi on yleinen vastustus hydraulisen murtamisen mahdollisten ympäristövaikutusten vuoksi ja lisäksi NIMBY-ilmiö (Not In My Backyard) (O&G 2013a).

Vuoden 2013 alussa uutisoitiin **Ukrainan** liuskekaasuesiintymien hyödyntämisestä, kun Ukrainan hallitus ja Shell allekirjoittivat 10 miljardin dollarin tuotantosopimuksen, joka on voimassa 50 vuotta. Myös Chevronilla on Ukrainassa lupa kehittää liuskekaasutuotantoa, ja sen odotetaan allekirjoittavan samantyyppisen sopimuksen kuin Shell. Ukrainan tilanne on hyvin samantapainen kuin Puolan, eli sillä on suuri tarve irtautua Venäjän kaasun tuonnista (NY Times 2013)..

2.3.3 Kiinan, Argentiinan ja Etelä-Afrikan liuskekaasunäkymiä

Kiinan hallitus on halunnut edistää yleisesti epäkonventionaalisen kaasun tuotantoa ja se on asettanut kunnianhimoiset tavoitteet kivihiiheen sitoutuneen (CBM) kaasun ja liuskekaasun tuotannolle Kiinan 12. viisivuotissuunnitelmassa. Vuonna 2011 Kiinan oma kaasuntuotanto oli 103 bcm ja kulutus 131 bcm (BP 2012), ja esimerkiksi IEA:n (2012a) arvioiden mukaan Kiinan kaasunkulutus kasvaisi eniten maailmassa vuoteen 2035 mennessä (vrt. kuva 6). Joulukuussa 2011 Kiinan hallitus hyväksyi liuskekaasun uudentyypiseksi varannoksi, jota hallinnoidaan erillään konventionaalista kaasusta. Kiinan tavoitteena on lisätä liuskekaasun ja muun epäkonventionaalisen kaasun tuotantoa 230 bcm:in vuoteen 2035 mennessä, mikä korvaisi hiipuvaa konventionaalisen kaasun tuotantoa Kiinassa. Tavoitteena on, että kaasuntuotanto Kiinassa kasvaisi nykyisestä kolminkertaiseksi ja liuskekaasun vuosituotannon tavoitteeksi on asetettu 6,5 bcm vuodessa (O&G 2013b). Maaliskuussa 2013 Kiinan hallitus myönsi yhteisen liuskekaasutuotantoluvan Shellille ja China National Petroleum Corporationille (CNPC). Luvan myötä vuonna 2013–14 käynnistyvät intensiiviset koeporaukset Foshun-Yongchuan-esiintymällä, joka sijaitsee Sichuan-sedimentaatiokerroksessa (O&J 2013b).

Argentiinassa on maailman kolmanneksi suurimmat liuskekaasuvarat. Suurin liuskekaasuesiintymä on Vaca Muerta, jossa arvioiden mukaan voisi olla noin kolmannes (7 tcm) Argentiinan liuskekaasuresursista. Argentiinasta löytyy kuitenkin sekä konventionaalisia että muita epäkonventionaalisia öljy- ja kaasuvaroja (esim. liuskeöljyä), joten nähtäväksi jää, ryhdytäänkö Argentiinassa tuottamaan liuskekaasua.

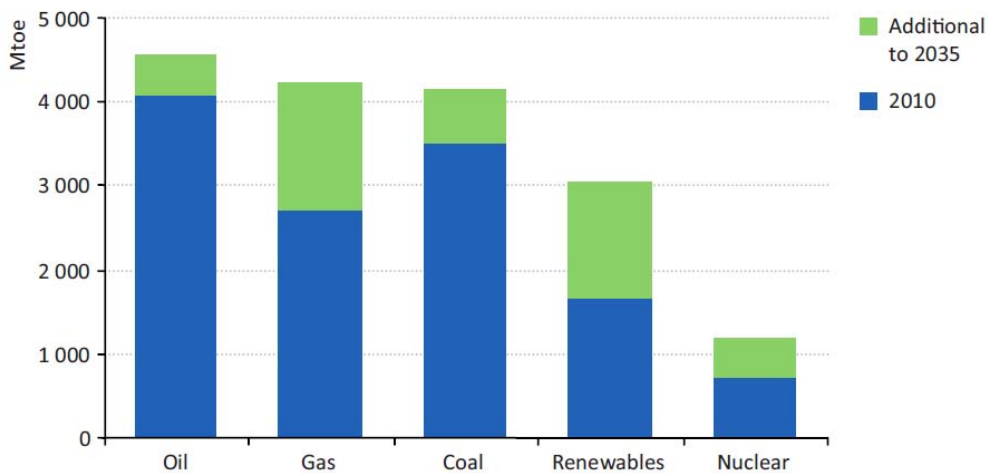
Etelä-Afrikassa on maailman viidenneksi suurimmat arvioidut liuskekaasuvarat ja lisäksi Etelä-Afrikan tilanteen tekee mielenkiintoiseksi kansainvälisten öljy-yhtiöiden aktiivisuus. Syyskuussa 2012 Etelä-Afrikan hallitus perui kiellon käyttäa vesisärötystä maaperällään, ja parhaillaan useat yhtiöt ovat suunnittelemassa koeporauksia Karoo-liuskekaasuesiintymällä, jonka laajuus kattaisi arvioiden mukaan jopa 2/3 Etelä-Afrikan pinta-alasta. Tähän mennessä Etelä-Afrikka on kuitenkin

kin myöntänyt ainoastaan teknisiä lupia, joiden myötä arvioidaan liuskekaasun teknistaloudellista tuotantopotentiaalia. Lisäksi vedenkäyttöön liittyvä regulaatio on suurennuslasin alla, mutta toisaalta liuskekaasuesiintymät eivät ole niin syvällä kuin esimerkiksi Euroopassa (O&G 2013).

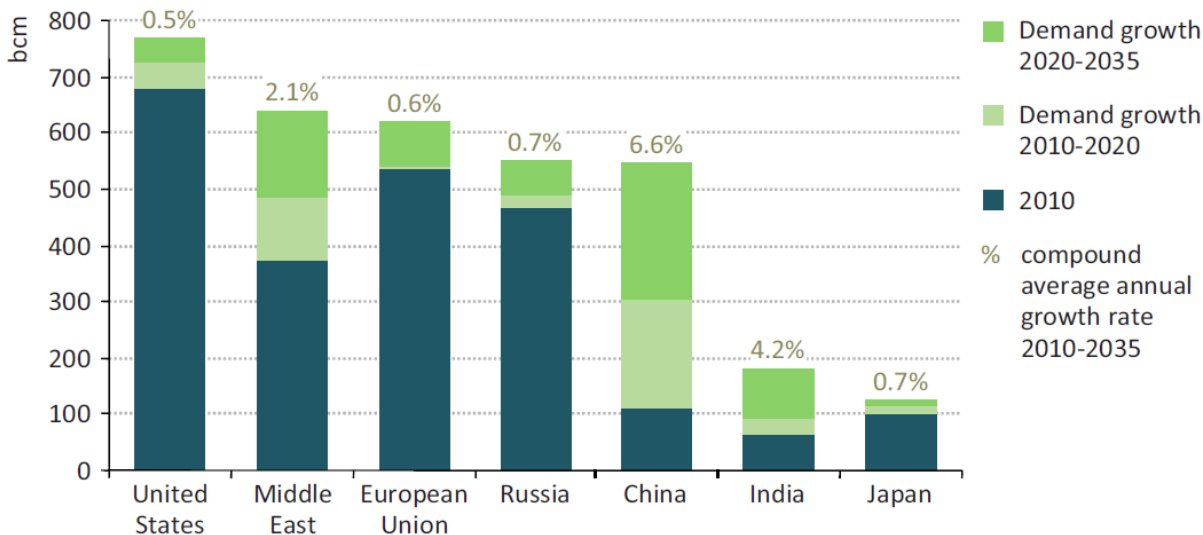
3. Maakaasumarkkinat

3.1 Primäärienergian käyttö

Tarkastellaan aluksi lyhyesti maailman primäärienergian käyttöä ja kaasun osuutta siinä IEA:n skenaariotarkastelujen perusteella. Esiteltävät tapaukset liittyvät New Policies -skenaarioon.



Kuva 5. Maailman primäärienergian käyttö IEA:n mukaan (lähde: IEA 2012b).



Kuva 6. Maakaasun käyttö IEA:n mukaan (lähde: IEA 2012a).

Kuvan 5 mukaan maakaasu ja uusiutuvat energialähteet ovat ne primäärienergianlähteet, jotka kasvavat nopeimmin tulevina vuosikymmeninä. Kaasun käyttö kasvaa erityisesti Kiinassa, Intiassa ja Lähi-idässä eli maissa, joissa energian käyttö muutoinkin tulee kasvamaan nopeasti. Kaasulle ennakoidaan siis vahvaa kysyntää, mutta pystyykö kaasun tuotantokoneisto vastaamaan tähän tarpeeseen?

3.2 Maakaasun ominaisuuksia

Maakaasulla on ominaisuuksia, jotka tekevät siitä erinomaisen polttoaineen. Maakaasu

- on vähähiilisin fossiilipolttoaine
- palaa puhtaasti ja tehokkaasti
- on tuotettavissa suhteellisen edullisin kustannuksin konventionaalisissa esiintymissä.

Maakaasun energiataloudellisesti epäedullinen piirre on sen kaasumaisesta olo muodosta johtuva alhainen energiatiheys. Sen vuoksi sekä sen varastoiminen että kuljettaminen vaativat mittavat rakenteet, jotka ovat kalliita. Nämä piirteet ovat syynä siihen, että maakaasun markkinat ovat alueelliset eivätkä globaalit kuten öljyllä.

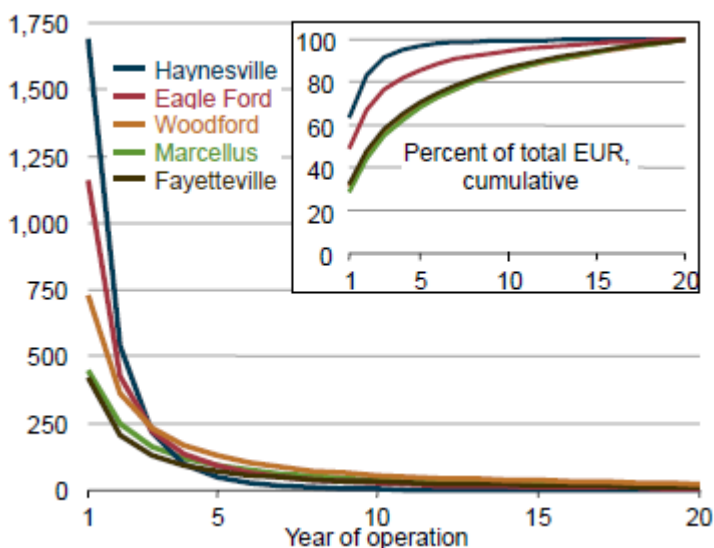
Nesteytetty maakaasu eli LNG (Liquefied Natural Gas) on maakaasua, joka on jäädytetty lämpötilaan -162 °C , missä se nesteytyy ilmakehän paineessa. Kaasumaiseen olomuotoon verrattuna LNG:n energiatiheys on 600-kertainen. Tiheyden kasvu mahdollistaa merikuljetukset kaukaisille markkinoille erityisrakenteisissa laivoissa.

LNG:n tuotantoketju alkaa kaasukentältä, josta kaasu kuljetetaan nesteytyslaitokselle, jossa kaasu prosessoidaan ja kylmennetään nesteeksi. Nesteytetty kaasu säilytetään lastauslaiturin vieressä eristetyissä tankeissa, joista se on helppo siirtää LNG-tankkeriin. Vastaanottosatamassa LNG siirretään varastotankkeihin ennen uudelleen kaasuttamista ja syöttöä kaasunjakeluverkostoon.

Jo pitkään on uumoiltu, että nesteytettynä kaasun kauppa voisi kehittyä vähä vähältä joustavammaksi ja ajan myötä kaasumarkkinoista voi muodostua globaali markkina.

3.2.1 Konventionaalisen ja epäkonventionaalisen kaasun tuotanto

Kaasun tuotanto konventionaalisesta esiintymästä poikkeaa liuskekaasuesiintymän tuotannosta siinä, että viime mainitussa tapauksessa, kuva 7, kaasun tuotanto vähenee voimakkaasti heti tuotannon alusta lähtien. Konventionaalisesta esiintymästä tuotettaessa kaasun tuotanto ei ole yhtä alkupainotteista kuin liuskekaasulla.



Kuva 7. Arvioidut tuotantomäärät ja -profiilit tietyillä yhdysvaltalaisilla liuskekaasukentillä. Yksikkö miljardi kuutiojalkaa per kaivo.

Jotta liuskekaasuesiintymästä saadaan riittävän suuri ja tasainen kaasuvirta, on kaivoja porattava paljon. Kuvan 7 mukaan osa kaivoista ehtyy jo viidessä vuodessa.

3.3 Maakaasun alueellisten markkinoiden piirteitä

Maapallolla on kolme alueellista kaasumarkkinaa. Ne ovat Pohjois-Amerikka, Eurooppa (Euraasia) ja Aasia.

3.3.1 Pohjois-Amerikka

Kanada, Yhdysvallat ja Meksiko muodostavat Pohjois-Amerikan kaasumarkkinat. Seuraavassa on lyhyt luonnehdinta kustakin maasta.

Yhdysvalloissa pitkään jatkunut huoli osavaltioiden välisiä putkilinjoja omistavien yhtiöiden potentiaalisesta markkinavoimasta on johtanut moniin sääntely- ja lainsäädäntöaloitteisiin 1970-luvulta lähtien. Osavaltioiden välisiä putkilinjoja omistavien yhtiöiden mahdollisuus myydä kaasua poistettiin kokonaan, eli yhtiöt eivät voineet enää omistaa siirtämäänsä kaasua. Tuotantopaikan kattohinnat joko poistettiin tai niitä korotettiin reilusti vuonna 1978, ja hinnat tulivat täysin vapaiksi 1990-luvun alussa. Lisäksi luotiin vapaan hinnanmuodostuksen tarvitsemia institutionaalisia rakenteita, kuten kaasun markkinapaikkoja (market hubs), futuuri- ja optio-markkinat ja putkisiirtokapasiteetin markkinat (EIA 2009).

Kaasun hinnat Yhdysvalloissa perustuvat kaasun kysyntä- ja tarjontatilanteeseen, ja ne syntyvät lukuisissa alueellisissa markkinapaikoissa, joita kutsutaan hubeiksi. Parhaiten tunnettu on Henry Hub (HH), ja sitä pidetäänkin usein Pohjois-Amerikan referenssihintana. Muiden vastaavien markkinapaikkojen hinnat poikkeavat siitä lähinnä kuljetuskustannusten vuoksi. Kanadassa ja Meksikossa kaasun hinnoitellaan Yhdysvaltojen hintatason perusteella. Kaasun kilpailijoita ovat öljytuotteet (vähäisemmässä määrin) sekä hiili. Hiili ja kaasun kilpailevat sähköntuotannon osuuksista, joten hiilen hinta vaikuttaa kaasun hintaan. Hiilen hinta vaihtelee huomattavasti käyttöpaikan sijainnin mukaan.

Ennen vuotta 1985 asetettiin maakaasun hinnat **Kanadassa** liittovaltion hallituksen ja Albertan osavaltion välisissä sopimuksissa. Kaasun hinnat perustuivat raakaöljyn hintaan, johon lisättiin paikallisen jakeluyhtiön osuus. Jakeluyhtiötä puolestaan valvoi osavaltion regulaattori. Vuonna 1985 hyväksytty lainsäädäntö poisti kaasun hintasääntelyn, minkä jälkeen kaasun hinta perustui markkinoilla syntyvään hintatasoon. Tähän vaikutti luonnollisesti Yhdysvaltojen pyrkimys vähentää sääntelyä kaasumarkkinoilla.

Meksikon kaasuntuotanto on valtaosaltaan öljyntuotannon ohessa tuotettavaa kaasua. Sitä hallinnoi yksinoikeudella valtion öljy-yhtiö Pemex. Meksikon kaasun hintataso perustuu Texasissa vallitsevaan hintatasoon. Tilanne on seurausta siitä, että Meksiko on NAFTA:n (North America Free Trade Agreement) jäsen, ja kaasuvirtaa molempiin suuntiin suunniin Meksikon ja Kalifornian ja Texasin välillä.

1990-luvun loppuun mennessä tuotanto saavutti Yhdysvalloissa kapasiteetin rajat siten, että vuonna 2000 tuotantokentät tuottivat täydellä kapasiteetilla vuoden ympäri. Tuotantojärjestelmän jousto oli täysin vuodenaikavarastojen ja lyhyen aikavälin varastojen varassa. Vapaan tuotantokapasiteetin katoamisen lisäksi lisätuotanto, joka uusista kaivoista saatiin, kääntyi laskuun huolimatta tekniikan kehittymisestä. Sen seurauksena tuotanto pystyttiin hädin tuskin pitämään entisellä tasollaan uusien kaivojen myötä. Vuodesta 2001 vuoteen 2005 tuotanto laski 1,5 % vuodessa, vaikka käytössä olevien tuotantokaivojen lukumäärä kasvoi.

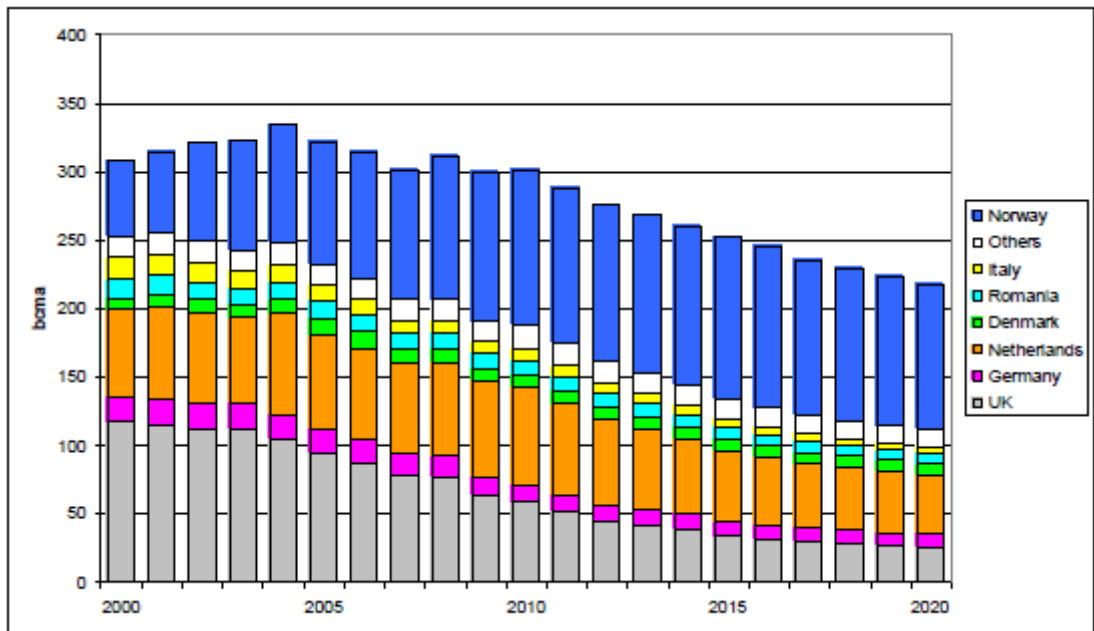
Tarjonnan niukkuus Pohjois-Amerikassa johti kahdenlaisiin seuraamuksiin. Ensimmäkin kaasun hinnat, jotka perustuvat kaasun kysynnän ja tarjonnan perustekijöihin, alkoivat vaihdella vuodenaikojen mukaan ennennäkemättömällä tavalla ja ajoittain saavuttivat tason, jota olisi ollut vaikea kuvitella historian perusteella. Toiseksi, teollisuuden kaasun käyttö väheni, mutta kaasun kokonaiskäyttö pysyi vakiotasolla, koska sähköntuotannon kaasunkäyttö kompensoi muun teollisuuden vähentynyttä kulutusta.

2000-luvun alussa suuret kaasuntuottajat vähensivät tuotantoinvestointeja kotimaassa ja keskittyivät ulkomaisiin LNG-projekteihin. Nähtiin, että Yhdysvalloista oli tulossa suuri LNG:n tuoja, ja suuryhtiöt halusivat osansa siitä. **Vuosina 2000–2010 rakennettiin 160 bcm LNG-vastaanottokapasiteettia. Nyt satamat ovat vajaakäytöllä ja niiden muuttamista kaksisuuntaisiksi suunnitellaan.**

Yhdysvaltojen ja Kanadan pienemmät tuottajat, joilla ei ollut mahdollisuutta toimia isojen tapaan, ryhtyivät kehittämään uutta tuotantotekniikkaa epäkonventionaalisten kaasuvarojen, liuskekaasun (shale gas), tiukan kaasun (tight gas) ja hiilisuonimetaanin (coal bed methane), käyttöönottamiseksi. Tekniikan kehittyminen oli huikkea, minkä takia Yhdysvaltojen kaasuntuotannon lasku päättyi ja kääntyi kasvuun vuodesta 2006 lähtien.

3.3.2 Eurooppa

Euroopan konventionaalisen maakaasuntuotanto on jo kääntynyt laskuun (kuva 8). 2000-luvun alussa sähköntuotannon kaasunkäytön kasvun jatkuttua hyvän aikaa havahduttiin pohtimaan, miten Euroopan kaasunhankinta turvataan, kun yhä suurempi osa hankinnasta olisi tuontia. Venäjän ja Ukrainan kaasukiista herätti epävarmuuden, vaikka Venäjän toimitusten luotettavuus 1970-luvulta lähtien oli ollut erinomainen. Poliittista kiistaa syvempi huoli liittyi siihen, että Venäjän täytyisi investoida huomattavasti uusien, hankalissa paikoissa sijaitsevien kaasukenttien kehittämiseen ylläpitääkseen ja mahdollisesti kasvattaakseen kaasuntuotantomääriä vanhempien kenttien ehtyessä. Nordstream-projekti nähtiin vain tapana kiertää Ukraina, ei lisäkapasiteettina sinänsä. Turkkiin rakennettiin uusi yhteys Azerbaidzanista, mikä piti yllä kiinnostusta vanhaan Nabucco-hankkeeseen.



Kuva 8. Konventionaalisen kaasun tuotanto (lähde: Rogers 2010).

Manner-Euroopan kaasumarkkinoiden kehittymiseen on oleellisesti vaikuttanut Groningenin kentän löytäminen ja käyttöönotto (vuonna 1963) sekä putkituonti Venäjältä. Groningenin kaasu hinnoiteltiin loppukäyttäjän vaihtoehtoisen polttoaineen mukaan eikä tuotantokustannusten perusteella. Tätä periaatetta on käytetty myös LNG-tuonin hinnoittelussa. Isossa-Britanniassa käytettiin kustannusperusteista hinnoittelua ennen 1996 tapahtunutta kaasumarkkinoiden vapauttamista. Sen jälkeen NBP (National Balancing Point) on muodostanut kaasun markkinapaikan.

Euroopan putkituonin sopimukset 1970-luvulta tähän päivään saakka on solmittu tyypillisesti 20–25 vuoden pituisiksi. **Putkituontisopimusten sopimusalaraja (TOP- eli take-or-pay-osuus) on tyypillisesti 85 % sopimusmäärästä.** Se määrä kaasua on vuodessa vähintään otettava sopimussakot välttääkseen. Sopimuksia on Venäjän, Algerian ja Libyan kanssa. Sopimusmäärän ja -alarajan välissä on kaasumäärä (joustovara), jonka voi joko ottaa tai jättää ottamatta. Jos kysyntä ylittää sopimusalarajan, silloin verrataan putkikaasun hintaa saatavilla oleviin LNG:n spot-toimituksiin ja valitaan edullisin.

LNG:n tuontisopimukset ovat putkituontisopimusten kaltaisia. Ostajan on otettava sopimusalarajan mukainen määrä kaasua vuodessa. Sopimusta joustavoittaa vuosimäärän ja alarajan välinen erotus, jonka ostaja voi ottaa tai olla ottamatta. Sopimuseriä voi lisäksi myydä erilaisin sopimusjärjestelyin toisaalle, jos se talou-

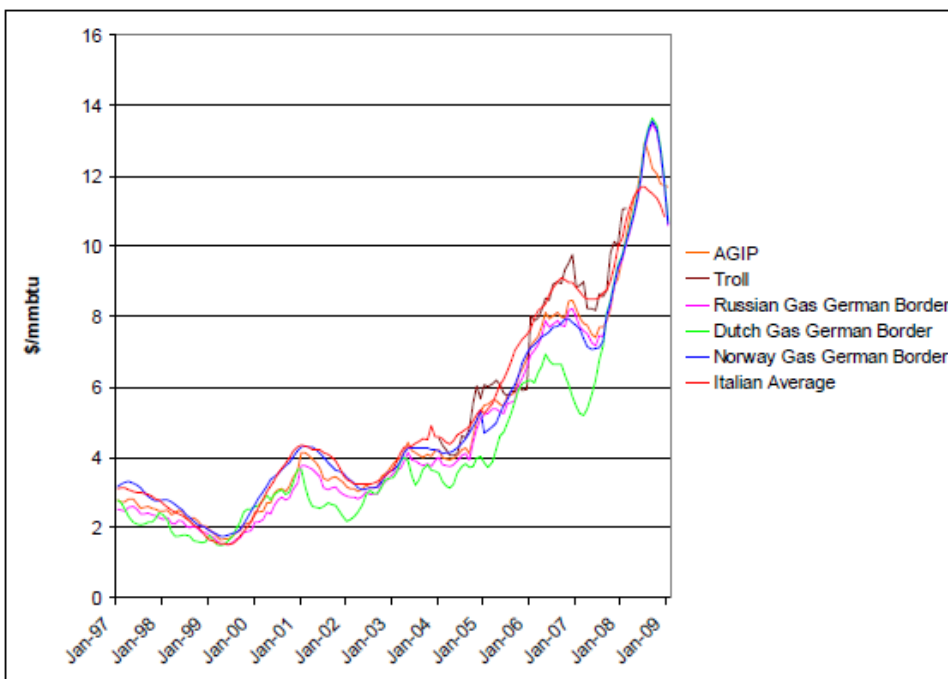
dellisesti on kannattavaa. Laivakuljetukset antavat fyysiset edellytykset sille, että kaasu voidaan viedä kolmannen osapuolen satamaan.

Isoon-Britanniaan tulevat LNG-erät eivät ole fyysisen toimitusvelvollisuuden piirissä, eli ne ovat kohdesatamaltaan joustavia eriä. Nämä kaasulastit voivat valua ”ylivuotona” Euroopan mantereelle, jos niiden hinta on öljysidonnaiseen kaasuun verrattuna edullinen.

Pitkän aikavälin sopimuksissa kaasun hinta kytketään tavallisesti muutamaaan keskiraskaan öljytuotteen (tässä tuotteet A ja B) hintaan seuraavasti:

$$P_t = P_0 + a \cdot \frac{1}{n} \sum_{\tau=1}^n P_{t-\tau}^A + b \cdot \frac{1}{n} \sum_{\tau=1}^n P_{t-\tau}^B \quad (1)$$

eli vakioilla a ja b kerrotaan kahden öljyalaadun keskiarvohinnat, P^A ja P^B n :n kuukauden ajalta ja lisätään sovittuun vakiohintaan P_0 . Neuvotteluissa sovitaan arvot a :lle, b :lle ja n :lle. Sopimuksissa sovitaan myös periodi, jonka jälkeen hintaa tarkistetaan, jos markkinaolosuhteet muuttuvat merkittävästi. Tämä **uudelleenneuvottelumahdollisuus on johtanut siihen, että eri tahoilta tulevien putkikaasujen hinnat ovat hyvin lähellä toisiaan** (ks. kuva 9).

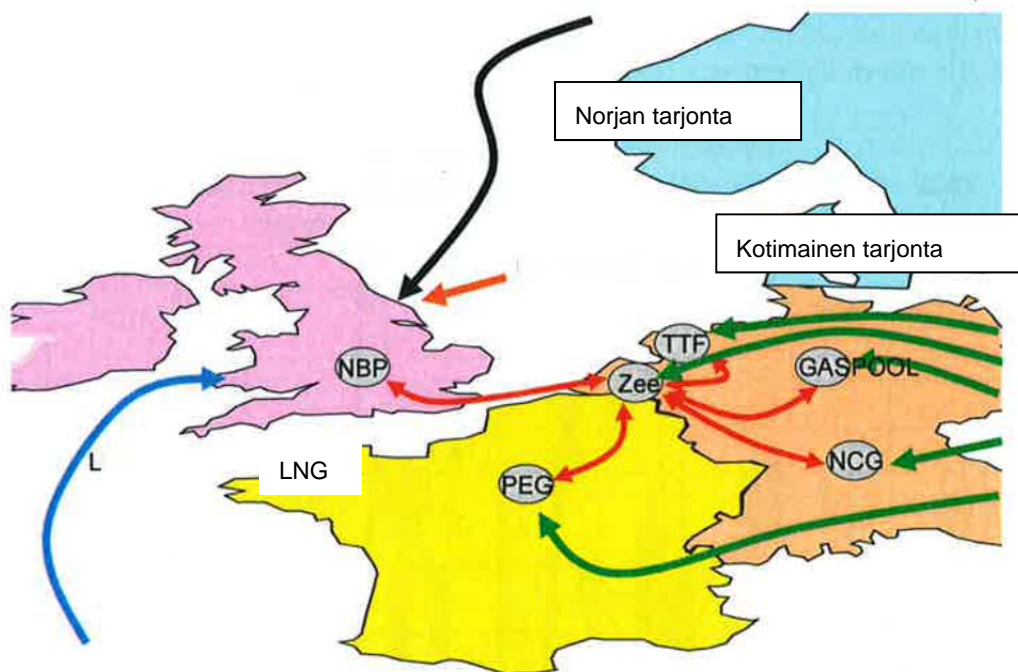


Kuva 9. Euroopan öljyindeksoituja kaasun hintoja 1997–2009 (lähde: Rogers 2010).

EU:lla on tavoitteena luoda eurooppalaiset kaasumarkkinat, joita on edistetty kolmella direktiivipaketilla. Ensimmäinen tuli vuonna 1998, seuraava vuonna 2004 ja 2005 ja kolmas paketti vuonna 2009. Toteutuminen on edennyt tahmeasti vakiintuneiden kaasutoimijoiden vetäytyessä asemistaan kansallisten viranomaisten tukemina hitaammalla mahdollisella vauhdilla.

Lokakuussa 1998 Bacton–Zeebrugge -yhdysputki otettiin käyttöön. Se yhdistää Ison-Britannian Euroopan mantereeseen. Putki on kahdensuuntainen: kesällä kaasu virtaa Euroopan mantereelle ja talvella Isoon-Britanniaan päin. Isossa-Britanniassa on niukasti kaasuvaramoja, kun säätävien kenttien kaasuvaramot ovat ehtyneet. Norjan kaasukentiltä on useampi putki yhdistetty Ison-Britannian verkostoon. Niitä pitkin kaasu virtaa ensin Isoon-Britanniaan ja edelleen Euroopan mantereelle, jos hintasuhteet ovat sille soveliaat.

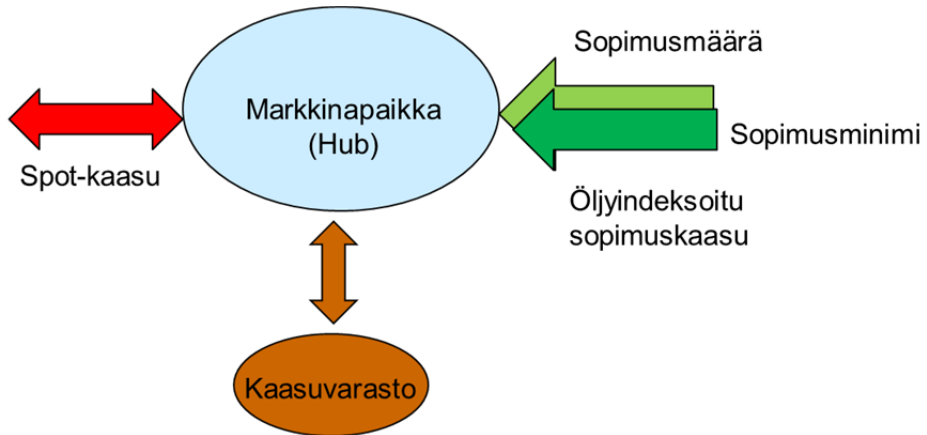
Seuraavassa katsotaan lyhyesti sitä, miten Luoteis-Euroopan markkinapaikat (eli hubit), toimivat. Ne muodostavat spot-kaasun ja öljyindeksoidun putkikaasun kohtaamispaikan (kuva 10 ja kuva 11).



Kuva 10. Länsi-Euroopan maakaasun markkinapaikat (lähde: Rogers 2010).

Zeebruggen Hubin muodostuminen Ison-Britannian ja Euroopan mantereiden välisen putkiyhteyden päähän on seurausta vuorovaikutuksesta Ison-Britannian spot-hinnoitellun kaasun ja öljyindeksoidun putkikaasun välillä. Samasta syystä ovat

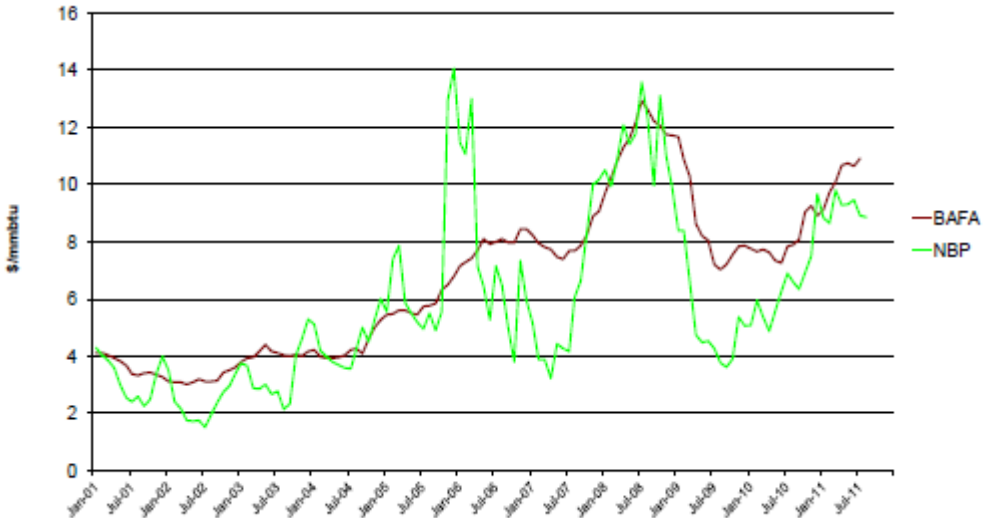
muodostuneet Ranskan PEG, Alankomaiden TTF, Pohjois-Saksan Gaspool ja Etelä-Saksan NCG. Kaikki Manner-Euroopan markkinapaikat sijaitsevat öljyindeksoidulla alueella, mutta ne luovat markkinapaikan öljyindeksoidun (vihreät nuolet) ja spot-hinnoitellun (punaiset nuolet) välille (kuva 11). Ison-Britannian tarjontaa täydentää tuonti Norjasta ja LNG-tuonti. **Iso-Britannia toimii eräänlaisena Manner-Euroopan vastaanottolaiturina, josta ylijäämäkaasu virtaa Manner-Eurooppaan kilpailemaan öljyindeksoidun putkikaasun kanssa.** Mutta miten tämä kilpailu käytännössä toimii?



Kuva 11. Luoteis-Euroopan markkinapaikka (hub) (lähde: Rogers 2010).

Jos spot-kaasu on halvempaa kuin öljyindeksoitu kaasu, niin toimijat ostavat enemmän spot-kaasua ja vähemmän öljyindeksoitua kaasua. Tämä jatkuu, kunnes joko NBP:n hinta on noussut öljyindeksoidun kaasun tasolle tai putkikaasun käyttö on pudonnut sopimuksen minimitasolle. Jos taas spot-kaasu on putkikaasua kalliimpaa, toimijat ostavat vähemmän spot-kaasua ja enemmän putkikaasua. Siirtyminen putkikaasuun jatkuu, kunnes joko NBP:n hinta on pudonnut putkikaasun tasolle tai putkikaasun käyttö on noussut vuosisopimusmäärään (ks. kuva 12).

Yllä kuvattu arbitraasi, hintaerojen hyödyntäminen, voisi käyttää myös varastoa, jolla eriä voi siirtää ajankohdasta toiseen. Perinteisesti varastoa on käytetty vain kulutushuippujen leikkaukseen ja toimitusvarmuuden nostamiseen. Putkiston pullonkaulat ja sopimusten joustomärittelyt voivat käytännössä rajoittaa arbitraasi-toimintaa.



Kuva 12. Ison-Britannian (NBP) ja Euroopan öljyindeksoidut hinnat (BAFA) aikavälillä tammikuu 2001–elokuu 2011 (lähde: Rogers 2012).

3.3.3 Aasia

Aasia ja erityisesti Japani ovat dominoineet globaalia LNG-kauppaa 1970-luvun lopulta lähtien, ja Japani on edelleen suurin yksittäinen LNG:n ostaja. Japani, Etelä-Korea ja Taiwan käyttävät nimenomaan LNG:tä kaasutarpeidensa tyydyttämiseen. Maantiede ja toimitusvarmuuden ykköspaikka arviointikriteerinä ovat luoneet traditionaalisen toimitussopimuskulttuurin, mikä luonnehtii Aasian LNG-markkinaa.

Aasian markkinoilla on kolmenlaisia toimijoita (valtioita):

1. **Tuottajat, joilla riittää kaasua vientiin.** Näitä maita ovat Australia, Indonesia ja Malesia. Erityisesti Indonesian oman kulutuksen voimakas kasvu on leikannut vientimahdollisuuksia.
2. **Tuottajat, jotka tyydyttävät kotimaan kysynnän.** Tähän ryhmään kuuluvat Bangladesh, Uusi-Seelanti, Pakistan, Filippiinit ja Thaimaa.
3. **Nettotuottajat.** Näitä ovat Etelä-Korea, Intia, Japani, Kiina ja Taiwan. Japanille, Korealle ja Taiwanille LNG on ainoa kaasunhankintavaihtoehto. Intian ja Kiinan hankinta perustuu osittain omaan tuotantoon.

Kiinan kaasunkäyttö on kasvanut nopeasti viime vuosina, mutta sen osuus fossiilipolttoaineiden kokonaiskäytöstä on silti vain joitain prosentteja. Kasvupotentiaali on tässä suhteessa valtava. Intiallakin kaasun osuus on vain 10 %:n suuruusluok-

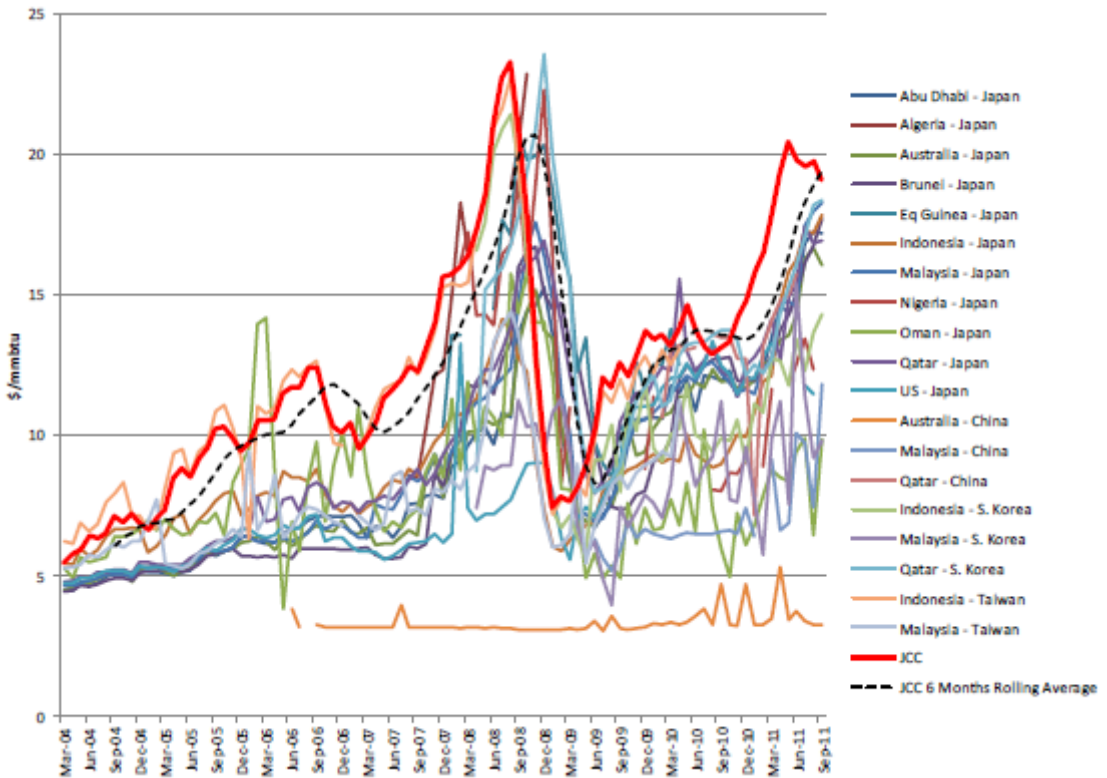
kaa. Intian ja Kiinan globaaleille markkinoille kanavoituvaa kaasunkysyntää rajoittaa LNG-vastaanottokapasiteetin niukkuus.

Perinteisessä aasialaisessa LNG-projektissa riskin jako on huolellisesti suunniteltu, ja sen keskiössä on pitkän aikavälin toimitussopimus, pituudeltaan vähintään 20 vuotta. Kuten pitkissä putkikaasusopimuksissa, riskin jaon logiikka ilmaistaan usein sanomalla, että ostaja ottaa määräriskin ja myyjä hintariskin. Useimmat sopimukset ovat Take-Or-Pay-tyyppiä, mikä varmistaa, että ostaja käyttää vuositasolla vähintään minimimäärän kaasua, mikä takaa tietyn rahavirran myyjälle. Sopimuksen hintaindeksointi taas altistaa myyjän energian hintavaihteluille. Alkuperäisessä muodossaan sopimukset kiinnittivät tietyn nesteytyslaitoksen LNG-lähteeksi ja tietyt tankkerit liikennöimään lähtö- ja kohdesataman välille. Näin nesteytys ja kuljetus muodostivat tarkan vastineen putkikaasun toimitukselle.

Öljykriisin jälkeen kaasun hintasopimukset ovat noudattaneet kaavaa

$$P(LNG) = a + b \cdot P(Crude Oil) \quad (2)$$

missä ensimmäinen termi ilmoittaa LNG:n hinnan yksikössä \$/MBtu (dollaria energiayksikköä kohti), a ja b ovat vakioita ja viimeinen termi kertoo raakaöljyn hinnan yksikössä \$/bbl (dollaria tynnyriltä). Useimmissa sopimuksissa öljyn hintana käytetään Japanin tuoman öljyn hintaa, jota yleisesti merkitään lyhenteellä JCC (Japanese Customs Cleared). Toisin kuin Euroopassa, sopimuksia ei päivitetä, vaan ne ovat sellaisinaan voimassa koko sovitun sopimuskauden. Sopimus edustaa neuvotteluhetken tilannetta. Sen vuoksi voimassa olevien sopimusten sopimushinnat vaihtelevat huomattavasti (kuva 13).



Kuva 13. Sopimushinnoissa on suuria vaihteluita sopimishetken mukaan (lähde: Rogers 2012).

2000-luvun alku oli vaikeaa aikaa vallitsevalle sopimuskäytännölle Aasiassa, sillä kaasun kysyntä kasvoi nopeasti ja Japanin ydinvoimaloiden tuotanto-ongelmat lisäsivät LNG:n kysyntää entisestään. Kun Indonesian LNG-vienti ei pysynyt sovitulla tasolla eivätkä uudet LNG:n tuotantohankkeet käynnistyneet suunnitellusti, Aasian LNG-tuotajat olivat pakotettuja hankkimaan lisäeriä spot-markkinoilta vuodesta 2005 alkaen.

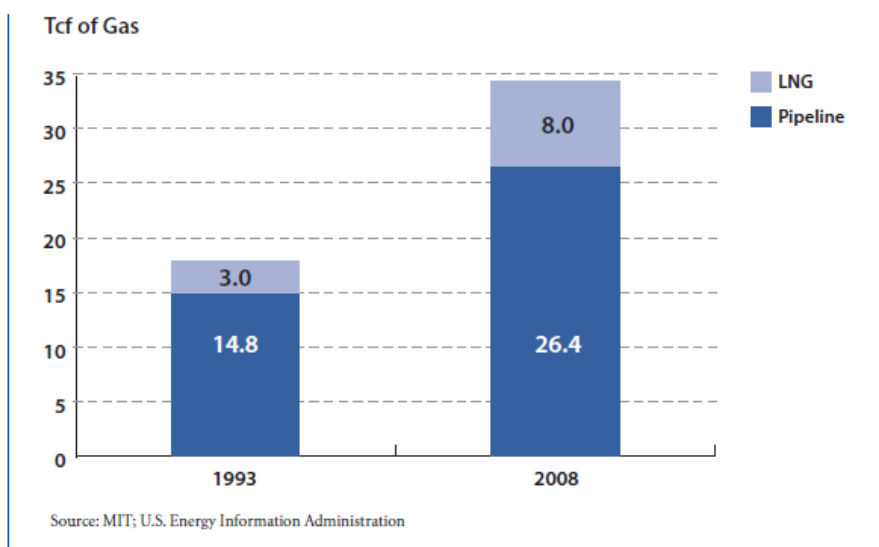
Geologian takia Japanilla, Taiwanilla ja Etelä-Korealla ei ole maanalaisia kaasuvaroja. Sen vuoksi kaasutuslaitosten kaasuvarojen taso pidetään jatkuvasti korkeana toimitusvarmuuden ylläpitämiseksi, joten kesäajan halvempia LNG-eriä ei pyritä hyödyntämään. Mainittujen piirteiden takia voidaan olettaa, että em. maat ostavat sopimustoimitukset ylittävän kysyntämäärän spot-markkinoilta hinnasta riippumatta.

Jos spot-ostojen trendi jatkuu, yhä enemmän joustavaa LNG-tuotantoa ohjautuu pois Euroopasta Aasian LNG-tuontimarkkinoille. Siitä syystä NBP:n ja muiden Euroopan markkinapaikkojen hinnat nousevat. Kun Euroopan markkinapaikkojen hinnat saavuttavat Euroopan putkikaasun öljyindeksoidun

hintatason, voidaan olettaa, että hinnat pysyvät putkikaasuhintojen tasolla, koska suuremmat putkikaasuostot korvaavat Aasiaan ohjautuneita spot-eriä. Aasiaan suuntautuvien erien vaikutus voi riittää pudottamaan Aasian LNG-hinnat JCC-hintoja alemmalle tasolle, jolloin syntyisi uudelleen tasapaino hintaerolla "NBP plus kuljetuskustannusero".

3.4 Nesteytetyn maakaasun globaalimarkkinat

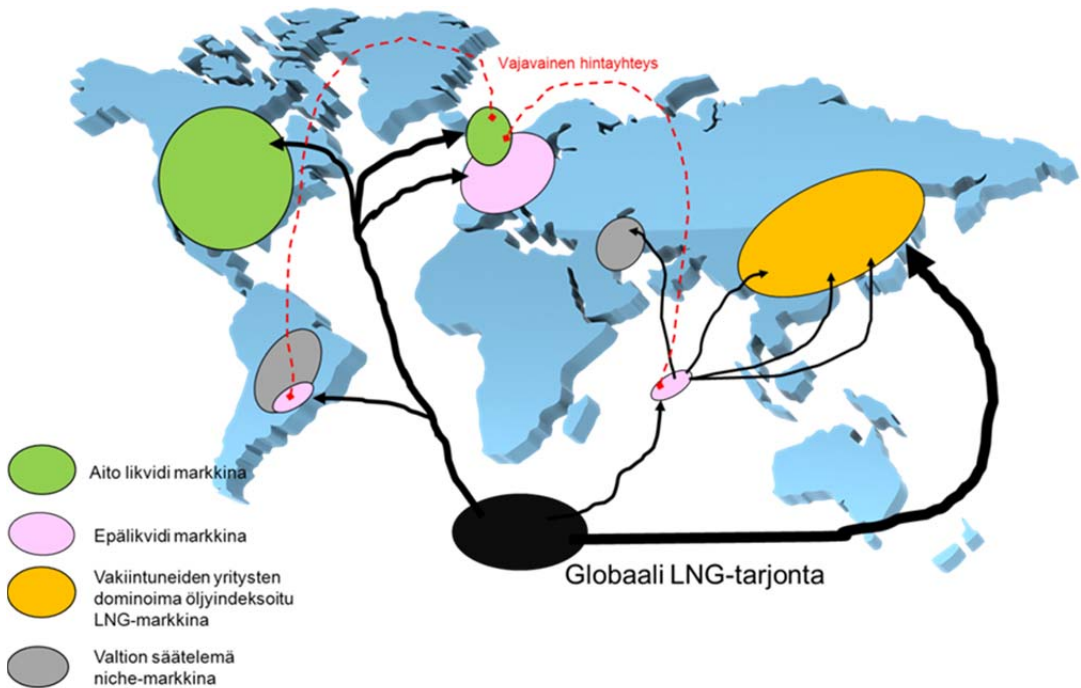
Valtaosa maakaasusta kulutetaan edelleen tuottajamaissa, mutta valtakunnan rajat ylittävä kauppaa on viime vuosina kasvanut (kuva 14).



Kuva 14. Valtakunnan rajat ylittävä kaasun kauppaa. 1 Tcf = 28,32 Gm³ = 28,32 bcm, eli tilanne vuonna 2008: 34,4 Tcf = 974 Gm³ (lähde: MIT 2011).

Vuonna 1993 rajat ylittävän kaupan osuus oli 24 % tuotannosta ja vuonna 2008 jo 32 %. Kauppa kasvaa kulutusta nopeammin.

Kaasun nesteytys ja laivakuljetus olivat alun perin putkikuljetuksen korvike. Karkeana sääntönä voidaan pitää, että yli 4 000 km pitkät kuljetusmatkat kannattaa toteuttaa laivalla. Nesteytyksessä kuluu kaasua 8–10 % (Total 2012). Nesteytetyn maakaasun markkinoita voidaan kuvata alla olevan kuvan (kuva 15) mukaisesti.



Kuva 15. Nesteytetyn maakaasun (LNG) markkinat (lähde: Rogers 2010).

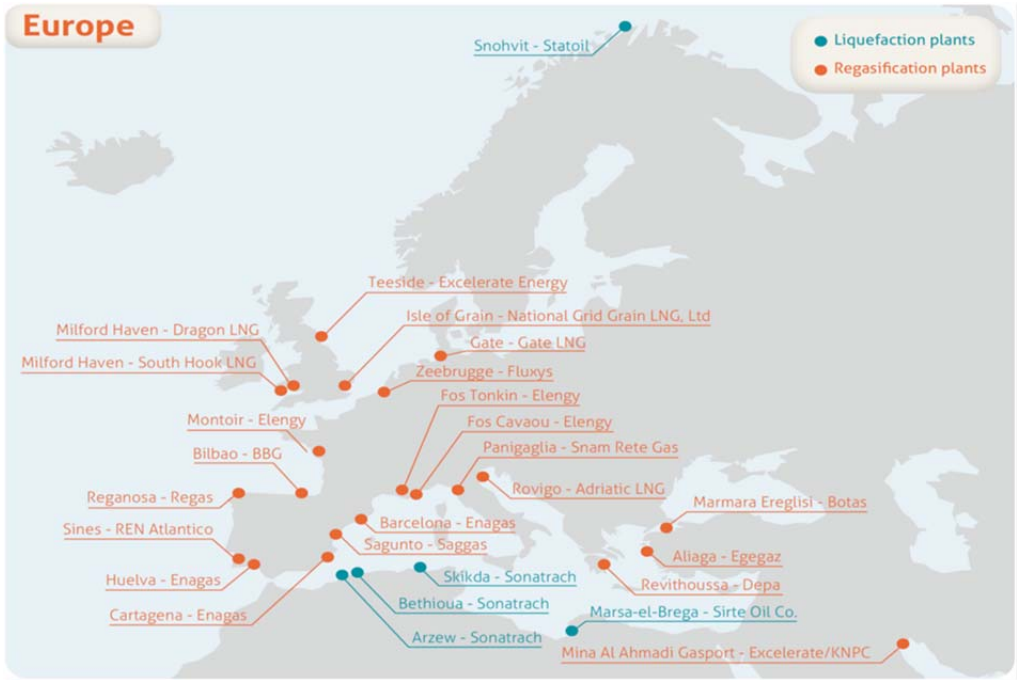
Keskeiset markkina-alueet ovat Pohjois-Amerikka, Eurooppa ja Aasia. Pohjois-Amerikassa on kaupankäyntitavoiltaan kehittynyt kaasumarkkina, jossa kaasun hinnanmuodostus perustuu kaasun tuotannon, kysynnän ja tarjonnan vuorovaikutukseen. Isossa-Britanniassa on Pohjois-Amerikan kaltainen markkinajärjestelmä. Länsi-Euroopassa on useita markkinapaikkoja, jotka ovat kehittymässä aidon likvidin markkinan suuntaan (Heather 2012). Merkittävä osa kaupankäynnistä perustuu vielä öljysidonnaisiin pitkäaikaisiin sopimuksiin. Aasian markkinat ovat kauimpana markkinaperusteisesta kaupankäynnistä, sillä toimitusten varmuuden turvaaminen käy kaiken muun edellä. Katkoviivat tarkoittavat, että kysyntä-tarjontatilanteiden muutokset eivät heijastu hintoihin siinä määrin kuin ne aidossa markkinaperusteissa järjestelmässä tekisivät.

Taulukossa 4 on esitetty Euroopan nykyiset LNG-vastaanottoasemat. Valtaosa kapasiteetista on uutta, 2000-luvulla valmistunutta. Vuonna 2011 Eurooppa vastaanotti 91 bcm LNG:tä. Vastaanottoasemien kuormitus oli siis noin 50 %. Taulukon laitokset sijoittuvat kartalle alla olevan kuvan (kuva 16) mukaisesti.

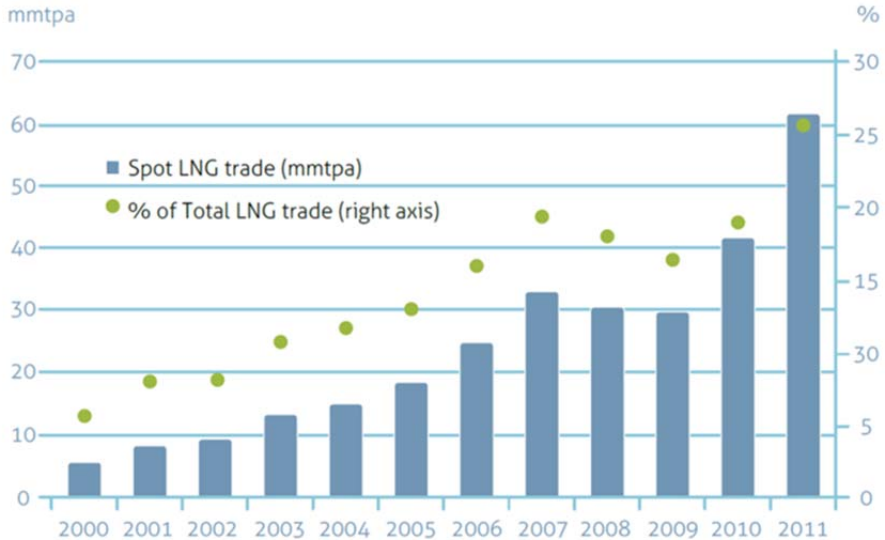
Valtaosa LNG-kaasusta myydään pitkäaikaisin sopimuksin, joiden hinta on kytketty raakaöljyn hintaan. Useimmissa sopimuksissa on jousto-osa, joka vastaa putkikaasusopimusten vuosimäärän ja minimimäärän erotusta. Se mahdollistaa sopimusoston korvaamisen spot-ostoin, jos hintatilanne sitä suosii. Lyhytaikaisen kaupan osuus LNG-toimituksista on kasvanut (kuva 17).

Taulukko 4. Euroopan LNG-vastaanottoasemat (lähde: GIING 2011).

Maa	Paikka	Kapasiteetti bcm/y	Käyttöön
Belgia	Zeebrugge	9.00	1987
Ranska	Fos-Cavaou	8.25	2010
	Fos-sur-Mer	5.50	1972
	Montoir-de-B.	10.00	1980
Kreikka	Revithoussa	5.00	2000
Italia	Panigaglia	3.32	..
	Rovigo	8.00	2009
Hollanti	Gate LNG	8.90	2011
Portugali	Sines	7.60	2004
	Barcelona	17.08	1969
	Bilbao	7.00	2003
	Cartagena	11.83	1989
Espanja	Huelva	11.83	1988
	Mugardos	3.60	2007
	Sagunto	8.76	2006
Turkki	Aliaga	6.00	2006
	Marmara	6.20	1994
Iso-Britannia	Dragon	6.00	2009
	Isle of Grain	19.50	2005
	South Hook	21.00	2009
	Teesside	4.60	2007
Eurooppa		188.97	



Kuva 16. LNG-vastaanottoasemien sijainnit (lähde: GIING 2011).

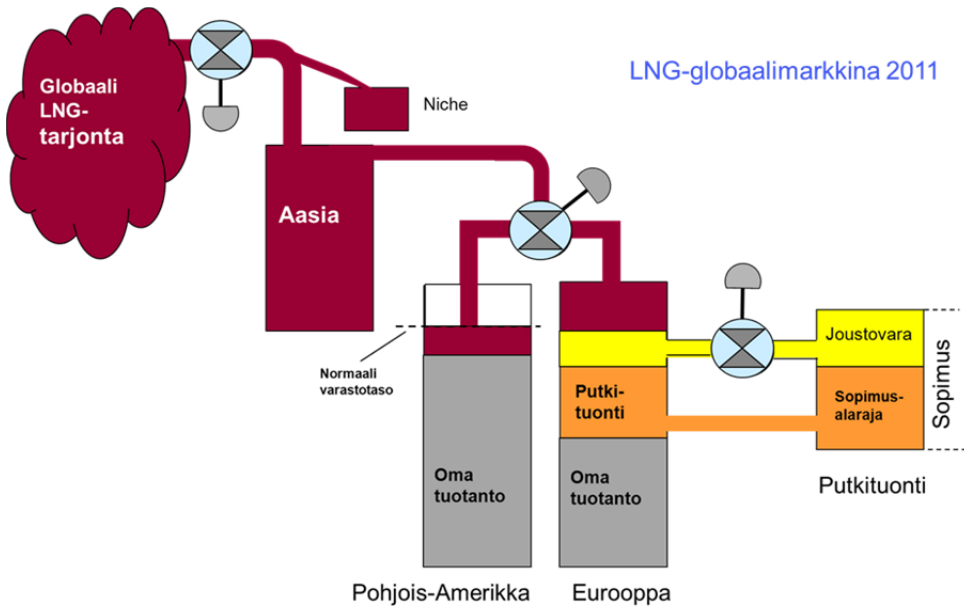


Kuva 17. Lyhyen aikavälin LNG-kauppa (GIING 2011).

Valtaosa LNG-kaasusta myydään pitkäaikaisin sopimuksin, joiden hinta on kytketty raakaöljyn hintaan. Useimmissa sopimuksissa on jousto-osa, joka vastaa putki-kaasusopimusten vuosimäärän ja minimimäärän erotusta. Se mahdollistaa sopimusoston korvaamisen spot-ostoin, jos hintatilanne sitä suosii. Lyhytaikaisen kaupan osuus LNG-toimituksista on kasvanut (kuva 17).

Vuodesta 2006 eteenpäin Yhdysvaltojen liuskekaasun tuotanto on vaikuttanut maailman LNG-kauppavirtoihin. Vuonna 2008 finanssikriisi vaikutti taloudelliseen aktiviteettiin ja vuonna 2011 tapahtui Fukushiman onnettomuus.

Toiminnallinen järjestelmä, joka tuottaa kuvan 17 mukaisen tuloksen, voidaan kuvata kuvan 18 tapaan.



Kuva 18. Globaalit LNG-markkinat (muokattu lähteestä: Rogers 2010).

Kuvassa olevat kolme venttiiliä kuvaavat keskeisiä toiminnallisia valintoja. Ylimmäinen venttiili määrittää LNG:n kokonaismäärän, joka markkinoille tuotetaan. LNG:n kokonaistuotanto muodostuu olemassa olevasta tuotantokapasiteetista ja niistä laajennuksista, joita on tuotantoon suunniteltu. LNG-nesteytyslaitoksen rakentaminen on noin viiden vuoden urakka, jota edeltää nesteytettävän kaasun hankinnan järjestely. Tulevat uudet tuotantolaitokset ovat siis selvillä jo vuosia ennen tuotannon alkamista – ne eivät ilmesty yllättäen markkinoille. Nesteytyslaitokset ovat raskaita investointeja ja ne pidetään käynnissä aina, kun tuotteesta saatu hinta ylittää tuotannon muuttuvat kustannukset.

Toinen venttiili jakaa Atlantin markkinalle tulevan kaasun Pohjois-Amerikan ja Euroopan välillä. LNG-lastien ohjautuminen joko Eurooppaan tai Pohjois-Amerikkaan tapahtuu hetkellisen markkinatilanteen perusteella.

Kolmas venttiili säätelee Euroopan markkinalle tulevan putkikaasun määrän. Putkikaasusopimusten mukaan ostajan on otettava sopimuksessa mainittu minimimäärä kaasua vuodessa (tyypillisesti 85 % sopimusmäärästä) tai maksettava sopimussakko. Joustovaran käyttö – sopimusmäärän ja sopimusalاران erotus – on päätöshetkellä vallitsevan hintatilanteen mukaista.

Markkinan toiminnan kuvaus lähtee liikkeelle vasemmasta yläkulmasta. Ensimmäinen allas kuvaa niche-markkinaa eli vastikään LNG-tuonnin aloittaneita maita. Siihen kuuluvat mm. Dominikaaninen tasavalta ja Costa Rica. Se on mukana vain täydellisyyden vuoksi.

Aasian markkinan toimituksen varmuutta painottava perinne tarkoittaa, että kaikki tarvittava kaasu ostetaan kulutuksen kattamiseksi. Siksi Atlantille tulevat LNG-erät ovat ylivuotoa Aasian markkinoilta. Euroopan halukkuus ostaa LNG-eriä riippuu siitä, mikä on öljyisidonnaisten putkitoimitusten hinta LNG:n hintaan verrattuna. LNG:n hintaan vaikuttaa Pohjois-Amerikan kaasuväylien varastotaso. Jos varastotaso on vuodenaikaan nähden normaalia alempana, ne pyritään täyttämään normaalitasoon saakka. Varaston täyttö lisää kysyntää ja siten myös hintaa. Vuorovaikutus Pohjois-Amerikan varastotasojen ja Euroopan putkikaasun hinnan välillä on jatkuvaa. Hinnat Atlantin eri puolilla voivat poiketa enemmänkin kuin vain kuljetuskustannusten verran.

Eurooppa on Aasian LNG-tuojien ja Pohjois-Amerikan välimaastossa, kun otetaan toimitusvarmuus ja markkinarakenteen huomioon. Euroopalla on omaa, joskin määrältään jatkuvasti vähenevää tuotantoa. Oman tuotannon supistuminen johtaa väistämättä kasvavaan tuontiriippuvuuteen. Tuonti koostuu sekä putkituonnista että LNG:stä.

Koska LNG:n tuonnin rakenteet eivät rajoita tuontimäärää, LNG virtaa Pohjois-Amerikkaan, jos

- kysynnän ja tarjonnan tasapaino tiukkenee, mikä heijastuu kaasuväylien normaalitasoa alempana tasona aiheuttaen spot-hinnan nousun, mikä taas puolestaan houkuttelee joustavia LNG-eriä Pohjois-Amerikkaan
- muut alueelliset markkinat eivät voi tai halua vastaanottaa tarjolla olevaa LNG-tarjontaa. Tällöin ne suuntautuvat tälle markkinalle ja ensimmäinen vaikutus on varastotasojen nousu.

Tilanne vuoden 2011 lopussa oli seuraavanlainen

- Liuskekaasun tuotannon takia Pohjois-Amerikka ottaa vain pieniä määriä LNG:tä, joten Euroopalle jää runsas tarjonta, jonka se ottaa, jos hinta on edullisempi kuin putkikaasun valinnainen osa.
- Pohjois-Amerikka on omavarainen kaasumarkkina, jossa hinta vaihtelee välillä \$3.5–4.5/MBtu (vastaa 12–15 eur/MWh).
- Euroopan markkinalla spot-kaasun hinta on \$8–10/MBtu ja öljyindeksoitu sopimushinta on \$11–13/MBtu, eli ostajat pyrkivät ottamaan vain TOP-osan putkikaasusta ja spotista loput.

Aasiassa LNG-sopimushinnat vaihtelevat \$4–17/MBtu ja niitä täydentävät spot-ostot hintatasolla \$15/MBtu.

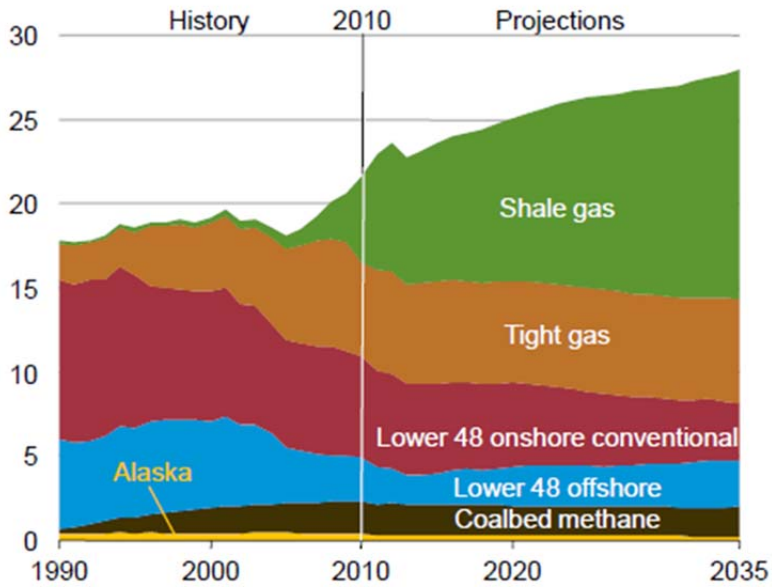
3.5 Pohjois-Amerikan liuskekaasuvallankumouksen vaikutukset

3.5.1 Muutoksia Yhdysvaltojen energiatilanteessa

Teknologiahypypäys 2000-luvun alussa mahdollisti liuskekaasuesiintymien hyödyntämisen ennennäkemättömällä tehokkuudella. Muutos oli niin suuri, että on puhut-

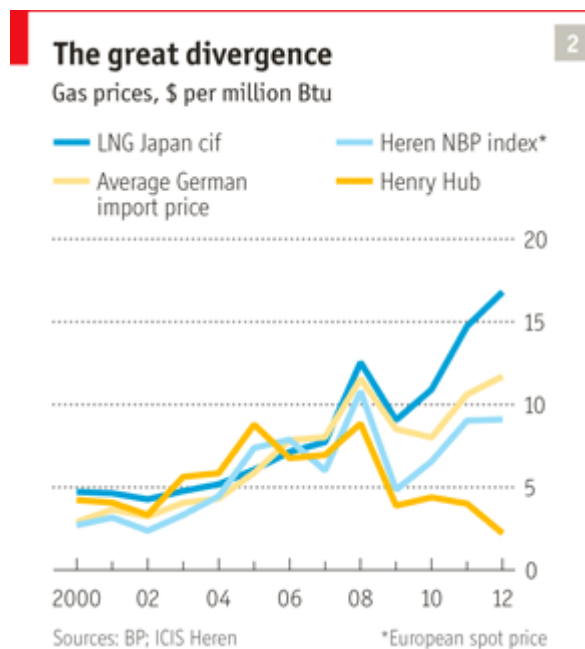
tu jopa vallankumouksellisesta muutoksesta. Maakaasutuotannon näkymät ovat Yhdysvalloissa nyt valoisat, kuten kuva 19 kertoo.

Figure 107. Natural gas production by source, 1990-2035 (trillion cubic feet)



Kuva 19. Maakaasun tuotanto USA:ssa (lähde: EIA 2012a).

Kaasun lisääntynyt tarjonta ja samaan aikaan sattunut hitaan talouskehityksen jakso on painanut kaasun hinnan hyvin halvaksi Yhdysvalloissa (kuva 20).



Kuva 20. Maakaasun markkinahintojen kehitys eri Hubissa. 1 \$/MBtu = 3,4 \$/MWh (lähde: The Economist 2012).

Yhdysvaltojen hintakehitys vuodesta 2009 alkaen poikkeaa muiden markkinoiden hintakehityksestä. Voimakkaasti kasvanut kaasuntuotanto ja siihen liittyvä hintakehitys vaikuttavat globaaleihin kaasumarkkinoihin kahdella tavalla: Ensimmäisessä vaiheessa Yhdysvaltoihin aiottu LNG-erät ohjautuvat pääosin muualle, koska Yhdysvaltojen oman tuotannon kasvettua niille ei ole enää tarvetta. Toisessa vaiheessa, kun Yhdysvaltojen tuotanto ylittää kotimaisen kysynnän, maa itse voi ryhtyä LNG-viejäksi. Nämä molemmat vaikuttavat globaaleihin markkinoihin samaan suuntaan.

Kaasun voimakkaasti lisääntynyt tuotanto Yhdysvalloissa on vähentänyt siellä hiilen käyttöä sähkön tuotannossa. Samaan aikaan Euroopassa päästöoikeuksien hinta on ollut poikkeuksellisen alhainen. Öljyn hinta on pysytellyt korkealla tasolla, mikä yhdistettynä Euroopan öljyindeksoituun maakaasun hintaan on tehnyt hiilestä Euroopassa erityisen kilpailukykyisen polttoaineen sähköntuotannossa. Näistä syistä hiiltä on virrannut Euroopan voimalaitoksiin, ja se on syrjäyttänyt maakaasua sähköntuotannosta. Liuskekaasun tuotanto vaikuttaa siis jo nyt Euroopan polttoainekäyttöön voimakkaasti, vaikka Yhdysvallat vasta harkitsee LNG:n vientiä. Vaikutukset välittyvät markkinamekanismin avulla polttoaineiden korvautuvuuden takia.

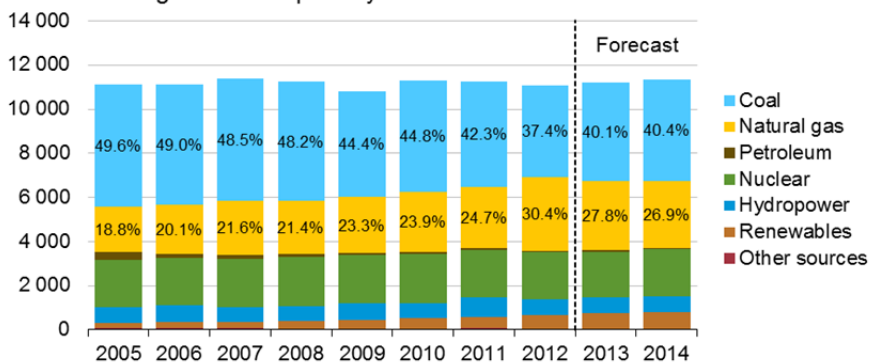
Vuoden 2008 jälkeen kaasu on ollut Yhdysvalloissa selvästi Euroopan hintatasoa edullisempaa. Tästä hyötyvät paikallinen kaasua raaka-aineena käyttävä

prosessiteollisuus, kuten kemianteollisuus, ja myös jo mainittu energiateollisuus, ts. sähkön tuotanto.

Kaasun osuus Yhdysvaltojen sähköntuotannosta on kasvanut koko 2000-luvun, (kuva 21).

U.S. Electricity Generation by Fuel, All Sectors

thousand megawatthours per day



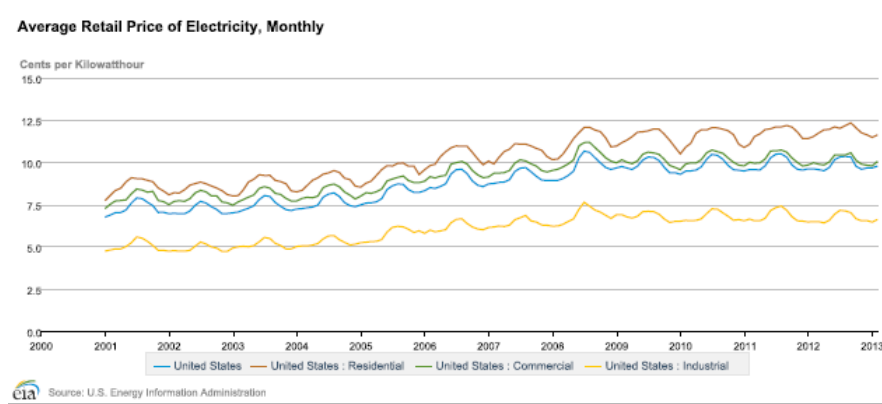
Note: Labels show percentage share of total generation provided by coal and natural gas.

Source: Short-Term Energy Outlook, May 2013

Kuva 21. Yhdysvaltojen sähköntuotanto polttoaineittain. (EIA 2013).

Maakaasuperusteinen tuotanto on paitsi lisännyt nykyistä tuotanto-osuuttaan, myös syrjäyttänyt muita tuotantomuotoja investointisuunnitelmissa ja toteutuksissa.

Sähkön hinta on Yhdysvalloissa pysynyt keskimäärin ennallaan vuodesta 2008 lähtien (kuva 22).



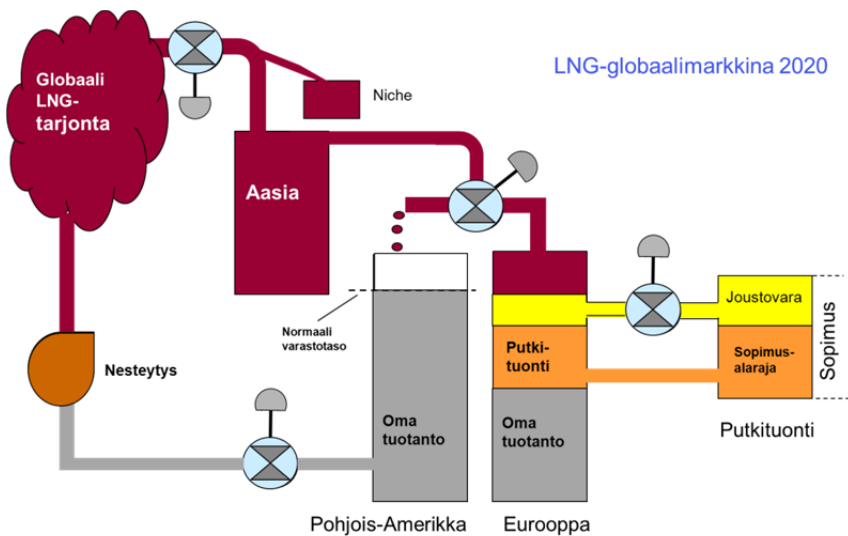
Kuva 22. Sähkön hinnan kuukausikeskiarvo Yhdysvalloissa kuluttajatyypeittäin (EIA 2013).

Vaikka teollisuuden keskiarvohinta on pysynyt vakaana, joillain alueilla, kuten suurimmalla tukkusähkömarkkinalla (PJM) sähkön tukkuhinta on vuodesta 2008 nykyhetken pudonnut noin puoleen (Bloomberg 2012). Liuskekaasun tuotanto, kaasun markkinahinta ja sähkön heikko kysyntä ovat keskeiset tekijät hintatasoon. Pitkän aikavälin kaasusähkön tuotantokustannus on Bloombergin mukaan 6,2 c/kWh ja vallitseva sähkön hintataso ko. markkinalla on 3,9 c/kWh, eli hinta ei ole ylläpidettävällä tasolla. Se tarkoittaa, että talouden elpyessä sähkön hinta nousee varmasti.

Jo muualle edullisimpien tuotanto-olosuhteiden perässä Yhdysvalloista pois muuttanutta teollisuutta kotimaan muuttanut tilanne houkuttelee paluumuuttoa. Myös eurooppalaisen teollisuuden aikeista siirtyä Yhdysvaltoihin halvan kaasun apajille on alkanut näkyä lehtikirjoituksia. Onko kyseessä pelkkä mielipiteen muokkaus vai todellinen sijoittumisvaihtoehto, jää nähtäväksi.

3.5.2 Ryhtyykö Yhdysvallat kaasunviejäksi?

Globaali LNG-markkina muuttuu alla olevan kuvan (kuva 23) kaltaiseksi, jos USA ryhtyy kaasun viejäksi.



Kuva 23. Maailman LNG-markkina, kun Yhdysvallat vie kaasua (muokattu lähteestä: Rogers 2010).

Näköpiirissä oleva Yhdysvaltojen runsaudenpula kaasussa on tuonut mukanaan poliittisen kiistan Yhdysvaltoihin: Miten maan mahdollinen kaasun vienti vaikuttaisi kotimarkkinoilla? Kärsisikö teollisuus ja tavallinen kuluttaja Yhdysvalloissa kaasun

hinnannousuna sen, että yhtiöt vievät merkittävän määrän kaasua muille markkinoille? Tätä kysymystä on tutkittu useammankin tahon toimesta.

Kaasunviennin kannuste on syntynyt erisuuntaisista kehitystrendeistä Yhdysvalloissa ja Aasiassa. Yhdysvaltojen tuotanto laski 6 % vuosina 2000–2005, minkä vuoksi lisätuonti Kanadasta ja globaaleilta LNG-markkinoilta näytti ilmeiseltä. Vuosien 2005–2011 aikana tuotanto kasvoi 27 % ”liuskekaasuvallankumouksen” ansiosta: tuontitarve väheni 65 % vuodesta 2005 ja omavaraisuus häämötti 2010-luvun lopussa.

Aasian markkinat ovat sitä vastoin entistäkin tuontiriippuvaisemmat, vaikka oma tuotanto on kasvanut 76 % vuosien 2000–2011 välisenä aikana. Kulutus on yli kaksinkertaistunut samana ajanjaksona. Tuontitarve on kasvanut vastaavana aikana 19 bcm:stä 112 bcm:ään, eli se on viisinkertaistunut.

Kysyntä-tarjontatilanteen muutokset ovat heijastuneet hintoihin: Henry Hub (HH) vuoden 2012 ensimmäisellä puoliskolla arvossa \$2.4/MBtu (\$8/MWh), kun taas Japanissa (Aasian suurin tuoja) keskiarvohinta on \$17/MBtu (\$58/MWh). Yhdysvaltojen hintaan vaikutti paitsi lisääntynyt tarjonta, myös lämpimän talven ja taloudellisen suhdanteen aiheuttama kysynnän alenema. Aasiassa Fukushima onnettomuuden (toukokuu 2011) jälkeen LNG:n kulutus puolestaan kasvoi. Hinteroja Yhdysvaltojen ja muun maailman välillä on lisäksi kasvattanut hintojen öljysidonaisuus maan ulkopuolella.

3.5.3 Yhdysvaltojen LNG-viennin vaikutus

LNG-toimitusten määrä globaalisti vuonna 2011 oli 331 bcm. Siitä 221 bcm meni Aasiaan, Eurooppaan tuli 91 bcm ja loput niche-markkinoille. Tämä antaa vertailukohdan Yhdysvaltojen vientimäärille.

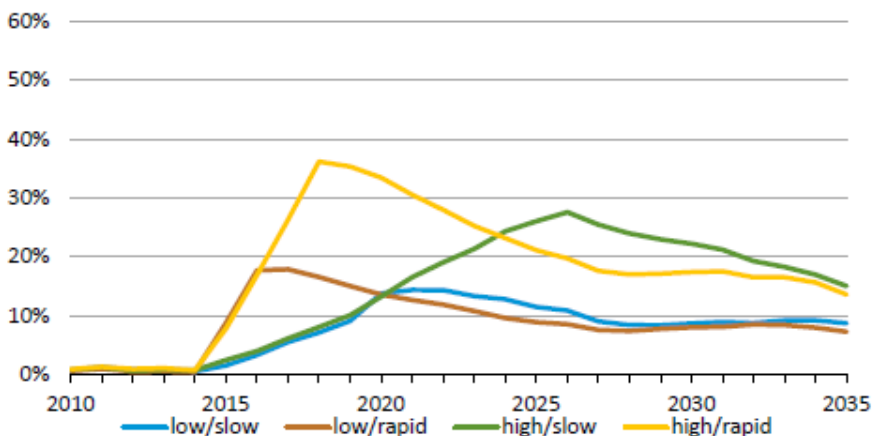
Yhdysvalloissa kysymys on pitkälti keskittynyt siihen, mitä vaikutuksia laajamittaisella LNG-viennillä olisi kotimarkkinoiden kaasun hintaan ja sitä kautta teollisuuden ja kansalaisten hyvinvoinnin kehittymiseen. Myös suurvallan turvallisuuspoliittiset ulottuvuudet ovat aina tämänkaltaisissa muutoksissa pohdinnan kohteena.

EIA:n tutkimus

Yhdysvaltain energiaviranomainen EIA (Energy Information Administration) selvitti kaasun viennin vaikutuksia kotimarkkinoille kahden vientiskenaarion avulla (EIA 2012b). Skenaarioviennit olivat määrältään 124 bcm eli 38 % tai 62 bcm eli 19 % globaaleista toimituksista. Liuskekaasun hyödyntämisessä nähdään merkittävä potentiaali, sillä skenaariomäärät ovat todella suuria globaalimarkkinoiden kokoon suhteutettuina. Näin suurilla määrillä ja osuuksilla markkinat muuttuvat. Sopeutumista tapahtuu sekä välittömästi että pitkän ajan kuluessa. Viejämaassa kaasun hinta nousee ja kohdemarkkinoilla se vastaavasti laskee. Kaasun tarjonnan ja kysynnän joustot määrittävät syntyvien hintamuutosten suuruuden.

Skenaariomuuttujia olivat Yhdysvaltojen talouskasvun nopeus ulottuvuudella hidas/nopea (2,7/3,2) prosenttia vuodessa ja vientimäärä matala/korkea (62/124)

bcm. Tulokseksi saatiin oheisen kuvan mukaiset hintakäyrät, jotka kuvaavat poikkeamaa vertailutapaukseen, jossa vientiä ei ole (kuva 24):



(high/slow) -- (vientimäärä / talouskasvu)

Kuva 24. Maakaasun hintamuutos verrattuna vertailutapaukseen Yhdysvalloissa eri vientiskenaarioissa (lähde: EIA 2012b).

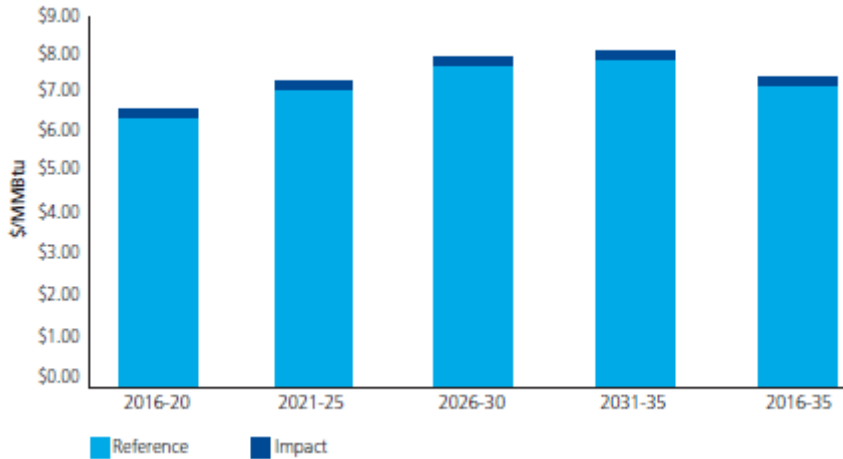
Mallilaskelmien mukaan hinta nousisi aluksi – erityisesti jos talouskehitys on nopeaa – mutta ajan myötä tapahtuva sopeutuminen vähentää viennin vaikutusta kaasun hintaan. Mitä nopeampaa talouden kasvu on, sitä suurempi on hintavaikutus.

Deloitteen tekemä tutkimus (Deloitte 2011)

Deloitte-konsulttiyritys on tehnyt omalla mallijärjestelmällään riippumattoman arvi-
on Yhdysvaltojen LNG-kaasun viennin mahdollisista taloudellisista vaikutuksista. Tutkimuksessaan yritys on selvittänyt viennin vaikutuksia kaasun hintatasoon ja sen myötä kotimaisiin kaasun kuluttajiin.

Deloitteen mallijärjestelmä huomioi globaalin maakaasumarkkinan ja Yhdysvaltojen hiilimarkkinan. Hiilimarkkina on tärkeä sen vuoksi, että hiili kilpailee kaasun kanssa sähköntuotannon polttoaineosuuksista. Vientimääräksi oletettiin EIA:n alempi skenaario eli 62 bcm vuodessa (62 Gm³/a).

Tulosten mukaan tämä aiheutti keskimäärin 1,7 %:n hinnannousun tukkukaasun hinnassa tarkastellulla aikavälillä 2016–2035 (kuva 25).



Kuva 25. LNG-kaasunviennin vaikutus kaasun tukkuhintaan Yhdysvalloissa Deloitteen mukaan (lähde: Deloitte 2011).

Vaikutus on analyysin mukaan hyvin pieni. Merkittävä ero Deloitteen ja EIA:n tulosten välillä on siinä, että Deloitteen analyysissä ei ole voimakasta alkutransienttia kaasun kotimaisessa hinnassa. Deloitteen mallijärjestelmän ytimenä on yksittäinen talouden toimija, joka tekee päätöksiä ottamalla pitkän aikavälin huomioon ja osaa siten varautua tuleviin muutoksiin omasta näkökulmastaan. Mallissa ei ole yleistä tavoitefunktiota, vaan kukin toimija toimii parhaansa mukaan siinä kohtaa talouden kytköksiä, jossa sattuu olemaan.

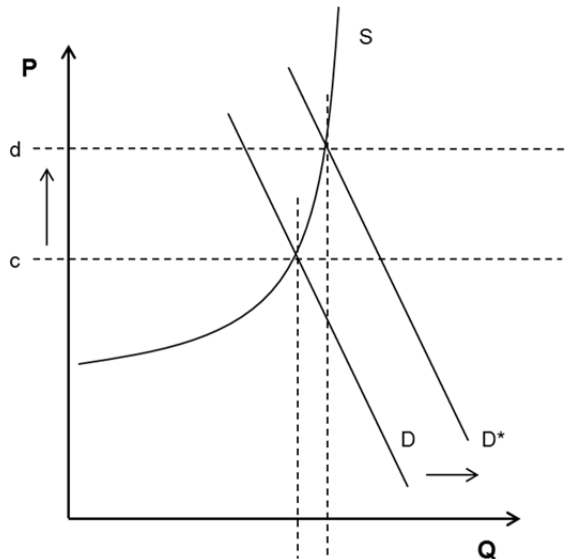
Tarkastelussa oleva vientimäärä, joka sinällään on tämän hetken globaalien LNG-markkinoiden kokoon verrattuna suuri, on pienehkö Yhdysvaltojen tuotantoon suhteutettuna. Se on noin 10 % nykyisestä tuotannosta.

Rice Universityn tutkimus (Medlock 2012)

Analyysi perustuu kysynnän ja tarjonnan peruskysymysten ja -vuorovaikutusten analyysiin. Keskeiset tekijät olivat seuraavat: Kysynnän ja tarjonnan joustot kotimaassa ja vientimarkkinoilla sekä sopeutuminen muutoksiin lyhyellä ja pitkällä aikavälillä. Ollaan siis aivan perustekijöiden parissa.

Yhdysvaltojen kaasuntarjonnan joustavuudella on suuri vaikutus syntyvään hintatasoon. Kysynnän kasvun aiheuttama hintamuutos on oleellisesti suurempi jäykän tarjonnan tapauksessa. Kun tarkastellaan Yhdysvaltojen LNG-viennin vaikutusta, vienti näkyy kotimarkkinoilla lisääntyneenä kysyntänä, mikä nostaa hintaa. Jos kaupankäyntiä ei rajoiteta, se kasvaa niin suureksi, että koti- ja vientimarkkinoiden hintaeroksi tulee kuljetuskustannus näiden markkinoiden välillä. Jos tarjonta on kohtuullisen joustavaa, suuretkaan vientimahdollisuudet eivät välttämättä johda suuriin toteutuneisiin vienti- tai tuontimääriin.

Tarkastellaan erästä viimeaikaista lyhyen aikavälin muutosta (kuva 26).



Kuva 26. Vientimarkkina, jolla on rajoittunut tarjonta.

Fukushima-onnettomuuden jälkiseuraamuksena Japanin LNG-kysyntä kasvoi äkisti ($D \rightarrow D^*$) eli ennakoimattomasti, koska ydinvoimaloiden sulkemisesta aiheutunutta sähköntuotannon vajetta korvattiin LNG:n lisäkäytöllä. Pääomaintensiivisessä tuotannossa, jota LNG:n tuotantoketjukiin edustaa, kapasiteetin sopeutuminen vie vuosissa mitattavan ajan. Lyhyellä aikavälillä tarjonta on rajoittunutta, mitä tarjontakäyrän jyrkästi ylöspäin nouseva muoto kuvaa. Japanin hankkiman spot-LNG:n hinta nousikin nopeasti 80 % ja se on säilynyt korkealla tasolla sen jälkeen.

Tutkimuksen lopputulemana kirjoittaja esittää, että Yhdysvaltojen kotimaisen kaasuntarjonnan hintajousto on 1,5 hinnan ollessa välillä 14–21 \$/MWh. Tarjontajoustopon arvo on *viisinkertainen* verrattuna aikaan, jolloin liuskekaasua ei vielä tuotettu. Lisääntynyt jousto on seurausta siitä, että markkinoille on tullut uusia toimijoita ja vanhojen toimijoiden markkinaosuus on kaventunut. Mainitun suuruisen jousto tarkoittaa, että yhden prosentin hinnannousu kasvattaa tuotantoa puolitoista prosenttia. Se tarkoittaa, että järkeväänsuuruisen LNG-viennin vaikutus kotimaan hintatasoon jää vaatimattomaksi. Analyysin tuloksena on pikemminkin se, että kansainvälisten markkinoiden vaste itse asiassa rajoittaa Yhdysvaltojen LNG-vientiä puhtaasti kaupallisista perusteista.

Oxford Instituten tutkimus (Henderson 2012)

Yhdysvaltojen tuotannon lisäys on jo vaikuttanut Euroopan hintatasoon, sillä maan alun perin aiottuja LNG-lasteja on tullut Euroopan vastaanottosatamiin. **Euroo-**

passa kaasua vastaan kaasua -kilpailu asettaa hinnan jo yli 50 %:lle kaupoista, kun tilanne 2005 oli vain 20 %. Vihman (2013) mukaan Venäjä on jo hyväksynyt hinnan alennuksia vientikaasulle Euroopassa ja sallinut jopa osan myynnistä indeksoitavan spot-hintoihin öljyn sijaan. Tämä ennakoiti mahdollisesti sitä, että öljy-indeksointi jää historiaan jossain vaiheessa.

Lisäksi halpa kaasua on Yhdysvalloissa syrjäyttänyt hiiltä sähköntuotannossa ja sen seurauksena hiilivirta maasta Eurooppaan on kasvanut. Euroopassa halpa hiili syrjäyttää kallista kaasua sähköntuotannossa nykyisillä polttoaineiden ja päästöoikeuksien hinnoilla.

Aasiassa tarjonnan varmuus on perinteisesti kriteereistä tärkein, eikä siellä sen vuoksi ole juostu erikoistarjousten perässä tarjonnan tasapainottamisessa. Korkeampi hinta on siirretty asiakkaan maksettavaksi. Muutoksen tuulia on aistittavissa, sillä markkinoilla on ilmennyt halua sitoa kaasun hinta Yhdysvaltain kaasun hintaan.

Taulukossa 5 on esitetty, millä hinnalla kaasua olisi tarjolla Euroopassa ja Aasiassa. Tummennetut sarakkeet vastaavat todennäköisempänä pidettyä hinta-alueita.

Taulukko 5a. LNG-vientikustannus Eurooppaan ja Aasiaan Yhdysvalloista.
Yksikkö [\$/MBtu].

Henry Hub -hinta	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
Nesteytys	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Kuljetus Eurooppaan	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Kuljetus Aasiaan	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Uudelleenkaasutus	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Hinta Euroopassa	6,7	7,7	8,7	9,7	10,7	11,7	12,7	13,7	14,7
Hinta Aasiassa	8,4	9,4	10,4	11,4	12,4	13,4	14,4	15,4	16,4

Taulukko 5b. LNG-vientikustannus Eurooppaan ja Aasiaan Yhdysvalloista.
Yksikkö [\$/MWh].

Henry Hub –hinta [\$/MWh]	6,8	10,2	13,7	17,1	20,5	23,9	27,3	30,7	34,1
Nesteytys	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2
Kuljetus Eurooppaan	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
Kuljetus Aasiaan	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2
Uudelleenkaasutus	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Hinta Euroopassa	22,9	26,3	29,7	33,1	36,5	39,9	43,4	46,8	50,2
Hinta Aasiassa	28,7	32,1	35,5	38,9	42,3	45,7	49,2	52,6	56,0

Laajasti jaetun käsityksen mukaan nykyinen Henry Hub -hintataso \$3/MBtu ei ole ylläpidettävissä. Liuskekaasun tuotantokustannusarvioiden perusteella luokkaa \$6/MBtu edustaa pitkän aikavälin marginaalikustannusta, vaihteluvälin ollessa \$4-7/MBtu.

Hinnalla \$ 5–6/MBtu, Euroopan markkina ei ole USA:sta katsottuna niin kiinnostava. Se antaa Euroopan kaasulle vertailuhinnan \$ 9,5-10,5/MBtu. Venäjän tulee hinnoitella alle tämän, jos mielihii pysyä suurena kaasuntoimittajana. Tällä hinnalla vienti Aasiaan näyttää edelleen kannattavalta. Kannattavuuden raja (HH) siihen suuntaan on luokkaa \$ 8/MBtu. Aasiassa kaasun marginaalikustannus voi siis laskea, mikä puolestaan lisää kysyntää.

Kiinan liuskekaasun tuotanto samoin kuin Kiinan kaasun kulutus ovat suuria epävarmuustekijöitä.

3.6 Maakaasun globaaleja tulevaisuusnäkömiä

Edellisessä luvussa tarkastelu keskittyi Yhdysvaltojen mahdollisen LNG-viennin vaikutuksiin. Tässä on tarkoitus avata näkökulma hieman laajemmaksi ja tarkastella liuskekaasun laajamittaisen hyödyntämisen vaikutuksia globaalisti. Kaikki tässä mainittavat tutkimukset on tehty laajoilla energiataloudellisilla malleilla, jois-

sa vuorovaikutukset markkinoiden, toimijoiden teknologian yms. kannalta on huomioitu. Alla olevan yhteenvedon avulla on pyritty tuomaan esille, mitä tekijöitä ja epävarmuuksia tulee huomioida arvioitaessa maakaasun roolia tulevaisuuden energijärjestelmässä.

Seuraavat julkaisut ovat tarkastelun kohteena:

1. Rogers, H., The Impact of a Globalising Market on Future European Gas Supply and Pricing: the Importance of Asian Demand and North American Supply. The Oxford Institute for Energy Studies, 2012.
2. Medlock, K., Jaffe, M., Hartley, P.: Shale Gas and U.S. National Security, July 2011.
3. Unconventional Gas: Potential Energy Market Impacts. JRC scientific and policy reports. European Commission, 2012.
4. Golden Rules for a Golden Age of Gas, IEA 2012b.
5. The Future of Natural Gas. An Interdisciplinary MIT Study, 2011.

Lopputulosten kannalta on ratkaisevan tärkeää, millaisia oletuksia vaikuttavista tekijöistä tehdään. Mitkä tekijät on valittu skenaariomuuttujiksi eli tekijöiksi, joiden vaikutus lopputuloksiin on merkittävin. Skenaariomuuttujat ovat niitä tekijöitä, jotka ovat epävarmoja, mutta samalla kaikkein tärkeimpiä ja vaikuttavimpia.

Ei ole mitenkään yllättävää, että kaasuresurssien koko on jokaisessa tutkimuksessa yksi keskeinen epävarmuustekijä. Samoin kaasun käytön määrä, joka voidaan ilmaista joko suoraan annettuna suureena tai se johdetaan talouden yleisestä kehitystrendistä, BKT:n kasvusta. Kaasun tuotanto- ja siirtokustannukset ovat joissain selvityksissä myös yksi keskeisistä oletuksista.

Laskelmille yhteisiä lopputuloksia ovat mm. seuraavat:

- Epäkonventionaalisten kaasuvarojen käyttö vähentää globaalia kaasukauppaa, koska suurempi osa kysynnästä voidaan tuottaa kuluttavassa maassa.
- Ilman epäkonventionaalisten kaasuvarojen käyttöä niiden maiden merkitys – sellaisten joilla on suurimmat konventionaaliset varat kaasukaupassa – kasvaa kaasuvarojen niukentuessa. Näitä maita ovat erityisesti Venäjä, Iran ja Qatar.
- Euroopan tuonti kasvaa vääjäämättömästi, mutta epäkonventionaalisten varojen tuotanto antaa enemmän vaihtoehtoja tuontilähteen valinnalle, vaikkei Eurooppa itse epäkonventionaalista kaasua tuottaisikaan.
- Maakaasun laajeneva käyttö vähentää päästöjä syrjäyttäessään hiiltä sähköntuotannossa.

Seuraavassa on joitain erityishuomioita eri julkaisuista. Olemme pyrkineet valitsemaan kyseisestä tutkimuksesta seikkoja, jotka ovat sekä kiinnostavia että kyseiselle työlle erityisiä.

Rogers, H., The Impact of a Globalising Market on Future European Gas Supply and Pricing: the Importance of Asian Demand and North American Supply. The Oxford Institute for Energy Studies, 2012.

Analyysi perustuu alan hyvin tuntevan tutkijan suhteellisella simuloitimallilla tehtyihin skenaariolaskelmiin. Yksinkertaisuus ei ole mikään moite, vaan päinvastoin: tulosten syntymisen logiikka on helppo ymmärtää ja tekijän ymmärrys analyysin kohteesta mahdollistaa tarpeettomien yksityiskohtien poisjättämisen. Tarkastelun kohtiossa on Euroopan kaasun hankinta vuoteen 2025 saakka.

Skenaariomuuttujat eli keskeiset epävarmuudet ovat Yhdysvaltain kaasuntuotanto ja Aasian kysyntä. Molempien suureiden mahdolliset arvot ovat joko matala tai korkea. Nämä tekijät yhdistämällä syntyy neljä tapausta. Taustaoletuksena on se, että Euroopan putkikaasutuonnissa luovutaan öljyindeksoinnista, ja hinnat syntyvät kaasun kysynnän ja tarjonnan perusteella.

Euroopan tilanteelle on oleellista Venäjän putkikaasun ja LNG-tuonnin kilpailu. Yhdysvaltojen tuotantomäärästä ja Aasian LNG-markkinan kysynnästä riippuu, mihin hintaan LNG:tä Eurooppaan on saatavissa. Venäjän täytyy valita kahden mahdollisen toimintatavan välillä: puolustaako se markkinaosuuttaan Euroopassa hinnan kustannuksella vai pyrkiikö se ylläpitämään korkeampaa hintatasoa vientiä leikkaamalla. Julkaisussa tarkastellaan, miten Euroopan kaasunhankinta kehittyi eri vaihtoehtoissa, miten Venäjän toiminta siihen vaikuttaa ja miten Yhdysvaltain tuotantomäärät ja Aasian kehitys raamittavat kehityspolut. Aikajänne ei ole järin pitkä, mutta kun kaasun toimituksiin liittyvät käytännön rajoitteet (esim. sopimukset) on huomioitu, analyysi antaa numeerisille arvoille uskottavuutta eri tavalla kuin abstrahoidummat lähestymistavat.

Medlock, K., Jaffe, M., Hartley, P.: Shale Gas and U.S. National Security, July 2011

Rice Universityn James A. Baker III -instituutin tekemä ja Yhdysvaltain energiaministeriö DOE:n rahoittama tutkimus selvittää liuskekaasusta johtuvan maakaasun kasvaneen tuotannon seurauksia Yhdysvaltain turvallisuudelle ja ulkopolitiikalle. Työn perustan luo kvantitatiivinen analyysi, joka hyödyntää samanlaista maakaasumarkkinamallia kuin Deloitte (ks. Deloitte 2011). Sen keskeinen epävarmuustekijä on liuskekaasuvarojen hyödynnettävissä oleva määrä, jolle annetaan kolme eri arvoa. Ne ovat: Täysimääräinen kaikkien globaalien liuskekaasuvarojen hyödyntäminen; Yhdysvaltain varojen osittainen käyttö, mutta kaikkien muiden globaalivarojen käyttövapaus; vain Yhdysvaltain ennen 2005 löydettyjen varojen käyttö. Ensimmäinen ja viimeinen ovat kiinnostavimmat tapaukset. Julkaisu tarkastelee liuskekaasun tuotannon vaikutuksia Yhdysvaltojen ja sen liittolaisten poliittisten päämäärien kannalta.

Liuskekaasuvarojen täysimääräinen hyödyntäminen edesauttaa Yhdysvaltojen energiaturvallisuuden ja kansallisten intressien saavuttamista. **Liuskekaasun tuottaminen rajoittaa kalliin LNG:n tuontia ja alentaa kasvihuonekaasupääs-**

töjen vähentämisen kustannuksia. Kilpailu maakaasumarkkinoilla kasvaa liuskekaasuvarojen hyödyntämisen takia, mikä pitää kaasun hinnan edullisempänä. Lisääntynyt kilpailu myös vähentää "kaasu-OPECin" syntymisen todennäköisyyttä ja vähentää sellaisten energianviejämaiden, kuten Venäjä, Iran ja Venezuela, mahdollisuuksia käyttää energiaa välineenä vastustaa Yhdysvaltojen intressien ajamista.

Erityisesti Eurooppa hyötyy liuskekaasun vahvasta roolista globaalimarkkinoilla, sillä se mahdollistaa kaasuriippuvuuden vähentämisen Venäjältä, ja sen myötä Venäjän poliittinen vaikutusvalta vähenee.

Kasvava liuskekaasutuotanto auttaa kirjoittajien mukaan Yhdysvaltojen tavoitteiden eteenpäinvientiä Iranin suhteen. Laaja liuskekaasutuotanto lykkää Iranin kaasunvientimahdollisuuksia laskentatulosten mukaan kahdella vuosikymmenellä, jona aikana taloudellisia pakotteita voidaan jatkaa. Tämän ajan kuluessa voidaan löytää Yhdysvaltojen kannalta parempi ratkaisu Iranin ydinvoimaan liittyvään ongelmaan, ja se antaa mahdollisuuden siihen, että Iranissa tapahtuu poliittinen muutos, ennen kuin sen kaasunvienti alkaa.

Kaikissa skenaarioissa **Kiinan vaikutus LNG:n kaupan kasvuun on kaikkein suurin.** Sen vuoksi Kiinan kysynnän kasvu on keskeinen maakaasun geopolitiikkaan liittyvä kysymys. Kasvava liuskekaasun tuotanto vähentää sen riippuvuutta potentiaalisesti ongelmallisesta Lähi-idän alueesta. Kaikissa tarkastelluissa tapauksissa Venäjä aloittaa kaasunviennin Kiinaan. Vaikka tämä ei olekaan kirjoittajien mukaan suoranaisesti Yhdysvaltojen etujen vastaista, niin se voi heikentää Yhdysvaltojen mahdollisuuksia Kiina-yhteistyössä.

Unconventional Gas: Potential Energy Market Impacts. JRC scientific and policy reports. European Commission, 2012; ja Golden Rules for a Golden Age of Gas, IEA 2012b.

Tässä vertaillaan otsikossa mainittuja tutkimuksia keskeisten oletusten ja tulosten suhteen. JRC-tutkimus perustuu neljään perusskenaarioon ulottuen vuoteen 2040. Neljä skenaariota syntyy kahden suureen, liuskekaasun tuotantomäärän ja hinnan, sekä globaalin BKT-kasvuvaihtoehdon optimistisesta ja vähemmän optimistisesta kehityspolusta. Laskelmat on tehty TIMES-mallijärjestemällä, jota myös VTT käyttää skenaariolaskennassa.

IEA:n tutkimus perustuu projektioihin kahdesta, vuoteen 2035 ulottuvasta New Policies -skenaariosta, joissa molemmissa tarkastellaan epäkonventionaalisen kaasun suotuisaa ja epäsuotuisaa kehitysvaihtoehtoa. Kultaisen säännön tapauksessa kaikki esteet epäkonventionaalisen kaasuntuotannon edestä oletetaan raivatuiksi, jolloin tuotantokustannukset ovat alhaiset, reservit suuret ja hinnat vähemmän öljyyn sidotut. Niukat epäkonventionaaliset -tapauksessa vastakkaiset oletukset ovat voimassa. IEA käyttää World Energy Model -mallia tulevaisuuden energiajärjestelmien kvantitatiiviseen analyysiin.

Koska oletukset eroavat, niin tuloksia voi verrata vain yleisellä tasolla. Oheinen kuva osoittaa kuitenkin tulosten merkittävää samankaltaisuutta.

Key Assumptions	JRC	IEA
Recoverable Reserves (tcm)		
Conventional gas	403	421
Shale gas	149-417	30-208
Production Cost (\$/Mbtu)	low/best/high	
USA (Shale)	4 - 6.5 - 19	3-7
EUROPE (Shale)	4.4 - 7 - 21	5-10
Avg. Annual Global GDP growth, % (2012-35)	2.7-3.7	3.5

Key Results (Low/High Unconv. Gas)	JRC (2035)	IEA (2035)
Total Gas Demand	4.9 / 5.6 tcm	4.6 / 5.1 tcm
Unconv. Gas Production	1 / 2.1 tcm	0.6 / 1.6 tcm
UG-USA	500 / 940 bcm	274 / 580 bcm
UG-China	170 / 350 bcm	112 / 391 bcm

Key Results	JRC (2035)	IEA (2035)
Total gas trade - High vs Low UG	-11%	-23%
Europe import dependency - High vs Low UG	57% / 72%	59% / n/a
EU gas import (Low-High UG)	430 / 470 bcm	
Electr. prod. from nat. gas (TWh)	6 144 / 7,966	7 100 / 8,780

Kuva 27. JRC-tutkimuksen keskeiset lähtöoletukset (ylin taulukko) ja yhteenveto tuloksista (kaksi alinta taulukkoa) (lähde: JRC 2012).

Muita merkittäviä tuloksia ovat JRC-raportin mukaan seuraavat:

- Johdonmukainen ja merkittävä tulos on se vaikutus, joka suuremmalla epäkonventionaalisen kaasun tuotannolla on kaasun hintaan. IEA-mallin eksogeenisena oletuksena on: optimistinen liuskekaasutapaus pudottaa kaasun hintaa Euroopassa 20 %, Yhdysvalloissa 30 %, ja JRC-mallin laskentatulosten mukaan Euroopassa kaasun hinta on 15 % ja Yhdysvalloissa 25 % edullisempi kuin vähemmän optimistisessä tapauksessa.
- Molemmat tutkimukset tulevat siihen tulokseen, että **Euroopan kannalta paras tulos on sellainen, missä aleneva konventionaalisen kaasun tuotanto korvautuu vastaavalla määrällä epäkonventionaalista kaasua. Tuontiriippuvuus on tällöin noin 60 %.**
- Epäkonventionaalisen kaasun tuotannolla on vain vähäinen merkitys uusiutuvien energiamuotojen käyttöön.

- JRC-analyysi globaalista CO₂-rajoituksesta osoittaa, että tiukat CO₂-tavoitteet eivät poissulje merkittävää maakaasun käytön kasvua.

The Future of Natural Gas. An Interdisciplinary MIT Study, 2011.

Tämän tutkimuksen keskeiset oletukset muodostuvat kolmesta tekijästä.

- Kasvihuonekaasurajoitusten ankaruus Yhdysvalloissa, ulottuvuudella: Ei rajoituksia / Hintapohjainen ilmastopolitiikka / Sääntelypohjainen ilmastopolitiikka.
- Globaalien kaasumarkkinoiden merkitystä tutkittiin ulottuvuudella: Alueelliset markkinat säilyvät / Globaalit markkinat kehittyvät
- Kaasuresurssien koko: pieni / keskimääräinen / suuri.

Lopputuloksia voidaan tiivistää seuraavalla tavalla:

- Kasvihuonekaasujen rajoitustavalle löytyi selvä paremmuusjärjestys
 1. Päästöoikeuden hintaan perustuva järjestelmä olisi tehokkain. Se kohdentaisi kaasun käytön sähköntuotantosektorille.
 2. Sääntelyyn perustuva rajoituspolitiikka sovellettuna uusiutuvien energialähteiden ja hiilen käyttöön sähkön tuotannossa, voisi johtaa vielä suurempaan maakaasun käytön kasvuun, mutta vaikutus kasvihuonekaasujen määrään olisi kuitenkin hintaohjausta vähäisempi.
- Kaikissa tutkituissa tapauksissa maakaasun merkitys ja osuus Yhdysvaltain energiataloudessa vahvistui.
- Kansainväliset kaasuresurssit ovat tutkimuksen mukaan todennäköisesti yhdysvaltalaisia halvempia aivan kaikkein edullisimpia liuskekaasuesiintymiä lukuun ottamatta. Integroituneiden ja globaalien kaasumarkkinoiden synty voisi johtaa merkittävään Yhdysvaltain kaasun tuontiin.
- **Liuskekaasuvarat ovat merkittävän Yhdysvaltojen lisäresurssi, mutta ei mikään yleisratkaisu pitkällä aikavälillä.** CO₂-päästöjen syvät leikkaukset edellyttävät puhtaampia ratkaisuja. Kaasu voi toimia väliaikaisratkaisuna ennen puhtaampien tekniikoiden esiinmarssia.

4. Johtopäätökset ja yhteenveto liuskekaasun merkityksestä Euroopalle

EU:n energiajärjestelmä ja -markkinat ovat kohtaamassa uusia haasteita sekä kansallisten että EU:n energia- ja ilmastopoliittisten päätösten ja toisaalta koko talouden rakenteellisten muutosten takia. EU:n asettamat sitovat velvoitteet vuodelle 2020 vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ja lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä ovat jo nyt muuttaneet EU:n energiapalettia, ja epäselvää on, mitkä ovat vuoden 2020 jälkeiset energia- ja ilmastopoliittiset linjaukset. Samalla fossiilisten polttoaineiden käyttö on kohtaamassa uuden renessanssin Fukushima onnettomuuden jälkimaininkien (vrt. esim. Saksan ydinvoimapolitiikka) ja liuskekaasuvallankumouksen myötä. Nykyinen yleinen näkökulma onkin, että fossiilisia polttoaineita olisi runsaasti saatavilla kohtuuhintaan, ja lisäksi kansainvälisen ilmastopoliittisen voimaantumisen näyttää epätodennäköiseltä lähivuosina.

Tarkasteltaessa EU:n ja muun Euroopan kaasun kysynnän kehitystä ollaan yllä mainittujen kysymysten edessä, **ja maakaasun kilpailukyvyyn arviointi Euroopan ja Suomen näkökulmasta vaatisi perusteellisemmän selvityksen**, johon tässä työssä ei ollut mahdollisuuksia. VTT on ollut mukana vuonna 2011–13 laajassa kansainvälisessä mallinnushankkeessa, jossa on laskettu EU:n energia- ja päästökkenaarioita vuoteen 2050 asti useilla eri malleilla ja useiden organisaatioiden toimesta, EU:n omat mallintajat mukaan lukien. Kaasun kysynnän osalta tulokset olivat hyvin ristiriitaiset riippumatta oletetusta ilmastopoliittiskenaariosta: osa malleista arvioi kasvavaa kaasun kysyntää ja tuontia EU-alueelle ja osa malleista taas laskevaa. Tämä kuvaa hyvin kaasun kilpailukyvyyn arviointiin liittyvää problematiikkaa. Globaalisti kaasun kysynnän voidaan olettaa kuitenkin kasvavan, mikä vähentää globaaleja kasvihuonekaasupäästöjä.

Liuskekaasumallistus on tuonut uutta toivoa useille valtioille, jotka ovat enenevässä määrin riippuvaisia fossiilisten polttoaineiden tuonnista. Euroopan oman liuskekaasutuotannon käynnistyminen näyttää kuitenkin epätodennäköiseltä tällä vuosikymmenellä sekä teknistaloudellisten tekijöiden että nykyisen regulaation vuoksi. Haasteena ovat ympäristötekijät ja tuotannon vaatimat laajat maa-alueet tiheästi asutussa Euroopassa. Liuskekaasutuotanto Yhdysvalloissa ja mahdollisilla muilla alueilla tulevaisuudessa on kuitenkin suotuisaa myös Euroopan näkökulmasta seuraavien seikkojen vuoksi:

- Liuskekaasuvarojen hyödyntäminen tuo useampia tuottajia maailmanmarkkinoille, mikä parantaa markkinoiden toimintaa kilpailua lisäämällä.
- Ilman epäkonventionaalisten kaasuvarojen käyttöä niiden maiden merkitys – sellaisten joilla on suurimmat konventionaaliset varat kaasukaupassa – kasvaisi kaasuvarojen niukentuessa. Näitä maita ovat Venäjä, Iran ja Qatar.
- Euroopan konventionaalisen kaasun tuotanto vähenee varojen ehtyessä, mikä merkitsee tuonnin kasvua nykyiselläkin kaasun käyttömäärällä. Omien epäkonventionaalisten kaasuvarojen käytöllä tuontitarpeen kasvun voisi, ainakin periaatteessa, pysäyttää, ehkä kääntääkin. Joka tapauksessa epäkonventionaalisten varojen tuotanto antaa enemmän vaihtoehtoja tuontilähteen valinnalle, vaikkei Eurooppa itse sitä tuottaisikaan.

Lisäksi liuskekaasu muuttanee maakaasumarkkinoiden dynamiikkaa ja mahdollisesti jopa kaasun hinnoittelua:

- Epäkonventionaalisten kaasuvarojen käyttö vähentää globaalia kaasukauppaa, koska suurempi osa kysynnästä voidaan tuottaa kuluttavassa maassa.
- Venäjän asema Euroopan kaasunhankinnassa voi muuttua: Sekä kaasun hinnoitteluun että markkinaosuuteen kohdistuu suuria muospaineita.
- Kaasun pitkäaikaisten sopimusten öljysidonnaisuudesta siirryttäen kaasukeskeiseen hinnoitteluun, ja markkinaosuustaistelu LNG-tuonnin kanssa voi päättyä Venäjän tappioksi laajenevan liuskekaasutuotannon myötä.

Lähdeluettelo

- Accenture 2012. Water and Shale Gas Development. Leveraging the US experience in new shale developments. 71 s.
<http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/PDF/Accenture-Water-And-Shale-Gas-Development.pdf>
- Bloomberg 2012. <http://www.bloomberg.com/news/2012-01-17/electricity-declines-50-in-u-s-as-shale-brings-natural-gas-glut-energy.html>)
- BP 2012. BP Statistical Review of World Energy June 2012. British Petroleum.
<http://www.bp.com/statisticalreview>
- Deloitte 2011. Made in America. The Economic Impact of LNG exports from the United States. Deloitte Center for Energy Solutions.
- The Economist 2012. Jul 14th.
- EIA 2009. Energy Information Administration. Major Legislative and Regulatory Actions (1935–2008).
- EIA 2011. U.S. Energy Information Administration. World Shale Gas Resources: An Initial Assessment of 14 Regions Outside the United States. April 2011.
<http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/fullreport.pdf>
- EIA 2012a. Energy Information Administration. Annual Energy Outlook 2012 with projections to 2035. U.S. Energy Information Administration.
<http://www.eia.gov/forecasts/archive/aeo12/>
- EIA 2012b. Energy Information Administration. Effect of Increased Natural Gas Exports on Domestic Energy Markets, January 2012.
- EIA 2013. Energy Information Administration. Electricity.
<http://www.eia.gov/electricity/> Vierailtu 16.5.2013.
- FT 2012. Financial Times. Hollande rejects shale gas fracking. 14.9.2012.
<http://www.ft.com/intl/cms/s/0/4c1f55ec-fe5c-11e1-8228-00144feabdc0.html#axzz2MwwWbyrW>
- Forsström, J. 2012. Kenen kaasua poltat Eurooppa? VTT, Espoo. 52 s. VTT Technology: 29 <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T29.pdf>

- GIING 2011. The LNG industry in 2011. International Group of Liquefied Natural Gas Importers. <http://www.giignl.org>
- Heather, P. 2012. Continental European Gas Hubs: Are they fit for the purpose? OIES NG63.
- Henderson, J. 2012. The Potential Impact of North American LNG Exports, OIES NG68.
- IEA 2012a. World Energy Outlook 2012. International Energy Agency, OECD/IEA, Paris.
- IEA 2012b. Golden Rules for a Golden Age of Gas. IEA/OECD, Paris.
- JRC 2012. Joint Research Centre. Unconventional Gas: Potential Energy Market Impacts. JRC scientific and policy reports. European Commission, 2012.
- Koljonen, T., Ruska, M., Pahkala, K., Flyktman, M., Forsström, J., Kiviluoma, J., Kirkinen, J. & Lehtilä, A. 2009. Energiaressurssit ja -markkinat. VTT Tiedotteita 2489. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2489.pdf>
- Medlock, K. 2012. U.S. LNG exports: Truth and Consequence. August 10, 2012.
- MIT 2011. Massachusetts Institute of Technology. The Future of Natural Gas. An Interdisciplinary MIT Study. http://mitei.mit.edu/system/files/NaturalGas_Report.pdf
- NY Times 2013. The New York Times. Europe Struggles in Shale Race. April 24, 2013. http://www.nytimes.com/2013/04/25/business/energy-environment/europe-faces-challenges-in-effort-to-embrace-shale-gas.html?_r=0
- O&G 2012. Oil & Gas Journal. Worldwide look at reserves and production. Dec. 3, 2012.
- O&G 2013. Oil & Gas Journal. WoodMac: Commercial viability of UK shale gas yet to be proved. Jan 7, 2013.
- O&G 2013b. Oil & Gas Journal. WoodMac: Commercial viability of UK shale gas yet to be proved. Apr. 1, 2013.
- Rogers, H. 2010. LNG-trade flows in the Atlantic Basin: Trends and Discontinuities, OIES NG41.

Rogers, H. 2012. The Impact of a Globalising Market on Future European Gas Supply and Pricing: the Importance of Asian Demand and North American Supply, OIES NG59.

Ruska, M., Koljonen, T. & Koreneff, G. 2012. Fossiiliset polttoainevarat ja -markkinat. VTT, Espoo. 113 s. VTT Technology 28.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T28.pdf>

Vihma, A. 2013. The Shale Gas Boom. The Finnish Institute of International Affairs. FIIA Briefing Paper 122. February 2013.

Total 2012. www.Total.com, vierailtu 7.3.2012.

Nimeke	Arvioita liuskekaasun kehitysnäkymistä ja vaikutuksista Euroopassa
Tekijä(t)	Juha Forsström & Tiina Koljonen
Tiivistelmä	<p>Globaalit maakaasumarkkinat ovat viime vuosina olleet muutosten kohteena, ja kaasumarkkinoiden kehityksen arviointi on tullut entistä haasteellisemmaksi. Yksi merkittävä tekijä maakaasumarkkinoiden mullistuksessa on ollut liuskekaasun tuotannon käynnistyminen Yhdysvalloissa. Tämä on rohkaissut myös monia muita maita, kuten Kiinaa, Puolaa, Etelä-Afrikkaa, Argentiinaa ja Isoa-Britanniaa, arvioimaan omia kaasuresurssejaan uudessa valossa. Liuskekaasun tuotanto Yhdysvaltojen ulkopuolella on kuitenkin merkityksentöntä, ja arvioiden mukaan tilanne pysynee samana vuoteen 2020 asti. Kyseiset valtiot tarvitsevat aikaa kehittää liuskekaasuteollisuutta, jonka osalta kohdataan uudenlaisia teknisiä, geologisia ja sääännöllisiä haasteita. Liuskekaasun tulevaisuuteen vaikuttaa myös julkinen keskustelu ja huoli liuskekaasun tuotantoon liittyvistä sosiaalisista vaikutuksista sekä ympäristöriskeistä, joita ei vielä tunneta tarkasti. Liuskekaasun tuotanto onkin useissa valtioissa kielletty nykylainsäädännöllä, näin esimerkiksi Ranskassa.</p> <p>Julkaisussa on arvioitu liuskekaasutuotannon näkymiä ja vaikutuksia maakaasumarkkinoihin globaalisti ja Euroopan näkökulmasta. Työ on toteutettu Energia-teollisuus ry:n toimeksiannossa helmi–toukokuussa 2013. Selvityksen johtopäätöksenä voidaan todeta</p> <ul style="list-style-type: none"> – Epäkonventionaalisten kaasuvarojen käyttö vähentää globaalia kaasukauppaa, koska entistä suurempi osa kysynnästä voidaan tuottaa kuluttavassa maassa. – Liuskekaasuvarojen hyödyntäminen tuo useampia tuottajia maailmanmarkkinoille, mikä parantaa markkinoiden toimintaa kilpailua lisäämällä. – Ilman epäkonventionaalisten kaasuvarojen käyttöä niiden maiden merkitys – sellaisten, joilla on suurimmat konventionaaliset varat – kaasukaupassa kasvaa kaasuvarojen niukentuessa. Näitä maita ovat Venäjä, Iran ja Qatar. – Euroopan konventionaalisen kaasun tuotanto vähenee varojen ehtyessä, mikä merkitsee tuonin kasvua nykyisellään kaasun käyttömäärällä. Omien epäkonventionaalisten kaasuvarojen käytöllä tuontitarpeen kasvun voisi (ainakin periaatteessa) pysäyttää, ehkä kääntääkin. Joka tapauksessa epäkonventionaalisten varojen tuotanto antaa enemmän vaihtoehtoja tuontilähteen valinnalle, vaikkei Eurooppa itse sitä tuottaisikaan. – Venäjän asema Euroopan kaasunhankinnassa voi muuttua: sekä kaasun hinnoitteluun että markkinaosuuteen kohdistuu suuria muutospaineita. <p>Kaasun pitkäaikaisten sopimusten öljysidonnaisuudesta siirryttäen kaasukeskeiseen hinnoitteluun ja markkinaosuustaistelu LNG-tuonin kanssa voi päättyä Venäjän tappioksi laajenevan liuskekaasutuotannon myötä.</p>
ISBN, ISSN	ISBN 978-951-38-8024-8 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp) ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (verkkojulkaisu)
Julkaisu aika	Toukokuu 2013
Kieli	Suomi, englanninkielinen tiivistelmä
Sivumäärä	60 s.
Avainsanat	Shale gas, natural gas, gas resources, gas reserves, LNG, unconventional gas, gas markets
Julkaisija	VTT PL 1000, 02044 VTT, Puh. 020 722 111

VTT on puolueeton, moniteknologinen tutkimusorganisaatio. VTT tuottaa yhdessä kotimaisten ja kansainvälisten asiakkaidensa ja yhteistyökumppaneidensa kanssa tieteelliseen tutkimukseen pohjautuvia innovaatioita ja luo näin edellytyksiä yhteiskunnan kestäväälle kehitykselle ja hyvinvoinnille.

Liikevaihto: 300 milj. euroa

Henkilöstö: 3 200

VTT:n julkaisut

VTT:läiset julkaisevat tutkimustuloksia ulkomaisissa ja kotimaisissa tieteellisissä lehdissä, ammattilehdissä ja julkaisusarjoissa, kirjoina, konferenssiesitelminä, patenteina sekä VTT:n omissa sarjoissa. VTT:n julkaisusarjat ovat VTT Visions, VTT Science, VTT Technology ja VTT Research Highlights. Sarjoissa ilmestyy vuosittain noin sata korkeatasoista tiede- ja ammattijulkaisua. Julkaisut ilmestyvät verkossa ja suurin osa myös painettuna.

VTT Visions

Sarja sisältää tulevaisuudennäkymiä ja ennakoiteja VTT:n näkemyksen mukaan merkittävistä teknologisista, yhteiskunnallisista ja liiketoiminnallisista teemoista. Sarja on suunnattu erityisesti yritysten ja julkishallinnon päättäjille ja asiantuntijoille.

VTT Science

Sarja tuo esille VTT:n tieteellistä osaamista. Siinä ilmestyy väitöskirjoja ja muita vertaisarvioituja julkaisuja. Sarja on suunnattu erityisesti tutkijoille ja tiedeyhteisölle.

VTT Technology

Sarja sisältää julkisten tutkimusprojektien tuloksia, teknologia- ja markkinakatsauksia, kirjallisuustutkimuksia, oppaita ja VTT:n järjestämien konferenssien esitelmää. Sarja on suunnattu ammattipiireille, kehittäjille ja soveltajille.

VTT Research Highlights

Sarjassa esitellään tiiviissä muodossa VTT:n valittujen tutkimusalueiden uusimpia tuloksia, ratkaisuja ja vaikuttavuutta. Kohderyhmänä ovat asiakkaat, päättäjät ja yhteistyökumppanit.

Arvioita liuskekaasun kehitysnäkymistä ja vaikutuksista Euroopassa

VTT on tutkinut energiaresursseja ja -markkinoita jo pidempään. Ohessa aihepiiriin julkaisuja:

Koljonen, Tiina, Ruska, Maija, Flyktman, Martti, Forsström, Juha, Kiviluoma, Juha, Kirkinen, Johanna, Lehtilä, Antti & Pahkala, Katri. Energiaresurssit ja -markkinat. VTT Tiedotteita – Research Notes 2489. 2009.

Vuori, Seppo, Abdurafikov, Rinat, Alanen, Raili, Baschwitz, Anne, Delpech, Marc, Forsström, Juha, Helynen, Satu, Hänninen, Seppo, Kirkinen, Johanna, Kiviluoma, Juha, Koljonen, Tiina, Koreneff, Göran, Kärkkäinen, Seppo, Langlois, Jean-Paul, Lindroos, Tomi, J., Loaëc, Christine, Rischer, Heiko, Rosenberg, Rolf, Ruska, Maija, Sahay, Arun, Similä, Lassi, Sipilä, Kari & Solanko, Lauri. Chapter 5: Energy resources and supply systems. Teoksessa: Energy Visions 2050. 2009.

Koljonen, Tiina, Koreneff, Göran, Similä, Lassi, Forsström, Juha, Ekholm, Tommi, Lehtilä, Antti, Ruska, Maija, Pahkala, Katri, Hakala, Kaija, Lötjönen, Timo, Niemeläinen, Oiva, Rintamäki, Heidi & Aro-Heinilä, Esa. Suomalainen tulevaisuuden energialiiketoiminta – skenaariot ja strategiat. SALKKU-hankkeen yhteenvetoraportti. VTT Technology 25. 2012.

Ruska, Maija, Koljonen, Tiina & Koreneff, Göran. Fossiiliset polttoainevarat ja -markkinat. VTT Technology 28. 2012.

Forsström, Juha. Kenen kaasua poltat, Eurooppa? VTT Technology 29, 2012.

ISBN 978-951-38-8024-8 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN-L 2242-1211
ISSN 2242-122X (verkkójulkaisu)

