Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Teknillinen tiedekunta

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0201 Energiatekniikan kandidaatintyö ja seminaari

ÖLJYNPORAUS ARKTISILLA MERIALUEILLA

Offshore oil drilling in the Arctic

Työn tarkastaja: Esa Vakkilainen

Työn ohjaaja: Esa Vakkilainen

Lappeenranta 2.11.2014

Aleksi Tornberg

TIIVISTELMÄ

Tekijän nimi: Aleksi Tornberg

Opinnäytteen nimi: Öljynporaus arktisilla alueilla

Teknillinen tiedekunta

Energiatekniikan koulutusohjelma

Kandidaatintyö 2014

44 sivua, 8 kuvaa, 4 taulukkoa, 1 liite

Hakusanat: öljynporaus, arktiset alueet, öljynporauslautta, merioikeusyleissopimus

Tässä työssä selvitetään millaisissa olosuhteissa öljyä porataan arktisilla merialueilla, miten olosuhteiden tuomiin riskeihin varaudutaan ja miten kansainvälinen lainsäädäntö rajoittaa öljynporaamista arktisilla merialuilla. Lisäksi tarkastellaan arktisilla alueilla suoritettavan öljynporauksen kustannuksia ja ilmastonmuutoksen vaikutuksia arktiseen öljynporaukseen.

Öljynporaus arktisilla merialueilla on saanut toistuvasti julkisuutta ympäristöjärjestöjen suorittamista laittomista tunkeutumisista öljynporausasemille. Teollisen toiminnan lisääntymisestä arktisilla alueilla on uutisoitu paljon 2010-luvulla. Julkinen keskustelu on osittain jakautunut ympäristöjärjestöjen ja energiasektorin kilpailuksi toiminnan moraalisuudesta. Tässä työssä on pyritty ymmärtämään molempien osapuolien näkökantoja tarkan lähdekritiikin kautta.

SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä **2**

Sisällysluettelo **3**

Symboli- ja lyhenneluettelo **4**

1 Johdanto **5**
1.1 Arktisen alueiden historia 6
1.2 Tutkimuksen tavoite, tutkimusongelma ja tutkimuksen rajaukset 7

2 Arktisen alueen määritelmät **8**

3 Lähtökohdat öljynporaukselle **10**
3.1 Öljyn kokonaisvarat 11
3.2 Öljyntuottajat ja kuluttajat 12
3.3 Öljynporaustekniikat 16
3.4 Öljynporauslautat 18

4 Öljynporauksen kehittyminen arktisilla alueilla **21**
4.1 Napajään sulaminen 22
4.2 Öljyn hinnan muodostuminen 23

5 Öljyn poraaminen arktisissa olosuhteissa **25**
5.1 Arktisille alueille valmistettu öljynporauskalusto 25
5.2 Arktisilta olosuhteilta suojautuminen öljynporauksessa 28

6 Ympäristönsuojelu **32**
6.1 Arktinen neuvosto 33
6.2 Merioikuesyleissopimus 34
6.3 Ympäristöjärjestöt 36

7 Pohdinta **37**

8 Yhteenveto **38**

Lähdeluettelo **39**

Liite 1. Haastattelukysymykset – Arktinen tutkimuskeskus, professori Timo Koivurova

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Roomalaiset aakkoset

E	energia	[J], [toe]
T	lämpötila	[ºC]
V	tilavuus	[bbl], [m^3]

Lyhenteet

EIA	U.S Energy Information Administration
IEA	International Energy Agency
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries
USD	Yhdysvaltin dollari
WEC	World Energy Council
YK	Yhdistyneet kansakunnat

1 JOHDANTO

Maailmassa jäljellä olevista öljyvaroista ei ole yksiselitteistä oikeaa tietoa. Alalta puuttuvat kokonaan kansainväliset standardit, jotka määrittelisivät öljyreservien määrän ja laadun ilmoittamisen yksityiskohdista. Teknisistä epävarmuuksista johtuen on epäselvää, millainen öljyesiintymä luokitellaan taloudellisesti hyödynnettäväksi reserviksi ja mitkä mielletään epätaloudellisiksi resursseiksi. Toisinaan öljyesiintymien laajuutta ja saatavuutta vääristellään taloudellisista tai poliittisista syistä. (Ruska et al. 2012, 17) Tämän vuoksi on tärkeää tiedostaa, että öljyntuotannosta voidaan tehdä hyvin erilaisia uutisia, raportteja ja tutkimuksia tarkoitusperästä riippuen. Joka tapauksessa maailman öljyvarat vähenevät jatkuvasti ja niiden hyödyntäminen käy yhä vaikeammaksi. Samaan aikaan öljyn kulutus ja kysyntä kasvavat lähinnä kehittyvien talouksien kasvun seurauksena. Vähenevät öljylähteet ja korkea raakaöljyn kysyntä ovat saaneet öljy-yhtiöt kiinnostumaan myös ennen tutkimattomista arktisista alueista.

Arktisilla alueilla arvioidaan olevan noin 13 prosenttia maailman hyödyntämättömistä öljyvaroista, mutta ne ovat erittäin vaikeasti hyödynnettävissä. Öljyn ja kaasun tuotantokustannukset ovat arktisilla alueilla erittäin korkeat. Öljytynnyrillisen tuotanto arktisilla alueilla maksaa noin 35 - 100 USD:a (Mikkola & Käpylä 2013). Vuonna 2009 Yhdysvalloissa maissa tuotettu raakaöljy maksoi 31.38 USD:a tynnyriltä ja Lähi-idässä 16.88 USD:a (EIA 2014a). Olosuhteista johtuvien korkeiden tuotantokustannusten, ongelmallisen logistiikan ja öljyesiintymien etsinnästä aiheutuvien kulujen lisäksi öljy-yhtiöt joutuvat huomioimaan toimintaan sisältyvät ympäristöriskit ja niiden hallinnasta aiheutuvat kustannukset.

Erilaiset ympäristö- ja kansalaisjärjestöt ovat huolestuneet arktisten alueiden tulevaisuudesta. Ympäristöjärjestöt puolustavat arktisten alueiden rauhoittamista öljyntuotannolta vetoamalla arktisten alueiden haavoittuvuuteen ja hitaaseen toipumiseen ympäristökatastrofista, öljyntorjunnan ongelmiin jäisessä vedessä sekä öljy-yhtiöiden puutteelliseen osaamiseen toimia vastuullisesti arktisissa olosuhteissa (Laakso 2012). Lisäksi ympäristöjärjestöissä nähdään, että fossiilisten polttoaineiden käyttöä pitäisi vähentää huomattavasti. Uusien öljylähteiden hyödyntäminen tuo markkinoille lisää fossiilisia polttoaineita kiihdyttäen ilmastonmuutosta. (WWF 2013).

1.1 Arktisen alueiden historia

Arktisen alueiden epäselvä omistamispolitiikka on peräisin ajalta ennen toista maalimansotaa. Tuolloin rantavaltiot omistivat 3-4 merimailia rantaviivalta kohti avomerta, mikä vastaa noin 5500 – 7500 metriä. Vuonna 1945 Yhdysvaltain presidentti Harry S Truman muutti merialueiden omistamispolitiikkaa pysyvästi ilmoittamalla, että Yhdysvalloilla on suvereenit oikeudet mannerjalustansa luonnonvaroihin. Mannerjalustalla tarkoitetaan matalan meren aluetta ennen jyrkkenevää rinnettä, joka päättyy syvän meren tasanteeseen. Yhdysvaltain ilmoitus aiheutti ketjureaktion, missä jokainen rantaviivaa omistava valtio ilmoitti olevansa yksinoikeutettu hyödyntämään mannerjalustansa luonnonvaroja. Epäselvä käytäntö vakiintui nopeasti osaksi kansainvälistä tapaoikeutta aiheuttaen lukuisia epäselvyyksiä. Valtioille oli epäselvää mihin manneralusta loppuu sekä mitä oikeuksia ja velvollisuuksia rantavaltioilla on. (Koivurova)

Yhdeksän vuoden neuvottelujen jälkeen Yhdistyneet kansakunnat (YK) onnistuivat vuonna 1982 päivittämään mannerjalustasopimuksen merioikeusyleissopimukseen, missä määritellään aluemeren ulkorajaksi 12 merimailia rantaviivasta avomerelle päin. (50/1996 artikla 3-5) Tämä tarkoittaa, että valtiolla samat oikeudet 12 merimailin päässä oleviin merialueisiin, kuin hallitsemiinsa maa-alueisiin. Merioikeusyleissopimuksessa määriteltiin syvämerenpohja ihmiskunnan yhteiseksi perinnöksi, jota hallinnoimaan perustettiin Kansainvälinen merenpohjajärjestö. Kansainvälisen merenpohjajärjestön hallinnoimilla alueilla harjoitetusta liiketoiminnasta täytyy maksaa Kansainväliselle merenpohjajärjestölle, joka jakaa hyödyn tasapuolisesti. (50/1996 artikla 160) Merioikeusyleissopimuksen on ratifioinut 162 maata. Näiden maiden joukossa on esimerkiksi Venäjä, Suomi, Kanada, Tanska, Ruotsi ja Norja, mutta Yhdysvallat ei ole suorittanut ratifiointia. (Globalis 2014)

Aluemeren ulkorajan lisäksi merioikeusyleissopimus määrittelee jokaiselle rantavaltiolle oman talousvyöhykkeensä, joka ulottuu korkeintaan 200 merimailin, eli noin 370 km etäisyydelle rantaviivasta. Rantavaltioilla on oikeus hyödyntää alueiden luonnonvaroja tällä vyöhykkeellä. Mikäli valtio katsoo mannerjalustansa ulottuvan kauemmaksi kuin 200 merimailia, se voi vaatia taloudellisen vyöhykkeensä laajentamista. Vyöhykkeen laajentaminen edellyttää seikkaperäistä selvitystyötä

mannerjalustasta kansainväliseen komiteaan. Pitkät ja yksityiskohtaiset selvitykset mannerjalustan muodoista ovat pitkittäneet erityisesti Pohjoisen jäämeren talousvyöhykkeiden määrittämistä. Lisäksi Pohjoisella jäämerellä on alueita, jotka voidaan katsoa kuuluvan usean maan talousvyöhykkeeseen merioikeusyleissopimuksen pohjalta. (Globalis 2014)

1.2 Tutkimuksen tavoite, tutkimusongelma ja tutkimuksen rajaukset

Tutkimusongelmana on selvittää, miten ja millaisissa olosuhteissa öljynporausta harjoitetaan arktisilla alueilla. Laajaa tutkimusongelmaa lähestytään seuraavien alakohtien kautta.

- Miten öljynporaus arktisilla alueilla eroaa normaalista öljynporauksesta?
- Miksi arktisten alueiden luonnonvarat houkuttelevat eri maita ja suuryhtiöitä 2010-luvulla?
- Miksi ympäristöriski arktisilla alueilla suoritetussa öljynporauksessa on suurempi kuin muualla?
- Miksi toteutunut ympäristökatastrofi on vakavampi arktisilla alueilla kuin muualla?
- Millä tavoin lainsäädäntö ja kansainväliset sopimukset rajoittavat öljynporausta arktisilla merialueilla?

Tutkimuksen päätavoitteena on selvittää, miten arktisten alueiden öljyvaroja hyödynnetään tällä hetkellä. Tutkimus keskittyy selvittämään arktisilla alueilla tapahtuvan öljynporauksen mekanismeja, laajuutta ja riskejä. Tutkimuksen ei ole tarkoitus toimia ennusteena arktisten alueiden öljynporaukselle ja sen mahdollisuuksille. Yksi tutkimuksen näkökulmista on tunnistaa lähteiden mahdolliset taloudelliset, eettiset ja poliittiset motiivit. Tavoitteena on tuoda esille sekä energiasektorin että ympäristöjärjestöjen näkökulmia arktisten alueiden hyödyntämisestä. Merioikeusyleissopimuksen selventämisestä haluan kiittää Lapin yliopiston professoria Timo Koivurovaa, joka uhrasi tutkimukselle omaa aikaansa.

2 ARKTISEN ALUEEN MÄÄRITELMÄT

Arktinen alue pitää sisällään puutonta tundraa, lumisia vuorenhuippuja, jäistä merta, alkuaikaisia kalastajakyliä ja pieniä kaupunkeja. Fossiilisten polttoaineiden lisäksi arktisilla alueilla sijaitsee runsaasti mineraaleja ja noin 10 prosenttia maailman vuotuisesta kalasaalista. Ilmastonmuutoksen myötä arktisten alueiden merireitit tulevat yhä tärkeämmäksi maailmankaupalle. Arktisten alueiden määrittäminen on tärkeää erilaisten sopimusten ja luonnonsuojelutavoitteiden rajaamisessa. (Kankaanpää 2009)

Arkinen alue voidaan määritellä useilla eri tavoilla. Meri- tai maa-alue voidaan lukea arktiseksi alueeksi lämpötilan, metsärajan, ikiroudan, merijään, napapiirin, tai erilaisten poliittisten sopimusten mukaan. Lämpötilan mukaan määriteltäessä alueet, joiden heinäkuun keskilämpötila ei ylitä +10 ℃ ovat arktisia. Metsärajan mukaan arktinen alue alkaa metsän ja pohjoisen tundran vaihettumisvyöhykkeestä. Arktinen alue voidaan määritellä myös koskevan vain jatkuvan ikiroudan aluetta. Merialueilla arktinen alue määritellään meren talvisen jääpeitteen kestolla. Poliittisilla sopimuksilla tuotetuista rajauksista suosituin on Arkisen kasvillisuuden ja eläimistön suojeluohjelman rajaus. (Arctic Centre 2014)

Arktisen alueiden määrittäminen lämpötilan mukaan on vaikeaa, sillä paikalliset mittaukset eivät aina kerro koko totuutta laajasta alueesta. Mittauksille on asetettava laaja virhemarginaali. Lisäksi muuttuva ilmasto tuo omat ongelmansa arktisten alueiden määrittämiseen. Lämpötilan, puurajan ja merijään mukaan tehdyt rajaukset muuttuvat ilmaston lämmetessä. Näistä syistä esimerkiksi lämpötilarajan läheisistä alueista puhutaan usein subarktisina alueina. Aluetta pidetään subarktisena, jos vähintään yhden ja korkeintaan kolmen kuukauden keskilämpötila on yli +10 ℃. Kuvassa 1 on esitelty arktisen alueen määritelmien mukaisia vyöhykkeitä. (Heikkilä & Laukkanen 2013)

Kuva 1. Arktisia vyöhykkeitä ja merkittäviä kaupunkeja arktisilla alueilla. (Heikkilä & Laukkanen 2013)

3 LÄHTÖKOHDAT ÖLJYNPORAUKSELLE

Maailman öljyvarat luokitellaan reserveihin ja resursseihin. Reserveillä tarkoitetaan öljyvaroja, jotka on voitu geologisesti todentaa ja voidaan hyödyntää taloudellisesti nykyisillä menetelmillä. Resurssit ovat paikannettuja öljyesiintymiä, mitä ei voida taloudellisesti hyödyntää sekä varat, joita ei ole vielä löydetty. (Ruska et al 2012, 13) Paikantamattomien resurssien määräarvio perustuu yleiseen geologiseen tietämykseen sekä tilastollisiin menetelmiin. Resurssit ja reservit ovat keskeisimpiä termejä öljyvarojen luokittelussa. Ne muodostavat ylätason jaottelulle, jota kaikki fossiilisten polttoainevarojen määrittely noudattaa. (Energia Suomessa 1999, 96)

Monet suuret alan tutkimusta tekevät foorumit ja tiedeyhteisöt jakavat resurssit ja reservit pienempiin lohkoihin, jotka kuvaavat tarkemmin öljyvaran taloudellisuutta ja alkuperää. World Energy Council (WEC) jaottelee öljyvarat todennettuihin varoihin, todennettuihin hyödynnettävissä oleviin varoihin, lisävaroihin ja arvioituihin lisävaroihin. WEC on kansainvälinen yhteisö energia-alan vaikuttajille, joka pyrkii edistämään tehokasta, taloudellista ja ympäristöystävällistä energiatuotantoa, sekä sen kehitystä ja tutkimusta. WEC julkaisee maakohtaisesti arvioita resursseista. Tietoa ei ole kuitenkaan saatavissa kaikista maailman maista, eikä WEC tee globaalia arviota kaikista resursseita. (World Energy Council 2014)

Todennettuihin varoihin sisältyvät kaikki geologisesti paikannetut öljyvarat. Todennetuilla hyödynnettävissä olevilla varoilla tarkoitetaan löydettyjä öljyvaroja, joita pystytään hyödyntämään taloudellisesti nykyisellä tekniikalla. Todennetuissa öljylähteissä on tavallisesti enemmän öljyä kun etukäteen pystytään todistamaan. Tätä tunnetussa öljylähteessä olevaa ylimäärää kutsutaan lisävaraksi. Arvioidut lisävarat ovat lisävarojen hyödyntämätön potentiaali, joka voidaan todennäköisesti hyödyntää tulevaisuuden tekniikalla ja kasvaneella öljyn hintatasolla. (World Energy Council 2013, 7, A.6, A.7)

Raakaöljyvarat voidaan luokitella myös konventionaalisiin ja epäkonventionaalisiin varoihin. Konventionaalisilla varoilla tarkoitetaan ainesta, jota pystytään hyödyntämään polttoaineena nykyisillä menetelmillä. Epäkonventionaalisten aineiden hyödyntäminen vaatii kehittyneitä erotus- ja käsittelymenetelmiä. (Energia Suomessa 1999, 103 - 104)

Öljylähteiden jako konventionaalisiin ja epäkonventionaalisiin ei ole selkeä, vaan määritelmät muuttuvat jatkuvasti. Epäkonventionaalisten polttoaineiden laatu vaihtelee paljon ja kehittyvä tekniikka luo uusia mahdollisuuksia huonolaatuistenkin aineiden taloudelliseen hyödyntämiseen. Raakaöljyn kohdalla kevyet öljylaadut luokitellaan konventionaalisiin lähteisiin, mutta raskaiden öljylaatujen luokittelu riippuu sen koostumuksesta. Öljyhiekat ja liuskeöljy luokitellaan epäkonventionaalisiksi lähteiksi. (Ruska et al. 2012, 15)

3.1 Öljyn kokonaisvarat

Öljynporaus arktisilla merialueilla on erittäin kallista ja riskialtista. Jotta öljynporaus olisi kannattavaa, on sen tuotava taloudellista hyötyä tai merkittäviä poliittisia hyötyjä. Öljykenttien kartoitus aloitetaan kauan ennen varsinaista öljynporausta. Öljykaupan valtavan volyymin seurauksena kysyntään on pystyttävä vastaamaan pitkäkantoisilla suunnitelmilla öljylähteiden kartoittamisesta ja hyödyntämisestä. Erilaiset mallit ja arviot öljyn käytöstä ja kokonaisvaroista ovat keskiössä näitä suunnitelmia tehdessä.

Taulukossa 1 on esitetty todennettujen öljyreservien määräarvioita eri lähteiden mukaan. Oil and Gas Journal on vuonna 1902 perustettu maailman laajimmin luettu öljyalan lehti (Oil and Gas Journal 2014). World Oil on arvostettu öljyalan lehti, joka perustettiin vuonna 1916 nimellä The Oil Weekly. World Oil:ia on julkaistu kuukausittain yli 90 vuoden ajan. (Wordl Oil 2014) International Energy Agency (IEA) on autonominen organisaatio, joka tavoitteena varmistaa luotettavaa, kustannustehokasta ja puhdasta energiaa sen 28 jäsenmaalle (IEA 2014). BP on yksi maailman suurimmista öljyntuottajista. BP tunnettiin aiemmin nimellä British Petrolum. (BP 2014)

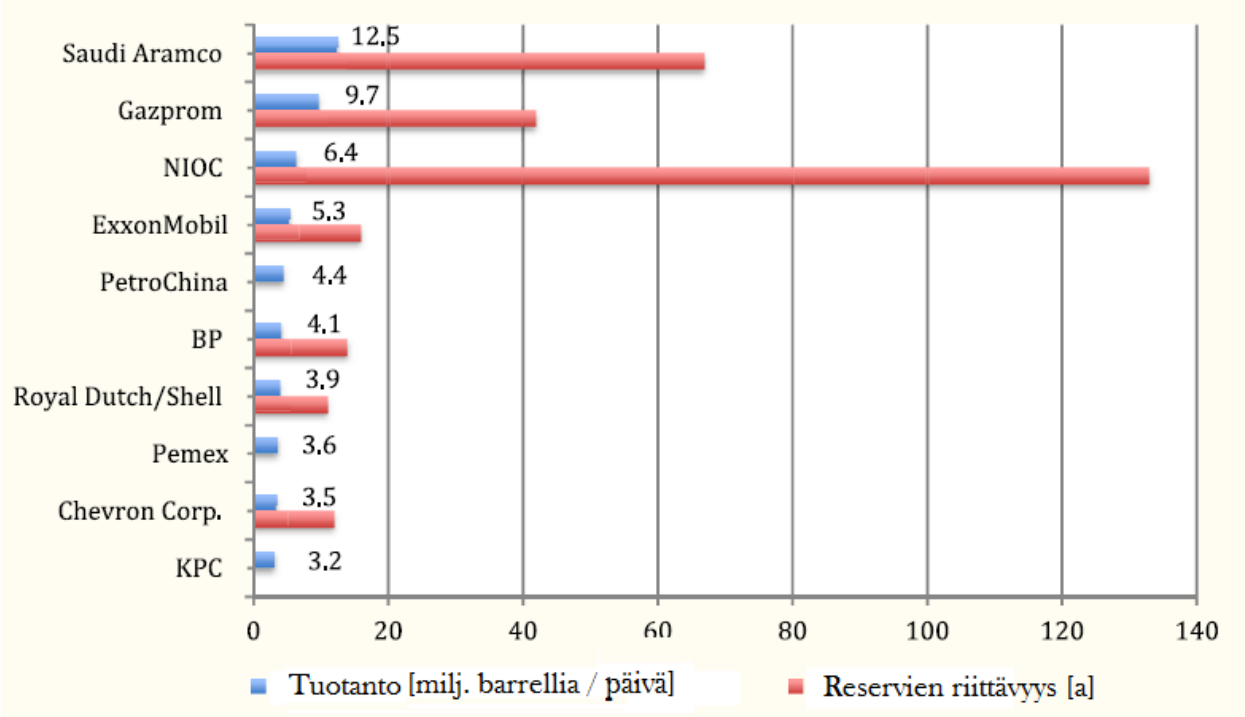
Taulukko 1. Todennettujen öljyreservien määräarviot. Yksikkönä käytetään Gbbl (gigabarreli). (Ruska et al. 2012, 18)

Vuosi/Lähde	Oil and Gas Journal joulukuu [Gbbl]	World Oil [Gbbl]	IEA kesäkuu [Gbbl]	BP kesäkuu [Gbbl]
2007	1331	1187		1386
2008	1342		1241	1404
2009	1354			1478
2010	1470		1354	1519
2011	1523			1526

Taulukosta 1 on havaittavissa, että eri lähteet arvioivat eri tavalla öljyvarojen käytettävyyttä. Huomion arvoista on, että öljyn tuottaja BP on kaikista optimistisin öljyvarojen hyödyntämisen suhteen. Esimerkiksi vuonna 2010 BP arvioi maailmassa olevan noin 165 Gbbl enemmän öljyreservejä kuin IEA:n arvion mukaan.

3.2 Öljyntuottajat ja kuluttajat

Öljyn tuotanto on erittäin suurien, yleensä pääosin kansallisessa omistuksessa olevien yhtiöiden toimintaa. Kansalliset öljy-yhtiöt alkoivat vankistaa asemaansa 1970-luvun puolessa välissä pienentäen kansainvälisten yhtiöiden osuutta markkinoilla. Tällä hetkellä kansalliset öljy-yhtiöt omistavat noin 70 prosenttia maailman öljyreserveistä. Tuotannoltaan suurimpia öljy-yhtiöitä ovat saudiarabialainen Saudi Aramco, venäläinen Gazprom, iranilainen NIOC ja yhdysvaltalainen Exxon Mobil. Näistä yhtiöistä kaikki paitsi Exxon Mobile ovat valtio-omisteisia. Kuvassa 2 on esitetty maailman suurimpien öljy- ja kaasuyhtiöiden tuotantomäärät ja reservien riittävyys. (Ermida 2013, 265 - 269)



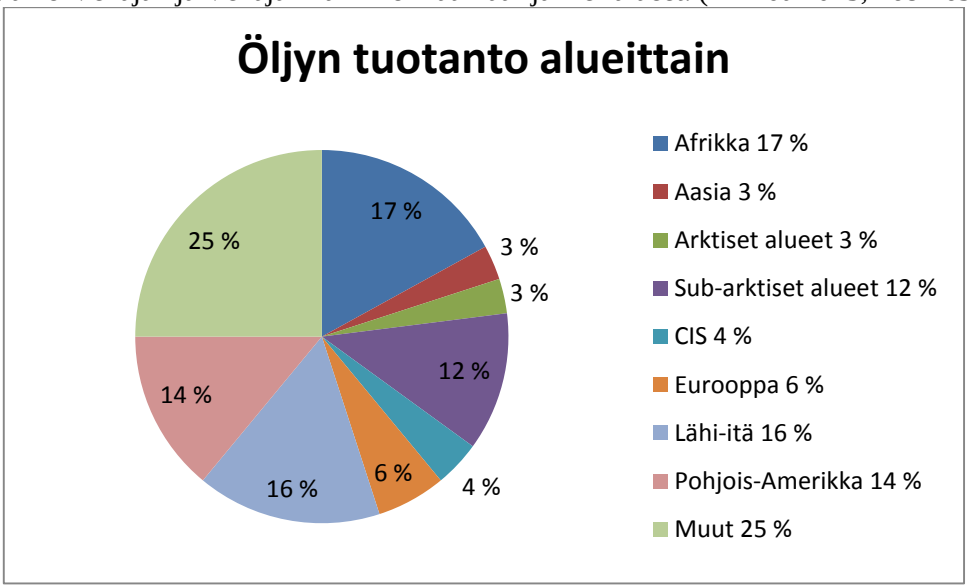
Kuva 2. Maailman suurimpien öljy- ja kaasuyhtiöiden reservien riittävyys ja tuotannon määrä. Öljy ja kaasutuonanto on summattu yhteen öljyekvivalentiksi. (alkuperäinen kuva: Ermida 2013, 268)

Kun tarkastellaan reservejä alueellisesti, voidaan todeta että maailman suurimmat paikantamattomat öljy- ja kaasureservit sijaitsevat arktisilla alueilla. Toisiksi eniten öljy- ja kaasuvaroja uskotaan olevan Lähi-idän ja Pohjois-Afrikan alueella (MENA) ja kolmanneksi eniten Etelä-Amerikassa. Kun tarkastellaan öljy- ja kaasuvaroja erikseen, arktiset alueet sijoittuvat ensimmäiseksi kaasuvaroissa ja neljänneksi öljyvaroissa. (Ermida 2013, 269) Arktisilla alueilla sijaitsee noin 13 prosenttia maailman paikantamattomista öljyvaroista ja noin 30 prosenttia paikantamattomista kaasuvaroista. Kaiken kaikkiaan arktisilla alueilla sijaitsee 22 prosenttia maailman paikantamattomista öljy- ja kaasuvaroista. (EIA 2014b)

Mittavista reserveistä huolimatta arktisilta alueilta tuotiin vuonna 2012 vain 3 prosenttia maailmalla tuotetusta öljystä. Toisaalta subarktisilla alueilla porattiin jopa 12 prosenttia maailmalla tuotetusta öljystä. Merkittävimmät subarktiset alueet olivat Prudhoen niemi Beufortin meren rannalla Alaskassa, sekä Sakhalin öljykenttä Venäjän itäisellä rajalla. Prudhoen niemellä merkittävimmät toimijat ovat BP sekä Exxon. Sakhalin öljykentällä

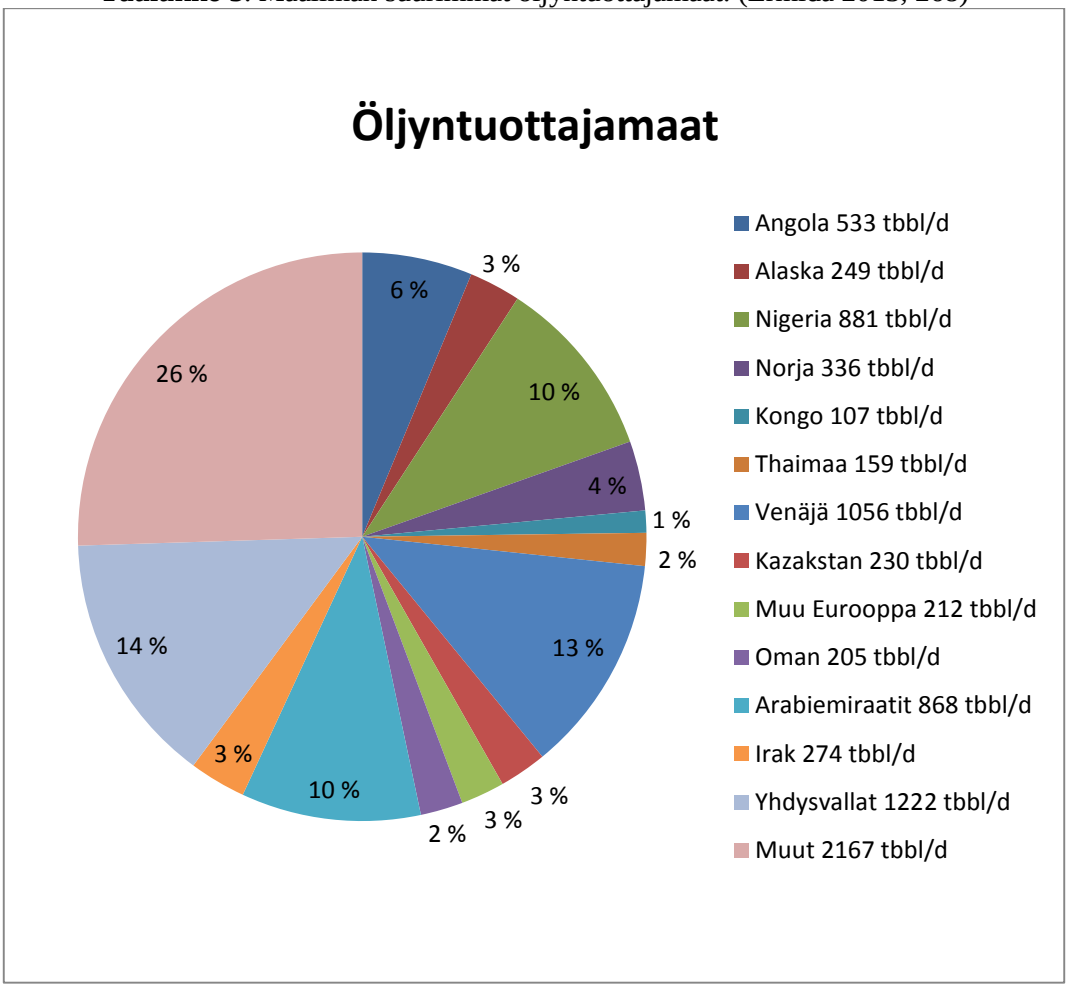
öljyä poraavat Venäjän valtion omistama öljy-yhtiö Rosneft. Taulukossa 2 on esitelty öljyntuotanto alueittain. (Ermida 2013, 269)

Taulukko 2. Öljyn tuotanto alueittain. CIS käsittää Azerbaijanin, Armenian, Georgian, Kazakstanin, Kirgisian, Moldovan, Tadzikistanin, Turkmenistanin Uzbekistanin, Ukrainan, Valko-Venäjän ja Venäjän hallinnoimat maa- ja merialueet. (Ermida 2013, 268-269)



Öljyn tuotanto on keskittynyt hyvin harvoihin maihin. Maailman merkittävimmät öljyntuottajamaat ovat Yhdysvallat, Venäjä, Nigeria sekä Arabiemiraatit. Vuonna 2013 näiden neljän maan hallinnoimilta alueilta porattiin yhteensä 46 prosenttia maailman öljystä. Taulukossa 3 on esitetty öljyntuotanto maakohtaisesti vuodelta 2012. (Ermida 2013, 269)

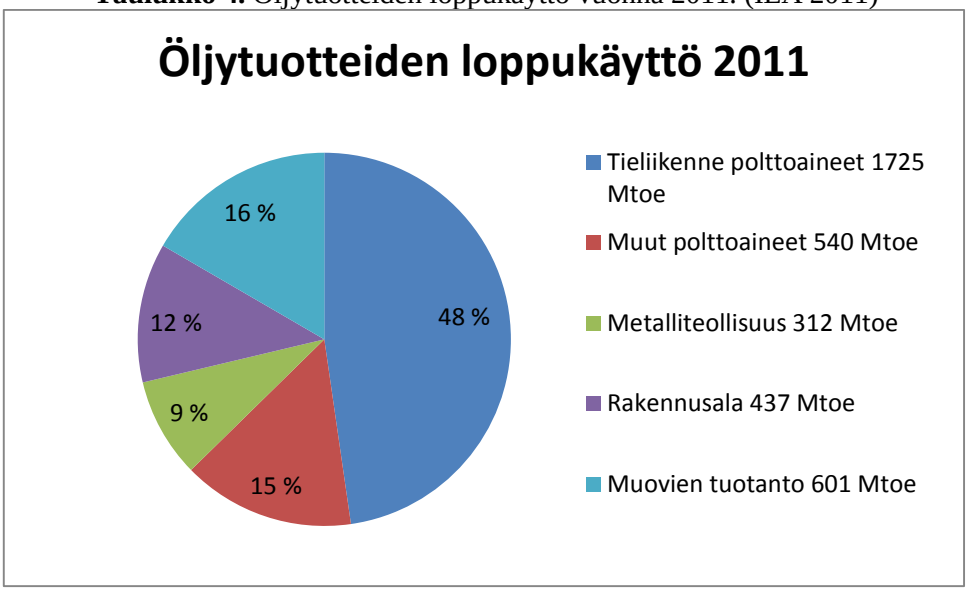
Taulukko 3. Maailman suurimmat öljyntuottajamaat. (Ermida 2013, 268)



Vuonna 2011 öljytuotteita käytettiin 3615 Mtoe:n edestä, mikä vastaa noin 151353 GJ:a. Noin puolet öljytuotteista loppukäytettiin liikennepolttoaineena, muita merkittäviä öljytuotteiden käyttökohteita ovat rakennusala, metalliteollisuus sekä muu teollisuus, josta suurimpana muovien valmistus. Öljytuotteiden loppukäyttö vuonna 2011 on esitetty taulukossa 4. (IEA 2011) Maakohtaisessa tarkastelussa Yhdysvallat käyttää ylivoimaisesti eniten maailmalla kulutetusta öljystä. Vuonna 2012 Yhdysvalloissa kulutettiin noin 20 prosenttia, Kiinassa 12 prosenttia ja Japanissa 5 prosenttia maailmassa käytetystä öljystä. (Öljyalan keskusliitto 2013)

.

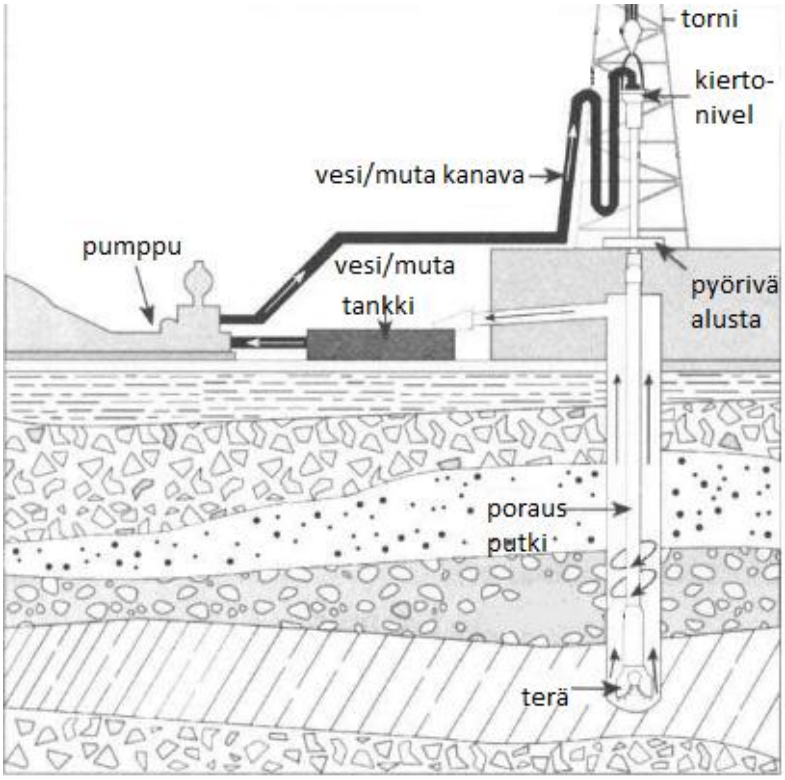
Taulukko 4. Öljytuotteiden loppukäyttö vuonna 2011. (IEA 2011)



3.3 Öljynporaustekniikat

Öljylähteiden sijainnista voidaan tehdä suuntaa antavia matemaattisia ja geologisia tutkimuksia, mutta ainoa tapa varmistua öljylähteen olemassaolosta on porata reikä maankuoreen. Öljynporaustornit toimivat edelleen samoilla periaatteilla kuin 100 vuotta sitten. Kehityksen myötä tornien koko on kasvanut ja 2000-luvun tekniikalla pystytään poraamaan 10 kilometrin syvyyteen. Suurin saavutettu porauksen syvyys on kasvanut viimeisen 40 vuoden aikana yli 5 kilometriä ja tämä kehitys on mahdollistanut uusien öljyesiintymien hyödyntämisen. (Grace 2007, 63 - 66)

Kuvassa 3 on esitetty öljynporaukseen vaadittava laitteisto ja aineiden kierto. Poraaminen tapahtuu porausputkea pyörittämällä, jolloin terä tekee reikää maankuoreen. Porausputkea pyöritetään sähkömoottorilla. Samaan aikaan syntyvän reiän alaosaan syötetään mutaa tai vettä, joka nostaa hajotetun maa-aineksen pintaan. Syötettävän aineen kierrättämiseen vaaditaan pumppu sekä tankki, missä kierrätettävä aine saadaan eroteltua. Lisäksi tarvitaan ohjausyksikkö mittaus- ja valvontajärjestelmille. (Cleveland 2004, 524)



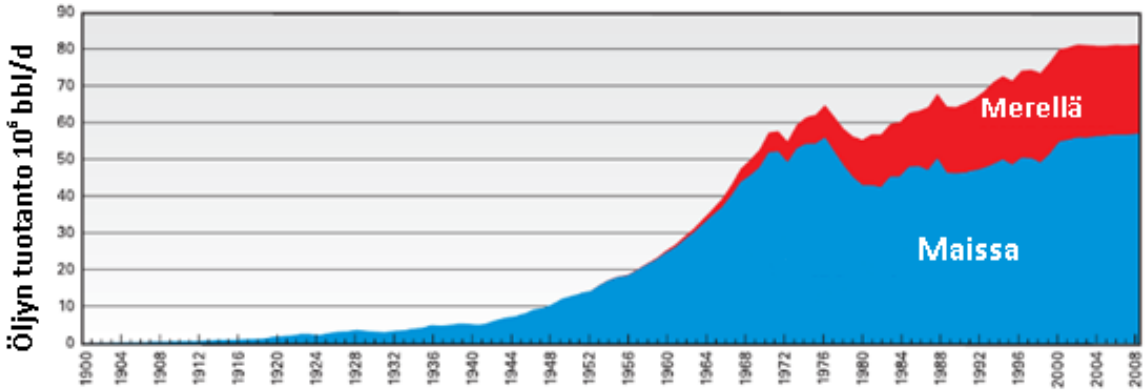
Kuva 3. Öljynporaukseen vaadittava laitteisto ja aineenkierto (alkuperäinen kuva: Grace 2007, 65)

Porausreikään syötettävällä aineella on useita tärkeitä tehtäviä öljynporauksessa. Mikäli aineen syöttäminen keskeytyy, ei öljynporausta voida jatkaa. Porausreikään syötettävä aine puhdistaa porausreikää, muokkaa nostettavan aineksen koostumuksen, stabiloi reiän seinämät ja jäähdyttää terää. Lisäksi aineen on oltava helposti eroteltavissa poraustuotteesta. Syötettävän aineen koostumusta vaihdetaan tarpeen mukaan niin, että sen vaatimukset täyttyvät mahdollisimman hyvin. (Cleveland 2004, 528 - 529)

Kaikki poraaminen ei tähtää suoranaisesti öljyn nostamiseen maanpintaan. Poraamista suoritetaan myös tutkimus-, kehitys- ja täyttötarkoituksissa. Tutkimustarkoituksessa suoritetun porauksen tarkoitus on selvittää öljylähteen sijainti. Tällöin reikä tehdään pienellä terällä. Kehitystarkoituksessa suoritettu poraus tähtää öljylähteen maksimaaliseen hyödyntämiseen. Öljylähteen täytössä tyhjennettyyn öljylähteeseen voidaan varastoida porausprosessissa syntyneitä sivutuotteita. 2000-luvun tekniikalla poraamista ei tarvitse enää suorittaa vertikaalisesti suoraan alapäin, vaan öljylähde voidaan saavuttaa myös vaihtamalla porauksen suuntaa. (Cleveland 2004, 522 - 524)

3.4 Öljynporauslautat

Merellä toteutettu öljyn ja maakaasun poraaminen on ollut voimakkaassa kasvussa 2000-luvulla. Jopa 84 prosenttia löytämättömistä öljy- ja maakaasuvaroista uskotaan olevan meren pinnan alla. (Harsem et al 2011, 1) Kuvassa 4 on esitetty merellä suoritetun öljyntuotannon kehittyminen.



Kuva 4. Merellä suoritettavan öljyntuotannon kasvu. Tarkastelualueena on koko maailma ja yksikkönä käytetty miljoonaa barrelia päivässä. (alkuperäinen kuva: Hilyard 2010, 361).

Maalla ja merellä toimivat öljynporausasemat eivät eroa toimintaperiaatteeltaan toisistaan. Maalla olevat öljynporausasemat rakennetaan nykyään helposti liikuteltaviksi, jolloin öljylähteen ehtyessä ne saadaan siirrettyä helposti seuraavaan käyttökohteeseen. Öljynporauslautat voivat olla kiinteästi kiinni merenpohjassa tai kelluvia asemia. (Grace 2007, 65)

Öljynporauksen yhteydessä öljyä voidaan varastoida ja prosessoida öljynporauslautalla, mistä se siirretään tankkereilla maihin. Öljy voidaan myös siirtää maihin putkilinjalla tai varastoida erilliseen merellä sijaitsevaan varastointiasemaan. Toimintatavan valinta on aina optimointikysymys, jossa kustannuksiin vaikuttavat lähinnä meriveden syvyys, etäisyys rantaan, öljynporauslautan rakenne ja öljylähteen laatu. (Randall 2010, 57 - 63)

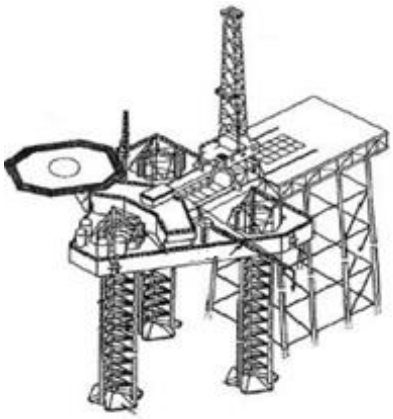
Tällä hetkellä suosituin öljynporauslauttakonstruktio on *Jack-up* -öljynporauslautta. *Jack-up* -öljynporauslautta on proomu, johon on asennettu jalat (yleensä kolme kappaletta), jotka lasketaan merenpohjaan ennen porauksen aloittamista ja nostetaan ylös kun öljynporauslautta halutaan siirtää seuraavaan kohteeseen. *Jack-up* -

öljynporauslautalle ei voida varastoida öljyä, joten öljy pumpataan yleensä erillisellä pumppausasemalla kelluvaan säiliöön, siirretään putkilinjalla maalle tai noudetaan pumppausasemalla varustetulla tankkerilla. *Jack-up* -öljynporauslauttoja käytetään paljon tutkimustyössä, kun halutaan selvittää mahdollisten öljylähteiden tarkka sijainti. (Randall 2010, 54 - 57)

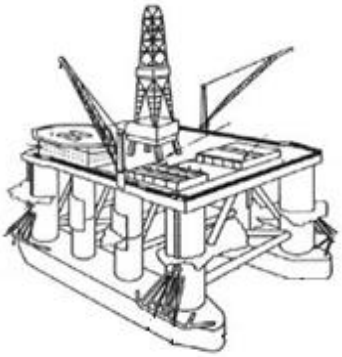
Meren ollessa syvempää toimiva vaihtoehto öljynporaukseen on kelluva öljynporauslautta. Kelluva öljynporauslautta on rakenteeltaan *Jack-up* -lauttaa massiivisempi. Kelluvan öljynporauslautan pohjaan on asennettu ponttonit, jotka pitävät lautan kannen myös siirrettäessä aaltojen yläpuolella. Kelluviin öljynporauslauttoihin on mahdollista varastoida öljyä. Öljy varastoidaan tavallisesti öljynporauslautan ponttoneihin. Lisäksi öljyä on mahdollista porata öljynporauslaivoilla. Öljynporauslaivojen etuna on, että niihin voidaan varastoida pumpattu öljy ja kuljettaa se rantaan ilman erillistä aineen siirtoa merellä. (Randall 2010, 54 - 57)

Jack-up -öljynporauslautan jalat voidaan laskea noin 120 metrin syvyyteen. Kelluvaa öljynporauslauttaa on viisasta käyttää meren syvyyden ollessa 90 – 3050 metriä ja öljynporauslaivaa yli 2400 metrin syvyydessä. Kuvassa 5 on esitelty erilaiset merellä suoritettavan öljynporauksen vaihtoehdot. Jokaisesta tyypistä on vasemmalla periaatekuva ja oikealla tilannekuva. Ylimmäisenä on *jack-up* -öljynporauslautta, keskellä kelluva öljynporauslautta ja alhaalla öljynporauslaiva. Kyseiset konstruktiot ja niiden erilaiset modifikaatiot ovat yleisimpiä tapoja toteuttaa merellä tapahtuva öljynporaus kun tarkastellaan kaikkia maailman meriä. Tämän lisäksi arktisilla alueilla käytetään *caisson* -öljynporauslauttaa suurien esiintymien hyödyntämisessä. *Caisson* -öljynporauslautasta on kerrottu enemmän kappaleessa 5. (Randall 2010, 54 - 57)

(a) (b)



(c) (d)



(e) (f)

Kuva 5. Vaihtoehtoja merellä tapahtuvan öljynporauksen toteuttamiseen. Kuvassa ylimpänä *Jack-up* -öljynporauslautta, keskellä kelluva öljynporauslautta ja alimpana öljynporauslaiva. (Randall 2010 55 – 56)

4 ÖLJYNPORAUKSEN KEHITTYMINEN ARKTISILLA ALUEILLA

Yleisessä tiedossa on ollut jo hyvin kauan, että arktisilla alueilla sijaitsee merkittäviä energiavarantoja. Vuonna 1920 Imperial Oil Resources löysi Norman Wells:in öljykentän Pohjois-Kanadasta Mackenziejoen varrelta. Seuraava merkittävä pohjoinen öljykenttä otettiin käyttöön vuonna 1968 North Slopessa Alaskassa Beaufortinmeren rannalla. 1990-luvulle tultaessa öljyntuotanto kiihtyi ja kehittyi erityisesti Alaskassa ja Kanadassa. Lisäksi Venäjällä aloitettiin Barentsinmeren öljykenttien hyödyntäminen. (Ermida 2013, 265)

2000-luvun alussa suuret öljy-yhtiöt kuten Exxon Mobil, Statoil ja Royal Dutch Shell hakivat koeporauslupia erityisesti Alaskan pohjoispuolella sijaitseville merialueille. 2010-luvulle tultaessa toiminta oli vilkastunut myös Barentsinmerellä, missä Statoil ja venäläiset öljy-yhtiöt tekivät laajoja tutkimuksia. 2000-luvulla kiihtyneeseen arktisten alueiden energialähteiden tutkimiseen on löydettävissä kaksi merkittävää tekijää - öljyn hinnan nousu ja koillisväylän käytettävyyden paraneminen. (Ermida 2013, 265)

2010-luvulla suoritettujen öljylähteiden etsintöjen ja tutkimusten seurauksena arktisilla alueilla toimivat suuret öljy-yhtiöt ovat laajalti todenneet arktisilla alueilla toimimisen taloudellisesti kestämättömäksi. Vaativista olosuhteista ja etäisestä sijainnista johtuvista kustannuksista öljyn poraaminen arktisilla alueilla ei ole kannattavaa vuoden 2014 öljyn maailmanmarkkinahinnalla. Esimerkiksi Statoil hyödyntää tällä hetkellä Arktisen jäämeren alueita lähinnä koekäytössä testaten öljynporausasemien kestävyyttä äärimmäisissä olosuhteissa. Sen sijaan rannikon lähellä subarktisilla aluilla öljyntuotanto on usein kannattavaa. (Statoil 2012)

4.1 Napajään sulaminen

Napajään sulamista pidetään yleisesti yhtenä ihmisen aiheuttaman ilmastonmuutoksen seurauksisata. Fossiilisten polttoaineiden poltossa, teollisissa prosesseissa ja maataloudessa vapautuu suuria määriä kasvihuonekaasuja, minkä seurauksena auringon valo ei heijastu yhtä voimakkaasti takaisin avaruuteen. Ilmaston lämpenemisen aiheuttamat muutokset ovat selkeimmin havaittavissa napa-alueilla.

Arktisen jäämeren jääpeite on suurimmillaan maaliskuussa ja pienimmillään syyskuussa. Jääpeitteen laajuudesta on kerätty tietoa 1980-luvun alusta alkaen. Vuoden kylminä kuukausina jääpeitteen laajuus ei ole muuttunut yhtä radikaalisti, kuin vuoden lämpiminä kuukausina. Pitkäaikaisia keskiarvoja tarkastellessa 1980-luvulla tammikuun keskimääräinen jääpeite on ollut noin 14 000 000 km^2, eli noin 350 000 km^2 suurempi kuin 1990-luvulla, josta jääpeite on edelleen vähentynyt noin 650 000 km^2 2000-luvulle tultaessa. Syyskuun jääpeitteen laajuuden pitkäaikaisen keskiarvon tarkastelu osoittaa arktisen merijään pysyvän jääpeitteen vähenemisen. 1980-luvun syyskuun puolessavälissä jääpeite oli keskimäärin noin 7 200 000 km^2, 1990-luvulla jääpeite oli vähentynyt noin 6 700 000 km^2:iin ja 2000-luvulla jääpeite oli enää keskimäärin 5 700 000 km^2:ä. Pienimmillään jääpeite on käynyt 2012 syyskuun puolessavälissä kattaen noin 3 400 000 km^2:ä. Vuonna 2014 jääpeite on ollut pienimmillään noin 5 000 000 km^2:ä. (IARC-JAXA Information System 2014)

Pinta-alan lisäksi arktinen merijää on menettänyt ilmastonlämpenemisen seurauksena paljon paksuuttaan. Merijään tilavuutta on huomattavasti vaikeampaa määrittää kuin pinta-alaa, joten tilavuudesta ei ole saatavilla pitkäaikaista mittausdataa tai luotettavia ennusteita. Sekä merijään pinta-alalla että tilavuudella on merkittäviä vaikutuksia arktisten alueiden öljynporauksen kannattavuuteen. Aavalla merellä toimiminen helpottaa öljyn porausta ja erityisesti sen kuljetusta. Ympäristön kannalta yhtälö on harmillinen, sillä merijään sulaminen lisää arktisilla merialueilla toimintaa, mikä tuo lisää öljyä markkinoille laskien sen hintaa. Lisääntynyt fossiilisten polttoaineiden käyttö voimistaa edelleen kasvihuonekaasupitoisuuksien nousua ilmakehässä. (Luukko 2012)

Napajään sulaessa erityisesti koillisväylän vuotuinen käytettävyys pitenee. Koillisväylällä tarkoitetaan pohjoista merireittiä Atlantin ja Tyynenmeren välillä. Koillisväylä kulkee Siperian ja Kaukoidän rannikkoa Beringinmerelle. Koillisväylällä

purjehdittiin tutkimusmatkailun muodossa jo 1800-luvun lopussa, mutta väylän varsinainen kaupallinen hyödyntäminen alkoi vuonna 1935. Koillisväylä oli vuoteen 1991 asti yksistään Neuvostoliiton idänkaupan käytössä. Neuvostoliiton romahtamisen jälkeen väylä avattiin kaikkien käyttöön. 1980-luvulla koillisväylällä kuljetettiin noin 5-6 miljoonaa tonnia kauppatavaraa. 2000-luvulle tultaessa kuljetukset olivat vähentyneet 76 prosenttia. Syynä reitin käytön vähentämiseen pidetään teollisuuden vientitarpeiden vähenemistä, epävakaata poliittista kehitystä ja Venäjän jatkuvasti nousevia rahtimaksuja. 2010-luvulla koillisväylän käyttö näyttää kääntyvän voimakkaaseen nousuun Venäjän kunnianhimoisten kauppasuunnitelmien ja napajään sulamisen vuoksi. (Liu & Kronbak 2009, 1-3)

4.2 Öljyn hinnan muodostuminen

Arktisten alueiden näkökulmasta öljyn hinnan muodostuminen on kaikista keskeisin tekijä, sillä öljy-yhtiöt ovat laskeneet arktisilla aluilla sijaitseville öljyreservin tuotannolle kustannuksen, joka ratkaisee reservin hyödyntämisen. Mikäli öljyn maailmanmarkkinahinta on suurempi kuin kyseinen kustannus, on reservi kannattavaa hyödyntää. Öljynporaaminen ei ole kannattavaa, mikäli öljyä ei voi myydä markkinoille voitolla.

Öljyn hinnan muodostuminen on monen asian summa. Pääpiirteittäin ja karkeasti yksinkertaistaen voidaan sanoa, että öljyn hinta muodostuu kysynnän ja tarjonnan mukaan, missä kysyntää edustaa öljyn maailmanlaajuinen kulutus ja tarjontaa öljyn tuotanto. Pitkällä aikavälillä öljyn tarjontaan vaikuttavat öljyvarannot ja investoinnit öljyteollisuuteen. Kysyntään vaikuttavat muiden energian tuotantomuotojen kehittyminen ja maailman taloustilanne. Lyhyellä aikavälillä hintaan vaikuttavat esimerkiksi sodat, poliittiset konfliktit ja luonnon ilmiöt.

Keskeisin öljyn hintaan vaikuttava järjestö on OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries). OPEC on kahdentoista suuren öljyä tuottavan maan muodostama yhteistyöorganisaatio, jonka tarkoituksena on rajoittaa ja stabiloida jäsenmaidensa öljyn myyntiä, kaikille edullisella tavalla. OPEC:in tavoitteena on, että jäsenmaat hyötyisivät öljyn myynnistä mahdollisimman paljon ja tasapuolisesti. (OPEC 2014)

OPEC-maat tuottavat noin 40 prosenttia maailman raakaöljystä, joten sen vaikutusvalta öljyn maailmanmarkkinahintaan on erittäin merkittävä. OPEC-maat pitävät hallussaan mittavaa öljyvarastoa, jolla se säätää öljyn maailmanmarkkinahintaa. Öljyvarasto toimii samalla myös indikaattorina öljymarkkinoiden kyvylle vastata mahdollisiin öljykriiseihin. OPEC:in ulkopuolisissa maissa ei yleensä pyritä vaikuttamaan öljynhintaan varastoinnilla tai tuotannon rytmittämisellä, vaan öljyä tuotetaan täydellä teholla. Tämä lisää entisestään OPEC:in vaikutusvaltaa öljyn hinnanmuodostuksessa. (EIA 2014c)

5 ÖLJYN PORAAMINEN ARKTISISSA OLOSUHTEISSA

Kylmä sää ja jäiset työskentelyolosuhteet tuovat paljon lisävaatimuksia ja riskitekijöitä öljynporaukseen. Öljynporauslautan rakenteita tulee vahvistaa asian mukaisella tavalla, jotta rakenteet eivät vaurioidu mahdollisten jäälauttojen törmäyksestä ja jään puristuksesta. Arktisilla alueilla käytetään tyypillisesti *caisson*- sekä *jack-up* -öljynporauslauttoja, joita on vahvistettu erilaisilla suojarakenteilla. *Caisson* -öljynporauslautta on tuettu merenpohjaan maa-aineksella ja *jack-up* -öljynporauslautta kolmella tai neljällä tukijalalla.

Työntekijöiden turvallisuuden takaamiseksi jään ja lumen poistaminen öljynporauslautan kannelta on erittäin tärkeää. Merellä ajelehtivilta jäälautoilta on suojauduttava hyvin, sillä törmätessään ne voivat aiheuttaa suuria vahinkoja öljynporauskalustoon. Öljynporauslautan rakenteisiin kertyvä jääkuorma on poistettava rakenteisiin kohdistuvan ylimääräisen kuorman välttämiseksi. Lisäksi jää aiheuttaa rakenteisiin värähtelyä, jonka seuraukset ja vaikutukset tunnetaan vielä 2010-luvulla huonosti.

5.1 Arktisille alueille valmistettu öljynporauskalusto

Öljyporauslauttojen valmistaminen arktisiin olosuhteisiin on erittäin kallista ja vaikeaa. Tästä syystä toimivia konstruktioita pyritään kehittämään mahdollisimman pitkälle ja hyödyntämään mahdollisimman kauan. Barentsin meren Prirazlomnaya -öljykentällä on käytössä ainoastaan yksi venäläisyhtiö Sevmashin rakentama öljynporauslautta, jolla pyritään hyödyntämään öljykentän 610 miljoonan barrelin reservi mahdollisimman tehokkaasti. Öljynporauslautan alusta on peräisin entisestä UK North Sea Hutton:in *jack-up* -öljynporauslautasta ja yläosa kuljetettiin öljynporausasemalta Murmanskin lähistöltä. *Caisson* -öljynporauslautan alaosa on valmistettu Sevmash:in sota-aluksia tuottavassa tehtaassa Severodviskissä. Osat yhdistettiin Severodviskissä ja öljynporauslautta hinattiin Prirazlomnayan öljykentälle (kuva 6). Öljynporauslautalle on mahdollista varastoida noin 113 000 m^3 öljyä, se pystyy tuottamaan öljyä noin 22 000 t/d ja öljynporauslautan valmistaminen maksoi noin 800 miljoonaa USD. (offshore-technology.com 2014)

Kuva 6. Sevmash:in valmistama öljynporauslautta Prirazlomnaya:n öljynkentälle. (offshoreenergytoday.com 2013)

Sakhalin Energy:n valmistama Molikpaq on ensimmäinen Venäjällä valmistettu öljynporauslautta, jota on käytetty arktisilla vesillä. Molikpaqa käytettiin ensimmäisen kerran vuonna 1998 Kanadan aluevesillä, mistä se myöhemmin siirrettiin Okhotskin merelle Venäjän itäiselle rajalle lähelle Sakhalinin saarta. Molikpaq on noin 120 metriä leveä ja painaa noin 37 500 tonnia. Molikpaqlle ei voida varastoida suuria määriä öljyä, vaan sen yhteydessä on käytetty öljynsiirtoputkistoa sekä kelluvaa öljynvarastointiasemaa. Molikpaq on tyypiltään *caisson* -öljynporauslautta (kuva 7) (Shakhalin Energy 2014).

Kuva 7. Molikpaq -öljynporauslautta. (oilrig-photos.com 2006)

Jack-up -öljynporauslautat ovat kevytrakenteisempia ja helpommin liikuteltavissa kuin *caisson* -öljynporauslautat. *Jack-up* -öljynporauslauttoihin ei saa varastoitua öljyä ja ne vaurioituvat helpommin jäälautan törmäyksestä kuin *caisson* -tyyppiset. Öljy-yhtiöt hyödyntävät *jack-up* -öljynporauslauttoja erityisesti tutkimus tarkoitukseen arktisilla vesillä. Merkittävimpiä *jack-up* -öljynporauskaluston valmistajia ovat Archer ja Noble Corporation (kuva 8). (Zhang & Yue 2011, 1222)

Kuva 8. *Jack-up* -öljynporauslautta JZ20-2 öljykentällä. (Zhang & Yue 2011, 1222)

Arktisilla alueilla käytettäviä öljynporauslauttoja on vaikea luokitella, sillä suunnittelu- ja rakennusvaiheessaan ne ovat usein eräänlaisia pioneerihankkeita. Lujuuslaskelmat suoritetaan juuri kyseiselle konstruktiolle ja öljynporauslauttaan sopivia osia kerätään erilaisista hankkeista. Koska laajamittainen öljynporaus on jäisellä merellä edelleen verrattain vähäistä, ei suurista jäätä kestävistä öljynporauslautoista ole olemassa sarjatuotantoa.

5.2 Arktisilta olosuhteilta suojautuminen öljynporauksessa

Jään kerääntymistä öljynporauslautan yläkannelle pyritään estämään työntekijöiden turvallisuuden parantamiseksi. Jos lunta ja jäätä kerääntyy paljon öljynporauslautan yläkannelle, niiden paino voi aiheuttaa vääntömomenttia öljynporauslautan rakenteisiin. Lisäksi kerääntynyt lumi ja jää voivat estää henkilökunnan pääsyn pelastusteihin, täyttää helikopterin laskeutumispaikan, saada tutkat ja antennit toimintakelvottomiksi

sekä peittää venttiileitä ja ikkunoita. Rakenteisiin kerääntynyt jää on huomattavasti lunta haitallisempaa, sillä sitä on vaikeampi poistaa. (Reyerson 2011, 97 - 100)

Jäätä voidaan poistaa öljynporauslautan yläkannelta jäänpoistokemikaaleilla, päällystämällä rakenteiden pinnat ja suunnittelemalla huolellisesti rakenteet. Jään poistamiseen sopivia kemikaaleja on olemassa useita. Käytetyt kemikaalit voivat olla samoja kuin mitä käytetään lentokoneiden ja helikoptereiden jään poistoon. Ennen jään poistoon käytettiin erilaisia klorideja, mutta niiden käyttö on vähentynyt merkittävästi korroosion ja huonon tehon vuoksi. Kloridipitoiset yhdisteet on ensisijaisesti korvattu erilaisilla asetaateilla, sillä niiden aiheuttama korroosio on huomattavasti vähäisempää. Asetaattien huonoja puolia ovat korkea hinta ja haitallisuus pintavesistölle. Ympäristönormien tiukentuessa on alettu kehittää kemikaaleja jään poistamiseen ruokatuotannon jätteistä. Sokeripohjaiset jäänpoistoaineet ovat hyvin kalliita, mutta ympäristöystävällisyytensä vuoksi kilpailukykyisiä. (Reyerson 2011, 99 - 103)

Rakenteiden päällystämistä pidetään yleisesti parhaana keinona suojautua jäätymistä vastaan. Rakenteiden päällystäminen ei kuitenkaan yksistään ole tarpeeksi tehokas keino jään poistamiseen ja päällystämistä käytetään kemikaalien käytön tukena ja niiden käytön vähentämiseksi. Päällysteitä käytetään kahdella tavalla - se voidaan poistaa jään mukana tai jättää rakenteeseen jään poistamisen jälkeen. Päällysteiden käyttö tulisi suunnitella tarkoin yläkannen osilla missä henkilökunta liikkuu, sillä päällysteet ovat usein hyvin liukkaita. (Reyerson 2011, 104 - 105)

Huolellisella suunnittelulla voidaan estää merkittävästi jään kerääntymistä rakenteisiin. Välttämällä pieniä rakenteita lähellä merenpintaa estetään jään pakkautumista öljynporauslautan jalkoihin. Kasvattamalla jalkojen korkeutta saadaan yläkannen ja aaltojen välistä etäisyyttä kasvatettua, jolloin jäätä kerääntyy vähemmän yläkannelle. Jalkojen koko ja geometria vaikuttavat syntyvien aaltojen korkeuteen öljynporauslautan rakenteissa. Kooltaan suuret ja turbulentin virtauksen luovat jalat estävät tehokkaasti jään muodostumista. (Reyerson 2011, 105)

Jäätä voidaan poistaa myös lämmittämällä rakenteita. Rakenteiden pinnalle tai rakenteen sisään voidaan asentaa lämpökaapelia, joka lämmetessään sulattaa jään. Rakenteiden pintaan asennettu lämmitysjärjestelmä sulattaa jään jopa 20 – 50 prosenttia

tehokkaammin kuin rakenteen sisään asennettu järjestelmä. Joka tapauksessa rakenteiden lämmittäminen vie paljon energiaa, joten oikea-aikaisella reagoinnilla voidaan tehdä isoja säästöjä. Jään muodostumista seurataan öljynporauslautoilla erilaisilla teknisillä apuvälineillä. Havainnointijärjestelmillä pystytään seuraamaan kertyneen jään määrää ja joissain tapauksissa myös jään koostumusta. Havainnointijärjestelmään voidaan liittää automatisointi, joka käynnistää lämmitysjärjestelmät, kun jää on saavuttanut määrätyn paksuuden rakenteissa. (Reyerson 2011, 106 - 109)

Jään aiheuttamaa värähtelyä (ice-induced vibration) alettiin tutkia 1960-luvun lopulla pohjoisilla alueilla sijaitsevien majakoiden korjaustöiden yhteydessä. Myöhemmin 1980-luvulla jään aiheuttama värähtely sai uudelleen tutkijoiden mielenkiinnon, kun Molikpaq -öljynporauslautan rakenteisiin oli tullut halkeamia Bohainmerellä. Varoittavista esimerkeistä huolimatta vielä 2010-luvullakin öljynporauslauttojen suunnittelu keskittyy staattisten jääkuormien kestämiseen ja jään aiheuttamaa värähtelyä ei huomioida. Värähtelyn simuloiminen on matemaattisesti hyvin vaikeaa, sillä jään ja öljynporauslautan vuorovaikutus on erittäin monimutkainen. Jään aiheuttamasta värähtelystä ei ole pystytty tekemään laajasti hyväksyttyä teoreettista selitystä tai fysikaalista mallia. (Zhang & Yue 2011, 1221-1222)

Arktisille alueille rakennettuihin öljynporauslauttoihin asennetaan merenpinnan tasoon kartion muotoisia suojarakenteita, ehkäisemään törmäyksistä aiheutuvat vahingot. Hyvin suunniteltu suojarakenne taipuu rikkoutumisen sijaan, vaikka siihen kohdistuva voima olisi erittäin suuri. Kartion muotoisilla suojarakenteilla voidaan ehkäistä mahdollisen jäälautan törmäyksen aiheuttama vahinko, mutta jään aiheuttamaa värähtelyä suojarakenteet eivät poista. Koska jään vaikutus öljynporauslautan rakenteeseen tunnetaan huonosti, vaatimuksen öljynporauslautan kestävyydelle ovat epämääräiset. Öljynporauslauttojen suunnittelussa ja rakentamisessa noudatetaan seuraavia kriteerejä. (Zhang & Yue 2011, 1222-1224)

- Öljynporauslautan perustuksien kestävyys selvitetään, Lasketaan suurin mahdollinen staattinen jääkuorma.
- Henkilökunnan työskentelyolosuhteet arvioidaan.

- Yläkannen rakenteiden kestävyys arvioidaan ja simuloidaan huomioon ottaen jäästä johtuva värähtely, joka voi johtaa putkien rakenteen väsymiseen ja laippojen löystymiseen.

Jack-up öljynporauslautoissa ongelmaksi voi muodostua jään pakkautuminen öljynporauslautan jalkoihin. Jään pakkautuminen tiiviiksi kasaksi tukirakenteiden keskelle aiheuttaa leikkausjännityksiä tukirakenteisiin. Jään pakkautumista saadaan vähennettyä kasvattamalla jalkojen etäisyyttä toisiinsa nähden. (Zhang & Yue 2011, 1224-1225)

6 YMPÄRISTÖNSUOJELU

Arktisia alueita suojellaan ympäristöriskeiltä kansainvälisten yhteisöjen, sopimusten sekä ympäristöjärjestöjen toimesta. Arktisten alueiden suojelua pidetään tärkeänä, sillä ympäristökatastrofin kuten öljyvuodon torjuminen arktisilla alueilla olisi erittäin vaikeaa. Arktisten alueiden syrjäisestä sijainnista johtuen öljyntorjuntakalustolla voisi kulua useita päiviä katastrofialueen saartamiseen ja pahimmassa tapauksissa öljyä voisi jäädä vuotamaan paksun jään alle jopa vuosiksi. Jäinen vesi aiheuttaa ongelmia torjuntakaluston kuljettamiseen ja erityisesti öljyn torjuntaan. Sää arktisilla alueilla voi muuttua hetkessä myrskyisäksi ja pimeys on hallitsevaa suurimman osan vuodesta. Lisäksi ahtojää ja liikkuvat jäälautat voivat aiheuttaa yllättäviä tilanteita. Öljyn poistamiselle jäisestä vedestä ei ole vuoden 2013 loppuun mennessä kehitetty tehokasta menetelmää. Tyypillisesti öljyntorjunnassa käytettävät öljypuomit ovat lähes hyödyttömiä jäisessä vedessä. Arktisten alueiden ekosysteemi on hyvin omaperäinen ja hauras. Tästä syystä ympäristöriskin realisoitumisen seurauksia erittäin vaikea ennustaa. (The Guardian 2011)

Arktisten alueiden ympäristönsuojelun pohjana toimii YK:n Merioikeusyleissopimus. Arktisten merialueiden suojelusta määrätään artikloissa 204 – 237. Näissä artikloissa määrätään maalta, mereltä ja ilmasta kulkeutuvien saasteiden vähentämisestä. Ongelmana kuitenkin on, että Merioikeusyleissopimus jättää käytännössä kaiken vastuun valtioiden omalle lainsäädännölle. Artiklassa 235 määrätyssä vastuu ja vahingonkorvausvelvollisuudessa valtioita velvoitetaan rankaisemaan meriympäristön pilaamisesta oman lainsäädäntönsä nojalla. Kansallisten lakien yhtenäistäminen Merioikeusyleissopimuksen pohjalta on erittäin vaikeaa, sillä Merioikeusyleissopimuksen ympäristömääräykset ovat hyvin väljiä.

YK:n Merioikeusyleissopimuksen lisäksi arktisten alueiden taloudellista hyödyntämistä rajoittavat biologista monimuotoisuutta koskeva YK:n yleissopimus (The Convention on Biological Diversity), YK:n ilmastonmuutoskonventti UNFCCC (The Convention on Biological Diversity), Venäjän ja Yhdysvaltojen kahdenvälinen sopimus Chukchinmeren jääkarhujen suojelemiseksi sekä Arktisen neuvoston julkilausumat. YK:n yleissopimuksia pidetään yleisesti pehmeinä lakeina, jotka eivät sido valtioita konkreettisiin toimiin arktisten alueiden suojelemiseksi. Tällä hetkellä suurinta

päätäntävaltaa arktisten alueiden tilasta, hyödyntämisestä ja suojelemista nauttii Arktinen neuvosto. (Kao et al 2011)

6.1 Arktinen neuvosto

Vuonna 1989 Rovaniemellä arktisten alueiden johtajat kokoontuivat ensimmäistä kertaa saman pöydän ääreen puhumaan arktisten alueiden luonnonsuojelusta. Kokous oli merkittävä osa kylmän sodan päättymistä, sillä Pohjoinen jäämeri oli aiemmin ollut yksistään Neuvostoliiton Aasiaan kohdistuneen kaupankäynnin käytössä. Kaksi vuotta myöhemmin vuonna 1991 arktisten alueiden johtajat kokoontuivat uudestaan Rovaniemelle sopimaan arktisesta ympäristönsuojeluhankkeesta (AEPS, Declaration on the Protection of the Arctic Environment). Rovaniemen julkilausuman myötä perustetiin työryhmät arktisten alueiden seuraamiseen ja arviointiin, eläinten ja kasvien suojeluun, onnettomuuksin ehkäisemiseen ja merialueiden suojelemiseen. Julkilausuma ei sisältänyt kansainvälisesti velvoittavaa lainsäädäntöä, mutta sitä pidetään edelleen yhtenä merkittävimmistä askelista arktisessa luonnonsuojelussa. (Kao et al 2011)

Ympäristönsuojeluhankkeen seuraava kokous pidettiin vuonna 1996 Ottawassa. Kuusi kuukautta Ottawan kokouksen jälkeen Ruotsi, Suomi, Tanska, Islanti, Norja, Kanada, Venäjä ja USA perustivat Arktisen neuvoston - korkeatasoisen kansainvälisen foorumin arktiselle yhteistyölle. Arktisen neuvoston päätettiin kokoontuvan joka toinen vuosi johonkin jäsenmaahan päättämään arktisten alueiden asioista ja sopimaan kestävän kehityksen ja luonnonsuojelun periaatteista. Jokaisesta kokouksesta tehdään julkilausuma, mikä velvoittaa kaikkia jäsenmaita. (Arctic Council 2011).

Vuonna 2011 Arktinen neuvosto kokoontui Nuukin kaupunkiin Tanskaan. Nuukissa syntynyt julkilausuma on ensimmäinen arktisten alueiden valtioita juridisesti sitova sopimus. Nuukin julkilausumassa Arktisen neuvoston valtiot sitoutuivat kansainväliseen meripelastussopimukseen (SAR, International Convention on Maritime Search and Rescue), mikä velvoittaa lähinnä onnettomuuspaikkaa olevaa alusta meripelastukseen kansallisuuteen katsomatta. Vaikka meripelastussopimuksella ei ole mitään tekemistä luonnonsuojelun kanssa, se osoittaa että Arktinen neuvosto on kykeneväinen tekemään jäsenvaltioitaan juridisesti sitovia päätöksiä. Nuukin julkilausumaa voidaan pitää

pienenä askeleena kohti kansainvälisesti sitovaa lainsäädäntöä arktisilla alueilla. (Kao et al 2011)

6.2 Merioikuesyleissopimus

Merioikeusyleissopimuksen mukaan valtiolla on oikeus hyödyntää luonnonvaroja 200 merimailin päässä omasta rantaviivastaan. Mikäli valtio kokee mannerjalustansa ulottuvan kauemmaksi kuin 200:an merimailin päähän rantaviivastaan sen on tehtävä lisäselvityksiä YK:n mannerjalustojen rajoja säätävälle komissiolle (Comission on the Limits of the Continental Shelf, CLCS). (Globalis 2014) Kaikki neljä arktisilla alueilla toimivaa Merioikeusyleissopimuksen ratifioinutta maata Venäjä, Kanada, Norja ja Tanska ovat jättäneet YK:lle lisäselvityksiä taloudellisen vyöhykkeensä laajentamista. (CLCS 2014)

Taloudellisen vyöhykkeen laajentamista koskevat selvitystyöt ovat erittäin seikkaperäisiä ja raskaita. Informaation hankkiminen Arktisen jäämeren pohjasta on erittäin kallista ja vaikeaa. Työ vaatii paljon aikaa ja resursseja. Tästä syystä valtiot tekevät selvityksiä pienissä osissa tutkien merenpohjaa pieni alue kerrallaan ja lähettämällä kyseisen alueen tutkimustiedot YK:n tarkastettavaksi. Taloudellisen vyöhykkeen laajentamista koskevat selvitystyöt ovat salaisia, eikä YK julkaise tutkimuksien tuloksia edes aluelaajennuksia koskevien päätösten jälkeen. (Koivurova 2014)

Merioikeusyleissopimus on tarkoituksella tehty erittäin laajaksi ja väljäksi. Sen tarkoituksena on jakaa merialueiden taloudellinen hyödyntäminen valtioiden kesken ja yhtenäistää kansallisia lainsäädäntöjä merialueiden ympäristönsuojelussa. Merialueiden jakamisen kannalta merioikeusyleissopimus oli kompromissi niiden maiden välillä, joilla on luonnostaan pitkä mannerjalusta ja niiden joilla on lyhyt mannerjalusta, sillä merioikeusyleissopimus takaa kaikille rantavaltioille taloudellisen vyöhykkeen 200 merimailin päähän rantaviivasta. Talousvyöhykkeiden ulkopuolelle jäävä aavameri on määritelty ihmiskunnan yhteiseksi perinnöksi ja sitä hallinnoimaan luotiin Kansainvälinen merenpohjajärjestö. (Koivurova 2014)

Merioikeusyleissopimuksen mukaan Kansainvälinen merenpohjajärjestö kerää rahaa sen alueilla tapahtuvasta liiketoiminnasta, mutta käytännössä Kansainvälisen

merenpohjajärjestön hallinnoimilla alueilla Arktisella jäämerellä ei ole koskaan porattu öljyä eikä todennäköisesti tulla ikinä poraamaan. Tämä johtuu siitä, että syvä merenpohja on erittäin köyhää raaka-ainepitoisuuksiltaan. Mineraalit ja öljy ovat valtaosin keskittyneet lähelle rantaa ja mataliin merialueisiin. Luonnonsuojelun kannalta tämä on erittäin keskeistä, sillä niin kauan kun merialueet ovat Kansainvälisen merenpohjasäätiön hallussa, ne säilyvät käytännössä koskemattomana. Valtioiden välisissä riitatilanteissa YK:n mannerjalustojen rajoja säätävällä komissiolla ei ole toimivaltaa, vaan valtioiden on sovittava asioista kahden välisin sopimuksin. Niin kauan kun sopimuksia ei synny, alueella ei voida harjoittaa öljynporausta. (Koivurova 2014)

Arktisten merialueiden jakaminen taloudellisiin vyöhykkeisiin valmistuu kokonaisuudessaan todennäköisesti vuosien 2024 – 2034 aikana. Eniten ongelmia aiheuttaa Lomonosovin harjanteen jakaminen. Lomonosovin harjanne on 1800 kilometriä pitkä vuorijono Arktisen jäämeren pohjassa. Sen korkein huippu on noin yhden kilometrin syvyydessä, joten harjanteen raaka-aineita on vaikea hyödyntää. Meren syvyydestä ja harjanteen vaikeasta sijainnista huolimatta tutkijat uskovat, että raaka-aineiden hyödyntäminen on tulevaisuudessa mahdollista. Lomonosovin harjanteen taloudellisista oikeuksista kilpailevat Tanska ja Venäjä. Tanska uskoo voivansa osoittaa, että Lomonosovin harjanne kuuluu luonnollisena jatkumona Grönlannin mannerjalustaan. Venäjä puolestaan yrittää osoittaa, että Lomonosovin harjanne kuuluu Siperian mannerjalustaan. (Koivurova 2014)

Valtataistelu arktisilla alueilla ei ole kuitenkaan niin kiihkeää, mitä tiedotusvälineiden viestintä antaa ymmärtää. Merioikeusyleissopimukseen liittyneiden pitkien neuvotteluiden seurauksena rantavaltiot tekivät useita myönnytyksiä ja kompromisseja. Tuleviin ristiriitoihin ehdittiin valmistautua paljon ennen sopimuksen voimaantuloa. Lisäksi suuri osa alueella tapahtuvasta raaka-aineiden hyödyntämisestä tapahtuu 200 merimailin etäisyydellä rantaviivasta, jolloin alueella tapahtuva liiketoiminta kuuluu yksiselitteisesti merioikeusyleissopimuksen mukaan rantavaltiolle. (Koivurova 2014)

6.3 Ympäristöjärjestöt

Tavallisille ihmisille arktisten alueiden suojelu näyttäytyy enemmän ympäristöjärjestöjen kuin kansainvälisten yhteisöjen toimintana. Suomessa tunnetuimpia ympäristöjärjestöjä arktisen alueen suojelussa ovat WWF ja Greenpeace. WWF:llä on toiminnassaan maltillisempi lähestymistapa ja se yrittää päästä tavoitteisiinsa tutkimuksella, tiedon levityksellä sekä päätöksentekoon vaikuttamalla. Greenpeace on puolestaan tullut 2010-luvulla tunnetuksi laittomista tunkeutumisistaan öljynporausasemille.

Kansainvälinen WWF on vuonna 1961 perustettu luonnonsuojelujärjestö. Aluksi WWF perustettiin suojelemaan uhanalaisia eläinlajeja, mutta myöhemmin toiminta laajeni koskemaan myös energiankulutusta, maankäyttöä, ilmastonmuutosta ja luonnon monimuotoisuuden säilyttämistä. WWF:n keskeisin tavoite on ihmisen toiminnan ympäristövaikutuksien pienentäminen. WWF pyrkii tavoitteisiinsa kannustamalla yrityksiä ja yksityisiä ihmisiä vähentämään ympäristökuormaansa, tutkimalla ja tekemällä opetusmateriaalia luonnonsuojeluun, osallistumalla ympäristönsuojelun vapaaehtoistoimintaan ja olemalla läsnä kansainvälisissä ympäristökokouksissa. Vuonna 2017 - 2019 Suomi tulee olemaan Arktisen neuvoston puheenjohtajamaa ja WWF toimii neuvoston tarkkailijajäsenenä. (WWF 2014a, WWF 2014b)

Greenpeace on vuonna 1971 perustettu kansainvälinen ympäristöjärjestö. Greenpeacella on toimintaa 40 maassa ja sen tärkeimmät tavoitteet ovat ilmastonmuutoksen ehkäiseminen, merien suojelu liika kalastuksesta ja teollisuudelta, metsien suojelu, rauhan välitys ja ydinasevapaa maailma, vaarallisten kemikaalien vähentäminen ja kestävä maatalous. (Greenpeace 2014a) Arktisten alueiden ympäristönsuojelussa Greenpeace painottaa öljyn käytön vähentämistä sekä sitovia kansainvälisiä pelisääntöjä, sillä se kokee merioikeusyleissopimuksen riittämättömäksi. Greenpeace kieltäsi kokonaan teollisen toiminnan lisäämisen historiallisesti jään peittämällä Arktisella. Omaa tyyliään Greenpeace kuvaa toiminnalliseksi. (Greenpeace 2014b) Käytännössä tämä näkyy aktivismina.

7 POHDINTA

Suurin osa arktisten alueiden öljykentistä on löydetty jo 1970- ja 1980-luvuilla. 17:sta suurimmasta Pohjois-Amerikan alueella sijaitsevasta kentästä vain kolme on otettu käyttöön vuoteen 2009 mennessä. Pohjois-Amerikan öljykenttiä ei ole hyödynnetty, koska se olisi taloudellisesti kannattamatonta. Neuvostoliitto hyödynsi kylmän sodan aikana pohjoisia öljykenttiään, sillä se sopi valtion poliittiseen agendaan. 2010-luvun markkinataloudessa myös Siperian öljykenttien kannattavuus lasketaan tarkasti. Arktisten öljyreservien hyödyntämisen tärkein tekijä on öljyn kustannusten ja myyntihinnan suhde. Öljyn poraaminen arktisilla merillä maksaa 35 – 100 USD barrelilta ja toimintaan sisältyy valtavia ympäristöriskejä joiden kustannuksia on mahdotonta ennustaa. Näistä syistä näyttää siltä, että suuret öljy-yhtiöt pitävät arktisia meriä äärimmäisen riskialttiina toimintakenttänä. (EIA 2009)

Uutisoinnissa ja julkisessa keskustelussa puhutaan usein öljy-yhtiöiden kilpajuoksusta pohjoisnavalle ja arktisen jäämeren valtaamisesta vaikka kumpikaan toiminta ei ole juridisesti, taloudellisesti eikä teknisesti mahdollista. Merioikeusyleissopimus kieltää öljynporaamisen valtion mannerjalustan ulkopuolella. Vaikka mannerjalustaoikeuksia onnistuttaisiin laajentamaan, se ei automaattisesti tarkoita, että öljy-yhtiöt haluavat aloittaa toimintaa alueella. Tässä suhteessa on syytä tehdä selvä ero valtioiden ja öljy-yhtiöiden välille. Valtiot haluavat laajentaa omaa taloudellista vaikutusaluettaan – se kuuluu valtion perusluonteeseen. Öljy-yhtiöt ovat kurinalasia yrityksiä, jotka laskevat tarkkaan tulonsa ja menonsa. Öljy-yhtiöt eivät lähde ehdoin tahdoin riskialttiiseen toimintaan, vaikka valtio antaisikin luvan toiminnalle. Sen sijaan rannikon läheisyydessä, missä maaperä on rikasta ja kuljetuskustannukset kohtuullisia, toiminta varmasti jatkuu, mutta tuskin laajenee merkittävästi.

Väljät rajaukset arktiselle alueelle antavat mahdollisuuden harhaan johtaviin uutisiin. Puuraja, ikirouta, lämpötilaraja ja napapiiri kulkevat eri leveyspiireillä eri puolilla maapalloa. Tämä antaa mahdollisuuden puhua tai olla puhumatta arktisesta alueesta subarktisen alueen sijaan. Maantieteelliset rajaukset ja määritelmät vaihtelevat ymmärrettävistä syistä, mutta yhtenäinen käytäntö selkeyttäisi merkittävästi tiedonsaantia.

8 YHTEENVETO

Arktisilla alueilla arvioidaan olevan noin 13 prosenttia maailman hyödyntämättömistä öljyvaroista, mutta ne ovat erittäin vaikeasti hyödynnettävissä. Öljybarrelin tuotanto maksaa arktisilla aluilla 2010-luvun tekniikalla noin 35 - 100 USD. Lähi-idässä maissa tuotettu raaka-öljy maksoi vuonna 2009 noin 17 USD barrelilta. Syrjäisen sijainnin, korkeiden logististen kustannusten ja ennalta arvaamattomien sääolojen lisäksi arktisessa öljyntuotannossa täytyy huomioida vakavan ympäristökatastrofin mahdollisuus, johon varautuminen on merkittävä lisäkustannus.

Arktisilla merillä käytetään *caisson* -öljynporauslauttoja laajamittaiseen ja tehokkaaseen öljynporauaukseen esimerkiksi Barentsin ja Okhotskin merellä. Tutkimuskäytössä hyödynnetään yleensä *jack-up* -öljynporauslauttoja niiden kevyen rakenteen vuoksi. Öljynporauslauttojen täytyy kestää äärimmäisen kovia rasituksia arktisissa olosuhteissa. Jään ja öljynporauslautan vuorovaikutuksia ei ole pystytty mallintamaan täydellisesti ja suunnittelussa keskitytään erityisesti jääkuormien ja mahdollisten törmäyksien neutralisointiin.

Arktisia alueita suojellaan ympäristöriskeiltä kansainvälisten yhteisöjen, sopimusten sekä ympäristöjärjestöjen toimesta. Arktisen alueiden suojelun pohjana toimii YK:n merioikeusyleissopimus. Merioikeusyleissopimuksessa määrätään, että valtio voi hyödyntää luonnonvarojaan vain 200 merimailin etäisyydelle asti rantaviivastaan. Tämä sopimus rajaa käytännössä kokonaan syvänmerenpohjan teollisen toiminnan ulkopuolelle. Arktisten alueiden suojelun kehittäminen on hyvin pitkälti Arktisen neuvoston varassa. Arktiseen neuvostoon kuuluu Ruotsi, Suomi, Tanska, Islanti, Norja, Kanada, Venäjä ja USA.

LÄHDELUETTELO

50/1996. Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimus. [Viitattu 1.6.2014]. Saatavissa: http://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1996/19960050/19960050_2

Arctic Centre, 2014. Arktisen alueen määritelmät. [verkkojulkaisu]. [viitattu 8.9.2014]. Saatavissa: http://www.arcticcentre.org/Suomeksi/TIEDEVIESTINTA/Arktinen-alue/Arktisen-maaritelmat

Arctic Council, 2011. History [verkkojulkaisu]. [Viitattu 16.5.2014]. Saatavissa: http://www.arctic-council.org/index.php/en/about-us/arctic-council/history

CLCS, 2014. Submissions and recommendations. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 8.9.2014]. Saatavilla http://www.un.org/depts/los/clcs_new/clcs_home.htm

Energia Suomessa 1999. Tekniikka talous ja ympäristövaikutukset. VTT energia. Oy Edita Ab s. 368 ISBN 951-37-2745-9.

EIA; U.S Energy Information Administration, 2014a. How much does it cost to produce crude oil and natural gas? [verkkojulkaisu]. [Viitattu 17.1.2014]. Saatavilla http://www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=367&t=6

EIA; U.S Energy Information Administration, 2014b. Arctic Oil and Natural Gas Potential. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 20.5.2014]. Saatavissa: http://www.eia.gov/oiaf/analysispaper/arctic/

EIA; U.S Energy Information Administration, 2014c. Supply: OPEC. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 10.6.2014]. Saatavilla: http://www.eia.gov/finance/markets/supply-opec.cfm

EIA; U.S Energy Information Administration, 2009. Arctic Oil and Natural Gas Potential. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 10.6.2014]. Saatavilla: http://www.eia.gov/oiaf/analysispaper/arctic/

Erminda Garca, 2013. Strategic decisions of international oil companies: Arctic versus other regions. Energy Strategy Reviews, Vol 2, no. 3 – 4, s. 265 – 272.

Globalis, 2014. Yhdistyneiden Kansakuntien merioikeusyleissopimus [verkkojulkaisu]. [Viitattu 16.5.2014]. Saatavissa: http://www.globalis.fi/Kv-sopimukset/Yhdistyneiden-Kansakuntien-merioikeusyleissopimus

Grace Robert, 2007. Oil – An Overview of the Petroleum Industry. 6. Uusittu painos. Guld publishing Company. 120 s. ISBN 978-1-933762-01-2.

Greenpeace, 2014a. About Greenpeace. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 20.9.2014]. Saatavissa: http://www.greenpeace.org/international/en/about/

Greenpeace, 2014a. About Greenpeace. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 20.9.2014]. Saatavissa: http://www.greenpeace.org/finland/fi/kampanjat/ilmastonmuutos/Arktis/Ratkaisut/

Harsem Oisten, Eide Arne, Heen, Knut, 2011. Factors influencing future oil and gas prospects in the Arctic. Energy Policy, Vol 39, no. 12, s. 8037 – 8045.

Heikkilä Markku, Laukkanen Marjo, 2013. Arktinen kutsuu; Suomi, EU ja arktinen alue. Vammalan kirjapaino Oy. 93 s. ISBN 978-952-281-061-8.

Hilyard Joseph, 2010. International Petroleum Encyclopedia 2010. PennWell. 490 s. ISBN: 978-1-61583-805-9

IEA; International Energy Agency, 2011. Snakey. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 16.5.2014]. Saatavissa: http://www.iea.org/Sankey/index.html

IARC-JAXA Information System, 2014. Arctic Sea-ice Monitor. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 16.5.2014]. Saatavissa: http://www.ijis.iarc.uaf.edu/en/home/seaice_extent.htm

Kankaanpää Paula, 2009. Muuttuva arktis. [viitattu 8.9.2014] [Saatavissa: http://www.arcticcentre.org/InEnglish/CONTACTS/Staff/Kankaanpaa,-Paula/Muuttuva-Arktis---puheenvuoro]

Koivurova Timo, professori. Lapin yliopisto, Rovaniemi. Puhelinhaastattelu 8.5.2014.

Koivurova Timo. Kuka omistaa Arktisen jäämeren? Arktinen keskus. [verkkojulkaisu]. [viitattu 28.5.2014]. Saatavissa: http://www.arcticcentre.org/InEnglish/SCIENCE-COMMUNICATIONS/Arctic-region/Articles/Kuka-omistaa-Arktisen-jaameren

Laakso Tapio, 2012. Top 10: Miksi arktinen öljynporaus on erityisen typerä ajatus? [verkkojulkaisu]. [Viitattu 17.1.2014]. Greenpeace. Saatavissa http://www.greenpeace.org/finland/fi/media/blogi/top-10-miksi-arktinen-ljynporaus-on-erityisen/blog/39229/

Liu Miaojia, Kronbak Jacob, 2009. The potential economic viability of using the Northern Sea Route (NSR) as an alternative route between Asia and Europe. Journal of transport Geography. Vol 18, no. 3, s. 434 - 444.

Luukko Kaj, 2012. Ilmastotieto. Pohjoisnavan jääpeite on pienempi kuin koskaan mittaushistorian aikana. [verkkojulkaisu], [viitattu 28.5.2014]. Saatavissa: ilmastotieto.wordpress.com/2012/08/28/pohjoisnavan-jaapeite-pienempi-kuin-koskaan-mitaushistorian-aikana/

Mikkola Harri, Käpylä Juha, 2013. Arktiseen kehitykseen liittyy paljon epävarmuustekijöitä. Ulkopoliittinen instituutti. [verkkojulkaisu], [viitattu 28.5.2014]. Saatavissa: http://www.fiia.fi/fi/publication/337/arctic_economic_potential/#.Utj9ZfKbFI0

offshoreenergytoday.com, 2013. Gazprom Begins Oil Production from Prirazlomnoye Field. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.1.2014]. Saatavissa: http://www.offshoreenergytoday.com/gazprom-begins-oil-production-from-prirazlomnoye-field/

offshore-technology.com, 2014. Prirazlomnoye oilfield -, Russia. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.1.2014]. Saatavissa: http://www.offshore-technology.com/projects/prirazlomnoye/

Oilrigphotos.com, 2006. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.1.2014]. Saatavissa: http://www.oilrig-photos.com/picture/number129.asp

OPEC, 2014. Our mission. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.1.2014]. Saatavissa: http://www.opec.org/opec_web/en/about_us/23.htm

Randall Robert E, 2010. Elements of Ocean Engineering. Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). 422 s. ISBN 978-1-61344-658-4.

Ruska Maija, Koljonen Tiina, Koreneff Göran, Lehtilä Antti, 2012. Fossiiliset polttoainevarat ja –markkinat. VTT Technology 28. 113 s. ISBN 978-951-38-7843-6

Ryerson Charles C, 2011. Ice protection of offshore platforms. Cold Region Science and Technology. Vol 65, no. 1, s. 97 – 110.

Shakhalin Energy, 2014. Piltun-Astokhskoye-a Platform (PA-A / Molikpaq). [verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.1.2014]. Saatavissa: http://www.sakhalinenergy.ru/en/company/company_assets/platforma_molikpak.wbp

Statoil, 2012. Arctic exploration. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.1.2014]. Saatavissa: http://www.statoil.com/annualreport2012/en/sustainability/casestudies/pages/arcticexploration.aspx

The Guardian, 2011. Arctic oil spill response plans are triumphs of hope over expectation. . [verkkolehti]. [Viitattu 21.9.2014]. Saatavissa: http://www.theguardian.com/environment/damian-carrington-blog/2011/aug/31/cairn-energy-arctic-oil-spill

World Energy Council, 2014. About WEC. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 18.1.2014]. Saatavissa: http://www.worldenergy.org/about-wec/

World Energy Council, 2013. World Energy Resources 2013 Survey. 468 s.

WWF, 2014a. Tietoa meistä. [verkkodokumentti]. [Viitattu 21.9.2014]. Saatavissa: http://wwf.fi/wwf-suomi/tietoa-meista/

WWF, 2014b. Arktinen alue. [verkkodokumentti]. [Viitattu 21.9.2014]. Saatavissa: http://wwf.fi/alueet/arktinen-alue

WWF, 2013c. Meret ja ilmasto eivät kestä arktista öljynporausta [verkkodokumentti]. [Viitattu 17.1.2014]. Saatavissa: http://wwf.fi/jarjesto/viestinta/uutiset-ja-tiedotteet/Meret-ja-ilmasto-eivat-kesta-arktista-oljynporausta-1916.

Zhang Dayong, Yue Qianjin, 2011. Major challenges of offshore platforms design for shallow water oil and gas field in moderate ice conditions. Ocean Engineering. Vol 38, no. 10, s. 1220-1224.

Öljyalan keskusliitto, 2013. Öljyn tuotanto. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 10.6.2014]. Saatavissa: http://www.oil.fi/fi/oljyvarat/oljyn-tuotanto

LIITE 1. HAASTATTELUKYSYMYKSET – ARKTINEN TUTKIMUSKESKUS, PROFESSORI TIMO KOIVUROVA

1. Onko Venäjä, Kanada, Norja tai Tanska vieläkään saanut lopullista päätöstä mannerjalustan taloudellisen vyöhykkeensä laajentamista ja taloudellisen vyöhykkeen rajoista? Ymmärtääkseni ainakin Norja on lähellä lopullisten rajojen lukkoon lyömistä. Rajojen laajentamisesta on ollut vaikea löytää ajankohtaista tietoa.

2. Onko Lomasovin harjanteen hyödyntämisestä päästy sopuun? Miten on mahdollista, että mannerjalustan taloudellisen vyöhykkeen laajentamista näin kauas rantaviivasta voidaan keskustella? Jos mannerjalustan taloudellisen vyöhykkeen voidaan katsoa jatkuvan näin kauas, eikö se vie pohjan koko ajatukselta, että aavameri olisi Kansainvälisen merenpohjajärjestön hallinnoimaa ja ihmiskunnan yhteistä perintöä?

3. Mitä eroa öljy-yhtiön näkökulmasta on porataanko öljyä jonkin valtion mannerjalustalla vai Kansainvälisen merenpohjajärjestön vesillä? Onko lupien saaminen vaikeampaa ja kalliimpaa?