Jouni Bedda

Polttoaineen vaihtaminen nesteytettyyn maakaasuun (LNG)

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kemiantekniikka

Insinöörityö

25.11.2018

Metropolia

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jouni Bedda Polttoaineen vaihtaminen nesteytettyyn maakaasuun (LNG) 36 sivua 25.11.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	
Ohjaajat	Tutkintovastaava Antti Tohka Johtaja Tommy Mattila

Tässä insinöörityössä tarkastellaan Skangas Oy:n asiakasyrityksen kautta sitä, miten polttoaineen vaihtaminen polttoprosessissa vaikuttaa päästöjen muodostumiseen. Työssä on lisäksi tarkasteltu yrityksen toiminnan kautta sitä, millainen rooli nesteytetyllä maakaasulla (LNG) on vaihtoehtoisena ratkaisuna teollisuuden päästörajojen kiristyessä. Työssä esitellyn asiakasyrityksen kohteessa on arvioitu eri polttoaineiden kustannuksia ja eri polttoaineiden soveltuvuutta prosessiin käytettävyydeltään.

Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista (750/2013) eli niin kutsuttu PIPO-asetus asettaa päästörajoituksia uusille ja olemassa oleville energiantuotantoyksiköille. PIPO-asetus on Suomen kansalliseen lainsäädäntöön tehty asetus ja sillä säädetään rajoja rikkidioksidi, typpidioksidi ja pienhiukkaspäästöille. PIPO-asetus keskittyy alle 50 MW:n tuotantolaitoksiin, joille suunnattua lainsäädäntöä ei ole aiemmin ollut olemassa. Tämän lisäksi asetuksessa on uusia määräyksiä polttoaineiden varastointiin ja piipun korkeuteen.

PIPO-asetusta on täydennetty vuonna 2017 Euroopan komission MCP-direktiivillä (Medium Combustion Plant). Lainsäädännön osalta direktiivissä ja paikallisessa PIPO-asetuksessa on paljon päällekkäisyyksiä, jonka vuoksi muutokset direktiivin voimaantulon jälkeen ovat suhteellisen pieniä. Pääosin ne keskittyvät erilaisten polttoaineiden päästörajojen yhtenäistämiseen EU-alueella.

Kiristyneestä lainsäädännöstä johtuen, työssä esiintyvä asiakasyritys ei voinut jatkaa nykyisen polttoaineen käyttöä. Yrityksen tuli joko puhdistaa savukaasuja tai vaihtaa polttoaine vähäpäästöisemmäksi. Polttoainevertailun, päästövähenemän määrän ja projektin kokonaiskustannusten arvioinnin jälkeen nesteytetty maakaasu (LNG) valikoitui uudeksi polttoaineeksi.

Avainsanat	LNG, PIPO, MCP, pienet polttolaitokset, ympäristönsuojelu, ilmanpäästöt

Author Title Number of Pages Date	Jouni Bedda Fuel Conversion into Liquefied Natural Gas (LNG) 36 pages 12 November 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Chemical Engineering
Professional Major	
Instructors	Antti Tohka, Senior Lecturer Tommy Mattila, Director

This thesis studies the impacts on the formation of emissions when changing fuel in a plant's process through a case study of Skangas Ltd's customer company. In addition, this thesis evaluates the role that liquefied natural gas (LNG) can have in the process of the customer company when searching for alternative solutions to meet the tightening regulation for industry emissions. This thesis evaluates the cost competitiveness of different fuels and the economic and technical suitability of different fuels in the process of the customer company.

The Government Decree on the environmental protection requirements of energy production units with a rated thermal input below 50 megawatts (750/2013), the so-called PIPO decree, sets new emission limitations for existing and new combustion plants. The PIPO decree concerns combustion plants with burner capacity below 50 MW, for which such legislation did not exist before the decree. The PIPO decree supplements the Finnish legislation for the local requirement to limit sulphuric-, nitrogen- and particle emissions. In addition to the above limitations, the decree also sets requirements for storing liquid fuels on the production site and concerning the height of the chimney.

The PIPO decree was supplemented during 2017 with the requirements of European Commission's directive concerning medium combustion plants, the so-called MCP directive. From the legislative perspective, the MCP directive and the local PIPO decree contain a considerable amount of overlapping regulation; therefore, implementing the MCP directive has had only minor impacts for local industry in practice. Mainly, the MCP directive harmonized emission regulations for different fuels across the EU.

Due to the new stricter legislation, the customer company presented in this thesis could not continue with the current fuel. The company would either need to clean the flue gases or change the fuel to a less polluting fuel. LNG was selected as a fuel, after the evaluation of the different fuels, emission reduction and total costs of the conversion.

Keywords	LNG, liquefied natural gas, PIPO, MCP, small combustion plants, environmental protection, air pollution.

Sisällys

1 Johdanto 3

2 Polttolaitosten lainsäädäntö 4

2.1 Valtioneuvoston asetus (750/2013) polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista ilmanpäästöjen osalta 5

2.2 MCP-direktiivi – Euroopan unionin lainsäädäntö 7

3 Polttolaitosten vaihtoehdot päästöjen vähentämiseksi 8

3.1 Polttoaineen vaihtaminen vähärikkisempään nestemäiseen öljytuotteeseen (rikitön polttoöljy) 8

3.2 Raskaan polttoöljyn savukaasujen puhdistuslaitteisto 9

3.3 Vähäpäästöiset kaasumaiset polttoaineet 10

4 Tuotantoyksikön konversio 11

4.1 Hankkeen kohde ja tarkoitus 11

4.2 LNG-laitteisto 12

4.3 Käyttökohteet 15

4.4 Sijoitukset 15

4.5 Käyttöputken rakenne ja materiaalit 17

4.6 LNG-varastointilaitteiston rakenne ja materiaalit 18

4.7 Hitsaukset ja liitokset 18

4.8 Merkinnät 18

5 Työmaavalvonta ja laadunvarmistus 19

5.1 Ympäristövaikutukset 19

5.2 Putken sijoitus ja suunnittelu 19

6 Käyttöputkiston ja LNG-terminaalin rakentamisessa noudatettavat asetukset ja standardit 19

7 LNG ja sen päästöt 20

7.1 LNG 20

7.2 LNG:n saatavuus 21

7.3 LNG-laitteisto 23
7.4 Säiliön riskientarkastelu 23

8 Polttoaineiden päästöt 24

8.1 Öljytuotteet 25
8.2 Rikitön kevyt polttoöljy 25
8.3 Vähärikkinen raskaspolttoöljy 26
8.4 Nestekaasu 26

9 Polttoaineiden kustannusvertailu 27

9.1 Valmisteverot 27
9.2 Energiaintensiivisen teollisuuden veronpalautus 28
9.3 Verottomat käyttökohteet 29
9.4 Polttoaineiden kustannuskehitys tulevaisuudessa 29

10 Johtopäätökset 31

Lähteet 32

1 Johdanto

Tämän insinöörityön tarkoitus on tutkia, minkälainen vaikutus polttoaineen vaihtamisella on päästöjen muodostumiseen teollisessa tuotannossa. Työssä tutkitaan olemassa olevan polttolaitoksen polttoainevalintoja ja sitä, mikä vaikutus sillä olisi päästöihin, jos pienessä polttolaitoksessa vaihdettaisiin perinteinen öljytuote (raskas- tai kevytpolttoöljy) nesteytettyyn maakaasuun (LNG). Toteutusta arvioidaan toimintavarmuuden-, kustannustehokkuuden ja käytettävyyden kannalta. Toteutus tapahtuu yhteistyössä Skangas Oy:n asiakasyrityksen kanssa.

Tämä työ on tehty Skangas Oy:lle tukemaan sen liiketoimintojen kaupallisia malleja, sekä arvioimaan maakaasun kilpailukykyä pienen polttolaitoksen konversioprojekteissa. Skangas on suomalaisen luonnonkaasujen osaajan Gasum Oy:n 100% omistama tytäryhtiö. Yhtiö on johtava nesteytetyn maakaasun eli LNG:n toimittaja pohjoismaisilla markkinoilla. Se tuottaa, hankkii, varastoi, kuljettaa ja myy nesteytettyä maakaasua pohjoismaisille markkinoille. Yhtiö toimittaa LNG:tä merenkulun, teollisuuden ja raskaan maaliikenteen tarpeisiin. Skangasinin tavoitteena on auttaa asiakkaitaan saavuttamaan sekä ympäristöön liittyvät että operatiiviset energiatavoitteensa tarjoamalla tehokkaita ja vakaita LNG-toimituksia. (Skangas Oy 2018; Gasum Oy 2018.)

Skangas rakensi Porin Tahkoluotoon Suomen ensimmäisen nesteytetyn maakaasun tuontiterminaalin, joka otettiin käyttöön syyskuussa 2016. Yhtiö on osakkaana myös Tornioon rakennettavassa Manga LNG Terminal Oy:ssä, joka rakennuttaa LNG:n tuontiterminaalia Tornion Röyttän satamaan. Tornioon valmistuva terminaali on tarkoitus ottaa käyttöön loppuvuodesta 2018. Skangas jakelee nesteytettyä maakaasua kuorma-autoilla terminaalista sisämaan teollisuuskohteisiin, meriliikenteen tarpeisiin ja nesteytettyyn maakaasuun perustuville kevyen ja raskaan liikenteen tankkausasemille. (Skangas Oy 2018.)

2 Polttolaitosten lainsäädäntö

Polttolaitoksen vaikutuksia ympäristöön arvioidaan polttolaitoksen ympäristöluvassa. Ympäristölupaa varten toimijan tulee arvioida energiatuotantoyksikön päästöt ilmaan. Tämän lisäksi lainsäädäntö antaa määritelmät sille, miten energiatuotantoyksikön tulee hallita melua, jätevesiä sekä minkälainen yksikön piipun korkeus on. Energiantuotantoyksikölle annetaan raja-arvot päästöille ympäristöön. Polttolaitoksen on päästävä lainsäädännön asettamiin päästörajoihin mitattuna päästöistä. Luvan polttolaitokselle myöntää aluehallintoviranomainen, joka myös valvoo laitoksen käytönaikaisia päästöjä. (Aluehallintovirasto 2018; Ympäristöhallinto 2018.)

Suomen ensimmäinen ympäristönsuojelulaki (86/2000) on vuodelta 2000. Jo sitä ennen polttolaitoksiin liittyvistä ympäristöluvista oli säädetty ympäristölupamenettelylaissa (735/1991). Ensimmäisen, vuonna 2000 voimaan tuleen ympäristönsuojelulain piiriin kuului sellainen toiminta, joka saattoi aiheuttaa tai aiheutti ympäristön pilaantumista. Nykyinen YSL (527/2014) on hyväksytty vuonna 2014, kumoten sitä edeltävän vuonna 2000 säädetyn lain. Nykyisen YSL:n 2. §:ään on kirjoitettu, että laki koskettaa kaikkea sellaista teollista toimintaa, joka aiheuttaa ympäristön pilaantumista. Erona aiempaan vuonna 2000 säädettyyn lakiin oli se, että yllä mainitun 2. pykälän mukaisesti ympäristönsuojelulaki laajennettiin koskemaan myös polttoaine teholtaan alle 50 megawatin energiantuotantolaitoksia. YSL:n 6. §:ssä on niin kutsuttu yleinen selvilläolovelvollisuus. Selvilläolovelvollisuus tarkoittaa, että toiminnanharjoittajan on oltava tietoinen oman toimintansa aiheuttamista ympäristövaikutuksista ja -riskeistä sekä niiden hallinnasta ja ehkäisemisestä. Tämän lisäksi YSL:n 8 §:ssä on säädetty, että toiminnassa tulee käyttää parasta käyttökelpoista tekniikkaa. (Ympäristönsuojelulaki 86/2000; Ympäristönsuojelulaki 527/2014.).

Pienten energiantuotantoyksiköiden eli polttoaineteholtaan alle 50 MW:n yksiköiden hiukkasten päästöraja-arvojen sääntely ei kuitenkaan ollut 2014 säädetyn YSL:n myötä täysin uusi asia Suomessa, sillä jo vuodesta 1987 lähtien valtioneuvoston päätöksessä yleisistä ohjeista voimalaitosten ja kattilalaitosten hiukkaspäästöjen rajoittamiseksi (157/1987) oli säännelty pienten, polttoaineteholtaan alle 50 MW:n energiatuotantoyksiköiden hiukkaspäästöjen raja-arvoista. 2000-luvun alkupuolella kuitenkin todettiin, että vuodelta 1987 peräsisin olevaa ohjeistusta oli tarpeen päivittää, sillä vanha päästönormi hiukkasille ei enää perustunut ajantasaiseen tekniikkaan. Tämän vuoksi energiantuotantoyksiköiden ympäristölupien päästöraja-arvot päätettiin määritellä uudestaan. Apuna

päästöraja-arvojen uudelleen määrittelyssä käytettiin vuonna 2003 julkaistua kansallista *Paras käyttökelpoinen tekniikka 5 - 50 MW:n polttolaitoksissa Suomessa* -asiakirjaa eli niin kutsutta BAT *(*Best Available Technology*)* -asiakirjaa. BAT-termiä käytetään kuvaamaan tekniikkaa, joka minimoi tuotanto- tai muun laitoksen ympäristövaikutuksia. Eri toimialoilla on omat BAT-asiakirjat, joissa käsitellään kyseessä olevan toimialan parasta kustannustehokasta ja teknisesti toteutettavissa olevaa tekniikkaa. (Aho, ym. 2003; Niinisalo 2017.)

2.1 Valtioneuvoston asetus (750/2013) polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista ilmanpäästöjen osalta

Pienten energiantuotantoyksiköiden päästöjen raja-arvoista ja ympäristönsuojeluvaatimuksista säädettiin aikaisempaa kattavammin vuonna 2010. Silloin astui voimaan valtioneuvoston niin sanottu PINO-asetus (445/2010). PINO-asetus eli valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista (445/2010) perustui silloin voimassa olleeseen vuoden 2000 ympäristölainsäädäntöön. Hiukkasten lisäksi PINO-asetuksessa asetettiin päästöraja-arvoja rikkidioksidille ja typenoksideille. Näiden lisäksi asetuksessa määriteltiin päästöjen tarkkailuvaatimuksia. Asetuksessa säädettiin myös energiantuotantoyksiköiden jätteiden ja jätevesien käsittelystä, savupiipun korkeudesta melusaasteista, polttoaineiden varastoinnista ja käsittelystä sekä kirjanpidosta. Tässä työssä on keskitytty tulkitsemaan asetusta ainoastaan ilmanpäästöjen osalta ja rikki, typpi- ja pienhiukkaspäästöjä. (Aho ym. 2003; Niinisalo 2017; PINO 445/2010.)

PINO-asetus kumottiin vuonna 2013 uudella samannimisellä asetuksella. Tätä uutta asetusta kutsutaan myös PIPO-asetukseksi ja samalla asetusnumero on päivätty uudelleen (750/2013). PIPO-asetuksessa on tarkennettu PINO-asetuksen sisältöä ja joitakin päästöraja-arvoja on kiristetty. PIPO-asetus on astunut voimaan olemassa oleville energiantuotantoyksiköille vuoden 2018 alusta. Asetuksen mukaan olemassa oleva laitos on sellainen laitos, joka on käyttöönotettu tai jonka ympäristölupahakemus on kuulutettu ennen 1.6.2010. Jos laitos on otettu käyttöön yllä mainitun päivänmäärän jälkeen, laitoksen katsotaan asetuksen mukaan olevan uusi ja sen tulee noudattaa asetusta heti käyttöönotosta lähtien. Asetuksen voimaan astuminen on vaatinut yrityksiltä investointeja olemassa oleville laitoksille viimeistään vuoden 2017 aikana, jotta asetuksen

vaatimukset täyttyvät. Etenkin uusien polttolaitosten savupiipun korkeus ja olemassa olevien laitosten nestemäisten polttoainesäiliöiden varastointiin liittyvät määräykset ovat edellyttäneet suuria investointeja PIPO-asetuksen täyttämiseksi. (Niinisalo 2017; PIPO 750/2013.)

PIPO-asetuksessa on määritelty olemassa olevien polttoaine teholtaan 1-50 megawatin kattiloiden päästöraja-arvot (Taulukko 1).

Taulukko 1. Olemassa olevien polttoaine teholtaan 1-50 MW kattiloiden päästöraja-arvot. (suluissa vara- ja huippukattiloiden päästöarvot) (PIPO 750/2013)

Kattilan polttoaineteho	**Hiukkaset mg/m^{3}n**	**NO_2 mg/m^{3}n**	**SO_2 mg/m^{3}n**
Öljy[1,2]	O_2= 3 %	O_2= 3 %	O_2= 3 %
1 P 5 MW	140 (200)		850
5<P 50 MW	50 (140)		850
1 P 15 MW		900	850
15<P 50 MW		600	850
Kaasumaiset polttoaineet		O_2= 3 %	
1 P 15 MW		400	
15<P 50 MW		300	
Puu ja muut kiinteät biopolttoaineet[3]	O_2= 6 %	O_2= 6 %	O_2= 6 %
1 P 5 MW	300(375)	450 (500)	200
5<P 10 MW	150 (250)	450 (500)	200
10<P 50 MW	50 (125)	450 (500)	200
Turve	O_2= 6 %	O_2= 6 %	O_2= 6 %
1 P 5 MW	300(375)	600 (625)	500
5<P 10 MW	150 (250)	600 (625)	500
10<P 50 MW	50 (125)	600 (625)	500
Hiili	O_2= 6 %	O_2= 6 %	O_2= 6 %
1 P 50 MW	50 (140)	420 (550)	1100

2.2 MCP-direktiivi – Euroopan unionin lainsäädäntö

Euroopan unionin (EU) komissio on vuonna 2013 antanut EU:n neuvostolle ja parlamentille puhtaan ilman toimenpideohjelman eli niin sanotun ilmanlaatupaketin, jonka tarkoituksena on yksiselitteisesti rajoittaa ilmansaasteiden määrää Euroopassa. Ilmanlaatupaketti on laadittu toteuttamaan komission vuonna 2005 julkaisemaa ilman pilaantumista koskevaa teemakohtaisesta strategiaa. (2005/446/KOM; Lindroos& Ekholm, 2014.)

Ilmanlaatupaketti muodostui kolmesta eri osasta:

- Päästökattodirektiivin päivitys (ehdotus direktiiviksi tiettyjen ilman epäpuhtauksien kansallisten päästöjen vähentämisestä sekä direktiivin 2003/35/EY muuttamisesta (COM 2013/0920)
- Göteborgin pöytäkirjan muutoksen hyväksyminen (ehdotus direktiiviksi valtiosta toiseen tapahtuvaa ilman epäpuhtauksien kaukokulkeutumista koskevaan vuoden 1979 yleissopimukseen liittyvään happamoitumisen, rehevöitymisen ja alailmakehän otsonin vähentämistä koskevaan vuoden 1999 pöytäkirjaan tehdyn muutoksen hyväksymisestä (COM 2013/0917)
- Keskisuurten polttolaitosten direktiivi (ehdotus direktiiviksi tiettyjen keskisuurista polttolaitoksista ilmaan joutuvien epäpuhtauspäästöjen rajoittamisesta (COM 2013/0919)

(Euroopan komissio 2013; Lindroos & Ekholm 2014; Niinisalo 2017.)

Tämän insinöörityön näkökulmasta keskeisin näistä ilmanlaatupaketin osa-alueista on keskisuurten polttolaitosten direktiivi eli MCP (Medium Combustion Plant) -direktiivi, joka on lopullisesti hyväksytty joulukuussa 2015. Direktiivi sitoo kaikki EU:n jäsenmaita ja se on tullut ottaa kansalliseen täytäntöön kahden vuoden kuluessa sen hyväksymisestä. (European Commission 2016.)

Keskisuuri polttolaitos on laitos, jonka polttoaineteho on 1 - 50 MW. Keskisuurilla polttolaitoksilla katsotaan olevan merkittävä vaikutus Euroopan ilmanlaatuun. Tämän vuoksi EU:ssa nähtiin tarpeelliseksi laatia direktiivi, jonka avulla myös keskisuuret polttolaitokset saatiin lainsäädännön piiriin EU:n alueella. Aikaisemmin vain polttoaineteholtaan vähintään 50 MW:n energiantuotantolaitoksia säädeltiin teollisuuden päästöjen direktiivillä (2010/75/EU) ja pienempiä laitteita, kuten alle 1 MW:n lämmittimiä ja kattiloita, ekologista suunnittelua koskevalla direktiivillä (2009/125/EY). Toisin sanoen, 1-50 MW:n välillä

olevia laitoksia tai latteita ei ollut säädelty ollenkaan. (European Comission 2016; Niinisalo 2017.)

3.3 MCP-direktiivin kansallinen täytäntöönpano

MCP-direktiivin myötä päivitetty kansallinen lainsäädäntö on astunut voimaan 1.1.2018 siirtymäaikoineen. Muun muassa Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy on tutkinut jo vuonna 2014 direktiivin vaikutuksia ilmastopolitiikkaan Suomessa (Lindroos & Ekholm 2014), mutta direktiivin todelliset vaikutukset jäävät nähtäväksi.

MCP-direktiivissä ja kansallisessa PIPO-asetuksessa on paljon päällekkäisyyksiä. Voidaankin todeta, että Suomen kansallinen PIPO-asetus on jo osittain kattanut niitä asioita, joita MCP-direktiivillä säädetään. Myös PIPO-asetus astui voimaan vuoden 2018 alusta ja MCP-direktiivistä aiheutuvat tarkennukset täydensivät kansallista lainsäädäntöä. MCP-direktiivin mukaiset muutokset ovat viety paikalliseen lainsäädäntöön 1.1.2018 alkaen ja se tarkentaa pienten polttolaitosten päästöjä ja siirtymäaikoja. PIPO-asetus kumoaa nykyisen asetuksen polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista. Asetuksessa säädetään MCP-direktiivin mukaiset päästöraja-arvot ja tarkkailuvelvoitteet, joita uusien energiantuotantoyksiköiden on noudatettava 20.12.2018 alkaen, olemassa olevien yli 5 megawatin yksiköiden 1.1.2025 alkaen ja olemassa olevien vähintään 1, mutta korkeintaan 5 megawatin yksiköiden tulee noudattaa niitä 1.1.2030 alkaen. (European Commission 2016; PIPO 750/2013; Ympäristöhallinto 2017.)

MCP-direktiivin tarkoituksena on vähentää päästöjen määrää ja vaikutuksia ympäristöön ja ihmisten terveyteen, jonka vuoksi direktiivissä on asetettu tarkat päästöraja-arvot ja tarkkailuvaatimukset hiukkasille, typenoksideille ja rikkidioksidille. (European Comission 2016; Niinisalo 2017.)

3 Polttolaitosten vaihtoehdot päästöjen vähentämiseksi

3.1 Polttoaineen vaihtaminen vähärikkisempään nestemäiseen öljytuotteeseen (rikitön polttoöljy)

Siirtymällä käyttämään kevyttä polttoöljyä polttolaitoksella on yleisesti helpoin tapa vähentää päästöjä. Tämä on yleensä myös investointikustannuksiltaan pienin vaihtoehto. PIPO-asetus asettaa kuitenkin uusille säiliöalueille vaatimuksia. Muun muassa

öljytuotteiden käsittelyalueiden ja öljysäiliöiden suoja-altaiden vedet sekä muut vedet, jotka voivat sisältää öljyä, on johdettava öljynerottimeen. Öljynerottimet on varustettava öljytilan täyttymisestä ilmoittavalla hälytysjärjestelmällä, jonka toimivuus on testattava vähintään vuoden välein. Tämän lisäksi vanhaa raskasöljysäiliötä ei voida hyödyntää uuden tuotteen varastoinnissa, vaan tuotteelle tulee rakentaa uuden asetuksen mukainen varastointialue. (PIPO 750/2013.)

PIPO-asetuksessa on määritelty nestemäisten polttoaineiden käsittelyssä ja varastoinnissa on noudatettavat vaatimukset seuraavasti:

> 1) nestemäiset polttoaineet on varastoitava asianmukaisissa kyseisen polttoaineen varastointiin hyväksytyissä kaksoisvaippasäiliöissä tai tiiviiseen suoja-altaaseen sijoitetuissa säiliöissä;
>
> 2) suoja-altaan tilavuus on mitoitettava siten, että vuototilanteessa siihen sopii vähintään 1,1 kertaa siihen sijoitetun suurimman säiliön nestetilavuus;
>
> 3) säiliöiden kunto on tarkastettava säännöllisesti, kuitenkin vähintään kymmenen vuoden välein;
>
> 4) säiliöt on varustettava ylitäytönestimillä ja kaksoisvaippasäiliöt on lisäksi varustettava vuodonilmaisimilla;
>
> 5) vuotojen leviämisen torjumiseksi on varattava imeytysaineita ja torjuntakalustoa polttonesteiden talteenottoa varten;
>
> 6) käsittely- ja varastointialueiden on oltava nesteitä läpäisemättömiä ja reunoiltaan korotettuja.
>
> Nestemäisten polttoaineiden varastoinnista ja käsittelystä säädetään lisäksi vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta annetussa laissa (390/2005) ja sen nojalla.
>
> (PIPO 750/2013.)

Nämä yllä luetellut muutokset varastointiin aiheuttavat merkittäviä lisäkustannuksia polttonesteiden varastoinnille.

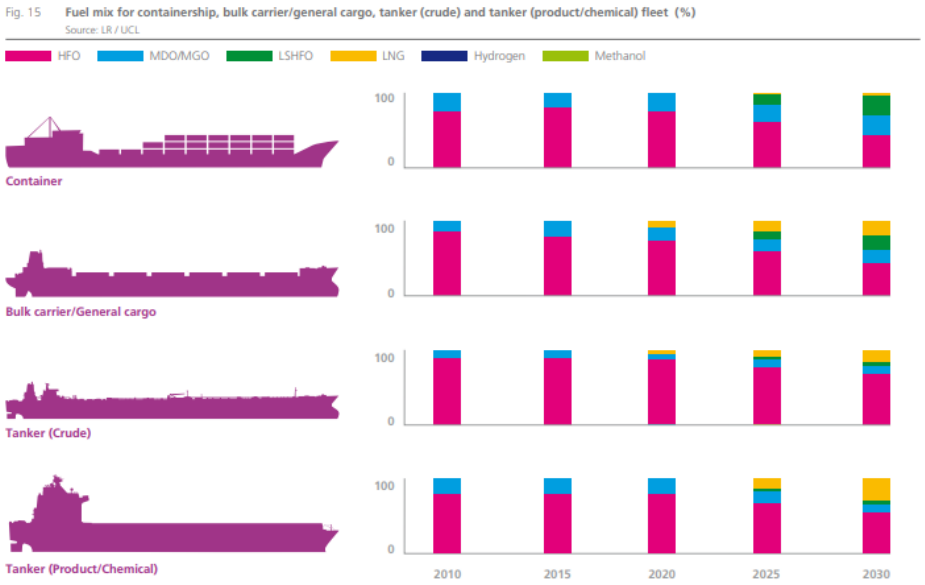
3.2 Raskaan polttoöljyn savukaasujen puhdistuslaitteisto

Raskaan polttoöljyn rikkipäästöjä pystytään pienentämään myös asentamalla savukaasupesuri savupiipuun. Savukaasupesuri suihkuttaa kalkkipitoista vettä

savukaasukanavaan ja sitoo itseensä rikkiyhdisteitä savukaasuista. Tämä on yleinen tapa meriliikenteessä, missä korkearikkisemmän tuotteen käyttö on yleisempää.

Teollisessa käytössä raskaan polttoöljyn savukaasupesurit ovat kuitenkin varsin harvinaisia suomessa pienten laitosten yhteydessä. Savukaasupesurin investointi on merkittävä ja suhteessa siitä saatavaan polttoaineen hinta etuun ei se ole kannattava investointi.

Aluksiin asennettavien pesureiden hinnat vaihtelevat 3,7 - 4,2 M€ (Alfa Laval 2018). Tämä tarkoittaa vuosittain merkittävää polttoaineen kulutusta, jotta investoinnille saadaan järkevä takaisinmaksu. Merenkulussa raskaspolttoöljy on vielä varsin suurella käytöllä (kuva 1) ja riippuen siitä, millä markkina-alueella alukset liikkuvat, raskasta polttoöljyä voi olla saatavilla jopa alle markkinahinnan. Tämän lisäksi, jos alukset liikkuvat päästöraja-alueen ulkopuolella, voi aluksilla ajaa ilman rikkipesuria.



Kuva 1. Merenkulun polttoaineet. (Lloyds Register & UCL Energy Institute)

3.3 Vähäpäästöiset kaasumaiset polttoaineet

Kaasumaiset polttoaineet tulee varastoida teollisuusalueella vaarallisten kemikaalien lainsäädännön mukaisesti (Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005). Kaasumaisille polttoaineille ei ole tarvetta rakentaa raskaita

öljynerotusjärjestelmiä, joilla ehkäistään polttoaineen joutuminen maaperään tai vesistöön. Kaasumaiset polttoaineet varastoidaan yleisesti betonilaatalla ja Turvallisuus- ja Kemikaalivirasto asettaa varastoinnille teollisessa käytössä vaatimukset tapauskohtaisesti. Kaasumaiset polttoaineet eivät sisällä rikkiä ja niiden poltosta ei synny pienhiukkaspäästöjä, joten ei ole tarvetta erilliselle savukaasujen käsittelylle. Kaasumaisina polttoaineina tässä työssä käsitellään Nesteytettyä maakaasua ja nestekaasua.

4 Tuotantoyksikön konversio

4.1 Hankkeen kohde ja tarkoitus

Hankkeen tarkoituksena on korvata Skangas Oy:n asiakasyrityksen nykyinen raskaan polttoöljyn käyttö nesteytetyllä maakaasulla (LNG). Asiakasyritys käyttää tällä hetkellä raskasta polttoöljyä kuivatusprosessissa. Hankkeessa on tarkoitus rakentaa asiakasyrityksen teollisuusalueelle LNG:n vastaanottosäiliö, kaasun käyttöputkisto ja uusia kuivausrummussa oleva poltin turvalaitteineen raskaasta polttoöljystä maakaasulle.

LNG-varastosäiliön ja höyrystysyksikön toimittaa Nordic Gas Solution (NGS). NGS asentaa asiakasyritystä varten teollisuusalueen pihaan 70m3 (n. 30 tn) LNG:n vastaanottosäiliön, höyrystinyksiköt ja ohjauskeskuksen LNG:n höyrystämiseksi kaasumaiseen faasiin. Kaasu syötetään käyttöön alle 4 baarin paineessa käyttöputkistoa pitkin polttimelle. LNG on kryogeeninen kaasu, eikä hajustusaine kestä vastaavia ominaisuuksia. Tämän takia LNG-kaasu hajustetaan höyrystyksen jälkeen erillisellä hajustusyksiköllä THT:llä (Tetra Hydro Tiofeeni) LNG-säiliöalueella ennen maakaasun syöttöä käyttöputkeen.

Laitteistolle ja varastoinnille on haettava lupa Turvallisuus- ja kemikaalivirastolta. Maakaasun rakentamis- ja varastointiluvan mukainen käyttöputkisto sijoittuu asiakasyrityksen tehdasalueelle ja osittain tuotantolaitoksen sisään. Käyttöputkisto alkaa LNG-terminaalin höyrystimen jälkeisestä kiinnityslaipasta LNG-terminaalialueen sisäpuolella. Lisäksi lupahakemus käsittää olemassa olevan raskaspolttoöljykäyttöisen rumpu-uuni polttimen muuttamisen maakaasukäyttöiseksi asentamalla uuniin uusi poltin.

4.2 LNG-laitteisto

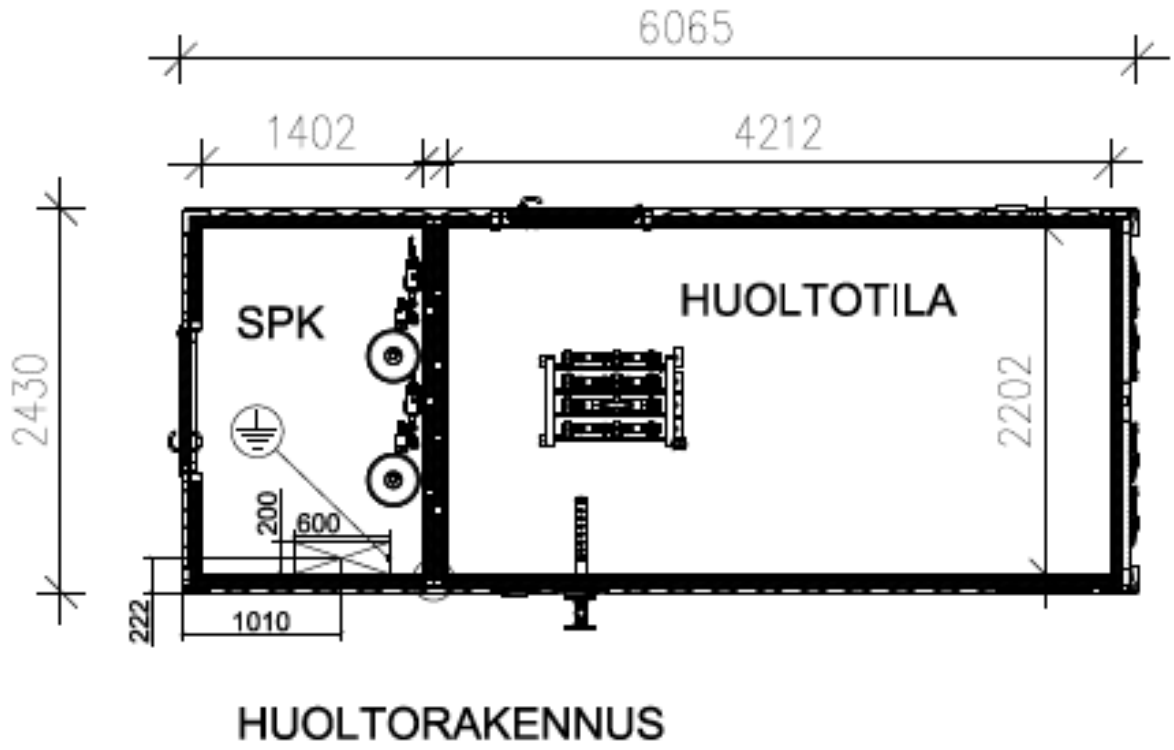
Hanke käsittää liitepiirustuksessa esitetyn uuden 70 m^3:n LNG-varastosäiliön, höyrystysyksiköt ja ohjainkeskukset, sekä maakaasun käyttöputkiston rumpu-uunin muuttamiseksi maakaasukäyttöiseksi. Skangas Oy toimittaa LNG:tä asiakasyritykselle LNG-vastaanottosäiliön kautta asiakasyrityksen prosesseihin tarvitta määrä.

Hankkeen sisältö on pääpiirteissään seuraava:

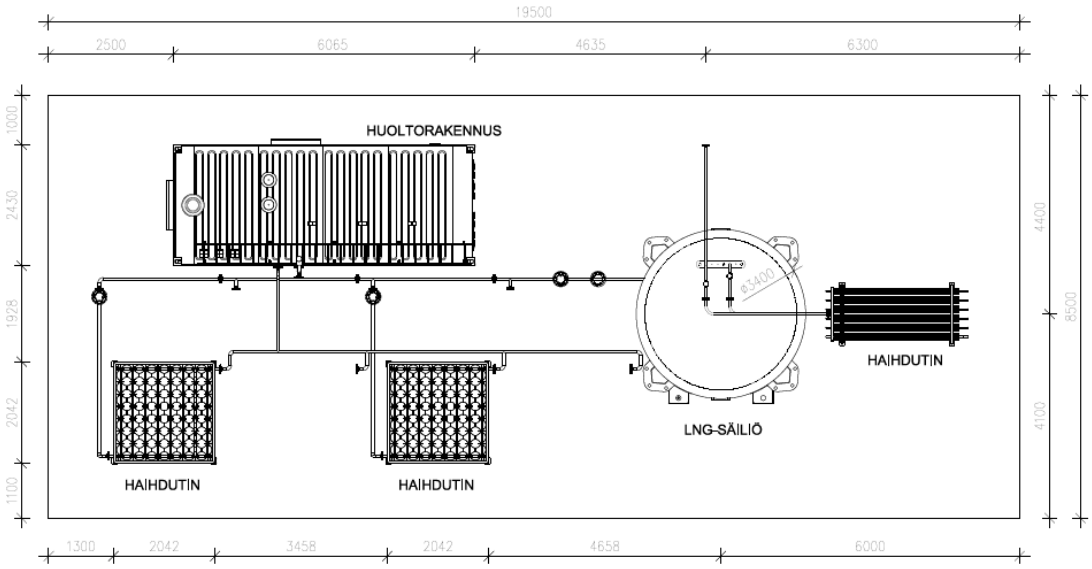
- Skangas valvoo ja toteuttaa 70 m^3:n LNG-varastosäiliön rakentamisen höyrystimineen ja ohjausyksikköineen asiakasyrityksen tehtaan alueelle
- Maakaasun käyttöputkiston rakentaminen
- Raskapolttoöljykäyttöisen rumpu-uunin muuttaminen maakaasukäyttöiseksi. Rumpu-uuniin asennetaan yksi 5,7 MW:n tehoinen kaasupolttin oheis- ja turvalaitteineen ja automaatiojärjestelmineen.
- Tehdasrakennuksen sisäpuolinen kaasuputkisto varustetaan PI-kaaviossa esitetyillä varoventtiileillä ja putkiston tyhjennysventtiileillä, joiden kautta putkisto on mahdollista tyhjentää kaasusta käyttö- ja säätölaitteiden huoltotöitä varten. Varoventtiilien ulospuhallusputket ja tyhjennysputket yhdisteään samaan ulospuhallusputkeen, joka viedään rakennuksen ulkopuolelle turvalliseen paikkaa.
- Käyttöputkiston materiaali maan alla on PEH ja maan päällä 1.4432/4 barg:
- Käyttöputkiston käyttöpaine on max. 4 baaria
- Rakennettavan kaasuputkiston pituus noin 100 m
- Käyttöputkisto alkaa LNG-vastaanottosäiliön varastointialueelta.
- LNG-varastosäiliö ja käyttöputkisto sijaitsee kokonaisuudessaan asiakasyrityksen vartioidulla sekä aidatulla tehdasalueella.

Skangas Oy on aloittanut asiakasyrityksen LNG:n vastaanottoterminaalin rakennustyöt lokakuussa 2018. LNG:n varastointisäiliö, höyrystimet ja ohjausyksiköt on valmisteltu muualla, ja varsinainen loppuasennus tapahtuu paikan päällä. Asiakasyritys vastaa säiliönalueen ja prosessilaitteiden perustuksien (betonilaatta) valusta ja säiliö nostetaan pystyyn valmiille perustuksille, samalla höyrystimet nostetaan paikoilleen. Ohjauskeskus on rakennettu merikonttiin, jossa on kaksi osaa. Toinen osa on kaasutekninen tila ja osien välissä on kaasutiivis seinä, jonka toisella puolella on sähkötekninen tila, jonne sähköjen läpiviennit tuodaan maan alta. Vastaanottoterminaalin putkisto ja venttiilit

asennetaan paikan päällä (kuva 2 ja 3). LNG:n vastaanottosäiliön, höyrystimet ja ohjausyksiköt toimittaa Nordic Gas Solution AB.



Kuva 2. LNG-terminaalin prosessiyksikkö (Svapa Oy – Paavo Pasanen)



Kuva 3. LNG-terminaalialue (Svapa Oy – Paavo Pasanen)

Käyttöputkiston, tehdasrakennuksen sisäpuolinen putkisto mukaan lukien, asentamistyöt on tavoitteena aloittaa marraskuun 2018 aikana (kuva 4 ja kuva 5) ja poltinasennukset tehdään marraskuussa niin, että putkistojen ja poltinasennusten tekninen valmius käyttöönottoa varten saadaan valmiiksi marraskuun loppuun mennessä viikolla 48. Rakennetun putkiston ja asennettujen polttimien käyttöönottotarkastukset on tavoitteena tehdä marraskuussa viikolla 47 ja suorittaa polttimen koekäytöt ja testaukset marraskuussa viikolla 48 vuonna 2018. Varsinainen käyttö alkaisi hyväksyttyjen koeajojen ja tarkastusten jälkeen.

Käyttöputkiston, paineenvähennyslaitteiston ja turvalaitteet toimittavat Gasum Tekniikka Oy. Asennuskokonaisuus tarkastetaan käyttöönottotarkastuksessa kolmannen osapuolen ja Tukesin toimesta ennen LNG:n purkamista varastoon. Käyttöönottotarkastuksessa tarkastetaan säiliön, putkiston ja höyrystimien asennukset. Tammikuussa suoritetaan LNG:n vastaanottosäiliön käyttöönotto. Prosessiin tehdään käyttöönottotarkastus toimittamalla LNG:tä kuorma-autolla LNG-vastaanottosäiliöön. Maakaasu hajustetaan LNG-höyrystysyksikön jälkeen ennen putkistoon syöttämistä.

4.3 Käyttökohteet

Asiakasyrityksen käyttökohde on kuivausrumpu-uunin poltin. Tällä hetkellä käytössä oleva raskaspolttoöljykäyttöinen rumpu-uuni on rakennettu vuonna 1982 ja kattilassa on yksi 6,1 MW:n tehoinen öljypoltin. Rumpu-uuniin asennetaan uusi Weishaupt-merkkinen 5,7 MW:n poltin, joka käyttää maakaasua polttoaineena (kuva 5).

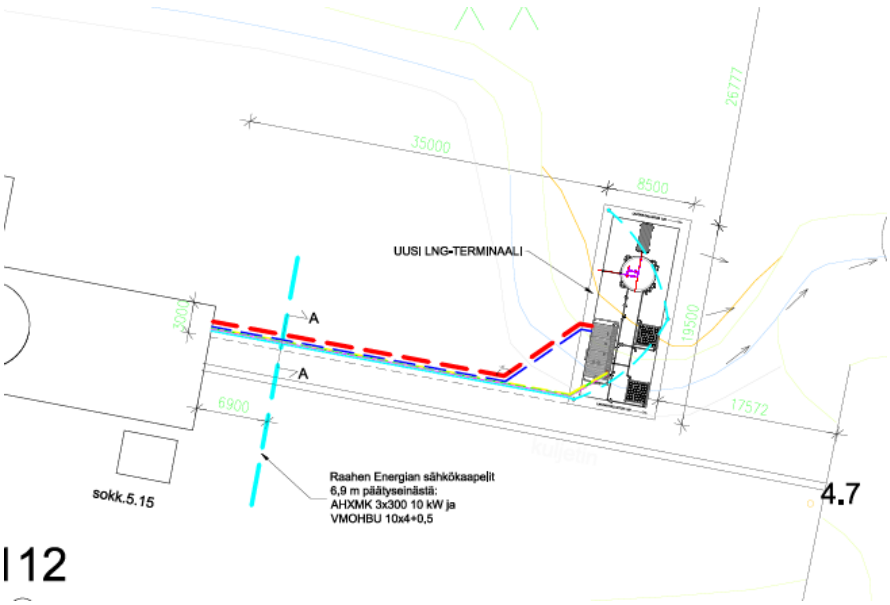
Kaasupolttimille tulevat kaasuputkistot varustettaan vaatimusten mukaisilla sulku-, paineensäätö- ja turvaventtiileillä sekä liekinvalvontajärjestelmällä ja poltinautomatiikalla, jotka sisältyvät poltintoimitukseen.

Muutostyön yhteydessä tehdään tarvittavat tarkastukset ja muutokset kattilahuoneen palamisilman määrän varmistamiseksi sekä kattilahuoneen ilmanvaihdon (tuuletuksen) varmistamiseksi myös huonetilan yläosassa.

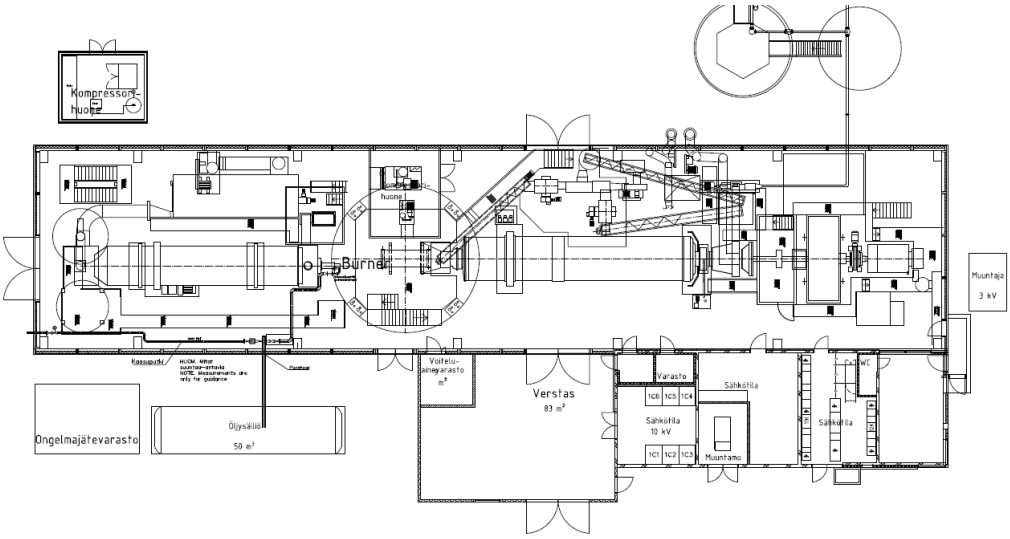
Tehdasrakennuksen sisäpuoliset tilat varustetaan kaasuhälytysjärjestelmällä, jonka hälytystiedot viedään asiakasyrityksen miehitettyyn valvomoon.

4.4 Sijoitukset

Maakaasun käyttöputken sijoitus on esitetty alla olevassa sijoituspiirustuksessa (kuva 4.

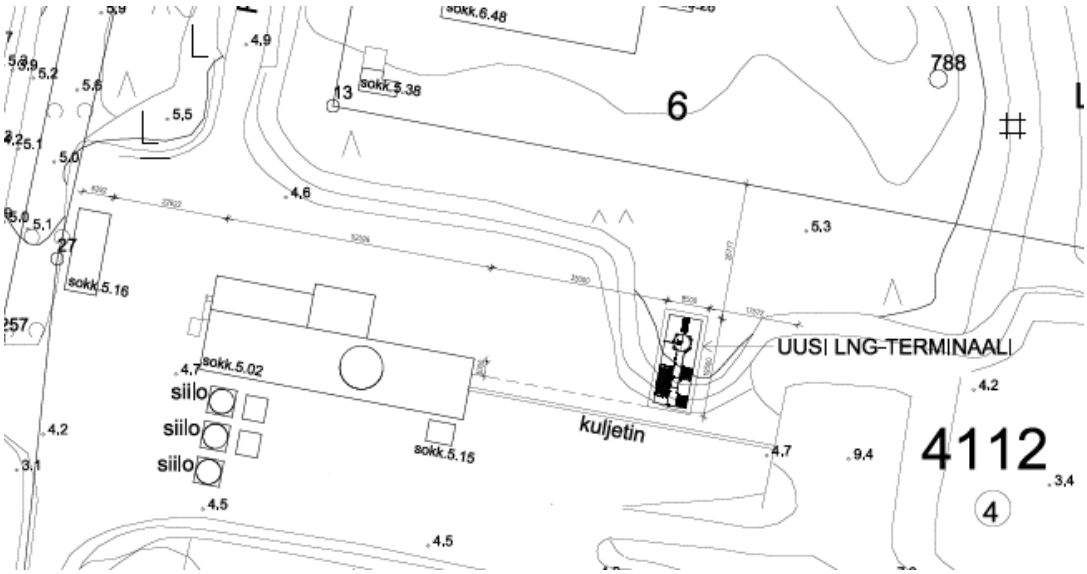


Kuva 4. Sijoituspiirustus 1 (Svapa Oy – Paavo Pasanen)



Kuva 5. Sijoituspiirustus 2 (YIT – Kenneth Koskinen).

LNG terminaalin sijoitus on esitetty alla olevassa asemakaavapiirustuksessa 3 (Kuva 6.).



Kuva 6. Sijoituspiirustus 3 (Svapa Oy – Paavo Pasanen)

LNG-varasto sijoitetaan Tukes:n alle 50 tonnin LNG-asiakassäiliöitä koskevan ohjeen mukaisesti yli 25 metrin päähän tehdasrakennuksesta (kuva 6).

4.5 Käyttöputken rakenne ja materiaalit

Alla on lueteltu käyttöputken rakenne ja materiaalit.

- Käyttöputken rakenne ja putkiston seinämäpaksuudet sekä varusteet standardin SFS-EN 15001-1 mukaan. Käyttöputken materiaali on 1.4432 maan päällä ja maan alla PEH.
- Käyttöputken suunnittelupaine on max 4 barg. Rakennettavan putkiston pituus on noin 100 m.
- Käyttöputkiston materiaaleissa on huomioitu valtioneuvoston asetus 551/2009 niin, että teräsputkien ja teräsputken osien suunnittelupaine on vähintään 10 baaria.
- Putkiston koeponnistuspaine on 1,40 x maksimi käyttöpaine eli vähintään 5,6 baaria. (Koeponnistuspaine > MIP)
- Putkistolle tehdään ennen käyttöönottoa tiiveyskoe paineilmalla tai typellä 4,4 barg paineella ennen käyttöönottoa.
- Putkistojen maanpäällisten osien suunnittelulämpötila -40 ^{o}C.

Teräsputkien koot, materiaalit, seinämänvahvuudet ovat alustavasti seuraavan taulukon (taulukko 2) mukaiset.

Taulukko 2. Teräsputkien alustavat koot, materiaalit ja seinämänvahvuudet

Putkiluokka	Nimellismitta	Standardi	Mitat
E63H2A	DN 125	EN 10217-7	139,7 x 4.0
E63H2A	DN 25	EN 10217-7	33,7 x 3,2
E63H2A	DN 20	EN 10217-7	26,9 x 2,6
E63H2A	DN 80	EN 10217-7	88,9 x 3,2

Putkien seinämäpaksuudet rakennetaan standardin SFS-EN 102017-7 mukaisesti.

Rumpu-uunin käyttöputkisto ja käyttölaitteet varustetaan tarvittavilla turva- ja varolaiteilla sekä putkistoon rakennetaan tyhjennys- ja ulospuhallusputket käyttö ja huoltotoimintaa varten.

4.6 LNG-varastointilaitteiston rakenne ja materiaalit

LNG-asema koostuu seuraavista pääkomponenteista:

- LNG- säiliö
- Höyrystimet
- Prosessikontti

LNG-säiliö on tuplavaippainen säiliö. Tuplavaippainen säiliö tarkoittaa, että säiliössä on kaksi kerrosta (säiliö säiliön sisällä), joiden välissä on eristekerros. LNG-säiliön osat ovat valmistettu ruostumattomasta teräksestä, minkä kylmäominaisuudet kestävät kylmän nesteen varastoinnin.

Höyrystimet ovat ilmahöyrystimiä ja ne ovat valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Ruostumaton teräs on materiaalina hyvä kylmäominaisuuksien vuoksi ja kestää kontaktin kymien nesteiden kanssa.

Prosessilaitteisto on sijoitettu merikonttiin, joka on puolitettu kaasutiiviillä seinällä. Kaasutiivis seinä ehkäisee mahdollisen kaasuvuodon siirtymisen sähkötiloihin.

4.7 Hitsaukset ja liitokset

Käyttöputkiston liitokset tehdään hitsaamalla. Hitsaukset ja liitokset tehdään ja tarkastetaan valtioneuvoston asetuksen 551/2009 mukaisesti. Lisäksi huomioidaan standardien toiminnalliset suositukset. Hitsausliitoksille tehdään tarkastukset SFS-EN 15001-1 vaatimusten mukaisesti ja NDT-tarkastus vähintään 10 %:n laajuudessa.

Rakennettu putkisto testataan koeponnistuksella ennen käyttöönottoa joko paineilmalla tai typellä ja lisäksi tehdään tiiviyskoe.

4.8 Merkinnät

Maakaasuputkiston merkinnässä noudatetaan valtioneuvoston asetusta 551/2009 niin, että käyttöputkiston maanalaiset osat merkitään valkoisilla paaluilla ja maanpäälliset osat merkitään maalaamalla ne keltaisiksi ja pääsulkuventtiili sekä käyttölaitteet merkitään kilvillä.

5 Työmaavalvonta ja laadunvarmistus

Putkistoja asentavilla asennusliikkeillä tulee olla valtioneuvoston asetuksen 551/2009 mukaiset edellytykset työn suorittamiselle. Putki rakennetaan suunnitelmien mukaisesti. Putken rakentamiselle ja lopputuotteen laadulle asetetut vaatimukset on kuvattu valtioneuvoston asetuksessa 551/2009. Rakentamis- ja asennustyön edistymistä ja laadun seurantaa varten asetetaan rakennuttajan työmaaorganisaatio. Kiwa Oy tekee kolmannen osapuolen tarkistukset kaikille asennuksille.

5.1 Ympäristövaikutukset

Hankkeen rakentamisvaihe ei aiheuta erityisiä pysyviä ympäristöhaittoja. Siirtyminen maakaasun käyttöön pienentää merkittävästi käytön aikaisia päästöjä (CO2-, NOx- ja SO2-päästöt sekä partikkelipäästöt).

5.2 Putken sijoitus ja suunnittelu

Putken sijoitus on suunniteltu asiakasyrityksen ohjeiden mukaisesti. Putkireitille on pyritty hakemaan paras mahdollinen sijainti huomioiden asentamisen tarvitsemat tilat ja käyttökohteet sekä käyttölaitteiden ja putkiston huollon tarvitsemat tilat. Lisäksi on huomioitu kattilalaitoksessa olevien sähkökeskusten ja -laitteiden sijainti. Suunnittelussa on noudatettu valtioneuvoston asetusta 551/2009

6 Käyttöputkiston ja LNG-terminaalin rakentamisessa noudatettavat asetukset ja standardit

Käyttöputkiston ja LNG-terminaalin rakentamisessa noudatetaan seuraavia lakeja, asetuksia ja stadardeja:

- LNG:n varastointiin ja käsittelyyn liittyvä lainsäädäntö (Kemikaalilaki 599/2013)
- Putkistot rakennetaan valtioneuvoston asetuksen 551/2009 (Valtioneuvoston asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta)
- SFS-EN 15001-1 -standardi (Kaasun käyttöputkistot teollisuudessa, käyttöpaineen olleessa yli 0,5 bar sekä teollisuudessa ja muualla käyttöpaineen ollessa yli 5 bar) mukaan.
- Asetus vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista (59/1999)

- Ympäristönsuojeluasetus (169/2000)
- LNG-laitteisto ja putkisto sijoitetaan kaavoitetulle alueelle ja siellä rakennusluvan saaminen noudattaa maankäyttö- ja rakennuslakia (132/1999)
- Pelastuslaki (468/2003) säätää pelastusviranomaisten tehtävistä ja toiminnanharjoittajan velvollisuuksista onnettomuuksien ehkäisemiseksi
- Painelaitelaki (869/1999) säätää paineenalaisten laitteiden teknisistä vaatimuksista.

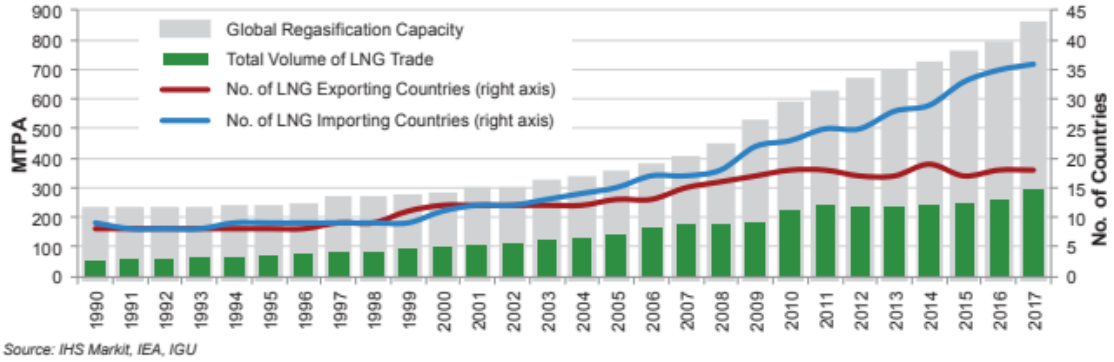
7 LNG ja sen päästöt

7.1 LNG

LNG on lyhenne ja tulee sanoista liquifed natural gas. Suomeksi se tarkoittaa nesteytettyä maakaasua. LNG koostuu pääosin metaanista, mutta se sisältää jonkin verran myös raskaampia hiilivetyjä esim. etaania, propaania, butaania ja typpeä pieninä pitoisuuksina. Yleisesti LNG:n metaanipitoisuus on n. 90-95 mol% ja loppu jäljelle jäävä osuus koostuu raskaammista hiilivedyistä ja muista yhdisteistä. LNG on rikitön, hajuton eikä se ole myrkyllinen polttoaine. Metaani suljetuissa tiloissa syrjäyttää hapen, joten kaasulla on tukehtumisvaara. Metaanin kiehumispiste on –163 °C, nesteytys tapahtuu jäädyttämällä kaasu alle kiehumispisteen. Kaasumaisen metaanin tiheys vastaa maakaasun tiheyttä ollen noin 0,72 kg/m³, ja nestemäisenä tiheys vaihtelee lämpötilan funktiona 421-450 kg/m³. Nesteytettynä kaasu tiivistyy 1/600 osaan siitä, mitä se on normaaleissa NPT-olosuhteissa. Tämä mahdollistaa kaasun kannattavan kuljettamisen kaasuverkkoalueen ulkopuolelle laivoilla ja rekoilla. Nesteytetyssä muodossa LNG on kylmää, eikä sitä jäähdytetä uudestaan nesteytysprosessin jälkeen. Kaasu on nestemäisenä hajustamatonta ja se hajustetaan vasta höyrystyksen jälkeen. LNG on väritön, hajuton, mauton sekä myrkytön neste. Se ei sisällä raskasmetalleja tai rikkiä, eikä sen käytöstä synny haitallisia pienhiukkaspäästöjä. LNG ei aiheuta korroosiota eikä ole syövyttävä molekyyli. LNG:n hiilidioksidipäästöt ovat pienemmät nestekaasuun ja muihin yleisimpiin öljytuotteisiin verrattuna. (Skangas Oy 2018.)

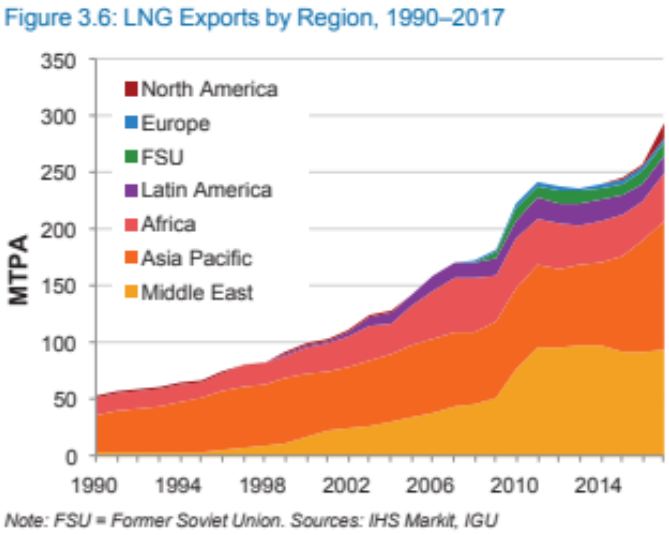
7.2 LNG:n saatavuus

LNG:tä on ollut saatavilla 1970-luvulta asti. LNG-markkina on rakentunut alueilta, missä on merkittävät maakaasuvarannot (kuva 8). Kaasu on pitänyt nesteyttää ja kuljettaa laivoilla uusille markkina-alueille. Kaasua on toimitettu alueille, missä ei ole omaa tuotantoa tai niukkuutta kaasun saatavuudesta. (International Gas Union IGU 2018.)



Kuva 7. Globaalin LNG-markkinan kehitys. (IGU, World LNG report))

Kaasun tuottajamaat ovat tuottaneet LNG:tä vientiin tasaisella kasvulla 1990-luvulta asti, ja LNG-markkina kasvaa merkittävästi vuosittain (kuva 7). Kaasun kysyntä puhtaana polttoaineena kasvaa ja tulevaisuudessa suuria käyttökohteita ovat myös suoraan verkostoalueen ulkopuolella oleva teollisuus, meriliikenne ja raskasliikenne.

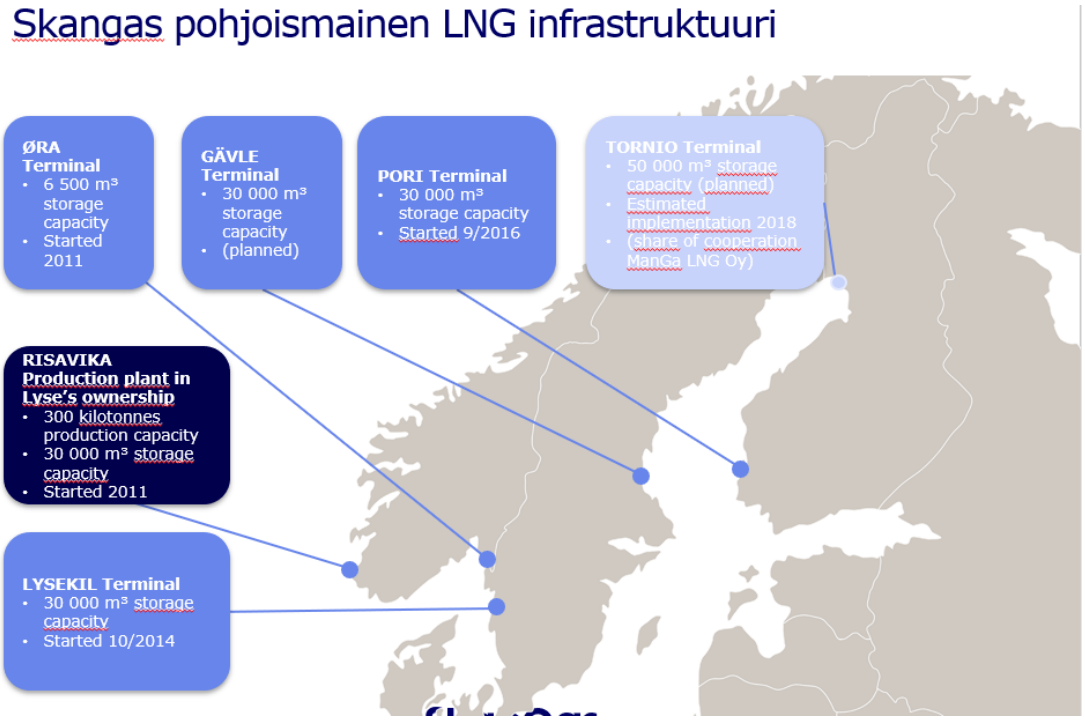


Kuva 8. LNG:n tuottajamaat. (International Gas Union IGU)

LNG on hyvin saatavilla koko pohjoismaissa. Skangas on johtava LNG alan toimija pohjoismaissa ja operoi LNG:n koko jakeluketjussa hankinnassa, laivauksessa, varastoinnissa ja jakelussa.

Skangas omistaa yhden LNG:n nesteytyslaitoksen Norjan Risavikassa (Stavanger) ja viisi jakeluterminaalia ympäri pohjoismaita. Skangas pystyy palvelemaan asiakkaitaan kaikkialla pohjoismaissa rekkatoimituksilla, sekä alukset voivat tulla bunkraamaan LNG:tä suoraan terminaalista (kuva 9).

Skangas on osakkaana 25 %:n osuudella Tornioon rakennettavassa Manga LNG-terminaalissa. Terminaalin käyttöönotto on tarkoitus saada päätökseen vuoden 2018 aikana, ja kaupalliset toimitukset tulevat tämän insinöörityön asiakasyritykselle pääosin Torniosta.



Kuva 9. Skangasin pohjoismainen LNG-infrastruktuuri. (Skangas Oy)

7.3 LNG-laitteisto

LNG tarvitsee käyttökohteessa kryogeenisen tuplavaippaisen varastointisäiliön. Säiliöt ovat eristettyjä, että lämpötilahävikki olisi mahdollisimman pientä. Laitteisto suunnitellaan niin, että varastosäiliöön voidaan varastoida noin viikon kulutusta vastaava energiamäärä. Säiliöitä on kohteen sijainnista riippuen sekä vaaka- että pystymalleja (kuva 10).

Kuva 10. LNG:n vastaanottosäiliöitä. (Skangas Oy)

LNG on varastosäiliössä nestemäisenä. Kaasu höyrystetään aina kaasumaiseen faasiin ennen käyttöä. Höyrystyksessä käytetään joko ilmahöyrystimiä, jotka ovat käytännössä ilmalämmönvaihtimia tai suuremmissa teholuokissa glykolivesikiertoista lämmönvaihdinta.

Kaasuvarasto tarvitsee käytössä jonkin jatkuvan kulutuskohteen, koska varastoitava neste on erittäin kylmää. Säiliön lämpöhäviön takia kaasu höyrystyy jatkuvasti myös säiliön sisällä, nostaen näin säiliön painetta, mikäli käyttöä ei ole.

7.4 Säiliön riskientarkastelu

Asiakasyritys valmistaa kuonajauhetta betoni- ja kaivosteollisuuden tarpeisiin. Prosessi on kuivatusprosessi. Kuivatusprosessi tapahtuu pyörivässä nosto levyin varustetussa kuivatusrummussa, jonka toisessa päässä on vaaka-asennossa oleva poltin. Prosessissa syntyneet savukaasut johdetaan suodattimen kautta ulos ja kuivattu masuunikuona siirretään välivarastoon.

Kuivatusprosessi on vastavirtaprosessi. Kuivaukseen käytetään maakaasua. Kaasu otetaan nestemäisen maakaasun (LNG) varastosäiliöstä höyrystimen kautta. Varastosäiliö

on pystysuoraan asennettu eristetty painesäiliö, kooltaan 70 m3. Maakaasu tuodaan varastosäiliöön säiliöautokuljetuksena. LNG-säiliö höyrystimineen sijaitsee teollisuusalueen reunassa yli 25 metrin etäisyydellä lähimmästä teollisuusrakennuksesta ja n. 65 metrin etäisyydellä lähimmästä julkisesta tieosuudesta. Asuinalueita ei laitoksen lähellä tällä hetkellä ole.

LNG-säiliövaraston mahdollisten tulipalojen seurauksien selvittämiseksi tarvitaan lämpösäteilyn mallinnus ja lämpösäteilylaskelmat eri poikkeamatilanteissa. Säiliöräjähdyksen aiheuttamia vahinkovaikutuksia, kuten painevaikutuksia, ei ole tarve arvioida kvantitatiivisesti. Lisäksi arvioidaan aiemmin laaditun seurausanalyysin esiin tuomia vuototilanteita, joissa vuotava LNG muodostaa lammikon ja höyrynä joko leviää ympäristöön tai syttyy. Lisäksi tarkastellaan tilanne, jossa kaasu purkautuu suihkuna ja syttyy.

8 Polttoaineiden päästöt

Polttoaineiden koostumuksissa on eroja. Polttoainevalinnalla on merkittävä vaikutus päästöjen muodostumiseen. Hiilidioksidin osalta maakaasu tai LNG on merkittävästi pienempi kuin vaihtoehtoisissa (taulukko 3).

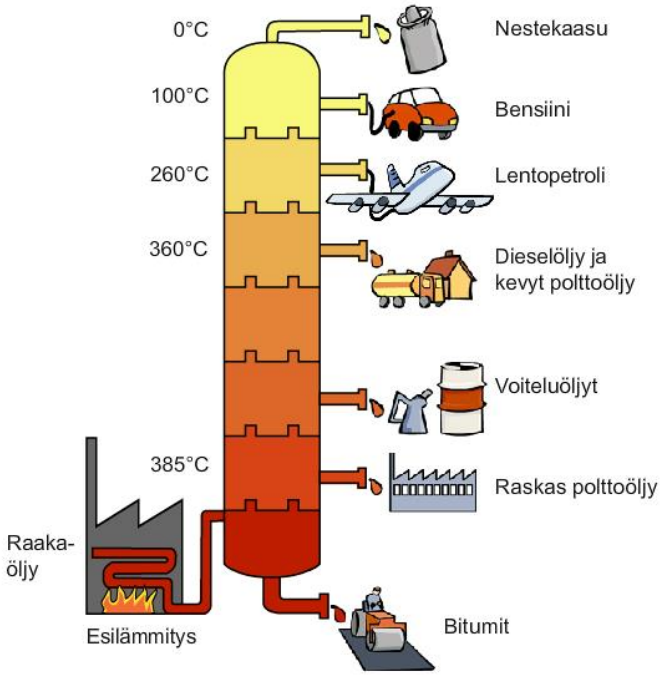
Taulukko 3. CO_2:n laskentaohje (Motiva 2018)

(Lähde Motiva CO_2 laskentaohje)		
Polttoaine	Hiilidioksidipäästö (CO_2)	Päästö erot
Raskaspolttoöljy	284 kgCO_2/MWh	30 %
Kevyt polttoöljy	261 kgCO_2/MWh	22 %
Maakaasu	198 kgCO_2/MWh	0 %
Nestekaasu	234 kgCO_2/MWh	13 %

Vaihtamalla polttoaine kohteessa päästään -30 %:n CO_2-päästövähenemään. Tämän lisäksi LNG:stä ei synny pienhiukkaspäästöjä ja polttaminen tuottaa merkittävästi vähemmän myös typenoksidipäästöjä.

8.1 Öljytuotteet

Öljytuotteet ovat pitkään vielä energialähteenä energiantuotannossa ja liikenteessä. Niiden pääasiallinen lähde on fossiilinen raakaöljy, joka on syntynyt miljoonien vuosien saatossa maankuoressa. Energiantuotannossa käytetyistä öljytuotteista yleisimpiä ovat polttoöljyt ja uusimpien lakimuutosten takia nestekaasu.



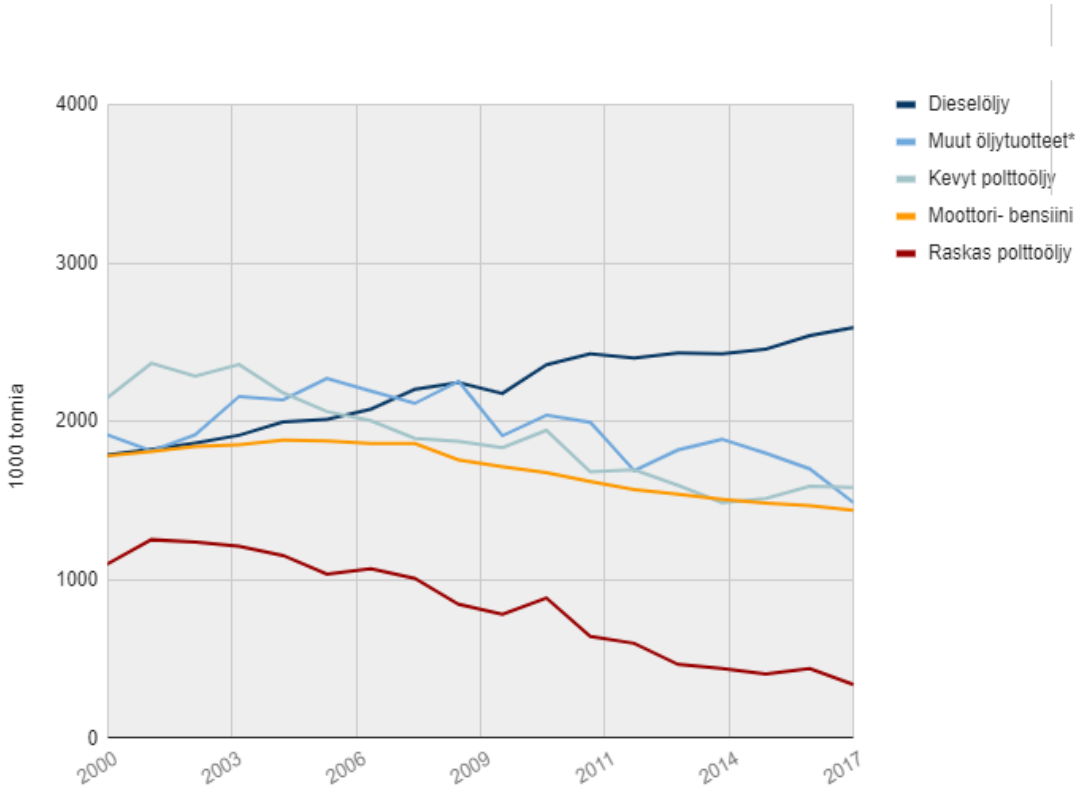
Kuva 11. Tislauskolonni. (Öljyalan keskusliitto)

8.2 Rikitön kevyt polttoöljy

Rikitön kevyt polttoöljy on öljynjalostuksen keskitisle (kuva 11). Kevyt polttoöljy vastaa laatumääritelmiltään dieseliä, mutta on värjätty punaiseksi alemman verokannan takia. Tämän luokan tuotetta käytetään öljylämmitteisissä kiinteistöissä, traktorien polttoaineina tai teollisuuden eri prosesseissa. Johtuen tuotteen korkeasta jalostusasteesta, sen markkina-arvo on verrattain korkea esimerkiksi energiantuotantoon. Tuote täyttää dieselille asetetun EN-590-polttoainestandardin ja näin ollen vastaa käytännössä dieseliä.

8.3 Vähärikkinen raskaspolttoöljy

Raskaspolttoöljy on öljynjalostuksen tuote (kuva11), joka sisältää noin 1 % rikkiä ja muita raskasmetalleja. Raskaan polttoöljyn käyttöön teollisessa toiminnassa on viime vuosina asetettu merkittäviä rajoitteita päästöjen ja varastoinnin osalta. Tästä syystä raskaan polttoöljyn käyttö teollisuudessa on laskenut merkittävästi ja se poistuu markkinoilta kevyempien ja puhtaampien jakeiden vuoksi (kuva 12).



Kuva 12. Suomen öljytuotteiden myynti. (Öljyalan keskusliitto)

8.4 Nestekaasu

Nestekaasu on raakaöljyn jalostuksessa tai maakaasun tuotannossa yleisesti syntyvä tuote (kuva 11). Nestekaasu (LPG – Liquefied Petroleum Gas) koostuu pääosin propaanista ja butaanista. Nestekaasu pysyy nesteenä paineen vaikutuksen alaisena, kun varastoitava säiliö tai astia on yli 10 baarin paineessa. Globaalista nestekaasun tuotannosta noin 60 % tulee maakaasutuotannon sivutuotteena ja loput 40 % öljynjalostuksen sivutuotteena.

9 Polttoaineiden kustannusvertailu

9.1 Valmisteverot

Suomessa polttoaineiden valmisteveroja kerää Verohallinto (taulukko 4). Vuoteen 2017 asti polttoaineiden valmisteverojen keräämisestä vastasi Tullihallinto. Verot koostuvat tuotteiden energiasisällöstä, hiilidioksidipäästöstä ja huoltovarmuusmaksusta. Nestekaasu on ollut veroton polttoaine aina vuoteen 2017 asti. Nestekaasu on luokiteltu ainoastaan prosessipolttoaineeksi ja sen vuoksi sillä ei ole ollut muiden fossiilisten polttoaineiden mukaista veroa. Tämä on ollut veropoikkeama, joka on korjattu vuodesta 2017 alkaen ja nestekaasu kantaa muiden fossiilisten polttoaineiden tapaan energiaverot ja hiilidioksidiverot. (Verohallinto 2018.)

Taulukko 4. Polttoaineiden verotasot (Verohallinto 2018)

Vuosi	Tuote	EUR/yk-sikkö	EUR/MWh	Kasvu prosentti
2015	Kevyt polttoöljy rikitön snt/L	18,74	18,74	
	Raskas polttoöljy snt/kg	22,12	19,37	
	Maakaasu, euroa/MWh	15,44	15,44	
	Nestekaasu snt/kg	0,00	0,00	
2016	Kevyt polttoöljy rikitön snt/1	21,40	21,40	12 %
	Raskas polttoöljy snt/kg	25,36	22,21	13 %
	Maakaasu, euroa/MWh	17,42	17,42	11 %
	Nestekaasu snt/kg	0,00	0,00	
2017	Kevyt polttoöljy rikitön snt/l	22,87	22,87	6 %
	Raskas polttoöljy snt/kg	27,11	23,74	6 %
	Maakaasu, euroa/MWh	18,61	18,61	6 %
	Nestekaasu snt/kg	26,65	20,66	100 %
2018	Kevyt polttoöljy rikitön snt/l	24,39	24,39	6 %
	Raskas polttoöljy snt/kg	28,92	25,32	6 %
	Maakaasu, euroa/MWh	19,86	19,86	6 %
	Nestekaasu snt/kg	28,43	22,04	6 %

9.2 Energiaintensiivisen teollisuuden veronpalautus

Teollisuudessa toimivat yritykset voivat hakea energiaveroista palautusta, mikäli teollinen toiminta on energiaintensiivistä.

Verohallinnon syventävässä ohjeessa on tarkkaan määritelty veronpalautuksen reunaehdot:

- Veronpalautuksen edellytyksenä on, että yrityksen tilikautena itse maksamat sekä sen hankkimien tuotteiden hintaan sisältyneet valmisteverot ovat enemmän kuin 0,5 prosenttia yrityksen jalostusarvosta.

- Jalostusarvolla tarkoitetaan yrityksen tilikaudelta vahvistetun tilinpäätöksen mukaista liikevoiton (-tappion), poistojen ja arvon alentumisten sekä henkilöstökulujen yhteismäärää.

- Kun yrityksen tilikautensa aikana teollisuudessa käyttämästä sähköstä, kivihiilestä, maakaasusta, polttoturpeesta ja mäntyöljystä sekä teollisuudessa muuna kuin moottoripolttoaineena käyttämästä nestekaasusta, kevyestä ja raskaasta polttoöljystä ja biopolttoöljystä maksamat sekä tilikautensa aikana hankkimien näiden tuotteiden hankintahintaan sisältyneet valmisteverot ovat enemmän kuin 0,5 prosenttia yrityksen jalostusarvosta, yrityksellä on oikeus ylimenevältä osalta hakea takaisin 85 prosenttia tuotteista maksettujen tai niiden hankintahintaan sisältyneiden valmisteverojen määrästä. Näin lasketusta veronpalautuksesta maksetaan vain 50 000 euroa ylittävä osuus.

- Laskiessaan maksamiensa valmisteverojen määrää yritys voi ottaa huomioon hankkimaansa kaukolämpöön ja prosessihöyryyn sisältyneet valmisteverot.

(Verohallinto 2018.)

Kustannuksen vaikutus on yksilöllinen, mutta jos jalostusarvoa vastaavat ehdot täyttyvät, voi yritys hakea käytettyjen polttoaineiden valmisteveroista palautuksia aina 85 %:iin asti 50 000 euron omavastuulla. Tämä pienentää huomattavasti maksettavaa verokuormaa eri polttoaineille ja mahdollistaa investointeja eri polttoaineiden osalta. Valmisteveronpalautus koskee ainoastaan verojen osuutta, eikä palautusta voi saada kunkin polttoaineen huoltovarmuusmaksusta. (Verohallinto 2018.)

9.3 Verottomat käyttökohteet

Polttoaineilla on teollisessa käytössä myös verottomia käyttötarkoituksia. Tällaisia voivat olla esimerkiksi polttoaineen käyttö raaka- tai apuaineena tai välittömästi ensikäytössä tavaran valmistamisessa. (Verohallinto 2018.)

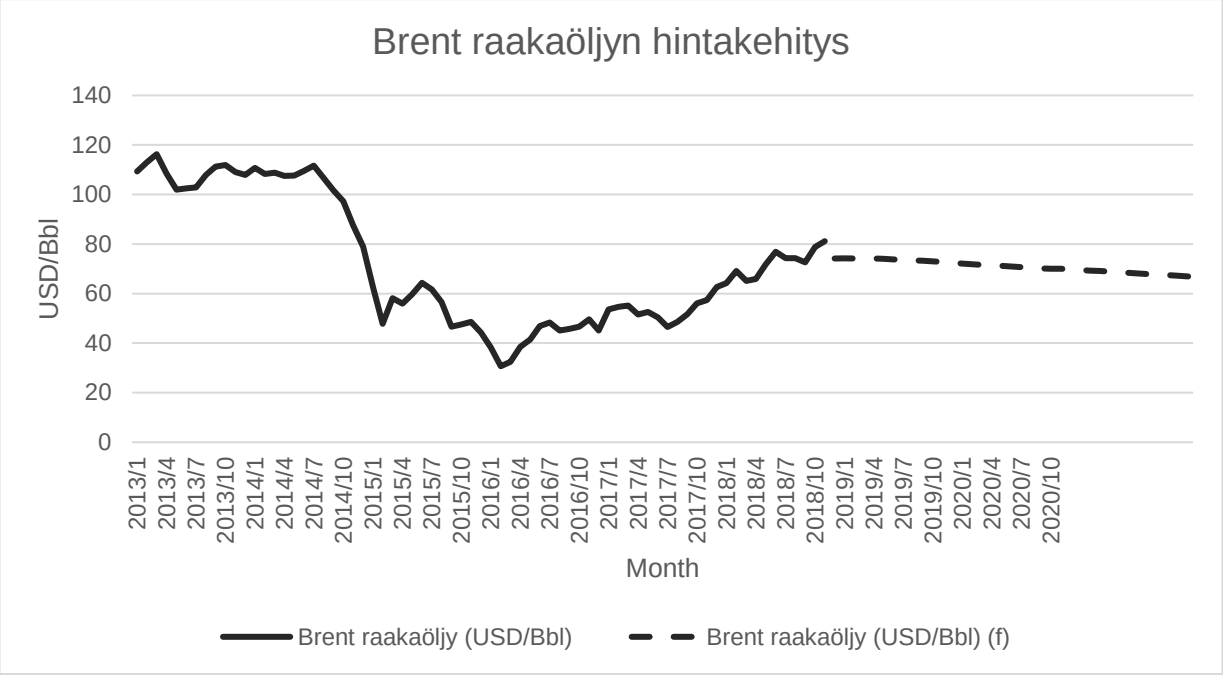
Polttoaineen käyttö raaka-aineena tarkoittaa, että kun polttoaine sisältyy sellaisenaan lopulliseen tuotteeseen tai joltakin sen ainesosia tarvitaan tuotteeseen. Esimerkkinä raaka-ainekäytöstä on esimerkiksi maakaasun käyttö höyryreformissa vedyntuotannon raaka-aineena. Tässä lopputuote on vety ja siihen käytettävä maakaasu on verotonta. (Verohallinto 2018.)

Välitön ensikäyttö tarkoittaa, että polttoaineen liekki tai savukaasut koskettavat valmistettavaa tuotetta jossain vaiheessa tuotteen valmistusta. Käytännössä siis liekin tai savukaasujen koskiessa tuotteen raaka-ainetta tai puolivalmistetta valmistusprosessin aikana on kyse välittömästä ensikäytöstä. Mikäli on kyse polttoaineen käyttämisestä väliaineen kuumentamiseen tai muutoin välillisesti, niin tätä ei katsota ensikäytöksi. Mikäli polttoaineella lämmitetään jotain väliainetta (vesi tai öljy), joka on kosketuksissa suoraan tuotteen kanssa, ei tätä katsota ensikäytöksi. (Verohallinto 2018.)

Todettakoon, että tässä työssä oleva asiakasyrityksen prosessi täyttää verottoman käyttökohteen määritelmän, sillä polttimen liekki palaa kuivausuunissa, joka on suoraan kosketuksissa lopputuotteen kanssa. Näin ollen asiakasyrityksen käyttö on verotonta ensikäytön määritelmällä.

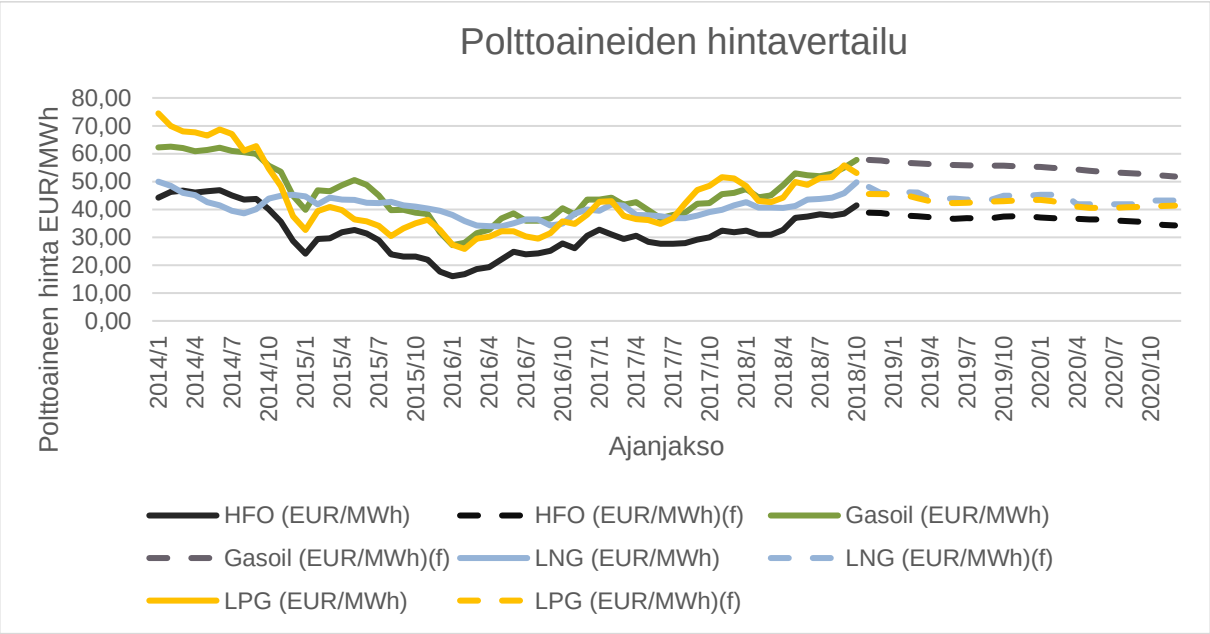
9.4 Polttoaineiden kustannuskehitys tulevaisuudessa

Polttoaineiden hintavertailusta (kuva 14) voidaan huomata, että kaikkien öljypohjaistentuotteiden (nestekaasu, raskas polttoöljy ja kevyt polttoöljy) hinta on ollut merkittävästi korkeammalla kuin nykyhetkellä ennen vuoden 2014 loppua, jolloin Brent-raakaöljyn maailmanmarkkinahinnat romahtivat vain muutamassa kuukaudessa yli 50 % (~110 $/Bbl -> 45$/Bbl) (kuva 13). Öljyn hinnan romahtaminen vähensi korvaavien investointien määrää merkittävästi välillä 2014-2017. Öljyn hinta on alkanut nousta nyt alimmasta ~30 $:n/Bbl noteerauksesta. Tämä vaikuttaa kaikkiin öljyjalostuksen tuotteiden hintakehitykseen. Brent-raakaöljyllä ja öljynjalostuksen lopputuotteilla on lähes 90 %:n korrelaatio.



Kuva 13. Brent raakaöljyn hintakehitys. (Skangas Oy)

Nykyhetkellä polttoaineiden hintasuhteet ovat tasaantuneet ja yrityksille merkitsee enemmän se, minkä laatuista polttoainetta käytetään (kuva 14).



Kuva 14. Polttoaineiden hintavertailu. (Skangas Oy)

10 Johtopäätökset

Asiakasyrityksen oli lainsäädännön muutoksen vuoksi pakko tehdä toimenpiteitä vanhan laitoksen ilmanpäästöille. Vanha systeemi ei läpäissyt uusia päästörajoja, ja näin ollen polttoaine tuli vaihtaa tai vastata kiristyneisiin päästörajoihin toisella tavalla. Raskaalla polttoöljyllä jatkaminen ei olisi ollut kokonaistaloudellisesti kannattavaa, sillä savukaasujen puhdistuslaitteisto tämän kohteen käyttöön olisi ollut liian iso investointi. Savukaasupesurit asennetaan yleensä suuriin polttolaitoksiin, missä ilmanpäästöjä tulee puhdistaa jo muiltakin osin kuin vain rikkidioksidin osalta. Asiakasyritykselle jäi kolme vaihtoehtoa: siirtyä kevyeen polttoöljyyn, nestekaasuun tai nesteytettyyn maakaasuun.

Investointimielessä kevyeen polttoöljyyn siirtyminen olisi ollut halvin tapa alittaa uudet päästörajat, mutta kevyen polttoöljyn hinta ei olisi tehnyt vaihtoehdosta kokonaistaloudellisesti edullista. Kevyt polttoöljy on markkinoilla kallis vaihtoehto prosessipolttoaineeksi ja olisi myös aiheuttanut prosessin loppupäässä suodattimien lisääntyvää huoltorytmiä. Tämän lisäksi kevyessä polttoöljyssä on pienhiukkaspäästöjä, mikä on tämän kyseisen teollisuudenalan BAT-säädöksessä seurattava kriteeri.

Kaasumaisen polttoaineen eduiksi tässä prosessissa havaittiin kaasupolttimen säätöalue, joka on erittäin hyvä. Kaasupolttimessa on käytännössä rajaton säätöalue koko tehoalueella, ja tämä vähentää energiankulutusta kokonaisuudessaan. Sillä voidaan polttaa mahdollisimman tarkasti prosessin tarvitsema energiamäärä.

Muutoksen kokonaistaloudellisuutta arvioidessaan asiakasyritys on painottanut konversioinvestoinnin kokonaiskustannusta, polttoaineen hintakehitystä ja polttoaineen soveltuvuutta prosessiin. Tästä syystä vertailu tehtiin pääsääntöisesti nestekaasun ja nesteytetyn maakaasun välillä.

Asiakasyritys valikoi nesteytetyn maakaasun polttoaineeksi, koska se näyttäisi olevan pitkällä aikavälillä kilpailukykyisempi ja vakaampi vaihtoehto polttoaineeksi prosessissa. Vaikkakaan tässä insinöörityössä käsitelty laitos ei ole päästökaupan piirissä ja näin ollen hiilidioksidipäästöille ei voida laskea rahallista arvoa, on tällä merkittävä vaikutus yrityksen yhteiskuntavastuussa. Yritykset yrittävät jatkuvasti pienentää hiilijalanjälkeään läpi koko tuotantoketjun, ja nesteytetyn maakaasun pienin hiilidioksidipäästö vaikutti selkeästi parhaalta vaihtoehdolta. Tulevaisuudessa laitteistoon ei tarvitse tehdä mitään lisäinvestointeja siirryttäessä nesteytettyyn biokaasuun, jonka hiilidioksidipäästöt ovat 0.

Lähteet

1. Aluehallintovirasto 2018. Luvat ja ilmoitukset. Saatavissa: https://www.avi.fi/web/avi/luvat-ja-ilmoitukset

2. Asetus vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista 59/1999. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19990059

3. Aho, J., Hietamäki, E., Hyytiä, H. & Jalovaara, J. 2003. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) 5-50 MW polttolaitoksissa Suomessa. Suomen Ympäristökeskus. [viitattu 11.11.2018] Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40560/SY_649.pdf?sequence=1

4. Euroopan komissio 2005. Komission tiedonanto neuvostolle ja Euroopan parlamentille, Ilman pilaantumista koskeva teemakohtainen strategia (2005/446/KOM). [viitattu 11.11.2018] Saatavissa: https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0446:FIN:FI:PDF

5. European Commission 2016. The Medium Combustion Plant (MCP) Directive. [viitattu 11.11.2018] Saatavissa: http://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/mcp.htm

6. Euroopan komissio 2013. Puhtaan ilman paketti. [viitattu 11.11.2018]: Saatavissa: http://ec.europa.eu/environment/air/clean_air/index.htm

7. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi energiaan liittyvien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle asetettavien vaatimusten puitteista (2009/125/EY). [viitattu 11.11.2018] Saatavissa: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0125&from=EN

8. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi teollisuuden päästöistä (2010/75/EU). [viitattu 11.11.2018] Saatavissa: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=SK

9. Gasum Oy 2018. Yhtiön sisäistä markkinatietoa.

10. International Gas Union. World LNG report. 2018. [viitattu 11.11.2018] Saatavissa: https://www.igu.org/sites/default/files/node-document-field_file/IGU_LNG_2018_0.pdf

11. Kemikaalilaki 599/2013. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130599

12. Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2005/20050390

13. Lindroos, T. J. & Ekholm, T. 2014. Yhteenveto komission ehdottamasta ilmanlaatupaketista ja arvio sen vaikutuksista ilmastopolitiikkaan Suomessa. VTT-R-05840-14. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Saatavissa: https://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2014/VTT-R-05840-14.pdf

14. Lloyds Register & University College of London’s Energy Institute. Global Marine Fuel Trends. [viitattu 11.11.2018] Saatavissa: https://www.lr.org/en/insights/global-marine-trends-2030/global-marine-fuel-trends-2030/

15. Maakaasukäsikirja. 2014. Suomen Kaasuyhdistys. [viitattu 14.12.2015]. Saatavissa: http://www.kaasuyhdistys.fi/sites/default/files/pdf/kasikirja/maakaasun_kasikirja.pdf.

16. Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132

17. Motiva CO_2 laskentaohje. 2018. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-laskentaohje_yksittainen_kohde

18. Niinisalo, S. 2017. Pienten energiantuotantolaitosten ympäristönsuojeluvaatimukset. Case: Seinäjoen Energia Oy. Lahden ammattikorkeakoulu

19. Öljyalan keskusliitto 2018. [viitattu 11.11.2018] Saatavissa: http://www.oil.fi/fi/oljy-oljytuotteet/tislaustorni

20. Painelaitelaki 869/1999. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19990869

21. Pelastuslaki 379/2011. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379

22. Peter Leifland, President, Marine Division, Alfa Laval. Esitys Göteborgin laivaseminaarissa. 16.5.2018.

23. SFS-EN 10217-7. Hitsatut painelaiteteräsputket. Hitsatut painelaiteteräsputket. Tekniset toimitusehdot. Osa 7: Ruostumattomat teräsputket 2014. Saatavissa: https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/311333.html.stx

24. SFS-EN 15001-1. 2012. Kaasuputkistot. Kaasun käyttöputkistot teollisuudessa, käyttöpaineen ollessa yli 0,5 bar sekä teollisuudessa ja muualla käyttöpaineen ollessa yli 5 bar. Osa 1: Yksityiskohtaiset toiminnalliset vaatimukset suunnittelulle, materiaaleille, rakentamiselle, tarkistuksille ja testaukselle. Saatavissa: https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/179421.html.stx

25. Skangas Oy 2018. Market intelligence. Yhtiön sisäistä markkinatietoa.

26. Skangas Oy 2018. Saatavissa: https://www.skangas.com

27. Suoheimo, P., Grönroos, J., Karvosenoja, N., Petäjä, J., Saarinen, K., Savolahti, M. & Silvo, K. 2015. Päästökattodirektiiviehdotuksen ja keskisuurten polttolaitosten direktiiviehdotuksen toimeenpanon vaikutukset Suomessa. Suomen

Ympäristökeskus. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/153981/SYKEra_6_2015.pdf?sequence=3

28. Turvallisuus- ja Kemikaalivirasto 2018. LNG-asiakassäiliö alle 50 tn varastointiohje.

29. Valtioneuvoston asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta 551/2009. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090551

30. Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista 445/2010. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100445

31. Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista 750/2013. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130750

32. Valtioneuvoston päätös yleisistä ohjeista voimalaitosten ja kattilalaitosten hiukkaspäästöjen rajoittamiseksi 157/1987. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1987/19870157

33. Verohallinto 2018. Energiaintensiivisten yritysten veronpalautus. [viitattu 11.11.2018] Saatavissa: https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/56194/energiaintensiivisten_yritysten_veronpa/

34. Verohallinto 2018. Nestemäisten polttoaineiden valmistevero. [viitattu 11.11.2018] Saatavissa: https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/tietoa-yritysverotuksesta/valmisteverotus/valmisteverolajit/nestemaiset_polttoaineet/

35. Verohallinto 2018. Nestemäisten polttoaineiden verotaulukot. [viitattu 11.11.2018] Saatavissa: https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/tietoa-yritysverotuksesta/valmisteverotus/valmisteverolajit/nestemaiset_polttoaineet/nestemaisten_polttoaineiden_verotaulukk/

36. Verohallinto 2018. Polttoaineen verottomuus ensikäytössä. Saatavissa: https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/63665/polttoaineiden-verottomuus-teollisuusk%C3%A4yt%C3%B6ss%C3%A4/

37. Ympäristöhallinto 2018. Ympäristölupa. [viitattu 11.11.2018] Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistolupa

38. Ympäristöhallinto 2017. Muutoksia keskisuuria energiantuotantoyksiköitä ja -laitoksia koskevaan sääntelyyn. Ympäristöhallinnon tiedote 28.12.2017. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Muutoksia_keskisuuria_energiantuotantoyk(45530)

39. Ympäristölupamenettelylaki 735/1991. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1991/19910735

40. Ympäristöministeriö 2018. Saatavissa: www.ym.fi

41. Ympäristönsuojeluasetus 169/2000. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000169

42. Ympäristönsuojelulaki 527/2014. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527

43. Ympäristönsuojelulaki 86/2000 (kumottu). Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/kumotut/2000/20000086

44. Öljyalan keskusliitto. [viitattu 11.11.2018] Saatavissa: http://www.oil.fi/fi/tilastot-3-suomen-oljymarkkinat/34-oljytuotteiden-myy