

Joonas Rukajärvi

BIOKAASUN HIDASTANKKAUSASEMA MAATILALLA

Yksityisen kaasunhidastankkausaseman rakentamiseen liittyvät luvat

BIOKAASUN HIDASTANKKAUSASEMA MAATILALLA

Yksityisen kaasunhidastankkausaseman rakentamiseen liittyvät luvat

Joonas Rukajärvi
Opinnäytetyö
Kevät 2023
Energia- ja ympäristötekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Tutkinto-ohjelman nimi: Energia- ja ympäristötekniikka

Tekijä: Joonas Rukajärvi

Opinnäytetyön nimi: Biokaasun hidastankkausasema maatilalla

Työn ohjaaja(t): Jukka Ylikunnari

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: kevät 2023

Sivumäärä: 46 + 6 liitettä

Tämä työ on tehty kirjallisuus selvityksenä biokaasuntankkausaseman rakentamista koskevista direktiiveistä ja säännöksistä maatilalla. Tarkastelun kohteena oli kuvitteellinen maatila, jossa on biokaasureaktori ja biokaasun hyödyntämistä haluttaisiin laajentaa ajoneuvokäyttöön. Reaktorista tuleva raakabiokaasu ei sovellu sellaisenaan liikennepolttoaineeksi, joten kaasu täytyisi puhdistaa ja jalostaa ennen tankkausta käyttökohteeseen. Tankkausasema ajateltiin toteutettavan hidastankkausmenetelmällä ilman korkeapaineista välivarastointia. Tarkastelussa tultiin siihen johtopäätöksen, että tankkausaseman yhteyteen tuleva kaasunjalostusyksikkö täytyy rakentaa EU:n painelaitedirektiivin mukaisesti. Direktiivissä säädellään painelaitteille valmistus- ja viranomaisvaatimuksia. Johtopäätöksen tultiin, koska tällä hetkellä ei ole markkinoilla jalostusmenetelmiä, joilla kaasu saataisiin liikennekäyttöön kelpaavaksi ilmanpaineessa. Standardissa SFS-EN 16723-2 määritellään liikennekäyttöön tarkoitettuna biokaasun metaanipitoisuudeksi 85 %. Painelaitedirektiivin pohjalta Suomessa on laadittu painelaitelaki ja siihen sisältyvä painelaitteasetus. Painelaitteiden valmistus ja viranomaisvaatimuksia arvioidaan laitekoon, käsiteltävän aineen sekä prosessissa vallitsevan paineen mukaan. Työssä arvioitiin, että jalostusyksikkö olisi mahdollista toteuttaa alle 1000 bar:n laitekokoisuutena (bar tarkoittaen painetta ja l säiliön tilavuutta litroina). 1000 bar pidetään rajana, jonka jälkeen laitteistolle täytyy nimetä käytönvalvoja sekä varavalvoja. Taloudellisesti tämä vähentää laitteiston kannattavuutta ja vaatimukset laitteiston käytölle nousevat. Arvio perustuu työn tilaajan antamiin lähtöarvoihin, jotka olivat kaasun puhdistukseen 40 litran säiliö ja jalostukseen 60 litran säiliö. Säiliötä yhdistäisi DN 25 putki ja prosessissa vallitsisi 6 bar:n absoluuttinen paine. Näillä arvoilla biokaasunjalostusyksikkö kuuluisi direktiivin mukaan luokitteluryhmään kolme. Tällöin jokaisen prosessiin liittyvän osan on täytynyt valmistaa laitos, joka on hakenut tyyppihyväksyntää laitteilleen ja saanut niihin CE merkinnän. Jalostuslaitteistoa koottaessa täytyy laitteistokokonaisuuksien lisäksi sijoituspaikassa tarkistaa tarkastuslaitoksen toimesta. Tällainen tarkastuslaitos Suomessa on esimerkiksi Inspecta KIWI. Tankkausaseman suunnittelussa on myös huomioitava muita vaatimuksia kuten alueelliset vaatimukset sekä ympäristön vaatimukset. Alueellisiin vaatimuksiin vaikuttavat kunnan rakennusmääräykset ja kaavoitukselliset seikat. Ympäristön suhteen tulee huomioida esimerkiksi jalostuksessa syntyneen hiilidioksidin määrä sekä asutuksen etäisyys laitoksesta. Naapureilla on oikeus valittaa laitoksesta, jos melu- tai hajuhaitat häiritsevät. Työssä on tarkkailtu mahdollisuutta rakentaa hidastankkausasema suoraan biokaasureaktorin yhteyteen ilman erillistä varastointia. Biokaasureaktorit itsessään ovat jo kaasun välivarastoja, joten tasaisella syötteenlisäyksellä reaktoriin tämä olisi mahdollista. Tämän tyyppistä ratkaisua tarkasteltaessa tulee huomioida tankkausaseman tulevan osaksi biokaasureaktorin välitöntä teknistä käyttöä ja tällöin täytyy huomioida samoja vaatimuksia, kuin reaktoria rakentaessa.

Asiasanat: Biokaasu, hidastankkausasema, CBG

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Program Energy Technology

Author(s): Joonas Rukajärvi
Title of thesis: Biogas Slow Refueling Station
Supervisor(s): Jukka Ylikunnari
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2023
Number of pages: e.g. 46 + 6 appendices

This work is an overview of the directives and regulations regarding the construction of a biogas refueling station on a farm. The focus of the examination is on a hypothetical farm with a biogas reactor and the utilization of biogas for vehicles use would be expanded. The raw biogas coming from the reactor is not suitable as a transportation fuel in its raw form, so the gas would need to be purified and processed before being refueled for use. The refueling station is planned to be implemented using a slow refueling method without high-pressure intermediate storage. The examination concluded that the gas processing unit connected to the station must be built in accordance with the EU pressure equipment directive. The directive regulates manufacturers and authority requirements for pressure equipment. This conclusion was reached because currently there are no refining methods that would make the gas suitable for transportation use at atmospheric pressure. During the refining process, carbon dioxide and other unwanted compounds are separated from biogas to increase the methane concentration as much as possible. The refined biogas can be used as fuel for vehicles in road transport, heating or electricity generation. In this case, refueling would take place on a private farm where organic waste would be collected and used in biogas production. To limit the farm size, the estimated production potential of refined biogas is 2 m³/h, which is about 1,3 kg/h of almost pure methane. Refueling a gas-powered car at this rate takes about 10 hours, depending on the size of the car's gas tank. Public refueling stations take about 3-5 minutes to refuel a car because the gas is filled into the car's high-pressure tanks. Standard SFS-EN 16723-2 defines the methane content of biogas intended for transportation as 85 %, if biogas is used for production of electricity or heat, the purity requirement is not so high. Study estimated that it would be possible to implement the processing unit as a device assembly below 1000 barl (where 'bar' represents pressure and 'l' volume in liters). 1000 barl is considered the threshold beyond which the equipment must have an operator, and this reduces the economic viability of the equipment. The estimation is based on the initial values provided by the client, which were a 40-liter tank for gas purification and a 60-liter tank for processing. Tanks would be connected by a DN 25 pipe, and the process would operate at an absolute pressure of 6 bar. With these values, the biogas processing unit would belong to classification group three according to the directive. This means each part related to the process must have been manufactured by a facility that has a type approval and received CE marking for devices. When assembling the processing equipment, the overall system must be inspected at the installation site by an inspection body. In Finland, one such inspection body is, for example, Inspecta KIWI.

Keywords: Biogas, CBG, slow-refueling

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	TEORIAA BIOKAASUSTA.....	8
2.1	Biokaasun tuotantoon soveltuvat orgaanisetaineet	8
2.2	Orgaanisen aineen hajoaminen.....	9
2.2.1	Biomassan hajoamisen eri vaiheet	9
2.2.2	Biomassan kaasuuntumiseen vaadittavat olosuhteet.....	11
2.3	Biokaasun koostumus	11
2.3.1	Metaani	12
2.3.2	Hiilidioksidi	12
2.3.3	Rikki	12
2.3.4	Typpi	13
2.3.5	Siloksaanit.....	13
3	MAATILA BIOKAASULAITOKSET	14
3.1	Biomassan esikäsittely	14
3.2	Biokaasureaktorit.....	15
3.2.1	Täyssekoitusreaktorit (märkäprosessisille)	15
3.2.2	Tulppavirtausreaktori (kuivaprosessille).....	16
3.3	Syötteen jälkikäsittely	16
4	BIOKAASUN JATKOKÄSITTELY	18
4.1	Biokaasun puhdistus	18
4.2	Biokaasun jalostus biometaaniksi.....	18
4.2.1	Vesipesuri	19
4.2.2	Kryotekniikka.....	19
4.2.3	Membraanitekniikka	20
4.2.4	PSA (Pressure Swing Adsorption)	21
4.2.5	Tuhkapuhdistus.....	22
5	BIOKAASUN HYÖDYNTÄMINEN	23
5.1	Lämmitys.....	24
5.2	Sähkön ja lämmön yhteistuotanto (CHP).....	24
5.3	Biokaasu liikennekäytössä	25
5.4	Biokaasun jalostus- ja tankkausasema.....	25

6	BIOKAASUNJALOSTUS JA -TANKKAUSTASASEMAN RAKENTAMISEEN LIITTYVÄT LUVAT	27
6.1	Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta (390/2005)..	27
6.2	Ympäristönsuojelulaki ja ympäristölaki	29
6.3	Maankäyttö ja rakennuslaki	29
6.4	Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017)	30
6.5	Painelaitelaki	30
6.6	Biometaania koskevia standardeja	33
6.6.1	SFS-EN 16723-2 Maakaasun ja biometaanin käyttö liikenteessä ja biometaanin syöttö maakaasuverkkoon. Osa 2: ajoneuvojen polttoaine vaatimukset.....	33
6.6.2	SFS-EN ISO 16923:2018: en Natural gas fuelling stations. CNG stations for fuelling vehicles	34
7	BIOKAASUTANKKAUSASEMAN TURVALLISUUS	35
7.1	Suunnittelussa huomioitavia asioita	35
7.1.1	Hajustaminen	35
7.1.2	Lämpötilakompensaatio	36
7.2	Suojaetäisyydet	36
7.3	Suojarakennukset ja katokset.....	38
7.4	tankkausliittimet.....	38
7.5	Putkisto	39
7.6	Hidastankkaussysteemi.....	39
8	BIOKAASUN TULEVAISUUDEN NÄKYMIÄ.....	41
8.1	Biokaasu polttoaineena	41
8.2	Biokaasun varastointi ajoneuvossa	42
8.3	Biokaasualan hidasteet ja toimenpiteet	43
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	45
	LÄHTEET	46
	LIITTEET	51

1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoitus on avata biokaasun hidastankkausaseman rakentamiseen ja käyttöön liittyviä käytännön asioita. Jalostus- ja tankkausasemaan liittyvät rakennusvaatimukset nousivat oleellisiksi tässä kirjallisuusselvityksessä, koska markkinoilla ei tällä hetkellä ole tarjota sopivaa jalostusmenetelmää yksityiseen käyttöön tarkoitettujen hidastankkausasemien tarpeeseen. Biokaasun hidastankkausasemia on käytössä esimerkiksi Ruotsissa liikennekäytössä olevien linja-autojen varikoilla [1]. Hidastankkausasema olisi mahdollinen myös yksityiseen käyttöön asunrakennuksissa, joissa on biokaasuntuotantoa tai mahdollisuus kaasuputkesta saada polttoainetta. Tarkastelusta rajataan pois julkiset kaasutankkausasemat, joissa polttoainekaasun tarve on suuri ja tankkaustekniikka on erilainen. Hidastankkausasemilla tankkaustahti voi olla esimerkiksi kaksi kuutiota tunnissa jalostettua biokaasua, joka on noin 1,4 kilogrammaa metaania tuntia kohden. Kaasun tankkauksessa yleensä ilmoitetaan kaasun määrä kiloina. Kaasutankkien koko vaihtelee autojen mallien mukaan. Suurien määrien säilöminen autossa on kuitenkin haastavaa rajallisen pinta-alan sekä polttoaineen kaasumaisen olomuodon takia. Yksi vaihtoehto olisi hybridiratkaisu, jossa hyödynnetään kaasua rinnakkain toisen polttoaineen kanssa. Polttoainetta käyttävä auto pystytään konvertoida toimimaan myös kaasulla kohtuullisin kustannuksin, jolloin kaasusäiliö sijoitettaisiin esimerkiksi auton takakonttiin. Kaasusäiliöön mahtuu yleensä noin 15 kg paineistettua metaania, jonka tankkaamiseen hidastankkausmenetelmällä menisi noin kymmenen tuntia. Tekniikan hyödyntäminen on mahdollista asemilla, joissa voidaan pitää autoa kytkettynä tankkausliitimeen yön yli. Hidastankkausaseman tärkein komponentti on kompressori, joka pakkaa kaasun jopa 250 bar:n paineeseen kaasuauton polttoainesäiliöön sopivaksi. Aluksi opinnäytetyön tarkoitus oli tutustua yksityisen biokaasun jalostus- ja hidastankkausasemaan liittyviin direktiiveihin, asetuksiin ja standardeihin. Työn edetessä huomattiin, että kaikkien direktiivien, asetusten, sekä standardien läpikäyminen vaatisi valtavasti työtä ja tarkempia tietoja tankkausaseman teknillisestä toteutuksesta. Tästä syystä tarkastelua rajattiin tankkausaseman painelaitteisiin, jotka liittyvät jalostusprosessiin. Kaasunjalostuksella tarkoitetaan toimenpidettä, jossa biokaasusta poistetaan ei-halutut yhdisteet ja jäljelle jää lähes puhdas metaani. Jalostus on välttämätöntä, koska raakabiokaasu sisältää muun muassa suuren määrän hiilidioksidia, joka pienentää polttoaineen energiatiheyttä, mikä taas vaikeuttaa kaasun säilömistä.

2 TEORIAA BIOKAASUSTA

Biokaasu on nimensä mukaisesti kaasu, jota syntyy hapettomissa oloissa biologisen hajoamisen seurauksena. Biokaasu sisältää pääosin metaania (CH_4) ja hiilidioksidia (CO_2) eri suhteissa orgaanisen materiaalin alkuperän mukaan [2]. Biokaasun koostumukseen palataan myöhemmässä luvussa. Biokaasua syntyy luonnollisesti hapettomissa oloissa, kuten eläinten ruuansulatuksessa, soiden pohjilla ja kaatopaikoilla. Biokaasua muodostaa mikrobit, jotka elävät anaerobisissa olosuhteissa ja käyttävät ravinnokseen orgaanista ainetta. Eri mikrobit hajottavat ainetta pienempiin osiin ja lopuksi metaania tuottavat mikrobit muodostavat vedystä ja etikkahaposta ruuansulatuksen kautta metaania [3]. Tätä menetelmää voidaan hyödyntää biokaasureaktoreissa. Biokaasureaktori on ilmatiivissäiliö, johon on kasvatettu mikrobeita ja niille syötetään ravinnoksi orgaanista ainetta. Biokaasua voidaan hyödyntää myös korvaajana fossiiliselle maakaasulle lämmön- ja sähköntuotannossa. Biokaasua voidaan jalostaa, jolloin siitä poistetaan hiilidioksidia tällöin voidaan puhua biometaanista. Hiilidioksidinpoisto kasvattaa biokaasun energiatihelyttä, jolloin kaasua tarvitaan vähemmän tarvittavan työn tuottamiseen, ja näin se voidaan pakata pienempään tilaan ja hyödyntää esimerkiksi autoissa.

2.1 Biokaasun tuotantoon soveltuvat orgaanisetaineet

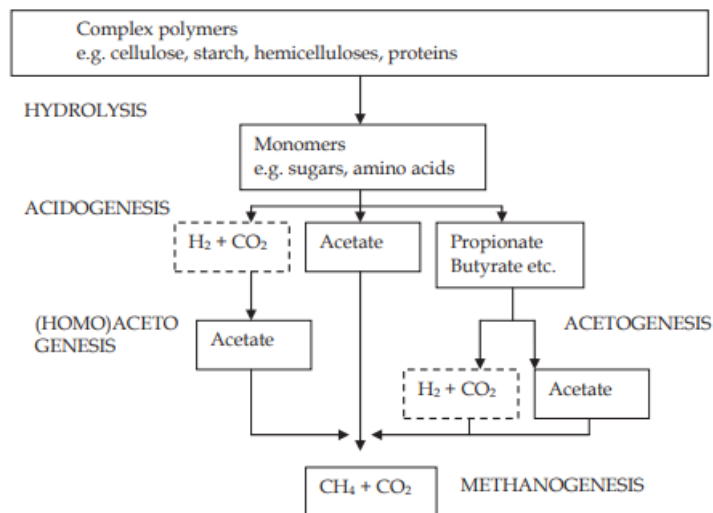
Biokaasuprosessin perustana toimivat mikro-organismit ja orgaaninen-aine. Mikro-organismit käyttävät ravinnokseen orgaanista-ainetta muodostaen metaania ja hiilidioksidia. Orgaanisella-aineella tarkoitetaan tässä työssä ainetta, joka on muodostunut eloperäisestä aineksestä esimerkiksi peltonkorjuujäte, rasvat, biojäte, turve. Orgaanisista-aineista puupohjaiset materiaalit eivät sovellu hyvin biokaasun tuotantoon puun hitaan hajoamisen takia. Poikkeuksena puusta valmistettava selluloosa sopii biokaasun valmistukseen. Maataloudessa eläimiin käytetyt antibiootit ja tilojen puhdistukseen käytetyt desinfiointiaineet voivat päätyä syötteen mukana reaktoriin aiheuttaen biokaasun tuotannonlaskua [3]. Yleisesti biokaasureaktoreihin syötettävästä biomassasta puhutaan syötteenä. Syöte, joka on peräisin kiinteästä aineesta esimerkiksi pellonkorjuussa ylijäävä heinänkorsi, täytyy aine murskata mahdollisimman pieneksi, jotta mikrobeilla on helpompi hajottaa sitä ja mahdollistetaan tasalaatuinen kaasun tuotanto.

2.2 Orgaanisen aineen hajoaminen

Orgaanisen aineen hajoaminen on biologinen prosessi, jota tapahtuu jatkuvasti, kun eloperäinen aine maatuu. Tätä prosessia hyödynnetään yleisesti kompostoinnissa. Kompostoitua ainesta hyödynnetään puutarhoissa lannoitteena [4]. Eloperäinen aine voi myös hajota hapettomissa oloissa, että anaerobisissa oloissa viihtyvät mikro-organismit alkavat hyödyntämään sitä ravinnokseen. Tämän seurauksena orgaaninen aine hajoaa muodostaen lopputuotteena metaania (CH_4) ja hiilidioksidia (CO_2), sekä vähemmissä määrin muita yhdisteitä [3]. Tässä työssä puhuttaessa biomassanhajoamisesta, viitataan nimenomaan hapettomissa olosuhteissa tapahtuvaan orgaanisen aineen hajoamiseen.

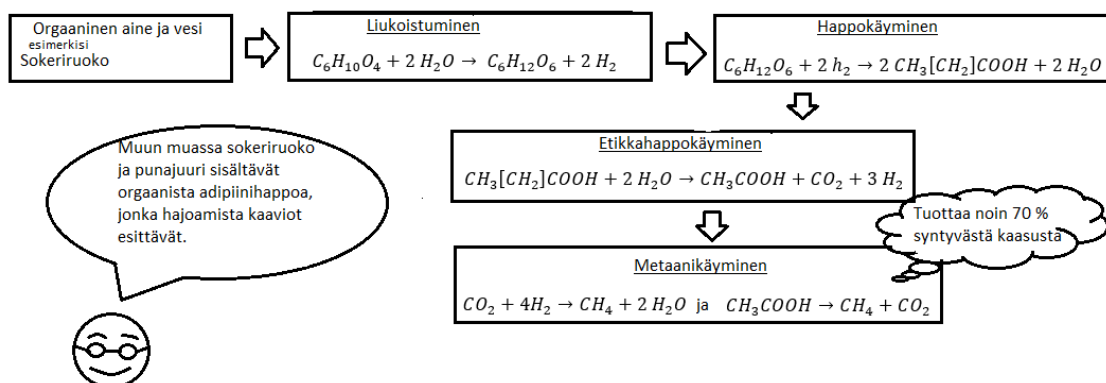
2.2.1 Biomassan hajoamisen eri vaiheet

Biokaasureaktorissa biokaasun muodostuminen tapahtuu vaiheittain. Jokaisessa vaiheessa toimii eri pieneliöryhmät, jotka pilkkovat ainetta yksinkertaisemmiksi rakenteiksi ruuansulatuksensa avulla. Nämä vaiheet ovat liukoistuminen (hydrolyysi), happokäyminen (asidogeneesi), etikkahappokäyminen (asetogeneesi) ja metaanikäyminen (metanogeneesi) [3]. Prosessissa syötteen sisältämät monimutkaiset polymeerit, kuten tärkkelys, proteiinit ja selluloosa pilkkoutuvat liukoistumisvaiheessa sokereiksi ja aminohapoiksi. Hajoamisen edetessä happokäymisvaiheeseen muodostuu propionaattia ja butyraattia, jotka hajoavat etikkahappokäymisessä etikkahapoksi ja vedyksi. Metaania tuottavat bakteerit muodostavat etikkahaposta ja vedystä metaania ja hiilidioksidia. Prosessissa syntyvää kaasuseosta kutsutaan biokaasuksi. Prosessi on kuitenkin täysin suoraviivainen, kuten kuvassa 1 havainnollistetaan tätä. Lisäksi hajoamisprosessi tarvitsee vettä, joka toimii elektronien vastaanottajana [5].



Kuva 1 Biokaasun muodostuminen vaiheittain [5]

Hajoamisreaktio riippuu syötteen sisältämistä yhdisteistä esimerkiksi kuvassa 2 punajuuressa olevan adipiinihapon ($C_6H_{10}O_4$) yksinkertaistettu reagoiminen (mikrobien toimesta) veden kanssa anaerobisissa oloissa. Aluksi liukoistumisvaiheessa adipiinihappo liukenee veteen muodostaen soakeria ($C_6H_{12}O_6$) ja vetyä (H_2). Toinen hajoamisprosessin vaihe on happokäyminen, jossa muodostuu propionihapon ($CH_3[CH_2]COOH$) lisäksi hiilidioksidia (CO_2) ja ammoniakkia (NH_3), joita kuvassa 2 ei näy selkeyden vuoksi. Etikkahappokäymisessä tapahtuu anaerobista hapettumista ja pelkistymistä, jossa reaktioon osallistuu hapettuneita yhdisteitä, kuten sulfaatteja ja karbonaatteja. Adipiinihapon kolmannessa hajoamisvaiheessa propionihaposta ja vedestä muodostuu etikkahappoa (CH_3COOH), hiilidioksidia ja vetyä. Metaanikäymisessä etikkahappo hajoaa hiilidioksidiksi ja metaaniksi eli biokaasuksi.



Kuva 2 Sokeriruokon hajoamisprosessi metaaniksi yksinkertaistettuna

2.2.2 Biomassan kaasuuntumiseen vaadittavat olosuhteet

Biokaasuntuotannon eri vaiheisiin osallistuville eliöille parhaiten soveltuvat olosuhteet poikkeavat eri organismien välillä happipitoisuudeltaan, lämpötilaltaan ja pH-arvoltaan. Reaktorilämpötila on 35–37 °C, kyseessä on mesofiilinen prosessi tai 50–55 °C, jolloin puhutaan termofiilisestä prosessista. Mesofiilisen prosessin hyötynä on pienempi lämmityksen tarve ja termofiilisen prosessin on syötteen parempi hygienisointi, jos syötteenä käytettyaine sitä vaatii. Syötteet, jotka vaativat hygienisointia ovat esimerkiksi maatilan ulkopuolelta tulevat biomassat tai yhdyskuntien biojätteet. Hajoamisprosessissa on olennaista myös syötteen pH-arvo, johon vaikuttaa reaktorin kuormitus. Kuormituksella tarkoitetaan syöteseoksen orgaanisen aineenmassaa reaktorin tilavuusyksikköä kohden vuorokaudessa. Yleisesti kuormitus ilmoitetaan muodossa $kgVS/r - m^3 / d$ (kilogramma orgaanista kuiva-ainetta syötetään vuorokauden aikana yhtä nestetilavuuskuutiota kohden), joka on tyypillisesti $3 - 9 kgVS/r - m^3 / d$ [6]. Liiallisesta syötöstä johtuva suuri orgaaninen kuormitus saa aikaan haponmuodostajabakteerien aktiivisuuden lisääntymistä ja hajoamisväli tuotteiden pitoisuuden nousua, mikä laskee pH:ta. Tämä heikentää metaania tuottavien bakteerien elinoloja, minkä vuoksi metaanin tuotto heikkenee. Metaanibakteerit ovat prosessin herkimpiä yksilöitä pH:n vaihtelulle, ja niille optimaalinen pH-alue on välillä 6,5–7,5 [7]. Herkkyyden vuoksi olosuhteet biokaasulaitoksissa pyritään sopeuttamaan metaania muodostavien bakteerien mukaan [3].

2.3 Biokaasun koostumus

Raakakaasun eli puhdistamattoman biokaasunkoostumus vaihtelee tuotantotavan ja mädätettävän orgaanisen aineen alkuperän mukaan. Tyypillisesti biokaasunkoostumus on 40–70 % metaania ja 30–60 % hiilidioksidia, sekä vaihtelevasti muita aineita. Maatalouslaitoksissa, joissa käytetään vain tilan omaa lantaa ja kasvibiomassaa, on biokaasunkoostumus tasalaatuisempaa. Tällöin kaasu sisältää yleensä pääkomponenttien lisäksi koneille haitallisina aineina kosteutta, rikkivetyä ja siloksaaneja. Syötteiden mukana biokaasureaktoriin voi kulkeutua myös pieniä määriä fluoria, ammoniakkia ja öljyä, joista ei kuitenkaan ole haittaa suurina määrinä biokaasun hyödyntämiselle.

2.3.1 Metaani

Metaani (CH_4) on väritön ja hajuton kaasu. Metaanimolekyylä koostuu yhdestä hiiliatomista ja neljästä vetyatomista. Metaani on helposti syttyvä aine, joka ilmaa kevyempänä kaasuna kohoaa ylöspäin [8]. Metaania voidaan tuottaa ympäristöystävällisesti orgaanista hajoamista hyödyntäen, jolloin sen ajatellaan olevan hiilineutraali. Hiilineutraalius perustuu siihen, että biomassassa hajoaisi luontaisestikin hapettomissa olosuhteissa muodostaen ilmastoalämmittävää metaanikaasua. Tämän vuoksi metaanin talteenotto ja hyödyntäminen on järkevää, koska se pienentää metaanipäästöjä ja kasvattaa biomassan hyödyntämismahdollisuuksia. Metaania voidaan kaivaa myös maaperästä, jolloin jo maaperään sitoutuneena se vapautuu uudelleen ilmakehään, tällöin puhutaan maakaasusta [9]. Puhtaan metaanin lämpöarvo on noin 50 MJ/kg ilmanpaineessa, kun polttoöljyn lämpöarvo on noin 43 MJ/kg.

2.3.2 Hiilidioksidi

Hiilidioksidi (CO_2) on väritön ja lähes hajuton kaasu. Hiilidioksidia syntyy jatkuvasti lähes kaikissa toiminnoissa ihmisen hengittämisestä teollisuusprosesseihin. Hiilidioksidin luontainen kierto on maapallon ympäristölle välttämätöntä, sillä kasvit käyttävät sitä yhteyttämiseen tuottaen happea, jota eläimet hengittävät. Kasvin kuollessa hiilidioksidi sitoutuu maahan ja maasta se vapautuu takaisin ilmaan maanmuokkaamisen johdosta. Hiilidioksidi on ihmiskunnan tuottamista kasvihuonekaasuista merkittävin [10]. Hiilidioksidi poistetaan biokaasusta jalostuksen yhteydessä. Hiilidioksidi voitaisiin kerätä talteen, ja hyödyntää esimerkiksi vihreänvedyn metanoinnissa [11]. Näin voitaisiin hyödyntää olemassa olevaa maakaasuverkostoa polttoaineen kuljetuksessa.

2.3.3 Rikki

Biokaasu sisältää yleensä rikkiä (S). Puhdas rikki on hajutonta. Rikki voi esiintyä kuitenkin kaasussa rikkivetynä (H_2S). Rikkivety on helposti syttyvä ja pahanhajuinen kaasu, jota yleisesti kuvataan mädän kananmunan hajuseksi. Rikki ja sen yhdisteet ovat hyvin reaktiivisia. Rikki voi muodostaa myös syövyttävää rikkihappoa (H_2SO_4) ilman ja vedyn kanssa. Rikkihappo on materiaalien kannalta ongelmallinen, ja tämän vuoksi rikki täytyy poistaa biokaasusta. Rikki voi myös muodostaa myrkyllistä rikkidioksidia (SO_2). [12]

2.3.4 Typpi

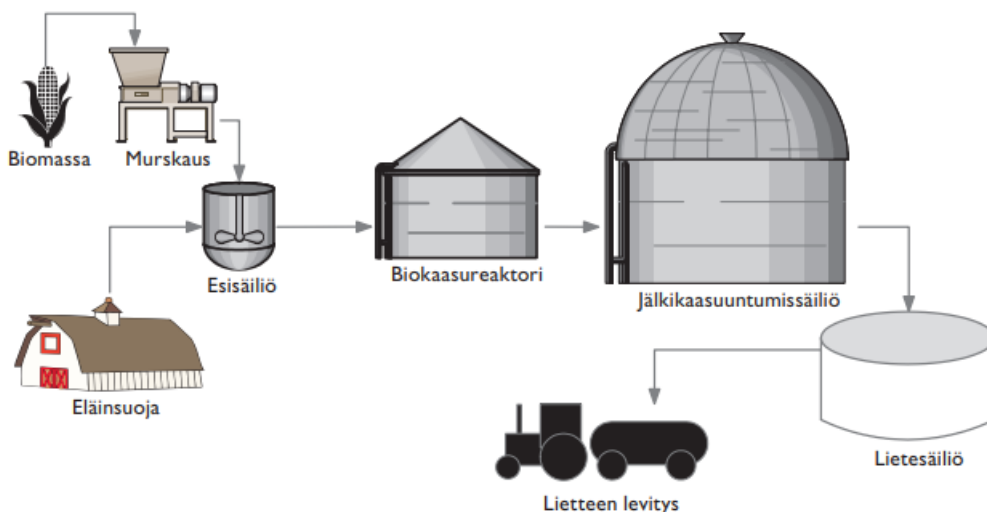
Typpi (N_2) on alkuaine, jota esiintyy luonnossa kaksiatomisena typpikaasuna. Typpi on yhdisteenä monissa arkisissa kaasuissa kuten ilmassa (ilmasta noin 78 % on typpeä). Typpeä löytyy myös biokaasusta eri pitoisuuksina riippuen valmistustavasta. Typpi on inertti kaasu eli se on vaaraton eikä reagoi herkästi [13]. Typpi on hiukan happea kevyempää ja liukenee heikosti veteen. Tämä on hyvä huomioida biokaasu jalostustekniikkaa valittaessa.

2.3.5 Siloksaanit

Siloksaanit ovat silikonien alaryhmä ja ne koostuvat pii-happi-ketjuista. Siloksaaneja ei yleensä synny biokaasuprosessissa, vaan ne päätyvät prosessiin syötteen mukana. Palamistapahtuman yhteydessä siloksaanit hapettuvat piioksidiksi (SiO_2), jota kerääntyy kaasumoottoreiden sytytystulppiin, mänttiin ja sylinterirenkaisiin sekä öljyyn, mikä johtaa käyntiongelmiin. Syntynyt SiO_2 voi aiheuttaa moottoreissa nakutusta. Nakutus johtuu kaasun ennenaikaisesta syttymisestä ja se voi vahingoittaa mäntää. Liikennekäyttöön jalostetun biokaasun käytössä nakutusongelma on kuitenkin harvinainen, koska biokaasun jalostustekniikat, etenkin vesipesu, poistaa muiden epäpuhtauksien mukana tehokkaasti siloksaaneja.[6]

3 MAATILA BIOKAASULAITOKSET

Biokaasulaitoksessa on yleisesti laitosmallista riippumatta tietyt pääprosessivaiheet. Laitoksen syötteille tehdään esikäsitteilyä ja varastointia jo ennen kuin ne laitetaan biokaasureaktoriin. Mädätysjäännös puolestaan siirretään mädätysreaktion jälkeen muualle joko jatkokäsittelyyn tai varastoon [6] esimerkiksi kuvassa 3 mädätysjäännös siirretään lietesäiliöön. Laitoksen raaka-ainepohja vaikuttaa valittuun laitostekniikkaan, joten biokaasureaktoria valittaessa on hyvä tutustua, millaisiin syötteisiin reaktori on tarkoitettu. Prosessikokonaisuuksia on erilaisia riippuen ympäristöstä ja hyödynnettävästä orgaanisesta aineesta. Tässä työssä tarkastellaan maataloilla hyödynnettävää biokaasua, muttei tarkasti ole määritelty millaisesta laitostekniikasta on kyse. Muita biokaasulaitostyyppisiä maatalaitosten lisäksi on karkeasti jaoteltuna kaksi: jätevedenpuhdistamoiden biokaasulaitokset ja yhteiskäsittelylaitokset eli kaatopaikoilla sijaitsevat kaasunkeräyslaitokset.



Kuva 3 maatalaitoksen biomassankäsittely prosessikuva [6]

3.1 Biomassan esikäsitteily

Ennen syötteen menemistä biokaasureaktoriin biomassa voidaan homogenisoida eli tehdä syötteestä tasalaatuista esisäiliössä. Esisäiliössä on usein sekoitin ja esilämmitin, joilla syöte saadaan tasalaatuiseksi. Tasalaatuisuus mahdollistaa tasaisen metaanintuotannon. Peltobiomassoja varten laitoksella on erillinen murskain, joka syöttää murskatun biomassan esisäiliöön tai hienoksi silputuna suoraan reaktoriin. Syötteiden esikäsitteilyä tarvitaan biokaasuprosessin häiriöttömyyden ja

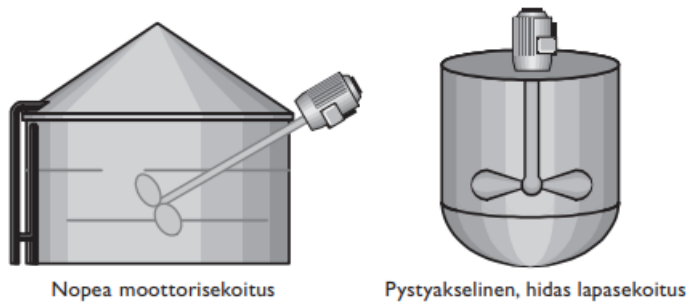
tehokkuuden varmistamiseksi. Maatilakokoluokan biokaasulaitoksissa esikäsitteilytekniikka on yksinkertaisempi kuin jätevedenpuhdistuslaitoksilla ja yhteiskäsitteilylaitoksilla, joissa syötteen laatu vaihtelee huomattavasti enemmän. [6]

3.2 Biokaasureaktorit

Biokaasureaktoreita on erilaisia niihin syötettävän biomassan kuiva-ainepitoisuuden mukaan. Märkäprosessien syötteen kuiva-ainepitoisuus on noin 5–15 %. Käytännössä märkäprosessien kuiva-ainepitoisuutta rajaa laitoksen pumppujen ja sekoittimien kestävyys ja soveltuvuus sakeille syötteille. Kuivaprozessissa käsitellään syötettä, jossa kuiva-ainepitoisuus on välillä 20–50 %. Tällöin syötettä ei pystytä pumppaamaan, vaan sitä siirretään muulla tavoin. Märkäprosessinreaktori on tyypillisesti säiliö, joka on rakennettu betonista tai teräksestä. Reaktorin tilavuus on mitoitettava noin 20–30 % käsiteltävää syötemäärää suuremmaksi, jotta reaktorissa on tilaa mahdolliselle vaahotoimiselle sekä kaasun kerääntymiselle lietemassan yläpuolelle. Reaktorin lämmitykseen käytetään tyypillisesti biokaasusta tuotettua lämpöä tai jo käsitellystä lietteestä talteen otettua lämpöä. [6]

3.2.1 Täyssekoitusreaktorit (märkäprosessisille)

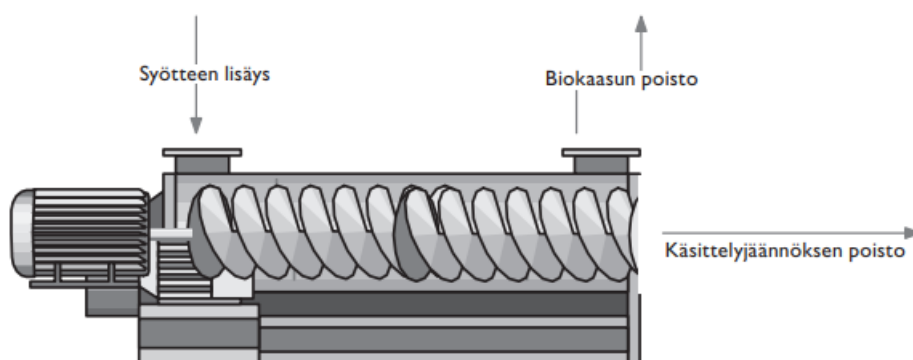
Maataloudessa biokaasuprosessi on yleensä täyssekoitteinen, mesofiilinen ja jatkuvatoiminen märkäprosessi [14]. Täyssekoitteiseen reaktoriin lisätään syötettä puolijatkuvasti esimerkiksi kerran tunnissa tai kerran vuorokaudessa. Sekoittaminen reaktorissa on tärkeää lämmön tasaisen jakaantumisen takia. Sekoittaminen voidaan toteuttaa, joko pystyakselisella sekoittimella tai kallellaan olevalla sekoittimella kuten kuvassa 4. Myös käsitteilyjäännöstä poistetaan reaktorista tasaisesti, yleensä ennen syötteen lisäämistä käsittelemättömän materiaalin suoran poistumisen minimoimiseksi. Käsittelemättömän materiaalin suoraa poistumista kutsutaan oikovirtaukseksi. Oikovirtauksenmerkitys ei ole jatkuvatoimisessa reaktorissa kovin suuri, jos reaktorin jälkeen syöte siirretään jälkikaasuuntumissäiliöön. Lyhytkin viipymä kaasukeräykseen liitetyssä jälkikaasuuntumissäiliössä on kannattavaa, sillä käsitteilyjäännös sisältää vielä hajoavaa ainesta, joka tuottaa jälkikaasuksi kutsuttua biokaasua [6].



Kuva 4 sekoitusmenetelmiä biokaasureaktorissa [6]

3.2.2 Tulppavirtausreaktori (kuivaprosessille)

Tulppavirtausperiaatteella toimivareaktori on tarkoitettu enemmän kuiva-ainetta sisältävälle syötteelle kuin täyssekoitusreaktori. Tulppavirtausprosessissa käsiteltävä materiaali kulkee putkimaisen reaktorin läpi, josta toisesta päästä syötetään materiaalia ja toisesta päästä tulee ulos käsitelty materiaali, kuten kuvassa 5 havainnollistetaan. Syötettä liikutetaan pumppujen sijasta mekaanisesti ruuveilla tai kuormaajalla. Prosessissa kerättyä nestettä tai käsittelyjäännöstä on yleensä lisättävä syötteeseen, jotta oikea bakteerimassa (ympäri) saadaan syöttömateriaaliin. Tulppavirtausprosessi koostuu useasta reaktorista, joissa eri vaiheet (hydrolyysi, happokäyminen, metaanikäyminen) tapahtuvat peräkkäisissä reaktoreissa. [6]



Kuva 5 jatkuvatoiminen kuivaprosessi [6]

3.3 Syötteen jälkikäsitely

Biokaasuprosessin lopputuotteena muodostuu biokaasun lisäksi aina mädätysjäännöstä. Märkäprosessissa, reaktorinkokonaismassasta on vettä noin 85 %. Tällöin mädätysjäännöstä muodostuu karkeasti sama määrä kuin mitä biokaasureaktoriin on syötetty. Hyvänä puolena tässä on se,

että ravinteet säilyvät mädätysjäätöksessä, ja siitä on mahdollista valmistaa lannoitevalmisteita, joita voidaan hyödyntää maataloudessa lannoitteena [15]. Mädätysjäätös, joka ei ole ravinnerikasta voidaan kuivattaa ja hyödyntää kuivikkeena eläintiloilla. Biokaasulaitoksilla, joissa syöte sisältää vain maatilalla syntyvää lantaa, kasvibiomassaa tai sopimustiloilla syntyvää lantaa hyödynnetään käsittelyjäätös yleensä peltojen lannoituksessa. Tällöin käsittelyjäätöksillä ei ole tuotevaatimuksia, mutta sen käyttöä ohjaavat maatalouden ympäristötukiin liittyvät ehdot [7].

4 BIOKAASUN JATKOKÄSITTELY

Raakabiokaasu eli kaasu, joka tulee suoraan biokaasureaktorista sisältää usein paljon epäpuhtauksia. Näihin epäpuhtauksiin sisältyy esimerkiksi ongelmallinen rikki, joka erilaisina yhdisteinä aiheuttaa laitteissa vahinkoa. Biokaasun käsittely on yksinkertaisimmillaan kosteuden- ja rikinpoisto kaasusta – tätä kutsutaan kaasun puhdistamiseksi. Liikennepolttoaineeksi biokaasu kelpaa vasta, kun kaasusta vähennetään hiilidioksidia ja typpeä siten, että metaanipitoisuus on vähintään 85 % - tätä kutsutaan biokaasun jalostamiseksi.

4.1 Biokaasun puhdistus

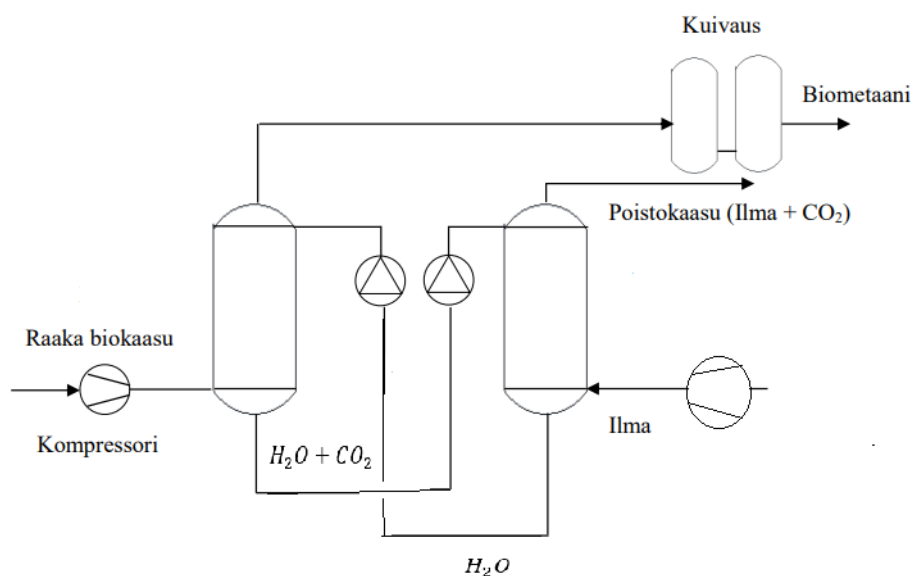
Biokaasu sisältää kaasumaisten komponenttien lisäksi aina prosessitoimintaa haittaavaa kosteutta, joka voidaan poistaa vedenerottimilla ennen hyötykäyttöä. Merkittävimmät epäpuhtaudet biokaasussa ovat rikkivety ja siloksaanit. Rikkivedynpitoisuutta biokaasussa voidaan vähentää yksinkertaisimmillaan lisäämällä pieniä määriä ilmaa biokaasureaktorin yläosassa sijaitsevaan kaasutilaan. Reaktorimassassa elää bakteereita, jotka käyttävät hapen ja muuttavat rikkivedyn alkuainerikiksi, jolloin rikki painuu reaktorin pohjalle. Hapen liiallinen lisääminen reaktoriin voi kuitenkin aiheuttaa anaerobisen reaktion pysähtymisen.[6] Biokaasua hyödyntäessä lämmön- tai sähköntuotannossa yleensä riittää kaasun puhdistaminen rikistä ja kosteudesta esimerkiksi aktiivihiihi-suodattimella. Biokaasua jalostaessa liikennekäyttöön sopivaksi monet jalostustekniikat edellyttävät myös kaasun puhdistamista ennen jalostuslaitteita.

4.2 Biokaasun jalostus biometaaniksi

Biometaania valmistetaan jalostamalla biokaasua, jolloin puhdistetusta biokaasuseoksesta vähennetään hiilidioksidi- ja typpikaasujen osuutta, jotta saadaan mahdollisimman puhdasta metaania. Biometaania voidaan valmistaa monella eri tavalla, ja usein biokaasun jalostuksessa käytetään useita tekniikoita riittävän puhtauden varmistamiseksi.[16] Alla olevissa kappaleissa käydään läpi erilaisia jalostustekniikoita.

4.2.1 Vesipesuri

Vesipesu on menetelmä, jossa biokaasusta erotetaan hiilidioksidi ja rikkiyhdisteet liuottamalla nesteeseen. Vesipesu (pressurized water scrubbing, PWS) perustuu hiilidioksidin ja rikin suurempaan vesiliukoisuuteen metaaniin verrattuna. Kaasujen liukenemiseen liuotinnesteeseen vaikuttaa paine ja lämpötila. Vesipesussa paineistettubiokaasu syötetään säiliönpohjalle, jossa se kohtaa vastaan virtaavan veden, kuten kuvassa 6 asiaa havainnollistetaan. metaani ei reagoi veden kanssa herkästi, vaan se kulkeutuu jalostuskolonnin yläosaan lähtevään putkeen 6–10 baarin paineessa. Säiliössä hiilidioksidi ja rikkivedyt liukenevat veteen. Vettä voidaan kierrättää prosessissa, koska paineen alentuessa, veteen sitoutunut hiilidioksidi voidaan puhdistaa ilman avulla. Tämä yleensä tapahtuu erillisessä säiliössä, minkä jälkeen käytetty liuotin voidaan ottaa talteen ja käyttää uudelleen jalostusprosessissa. Erotettu metaani nousee ulos säiliönyläosasta, ja kuivataan ennen hyötykäyttöä [17] Vesipesunetu muihin jalostusmenetelmiin on, ettei kaasua tarvitse erikseen puhdistaa ennen jalostusta.

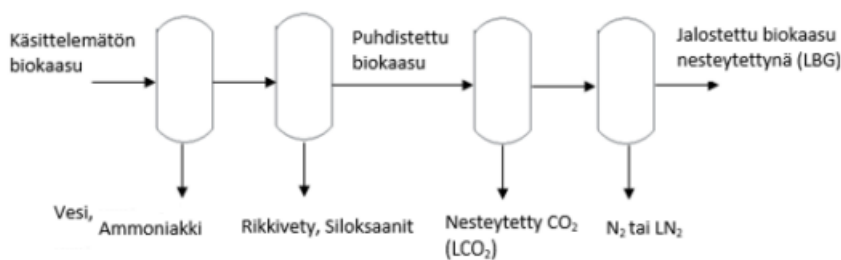


Kuva 6 yksinkertaistettu prosessikuva vesipesusta [18]

4.2.2 Kryotekniikka

Kryojalostus perustuu aineenolomuotojen erotteluun niiden sulamis- ja kiehumispisteiden avulla. Kryojalostus tapahtuu alhaisessa lämpötilassa ja korkeassa paineessa. Biokaasua jäähdytetään korotetussa paineessa, jolloin hiilidioksidi saadaan erotettua nestemäisenä biokaasusta. Typpi ja

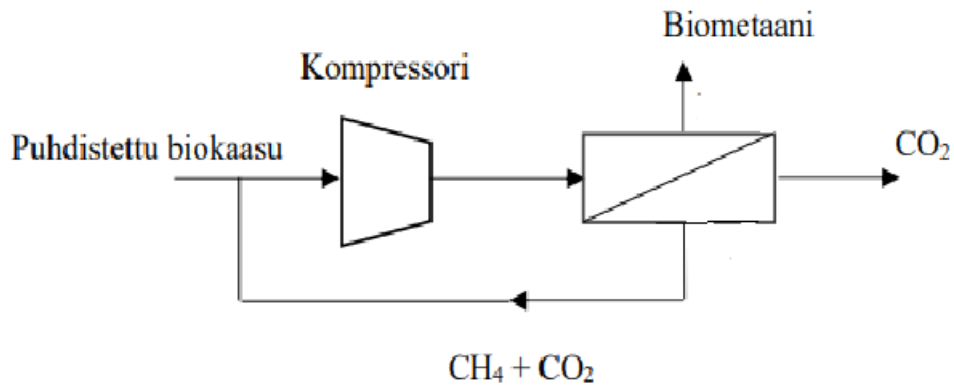
metaani erotetaan jäädyttämällä biokaasua alle metaanin kiehumispisteen (-161.6 °C). Jäähdytyksen avulla metaani saadaan nestemäiseen muotoon, jolloin typpikaasu saadaan erotettua nestemäisestä metaanista [17]. Yksinkertaistettu prosessikuva kryotekniikasta kuvassa 7. Kryojalostuksessa suurin osa epäpuhtauksista, kuten vesihöyry ja rikkivety tulee poistaa ennen jäähdytystä, sillä ne jäätyvät korkeammissa lämpötiloissa ja voivat tukkia putkistoja. Kryotekniikka tuottaa muihin jalostusmenetelmiin verrattuna puhtaampia sivutuotteita kuten nesteytetty hiilidioksidi, mutta vaatii puhdistukselta enemmän energiaa verrattuna muihin jalostusmenetelmiin.



Kuva 7 yksinkertaistettu prosessikaavio [18]

4.2.3 Membraanitekniikka

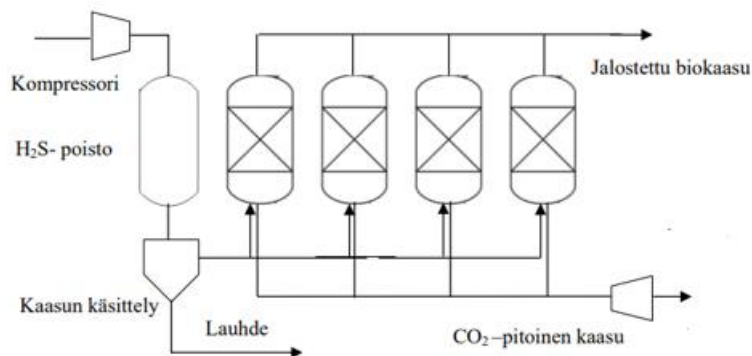
Membraanitekniikka on erotusprosessi, jossa metaanin erotukseen käytetään puoliläpäisevää membraania. Membraani koostuu pienistä, nanomittakaavan reistä, joiden tarkoitus on erottaa kaasusta yhdisteet, joita ei lopputuotteessa haluta. Erotus perustuu siihen, että erisuuruisilla molekyyleillä on erilainen läpäisevyys eli permeabiliteetti suhteessa membraaniin. [16] Membraanitekniikkaa käytettäessä täytyy biokaasusta puhdistaa rikkivety ja kosteus ennen membraanierotinta [17]. Yksinkertaistettu prosessikuva membraanitekniikasta kuvassa 8.



Kuva 8 yksinkertaistettu prosessikaavio membraaniteknikka [18]

4.2.4 PSA (Pressure Swing Adsorption)

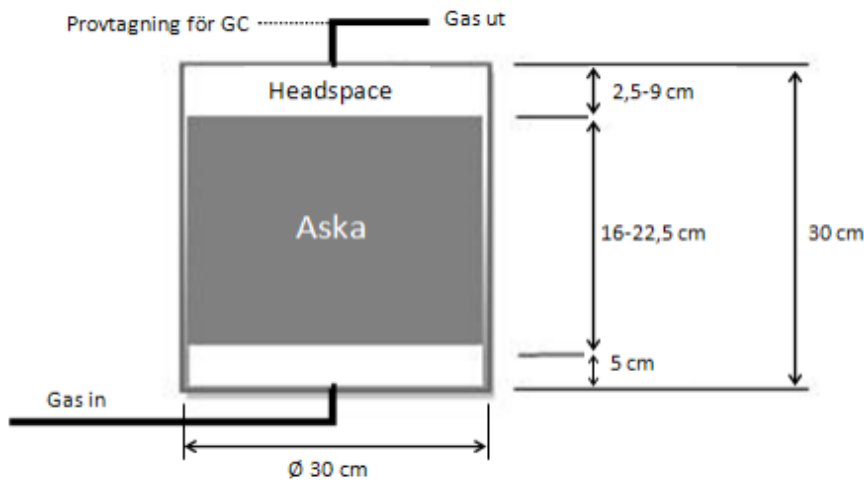
PSA- tekniikassa hiilidioksidi muodostaa kiinteän aineen pintaan ohuen kalvon. Menetelmällä hiilidioksidin poisto biokaasusta tapahtuu paineen, sekä aktiivihiilen tai zeoliittien avulla [18]. Hiilidioksidi kiinnittyy säiliössä olevan raemaisen aineen pintaan muodostaen kalvon. Yksittäisissä säiliöissä tapahtuu paineen muutos, jolloin hiilidioksidi sitoutuu säiliössä olevaan aineeseen ja metaani jatkaa säiliöstä matkaa. Tämän jälkeen säiliössä lasketaan paine, jolloin hiilidioksidi pääsee taas vapaasti liikkumaan, ja se imetään poistoputkeen, kuten kuvassa 9. Tekniikkaa käytettäessä biokaasu täytyy puhdistaa rikkivedystä ja kosteudesta ennen käsittelyä.



Kuva 9 PSA- tekniikan yksinkertaistettu prosessikuva [18]

4.2.5 Tuhkpuhdistus

Tuhkpuhdistusta voidaan hyödyntää energialaitoksilla, jossa käytetään puupohjaista polttoainetta runsaasti, johtuen siitä, että tuhka joudutaan vaihtamaan jokaisen kaasunjalostus kerran jälkeen. Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan puupellettien poltosta syntyvä tuhka omaa parhaan hiilensidontaominaisuudet ($0,24 \text{ g}_{CO_2}/\text{g}_{tuhkaa}$)[19]. Menetelmä perustuu puutuhkan sisältämään kalsiumoksidin (CaO) ja biokaasun sisältämä hiilidioksidin (CO_2) reagoimiseen muodostaen kalssiittia (CaO_3). Yksinkertaistettu tuhkpuhdistuksen menetelmäkuvaus kuvassa 10.

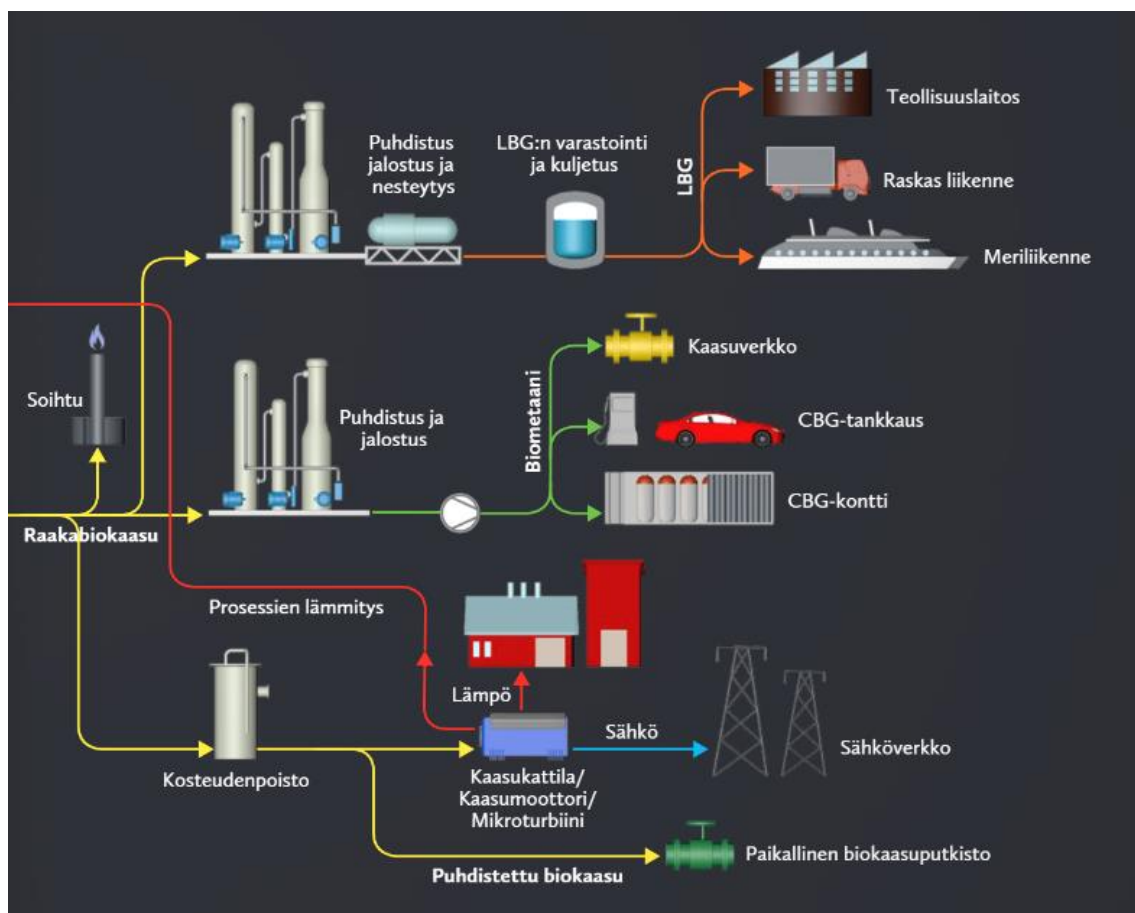


Kuva 10 Yksinkertaistettu prosessikuva tuhkpuhdistuksesta [19]

Prosessissa muodostunutta kalkkia voidaan hyödyntää esimerkiksi maataloudessa maaperän pH-arvon nostamiseen. [20] Maan pH-arvo on tärkeä, jotta kasvien kyky käyttää ravinteita hyväksi säilyy. Happamassa maassa ravinteet sitoutuvat erittäin tiukasti maaperään kasvien ulottumattomiin. Sopiva pH-arvo maaperässä edistää pieneliöiden aktiivisuutta. Pieneliöt, kuten kastemadot tekevät maaperästä ilmavamman ja edistävät ravinteiden kiertoa.

5 BIOKAASUN HYÖDYNTÄMINEN

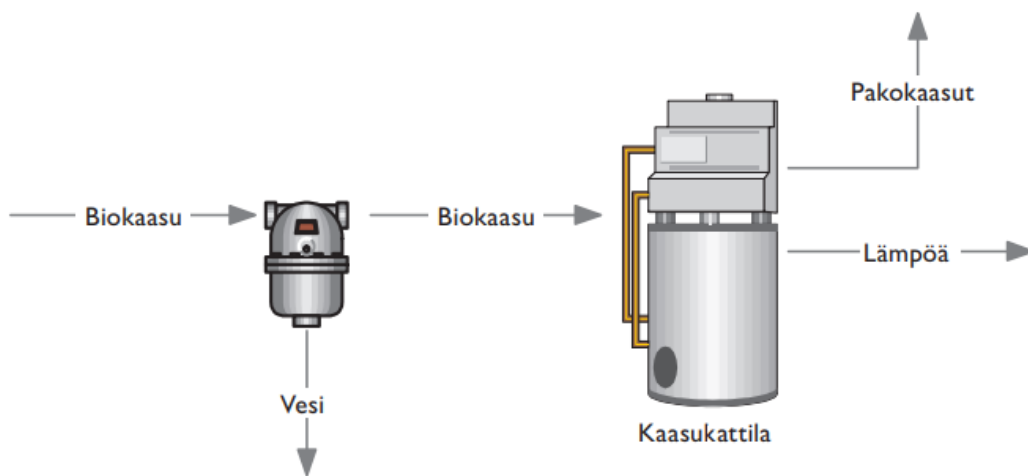
Biokaasua hyödynnetään sen sisältämän metaanin korkean energiasisällön vuoksi. Biokaasu on ympäristöystävällinen ja monikäyttöinen polttoaine, kuten kuvasta 11 voidaan huomata. Biokaasua voidaan käyttää polttoaineena esimerkiksi lämmön ja sähkön tuotannossa. Jalostettubiokaasu voidaan myös nesteyttää, jolloin sitä voitaisiin hyödyntää muun muassa raskaassa liikenteessä ja teollisuudessa. Hyödyntämistapaa miettiessä on hyvä tarkkailla, mihin energiaa voidaan laitoksen sijoituspaikalla ja sen lähietäisyydellä käyttää ja mikä on kannattavin hyödyntämismuoto.



Kuva 11 Biokaasun käyttökohteita [21]

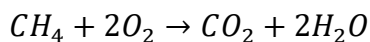
5.1 Lämmitys

Lämmön tuottamiseen biokaasun hyödyntäminen on kohtuullisen yksinkertainen, vähän valvontaa ja huoltoa tarvitseva ratkaisu. Esimerkki kaasukattilan toimintamallista kuvassa 12. Erityisesti maatilalaitoksilla biokaasulla tuotetaan lämmintä vettä asuinrakennuksiin, sekä lämmitetään eläinsuojia. Kaasu ohjataan vedenerotuksen jälkeen matalassa paineessa kaasupolttimelle, joka lämmitää maatilan kiertovesijärjestelmää [6]. Lämpöä hyödynnetään yleisesti myös biokaasureaktorissa, bakteereiden kannalta suotuisten olosuhteiden ylläpitämiseksi.



Kuva 12 Biokaasun hyödyntäminen lämmityksessä [6]

Biokaasun palamisreaktio on hyvin samanlainen kuin maakaasun. Näiden kaasujen erona on käytännössä vain biokaasun korkeampi hiilidioksidipitoisuus, joka madaltaa energiasisältöä. Jos biokaasusta ei puhdisteta rikkivetyä, muodostuu palamisessa myös rikkidioksidia. Palava komponentti biokaasussa on metaani. Palamisreaktio voidaan yksinkertaistaa [22]:

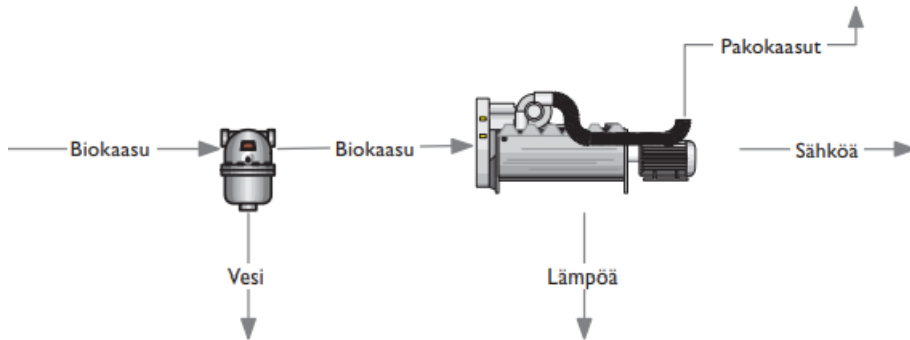


Kaava 1

5.2 Sähkön ja lämmön yhteistuotanto (CHP)

Sähkön- ja lämmön yhteistuotanto CHP (combined heat and power) on yleisesti käytössä oleva hyödyntämiskeino kaasulaitoksilla. Kaasulaitoksilla voidaan hyödyntää myös biokaasua. [23] Biokaasu ohjataan vedenerotuksen jälkeen kaasumootorille, joka pyörittää sähköä tuottavaa generaattoria. Kuvassa 13 esimerkki biokaasun kulusta generaattoriin. Sähkön- ja lämmön tuotantoon

voidaan käyttää, joko kaasumootoria tai mikroturbiinia. Mikroturbiiniin alkusijoitus on hiukan mootoria suurempi, mutta sen käyttö- ja huoltokulut ovat mootoria pienemmät [6]. CHP- yksikön sijoitus yleensä vaatii kuitenkin suhteellisen korkean investoinnin, joten pienempiin laitoksiin sen sijoittamista kannattaa tarkastella laajalti.



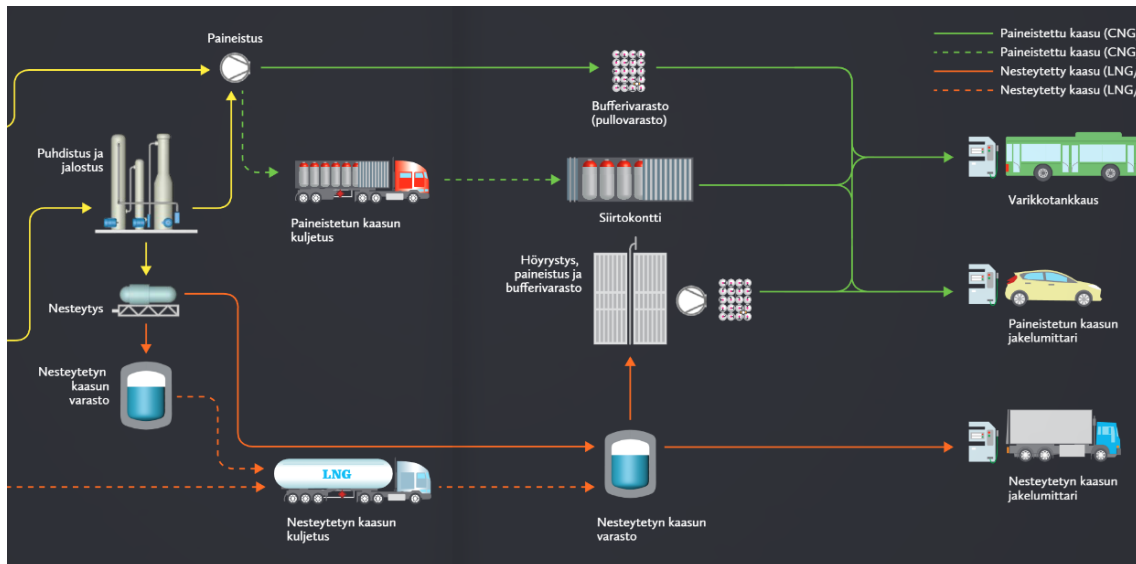
Kuva 13 sähkön ja lämmön yhteistuotanto [6]

5.3 Biokaasu liikennekäytössä

Biokaasun hyödyntämiseksi liikennekäyttöön täytyy siitä poistaa hiilidioksidi sekä mahdolliset rikkiyhdisteet. Jäljelle jää lähes puhdas metaani, jota voidaan kutsua biometaaniksi. Maakaasua käyttävien autojen lukumäärä Suomessa oli vuonna 2022 tilastokeskuksen mukaan noin 8 600 kpl. Yli puolet kaasautojen käyttäjistä tankkaa kuitenkin nykyään biokaasua [24]. Suomessa on noin 80 kaasuntankkausasemaa, joista valtaosa sijaitsee Etelä-Suomessa. Kaasua myydään julkisilla tankkausasemilla kilohinnalla. Yksi kilokaasua vastaa noin 1,56 litraa bensiiniä ja 1,39 litraa dieseliä energiasisällöltään.

5.4 Biokaasun jalostus- ja tankkausasema

Biokaasureaktorin yhteyteen tankkaus- ja jalostusasema voisi olla varsin kannattava ratkaisu, koska biometaanin käyttö polttoaineena on ympäristöystävällisempi vaihtoehto fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna. Maatiloilla, joissa kaasun tuotanto on rajallista, kaasuntankkausasema voitaisiin toteuttaa omaan käyttöön hidastankkausmenetelmällä. Hidastankkausmenetelmällä tarkoitetaan kompressori yksikköä, joka paineistaa kaasun suoraan käyttökohteeseen. Tällöin tankkaamiseen kuluu huomattavasti pidempi aika kuin käyttäen korkeapaineisia esisäiliöitä, joita hyödynnetään julkisilla tankkausasemilla kuten kuvassa 14 näkyy.



Kuva 14 jalostetun biokaasun tankkaus julkisilla kaasuntankkausasemilla [25]

Ennen tankkausta kaasu täytyy jalostaa. Erilaisia kaasun jalostusmenetelmiä käytiin läpi kappaleessa 4. Tässä työssä arvioidaan, että pienillä maataloilla vesipesuri riittäisi jalostamaan biokaasu riittävän puhtaaksi liikennekäyttöön. Kaasua voitaisiin kierrättää laitteessa, jolloin riittävään metaanipitoisuuteen päästäisiin. Oletus tehtiin kirjallisuuteen perehtymisen ja keskusteluiden jälkeen. Vesipesurin etuihin kuuluu myös yksinkertainen rakenne, eikä kaasua tarvitse puhdistaa ennen jalostusta niin paljon verrattuna muihin menetelmiin. Vesipesuri vaatii vettä noin $10 \text{ l}_{\text{vettä}}/\text{m}^3_{\text{kaasua}}$ [17]. Tätä työtä tehdessä ei markkinoilta löytynyt vesipesuria, joka olisi tarkoitettu puhdistamaan kaasua tiloilla, joissa kaasunjalostuspotentiaali olisi rajoittunut $1,4 \text{ kg/h}$ ($2 \text{ m}^3/\text{h}$). Tämän takia seuraavassa kappaleessa käsitellään biokaasunjalostuslaitteiston rakentamiseen liittyviä lupavaatimuksia. Vesipesurin puhdistusteho ilmanpaineessa ei ole riittävä täyttääkseen standardissa SFS-EN 16723-2 Maakaasun ja biometaanin käyttö liikenteessä olevaa puhtausvaatimusta. kaasun metaanipitoisuudeksi jää noin 77–80 %, jos jalostus toteutetaan ilmanpaineessa [26]. Standardin mukaan kaasun vähimmäisvaatimus on 85 % metaania [27]. Standardin mukaisiin vaatimuksiin päättäkseen yksi mahdollisuus on nostaa vesipesurissa painetta kompressorin avulla, jolloin puhdistusteho kasvaa, ja päästäisiin riittävään metaanipitoisuuteen. Laitteet, jossa käyttöpainne on yli 0,5 bar yli ilmanpaineen luokitellaan painelaitteiksi ja niihin sovelletaan painelaitteasetuksen 1549/2016 mukaisia vaatimuksia.

6 BIOKAASUNJALOSTUS JA -TANKKAUSTASASEMAN RAKENTAMISEEN LIITTYVÄT LUVAT

Biokaasulaitoksiin sovellettavasta lainsäädännöstä on saatavilla laaja raportti esimerkiksi Malla2-hankkeen loppuraportista [28]. Tankkausaseman suunnittelussa ja toteutuksessa tarvitaan vastaavanlaisia lupia, koska kaasuntankkauksesta tulisi osa biokaasuprosessia, joten laitoksen muutostöistä täytyy ilmoittaa viranomaiselle, keltä on hakenut luvan reaktorinsijoittamiseen. Toimeksianto tähän työhön oli tarkastella pienimuotoista yksityiseen käyttöön tarkoitettua biokaasunjalostusta ja -tankkausta koskevia vaatimuksia, joten tarkastelu pyritään rajaamaan biokaasun tuloputkeen reaktorilta ja tankkausliittimen väliin. Biokaasu rinnastetaan hallinnollistenvaatimusten osalta maakaasuksi, jos sen metaanipitoisuus on vähintään 80 % kaasun kokonaistilavuudesta eli jalostettua biokaasua [29]. Liikennekäyttöön tarkoitettua kaasusta metaanipitoisuus täytyy olla vähintään 85 % kaasun kokonaistilavuudesta. Yleensä julkisilla tankkausasemilla kaasu tankataan korkeapainesäiliöistä, jotta tankkaus tapahtuisi mahdollisimman nopeasti. Niissä tapauksissa täytyy kaasunvarastointi huomioida tarkastelussa. Hidastankkauksessa paineistus tapahtuu suoraan käyttökohteeseen, joten korkeapainevarastoa ei tarvita. Lupiin vaikuttaa tankkausaseman maantieteellinen sijainti- ja ympäristö, sekä biokaasureaktorin koko. Tässä työssä ei kuitenkaan valittu tankkausasemalle tarkkaa sijaintia, joten alueellisia lupia nostetaan vain esille, muttei tarkkailla sen tarkemmin. Työssä ei myöskään määritelty tarkasti biokaasureaktorin kokoa, joten tarkkaa tarkastuslaitosta reaktoriin yhdistettävään tankkausasemaan ei voida määrittää. Tankkausasemanteknillisiä vaatimuksia sen sijaan voidaan tarkastella, siitä lähtökohdasta, millaisia asioita pitää huomioida.

6.1 Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta (390/2005)

Maakaasuputkistolle ja kaasulaitteille on laadittu varsin kattava lainsäädäntö, jota valvoo turvallisuus ja kemikaalivirasto. Maakaasuyhdistyksen mukaan keskeisin asetus on valtioneuvoston asettama asetus maakaasun (tai biokaasuun, jonka metaanipitoisuus on 80 % tai yli) käsittelyn turvallisuudesta (551/2009), joka perustuu lakiin vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta (390/2005) [30]. Taulukossa 1 on esitetty maakaasusetuksen 551/2009 mukaiset, Tukselle tehtävän ilmoituksen ja rakentamislupahakemuksen rajat (Lupa), sekä Seveso-direktiivin mukaisen toimintaperiaateasiakirjan (MAPP) ja turvallisuusselvityksen rajat (TS). [29] Taulukossa

1 ja 2 puhutaan kaasun yhtäaikaista varastointimäärästä tonnikilogrammoina. Taulukossa 1 käsitellään jalostettua biokaasua maakaasuasetuksen mukaan ja taulukossa 2 vaarallisten kemikaalien ja käsittelyn ja varastoinnin asetuksen mukaisesti. Liikennekäyttöön kelpaavan kaasun varastoinnissa tilalla tulee huomioida taulukko 1.

Taulukko 1 vaarakategorian rajat [29]

Vaarakategoria	Ilmoitus Tukesille (t)	Lupa (t)	MAPP (t)	TS (t)
Maakaasu ja siihen rinnastettava biokaasu	0,2	5	50	200

Biokaasun valmistusta ja siihen välittömästi liittyvää teknistä käyttöä ja varastointia, koskevaa lupaa käsitellään, kuitenkin vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta annetun valtioneuvoston asetuksen (685/2015) mukaisesti. Taulukossa 2 raja arvot luvan käsittelijästä. Lupa kattaa valmistajan omalla alueella olevan reaktorin, kaasukuvun, puhdistusyksikön, komprimointiyksikön, pullokonttien täyttämisen ja kattilalaitoksella tapahtuvan kaasun polttamisen.[29] Tiloilla, jossa jalostettua kaasua ei varastoida korkeapaineisiin säiliöihin raja-arvot kaasun varastointimäärälle ovat korkeammat. Arvioidessa kelle ilmoittaa biokaasureaktorista, ja tai reaktoriin tehtävistä muutoksista täytyy kaikki tilalla olevat erityishuomiota vaativat aineet laskea mukaan. Maatiloilla biokaasun lisäksi sellaisia aineita voi olla esimerkiksi polttoöljy.

Taulukko 2 Biokaasun valmistukseen liittyvä lupamenettelyn arvionti [29]

Biokaasun valmistuksen lupamenettely	Ilmoitus pelastuslaitokselle	Lupa Tukesilta	Toimintaperiaate-asiakirjalaitos (lupa Tukesilta)	Turvallisuusselvityslaitos (lupa Tukesilta)
Puhdistamatonta biokaasua (metaanipitoisuus alle 80 %)	1 – alle 5 tonnia	5 – alle 10 tonnia	10 – alle 50 tonnia	Vähintään 50 tonnia

Puhdistus- ja jalostusyksikkö, sekä tankkaus on välittömästi biokaasuun liittyvää teknistä käyttöä, joten laitoksen muutostöistä täytyy myös ilmoittaa asianmukaiselle viranomaiselle. Taulukossa 2 ilmoitusraja pelastuslaitokselle on 1000 kiloa vaaralliseksi luokiteltavaa ainetta.

6.2 Ympäristönsuojelulaki ja ympäristölaki

Ympäristönsuojelulaki [31] on yleislaki, joka sisältää säännökset maaperän, ilman ja vesien suojelusta, sekä jätehuollosta maaperän pilaantumiseen ehkäisemisen kannalta. Ympäristöluvan lupamääräyksiä annettaessa otetaan huomioon paikalliset olosuhteet sekä tekniset ja taloudelliset mahdollisuudet toteuttaa ympäristöhaittoja vähentäviä toimenpiteitä. Ympäristölupahakemus toimitetaan toimivaltaiselle ympäristölupaviranomaiselle. Näitä ovat tilanteen mukaan alueellinen ympäristökeskus ja laitoksen sijaintikunnan ympäristönsuojeluviranomainen [6].

Ympäristöluvan tarve perustuu ympäristönsuojelulakiin ja sen nojalla annettuun ympäristönsuojeluasetukseen (713/2014). Asetuksessa on lista luvanvaraisista laitoskokonaisuuksista, joiden toiminta edellyttää ympäristöarvioinnin hyväksyttämisen valtion ympäristölupaviranomaisella. Polttoaineen valmistus on tällä listalla [32]. Maatilalla toimivalle biokaasureaktorille on todennäköisesti tehty ympäristöarviointia, joten tankkausaseman osalta arviontiin lisähuomiota tulee melusta ja jätöstuksista syntyvästä hiilidioksidista.

Suomen ympäristökeskuksen tekemästä raportista: *Maatalouden biokaasulaitoksen ympäristölupa*, löytyy tietoa ympäristöarvioinnin tekemisestä liittyen biokaasuun [33].

6.3 Maankäyttö ja rakennuslaki

Maankäyttö- ja rakennuslaissa säädetään alueiden ja rakennusten suunnittelusta, rakentamisesta ja käytöstä. Laki edellyttää kunnat laatimaan alueiden käytön järjestämiseksi ja ohjaamiseksi yleiskaavoja ja asemakaavoja. Yleiskaavassa osoitetaan kunnan alueiden käytön pääpiirteet ja asemakaavassa osoitetaan rakentamisen pääpiirteet [34]. Asemakaavan noudattamista valvoo kunnan asettama viranomainen, jonka alaisuudessa toimii eri nimikkeellä olevia tarkastajia. Esimerkiksi Oulussa rakennusvalvonnan viranomaistehtävistä huolehtii Oulun kaupungin rakennuslautakunta, joka voi siirtää päätösvaltaa alaiselleen Oulun rakennusvalvonnan viranhaltijalle [35]. Limingassa toisaalta kunnan rakennusvalvontaviranomaisena toimii tekninen lautakunta, jonka alaisuudessa toimii tarkastusarkkitehti [36]. Rakennuslupaa haetaan kaupungilta tai kunnalta, joissain tapauksissa pelkkä ilmoitus kunnan rakennusvalvontaviranomaiselle riittää.

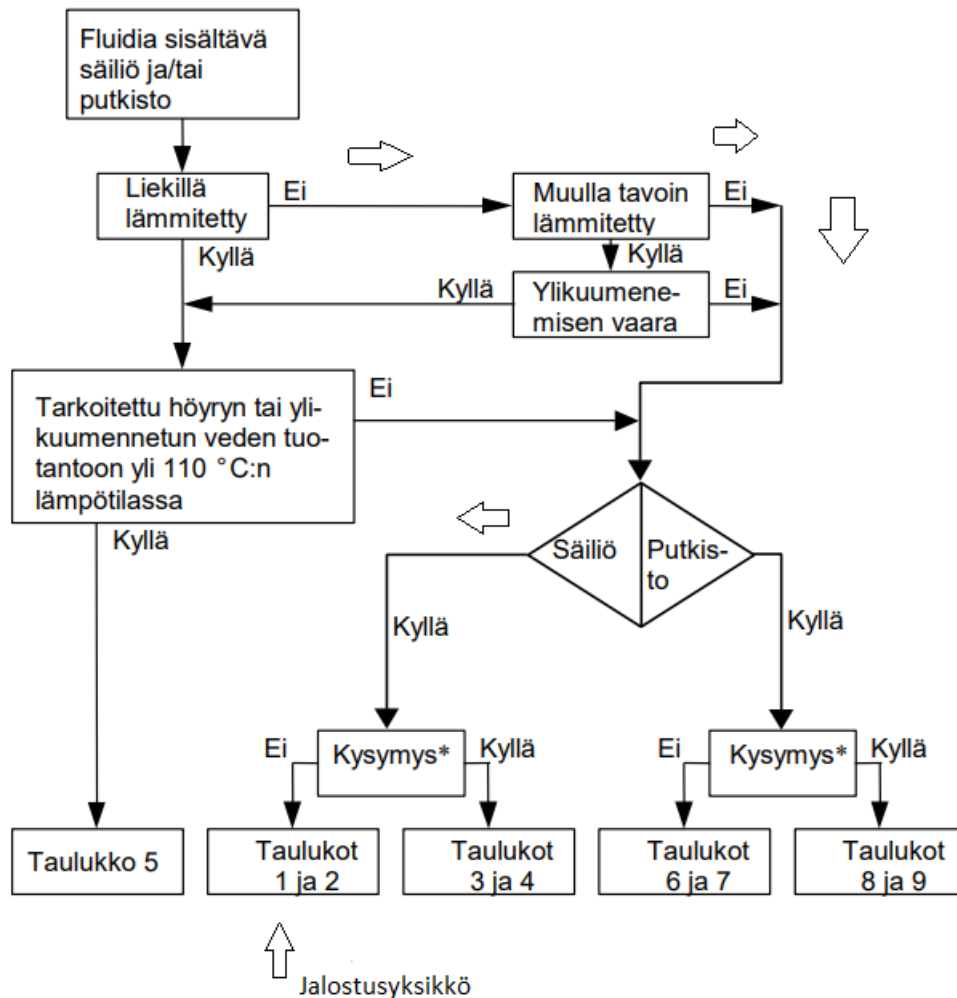
6.4 Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017)

Asetusta sovelletaan uuden rakennuksen rakentamiseen sekä rakennuksen laajentamiseen tai sen kerrosalaan laskettavan tilanlisäämiseen. Asetusta sovelletaan myös rakennusten korjaus- ja muutostyöhön, jos rakennus tai sen osa muuttuu töiden seurauksena paloturvallisuuden kannalta vaarallisemmaksi ja rakennuksen paloturvallisuuden parantaminen on sen vuoksi perusteltua korjaus- ja muutostyön laatu ja henkilöturvallisuuden vaarantumisen estäminen huomioon ottaen.[37] Biokaasun tankkausasemilla asetusta sovelletaan erityisesti suojarakenteiden ja katoksien tekemisessä.

6.5 Painelaitedirektiivi 2014/68/EU

Direktiiviä sovelletaan painelaitteisiin, jolla tarkoitetaan säiliötä, putkistoa ja muuta teknistä kokonaisuutta, jossa on tai johon voi kehittyä ylipainetta [38]. Kompressorit on tehty paineenkorottamista varten, joten tarkastelu ei koske niitä. Tankkausasemalla hyödynnetään ylipainetta kaasun tankkauksessa ja biokaasun jalostuksessa. Suomessa painelaitelaki on säädetty EU:n painelaitedirektiivin mukaisesti ja asetettu valvovaksi viranomaiseksi Turvallisuus- ja Kemikaalivirasto. Painelaitelakia on tarkennuttu *valtioneuvoston asetuksella painelaitteista 1549/2016*, josta löytyy eri menettelykäytäntöjen raja-arvot. Raja-arvot on ilmoitettu baarilitroina -eli arvointiin vaikuttaa teknisen kokonaisuuden paine (bar) ja tilavuus (litra). Käsiteltävä aine huomioidaan myös menettelyjen arvioinnissa.

Aluksi valittiin *painelaitedirektiivi 2014/68/EU* liitteestä 2 löytyvistä taulukoista tankkausaseman jalostusyksikköön sopiva taulukko. Taulukoita on yhteensä yhdeksän, joista osa on tarkoitettu lämpökattiloille sekä vaarattomille aineille. Taulukon valinta perusteet löytyvät kuvasta 15.



Kuva 15 Painelaitedirektiivin vaatimustenmukaisuuden valinta kriteerit [39]

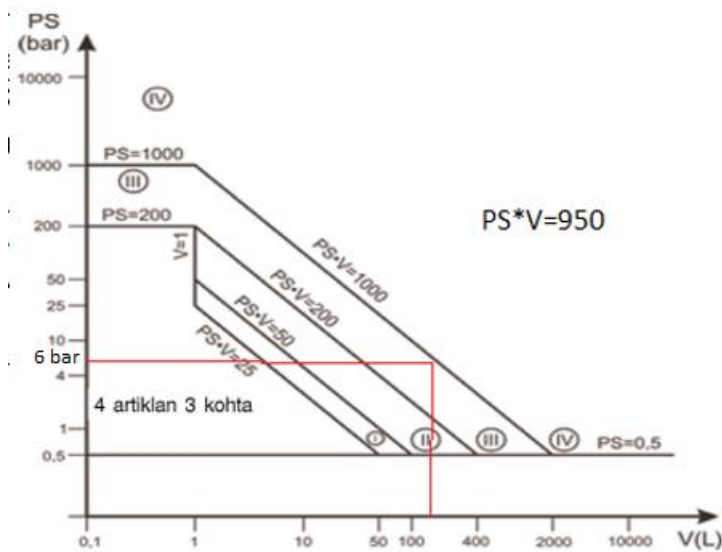
Kuvan 15 kysymys* kohta viittaa siihen missä olomuodossa aine säiliössä tai putkistossa on. Karkeasti olomuodot voidaan jaotella kaasuun tai nesteeseen ja näiden osalta vielä vaaralliseen kaasuun tai nesteeseen. Jalostusyksikössä voi olla myös nestettä ja kaasua yhtä aikaa riippuen valitusta jalostustekniikasta. Käytännössä vesipesutekniikkaa taulukko valitaan vaarallisemman sisällön mukaan, joka biokaasun tapauksessa on metaani.

Kuvan 15 perustella valikoitui taulukko 1, joka on tarkoitettu vaarallista kaasua sisältäville säiliöille. Jalostusyksikkö, joka rakennetaan erillisistä säiliöistä ja niitä yhdistää putkisto muodostaa painelaitetekonaisuuden. Kuvassa 16 arvioidaan taulukon avulla mihin vaatimusluokkaan painelaitetekonaisuus kuuluu. Vaatimusluokkia on yhteensä 5. Työhön annetut tekniset tiedot oli jalostukseen käytettyjen säiliöiden tilavuudet 60 litraa ja 40 litraa, sekä putkikoko DN25. Paineeksi arviottiin 6 bar ja laitteiston sisältämä aine olisi metaani.

$$(40 \text{ l} + 60 \text{ l}) * 6 \text{ bar} + (10 \text{ m DN25}) * 6 \text{ bar} = 720 \text{ barl}$$

Kaava 2

Näiden arvojen perusteella vaatimusluokka on kolme, jonka rajat menevät 200 barl – 1000 barl. Laitteiston kokoa voisi kuitenkin kasvattaa melkein tuhanteen baarilitraan ilman luokituksen muutumista. Tämä voisi olla perusteltua esimerkiksi vesipesutekniikkaa käyttäessä säiliöiden jälkeen kaasu täytyy kuivata. Kaasusta täytyy saada myös tyyppi pitoisuus mahdollisimman alhaiseksi, jolloin prosessiin on lisättävä siihen soveltuva puhdistustekniikka. Tästä syystä kuvassa 16 käytetään 950 barl arvoa arvioidessa jalostusyksikön rakentamiseen liittyviä vaatimuksia.



Kuva 16 Biokaasun jalostuskolonnin vaatimusluokitus painelaitedirektiivi 2014/68/EU liitteen II taulukon 1 mukaan [40]

Jalostuskolonnin osalta valmistaja hakee EU-suunnitelmatarkastuksen vastuulliselta tarkastuslaitokselta. Valmistaja soveltaa hyväksytyä laatujärjestelmää tuotannossa, lopputarkastuksessa ja testauksessa (esimerkiksi EN-ISO 9001:2000 mukaisesti) ja varmistaa ja vakuuttaa, että kyseiset painelaitteet ovat EU-tyyppitarkastustodistuksen tai EU suunnitelmatarkastustodistuksen mukaisia. [41] EU-tyyppitarkistus voidaan toteuttaa valmiin tuotteen tarkastuksella (tyyppitarkistus) tai tuotteen teknisen suunnittelun asianmukaisuutta arvioidaan teknisten asiakirjojen avulla (suunnittelutyyppi). Tuotetta voidaan arvioida myös tuotantotyyppin ja suunnittelutyyppin yhdistelmällä. [42]

EU-suunnitelmatarkistus edellyttää tekniset asiakirjat. Asiakirjojen perusteella on voitava arvioida, onko tuote asiaankuuluvien vaatimusten mukainen ja niihin on sisällytettävä asianmukainen analyysi ja riskiarviointi. Asiaankuuluvat vaatimukset voidaan todeta käyttämällä yhdenmukaistettuja standardeja. Teknisissä asiakirjoissa tulee olla yleinen kuvaus, rakenne- ja valmistuspiirustukset

sekä komponenttien, osalaitteistojen, piirien kaaviot. Piirustukset ja kaaviot täytyy olla selitettynä ymmärrettävästi. Asiakirjassa täytyy myös esittää suoritettut suunnittelulaskelmat ja tulosten tarkastukset, sekä lähdeluettelo, jossa ilmenee mitä standardeja tai muita asianmukaisia teknisiä eritteilyjä on käytetty. Valmistajan on toteutettava kaikki tarvittavat toimenpiteet, jotta tuotteeseen sovellettavat säädökset ovat vaatimuksien mukaisia. [42]

6.6 Biometaania koskevia standardeja

Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) sivuilta löytyy lista maakaasua ja biometaania koskevista standardeista. Standardit liitteessä 1. Näitä standardeja käyttäessä, täytyy vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyturvallisuutta koskevat säännökset [43]. Luettelossa on standardeja esimerkiksi muovisista kaasuputkista, käyttöputkista, tankkauksesta ja metaanin laatuvaatimuksista. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto on veloitettu päivittämään listaa noin vuoden välein. Biometaanin tankkausaseman suunnittelussa ja toteutuksessa on huomioitava kuitenkin kaikki kohteeseen soveltuvat standardit, joten lista on vain suuntaa antava. Esimerkiksi tässä tapauksessa tankkausaseman yhteyteen tulee jalostusyksikkö, joten painelaitestandardit täytyy huomioida myös valittujen jalostustapojen osalta. Standardien käyttöä joudutaan arvioimaan suunnittelussa tapauskohtaisesti, koska ympäristö vaikuttaa myös suunniteluun esimerkiksi voimalinjat. Alla olen nostanut muutaman oleellisen standardin liitteenä 1 olevasta listasta.

6.6.1 SFS-EN 16723-2 Maakaasun ja biometaanin käyttö liikenteessä ja biometaanin syöttö maakaasuverkkoon. Osa 2: ajoneuvojen polttoaine vaatimukset

Tämä eurooppalainen standardi määrittelee liikennepolttoaineeksi tarkoitetun maakaasun ja biometaanin, sekä näiden kaasujen seikoituksen laatuvaatimukset ajoneuvojen polttoaineena. Standardissa puhutaan myös näytteenottomenetelmistä. Kaasut jaotellaan kahteen ryhmään L kaasu ja H kaasu. L kaasun metaanipitoisuus on noin 85 % ja H kaasun metaanipitoisuus puolestaan yli 92 %. Jalostaessa biokaasua liikennekäyttöön soveltuvaksi täytyy lopputuotetta testata, jotta päästään standardissa esitettyihin viitearvoihin. Ilman hajustamista biometaani voi tyypillisesti täyttää keskimääräisen matalarikkisen polttoaineen vaatimukset ($10 \text{ mg}/\text{m}^3$). Biometaanin hajustus kuitenkin lisää rikinmäärää, koska useimmat käytetyt hajusteet ovat rikkipitoisia. [44]

6.6.2 SFS-EN ISO 16923:2018: en Natural gas fuelling stations. CNG stations for fuelling vehicles

Standardin nimessä oleva CNG (compressed natural gas) tarkoittaa paineistettua maakaasua. Standardia sovelletaan muihinkin kaasuihin kuten biometaaniin. Standardi sisältää tankkausaseman suunnittelun, rakentamisen, operoinnin, tarkistukset ja ylläpidon. Lisäksi standardissa on huomioitu laitteet, turvallisuus ja ohjausjärjestelmät. Asiakirja koskee myös tässä työssä tarkasteltavaa hidastankkausjärjestelmää sekä yksityistä tankkausasemaa. [45]

7 BIOKAASUTANKKAUSASEMAN TURVALLISUUS

Biokaasutankkausaseman rakeenteelisiin vaatimuksiin ohjeena käytettiin Tukesin, Suomen kaasuhydistys ja Suomen maakaasuhydistyksen tekemiä suunnitteluohjeita [25,46,47]. Suunnitteluohjeita sovelletaan kaasukäyttöisten ajoneuvojen tankkausasemien suunnitteluun ja rakentamiseen. Ohjeet koskevat kaupalliseen käyttöön tarkoitettuja asemia [25]. Yksityiseen käyttöön tarkoitettua biokaasun tankkausasemaa ohjeet eivät suoraan koske. Ohjeita käytetään kuitenkin esimerkkinä huomiotavista asioista tankkausasemaan koskien.

7.1 Suunnittelussa huomioitavia asioita

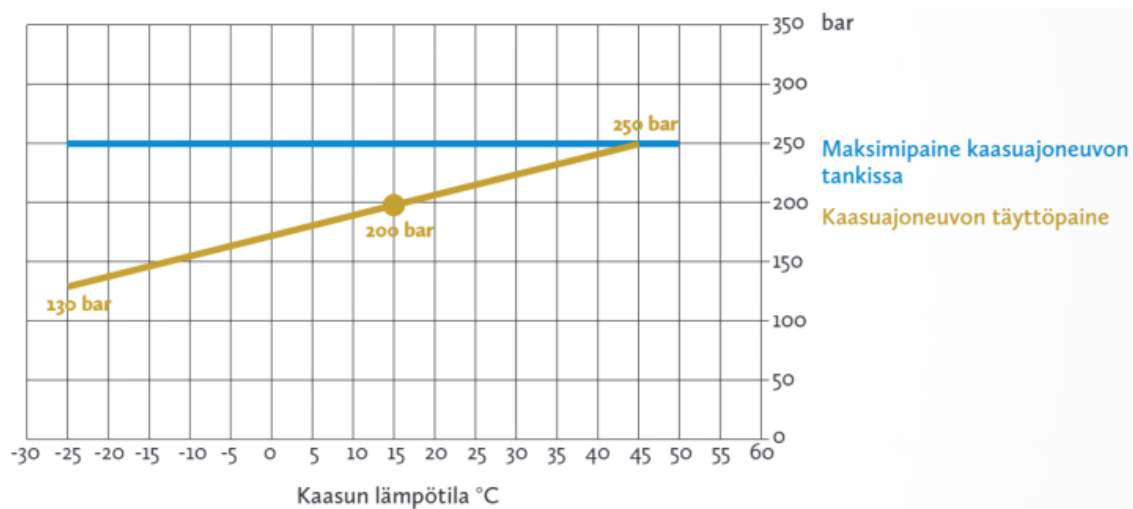
Kaasun tankkausasema tulee varustaa turvajärjestelmällä, jolla estetään suurimman sallitun paineen ylittyminen ja sallittujen lämpötilojen ylittyminen tai alittuminen. Suunnittelulämpötiloina tulee käyttää sisällä +40°C / - 10°C ja ulkona +40°C / - 40°C. Tankkausasema on voitava eristää turvalisesti tuloputkeen sijoitettavalla pääsulkuventtiilillä. Tankkausaseman suojarakenteiden tulee olla palamatonta materiaalia ja rakenteeltaan sellaista, ettei kaasu keräänty rakennusten sisälle tai rakenteisiin. Suojarakennus on hyvä myös varustaa jatkuvatoimisella vuotokaasun ilmaisemisella. Asemalle kuuluu sijoittaa alkusammutuskalusto ja toimintaohjeet hätätilanteita varten, jotta jokainen osaa toimia hätätilanteen tullessa esimerkiksi lomittajat. [46]

7.1.1 Hajustaminen

Kaasuvuotojen huomaamiseksi jalostettu biokaasu hajustetaan. Raakabiokaasulla on tunnistettava hajua, joka kuitenkin katoaa jalostuksen myötä. Hajusteena käytetään mm. tatrahydrotiofeeniä (THT). Hajustetta tulee lisätä riittävästi, jotta kaasu on aistittavissa kaasupitoisuuden ollessa 20 % alemmasta metaanin syttymisrajasta. Tetrahydrotiofeeniä käytettäessä hajusteaineen määrä on noin 10 mg/Nm³ biokaasua. [47]

7.1.2 Lämpötilakompensaatio

Lämpötilakompensaation tarkoituksena on varmistaa, ettei ajoneuvojen kaasusäiliöidenpaine missään tilanteessa ylitä sallittua paineta. Kaasu laajenee lämpötilan noustessa, joten jos ympäristön lämpötila nousee, kaasu laajenee autontankissa ja paine voi nousta vaarallisen korkeaksi. Käytettävä täyttöpaine valitaan lämpötilan mukaan, siten että paine +15 °C:n lämpötilassa on 200 bar. Lämpötilasta riippumaton maksimikäyttöpaine on 250 bar alla olevan kuvan mukaisesti. [47]



Kuva 17 kaasun lämpötilakompensaatio lähde suunnitteluohje maa- ja biokaasun tankkausasemille, kaasuyhdistys [46]

7.2 Suojaetäisyydet

Suojaetäisyyksillä pyritään minimoimaan mahdolliset vahingot ympäröiviin rakennelmiin, ympäristöön ja ihmisiin, jos onnettomuus tapahtuu. Suojaetäisyyksiin vaikuttavat tekijät ovat, ympärillä olevat rakennukset, muu rakennettu ympäristö, suojarakenteet, tekniset ratkaisut, räjähdyspaineen sekä lämpösäteilyvaikutusten suunta [46]. Metaanin varastointimäärä ja – tapa vaikuttavat myös suojaetäisyyksiin, mutta en tarkastele niitä tässä työssä.

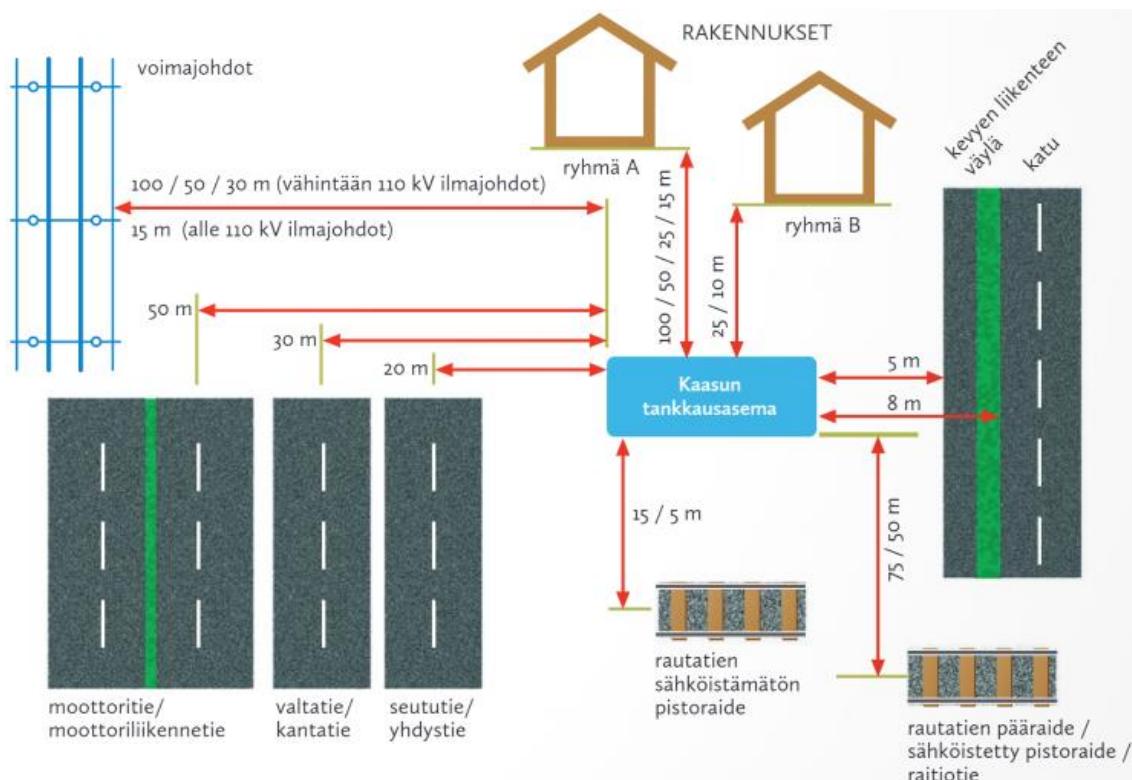
Suojaetäisyyksiin vaikuttavia tekijöitä ovat tankkausaseman ympärillä olevat rakennukset ja niiden käyttötarkoitukset. Ympärillä olevat rakennukset jaetaan ryhmään A tai B niiden käyttötarkoituksen mukaan. Ryhmään A kuuluu, kokoontumiseen tarkoitettut rakennukset ja asuinkerrostalot. Ryhmään B kuuluu asuinhuoneistot ja muut kuin asumiseen tarkoitettut rakennukset.[46] Maatila ym-

päristöön rakennettavan kaasuntankkausaseman ympärillä todennäköisesti on ryhmän B rakennuksia. Tankkausasema tulee sijoittaa siten, että alle olevassa taulukossa 3 olevat suojaetäisyydet täyttyvät.

Taulukko 3 Suojaetäisyydet lähellä oleviin rakennuksiin ohjeesta kaasuntankkausosien suunnitteluun [46]

Tankkausasema (Luokka)	Rakennukset Ryhmä A	Rakennukset Ryhmä B
Siirtoputkisto (I)	50	25
Jakeluputkisto/biometaaniputkisto (II.1)	25	25
Jakeluputkisto/biometaaniputkisto (II.2)	15	10
Siirtokontti (III)	50	25
LNG/LBG -säiliö (IV)	100	25

Taulukossa 3 olevista vähimmäisetäisyyksiä voidaan poiketa suojamuuriratkaisuilla. Suojamuurit ovat painevaikutuksia ja lämpösäteilyä rajaavia rakenteita. Suojamuurin paloluokka tulee olla EI 120 tai suurempi.[46] Muita huomioitavia suojaetäisyyksiä kuvassa 20. Maatalousympäristössä rakennukset kuuluvat luokkaan B.



Kuva 18 vähimmäisetäisyydet kulkuväyliin ja voimajohtoverkoston [46]

7.3 Suojarakennukset ja katokset

Kaasun tankkausaseman teknisissä rakennuksissa ja katoksissa käytettävien rakennustarvikkeiden tulee olla paloluokituksestaan riittäviä. Rakenteiden tulee olla sellaisia, ettei kaasu kerääny niihin tai jää rakennusten sisälle.[46] Suojarakennus on hyvä myös varustaa jatkuvatoimisella vuotokaasun ilmaisemisella. Kaasuilmaisimiin voidaan kytkeä hälytys ja toimenpiteet seuraavasti: Metaanipitoisuus saavuttaa 20 % metaaniin alemmasta syttymisrajasta, ilmanvaihto tehostuu, metaanipitoisuus ylittää 40 % alemman syttymisrajan prosessi pysähtyy, mutta ilmanvaihto jatkuu [46].

7.4 tankkausliittimet

Jakelumittari voidaan sijoittaa jalustalle tai seinään sopivan paikan löydyttyä. Kaasuletku tulee varustaa letkurikkoventtiilillä, joka katkaisee kaasuvirtauksen letkurikon yhteydessä. Jos kaasua varastoidaan, tulee jakelumittarin ja varaston väliin sijoittuvaan kaasuputkeen asentaa sulkuventtiili. Jakelumittari varustetaan lämpötilakompensoidulla täyttöjärjestelmällä. Lämpötilakompensointi voi olla kompressorisyksikön yhteydessä. Tankkausliittimen tulee olla tyyppiä NGV1 tai NGV2. Laitteiston tulee olla tyyppihyväksytty ja laitteisto täytyy varmentaa tarkastuslaitoksen toimesta, että ne toimivat luotettavasti. Jakelumittarit tulee tarkistaa käyttöönoton jälkeen kahden vuoden välein. [46] Alla olevassa kuvassa 21 on kaksi erilaista mahdollista liittintä.



Kuva 19 Biokaasun tankkausliitin CT1000 sarjan itsekäyttösuutin NVG1 tyyppi 1 [48]

7.5 Putkisto

Kaikkien biokaasun kanssa kosketuksissa olevien materiaalien ja laitteistojen tulee soveltua bio-kaasulle. Soveltuvuudesta tulee saada asianmukainen selvitys laitteidentoimittajalta. PE-muovi on yleisin ja soveltuvin materiaali maanalaisille biokaasuputkistoille laitokselta pois. Maan pinnalla ja laitosten sisällä olevat putkistot tehdään pääasiallisesti haponkestävästä teräksestä. Tyypillisiä teräslaatuja ovat AISI 316L/EN 1.4404.[47] Putkistoon tulee sijoittaa varoventtiileitä, ja ulospuhallusputket ongelmatilanteiden varalta. Tankkausasemalla tulee olla pääsulkuventtiilit, jolla asema voidaan eristää kaasulähteestä seuraavasti. Siirtoputkistossa vähintään 10 metriä ennen kompressoritilaa ja metaaniputkistossa, kompressoriyksikön suojarakennuksen ulkopuolella.[46]

7.6 Hidastankkaussysteemi

Hidastankkaus eli paineistuskäyttökohteeseen ei ole yleinen ratkaisu Suomessa pitkän tankkausajan takia. Hidastankkausjärjestelmän pääkomponentti on kompressor, jonka täytyy olla riittävän tehokas. Pienen mittakaavan hidastankkausasemia valmistaa esimerkiksi FuelMaker [49]. Esimerkiksi kuvan Phill on heidän tuotteensa.



Kuva 20 FuelMaker:n hidastankkausjärjestelmä [49]

Laitteen tekniset tiedot alla olevassa taulukossa 4.

Taulukko 4 FuelMaker:n hidastankkausjärjestelmän tekniset tiedot [49]

Technical data

Average flow rate	1,4 m ³ /h 1 kg/h
Output pressure	207/248 bar
Suction pressures	17-35 bar
Power supply	220 Volt AC single-phase , 50/60Hz
Average power consumption in a typical cycle	0.85 KWh
Compressor	4 stadi, OIL FREE
Dimensions	762x356x330 mm
Weight	43 kg
Operating temperature	-40°C / +46°C
Noise level	49 dBA @ 5m

Teknisistä tiedoista käy ilmi, ettei laite suoraan sovellu tässä työssä kuvattuun tankkausasemaan. Fuelmaker:n laitteen tulopaine on 17–35 bar, ja tässä työssä on tarkkailtu tankkausasemaa, jonka sisääntulo paine kompressorille olisi 6 bar.

8 BIOKAASUN TULEVAISUUDEN NÄKYMÄ

Suomi on ilmoittanut tavoitteekseen, että uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta on vähintään 51 prosenttia vuonna 2030 [50]. Uusiutuvia energialähteitä ovat muun muassa aurinkoenergia, vesivoima, tuulivoima, puuenergia, biovoima ja lämpöpumput. Vuoden 2022 lopussa uusiutuvien energialähteiden osuus kokonaiskulutuksesta oli 42,7 prosenttia, ja hiilineutraaliksi luokiteltavan ydinvoiman osuus oli 20,4 prosenttia. Suomen kokonaiskulutus samana tarkasteluajankohtana oli 95 683 GWh [51]. Sähkön tuotannossa Suomi on jo ylittänyt uusiutuviin energialähteisiin asetaman tavoitteensa, kuitenkin pohjoisen valtioneuvoston talvella Suomessa on kylmä -eli lämmitys on elintärkeä. Lämpöä Suomessa tuotetaan pääasiallisesti puubiomassasta ja kylmimpinä pakkaspäivinä tarvitaan varavoimaloita, jotka käyvät yleensä polttoöljyllä. Lämpöä voitaisiin tuottaa myös biokaasulla, jota voidaan valmistaa teollisuuden sivuvirroista, ravinnontuotannon sivuvirroista, maataloudessa, kaatopaikoilla- sekä jäteveden puhdistamoilla syntyvästä metaanista.

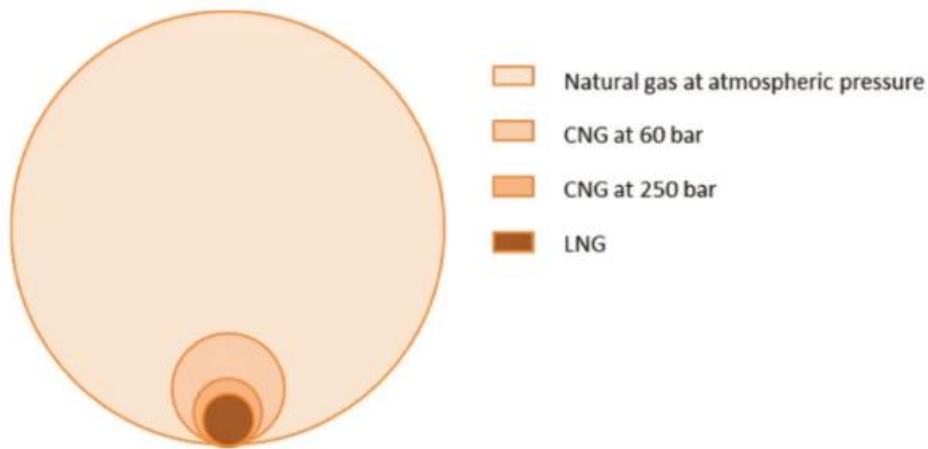
8.1 Biokaasu polttoaineena

Teoreettiseksi biokaasun energiapotentiaaliksi Suomessa on monenlaisia arvioita. Kaikkea biomassaa ei voida kuitenkaan teknisistä ja taloudellisista syistä hyödyntää, joten biokaasun teknistaloudellinen potentiaali on arviolta noin 10 TWh.[52]

Suomen Biokierto, Biokaasu ry ja SBB ovat tehneet tammikuussa 2020 laskelmia, joiden pohjalta he arvioivat, että vuoteen 2030 mennessä Suomessa on realistista tuottaa biokaasua 4–7 TWh verran. 4 TWh:sta riittäisi liikennebiokaasua noin 130 000 henkilöautolle tai 6000 raskaalle ajoneuvolle. [52] Suomessa oli vuonna 2021 liikennekäytössä noin 10 000 linja-autoa [53], joten kaasuautojen potentiaali vastaisi karkeasti Suomen liikennekäytössä olevista linja-autoista noin 60 %. Toinen potentiaalinen käyttökohde olisi maataloudessa toimivat työkoneet, kuten traktorit. Näin vältyttäisiin turhalta kaasun kuljettamiselta ja tehostettaisiin tilan omavaraisuutta. Jalostettubiokaasu voitaisiin hyödyntää myös sähkön- ja lämmöntuotantolaitosten polttoaineena esimerkiksi maasuunkorvikkeena.

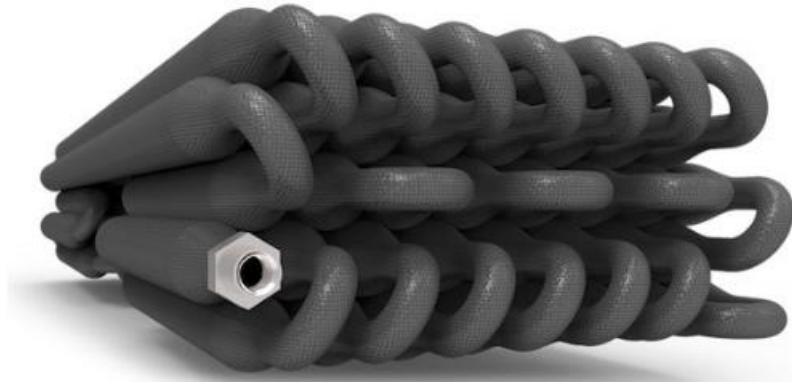
8.2 Biokaasun varastointi ajoneuvossa

Ajoneuvoissa metaani varastoidaan joko neste- tai kaasumuodossa. Nestemäinen metaani varastoidaan lievästi korotetussa paineessa. Kaasumaisena varastoitu metaani säilötään ajoneuvoissa tyypillisesti 200–260 bar paineessa. Metaanin tilavuus riippuu merkittävästi siitä, onko kyseessä normiolosuhteissa (lämpötila noin 20 celsiusastetta) ja ilmanpaineessa oleva metaani, 200 bar paineessa oleva metaani vai nesteytetty metaani. Kuvassa 23 havainnollistetaan, kuinka metaanin tiheys on riippuvainen paineesta ja lämpötilasta. [54].



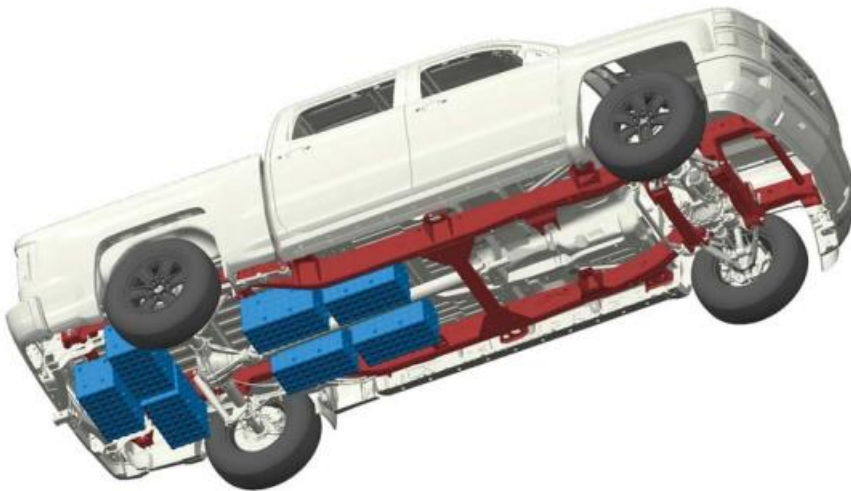
Kuva 21 maakaasun/metaanin tilavuudenvertailu eri olosuhteissa [54]

kuvassa LNG (liquid natural gas) tarkoittaa nesteytettyä maakaasua. Metaani on nestemäistä -164 celsiusuksen lämpötilassa. Biometaania voidaan varastoida usealla eritarkaisulla, kuten kaasuna matala- ja korkeapaineisena, nestemäisenä tai sitoutettuna kiinteään aineeseen. Henkilöautoissa ja työkoneissa käytetään tyypillisesti korkeapaineista kaasuväkästä. Tällä hetkellä saatavilla olevia kaasuautojen tankkityyppejä on teräksisiä, teräksen ja lasikuidun sekoituksia, sekä komposiittia. Kaasuautojen tankit ovat yleensä lieriönmuotoisia. Osassa ajoneuvoista, joissa kaasua vaaditaan paljon, isojen lieriönmuotoisten säiliöiden sijoittaminen kulkuneuvon rakenteisiin on haastavaa. Varastointitekniikkaa kehitetään kuitenkin jatkuvasti esimerkiksi kuvassa 24 on Wesport:n säiliö, joka muodostuu useasta pienestä lieriöstä, jotka ovat yhdistetty toisiinsa mahdollistaen erilaisia sijoittamismahdollisuuksia.



Kuva 22 Wesport:n kaasunvarastointi ratkaisu ajoneuvoissa [55]

myös REL on kehittänyt omanlaisena ratkaisun paineistetun kaasun säilöntään. REL:n idea perustuu laatikon sisällä olevaan putkistoon, kuten kuvassa 15.



Kuva 23 REL:n ratkaisu sijoitettuna lava-auton pohjaan kuvan tehnyt Odegard G.M. (2015) [56]

8.3 Biokaasualan hidasteet ja toimenpiteet

Työ- ja elinkeinoministeriölle tehty raportti käsittelee biokaasualaa vuonna 2020 ja siihen liittyviä ohjauskeinoja. Lisäksi tekstissä käsitellään raportin tehneen työryhmän näkemyksiä merkittävimmistä haasteista liittyen biokaasualaan. Työryhmän mukaan, biokaasualan merkittävin hidaste on biokaasun tuotantolaitoshankkeiden heikko kannattavuus. Kannattavuuteen vaikuttavat etenkin investointikustannukset, käyttö- ja huoltokustannukset sekä syötteiden ja lopputuotteiden hinnat.

Korkea investointikustannus on hidaste etenkin pienen mittakaavan laitoksissa, ja omalla maatilalla sijaitsevat laitokset, jotka eivät saa syötteistä porttimaksua. Investointitukea biokaasulaitoksille on myönnetty noin 25–40 % sijoituksen kokonaisarvosta. Maatilahankkeiden kokoa on rajoittanut Euroopan komission valtiontukisääntelyyn sisältyvä linjaus siitä, että maatalouden investointituella rahoitetuissa laitoksissa tuotettua energiaa ei voi myydä tilanulkopuolelle. Raportissa käy ilmi työryhmän pitävän tärkeänä biokaasualan riittävän tukemisen rahallisesti tulevaisuudessakin. Lisäksi alaan liittyvää epävarmuutta työryhmän mukaan tulee vähentää pitkäjänteisellä ja ennakoitavalla politiikalla. Työryhmän näkemyksen mukaan tulevan EU:n rahoituskauden kansallisessa CAP-strategiasuunnitelmassa valmistelussa tulee etsiä ratkaisuja, jotka edistävät maatalojen ja maaseutuyritysten mahdollisuutta tuottaa ja markkinoida biokaasua sekä käyttää ja jalostaa sitä, ja hyödyntää sivutuotteena syntyviä ravinteita.[57] CAP-strategiasuunnitelma on suunnitelma, jonka jokainen EU:n jäsenmaa laatii, ja tämän pohjalta jaetaan EU rahoitusta. Suomen CAP-strategiasuunnitelma vuosille 2023–2027 hyväksyttiin 31.8.2022 [58]. CAP-strategiasuunnitelmaan vuosille 2023–2027 on kirjattu hajautetusta energiantuotannosta ja maatalojen mahdollisesta energian myynnistä [59]. Hajautetulla energiantuotannolla tarkoitetaan, ettei energiantuotantoa keskitä suuriin laitoksiin, vaan lämpöä ja sähköä voi tuottaa useammat pienemmät energialaitokset. Esimerkiksi aiemmin mainitut maatilat biokaasulaitoksilla, sekä aurinko- tai tuulipuistossa.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän työn on tehnyt Joonas Rukajärvi Oulun ammattikorkeakoulun Energia- ja ympäristötekniikan opinnäytetyöksi. Työ on kirjallisuusselvitys yksityistä biokaasuntankkausasemaa koskevista direktiiveistä ja säännöksistä. Tarkastelun kohteena oli kuvitteellinen maatila, jossa on biokaasureaktori, ja jossa biokaasun hyödyntämistä haluttaisiin laajentaa ajoneuvokäyttöön. Reaktorista tuleva raakabiokaasu ei sovellu sellaisenaan liikennepolttoaineeksi, joten kaasu täytyisi puhdistaa ja jalostaa ennen tankkausta käyttökohteeseen. Tankkausasema ajateltiin toteutettavan hidastankkausmenetelmällä ilman korkeapaineista välivarastointia. Työ tehtiin yksityiselle konsultille, joka suunnittelee pienen kokoluokan tankkausasemia.

Tarkastelussa tultiin siihen johtopäätökseen, että tankkausaseman yhteyteen tuleva kaasunjalostusyksikkö täytyy rakentaa EU:n painelaitedirektiivin mukaisesti. Direktiivissä säädellään painelaitteille valmistus- ja viranomaisvaatimuksia. Johtopäätökseen tultiin, koska tällä hetkellä ei ole jalostusmenetelmiä, joilla kaasu saataisiin liikennekäyttöön kelpaavaksi ilmanpaineessa. Vesipesurijalostustekniikka on testattu laboratorio-olosuhteissa ilman säiliöiden paineistamista, jolloin kaasun metaanipitoisuudeksi on saatu 77–80 %. Standardissa SFS-EN 16723-2 määritellään liikennekäyttöön tarkoitetun biokaasun metaanipitoisuudeksi 85 %. Painelaitedirektiivin pohjalta Suomessa on laadittu painelaitelaki ja siihen sisältyvä painelaitteasetus. Painelaitteiden valmistus ja viranomaisvaatimuksia arvioidaan laitekoon, käsiteltävän aineen sekä prosessissa vallitsevan paineen mukaan. Työssä arvioitiin, että jalostusyksikkö olisi mahdollista toteuttaa alle 1000 bar:n laitekokoisuutena (bar tarkoittaen painetta ja l säiliön tilavuutta litroina). 1000 bar pidetään rajana, jonka jälkeen laitteistolle täytyy nimetä käytönvalvoja sekä varavalvoja ja tämä vähentää laitteiston kannattavuutta taloudellisesti. Arvio perustuu työn tilaajan antamiin lähtöarvoihin, jotka olivat kaasun puhdistukseen 40 litran säiliö ja jalostukseen 60 litran säiliö. Säiliötä yhdistäisi DN 25 putki, ja prosessissa vallitsisi 6 bar:n absoluuttinen paine. Näillä arvoilla biokaasunjalostusyksikkö kuuluisi direktiivin mukaan luokitteluryhmään kolme. Tällöin jokaisen prosessiin liittyvän osan on täytynyt valmistaa laitos, joka on hakenut tyyppihyväksyntää laitteilleen ja saanut niihin CE merkinnän. Jalostuslaitteistoa koottaessa täytyy laitteistokokonaisuus vielä sijoituspaikassa tarkistaa tarkastuslaitoksen toimesta. Tällainen tarkastuslaitos Suomessa on esimerkiksi Inspecta KIWI. Huomioitavia asioita tulee myös jalostuksessa syntyvän hiilidioksidin osalta, naapureiden etäisyyden osalta, sekä ympärillä olevien rakennuksien osalta näitä ei kuitenkaan tarkasteltu tässä työssä, koska tarkkaa paikkaa tankkausasemalle ei määritely.

LÄHTEET

1. Eklund Mats 2013. Falld Magdalena 18.3.2013. Towards a sustainable socio-economic system of biogas for transport: the case of the city of Linköping in Sweden. Journal of Cleaner Production. hakupäivä 15.5.2023.
2. Motiva 6.8.2020. Biokaasu. hakupäivä 28.4.2023. https://www.motiva.fi/ratkaisu/uusiuutuva_energia/bioenergia/biokaasu .
3. Motiva Oy 2/2013. Biokaasun tuotanto maatilalla, hakupäivä: 26.4.2023. https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf
4. Ikonen T. kompostointiopus. pohjois-Savon Martat ry. yhteinen juttu. hakupäivä 28.4.2023. https://www.ekokymppi.fi/media/ohjeet-ja-esitteet/kompostointiopus_a5-011116_web.pdf
5. Pakarinen Outi 2011. Methane and hydrogen production from crop biomass through anaerobic digestions. Jyväskylän yliopisto. hakupäivä 15.5.2023. <https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/40652/978-951-39-4460-5.pdf>
6. Latvala M. 2009. Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä (BAT). Suomen ympäristökeskus. hakupäivä 11.3.2023. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37998/SY_24_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y
7. Lehtomäki, A., Paavola, T., Luostarinen, S. & Rintala, J. 2007. Biokaasusta energiaa maatalouteen – raaka-aineet, teknologiat ja lopputuotteet. Jyväskylän yliopisto. Jyväskylä. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja. hakupäivä 12.3.2023. <https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/47694/978-951-39-3075-2.pdf?sequence>
8. Työterveyslaitos 20.4.2023. Metaani OVA-ohjeet. hakupäivä 28.4.2023. <https://ova.ttl.fi/metaani>
9. Ilmatieteenlaitos, Metaani, Artikkelit, Ilmasto-opas.fi, Hakupäivä 28.4.2023. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/metaani#references>
10. Ilmatieteenlaitos, Hiilidioksidi ja hiilen kiertokulku, Ilmasto-opas.fi, Hakupäivä 28.4.2023. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/hiilidioksidi-ja-hiilen-kiertokulku#references>

11. Petteri Juutti, 12.1.2022 Biovoimalan päästöistä ja vedystä tehtiin onnistuneesti polttoainetta Keravalla -se on uusi ja tarpeellinen keino ilmastokriisin hillitsemiseksi, YLE, Hakupäivä 28.4.2023. <https://yle.fi/a/3-12265099>
12. Työterveyslaitos, 12.07.2022, Rikki, OVA-ohjeet, Hakupäivä 28.4.2023. <https://ova.ttl.fi/rikki>
13. Työterveyslaitos, 12.07.2022 Typpi, OVA-ohjeet, Hakupäivä 28.4.2023 <https://ova.ttl.fi/typpi>
14. Huovari N., Rautanen J., Wihersaari M., 2008, Biokaasulaitoksen energiatase maatilojen biomassoja hyödyntävissä laitoksissa, Motiva oy, Hakupäivä 28.4.2023. https://www.motiva.fi/files/4005/Biokaasulaitosten_energiatase_maatilojen_biomassoja_hyodyntavissa_laitoksissa.pdf
15. Gasum, 23.10.2018, Biokaasun tuotannossa syntyy kotimaista lannoitteita, Hakupäivä 28.4.2023. <https://www.gasum.com/ajassa/tulevaisuuden-energia/2018/biokaasun-tuotannossa-syntyy-kotimaista-lannoitetta/>
16. *DI Heusala Timo, 14.4.2023, keskustelu, Kempeleen Shell huoltoasemalla*
17. Ahokas Mikko, Biokaasun käytön tekniset vaihtoehdot ja kannattavuus, Macon Oy, Hakupäivä 28.4.2023. https://www.oamk.fi/images/Hankkeet/KASVU/arvoketjujen_kuvaus_esitys_korjattu_mikko_20062022.pdf
18. Liljeblad Nina 1.2017, Biokaasun jalostus ja käyttö, kandidaatintyö, Oulun yliopisto, Hakupäivä 28.4.2023. <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201702251286.pdf>
19. Andersson Johan, 2013, Uppradering av biogas med aska från trädbänslen, Swedish University of Agricultural Sciences, Hakupäivä 28.4.2023. <https://nordkalk.fi/mita-maassa-tapahtuu-kun-sita-kalkitaan/>
20. Nordkalk, Mitä maassa tapahtuu, kun sitä kalkitaan?, Uutiset, Hakupäivä 28.4.2023. <https://nordkalk.fi/mita-maassa-tapahtuu-kun-sita-kalkitaan/>
21. Suomen kaasuyhdistys, Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, Biokaasun turvallisuusohje hakupäivä 26.3.2023. <https://www.kaasuyhdistys.fi/julkaisut/biokaasun-turvallisuusohje>
22. Suomen kaasuyhdistys, 2.2014, Maakaasun käsikirja Suomen maakaasuyhdistys ry Hakupäivä 28.4.2023. <https://www.kaasuyhdistys.fi/julkaisut/maakaasun-kasikirja/>
23. Elinkeino-, Liikenne- ja ympäristökeskus, 23.2.2022, Bio-CHP- ja biolämpölaitokset Hakupäivä 28.4.2023. <https://www.ely-keskus.fi/web/uusiutuvan-energian-lu-paneuvonta/biolampolaitokset-ja-bio-chp-laitokset>

24. Roinila, Jukka 2019. Kaasun tankkaaminen. Kaasuautoilijat ry. Hakupäivä 26.4.2023. <https://kaasuautoilijat.fi/2019/07/24/tankkausverkosto/>
25. Suomen kaasuyhdistys. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Ohje kaasun tankkausasemille 26.3.2023. <https://www.kaasuyhdistys.fi/julkaisut/suunnitteluohje-maa-ja-biokaasun-tankkausasemille/>
26. Noorain R., Kindaichi T., Ozaki N., Aio Y., Ohashi A. 3.2019. Biogas purification performance of new water scrubber packed with sponge carriers. ScienceDirect. Journal of cleaner production. hakupäivä: 15.5.2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618339295?via%3Dihub>
27. SFS-EN 16723-2 Maakaasun ja biometaanin käyttö liikenteessä ja biometaanin syöttö maakaasuverkkoon. Osa 2: ajoneuvojen polttoaine vaatimukset Hakupäivä 28.4.2023
28. Taavitsainen, T., Kapuinen, P. & Survo, K. 2002. Maatalouden lietteiden ja lantojen keskitetyn käsittelyn mallinnus. MaLLa -hankkeen loppuraportti. Pohjois-Savon ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 20.3.2023
29. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Biokaasu. Hakupäivä 20.3.2023. <https://tu-kes.fi/teollisuus/maakaasu-ja-biokaasu/biokaasu>
30. Valtioneuvoston asetus. annettu Helsingissä 9.7.2009. Valtioneuvoston asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta. hakupäivä 28.4.2023 <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090551>
31. Eduskunnan päätös, 27.6.2014. Ympäristönsuojelulaki. hakupäivä 28.4.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>
32. Valtioneuvoston päätös 2014. Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta. annettu Helsingissä 4.9.2014. hakupäivä 26.4.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140713>
33. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 3.3.2013. Maatalouden biokaasulaitoksen ympäristölupa. Hakupäivä 26.4.2023. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42289/SYKEra_33_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y
34. Eduskunnan päätös 5.2.1999. Maankäyttö- ja rakennuslaki. hakupäivä 4.4.2023 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L7P54>
35. Oulun kaupunki 1.9.2017. Oulun kaupungin rakennusjärjestys hakupäivä 4.4.2023 <https://www.ouka.fi/documents/52058/17374409/Oulun+rakennusj%C3%A4rjestys+1.9.2017.pdf/3e5db375-9b03-48f1-9bbb-feba4b8068ea>

36. Limingan kunta 2017. Limingan rakennusjärjestys. hakupäivä 4.4.2023 <https://www.ouka.fi/documents/52058/17374409/Oulun+rakennusj%C3%A4rjestys+1.9.2017.pdf/3e5db375-9b03-48f1-9bbb-feba4b8068ea>
37. Ympäristöministeriö 2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017). hakupäivä 27.3.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848>
38. Eduskunnan päätös 16.4.2016. Painelaitelaki 16.4.2016/1144. hakupäivä 27.3.2023 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161144>
39. Painelaitedirektiivin 2014/68/ EU (PED) soveltamisohjeet. Dokumentti sisältää 31.5.2020 hyväksytyt soveltamisohjeet. hakupäivä 28.4.2023 <https://tukes.fi/documents/5470659/6372817/Painelaitedirektiivin+soveltamisohjeet/f503f680-7e9b-40ff-80a0-4b81f5f193bd/Painelaitedirektiivin+soveltamisohjeet.pdf?t=1593166894221>
40. Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto 15.4.2014. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/68/EU. hakupäivä 28.4.2023 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0068&from=fi>
41. SFS-EN-13445-7-Opas vaatimustenmukaisuusmenettelystä hakupäivä 7.4.2023
42. Euroopan parlamentin ja neuvoston päätös 9.7.2008. Euroopan parlamentin ja neuvosten yhteisellä päätöksentekomenettelyllä tekemät päätökset. hakupäivä 9.4.2023 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008D0768>
43. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 13.4.2018. Maakaasua ja biometaanian koskevat standardit. hakupäivä 15.4.2023 <https://tukes.fi/documents/5470659/8178747/Maakaasua+koskevat+standardit+2018.pdf/89fc574a-9a47-4b77-9980-f5e28273ef62>
44. SFS-EN 16723-2 Maakaasun ja biometaanin käyttö liikenteessä ja biometaanin syöttö maakaasuverkkoon. Osa 2: ajoneuvojen polttoaine vaatimukset. hakupäivä 28.4.2023.
45. SFS-EN ISO 16923:2018:en Natural gas fueling stations. CNG stations for fueling vehicles. hakupäivä 28.4.2023.
46. Maakaasuyhdistys 2015. Turvallisuus ja kemikaalivirasto. Suunnitteluohje maa- ja biokaasun tankkausasemille hakupäivä 24.3.2023 http://kaupunki.lohja.fi/Liitetiedostot/Rakennusvalvonta/Suunnitteluohje_maa_ ja_biokaasun_tankkausasemille.pdf

47. Suomen kaasuyhdistys, Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, Biokaasun turvallisuusohje hakupäivä 26.3.2023 <https://www.kaasuyhdistys.fi/julkaisut/biokaasun-turvallisuusohje>
48. OPW-Nozzles. CNG. hakupäivä 17.4.2023 <https://www.sherex.dk/wp-content/uploads/2020/04/OPW-Nozzles.pdf>
49. Fuelmaker, hakupäivä 28.4.2023 <https://www.cubogas.com/en/prodotto.html?c=FUELMAKER&p=Phill>
50. Motiva 11.8.2022. Uusiutuvan energian RED II-direktiivi. hakupäivä 18.4.2023 https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/direktiivit/uusiutuvan_energian_red_ii_-_direktiivi
51. Tilastokeskus. Energian kokonaiskulutus energialähteittäin 2022Q4. hakupäivä 28.4.2023 https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ehk/statfin_ehk_pxt_12st.px/table/tableViewLayout1/
52. Virolainen-Hynnä Anna 6.2020. Biokaasun tuotanto ja käyttö Suomessa 2030. Suomen biokierto ja biokaasu Ry:n julkaisuja. hakupäivä 18.4.2023 https://biokierto.fi/wp-content/uploads/2020/06/Biokaasu2030_raportti_17062020.pdf
53. Autoalan tiedotuskeskus 24.1.2022. Tilastot. hakupäivä 18.4.2023 https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/liikennekaytossa_olevat_autot
54. H.Berg 2018. Natural gas takes the role as a back-up fuel. Wärtsilä 22.5.2018. hakupäivä 26.4.2023 <https://www.wartsila.com/insights/article/natural-gas-takes-the-role-as-backup-fuel>
55. NGIF capital 2022. WESTPORT FUEL SYSTEMS COMPLETES THE DESIGN AND TESTING OF A NOVEL CNG TANK TECHNOLOGY. hakupäivä 27.4.2023 <https://www.ngif.ca/westport-fuel-systems-completes-the-design-and-testing-of-a-novel-cng-tank-technology/>
56. Odegard Gregory M., Predebon William W., van Susante Paulus, Zhanping You 2015. Structural analysis of integration of a non-cylindrical CNG fuel tank. Michigan technological University. hakupäivä 27.4.2023 https://www.researchgate.net/publication/304091197_STRUCTURAL_ANALYSIS_OF_INTEGRATION_OF_A_NON-CYLINDRICAL_CNG_FUEL_TANK
57. Huttunen Riku työryhmän puheenjohtaja 2020. julkaisun tekijät Työ- ja elinkeinoministeriö, maa- ja metsätalousministeriö, liikenne- viestintäministeriö ja valtiovaraministeriö 1.2020. Julkaisija Työ- ja elinkeinoministeriö. hakupäivä 27.4.2023

https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162032/TEM_2020_3_Biokaasuohjelmaa%20valmistelevan%20tyoryhman%20loppur%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

58. Maa- ja metsätalousministeriö 2023. CAP-suunnitelman toteutus käynnistynyt vaiheittain 1.1.2023 alkaen. Julkaisija maa- ja metsätalousministeriö. hakupäivä 27.4.2023 <https://mmm.fi/cap27/cap-suunnitelma>
59. YMP:n strategiasuunnitelmaraportti 21.7.2022. s.46 ”strategialausuma”. hakupäivä 27.4.2023 <https://mmm.fi/documents/1410837/12210688/Suomen+viimeistely+CAP-suunnitelma+2023-2027.pdf/667bf7ab-8af6-0afa-8c8e-ef5022178292/Suomen+viimeistely+CAP-suunnitelma+2023-2027.pdf?t=1658396108940>



15.2.2023 1 (8)

MAAKAASUA JA BIOMETAANIA KOSKEVAT STANDARDIT

Vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuutta koskevan lain (390/2005) 135 §:n mukaan Turvallisuus- ja kemikaalivirasto julkaisee luettelon niistä standardeista, joita noudattaen katsotaan tämän lain (390/2005) nojalla annettujen säännösten vaatimusten täyttyvän. Tätä luetteloa päivitetään noin kerran vuodessa. Standardien käytössä on kuitenkin aina noudatettava uusinta versiota.

Suomessa noudatetaan aina - 40 C vaatimusta alimpana ulkoympäristön suunnittelulämpötilana. Suunnittelussa ja toteutuksessa on huomioitava kaikki kohteeseen soveltuvat standardit, luettelon jaottelu on vain suuntaa antava.

Sisällys

1 Siirtoputkistot2

2 Jakeluputkistot ja muoviset kaasuputkistot3

3 Käyttöputkistot5

4 Nesteytetyn metaanin varastot ja laitteistot7

5 Tankkausasemat8

6 Metaanin laatuvaatimukset.....8

1 Siirtoputkistot

Standardi	Kuvaus	Julkaistu
SFS 5717	Maakaasun siirtoputkiston sijoittaminen suurjännitejohdon tai kytkinlaitoksen läheisyyteen	1992
SFS-EN 12186:en	Gas infrastructure. Gas pressure regulating stations for transmission and distribution. Functional requirements	2014
SFS-EN 12327:en	Gas infrastructure. Pressure testing, commissioning and decommissioning procedures. Functional requirements	2013
SFS-EN 12583:en	Gas Infrastructure. Compressor stations. Functional requirements	2022
SFS-EN 12732:en	Gas infrastructure. Welding steel pipework. Functional requirements	2021
SFS-EN 1594	Kaasuputkistot. Maksimikäyttöpaine yli 16 bar. Toiminnalliset vaatimukset	2014
SFS-EN 17649:en	Gas infrastructure. Safety Management System (SMS) and Pipeline Integrity Management System (PIMS). Functional requirements	2022
SFS-EN 1776:en	Gas infrastructure. Gas measuring systems. Functional requirements	2015

2 Jakeluputkistot ja muoviset kaasuputkistot

Standardi	Kuvaus	Julkaistu
SFS-EN 12007-1:en	Gas infrastructure. Pipelines for maximum operating pressure up to and including 16 bar. Part 1: General functional requirements	2013
SFS-EN 12007-2:en	Gas infrastructure. Pipelines for maximum operating pressure up to and including 16 bar. Part 2: Specific functional requirements for polyethylene (MOP up to and including 10 bar)	2013
SFS-EN 12007-3:en	Gas infrastructure. Pipelines for maximum operating pressure up to and including 16 bar. Part 3: Specific functional requirements for steel	2015
SFS-EN 12007-4:en	Gas infrastructure. Pipelines for maximum operating pressure up to and including 16 bar. Part 4: Specific functional requirements for renovation	2013
SFS-EN 12007-5	Kaasuputkistot. Maksimi käyttöpaine enintään 16 bar. Osa 5: Toiminnalliset vaatimukset talohaaroille	2014
SFS-EN 12186:en	Gas infrastructure. Gas pressure regulating stations for transmission and distribution. Functional requirements	2014
SFS-EN 12279	Kaasuputkistot. Paineenvähennyslaitteistot taloliittymissä. Toiminnalliset vaatimukset	2000
SFS-EN 12279/A1:en	Gas supply systems. Gas pressure regulating installations on service lines. Functional requirements	2006
SFS-EN 12327:en	Gas infrastructure. Pressure testing, commissioning and decommissioning procedures. Functional requirements	2013
SFS-EN 12732:en	Gas infrastructure. Welding steel pipework. Functional requirements	2021
SFS-EN 1555-1:en	Muoviputkijärjestelmät kaasumaisten polttoaineiden jakeluun. Polyeteeni (PE). Osa 1: Yleistä	2021
SFS-EN 1555-2:en	Muoviputkijärjestelmät kaasumaisten polttoaineiden jakeluun. Polyeteeni (PE). Osa 2: Putket	2021

SFS-EN 1555-3:en	Plastics piping systems for the supply of gaseous fuels. Polyethylene (PE). Part 3: Fittings	2021
SFS-EN 1555-4:en	Plastics piping systems for the supply of gaseous fuels. Polyethylene (PE). Part 4: Valves	2021
SFS-EN 1555-5:en	Plastics piping systems for the supply of gaseous fuels. Polyethylene (PE). Part 5: Fitness for purpose of the system	2021
SFS-EN 1776:en	Gas infrastructure. Gas measuring systems. Functional requirements	2015

3 Käyttöputkistot

Standardi	Kuvaus	Julkaistu
SFS-EN 12327:en	Gas infrastructure. Pressure testing, commissioning and decommissioning procedures. Functional requirements	2013
SFS-EN 12732:en	Gas infrastructure. Welding steel pipework. Functional requirements	2021
SFS-EN 15001-1	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, tarkastamiselle ja testaukselle.	2010
SFS-EN 15001-2	Kaasuputkistot. Kaasun käyttöputkistot teollisuudessa, käyttöpaineen ollessa yli 0,5 bar sekä teollisuudessa ja muualla käyttöpaineen ollessa yli 5 bar. Osa 2: Yksityiskohtaiset toiminnalliset vaatimukset käyttöönnotolle, käytölle ja kunnossapidolle	2009
SFS-EN 1775	Kaasuputkistot rakennuksiin. Maksimikäyttöpainee enintään 5 bar. Toiminnalliset suositukset	2008
<i>Huom.</i> Käyttöolosuhteiden ollessa SFS-EN 15001 arvojen ulkopuolella, metalliputkien asennuksessa tulee lisäksi noudattaa standardia SFS-EN 13480.		
SFS-EN 13480-1:2017/A1:2019:en	Metallic industrial piping. Part 1: General	2019
SFS-EN 13480-2:2017/A8:2021	Metalliset teollisuusputkistot. Osa 2: Materiaalit	2021
SFS-EN 13480-3:2017 + A1:2021 + A2:2020 + A3:2020 + A4:2021/Korjaus:2022	Metalliset teollisuusputkistot. Osa 3: Suunnittelu ja laskenta	2022
SFS-EN 13480-4:2017	Metalliset teollisuusputkistot. Osa 4: Valmistus ja asennus	2017
SFS-EN 13480-5:2017 + A1:2019 + A2:2021	Metalliset teollisuusputkistot. Osa 5: Tarkastus ja testaus	2021

6 (8)

SFS-EN 13480-6:2017/A1:2019:en	Metallic industrial piping. Part 6: Additional requirements for buried piping	2019
--------------------------------	---	------

4 Nesteytetyn metaanin varastot ja laitteistot

Standardi	Kuvaus	Julkaistu
SFS-EN 1473:en	Installation and equipment for liquefied natural gas. Design of onshore installations	2021
SFS-EN 13645	Nesteytetyn maakaasun laitteistot ja asennukset. Maalla olevien laitteistojen suunnittelu. Varastointikapasiteetti 5 -200 t	2002
SFS-EN 13458-1:en	Cryogenic vessels. Static vacuum insulated vessels. Part 1: Fundamental requirements	2002
SFS-EN 13458-2:en	Cryogenic vessels. Static vacuum insulated vessels. Part 2: Design, fabrication, inspection and testing	2003
SFS-EN 14620-1:en	Design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed steel tanks for the storage of refrigerated, liquefied gases with temperatures between 0 °C and -165 °C. Part 1: General	2007
SFS-EN 14620-2:en	Design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed steel tanks for the storage of refrigerated, liquefied gases with temperatures between 0 °C and -165 °C. Part 2: Metallic components	2007
SFS-EN 14620-3:en	Design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed steel tanks for the storage of refrigerated, liquefied gases with temperatures between 0 °C and -165 °C. Part 3: Concrete components	2007
SFS-EN 14620-4:en	Design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed steel tanks for the storage of refrigerated, liquefied gases with temperatures between 0 °C and -165 °C. Part 4: Insulation components	2007
SFS-EN 14620-5:en	Design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed steel tanks for the storage of refrigerated, liquefied gases with temperatures between 0 °C and -165 °C. Part 5: Testing, drying, purging and cool-down	2007

5 Tankkausasemat

Standardi	Kuvaus	Julkaistu
SFS-EN ISO 16923:2018:en	Natural gas fuelling stations. CNG stations for fuelling vehicles (ISO 16923:2016)	2018
SFS-EN ISO 16924:2018:en	Natural gas fuelling stations. LNG stations for fuelling vehicles (ISO 16924:2016)	2018

6 Metaanin laatuvaatimukset

Standardi	Kuvaus	Julkaistu
SFS-EN 16723-1	Maakaasun ja biometaanin käyttö liikenteessä ja biometaanin syöttö maakaasuverkkoon. Osa 1: Biometaanin laatuvaatimukset maakaasuverkkoon syötössä	2016
SFS-EN 16723-2	Maakaasun ja biometaanin käyttö liikenteessä ja biometaanin syöttö maakaasuverkkoon. Osa 2: Ajoneuvojen polttoaineiden laatuvaatimukset	2017
SFS-EN 16726:2015 + A1:2018	Kaasuputkistot. Kaasun laatu. Alaryhmä H	2018