

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kemia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma

Tutkintotyö

Jere Lehtinen

BIOKAASUN HYÖDYNTÄMINEN HÄPÖNNIEMESSÄ – ESISELVITYS

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2007

Yliopettaja Torolf Öhman
Uudenkaupungin vesi, valvojana Pertti Huovinen

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kemia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma

Lehtinen, Jere

Biokaasun hyödyntäminen Hápönniemessä -esiselvitys

Tutkintotyö

57 sivua + 9 liitesivua

Työn ohjaaja

Lehtori Torolf Öhman

Työn teettäjä

Uudenkaupungin Vesi, valvojana Pertti Huovinen

Huhtikuu 2007

Hakusanat

Biokaasun hyödyntäminen, mädätys, jätevesien puhdistus, biokaasuenergia ja biokaasun hyödyntämislaitteet

TIIVISTELMÄ

Tämän tutkintotyön tarkoituksena oli tutkia Uudenkaupungin Hápönniemen jätevedenpuhdistamon lietteen energiapotentiaalia. Selvitys tehtiin vuonna 2006 ja 2007. Sen teetäti Uudenkaupungin Vesi.

Tutkimuksella yritettiin selvittää lietteestä muodostuvan biokaasun energian hyödyntämistä sähköenergiana ja lämmityksessä erilaisilla tilastoilla ja laskelmilla sekä tutkia mahdollisen biokaasulaitoksen investoinnin takaisinmaksua ja kannattavuutta. Hyödyntämistä vertailtiin laitoksen aikaisemman sähkönkulutuksen ja kaukolämmön ennusteen näkökulmasta.

Selvityksellä saatujen tuloksien perusteella mädätyksellä käsitelty lietetonna tulee olemaan halvin menetelmä lietteenkäsittelyssä. Jos tarkastellaan suoraa takaisinmaksuaikaa, maksuaika on useita kymmeniä vuosia, joka on investointia harkittaessa liian pitkä. Ensin mainitun tuloksen perusteella investointi tulee olemaan kannattava.

THE TAMPERE UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Chemical and environmental engineering

Lehtinen, Jere

The utilization of biogas in Häpönniemi -pre research

Engineering Thesis

59 pages, 9 appendices

Thesis Supervisor

Lector Torolf Öhman

Commissioning company

Uudenkaupungin Vesi, Supervisor Pertti Huovinen

April 2007

Keywords

utilization/ exploitation of biogas, digestion, purification of waste water, biogas energy and utilization/ exploitation equipment of biogas.

ABSTRACT

The objective of this research was to study the energy potential of waste water sludge in Uusikaupunki's sewage treatment plant. The research was made 2006 and 2007.

Its orderer was Uusikaupunki's Vesi.

By this research was tried to clarify the biogas energy from the sludge and its utilization as electricity and heat in sewage treatment plant with help of different kinds of calculations and statistics. Profitableness and repayment period was tried to specify, too. Utilization was compared to place's earlier use of energy and prediction of district heat.

The processing of sludge by using digestion will be the cheapest alternative in the future compared to other chances. If we consider the direct repayment period, the period is dozens, which is too long time when the investment is planned. By the first mentioned the investment is profitableness.

ALKUSANAT

Tämä tutkintotyö on tehty Uudenkaupungin Veden toimeksiannosta Hápönniemen jätevedenpuhdistamolle ja opinnäytetyöksi Tampereen ammattikorkeakoulun prosessitekniikanosastolla kemiantekniikan lehtorin Torolf Öhmanin valvonnassa.

Kiitän ohjaavaa opettajaani ja puhdistamon vastaavaa hoitajaa Pertti Huovista sekä vesihuoltopäällikkö Jyrki Lammilaa heidän avustaan ja saamistani tiedoista. Lisäksi esitän kiitokseni myös muille ihmisille, jotka ovat auttaneet minua tarvitsemissani tiedoissa.

Tampereella maaliskuuta 2007

Jere Lehtinen

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
ALKUSANAT	4
SISÄLLYSLUETTELO	5
1 JOHDANTO	7
2 JÄTEVESIEN KÄSITTELY LYHYESTI	8
2.1 Yleistä puhdistuksesta	8
2.2 Mekaaninen käsittely	9
2.3 Kemiallinen käsittely	10
2.4 Biologinen käsittely	10
2.5 Lietteiden käsittely	10
3 HÄPÖNNIEMEN PUHDISTAMO	12
3.1 Prosessin kuvaus	12
3.2 Tulevaisuus	15
4 BIOKAASU	15
4.1 Yleistä biokaasusta	15
4.2 Biokaasun tuotanto	16
4.2.1 Yleistä tuotannosta	16
4.2.2 Biokaasun raaka-aineet, koostumus ja muodostumisen vaiheet	17
4.3 Anaerobinen hajoaminen	18
4.3.1 Mädätysprosessit	19
4.3.2 Mesofiilinen prosessi	21
4.3.3 Termofiilinen prosessi	21
4.4 Biokaasun hyödyt	21
4.4.1 Ympäristöhyöty	21
4.4.2 Taloudellinen hyöty	22
4.5 Biokaasun hyötykäyttö	23
4.6 Biokaasun tuotanto- ja hyödyntämislaitteet	24
4.6.1 Mädättämö ja välikaasuvarasto	24
4.6.2 Kaasun polttolaitteet, kattila ja generaattori	25
5 BIOKAASUN HYÖDYNTÄMINEN HÄPÖNNIEMESSÄ	30
5.1 Nykytilanne	30
5.2 Lietteestä saatavan biokaasun tuottopotentiali ja puhdistamotietoja	30
5.2.1 Nykyiset kustannukset	30
5.2.2 Biokaasusta saatava energia	36
5.3 Biokaasun käyttö Häpönniemessä	38
5.4 Mädätysreaktori ja biokaasun hyödyntämislaitteet	46
5.5 Investointiarviointeja	51
5.6 Lietteenkäsittelyn kustannustarkastelu	56
6 YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPITEET	57
LÄHTEET	59

LIITTEET

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

BOD₇ = Jäteveden biologinen hapenkulutus, mittaa jäteveden sisältämän liuenneen
orgaanisen aineen määrää

NH₄-N = ammoniumtyppi

TS = total solid = kuiva-aine

VS = volatile solid = kuiva-aineen hajoava/orgaaninen aines

Anaerobi = hapeton

CHP = Combined heat and power = yhdistetty lämmön ja sähköntuotanto

tn = tonni

1 JOHDANTO

Jätevesien käsittely on energiaa kuluttava prosessi. Siinä syntyy myös runsaasti lietettä, joka sisältää paljon orgaanista ainesta ja hyödynnettäväksi soveltuvaa energiaa.

Lietteen energia on peräisin orgaanisesta aineksesta, josta muodostuu erilaisilla tavoilla metaania. Keräämällä metaanikaasua mädätysprosessilla ja polttaen sitä on mahdollista tuottaa energiaa itse ja hyödyntää sitä taloudellisesti. Energiaa voidaan hyödyntää pelkässä sähkön- tai lämmöntuotannossa tai edellisten yhdistelmänä. Mädätyksellä on myös muita suuria etuja. Se pienentää poistettavan lietteen määrää, metaani ei vapaudu hallitsemattomasti ympäristöön ja hajuhaitat vähenevät.

Työ on ajankohtaisesti merkittävä, koska energianhinnan jatkuvasti kasvaessa pyritään omavaraisuuteen ja mahdollisimman ympäristöystävälliseen energiantuotantoon ja -käyttöön. Tämän vuoksi olisi hyödyllistä, mikäli voitaisiin tuottaa itse käytettävä energia tai ainakin osa siitä. Jätevesilietteen ja muun jätteen hyödyntäminen kaikella tavalla on tulevaisuudessa energiantuotannossa merkittävässä asemassa.

Työosiossa selvitettiin lietteestä saatava biokaasu ja metaani sekä sen sisältämä energian määrä. Näiden tietojen perusteella tutkittiin tuotettavan sähkön ja lämmön mahdollisia määriä sekä niiden käyttöä puhdistamalla. Tehtävänä oli tarkastella edellä mainittujen tietojen perusteella biokaasulaitoksen investoinnin suuruutta ja kannattavuutta.

2 JÄTEVESIEN KÄSITTELY LYHYESTI

2.1 Yleistä puhdistamisesta

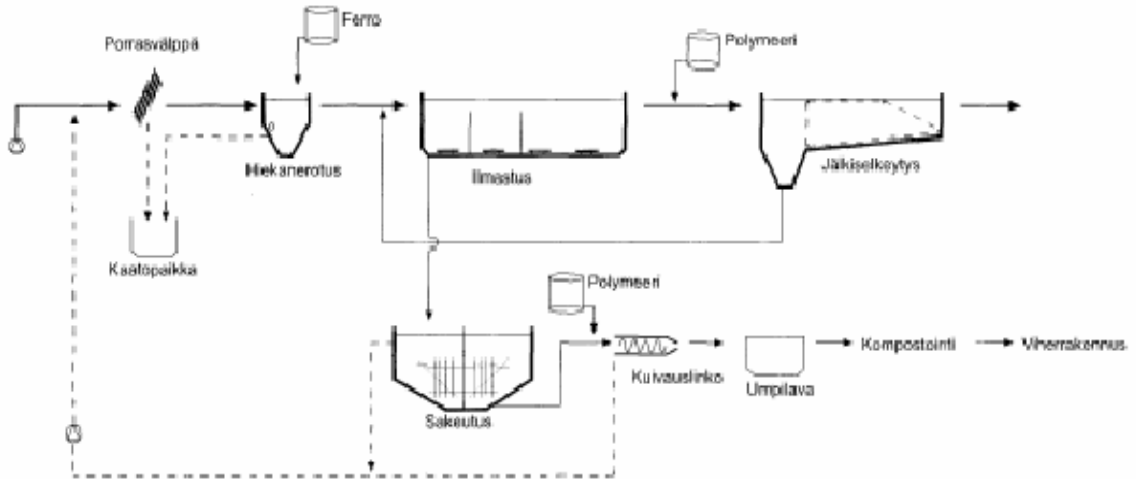
Jätevesien käsittely on erityisten menetelmien yhdistelmä, jolla poistetaan ravinteet ja orgaaninen aines jäte- ja viemäriveresistä, ennen kuin vedet johdetaan vesistöihin kuten jokiin, järviin tai meriin. Koska jätevedenpuhdistamoihin päätyvä vesi on käytetty tai se on likaantunut monella eri tavalla, se pitää puhdistaa, ennen kuin se johdetaan takaisin vesistöihin. Puhdistamoiden on käsiteltävä vedet niin, etteivät ne aiheuta purkuvesistöissä hygieenisiä riskejä tai muita haittoja. Puhdistamoiden käsittelyteho määräytyy ensisijaisesti purkuvesistöön tulevan kokonaiskuormituksen ja vesistöille asetettujen laatuvaatimusten perusteella. Yleensä asetetut laatuvaatimukset selviävät alueelle laaditusta vesiensuojelusuunnitelmasta.

/2, s.172; 16/

Puhdistamoihin johdetaan viemäriveresiä, jotka ovat peräisin kodeista sekä julkisista paikoista, kuten sairaaloista tai kouluista, ja kaupallisista tiloista, kuten ravintoloista tai kaupoista peräisin olevat vedet. Näiden lisäksi puhdistamoissa käsitellään hulevesiä, salaojavesiä ja tietynlaisia teollisuuden jätevesiä. Yleisin puhdistusmenetelmä on biologis-kemiallinen rinnakkaissaostus, jossa eloperäiset lika-aineet poistetaan biologisesti ja fosfori kemiallisesti käyttämällä rautasulfaattia saostuskemikaalina. Saostuminen tapahtuu samassa altaassa biologisen prosessin kanssa. On olemassa kuitenkin erilaisia tapoja, jossa toteutettavat puhdistustekniikat vaihtelevat. Nämä puhdistustekniikat vaihtelevat puhdistamokohtaisesti. Kuvassa 1 on esitetty eräs jätevesienkäsittelyprosessi./2, s.19; 18; 19/

Jätevedenpuhdistamoissa voidaan käyttää seuraavia puhdistustekniikoita tai kaikkien näiden yhdistelmiä:

- mekaaninen käsittely
- biologinen käsittely
- kemiallinen käsittely.

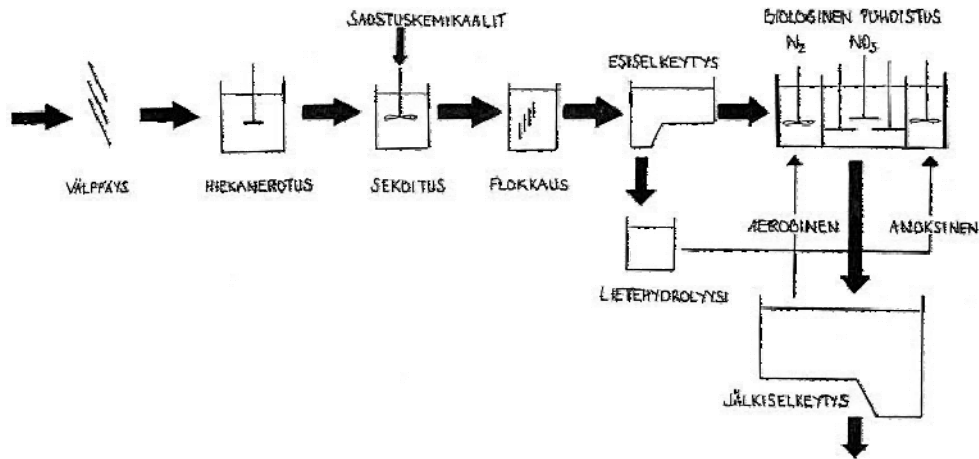


Kuva 1 Eräs jätevesien käsittelyprosessi/34/

2.2 Mekaaninen käsittely

Mekaaniset käsittelymenetelmät perustuvat veden ja sen sisältämien lika-aineiden fysikaalisiin ominaisuuksiin. Tämän vuoksi mekaanista käsittelyä kutsutaan myös fysikaaliseksi käsittelyksi. Mekaanisessa käsittelyssä yritetään poistaa vedestä kiintoainesta. Tästä syntyy lietettä, jonka muodostavat vedessä olevat laskeutuvat hiukkaset. Siinä voi olla kuituja, kahvinporoja, liukenemattomia ruoantähteitä, hienojakoista hiekkaa ja muita mineraaliaineita, ulosteita sekä kiintoaineseen sitoutunutta fosforia. Tämä ns. raakaliete on helposti mätänevä. Jos puhdistamossa on mädättämö, siitä saadaan suurin osa biokaasusta. Raakalietteen kuiva-ainepitoisuus on 2,5 - 5,5 % selkeytysaltaan lietetaskussa.

Mekaanisia puhdistusmenetelmiä ovat mm. välppäys, hiekanerotus, laskeutus, flotaatio, esiselkeytys ja suodatus. Kuvassa 2 on esitetty kyseisiä yksikköprosesseja. /2, s.47; 17; 20/



Kuva 2 Mekaanisia yksikköprosesseja jäteveden käsittelyprosessissa./32/

2.3 Kemiallinen käsittely

Kemialliset käsittelymenetelmät perustuvat kemikaalien reaktioon jäteveden yhdisteiden kanssa, joita lisätään puhdistusprosessiin. Kemiallisella käsittelyllä jätevedestä voidaan poistaa fosfori. Saostuskemikaalina fosforinpoistossa käytetään rauta- tai alumiinisuoloja./20/

2.4 Biologinen käsittely

Biologiset menetelmät perustuvat pieneliöiden kykyyn hajottaa ja käyttää ravinnokseen jäteveden sisältämää orgaanista ainesta. Biologisella menetelmällä poistetaan jäteveden sisältämiä ravinteita (fosfori, typpi) ja vesistössä happea kuluttavia aineita (BOD₇, NH₄-N). Biologiset menetelmät voidaan jakaa aerobi- ja anaerobiprosesseihin sen mukaan, tapahtuuko jäteveden puhdistaminen hapellisissa vai hapettomissa olosuhteissa. Biologisessa puhdistuksessa syntyy myös ylijäämälietettä, joka koostuu pääasiassa elävistä ja kuolleista mikrobeista./20; 21/

2.5 Lietteen käsittely

Puhdistusprosessista syntyy lietettä, joka on myös käsiteltävä puhdistamalla. Käsittelytapoja on erilaisia ja ne vaihtelevat puhdistamoittain.

Jäteveden käsittelyssä syntyvä liete sisältää runsaasti orgaanista ainesta ja kasvinravinteita. Näiden ohella lietteeseen jää raskasmetalleja mm. elohopeaa, kadmiumia ja lyijyä sekä mikrobeja. Nämä saattavat rajoittaa sen käyttöä maanviljelyksessä kuten myös tiukentuneet määräykset. /2, s.175; 16/

Jäteveden käsittelyprosesseissa vedestä poistettava aines saadaan useimmiten erotetuksi hyvin vesipitoisena lietteenä. Vesipitoisuus on yleensä 95 - 97 %, joka helpottaa sen siirtämistä. /2, s.178/

Jäteveden käsittelyssä syntyy erilaisia lietteitä. Sekä laatu että määrä vaihtelevat käytetyn puhdistusprosessin ja osittain myös jäteveden laadun mukaan. Lietteet voidaan jakaa niiden synty- ja erottamistapojen perusteella seuraavasti:

- 1) mekaaninen liete
- 2) kemiallinen liete
- 3) biologinen liete
- 4) yhdistetyt lietteet
- 5) mädätetty liete.

Yhteistä kaikille lietetyypeille on mätänemisalttius, josta johtuu mm. hajuhaitat ja mikro-organismien määrä. Mekaaninen liete on selkeytyksen avulla laskeuttamalla erotettua kiintoainesta. Biologisista osaprosesseista kertyvät lietteet ovat erittäin vesipitoisia, erityisesti aktiivilietteen ylijäämä ja ne ovat erittäin juoksevia johtuen limamaisten, sitkeyttä aiheuttavien aineiden puutteesta. Kemiallisten osaprosessien lietteiden ominaisuudet riippuvat käytetyistä kemikaaleista ja niiden annostelumääristä. Yhdistetyistä lietteistä on kyse, kun puhdistamolle tuodaan esimerkiksi eläinten lantaa tai kotitalouksien biojätettä ja ne käsitellään yhdessä jätevesilietteen kanssa. /2, s.178/

Lietteen orgaaninen aines voidaan suurelta osin hajottaa biologisin menetelmin, joko aerobisesti eli hapen läsnäollessa tai anaerobisesti eli hapettomassa tilassa. Kummallakin tavalla saadaan multamaista tuotetta ja erityisesti anaerobinen käsittely vähentää lietteessä olevien bakteerien määrää. Lietteen käsittelyssä

erotettu vesi(rejektivesi) palautetaan takaisin puhdistusprosessiin. Sakeutetun lietteen tavallisin käsittelymenetelmä on koneellinen kuivaus esimerkiksi lietelinkoa, suotonauhapuristinta tms. laitetta käyttäen. Myös terminen kuivaus on käytössä. Kuivattu liete puolestaan kompostoidaan useimmiten aumoissa tai kompostointilaitoksessa./34/

Mädätettyä lietettä saadaan, kun lietettä käsitellään anaerobisesti. Anaerobinen menetelmä perustuu metaanibakteerien hyväksikäyttöön. Ne muuttavat vedessä olevia orgaanisia aineita mm. metaaniksi, vedeksi ja hiilidioksidiksi./2, s.178/

Jätevesipuhdistamoiden lietteet muodostavat ympäristölle terveydellisen riskin ja näiden lietteiden käsittelyn päätavoitteena on ollut alun perin lietteen muuntaminen hygieenisesti vaarattomaksi ja tämän jälkeen vasta on pyritty helpottamaan lietteen lopullista poistoa./2, s.179/

3 HÄPÖNNIEMEN PUHDISTAMO

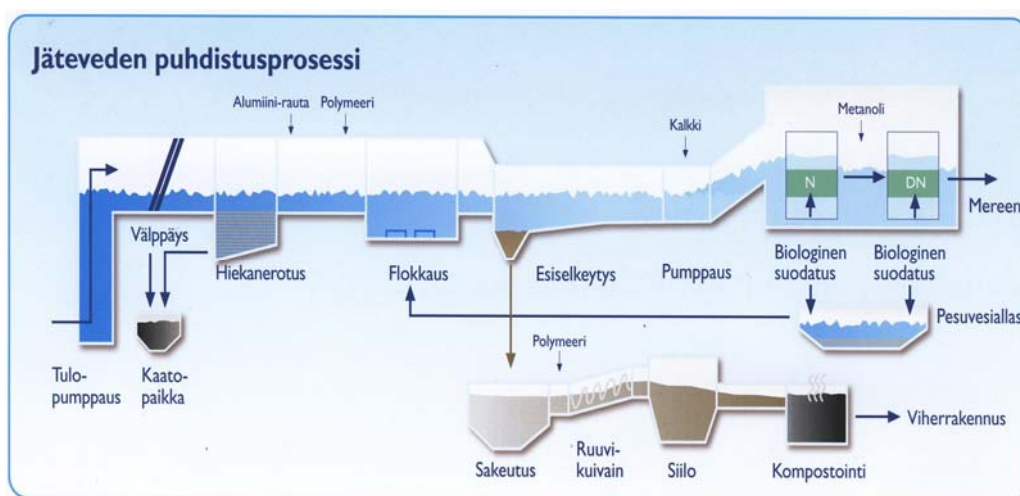
3.1 PROSESSI

Uudenkaupungin jätevedenpuhdistamo valmistui vuonna 1977 Hätäniemeen. Puhdistamo mitoitettiin käsittelemään jätevettä keskimäärin $10350 \text{ m}^3/\text{vrk}$ asukasvastineluvun ollessa 20 000. Mitoitusvirtaamaksi laskettiin $600 \text{ m}^3/\text{h}$ ja maksimivirtaamaksi $1200 \text{ m}^3/\text{h}$. Puhdistus tapahtui kemiallisena, jossa käytetyt kemikaalit olivat kalkki (CaCO_3) ja rautasulfaatti (FeSO_4). /4, s. 3/

Nykyään puhdistus tapahtuu mekaanis-kemiallisesti suorasaostustyyppisesti ja vuonna 2004 otettiin käyttöön biologinen puhdistamo. Jätevedenpuhdistamo on kokonaan katettu, joka tekee siitä harvinaisen Suomessa. Puhdistamo käsittelee teollisuuden ja noin 13 000 ihmisen jätevedet Uudenkaupungin alueelta. Keskimääräinen jätevesivirtaama on $4700 \text{ m}^3/\text{vrk}$ ja huippuvirtaamat yli

20 000 m³ /vrk (liite 9). Laitoksen prosessivaiheet ovat välppäys, hiekanerotus, flokkaus, kemikaalien annostus ja syöttö jäteveeten, esiselkeytys, biologinen puhdistus ja lietteenkäsittely. Uudenkaupungin puhdistamon piiriin kuuluu myös Lokalahden kunnan pienpuhdistamo, joka puhdistaa alueen keskustan jätevedet. /4, s. 6/

Syntyneet lietteet kuljetaan samalle kaatopaikalle kuin Hämöniemen puhdistamon. Puhdistamon puhdistusprosessi on esitetty kuvassa 3./5/



Kuva 3 Hämöniemen nykyinen jätevedenpuhdistusprosessi/5/

Välppien tarkoitus on erottaa kaikkein karkein aines koneellisesti. Välppissä käytetään 3 mm:n sälevälejä. Hiekanerotuksessa käytettyjen altaiden koko on yhteensä 150 m³, joita on kaksi. Hiekanerotuksessa veteen puhalletaan ilmaa, jolla säädetään laskeutuvan aineksen karkeutta. Pohjalle laskeutunut hiekka kaavitaan ja pumpataan vedenerotussiilon kautta kuljetuslavalle. Hiekanerotukseen syötetään kahta kemikaalia. Toinen on ALF(alumiinirautasulfaatti) ja toinen polymeeri. Tästä jätevesi kulkeutuu kahteen 160 m³:n flokkausaltaaseen, jossa on ilmalla tapahtuva sekoitus. Täällä vedessä olevat lika-ainekset kiinnittyvät flokeiksi kemikaalien ansiosta, joihin myös jäteveden fosfori sitoutuu. Flokkauksen kesto on noin 30 minuuttia. Flokkauksesta vesi kulkeutuu kahteen noin 1300 m³ esiselkeytysaltaaseen, joissa flokit valuvat pohjalle. Syntynyt raakaliete siirretään kaapimilla toiseen päähän, pumpataan lietteensakeutukseen ja selkeytynyt

vesi pumpataan biologiseen puhdistukseen ja siihen lisätään kalkkia pH:n nostamiseksi. Syntynyt raakaliete käsitellään lietteensakeutuksessa, jossa se sakeutuu 250 m^3 altaan pohjalle ja altaan pinnalle erottunut vesi johdetaan takaisin prosessiin. Saostunut liete pumpataan vedenerotuskoneeseen eli ruuvikuivaimen, jossa kiintoainekki ja vesi erottuvat toisistaan. Erottumisen tehostumiseksi lietteeseen sekoitetaan polymeeria ennen kuivainta. Kuivaimessa vesipitoisuus alenee noin 96 %:sta noin 80 - 85 %:iin, jolloin se on olomuodoltaan kiinteää. Kuivattu liete putoaa kuivaimesta 40 m^3 :n siiloon, josta se siirretään jätelavalle ja kuljetetaan kaatopaikalle./4, s. 5 - 6; 5/

Vuonna 2004 käyttöön otetulla biologisella puhdistuksella tehostetaan typenpoistoa. Biologinen typenpoisto tehdään Biostyr- suodattimilla kaksivaiheisena. Nitrifioivissa suodattimissa (6 kpl), joissa on aerobiset olosuhteet ammoniumtyppi ($\text{NH}_4 - \text{N}$) nitrifoidaan nitraattitypeksi ($\text{NO}_3 - \text{N}$). Tästä vesi kulkeutuu denitrifikaatiosuodattimiin(4 kpl), joissa on anaerobiset olosuhteet. Siellä nitraattityppi ($\text{NO}_3 - \text{N}$) pelkistyy typpikaasuksi (N_2). Täältä vesi johdetaan purkuputken kautta mereen. Suodattimet pestään noin kaksi kertaa viikossa vastavirtahuuhteluna, koska kantoaineen päälle on muodostunut biomassaa eli ylijäämälietettä. Pesuvesi ohjataan pesuvesialtaaseen, joka pumpataan prosessiin takaisin. Altaisiin syötetään ilmaa, jotta altaissa olevat mikrobit saavat happea elintoimintoihinsa. /5/



Kuva 4 Kuva nitrifikaatio-osasta/5/

3.2 Tulevaisuus

Uudenkaupungin jätevedenpuhdistamoon johdetaan lähitulevaisuudessa myös naapurikunnan Laitilan jätevedet. Tämän vuoksi puhdistamo laajennetaan, jolloin se kykenee puhdistamaan suuremmat määrät jätevettä. Käsittelykapasiteetin kasvaessa myös puhdistus- ja lietteen käsittelykustannukset kasvavat. Lietemäärän lisääntyessä myös mädätettäväksi soveltuvaa ainesta on käytettävissä enemmän ja sen myötä myös energiaa.

4 BIOKAASU

4.1 Biokaasusta yleisesti

Biokaasua muodostuu erilaisten mikrobien hajottaessa orgaanista materiaalia hapettomissa olosuhteissa. Hajotuksen seurauksena syntyy mädätettyä biomassaa ja biokaasua, joka sisältää runsaasti metaania (CH_4). Kyseistä prosessia voi nimittää myös anaerobiseksi käsittelyksi tai biometanoinniksi./1, s. 39/

Biokaasu on kaasuseos, jossa normaalisti on 40 - 70 % metaania, noin 30 - 60 % hiilidioksidia (CO_2) sekä erittäin pieniä määriä mm. rikkiyhdisteitä. Rikkiyhdisteet antavat kaasulle sen pahan ominaishajun. Biokaasun koostumus vaihtelee paljolti jätteen laadun, mätänemisvaiheen, bakteeritoiminnan ja lämpötilan mukaan. Biokaasu on uudistuva biopolttoaine sekä energialähde ja sen ympäristöedut ovat merkittäviä. Biokaasua poltettaessa syntyy vain hiilidioksidia ja vettä (H_2O). Eniten biokaasua hyödynnetään lämmön- ja sähköntuotannossa sekä kulkuneuvojen polttoaineena. Jos metaani pääsee vapaasti ilmakehään, se on 21 kertaa haitallisempi kasvihuonekaasu kuin hiilidioksidi. Kun biokaasu hyödynnetään, samalla pienennetään huomattavasti kasvihuonekaasujen päästöjä./1, s. 39; 13/

Liete sisältää kiintoainesta (TS), joka on yleensä 2-5 % lietteestä. Kiintoaineessa on tietty osuus helposti haihtuvia (VS) aineita. Biokaasu muodostuu näistä helposti haihtuvista komponenteista. Niitä nimitetään yleensä myös orgaanisiksi aineiksi. Niiden osuus vaihtelee lietteen laadun mukaan./6/

4.2 Biokaasun tuotanto

4.2.1 Yleistä tuotannosta

Biokaasua muodostuu jatkuvasti luontaisesti eläinten suolistossa, kosteikoissa (suot) ja vesistöjen pohjakerroksissa. On useita erilaisia teknisiä mahdollisuuksia tuottaa biokaasua kontrolloidusti, esimerkkinä tätä tarkoitusta varten rakennetut biokaasureaktorit ja biokaasun talteenotto kaatopaikoilla pumppaamalla. Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilla toimivat biokaasulaitokset mädättävät pääasiassa lietettä, jota muodostuu jätevedenpuhdistusprosessissa. Tällä tavalla vähennetään puhdistamon ympäristölle aiheuttamia hajuhaittoja ja mädätystä käyttävät puhdistamot voivat tuottaa siten energiaa omaan käyttöön tai jopa myyntiin. Suurin osa puhdistamoista hyödyntää itse biokaasutuotantonsa tehokkaasti ja ylijäämäpolttomäärät jäävät vähäisiksi./1, s. 40; 10/

Myös puunjalostusteollisuudessa syntyvien orgaanisten happojen ja muiden veteen liuenneiden orgaanisten yhdisteiden vesistökuormitusta pienennetään anaerobisella käsittelyllä. Käsittelylaitosten läpi virtaa paljon nestemääriä, koska kiintoainepitoisuudet näissä ovat vähäisiä. Elintarviketeollisuudessa syntyvät rasvat ja tärkkelysperäiset jätteet ovat erinomaisia raaka-aineita anaerobisille laitoksille, jolloin voidaan myös tuottaa biokaasua./1, s. 40/

4.2.2 Biokaasun raaka-aineet, koostumus ja muodostumisen vaiheet /12; 13/

Hiilihydraatit, proteiinit ja muut typpiyhdisteet sekä rasvat ja muut lipidit ovat biokaasuprosessin raaka-aineet. Nämä jäteteknologiassa ja jätepolitiikassa nopeasti hajoavaksi biojätteeksi kutsuttavat aineet hajoavat luonnossa jo päivien tai viikkojen kuluessa, ja sen takia ne soveltuvat hyvin biokaasuprosessin raaka-aineeksi. Prosessin kannalta hankalia yhdisteitä ovat hitaasti hajoavat orgaaniset yhdisteet kuten ligniini ja useimmat muovit.

Biokaasuprosessin ensimmäinen vaihe on veden avulla tapahtuva lähtöaineiden pilkkoutuminen eli hydrolyysi, jonka lopputuotteet ovat sokereita, amino- ja rasvahappoja. Aminohapot hajoavat edelleen ammoniakiksi. Hydrolyysin edellytyksenä on, että syöttömateriaalin vesipitoisuus on yli 50 % ja lähes aina se on yli 90 % jätevesilietteessä. Prosessin toisessa vaiheessa hydrolyysituotteet hajoavat happokäymisen kautta lyhytketjuisiksi karboksyylihapoiksi, kuten etikka-, propioni- ja voihapoiksi. Happokäymistä nimitetään myös happofermentaatioksi ja mätänemiseksi. Prosessin kolmannessa vaiheessa eli asetogeneesissa asetaattia tuottavat bakteerit hajottavat karboksyylihapot asetaatti-ioneiksi, vedyksi ja hiilidioksidiksi. Prosessin viimeisessä vaiheessa metanogeneettiset bakteerit tuottavat metaania asetaatti-ioneista tai vedystä ja hiilidioksidista.

Metaanista noin 70 % muodostuu asetaatti-ioneista ja 30 % vedystä. Jos hajotettavassa materiaalissa on lisäksi sulfaatteja, muodostuu lopputuotteena myös rikkivetyä. Taulukossa 1 on esitetty biokaasun keskimääräinen koostumus ja taulukossa 2 on vertailuna maakaasun keskimääräinen koostumus. Biokaasun ilmoitettu koostumus vaihtelee eri lähteiden mukaan.

Taulukko 1 Biokaasun keskimääräinen koostumus/13/

Aine %

Metaani, (CH_4) 55 - 75

Hiilidioksidi, (CO_2) 25 - 45

Hiilimonoksidi, (CO) 0 - 0,3

Typpi, (N_2) 1 - 5

Vety, (H_2) 0 - 3

Rikkivety, (H_2S) 0,1 - 0,5

Happi, (O_2) jälkiä

Taulukko 2 Maakaasun keskimääräinen koostumus/13/

Aine %

Metaani, (CH_4) 98

Etaani, (C_2H_6) 0,8

Propaani, (C_3H_8) 0,2

Butaani, (C_4H_{10}) 0,02

Typpi, (N_2) 0,9

Hiilidioksidi, (CO_2) 0,1

Biokaasun energiasisältö on noin $6,8 \text{ kWh/m}^3$. Lämpöarvona tämä vastaa noin $24,5 \text{ MJ/m}^3$, jos metaanipitoisuudeksi oletetaan 70 %. Maakaasun energiasisältö on vastaavasti $10,7 \text{ kWh/m}^3$ /6; 27/

4.3 Anaerobinen hajoaminen

Anaerobisessa käsittelyssä mädätettävä aines suljetaan hapettomaan reaktoriin, jonka lämpötila on noin 37 °C (mesofiilinen prosessi) tai 54 °C (termofiilinen prosessi). Lämpö ylläpitää mikrobikantoja, jotka käyttävät ravinnokseen lietteessä olevaa orgaanista ainetta. Käsittelyn tuloksena massasta saadaan hajuttomampaa. Samalla syntyy biokaasua, joka sisältää metaania ja hiilidioksidia. Yhden liete-erän käsittelyaika on noin 14 - 27 vuorokautta käsiteltävän jätteen koostumuksen, sekoituksen sekä käytetyn prosessin mukaan. Käsittelyn jälkeen liete yleensä kuivataan, kompostoidaan tai sekoitetaan muuhun maa-ainekseen. Käsiteltyä lietettä voidaan käyttää maanrakennukseen tai lannoitteena tietyin rajoituksin.

Sivutuotteena syntyvää biokaasua voidaan käyttää sähkön- ja lämmöntuotantoon tai polttoaineena ajoneuvoissa./10; 21/

Anaerobiproessin eri vaiheilla on oma optimi- pH. Hydrolyysissä se on yleensä noin 5 ja metaanintuotossa noin 7. Anaerobihajoamisen vaiheet voidaankin jakaa eri reaktoreihin, joissa olosuhteet optimoidaan erikseen eri vaiheiden vaatimusten mukaisesti. Usein käsittely toteutetaan kuitenkin yhdessä reaktorissa, jonka pH on noin 6,8 - 7,8, jolloin kaikki vaiheet toimivat ja metaanivaihe on lähellä optimia. /8; 21; 36/

4.3.1 Mädätysprosessit

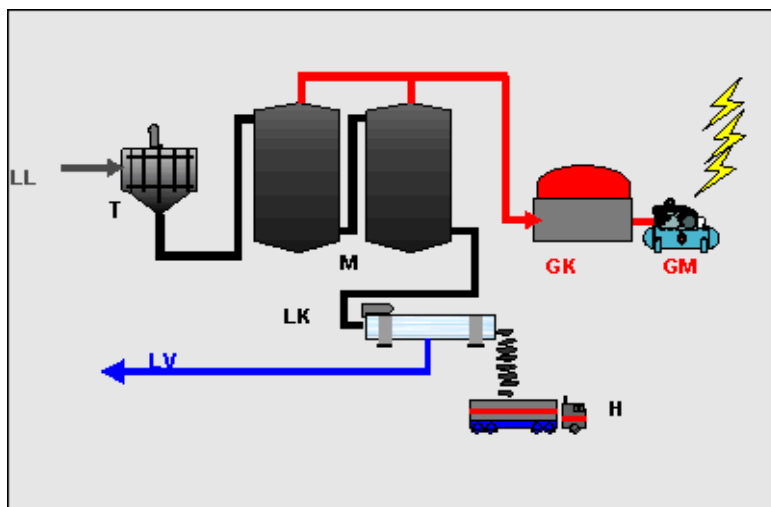
Käytössä olevat prosessit ovat mesofiilinen (33 - 37 °C) ja termofiilinen (54 °C) mädätys. Erona näissä prosesseissa on lämpötila, joka on suurempi termofiilisessä. Lämpö ylläpitää mikrobikantoja, jotka käyttävät ravinnokseen lietteessä olevaa orgaanista ainetta. Mesofiilistä prosessia käytetään lähes kaikkialla Suomessa ja ainoa esimerkki termofiilisestä prosessista Suomessa on Vaasan Mustasaarella, Stormossenin laitoksella./10/

Mädätystä voidaan suorittaa panos- tai jatkuvatoimimisena. Panostoimisena mädätetty aines poistetaan tietyn aikajakson päätyttyä ja reaktoriin syötetään uusi erä mädätettävää ainesta. Jatkuvatoimisessa mädätyksessä mädätettävää ainesta syötetään ensin reaktoriin ja saman verran poistetaan reaktorista jo mädäntynyttä ainesta. Jätevedenpuhdistamoissa käytetään jatkuvatoimista prosessia, koska mädätettävää lietettä syntyy jatkuvasti. Panostyyppinen prosessi soveltuu esimerkiksi maataloille tai mittakaavaltaan pieneen mädätykseen./8; 21/

Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilla mädätyksessä käytettävät reaktorit ovat kaikki pystymallisia ja jatkuvasekoitteisia teräsbetoni- tai teräsreaktoreita. Reaktorit ovat pääsääntöisesti maanpäälle rakennettuja, katettuja tai vuorattuja säiliöitä, mutta käytössä on myös muutamia kallion sisään louhittuja reaktoreita./14/

Vanhimmat reaktorilaitokset Mikkelissä ja Tampereella on rakennettu jo vuonna 1962. Suurin osa mädättämöistä on kuitenkin rakennettu 1980-luvun aikana. Vaikka reaktorit ovat suhteellisen vanhoja, ei laitoksilla ole esiintynyt suurempia ongelmia, vaan laitokset ovat käynnistyttyään toimineet ilman suurempia käyttökatoja. Vain muutamalla laitoksella on tehty reaktoreiden tyhjentämistä vaativia huoltotoimia ja useimmat suuremmat remontit ovat lähinnä sekoittimien uusimisia ja kaasulinjastojen kunnostusta. Reaktoreissa käsiteltävät lietteet ovat yleensä melko laimeita, kuiva-ainepitoisuudet (TS) vaihtelevat noin 3–6 %. Poikkeuksiakin on, kuten viimeisenä rakennettu Forssan Vesihuoltolaitoksen biokaasulaitos, jonka reaktoreihin syötettävän lietteen kuiva-ainepitoisuus on peräti 12 %. /14/

Kuva 5 esittää mädätysprosessia. Mädätettäväksi tuotu liete (LL) tiivistetään tiivistämössä (T), jossa lietteen kuiva-ainepitoisuus nostetaan noin 5 %:iin, jotta käsiteltävä lietemäärä saataisiin mahdollisimman pieneksi. (Tämä voidaan tehdä esimerkiksi laskeuttamalla sakeuttamossa). Syntynyt biokaasu kerätään reaktorin (M) yläosasta ja mädäntynyt aines reaktorin alaosasta. Biokaasu johdetaan välikaasuvarastoon (GK) tai suoraan poltettavaksi (GM). Mädäntynyt aines johdetaan lietekuivaimeen (LK), jossa siitä erotetaan vettä ja kuivatettu liete viedään hyötykäyttöön tai loppusijoitukseen (H). Lietteiden kuiva-ainepitoisuus on yleensä noin 25 - 45 %./21/



Kuva 5 Puhdistamolietteiden käsittely mädättämällä/22/

Esimerkkinä on mädätys, joka tapahtuu normaalissa ilmanpaineessa (noin 1 bar) ja +30 °C:n lämpötilassa, eli lähes mesofiilisellä mädätysalueella. Tällöin saadaan 1 kg:sta orgaanista ainetta (VS) 500 - 800 litraa kaasua, joka vastaa 10 - 30 l/vrk asukasta kohden./2, s.183 - 184/

4.3.2 Mesofiilinen prosessi

Mesofiilisellä prosessilla on hyvänä puolena vakaa ja häiriötön toiminta. Se ei ole yhtä herkkä lämpötilojen ja pH:n vaihteluille tai inhibiittorien (toimintaa estäviä aineita) vaikutuksille kuin termofiilinen. Yleensä lämpötila on 33 - 37 ° C ja prosessi kestää yleensä noin 21 päivää. Tämä on jätevedenpuhdistamoilla käytetty menetelmä./10; 13/

4.3.3 Termofiilinen prosessi

Termofiilinen mädätysprosessi hajottaa nopeammin jätettä kuin mesofiilinen. Lisäksi kiinteä sekä nestemäinen aine erottuvat nopeammin ja hygienisoituminen on parempaa. Jätteen hajotessa nopeammin riittää myös pienempi reaktori, joka vastaavasti alentaa reaktorikustannuksia. Käytetty lämpötila on noin 54 °C. Termofiilinen prosessi vaatii lämmitykseen enemmän energiaa kuin mesofiilinen. Toisaalta taas termofiilisessä prosessissa lietteen viipymä mädätyksessä (noin 14 pv) on lyhyempi kuin mesofiilisessä (noin 21 pv). /10; 13/

4.4 Biokaasun hyödyt

4.4.1 Ympäristöhyöty

Biokaasun sisältämä metaani ja hiilidioksidi ovat voimakkaita kasvihuonekaasuja, jotka vapautuessaan ilmakehään nopeuttavat ilmastonmuutosta. Ylijäävää kaasua ei siksi voi päästää ilmakehään, vaan se pitää tuhota polttamalla soihdussa tai hyödyntää energiaksi, joka on kannattavampaa. Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilla tuotetaan Suomessa vuosittain noin 23 miljoonaa

kuutiometriä biokaasua. Kun tuotetulla biokaasulla korvataan kevyttä polttoöljyä, ehkäistään päästöjä vuositason tasolla noin 40 000 tonnia (CO_2 -ekv.).

Liikennepolttoainetta tuotetusta kaasumäärästä saataisiin vuosittain noin 10 000 henkilöauton kulutuksen verran (20 000 km/vuosi). Ilmastopäästöjä kontrolloidaan päästökaupalla, mutta vesihuoltolaitokset eivät kuulu päästökaupan piiriin ja biokaasun tuhoaminen on niille lakisääteistä. Siksi mädätyksen päästöhyödyistä ei voi hyötyä rahallisesti, ellei sen käyttäjä ole päästökaupan piirissä oleva taho, joka voi vähentää päästöoikeuksiensa tarvetta./10/

Biokaasun poltossa syntyvä hiilidioksidi on peräisin erilaisista orgaanisista aineista ja on siten luonnon kiertossa olevaa ainetta. Hiilidioksidin vapautuessa se palaa luonnon omaan kiertokulkuun eikä lisää hiilidioksidin määrää ilmakehään verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin, jossa hiilidioksidi on sitoutunut pitkän ajan saatossa eikä ole vapaassa kiertossa./10/

4.4.2 Taloudellinen hyöty

Biokaasua tuottavat yksiköt ovat kooltaan tyypillisesti pieniä (esimerkiksi rakennus- tai maatilakohtaiset biokaasulaitokset). Niissä käytetään usein kaasumoottoreita sähkön ja lämmön yhteistuotantoon (CHP). Suuremmissa yksiköissä voidaan käyttää myös kaasuturbiineja. Tuotetun energian hyötysuhde vaihtelee sen mukaan käytetäänkö sähkön ja lämmön yhteistuotantoa vai tuotetaanko ainoastaan lämpöä tai sähköä./11/

Parhaimmassa tapauksessa biokaasua hyödynnettäessä kaikki laitoksen tarvitsema lämpö voidaan tuottaa itse. Sähkön kulutus on yleensä suurta, joten kaikkea sähköä ei ole aina mahdollista tuottaa itse, vaan osa on ostettava ulkopuoliselta sähköntoimittajalta. Oma sähköntuotanto voi olla kuitenkin kannattavaa, sillä siitä saatava säästö saattaa olla merkittävä vuodessa. Esimerkiksi vuonna 2005 Tampereen Viinikanlahden jätevedenpuhdistamolla tuotettiin 75 % laitoksen tarvitsemasta lämmöstä ja 44 % sähköstä./28/

Lietettä mädättäessä sen tilavuus pienenee keskimäärin 33 %, kun 50 % orgaanisesta aineksesta hajoaa. Tämä vaikuttaa kaatopaikalle vietävän lietteen määrään ja siten alentaa puhdistamoiden kustannuksia sekä kuljetuksen että lietteen sijoittamisen osalta./10/

4.5 Biokaasun hyötykäyttö

Biokaasua on mahdollista käyttää energiantuotantoon sen sisältämän metaanin energiainsisällön vuoksi. Biokaasu kelpaa lämmöntuotantoon, sähköntuotantoon tai yhdistettyyn sähkön ja lämmöntuotantoon eli CHP-polttoaineeksi sellaisenaan. Liikennepolttoaineena biokaasua voidaan käyttää vain jalostuksen (puhdistus ja paineistus) jälkeen. Tällöin kaasu on lähes puhdasta metaania (97 - 99 %)./10; 13/

Biokaasua hyödyntävässä laitoskonseptissa reaktorissa tuotettu biokaasu hyödynnetään ensisijaisesti sähkön ja lämmön yhteistuotantoon CHP- yksikössä ja toissijaisesti lämmön tuotantoon tai sähköntuotantoon. Tuotetun biokaasun hyödyntämistapa ja menetelmän hyötysuhde vaikuttavat ratkaisevasti tuotetun energian määrään. Pelkässä lämmöntuotannossa hyötysuhde on 90 %, sähkön ja lämmön yhteistuotannon hyötysuhde on 80 - 85 % (30 - 35 % sähköä ja 50 % lämpöä) ja pelkän sähkön tuotannon hyötysuhde on 30 - 35 %. Hyötysuhteet saattavat vaihdella laitevalmistajien mukaan./13/

Lietteen mädätykseen tarvitaan lämpöä, jotta orgaanista ainesta hajottavat mikrobit pysyisivät hengissä ja kykenisivät toimimaan tehokkaasti. Biokaasua polttamalla ja lämpöä tuottamalla tarvittava lämpömäärä pystytään ohjaamaan reaktoriin eikä ostettua lämpöä tarvita. Tarvittava lämpöenergia voidaan arvioida, kun tiedetään mädätykseen saapuvan lietteen lämpötila ja mihin lämpötilaan se lämmitetään. Loppulämpötila riippuu käytetystä mädätysprosessista./28/

4.6 Biokaasun tuotanto- ja hyödyntämislaitteet

4.6.1 Mädättämö ja välikaasuvarasto

Biokaasua kerätään mädätys säiliössä (kuva 6), jossa jätevesiliete ja sen sisältämä orgaaninen aine mätänee. Mädättämön toimiessa hyvin noin 50 % orgaanisesta aineesta jää lietteeseen, 40 % siitä muuttuu kaasuksi ja 10 % jää lieteveeseen./2, s.184/



Kuva 6 Biokaasureaktori ja biokaasumoottorirakennus Riihimäen puhdistamolla/15/

Välikaasuvarasto on tarpeen, kun tuotettava kaasumäärä on suuri eikä kaikkea biokaasua voida polttaa tai biokaasu johdetaan muualle kuten lähellä olevaan tehtaaseen, joka käyttää biokaasua esimerkiksi prosessihöyryn tuottamiseen. Yleisin varastointitapa on kaasukello (kuva 7). Biokaasun varastointi on kuitenkin hankalaa, sillä vain yhden päivän kaasutuotanto voidaan varastoida taloudellisesti. Sen vuoksi on kannattavampaa varastoida raaka-ainetta välivarastoon./24/



Kuva 7 Tampereen Viinikanlahden puhdistamon kaasukello/10/

Mädätysreaktoreita on olemassa useita erilaisia, mutta vain osa niistä soveltuu kunnallisen jäteveden sisältämän lietteen mädätykseen. Reaktorityyppejä ovat mm. konventionaalinen reaktori, korkeakuormitteinen (high rate) reaktori, kontaktireaktori, anaerobinen suodatin, mabi-reaktori sekä leijupeti- ja paisuntareaktori. Kaikki edellä mainitut reaktorit eroavat toiminnaltaan, mutta vain konventionaalista ja korkeakuormitteista reaktoria käytetään kunnallisen jätevesilietteen mädätyksessä. Ne eroavat toiminnaltaan vain sekoituksen suhteen, sillä korkeakuormitteisessa reaktorissa on mekaaninen sekoitus tai kaasusekoitus, kun konventionaalisisessa ei ole lainkaan sekoitusta./3, s.28 -29/

4.6.2 Kaasun polttolaitteet ja kattila

Talteen otettavasta kaasumäärästä riippuen biokaasu voidaan käyttää kaasumootorissa, joihin on yhdistetty lämmön talteenotto pakokaasuista tai höyry- ja vesikattiloissa tai mikroturbiinissa. Myös pelkkää sähköä voidaan tuottaa.

Kaasu- eli dieselmoottoreita käytetään melko suurilla kaasumäärillä, koska kannattavuus vaikuttaa oleellisesti hyödyntämiseen. Suurissa laitoksissa voidaan käyttää kaasuturbiineja./3/

Savukaasuista ja jäähdytysvedestä saadaan talteen lämpöä, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi laitoksen omissa prosesseissa tai tilojen lämmityksessä. Biokaasua

hyödyntävä CHP-moottori on tyypillisesti kokonaisteholtaan noin

100 kW – 2 MW./10/

Kaasua ei aina voi hyödyntää, jolloin se voidaan johtaa soihtuun ja polttaa siinä. Soihtupolttoa voi olla myös häiriötilanteissa tai huollettaessa esimerkiksi kaasumoottoria tai mikroturbiinia./10/

Kaasumoottori

Kaasumoottori käsittää tavallisen dieselmoottorin, joka puolestaan käyttää vaihteiston välityksellä tai suoraan (3-vaihe)sähkögeneraattoria. Generaattorijännite valitaan tehon mukaan. Pienissä puhdistamoissa se on yleensä verkkojännite. Kuvissa 8 ja 9 on esimerkkejä lämmön- ja sähkönyhteistuotantoon (CHP) soveltuvista kaasumoottoreista./3, s.38; 26/

Käytössä on myös kaasugeneraattoreita(kuva10), mutta ne ovat käytössä yleensä MW- luokissa./26/



Kuva 8 GE Jenbacherin CHP- kaasumoottori/26/



Kuva 9 YIT:n erillisenä urakkana tekemä biokaasumoottorilaitos/15/



Kuva 10 Kaasugeneraattori/26/

Mikroturbiini

Biokaasu soveltuu myös sähköä ja lämpöä tuottavan mikroturbiinin (kuva 11) polttoaineeksi. Mikroturbiini edustaa uudempaa tekniikkaa ja sitä käytetään yleensä kaasutehon ollessa alle 1 MW. Yksiköitä yhdistämällä toteutetaan suurempia kokonaisuuksia. Mikroturbiini on päästöiltään puhtaampi vaihtoehto kuin kaasumoottorit. On mahdollista käyttää polttoaineena myös maakaasua ja dieselöljyä. Mikroturbiini on alkuinvestoinniltaan moottoria kalliimpi, mutta sen huolto on helpompaa./10/

Tekniikka lyhyesti

Mikroturbiinin toimintaperiaate muistuttaa jalostettua versiota turboahtimesta, jossa ahdinpyörä työntää ilmaa, yleensä ahtojäähdyttimen kautta palotilaan ja muodostuneet palokaasut pyörittävät poistuessaan turbiinipyörää. Mikroturbiini muistuttaa toiminnaltaan tätä, sillä siinä ahdinpyörän tuottama ilma johdetaan esilämmittimen kautta palotilaan, missä siihen suihkutetaan polttoainetta, jonka palamisesta syntyvä energia pyörittää turbiinipyörää. Ahdin ja turbiini ovat samalla akselilla, johon on lisäksi kiinnitetty generaattorin ankkuri, joka pyöriessään käämin sisällä tuottaa sähköä. Turbiini pyörii 70 000 – 100 000 kierrosta minuutissa, joten syntyvä sähkö on suuritaajuisia. Sähkö muunnetaan käyttöön sopivaksi muuntajassa./31/



Kuva 11 Mikroturbiinikontti ja soihutupoltin/10/

Kattila

Biokaasua hyödynnettäessä vain lämmöntuotantoon kaasu voidaan polttaa kattilassa (kuva 12), jolloin syntyvät pakokaasut lämmittävät lämpöputkissa olevaa vettä ja vesi johdetaan esimerkiksi tilojen lämmitykseen tai mädätyssäiliöön.

Pakokaasuista saatavan lämmön talteenotto toteutetaan jätelämpökattilassa. Kattila voi olla seisovatyypinen eli ns. tuliputkikattila, jossa savukaasut virtaavat lieriömäisen kattilan tuliputkissa veden ollessa vaipassa niiden ympäröimänä. Toinen tyyppi on tulitorvi-tuliputkikattila, jossa jätelämpökaasu virtaa kattilan vaakasuoraa tuliputkea pitkin kattilan lieskauuniin. Vesi on tällöin kattilalieriön vaipassa.

On mahdollista yhdistää kattilaan myös kaasun suora poltto. Kaasua hyödynnettäessä höyrykattilassa kattilassa käytettävä raakavesi on käsiteltävä vedenpehennyksellä.

Kuvissa 13 ja 14 on esitetty erityyppisiä kattiloita./3,s.38/



Kuva 12 Lämpökattila Lahdessa, Kariniemen jätevedenpuhdistamolla./10/



Kuva 13 Vapor-Aku-lämminvesikattila/35/



Kuva 14 Pikahöyrykattila/25/

5 BIOKAASUN HYÖDYNTÄMINEN HÄPÖNIEMESSÄ

5.1 Nykytilanne

Uudenkaupungin jätevedenpuhdistamolla käsitelty liete kuljetetaan nykyään kaatopaikalle, jossa se kompostoidaan. Kuljetuksen hoitaa ulkopuolinen urakoitsija, jolla on taksa välpelavan tyhjennyksestä ja sen lisäksi kuljetuskustannukset. Lisäksi kompostoidun lietteen painon mukaan veloitetaan puhdistamoa. Esimerkiksi marraskuussa 2006 kaatopaikalle vietiin yhteensä 381,6 tn lietettä. Tämä maksoi 7157,42 €*(liite 2). Hinnassa on mukana kuljetuskustannukset sekä välpelavan tyhjennys. Puhdistamo maksaa lisäksi 7 €/tn kompostointimaksua lietteestä.

Vuonna 2004 käyttöön otettu biologinen puhdistamo kaksinkertaisti sähkönkulutuksen verrattuna edellisiin vuosiin (liite 1). Suurin kulutuskohde on ilmastus, jossa käytetään suuria kompressoreja tuottamaan tarvittava ilma. Sähkön kulutus on puhdistamolla suurta ja se aiheuttaa suuret kustannukset käytetyn kaukolämmön ohella, koska kaikki tilat ovat lämmitettyjä. Näiden asioiden takia olisi hyvä tutkia biokaasun hyödyntämismahdollisuuksia laitoksella omaan käyttöön. Lietteestä saatavan biokaasun hyödyntämisellä voitaisiin kattaa ainakin osa käytetystä sähköstä ja lämmöstä. Näiden lisäksi lietteenmäärä pienenee verrattuna nykyiseen, joka vastaavasti alentaa kuljetus- ja kompostointikustannuksia.

* Hinnassa on mukana myös Taivassalon kunnasta tuotu lietteen maksu. Yksi muualta tuotu lietetonni maksoi vuonna 2006 13,00 € ilman arvolisäveroa (22 %).

5.2 Lietteestä saatavan biokaasun tuottopotentiali ja puhdistamotietoja

5.2.1 Nykyiset kustannukset

Häpäniemen puhdistamolalta vietiin vuonna 2006 kaatopaikalle kuivattua lietettä 4373,46 tn(liite 3)*, jonka kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 15,3 % **(liitteet 4, 5 ja 6). Yksi kaatopaikalle viety lietetonni maksoi 14,90 € ilman arvolisäveroa (22 %).

Lisäksi kustannuksiin kuului välpelavan tyhjennys, joka oli 180 €kuukaudessa ilman arvolisäveroä (22 %). Tiedot käyvät ilmi liitteestä 2.

Kaatopaikalle viedyn lietteen määrät on esitetty taulukossa 3 ja liitteessä 3.

Lietemäärät ovat tonneja (tn). Niistä aiheutuneet kustannukset on laskettu taulukon alapuolelle. Oletuksena on, että taksat olivat samat koko ajan vuonna 2006 välpelavasta ja lietteen kuljetuksesta sekä sen sijoittamisesta.

Taulukko 3 Poisviety liete tonneina vuonna 2006

Kuukausi	Viety liete (tn)
Tammikuu	347,58
Helmikuu	337,14
Maaliskuu	398,78
Huhtikuu	340,04
Toukokuu	446,9
Kesäkuu	366,14
Heinäkuu	307,98
Elokuu	321,22
Syyskuu	365,94
Lokakuu	385,08
Marraskuu	381,66
joulukuu	375
Yhteensä	4373,46

Keskimääräinen poiskuljetettu lietemäärä kuukaudessa oli

$$4373,46 \text{ tn} / 12 \text{ kk} \approx 364,46 \text{ tn} / \text{kk}$$

Poisviedyn lietteen kustannukset on laskettu 12 kuukauden osalta vuonna 2006 ja ne aiheuttivat seuraavat kustannukset:

$$\text{Lietemäärä (tn)} \cdot \text{lietetonni maksu (€ / tn)} \cdot 1,22 + \text{välpelavamaksu} / \text{kk} \cdot 1,22$$

$$4373,46 \text{ tn} \cdot 14,90 \text{ € / tn} \cdot 1,22 + (180 \text{ € / kk} \cdot 12 \text{ kk} \cdot 1,22) \approx 82136,0 \text{ €}$$

Kuljetetun lietteen lisäksi huomioidaan kompostoidun lietteen kustannus:

$$4373,46 \text{ tn} \cdot 7 \text{ €/tn} \cdot 1,22 \approx 37350 \text{ €}$$

Yhteensä noin 119 485 €vuodessa.

* Määrässä on mukana myös Lokalahden pienpuhdistamolta tuotu liete
(n.10 tn /kk).

** Keskimääräinen kaatopaikkalietteen kiintoainepitoisuus laskettuna kolmen viimeisen tutkimustuloksen keskiarvona.

Käytetty sähkö

Sähkönkulutuksentiedot ovat vuosilta 2003, 2004, 2005 ja 2006 (liite 1). Tiedot on esitetty myös taulukoissa 4, 5, 6 ja 7

Taulukko 4 Sähkönkulutus vuonna 2003

Sähkönkulutus 2003	kWh
Tammikuu	34680
Helmikuu	28560
Maaliskuu	30720
Huhtikuu	29430
Toukokuu	30030
Kesäkuu	27630
Heinäkuu	25140
Elokuu	24330
Syyskuu	26040
Lokakuu	26773
Marraskuu	29413
Joulukuu	43286
Yhteensä	356032

Taulukko 5 Sähkönkulutus vuonna 2004

Sähkönkulutus 2004	kWh
Tammikuu	52470
Helmikuu	58980
Maaliskuu	64110
Huhtikuu	58830
Toukokuu	54570
Kesäkuu	53280
Heinäkuu	55170
Elokuu	47708
Syyskuu	59430
Lokakuu	69690
Marraskuu	72452
Joulukuu	70676
Yhteensä	717366

Taulukko 6 Sähkönkulutus vuonna 2005

Sähkönkulutus 2005	kWh
Tammikuu	78585
Helmikuu	71040
Maaliskuu	74792
Huhtikuu	69470
Toukokuu	66002
Kesäkuu	45042
Heinäkuu	55470
Elokuu	59217
Syyskuu	57670
Lokakuu	63155
Marraskuu	67080
Joulukuu	69540
Yhteensä	777063

Taulukko 7 Sähkönkulutus vuonna 2006

Sähkönkulutus 2006	kWh
Tammikuu	72855
Helmikuu	65424
Maaliskuu	68120
Huhtikuu	65200
Toukokuu	62940
Kesäkuu	57402
Heinäkuu	56990
Elokuu	56700
Syyskuu	59826
Lokakuu	68512
Marraskuu	69840
Joulukuu	70800
Yhteensä	774609

Laskuissa käytetään vuoden 2006 sähkön hintaa, koska ei ollut saatavissa tietoa vuoden 2004 tai 2005 sähköhinnasta. Sähkön hinta vuonna 2006 oli 0,113 €/kWh.. Edellisten tietojen perusteella voidaan kuitenkin arvioida likimääräiset kustannukset sähkön osalta vuosina 2004 ja 2005 olettaen sähkön hinnan olleen sama kuin 2006.

Vuosi 2004: $717366 \text{ kWh} \cdot 0,113 \text{ €/ kWh} \approx 81062 \text{ €}$

Vuosi 2005: $777063 \text{ kWh} \cdot 0,113 \text{ €/ kWh} \approx 87808 \text{ €}$

Vuosi 2006: $774609 \text{ kWh} \cdot 0,113 \text{ €/ kWh} \approx 87530 \text{ €}$

Käytetty kaukolämpö

Saatavissa ei ollut vielä vuoden 2006 kaukolämmön kulutusta, joten tiedot ovat peräisin vuodelta 2003, 2004 ja 2005(liite 7). Tiedot on esitetty myös taulukoissa 8, 9 ja 10.

Taulukko 8 Käytetty kaukolämpö vuonna 2003

Kaukolämmön kulutus 2003(MWh)

Tammikuu	133,27
Helmikuu	112,29
Maaliskuu	92,62
Huhtikuu	76,67
Toukokuu	32,8
Kesäkuu	16,98
Heinäkuu	4,97
Elokuu	6,97
Syyskuu	13,28
Lokakuu	53,28
Marraskuu	68,95
Joulukuu	62
Yhteensä	674,08

Taulukko 9 Käytetty kaukolämpö vuonna 2004

Kaukolämmön kulutus 2004(MWh)	
Tammikuu	140,34
Helmikuu	106,36
Maaliskuu	104,91
Huhtikuu	65,43
Toukokuu	35,91
Kesäkuu	6,04
Heinäkuu	5,41
Elokuu	6,53
Syyskuu	11,02
Lokakuu	42,52
Marraskuu	66,86
Joulukuu	83,88
Yhteensä	675,21

Taulukko 10 Käytetty kaukolämpö vuonna 2005

Kaukolämmön kulutus 2005(MWh)	
Tammikuu	121,47
Helmikuu	122,11
Maaliskuu	144,91
Huhtikuu	81,41
Toukokuu	38,17
Kesäkuu	16,86
Heinäkuu	7,04
Elokuu	8,02
Syyskuu	15,88
Lokakuu	38,311
Marraskuu	61,361
Joulukuu	93,358
Yhteensä	748,9

Häpäniemen puhdistamolla on kustannusennuste (liite8) vuodelle 2007.

Energiamääräksi on laskettu vuosien 2002 - 2005 kaukolämpökulutusten keskiarvo, joka on 680 MWh. Energiamaksu on noussut edellisistä vuosista 2 €/MWh ja se on 30 €/MWh. Perusmaksu on 3750 €/vuodessa. Tiedot ovat ilman arvolisäveroä (22 %). Näiden tietojen perusteella arvioituiksi kustannuksiksi saadaan vuodelle 2007:

$$(680 \text{ MWh} \cdot 30,00 \text{ €/MWh} + 3750 \text{ €}) \cdot 1,22 = 29463 \text{ €}$$

5.2.2 Biokaasusta saatava energia

Jätevesilietteestä syntyvän biokaasun metaanipitoisuus on 40 - 70 % ja metaanin lämpöarvo on $24,5 MJ / m^3 = 6,8 kWh / m^3$ eli 1 kWh vastaa 3,6 MJ. Laskelmissa metaanipitoisuudeksi on valittu 65 %. Syntyvän biokaasun määräksi on arvioitu $450 m^3 / tn$ orgaanista ainesta VS . VS on orgaanista ainesta, josta biokaasua muodostuu. Jätevesilietteen VS voi vaihdella 60 - 80 %. Laskelmissa on käytetty keskiarvoa eli 70 %. Osion loppupuolella on laskettu mahdolliset minimi- ja maksimi-arvot./6; 30/

Biokaasua hyödynnettäessä lämmöntuotannossa hyötysuhteena on käytetty 90 %, sähköntuotannossa 30 % ja yhdistetyssä lämmön ja sähköntuotannossa(CHP) 80 %, josta sähkö 30 % ja lämpö 50 %. Laskelmat on tehty vuosien 2005 ja 2006 tiedoilla sekä vuodelle 2007 annetun kaukolämpöarvion perusteella./6/

Liete

Lietteen määränä on käytetty vuoden 2006 aikana poiskuljetetun lietemäärän keskiarvoa tonneina. Lietemäärät on esitetty taulukossa 3.

Kiintoainepitoisuudeksi(TS) on laskettu 15,3 % kolmen viimeisen lietetutkimuksen keskiarvona (liite 4,5 ja 6).

Keskimääräinen lietemäärä kuukaudessa:

$$4373,46 \text{ tn} / 12\text{kk} \approx 364,46 \text{ tn} / \text{kk}$$

Kiintoaineen(TS) osuus lietemäärästä:

$$364,46 \text{ tn} / \text{kk} \cdot 0,153 = 55,76238 \text{ tn TS} / \text{kk}$$

Orgaanisen aineen(VS) määrä:

$$55,76238 \text{ tn TS} / \text{kk} \cdot 0,70 = 39,033666 \text{ tn VS} / \text{kk}$$

Kaasu

Syntyvän biokaasun määrä:

tn VS tuottaa 450 m³ biokaasua ⇒

$$39,033666 \text{ tn VS} / \text{kk} \cdot 450 \text{ m}^3 (\text{g}) / \text{tn VS} = 17565,1497 \text{ m}^3 (\text{g}) / \text{kk}$$

Kaasumäärä päivässä 30 päivän keskiarvona per kuukausi:

$$17565,1497 \text{ m}^3 (\text{g}) / \text{kk} = 585,50499 \text{ m}^3 (\text{g}) / \text{d}$$

Metaanin määrä:

$$585,50499 \text{ m}^3 (\text{g}) / \text{d} \cdot 0,65 = 380,5782435 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{g}) / \text{d}$$

Saatava energia

Metaanin lämpöarvo $24,5 \text{ MJ} / \text{m}^3 \approx 6,8 \text{ kWh} / \text{m}^3$

$$380,5782435 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{g}) / \text{d} \cdot 24,5 \text{ MJ} / \text{m}^3 \text{ CH}_4 = 9324,166966 \text{ MJ} / \text{d}$$

$$9324,166966 \text{ MJ} / \text{d} = 2590,046379 \text{ kWh} / \text{d}$$

Hyötysuhteet eri vaihtoehdoille:

1) Lämpökattila:

$$2590,046379 \text{ kWh} / \text{d} \cdot 0,90 = 2331,041741 \text{ kWh} / \text{d}$$

2) Sähkö:

$$2590,046379 \text{ kWh} / \text{d} \cdot 0,30 = 777,0139137 \text{ kWh} / \text{d}$$

3) Sähkön- ja lämmönyhteistuotanto:

$$\text{Sähkö: } 2590,046379 \text{ kWh} / d \cdot 0,30 = 777,0139137 \text{ kWh} / d$$

$$\text{Lämpö: } 2590,046379 \text{ kWh} / d \cdot 0,50 = 1295,02319 \text{ kWh} / d$$

$$\text{Yhteensä noin } \qquad \qquad \qquad 2072 \text{ kWh} / d$$

5.3 Biokaasun käyttö Häpöniemessä

Sähkö CHP- tekniikalla

Häpöniemen puhdistamolla sähkönkulutus on pienintä kesällä, jolloin jätevesivirtaamat ovat pienempiä. Suurin sähkönkulutus on jätevesivirtaamien ollessa suurta eli kevät- ja syyskaudella. Vuonna 2006 sähkönkulutus oli suurinta tammikuussa (72855 kWh) ja pienintä kesäkuussa (56700 kWh). Tiedot ovat taulukossa 7. Keskiarvo oli 64550,75 kWh kuukautta kohden 2006. Jos energiaa käytetään hyväksi tuottaen sekä sähköä että lämpöä CHP- tekniikalla, omalla tuotannolla pystytään kattamaan 36,6 % tarvittavasta sähköstä. Laskelma on tehty käyttäen vertailuna vuoden 2006 sähkönkulutusta. kWh:n hintana on käytetty vuoden 2006 sähköhintatasoa eli 0,113 €/kWh. /liite 3/

Tuotettava sähkömäärä:

$$777,0139137 \text{ kWh} / d \cdot 365 \text{ d} / a = 283610,0785 \text{ kWh} / a$$

Tarvittava ostosähkö:

$$774609 \text{ kWh} / a - 283610,0785 \text{ kWh} / a = 490998,9215 \text{ kWh} / a$$

Tuotetun sähkön arvo ja ostosähkön hinta:

$$\text{Tuotanto: } 283610,0785 \text{ kWh} / a \cdot 0,113 \text{ €/ kWh} \approx 32050 \text{ €} / a$$

Osto: $490998,9215 \text{ kWh} / a \cdot 0,113 \text{ €/kWh} \approx 55480 \text{ €/a}$

Omavaraisuus:

$(283610,0785 \text{ kWh} / 774609 \text{ kWh}) \cdot 100 \% \approx 36,6\%$

Jos sähköntuotanto pysyisi samalla tasolla ympäri vuoden, tarvittavan ostosähkön määrä vaihtelisi vuoden aikana suhteellisen paljon. Esimerkiksi elokuussa, jossa sähkönkulutus oli 56700 kWh ja jos muodostuva lietemäärä olisi lähellä vuoden 2006 keskiarvoa (39,033666 tn VS/kk), pystyttäisiin tuottamaan noin 24087 kWh (31 d) sähköä CHP- tekniikalla eli kyseisen ajanjakson aikana noin 42,5 % tarvittavasta kokonaissähköstä. Vastaavasti tammikuussa sähköä pystyttäisiin tuottamaan myös noin 24087 kWh(31 d), jolloin omavaraisuus olisi 33,1 % eli omavaraisuus vaihtelisi jonkin verran.

Pelkkä sähköntuotanto

Tuotettaessa ainoastaan sähköä hyötysuhde on sama 0,30 eli sähköä pystytään tuottamaan vuodessa sama kuin sähkön- ja lämmönyhteistuotannolla omavaraisuuden ollessa sama 36,6 %.

[$777,0139137 \text{ kWh} / d \cdot 365 \text{ d} / a = 283610,0785 \text{ kWh} / a$]

Loput energiasta on hukkaenergiaa eli savukaasuihin sitoutunutta lämpöä eli taloudellisesti huono vaihtoehto.

Lämpö CHP- tekniikalla

Häpöniemen puhdistamolla kaukolämmön kulutus on pienintä kesällä, jolloin ulkolämpötilat ovat huomattavasti korkeampia kuin muulloin. Suurinta kulutus on talviaikana. Vuonna 2005 suurin lämmöntarve oli maaliskuussa(144,91 MWh) ja pienintä heinäkuussa (7,04 MWh). Tiedot ovat taulukossa 10. Keskiarvo oli 62,41 MWh kuukaudessa. Keskiarvo ei anna vertailukelpoinen, koska lämmöntarve keskiarvosta vaihtelee huomattavasti.

Jos energiaa käytetään hyväksi tuottaen sekä sähköä että lämpöä CHP-tekniikalla, omalla tuotannolla pystytään kattamaan 62,8 % tarvittavasta lämmöstä. Tästä on vähennetty mesofiilisen mädätysprosessien vaatima lämpöenergia, koska tällöin saadaan selville rakennustiloihin käytettäväksi jäävä lämpöenergia. Laskelmat on tehty käyttäen edellisessä kohdassa laskettuja arvoja lämmöntuotannosta. Tarvittavan kaukolämmön määrää verrataan vuoden 2007 lämmöntarpeen arvioon.

Saatava lämpöenergia:

$$2590,046379 \text{ kWh} / d \cdot 0,50 = 1295,02319 \text{ kWh} / d$$

$$1295,02319 \text{ kWh} / d \cdot 365 \text{ d} / a = 472683,4644 \text{ kWh} / a = 472,6834644 \text{ MWh} / a$$

Mädätykseen tarvittava lämpöenergia

Tarvittavan lämpöenergian voi laskea kaavalla (1), kun tiedetään lietteen lämpötila ja mädätyslämpötila. Laskelma perustuu veden ominaislämpökapasiteettiin, josta kiintoaineksen lämmöntarve on 1/3. Lietteen saapumislämpötilaksi on valittu +10 °C ja mesofiilisessä mädätyksessä lämpötila on +37 °C sekä termofiilisessä +54 °C. Lietteen lämpötila vaihtelee kuitenkin vuodenajan mukaan./6/

$$E = c_{p,H_2O} \cdot m \cdot \Delta T \quad (1)$$

jossa E = tarvittava lämpöenergia [kJ]

c_{p,H_2O} = veden ominaislämpökapasiteetti [4,19 kJ / kg · K]

m = lietteen massa [kg]

ΔT = lämpötilaero(saapuva liete, mädätyslämpötila) [K]

Mesofiilinen mädätys:

$$E = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 364460 \frac{\text{kg}}{\text{kk}} \cdot (37 - 10) \cdot \text{K} \cdot \frac{1}{3} = 13743785 \text{ kJ} / \text{kk} \approx 13743,8 \text{ MJ} / \text{kk} \quad (1)$$

Vuodessa: $13743,8 \text{ MJ} / \text{kk} \cdot 12 \text{ kk} / \text{a} \approx 45813 \text{ kWh} / \text{a}$

Termofiilinen mädätys:

$$E = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 364460 \frac{\text{kg}}{\text{kk}} \cdot (54 - 10) \text{K} \cdot \frac{1}{3} = 22397280 \text{ kJ} / \text{kk} \approx 22397,3 \text{ MJ} / \text{kk} \quad (1)$$

Vuodessa: $22397,3 \text{ MJ} / \text{kk} \cdot 12 \text{ kk} / \text{a} \approx 74658 \text{ kWh} / \text{a}$

Mesofiilisen mädätyksen vaatiman lämpöenergian jälkeen saatava lämpöenergia:

$$472,6834644 \text{ MWh} / \text{a} - 45,812 \text{ MWh} / \text{a} = 426,8714644 \text{ MWh} / \text{a}$$

Termofiilisen mädätyksen vaatiman lämpöenergian jälkeen saatava lämpöenergia:

$$472,6834644 \text{ MWh} / \text{a} - 74,658 \text{ MWh} / \text{a} = 398,0254644 \text{ MWh} / \text{a}$$

Tarvittava kaukolämpö:

$$680 \text{ MWh} / \text{a} - 426,8714644 \text{ MWh} / \text{a} = 253,1285356 \text{ MWh} / \text{a}$$

Saatavan lämpöenergian ja kaukolämmön arvo:

Tuotanto: $426,8714644 \text{ MWh} / \text{a} \cdot 30 \text{ €/MWh} \approx 12806 \text{ €/a}$ (alv 0 %)

Osto: $(253,1285356 \text{ MWh} / \text{a} \cdot 30 \text{ €/MWh} + 3750 \text{ €/a}) \cdot 1,22 \approx 13840 \text{ €/a}$

Omavaraisuus:

$$(426,8714644 \text{ MWh} / 680 \text{ MWh}) \cdot 100 \% \approx 62,8 \%$$

Vertailuna kesäkuukausiin (kesäkuu - elokuu) tarvittava lämpö pystytään tuottamaan kokonaan hukkalämmön jäädessä suureksi. Tuotetun lämpöenergian keskiarvo kuukaudessa on $35,57 \text{ MWh}$. Esimerkiksi vuoden 2005 elokuun kulutuksen perusteella hukkalämpöä syntyy tuottoon nähden noin

$$35,57 \text{ MWh} - 8,02 \text{ MWh} = 27,55 \text{ MWh}.$$

Vastaavasti maaliskuun 2005 kulutuksen mukaan kaukolämpöä tarvitaan $144,91 \text{ MWh} - 35,57 \text{ MWh} = 109,34 \text{ MWh}$.

Lämmöntuotanto yksistään

Jos energiaa hyödynnetään lämmöntuotantoon ilman sähköä, hyötysuhde on 0,90 eli lämpöenergiaa on mahdollista käyttää enemmän kuin CHP- tekniikalla tuotettuna. Lämpöenergia on laskettu käyttäen kohdassa 4.2.2 saatuja eri vaihtoehtojen hyötysuhteita.

Lämpöenergia vuodessa:

$$2331,041741 \text{ kWh} / d \cdot 365 d / a = 850830,2355 \text{ kWh} / a = 850,8302355 \text{ MWh} / a$$

Lämpöenergia mesofiilisen mädätyksen jälkeen:

$$850,8302355 \text{ MWh} / a - 45,813 \text{ MWh} / a = 805,017235 \text{ MWh} / a$$

Lämpöenergia termofiilisen mädätyksen jälkeen:

$$850,8302355 \text{ MWh} / a - 74,658 \text{ MWh} / a = 776,1722355 \text{ MWh} / a$$

Kuukaudessa saatava energia mesofiilisen mädätyksen vaatiman lämpöenergian jälkeen olisi noin $67,08 \text{ MWh}$. Lämpöenergia riittäisi kattamaan hyvin kesäaikana

tarvittavan lämpöenergian tarpeen, jolloin myös hukkalämpöä jäisi huomattavia määriä. Talvella tarvitaan kaukolämpöä. Esimerkiksi vertailtaessa vuoden 2005 tammikuuta, jolloin lämpöenergiaa käytettiin 121,47 MWh, kaukolämmön tarve olisi noin 54,4 MWh.

Jos vuodessa saadaan noin 805 MWh energiaa, se on suurempi määrä kuin vuodelle 2007 annettu ennuste eli omavaraisuus on yli 100 %. Tämä ei kuitenkaan ole vertailukelpoista, koska lämmöntarve ei jakaannu tasaisesti. Silloin kun hukkalämpöä on paljon, sitä olisi myös mahdollista myydä esimerkiksi kotitalouksille.

Maksimi- ja minimimäärät kaasu- ja energiatuotannolle

Edellisissä laskelmissa ja esimerkeissä käytettiin keskiarvoja, mutta seuraavassa on esitetty tulokset, jossa VS:n osuus on 60 % ja metaanipitoisuus 40 %. Tämä vastaa pienimpiä mahdollisia osuuksia. Vastaavasti on esitetty potentiaaliset suurimmat mahdolliset tulokset, kun VS:n osuus on 80 % ja metaanipitoisuus 70 %.

Minimi

VS:n määrä noin	33,46 <i>tn / kk</i>
Biokaasun määrä noin	15055,8 <i>m³ (g) / kk</i>
Metaanin määrä noin	6022,3 <i>m³ CH₄ / kk</i> \approx 200,7 <i>CH₄(g) / d</i>
Energiamäärä noin	147547,2 <i>MJ / kk</i> \approx 4918 <i>MJ / d</i> \approx 1366 <i>kWh / d</i>

CHP- tekniikalla saataisiin

- sähköä $0,30 \cdot 1366,2 \text{ kWh} / d \cdot 30 d / \text{kk} \approx 12\,296 \text{ kWh} / \text{kk}$

- lämpöä $0,50 \cdot 1366,2 \text{ kWh} / d \cdot 30 d / \text{kk} \approx 20\,490 \text{ kWh} / \text{kk}$

Pelkkä lämmöntuotanto

$$\text{- lämpöä } 0,90 \cdot 1366,2 \text{ kWh} / d \cdot 30 d / \text{kk} \approx 36887,4 \text{ kWh} / \text{kk} = 36,8874 \text{ MWh} / \text{kk}$$

Sähkötuotannon omavaraisuus CHP- tekniikalla

$$[(12295,8 \text{ kWh} / \text{kk} \cdot 12 \text{ kk} / a) / 774609 \text{ kWh} / a] \cdot 100\% \approx 19,0\%$$

Lämpöenergian omavaraisuus CHP- tekniikalla

$$[(20,493 \text{ MWh} / \text{kk} \cdot 12 \text{ kk} / a) / 680 \text{ MWh} / a] \cdot 100\% \approx 36,2\%$$

Pelkän lämpöenergiatuotannon omavaraisuus

$$[(36,8874 \text{ MWh} / \text{kk} \cdot 12 \text{ kk} / a) / 680 \text{ MWh} / a] \cdot 100\% \approx 65,1\%$$

Maksimi

VS:n määrä noin	44,61 tn / kk
Biokaasun määrä noin	20074,5 m ³ (g) / kk
Metaanin määrä noin	14052,2 m ³ CH ₄ / kk ≈ 468,4 m ³ CH ₄ (g) / d
Energiamäärä noin	344278,9 MJ / kk ≈ 11476 MJ / d ≈ 3190 kWh / d

CHP- tekniikalla saataisiin

$$\text{- sähköä } 0,30 \cdot 3187,8 \text{ kWh} / d \cdot 30 d / \text{kk} \approx 28690 \text{ kWh} / \text{kk}$$

$$\text{- lämpöä } 0,50 \cdot 3187,8 \text{ kWh} / d \cdot 30 d / \text{kk} \approx 47817 \text{ kWh} / \text{kk} = 47,8 \text{ MWh} / \text{kk}$$

Pelkkä lämmöntuotanto

$$\text{- lämpöä } 0,90 \cdot 3187,8 \text{ kWh} / d \cdot 30 d / \text{kk} \approx 86070 \text{ kWh} / \text{kk} = 86,1 \text{ MWh} / \text{kk}$$

Sähkötuotannon omavaraisuus CHP- tekniikalla

$$[(28690,2 \text{ kWh} / \text{kk} \cdot 12 \text{ kk} / a) / 774609 \text{ kWh} / a] \cdot 100\% \approx 44,4\%$$

Lämpöenergian omavaraisuus CHP- tekniikalla

$$[(47,817 \text{ MWh} / \text{kk} \cdot 12 \text{ kk} / a) / 680 \text{ MWh} / a] \cdot 100\% \approx 84,4\%$$

Pelkän lämpöenergiatuotannon omavaraisuus

$$[(86,0706 \text{ MWh} / \text{kk} \cdot 12 \text{ kk} / a) / 680 \text{ MWh} / a] \cdot 100\% \approx 151,9\%$$

Tulosten eli minimin ja maksimin välillä olevat määrät ovat todellisia näiden tietojen perusteella. Tässä tapauksessa metaanin määrä on $200,7 - 468,4 \text{ m}^3(\text{g}) / d$ ja sen sisältämän energian määrä

$$1366 - 3190 \text{ kWh} / d \approx 4920 - 11490 \text{ MJ} / d .$$

Kaasun- ja energian määrät vaihtelevat näiden arvojen välillä lietteen laadun ja sen määrän mukaan. Tuloksista on vähennettävä mädätysprosessin vaatima energia tuotetusta energiasta, joka on noin 10 % mesofiilisessä ja noin 16 % termofiilisessä mädätyksessä. Tulokset on taulukoitu (taulukko 11 ja 12), jossa on esitetty minimi-, maksimi- ja keskimääräiset energia-arvot sekä sähkö- ja lämpöarvot.

Taulukko 11 Mahdolliset eri energia-arvot

Tarkastelukohde	Energia[MJ/a]	Energia[kWh/a]
Minimi (metaani 40%; VS 60 %)	1770570	498660
Maksimi (metaani 70 %; VS 80 %)	4131350	1163550
Keskimääräinen (metaani 65 %; VS 70 %)	3403320	945350

Taulukko 12 Mahdolliset sähkö- ja lämpöarvot

Tarkastelukohde	CHP-sähkö[kWh/a]	CHP-lämpö[MWh/a]	Lämpö [MWh/a]
Minimi (CH_4 40%; VS 60 %)	147550	246	443
Maksimi (CH_4 70 %; VS 80 %)	344280	574	1033
Keskimääräinen (CH_4 65 %; VS 70 %)	283610	473	851

5.4 Mädätysreaktori ja biokaasun hyödyntämislaitteet

Reaktori

Mädätykseen tarvittavan reaktorin koko riippuu lietemäärästä ja mädätysprosesseista. Kuten edellä mainittiin, termofiiliseen mädätykseen tarvittavan reaktorin koko on pienempi verrattuna mesofiiliseen mädätykseen tarvittavan. Mädätetyn lietteen jälkikäyttö myös vaikuttaa reaktorityyppiin. Jos mädätettyä lietettä käytetään maanviljelyksessä, sen tulee täyttää tarkat ympäristövaatimukset, jotta välttyttäisiin vahingollisilta seurauksilta. Liitteiden 4, 5 ja 6 mukaan Uudenkaupungin puhdistamolle tarvittaisiin termofiilinen mädätysprosessi, mikäli mädätettyä lietettä käytettäisiin maanviljelykseen. Termofiilinen mädätys stabiloi lietteen, jolloin se on hygieeniseltä laadultaan parempaa. Mesofiilisessä mädätyksessä muodostuneen lietteen voi kompostoida suoraan ja se on yleisin menetelmä Suomessa tällä hetkellä./10/

Reaktoritilavuuden arviointi

Reaktorin kokovaatimus voidaan arvioida karkeasti lietemäärän mukaan. Jos esimerkiksi käsiteltävä lietemäärä vuodessa on noin $50\,000\text{ m}^3$, tarvitaan noin 3500 m^3 reaktori. Kaavoilla (2) ja (3) voidaan arvioida tarvittava koko./10/

$$\text{Lietteen läpimenoajan arvo} = 365\text{ d} / \text{löpimenoaika}(d) \quad (2)$$

$$\text{Reaktoritilavuus } (m^3) = \text{lietemäärä}(m^3) / \text{löpimenoajan arvo} \quad (3)$$

Höpöniemessä muodostuneen lietteen tilavuuspainoksi oletetaan noin 770 g/l , koska saatavissa ei ollut kyseisen puhdistamon lietteen tilavuuspainoa. Käytetty arvo on Juvan kunnallisesta jätevedenpuhdistamosta vuodelta 2005. Oletuksena on, että tilavuuspaino ei eroa paljon kunnallisilla puhdistamoilla./30/

Käsiteltävä lietemäärä Höpöniemessä vuonna 2006 oli $4373,46\text{ tn}$. Tästä saadaan laskettua oletettu lietemäärä kuutiometreissä ja tarvittava reaktorikoko mesofiiliseen ja termofiiliseen mädätykseen kaavoilla (2) ja (3):

Lietemäärä(m^3):

$$4373,46(\text{tn} / a) / 0,770(\text{tn} / m^3) = 5679,818182 \approx 5679,8m^3 / a$$

Mesofiilinen mädätys

$$365\text{ d} / 21\text{ d} = 17,38095238 \approx 17,381 \quad (2)$$

$$5679,8m^3 / 17,381 = 326,7821184m^3 \approx 327m^3 \quad (3)$$

Termofiilinen mädätys

$$365 d / 14 d = 26,07142857 \approx 26,07 \quad (2)$$

$$5679,8 m^3 / 26,07 = 217,8672804 m^3 \approx 218 m^3 \quad (3)$$

Tämän lisäksi on huomioitava tarvittava ylimääräinen tila (noin 20 %) kaasulle, vaahtoamiselle ja mahdolliselle käsiteltävän jätteen lisäykselle, kuten maatalouslietteille tai biojätteelle./8/

Tällöin mesofiiliseen prosessiin tarvitaan $1,20 \cdot 327 m^3 = 392,4 \approx 393 m^3$:n reaktori ja termofiiliseen $1,20 \cdot 218 m^3 = 261,6 \approx 262 m^3$:n reaktori.

Reaktorin hinta-arvio

Mädätysreaktorin karkeat investointikustannukset ovat noin $210 - 310 \text{ €/} m^3$ käsittelykapasiteettia. Hinta vaihtelee materiaalin, valmistajan ja mahdollisen lietteen sekoituksen mukaan./8/

Edullisimmillaan reaktori on 55020 € ja kalleimmillaan 121830 € edellisillä tuloksilla.

Kaasumoottori

Saatava energiamäärä (sähkö + lämpö) on välillä $1366,2 - 3187,8 \text{ kWh} / d$ (minimi ja maksimi), vuodessa $498\,663 - 1\,163\,547 \text{ kWh}$.

Kaasumoottorin teho saadaan laskettua kaavalla (4). Moottorin käyttöajaksi oletetaan 8760 h eli koko vuosi ilman katkoksia.

$$P = \frac{E}{t} \quad (4)$$

jossa $P = \text{teho, [kW]}$

$E = \text{energiamäärä, [kWh]}$

$t = \text{aika, [h]}$

$$P = \frac{498663 \text{ kWh}}{8760 \text{ h}} = 56,925 \approx 57 \text{ kW} \quad (4)$$

$$P = \frac{945367 \text{ kWh}}{8760 \text{ h}} = 107,918 \approx 108 \text{ kW} \quad (4)$$

$$P = \frac{1163547 \text{ kWh}}{8760 \text{ h}} = 132,825 \approx 133 \text{ kW} \quad (4)$$

Pelkässä sähköntuotannossa tarvittava kaasumoottori on samalla välillä kuin edellisessä kohdassa eli 57 – 133 kW , mutta sähköä saataisiin vain noin 30 % talteen energiasta.

Investointikustannukset kaasumoottorille sähkön- ja lämmönyhteistuotannolle ovat taulukon 13 mukaan 500 -1400 €/kW . Tämän mukaan investointikustannukset ovat 28500 €– 186200 € Keskimääräisten arvojen perusteella hinta-arvio on 54000 €– 151200 € Hankinnassa on huomioitava kuitenkin mahdolliset käyttökatkokset ja kaasunmuodostumisen vaihtelut moottoria valitessa.

Mikroturbiini

Mikroturbiini on käyttö- ja huoltokustannuksiltaan kaasuturbiinia edullisempi, mutta investoinniltaan suurempi(taulukko13). Se on myös ympäristön kannalta edullisempi

vaihtoehto verrattuna kaasumoottoriin. Investointi on 1000 -1500 €/kW eli hinta-arvio on 57000 €- 199500 € Keskimääräisten arvojen perusteella hinta-arvio on noin 108000 €- 162000 €

Kattila

Kattila voi olla tyypiltään lämminvesi- tai höyrykattila. Vain lämpöä hyödynnettäessä voidaan saada 90 % talteen energiasta tai jopa enemmän. Edellisten laskelmien mukaan(minimi ja maksimi) kaasusta saatavan energian määrä on kuukaudessa noin 40,99 MWh - 96,96 MWh, josta keskiarvolaskelmien mukaan 77,70 MWh. Teholuokaltaan tarvittava kattila on kaavalla (4) laskettuna:

$$P = \frac{36890 \text{ kWh}}{720 \text{ h}} = 51,236111 \approx 52 \text{ kW} \quad (4)$$

$$P = \frac{77700 \text{ kWh}}{720 \text{ h}} = 107,916666 \approx 108 \text{ kW} \quad (4)$$

$$P = \frac{86070 \text{ kWh}}{720 \text{ h}} = 119,541666 \approx 120 \text{ kW} \quad (4)$$

Taulukon 11 mukaan kattilan kustannus on 100 €- 200 €/kilowattia kohden. Tämän mukaan investointi on vähintään 5200 € ja korkeintaan 24000 € Keskiarvolaskelmien mukaan kustannus on 10800 €- 21600 €

Calortec- yrityksen kustannusarvio 100 kW :n kattilalle on noin 20000 € Kustannusarviossa on huomioitu kattila, polttimo ja asennustyö ilman arvolisäveroa./7/

Taulukossa 14 on yhteenveto minimi- ja maksimitehosta sekä minimi- ja maksimi-investoinnista.

Taulukko 13 Biokaasun hyötykäytön investointi-, huolto- ja käyttökustannukset/10/

Biokaasun hyötykäytön kustannukset		
	<i>Investointi €/kW</i>	<i>Huolto ja käyttö €/kWh</i>
Soihutupoltto	46 -60	0,005 -0,01
Lämpökattila	100 -200	0,01 -0,05
CHP:		
Kaasumoottori	500 -1400	0,03 -0,06
Mikroturbiini	1000 -1500	0,02 -0,06
Polttoaineen valmistus	400 -12000	0,01 -0,045
Tankkaus	80 -130	0,001 -0,005

Taulukko 14 Teho- ja hintaluokat

Tarkastelukohde	Teho(kW)	Hintaluokka(€)
Kaasumoottori	57 -133	28500 -186200
Mikroturbiini	57 -133	57000 -199500
Kattila	52 -120	5200 -24000

5.5 Investointiarvioita

Biokaasulaitoksen kustannukset koostuvat biokaasulaitoksen rakentamisesta, ylläpitokustannuksista ja lupamaksuista./33/

Tarkkaa investointikustannusarviota on vaikea antaa, koska ei ole olemassa tarkkaa tietoa mädätyksestä, siitä syntyvästä kaasusta ja sen sisältämästä energiasta.

Investointiin vaikuttaa seuraavat tekijät:

- reaktori ja sen koko sekä mädätysprosessi
- kaasun hyödyntämislaitteet(mikroturbiini, kaasumoottori, kattila + poltin, soihtu, sähkömuuntaja)
- mahdollinen välikaasuvarasto
- mahdollinen lietekuivain
- höyrylinjasto tai lämminvesiputket
- putkistot lietteen siirtämiseen

- mahdolliset lisärakennukset(mikroturbiini, kaasumoottori, kattila, savupiippu)
- luvat
- asennustyö.

Seuraavassa esitetään erilaisia investointivaihtoehtoja ja niiden kustannuksia. Kaksi ensimmäistä vaihtoehtoa ovat lämmön ja sähkön yhteistuotanto. Kolmannessa vaihtoehdossa tarkastellaan pelkkää lämmön hyödyntämistä. Kolme ensimmäistä tarkastelua on peräisin YIT:n yhteyshenkilöltä. Neljäs tarkastelukohde on Envipro Ky:n toimitusjohtaja Martti Jormanaiselta ja siinä käsitellään myös yhteistuotantoa. Kaikki arviot on tehty käyttäen aiemmin laskettuja keskimääräisiä orgaanisen aineen (VS 70 %) ja metaanin määrää (65 %). Teho on noin 100 kW. Kaikki mädätystavat ovat mesofiilisiä.

Tarkastelu 1

Kyseessä on pakettiratkaisu, jossa on kustannukset, kun kaikki tarvittavat laitteet, putket ja säiliöt hankitaan sekä ne asennetaan toimintakuntoon. Hinta-arvio on 8 000 000 €. Lisäksi on huomioitava mädätetyn lietteen kuivaus(mekaaninen tai terminen)./8/

Tarkastelu 2

Kyseessä on arviot laitteistojen ja säiliöiden kustannuksista ilman asennustyötä ja mädätetyn lietteen kuivausta./8/

Mesofiilinen mädätysreaktori sekoituksella:	1 500 000 €
Kaasumoottori:	200 000 €
Mikroturbiini:	300 000 €
Jätelämpökattila:	20 000 - 40 000 €
Tarvittavat putkilinjat ja pumput:	1 000 000 €
Lisärakennus moottorille:	200 000 €
Yhteensä:	2 940 000 €

Tarkastelu 3

Lämmönhyödyntämisessä kustannukset ovat seuraavanlaiset ilman putkilinjoja ja mädätetyn lietteen kuivausta./8/

Mesofiilinen mädätysreaktori sekoituksella:	1 500 000 €
Kattila:	40 000 €
Yhteensä:	1 540 000 €

Tarkastelu 4 /9/

Mädättämön kustannusarvio on noin 1 miljoona euroa, jonka kustannukset jakaantuvat likimäärin seuraavasti:

Mädättämösäiliö sekoittimiseen	30 % ≈ 300 000 €
Muut säiliöt ja laitteet	20 % ≈ 200 000 €
Putkistot	15 % ≈ 150 000 €
Sähköistys ja automaatio	15 % ≈ 150 000 €
Rakennusteknilliset työt	20 % ≈ 200 000 €

Edellisten lisäksi täytyy huomioida energian tuotantoa varten hankittavat laitteet ratkaisusta mukaan 0,1 - 0,2 miljoonaa euroa. Häpöniemen kokoisessa laitoksessa on luultavimmin edullisinta tuottaa sähköä mikroturbiinilla ja ottaa lämpö talteen palokaasuista kuumavesikattilassa. Yksi mikroturbiiniyksikkö riittää prosessiin.

Prosessin lämmitys käy parhaiten sekoittamalla raakalietteeseen mädätetyn lietteen kuivauksessa erottunutta rejektivettä, joka lämmitetään noin 55 °C: seen kuumavesikattilassa tuotetulla kuumavesikierrolla. Jos mädätetty liete halutaan hygienisoida, on se jälkikuumennettava 70 °C: seen yhden tunnin ajaksi (kuumennus kuumavesikattilan lämpökierrolla). Tällöin kuivauksen rejektivesi on noin 60 asteista ja kelpaa syötelietteen lämmitykseen sellaisenaan.

Se osa rejektivedestä, joka jää yli, on palautettava jätevedenpuhdistamoon.

Mädättämön käyttökustannuksiksi voidaan arvioida 6 euroa per tonni raakalietteen tuorepainoa.

Kaikki investointiarviot ovat vain suuntaa antavia. Hintaan vaikuttaa paljon tilaajan vaatimukset ja käyttökohteet. Laitos on myös mahdollista rakentaa halvemmallaakin. Jos investoinnille voidaan laskea takaisinmaksuaika, tällöin on kannattavaa rakentaa kaasun hyödyntämislaitteistot, mikäli maksuaika ei ole useita kymmeniä vuosia. Takaisinmaksu-aikaan vaikuttaa toimitetaanko sähköä ja lämpöä tai vain toista ulkopuoliselle taholle, sähkön ja lämmön markkinahinta sekä erityisesti hyödynnettäväksi saadun energian määrä./8/

Esimerkki

Näissä laskelmissa arvioidaan takaisinmaksuaika kaavalla (5). Arviossa ei kuitenkaan huomioida mahdollisen investointilainan korkoja. Tietoja käytetään arvioinnista 2 ja 4. Osa laskelmissa käytetyistä kustannuksista on olettamuksia, koska ei ollut mahdollista saada tietoa kyseisestä kustannuksesta.

Mädätys säiliö laitteineen(4)	1 000 000 €
Mikroturbiini(2)	300 000 €
Kuumavesikattila(2)	30 000 €
Lisärakennus(2)	200 000 €
Lietepuristin(oletus)	200 000 €
Putkilinjat(oletus)	200 000 €
Piippu(oletus)	50 000 €
Asennustyöt	350 000 €
Yhteensä	2 330 000 €

Näihin kustannuksiin huomioidaan 6 €/tn raakalietteen käsittelykustannuksia.

Vuodessa arvioitu mädätettävä määrä on 4373,46 tn, jonka käsittelykustannukset ovat noin 26 240 €/vuodessa. Lisäksi on huomioitava huoltokustannukset mikroturbiinille.

Taulukon 13 mukaan kustannukset ovat 0,02-0,06 €/kWh. Vuodessa kustannus on noin 37 800 €(0,04 €/kWh). Kaikki kustannukset yhteensä on 2 394 040 €/9/

Toisessa laskelmassa huomioidaan kustannukset ilman lietepuristinta, sillä laitoksella on jo puristin ja sen käyttö mädätetyn lietteen puristukseen voi olla toteutettavissa. Tällöin kustannukset ovat ilman lietepuristinhankintaa 2 194 040 €

Takaisinmaksuajan laskelma 1

Hyötykäyttöön saatava energia CHP- tekniikalla vuodessa on noin 945 350 kWh. Tästä sähkön osuus on noin 283 600 kWh ja lämmön 472 700 kWh huomioiden hyötysuhteet. Mesofiilinen mädätys vie vuodessa noin 45 800 kWh, jolloin lämpöenergian nettomääräksi jää 426 900 kWh.

Vuodessa tarvitaan ostosähköä 491 000 kWh ja kaukolämpöä 253 100 kWh. Ostosähkön arvo on noin 55 500 €/a ja kaukolämmön 7600 €/a(alv. 0%). Vuodessa nämä kustannukset ovat yhteensä 63 100 €

Tuotetun sähkön arvo 0,113 €/kWh hinnalla on noin 32 048 €/a ja lämmön noin 12 806 €/a, kustannussäästö yhteensä 44 854 €/a.

$$Takaisinmaksuaika = \frac{\text{investointi}}{\text{kustannussäästö vuodessa}} \quad (5)$$

$$Takaisinmaksuaika = \frac{2\,330\,000 \text{ €}}{44\,854 \text{ €/a}} = 51,94631471 \text{ a} \approx 52 \text{ a} \quad (5)$$

Takaisinmaksuajan laskelma 2

Tässä laskelmassa kaikki kustannukset ja säästöt ovat samoja kuin laskelmassa 1 ilman lietepuristimen investointia.

$$\text{Takaisinmaksuaika} = \frac{2\,130\,000 \text{ €}}{44\,854 \text{ €/a}} = 47,48740358 \text{ a} \approx 48 \text{ a} \quad (5)$$

5.6 LIETTEENKÄSITTELYN KUSTANNUSTARKASTELU

Oman biokaasulaitoksen kustannukset lietetonnia kohden

Tarkastellaan, miten suureksi kustannukset tulevat lietetonnia kohden, jos biokaasulaitokseen investoidaan. Investointi jaetaan rakennus- ja laiteinvestointiin. Näissä on huomioitu myös asennukseen liittyvät työt. Investoinneille on laskettu investoinnin vuosikustannukset, joihin on lisätty vuosittaiset käyttökustannukset ja mädätetyn lietteen kuljetus. Kuoletusajaksi rakennuksille on valittu 30 vuotta ja korkoprosentiksi 4. Vastaavat luvut laitteille ovat 15 vuotta ja 4 %. Näistä laskelmista on vähennetty energiasäästö, joka saadaan vuodessa.

Valitut rakenteet ja laitteet ovat peräisin esimerkkilaskelmasta.

Rakennusinvestoinnit ja rakennustyöt ovat 1 750 000 € (mädätyssäiliö, lisärakennus, piippu, putkilinjat, asennustyö) ja laiteinvestoinnit (mikroturbiini, kattila, lietepuristin, asennus 10 % laitteista) laiteasennustöineen 580 000 €. Lietteiden kuljetuskustannuksiin huomioidaan hintatason nousu.

Laskennassa on käytetty 20 €/tn (alv. 0 %).

Rakennusten vuosittaisiksi investointikustannuksiksi on saatu 31 203 € ja laitteille 29 116 €. Lietteiden kuljetuskustannukset ovat 71 497 €/a. Energiatuotannosta saatava säästö on 44 854 €/a.

Kaikki kustannukset yhteensä ovat 195 856 €/a. Kun huomioidaan säästöt, saadaan kustannuksiksi vuodessa 151 002 €. Kustannuksia tarkasteltaessa lietetonnejako kohden saadaan investoinniksi 34,5 €/käsitelty lietetonni.

Kustannuksiin pitää huomioida myös mädätetyn lietteen loppusijoitus. Mikäli se sijoitetaan nykyisellä tavalla kaatopaikalle (7 €/tn), saadaan käsitellyn lietetonnin hinnaksi 40,2 €. Lietettä ei ole kuitenkaan enää kompostoitava, vaan sen voi käyttää tai myydä esimerkiksi viherrakentamiseen.

Muiden vaihtoehtojen käsittelykustannukset tonnia kohden

Uudenkaupungin lähiseudulla on mahdollista käsitellä lietettä mädättämällä. Mikäli puhdistamon liete kuljetetaan lähiseudun jätteenkäsittelylaitokselle käsiteltäväksi, hinta on noin 60 €/lietetonnilta. Vuodessa tämä tekee noin 262 410 €. Vuoden 2006 kustannukset kaatopaikalle olivat kompostoinnin osalta 7 €/tn ja kuljetuskustannusten 14,90 €/tn (alv 0%). Tulevina vuosina kustannukset tulevat nousemaan huomattavasti, joten lietteenkäsittely on suuri menoerä. Kokonaishinta luultavasti tulee olemaan noin 50 – 60 €/tn.

Nykyisellään yhden lietetonnin käsittelykustannuksiksi saadaan 27,3 €

6 YHTEENVETO JA JATKOTOIMET

Työssä laskettu keskimääräinen kaasun määrä ja tuottopotentiaali ovat erittäin lähellä todellisia arvoja. Näiden ja investointiarvioiden perusteella lasketut takaisinmaksuajat ovat todella pitkiä eikä ole siksi järkevää tehdä niin suurta investointia nykyisen puhdistamon mittakaavaan. Toisaalta, jos investointia tarkastellaan käsiteltyä lietetonnia kohden, niin investointi on kannattavin vaihtoehto verrattuna muihin esitettyihin käsittelytapoihin.

Työssä esiintyvät ongelmakohdat ovat investointikustannuksissa sekä energian hinnassa, joka muuttuu jatkuvasti. Tiedustellessani eri tahoilta biokaasun hyödyntämiseen tarvittavia säiliöitä ja laitteita sekä niiden kustannuksia en saanut

kuin suuntaa antavia arvoja. Arviot voivat olla liian suuria. Täsmällistä tietoa ei ollut myöskään saatavissa kirjallisuudesta tai sähköisistä lähteistä. Tarkemmat investointiarviot saisi, kun laitosta ryhdyttäisiin rakentamaan, jolloin mukaan tulisi biokaasulaitoksen toimittaja ja investoija.

Laitilan kunnan jätevesiä johdettaessa Häpönniemen puhdistamoon energiankulutus tulee lisääntymään ja kustannukset kasvamaan. Koska energiahinta kasvaa jatkuvasti, olisi erittäin kannattavaa tuottaa itse energiaa ja hyödyntää sitä prosessiin tai jopa myydä. Myös lietteen kompostointi- ja kuljetuskustannukset nousevat tulevaisuudessa.

Jos oletetaan Laitilan puhdistamon lisäävän 1/3 orgaanisen aineen(VS) määrää, energiamäärä sähkönä on noin 378 150 kWh/a ja lämpömääränä 630 MWh/a. Euromääräisesti yhteensä 61 640 €/a. Mikäli reaktorin kokoa kasvatettaisiin esimerkiksi 100 m³, niin investointi suurensi noin 20 000 €

Jatkotoimet

Tulosten perusteella minusta biokaasulaitoksen hankintamahdollisuuksia kannattaa ruveta tutkimaan tarkemmin. Laitilan kunnan jätevesipuhdistuksen siirtyessä Uudellekaupungille kannattaa selvittää lietteen määrä ja sen potentiaali energiantuotannossa. Myös muualta tuotavan lietteen käsittelyä puhdistamalla tulee harkita eli yhteismädätystä. Tällainen lisäliete voi olla esimerkiksi karjanlanta tai kotitalouksien ja kauppojen biojäte. Kaasun ja energian määrä nousisi merkittävästi ja mahdollinen investointi maksaisi itsensä takaisin huomattavasti lyhyemmässä ajassa.

Toinen vaihtoehto, joka on toteutettavissa, on kaasun ja energian talteenotto ja johtaminen mahdollisille laitoksille lähialueella.

Nämä mahdollisuudet on suhteellisen helppo selvittää ja niiden perusteella tehdä päätös jatkotoimista. Ryhdyttäessä tekemään investointia valtio saattaa antaa investointitukea. Jossain tapauksissa se saattaa olla jopa kymmeniä prosentteja eli

taloudellisesti merkittävää. Tämä osuus on kuitenkin tapauskohtainen, ja se on selvitettävä laitosta suunniteltaessa.

LÄHTEET

Painetut lähteet

1 Halonen, Petri – Helynen, Satu – Flyktman, Martti – Kallio, Esa – Kallio, Markku – Paappanen, Teuvo – Vesterinen, Pirkko. Bioenergian tuotanto- ja käyttöketjut sekä niiden suorat työllisyysvaikutukset. Otamedia Oy, Espoo 2003, 51 s.

2 Vesihuoltotekniikan perusteet, Erkki Karttunen, Opetushallitus, Hakapaino Oy, Helsinki 1999, 207 s.

3 Biokaasun määrä ja käyttömahdollisuuksien kartoitus. Kauppa- ja teollisuusministeriö, Valtion painatuskeskus, Helsinki 1983, 69 s.

Painamattomat lähteet

4 Viemärointi ja jätevesien puhdistus. Esite. Uudenkaupungin Kirjapaino Oy, Offset 1977, 10 s.

5 Biologinen puhdistamoprosessi. Esite. Krüger Oy.

6 Martti Jormanainen, Envipro Ky [sähköpostiviesti] 7.1.2007

7 Mikko Helpiö, toimitusjohtaja. Calortec Oy [puhelinkeskustelu] 16.1.2007

8 Jussi Kukkula, YIT [sähköpostiviesti] 30.1.2007

9 Martti Jormanainen, Envipro Ky [sähköpostiviesti] 31.1.2007

Sähköiset lähteet

10 Jätevesilietteen anaerobinen käsittely ja biokaasun hyötykäyttö[www-sivu]
[viitattu 17.12.2006]

Saatavissa:http://www.sentre.fi/mp/db/file_library/x/IMG/14230/file/jatevesilietteen_anaerobinen_kasittely_ja_biokaasun_hyotykaytto.pdf

11 Joensuun yliopisto, termit ja selitykset[www-sivu] [viitattu 17.12.2006]

Saatavissa: <http://gis.joensuu.fi/termit/selite/biogas/fin/1123sel.htm>

12 Lampinen, Ari. Biokaasun tuotannon ja hyödyntämisen perusteet. [sähköinen dokumentti]Dimensio 3/2004.[viitattu 17.12.2006]

Saatavissa: <http://www.maol.fi/frames/dimensio/D304kansio/Biokaasu.pdf>

13 Karunen, Liisa. Biokaasun tuotantomahdollisuudet eläinten lannasta pohjoisen Keski-Suomen alueella. Opinnäytetyö.[www-sivu]Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma. Jyväskylä 2006.[viitattu 21.12.2006]

Saatavissa: http://bioenergia.jypoly.fi/materiaalia/karunen_23.pdf

14 Kuittinen, Ville - Huttunen, Markku J – Leinonen, Simo. Suomen biokaasulaitosrekisteri IX. [www-sivu] [viitattu 22.12.2006] Saatavissa:

<http://www.kolumbus.fi/suomen.biokaasukeskus/docs/Rek9.pdf>

15 YIT Oyj. .[www-sivu] Veden ja jätevesien käsittely. Referenssit. [viitattu 23.12.2006]

Saatavissa: <http://www.yit.fi/palvelut/julkisyhteisot/referenssit/5140/5151>

16 Kauppinen, Outi. Kasvipöytäenergia biokaasusta.[www-sivu] [viitattu 23.12.2006]

Saatavissa: http://www.uusiutuvaenergia.jyu.fi/frame_left/UEsem2005-Kauppinen.pdf

17 Joensuun kaupunki.[www-sivu] Tekninen virasto. Vesihuolto. Jätevesienkäsittely.
[viitattu 25.12.2006] Saatavissa:

<http://www.jns.fi/Resource.phx/sivut/sivut-tekniset/vesihuolto/kuhasalo/puhdistusprosessi.htx>

18 Baltian interaktiivinen maantieteellinen ja ympäristötiedon palvelu[www-sivu].
Suomenkieliset sivut.[viitattu 26.12.2006]. Saatavissa:

<https://jolly.fimr.fi/boing/FINencyclopaedia.nsf/0/d869b20bb9a91afec2256b7c004def5a?OpenDocument>

19 Ympäristö-sivut.[www-sivu] Vesivarojen käyttö, vesihuolto, yhdyskuntien jätevedet, jätevesien puhdistus[viitattu 26.12.2006]

Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=6569&lan=fi#a0>

20 Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry. Vesihuolto[www-sivu][viitattu 26.12.2006]

Saatavissa: <http://www.vhvsy.fi/?p=puhdista&l=fi>

21 Ympäristö-sivut [www-sivu].] Vesivarojen käyttö, vesihuolto, yhdyskuntien jätevedet, puhdistamoliete, lietteen käsittely[viitattu 3.1.2007]

Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=111409&lan=FI>

22 Ympäristö-sivut [www-sivu].] Vesivarojen käyttö, vesihuolto, yhdyskuntien jätevedet, puhdistamoliete[viitattu 4.1.2007]

Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=6601&lan=fi>

23 Adelaiden yliopisto [englanninkielinen www-sivu]. Maa- ja ympäristötieteiden koulu. People. Soil and land systems. Beginners tour of biogas [viitattu 7.1.2007]

Saatavissa: <http://www.ees.adelaide.edu.au/pharris/methane/dgstr97/sld006.htm>

24 Alakangas, Eija .Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia.[www-sivu].VTT,energia,Espoo,2000[viitattu 6.1.2007]

Saatavissa: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf>

25 Höyrytys Oy[www-sivu][viitattu 6.1.2007]. Saatavissa: www.hoyrytys.fi

26 Wihuri Oy Witraktor.[www-sivut].Moottorit [viitattu 6.1.2007] Saatavissa:
http://www.witraktor.fi/moottorit/diesel/fi_FI/1163158030478/

27 Pirkanmaan ennakointipalvelu. Biokaasu Pirkanmaalla.[www-sivu] 4.10.2005
[viitattu 6.1.2007] Saatavissa:
https://www.pirkanmaanennakointipalvelu.info/micaj_storage/2FD7568BBF71429A767849E71696CA5B/6996/Biokaasun%20hy%F6dynt%E4minen%20energiana.pdf

28 Tampereen Vesi. Toimintakertomus ja ympäristöraportti 2005.[www-sivu][viitattu 8.1.2007] Saatavissa:
http://www.tampere.fi/tiedostot/5fCIU791D/Tampereenvesi_toim.kert05.pdf

29 Lehto, Tiina. Biojätteiden kierrätys ja ravinteiden virrat paikallisessa ruokajärjestelmässä.[sähköinen moniste][viitattu 14.1.2007] Saatavissa:
<http://www.environment.fi/download.asp?contentid=42140&lan=fi>

30 Wikipedia. Energiayksiköt.[www-sivu][viitattu 15.1.2007] Saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Kilowattitunti>

31 Hintikka, Johannes. Biomassapohjaiset mikro- CHP tekniikat. Opinnäytetyö[www-sivu]. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Jyväskylä 2004.[viitattu 15.1.2007] Saatavissa: http://www.bdc-network.jypoly.fi/mikro_chp_report.pdf

32 Helsingin yliopisto, maatalous -metsätieteellinen tiedekunta[www-sivu][viitattu 16.1.2007]
Saatavissa: <http://www.mm.helsinki.fi/~karkman/>

33 Hämeen ammattikorkeakoulu, Biokaasun tuotanto- ja käyttömahdollisuudet Kanta-Hämeessä[www-sivu], julkaistu 29.1.2004[viitattu 15.1.2007]
Saatavissa:<http://www.greenetfinland.fi/attachment/ee246cbb04c1da363116122aeb56633/19264351e78bffb4327fe0f8f522694/Biokaasun+tuotanto-+ja+hy%C3%83%C2%B6tyk%C3%83%C2%A4ytt%C3%83%C2%B6mahdollisuudet>

34 Santala, Erkki - Etelämäki, Lauri - Santala, Olli. Yhdyskuntien jätevesien puhdistus 2004[sähköinen raportti].Suomen ympäristökeskus SYKE, 2006[viitattu 19.1.2007] Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=55773&lan=fi>

35 Vapor Oy[www-sivu][viitattu 25.1.2007]
Saatavissa: <http://www.vapor.fi/fi/tuotteet/kuumavesikattilat>

36 Ympäristötekniikan perusteet. Luentomoniste 2005. Jyväskylän yliopisto, ympäristötieteet, bio- ja ympäristötieteiden laitos[www-sivu] [viitattu 26.1.2007]
Saatavissa: <http://www.jyu.fi/bio/ymp/alisivut/ymp110moniste2005.doc>