



Toteutussuunnitelma omakotitalon biokaasutuotannosta

27.5.2013

Metener Oy

Erkki Kalmari ja Juha Luostarinen

Puhelin: 0400-546590, email: erkki.kalmari@metener.fi, juha.luostarinen@metener.fi

Vaajakoskentie 104

41310 Leppävesi

Y-tunnus: 1719555-3

Kannen kuva Ari Lampinen

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo	2
1. Tiivistelmä	3
2. Biokaasuteknologian levinneisyys ja hyödyt	3
3. Biokaasun tuotantoprosessi	4
4. Kotitalouden biokaasulaitos	5
4. Kannattavuus.....	7
7. Lähteet.....	8

1. Tiivistelmä

Tässä esisuunnitelmassa on tarkasteltu omakotitalon wc- ja ruokajätteen käsittelyyn sopivan yksinkertaisen biokaasulaitoksen toteutusmahdollisuuksia. Suunnitelman on tilannut Pielisen Karjalan Kehittämiskeskus PIKES Oy, Bioenergiaverkostot ja virrat -hanke.

Tarkastelussa raaka-aineina on käytetty kahden henkilön tuottamia wc- ja biojätteitä. Laitteen mitoitus mahdollistaa kuitenkin jopa 6-8 henkilön jätteiden käsittelyn. Esisuunnitelmassa on tehty prosessimitoitus ja toiminnallinen suunnittelu. Biokaasulaitosinvestoinnille on laskettu kustannusarvio ja käyttökulut.

Biokaasulaitos on samalla ympäristö- ja energiantuotantoinvestointi. Laitoksen tuottama biokaasu, joka on pääosin metaania, voidaan hyödyntää tässä kokoluokassa helpoiten keittiökaasuna.

Prosessin lopputuote voidaan hyödyntää puutarhaviljelyssä maanparannusaineena ja korvaamaan energiaintensiivisiä typpilannoitteita ja uusiutumattomia fosforilannoitteita. Anaerobinen prosessi tuhoaa lietteen ja jätteiden haitallisia mikrobeja ja käsitellyt materiaalit stabiloituvat ja niiden lannoitusominaisuudet paranevat käsittelyssä.

2. Biokaasuteknologian levinneisyys ja hyödyt

Biokaasuteknologia on laajemmin otettu käyttöön EU:n alueella Saksassa, jossa vuoden 2011 lopussa toimi yli 7200 biokaasulaitosta, joiden yhteenlaskettu sähköteho oli 2900 MW (Fachverband Biogas e.V 2012). Maanviljelyyn integroidun biokaasuteknologian käyttöönotolla on havaittu olevan lukuisia suoria positiivisia vaikutuksia maatalotaloudelle sekä yhteiskunnalle (Taulukko 1). Kotitalousmittakaavan biokaasulaitoksia on eniten Kiinassa, 42 miljoonaa kappaletta ja Intiassa, 4,4 miljoonaa kappaletta (Global alliance for clean cookstoves 2012). Näissä maissa energian saatavuus ja hinta on ollut ajanava voimana maaseudun biokaasulaitosinvestoinneissa maaseudulla energikriiseistä lähtien. Näissä maissa teknologia on erityisesti keskittynyt alueille, joissa korkea keskilämpötila mahdollistaa ympärivuotisen biokaasun tuotannon ilman ulkoisia lämmönlähteitä.

Pieniä, kaupunkioloihinkin soveltuvia ruokajätteellä toimivia yhden kuutiometrin vesisäiliöistä valmistettuja biokaasureaktoreita on valmistettu ja kehitetty etenkin Intiassa (http://www.arti-india.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=45)

Biokaasuteknologian tärkeimpänä etuna verrattuna kompostointiin on korkealaatuisen energian tuotto, vähentyneet KHK-päästöt ja suljetun prosessin tuomat edut etenkin aumakompostointiin nähden ovat vähentyneet hajut sekä jätevedet (Tuovinen 2002). Suljettu prosessi ei myöskään houkuttele alueelle haittaeläimiä.

Taulukko 1. Biokaasuteknologian suorat hyödyt (Klinger 1999)

Edut maatilataloudelle	Edut yhteiskunnalle
<ul style="list-style-type: none"> • Orgaanisen lannoitteen laadun paraneminen • Kemiallisten lannoitteiden tarpeen väheneminen • Kasvitoksisten yhdisteiden väheneminen • Maaperän laadun paraneminen • Sivutuotteiden ympäristövaikutusten väheneminen 	<ul style="list-style-type: none"> • Uusiutuvan energian tuotanto • Huoltovarmuuden parantuminen • Kasvihuonepäästöjen vähentyminen • Hajuhaittojen vähentyminen • Raaka-aineiden säästyminen • Monipuolinen tuotantorakenne • Työllisyysvaikutus

3. Biokaasun tuotantoprosessi

Biokaasuprosessissa eloperäinen aines hajotetaan pieneliöiden avulla suljetussa anaerobisessa reaktorissa hallitusti biokaasuksi, joka sisältää noin 60 % metaania ja noin 40 % hiilidioksidia. Biokaasun lämpöarvo on noin 6 kWh / Nm³.

Anaerobisesti käsitellyssä materiaalissa jäljelle jäänyt orgaaninen aines on humusmaisina yhdisteinä. Ravinnehävikkiä ei käsittelyn aikana tule, vaan ravinteet pysyvät materiaalissa ja huomattava osa ravinteista liukoistuu, jolloin anaerobisesti käsitellyn materiaalin lannoitearvo on korkeampi kuin käsittelemättömän, koska lietteen tyyppi on suurimmaksi osaksi liukoistunut ja siten välittömästi peltokasvien käytettävissä (Luostarinen 2001). Käsitellyn materiaalin kemiallinen hapenkulutus (COD) on vähäinen, eli prosessijäännös ei vie happea kasvien juurilta.

Omakotitalon biokaasulaitoksessa käsitellään käymälän ja keittiön tuottamia biohajoavia jätteitä. Käsitelty materiaali käytetään ensisijaisesti lannoitteena omassa puutarhassa. Eri materiaalien energiantuotto riippuu aineen sisältämästä biohajoavan orgaanisen aineen osuudesta (taulukko 2). Biokaasulaitoksen tuottama energia hyödynnetään tässä kokoluokassa helpoiten keittiökaasuna.

Taulukko 2.

Energiansaanto biokaasuprosessissa yhdestä tonnista materiaalia

Materiaali	Primäärienergiasaanto kWh / t
Naudan lietelanta	100 - 160
Sian lietelanta	140 - 180
Naudan kuivalanta	300 - 400
Ihmisen lanta	500 - 700
Roskakala	950 - 1050
Perunan kuorimajäte	800 - 1000
Ruokajäte	1000 - 1500
Energiakasvit	1000 - 1500
Leipomojätteet	4000 - 4200
Paistorasvat	5000 - 5500

4. Kotitalouden biokaasulaitos

Biokaasureaktori on täyssekoitteinen, sekoitus tehdään ajastetusti pumppusekoituksella ja lietetilan lämpötila pidetään ulkoisella lämmitysputkistolla 35 °C asteessa (mesofiilinen).

Koska kyseessä on oman kotitalouden jätteiden käsittely, rinnastuu teknologia kotikompostointiin, ja edellyttää yleensä ilmoituksen kunnalle, kuinka jätteiden käsittely kiinteistöllä on hoidettu. Eri-tyisiä muita lupia ei tarvita koska kyseessä ei ole ammattimainen jätteiden käsittely.

Lisäksi kaasulinjojen asennus tulisi suorittaa käyttäen hyväksytyjä kaasuosia, kuten esimerkiksi Geberit mapress puristuliittimiä ja putkia, jotka ovat vastaavia kuin saman tuoteperheen maa- ja aurinkolämpö- sekä käyttävesiputket. Asentajalla tulisi olla vähintään C-luokan kaasuasennusluvut. Riskit järjestelmässä ovat hyvin pienet johtuen erittäin alhaisista kaasun paineista ja pienestä kaasuväestön koosta.

Biokaasulaitos käsittelee keittiön ja käymälän tuottamaa biojätettä. Kirjallisuuden mukaan yksi sekaruokavaliolla oleva ihminen tuottaa lantaa noin 100 – 200 g päivässä (Malkki 1999), mutta kasvispainotteista ravintoa käyttävä 300 – 400 g päivässä (House 2012). Tässä oletuksena käytettiin 150 g / henkilö / päivä. Keittiöjätettä syntyy HSY:n jätetutkimuksen mukaan 52 kg / asukas / vuosi, jota käytettiin tässä oletuksena (Toukola ym. 2011). Biojätteen synnyssä on kuitenkin oletettavissa vielä suurempaa hajontaa kuin lannan osalta.

Tonni biojätettä tuottaa 120 Nm³ ja tonni ihmisen lantaa 60 Nm³ metaania (Lehtomäki ym. 2007), ja metaanikuutio sisältää energiaa 10 kWh. Laitoksen tuottama energiamäärä olisi täten 180 kWh / vuosi. Kuitenkin arviossa voi olla hajontaa välillä 100 – 500 kWh, riippuen elintavoista. Liesi (mukaanlukien uuni) kuluttaa 200 – 600 kWh vuodessa (Energiateollisuus 2013), joten keittotarpeiden kattaminen biokaasulla on realistinen vaihtoehto. Lisäksi laitoksen tehoa on mahdollista lisätä esim. nurmikoneleikkujätteellä, joka sisältää energiaa 0,5 kWh / kg.

Jos oletetaan keittiöjätteen määrä tavanomaista suuremmaksi, 250 kg / vuosi, nousee energiantuotto 360 kWh:n, energian arvo nestekaasua korvatessa noin 50 € / vuosi.

Käytettävä reaktori on tyypiltään lämpöeristetty, täyssekoitteinen, jatkuvatoiminen muovista valmistettu tekniseen tilaan sijoitettu anaerobireaktori. Reaktorin aihiona voidaan käyttää esim IBC-konttia. Syöttöläpiviennit säiliöön tulee viedä nestepinnan alapuolelle kaasun karkaamisen estämiseksi ja putkien päät viistetty pystysuoriksi kaasukuplien putkeen joutumisen ehkäisemiseksi.

Kuivakäymälästä eroteltu lanta voidaan johtaa suoraan reaktoriin sijoittamalla reaktori WC-istuimen alle. Keittiöjäte voidaan murskata In-Sink-Erator (Avfallskvarn) -laitteella, ja viemäroidä viettoviemärillä reaktoriin pienen vesimäärän kanssa. Tällöin keittiössä ei tarvita erillistä biojäteasitilaa, vaan jätteet voidaan poistaa välittömästi syntymisen yhteydessä. Samaa reittiä jolla biojäte viedään reaktoriin, voidaan kaasu ohjata keittiön kaasupolttimelle. Polttimen tarvitsema paine tehdään asettamalla sopiva paino kaasupussin päälle.

Prosessilämpötila on mesofiilinen (~ 35 ° C), ja lämmitys toteutetaan asentamalla kieppi PEX-putkea reaktorin ja eristeiden väliin, jossa kiertää talon lämmitysjärjestelmän paluuvesi.

Reaktorisäiliön yläosassa on n. 10-30 % kaasutila alaosan ollessa nestetilavuutta, vaihdellen reaktorin tyhjennyssyklin mukaan. Kaasutilasta muodostuva biokaasu johtuu omalla paineellaan eteenpäin kaasovarastoon. Kaasovarastona voidaan käyttää esim. PVC-säkkiä. Reaktori on suojattu yli ja alipaineventtiilillä, joka toimii myös kondenssiveden erottimen.

Reaktori on eristetty kauttaaltaan 100 mm styroxilla. Biokaasu poistetaan reaktorin yläosasta. Reaktorin syöttö tapahtuu käymälän ja keittiön käyttämisen yhteydessä. Liete poistetaan reaktorista pumppaamalla pinnan noustessa.

Biokaasulaitoksesta on tehty yleiskaavio, piirustusnumero 1011-3-01. Yleiskaavioista käy ilmi tarvittavat säiliöt, pumput, varastot sekä prosessin ainevirrat ja ainevirtojen suunnat.

Alla on taulukoitu esimerkiksi laitoksessa tarvittavien komponenttien kuluttajahintoja, sis. alv.

Reaktorisäiliö IBC kontti	50 €
Reaktorin eristys 6 m ²	50 €
Käytetyn lietteen säiliö	50 €
Kaasovarastopussi 3 m ³ (18 kWh)	100 €
In-Sink-Erator	500 €
Erotteleva kuivakäymälä	600 €
Kaasuliesi	230 €
Sekoitus- ja poistopumppu	360 €
Putket ja asennustarvikkeet, pientarvikkeet	650 €
Yhteenlaskettu	2590 €

Materiaalien biokaasukäsittelyn yhteydessä ei muodostu päästöjä, koska lietteet ovat suljetuissa astioissa. Huomattava osa kiintoaineen sisältämästä orgaanisesta tyypestä hydrolysoituu ja liukoistuu ammoniumtypeksi, joka on peltoviljelyssä kasvien hyödynnettävissä joko suoraan ammoniumioneina tai nitrifikaation kautta nitraattina. Siten loppumateriaalin lannoitekäytössä typen huuhtoutuminen vesistöihin vähenee ja levityksen yhteydessä orgaanisten yhdisteiden aiheuttamat hajuhaitat vähenevät mädättämättömään materiaaliin verrattuna (Luostarinen 2001).

Tarkastellun kotitalouden jätteistä jäävä mädätysjäännös sisältää typpeä 4,1 kg, fosforia 0,2 kg ja kaliumia 13,2 kg. Typen mukaan laskien peltoviljelyn 100 kg / ha esimerkinomaisella levitysmäärillä jäännös riittää 4,1 aarin kasvimaan lannoitukseen, vastaten noin 40 kg Puutarhan Kevät -lannoitetta (arvo noin 50 €)

Laitoksen käyttökuluina on lähinnä sen tarvitsema sekoitus- ja lämmitysenergia, joka on kuitenkin hyvin vähäistä, luokkaa 20 € vuodessa, sillä sekoitus toimii ajastettuna, vain muutamia minuutteja vuorokaudessa, ja lämmönhävikki vapautuu tekniseen tilaan, jossa se vähentää tilan lämmitystarvetta ja vapautuu johtamalla teknisen tilan yläpuolella olevan WC:n lattiaan. Lisäksi kesäaikaan lämmitykseen voidaan käyttää aurinkolämpöä.

4. Kannattavuus

Kotitalousmittakaavan laitoksen tuottaman energian ja kierrätysravinteiden arvo on suhteellisen vaatimaton, 100 € vuodessa. Käyttökulujen jälkeen laitoksen tuottama rahallinen nettoarvo on 80 €, mikä on vähän arvioituun rakennuskustannukseen 2590 €, jolloin takaisinmaksuaika on yli 30 vuotta. Kuitenkin laitoksessa on komponentteja, jotka on talouteen hankittava muutenkin, wc -istuin ja liesi, ja toisaalta käyttömukavuutta lisäävä biojätteen murskain. Mikäli nämä komponentit lasketaan ulos investoinnista, jää takaisinmaksuajaksi 16 vuotta.

Kuitenkin johtopäätöksenä on todettava, että kannattavuutta ei voida saavuttaa pelkästään taloudellisia arvoja mittaamalla, vaan arvoa on laskettava omavaraisuudelle, ravinteiden kierrätykselle ja lisäksi huomioitava vaihtoehtoisten jätteenkäsittelytapojen kustannukset.

Kuitenkin on selvää, että kaupallisia ratkaisuja Suomen oloihin ole valmiina ostettavissa, ja yksittäiskappaleen teettäminen on kallista, eli laitteiston rakentajalta edellytetään omatoimisuutta ja keuhunhalua. Internetistä on saatavilla runsaasti tietoa ja ohjeita pienistä järjestelmistä joita on maailmalla toteutettu.

7. Lähteet

- Energiateollisuus 2013: Lieden sähkönkulutus. <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kodin-sahkolaitteet/sahkoliedet/lieden-sahkonkulutus>
- Fachverband Biogas e.V 2012: Saksan biokaasuyhdistyksen tilastot ([http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/\\$file/12-06-12_Biogas%20Branchenzahlen%202011_eng.pdf](http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/$file/12-06-12_Biogas%20Branchenzahlen%202011_eng.pdf))
- Global alliance for clean cookstoves 2012: 2012 International Workshop on Domestic Biogas November 20, 2012 Chengdu, China
- House 2012: Complete biogas handbook, David William House 2012
- Klinger, B. 1999: Environmental aspects of biogas technology, German Biogas Association
- Lehtomäki, A., Paavola, T., Luostarinen S. & Rintala, J. 2007: Biokaasusta energiaa maatalouteen – Raaka-aineet, teknologiat ja lopputuotteet. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 85, Jyväskylän yliopisto 2007
- Luostarinen, S. 2001: Pro gradu-tutkielma: Maatilakohtainen biokaasulaitos, Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylä.
- Malkki 1999: Human faeces as a resource in agriculture Työtehoseura, P.O. Box. 13, FIN-05201 Rajamäki
- MMMELO 2915/835/2005: Maa- ja metsätalousministeriön ja Kasvintuotannon tarkastuskeskuksen ohje maataloudessa käytettävälle puhdistamolietteelle
- Schulz, H. & Eder, B. 2001: Biogas Praxis: Grundlagen – Planung – Anlagebau – Beispiele, Ökobuch, 2. überarbeitete Auflage, Staufen.
- Toukola ym. 2011: Ramboll Finland Oy / Virve Toukola, Seela Sinisalo, Kai Sormunen, Sanna Pulkkinen: Pääkaupunkiseudun biojätteen koostumus, HSY 2011
- Tuovinen, H 2002: Biohajoavan jätteen hallintastrategian lähtökohdat. SYKE 2002, Helsinki