

Tanja Karttunen

BIOKAASUN KERÄYS JA KÄYTTÖ MTT SOTKAMON TUTKIMUSASEMALLA

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Kone- ja tuotantotekniikka
Kevät 2010



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka
Tekijä(t) Tanja Karttunen	
Työn nimi Biokaasun keräys ja käyttö MTT Sotkamon tutkimusasemalla	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Kunnossapito	Ohjaaja(t) Mikko Heikkinen Toimeksiantaja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Elina Virkkunen
Aika Kevät 2010	Sivumäärä ja liitteet 43+24
<p>Tämä työ tehtiin Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen Sotkamon tutkimusasemalle talvella 2009-2010. Työn tavoitteena on ollut suunnitella biokaasun varastointi ja käyttö vuonna 2008 rakennetun biokaasureaktorin yhteyteen. Teknisten ratkaisujen avulla pyritään estämään reaktorissa syntyvän metaanin vapaa purkautuminen ilmakehään.</p> <p>Työ aloitettiin perehtymällä lainsäädäntöön, mikä on ollut perustana suunnittelussa. Lainsäädännön pohjalta on haettu biokaasun varastoinnin ja käytön tekniset ratkaisut. Työhön kuuluivat suunnitelmat piirustuksineen ja kustannuslaskelmineen.</p> <p>Suunnitelmista syntyi kahden erikokoisen varaston piirustukset, joista toiset on valittu toteutettavaksi. Biokaasu kerätään kaasupussiin ja johdetaan sieltä poltettavaksi soih tupolttimessa. Tämän ansiosta metaania ei vapaudu reaktorista ilmakehään jatkuvasti. Suunnitelman toteutus on alkanut syksyllä 2009, ja varasto biokaasun keräystä ja käyttöä varten valmistuu kesään 2010 mennessä. Suunnitelmat piirustuksineen ovat jatkossa Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen ja maanviljelijöiden käytössä.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Biokaasu, varasto, kaasupussi
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Tanja Karttunen	
Title Collecting and Using Biogas	
Optional Professional Studies Maintenance	Instructor(s) Mr Mikko Heikkinen, Lecturer
	Commissioned by MTT Agrifood Research Finland, Ms Elina Virkkunen
Date Spring 2010	Total Number of Pages and Appendices 43+24
<p>This Bachelor's thesis was made for MTT Sotkamo Agrifood Research Finland in winter 2009- 2010. In Sotkamo's research station a biogas reactor has been built during the year 2008. The aim of the thesis was to make designs for the storage and use of the biogas which forms the biogas reactor. The purpose is to prevent the free flowing of methane into the atmosphere with the help of technical solutions.</p> <p>The drawings with their cost estimates belong to the plans. The thesis was started by finding information about the legislation, which was the basic of the planning.</p> <p>As a result of this thesis, two different sizes of storage solutions were planned. One of them was chosen to be executed. Biogas is collected into a gas balloon and it will be burned in the burner. This prevents biogas from flowing free into the atmosphere. The solutions are simple and inexpensive.</p> <p>The building of the biogas storage has been started in autumn 2009 and it should be finished in summer 2010. In the future the plans with their drawings will be available for the farmers and MTT Agrifood Research Finland in different situations.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	Biogas, storage, gas balloon
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen Sotkamon tutkimusaseman biokaasureaktorin toimintaan liittyen.

Haluan kiittää Sotkamon tutkimusaseman tutkijaa Elina Virkkusta, joka rohkeasti on kehittänyt biokaasutuotannon tutkimusta ja antanut minullekin mahdollisuuden osallistua tämän insinöörityön tekemisellä tutkimushankkeeseen. Kiitos myös muille tutkimusaseman työntekijöille, joiden kanssa tehtävä yhteistyö on ollut insinöörityön toteutumisen pohjana. Kajaanin ammattikorkeakoulun puolesta ohjaajanani on toiminut Mikko Heikkinen ja hänen taustatukensa työssä on ollut tärkeää. Työn rakennustekniikan ratkaisut on tarkastanut Kajaanin ammattikorkeakoulun opettaja Antti Muhonen ylimääräisenä työnään ja hänelle tästä vaivannäöstä paljon kiitoksia.

Työskentely biokaasututkimuksen parissa on laajentanut paljon ammatillisen osaamisen kenttääni muiden opintojeni ohella. Aihepiiri on erittäin mielenkiintoinen ja laaja, ja tämän työn sisältö on vain pieni rajattu osa-alue biokaasun parissa.

Sotkamossa 24.2.2010

Tanja Karttunen

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 BIOKAASUN TUOTANTO	2
2.1 Yleistä	2
2.2 Biokaasureaktori MITT Sotkamossa	3
3 TOTEUTUKSEEN VAIKUTTAVA LAINSÄÄDÄNTÖ	6
3.1 Tukes	6
3.2 Maakaasu- ja kemikaalilainsäädäntö	8
3.3 Evira	9
3.4 EU-lainsäädäntö	9
3.5 Ympäristölupa	9
3.6 Yleiset rakennusmääräykset	10
4 KAASUN KERÄYSVAIHTOEHDOT	11
5 KAASUN KÄYTTÖVAIHTOEHDOT	14
6 SUUNNITTELUUN VALITUT RATKAISUT	19
7 VARASTORAKENTEET	21
7.1 Iso varasto	21
7.2 Pieni varasto	22
8 KAASUN KERÄYS JA KÄYTTÖ	25
8.1 Kaasupussi	25
8.2 Putkisto	26
8.3 Aggregaatti	30
8.4 Soihtupoltin	31
8.5 Kaasupussin tyhjentyminen	32
9 RATKAISUJEN KUSTANNUSARVIOT	35
9.1 Isompi varasto	35
9.2 Pienempi varasto	37
10 TOTEUTUKSEN TARKASTELU	38

11 KEHITTÄMISEHDOTUKSIA	39
12 YHTEENVETO	40
LÄHTEET	41
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on ollut biokaasun varastoinnin ja käytön suunnittelu vuonna 2008 rakennetun biokaasureaktorin yhteyteen.

Biokaasureaktori liittyy Biokaasu ja peltoenergia Kainuussa -hankkeeseen, jonka toteuttajana on MTT Sotkamo, projektipäällikkönään Elina Virkkunen. Hankkeen biokaasuosion tavoitteena on saada tietoa kiinteän massan käsittelystä biokaasutekniikalla ja välittää saatua tietoa yrittäjille ja suurelle yleisölle. Toteutusaika on 1.4.2008–31.12.2010.

MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus) on maamme johtava maatalous- ja elintarviketutkimusta sekä maatalouden ympäristöntutkimusta tekevä laitos. Toiminta on maa- ja metsätalousministeriön alaisuudessa. MTT Sotkamon yksikkö on yksi 14 toimipaikasta. Biokaasu ja peltoenergia Kainuussa -hanke kuuluu MTT:n Fossiilisesta uusiutuvaan -tutkimusohjelmaan, jonka tavoitteena on luoda uusia liiketoimintamahdollisuuksia uusiutuvan energian, suljettujen ravinnekiertojen, massapohjaisten raaka-aineiden ja tuotteiden hyödyntämisessä.

Insinööriyötä varten tehdyt suunnitelmat ja niitä varten hankitut taustatiedot biokaasun varastoinnista ja käytöstä ovat jatkossa biokaasutuotantoa suunnittelevien viljelijöiden käytössä. Suunnitelmatyöhön kuuluvat kustannusarviot, piirustukset ja raportit. Näiden pohjalta Sotkamon tutkimusasemalla aloitettiin kaasuväestön rakentaminen vuoden 2009 lopussa.

Biokaasun tuotanto on yleistä Saksassa, Ruotsissa ja muualla maailmassa, mutta Suomessa tuotanto on vielä vähäistä mahdollisuuksiin nähden.

Insinööriyöhön on hankittu materiaalia, ja sitä on tarkasteltu erityisesti MTT:n Sotkamon biokaasureaktorin tarpeita ajatellen.

2 BIOKAASUN TUOTANTO

2.1 Yleistä

Biokaasua muodostuu anaerobisessa hajoamisprosessissa ja reaktoriolosuhteissa (kuva 1). Biokaasua voidaan tuottaa lannasta, energiakasveista, satotähteistä, biojätteestä, jätevesilietteestä ja elintarviketeollisuuden sivutuotteista. Itse metaanin muodostumiseen ja siihen vaikuttaviin seikkoihin ei tässä työssä ole ollut tarkoitus paneutua. Siitä löytyy tietoa mm. työn lopussa olevista lähdetiedoista.



Kuva 1. MTT Sotkamon biokaasureaktori

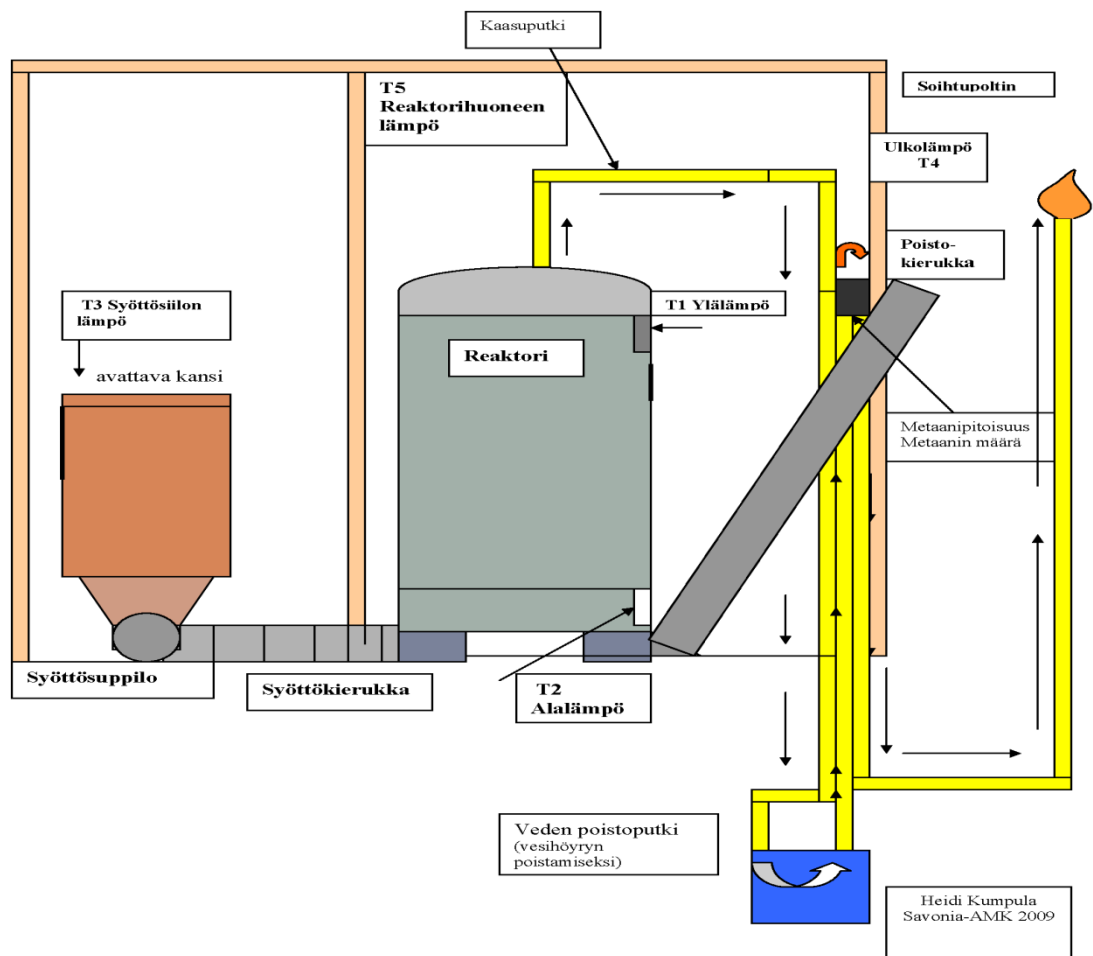
Biokaasu on kaasuseos, jossa on syntypaikasta riippuen 40–70 % metaania, 30–60 % hiilidioksidia sekä vähäisiä määriä muita kaasuja, kuten rikkivetyä. Kun metaani poltetaan, muodostuu vettä ja hiilidioksidia. [1.]

Purkautuvaa biokaasua voidaan kerätä talteen mädätysprosesseista erilaisia käyttöjä varten ja prosesseja voidaan myös rakentaa biokaasun tuotantoa varten. Prosessiin tarvitaan biokaasureaktori, jossa eloperäinen aine mädätetään, ja putkisto, jota pitkin muodostuva biokaasu ohjataan joko suoraan käyttöön tai säiliöön.

Käytöstä riippuen tarvitaan mahdollisesti puhdistusta, paineistusta ja niihin liittyvää automaatiikkaa. Biokaasussa olevaa metaania voidaan käyttää liikennepolttoaineena, energian lähteenä lämpökattilassa ja aggregaatissa. Hiilidioksidille on käyttöä esimerkiksi kasvihuonetuotannossa. Mädätysjäännöksestä saadaan maanparannusainetta erilaisiin tarkoituksiin syötteen laadusta riippuen.

2.2 Biokaasureaktori MTT Sotkamossa

Reaktorin toiminnan avulla tutkitaan kiinteiden syötteiden, kuiva-ainetta noin 20 %, metaanituottopotentiaalia ja kuivamädätystekniikkaa. Biokaasureaktorin tilavuus on 4,5 m³. Yleensä maatilojen reaktorit ovat 50–300 m³ ja yhteiskäsittelylaitokset tuhansia kuutiometriä. Sotkamon tutkimusasemalla biokaasureaktori on jatkuvatoiminen, syöttö, poisto ja kaasun tuotto ovat päivittäisiä. Reaktori tuottaa biokaasua, josta noin 60 % on metaania, 40 % hiilidioksidia ja pieniä määriä muita yhdisteitä. Sekä metaania että hiilidioksidia on mahdollisuus hyödyntää usein eri tavoin. Metaania voidaan käyttää sähkön ja lämmön tuotantoon kuten maakaasua, sekä polttoaineena autoihin. Hiilidioksidin voi käyttää sitä tarvitsevilla prosesseilla ja esimerkiksi kasvihuonetuotannossa. Lisäksi reaktori tuottaa miltei hajutonta jäännöstä, jossa liukoisen ammoniumtyypen määrä on suurempi. Seuraavassa kuvassa (kuva 2) on esitetty Sotkamon tutkimusasemalla olevan reaktorin toiminta pääpiirteissään.



Kuva 2. MTT Sotkamon reaktori, Heidi Kumpula Savonia amk

Toiminnassa olevan tutkimusreaktorin biokaasu pääsee sellaisenaan ilmakehään, sillä soihutpoltin johon kaasu johdetaan, sammuu muutaman minuutin kuluessa ja kaasu jatkaa purkautumistaan ilmaan. Reaktorissa syntyvän ja suoraan purkautuvan kaasun virtaus ja paine ovat liian heikkoja ylläpitämään tulta soihutpolttimessa. Kaasuntuotto on vain 2,5–3,5 m³/vrk, johtuen kooreaktorin pienestä koosta. Reaktorista purkautuvan metaanin virtaus (60 % biokaasusta) on noin 1,25 litraa minuutissa. Vapautuva metaani on ympäristön kannalta 23 kertaa vaarallisempi kasvihuonekaasu kuin hiilidioksidi. [1.] Siksi tavoitteena on vähentää vapautuvan metaanin määrää.

Insinööriyön tarkoituksena on ollut määrittellä kaasun keräykselle ja käytölle vaihtoehtoja ja näiden pohjalta on tehty suunnitelmat piirustuksineen toteutusta varten. Työhön kuuluvat suunnitelmien pohjalta tehtävät kustannuslaskelmat. Lopullinen suunnitelma toteutetaan talven 2010 aikana.

Vaihtoehtoina kaasun ohjaukselle on ollut reaktorin pienen koon vuoksi joko itsestään syttyvä poltin tai puskurivarasto, josta kaasu ohjataan tasaisesti soih tupolttimeen. Varastosta kaasua voisi käyttää myös aggregaattiin ja tuoda tietoa viljelijöille hyötykäytöstä. Varastoon tarvitaan myös venttiili, josta saadaan otettua kaasunäytteet tutkimusta varten.

Ratkaisut on pyritty suunnittelemaan yksinkertaisesti ilman automatiikkaa ja pienin kustannuksin. Tähän on tarvittu tietoa metaanin, hiilidioksidin, kosteuden, rikin ja ilman ominaisuuksista ja lainsäädännöstä, joiden perusteella on tehty rakenteelliset ratkaisut.

Turvallisuus on ollut keräyksen suunnittelussa merkittävin yksittäinen tekijä kaasun räjähdysvaaran takia. Vaara vähenee niin, että 100 prosenttinen biokaasu ei räjähdä. Metaanin syttymisrajat ilmassa ovat 5–15 tilavuusprosenttia. Tällöin se syttyy välittömästi avotulen, kipinän tai riittävän kuumen pinnan vaikutuksesta. Syttyminen vaatii ulkoisen kipinän.

3 TOTEUTUKSEEN VAIKUTTAVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Valintoihin ja päätöksiin on vaikuttanut paljolti lainsäädäntö, jota on runsaasti eri tarkoituksia ja tilanteita varten. Yleinen uusiutuvien energioiden lainsäädäntö, sen tuomat mahdollisuudet ja esteet tuovat haasteita päätöksiin. Valvonta on hajautettu kolmeen ministeriöön: työ- ja elinkeinoministeriölle kuuluu energian tuotannon valvonta, ympäristöministeriölle ympäristövaikutusten valvonta sekä maa- ja metsätalousministeriölle eläinperäisten sivutuotteiden käsittelyn valvonta.

Maatalouden biokaasulaitosten biokaasun tuotantoon ja käsittelyyn sovelletaan asetusta vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista (59/1999), jota on muutettu valtioneuvoston asetuksella 484/2005. Suunnittelun lopputuloksena tulee aina olla tarkoituksenmukainen ja toimiva kokonaisuus. Näin varmistetaan turvallinen, häiriötön ja taloudellinen toiminta. [2.] Tyypillisimpiä kohteita asetuksen piiriin kuuluvasta toiminnasta ovat jätevedenpuhdistamot, jätteiden käsittelylaitokset, maatilat ja sikalat. [3.]

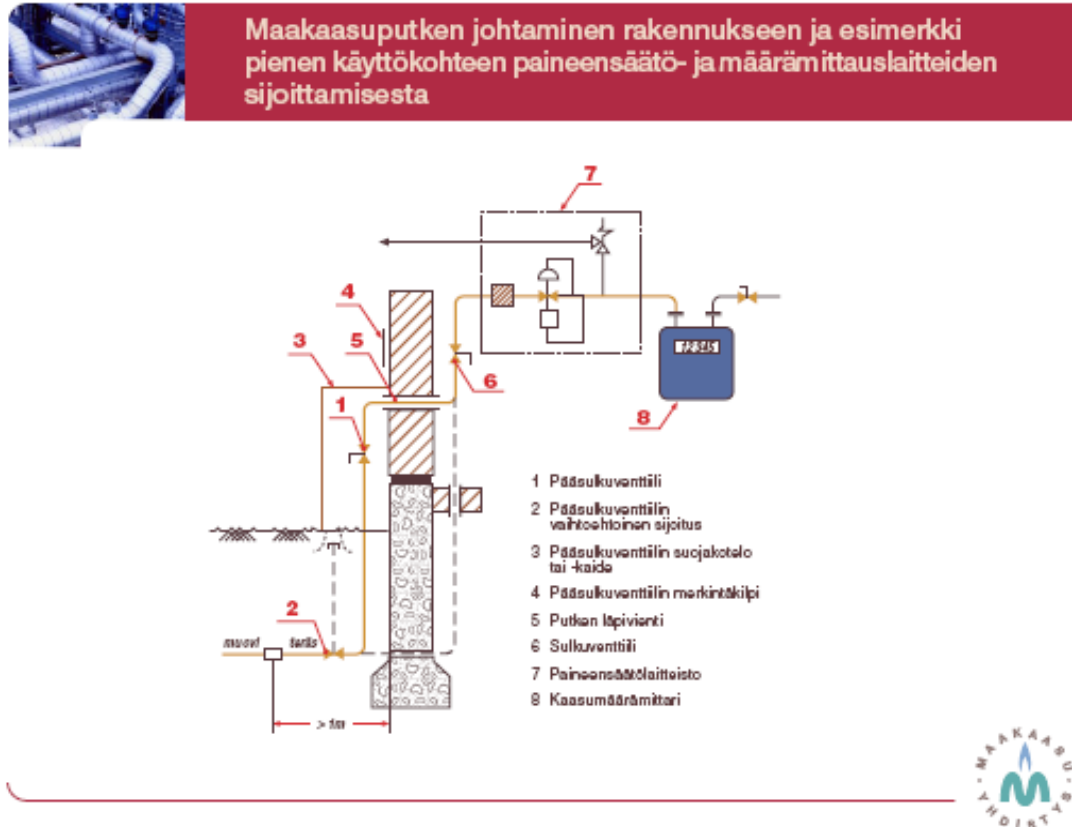
Myös Eviran järjestämässä seminaarissa 15–16.9.09 todettiin, että biokaasutuotannon rakentamista ja laitteita koskevat kemikaali- ja räjähdelaite, silloin kun putkistot pysyvät laitoksen sisäisinä. Seminaarin kouluttajatkin totesivat alan vielä olevan uuden, ja kaikki osapuolet joutuvat hakemaan vielä käsittely- ym. tapoja.

Yleisesti biokaasun käyttö maatilalaitoksilla voidaan katsoa olevan turvallista, mikäli laitosta käytetään ja ylläpidetään oikein. [4.]

3.1 Tukes

Tukes valvoo laajamittaista teollista käsittelyä, joten tässä tapauksessa se ei toimi valvovana viranomaisena. Turvallisten ratkaisujen saamiseksi on syytä kuitenkin huomioida Tukes-ohjeet ratkaisuisissa. [3.] Ohjeistosta saadaan hyviä suunnitteluperusteita, kuten seuraavat putkiston suunnittelussa huomioitavat seikat. Putkistoon katsotaan kuuluviksi putket, putkiston osat kuten laipat, tiivisteet, paljetasaimet ja haaroituskappaleet sekä putkiston varusteet kuten suodattimet ja virtausmittarit.

Putkisto on valmistettava sellaisista rakenneaineista ja asennettava siten, että se normaali-käytössä kestää siihen kohdistuvat mekaaniset, kemialliset ja lämpötilojen vaihtelun aiheuttamat rasitukset. Tällaisesta sijoittelusta on esimerkki alla olevassa kuvassa 3.



Kuva 3. Maakaasukäsikirja, putkien sijoitus/kuvakooste [2.]

Putkisto on asennettava siten, että laitteiden huolto ja puhdistus on esteetöntä. Maahan tai rakennusosiin upotettujen metallisten putkien liitokset on tehtävä hitsaamalla tai kovajuottamalla. Upotettu putki on tällöin tarvittaessa suojattava mekaanista vahingoittumista vastaan suojaputkella tai suojakourulla. Maan routiminen ja rakennuksen liikkuminen tulee ottaa asennuksessa huomioon. Teräsputket on lisäksi suojattava korroosiolta.

Rakennusosien läpiviennissä tulee käyttää suojaputkea. Läpivienti on tiivistettävä joustavalla massalla. Seinien läpivienneissä putkea ei saa haaroittaa ja läpiviennin kohdalla putkessa ei saa olla liitoksia. Irrotettavat liitokset on sijoitettava siten, että ne voidaan tarvittaessa tarkastaa ja huoltaa. [5.]

3.2 Maakaasu- ja kemikaalilainsäädäntö

Maakaasuasetusta sovelletaan toimintamalleihin, joissa kaasu johdatetaan hyödynnettäväksi maatilalta esim. tilan ulkopuoliseen kasvihuoneeseen, viljakuivaamoon tai johdetaan hyödynnettäväksi naapuritalojen lämmitykseen. [4.] Insinööriyön kohteena olevassa tapauksessa maakaasuasetusta ei sovelleta.

Biokaasu sisältää samaa metaania kuin maakaasu ja maakaasuun liittyvistä säännöksistä ja määräyksistä saadaan turvallisuuden kannalta vähimmäistaso, jota rakentamisessa ja käytössä tulee noudattaa, vaikka toiminta ei suoranaisesti kuuluisikaan maakaasulainsäädännön piiriin. Alan standardeissa ja ohjeissa esitetään lisäksi suuri määrä hyväksyttäviä teknillisiä ratkaisuja, ja niistä saadaan turvallisia suunnitteluperusteita.

Maakaasuasetuksesta erityisesti huomioitavia yleisiä seikkoja mainitaan tässä muutama. Putket tuodaan vain läpiviennin osalta rakennuksen alla ja suunnitelmissa huomioidaan turvaetäisyydet sähkölinjaan sekä salaojiin. Putket vaativat yleensä 1 m peitesyvyyden, jota voi vähentää jos paine on alle 4 baaria. Putken alkutäytössä käytetään halkaisijaltaan alle 32 mm:n kiveä ja se ei saa olla murskattua. Penkereessä on oltava 1,2 m:n tasanne putken ympärillä.

Valtioneuvoston asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta N:o 551 on tehty vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden nojalla (390/2005). Sen mukaan paineen ollessa maksimissaan 5 bar ja DN 25 valvonta kuuluu pelastusviranomaisille vähäisen teollisen käsittelyn vuoksi.

3.3 Evira

Elintarviketurvallisuusvirasto Evira valvoo käsittelyjäännöksen hyödyntämistä lannoitevalmisteenä. Tätä koskee lannoitevalmistelaki 539/2006, jota on muutettu asetuksella MMMa 20/09. Yleisesti biokaasulaitoksilla on ilmoitusvelvollisuus Eviralle ja laitokselle on tehtävä laitoshyväksyntämenettely. Tämä ei koske toimijaa, joka luovuttaa tai vastaanottaa sopimukseen pohjautuen lantaa maatilalta toiselle tai luovuttaa lantaa, maatilalla tapahtuvasta toiminnasta syntyviä lietteitä tai muita orgaanista jätettä käsittelijälle, jolla on ympäristölupa. Ilmoitusvelvollisuus ei koske toimijaa, joka käsittelee maatilalla tai yhteislantalassa omaan käyttöön maatilalla tai yhteislantalalan mautiloilla syntyvää lantaa, raakamaitoa, tilalla syntyviä munankuoria ja kasvijätettä; tai muita maatilan toiminnassa syntyviä jätteitä pois lukien muut luokan 2 ja 3 eläinperäiset sivutuotteet kuin edellä mainitut. [6.] Ilmoitusvelvollisuus ja tiedostonpito- ja tiedostusvelvollisuus eivät koske MTT Sotkamon reaktorista syntyvää käsittelyjäännöstä, koska sitä ei käytetä tilan ulkopuolella lannoitteena.

3.4 EU-lainsäädäntö

Elintarviketurvallisuusvirasto Evira valvoo nk. sivutuoteasetusta, joka on Euroopan parlamentin ja neuvoston antama asetus (EY) N:o 1774/2002, ja komission asetusta (EY) 181/2006 ja 208/2006. Asetus velvoittaa omavalvontaan, jossa on laadittava ja toteutettava kriittisten valvontapisteiden seuranta- ja tarkastusmenettelyt. [7.] Koska MTT Sotkamo ei ole ilmoitusvelvollinen, se kuuluu myös omavalvontavelvollisuuden ulkopuolelle.

3.5 Ympäristölupa

Ympäristölupaa on haettava jätteen hyödyntämiseen tai käsittelyyn, joka on ammattimaista tai laitosmaista (Ympäristönsuojeluasetus 1§). Jätettä raaka-aineenaan käyttävän biokaasulaitoksen toiminta edellyttää ympäristölupaa, ja ympäristövaikutusten arviointimenettelyä edellytetään, jos biokaasulaitos käsittelee vähintään 20 000 tonnia jätettä vuodessa tai jos alueellinen ympäristökeskus niin päättää. [8.] Ympäristölupaa ei tarvita tässä tapauksessa.

3.6 Yleiset rakennusmääräykset

Maatilan biokaasulaitoksilla tuotetaan metaania sisältävää biokaasua. Metaani luokitellaan erittäin helposti syttyväksi kaasuksi, joka voi aiheuttaa vaaratilanteen esimerkiksi putki- tai toimilaittevuodon seurauksena. Vuodon sattuessa suljettuun tilaan voi muodostua räjähdysvaarallinen kaasuseos, joka voi kipinälähteen tai muun syttymislähteen läsnä ollessa syttyä. Kohteisiin, joissa käsitellään räjähdysvaarallisia aineita ja joissa toiminnan aikana on työntekijöitä läsnä, tulee laatia räjähdysuojasiasiakirja. [4.] Rakennus tulee olemaan ATEX-tila, jossa laitteiden ja asennusten oltava kaasutilaan sopivia Ex-laitteita. Paloluokitus rakenteissa on oltava EI 30, jollainen on esim. autokorjaamoissa. P2-luokka on räjähdysalttiin erillisen kattilahuoneen vaatimus. Ex-tilojen sisäänkäyntien yhteydessä on tarvittaessa oltava merkintä (kuva 4).

Biokaasulaitokset tarvitsevat maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaisen rakennusluvan tai toimenpideluvan. [4.] Rakennusvalvontaan ollaan yhteydessä suunnittelun ja toteutuksen eri vaiheissa ja rakennuslupahakemukseen liitetään paloturvallisuusselvitys.

Kaasuvaraston suunnittelun alkuvaiheessa on jo oltu yhteydessä palotarkastajaan ja hän on aikonut perehtyä biokaasun varastointiin. Biokaasutuotanto on viranomaisille ja myös palotarkastukselle uusi asia. Esimerkiksi lainsäädännön mukaan kaasuhälyttimeksi käy paristoilla toimiva hälytin, jos siihen on nimetty henkilö vaihtamaan paristoja.

Laki (VNa 59/1999) ei velvoita laitoksen kaasulaiteasennuksia teetettäväksi hyväksytyllä kaasuasennusliikkeellä, mutta etenkin laitoksen sisätiloihin tulevissa kaasulaiteasennuksissa on suositeltavaa käyttää kaasuasennusliikettä tai asiantuntevaa laitetoimittajaa.



Kuva 4. Ex-tilojen sisäänkäyntien merkintä

4 KAASUN KERÄYSVAIHTOEHDOT

Biokaasulle soveltuvat samat siirto, varastointi- ja tankkausmenetelmät kuin maakaasulle. [10.] Biokaasua voidaan varastoida kaasukellossa, PVC-säkissä tai muovikalvossa. [10.] Puhdistettua biokaasua voidaan varastoida 200–250 baarin paineeseen metallisäiliöihin. Jalostetun biokaasun injektointi maakaasuverkkoon on lisääntynyt useissa maissa viime vuosina. [10.] Kaasun varastointi on tyypillisesti melko lyhytaikaista ja tapahtuu joko varsinaisen reaktorin yläosassa (kuva 5) tai katetun jälkikaasuuntumissäiliön yläosassa, jossa on kaasunkeräys-tilaa noin viidennes reaktorin kokonaistilavuudesta. [11.]



Kuva 5. Kaasun kerääntyminen reaktorin yläosaan länsisuomalaisella maatilalla

Biokaasua voidaan siirtää säiliöautoissa tai rekkakonteissa, jotka on täytetty painepulloilla. Paineistaminen vaatii energiaa noin 4 % biometaanin sisältämästä energiasta. Biokaasua voidaan siirtää myös maakaasuverkossa. Biokaasu on mahdollista nesteyttää alle -163 °C :n lämpötilassa, mutta menetelmä kasvattaa tuotantokustannuksia ja vaatii energiaa. [12.]

Rikin poistoa varten voidaan pieni määrä ilmaa tai happea ($2\text{--}4\text{ % O}_2$) pumpata reaktoriin, jolloin reaktorissa olevat bakteerit hapettavat rikkivedyn vapaaksi rikiksi ja sulfaatiksi biomassan pinnalla. Tällöin rikki poistuu mädätteen mukana. [13.] Keskusteluissa rikkivedynpoistomenetelmäksi yhtenä vaihtoehtona esitettiin säiliötä, jonka sisällä olisi perusmetallilastua. Kaasun virratessa metallilastun läpi se reagoisi rikin kanssa, ja kaasu puhdistuisi rikistä.

Kun tarvitaan hiilidioksidin poistoa biokaasusta, kaasu ohjataan kulkeutumaan n. 10 baarin vesipatjan läpi. Yleensä kaasu käytetään lämmityskattiloissa ja aggregaateissa puhdistamattomana. [14.] [15.]

Ulosvirtauksen aikaan saamiseksi kahden kaasupussin väliin on mahdollista syöttää paineilmaa, jolloin se puristaa kaasua ulos. Puristava voima voidaan aikaansaada massan painolla. Yleisesti suositellaan pussia laitettavaksi sellaisten seinämien sisään, jotka estävät sen liiallista laajenemista.

Pääsääntöisesti putkien rakennemateriaalit ovat ruostumatonta terästä (kuva 6) tai erikois-
muovia ja kaasupussin saa kiinni putkistoon letkun kiristimellä.



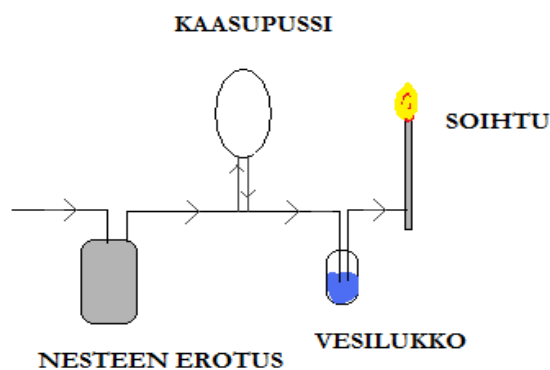
Kuva 6. Biokaasuputkistoa länsisuomalaisella maatilalla

Poisto tapahtuu automaattisesti ylivuotona. Kattilan polttimolle tulevan kaasun paine on yleensä n.10 mbaaria ja maksimi on 20 mbaaria. Poltin toimii myös 5:llä mbaarilla. Jos reaktorin lämpötila on vähintään 55 astetta, muodostuu kaasuun enemmän vettä ja se on poistettava.

Kaasun kuivaus poistaa suurimman osan mahdollisesta rikkivedystä.[10.] Kuivaus voidaan toteuttaa lauhduttamalla kaasua, jolloin kaasun sisältämä vesi lauhtuu nesteeksi ja näin ollen poistuu. [13.]

Sotkamon reaktorille sopivin vaihtoehto edellä luetelluista varastotyypeistä on kaasupussi ja säiliön koon tarpeeksi arvioitiin alustavasti 2–3 vrk:n kerääntynyt kaasumäärä, joka olisi noin 10 m³. Tällöin ilmakehään ei vapautuisi metaania useankaan vapaapäivän yhteydessä, jos tuli sammuu. Kaasusäkki ja kaasuvaramo mitoitetaan tavallisesti vastaamaan 12 tunnin kaasun tuottoa. [13.]

Tutkimusaseman syötteenä käyttämä kuiva-aines ei tuota niin paljon ongelmia rikin kanssa kuin hyvin märkä raaka-aine ja rikin poistolle ei ole tarvetta. Muutoinkin biokaasu suunnitellaan käytettäväksi paineettomana ja polttaen ilman käsittelyä. Ainoastaan vesi poistetaan kuljettamalla kaasu maan alla olevan vedenpoistoastian kautta, kuten kuvassa 7 on esitetty.



Kuva 7. Biokaasun kulkeutuminen soihtupolttimolle yksinkertaistettuna.

5 KAASUN KÄYTTÖVAIHTOEHDOT

Kaasun käyttövaihtoja tarkastellaan MTT Sotkamon näkökulmasta ja vain mainitaan teolliseen tuotantoon sopivia vaihtoehtoja. Energiasisällöltään 1 m³ metaania vastaa litraa öljyä, joka on 10 kWh. Yhdessä kuutiometrissä biokaasua on 0,65 kuutiometriä metaania. Sotkamon reaktoriin syötettävän lannan jäännöskuiva-ainepitoisuus on 10–13 %, jolloin 1 tonnia syötelantaa tuottaa 42 litraa polttoöljyä vastaavan energian. Alla olevassa taulukossa 1 on esitetty vertailu erilaisten polttoaineiden lämpöarvoista. Maakaasu on 99-prosenttisesti metaania.

Taulukko 1. Polttoaineiden lämpöarvoja. [2.]

		Maakaasu	Propani	Kevyt pö	Raskas pö
Tiheys		0.72kg/m ³	2,01kg/m ³	0.85kg/dm ³	0.96kg/dm ³
Ylempi lämpöarvo	MJ/m ³ n	39,8	101,2		
	MJ/kg	55,3	50,3	44,6	44,4
Tehollinen lämpöarvo	MJ/ m ³ n	36,0	93,0		
	MJ/kg	50,0	46,0	42,7	40,6
	kWh/kg	13,9	12,8	11,8	11,3
	kWh/m ³ n	10,0	28,8		

Biokaasua käytetään yleisesti jalostamattomana (kuva 8). Jalostettu biokaasu on ympäristöystävällinen polttoaine. Sen käyttö pienentää huomattavasti kasvihuonepäästöjä. Liikennekäytön vaatimusten mukaisesti puhdistetulla biokaasulla, eli biometaanilla on alhaiset hiukkaspäästöt ja typenoksidipäästömäärät. Tuotantoon, varastointiin ja kuljetukseen tarvitaan vain vähän energiaa. Biometaani ei tuota jätteitä ja jäljelle jääneet tuotteet palaavat kiertoon. [12.]



Kuva 8. Jalostamattoman biokaasun käyttöä länsisuomalaisella maatilalla.

Yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa (combined heat and power, CHP) kokonaishyötysuhde nousee jopa yli 90 %:n valmistajasta riippuen. Kaasumoottoreissa käytettävästä biokaasusta voidaan joutua poistamaan rikkivety, ammoniakki ja partikkelit. [10.] Sähkön ja lämmön tuottaminen biokaasulla polttomoottorissa tai kaasuturbiinissa on tällä hetkellä toimivin pien-CHP-ratkaisu. Anaerobisessa biokaasureaktorissa tuotettu kaasu on helppo puhdistaa polttomoottori- tai kaasuturbiinikelpoiseksi. Suomessa Virroilla Kankaan maatilalla on ollut muutaman vuoden käytössä mikroturbiinikäyttöinen yhdistetty lämmön- ja sähköntuotantolaitos.

Maatilojen karjanlannasta ja peltobiomassoista tuotettu kaasuenergia on melko yksinkertaisilla ratkaisuilla muunnettavissa sähköksi ja lämmöksi. Kaasun käyttö kesäkaudella on ongelma, koska lämpöä tarvitaan silloin vain vähän. Maatilan sesonkiluonteinen suuri sähkön ja lämmön kulutuksen vaihtelu vaikeuttaa biokaasulaitoksen järkevää suunnittelua. Maatilan CHP-laitoksen ongelma on lämmön hyödyntäminen. Etäisyys taajaman lämpöverkkoon on liian pitkä ja oma käyttö vähäistä. Yksi mahdollisuus voisi olla kaasun johtaminen lähitaajaman CHP-laitokseen, joka syöttäisi biokaasulla tuotetun sähkön ja lämmön omiin paikallisiin verkkoihinsa.

Uutuutena on tulossa myös polttokennon käyttö sähkön muodostamisessa. Sen hyötysuhde on 70–94 %, kun polttomoottorissa se on n. 40 %. Polttokenno voi tuottaa suoraan sähköä mikrowateista megawatteihin. Mahdollinen sähkön hyötysuhde on yli 50 % ja lämmön noin 35 %. Teknologian yleistymisen myötä polttokennon hinta todennäköisesti laskee huomattavasti. [10.]

Myötävirtakaasutukseen (häkäpönttö) perustuvia pieniä sähkön ja lämmön tuotantoyksiköitä on kehitteillä Suomessa useampia. [17.]Lisäksi biokaasua voidaan hyödyntää mm Stirling moottoreissa. [10.]

Sähkön tuotantoon biokaasua on käytetty jo pitkään polttomoottoreissa, joiden tehot vaihtelevat noin 45 kW:sta useaan MW:iin. Käytännössä pienissä polttomoottoreissa päästään 25–30 % sähkön tuotannon hyötysuhteisiin. [10.] Polttomoottorikäyttöinen aggregaatti voisi hyödyntää kaasun puhdistamattomana ja paineistamattomana.

Maailmalla on myynnissä varsinaisia biokaasuaggregaatteja (kuva 9), mutta esimerkiksi nk. bensinikäyttöisestä ottomoottorigeneraattorista saa biokaasulla toimivan pienillä muutoksilla. Käynnistys voi olla sähköllä tai bensinillä. Bensinikäynnistyksen jälkeen vipuhana sulkisi bensan tulon ja aukaisisi kaasun tulon yhtäaikaaisesti ja näin generaattori toimisi kaasulla. Tutkimusasemalle sopisi tällainen yksinkertainen ja edullinen ratkaisu. Vieraille näytösluontoisesti tapahtuva generaattorin käyttö antaisi selkeän kuvan biokaasun keräämisen ja käytön hyödyllisyydestä.



Kuva 9. Biokaasukäyttöinen aggregaatti, Siaya Instruments, Intia

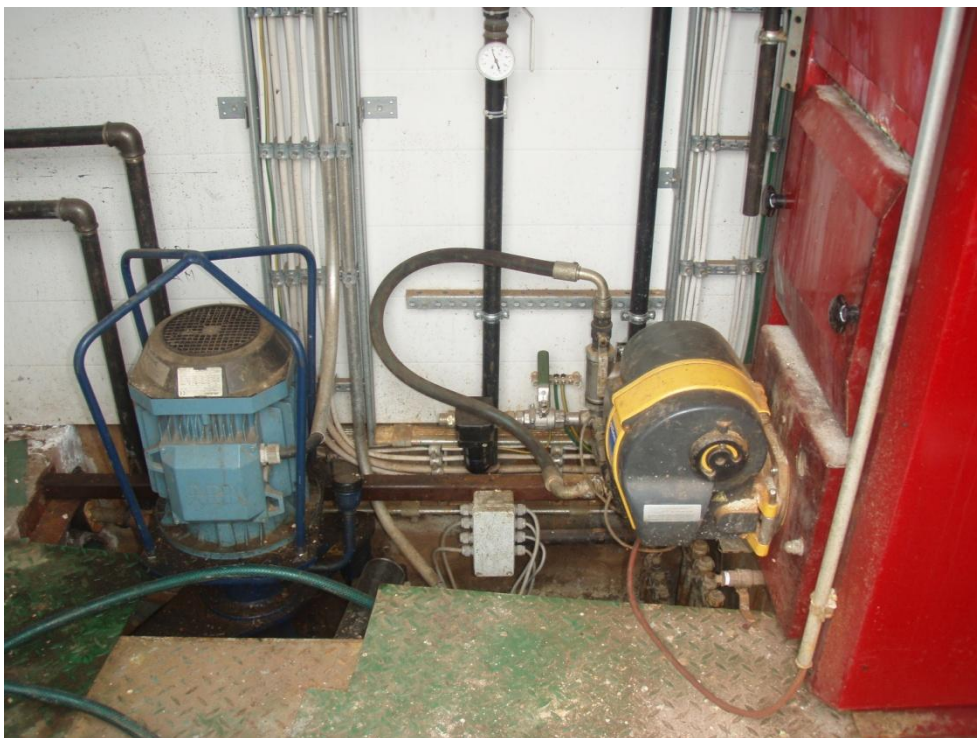
Biokaasuntuotantoyksikkö tarvitsee soihutolttimen polttaakseen mm. häiriötilanteessa syntyvän kaasun, ettei metaani vapaudu ilmakehään sellaisenaan. Tutkimuslaitoksella on ollut omatekoinen poltin (kuva 10), joka ei jaksa palaa paria sekuntia kauempaa. Virtaus ja paine ovat liian heikkoja. Tässä insinööriyössä etsitään tähän ratkaisua.



Kuva 10. MTT Sotkamon biokaasureaktorin poltin

Soihdulle voisi varastoinnin vaihtoehtoina olla poltin, jossa on itsesytyjärjestelmä purkautuvan kaasun mukaisesti.

Lämmityskattiloissa (kuva 11) käytettäviä polttimoja valmistavan Oilon Oy:n pienin poltin on Junior Gas, jonka tulopaine on 20–200 mbaaria, joka on liian iso Sotkamon MTT:n soihutpolttimolle. Oilon Oy:ltä saadun tiedon mukaan heillä ei ole tuotteistossaan poltinta näin pienen paineen tarpeeseen. Poltin on rakennettava itse tai käytettävä aiemmin MTT Sotkassa valmistettua poltinta. Kun syntyvä biokaasu poltetaan soihdussa, ilmakehään vapautuu vain vettä ja hiilidioksidia.



Kuva 11. Biokaasun käyttö lämmityskattilassa länsisuomalaisella maatilalla

Biokaasussa olevan hiilidioksidin voisi hyödyntää kasvihuonekäytössä. Hiilidioksidi johdettaisiin kasvihuoneeseen, jossa kasvit hyötyvät siitä. Tällä hetkellä kasvihuoneiden tuotantoon tarvitsema hiilidioksidi saadaan nestekaasulla aikaiseksi. [18.]

Suomessa alalla toimii mm. NHK-Keskus, joka tarjoaa Robogas-biokaasuvoimalaa kokonaispakettina.

6 SUUNNITTELUUN VALITUT RATKAISUT

Piirustukset ja kustannuslaskelmat tehtiin varastoon, joka sisälsi yhden huoneen 10 m³:n kaasupussille ja toisen huoneen aggregaatin käyttöä varten. MTT Sotkamo ei saanut rahoitusta suunniteltuun kaasuvastoon, ja tilannetta arvioitaessa päädyttiin tekemään uudet suunnitelmat pienempään ja kustannuksiltaan alhaisempaan varastoon. Varastosäiliön kooksi sovittiin 2 kuutiometriä, joka suositusten mukaan tarvitaan vähintään laitoksen 12 tunnin purkautuvalle kaasun määrälle. Alkuperäisen suunnitelman aggregaattihuone jätettiin kokonaan pois.

Kohdassa 4 luetellut rikin ja hiilidioksidin poistomenetelmät olisivat ylimitoitusta MTT Sotkamon käyttöä varten, joten niitä ei tehdä. Kaasuputkien kulkeutuessa pihalla olevan tarkastuskaivon läpi tapahtuu lauhdutus ja sen myötä vedenerotus. Tämä toistuu toisen kerran soihutkaivossa. Talviolosuhteiden vuoksi tarkastuskaivojen vedenkeräysastioissa käytetään pakkasnestettä jäätymisen estämiseksi.

Pienempi varasto suunniteltiin kevytrakenteiseksi, tuulettuvaksi ja siirrettäväksi. Se sai hyväksynnän rahoitustaholta ja rakentaminen on aloitettu marraskuun 2009 aikana.

Yhtenä vaihtoehtona rakennuksen lämmitykseen olisi voinut olla lämpökaapeli tai sulanapitokaapeli kaasupussin hihojen ympärille kupariputken kanssa asennettuna. Käytännöllisyyden vuoksi lämmitykseen valittiin lattialämmitys, joka ulkoa ohjattuna tulee edullisemmaksi kuin räjähdysvaarallisen ATEX-tilan patteri. Valokatkaisija ja lämmityskytkin suunniteltiin ulkoseinälle ja näin kalliita Ex-laitteita ei varaston sisälle tarvita kuin hälytin ja lamppu. Ne suunniteltiin seinäasennuksiksi katon irrotettavuuden vuoksi.

Kaasuputkistona päätettiin käyttää samaa putkistoa, josta reaktoriin on aiemminkin tehty putkistot (kuva 14). Ne ovat kierrätystavaraa ja osia venttiileineen löytyi vielä tarpeellinen määrä.



Kuva 14. Vuonna 2008 rakennetun biokaasureaktorin putkistoa.

Kaasun polttoon suunnitellaan käytettäväksi entistä soihtupoltinta tasaisella kaasuntulolla, tai tarvittaessa rakennetaan uusi poltin, jonka malliksi otetaan atmosfääripolttimen rakenne.

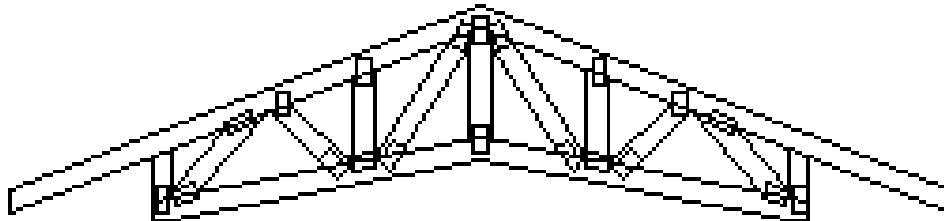
Pääperiaatteena on ollut suunnitella yksinkertainen, edullinen ja ilman automatiikkaa toimiva kaasuväylä, josta kaasu ohjataan tasaisesti soihtupolttimolle.

7 VARASTORAKENTEET

Rakenteet ensin suunniteltuun isompaan varastoon ja toteutettavaan pienempään varastoon ovat kaasun keräyksen osalta ratkaisuiltaan samanlaiset. Varaston rakenneratkaisut ovat erilaiset perustustavoiltaan, ja ratkaisut on esitetty erikseen. Erotuksena varastoja nimitetään tässä työssä iso varasto ja pieni varasto.

7.1 Iso varasto

Maakaasustandardien riskikartoituskirjan mukaan selvisi, että kaasu ohjautuu kaltevaa kattoa pitkin ylöspäin painovoimaiseen ilmanpoistoon, kun taas tasainen katto sokkeloineen kerää vaarallisia taskuja. Varaston sisäkaton saamiseksi kaltevaksi suunniteltiin varastoon saksikattotuoli (kuva 15), jolloin vuodon sattuessa metaani ilmaa kevyempänä kaasuna laimenee tehokkaasti kohoamalla ilmakehässä ylöspäin, toisin kuin nestemäiset polttoaineet, jotka jäävät maan pinnalle aiheuttaen huomattavasti suuremman tulipaloriskin. [10.]



Kuva 15. Saksikattotuoli

Ilmankierron suunnittelu on erityisen tärkeää mahdollisen vahingon sattuessa vapautuvan metaanin vuoksi. Poistoilma-aukkona kaasutilassa suositellaan 1 %:n aukkoa lattiapinta-alaan verrattuna. Laskennallisesti tämä vaatisi noin 8,5 m² varastossa jopa vähintään Ø 330 mm suuruisen poistoilma-aukon.

Rakennuksen perustus suunniteltiin kantavalle laatalle. Sen rakentamiseen tarvitaan toimenpidelupa. Kattotuolien kaltevuudeksi sovittiin sama kuin kalustovajassa, joka on 1:2,5. Sokkelin korkeudeksi suunniteltiin 400 mm ja harkon ja rungon leveydeksi 150 mm, joka lämpötilaltaan yli nolla astetta olevassa varastossa on riittävä. Rakennuksen pinta-ala on 13 m², ja siihen mahtuu 10 m³ kaasupussi ja erilliseen huoneeseen aggregaatti.

7.2 Pieni varasto

Pienempään varastoon saadaan kaltevalla pulpettikatolla aikaiseksi kaasua ylös ja katonrajasta ulos (kuva 16) ohjaava rakenne. Varastoon tulee vain 2 m³:n kaasupussi ja pohjapinta-alan kooksi riittää 2,5 m². Varasto suunniteltiin asfaltin päälle pilariharkkojen varaan, joten se on kevytrakenteinen. Tämän varaston eristepaksuus mitoitetaan 100 mm ilman ristiinkoolausta. Seinärakenteiden tueksi laitetaan vanneraudat ristiin joka sivulle. Varaston rakentamiseen ei tässä tapauksessa tarvita toimenpidelupaa.



Kuva 16. Vahingon sattuessa kaasu ohjautuu ylös ja ulos katonrajasta.

Puurakenteet on sahattu jo edellisenä kesänä rakennusta varten, ja runkorakenteet toteutettiin niistä. Koska talven vuoksi varasto rakennettiin katetussa hallissa, suunniteltiin alapohjarakenne siirtoa kestäväksi ja helposti pilareiden päälle laskettavaksi. Katto suunniteltiin irrotettavaksi mahdollisen säiliön suojaputken (Ø 1300 mm) poistoa varten kunnossapidon ajaksi.

Tuulettuvan kevytrakenteisen varaston alapohjaksi valittiin Finnfoam- rossipohjarakenne (kuva 17). Sen lyhytaikainen kantavuus on 1700...4200 kg/m² ja pitkäaikainen 800...2000 kg/m². Kantavuus on samaa tasoa kuin ristiinkoolatulla rossipohjalla. Alapohjassa Finnfoam toimisi tuulensuojana, höyrysulkuna ja eristeenä samanaikaisesti. Sitä on saatavana valmiina rossipohjaeristeenä, mutta pieneen rakennukseen ei ole taloudellista teettää valmista rossipohjaeristettä, joten vastaava rakennettiin saatavilla olevista levyistä lisätuennan avulla.



Kuva 17. Suunnitelmien mukaisen pienen varaston alapohja

Seinä- ja kattoeristerakenteena selluvillainen Vital-eriste toimisi tehokkaammin kosteassa kuin mineraalivilla, mutta se olisi rahteineen noin 150 € kalliimpi, ja kustannusten pitämiseksi alhaisina valittiin mineraalivilla eristeeksi (kuva 18).

Koska lämpötila rakennuksessa voi olla lähellä nollaa, ei muovi ilmansulkuna ole hyvä, vaan valittiin bitumipaperi ilmasulukuksi. Kaksi kipsilevyä päällekkäin riittää EI 30 -rakenteeksi rakennuksen sisäseinissä ja katossa.



Kuva 18. Mineraalivilla ja tuulensuojalevy varaston ulkoseinissä

Rakentaminen toteutettiin katetussa hallissa, ja suojaputken ja katon asennusta varten rakennus siirrettiin traktorilla ulos, ja asennus tehtiin siellä (kuva 19).



Kuva 19. Rakennuksen siirto katon asennuksen ajaksi

8 KAASUN KERÄYS JA KÄYTTÖ

8.1 Kaasupussi

Kaasunkeräysspussin muoto pyöreänä on taloudellisin pintojen vastustuksen tähden, eli pinta on vähemmän kuin laatikkomallissa, joten kooltaan n. 10 m³:n pohjahalkaisija on 2,3 m ja korkeus 2,2 m. Pohjapinta-alan ollessa mahdollisimman suuri ja nousevien seinien pinta mahdollisimman matala on seinämävastus pienimmillään, mutta kaasun ulospuristus on käytännöllisempää rakentaa pienemmälle pohjapinta-alalle.

Tulo- ja menovirtausputket sijaitsisivat säiliön alaosassa, jolloin putket eivät liiku puristuvan ja täyttyvän säiliön mukana. Ne kiinnitetään pussin hihoihin, jotka näkyvät alla olevassa kuvassa 20.



Kuva 20. Hihoilla varustettu PVC-säkki

Yhden kaasupussin sijaan toinen ratkaisu olisi kaksi pussia, joista toinen täyttyy ja toinen tyhjenee. Tällöin laitekustannuksia tulee enemmän ja siksi päädyttiin tilaamaan yksi pussi.

Tarjouspyyntö kaasupussista jätettiin useammalle suojapeitteiden valmistajalle, ja vastaus saatiin yhdeltä, jolta sellainen tilattiin. Valmistaja on toimittanut teknisen selosteen materiaalin sopivuudesta biokaasulle. Materiaali on PVC-pinnoitettua 1100 dtex polyesterikangasta.

Kaasupussin suojaksi ja seinämiksi kaasun ulosohjausta varten hankittiin suojaputki (kuva 21). Tällainen oli tilattavissa RP-putkelta, halkaisijaltaan 1300 mm, josta 2 metrin korkuisena saadaan suojaputken tilavuudeksi 2,2 kuutiometriä. Isompaan kaasupussiin ei valmista suojaputkea löydy, jolloin sen voi rakentaa esimerkiksi kovalevystä ja se voi olla huoltoa varten purettavissa.

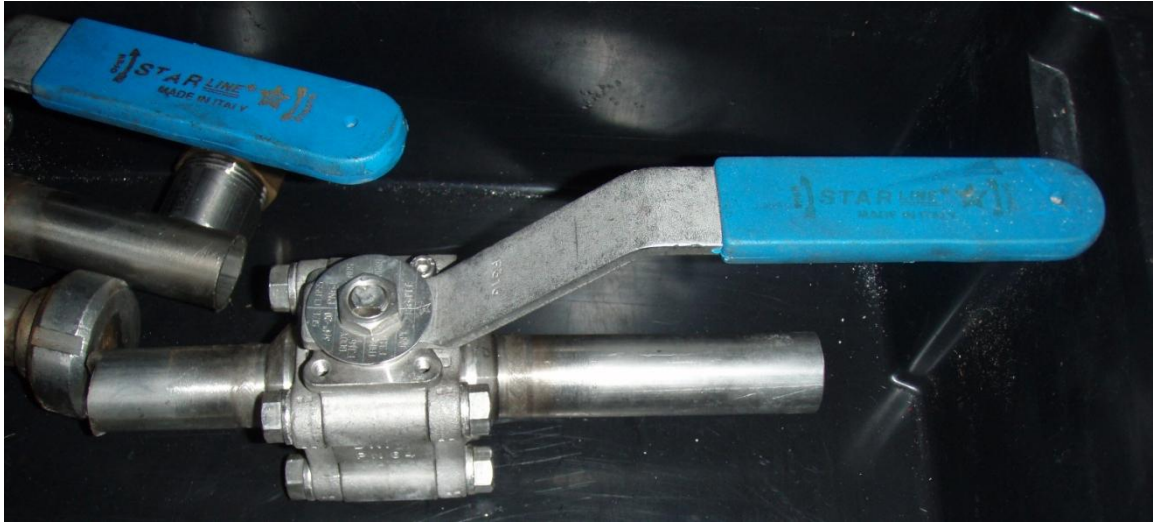


Kuva 21. Kaasupussin suojaputki

8.2 Putkisto

Reaktorissa käytettyjen putkien ulkohalkaisija on 38 mm, ja samaa putkea ja siihen sopivia venttiilejä suunnitellaan käytettäväksi edelleen. Putket ovat ruostumatonta terästä ja venttiilit liitetään hitsaamalla. Reaktoriin muodostuvaa painetta arvioidaan viskositeetin, lämpötilan ja

kaasupussin tyhjennyspaineen perusteella. Venttiilit suunnitellaan sulkuventtiileiksi (kuva 22) hinnan ja yksinkertaisuuden vuoksi.



Kuva 22. Hankittu sulkuventtiili

Kaasun virtaukseen reaktorista kaasupussiin vaikuttaa kaasun viskositeetti. Sen voittamiseksi vaadittava paine-ero Δp lasketaan käyttämällä Poiseuille'n yhtälöä [19.] kaavan (1) mukaan:

$$\Delta p = \frac{qv \cdot 128 \eta \ell}{\pi D^4}, \quad (1)$$

Yhtälöön sijoitetaan arvot

$$\text{tilavuusvirta } qv = 3000 \text{ l/vrk} \rightarrow 2 \text{ l/min} \rightarrow 3,5 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{viskositeetti } \eta = \text{metaanin } 11,19 \text{ } \mu\text{Pa ja hiilidioksidin } 15,34 \text{ } \mu\text{Pa}$$

$$\text{putken sisähalkaisija } D^4 = 35 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{pituus } \ell = \text{arvioituna } 30 \text{ m,}$$

saadaan

$$\Delta p = \frac{3,5 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \times 128 \times 15,34 \times 10^{-6} \text{ Pa} \times 30 \text{ m}}{\pi \times (35 \times 10^{-3} \text{ m})^4}$$

$$= 0,44 \text{ Pa}$$

Laskelmassa on käytetty hiilidioksidin viskositeettia, joka on suurempi kuin metaanin, ja tuloksesta nähdään, että viskositeettivaikutus on mitätön.

Tilayhtälön avulla voidaan tarkastella lämpötilan vaikutusta paineeseen kaavalla (2)

$$pV = \frac{m}{M}RT, \quad (2)$$

jossa

Tilavuus $V = \text{noin } 1 \text{ m}^3$

$$\frac{\text{massa } m}{\text{moolimassa } M} = \frac{0,717 \text{ kg}}{16 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}} = 44,8 \text{ mol}$$

moolinen kaasuvakio $R = 8,314 \text{ J/(mol} \times \text{K)}$

Termodynaaminen lämpötila $T = \text{kesällä jopa } 303 \text{ K,}$

saadaan

$$\text{paine } p = \left(\left(\frac{m}{M} \right) RT \right) / V$$

$$p = \frac{(44,8 \text{ mol}) \times 8,314 \text{ J/(mol K)} \times 303 \text{ K}}{1 \text{ m}^3}$$

$$= 113 \text{ kPa}$$

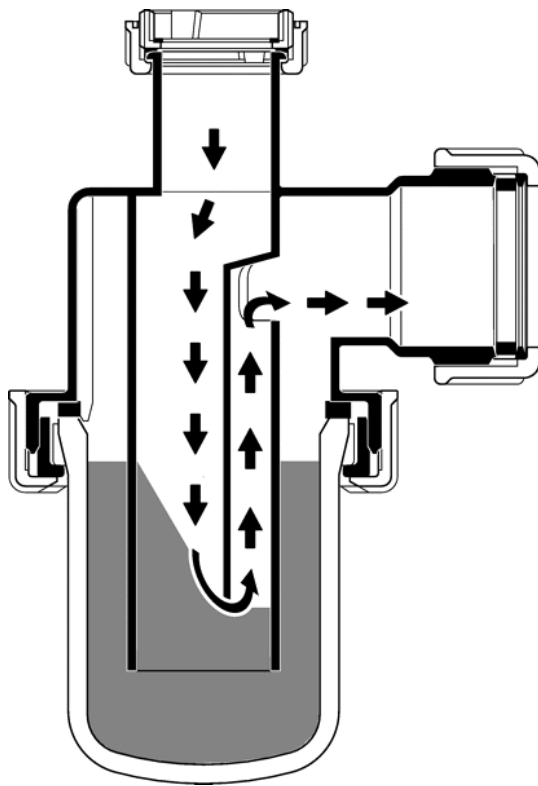
Tilayhtälöstä nähdään, että viskositeettia merkityksellisempää on, että paine pyrkii kasvamaan lämpötilan kasvaessa kesäisin. Kaasun kulkeutumisen ollessa esteetöntä tämä tulee aiheuttamaan tilavuusvirran nousun. Vastaavasti voidaan päätellä virtauksen olevan hitaampaa pakkasella, kuitenkin purkautuvan kaasun mukaisesti.

Kaasuvarastoon kulkevat putket nousevat varastoon maanpinnan yläpuolella. Tällöin on huomioitava mm. putkistoissa olevan metallin käyttäytyminen lämpötilojen vaihtuessa, ja tehtävä liikuntasaumot seinän ja putken väliin.

Selvityksissä ilmeni, ettei kaasun ohjaukseen myytävänä ole vastavirtaventtiilejä, jotka toimisivat pneumaattisesti, tai takaiskuventtiilejä, jotka reagoisivat alle millibaarin paineisiin. Pie-

nessä paineessa kaasun ohjaukseen soveltuisi hyvin vesilukko, jollaisia käytetään ”viininvalmistuspöntön vesilukkona”, mutta kooltaan huomattavasti isompi.

Kun kaasupussi täyttyy, muodostuu vesilukon avulla haluttu ylipaine pussiin. Paineen kasvaessa pussissa yli halutun rajan kaasujen paine painaa vedenpintaa niin alas, että kaasut pääsevät purkautumaan vesilukon veden läpi soihtupolttimolle, kuten kuvassa 23 olevassa valmisvesilukossa on kuvattu. Näin säiliön tullessa täyteen biokaasu voisi virrata pois muodostamatta liian suurta painetta kaasupussiin. Nestepinnan korkeudella ohjattaisiin vastapaineen määrää.



Kuva 23. Qeberit Oy:n lasikulholla varustettu vesilukko

Vesilukon alaosassa on lasikulho, josta pystyy tarkkailemaan, että vettä on vesilukossa tarpeellinen määrä ja nähdään mahdollinen haihtuminen. Tällaisen vesilukon valmistaja löytyi Qeberit Oy:ltä [36]. Vesilukon on tarkoitus vain estää täyttyvän pussin hallitsematon ulosvirtaus ja siihen riittää vastapaineeksi pieni paine, jonka yli menevän kaasunpaineen se päästää virtaamaan ohitse soihtupolttimeen. Nestepinnan korkeus saadaan hydrostaattisen paineen kaavalla (3)

$$\text{Hydrostaattinen paine } p = \rho gh, \quad (3)$$

jossa

$$\text{nestetiheys } \rho = 998 \text{ kg/m}^3 \text{ (vesi)}$$

$$\text{arvioitu paine } p = 100 \text{ Pa (1 mbar)}$$

$$\text{putoamiskiihtyvyyys } g = 9,81 \text{ m/s}^2,$$

Yhtälöstä saadaan ratkaistuksi korkeus h kaavalla:

$$h = \frac{100 \text{ Pa}}{998 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ /s}^2}$$

$$= 10 \text{ mm}$$

Tämä on nestepinnan syvyys kaasuputkiston vesilukossa. Käytännössä toimiva arvo haetaan tähän laskelmaan perustuen.

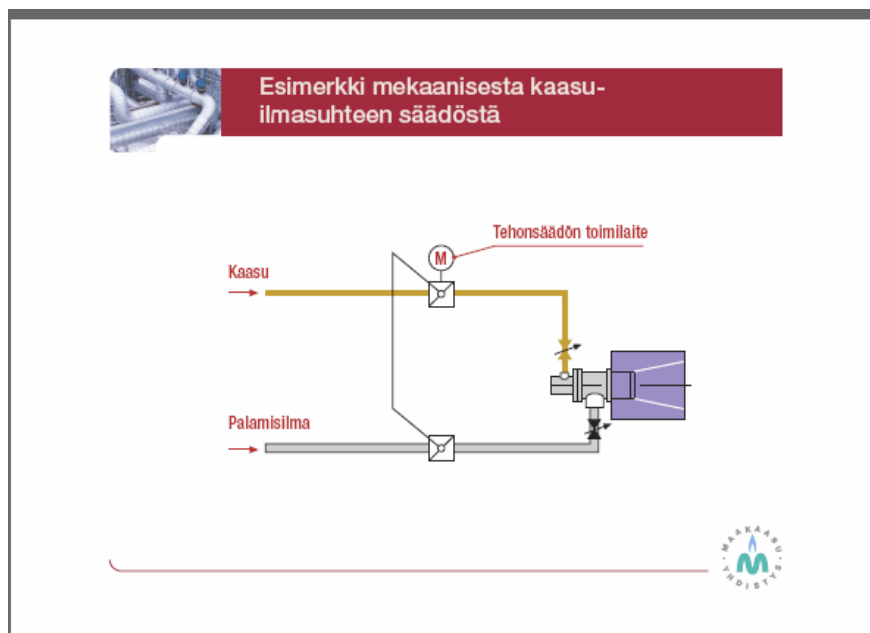
8.3 Aggregaatti

Isomman varaston suunnitelmaan kuuluvan aggregaatin pakoputki olisi eristettävä, jolloin se ehkäisee syövytystä edistävän kondensaatioveden muodostumisen. Hattu ehkäisee sadeveden kulkeutumisen pakoputkeen. Käytännössä aggregaatin pakoputki on kuluvin osa rikin suhteen ja halpa uusida. Moottorissa rikki sitoutuu öljyyn ja ei ehdi tehdä vahinkoa. Koska isompa varastoa ei tällä kertaa käytännössä toteuteta, ei myöskään aggregaattiin paneuduta tarkemmin tässä insinööriyössä.

8.4 Soihutupoltin

Kaasunpoltinpoltossa polttoaine ja -ilma ovat samassa olomuodossa, joten suutinrakenteen tehtäväksi jää kaasujen sekoitus ja sytytys.

Sekoitusperiaatteen mukaan kaasupolttimet voidaan jaotella esisekoitus- ja suutinsekoituspolttimiin. Esisekoituspolttimessa polttoilma ja kaasu sekoitetaan ennen suutinta. Esisekoituspolttimet ovat tarkoitettu lähinnä kaasuturbiineihin. Suutinsekoituksessa polttoilma ja kaasu kohtaavat palotilassa ja kohtaamista voidaan mekaanisesti säätää kuten kuvassa 24. Yleisesti kaasupolttimen etuja ovat laaja säätöalue, pienet päästöt, hyvä palamishyötysuhde ja palamisen helppo valvonta.



Kuva 24. Maakaasukäsikirja, kuvakooste, Kaasu-ilmasuhde [2.]

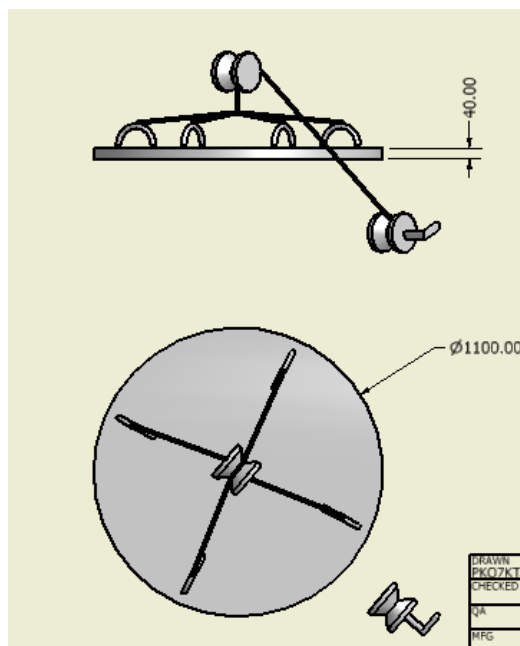
Kaasumaisten polttoaineiden palamista hidastaa ainoastaan kaasun ja palamisilman sekoittuminen polttimessa.

Atmosfääripoltin on yleisin kotitalouskäytössä, mutta myös pienitehoisissa teollisuuskohteissa. Palamiseen tarvittava polttoilma imetään polttimen ympäristöstä kattilan vedon avulla. Koska sekoittuminen on heikkoa atmosfääripolttimessa, täydellinen palaminen pyritään varmistamaan suurella ilmaylimäärällä, mikä heikentää hyötysuhdetta. Toinen polttimen heikkous on pieni paine-ero ympäristön ja palamistilan välillä. Tämän vuoksi palaminen on alttiimpaa ulkoisille häiriöille. Polttimen eduiksi voidaan katsoa yksinkertainen rakenne, tehon säädön helppo toteutus ja hiljainen käyntiäänäni. [16.]

Insinööriyötä varten on purettu, tutkittu ja kasattu tavallinen retkikeittimen poltin (atmosfääripoltin), ja se on käyty testaamassa soihtupolttimella. Keittimen polttimossa ilma-aukon ja kaasuntulon suhde on oikea palamisen kannalta ja samanlainen toimisi pienenä soihtuna.

8.5 Kaasupussin tyhjentyminen

Kaasun tulo soihtupolttimolle tasaisesti aiotaan toteuttaa painovoimaa hyödyksi käyttäen. Pussin päälle asetetaan tasainen pussia vahingoittamaton alusta, jonka päälle tulee paino. Paino vapautetaan tarvittaessa puristamaan kaasua ulos pussista suojaputken seinämät tukeaan. Kun pussi on tyhjentynyt, paino nostetaan kelaä apuna käyttäen ylös, kuten kuvassa 25 on esitetty, ja näin kaasu pääsee taas virtaamaan pussiin vapaasti.



Kuva 25. Periaatekuvaus kaasunpussin tyhjennysmekanismista

Tyhjennyksen ollessa käynnissä on reaktorissa muodostuvan paineen voitettava matkan pituuden lisäksi pussin tyhjennyspaine. Pussin tyhjennyspaineeksi riittää pieni paine p , arviolta 100 Pa (1 mbar), josta voidaan laskea paineen aiheuttavan painon massa kaavalla (4)

$$p = F/A, \quad (4)$$

jossa

$$\text{pussin pohjapinta – ala } A = 1,13 \text{ m}^2,$$

jolloin saadaan tarvittava puristusvoima F

$$F = p \times A = 100 \text{ Pa} \times 1,13 \text{ m}^2$$

$$= 113 \text{ N}.$$

Yhtälöstä saadaan ratkaistuksi painon massa m kaavalla (5)

$$m = F/g, \quad (5)$$

jossa

$$\text{putoamiskiikkyvyys } g = 9,81 \text{ m/s}^2,$$

jolloin painoksi saadaan

$$m = \frac{F}{g} = \frac{113 \text{ N}}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= 11,5 \text{ kg}$$

Oikean painomäärän hakeminen voidaan aloittaa kokeilemalla 11,5 kg:n painoa. Syntyvä paine aiheuttaa samansuuruisen paineennousun reaktorissa, sillä purkautumispaineen on voitettava myös tyhjennyspaine. Kokonaisuudessaan kaasupussin, vesilukon ja putkiston paine nostaa reaktorissa olevaa painetta 3–5 mbaaria, joka on puolet reaktorihuoneen varoventtiilivesilukon 10 mbaarista.

Mekanismi on täysin ilman automatiikkaa ja sen käynnistys ja poisto vaativat käynnin varas-
torakennuksessa. Venttiilien selvään merkintään on kiinnitettävä erityisesti huomiota, sillä
niiden käytön inhimilliset virheet ovat mahdollisia, koska ohjaavaa automatiikkaa ei ole.

Kahden kuutiometrin säiliö on tarkoitus tyhjentää ja polttaa soihtupolttimossa työpäivän ai-
kana. Muuna aikana se täyttyy purkautuvan kaasun mukaisesti.

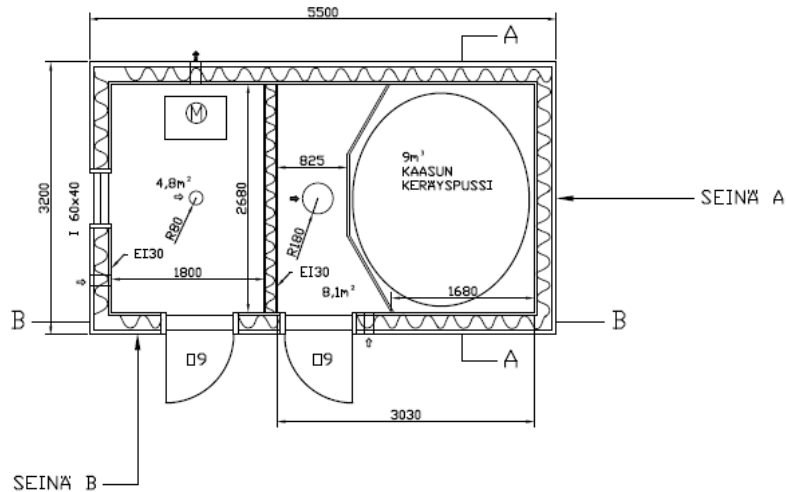
9 RATKAISUJEN KUSTANNUSARVIOT

Kustannuslaskelmat on tehty alustavaa tarkastelua ja luonnosten mukaan. Kustannuslaskelmien jälkeen tilattu työ on edennyt vaiheeseen, jossa piirustukset ovat saavuttaneet lopullisen muotonsa, joten pieniä heittoa rakennustarvikkeiden määrässä voi esiintyä. Rakennustarvikkeiden hinnat on enimmäkseen saatu Taloon.com -palvelusta ja ne sisältävät ALV:n. [36.] Kaasupussin, vesilukon ja muiden erikoisempien tarvikkeiden hintoja on tiedusteltu valmistajilta ja osasta tarvikkeita on pyydetty ja saatu tarjous. Osa hinnoista on karkeasti arvioitu ja todelliset kustannukset selviävät vasta rakentamisen jälkeen.

Rakentaminen on toteutettu pääosin oman työvoiman turvin, joten sen osuutta ei ole tarvinnut huomioida laskelmissa. Varaston puutavara oli MTT:llä jo valmiina ja se pienentää huomattavasti kustannuksia. Samoin osa putkistotarvikkeista on jo hankittu aiemmin reaktorin rakentamisen yhteydessä, ja niitä ei ole hinnoiteltu mukaan. Laskelmia ei siis voi käyttää pohjana muualla, toisessa tilanteessa. Alla olevien laskelmien hinnat on tarkistettu kaikkien saatavilla olevien tietojen perusteella 30.10.2009 ja ne voivat sen jälkeen muuttua.

9.1 Isompi varasto

Varaston koko on ulkomitoiltaan 5,5 m x 3,2 m (kuva 26), sisältäen kaksi erillistä huonetta. Rakennustarvikkeiden hinnat ovat päivän hintoja, sähkö- ja LVI-laitteiden hintoja on tiedusteltu alan liikkeistä ja osaksi arvioitu kokemuksen perusteella. Maansiirtotöistä osa voidaan toteuttaa itse ja edellisten putkitöiden jäljiltä olevat tarvikkeet hyödynnetään, ja niitä ei ole laskettu kuluihin. Yhteensä rakennuksen kustannusarvio on 10181,89 €. Laskelmissa ei ole aggregaattia, muilta osin kaikki piirustuksissa olevat seikat on huomioitu.



Kuva 26. Isompi varasto

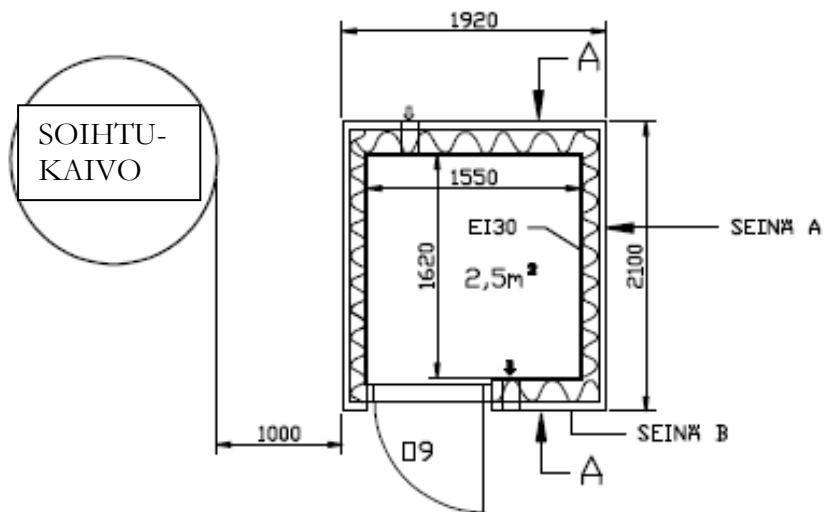
Taulukossa 2 on esitetty yhteenveto varaston kustannuksista. Isomman varaston varsinaiset kustannuslaskelmat ovat liitteessä 1.

Taulukko 2. Isomman varaston kustannukset

RAKENTAMISKUSTANNUKSET VARASTORAKENNUKSELLE	5313,25€
KAASUNKERÄYS LVI	2500,00€
MAANSIIRTO	548,64€
SÄHKÖTYÖT TARVIKKEI- NEEN	1820,00€
YHTEENSÄ	10181,89€

9.2 Pienempi varasto

Varaston koko on ulkomitoiltaan 1,92 m x 2,1 m ja se sisältää vain kaasupussille tarkoitetun varaston (kuva 27). Laskelmiin on hankittu tiedot samalla tavalla kuin isompaan varastoon ja maansiirtotöitä ei tarvita ollenkaan. Yhteensä rakennuksen kustannusarvio on 4016,14 €.



Kuva 27. Pienempi varasto

Taulukossa 3 on esitetty yhteenveto varaston kustannuksista. Pienemmän varaston varsinaiset kustannuslaskelmat ovat liitteessä 2.

Taulukko 3. Pienemmän varaston kustannukset

RAKENTAMISKUSTANNUKSET VARASTORAKENNUKSELLE	1021,24€
KAASUNKERÄYS LVI	2180,00€
SÄHKÖTYÖT TARVIKKEI- NEEN	814,90€
YHTEENSÄ	4016,14€

10 TOTEUTUKSEN TARKASTELO

Insinööriyön toteutuksen pääpaino on ollut suunnitelmien piirtäminen MTT:n käyttöön. Suunnitelmien tekovaiheessa on tarvittu paljon yleistä tietoa lainsäädännöstä, tekniikasta ja resurssien saatavuudesta. Ala on uusi ja tietoa on haettava useasta eri lähteestä. Erityisesti teknisistä ratkaisuksista biokaasun keräys- ja käyttöjärjestelmissä ei ole vielä saatavilla monipuolista materiaalia. Tietoa suunnitteluun on saatu lisäksi tutustumiskäynneiltä biokaasulaitoksiin, joissa on esitelty erilaisia tapoja ratkaista biokaasun keräys- ja käyttötapoja. Alan teema- ja koulutuspäiviltä on saatu paljon hyödyllistä informaatiota tähän insinööriyöhön.

Tutkimusaseman kaasunkeräysjärjestelmä rakennuksineen toteutetaan pienemmän varaston suunnitelmien mukaan. Valintaan on vaikuttanut pienemmät kustannukset. Reaktorin kokoon nähden kahden kuution kaasupussivarasto on oikean kokoinen. Työntekijöiden poissa ollessa ja pussin täytyessä, ylimääräinen kaasu on suunniteltu kulkemaan vesilukon kautta soihduun, josta se purkautuu vapaasti ilmaan. Toimintaperiaate kaasun keräyksessä on sama isommassa ja pienemmässä varastossa, vain kokoluokka on erilainen. Perustuksiltaan pienempi varasto on kevytrakenteinen ja siirrettävissä toiseen paikkaan, kun taas isompi varasto olisi kiinteästi paikallaan. Kevytrakenteisen rakennuksen kohdalla on seurattava mahdollisia roudan ja sään vaikutuksia alapohjaan ja putkistoon, mutta se on tarvittaessa mahdollista siirtää toiseen paikkaan.

Rakenteelliset ratkaisut ja piirustukset on läpikäyty Kajaanin ammattikorkeakoulun rakennustekniikan opettajan kanssa. Työssä on yhdistynyt rakennustekniikan, energiatekniikan ja kone- ja tuotantotekniikan alueet, ja usein tekniset ratkaisut vaativatkin näkemystä useammasta alueesta. Tämä työ on tuonut erinomaisen kokemuksen tietojen yhdistämisestä.

Piirustusten tulostusmuoto ja siihen sopivat mittakaavat on suunniteltu vastaanottajan tavanomaisten atk-laitteiden mukaan. PDF-nä ne ovat tulostettavissa ja käytettävissä ilman varsinaista suunnitteluohjelmaa. Tilatun työn piirustukset ovat liitteenä insinööriyön lopussa.

11 KEHITTÄMISEHDOTUKSIA

Turvallisuuden lähtökohtana on suunnittelu, rakenteiden ja ratkaisujen oikea valinta. Tämän lisäksi tarvitaan jatkuvaa kehittämistä turvallisuudessa, sillä tilanteet muuttuvat esimerkiksi kulumisen myötä koko ajan ja olosuhteissa voi tapahtua ennakoimattomia muutoksia.

Riskien kartoitukseen on useita valmiiksi mietittyjä apuvälineitä, joita kannattaa hyödyntää. Taulukkomallinen lista auttaa hahmottamaan riskejä ja sellaisia on saatavilla esimerkiksi VTT:n Internet-sivuilla. Sivusto on katsaus turvallisen toiminnan varmistamiseksi tehtäviin riskianalyysiin ja riskien arviointiin. Se tarjoaa tietoa teollisen tuotannon turvallisuuden ja käyttövarmuuden arvioimisesta järjestelmällisten riskianalysimenetelmien avulla. [38.] Ne sopivat selkeytensä vuoksi myös mainiosti maatalouden biokaasutuotannon riskianalysointiin.

Sivuilla on kuvaukset tavallisimmin käytetyistä riskianalysimenetelmistä sekä tietoa niiden soveltuvuudesta erilaisiin tilanteisiin ja kohteisiin. Sivuilta löytyy myös ohjeita sopivan menetelmän valitsemiseksi, lyhyet käytännön ohjeet eri analyysimenetelmien käyttämisestä sekä käyttöä tukevia työkaluja, kuten avainsanaluetteloita, lomakepohjia jne. [38.]

Savonia ammattikorkeakoulun Toni Taavitsaisen laatimassa julkaisussa Maatalouden biokaasulaitoksen perustaminen ja turvallisuustarkastelu on esitelty turvallisuusselvityksessä huomioitavia seikkoja yksityiskohtaisesti. Siellä on esitelty osaprosesseja häiriötilanteita konkreettisesti ja sellaisten läpikäyminen nostaa turvallisuustasoa huomattavasti.

Eräs keino kaasun muodostumisen ja virtauksen ohjaamiseen eri lämpötiloissa olisi syötemateriaalin valinta vuodenaikojen vaihtuessa. Talvella pakkasen tullessa syöte voisi olla runsaasti kaasua tuottavaa, jolloin lämpötilan laskusta huolimatta kaasun virtaus on tarpeeksi runsasta ja putkisto ei muodostu jäätä.

12 YHTEENVETO

Biokaasun tuotanto ja käyttö ovat vielä uutta ja vähäistä Suomessa, ja MTT Sotkamon tutkimustyö kaasun tuotannossa ja käytössä on tärkeää maaseudun viljelijöille ja pienyrityksille, jotka haluavat edistää kotimaisen ja ekologisen energian ja raaka-aineen käyttöä. Saadut tutkimustulokset ja rakenteelliset ratkaisut ovat arvokkaita, kun tehdään isoja investointeja. Tämä työ on osana kehittämistyötä ja koska toteutus on yksinkertainen, biokaasureaktorin toimintaan tutustujankin on helppo ymmärtää toimintaperiaatteet.

Insinööriyönä tämä on ollut erittäin mielenkiintoinen, biokaasutuotanto on uutta ja kehitystä tapahtuu varmasti tulevaisuudessa paljon. Valmiita laiteratkaisuja ei juuri ole ja aihe herättää paljon kiinnostusta monilla tahoilla. Lainsäädäntöön tutustuminen on ollut haasteellista ja alkutyö oli tehtävä sen parissa. Ratkaisuja on tarkasteltu laite, standardit, turvallisuus, tekniikka ja hinta huomioon ottaen.

Ensimmäinen suunnitelma katsottiin liian kalliiksi toteuttaa ja siksi laadittiin uudet pienemmät suunnitelmat. Pohjatieto kumpaankin on ollut sama, mutta pienempään ei ole mahdollista toteuttaa kaasun käyttöä muualla kuin soihdupolttimossa. Rakentaminen on aloitettu loppuvuodesta 2009 ja varaston on tarkoitus valmistua kesään 2010 mennessä. Rakentamistyön suorittaa tutkimusaseman oma henkilökunta sähkö- ja putkitöitä lukuun ottamatta.

Tämän työn tekeminen on sujunut erinomaisesti yhteistyönä Sotkamon tutkimusaseman henkilökunnan kanssa, joka on antanut suunnittelua varten paljon tärkeää perustietoa biokaasureaktorin toiminnasta. Työn tulokset ovat jatkossa Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen käytettävissä.

LÄHTEET

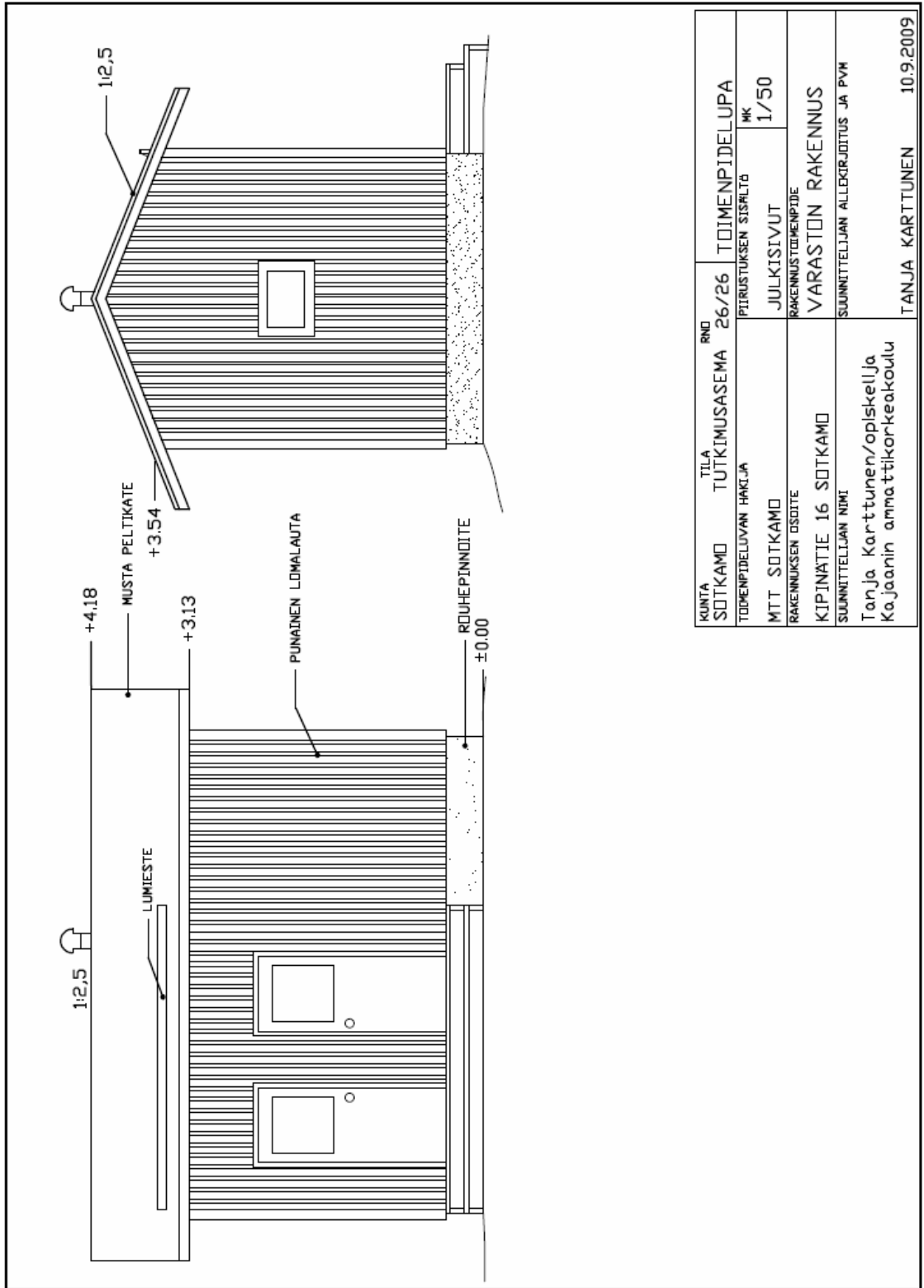
1. Elina Korhonen ja Elina Virkkunen, Tietopaketti maatilojen biokaasutuotannosta 27.1.2009.
2. Maakaasukäsikirja; Maakaasuyhdistys. [www-dokumentti], luettu 10.10.2009
<http://www.maakaasu.fi/kirjat/maakaasukasikirja>
3. Tietopalvelut; TUKES-ohjeet. [www-dokumentti], luettu 15.10.2009
<http://www.tukes.fi/fi/Palvelut/TUKES-ohjeet/>
4. Toni Taavitsainen, Maatalouden biokaasulaitoksen perustaminen ja turvallisuustarkastelu. Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja, D 5/2006.
5. Lainsäädäntö; Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös palavista nesteistä 15.4.1985/313. [www-dokumentti], luettu 30.10.2009
<http://edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/19850313luku>
6. Toimintaa koskevat säädökset, Koulutuspäivä Kuopio 15–16.9.2009, Arja Vuorinen, Valvontaosasto, Evira.
7. Omavalvonta, Koulutuspäivä Kuopio 15–16.9.2009, Merja Torniainen, Valvontaosasto, Evira.
8. Ympäristölupa-asiat ja YVA-menettely, Koulutuspäivä Kuopio 15–16.9.2009, Ari Kangas, SYKE.
9. Valtioneuvoston asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta. [www-dokumentti], luettu 10.10.2009
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090551>
10. Annamari Lehtomäki, Teija Paavola, Sari Luostarinen ja Jukka Rintala, Biokaasusta energiaa maatalouteen. Jyväskylän yliopisto 2007.
11. Markus Latvala, Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä, Suomen ympäristökeskus 2009.
12. Heikki Juhani Halla-aho, Liikenteen hyödyntämät tulevaisuuden polttoaineet, kandidaatin työ, elektroniikka, Tampereen teknillinen yliopisto 5/2009.
13. Hanne Soininen, Iiro Krukas ja Leena Mäkelä, Biokaasusta bioenergiaa eteläsavolaisille maaseutuyrityksille. Mikkelin ammattikorkeakoulu 2007.
14. Vierailu Kuopion jätevedenlaitoksen biokaasureaktorilla, 17.9.2009.
15. Vierailu Majasaaren kaatopaikalla Kajaanissa, 30.11.2009.

16. Arto Riikonen, Maakaasun käytön vaaratekijät, NESTE Oy, Opas M16, 1991.
17. Yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto, Motiva. [www-dokumentti], luettu 20.10.2009
http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampo-ja_voimalaitokset/yhdistetty_sahkon-ja_lammontuotanto/
18. Diplomi-insinööri Timo Heusala, ELBio Ky, keskustelu 18.8.2009, Sotkamo MTT
19. Tekniikan kaavasto, Tammertekniikka, 5. painos, Hämeenlinna 2005.
20. Geberit-tuotteet. [www-dokumentti], luettu 13.11.2009
<http://www.geberit.fi/geberit/inet/fi/wcmsfi.nsf/pages/prod-1>
21. Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden turvallisuudesta 3.6.2005/390. [www-dokumentti], luettu 10.10.2009
<http://www.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/20050390>
22. Asetus kaasulaiteasetuksen muuttamisesta. [www-dokumentti], luettu 10.10.2009
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19940804>
23. Komission asetus (EY) N:o 208/2006 biokaasu- ja kompostointilaitoksia koskevien käsittelyvaatimusten ja lantaa koskevien vaatimusten osalta. [www-dokumentti], luettu 10.10.2009
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:036:0025:0031:FI:PDF>
24. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1774/2002, muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen, eläimistä saatavien sivutuotteiden terveys säännöistä. [www-dokumentti], luettu 10.10.2009
http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/specific_themes/f81001_fi.htm
25. Räjähdyksenvaaralliset aineet, painelaitteet, vaarallisten kemikaalien teollinen käsittely ja varastointi, toimittaja Raimo Luhtanen, Oy Edita AB 2000.
26. SFS-käsikirja 58-3, Maakaasu. Suomen standardoimisliitto SFS RY, 1996, 1. painos.
27. SFS-käsikirja 123, Putkiluokat. Suomen standardoimisliitto SFS RY, 2000, 3. painos.
28. SFS-käsikirja 102, Muoviputket. Suomen standardoimisliitto SFS RY, 1986, 1. painos.
29. Sari Luostarinen, Maatilakohtainen biokaasulaitos. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteen laitos, 2001.
30. Jouko Laine, Kaasujen ainearvot prosessilaskentaa varten 571. Otatieto, 1998.

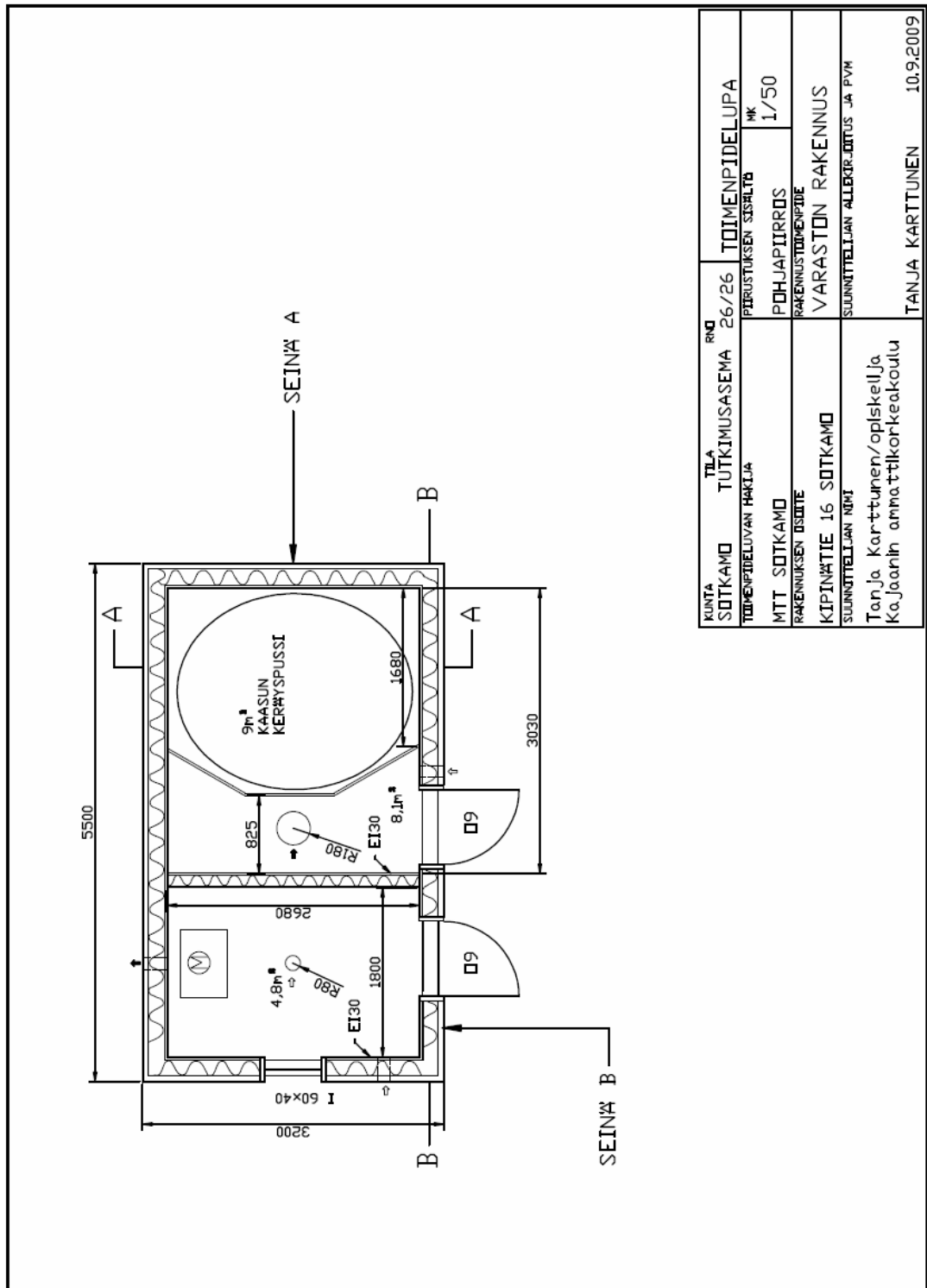
31. Willi Bohl, Teknillinen virtausoppi. Oy Sonator AB, 1988.
32. Arto Riikonen, Kaasun käyttökohteiden putkistot sekä käyttölaitteiden sijoittaminen ja varustelu. NESTE OY, Opas M5, 1992, 2. painos.
33. Arto Riikonen, Maakaasun ja nestekaasun koostumus ja ominaisuudet. NESTE OY, Opas M1, 1993, 2. painos.
34. Kaasupoltin; Bioenergia-verkkopalvelu. [www-dokumentti], luettu 12.11.2009
http://www.bioenergia.fi/default/www/etusivu/perustietoa_bioenergiasta/
35. Tuomas Helin, Ilmaan johdettavien epäpuhtauksienpäästökartoitus Porvoon öljyjä-
lostamolla, Teknillinen tiedekunta. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto
12.8.2008.
36. Rautakauppa netissä. [www-dokumentti], luettu 12.9.2009
<http://kauppa.taloon.com/PublishedService?pageID=3&action=view&groupID=4093&OpenGroups=4093>
37. Pentti Inkinen, Jukka Tuohi, Momentti 1, Insinöörifysiikka. Kustannusosakeyhtiö
Otava, 4. painos, Kerava, 2006.
38. VTT, Riskianalyysit. [www-dokumentti], luettu 24.2.2010
<http://www.vtt.fi/proj/riskianalyysit/>
39. Mohammad Nazir, Biogas Plants Constuction Technology for Rural Areas. [www-
dokumentti], luettu 15.9.2009
<http://www.elsevier.com>

LIITTEIDEN LUETTELO

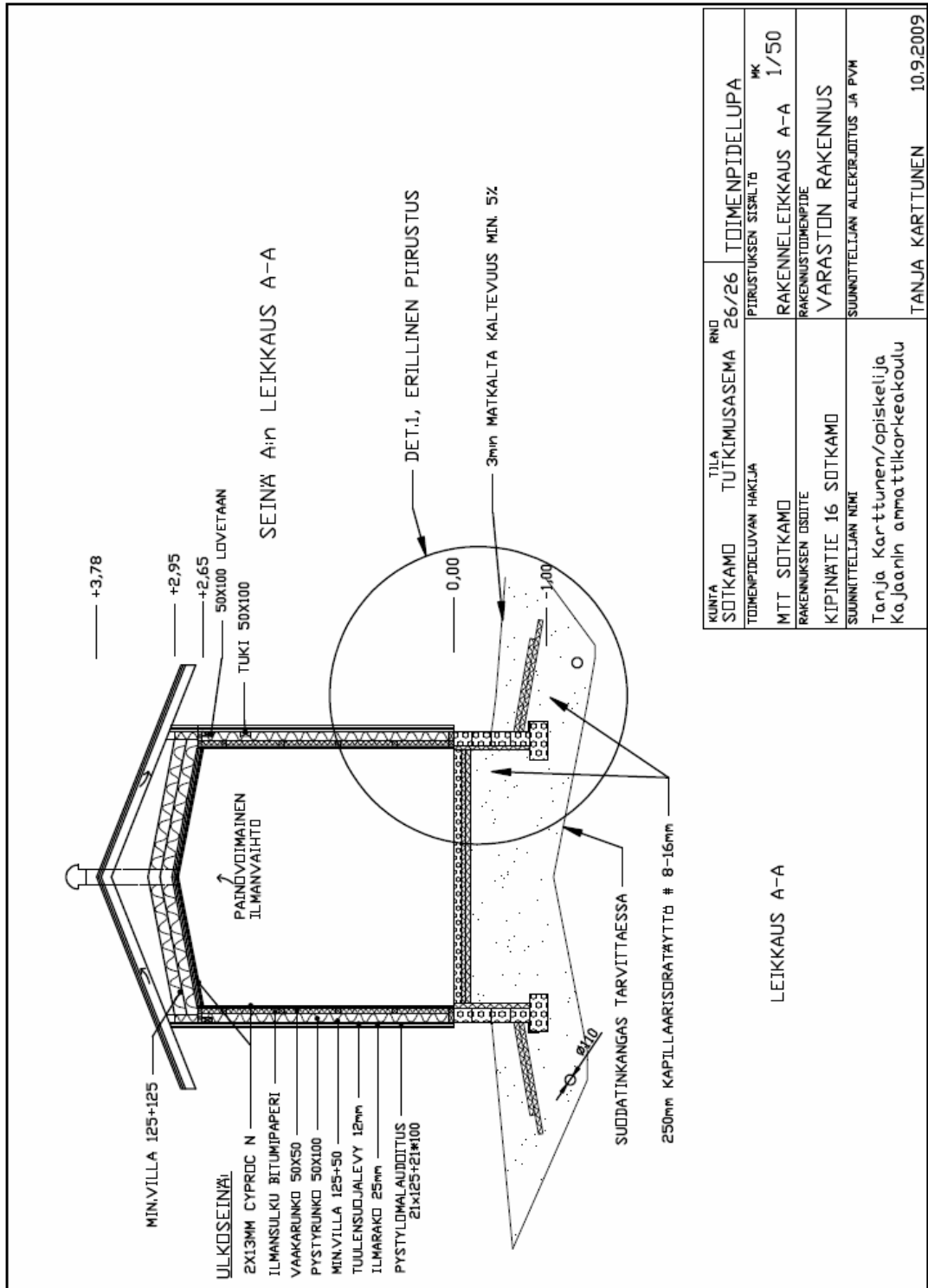
- LIITTE 1 ISON VARASTORAKENNUKSEN RAKENNUSPIIRUSTUKSET
- LIITTE 2 PIENEN VARASTORAKENNUKSEN RAKENNUSPIIRUSTUKSET
- LIITTE 3 BIOKAASUPUSSIN LAATUTODISTUS
- LIITTE 4 ISON VARASTON KUSTANNUKSET
- LIITTE 5 PIENEN VARASTON KUSTANNUKSET



KUNTA	RNO		
SOTKAMO	TILA	26/26	TOIMENPIDELUPA
TOIMENPIDELUVAN HAKIJA	TUTKIMUSASEMA	PITÄSTYKSEN SISÄLTÖ	MK
MTT SOTKAMO		JULKISIVUT	1/50
RAKENNUKSEN OSOITE		RAKENNUSTOIMENPIDE	
KIPINATIE 16 SOTKAMO		VARASTON RAKENNUS	
SUUNNITTELIJAN NIMI		SUUNNITTELIJAN ALLOKOIDIUS JA PVM	
Tanja Karttunen/opiskelija Kajaanin ammattikorkeakoulu		TANJA KARTTUNEN	10.9.2009

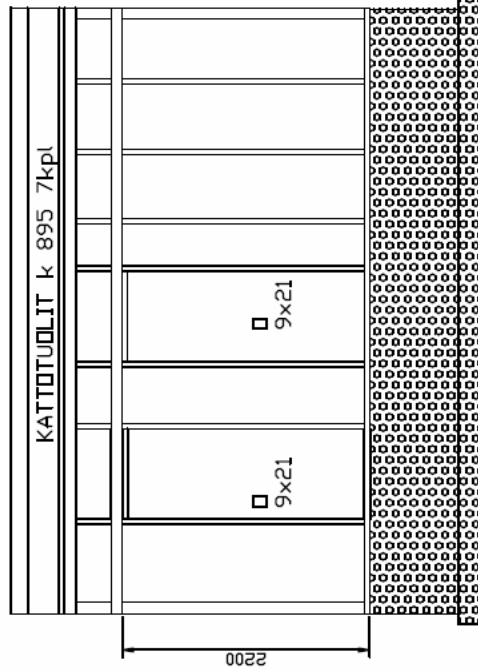


KUNTA	TILA	RND	TOIMENPIDELUPA
SOTKAMO	TUTKIMUSASEMA	26/26	TOIMENPIDELUPA
TOIMENPIDELLYN HAKIJA			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ
MTT SOTKAMO			POHJAPIIRROS
RAKENNUKSEN OSIOTE			RAKENNUSTOIMENPIDE
KIPINÄTIE 16 SOTKAMO			VARASTON RAKENNUS
SUUNNITTELIJAN NIMI			SUUNNITTELIJAN ALLEKIRJOTUS JA PVM
Tanja Karttunen/opiskelija Ka. Jaanin ammattikorkeakoulu			TANJA KARTTUNEN 10.9.2009



LEIKKAUS A-A

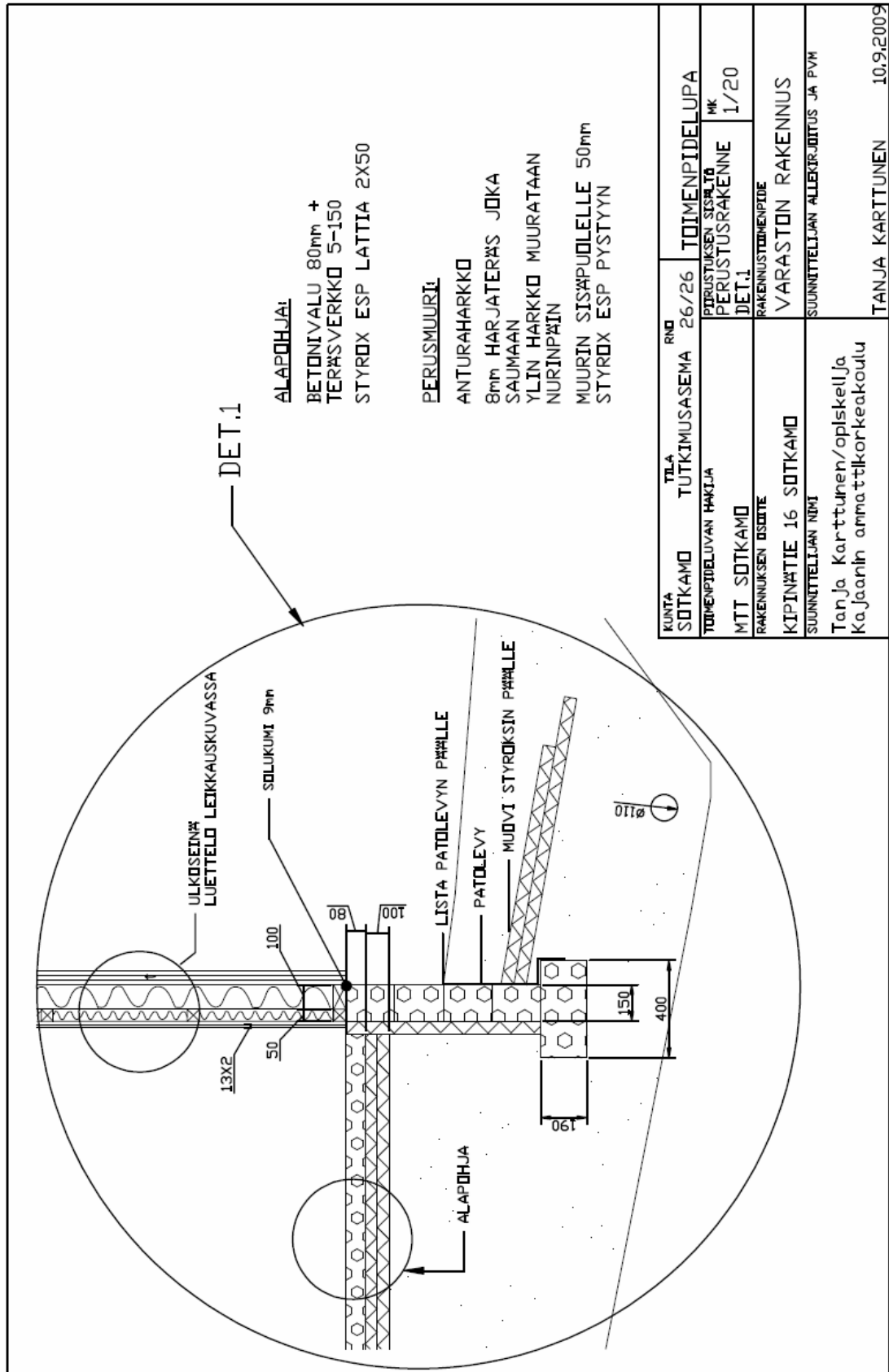
KUNTA SOTKAMO	TILA TUTKIMUSASEMA	RND 26/26	TOIMENPIIDELUPA
TOIMENPIIDELUVAN HAKIJA	PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ		
MTT SOTKAMO	RAKENNELLEIKKAUS A-A	RAKENNUSLOMA	MK 1/50
KIPINÄTIE 16 SOTKAMO	VARASTON RAKENNUS		
SUUNNITTELIJAN NIMI Tanja Karttunen/opiskelija Kajonin ammattikorkeakoulu	SUUNNITTELIJAN ALLEKIRJOTUS JA PVM TANJA KARTTUNEN 10.9.2009		



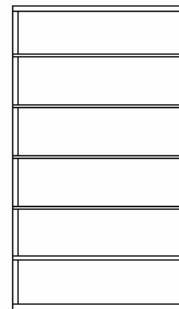
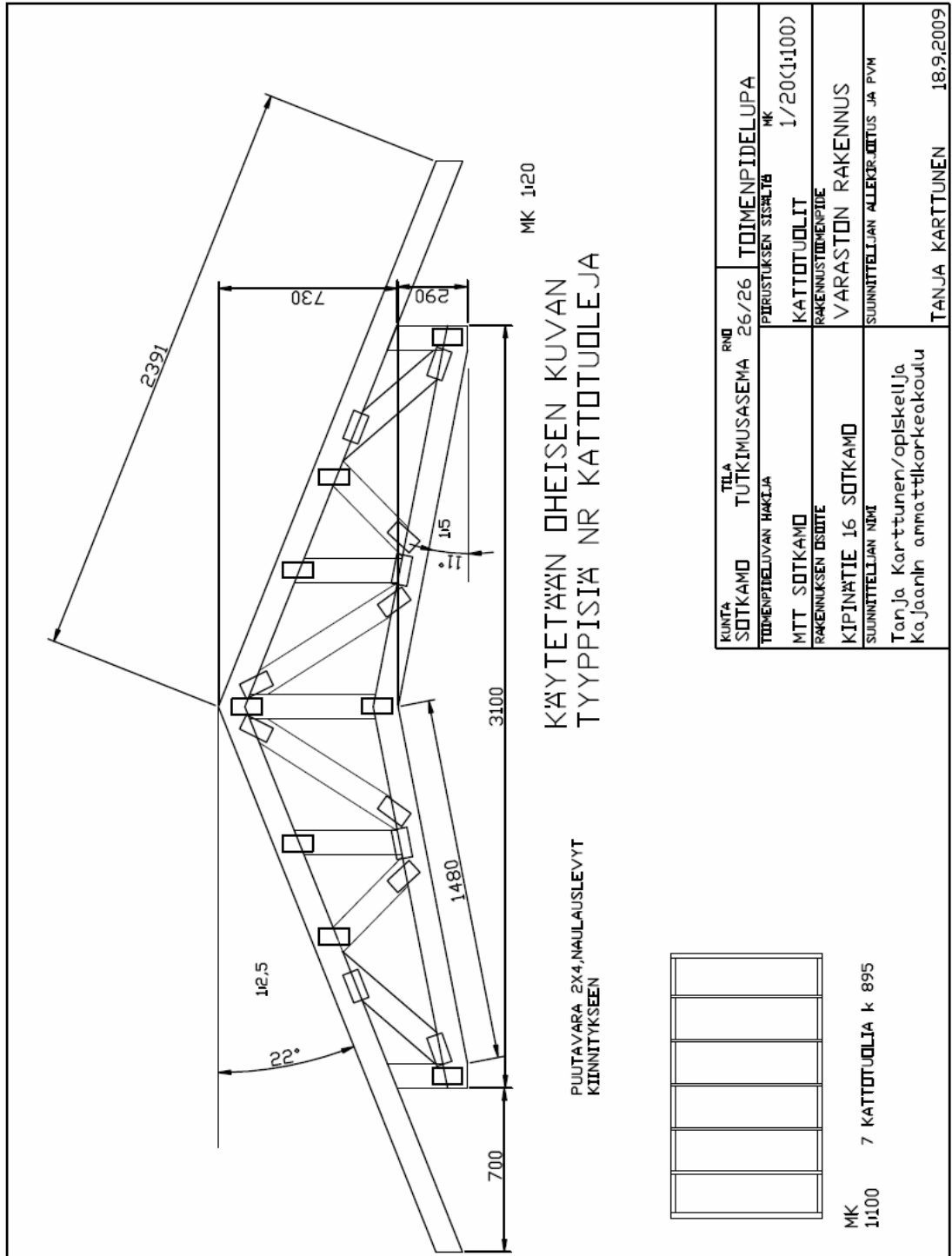
OVI/IKKUNOJEN YLÄPUOLELLE
PERUSMUURIN YLÄPINNASTA K
2200 50X100 KOKO MATKALLE

SEINÄ B:n LEIKKAUS B-B

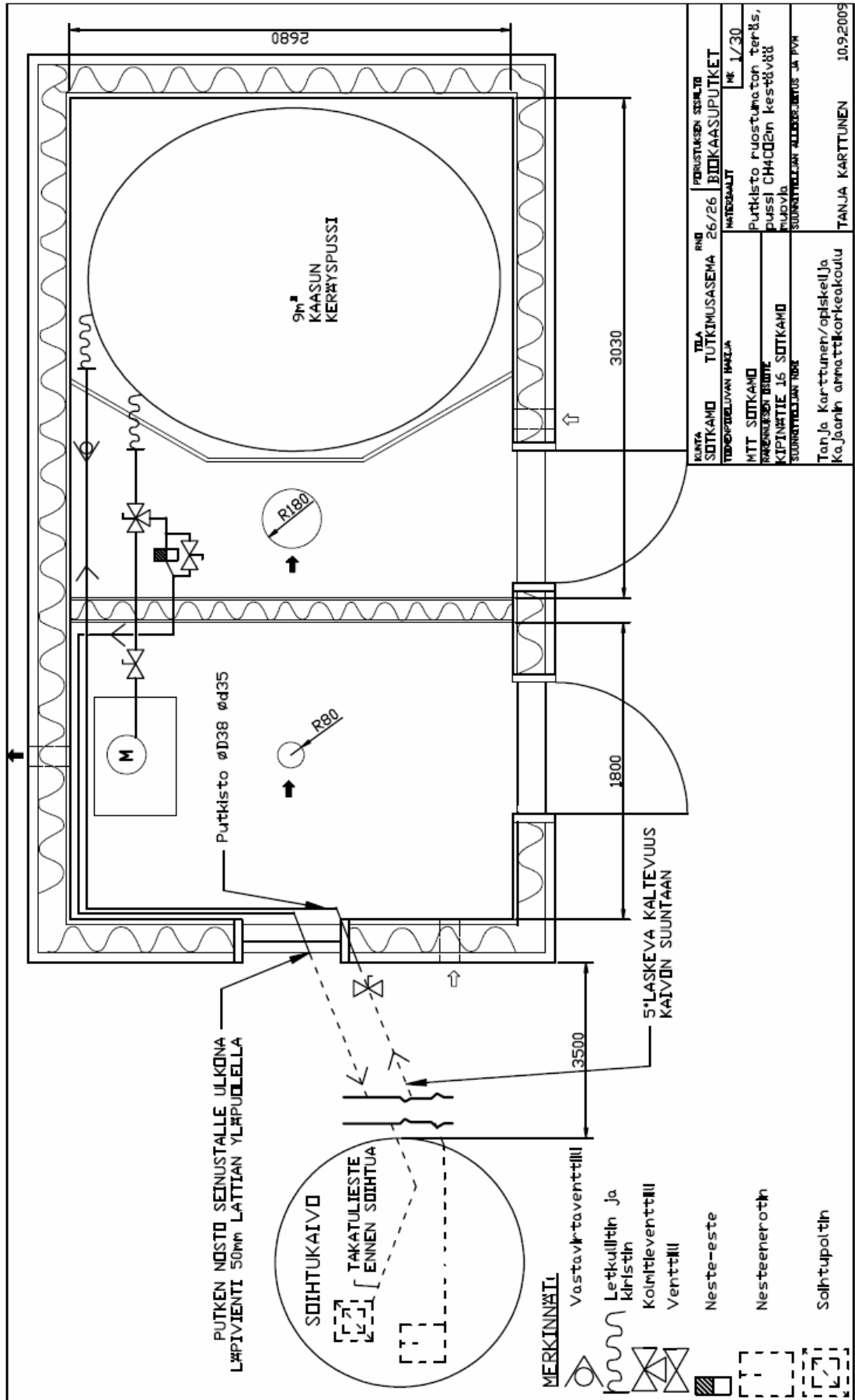
KUNTA SOTKAMO	TYLÄ TUTKIMUSASEMA	RND 26/26	TOIMENPIDELUPA
TOIMENPIDELUVAN HAKIJA MTT SOTKAMO	PERUSTUKSEN SUUNNITTELIJA RAKENNELEIKKAUS B-B	MK 1/50	KOULUKOKOUS PÄÄTÖS KOKOALUEKOKOUS PÄÄTÖS
RAKENNUKSEN ESITE KIPINÄTIE 16 SOTKAMO	RAKENNUSTYÖMESTRI VARASTON RAKENNUS		
SUUNNITTELIJAN NIMI Tanja Karttunen/opskeija Kajanan ammattikorkeakoulu	SUUNNITTELIJAN ALLEKIRJOTUS JA PVM		TANJA KARTTUNEN 15.12.2009

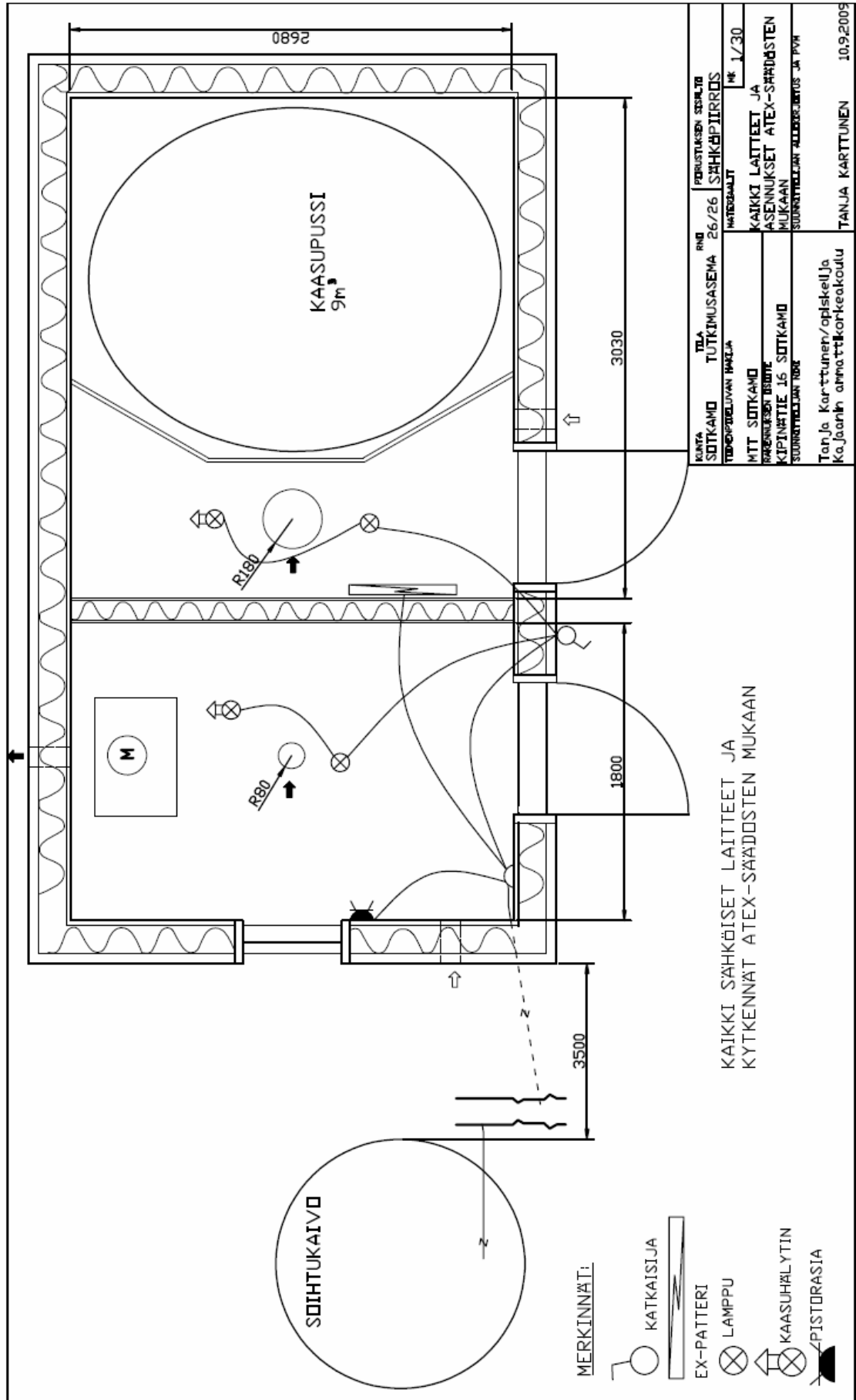


KUNTA	TIILA	RND	
SOTKAMO	TUTKIMUSASEMA	26/26	TOIMENPIDELUPA
TOIMENPIDELUVAN HAKIJA			PERUSTUKSEN SISÄLTÖ PERUSTUSRAKENNE DET.1 MK 1/20
MTT SOTKAMO			RAKENNUSTOIMENPIDE
RAKENNUKSEN OSOITE			VARASTON RAKENNUS
KIPINTIE 16 SOTKAMO			SUUNNITTELIJAN ALLEKIRJITUS JA PVH
SUUNNITTELIJAN NIMI			TANJA KARTTUNEN
Tanja Karttunen/opiiskelija Kaajan ammattikorkeakoulu			10.9.2009








MK 1:100 7 KATTOTUOLIA k 895





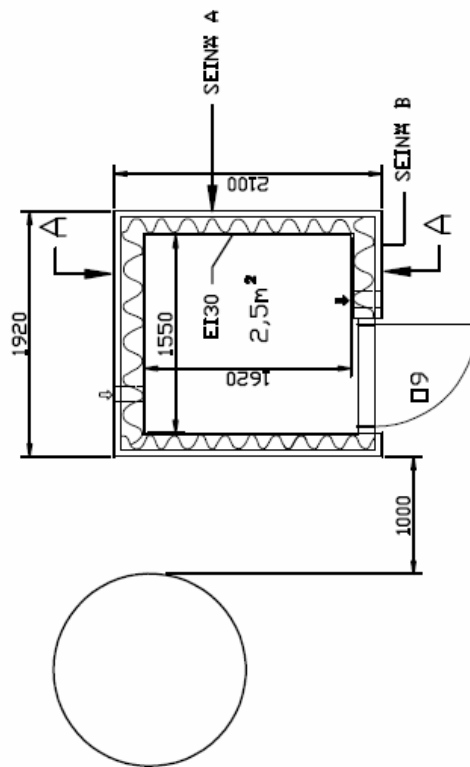
MERKINNÄT:

-  KATKAISIJA
-  EX-PATTERI
-  LAMPPU
-  KAASUHÄLYTIN
-  PISTORASIA

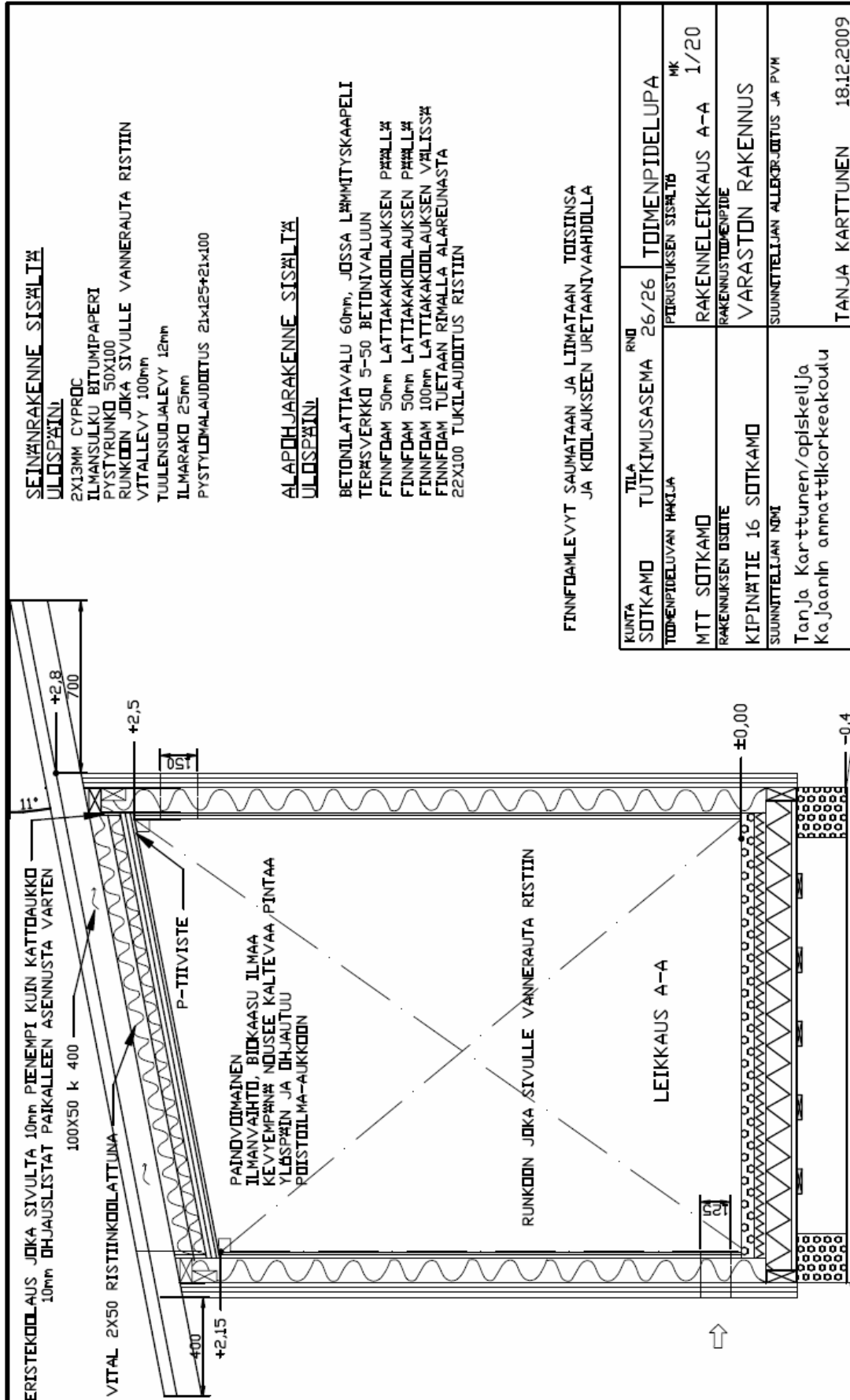
KAIKKI SÄHKÖISET LAITTEET JA KYTKENNÄT ATEX-SÄÄDÖSTEN MUKAAN

KUNTA	SOITKAMO	TILATUTKIMUSASEMA	26/26	POHJUSTUKSEN SEIKALTA	SAHKÖPIIRROS
TEHDOKSEKSELÄÄN RAUJA	MTT SOITKAMO	KIPINÄTIE 16	SOITKAMO	KAIKKI LAITTEET JA ASENNUKSET ATEX-SÄÄDÖSTEN MUKAAN	1/30
Taru, Karttunen/opiskelija				TANJA KARTTUNEN	
Kokouksen puolesta				10.9.2009	

	<p>KUNTA SOTKAMO</p> <p>TTILA TUTKIMUSASEMA</p> <p>TOIMENPIDELUVAN HAKIJA</p> <p>MTT SOTKAMO</p> <p>RAKENNUKSEN OSOITE KIPINATIE 16 SOTKAMO</p> <p>SUUNNITTELIJAN NIMI Tanja Karttunen/opiskelija Kaajaan ammattikorkeakoulu</p>	<p>RND</p> <p>26/26</p>	<p>TOIMENPIDELUPA</p> <p>PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ</p> <p>JULKISIVUT</p> <p>RAKENNUSTOIMENPIDE</p> <p>VARASTON RAKENNUS</p> <p>SUUNNITTELUJEN ALLEKIRJOTUS JA PVM</p> <p>TANJA KARTTUNEN 18.12.2009</p>	<p>MK</p> <p>1/50</p>
--	--	-------------------------	--	-----------------------



KUNTA SOTKAMO	TLA TUTKIMUSASEMA	RND 26/26	TOIMENPIDELUJA
TOIMENPIDELUVAN HAKIJA	MITT SOTKAMO	PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	MK 1/50
RAKENNUKSEN OSOITE	KIPINÄTIE 16 SOTKAMO	RAKENNUSTOIMENPIDE	VARASTON RAKENNUS
SUUNNITTELIJAN NIMI	Tanja Karttunen/opiskelija Kajander ammattikorkeakoulu	SUUNNITTELIJAN ALLEKIRJOITUS JA PVH	TANJA KARTTUNEN 18.12.2009



SEINÄNRAKENNE SISÄLTÄ

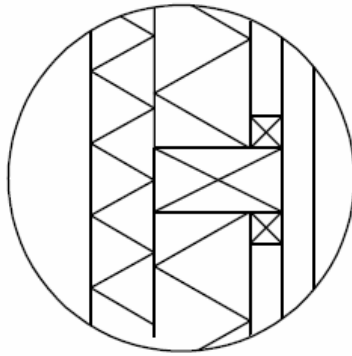
- ULOSPÄIN
- 2X13MM CYPROD
- ILMANSULKU BITUMIPAPERI
- PYSTYRUNKO 50X100
- RUNKOON JOKA SIVULLE VANNERAUTA RISTIIN
- VITALEVY 100mm
- TUULENSUOJALEVY 12mm
- ILMARAKO 25mm
- PYSTYLOMALAUDOITUS 21x125x21x100

ALAPOHJARAKENNE SISÄLTÄ

- ULOSPÄIN
- BETONILATTIAYALU 60mm, JOSSA LÄMMITYSKAAPELI
- TERÄSVERKKO 5-50 BETONIVALUUN
- FINNFOAM 50mm LATTIAKODOLLAUKSEN PÄÄLLÄ
- FINNFOAM 50mm LATTIAKODOLLAUKSEN PÄÄLLÄ
- FINNFOAM 100mm LATTIAKODOLLAUKSEN VÄLISÄ
- FINNFOAM TUETAAN RIMALLA ALAREUNASTA
- 22X100 TUUKLAUDOITUS RISTIIN

FINNFOAMLEVYT SAUMATAAN JA LIIMATAAN TOISIINSA
JA KODOLLAUKSEEN URETAANIVAHDOLLA

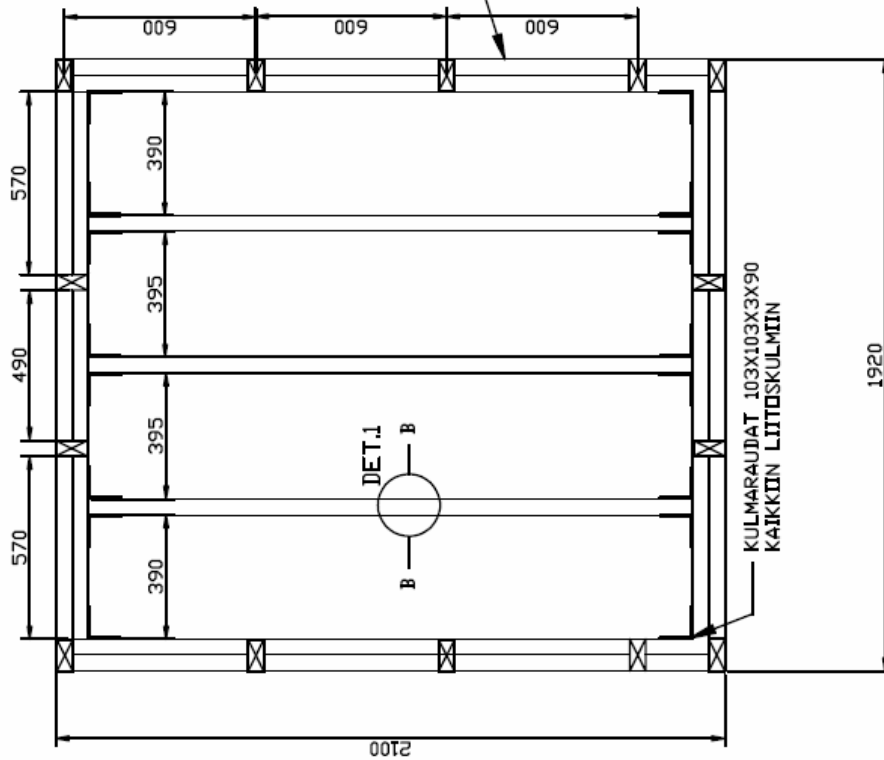
KUNTA	TILOJEN	RMD	26/26	TOIMENPIDELUPA
SOTKAMD	TUTKIMUSASEMA			PK
TOIMENPIDELUVAN HAKIJA				1/20
MTT SOTKAMD				RAKENNELEIKKAUS A-A
RAKENNUKSEN OSOITE				RAKENNUSTOIMENPIDE
KIPINTIE 16 SOTKAMD				VARASTON RAKENNUS
SUUNNITTELIJAN NIMI				SUUNNITTELIJAN ALLEKIRJOTUS JA PVM
Tanja Karttunen/opiskelija				
Ka. Jaanin ammattikorkeakoulu				
TANJA KARTTUNEN				18.12.2009



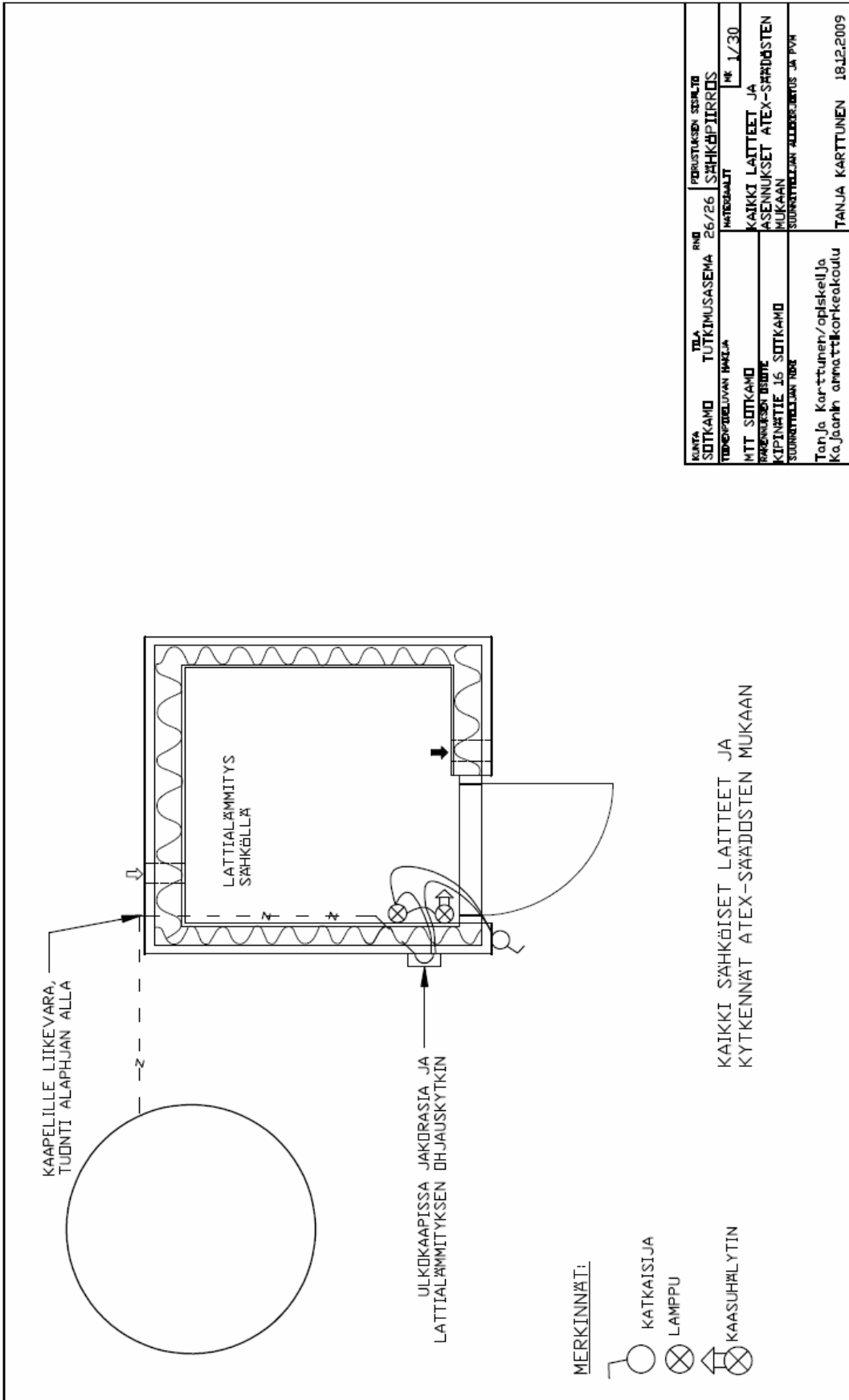
DET.1 1/5
LEIKKAUS B-B

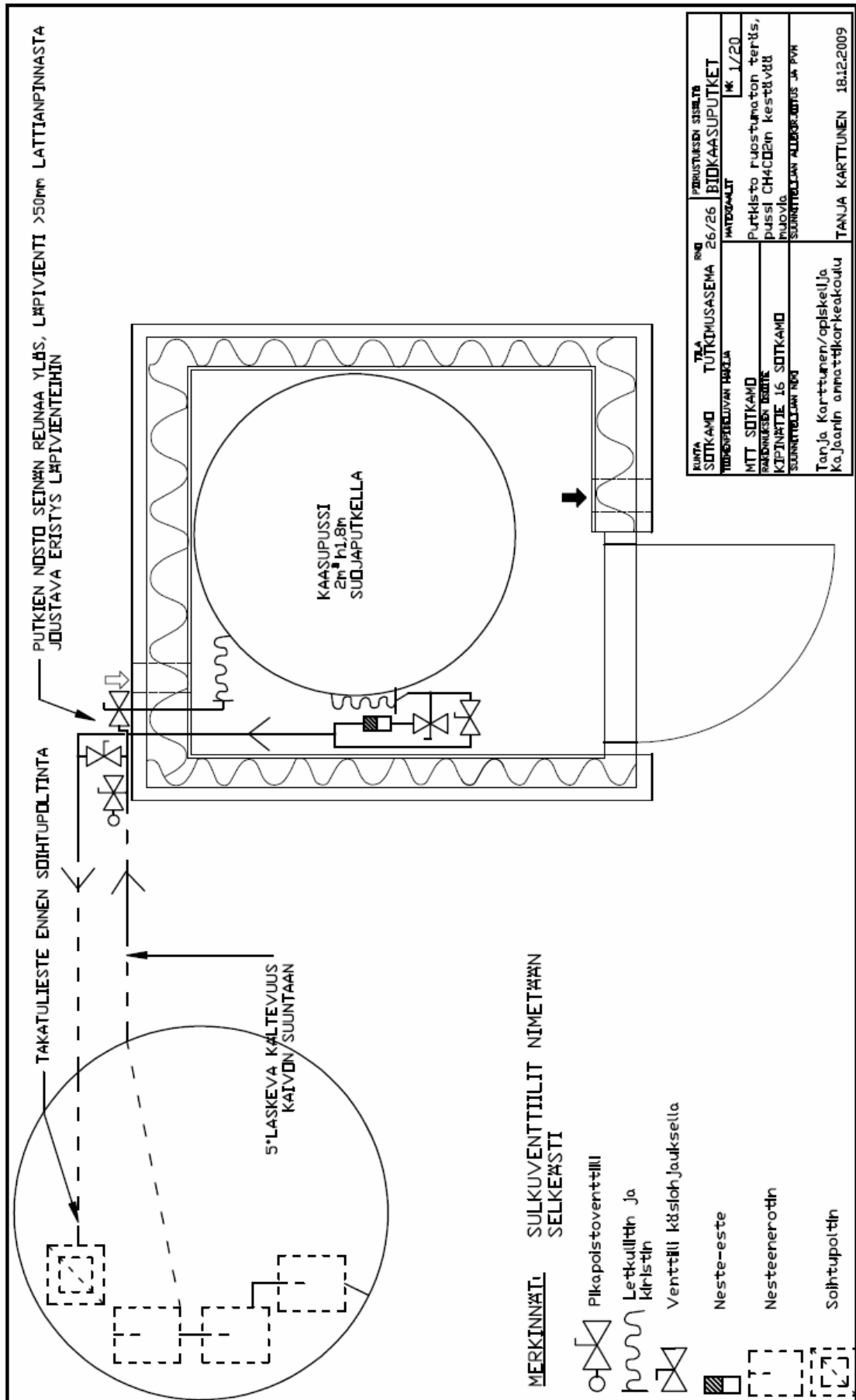
ALAPOHJAN RUNKOTAVARA 50X125

RUNKOTOLPPIEN VÄLI TARKISTETAAN
VALITUN ERISTEEN MUKAAN



KUNTA	SOITKAMO	TILA	RND	26/26	TOIMENPIDELUPA
TOIMENPIDELUVAN HAKIJA	MTT SOITKAMO	TUTKIMUSASEMA	PIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	ALAPOHJAKEHIKKO	1/20(1/5)
RAKENNUKSEN OSOITE	KIPINÄTIE 16 SOITKAMO	RAKENNUSTOIMENPIDE	VARASTON RAKENNUS	SUUNNITTELIJAN NIMI	TANJA KARTTUNEN
RAKENNUKSEN OSOITE	Tanja Karttunen/opiskelija	RAKENNUSTOIMENPIDE	VARASTON RAKENNUS	SUUNNITTELIJAN ALLEKIRJOTUS JA PVM	18.12.2009
RAKENNUKSEN OSOITE	Kajaanin ammattikorkeakoulu	RAKENNUSTOIMENPIDE	VARASTON RAKENNUS		







Technical datasheet No.: **1471.1**
Product: VALMEX® enviro pro BIOGAS II.4
Article No.: 5210 5340.

Type of coating and finish			
Type of coating	PVC		
Finish	fungicide, UV-protected, low-wick		
Flame retardancy	flame retardent		
Total weight	1200 g/m ²	EN ISO 2286-2	
Tensile strength (warp/weft)	4200 / 4000 N/50 mm	DIN 53354, DIN EN ISO 1421/V1	
Tear strength (1) (warp/weft)	500 / 500 N	DIN 53363	
Adhesion (1)	20 N/cm	LB 3.04-1 (Complan)	
Cold resistance	-30 °C	DIN 53361, DIN EN 1876-1	
High Temperature	+70 °C	Directive Complan	
Light fastness	>6	Note, Val. DIN 54004, DIN EN ISO 105 B02	
Gas permeability	methane	<400 cm ³ /m ² .24h	DIN 53380-2 .bar
Crack resistance (1)	no cracks	< 100000 x	DIN 53359 A
Base fabric			
Material	PES	DIN ISO 2076	
Yarn count	1100 dtex	DIN ISO 2060	
Weave	P 2/2		

KUSTANNUSARVIO KAASUNKERÄYSRAKENNUKSELLE				
NIMIKE	KPL	LAATU	A HINTA	KOK. HINTA €
Perustuksen harjateräs 8 mm A500HW yht.80 m	13	6 m salko	1,79	23,27
Kevytsoraharkkoperustus 150x498x195 32 kpl/kierros	114	kpl	1,85	210,9
Anturaharkko 400x590x190	35	kpl	7	245
Teräsverkko laataan B500K	2	11,75 m ² verkko	33,99	67,98
Laatta 80mm / 1m ³ 450 litraa/säkki	2	1000 kg sk	115	230
Muurauslaasti 500 litraa	1	1000 kg sk	92,08	92,08
Routaeriste 50x1200x1000 2x20m ²	4	pkt	27,98	111,92
Painekyllästetty alajuoksu 50x100	18	metriä	2,27	40,86
Laatan alapuolinen eriste 50x1200x1000 26 m ²	2	pkt	24,25	48,5
Salaojaputki 110/95 mm 6 m yht. 24 m	4	tankoa	16,14	64,56
Patolevy (16 m x 0,3)x 2	1	1x20 m ² rulla	42,59	42,59
Sokkelikaista 10cmx10m	2	rullaa	3,85	7,7
Yläpohjaeristepaksuus 125 x 565 x 870 mm	10	pkt	28,90	289
Mineraalivillaeriste 100 x 565 x 870 50 m ²	9	pkt	29,53	265,77
Bitumihöyrysulkupaperi 50 m ²	2	rullaa	13	26
Mineraalivillaeriste 50 x 565 x 870, 42 m ²	5	pkt	37,5	187,5
Tuulensuojalevyt 12 x 1200 x 2700, 48m ²	14	kpl	7,04	98,56

Kipsilevyt EI 30 13x1200x3000	51	kpl	13,5	688,5
Kovalevy pussin seinämäksi 3,2 x 1220 x 2745	3	kpl	5,48	16,44
Aluskate tarve n.50 m ²	1	60m ² rulla	81,19	81,19
Kattopelti Ruukki TS39-350-1100	51	m ²	9,74	496,74
Tuloilman säleikkö US-AV 100	2	kpl	5,28	10,56
Poisto- ja tuloilmaventtiili Lautasventtiili RK 100 Ø160	3	kpl	13,05	39,15
Ulko-ovet EI 30	2	kpl	300	600
Poistoputki ullakon läpi EKOD-3-016 3 m Ø 160	1	1kpl /3m	8,57	8,57
Hattu tuuletusputkelle vilpe 731162 musta	1	kpl	16,39	16,39
Tuuletusputki Vilpe 074110 110 musta	1	kpl	27,64	27,64
Läpivienti poistoputkelle vilpe 732562 musta	2	kpl	48,57	97,14
Lumieste 2000 mm	1	3m	115	115
Kattotuolit tarjouksen mukaan				793
Sadevesikourujärjestelmä	1			235,66
Savuputki Narvi 340-285 90° kulmaosa	1	kpl	29,97	29,97
Savuputki pakokaasulle Narvi 1000	1	kpl	28,38	28,38
Yhteensä € (sis. ALV:n)				5313,25

VARASTON PUTKITYÖT			
NIMIKE	MÄÄRÄ	A HINTA	KOK.HINTA €
Putket Ø40	Varastossa		
Venttilit ja liittimet	Varastossa		300 €
Vesilukko rahteineen			250 €
Kaasun keräyspussi			450 €
Työt			1500 €
OMA Karkea arvio			2500 €

VARASTON SÄHKÖTYÖT			
NIMIKE	MÄÄRÄ	A HINTA	KOK.HINTA
Lämmitin			850 €
valo EX			350 €
tavallinen valo	ARVIO!		50 €
Kaasuhälytin	ARVIO!		60 €
Pistorasia	ARVIO!		10 €
Sähkötyöt	ARVIO!		500 €
Yhteensä			1820 €

VARASTON MAANSIIRTO				
NIMIKE	MÄÄRÄ	LAATU	A HINTA	KOK.HINTA
Perustusten kaivaminen ja perustusten täyttö	28	maa-alue m ³	Omatyö	100 €
Täyttömaa-aines		rinnetäyttö		200 €
Salaoja/kapillaarisepele	15	m ³ /24 tn		228 €
Kivipesä salaojalle	1	m ³ / 1,6 tn		20,64 €
YHTEENSÄ				548,64 €

KUSTANNUSARVIO YHTEENSÄ KAASUNKERÄYSVARASTOLLE JA KAASUNKERÄYKSELLE	
RAKENTAMISKUSTANNUKSET VARASTOLLE	5313,25 €
KAASUNKERÄYS LVI	2500 €
MAANSIIRTO	548,64 €
SÄHKÖTYÖT TARVIKKEINEEN	1820 €
YHTEENSÄ	10181,89 €

VARASTON PUUTAVARAN MENEKKI			
Omasta puutavarasta		LAATU	KOMMENTTI
Puutavara valuun	67	metriä	voidaan käyttää 22x100 lautaa pelkkä vaakarimoitus
Runkotolpat 2x4 k600 h2900	70	metriä	
Ristiinkoolaus 2x2 k600 h2900	145	metriä	
Kattotuolit 2x4 8kpl 14m/tuoli	112	metriä	
Ruodelauta kattoon 32x100 k350	1600	metriä	
Tuuletusrimat 22x50 k600 kaksinkertainen	140	metriä	
Ulkovuorauslauta 20x100	465	metriä	
Ulkovuorilauta kapea pystyrima 20x40	465	metriä	

KUSTANNUSARVIO PIENELLE KAASUNKERÄYS RAKENNUKSELLE				
NIMIKE	KPL	LAATU	á HINTA	KOK.HINTA
Kevytsoraharkkoperustus 100x498x195 32kpl/kierros	15	kpl	1,15	17,25
Teräsverkko laattaan B500K	1	11,75m ² verkko	33,99	33,99
Laatta 80mm / 0,16m ³ 12 litraa/säkki	12	25kg sk	5,15	61,8
Muurauslaasti 500 litraa	1	25kg sk	5,15	5,15
Painekyllästetty alajuoksu 50x100	7	metriä	2,27	15,89
Laatan alapuolinen eriste 30mm 7m ²	1	pkt	65,72	65,72
Sokkelikaista 10cmx10m	1	rullaa	3,85	3,85
Mineraalivillaeriste 100 x 565 x 870 20m ²	6	pkt	21,38	128,28
Bitumihöyrysulku paperi 25m ²	1	rullaa	13	13
Tuulensuojalevyt 12x1200x2700 24m ²	6	kpl	7,04	42,24
Kipsilevyt EI 30 13x1200x3000	11	kpl	13,5	148,5
Kovalevy pussin seinämäksi 3,2x1220x2745	2	kpl	5,48	10,96
Aluskate tarve n.3m ²	1	pala	20	20
Kattopelti Ruukki TS39-350-1100	10	m ²	9,74	97,4
Poisto ja tuloilman säleikkö US-AV 120	2	kpl	5,28	10,56
Poisto- ja tuloilmaventtiili Lautasventtiili RK 100 Ø120	2	kpl	13,05	26,1
Ulko-ovet EI30	1	kpl	300	300
Ilmanvaihtokanava EKOD-3-012 3m tanko	1	kpl	20,55	20,55
Yhteensä €				1021,24

PIENEN RAKENNUKSEN PUTKITYÖT			
NIMIKE	MÄÄRÄ	A HINTA	KOK.HINTA €
Vesilukko			230 €
Venttilit ja liittimet			500 €
Suojaputki pussille			400 €
Painemekanismi			200 €
Kaasun keräyspussi arvio puolet isommasta			450 €
Työt			400 €
OMA Karkea arvio			2180 €

PIENEN RAKENNUKSEN SÄHKÖTYÖT			
NIMIKE	MÄÄRÄ	A HINTA	KOK.HINTA €
Ensto lattialämmityskaapeli 440W 3-5m ²		54,9	54,9 €
Lattialämmitystermostaatti atex-tila	ARVIO!	100	100 €
valo EX		350	350 €
Kaasuhälytin	ARVIO!	60	60 €
Sähkötyöt	ARVIO!	250	250 €
Yhteensä			814,9 €

KUSTANNUSARVIO YHTEENSÄ PIENELLE KAASUNKERÄYSVARASTOLLE JA KAASUNKERÄYKSELLE	
RAKENTAMISKUSTANNUKSET VARASTOLLE	1021,24 €
KAASUNKERÄYS LVI	2180 €
SÄHKÖTYÖT TARVIKKEINEEN	814,9 €
YHTEENSÄ	4016,14 €

PIENEN VARASTON PUUTAVARAN MENEKKI		
Oma puutavara		LAATU
Runkotolpat 2x4 k600 h2900	30	metriä
Kattotuolit 2x4 5kpl k600	15	metriä
Ruodelauta kattoon 32x100 k350	25	metriä
Tuuletusrimat 22x50 k600 kaksinkertainen	50	metriä
Ulkovuorauslauta 20x100	250	metriä
Ulkovuorilauta kapea pystyrima 20x40	250	metriä