

Småskalig biogasproduktion

En översikt om olika småskaliga system för biogasproduktion i utvecklingsländer



(Foto: Viogaz)

Per Wennerberg

TecnoFarm

2014-01-20

Per Wennerberg
Tel: 076-816 41 63
E-post: per.wennerberg@tecnofarm.se

TecnoFarm
Smedjevägen 9
531 73 Källby

Sammanfattning

Flexenclosure AB utvecklar och säljer plattformar som försörjer el till mobiltelefonstationer på platser utan elnät med hjälp av sol och vindenergi. Man är nu intresserade av att studera hur el från lokal bioasproduktion i utvecklingsländer kan ersätta dagens behov av back-up el samt elförsörjning till lokala elnät från diseldrivna generatorer.

Enligt Flexenclosures erfarenheter kostar dieselproducerad elkraft 0,3-1 €/kWh el, med 0,41 \$/kW som ett riktvärde. Notera att då är inte kostnaderna för vanligt förekommande dieselstöder inräknade.

I denna rapport om småskalig biogasproduktion i varma utvecklingsländer avgränsar sig till anläggningar som ger maximalt motsvarande 20 kW el, då Flexenclosure´s behov till sina elkraftsplattformar är 3-20 kW el.

Det finns många länder i Asien, Afrika och Latinamerika som har lång erfarenhet av tusentals små biogasanläggningar. Totalt uppskattas det finnas minst 40 miljoner små biogasanläggningar i världen. Tack vare en stark men prispressad hemmamarknad har även lokal teknik utvecklats för enkla och robusta system. Utbyggnaden av små biogasanläggningar går nu mycket snabbt i länder som har kommit förbi den första inlärningsfasen.

I västvärlden har det tills nu varit en mycket begränsad marknad för småskalig biogasteknik varför det där är svårt att hitta lämpliga komponenter och system. En viss förbättring sker nu när länder som Tyskland prioriterar stödet till små gårdsbiogasanläggningar.

För att den småskaliga biogasproduktionen skall vara hållbar så måste biogasanläggningarna vara så enkla och billiga som möjligt. Här urskiljer sig anläggningarna gjorda av membran eller plast i form av en slang eller ballong. Dessa mycket enkla plugg-flöde anläggningar av är lätta att installera och sköta samt ger en acceptabel produktion till mycket låg kostnad. Kalkylerna visar att det endast är denna typ av biogasanläggning som ger konkurrenskraftig elproduktion jämfört med dieselgeneratorerna vid rötning av gödsel. I angivet kalkylexempel blev produktionskostnaden 1,06 SEK/kWh el vilket endast är 40 % av Flexenclosure´s angivna riktvärde för elkraft från dieselgeneratorer.

För de applikationer där Flexenclosure kan behöva biogasproduktion har olika anläggningstyper definierats. Mycket små anläggningar för hushåll med en röttningsvolym på 3-10 m³ är mycket svåra att få lönsamma. Samröttningsanläggningar av den enkla "slangtypen" med en röttningsvolym på ca 50-200 m³ är det bästa alternativet för samrötning där huvudelen är gödsel. Vid rötning av mer energirik organiskt avfall med högre gasutbyte kan även mer tekniskt avancerade industriella biogasanläggningar vara lönsamma men då krävs en mer utvecklad infrastruktur bl.a. med tillgång på el vid start.

En översikt görs av marknaden med ett 60-tal olika tillverkare av små biogasanläggningar. Av dessa rekommenderas 7 tillverkare som intressanta för Flexenclosure med avseende på olika tekniska lösningar och krav.

Innehållsförteckning	Sida
1. Bakgrund	5
2. Projektbeskrivning	5
3. Genomförandet	6
4. Allmänt om småskalig biogasproduktion.....	9
4.1 Definition av småskalig biogasproduktion	9
4.2 Den internationella marknaden	10
4.3 Biogasproduktionens principer	11
5. Substrat för biogasproduktion	12
6. Förbehandling av substrat	12
7. Olika system för småskalig biogasproduktion	13
7.1 Anläggningstyper	13
7.1.1 Röt-kammare med totalomblandning (CSTR)	13
7.1.2 Röt-kammare med plugg-flöde	13
7.1.3 Vertikal rötning	18
7.1.4 Satsvis rötning eller torr rötning	19
7.1.5 Täckt bassäng	21
7.2 Tvåstegs rötning	21
7.3 Substratets torrs substans (TS halt)	22
7.4 Taktyper	23
7.4.1 Röt-kammare med fast tak	23
7.4.2 Röt-kammare med flytande tak	27
7.4.3 Röt-kammare med membrantak	28
7.4.3 Röt-kammare med membransäck	29
7.5 Gaslagring	30
7.6 Exempel på tillverkare av små biogasanläggningar	32
7.7 Utvalda mindre biogasanläggningar	35
8. Planering av biogasproduktion	42
9. Ekonomi för olika småskaliga biogassystem.....	43
9.1 Allmän produktionsekonomi	43
9.2 Nollpunktsanalys för kraft/värme (CHP)	43
9.3 Kostnader för Europeiska biogasanläggningar	45
9.4 Kostnader för småskaliga biogasanläggningar	47
9.5 Exempel från Costa Rica i Latinamerika	48
9.6 Exempel från Colombia & Vietnam	48
9.7 Exempel från Tanzania	49
9.8 Exempel från Honduras	49
9.9 Exempel från Kenya	49
9.10 Produktionskostnader från utvalda anläggningar	50
10. Behandling och rening av biogasen	53
11. Framtida behov och utvecklingsmöjligheter	54
12. Slutsatser	54
13. Referenser	56
Bilaga A	59

1. Bakgrund

Flexenclosure AB beviljades 2011 stöd från Vinnova´s Forska & Väx (erbjudande B) program för att utföra en förstudie av ” Biogasdriven elförsörjning för utvecklingsländer ”. Denna förstudie resulterade i en ny ansökan om ett större Forska & Väx projekt (erbjudande A) som beviljades 2012.

I detta projekt utreds småskalig biogasdriven elförsörjning djupare med syfte att bygga en demonläggning i någon av Flexenclosure´s exportländer som är främst i Afrika eller Asien. Huvudsyftet är att finna optimal teknik för småskalig biogasproduktion under enkla förhållanden i dessa utvecklingsländer.

Inom detta projekt har TecnoFarm bl.a. i uppdrag att kartlägga och presentera olika befintliga system och erfarenheter av småskalig biogasproduktion och slutligen föreslå lämplig teknik för olika förhållanden. Denna rapport avser detta uppdrag.

2. Projektbeskrivning

Globalt nyhetsvärde

Biogasproduktion och elgenerering med gasmotorer har idag inte något större nyhetsvärde, även om tekniken fortfarande är snabbväxande och under utveckling. Projektet är dock unikt och utmanande avseende:

- Industriell optimering av mycket små biogasanläggningar som skall ge ett högt gasutbyte med enkel och robust teknik. I dagens länder är ofta dessa anläggningar byggda med effektiva lokala ad hoc lösningar.
- Komplet integrering av lokal småskalig biogasproduktion med internat. telekom teknik.
- Synergi mellan telekomindustrins och lokalbefolkningens behov av billig och säker
- elförsörjning i länder utan stabila elnät.
- Bidrar till långsiktig landsbygdsutveckling i länder utan behov av bistånd.
- Integrering av småskalig elproduktion från biogas med vind och solenergi där överskottsenergi lagras i ackumulatörer (Flexenclosure´s E-Site och Diriflex teknologi).
- En liten kraftvärme enhet (mikro CHP, 3-10 kWe) med en biogasmotor av industrikvalitet som skall fungera under krävande förhållanden med minimalt behov av service och underhåll.
- Överskottsvärmen från gasmotorn kan användas lokalt för varmvatten eller torkning av t.ex. grödor och livsmedel
- Enkel och robust rening av biogasen för att säkerställa en säker drift av gasmotorn.
- Ekonomiskt konkurrenskraftigt utan subventioner på prispressad marknad (Lönsamhetenskapas av att konkurrerande dieselbaserade system har problem med dyra, otillförlitliga och stödfrekventa dieselleveranser).
- Krävande kunder (Nationella och internationella telekombolag)

Nyhetsvärde relativt Flexenclosures kompetens

Flexenclosure har erfarenhet av sol, vind och dieseldrift samt optimerad styrning av de tre elkällorna tillsammans med en ackumulator. Utöver genomfört Forska o Väx förprojekt, så saknar Flexenclosure erfarenhet av:

- Biogasproduktion
- Behandling och rening av biogas
- Gasmotorer

Projektets största utmaningar

- Balans mellan robust västerländsk teknik och billig lokal teknik.
- Bedöma gasmotorers livslängd och behov av service utan resurskrävande långtidsprov.
- Att anpassa systemen för drift i utvecklingsländer
- Finna rätt balans i ekonomin för de olika lokala aktörerna så att alla motiveras att engagera sig i en säker långsiktig elproduktion från biogas.

Vi vill i möjligaste mån hålla samman det team som formade förprojektet i vilket det har skapats en gemensam kompetensplattform med förståelse för teknik, ekonomi och marknad.

3. Genomförandet

Projektet kommer att drivas enligt:

- Design av biogasanläggning
- Design av gasmotor
- Prototypframtagning av gasmotor
- Idrifttagande med köpt biogas
- Marknads- och affärsutveckling

Gasmotorn levereras som en del av Flexenclosures gröna energisystem. I vissa fall nås bäst totalekonomi med köpt biogas, i andra fall med lokal produktion av biogas. I båda scenarierna behöver Flexenclosure säkra kunskap runt biogaskvalitet med kompetens inom alla arbetsblock.

Nedan beskrivs varje arbetsblock mer i detalj:

Nedbruten målkostnadskalkyl

En av svårigheterna i projektet är att hitta rätt teknik/kostnadsnivå. Det finns ingen befintlig marknad att snegla på. På marknaden finns byggkomponenter och tekniska möjligheter a billig lokal u-landsteknik till produkter med full professionell kvalitet och flerdubbelt högre prislapp. Det finns nästan inga som kan åstadkommas. En förutsättning för att projekt marknadsoptimal teknisk/ekonomisk balans är därför att målkostnadsanalys. Detta projekt omfattar: tekniska gränser för hur avancerade övervaknings projektet skall kunna styras mot en initialt göra en nedbruten

Matris av råvaror för biogasproduktion

Valet av råvaror för rötning påverkar rötningshastighet och biogasens sammansättning. Lokala förutsättningar påverkar tillgången på olika råvaror. För att nå en god balans mellan industriell fokusering och marknadsmässig flexibilitet krävs att kunderbudandet inriktas mot två eller tre råvarukombinationer, som systemet kan anpassas till. Dessa fastställs i detta arbetsblock.

Råvarukvantitetsberäkningar

Effektbehovet påverkas av antalet anslutna mobilsajter och hur mycket el som skall säljas till byborna. Effekttuttaget påverkar såväl mängden erforderlig rötsubstrat och anläggningens totala dimensionering. Av speciellt intresse är volymen på rötammaren och den separata gasbehållaren, eftersom denna kan fungera som energiackumulator och minska den nödvändiga storleken på batteribanken. I detta arbetsblock görs en övergripande dimensionering av råvarubehov för olika substrat och systemets dimensionering. Analysen kan behöva göras iterativ med koppling till tillgängliga systemkomponenter på marknaden och målkostnadsanalysen.

Årstidsbalansberäkningar

Systemen är avsedda för varma länder där odling i huvudsak är möjlig hela året. I detta arbetsblock studerar vi hur sant detta är. Varierar skördarna eller gödseltillgången med årstid och vilka blir konsekvenserna? Ett eventuellt negativt utfall av denna analys kan leda till att dual fuel dieselmotorer (kombinerad drift med diesel & biogas) väljes, eller geografiska marknadsbegränsningar, eller en viss överdimensionering av röt-kammaren.

Lokal personal och kultur

Utbildningsnivån i de byar, som kan vara aktuella är ofta låg och den kompetens som kan ha funnits har ofta flyttat till större orter. I Indien kommer, framför allt, vår partner OMC professionellt hantera driften av anläggningarna.

Komponentval/Dimensioneringar

Flexenclosure är en systemintegratör och mjukvaruutvecklare. Så långt det går eftersträvar vi att finna lämpliga byggmoduler på marknaden. Vägledande är:

- Den nedbrutna målkostnadskalkylen
- Selektiva val på en marknad med stort prisspann mellan låg och hög teknisk nivå
- Ett servicebehovstänkande med två nivåer:
 - Servicebehov som på ett betryggande kan utföras av en lågutbildad lokal befolkning är inte nödvändigtvis till nackdel. Det ökar delaktighet och good will.
 - Servicebehov som kräver kvalificerad personal måste nedbringas till ett minimum
- Acceptabel och bedömningsbar systemlivslängd
- En containerlösning och kort installationstid skall eftersträvas.

Insamlingsystem för substrat

Olika råvaror kräver olika insamlingsystem. Väljs t.ex. avföring från en kollektiv toalett, så måste den anordnas med naturligt fall direkt ned i röt-kammaren, medan olika former av grödor ofta kräver en mekanisk sönderdelning. Som nämnts ovan kommer antalet möjliga substrat att begränsas för att skapa förutsättningar för en industriellt massproducerad produkt.

Röt-kammare

Röt-kammaren med tillhörande gaslager utförs med en förhållandevis stor volym för att:

- Skapa ett jämnare gstryck och därmed säkrare drift
- Utgöra en billigare ackumulator än elektriska batterier

För att säkerställa en hög och stabil gasproduktion så skall röt-kammaren värmas till konstant +37C med varmvatten från gasmotorernas kylsystem och ha skall en enkel och robust omrörning.

Utmatningsenhet

Det färdigrötade substratet matas normalt ut ur röt-kammaren med genom självfall enligt principen kommunicerande kärl. Samma mängd substrat som matas in i ena änden kommer att rinna ut över kanten i andra änden.

Gasrening

Biogas innehåller betydligt mer föroreningar än naturgas. Biogasen innehåller förutom metangas, ammoniak, siloxaner, svavelväte och koldioxid. För bästa motorlivslängd och av miljöskäl måste svavelvätehalten reduceras. Svavelvätehalten beror starkt av vilket substrat som valts.

Gasreningen planeras att utföras i tre steg:

- Kondenserande kylslinga i mark
- Biologiskt förfilter
- Aktivt kolfilter

Förutsättningarna att för att erhålla tillräcklig kylning i markslinga i dessa varma områden måste undersökas. Det biologiska förfiltret är inte nödvändigt, men minskar filterbytesfrekvensen hos kolfiltret. Det måste undersökas om förbrukade kolfilter kan regenereras eller hur avfallet skall hanteras.

Gasgenerator

Många biogasanläggningar byggs idag med till gas konverterade, starkt överdimensionerade bilmotorer. Detta ger en låg verkningsgrad och kort livslängd och är inte aktuellt i detta projekt. Kolvmotorer byggs för dramatiskt olika livslängder. Projektet saknar resurser för äkta livslängdsprov, varför ett detektivarbete återstår för att säkerställa antagna eller påstådda livslängder. Huvudalternativet är en gaskonverterad ottomotor, men även dual fuel dieselmotorer som kan gå på såväl låginblandad diesel (ca 10 %) i metangas som ren diesel kommer att övervägas. Det måste säkerställas att motorn kan gå på ned till 50 procentig metangas. Generatoren skall leverera -48 Volt, som är telekomstandard. Flexenclosure eftersträvar att köpa en så färdig modul som möjligt, men det finns en risk att vi måste sätta samman systemet av separat inköpt gaskonverteringsutrustning, motor och generator.

Styrsystem

Styrsystemet är en del av Flexenclosures kärnkompetens. Så långt målkostnadsanalysen medger, så eftersträvas ett system som kan fjärrövervakas via ett webbgränssnitt. En genomtänkt struktur för vilka parametrar som skall övervakas måste skapas. Nya parametrar för ett biogasbaserat system är pH och temperatur i rötammaren.

Prototypdesign och prototypbyggnation

Efter det att alla byggmoduler har fastställts, så får samma företag som skall bygga samman systemet också göra erforderliga CAD-ritningar och designa byggramar med mera. Denna fas i projektet sker parallellt med leveranstiden för byggmodulerna.

Idrifttagande

En prototyp av gasmotorn byggs upp i Sverige eller Indien. En svensk placering görs företrädesvis nära en lantbruksskola. Motorn drivs med köpt biogas av olika kvaliteter. Projektet är avslutat då anläggningen visat stabil drift.

Marknadsförberedande åtgärder och affärsutveckling

Marknadsintroduktionen i Indien sker tillsammans med vår lokala partner OMC, som sköter driften av anläggningarna. I vissa fall levererar Flexenclosure det lokala energisystemet, inklusive gasmotor som drivs med köpt biogas. I andra fall levererar Flexenclosure även en biogasanläggning för lokal produktion av biogas. I båda scenarierna behöver Flexenclosure säkra kunskap runt biogaskvalitet med bred kompetens och ett inslag av tjänsteförsäljning. Viktiga parametrar är förädlingsnivå på biogas, biogasproduktion vid varje anläggning eller mer centraliserat, kostnader och förluster vid eventuell transport av biogas, alternativt inköp av biogas, mm. Vi behöver förstå hela kedjan, samt kvantifiera kundernas totalkostnad, för att framgångsrikt kunna sälja in vår lösning. Flexenclosure avser återanvända de lösningar och den kunskap som byggs upp i projektet på andra marknader, främst i Afrika.

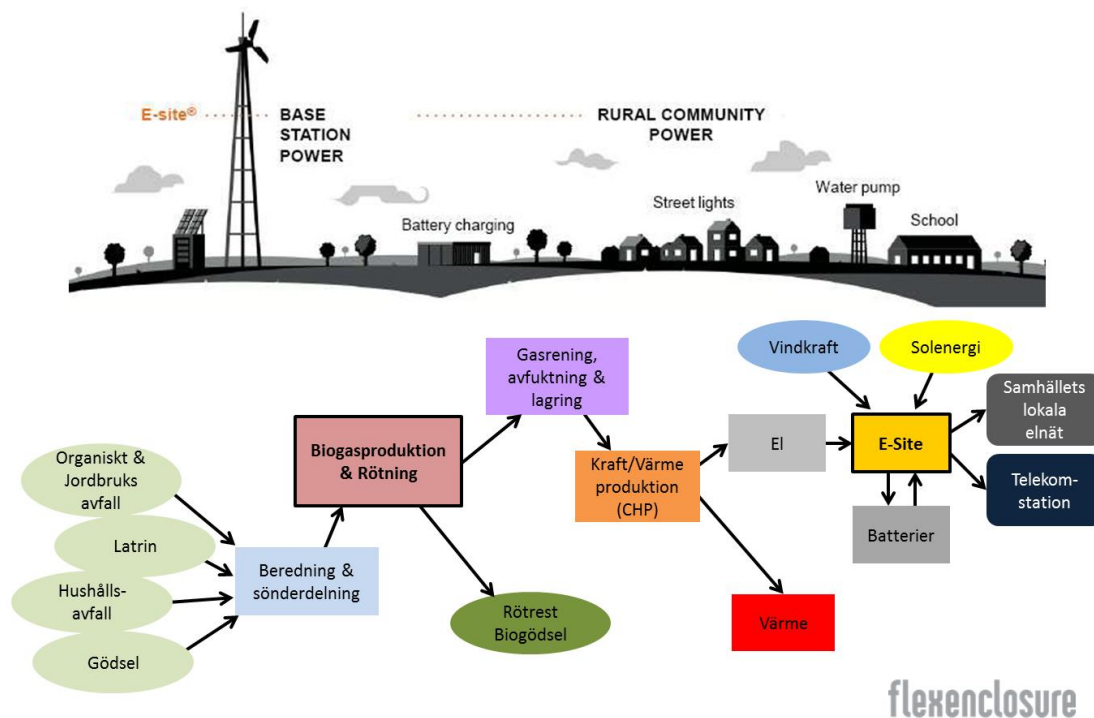
I denna rapport sker en genomgång av olika befintliga tekniker baserat på litteraturstudier, sökning på internet samt kontakter med olika företag och specialister inom småskalig biogasproduktion.

4. Allmänt om småskalig biogasproduktion

4.1 Definition av småskalig biogasproduktion

Det finns ingen standard för att definiera småskalig biogasproduktion. Enligt det tyska bidragssystemet för biogasproduktion producerar en liten biogasanläggning max. 75 kW el kontinuerligt. Ibland talar man om mikro biogasproduktion och avser då ofta anläggningar för avfall från ett eller några hushåll.

Biogasdriven elkraftförsörjning i utvecklingsländer



Systembild över biogasdriven elkraftförsörjning integrerad med Flexenclosures E-site system för elförsörjning till mobiltelefonstationer utan elnät.

Flexenclosure behöver ca 3-5 kW el för att driva sina E-site mobiltelekom stationer där biogasbaserad el utgör en backup som skall ersätta dagens dieselgeneratorer.

I detta projekt definierar vi att en småskalig biogasanläggning producerar motsvarande max 20 kW el kontinuerligt.

Detta ger också ger möjlighet för den närboende befolkningen att få tillgång till lokal elförsörjning.

En kontinuerlig elproduktion på 20 kW från en gasmotor med en elverkningsgrad på 30 % och en biogas med en metanhalt på 60 % kräver en produktion av minst 11 m³ biogas per timme.

Tabell 1. En kontinuerlig elproduktion 1-20 kWh motsvarar följande produktion av biogas:

	Produktion kW el				
	1	3	5	10	20
Verkningsgrad el n_{el}	20%	23%	25%	28%	30%
Metanhalt biogas	60%	60%	60%	60%	60%
Energi metan kWh/Nm ³	9,82	9,82	9,82	9,82	9,82
Verkningsgrad värme n_{th}	49%	47%	46%	43%	42%
Överskottsvärme kW ₁	2,45	6,12	9,10	15,50	28,00
Min. biogasprod. Nm³/h	0,85	2,21	3,39	6,06	11,31

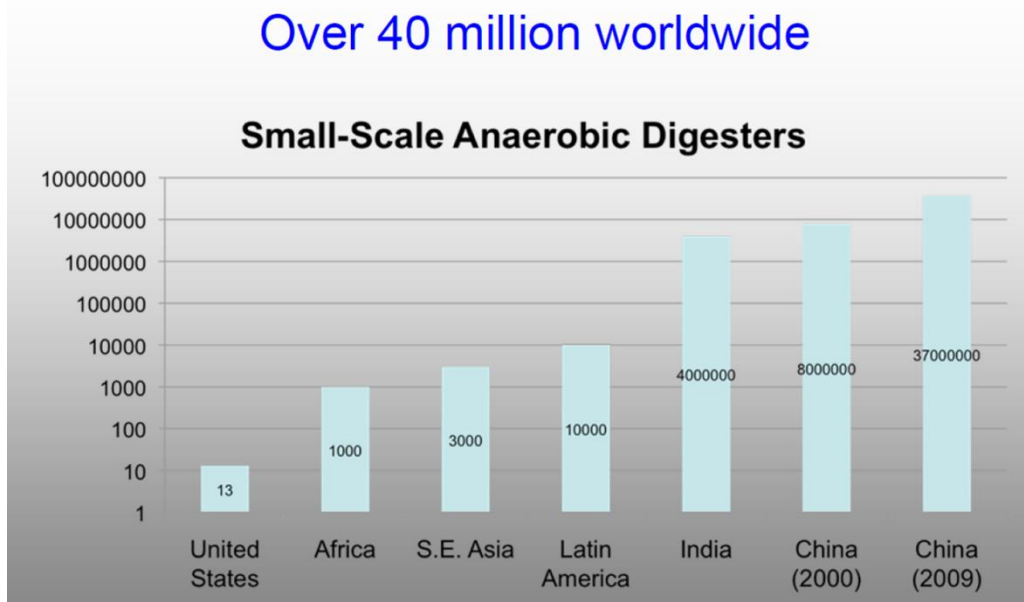
Tabell 2. En kontinuerlig elproduktion 1-20 kWh motsvarar följande produktion av substrat:

Min. behov	Produktion kW el				
	1	3	5	10	20
Antal mjölkor	7	21	35	70	141
Antal slaktsvin	75	226	377	755	1510
Antal ha gräsvall	1	4	6	12	24
Antal ha majs	1	2	3	6	12
Antal människor	103	309	515	1031	2061

Antagande: Mjölkcor 6000 kg mjölk/år+ rekrytering & 80kg gödsel/dygn, Slaktsvin slaktvikt 90 kg-2,5 omg/år & 5,8 kg gödsel/dygn, Gräsvall 8 ton TS/ha år, Majsensilage 15 ton TS/ha år, Människor humangödsel & hushållsavfall 3 kg/dygn.

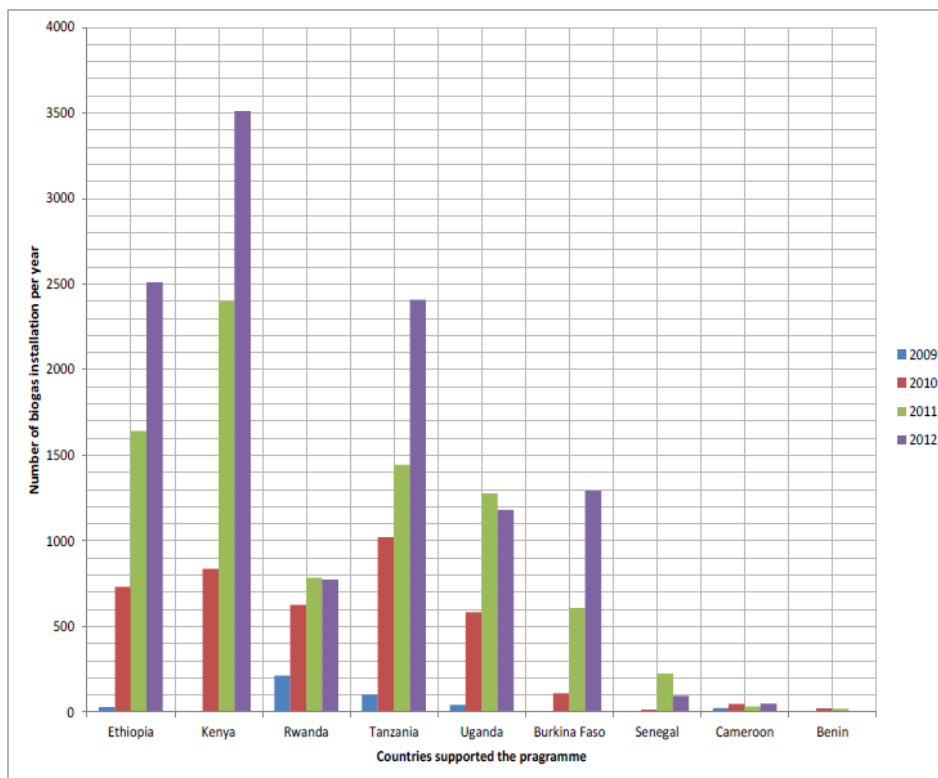
4.2 Den internationella marknaden

Småskalig biogasproduktion är ingenting nytt och har funnits i mer än hundra år speciellt i Kina. Miljontals av denna typ av små biogasanläggningar finns i över hela världen i en mängd olika utföranden oftast lokaltillverkade av enkla och billiga komponenter. Kina dominerar stort denna marknad följda av Indien. Enligt en uppgift skall det 2013 finnas ca 12 miljoner små biogasanläggningar i Indien och mer än 70 000 i Afrika (Africa Biogas Partnership-ABPP). Enligt andra källor finns det av enkla biogasanläggningar av slangtyp (Taiwanesisk modell) ca 1 000 st i Costa Rica, 5 000 st i Colombia och 20 000 st i Vietnam (Viquez m.fl. 2008). Ytterligare ett exempel på biogasproduktionens allmänna utbredning syns i diagrammet nedan där man uppskattar att det finns minst 40 miljoner småskaliga biogasanläggningar i världen (Lansing & Moss, 2009).



Här uppskattas att det 2009 finns ca 40 miljoner små biogasanläggningar med stor dominans för Indien och Kina (Lansing & Moss, 2009)

I diagrammet nedan kan man se att utvecklingen går snabbt i Afrika där antalet biogasanläggningar ökade mer än 3 gånger under perioden 2009-2012 (Heedge & Felix, 2012). Enligt samma diagram fanns det 2012 ca 8700 biogasanläggningar i Afrika.



Antalet biogasanläggningar i Afrikanska länder 2012 med stöd från den internationella hjälporganisationen SNV (SNV, 2012)

De flesta anläggningarna finns i varma klimat där man inte behöver tillföra värme för att få en rötningsprocess. Det finns dock mycket litet dokumenterat om den verkliga biogasproduktionen från dessa enkla biogasanläggningar varför det är svårt att bedöma lönsamheten i att höja deras produktion med en bättre och mer avancerad teknik. Men det är troligt att kunna fördubbla biogasproduktionen genom att införa isolerade och temperaturkontrollerade rötammare.

4.3 Biogasproduktionens principer

Biogasproduktion kan grovt delas in i följande delar:

- Lämpliga råvaror eller substrat att röta
- Beredning av substraten så att de blir lättare att röta
- Rötningsprocessen där man producerar biogasen
- Rening och torkning av biogasen
- Lagring av biogasen
- Hantering av rötresten med lagring och spridning

Användning av biogasen för uppvärmning, elproduktion eller uppgradering till biometan alternativt fordonsgas innefattas ofta i begreppet biogasproduktion, men i denna rapport utelämnas denna del då den avhandlas i en annan del av projektet.

Biogasproduktion är en relativt långsam och kontinuerlig process som kräver en stabil tillförsel av substrat. Substraten i rötningsprocessen kan endast bytas ut långsamt så att mikroorganismerna hinner anpassa sig. För snabba förändringar kan ge allvarliga produktionstörningar. Normala utrotningstider för vanliga substrat ligger mellan 20 till 50 dagar beroende på struktur och ingående näringsämnen.

Ett av de viktigaste kriterierna för en lämplig substratblandning är kol/kväve kvoten. Den bör vara mellan 20 till 30 (d.v.s. 20-30 gånger mer kol än kväve) för att säkerställa att det inte blir ett alltför stort överskott av kväve som i sin tur kan resultera i skadligt höga halter av ammoniak i rötammaren. För mycket kol kan resultera i ett lägre metanutbyte och en

låg metanhalt. Vissa gödselslag som t.ex. fjäderfågödsel och slaktavfall innehåller mycket kväve och måste därför balanseras med kolrika substrat som t.ex. hackad halm eller majsensilage.

Om man tillför mycket lösliga kolhydrater som t.ex. socker så kan man riskera att få en obalans i biogasprocessen där det bildas för mycket organiska syror. Detta hämnar gasproduktionen och kan i värsta fall få den avstanna helt, man talar då ofta om att bioagasanläggningen gått "sur". I värsta fall får man då tömma anläggningen och börja om. En ideal PH-nivå i röt-kammaren ligger mellan 6,8 -7,2.

5. Substrat för biogasproduktion

Råvaror eller substrat som är lämpliga för biogasproduktion kan grovt delas in i följande grupper.

- Gödsel från animalieproduktion
- Skörderester och avfallsprodukter inom lantbruk som t.ex. bortsorterade eller överblivna grödor samt foder
- Speciellt odlade energigrödor för biogasproduktion
- Organiskt avfall från livsmedelsindustrin
- Organiskt avfall från storkök och hushåll
- Organiskt slam från reningsverk
- Toalettavfall från människor

För småskalig biogasproduktion i utvecklingsländer skall man i första hand räkna med substrat som kommer från den närmaste omgivningen, förslagvis max. 5 km från biogasanläggningen. Därmed är vi hänvisade till avfallsprodukter och rester från det lokala jordbruket och de enskilda hushållen.

I de vanligaste små biogasanläggningarna används våtrötning där TS-halten är 5-10 %. Detta innebär att man ofta blandar upp fasta substrat med vatten innan det förs in i röt-kammaren. Det är därför viktigt att säkerställa att tillräckliga mängder vatten finns tillgängligt vid biogasanläggningen hela året.

Eftersom biogasproduktionen kräver kontinuitet är det viktigt att det finns en stabil tillgång över året. För gödsel krävs det t.ex. att den kan samlas in eller lagras så att den är tillgänglig hela året. Något som kan bli ett problem om djuren t.ex. har betesperioder där gödsel är svår att samla in.

6. Förbehandling av substrat

För att säkerställa en effektiv rötning behöver substratet sönderdelas dels för att mikroorganismerna skall kunna komma åt så mycket av det organiska materialet som möjligt på en kort tid men dessutom för att underlätta omrörning och minska risken för svämtäcke i röt-kammaren.

Fasta partiklar som halm och strån bör inte vara längre än 10 mm. Substrat med långa strån eller större partiklar bör sönderdelas och homogeniseras innan rötning. Detta sker normalt med olika kvarnar (makerator), hackar eller skärande pumpar. Detta kan vara svårt att utföra vid enklare småskaliga biogasanläggningar med begränsad tillgång på el varför man här måste vara noggrann med kvaliteten på det ingående substratet. Enklare sönderdelning med manuell omrörning är då ofta det enda alternativet.

I vissa substrat som t.ex. fast gödsel som plockas upp från marken kan det finnas grus och sand. Dessa oorganiska fasta partiklar bör avlägsnas från substraten innan rötningen annars riskerar man att få en uppbyggnad av ett sedimentlager i botten på röt-kammaren Detta sedimentlager kan till slut störa biogasprocessen så mycket att det

endast återstår att stänga biogasproduktionen och öppna röt-kammaren för att gräva ur sedimentet.

Det bästa sättet att undvika sedimentation är att se till att substraten är fria från sådant material.

Biogasanläggningar för torrrotning av "garagetyper" där både substrat och rötrest lastas in och ut från en gastät kammare i fast form med en lastare är okänsliga för denna typ av sedimentation och kan hantera substrat med både större partiklar och långa strån.

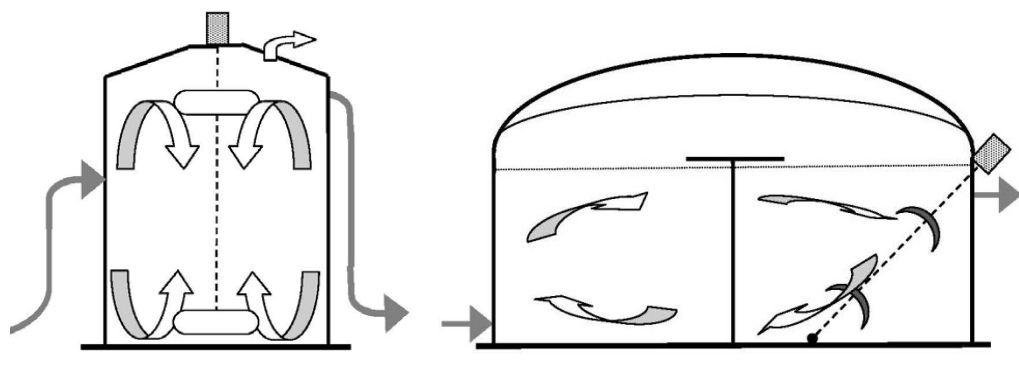
7. Olika system för småskalig biogasproduktion

7.1 Anläggningstyper

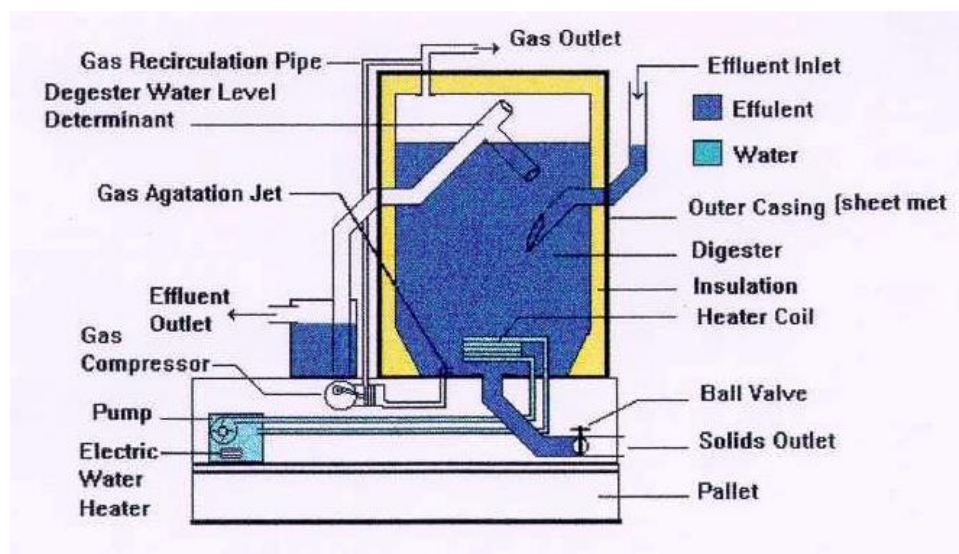
Småskaliga biogasanläggningar kan grovt delas in i följande typer med hänsyn till substratet flödar genom röt-kammaren:

7.1.1 Röt-kammare med totalomblandning (CSTR)

Det inmatade substratet blandas direkt med innehållet i hela röt-kammaren i en s.k. våtröttningsprocess där TS-halten är låg. Man kan endast beräkna den genomsnittliga uppehållstiden för substratet i röt-kammaren genom att dela den inmatade mängden med den totala volymen substrat i röt-kammaren. Den utmatade rötresten är då en blandning av gammalt och nytt substrat. För att hindra för stor bortförsel av metanbildande mikroorganismer bör inte denna genomsnittliga rötningstid vara kortare än 30 dagar. De flesta av de enkla små biogasanläggningarna är av denna typ.



Exempel på vanliga typer av totalomblandade röt-kammare för biogasproduktion (Gårdsbiogashandboken, Christensson m.fl. SGC 2009)



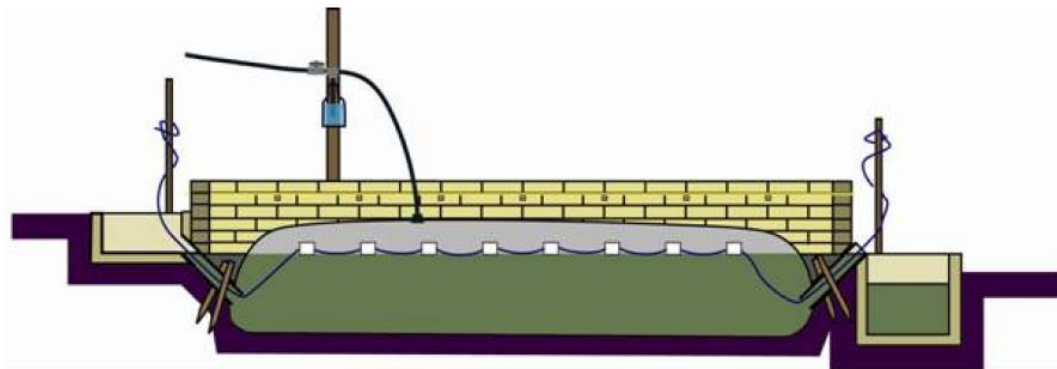
En enkel liten hembyggd biogasanläggning för kontinuerlig rötning med totalomblandning från Australien. Röt-kammaren består av en 200 liters plasttunna. (S.Knowles)



Green Box är en totaomblandad biogasanläggning från Indiska Green Elephant med en kapacitet på ca 1 ton biomassa per dag. (www.greenelephant.in)

7.1.2. Röt-kammare med plugg-flöde

Här matas substratet in ena änden av röt-kammaren och förs sakta igenom den till utloppet i ändra änden. För att ympa det inkommande substratet med rätt mikroorganismer sker ofta en viss återcirkulation av utgående rötrest till inloppet. Dessa röt-kammare lämpar sig även för substrat med högre torrsustans men kräver då en lite mer avancerad konstruktion för att säkerställa omrörningen och transporten inne i röt-kammaren.



Enkel plugg-flödes bioagasanläggning av membranduk i Sydamerika (O. Campero Rivero, Universidad Huelva 2011)



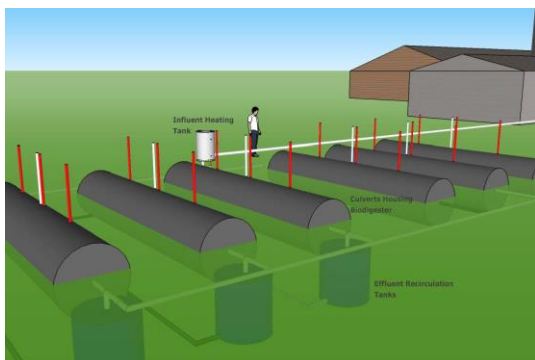
Exempel på en liggande plugg-flödes röttkammare som lämpar sig för halvtorr (10-20 % TS) rötning. Här en komplett liten biogasanläggning i container inkl. mixer för substrat från tyska Eisenmann. (www.eisenmann.com)



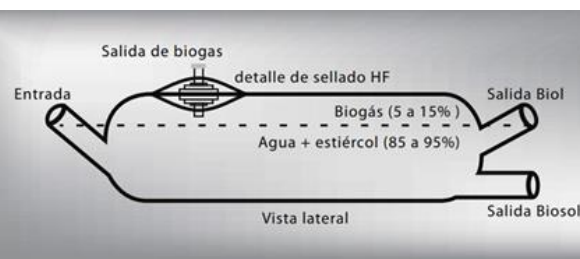
Mycket enkel slangformad röttkammare av plastfolie med vind & solskydd enligt s.k. Taiwanesisk modell (Lansing & Moss, 2009)



Mycket enkel biogasanläggning av s.k. Taiwanesisk modell i Costa Rica gjord av polyetylen slang. Kostar ca 150-1500 USD (Lansing & Moss, 2009)



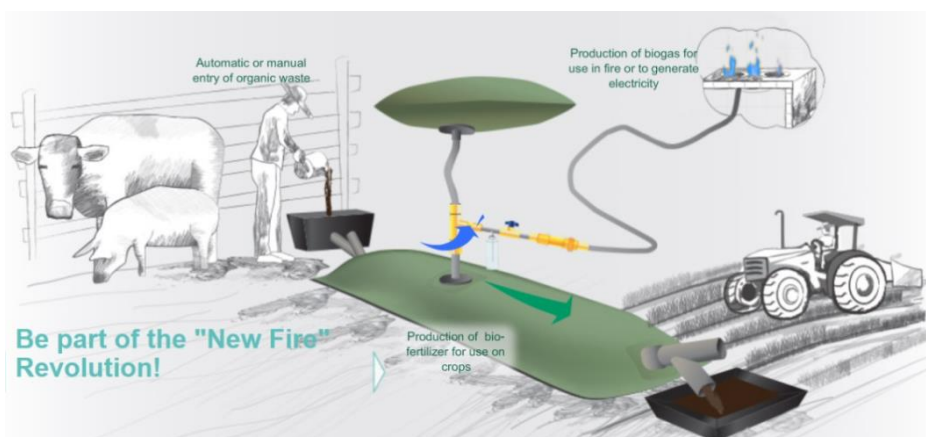
Ett försök att bygga en effektiv men ändå enkel och billig plugg-flödes biogasanläggning på University of Maryland i USA. Notera röttkammaren i en slang inuti en standard vägtrumma som är både isolerad och har uppvärmning för att kunna hålla en jämn temperatur (Lansing & Moss, 2009)



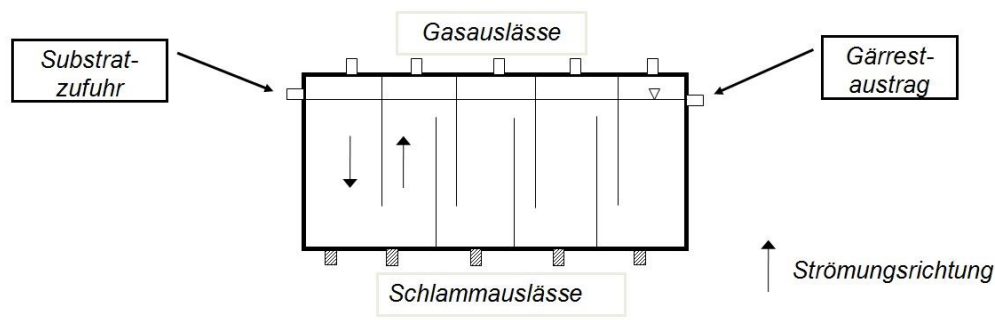
Exempel på enkla mycket enkla biogasanläggningar i Peru med plugg-flöde enligt "slangmodellen" (Cidelsa, Peru, www.cidelsa.com)



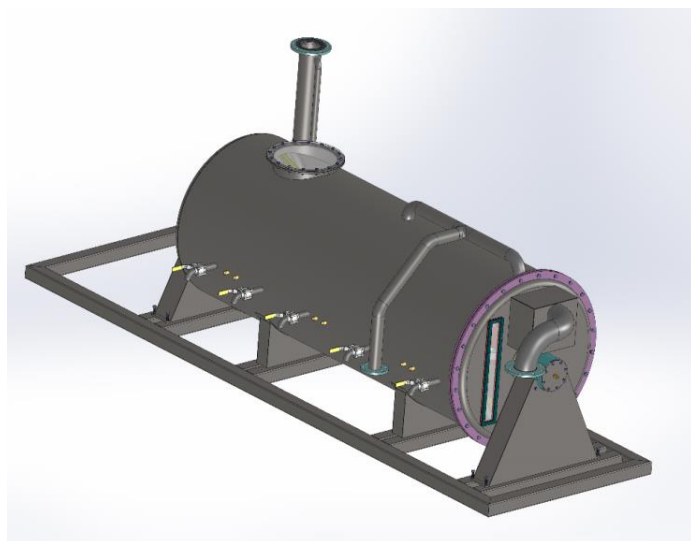
Enkla biogasanläggningar enligt pluggflödesprincipen tillverkade av membranduk, installerade i bl.a. Indonesien och Vietnam. Tillverkade i Sverige av FOV Fabrics (www.fovbiogas.com)



Biogasanläggning av "slangtyp" från Sistema Biobolsa i Mexiko (www.sistemabiobolsa.com)



En kompakt röt-kammare enligt plugg-flödes principen från tyska Conviotec. Notera möjligheten att ta ut sediment via bottenventiler. (www.conviotec.com)



Det svenska företaget Energiutvecklarna har tagit fram en nyckelfärdig biogasanläggning enligt plugg-flödes principen med röt-kammare på 60 m³ resp. 80 m³. (www.energiutvecklarna.se)



En lokalt byggd biogasanläggning i Indien i samarbete med CST-ASTRA med två parallella pluggflödes röt-kammare. Rötning av 1 ton grön biomassa/dygn som ger ca 60 m³ biogas/dygn vilket motsvarar ca 5 kW el. Total investering ca 100 000 SEK (Mukherjee, Sankalpa Research Center 2009)

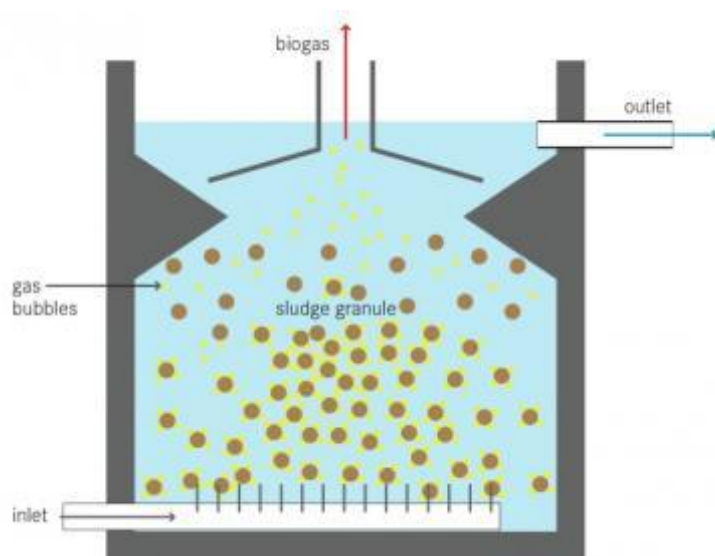
7.1.3. Vertikal rötning

Rötkammare med ett vertikalt flöde använder oftast den s.k. UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) tekniken. Substratet matas in i botten och stiger sakta uppåt där det bildar ett slamtäcke. Genom att pumpa biogas från dysor i botten fås en ombländning i rötkammaren utan mekanisk omrörning.

Dessa biogasanläggningar har fördelen att rätt skötta ge en effektiv rötning och att de stigande gasbubblorna ger en omrörningseffekt i slamtäcket. Konstruktionen kan också göras enkel och billig.

Nackdelen är att UASB biogasanläggningar kräver noggrann skötsel med jämn inmatning av substrat. Dessutom krävs en hel del elektricitet för bl.a. pumpningen av biogasen. Dessa anläggningar kräver ett lättflytande substrat med låg TS.

UASB anläggningar är ovanliga bland enkla mindre biogasanläggningar.



Sektion av en UASB biogas rötkammare där både gas och substrat rör sig uppåt.
(D. Spuhler, Seecon International gmbh)



Mindre modulbyggd UASB biogasanläggning från PUXIN i Kina.
(<http://puxinbiogas.en.alibaba.com>)

7.1.4. Satsvis rötning eller torr rötning

Satsvis rötning förekommer normalt endast vid rötning av torrare substrat med högt TS som är stapelbart. Den vanligaste sats eller torrötningen sker i en gastät kammare (garagetyp) där substratet lastas in och ut. För att hålla igång rötningen cirkuleras vatten (perkolat) och duschas över Substratet.

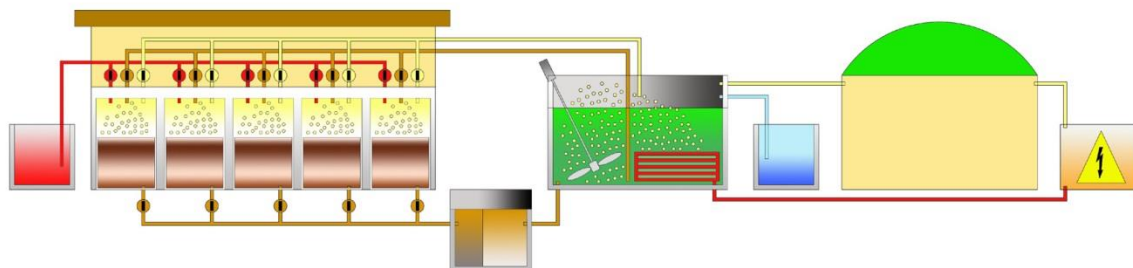
En fördel är okänslighet för substrat med material som t.ex. sand och grus som kan sedimentera i en rötkammare med våt rötning substratet kan också vara långstråigt utan att ge problem med omrörning eller svämntäcke. Dessutom undviker man att hantera extra vatten i processen vilket sparar energi och möjliggör en högre organisk belastning som antingen medger en mindre rötkammare.

Nackdelarna är att dessa system kräver en hel del utrustning och skötsel vid främst in och urlastning och är därför inte så vanliga bland små biogasanläggningar.

Ibland benämns liggande biogasanläggningar med pluggflödes rötkammare som hanterar substrat med högre TS upp till ca 15-25 % som torrötning fast rötmassan är trögflytande och pumpbar. Orsaken att man talar om torrötning är förmodligen att i dessa system där man t.ex. rötar hushållsavfall räcker substratets egen vattenhalt till och man tillsätter normalt inget vatten. Definitionen av torrötning är idag således inte entydig.



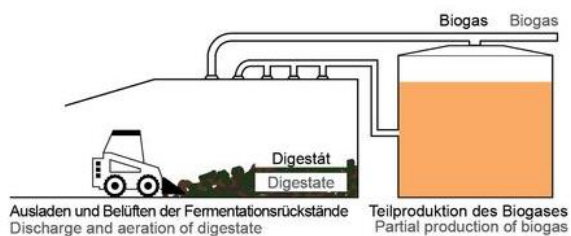
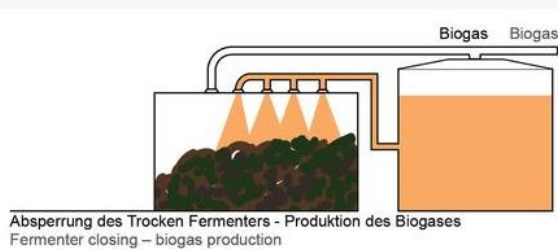
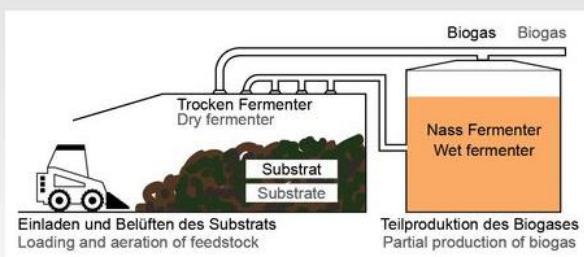
Torrötningsanläggning som rötar 12000 ton hästgödsel/år i Tyska Rosenheim i 4 rötkammare av "garage" typ.



Samma typ av torrötningsanläggning av "garage" typ som i Rosenheim, kombinerad med en rötkammare för våtrötning av det cirkulerande perkolatet från den tyska tillverkaren BAL-Biogas (www.bal-biogas.de). Notera att cirkulationen av perkolat genom rötkamrarna även värmer rötmassan.



DRY-WET FERMENTATION - HOW DOES IT WORK?



Containerbyggd satsvis torrötningsanläggning från Hennlich i Tjeckien (www.hennlich.cz)



ERibox systemet från Frankrike med torrötning i växelflakscontainers, (<http://erigene.com>)



7.1.5. Täckt bassäng

En mycket enkel biogasanläggning som är billig i drift erhålls om man täcker en gödselbassäng med ett gastätt membran denna kallas även "laguntyp". Denna biogasproduktion får betraktas som extensiv med varierande produktion då röt-kammaren inte går att värma upp och därmed får varierande temperatur. Denna typ rekommenderas främst i klimat med stabil hög värme och där man behöver åtgärda sin befintliga gödselbassäng för att t.ex. minska luktproblem. Dessutom är denna röt-kammare svår att röra om i.



Genom att täcka en gödselbassäng fås enkel och billig biogasanläggning. men produktionen blir låg om temperaturen varierar mycket (Lansing & Moss, 2009)

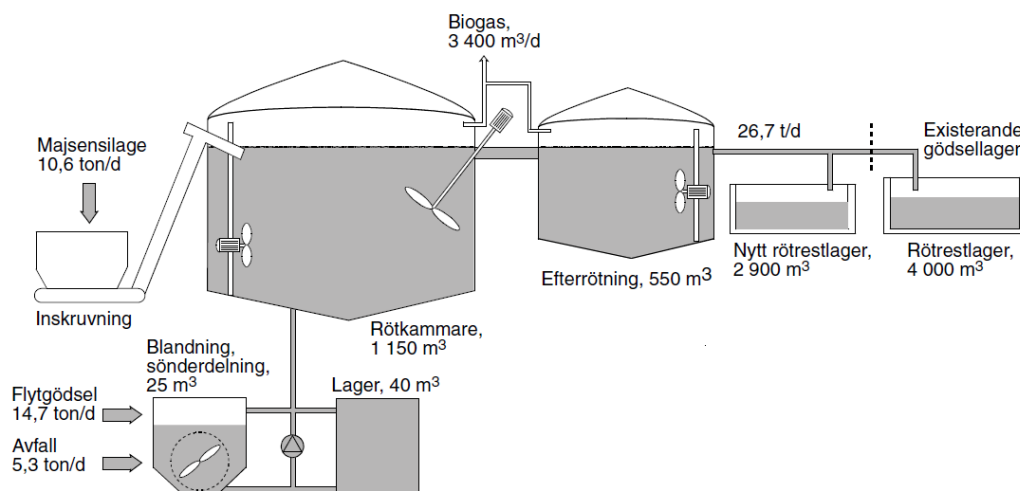


Ännu ett exempel på en biogasanläggning som är byggd på en täckt gödselbassäng här i Sydamerika. (www.cidelsa.com)

7.2 Tvåstegs rötning

Här kan man som ett första steg ha en totalomblandad röt-kammare för våtrötning där man låter substratet förrötas i ett s.k. hydrolyssteg där lättlösliga kolhydrater bildas därefter rötas substratet i steg två där metanbildningen sker. Tvåstegs rötning kan vara bra där mycket "snabba" kolhydrater som sockerrika substrat skall rötas för att förhindra att det bildas för mycket organiska syror som kan störa biogasprocessen. Systemen blir dyrare och är inte så vanliga bland småskaliga biogasanläggningar. En annan variant av tvåstegs rötning är när man lagrar rötresten i en bassäng med ett gastätt tak. Där får

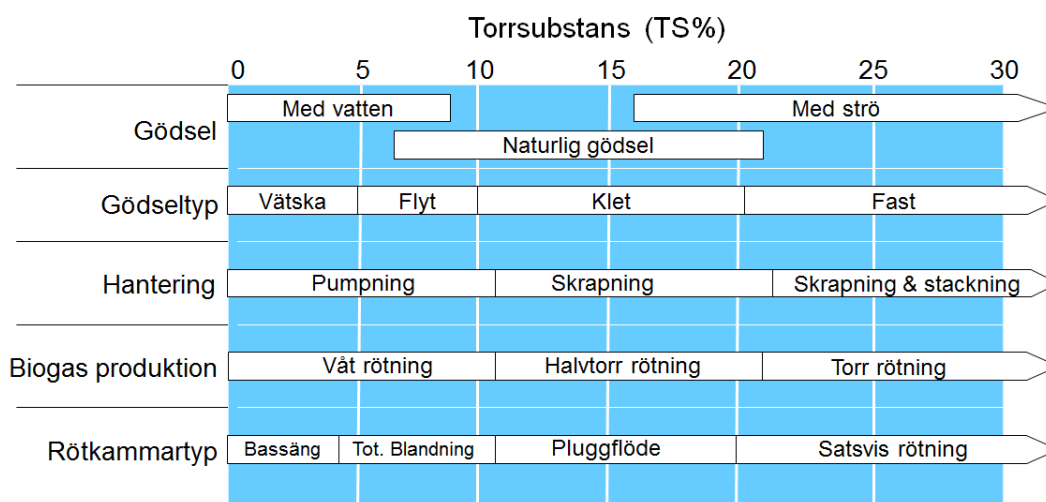
rötresten ge ifrån sig den kvarvarande biogasen samtidigt som den svalnar. Denna behållare ger dessutom extra lagringsvolym av biogas som en buffert.



Exempel på en vanlig tvåstegsrötning med efterrötning i en uppvärmd gastät behållare. Angivna flöden är uppskattade veckomedelvärden på en rötning av ca 30 ton ingående substrat/dygn (Edström m.fl., Gårdsbaserad biogasproduktion, JTI 2008)

7.3 Substratets torrsubstans (TS halt)

Olika biogassystem kan hantera substrat med olika flytegenskaper (viskositet) olika bra. Tjockare rötmassa ställer större krav på omrörning och pumpning. Oftast anger man denna egenskap i form av substratets torrsubstanshalt i % (TS-halt). För rötning av gödsel fungerar detta måttetal bra men vid rötning av organiskt avfall gäller det att se upp då vissa av dessa substrat kan ha mycket hög TS-halt men ändå vara lättflytande t.ex. som vegetabiliska oljor. Diagrammet nedan beskriver detta för biogasproduktion från gödsel.

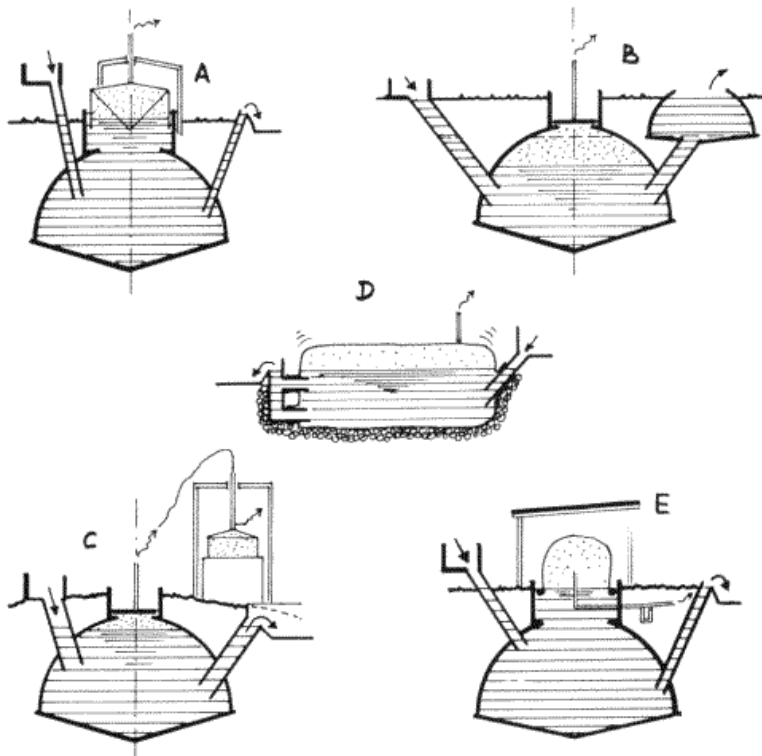


Exempel på olika system för biogasproduktion med hänsyn till gödselns torrsubstans (TS)

7.4 Taktyper

Man kan ytterligare särskilja biogasanläggningar med avseende på röttkammarens utformning av taket i fyra huvudtyper:

- Anläggningar med membrantak
- Anläggningar med fast tak
- Anläggningar med flytande tak
- Anläggning av membransäck



Olika typer av enkla småskaliga biogasanläggningar: a) Flytande tak, b) Fast tak, c) Fast tak med separat gasbehållare, d) Membrantak, e) Membransäck med solskydd (Biogas Digest – 1, GTZ)

7.4.1. Röttkammare med fast tak

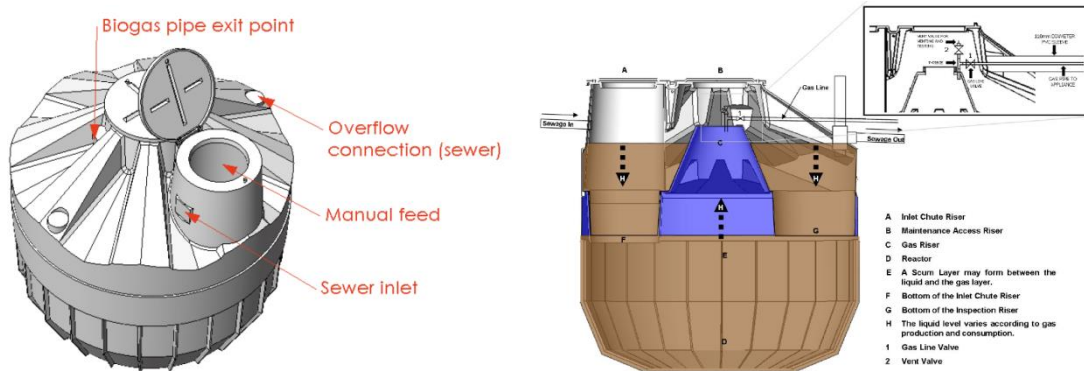
Röttkammare med fast tak kräver en extern flexibel gaslagring.

Fördelar: Relativt billig. Robust utan rörliga delar. Har lång livslängd vid om den är välbyggd. Underjords installation ger bra skydd och jämn temperatur. Kan byggas med lokal kompetens och material.

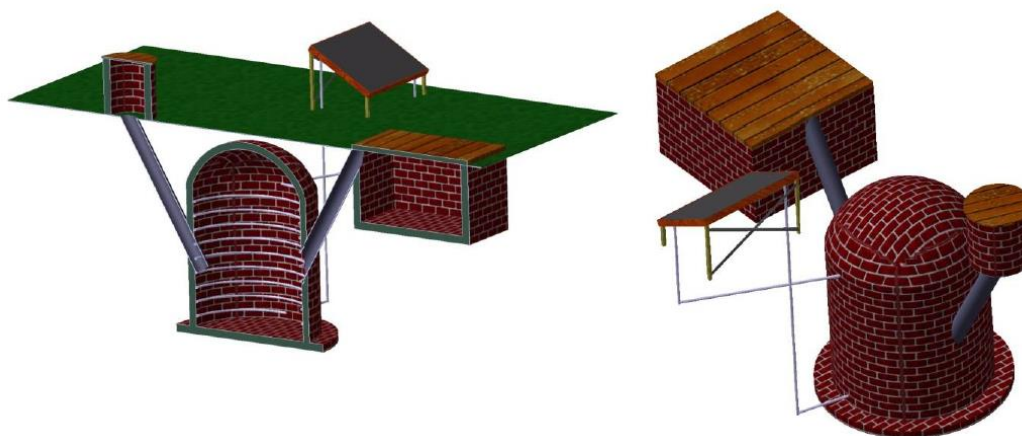
Nackdelar: Kan få problem med gasläckage i murverket, därför rekommenderas att konstruktionen leds av erfarna experter. Stora variationer i gstryck. Röttkammren får ofta för låg temperatur,



Komplett system för hushållsbaserda totalomblandad biogasproduktion inkl. flexibelt buffertlager och gasspis från kinesiska PUXIN (www.puxinbiogas.com)



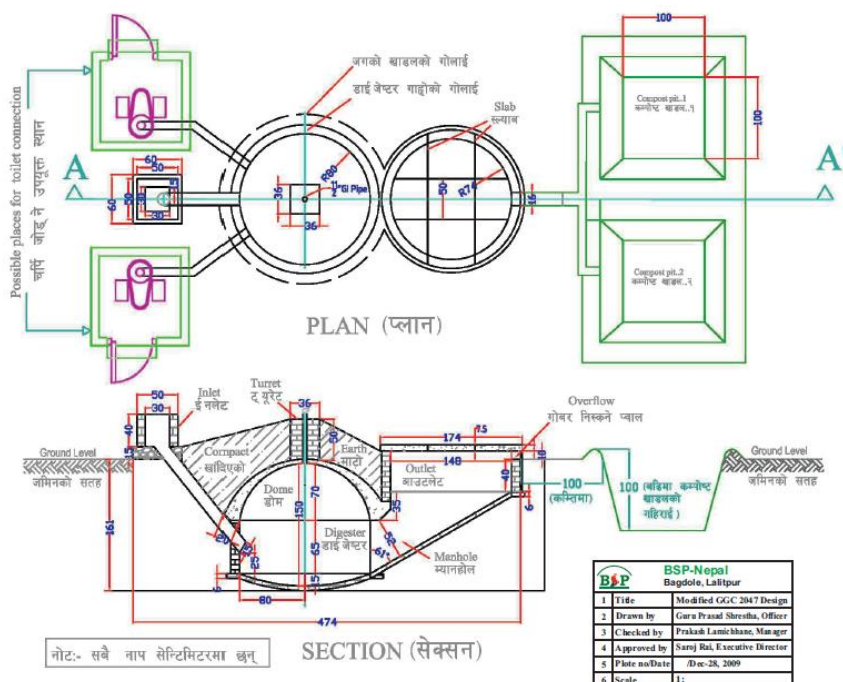
Det totalomblandade våtrötningssystemet Biogaspro från Sydafrikanska Agama Biogas (www.biogaspro.com).



Lokalt byggd Indiskt (Janata) biogasanläggning uppvärmd med vattenfyllda solpaneler för att öka biogasproduktionen i kallare klimat, denna typ ka vara svår att få gastät. (Eric Buysman, University of Wageningen 2009)

◀ BSP 2011/12 ▶

2 M³ Biogas Plant with Modified GGC 2047 (BSP 2010) Design



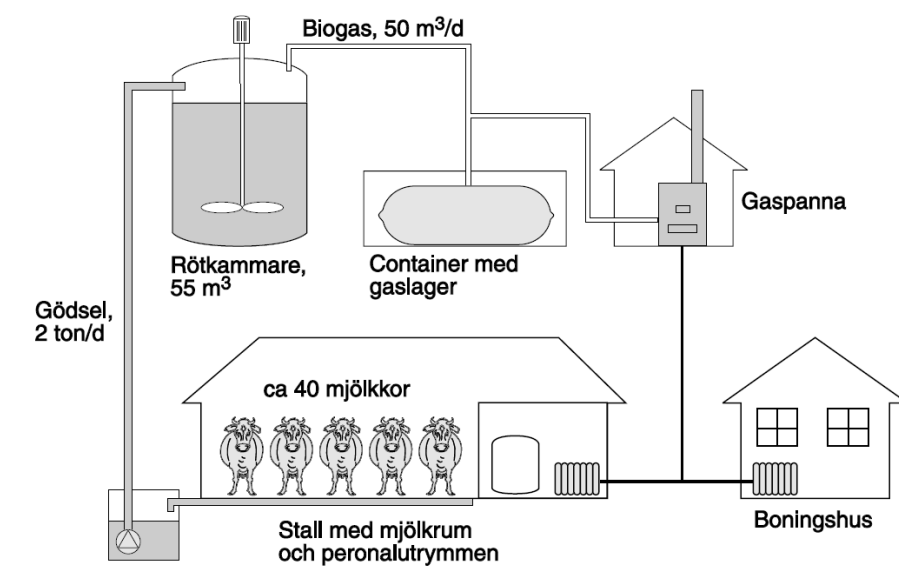
Biogasanläggning från Nepal med fast tak av en senare s.k. Camartec modell (www.bspnepal.org.np)



I Nepal har man en lång erfarenhet av att bygga små biogasanläggningar här exempel med fasta tak från BSP, notera den manuella omrörningen t.h. (www.bspnepal.org.np)



Modulbyggd totalomrörd biogasanläggning med fasta tak av prefabricerade plasttak från Evergreen Gas i UK (<http://evergreengas.co.uk>)



Exempel på en mindre biogasanläggning med en fast rötkammare med externt gaslager, som rötar 2 ton kogödsel/dygn vilket motsvarar ca 40 mjölkkor. 50 m³ biogas/dygn motsvarar en elproduktion på ca 4 kW (Edström m.fl., Gårdsbaserad biogasproduktion, JTI 2008)



Byggbeskrivning för enkel platsgjuten biogasanläggning med fast tak från kinesiska Sunrise Ecoenergy. Notera de monteringsbara formarna som återanvänds.
 (www.sunrise-econergy.en.alibaba.com)

7.4.2. Rötkammare med flytande tak

Rötkammare med flytande tak bär upp taket med hjälp av biogasen och ger därmed en trycksättning av gasen. Dessa tak förekommer främst på enkla mycket små anläggningar.

Fördelar: Enkel och tillförlitlig. Kan lätt se gasvolymen med konstant gstryck. Lätt att bygga med få felkällor.

Nackdelar: Något högre materialkostnader för trummorna i stål eller plast. Kortare livslängd än för rötkammare med fast tak. Högre underhållskostnader om stålet måste rostskydds behandlas regelbundet.



Enkel lokalbyggd biogasanläggning med flytande tak i Indien
(S. Lansing & A. Moss, University of Maryland, 2009)

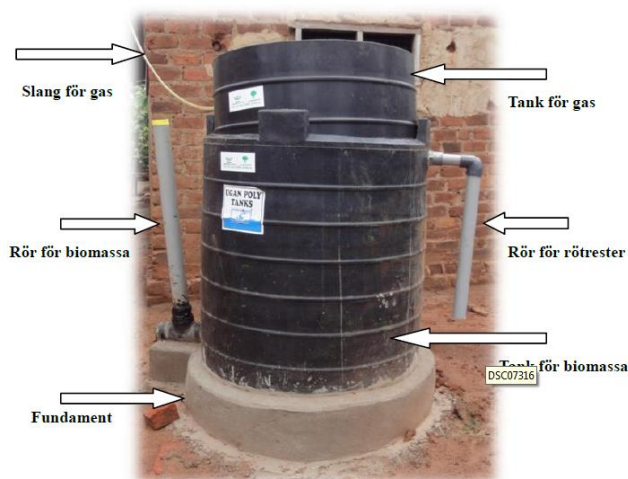


Foto 1-Färdigkonstruerad biogasanläggning

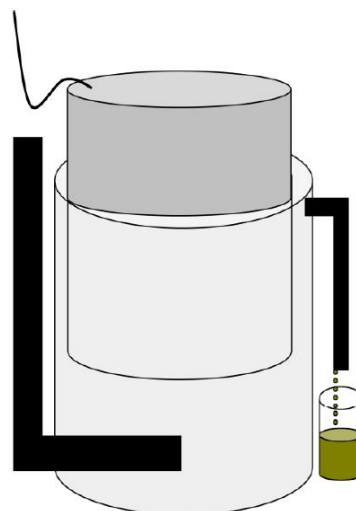


Bild 1- Biogasanläggning i genomskärning

Lokaltillverkad biogasanläggning med flytande tak i Kenya
(E. Eriksson, Högskolan i Gävle, 2011)

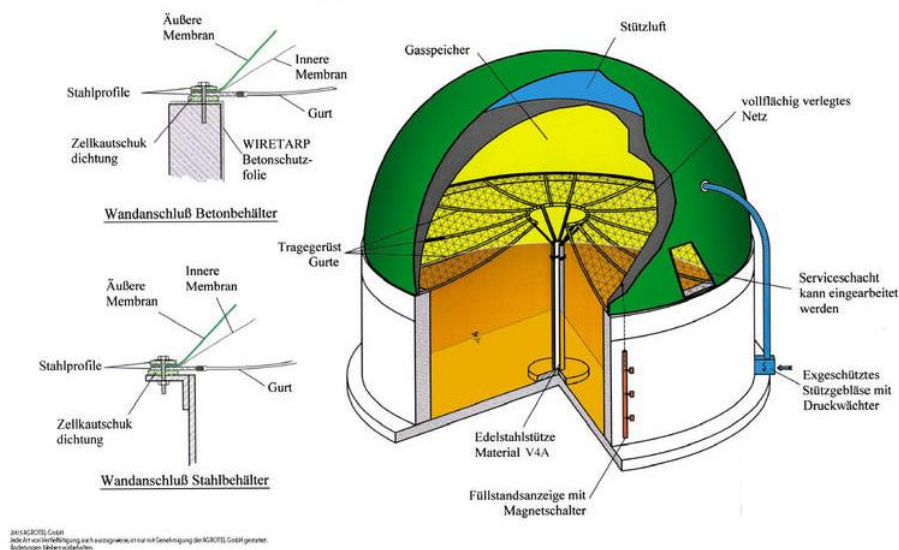


Prefabricerade små biogasanläggningar med flytande tak från Biotech i Indien, som även kan byggas ut i moduler (www.biotech-india.org)

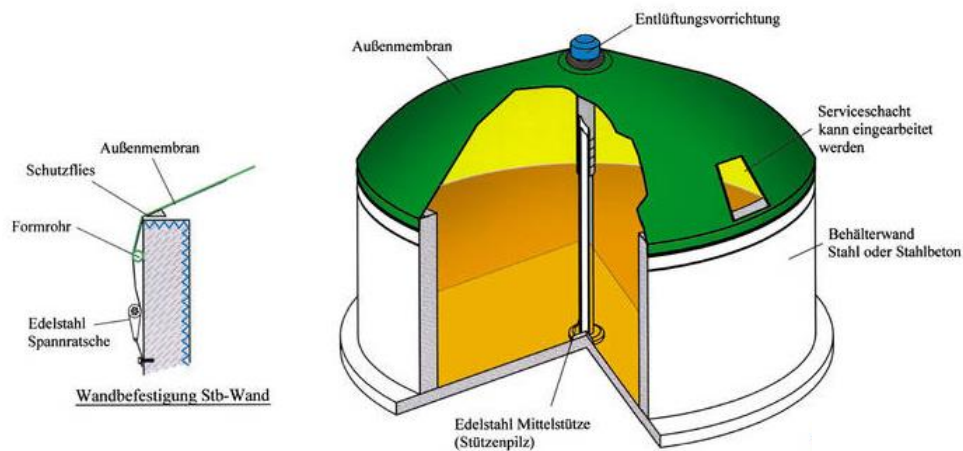
7.4.3. Rötammare med membrantak

Rötammare med membrantak låter biogasen bära upp en gastät väv.

Taket kan bestå av ett eller två membran. Dubbla membran används främst i kalla klimat för att minska värmeförlusterna och där hålls det yttre membranet uppe av en luftkompressor.



Exempel på rötammartak med dubbla membran för att ge extra isolering mot värmeläckage i kalla klimat. (www.agrotel.eu)



Exempel på gastätt rötammartak med enkelt membran. (www.agrotel.eu)



Enkla membrantak på mindre biogasanläggningar från kinesiska ACME AGRO GROUP LIMITED (<http://a429930835.oinsite.yh.mynet.cn/>)

7.4.3. Röt-kammare med membransäck

Dessa mycket enkla biogasanläggningar består av en membransäck av t.ex. Polyetylen eller PVC plast som delvis grävs ned i en öppen grop eller dike. Anläggningstypen kallas även "Taiwanesisk", "slang" eller "ballongmodell". Membransäcken kan ha formen av en ballong eller slang där in- och utloppsrören sätts fast direkt i membransäcken. Om säcken har en slangform fås ett pluggflöde medan en rundare form ger totalomblandning. Eftersom omrörning är svår rekommenderas rötning av substrat med låg TS och lite fibrer och partiklar som kan bilda flyttäcke eller sediment. Skuggväv rekommenderas för att hålla en jämnare temperatur i röt-kammaren. Denna typ av anläggning rekommenderas för klimat där temperaturen är jämn och hög.

Fördelar: Mycket billiga, enkla att transportera, installera och sköta.

Nackdelar: Membranet/plasten har begränsad livslängd och kan lätt skadas.



Sistema Biobolsa, Mexico
(www.sistemabiobolsa.com)



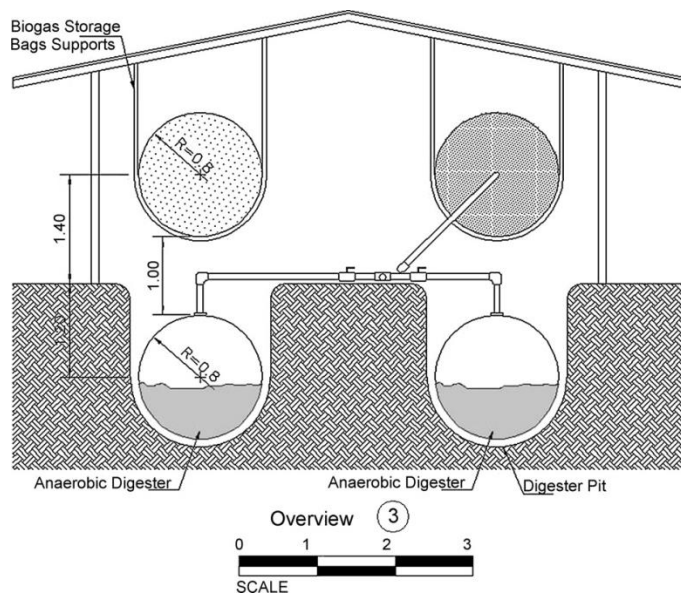
Större biogasanläggning av slangtyp med flera parallella röt-kammare från kinesiska ACME AGRO GROUP LIMITED (<http://a429930835.oinsite.yh.mynet.cn/>)



Prefabricerade modulbyggda biogasanläggningar av membran i stativ med totalomrörning från DMT-Energy i Kina. Standard storlekarna 2,08 och 3,75 m³ kostar ca 4-6000 SEK FOB Hong Kong (www.dmt-energy.com)



Enkel biogasanläggning av membransäckstyp från indiska Arjun Energy Corporation (<http://51460.in.all.biz>)



Exempel från Earth University i Costa Rica på en biogasanläggning av "Slangtyp" av polyetylen plast med två seriekopplade röttkammare som var och en är 21 m långa med en diameter på 1,6m och med en volym på 61 m³. Gaslagren ovanför består också av polyetylen slang med en längd på 21 m och en diameter på 2,5m vilket ger lagringsvolym på 107 m³ (Lansing m.fl. 2008).

7.5 Gaslagring

Gaslager görs främst av gastäta membrandukar i olika former.

Riktigt enkla lager kan göras av kraftig plastfolie.

För att förhindra punkteringar och läckage är det viktigt att skydda dessa gaslager från yttre åverkan. I en känslig miljö kan t.ex. membransäcken läggas inne i en container.



Flyttbart 25 m³ gaslager av membrantyp från Burdens i Storbritannien (www.basestructures.com)



Lager för biogas i membransäck som placerats inne i en standard container på en svensk gårdsbaserad biogasanläggning. Lastpallar ovanpå säcken ger ett gastryck samt ger en nivågivare signal om hyr mycket som finns i lagret. (www.gardsgas.se)



Enkel membransäck som biogaslager i Etiopien. Notera stenarna som ger gastryck (K.Pütz, Hohenheim)



Enkel membranryggsäck som mobilt biogaslager i Etiopien Den fulla ryggsäcken väger ca 4,4 kg (K.Pütz, Hohenheim)



Gaslager av membranduk från tyska Agrotel (www.agrotel.eu)



Gaslager från tyska Sattler (www.sattler-ag.com)



Enkelt modulbyggt biogaslager från indiska Arjun Energy Corporation (<http://51460.in.all.biz>)

7.6 Exempel på tillverkare av små biogasanläggningar

Fabrikat/Tillverkare	Web	Land	Typ	Material	Storlek	Övrigt
DMT (Hong Kong) Energy Ltd	www.dmt-energy.com	Kina	H+S, Totalomrörd	Membranduk	2-3,5 + 30-200m ³	Modulbyggd, ovanjord
Chongqing Yijiongyuan Agricultural Development Co., Ltd.	http://cqwangliyuan.en.alibaba.com/	Kina	H+S, Totalomrörd & Pluggflöde-Slang	Betong+ membrantak & Membranslang	2-15m ³ +2-200m ³	Gjuten betongbassäng & Slang ovanjord I grävt dike
Shenzhen Puxin Technology Co., Ltd.	http://puxinbiogas.en.alibaba.com/	Kina	H+S, Totalomrörd	Betong + membrantak & PVC plast	2-10m ³ + 100m ³	Gjuten cirkulär betongbassäng & Plasttank
Acme Agro-Tech Co., Ltd	http://acmecn.en.alibaba.com/	Kina	H, Totalomrörd	PVC plast + Betong & Mebrantak	4 m ³ ,	Sfärisk plasttank + Betongbassäng med membrantak
Huamei International Green Energy Holding Co	http://www.huameienergy.com/index.asp	Kina	H, Totalomrörd	Membransäck, Betong+Membrantak	H: 6-15 m ³	
agriKomp GmbH	http://www.biogastechnik.de	Tyskland	I, Totalomrörd	Plast, betong, membrantak	30-75 kW el	"Güllekompakt", Komplet med CHP
Anatis	http://www.anatis.be	Belgien	S, Container?	Container?	10-100 kW el	Komplett med CHP
Bio4gas Express GmbH	http://www.bio4gas.eu	Tyskland	I, Totalomrörd	Betong, membrantak	30-75 kW el	"Bert" Komplet med CHP
Methanogen (UK) Ltd	http://www.biogastronomy.co.uk	UK	H+S		0,5-30 m ³	
Bioplex Technologies Ltd	http://www.bioplex.co.uk	UK	S, Torrötning	Stål	1-100 ton/vecka	"Portagester" Mobil rötchkammare
Biotech	http://www.biotech-india.org	Indien	H, Totalomrörning	Plast & membran		
H2 Energy Ltd	http://www.h2energy.co	UK	I, Totalomrörning	Stål	1,5-10 ton/d, 10 kW-1 MW el	Flerstegsrötning
CH4e Ltd	http://www.ch4e.co.uk	UK	I			Från 50 kW el
Conrad - Rand Tech Energy Solutions	http://www.conradad.com	USA	I, Pluggflöde	Container	Från 10 ton/d	Modulbyggda containers
Eco Gea		Slovenien	I, AD filter	Container, plast	5-40 m ³	Modulbyggd flerstegsrötning främst för avlopp och låg TS
Elqui global energy	http://www.elquiglobalenergy.com	Chile	S, Totalomrörning	Stål		Rötning kaktusar
Foundation for Greentech Environmental Systems	http://www.green-ensys.org	Indien	H, Totalomrörning	Stål		Indisk 'Nisargruna' design
Portaferm	http://www.portaferm-biogas.de	Tyskland	I, Totalomrörning	Stål	50m ³ alt 2x50m ³	Modulbyggd, Våtrötning 10 kwe/ 150 000 EUR, 20 kWe/ 200 000 EUR,
the4Cs	http://www.the4csne.com/	UK	H, Slang pluggflöde	Plast		Ideell biståndsorganisation
Living Arts Systems , LLC	http://www.livingartsystems.com/	USA	H, totalomrörning	Stål & betong	0,5-100 m ³	Även containersystem
Loowatt	http://www.loowatt.com	UK	H, Totalomrörning	Plast		Toalettsystem

Typ: H=Hushåll - Liten & Enkel , S=Samrötning - Medium & , I=Industriell& Avancerad

Fabrikat/Tillverkare	Web	Land	Typ	Material	Storlek	Övrigt
Maverik Biomethane Projects Private Limited	http://www.maverikbiomethane.com	Indien	H,S Totalomrörd, Flytande tak	Stål	2-100 m ³	
QUBE Renewables	http://www.quberenewables.co.uk	UK	S Totalomrörd, fast tak	Plast	3,2-15 m ³	Modulbyggd i containers 2-10 kW el
ReGenerate	http://www.regenerate-usa.com	USA	S Container			"Cows" Container
SEaB Energy	http://seabenergy.com	UK	S Container	Plast	3-20 kW el	"Muckbuster" kmpl. container
Serigas International B.V.	http://www.serigasinternational.com	NL				Flerstegsrötning
Spectrum Renewable Energy Pvt. Ltd.	http://spectrumbioenergy.com/	Indien	S Container		Max 2 ton/d	"BioBeetle" container
Huisman Elektrotechniek	http://www.swillgasser.nl	NL	S Container, totalomrörd	Plats		"Swillgasser" kmpl. container för köksavfall
Green Elephant	http://www.greenelephant.in	Indien	S Totalomrörd, Tank ovanjord	Stål	30m ³ , 0,1-1 ton/d	"Green Box" kmpl. container
AGAMA Biogas (Pty) Ltd	http://www.biogaspro.com	SA	H Totalomrörd tank nedgrävd	Plast	3-4 m ³ , 25-50 kg/d	"Biogaspro" främst hushålls och latrinavfall
Appropriate Rural Technology Institute (ARTI)	www.arti-india.org	Indien	H Totalomrörd m flytande tak	Plast	1-1,5 m ³	Främst hushållsavfall
Sistema Biobolsa	http://sistemabiobolsa.com	Mexiko	S Pluggflöde slang	Plast	1-40 m ³ + 200m ³	
HENNLICH s.r.o.	http://www.hennlich.cz	Tjeckien	I Torrötning i containers	Stål	15-100 kW el	"Aphaferm" modulbyggda containers komb. med våtrötning
Comercial Industrial Delta S.A "CIDELSA"	http://www.cidelsa.com	Peru	H, S Pluggflöde-slang	Plast & betong+membrantak	3-300 m ³	
HoSt B.V.	http://www.host.nl	NL	I Totalomrörd, Stående tankar	Stål	125 m ³ 50-75 kW el	2-stegs rötning
Viogaz	http://www.viogaz.com	Costa Rica	H S Pluggflöde-Slang	Plast	2-120 m ³	
Evergreen Gas Ltd	http://evergreengas.co.uk	UK	S Totalomrörd	Plasttak + betong	25-250 kW el	Modulbyggda röt-kammare
Müller Abfallprojekte GmbH	http://www.3a-biogas.com	Tyskland	I Torrötning i containers	Stål	35 m ³ , 1000-3500 t/år	"3A-Biogas" modulbyggda containers
Energie-Anlagen Röring GmbH	http://www.energieanlagen-roering.de	Tyskland	I Totalomrörd, stålsilos	Stål	60-150 m ³ , 30-75 kW el	
Steros GmbH	http://www.steros-gmbh.de	Tyskland	I Pluggflöde Container	Stål	30 m ³ 20 kW el	Kompl container med CHP
3A-Biogas , Müller Abfallprojekte GmbH	www.3a-biogas.com	Österrike	Kompostering & torrötning i containers	Stål	30 m ³ per container	CHP med styrssystem i sep. container. Både luftning och perkolat i samma container

Typ: H=Hushåll - Liten & Enkel , S=Samrötning - Medium, I=Industriell & Avancerad

Fabrikat/Tillverkare	Web	Land	Typ	Material	Storlek	Övrigt
Biogas Energy Inc.	http://www.biogasinc.ca	Kanada	I Pluggflöde	Plast		
Southern BioPower Ltd.	http://www.southernbiopower.com	Zambia	H, S Totalomrörd, nedgrävd	Betong		
BSP-Nepal	http://www.bspnepal.org.np	Nepal	H Totalomrörd, nedgrävd	Betong	2-6 m ³	
Conviotec GmbH	http://www.conviotec.com	Tyskland	I Pluggflöde			
Nijhuis Water Technology	http://www.nijhuis-water.com	NL	S Totalomrörd membransäck	Plast	50-500m ³	
OCEO Environnement		Frankrike	I UASB, silos	Plast	180 m ³	
FOV Biogas	http://www.fovbiogas.com	Sverige	H, S Totalomrörd, membransäck & slang	Plast	3-1000m ³	60 EUR/m ³ , Utvecklar egen gastät membranväv, samarbete med högskolan i Borås
Liljas Ekoenergi	http://www.liljasekoenergi.nu	Sverige	I Torrötning i container	Stål	35 m ³	Modulbyggd med containers. 2.a steget anaerobt filter
Energiutvecklarna Norden AB	http://www.energiutvecklarna.se	Sverige	I Pluggflöde, Liggande cylinder	Stål	60 & 80 m ³	
Erigène SA	http://erigene.com	Frankrike	S Satsvis torrötning i container	Stål	35 m ³	
Scmack-Weissman	http://schmack-biogas.viessmann.com	Tyskland	I Pluggflöde, Container	Stål	97-200 m ³ , 18-75 kW el	"EUColino" Modulbyggd container
Nijhuis Water Technology b.v.	http://www.nijhuis-water.com	Holland	I Totalomrörd, Membransäck	Plast		Membransäck för låg TS med gasomrörning
AgriKomp GmbH	www.agrikomp.de	Tyskland	I Totalomrörd, Ovanjord	Stål	390 m ³ , 40 kW el	Med membrantak, 10 m ³ /dag
Norups Gård Bioraff AB	www.norup.se	Sverige	I Totalomrörd	Stål	100 m ³ , 10-20 kW el	"100-anläggning" Modulbyggd med CHP, 1000-4000 m ³ gödsel/år
Streetkleen	www.streetkleen.co.uk	UK	I Pluggflöde, Container	Stål	200-1000 ton/år	Pilotprojekt i Kenya 2014. Hygienisering med syrabildning
Urja Biosystems	www.urjabiosystem.com	Indien	H+S Flytande tak, totalomrörd	Plast, stål & Betong		
BNE Chongqing Biogas New Energy Co., Ltd.	http://bne.en.alibaba.com	Kina	S Pluggflöde, Membransäck	Plast	10-3000 m ³	1000-10000 USD FOB
Shijiazhuang JHR Import & Export Co., Ltd.	http://jhr.en.alibaba.com	Kina	H Totalomrörd, nedgrävd	Plast	7 m ³	500-600 USD FOB
Dyna Heat GmbH	www.dynaheat-hpe.com	Tyskland	I Satsvis torrötning i containers	Stål	80 m ³ , max 10m ³ biogas/h	Ca 3,7 kWe

Typ: H=Hushåll - Liten & Enkel , S=Samrötning - Medium, I=Industriell & Avancerad

7.7 Utvalda mindre biogasanläggningar som passar Flexenclosure

För de applikationer där Flexenclosure kan behöva biogasproduktion kan tre olika anläggningstyper definieras:

1. Små mycket enkla anläggningar där främst hushålls & toalettavfall rötas. Dessa kallas Hushållsanläggningar (H). Typisk rötkammarvolym: 3-10 m³
2. Anläggningar som är enkla men något större för samrötning av såväl gödsel, hushållsavfall och övrigt organiskt avfall. Dessa kallas Samrötningsanläggningar (S) Typisk rötkammarvolym: 50-200 m³
3. Större mer tekniskt avancerade anläggningar med högre prestanda. Dessa kallas Industriella anläggningar (I). Typisk rötkammarvolym: 50-500 m³

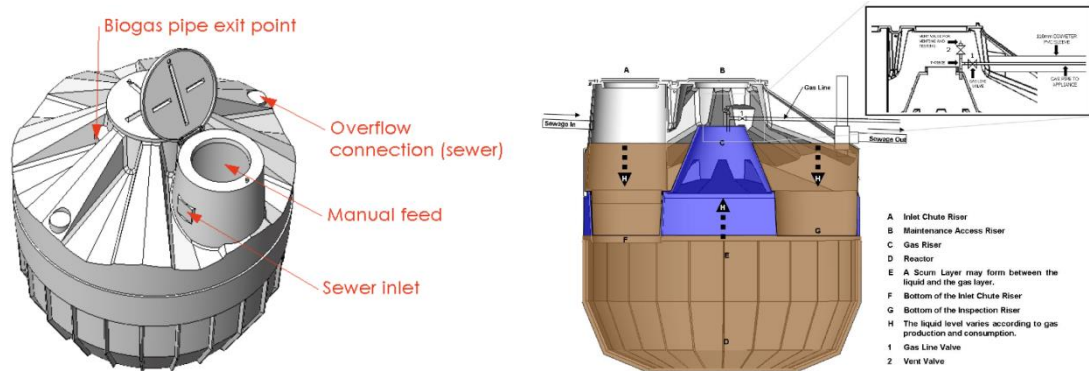
Följande leverantörer bedöms som intressanta i de olika segmenten med hänsyn till teknik, pris, prestanda och referenser:

1. Hushållsanläggning

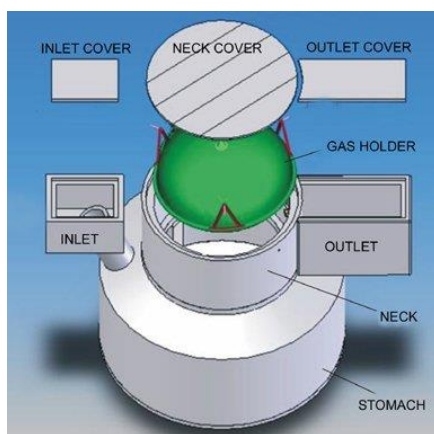
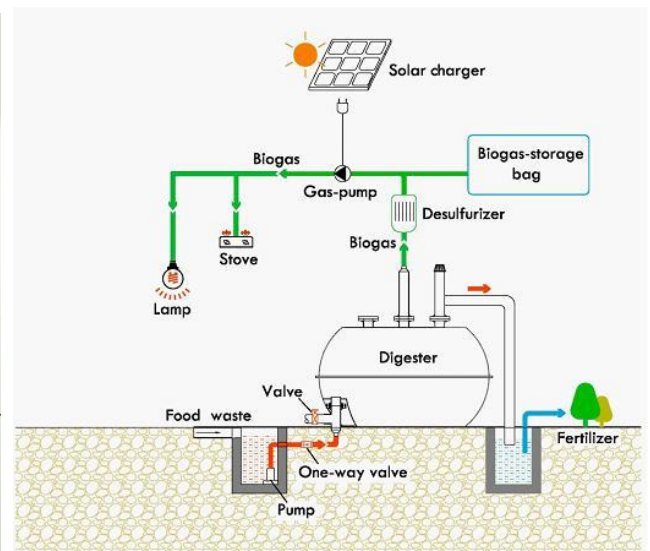
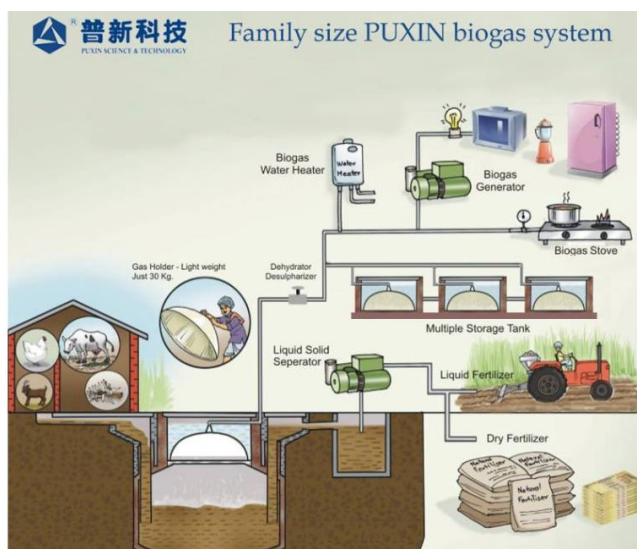
Fabrikat/Tillverkare	DMT-Energy, Kina
Omsättning/Antal anställda	
Modell	DMT-HA, DMT-HB & DMT-CC
Anläggningstyp	Modulbyggd totalomrörd rötkammare av membranduk
Volym på rötkammare	DMT-HA 2,08 m ³ och DMT-HB 3,75 m ³ DMT-CC 30-500 m ³
Angiven kapacitet-substrat	
Angiven kapacitet-biogas	
Inmatningssystem-substrat	Manuellt
Omrörningssystem	Saknas
Materialspekifikation	Membranduk upphängd i ett monteringsbart stativ med täta sidor och plasttak.
Pris	2,08m ³ = 3250 rmb (3738 SEK) FOB Hong Kong 3,75m ³ = 4650 rmb (5348 SEK) FOB Hong Kong
Adress	701A, Railway Plaza, No. 39 Chatham Road South, Tsim Sha Tsui, Kowloon, Hong Kong
Tel	Tel: +852 2416 7693 Fax: +852 2411 0890
Web	www.dmt-energy.com
E-mail	info@dmt-energy.com
Antal år i biogasbranschen	Ny aktör
Referensanläggningar	Kina, Asien & Afrika
Kommentarer	Konstruktionen verkar av det lättare slaget anpassad för hushållsmarknaden och inte för industriell användning. Bäst lämpad för mindre projekt för ca 1-3 kW el



Fabrikat/Tillverkare	AGAMA Biogas (Pty) Ltd, Sydafrika
Omsättning/Antal anställda	
Modell	BiogasPro-3/6
Anläggningstyp	Totalomrörd rötchammare med fast tak
Volym på rötchammare	3-4 m ³
Angiven kapacitet-substrat	25-50 kg/day
Angiven kapacitet-biogas	Ca 2 Nm ³ biogas/dygn
Inmatningssystem-substrat	Manuellt i schakt
Omrörningssystem	Nej
Materialspecifikation	LLDPE (Linear Low Density Ployethylene)
Pris	
Adress	16 Capri Drive, Capri Village, 7945South Africa
Tel	+27 (0)21 7852075 or +27 (0)87 8086307
Web	www.biogaspro.com
E-mail	admin@biogaspro.com
Antal år i biogasbranschen	Ett antal år
Referensanläggningar	Ett hundratal installationer i Södra Afrika
Kommentarer	Fremst för hushålls och latrinavfall där gasen används för matlagning och värme. Alternativt max 1-3 kW el om flera enheter kopplas samman. Oisolerad och kräver varmt klimat



Fabrikat/Tillverkare	Shenzhen Puxin Technology Co., Ltd, Kina
Omsättning/Antal anställda	
Modell	Portable 2,5m ³ , Family 6-10 m ³
Anläggningstyp	Totalomrörd röttkammare med fast tak
Volym på röttkammare	2-10 m ³
Angiven kapacitet-substrat	25-50 kg/day
Angiven kapacitet-biogas	Från 1,5- Nm ³ biogas/dygn
Inmatningssystem-substrat	Manuellt i schakt
Omrörningssystem	Portable manuell vev med blad, Family- Nej
Materialspekifikation	Portable 3-2,5m ³ – Glasfiberplast Family 6-10 m ³ platsgjuten betong med & plasttak
Pris	Portable 2,5m ³ 1200-1600 USD Family 6-10 m ³ 1000-10000 USD
Adress	1-2nd floor, Bldg 4, Masha Xuda High-tech. Industry Park, 49 Jiaoyu North Rd, Gaoqiao Community, Pingdi Street, Longgang district, Shenzhen, P. R. China
Tel	+86-755-28 93 82 51
Web	http://www.puxintech.com
E-mail	JW@puxintech.com
Antal år i biogasbranschen	Ca 12 år
Referensanläggningar	Tusentals installationer i Asien, Afrika och Latinamerika
Kommentarer	Främst för hushålls och latrinavfall där gasen används för matlagning och värme. Alternativt max 1-3 kW el om flera enheter kopplas samman. Oisolerad och kräver varmt klimat. Tillverkar även större industriella biogasanläggningar med både fasta och membrantak.

Family model 6-10 m³Portable model 2,5m³

2. Samrötningsanläggning

Fabrikat/Tillverkare	VIOGAZ, Costa Rica	
Omsättning/Antal anställda		
Modell	Digestores VIOGAZ	
Anläggningstyp	Pluggflödes rötkammare av slangtyp (Taiwanesisk typ)	
Volym på rötkammare	Liten: 2-15m ³ , Medium: 20-50m ³ , Stor: 60-120m ³	
Angiven kapacitet-substrat		
Angiven kapacitet-biogas	Ca 0,30-0,40 Nm ³ biogas/dygn,m ³ rötkammare	
Inmatningssystem-substrat	Manuellt i rör	
Omrörningssystem	Nej	
Materialspecifikation	PVC membran, tjocklek: 1mm	
Pris	Liten: 470-1360 USD, Medium: 1590-2780USD	Stor: 3110-4930 USD
Adress	187-3007 San Joaquín de Flores, Heredia, Costa Rica	
Tel	(+506) 2265.3374	
Web	www.viogaz.com	
E-mail	info@viogaz.com	
Antal år i biogasbranschen	Många år	
Referensanläggningar	Centralamerika & Nigeria	
Kommentarer	Enkel & billig anläggning för varma klimat. Solskydd rekommenderas. Kan leverera kompletta system inkl. gasrening & biogasset. Även biogasanläggningar av laguntyp	



Biogasanläggning av slangtyp ca 20-50m³



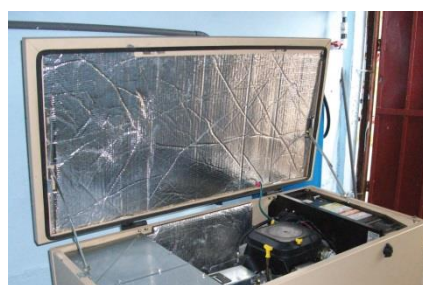
Inloppet till rötkammaren



Dubbla rötkammare av slangtyp 60-120 m³/st



Biogasanläggning som täckt bassäng "laguntyp"



Biogasset på 16 kW el från amerikanska Generac samt en egentillverkat svavefilter

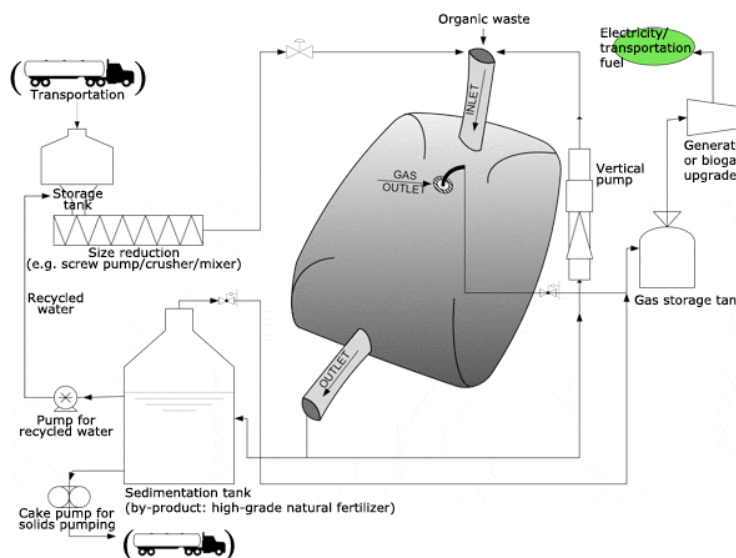
Fabrikat/Tillverkare	FOV Fabric AB (FOV Biogas), Sverige
Omsättning/Antal anställda	80
Modell	Hushåll, 3-10 m ³ , Liten 10-50 m ³ , Medel, 50-500 m ³ , Stor >500 m ³
Anläggningstyp	Pluggflödes röt-kammare av slangtyp (Taiwanesisk typ)
Volym på röt-kammare	3-1000 m ³
Angiven kapacitet-substrat	
Angiven kapacitet-biogas	Ca 0,30-0,40 Nm ³ biogas/dygn, m ³ röt-kammare
Inmatningssystem-substrat	Manuellt i rör
Omrörningssystem	Nej
Materialspecifikation	PVC membran
Pris	Ca 60 EUR/m ³
Adress	
Tel	
Web	www.fovbiogas.com
E-mail	
Antal år i biogasbranschen	Ca 5 år
Referensanläggningar	Indonesien, Vietnam, Brasilien och Indien
Kommentarer	Enkel & billig anläggning för varma klimat. Solskydd rekommenderas. Har utvecklat en speciell kvalitet på membranduken tillsammans med det svenska forskningsinstitutet Swerea



Medelstor modell 50-500 m³. Medelstora gårdar, marknader eller små livsmedelstillverkare. Förutom hushållsförbrukning även elproduktion.



Hushållsmodell 3-10 m³ 5-10 pers. Främst för matlagning

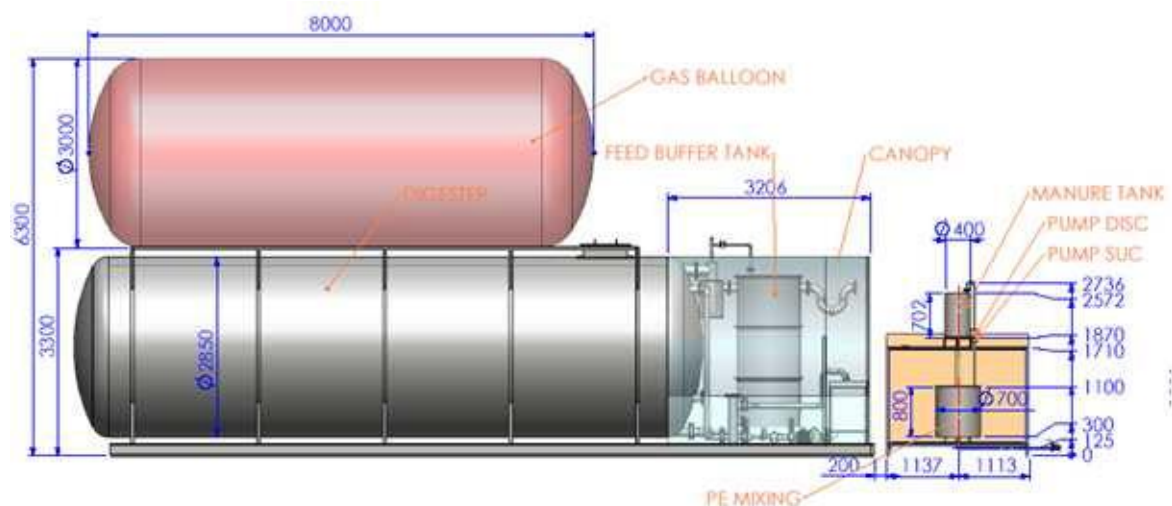


Fastsättning av in & utlopp

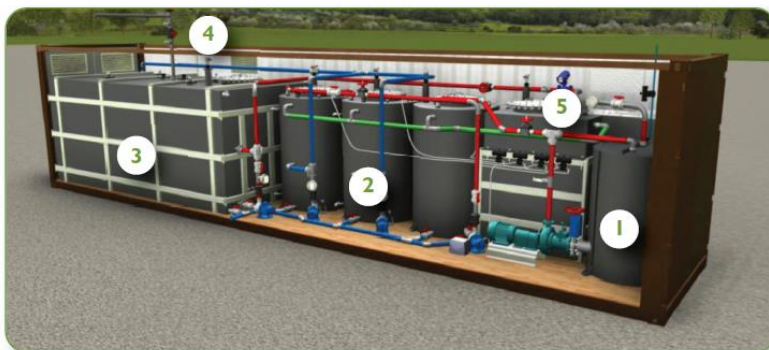
Större modeller för industriella biogasanläggningar

3. Industriell anläggning

Fabrikat/Tillverkare	Green Elephant Engineering Private Limited
Omsättning/Antal anställda	
Modell	Green Box
Anläggningstyp	Nyckelfärdig totalomblandad biogasanläggning
Volym på rötkammare	60 m ³ , rymt i 40" container
Angiven kapacitet-substrat	100-1000 kg/dag
Angiven kapacitet-biogas	1 ton/dygn hushållsavfall = 80 m ³ biogas/dygn (3,3 m ³ /h)
Inmatningssystem-substrat	Med kvarn
Omrörningssystem	Pumpning
Materialspecifikation	Stål
Pris	Ca 500 KSEK för biogasanläggningen, 120 000 USD inkl. 12 kW el Kohler biogaset
Adress	Bhatia Building,13, Park Avenue , 411007 Pune - Aundh India
Tel	+91 900 4617 463
Web	www.greenelephant.in
E-mail	sayn-wittgenstein@greenelephant.in
Antal år i biogasbranschen	Startade 2008
Referensanläggningar	Indien
Kommentarer	Nordisk rep. Nordic Gas Solutions www.nordicgas.se . Mer avancerad industriell anläggning som passar bäst där det finns elnät alt. el från batteri backup. Anpassad för varma klimat.



Fabrikat/Tillverkare	SEaB Energy
Omsättning/Antal anställda	
Modell	Muckbuster 400
Anläggningstyp	Nyckelfärdig totalomblandad biogasanläggning
Volym på rötkammare	Ryms i 40" container
Angiven kapacitet-substrat	0,5 – 2,5 ton/dag
Angiven kapacitet-biogas	50-400 Nm ³ /dag
Inmatningssystem-substrat	Via kvarn och blandare
Omrörningssystem	Pumpning
Materialspekifikation	40 " stålcontainer, plasttankar, pumpar, ventiler, Separator för rötrest, datoriserat styr & reglersystem, Gaslager i separat 20" container och CHP. Tillval lastningssystem.
Pris	115000 GBP (0,5 ton/dag), 350000-400000 GBP (2,5 ton/dag)
Adress	2 Venture Road Southampton Science Park Southampton SO16 7NP United Kingdom
Tel	+44 23 80 111 909
Web	www.seabenergy.com
E-mail	adamricketts@seabenergy.com
Antal år i biogasbranschen	4 år
Referensanläggningar	UK
Kommentarer	Detta är en mycket kompakt mer avancerad anläggning som lämpar sig bäst för rötning av hushålls och organiskt avfall som måste hygieniseras. Anläggningen har många eldrivna komponenter varför den behöver relativt stor batteri back-up alternativt tillgång till elnät för att komma igång. Den dimensionerade elproduktionen anges till 8 till 56 kWe beroende på storlek och substrat. Klarar även kallare klimat.



- 1 Waste loaded, chopped and mixed
- 2 Pasteurisation
- 3 Digestion
- 4 Gas Production
- 5 Digestate and mulch offload



8 Planering av biogasproduktion

Klimat

Biogasproduktion kan ske över hela världen även i kalla klimat om anläggningen är uppvärmd och isoleras väl. Men för ekonomisk småskalig produktion med enkla oisolerade och uppvärmda anläggningar skall medeltemperaturen helst inte understiga +15°C.

Exempel på förutsättningar för jordbruksbaserad biogasproduktion i olika klimatzoner (Biogas Digest-1, ISAT/GTZ):

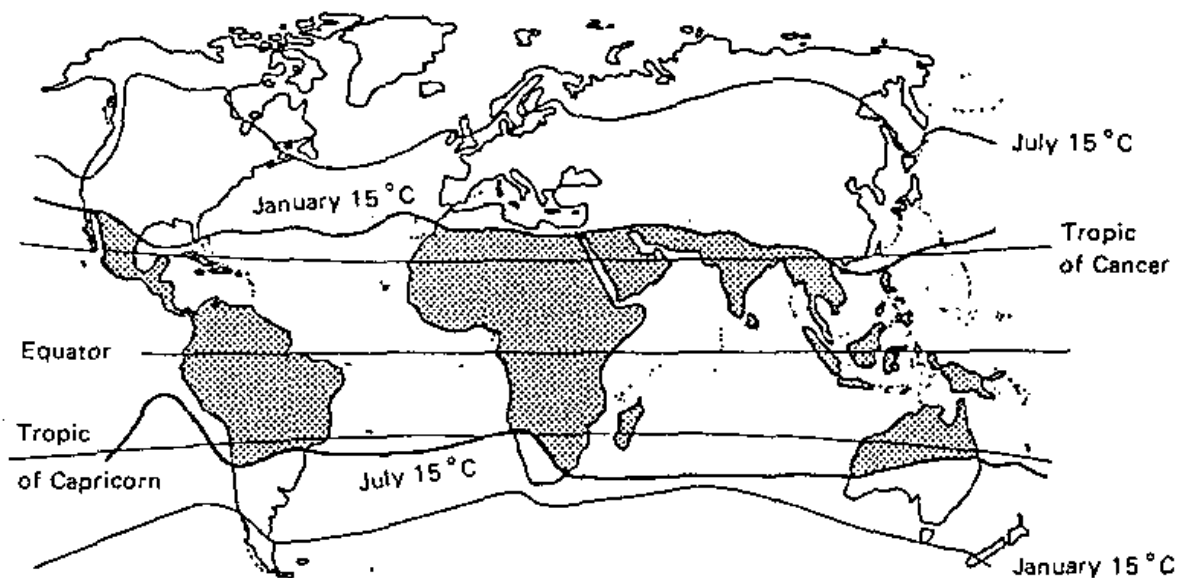
Tropisk regnskog: Årsnederbörd mer än 1500 mm och medeltemperatur mellan +24-28°C med små säsongsvariationer. Klimatmässigt mycket bra för biogasproduktion. Djurproduktionen begränsas ofta p.g.a. värmen och sjukdomar därför begränsad tillgång till gödsel. Därmed större tillgång till vegetabiliskt avfall.

Tropiskt högland: Årsnederbörd mellan 1000-2000 mm och medeltemperatur mellan +18-25°C (beroende på höjd över havet). Ofta mycket lämpligt för biogasproduktion både avseende klimat och jordbruksproduktion.

Fuktig savann: Årsnederbörd mellan 800-1500 mm och medeltemperatur som varierar litet över året. Blandat jordbruk där djur är i stallar under natten och betar på dagen vilket gynnar biogasproduktion.

Torr savann: Perioder med torka och stora temperaturvariationer under året. Betesdrift för djur ger begränsad tillgång på gödsel. Biogasproduktion endast möjlig i närheten av vattenkällor eller vid bevattnade med djur integrerade jordbruk.

Stäpp eller öken: Permanent brist på vatten. Stora variationer i temperatur. Nomad jordbruk. Olämpligt för biogasproduktion.



Globala +15°C isotermer för januari och juli som indikerar den för icke uppvärmd biogasproduktion lämpliga klimatzonen. (Källa: OEKOTOP)

För planering av biogasproduktion är de två viktigaste sakerna att klarlägga, vilka substrat som finns tillgängliga och hur mycket biogas dessa kan ge samt vilken avsättning/marknad det finns för biogasen. Är dess skare säkrade så går alltid själva biogasproduktionen att lösa på olika sätt.

Ett exempel på en checklista som bör gås igenom inför ett biogasprojekt finns i bilaga A.

9 Ekonomi för olika småskaliga biogassystem

9.1 Allmän produktionsekonomi

Ekonomi i biogasproduktion beror i huvudsak på följande:

- Kostnader för substrat levererat till biogasanläggningen
- Kostnader för att behandla och lagra substratet innan rötning
- Den organiska belastningen av biogasanläggningen (kg rötningsbart material VS/m³ röt-kammare & dag)
- Kapitalkostnader för biogasanläggningen (Ränta & avskrivning)
- Arbetskraftskostnader för drift och underhåll
- Underhålls & driftskostnader (exkl. arbete)
- Biogasutbyte och energiproduktion
- Elpriser och värde på producerad värme
- Värde på biogas för matlagning, belysning etc.
- Kostnad för uppgradering av biogas till biometan
- Pris för uppgraderad biometan till drivmedel.
- Ev. kostnader eller inkomster för hantering och lagring av rötrest (biogödsel)
- Ev. subventioner och stöd

De viktigaste faktorerna att utreda vid planeringen av biogasproduktion är tillgången på bra substrat med gasutbyte och möjligheten till avsättning för energin i form av el och värme med aktuella priser. De övriga faktorerna kan normalt hanteras med olika befintliga tekniska lösningar.

Priset på den producerade elen måste givetvis sättas mot de lokala alternativen t.ex. el från konventionella dieseldrivna gensets. I många länder tillämpas inmatningstariffer som gynnar el från biogasproduktion detta brukar ge en kraftig stimulans av den lokala biogasproduktionen.

Enligt Flexenclosures erfarenheter kostar dieselproducerad elkraft 0,3-1 €/kWh el och då är inte kostnaderna för vanligt förekommande dieselstöder inräknade.

I en förstudie av Flexenclosure 2011 uppskattas produktionskostnaderna för el från diesel till 0,41 \$/kWh och från småskalig biogasproduktion till 0,29 \$/kWh. Biogas ger i detta fall en besparing på 30 %.



Container baserad biogasanläggning BioBeetle System från Spectrum BioEnergy i Indien (www.spectrumbioenergy.com)

9.2 Nollpunktsanalys för kombinerad kraft-värme produktion (CHP)

Som framgår av följande tabell krävs det vid en låg produktionskostnad på 0,30 kr/kWh biogas och en elverkningsgrad på 30 % ett elpris motsvarande 1 kr/kWh för att nå ett nollresultat. Det lokala elpriset måste således vara över 1 kr/kWh (ca 0,15 \$/kWh) för att ge lönsamhet.

Tabellerna nedan visar minsta elpris i kr/kWh för nollresultat under olika förutsättningar. Parametrar är lantbrukets produktionskostnad, systemets verkningsgrad, eventuella subventioner, i vilken grad värmen kan utnyttjas och om elen säljs till nätet eller används på gården.

Scenario 1: Värmen kan inte utnyttjas

Produktionskostnad Biogas kr/kWh	Verkningsgrad el									
	10%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	60%	70%
0,20	2,00	1,00	0,80	0,67	0,57	0,5	0,44	0,40	0,33	0,29
0,30	3,00	1,50	1,20	1,00	0,86	0,75	0,67	0,60	0,50	0,43
0,40	4,00	2,00	1,60	1,33	1,14	1	0,89	0,80	0,67	0,57
0,50	5,00	2,50	2,00	1,67	1,43	1,25	1,11	1,00	0,83	0,71
0,60	6,00	3,00	2,40	2,00	1,71	1,5	1,33	1,20	1,00	0,86
0,70	7,00	3,50	2,80	2,33	2,00	1,75	1,56	1,40	1,17	1,00
0,80	8,00	4,00	3,20	2,67	2,29	2	1,78	1,60	1,33	1,14
0,90	9,00	4,50	3,60	3,00	2,57	2,25	2,00	1,80	1,50	1,29
1,00	10,00	5,00	4,00	3,33	2,86	2,5	2,22	2,00	1,67	1,43

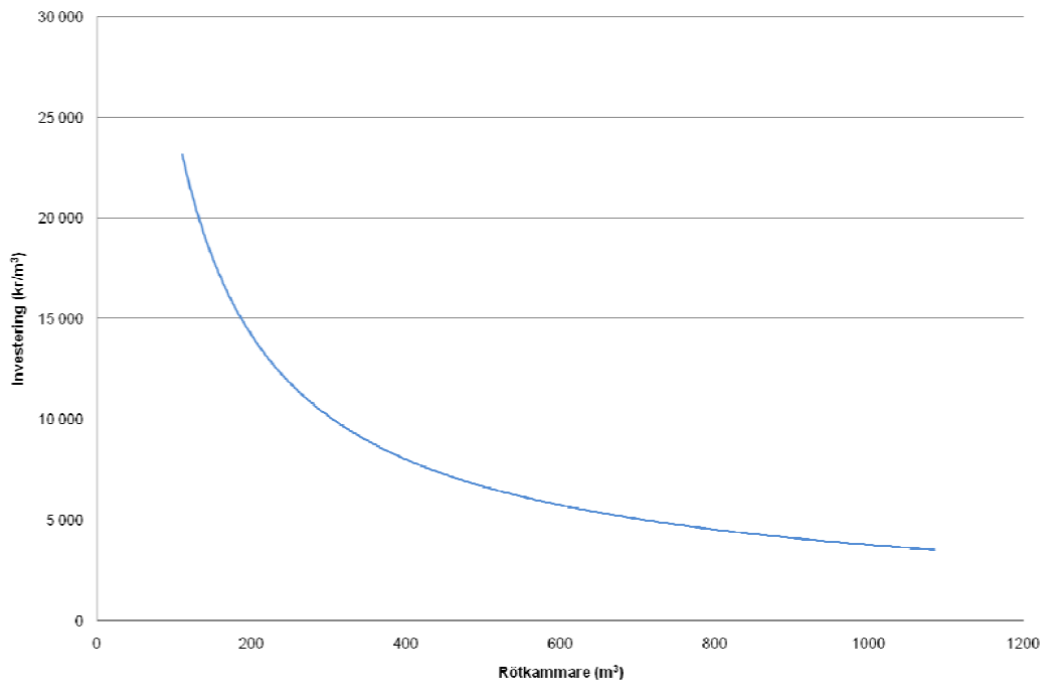
Om värmen från gasmotorn utnyttjas och har ett värde förbättras lönsamheten avsevärt.

Scenario 2: Värmen utnyttjas också och värderas till 30 öre/kWh

Pris för värme kr/kWh	Processvärme & förluster 30 %									
	Verkningsgrad el									
0,30	10%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	60%	70%
Produktionskostnad Biogas kr/kWh										
0,20	0,20	0,25	0,26	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29
0,30	1,20	0,75	0,66	0,60	0,56	0,53	0,50	0,48	0,45	0,43
0,40	2,20	1,25	1,06	0,93	0,84	0,78	0,72	0,68	0,62	0,57
0,50	3,20	1,75	1,46	1,27	1,13	1,03	0,94	0,88	0,78	0,71
0,60	4,20	2,25	1,86	1,60	1,41	1,28	1,17	1,08	0,95	0,86
0,70	5,20	2,75	2,26	1,93	1,70	1,53	1,39	1,28	1,12	1,00
0,80	6,20	3,25	2,66	2,27	1,99	1,78	1,61	1,48	1,28	1,14
0,90	7,20	3,75	3,06	2,60	2,27	2,03	1,83	1,68	1,45	1,29
1,00	8,20	4,25	3,46	2,93	2,56	2,28	2,06	1,88	1,62	1,43

9.3 Kostnader för Europeiska biogasanläggningar

Den relativt dyra del av en gårdsbiogasanläggning som är gemensam för alla storlekar missgynnar mindre anläggningar i kostnad per producerad m³ biogas. I diagrammet nedan syns detta tydligt för traditionella europeiska biogasanläggningar och röt-kammarevolymen bör vara över 500m³ för att vara ekonomisk. Detta motsvarar vid rötning av gödsel en gasmotoreffekt på ca 30-50 kW el. En sådan komplett biogasanläggning kostar idag ca 4,5-5 Mkr.



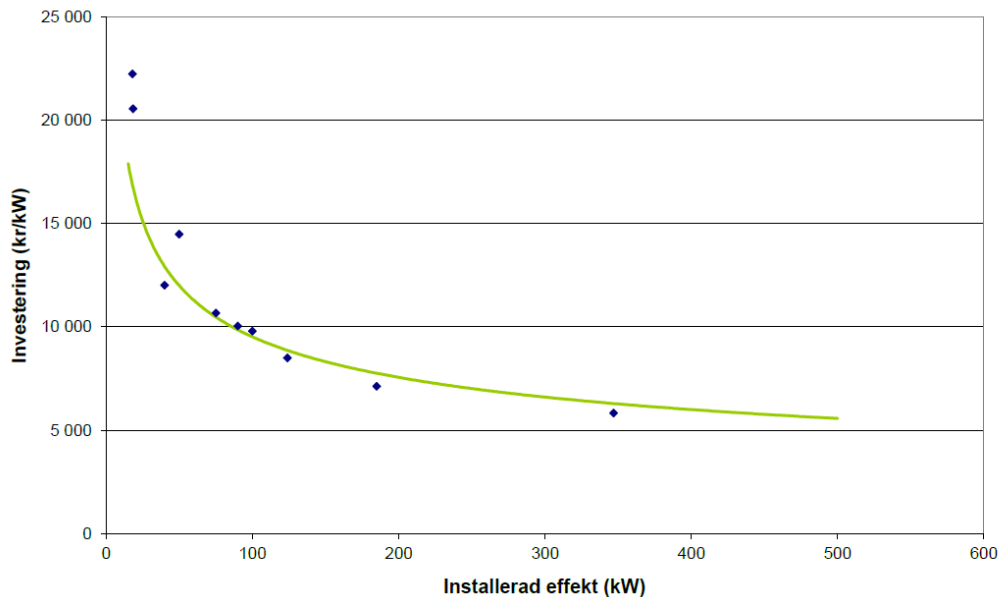
Skaleffekten på investeringskostnaden i en europeisk gårdsbiogasanläggning avseende investeringen i SEK/m³ röt-kammare vid olika röt-kammarestorlekar (Christensson m.fl. SGC 2009)

Enligt den tyska föreningen för bioenergi FNR (www.fnr.de) uppskattar man 2013 följande investeringskostnader i Tyskland för biogasproduktion:

Biogasanläggning kraft/värme (CHP) 75 kW el	ca 81 000 SEK/kW el (9000€)
Biogasanläggning kraft/värme (CHP) 150 kW el	ca 58 500 SEK/kW el (6500€)
Biogasanläggning kraft/värme (CHP) 250 kW el	ca 54 000 SEK/kW el (6000€)
Biogasanläggning kraft/värme (CHP) 500 kW el	ca 40 500 SEK/kW el (4500€)
Biogasanläggning kraft/värme (CHP) 1 MW el	ca 31 500 SEK/kW el (3500€)
Uppgradering till biometan/fordonsgas 500 Nm ³ /h	ca 67 500 SEK/Nm ³ h (7500€)
ORC – anläggning 75kW el	ca 36 000 SEK/kW el (4000€)
Mikro gasturbin 65kW el	ca 18 000 SEK/kW el (2000€)
Biometan produktion 500 Nm ³ /h	0,70 – 0,76 SEK/kWh (7,8-8,4 ct/kWh)
Biometan produktion 2000 Nm ³ /h	0,58 – 0,63 SEK/kWh (6,4-7,0 ct/kWh)

En gårdsbiogasanläggning med en gasmotor som ger 50 kW el med en röt-kammare på 550 m³ ger med det svenska diagrammet ovan en investering på 3,3 MSEK och enligt tyska FNR 3,9 MSEK. Notera att det i den svenska kostnaden tillkommer kraft/värmeneheten för ca 500 000 SEK varför siffrorna överensstämmer väl. Med hänsyn till det tuffare svenska klimatet bör tyska kostnadskalkyler räknas upp en aning med tanke på behovet av bättre isolering.

Dagens gårdsbiogasanläggningar använder främst biogasen till kraftvärmeproduktion med gasmotorer. Eftersom de flesta svenska gårdsbiogasanläggningar är relativt små är det konverterade ottomotorer med tändstift som dominerar. I Sverige har vi befrielse från energiskatt under 100 kW el vilket också begränsar storleken på motorerna. Problemet är att dessa små motorer tenderar att ha en låg elverkningsgrad och högre underhållskostnader per producerad kWh. Följande diagram från en rapport av Mikael Lantz (2009) beskriver detta väl.



Investeringsnivåer för gasmotorer per kWh el (Lantz, 20010)

I diagrammet ovan ses tyvärr att de för gårdsbiogasanläggningar intressantaste motorstorlekarna 30-100 kW el ger de högsta kostnaderna per investering i kr/kWh el.

Enligt dessa diagram ges följande kostnader för europeiska biogasanläggningar:

Biogasanläggning (Exkl. kraft/värme)	Rötkammare 200 m ³	15000 kr/m ³ = 3 Mkr
	Rötkammare 600 m ³	6000 kr/m ³ = 3,6 Mkr
	Rötkammare 1000 m ³	4000 kr/m ³ = 4 Mkr
Kraft/värme (CHP) med biogasmotor	30 kW	14000 kr/kW = 420 000 kr
	50 kW	13000 kr/kW = 650 000 kr
	100 kW	9500 kr/kW = 950 000 kr
	200 kW	7500 kr/kW = 1 500 000 kr

Kostnad för rening av biogasen framför allt med hänsyn till svavelvätet (H₂S), som inte bör vara över 150 ppm för gasmotorer, ligger normalt i intervallet 0,10-0,20 SEK/m³ biogas (Broberg, 2013).

Typiska produktionskostnader för svenska gårdsbiogasanläggningar ligger i intervallet 0,30– 0,60 kr/kWh biogas.



Test på en svensk gårdsbiogasanläggning av ett kinesiskt biogasset på 20 kW el. De orange behållarna t.h. är svavelreningfilter. (Foto: TecnoFarm)

9.4 Kostnader för småskaliga biogasanläggningar

En studie (Lansing m.fl. 2008) visar att billiga små biogasanläggningar av slangtyp (Taiwan modell) för ca 35 000 USD i varma klimat kan producera biogas till samma kostnad som stora högteknologiska biogasanläggningar för ca 500-1000 mjölkkor i USA.

Enligt en tysk studie från 90-talet (Biogas Digest III, ISAT/GTZ) så uppskattas kostnaden för en enkel uppvärmd biogasanläggning till 50-75 USD/m³ röt-kammare. Själva röt-kammaren utgör 35-40 % av totalkostnaden. Genom att använda lokal arbetskraft kan arbetskostnaden minska upp till 15 %.

Då kostnaden per m³ röt-kammare minskar med ökad volym är det viktigt att uppskatta volymen på den planerade biogasanläggningen. Då rötningen går långsammare vid lägre temperaturer behöver uppehållstiden för substratet vara längre i röt-kammaren vilket ställer krav på en större röt-kammarevolym. För enkla uppvärmda biogasanläggningar i tropiska klimat kan storleken beräknas grovt genom (Biogas Digest III, ISAT/GTZ):

- 120 gånger volymen substrat som tillförs dagligen om medeltemperaturen i röt-kammaren uppskattas till över +25°C
- 180 gånger volymen substrat som tillförs dagligen om medeltemperaturen i röt-kammaren uppskattas till mellan +20°C och +25°C

Enligt detta skulle en gård med 20 kor som producerar 50 kg flytgödsel/dygn = 1000 kg gödsel/dygn. Om medeltemperaturen i rötningen är 20-25C så behövs en röt-kammare på 180x1m³ = 180m³. Kostnaden för biogasanläggningen skulle då bli ca. 9 000 till 13 500 USD.

Enligt en tysk rapport (Biogas Digest III, ISAT/GTZ) kan kostnaden uppskattas för en liten lokalt byggd biogasanläggning med en nedgrävd murad röt-kammare med fast tak genom att summera den lokala kostnaden för:

- 6,5 säckar cement x m³ röt-kammarevolym
- 5 dagars arbete för en murare x m³ röt-kammarevolym
- 100 m ½" gasledning
- Två ½" kulventiler
- Övrig gasutrustning som behövs för anläggningen

Den svenska tillverkaren av industritextilier FOV Fabrics (www.fovbiogas.com) i Borås har i samarbete med högskolan i Borås utvecklat enkla biogasanläggningar (FOV Biogas) med membransäckar av slang eller ballongtyp. För detta ändamål har man i samarbete med Swerea (www.swerea.se) tagit fram en specialtillverkad gastät plastväv. Ett problem är yttre skador från t.ex. råttor vilket kan motverkas med olika tekniker som t.ex. högtalare med för råttorna besvärande ljud. Rengöring av dessa membransäckar från t.ex. sediment skall göras enkelt genom att spola igenom säcken med vatten, detta skall normalt inte behövas göras oftare än med 3-7 års intervall. Själva membransäcken kostar fritt Borås ca 60 EUR/m³ röt-kammarevolym fritt Borås och finns i storlekar 3-1000 m³. FOV Biogas räknar med en genomsnittlig rötningstid (hydraulisk uppehållstid) på 40 dagar vid varma tropiska klimat och 60 dagar vid kallare klimat.

I dagsläget har FOV Fabrics etablerat sig i Indonesien, Vietnam, Brasilien och Indien. (Fredrik Johansson, FOV Fabrics, 2013)



Exempel på små biogasanläggningar av membran från svenska FOV Biogas (www.fovbiogas.com)

9.5 Exempel från Costa Rica i Latinamerika

I ett bra exempel från småskalig biogasproduktion i Costa Rica (Viquez Arias, 2010) beskrivs en anläggning för gödsel från 80 mjölkkor. Man rötar ca 3,4 ton gödsel/dygn med en mycket låg TS-halt (ca 1 %) i två slangar (plugg-flöde) som är 20 m långa med en diameter på 2,5 m och en total volym på 120 m³. Uppehållstiden i röt-kammaren är ca 35 dagar och det sker ingen



omrörning eller uppvärmning av röt-kammaren. Rötresten lagras i öppen cirkulär betongbassäng på 25 m³. En enkel sil separerar fiberfraktionen från gödseln för kompostering. Biogasen renas från svavelväte i ett filter med järnoxid. El produceras periodvis i ett genset på 16 kW el för naturgas från amerikanska Generac som är modifierat till biogas. Gasförbrukningen var 3,6 m³/h och elverkningsgraden beräknades till 25 %. Biogasproduktionen uppskattas till 20-25 m³/dygn.

Investeringen för denna biogasanläggning:

Gödselseparator	1 940 USD
Komposteringsanläggning	1 435 USD
Rötkammare 2st	4 170 USD
Rötrestlagring & hantering	4 980 USD
Svavelrening	850 USD
Biogaset 16 kW	5 900 USD

Summa: 19 275 USD

Köpt el kostar 0,19 USD/kWh och man räknar med att spara 8 030 kWh/år = 1 525 USD.

Värdet av rötresten som växtnäring uppskattas till 3 890 USD/år

Kostnaden för service och underhåll beräknas till 1 560 USD/år.

Kalkylen visar att denna anläggning har en återbetalningstid (Pay Off) på 5 år med en internränta på 20 %.

Detta visar att denna typ av enkla och billiga anläggning möjliggör lönsam biogasproduktion även på mindre lantbruk i varma klimat. En jämförelse mellan denna typ av enkla biogasanläggning av slangtyp med en mer avancerad industriell typ av samma sort som används i europeiska gårdsbiogasanläggningar visar att dessa ger hälften så lång återbetalningstid.

9.6 Exempel från Colombia & Vietnam

Mycket enkla biogasanläggningar av slangtyp gjorda av polyetylenplast har visat sig lämpliga för småskalig biogasproduktion i länder som Columbia och Vietnam (Xuan m.fl. FAO report). Även gaslagren gjordes som slangar i samma material. Kostnaden för dessa kompletta biogasanläggningar i Columbia var ca 30 USD/m³ rötkammare, samma kostnad i Vietnam var 7 USD/m³ rötkammare. En typisk biogasanläggning för en familj på 5,4 m³ av slangtyp i Vietnam kostar 38 USD inklusive två stycken brännare för matlagning.

Följande gasproduktion erhöles från 31 st biogasanläggningar av slangtyp i Vietnam 1993:

	Medel	Variation
Antal familjemedlemmar	5,9	3-12
Gödsel tillförsel (kg/dygn)	0,7	2,9-8,1
Vatten/Gödsel förhållande	5,1	2,9-8,1
Belastning rötkammare (kg TS/m³)	0,7	0,1-1,2
Temp. ingående substrat (°C)	26,4	25,7-28,5
Temp. på utgående rötrest (°C)	27,0	26,0-29,1
pH ingående substrat	6,7	6,4-7,1
pH utgående rötrest	7,2	6,8-7,5
Biogasproduktion (liter/dygn)	1235	689-2237 (0,03-0,09 m³/h)
Metanhalt (%)	56	45-62

För att kunna producera 3 kW el kontinuerligt behövs biogas från minst 40 st biogasanläggningar av denna hushållstyp.

9.7 Exempel från Tanzania

I Tanzania (Ratunu, 1999) byggdes på 80-talet ca 200 st små murade biogasanläggningar (typ Camartec) med fast tak, men dessa anläggningar blev för dyra både att bygga och underhålla. På 90-talet introducerades enkla biogasanläggningar av slangtyp i plastfolie som var mycket billigare och enklare att sköta. Dessa anläggningar kostade 1999 mellan 40 000 och 80 000 Tsh vilket motsvarar ca 320-650 SEK i dagens valuta. Biogasen kunde spara varje hushåll upp till 5 arbetstimmar om dagen i insamling av ved alternativt spara pengar för inköpt bränsle vilket gjorde att dessa anläggningar oftast hade en pay back på ca 1 år.

Biogasproduktionen var i snitt 40 liter/h vilket innebär att det skulle behövas ca 50 anläggningar av denna typ för att producera 3 kW el kontinuerligt.

9.8 Exempel från Honduras

I Honduras 2005 (Green, 2005) studerades 11 stycken enkla biogasanläggningar av polyetylenplast. I snitt hade de en totalvolym på 3 m³ och kostade 87 USD (575 SEK). Slangen var fylld av rötmassa till ca 50 % och resten utnyttjades som gaslager. Det tog i snitt 23 arbetstimmar att bygga anläggningarna. Man rötade främst gödsel från kor och svin där gödselblandningen hade en TS-halt på 7 % och en hydraulisk uppehållstid (genomsnittlig rötningstid) på 101 dagar. Användarna var nöjda med funktionen och gasen användes främst till matlagning.

9.9 Exempel från Kenya

I Kenya levererar företaget Pioneer Technologies enkla biogasanläggningar av slangtyp av polyetylen plast. Den mindre modellen på 6,24 m³ kostar 233 EUR och den större på 21,52 m³ kostar 325 EUR fritt Nairobi. Biogasen från dessa anläggningar används främst för matlagning och lyse. Enligt uppgift (Energylopedia) har man hittills installerat ca 300 anläggningar i Kenya. Den största utmaningen ligger i att utbilda och stötta användarna med rådgivning så att biogasanläggningarna sköts rätt och att problem som oftast är enkla rättas till. I början hade man problem med plastkvaliteten men den har förbättrats de senaste åren.

Här är en investeringsbudget för en enkel "hembyggd" biogasanläggning av slangtyp i Kenya (The Organic Farmer – Kenya, 2009):

Budget for a biogas unit	
10 m polythene tube (1000-mm gauge), black or white, 90 – 120 cm diameter, @ Ksh 250 per meter	2,500
* Two 4" diameter PVC pipes, 1 m long (like the ones used for pit latrine ventilation but preferably of a stronger gauge)	750
3 PVC water pipes (1/2" diameter) for the delivery of gas (from digester to kitchen) @ Ksh 250 per piece	750
5 PVC elbows @ Ksh 25	125
Rubber straps for tying the 4" PVC pipes and the 1/2 inch gas pipe into the digester @ Ksh 20	100
A burner or jiko (made by <i>jua kali</i> artisan) incl. valve	1,000
**Total costs (without labour)	5,225
* You can hardly get 1m-pieces of a 4" PVC inlet and outlet pipe; a full pipe costs between Ksh 600 - 1,200, depending on the quality. If three farmers come together, they can buy 1 pipe normally 6 m long (20 feet) and share the piece including transport costs.	
** If the digester is protected with wire mesh then an additional Ksh 1,500 is required	
Material (in Ksh; prices from Embu)	

Totalvolymen är ca 5 m³ och ger gas för matlagning i en familj.

Hela investeringen exkl. arbete är 5 225 KES = 430 SEK

Plasten har en begränsad livslängd men rätt skött så håller slangen 4-5 år. Då krävs bl.a. ett väder och solskydd.

9.10 Produktionskostnader för biogas från utvalda mindre biogasanläggningar

I projektet har i samarbete med Lars Avellan på Swerea-IVF tagits fram en kalkylmodell för biogasproduktion som är en modifiering av den kalkylmodell för gårdsbaserad biogasproduktion som Svenska Hushållningssällskapet utvecklat (Halldorf, 2013). Följande exempel är beräknade i denna modell:

Fasta data:	Avskrivning anläggning	10 år
	Avskrivning gaslager	5 år
	Avskrivning gasmotor	3 år
	Kalkylränta	5 %
	Service & underhåll	0,15 kr/kWh el
	Elbehov-anläggning	2 %
	Medeltemperatur ute	+20°C

1. Hushållsanläggning

Kogödsel 25 ton/år & Hushållsavfall 3 ton/år. Rötningstemp: +25°C. TS-halt: 9,6 %
 Hydraulisk uppehållstid (genomsnittlig rötningstid): 40 dagar
 Bruttoenergi: 7 MWh/år, El: 2 MWh/år (η_{el} 25%), Användbar värme: 3 MWh/år (η_{th} 59%)

<u>Produkt</u>	<u>Pris SEK</u>
DMT-Energy, Kina DMT-HB 3,75 m ³ , Modulbyggd membransäck i stativ	6 976
Lagringsbehållare rötrest	500
Gaslager 3 m ³ membransäck	1 000
Svavelrening	5 610
Shenzhen Puxin Technology Co., Biogaset 3 kW	9 250
Byggmaterial	4 000
Projektleddning	5 000
Arbete lokalt	4 000
Summa:	36 336

Produktionskostnad: 7,50 SEK/kWh el

Produktionskostnaden är betydligt högre än riktvärdet 2,75 SEK/kWh för el producerad av ett diesलगенсет. Ett biogaset på 3 kW kan endast utnyttjas 8 % varför det krävs minst 14 av dessa små biogaset för att kunna producera 3 kW kontinuerligt. Ett nätverk med 15 st av dessa anläggningar sammankopplade till ett 3 kW biogaset skulle ge en produktionskostnad på 4,92 SEK/kWh el vilket fortfarande är högre än för ett diesलगенсет. Denna typ av små hushållsanläggningar med en röt-kamarvolym på 3-10 m³ lämpar sig bäst för gas till matlagning och belysning.



2. Samrötningsanläggning

Kogödsel 900 ton/år & Hushållsavfall 30 ton/år, Rötningstemp: +25°C, TS-halt: 8,6%

Hydraulisk uppehållstid (genomsnittlig rötningstid): 40 dagar

Bruttoenergi: 150 MWh/år, El: 45 MWh/år (η_{el} 30%), Användbar värme: 76 MWh/år (η_{th} 59%)

Produkt	antal	enhet	a´pris	valuta	kurs	pris SEK
VIOGAZ, Costa Rica, D15 60 m ³ , Slangtyp	2	st	3 110	USD	6,6	41 052
Frakt rötkammare	1	st	5 000	SEK	1	5 000
Skärande pump 2,2 kW med rör & ventiler	1	st	1 500	USD	6,6	9 900
Mottagnings & blandabrunn	1	St	1 500	USD	6,6	9 900
Gaslagring ballongtyp 60 m ³	1	st	2 000	USD	6,6	13 200
Rötrestlagring & hantering	1	st	5 000	USD	6,6	33 000
Svavelrening, inkl fläkt	1	st	4 500	USD	6,6	29 700
Biogasset 7,5 kW, Weifang Genset Power, Kina	1	st	4 550	USD	6,6	30 030
Frakt genset	1	st	3 000	SEK	1	3 000
Div. byggmtrl, ledningar etc.	10	%	18 700	SEK	1	18 700
Projektledning	40	tim	500	SEK	1	20 000
Arbete Installation lokalt	120	tim	100	SEK	1	12 000
Summa:						225 482

Produktionskostnad: 1,06 SEK/kWh el

Detta är en betydligt lägre produktionskostnad än riktvärdet 2,75 SEK/kWh för el producerad av ett diesलगenset. Ett biogasset på 7,5 kW skulle kunna utnyttjas till 76 % av sin maxkapacitet medan ett på 5 kW skulle kunna köras på 100 %.

Denna typ av enkel biogasanläggning lämpar sig väl för småskalig kraftvärmeproduktion i varma klimat.



Exempel på en enkel biogasanläggning med membransäckar av slangtyp och skuggväv från Viogaz i Costa Rica (www.viogaz.com)

3. Industriell anläggning

Kogödsel 600 ton/år & Hushållsavfall 30 ton/år, Rötningstemp: +37°C, TS-halt: 8,9 %

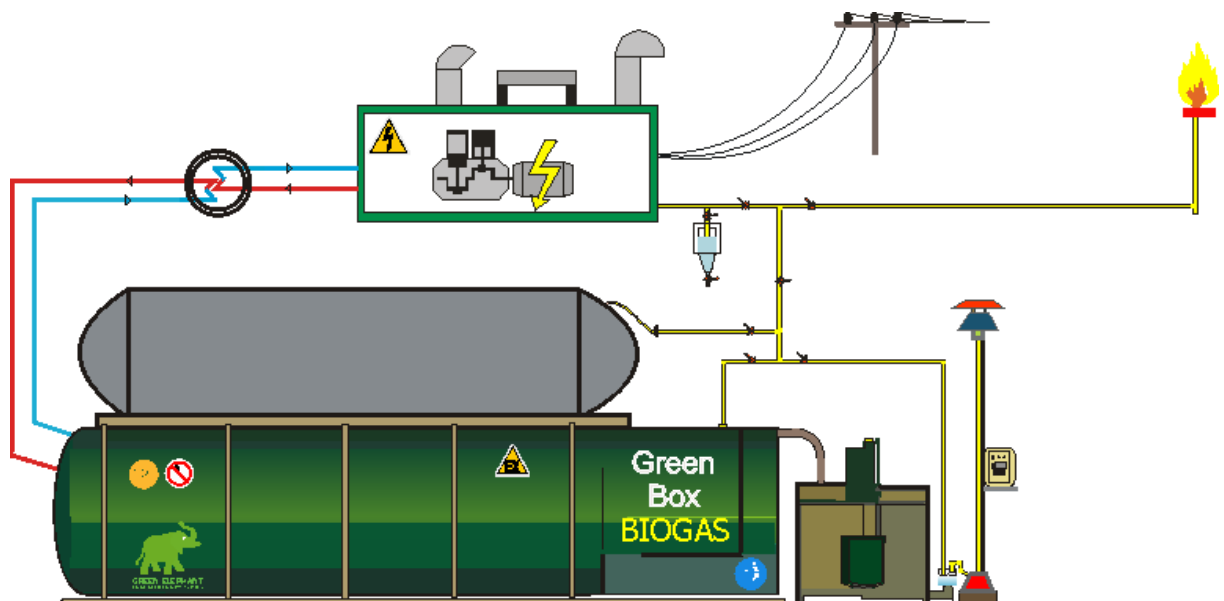
Hydraulisk uppehållstid (genomsnittlig rötningstid): 30 dagar

Bruttoenergi: 111 MWh/år, El: 33 MWh/år (η_{el} 30%), Användbar värme: 49 MWh/år (η_{th} 59%)

Produkt	antal	enhet	a´pris	valuta	kurs	pris SEK
Green Elephant, Indien, 60 m ³ liggande stålcylinder, komplett med 12 kWel Kohler biogas genset	1	st	120 000	USD	6,6	792 000
Frakt	1	st	20 000	SEK	1	20 000
Gaslagring ingår i mem						-
Rötrestlagring & hantering	1	st	100 000	SEK	1	100 000
Svavelrening inkl fläkt	1	st	50 000	SEK	1	50 000
Div. byggmtrl, ledningar etc.	10	%	100 000	SEK	1	100 000
Projektledning	80	tim	500	SEK	1	40 000
Arbete Installation lokalt	120	tim	100	SEK	1	12 000
Summa:						1 114 000

Produktionskostnad: 4,40 SEK/kWh el.

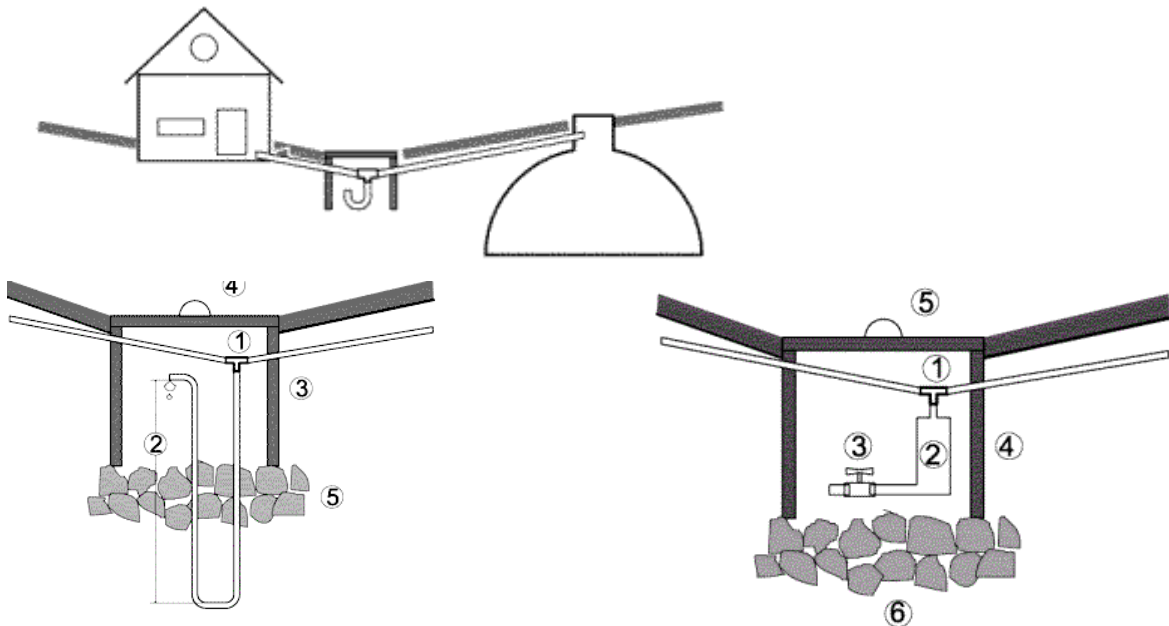
Denna produktionskostnad betydligt högre än riktvärdet 2,75 SEK/kWh för el producerad av ett dieselgenset. Denna typ av mer avancerad biogasanläggning blir för dyr för elproduktion under förhållanden med mycket gödsel. Ett biogasgenset på 12 kWel utnyttjas till 67 %. Lönsamhet kan endast fås om man rötar substrat med högre gasutbyte. Om vi t.ex. endast rötar 250 ton matavfall/år och utspätt till 10 % TS så ökar produktionen till 291 MWh/år och produktionskostnaden går ner till 1,78 SEK/kWh el vilket är lägre än för dieselalternativet. Utnyttjandet av effekten på biogasgensetet på 12 kWel utnyttjas då till 92 %.



Komplett mer avancerad modulbyggd biogasanläggning från Green Elephant i Indien. Kapaciteten är ca 1 ton substrat/dygn och ger en effekt på ca 15 kWe beroende på substratkvalitet. (www.greenelephant.in)

10. Behandling och rening av biogasen

Om biogasen skall användas för produktion av el i en gasmotor så måste den först avfuktas i en enkel kondensfälla som kan utformas som en lågt liggande punkt i en nedgrävd gasledning.



Exempel på enkla kondensfällor på gasledningen som installeras i en lågt liggande brunn (GATE, GTZ, 2000)

Det svavelväte som bildas i biogasproduktionen måste reduceras till under 200 ppm i biogasen för att säkerställa driften hos biogasmotorer. Reduceringen av svavelväte kan ske på många olika sätt men det enklaste och billigaste är att leda biogasen genom ett filter med järn eller järnoxider som har en stor yta som t.ex. stålull eller finfördelat järnskrot (s.k. Dry Box). Svavelvätet reagerar då med järnet och bildar svavelföreningar och rent svavel. Dessa järnoxidfilter kan reconditioneras genom att lufta dem försiktigt. Därför är det lämpligt att ha minst två filter parallellt där ett renar medan det andra reconditioneras. Det är viktigt att filtren inte ger för stora tryckförluster annars krävs det en fläkt för att ge gasmotorn rätt matningstryck på biogasen.

Kostnaden för kommersiella järnoxidfilter ligger runt 2-5 öre/Nm³ men enklare filter med järnskrot blir betydligt billigare.



Ett svavefilter med järn från Viogaz i Costa Rica



Reningssystem för biogas med järnoxidpellets från kinesiska Camda inkl. blåsmaskin för tryckstegring (<http://cncamda.en.alibaba.com/>)

11 Framtida behov och utvecklingsmöjligheter

De ekonomiska utmaningarna är mångfaldiga.

Då tekniken för flertalet komponenter inom biogasproduktion får betecknas som mogen finns det begränsade möjligheter att kapa kostnader för dessa men däremot kan en hel del effektiviseras inom t.ex. kringutrustning, rötningsprocessen och styr och regelsystem.

För att möjliggöra småskalig biogasproduktion måste lönsamheten säkerställas. Förutom genom nödvändiga statliga subventioner och stöd bör följande tekniska förbättringar utnyttjas för att bättre utnyttja potentialen i biogasproduktionen:

- Behandla det ingående substratet (t.ex. fastgödsel) genom olika former av sönderdelning för att öka gasutbytet.
- Öka samrötningen med annat organiskt avfall än gödsel vilket kan öka produktionen 30-100%
- Öka den organiska belastningen (kg rötningsbar biomassa/m³ rötchammare, dygn) i rötchammaren så att upp till 50-100% mer gas kan produceras i samma rötchammarevolym och biogasanläggning.
- Säkerställa en jämn temperatur i rötchammaren (max. ± 2 C) med bl.a. bra isolering och möjlighet till uppvärmning.
- Använda termofil rötning med högre temperatur (ca +55 C) som ger snabbare rötning och därmed 30-40% mer gas i samma biogasanläggning jämfört med den traditionella mesofila rötningen vid lägre temperatur (ca +37 C). Hänger ihop med föregående punkt om ökad organisk belastning.
- Optimera omrörningssystemen i rötchammaren vilket kan ge både mer gas och mindre driftstörningar.
- Förbättra styrning och reglering av biogasprocessen så att optimala förhållanden råder hela tiden som kan öka gasproduktionen.
- Effektivare reningen av biogas kan ge besparingar på samt bättre driftsäkerhet på t.ex. gasmotorer.

Dessa förbättringar kan utan vidare fördubbla biogasproduktionen i en normal gårdsbiogasanläggning vilket också kan sänka produktionskostnaden per kWh biogas med upp till 60 %. Som framgår ovan så är det idag svårt att få små biogasanläggningar lönsamma, men detta behöver inte vara en evig sanning. Med FoU bör lönsamma system kunna utvecklas.

12 Slutsatser

Småskalig biogasproduktion för produktion av el till telekomstationer och lokala elnät är realistisk till ett pris som understiger ett konventionellt dieselgenset under förutsättning:

- Baserad på tillräckliga lokala substrat som gödsel, hushållsavfall och livsmedelsavfall som finns tillgängliga i närheten av biogasanläggningen
- Rötresten (biogödseln) kan avsättas till jordbruk i närheten av biogasanläggningen
- Biogasanläggningen görs mycket enkel och billig av slangtyp tillverkad av membran eller plast.
- Biogasanläggningen av slangtyp utförs som två parallella rötchammare för att öka driftsäkerheten och garantera elproduktionen.
- Installera biogasanläggningar av slangtyp med membran av högre kvalitet som ökar driftsäkerheten och ger längre livslängd.
- Substratet som rötas har en TS-halt på högst 10 %.
- Dimensionering av rötchammaren för en hydraulisk uppehållstid på minst 40 dagar.
- För att säkerställa en elproduktion på minst 3 kW så krävs en rötchammare på minst 50 m³.
- Installera kondensfälla och rening av svavelväte för biogas till elproduktion med gasmotor.
- Möjliggör anslutning av enkla och robusta givare för att övervaka drift, styra & reglera. Ex.vis. pumpstyrning, rötchammartemp, nivå på gaslager, driftsdata biogagenset.

- Säkerställ lokal utbildning och service
- Skapa stabila ekonomiska motiv för att driva biogasproduktionen

Rekommenderade leverantörer:

Små hushållsanläggningar:

DMT-Energy, Hong-Kong, Kina, www.dmt-energy.com

Shenzhen Puxin Technology Co., Ltd., Kina, <http://puxinbiogas.en.alibaba.com>

AGAMA Biogas (Pty) Ltd, Sydafrika, www.biogaspro.com

Samrötningsanläggningar:

VIOGAZ, Costa Rica, www.viogaz.com

FOV Biogas, Sverige, <http://www.fovbiogas.com>

Industriella anläggningar:

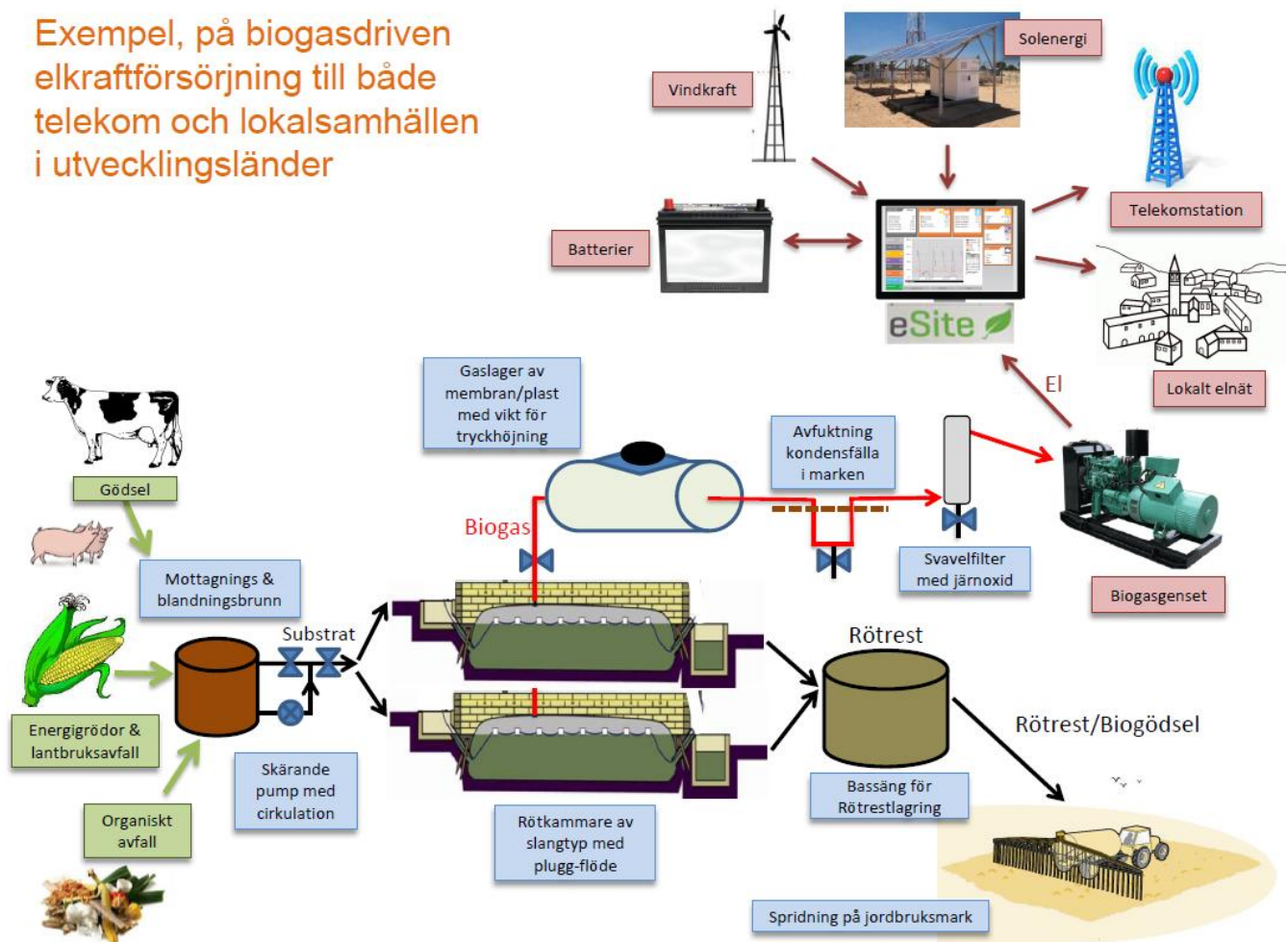
Green Elephant Engineering Private Limited, Indien, www.greenelephant.in

SEaB Energy Ltd., UK, <http://seabenergy.com>

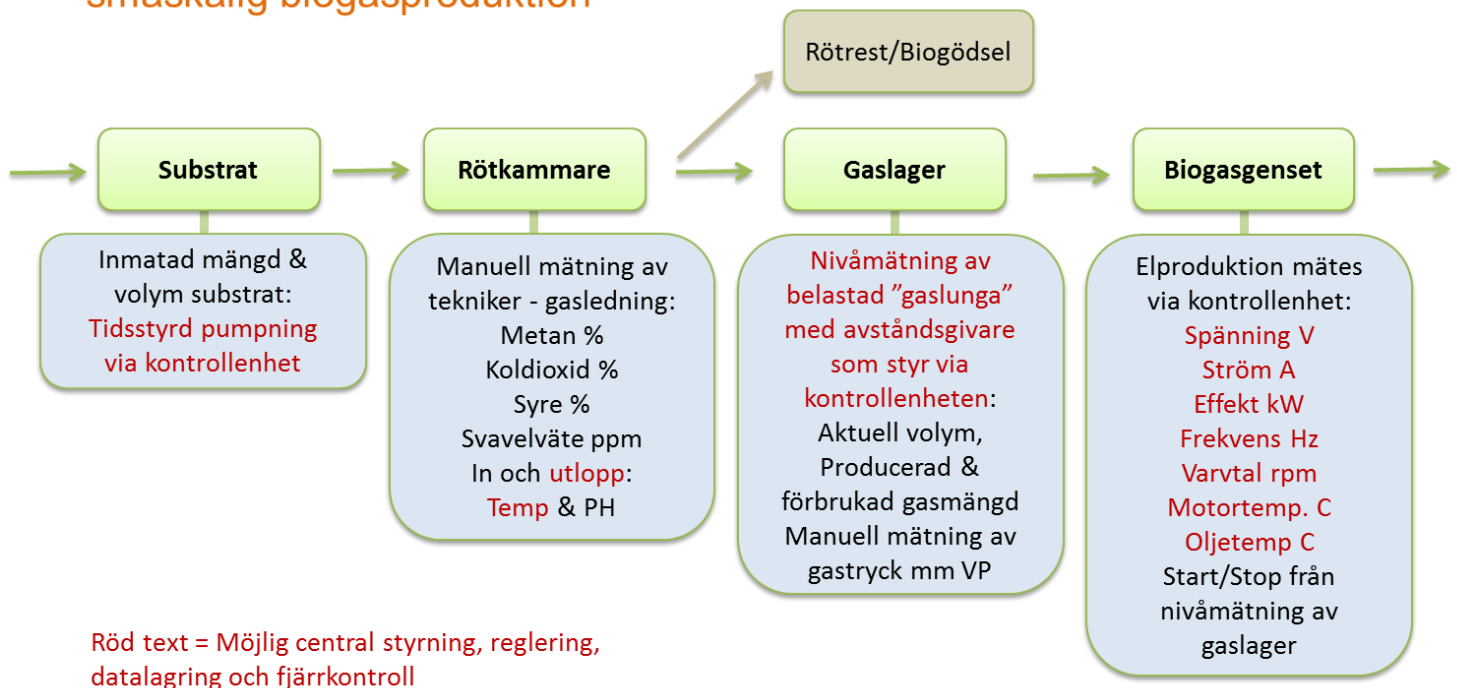
Det mycket stora antalet småskaliga biogasanläggningar i många länder gör att det finns mycket lokal kompetens och erfarenhet att utnyttja där. I dessa länder som t.ex. Kina, Indien, Vietnam, Nepal, Kenya, Tanzania, Etiopien, Colombia, Peru och Costa Rica, bör det gå ganska enkelt att finna kommersiella lösningar för biogasproduktion som back-up för telekom eller för lokala elnät. Dessa länder bör förmodligen prioriteras i en första fas för att skapa goda exempel och få viktiga erfarenheter.

I länder med mindre eller ingen erfarenhet av biogasproduktion ställs stora krav på att organisera uthållig utbildning, rådgivning och service. Kostnader för detta skall tas med i projektbudgetarna på dessa marknader.

Exempel, på biogasdriven elkraftförsörjning till både telekom och lokalsamhällen i utvecklingsländer



Kontroll & processparametrar vi småskalig biogasproduktion



13 Referenser

Christensson m.fl. Gårdsbiogashandbok, Rapport SGC 206, 2009

Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Tyskland, www.fnr.de

Mikael Lantz, (2010) Gårdsbaserad kraftvärmeproduktion, Rapport 71, Lunds Tekniska Högskola

Björnsson & Lantz, (2010) Biogas från Gödsel & Vall analys av föreslagna styrmedel, LRF

Eliasson, (2011) Djupströgödsel i biogasprocesser, Innovatum

Africa Biogas Partnership-ABPP

Viquez m.fl. (2008), Evaluating Digester Design for Electricity Generation, Biocycle International February 2008

Viquez Arias (2010), Dairy Biogas System Effective and Economical on Small Farm, BioCycle International April 2010

Lansing & Moss, University of Maryland, USA, 2009

Simon Knowles, The Design and Theory of a Basic Anaerobic Digester, Australien

O. Campero Rivero (2011) Universidad Huelva,

Mukherjee (2009), Sankalpa Research Center,

D. Spuhler, Seecon International gmbh

Edström m.fl., Gårdsbaserad biogasproduktion, JTI 2008

Biogas Digest Volume I, Biogas Basics, ISAT/GTZ

Biogas Digest Volume II, Biogas – Application and Product Development, ISAT/GTZ

Biogas Digest Volume III, Biogas - Costs and Benefits, ISAT/GTZ

Eric Buysman (2009), University of Wageningen

Elin. Eriksson (2011), Effekter av en liten biogasanläggning hos småbrukande bönder i Östra Afrika, Högskolan i Gävle

Lansing m.fl. (2008), Quantifying electricity generation and waste transformations in a low-cost plug-flow anaerobic digestion system, University of Maryland, USA

Katrin Pütz (2011), biogas Business – Biogas Transport Technology and Economic Concept for Developing Countries, University of Hohenheim, Tyskland

Xuan m.fl.(1995) Installation and performance of lowcost polyethylene tube biodigesters on small-scale farms, FAO report

Innocent Ratunu (1999), Low cost biodigesters for zero grazing smallholder dairy farmers in Tanzania, Tanga Dairy Development Programme, Tanzania

Experience with Polyethylene Biogas Digester (PBD) (<https://energypedia.info>)

Karolina. Hagegård (2008), Small-Scale Biogas by Lake Victoria, Chalmers

Stuart Green, (2005) Emerging Biodigester Technology in Honduras, University of Montana

Marc Lüer, (2010), Installation Manual for Low-Cost Polyethelene Tube Digesters, GTZ/EnDev

The Organic Farmer, Nr 45 February 2009

Domestic Biogas Newsletter, Issue 8 February 2013, SNV (www.snvworld.org)

Promoting Biogas Systems in Kenya, 2007, Biogas for Better Life, ETC Group

Personliga kontakter:

Stefan Halldorf,(2013), pers. kontakt, HS-Kalmar

Anders Ek (2013), Asian Biogas, Thailand

Fredrik Johansson, FOV Fabrics AB, Borås

Firmor:

Götene Gårdsgas, Sverige <http://www.gardsgas.se/>

FOV-Fabrics, Sverige <http://www.fovbiogas.com>

Green Elephant, Indien, www.greenelephant.in

Eisenamnn, Tyskland www.eisenmann.com

Cidelsa, Peru, www.cidelsa.com

Sistema Biobolsa, Mexiko, www.sistemabiobolsa.com

Conviotec, Tyskland, www.conviotec.com

Energiutvecklarna, Sverige, www.energiutvecklarna.se

PUXIN, Kina, <http://puxinbiogas.en.alibaba.com>

BAL-Biogas, Tyskland, www.bal-biogas.de

Hennlich, Tjeckien, www.hennlich.cz

Cidelsa, Peru, www.cidelsa.com

Agama Biogas Sydafrikanska, www.biogaspro.com

BSP-Nepal, www.bspnepal.org.np

Evergreen Gas, UK, <http://evergreengas.co.uk>

Sunrise Ecoenergy, Kina, www.sunrise-econergy.en.alibaba.com

Biotech, Indien, www.biotech-india.org

Agrotel. Tyskland, www.agrotel.eu

ACME AGRO GROUP Ltd, Kina, <http://a429930835.oinsite.yh.mynet.cn/>

Viogaz, Costa Rica, www.viogaz.com

DMT-Energy, Hong Kong, www.dmt-energy.com

Arjun Energy Corporation, Indien, <http://51460.in.all.biz>

Burdens i Storbritannien, www.basestructures.com

Sattler, Tyskland, www.sattler-ag.com

Bilaga A**Planeringsguide för mindre biogasanläggningar** (Biogas Digest-1, ISAT/GTZ)

Dessa data utgör en bra grund för bedömning av projektets försutsättningar

Värdering görs enligt:

+ Bra förhållanden

0 Sämre förhållanden som kan rättas till eller åtgärdas

- Dåliga förhållanden som kan störa driften

0. Initial situation	Data	Värdering
<p>Adress & kontakter Projektets namn: Adress – Operatör/Kund: Plats/Region/Land: Verkställande org. Ansvariga personer:</p> <p>Allmänna användardata Antal hushåll och personer: Hushållens ekonomi: Grödor, Djurhållning, Växtodling, Arealer: Övriga näringar: Social & kulturell beskrivning:</p> <p>Problem för biogasproduktion? Energiförsörjning: Tillgång på arbetskraft: Jordart & bördighet Erosion & skogsskövling Dålig hygien och annat:</p> <p>Målsättning för biogasproduktionen: Användarnas intressen: Projektets intressen: Andra intressen:</p>		

1. Naturliga & Lantbruks förhållanden:	Data	Värdering
Naturliga förhållanden Medelårstemperatur Säsongsmissiga variationer: Dygns variationer:		
Markförhållanden Jordart: Grundvattennivå: Dricksvatten område:		
Vattenförhållanden Klimatzon: Årlig nederbörd: Torrperiod (månader): Avstånd till vattenkälla:		
Djurhållning (av intresse för biogasproduktion) Antal djur och sort: Stalltyper: Gödselanvändning: Personer ansvariga för djuren: Växtavfall (lämpligt för biogasproduktion) Typ och mängder: Användning idag:		
Gödsling Gödslingsmetoder, mängder & arealer: Används stallgödsel , mängder?		
Potentiell plats för biogasproduktion Möjlig komb. stall & biogasprod: Avstånd - biogasprod. & stall: Avstånd - biogasprod. & användare:		
Total värdering - 1		

2. Balans energibehov - biogasproduktion		
Dagens energianvändning Användare, energislag		
<p>Uppskattad energianvändning (kWh/dag alt. l/dag) För matlagning: För belysning: För kylning: För motorer:</p> <p>Tillgängliga substrat (kg/d) och biogaspotential (l/d) Från djurproduktion: Svingödsel: Fjäderfä: Nötboskap (Kor): Mänsklig avföring:</p> <p>Växtavfall (mängd & biogaspotential) 1. 2.</p> <p>Total mängd biomassa (kg/d) & biogasproduktion (l/d) Lätt att producera: Svårare att producera:</p> <p>Balanser Biogasproduktionen är större än konsumtionen (positiv värdering +) Biogasproduktionen är mindre än konsumtionen (negativ värdering -) men kan omprövas om: a. Om det går att minska konsumtionen genom att... b. Öka biogasproduktionen genom att ...</p> <p>Om inget hjälper – (fortsatt negativ värdering -)</p>		
Total värdering - 2		

3. Design & konstruktion av biogasanläggningen	Data	Värdering
<p>Val av anläggningstyp Lokalt traditionell typ Argument för flytande tak: Argument för fast tak: Argument för membransäck: Argument för andra typer: Vald anläggningstyp:</p> <p>Val av plats</p> <p>Tillgång till byggmaterial Tegel/Block/Stenar: Cement: Sand: Rör & kopplingar: Metall: Övrigt:</p> <p>Tillgång till gasutrustning Gasspisar: Gaslampor:</p>		
Total värdering - 3		
4. Drift & Underhåll	Data	Värdering
<p>Uppskattning av arbete vid drift Oförutsett arbete (h) Dagligt arbete (h) Driftsansvarig person: Värdering med hänsyn till förväntat genomförande:</p>		
<p>Underhåll Underhållsintensiva komponenter: Underhåll utfört av användare: Underhåll av extern expert: Värdering med hänsyn till förväntat genomförande:</p>		
<p>Reparationer Komponenter som är benägna för reparation. Reparationer som kan utföras av användarna: Reparationer som utförs av extern expert: Behövligt material & reservdelar: Värdering med hänsyn till förväntat genomförande:</p>		
Total värdering - 4		

5. Ekonomisk analys	Data	Värdering
Redovisning av arbetstider Insparad tid med biogasproduktion: Förlorad tid med biogasproduktion: Värdering:		
Mikroekonomi Investering: Drift/Underhåll/reparation: Avkastning på investeringen: Värde rötrest, energi, värme: Payback tid Produktivitet Värdering:		
Total värdering - 4		
6. Social acceptans & kommunikation	Data	Värdering
Förväntad acceptans Deltagande i planering & konstruktion: Integration i lantbruket: Integration med hushållen: Sociokulturell acceptans Värdering:		
Genomförnade strategi Engagera lokala hantverkare Hjälpa till självhjälp system		
Villkor för genomförande Organisation av personalen Intresse för och erfarenhet av biogasteknologi Regional infrastruktur för transporter Material inköp: Kommunikation: Engagemang av hantverkare: Min. kompetens: Verktyg & maskiner: Träning & utbildning av personal: Rörelsekapital & krediter för användarna: Hantverkarna: Värdering:		
Total värdering - 6		

7. Summering	Nummer	Värdering
Naturliga/Lantbruks förhållanden	1	
Balans energibehov & biogasproduktion	2	
Anläggningens design & konstruktion	3	
Drift, Underhåll & Reparation	4	
Ekonomi	5	
Social acceptans & genomförande	6	
Total värdering av platsens förhållanden		