

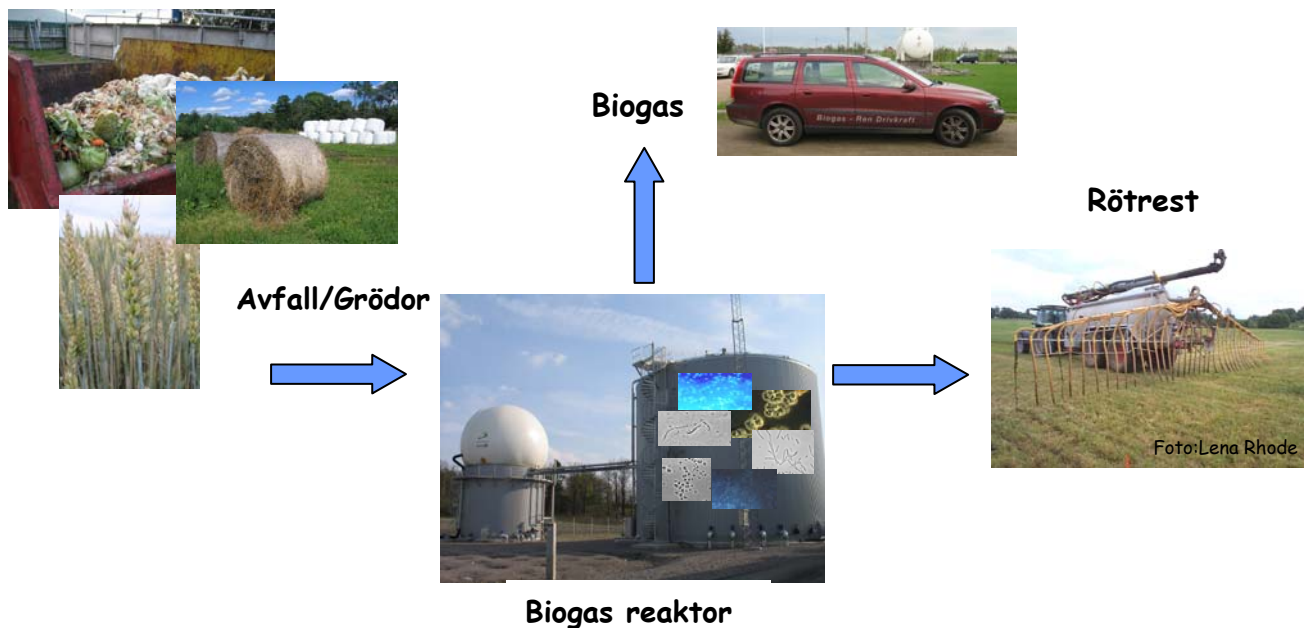
Biogasreaktor i miniformat

Text och foto; Anna Schnürer
Institutionen för Mikrobiologi, SLU

Biogasprocessen är idag högaktuell av flera anledningar. Denna mikrobiologiska process gör det möjligt att behandla olika typer av avfall och samtidigt producera miljövänlig energi (biogas) och en rötrest, som är rikt på växtnäringsämnen. Genom att använda denna rötrest som ett organiskt gödningsmedel är det möjligt att återföra näringen tillbaka till marken.

Syftet med övningen

- Att illustrera principen för biogasproduktion genom att bygga en enkel biogasreaktor i miniformat
- Att visa att biogas kan produceras från olika typer av organiskt material/avfall
- Att få ett underlag till en diskussion kring bioenergi och kretsloppsfrågor



Bakgrund

I en biogasprocess bryts stora organiska molekyler, proteiner, socker och fetter etc., successivt ner till metan och koldioxid, dvs biogas. För att biogasprocessen ska fungera krävs närvaro av många olika grupper av mikroorganismer, dessutom i ett tätt samarbete med varandra.

Organismerna som är aktiva i en biogas process är anaeroba, dvs de tål ej syre.

Biogasproduktion sker i olika syrebegränsade naturliga miljöer, t.ex. våtmarker, sjösediment, risfält och i våmmen hos alla idisslande djur. Hälften av alla människor har också biogasproduktion i sin tarm. Samma organismer som är aktiva i dessa naturliga miljöer kan också utnyttjas i konstruerade biogasreaktorer för behandling av organiskt avfall och produktion av energi. Gasen som produceras i naturliga miljöer kallas också naturgas eller sumpgas.

Sammansättningen på gasen från olika miljöer och reaktorer kan variera. Metan och koldioxid dominerar men gasen kan också innehålla små mängder av svavel och kväveföreningar. Metan i biogas är energirik och kan förbrännas. Därför kan den biogas som bildas i konstruerade biogasreaktorer användas för produktion av fordonsgas, värme eller elektricitet.



Övningen

En biogasreaktor kan enkelt konstrueras m.h.a. en eller flera glasflaskor och en ballong med kopplingstillbehör. Startmaterial kan hämtas från en närliggande biogasanläggning eller alternativt kan gödsel från en ko användas. Reaktorn kan sedan matas med olika typer av organiska avfall.

Tidsåtgång

Om alla material finns tillgängliga kan en biogasreaktor startas på ca 30-60 min, lite beroende på hur mycket av materialet som finns tillgängligt och är förberett. Gasproduktionen kan sedan följas under ca en till fyra veckor, antingen genom att "bara" studera gasproduktionen eller genom att också mäta upp och analysera gasen som produceras.

Material

- 700 ml bakterieymp
- Ca 2-7 g substrat ("mat" till bakterierna); ca 2 g vete eller 7 g matavfall
- En glasflaska (1L)
- En konisk propp med ett hål. Ska passa i flaskan
- Ett litet rör som passar i proppen
- En slang (ca 15 cm)
- En heliumballong (ca 3L)
- Tejp
- Skyddskläder
- Handskar
- Gastub (N₂)

Utförande

1. Ta på skyddskläder och handskar
2. Mixa avfallet/vetet i en köksmixer så att det blir homogent och finfördelat
3. Väg upp 7g avfall eller 2 g vete och överför det till reaktorkärlet
4. För ner röret i proppens hål.
5. Anslut heliumballongen till röret; för försiktigt ner röret i ballongens hals och tejpa sedan runt ballongfästet så att röret sitter fast. Tejpa ej så högt upp att halsen täpps igen.
6. Skaka om ymp materialet så att det blandas väl
7. Häll över 700 ml ymp till reaktorkärlet (Om kvävgas finns tillgänglig på labbet så sköljs reaktorn med gasen i samband med att ympen hälls i)
8. Sätt omedelbart på proppen med heliumballongen.
9. Placera reaktorn på en varm plats, gärna med långsam omrörning

Nu är din biogasreaktor klar. Hur lång tid det tar för gasen att bildas beror bla på din ymp, vilket substrat du har valt och hur varmt reaktorn står. Vanligtvis ser du gasproduktion inom en vecka med produktionen fortsätter sedan under flera veckor framåt. Vid 37°C sker det mesta av produktionen under de första två veckorna.



Säkerhet

Eftersom en biogasprocess bildar gas är det viktigt att säkerställa att alla utlopp är fria så att gasen fritt kan passera ut i påsen. Annars kan ett övertryck byggas upp och proppen flyga iväg med stor kraft.

I en biogasprocess bildas också många illaluktande flyktiga ämnen. Vid start av biogasreaktorn eller vid öppning av reaktorn kan dessa ämnen spridas och en viss dålig lukt kan därför uppstå kring en biogasreaktor. Vissa ämnen fäster också i kläder, hår och skinn. Detta är inte en bestående lukt utan den går lätt bort vid tvättning. Skyddsrock och handskar kan användas för att undvika dåligt luktande kläder och hud. Det är också lämpligt att placera reaktorn på en plats där ev. dåligt lukt inte stör övrig verksamhet.

Biogas brinner varför biogasreaktor inte ska placeras nära antändningskälla

En del av de organismer som är aktiva under nedbrytningsprocessen i en biogasreaktor kan infektera människor. T.ex. så innehåller processen många olika typer av klostridier. I denna grupp återfinns bla organismer som orsakar stelkramp eller magsjuka. Därför är det lämpligt att under laborationen och handhavandet av reaktorinnehållet använda handskar och också tvätta händer efter laborationen. Använd inte röt slam från ett kommunalt reningsverk p g a smittrisken.

Vid analys av biogasens sammansättning används en stark lutlösning (7M). Denna lösning är stark frätande och därför bör försiktighet iakttas. Under denna analys ska därför laborationsrock, skyddsglasögon och handskar användas.

På de efterföljande sidorna finns en mer utförlig beskrivning av varje steg i denna övning. Här kan du hitta tips/förslag på alternativa lösningar av ditt bygge. Här finns också ett avsnitt som diskuterar hur den bildade gasens mängd och sammansättning kan bestämmas. Här kan du också hitta tips på intressanta länkar med mer biogasinformation samt annat undervisningsmaterial inom ämnet. Har du några ytterligare funderingar eller frågor är du välkommen att kontakta Anna Schnürer på Institutionen för Mikrobiologi, SLU (Anna.Schnurer@mikrob.slu.se)

Lycka till !!

Mer detaljer.....

En biogasreaktor kan konstrueras på flera olika tänkbara sätt. Den enklaste formen är en s.k satsvis reaktor, som matas vid ett tillfälle och sedan bryts när gasproduktionen avklingar. Ett alternativ till en satsvis process är den kontinuerliga biogasreaktorn. Denna process används på de storskaliga biogasanläggningarna men eftersom den kräver betydligt mer komplicerad utrustning och också mer tid att köra så kommer den inte att behandlas ytterligare (i detta häfte). Nedan följer några förslag på utrustning som kan användas för uppstart och körning av en satsvis biogasreaktor. Funktionen hos biogasprocessen kan sedan enklast följas genom att samla upp och mäta mängden gas som bildas. Ju mer gas som bildas desto effektivare process. Gasen som bildas kan tex samlas upp i en ballong och mätas ungefärligt genom att med ögonmått uppskatta hur "uppbåst" ballongen är. Alternativt kan mängden gas bestämmas mer exakt och sammansättningen på gasen kan också analyseras. För bestämning av mängden gas används istället för en ballong antingen en tryckmätare eller ett graderat kärl med vatten (för mer info se nedan). Biogasen består huvudsakligen av metan och koldioxid. Ju mer metan som finns i gasen desto högre effektivitet har processen. Olika material ger olika mängd och sammansättning på gasen, en faktor som kan vara intressant att belysa under laborationen.

Material/Utförande

Ympmaterial.

Alla de bakterier som behövs för att driva en biogasreaktor finns tillgängliga i kogödsel (flytgödsel). Annat lämpligt startmaterial är reaktorinnehåll från en närliggande biogasanläggning. Röt slam från det kommunala avloppsreningsverket innehåller också alla mikroorganismer som behövs men är p.g.a smittrisk ej lämplig att använda som ympmaterial. Om materialet hämtas från en biogasanläggning är det bra att be personalen som tar provet att låta material flöda igenom ledningar/rör innan provet tas. Detta p.g.a. att material som har stått stilla i ledningar/rör under en tid kan leda till att mikroorganismerna blir störda/inaktiverade (organismerna är känsliga för syre). Oavsett material är det också bra att fylla provtagningskärlet så mycket som möjligt, för att därmed också pressa undan så mycket luft som möjligt. Det är också bra om materialet används samma dag som det hämtas. Om detta inte är möjligt så är det viktigt att tänka på att inte ympen kyls ner för mycket. Eftersom ympen bildar gas kan också ett övertryck bildas i kärlet. Om uppsamlingskärlet ska stå någon/några dagar innan användandet är det bra att koppla upp kärlet med en gaspåse. Eftersom ympmaterialet i sig själv kan bilda gas kan det, vid jämförande studier av gasbildning från olika substrat, också vara lämpligt att starta en kontroll utan någon substrattillsats.

Substrat (mat) till biogasreaktorn.

Här kan många olika material användas. Exempel på material som fungerar bra i en biogasreaktor är olika typer av matavfall (t.ex. hushållskompost) och foder (t.ex. en burk hundmat), gödsel, spannmål, ensilage etc. Även cellulosarikt material som tex ett kaffefilter kan brytas ner och bli biogas. Substratet fungerar bäst om det är välblandat och finfördelat. Finfördelning med en enkel köksmixer/stav fungerar bra. Fast material kan också istället klippas i små bitar. Valet av substrat blir avgörande för hur snabb och hur stor gasproduktionen blir. Generellt ger protein och fett mer gas och mer metan än vad socker gör.

Eftersom partikulärt material lätt sedimenterar i ympen är det lämpligt att skaka om flaskan innan den öppnas och ymp hålls över till reaktorkärlet. Mängden substrat som ska sättas till

beror lite på vilken typ av material som används. Riktmärket för en tillsats är ca 3-4 g torrt organiskt material/ liter ymp. Detta innebär att mängden torra organiska material som t.ex. spannmål, är lätta att beräkna. Andra avfall, som tex hushållsavfall eller andra livsmedelavfall, innehåller utöver en organisk del även en hel del vatten. Här blir det, utan vidare analyser, svårare att beräkna mängden avfall som ska tillföras reaktorn. Ett ungefärligt riktmärke för hushållsavfall är dock 10 g avfall/liter (beräknat utifrån att avfallet innehåller 30% organisk material). Om den organiska halten inte är känd är det generellt bäst att överskatta halten för att inte reaktorn ska bli överbelastad. En överbelastad reaktor bildar dåligt med gas. För att undvika problem med överbelastning kan mindre mängder substrat tillföras reaktorn varje eller varannan dag istället för en hel sats vid staten av reaktorn.

Reaktorkärl

Här kan olika typer av kärl och volymer användas. Det viktigaste är att kärlet är tätt och att ett lämpligt lock/propp kan användas. Till locket/proppen måste gaspåsen kunna anslutas. Det är också bra (dock inte nödvändigt) om locket kan skruvas fast eller på annat sätt fixeras. Detta för att undvika att proppen flyger iväg om gastrycket i flaskan ökar. Det kan också vara pedagogiskt med ett klart glaskärl, då detta tillåter eleven att lättare se reaktorninnehållet. För att få en tillräckligt hög gasproduktion är ett kärl på ca 1 liter en lagom storlek. Det går dock bra att både skala upp/ner försöket.

Gasanslutningen

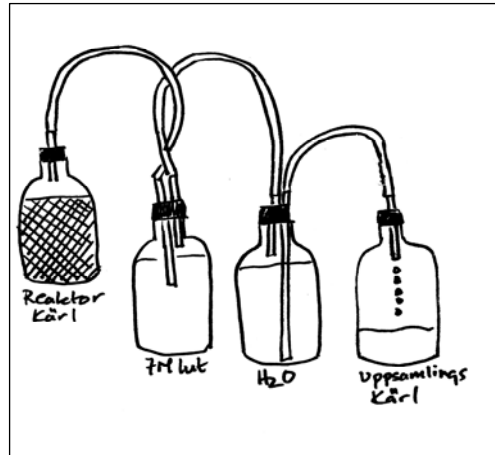
Gasanslutningen görs enklast genom att borra hål i en propp och genom detta hål sedan föra ner ett rör el dylikt. Här är det viktigt att röret sitter riktigt trångt så att gasen inte passerar förbi bredvid röret istället för igenom. På röret kopplas sedan en slang. Slangen kan sedan föras in i en ballong, och då tejpas fast ordentligt, eller kopplas till en ett nytt kärl för uppmätning av gasvolym/sammansättning (se avsnitt gasuppsamling). Alternativt kan gaspåsen sättas på flaskan genom att den kopplas till en spruta med en kanyl, som sedan för ner genom proppen.

Gasuppsamling/Gasmätning.

Här kan också olika varianter användas. Lättast är att ta en s.k. heliumballong (ca 3-4 L till 1L reaktor). Ett alternativ till att använda en gaspåse är att antingen seriekoppla reaktorn med ett eller flera utloppskärl (A) eller att använda en vattenpelare i ett volymmärkt kärl (B). Det går också bra att använda en hävert. Värt att notera i detta sammanhang att det generellt är svårast att få den seriekopplade varianten att fungera. Många kopplingar leder till fler punkter där gas kan läcka om kopplingarna inte är helt täta. Det går också bra att mäta med en tryckmätare som ett mått på mängden gas som producerats (C).

A

I den seriekopplade varianten förs gasen som bildats i reaktorn först över till en flaska med lut (7M). Här löser sig koldioxiden. Metangasen "går" sedan vidare till nästa flaska, som innehåller vatten. Gasen trycker ut vattnet till den sista flaskan. Vattenmängden i den sista flaskan motsvarar mängd producerad metangas. Genom denna design är det möjligt att inte bara demonstrera gasproduktion utan också bestämma volymen och sammansättningen på gasen, något som kan vara av intresse vid jämförande studier av olika typer av substrat.



B

Genom att använda en volymmärkt vattenpelare är det möjligt att bestämma volymen av gas som bildas. Gasen pressar ut vatten i en volym som motsvarar samma volym som den bildade gasen. Sammansättningen på gasen bestäms sedan separat genom ett gasprov som injiceras i en lutlösning i s.k. fermentationsrör (se nästa sida).

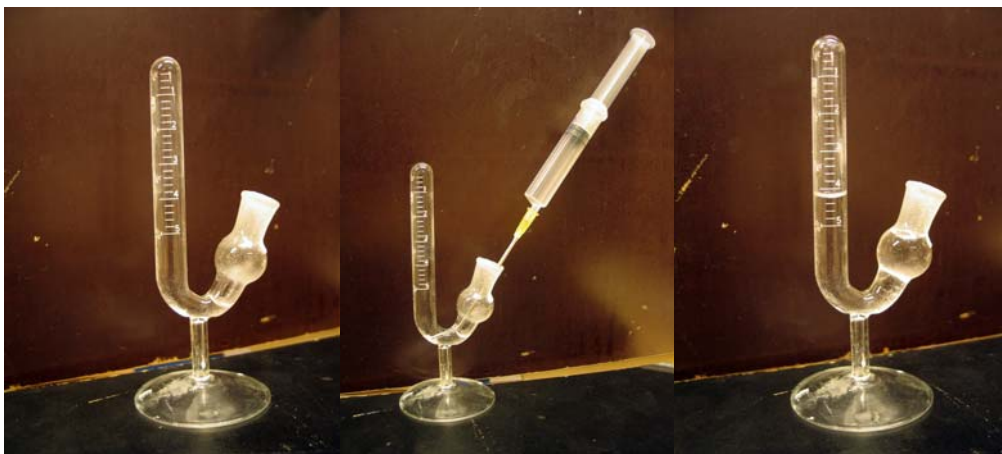


C

I stället för att samla upp gasen i en påse eller leda över gasen till olika utloppskärl kan mängden gas som producerats helt enkelt bestämmas med en tryckmätare. Det finns många olika typer av tryckmätare tillgängliga som kan fungera bra i detta sammanhang. När en tryckmätare används behövs egentligen inget gasutlopp utan trycket kan enklast mätas med en nål direkt genom proppen. Om denna metod används för gasmätning är det bra att använda en propp som är lätt att sticka igenom. Det är också mycket viktigt att se till att proppen sitter fast eftersom ett övertryck nu byggs upp i flaskan. Lämplig utrustning att använda är t ex en serumflaska med gummipropp och en aluminiumring som skruvas fast ovanpå proppen och i flaskan (se bild nedan). När trycket har mätts upp släpps trycket i flaskan ut till normal tryck. Hur ofta trycket behöver mätas beror på hur snabb nedbrytningsprocessen i reaktorn är. Då trycket ökar snabbast i början behöver mätningarna vara då vara tätare i för att sedan glesas ut allt eftersom tiden går.



Genom att injicera biogas i ett fermentationsrör (Einhorns Sacharometer) är det möjligt att få reda på gasens koldioxidinnehåll. Utifrån approximationen att biogasen består av enbart koldioxid och metan (vilket den vanligtvis gör till mer än 95%) är det sedan möjligt att bestämma gasens innehåll av metan. Lösningen i fermentationsröret består av 7 M lutlösning. I denna löser sig koldioxiden medan metangasen lägger sig i toppen och pressar "ner" lutlösningen i röret. Gasvolymen i röret kan sedan avläsas som ett mått på mängden metan.



Start av reaktor

Reaktorn startas i samband med att ympen blandas med substratet i reaktorkärlet. Eftersom de mikroorganismer som är aktiva i en biogas process är känsliga för syre är det bra om reaktorkärlet genomsköljs med kvävgas (eller annan inert gas) i samband med att ympen och substratet hålls i kärlet. Sköljning sker lämpligen fram till den tidpunkt då proppen/locket sätts på. Om ingen gas finns tillgänglig går det bra att starta en reaktor ändå. Man får dock räkna med en något längre period innan någon gas bildas i reaktorn. Om ingen sköljning med kvävgas kan utföras är det viktigt att arbeta snabbt och inte låta reaktorkärlet stå öppet alltför länge efter det att ympen förts över. En lämplig mängd ymp att starta reaktorn med är ca 600-700 ml.

Inkubation

En biogasprocess fungerar bäst vid antingen ca 37°C eller 55°C. Processen fungerar emellertid också vid en lägre temperatur, som rumstemperatur. Nedbrytningsprocessen går då långsammare varför man får vänta längre på en tydlig gasbildning. Om inget värmeskåp el dylikt finns tillgängligt är det lämpligt att placera reaktorn så varmt som möjligt i rummet.

Tips

- 1) UR (utbildningsradion) Alice i Energilandet. I denna programserie behandlas olika sätt att producera energi, bl.a. biogasproduktion från hushållsavfall.
- 2) Biogasanläggningar eller reningsverk tar ofta emot studiebesök.
- 3) Bra länkar med biogasinformation;
 - a) www.varmeforsk.se Ulf Norberg "Biogas Nuläge och Framtida Potential"
 - b) www.jti.se Institutet för jordbruks- och miljöteknik
 - c) www.sgc.se Svenskt Gastekniskt Centrum
 - d) www.avfallsverige.se Avfall Sverige
 - e) www.sbgf.info Svenska Biogas föreningen
 - f) Microdrive.slu.se SLUs forskningsprogram MicroDrive

Inköpslista för material till biogaslaboration

Här hittade jag utrustningen som användes till laborationen. Flera av artiklarna går säkert också att hitta på andra ställen

Heliumballong:	Svenska Gasballonger AB http://www.gasballonger.se 060-669300 Produktnamn; 18" Runda
Fermentationsrör:	VWR International http://se.vwr.com/app/Home info@se.vwr.com 08-6213400 Produktnamn; jäsningsackarometer Einhorn
Tryckmätare:	Svenska Termoinstrument http://www.sttermo.se/sv/start.html info@sttermo.se 08-544 445 60 Produktnamn; Tryckmätare 3160-01
Serum flaska (1L) med propp och aluminium ring	Nordic Pack www.nordicpack.com info@nordicpack.com 08-556 319 00 Produktnamn; infusionsflaska, kapsyl alu 36 mm håll
Slangar:	Slangservice i Uppsala AB http://www.slangservice.se 018-67 70 90