



**LUNDS**  
UNIVERSITET

2010-08-21

## **Torrötning i Lundaland**

Ellinor Isgren  
Kandidatuppsats, 15 hp  
Institutionen för miljövetenskap  
Lunds Universitet, sommaren 2010

Handledare: Åsa Davidsson  
Examinator: Håkan Wallander

## Sammanfattning

Biogas bildas vid syrefri nedbrytning av organiskt material och kan framställas genom rötning av olika typer av restprodukter. Produktion av biogas ger miljövinster i form av minskade växthusgasutsläpp och ett bättre utnyttjande av näringsämnen, vilket har lett till ett växande intresse för denna energikälla. Biogasproduktion i Sverige sker idag vanligen genom rötning av våta material, men det finns också en samling tekniker som möjliggör användandet av torra, stapelbara substrat utan spädning med vatten. Detta kallas torrötning. Denna studie syftar till att beskriva olika typer av torrötningsteknik, och sammanställa de praktiska erfarenheter forskare och producenter har av tekniken, för att slutligen kunna utvärdera torrötningens egenskaper och utvecklingsbehov. Arbetet fokuserar på rötning av olika gödselslag.

Två huvudkategorier av torrötning finns – satsvis och kontinuerlig, och dessa är i sin tur indelade i underkategorier varav satsvis perkolationsrötning är den vanligaste i Europa idag. Torrötningens främsta fördelar är ett lågt energibehov, möjligheter för en relativt enkel och tålig process, och inte minst användande av annars outnyttjade resurser.

En fallstudie utfördes med fokus på Lundaland (ett samarbete för landsbygdsutveckling som inkluderar Lund, Kävlinge, Lomma, Staffanstorps och södra Eslövs kommun, finansierat genom EU-initiativet Leader). I denna fallstudie undersöktes potentialen för torrötning av häst- och fjäderfågödsel. Fjäderfäproduktionen (höns och kalkoner) tycks vara relativt storskalig medan hästhållning ofta sker på små enheter, vilket ger olika utgångspunkter för biogasproduktion. Fjäderfäproduktion ger goda praktiska förutsättningar för egen biogasproduktion, såvida gödselns höga kvävehalt kan hanteras. Rötning av hästgödsel kan ske vid större hästgårdar, med hjälp av gödselmottagning, eller genom samrötning med andra substrat. En nätbaserad enkätundersökning riktad till svenska hästhållare fann ett stort intresse för biogasproduktion som ett möjligt alternativ till dagens gödselhantering, särskilt bland dem som i nuläget har problem med att göra sig av med gödseln på ett nöjaktigt sätt. Fallstudien avslutas med en beskrivning av en ridskola i Lund – en möjlig framtida intressant för torrötning.

Av studiens resultat dras slutsatsen att torrötning är ett område som förtjänar mer uppmärksamhet på grund av dess miljömässiga och tekniska egenskaper. Framför allt substrat som inte lämpar sig för konventionell våtrötningsteknik, som de nämnda ovan, är intressanta som potentiella råvaror vid torrötning. Idag hålls teknikens roll i Sverige tillbaka av brist på erfarenheter och kunskap, och också ekonomiska faktorer som till viss del är en följd av teknikens begränsade utbredning och relativt korta historia. Lundalands syften innefattar främjande av ny teknik och minskning av negativ miljöpåverkan, och sådana initiativ kan och bör spela en viktig roll för att stimulera framväxten av biogasteknik.

## **Abstract**

Biogas is formed during anaerobic digestion of organic materials, and can be produced through fermentation of various types of waste. Biogas production is associated with environmental benefits which has led to a surging interest in this energy source. Today, most of Sweden's biogas is produced through digestion of wet materials (slurry). Dry fermentation is a collection of technologies which enables the use of substrates with a high dry matter content without previous dilution. This study aims to describe the different types of dry fermentation technology, and the practical experiences of researchers and producers, in order to ultimately evaluate the qualities and development needs of dry fermentation technology. The study focuses on digestion of manure.

Two main categories of dry fermentation can be found; batch fermentation and continuous fermentation. These can in turn be divided into subcategories, of which the batch process with percolation is the method most commonly seen throughout Europe. The primary benefits of dry fermentation include a relatively low energy demand, possibilities for relatively simple and tolerant facilities, and utilization of otherwise unexploited resources.

A case study was also carried out focusing on Lundaland (a collaboration for rural development through the EU-financed Leader initiative, covering Lund, Lomma, Kävlinge, Staffanstorps and southern Eslöv municipalities). In this case study, the potential for dry fermentation of manure from horses and poultry (chicken and turkeys) was surveyed. The results suggest that poultry production is relatively centralized, while horse keeping typically involves many small units. This creates different starting-points for biogas production from the two substrates. The poultry sector has good, practical prerequisites for on-farm biogas production, provided that the manure's high nitrogen content can be managed in the plant. Digestion of horse manure can be performed at the larger units, through manure reception from surrounding units, or through co-digestion with other substrates. A web based survey conducted among Swedish horse keepers found an interest in biogas production as an alternative to current manure handling methods, particularly among those that currently are having difficulties finding ways to dispose of the manure in an satisfactory way. The case study is concluded with a description of a riding school located in Lund, a potential stakeholder in the development of dry fermentation.

It is concluded that dry fermentation is a field that deserves more attention because of its many positive environmental and technical qualities. Substrates which are not well suited for conventional wet fermentation have particularly interesting potential as raw materials for dry fermentation facilities. Today, the technology's role in Sweden is restrained by the lack of experience and knowledge, and economic factors which partly are a result of the limited prevalence and relatively short history. The aims of Lundaland include promoting new technologies and decreasing negative environmental impact, and such initiatives can and should play an important role in stimulating the growth of biogas technology.

# Innehållsförteckning

<b>1 Inledning</b> .....	<b>1</b>
1.1 Syfte och avgränsningar.....	1
1.2 Definitioner.....	2
<b>2 Biogasens roll</b> .....	<b>3</b>
2.1 Allmänt om biogas.....	3
2.2 Produktion av biogas idag.....	3
2.3 Användningsområden.....	5
2.4 Varför biogas?.....	7
2.4.1 <i>Biogasens miljöeffekter</i> .....	7
2.4.2 <i>Koppling till Sveriges miljömål</i> .....	10
<b>3 Biogasteknik</b> .....	<b>11</b>
3.1 Den biokemiska processen.....	11
3.2 Våt- och torrrotning.....	12
3.3 Samrotning.....	12
<b>4 Torrrotning</b> .....	<b>13</b>
4.1 Bakgrund och förutsättningar.....	13
4.2 Biogasutbyte vid torrrotning.....	15
4.3 Torrrotningstekniker.....	15
4.3.1 <i>Satsvis rotning</i> .....	16
4.3.2 <i>Kontinuerlig rotning</i> .....	18
4.3.3 <i>Ett eller två steg?</i> .....	19
4.4 Torrrotning i Sverige.....	20
4.5 Fördelar jämfört med konventionell våtrotning.....	22
4.5.1 <i>Miljö och energi</i> .....	22
4.5.2 <i>Tekniska och ekonomiska fördelar</i> .....	22
4.6 Nackdelar och problem.....	24
<b>5 Torrrotning av gödsel</b> .....	<b>25</b>
5.1 Nöt-, svin- och får.....	25
5.2 Hästar.....	26
5.3 Fjäderfän.....	28
5.4 Faktorer som påverkar biogasproduktionen.....	29
5.4.1 <i>Substratets egenskaper</i> .....	29
5.4.2 <i>Förbehandling av substratet</i> .....	30
5.4.3 <i>Rötningsmetod</i> .....	31
5.4.4 <i>Samrotning</i> .....	32

<b>6 Fallstudie: Torrötning i Lundaland.....</b>	<b>32</b>
6.1 Biogas i Lederområdet Lundaland.....	32
6.2 Fjäderfärgödsel.....	33
6.3 Hästgödsel.....	35
6.3.1 Förutsättningar i kommunerna.....	35
6.3.2 Sammanlagd potential.....	36
6.3.3 Lärdomar från enkätsvar och personlig kommunikation.....	37
6.3.4 Möjligheter för samrötning.....	39
6.3.5 Praktiskt exempel: LCR.....	39
<b>7 Sammanfattning och diskussion.....</b>	<b>41</b>
<b>8 Slutsatser.....</b>	<b>46</b>
<b>Referenser.....</b>	<b>47</b>

Bilaga A – Beräkningar av potential  
Bilaga B – Enkät till hästhållare  
Bilaga C – Redovisning av enkätsvar

# 1 Inledning

## 1.1 Syfte och avgränsningar

Intresset för den förnybara energikällan biogas har ökat kraftigt under de senaste åren, inte minst i Skåne där det finns stor potential för biogasproduktion. Än är dock biogas en dåligt utnyttjad energikälla i Sverige, med en produktion på ca 10 % av den beräknade potentialen. Våren 2010 gjordes ett examensarbete för Lunds Universitet där potentialen för biogasproduktion inom Lunds Kommun kartlades (Seppänen, 2010). Arbetet fokuserade framför allt på den metod som är mest utbredd i Sverige – rötning av våta, pumpbara substrat – men fann också tecken på att det i området skulle kunna finnas stora mängder substrat lämpat för den mindre vanliga metoden, torrötning. I ett seminarium om biogasproduktionens möjligheter i Skåne som hölls 2009 framgick det bland annat att det finns ett behov av teknik för att hantera torra avfallsfraktioner inom lantbruket (Larsson, 2009), och det är denna teknik som står i fokus i detta arbete. Det geografiska området är också utökat från föregående studie till att utöver Lunds Kommun även innefatta övriga kommuner inom Leaderområdet Lundaland, det vill säga Kävlinge, Staffanstorp, Lomma, och (södra) Eslöv.

Arbetets första del syftar till att generellt beskriva biogasen och dess roll. Därefter görs en mer ingående litteraturstudie på ämnet torrötning, som behandlar olika tekniker, för- och nackdelar i förhållande till konventionell våtrötningsteknik, och olika substrats lämplighet för tekniken. Då det var nödvändigt att avgränsa arbetet till att fokusera på en viss typ av substrat valdes gödsel, främst på grund av de potentiella miljövinsterna som finns. Den tredje delen är en fallstudie, som ämnar att undersöka möjligheten för torrötning av häst- och fjäderfägödsel i de aktuella kommunerna. Dessa substrat valdes dels för att tidigare studier tyder på att det bör finnas en god tillgång, och dels för att de lämpar sig dåligt för konventionella våtrötningstekniker. Resultatet från en enkätstudie, som gjordes för att identifiera förutsättningar och hinder för biogasproduktion från hästgödsel, redovisas också här, liksom ett praktiskt exempel på en möjlig intressent.

## 1.2 Definitioner

Biogas	Gas främst bestående av metan (CH <sub>4</sub> ) och koldioxid (CO <sub>2</sub> ), bildad genom anaerob nedbrytning (rötning) av organiskt material. Kan även framställas genom termisk förgasning av bland annat trä och kallas då oftast biometan (detta behandlas dock ej här)
Biogödsel	Det material som återstår i fast och/eller flytande form efter rötningen, det vill säga rötresten, som används som växtnäring och jordförbättrare
Djupströgödsel	Gödsel från djupströbäddar, bestående av träck och urin med stora inslag av strömedel
Fastgödsel	Icke pumpbar gödsel med en torrsubstanshalt >20% bestående av träck och eventuellt strömedel
Flytgödsel	Gödsel av pumpbar konsistens bestående av urin, fekalier och ibland tillsatt vatten
Organisk belastning	Mängd organiskt material som tillförs i rötkammaren per volym- och tidsenhet. Ett mått på hur väl rötkammarvolymen utnyttjas
Samrötning	Rötning av två eller flera olika material vid ett och samma tillfälle
Substrat	Organiskt material som rötas i en biogasanläggning och därmed omvandlas till biogas och biogödsel
TS	Torrsubstanshalt. Den andel av materialet som återstår efter fullständig torkning
Torrötning	Rötning av stapelbart material med en torrsubstanshalt på ca 20-35 %
VS	Volatile solids. Den andel av materialet som består av organiska föreningar
Våtrötning	Rötning av pumpbart substrat med en torrsubstanshalt på ca 2-10 %
Ymp	Material innehållande de mikroorganismer som biogasprocessen kräver och som tillsätts färskt substrat. Vanligen rötrest eller vätska från välfungerande anläggning.

## **2 Biogasens roll**

### **2.1 Allmänt om biogas**

Biogas består till största delen av metan, och är ett förnybart bränsle som framställs genom kontrollerad anaerob nedbrytning av organiskt material av animalisk eller vegetabilisk härkomst. I princip allt organiskt material kan rötas, och material används för biogasproduktion inkluderar avloppsslam, organiskt avfall, gödsel och växtrester. Störst biogaspotential har substrat med högt energiinnehåll, såsom fettrika material. Endast kraftigt förvedat material, som trä, är mindre lämpligt för biogasproduktion på grund av den långsamma nedbrytningen (Weiland, 2010). I dagsläget står avloppsreningsverk och deponier för den största delen av biogasframställning i Sverige (se *tabell 1*) (Statens Energimyndighet, 2008).

Framställning av biogas är, trots dess idag blygsamma roll i Sverige, inte en ny teknik utan växte fram under början av 1800-talet. Intresset för biogasproduktion tog dock inte ordentlig fart förrän under 1970-talets energikriser (Mata-Alvarez, 2003:1). Under senare tid har intresset åter förstärkts på grund av den ökande medvetenheten när det gäller de fossila bränslenas negativa miljöpåverkan, och effekterna av peak oil. Globalt sett förväntas biomassa komma att stå för majoriteten av den dramatiska ökningen i energiförbrukning som kommer att ske under 2000-talet (Deublein & Steinhauser, 2008:305). Eftersom biogas är ett av de biobränslen som innebär högst nettoproduktion av energi per areaenhet (Samson *et al.*, 2008), och dessutom kan framställas från restprodukter, kan biogasen komma att få en central roll i denna utveckling.

### **2.2 Produktion av biogas idag**

Europas totala produktion av energi från biogas uppgick till 6 miljoner ton oljeekvivalenter år 2007, med en årlig ökning på 20 %. Tyskland är världens största producent av biogas, mycket tack vare en stark utveckling av gårdsbaserade biogasanläggningar. Omkring 4000 anläggningar var i drift på tyska lantbruk år 2008 (Weiland, 2010).



Sveriges totala biogaspotential från inhemsk råvara uppskattas vara ca 15,2 TWh/år, exklusive råvara från skog, med en praktisk potential på ca 10,6 TWh. Potentialen varierar mellan olika regioner i landet beroende på till exempel befolkningstäthet och markanvändning, med Skåne och Västra Götaland i toppen (Biomil AB & Envirum AB, 2008). Om man dessutom räknar in biometan producerat från cellulosarika trämaterial stiger landets potential betydligt till ca 100 TWh.

**Tabell 1** Antalet biogasanläggningar av olika typ i Sverige 2008, och dess energiproduktion (Statens Energimyndighet, 2010)

<b>Produktionstyp</b>	<b>Antal</b>	<b>Energiproduktion (GWh/år)</b>
Avloppsreningsverk	140	605
Deponier	58	369
Industrianläggningar	4	130
Samrötningsanläggningar	17	240
Gårdsanläggningar	8	15
<b>Totalt</b>	<b>227</b>	<b>1359</b>

År 2008 var 227 svenska biogasanläggningar i drift, med en total produktion på 1,359 TWh (tabell 1), vilket kan jämföras med Sveriges totala energitillförsel på ca 612 TWh (Statens Energimyndighet, 2009). Detta är en produktionsökning på 12 % sedan 2006, och en tillkomst av 4 nya anläggningar. Produktionen har främst ökat i samrötningsanläggningar (3 nya) och industrianläggningar (1 ny), medan förbudet mot deponi av organiskt material troligen står bakom minskningen från 60 till 58 deponianläggningar. Produktionen har dock ökat i alla kategorier, oavsett förändring av antal anläggningar (Statens Energimyndighet, 2008). Utvecklingen av biogasproduktion i Sverige går därmed framåt, men framväxten av nya anläggningar är relativt långsam. En anledning till att biogaspotentialen utnyttjas långt ifrån fullt ut kan vara att den mikrobiologiska processen är känslig mot störningar och svår att kontrollera. Eftersom överbelastning kan ge upphov till instabilitet drivs många anläggningar under sin kapacitet, vilket ger höga investerings- och driftkostnader i förhållande till produktionen. En annan anledning kan vara att den teknik som idag är utbredd är anpassad till att röta våta, pumpbara substrat. En stor del av substratet, i synnerhet det som finns att tillgå inom lantbrukssektorn, har låg vattenhalt och är bättre lämpade för torra processer (Agrigas, 2002). Ytterligare en förklaring kan vara att Sverige

länge har haft relativt låga energipriser, vilket har gjort att den ekonomiska motivationen varit låg (Edström & Nordberg, 2004).

Skåne är det län i Sverige som har högst biogaspotential, framför allt tack vare omfattande jordbruk och djurhållning samt tät befolkning (Biomil AB & Envirum AB, 2008). På grund av detta, i kombination med ett stort behov av näringsämnen inom jordbruket, har regionen målsättningar om att bli pilotlän för biogasproduktion. Länsstyrelsen i Skåne uppger att Skånes årliga stallgödselproduktion ensam skulle kunna driva 45 000 bilar, och att länet även har stor tillgång till restmaterial från livsmedelsindustrin. År 2008 fanns det 43 anläggningar i Skåne med en total produktion på ca 0,3 TWh, att jämföras med den identifierade potentialen på ca 4 TWh (exklusive skog och grödor). Målet som Länsstyrelsen i Skåne har satt upp som regionalt miljömål är att biogasproduktionen ska öka till 3 TWh till år 2020 (Länsstyrelsen i Skåne län, 2008).

### **2.3 Användningsområden**

Biogas kan användas för produktion av värme, el och fordonsgas. Gasen kan användas av producenten själv, då den kan eldas i värme pannor för uppvärmning av byggnader och själva röt-kammaren, samt användas för att driva gasturbiner. Elproduktion från biogas kräver dock större investeringar än bara värme produktion. Biogasen och eventuellt elektriciteten som produceras kan även användas i fjärrvärmenät, respektive kopplas till elnätet (Svenska lantbrukssällskapens förbund, 2007). Eftersom biogas är en förnybar energikälla får producenter ekonomiskt stöd i form av ett elcertifikat för varje producerad MWh, ett system som infördes 2003. Elleverantörer och en del elanvändare är förpliktigade att köpa elcertifikat som motsvarar en viss kvot av deras försäljning eller användning, och denna kvot ökas för varje år vilket gör att efterfrågan på el från förnybara källor ständigt ökar (Svenska Kraftnät, 2009).

För att biogasen ska kunna användas som fordonsgas måste den uppgraderas, då den måste innehålla minst 95 % metan och därmed få ett högre energivärde. Genom uppgraderingen rensas gasen från svavelväte och partiklar, och koldioxiden separeras från metangasen

(Svenska lantbrukssällskapens förbund, 2007). En normalkubikmeter (med en temperatur på 0°C och atmosfärtryck) uppgraderad biogas motsvarar cirka 1,1 liter bensin (Svenska Biogasföreningen *et al.*, 2008). Uppgraderingen sker vanligast genom tryckvattenabsorption i en skrubber. Eftersom både koldioxid och svavelväte löser sig lättare i vatten än i metan kan en stor del av dessa ämnen separeras från metangasen (Svenska lantbrukssällskapens förbund, 2007). Nackdelen är dock att en liten mängd metan också löses upp, och att processen är kostnadskrävande (Svenska Biogasföreningen *et al.*, 2008). Uppgraderingen innebär också att en del av biogasens energi förbrukas i processen, men denna del kan vara så liten som 5 % (Mata-Alvarez, 2003:268). Gasen luktsätts sedan för att underlätta upptäckt av eventuella läckage, och gasen komprimeras till ett tryck på ca 200 bar (Svenska Biogasföreningen *et al.*, 2008). Den uppgraderade biogasen kan användas i naturgasnätet efter tillsats av några procent propan (Lantbrukarnas Riksförbund, 2008).

Ungefär hälften av den biogas som producerades i Sverige under 2008 användes för värmeproduktion (inklusive värmeförluster). En fjärdedel uppgraderades till fordonsgas, 14 % facklades och en liten andel användes för elproduktion (se *tabell 2*) Anledningen till att en del biogas facklades var att man inte fann någon användning för den (Statens Energimyndighet, 2008). Fackling är framför allt vanligt på små anläggningar som endast utnyttjar gasen för värmeproduktion, och då oftast under sommaren då energibehovet är lägre (Svenska Biogasföreningen *et al.*, 2008).

**Tabell 2** Användning av biogas i Sverige 2008  
(Statens Energimyndighet, 2008)

Användningsområde	Andel
Värme	53 %
El	4 %
Fordonsgas	26 %
Fackling	14 %

Intresset för biogas som fordonsbränsle har ökat i snabb takt under de senaste tio åren på grund av lyckade satsningar och en ökad medvetenhet om biogasens många fördelar. I mars 2008 fanns det 34 svenska uppgraderingsanläggningar i drift. I vissa områden, till exempel Stockholmsregionen, överstigs dock tillgången av efterfrågan (Svenska Biogasföreningen

*et al.*, 2008).

## **2.4 Varför biogas?**

### ***2.4.1 Biogasens miljöeffekter***

En stor del av biogasens fördelar ligger i att det är en förnybar energikälla som kan ersätta fossila bränslen, och därigenom minska negativ miljöpåverkan av en stor mängd olika slag inklusive utsläpp av växthusgaser, partiklar, radioaktivitet och försurande samt cancerframkallande ämnen (Edelmann, 2003:293). Rötning av avfall innebär tillvaratagande av energi som annars skulle förloras till atmosfären, och producerar dessutom en restprodukt med minst lika goda näringsegenskaper som råvaran (Svenskt Gastekniskt Center, 2001).

Av alla drivmedel som idag finns på marknaden, är biogas det som ger upphov till lägst utsläpp av både koldioxid och partiklar (Svenska Biogasföreningen *et al.*, 2008). Genom att ersätta fossila bränslen med biogas sker en betydande minskning av utsläppet av växthusgaser, då biogas har ca 93 % lägre klimatpåverkan än bensin. Biogas producerad från gödsel har dubbel effekt med avseende på klimatpåverkan, eftersom konventionell lagring av gödsel ger upphov till läckage av den kraftiga växthusgasen metan. Biogas från gödsel, som används som drivmedel, beräknas innebära 180 % lägre utsläpp av koldioxidenheter jämfört med fossila drivmedel. Biogödseln som bildas genom processen ger även ett mindre utsläpp av dikväveoxid (även denna en växthusgas) än vanlig gödsel (Länsstyrelsen i Skåne län, 2008).

Utöver klimateffekterna har även andra fördelar med biogasproduktion identifierats. Eftersom processen sker i en sluten kammare och näringsämnen bevaras, kan det material som blir kvar efter utvinning av biogas användas som gödningsmedel i form av biogödsel. Utöver det minskade dikväveoxidutsläppen från denna gödsel, bidrar den även till ett minskat näringsläckage jämfört med vanlig stallgödsel eftersom näringsämnen lättare tas upp av grödor, förutsatt att spridningen sker på ett lämpligt sätt och vid rätt tidpunkt. Detta

beror på att en del av kvävet i det organiska materialet genom rötningsprocessen omvandlas från organiskt bundet kväve till den mer lättupptagliga formen ammoniumkväve (Lantz, 2004). Kol/kväve-kvoten sänks, vilket även detta är positivt för kväveupptaget (Weiland, 2010), och eftersom biogödsel har en homogen struktur med små partiklar tränger den snabbt ner i jorden och är lätt för lantbrukaren att hantera och sprida. Dessa egenskaper gör biogödseln till ett attraktivt alternativ inte minst i Skåne, som är ett av landets känsliga områden när det gäller nitrat (se figur 1). Studier har även visat att rötning kan göra näringsämnen fosfor och kalium mer lättillgängliga för grödor (Goodfellow Agricola Inc., 2007). I och med att

biogödseln från biogasproduktionen i en del fall kan ersätta handelsgödsel innebär detta en ekonomisk besparing för lantbrukaren, och en energibesparing då framställning av handelsgödsel är en energikrävande process (Svenska Biogasföreningen *et al.*, 2008).

Rötningsprocessen har dessutom visats kunna inaktivera ogräsfrön, svampar, virus, parasiter och bakterier såsom *Escherichia coli* och *Salmonella*, vilket är en stor fördel om rötresten skall användas som gödningsmedel eftersom både behovet av herbicider och risken för vattenföroreningar då minskar (Sahlström, 2003; Yiridoe *et al.*, 2009). Ytterligare en fördel med biogödsel är att den anaeroba nedbrytningen minskar gödselns lukt. Detta kan innebära färre klagomål på lukt från jordbruket, vilket ibland är ett problem i tätbefolkade områden (Yiridoe *et al.*, 2009). Enligt Jordbruksverket (2005a) har undersökningar visat att rötad gödsel luktar ca 25 % mindre än orötad gödsel.

Kompostering, som är en vanlig metod för behandling av organiska restprodukter inklusive hushållsavfall, trädgårdsavfall och till viss del gödsel, innebär också att energi frigörs (i form av värme) då kemiska bindningar i materialet bryts. Till skillnad från i biogasanläggningar är det dock näst intill omöjligt att tillgodogöra denna energi (Edelmann,



**Figur 1** Sveriges nitratkänsliga områden, där särskilda bestämmelser finns för att minska näringsläckaget från jordbruket (Malgeryd, 2006)

2003:294). I stället för metanbildningen som sker vid anaerob nedbrytning, sker istället framför allt en omvandling till koldioxid, också en växthusgas men svagare än metan. Man riskerar också ökade utsläpp av lustgas (Wahlander, 2004). Efter att ha gjort en miljökonsekvensbeskrivning där de två metoderna kompostering och rötning jämfördes, skriver Edelman (2003:294) att det är svårt att förstå varför komposteringsanläggningar fortfarande tas i bruk, då rötning är att föredra både ur ett ekologiskt och ur ett ekonomiskt perspektiv.

Eftersom biogasanläggningar innebär produktion och hantering av metan måste förlusterna av denna starka växthusgas hållas på en låg nivå för att biogasproduktionens miljöpåverkan i fråga om växthusgaser ska förbli positiv. Vid rötning av gödsel beräknas förluster på 22-26 % vara acceptabla för att fördelarna med tanke på växthusgaser ska vara större än nackdelarna (Börjesson & Berglund, 2003). När det gäller växthusgasemissioner från biogasproduktion är denna också till stor del beroende av hur rötresten hanteras. Eftersom materialet då innehåller en stor mängd anaeroba, metanbildande bakterier så finns det risk för att betydande metanutsläpp sker även om bara en mycket liten del av rötresten bryts ned utanför röt-kammaren (Edelman, 2003:284). Detta är därmed något som måste beaktas för att inte de miljömässiga fördelarna med biogasproduktion ska motverkas.

En annan viktig aspekt är hur långa transporter som rötningen ger upphov till. Större anläggningar innebär ekonomiska fördelar, men bortsett från anläggningar i direkt anslutning till större städer innebär detta ekologiska nackdelar då material måste transporteras långa sträckor till och från anläggningen. Enligt Berglund och Börjesson (2006) beräknas nettoenergiproduktionen bli negativ då transportsträckan för gödsel överskrider ca 200 km, men eftersom den största energiåtgången sker i själva biogasanläggningen är systemets energibalans specifik för varje anläggning och påverkas av vilket substrat som används, rötningssmetod och gasutbyte. Dessutom har det betydelse vilka transporter som sker av gödseln i avsaknad av biogasanläggningar, eftersom en del material måste transporteras oavsett (till exempel från djurhållningsanläggningar utan växtodling). Analyser som tar hänsyn till områdes- och anläggningsspecifika förutsättningar krävs för att optimera lokalisering och storlek av centrala anläggningar.

## ***2.4.2 Koppling till Sveriges miljömål***

### *Begränsad klimatpåverkan*

Biogasproduktion är starkt kopplat till miljömålet ”Begränsad miljöpåverkan” då biogas kan ersätta fossila bränslen och bidra till minskade växthusgasutsläpp från jordbruket då gödsel används som substrat. Länsstyrelsen i Skåne län (2010a) anser att biogas är en viktig del för att uppnå detta mål.

### *Ingen övergödning*

Den rötade biomassans homogena struktur och lättupptagliga näringsämnen gör att risken för näringsläckage kan minskas jämfört med användning av konventionell gödsel eller konstgödsel, förutsatt att gödningen sker med lämpliga metoder och vid rätt tidpunkt. Detta är speciellt relevant i Skåne, där det finns mycket jordbruksmark och dessutom sandiga jordar som lätt ger upphov till kväveläckage (Vattenmyndigheten Södra Östersjön, 2010). Minskad övergödning har i sin tur positiva effekter på andra miljömål såsom ”Hav i balans samt levande kust och skärgård” och ”Levande sjöar och vattendrag”.

### *God bebyggd miljö*

Inom målet God bebyggd miljö ingår faktorer såsom en ökad andel förnybar energi, återförande av restprodukter i kretsloppet, och god kvalitet på vatten och luft (Miljömålsportalen, 2010). I delmålet som handlar om avfall anges att minst 35 % av matavfallet skall återvinnas genom biologisk behandling senast år 2010 (ett mål som inte kommer att uppfyllas). Jordbruksavfall nämns inte specifikt i delmålet.

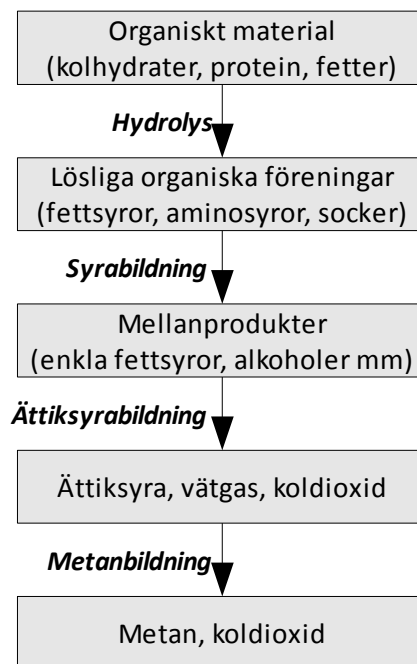
### *Bara naturlig försurning och Frisk luft*

Biogas ger låga utsläpp av stoft, försurande ämnen och oförbrända kolväten jämfört med förbränning av olja (Örebro kommun, 2010), och då biogas ersätter bensin leder detta till minskade utsläpp av försurande ämnen och luftföroreningar (Börjesson, 2007). Biogasproduktion kan därför bidra till uppfyllandet av miljömålen om försurning och frisk luft.

## 3 Biogasteknik

### 3.1 Den biokemiska processen

Processen för framställning av biogas kan beskrivas i fyra steg (se *figur 2*). Det första steget är nedbrytning, eller hydrolys, då komplexa molekyler i det organiska materialet bryts ned med hjälp av enzymer till mindre beståndsdelar, såsom enkla sockerarter, aminosyror och långa fettsyror. Det andra steget är syrabildning, en typ av jäsning då syrabildande bakterier omvandlar ovanstående komponenter till bland annat enkla fettsyror, alkoholer, koldioxid och ammoniak (Ek, 2007). I det tredje steget, ättiksyrabildning, omvandlas materialet till ättiksyra, vätgas och koldioxid, och i det fjärde och sista steget omvandlas dessa till metangas och koldioxid av metanbildande bakterier. Processen kan ske vid olika temperaturer; 4-25 °C (psykrofil), 25-40 °C (mesofil) eller termofil (50-60 °C), vilka resulterar i olika hastighet och gasutbyte (Svenska Biogasföreningen *et al.*, 2008). Även typen av organiskt material som används i processen påverkar hur mycket metangas som bildas, då till exempel hög vattenhalt och svårnedbrytbart material ger ett lågt gasutbyte (Edström *et al.*, 2004).



**Figur 2** Biogasframställningens steg (modifierad från Gustafsson, 2006)

Biogasen består till största delen av metan (50-70 %) och koldioxid (25-40 %) men även mindre mängder divätesulfid och ammoniak (Edström *et al.*, 2004). Den transporteras till en tank för att tillfälligt lagras innan den används för framställning av värme, elektricitet eller fordonsgas (Arvanitoyannis *et al.*, 2008). Gasen måste ibland renas från divätesulfid och vattenånga för att förhindra att gasledningar skadas (Weiland, 2010).



### **3.2 Våt- och torrötning**

Biogasprocessen kan indelas i två huvudkategorier; våtrötning och torrötning. Traditionellt sett har rötningstekniker i Sverige använts för att behandla flytande avfall, såsom flytgödsel, avfallsvatten från hushåll och industrier, och slam från reningsverk. Det finns dock även stora mängder fast material bland jordbruks- och kommunalt avfall, vars hantering inte har uppmärksammats på samma sätt (Mata-Alvarez, 2003:2). Våtrötning är idag betydligt vanligare i Sverige, men sett över hela Europa är torrötning den numerärt dominerande tekniken för behandling av organiskt avfall (Naturvårdsverket, 2002).

Vid våtrötning ligger halten fast material under 10 % vilket tillåter fullständig omrörning i rötningsskammaren. Rötresten som återstår efter rötningen är pumpbar och kan spridas som flytande gödningsmedel. Material med en torrsustanshalt på ca 15 – 35 % benämns som torrt, och måste blandas med till exempel flytgödsel eller vatten för att ett pumpbart substrat skall bildas som kan rötas genom våtrötning (Weiland, 2010). Det finns dock metoder som använder sig av icke-pumpbara substrat med en torrhalt upp till ca 50 % utan att späda ut dem, vilket sker i torröttningsanläggningar. Dessa tekniker behandlas närmre i sektion 4.

### **3.3 Samrötning**

Samrötning, det vill säga samtidig rötning av minst två olika typer av substrat i en anläggning, gör det möjligt att optimera biogasprocessen. Trots detta är det relativt få europeiska biogasanläggningar som använder sig av samrötning – ca 7 % år 2000 (De Baere, 2000).

Fördelarna med samrötning är framför allt en ökad metanproduktion och en mer stabil rötningssprocess, men det kan också finnas ekonomiska fördelar då olika avfallstyper kan behandlas i en och samma anläggning. Samrötning kan också göra det lättare att hantera varierande tillgång och kvalitet när det gäller substrat. Det som ger upphov till fördelarna med samrötning är att olika substrat kan balansera varandra genom att de innehåller olika

koncentrationer av näringsämnen, samt olika kol/kväve-kvot och pH-värden. En egenskap som orsakar problem vid rötning av ett enskilt substrat kan därmed hanteras, eller till och med bli en fördel (Hartmann, 2003:183).

Gödsel lämpar sig särskilt väl för samrötning eftersom dess höga ammoniakhalt ger en god buffringsförmåga, och det innehåller även ett brett spektrum av näringsämnen som är viktiga för bakterietillväxten (Hartmann, 2003:188). Rötning av endast grödor har visat sig vara komplicerat på grund av problem med varierande organisk belastning och brist på mikronäringsämnen. Tillsats av en viss del gödsel motverkar dessa problem och gör att anläggningen kan belastas med en större mängd organiskt material (Nordberg & Nordberg, 2007). Rötning av endast gödsel, å andra sidan, kan också vara problematiskt. Gödsel innehåller ofta en hög halt fibrer (lignocellulosa), och i fallet med flytgödsel även en låg halt torrs substans. Fibrer motverkar den anaeroba nedbrytningen och passerar ofta genom röt-kammaren utan att brytas ned, vilket orsakar en lägre biogasproduktion. Genom tillsats av organiskt material till exempel i form av hushållsavfall eller industriavfall, med hög halt av lätt-nedbrytbara kolhydrater, proteiner och lipider, kan en högre biogaspotential uppnås (Hartmann 2003:189).

## **4 Torrötning**

### **4.1 Bakgrund och förutsättningar**

Definitionen av torrötning baserat på substratets torrs substanshalt är något inkonsekvent i litteraturen; till exempel 15-35 % (Weiland, 2006), 25-35 % (Nordberg & Nordberg, 2007), och 20-40 % (Oleszkiewicz & Poggi-Varaldo, 1997). Därför definieras torrötning ibland bara som rötning av stapelbara, icke-pumpbara material. Torrötning innebär att materialet får behålla sin fasta konsistens, och späds oftast inte ut alls. Endast mycket torra substrat (>50 % TS) kräver utspädning med vatten för att den mikrobiologiska processen skall fungera (Oleszkiewicz & Poggi-Varaldo, 1997). Att definiera torrötning som rötning utan

tillsats av vatten är dock missvisande, eftersom en viss mängd vätska ofta tillsätts under processens gång för att uppnå goda förhållanden för mikroorganismerna (Björnsson & Lantz, 2008).

Till skillnad från vid våtrötning, där materialet behöver vara väl sönderdelat och homogent, är det ofta en fördel vid torrötning om substratet inte är alltför finfördelat. Grövre konsistens ger en bättre struktur och förbättrar genomströmningen av vätska genom rötmassan, vilket minskar risken för att partier av substratet rötas dåligt. Därmed är också behovet av förbehandling av substratet mindre för torrötningsprocesser (Fjäderfäcentrum, 2007).

Majoriteten av dagens kommersiellt tillgängliga biogasanläggningar lämpar sig för rötning av våta, pumpbara substrat. Djurhållning med till exempel häst, får, fjäderfä och till stor del nötkreatur, särskilt då djupströbäddar och halm används, ger upphov till fast gödsel som måste förbehandlas för att kunna användas i dessa anläggningar. Till detta läggs behovet av utrustning för både det torra, obehandlade substratet och för det våta rötningssubstratet och rötresten. Lantbrukare och andra aktörer som vill producera biogas, men som har tillgång till torrt substrat, ställs därmed inför stora kostnader vad gäller konstruktion och drift (Schäfer *et al.*, 2006). Den vanligare typen av biogasanläggningar inom jordbruket, våtrötning, är därmed i praktiken oftast aktuell där teknik för hantering av slam redan existerar.

I kommunala anläggningar för rötning av organiskt avfall är kapaciteten bland europeiska torr- och våtrötningssanläggningar ungefär likvärdig (Schäfer *et al.*, 2006), vilket tyder på att torrötningsteknik kan vara ett bra alternativ beroende på förutsättningarna. I Tyskland uppskattas det finnas ca 300 torrötningsanläggningar i drift. Förutom kommunalt avfall rötas där även energigrödor, till exempel majsensilage, i stor utsträckning. Detta är mycket tack vare det ekonomiska stöd som ges för denna typ av verksamhet. I januari 2007 infördes en teknikbonus på priset på den el som produceras i torrötningsanläggningar, vilket syftade till att öka rötningen av gödsel för att minska metanutsläppen från konventionell gödselhantering (Clementson, 2007). I Sverige tros rötning av just gödsel, som redan finns

och måste hanteras på gårdarna, kunna ge bäst ekonomiska förutsättningar och störst miljövinster när det gäller torrötning (Nordberg & Nordberg, 2007).

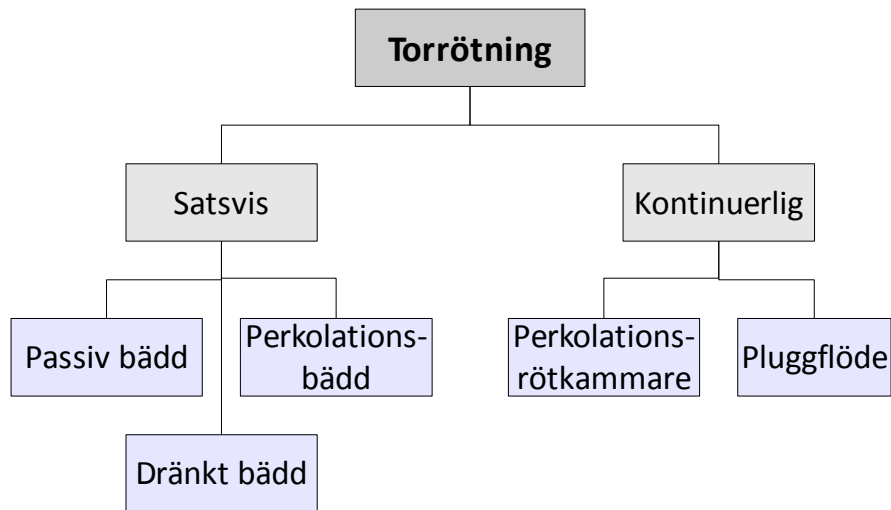
#### **4.2 Biogasutbyte vid torrötning**

Försök med torrötning visar att metanutbytet kan vara i samma storleksordning vid användning av torra processer som vid konventionell våtrötning (Nordberg & Nordberg, 2007; Weiland, 2010). Olika resultat och påståenden hittas i litteraturen, både de som hävdar att torrötning generellt ger lägre biogasutbyte än våtrötning (Deublein & Steinhauser, 2008:305; Nordberg & Edström, 1997) och studier som visar att utbytet vid torrötning kan vara något högre (Bhattacharya & Mishra, 2003).

Deublein och Steinhauser (2008:305) skriver att den i Europa vanligaste torrötningstekniken – perkolationsbäddar – typiskt ger 10 – 20 % lägre biogasutbyte än konventionell våtrötning, men att detta förväntas ändras i takt med att processen förbättras, och att framtida anläggningar kommer kunna åstadkomma ett lika stort utbyte som våtröttningsanläggningar. Troligen beror de olika resultaten på vilka metoder, och vilka substrat, som använts. Då det finns substrat som i princip endast lämpar sig för den ena eller den andra tekniken, skall slutsatser angående jämförelser dras med försiktighet. Metanutbytet är heller inte den enda faktorn som avgör vilken metod som är det mest energieffektiva eller i andra avseende bäst lämpade alternativet.

#### **4.3 Torrötningstekniker**

Torrötning kan delas in i satsvis och kontinuerlig rötning, och därefter i underkategorier som beskrivs i följande stycken (se *figur 3* nedan).



**Figur 3** Olika kategorier av torrötning. Perkolationsbädd, dränkt bädd och perkolationskammare kan delas in ytterligare en- eller tvåstegsprocesser.

#### 4.3.1 Satsvis rötning

Vid satsvis rötning (ibland kallat ”garagerötning”) lastas substratet in i rötkammaren vid ett tillfälle, rötas under en viss tidsperiod beroende på material och teknik (ca en månad), och lastas sedan ut varefter en ny sats substrat läggs in. Inlastningen sker med hjullastare genom en gastät port eller öppning i taket (Nordberg & Nordberg, 2007). Enligt Weiland (2010) måste minst tre rötkammare drivas parallellt med fasförskjutning för att en jämn gasproduktion ska uppnås.

Trots att den satsvisa rötningen i princip fungerar som en ”deponi i en låda” (Vandevivere *et al.*, 2003:133) så kan en biogasproduktion som är 50-100 gånger högre åstadkommas i satsvisa torrötningsanläggningar än vad som bildas vid deponier. Detta beror dels på att lakvattnet kan samlas upp och återföras till substratet, vilket innebär en inympning samt återtillförsel av näringsämnen, och dels på att temperaturen normalt är högre. Tack vare enkel design och drift, motståndskraft mot föroreningar och relativt låg investeringskostnad är denna typen av biogasanläggning ett lovande alternativ för utvecklingsländer (Ouedraogo, 1999) och potentiellt även för lantbruket. Investeringskostnaden är enligt Vandevivere *et al.* (2003) ca 40 % lägre för satsvisa anläggningar än för kontinuerliga, men biogasutbytet uppges också vara 40 % lägre för samma avfallstyp på grund av

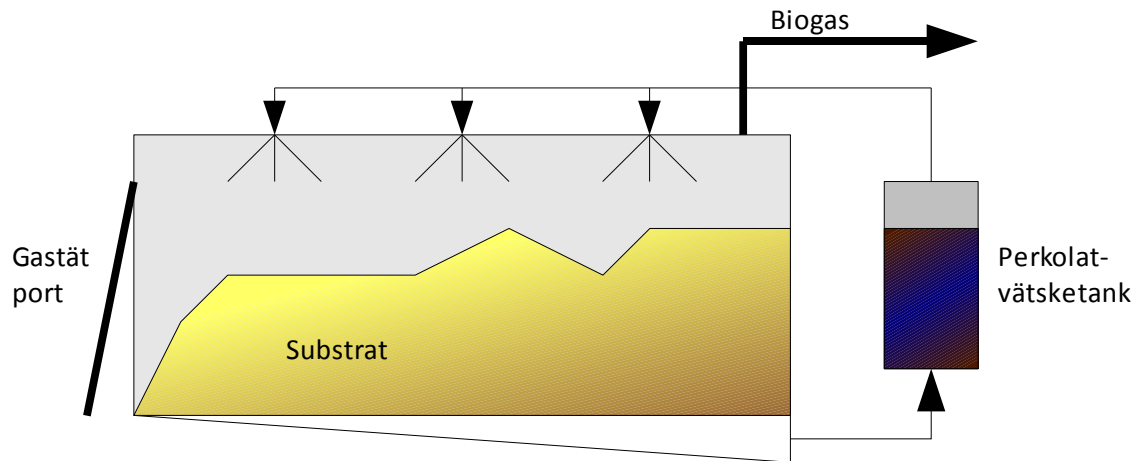
kanalbildning som resulterar i ofullständig rötning (se dock beskrivningen av dränkt bädd nedan). Satsvis rötning kan i sin tur delas in i passiv bädd, perkolationsbädd, eller dränkt bädd.

*Passiv bädd* betyder att materialet rötas utan omrörning eller recirkulation av vätska tills gasproduktionen klingar av. Allra enklast sker detta i en plastslang som substratet läggs in i tillsammans med en perforerad slang för uppsamling av gas (Jäkel, 2004). Den passiva bädden är enkel och billig, men tillämpas inte i någon större skala i dagsläget.

*Dränkt bädd* fungerar så att substratet helt blötläggs under rötningen. När gasproduktionen stannar av töms behållaren på vätska och rötresten lastas ur. Reaktorn fylls på med nytt substrat, och vätskan återanvänds och fungerar därmed som ymp. Dränkt bädd ger fördelar när det gäller temperaturfördelning (Kusch *et al.*, 2008), och gör även att problem med kanalbildning, som kan uppstå i perkolationssystem, undviks (Fredrik Johansson, personlig kommunikation, 5 juli 2010). Denna metod är dock också ovanlig för närvarande (Nordberg & Nordberg, 2007).

Satsvis *perkulationsbädd* (se figur 4) är i Tyskland den vanligaste typen av torrötningsteknik inom lantbruket, och går ut på att den vätska som tillförs och bildas dräneras bort genom golvet, samlas upp, och återförs från taket. Denna vätska fungerar som ymp då den har en hög halt metanbildande bakterier (Nordberg & Nordberg, 2007). Perkulationsvätskan kan värmas upp med hjälp av värmeväxlare för att bidra till uppvärmning av substratet. Uppvärmning sker också genom golv och väggar (Bekon Energy Technologies, 2008). En av utmaningarna med perkulationsbäddar är att skapa en god kontakt mellan substratet och mikroorganismerna, och se till att inga torra partier uppstår (Björnsson & Lantz, 2008)

Både den dränkta bädden och perkulationsbädden kan drivas som tvåstegsprocesser, där vätskan efter kontakt med substratet rötas i en separat kammare (Nordberg & Nordberg, 2007). Majoriteten av torrötningssystem (ca 90 % av europeiska anläggningar) är dock enstegsprocesser (De Baere, 2000).



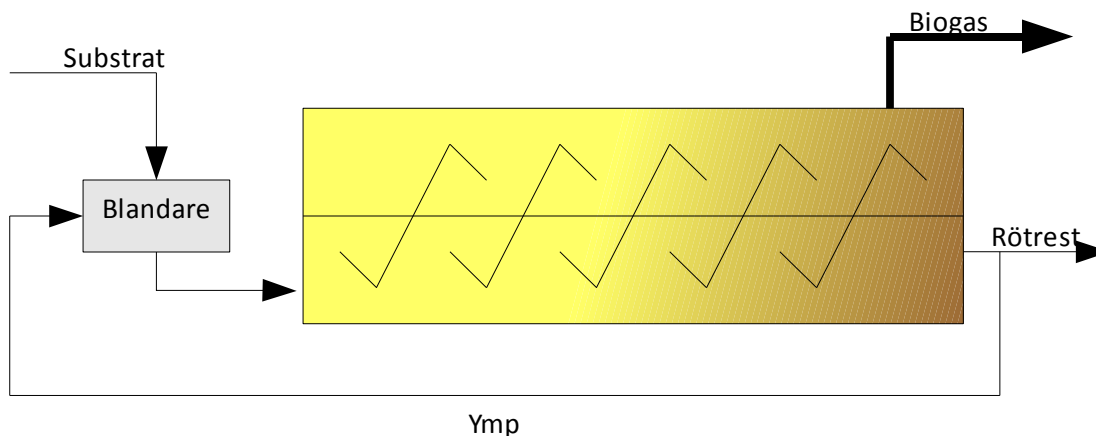
**Figur 4** Satsvis perkolationsrötning (schematisk figur, modifierad från Nordberg & Nordberg, 2007)

#### 4.3.2 Kontinuerlig rötning

Alternativet till satsvis rötning är kontinuerlig rötning, vilket mer liknar processen som används för våta substrat. Denna typ av rötning används i dagsläget framför allt till behandling av kommunalt avfall (De Baere & Mattheeuws, 2008). Kontinuerliga röttningsprocesser innebär en mindre risk för att dålig kontakt mellan mikroorganismer och substrat ger massöverföringsproblem, och har också ett snabbare förlopp än satsvisa processer. Högre krav ställs dock på substratets kvalitet, sortering och finfördelning (Björnsson & Lantz, 2008). Kontinuerlig rötning kan ske i form av en pluggflödesprocess, eller i en perkolationsrötkammare.

Rötning av *pluggflödestyp* (se figur 5) sker i en liggande kammare som matas med substrat i den ena änden, medan en motsvarande mängd rötrest tas ut i den andra. Materialet transporteras med hjälp av paddlar på tvärmonterade axlar inne i rötkammaren, eller medbringare på en längsgående axel (Nordberg & Nordberg, 2007). Det finns även modeller där cylindern står helt eller delvis upprätt och matas uppifrån, där materialet transporteras nedåt med hjälp av gravitationen (Weiland, 2010). Vid val av anläggning måste substratets egenskaper tas hänsyn till. System där materialet rör sig vertikalt (uppifrån och ned) tillåter en högre halt torrsubstans jämfört med anläggningar med

horisontella röt-kammare som materialet måste transporteras genom mekaniskt (IBBK, 2008). Utrötat material kan blandas in vid inmatningen för att bibehålla metanogena förhållanden (Björnsson & Lantz, 2008).



**Figur 5** Kontinuerlig rötning av pluggflödestyp. Inne i röt-kammaren finns paddlar eller medbringare som transporterar materialet genom kammaren. Röt-kammaren kan också vara vertikal vilket innebär att materialet transporteras med hjälp av gravitationskraft (schematisk figur, modifierad från Nordberg & Nordberg, 2007)

Kontinuerlig rötning i *perkulationsröt-kammare* sker i en liggande reaktor där substratet översilas med vätska. Denna vätska samlas upp i botten och pumpas tillbaka för att antingen på nytt återfukta substratet i en enstegsprocess, eller så rötas det i en separat kammare innan det låts perkolera igen vilket resulterar i en tvåstegsprocess. Liksom i pluggflödesprocessen förflyttas materialet genom röt-kammaren med hjälp av medbringare (Nordberg & Nordberg, 2007).

#### 4.3.3 Ett eller två steg?

Tvästegsprocessen har visat sig kunna ge fördelar i form av en snabbare och mer stabil process än enstegsprocesser (O'Keefe & Chynoweth, 2000). Anledningen till detta är att de känsliga metanbildande bakterierna kan skyddas mot det lågt pH och höga koncentrationer av fettsyror som bildas vid hydrolysen. En nackdel med tvåstegsprocessen är att en del av den teoretiska metanpotentialen kan gå förlorad, då koldioxid och vätgas avges i det första



steget istället för metan. Det lägre maximala utbytet måste därför vägas mot den förbättrade processtabiliteten (Agrigas, 2002), som i sig kan innebära ett bättre utbyte i praktiken. Svårigheter kan även uppstå med att upprätthålla en distinkt separation av de två stegen, det vill säga hydrolys och metanbildning (Cho *et al.*, 1995). Detta gäller särskilt för material som bryts ned långsamt, för vilka fördelarna med tvåstegsprocessen riskerar att omintetgöras (Chanakya *et al.*, 1992). Därför rekommenderas tvåstegsprocesser till lättnedbrytbara material, medan enstegsprocesser anses vara mer lämpliga för substrat med långsam nedbrytning (Pavan *et al.*, 2000). Enstegsprocesser innebär även lägre investerings- och underhållskostnader, vilket troligen är en viktig anledning till att de dominerar bland Europas torrötningsanläggningar (Mata-Alvarez *et al.*, 2000).

#### **4.4 Torrötning i Sverige**

Beräkningar gjorda av Nordberg & Nordberg (2007) visar att det i Sverige finns potential för att producera ca 4,6 TWh från material som är lämpligt för torrötning, vilket inkluderar fastgödsel, skörderester och park- och trädgårdsavfall. Om energigrödor motsvarande ca 100 000 ha läggs till detta ökar potentialen med 2 – 4 TWh.

Det finns endast tre torrötningsanläggningar på gårdsnivå som tagits i drift i Sverige. Den ena ligger i Järna, och rötar gödsel från ca 55 mjölkkor samt avfall från storkök och livsmedelsindustri. Anläggningen använder sig av en tvåstegsprocess som består av en lutande, cylinderformad hydrolysreaktor med en volym på 53 m<sup>3</sup> där substratet uppehåller sig 22-25 dagar, och en mindre reaktortub där den slutgiltiga metanbildningen sker under 15-16 dagar. Processen är mesofil (med en temperatur på 38 °C i båda kammarna) och matas kontinuerligt. Inmatningen är automatiserad och kräver generellt ingen arbetsinsats (Schäfer *et al.*, 2006).

Anläggningen i Järna ska enligt beräkningar dagligen kunna producera 95 m<sup>3</sup> biogas vid tillförsel av 2 ton gödsel per dag, men på grund av svårigheter att hålla en jämn och bra temperatur tog det tid för denna potential att uppnås. Den verkliga produktionen under normala förhållanden låg på ca 50 m<sup>3</sup> år 2005, två år efter uppstart, med 72 m<sup>3</sup> som högsta

uppmätta värde (Nordberg & Nordberg, 2007). Efter att den stora röt-kammaren (hydrolysreaktorn) isolerats bättre steg produktionen betydligt, och 2008 uppnådde man en nettoproduktion på ca 100 m<sup>3</sup> per dag. Då anläggningen främst drivs i forsknings-syfte har inte den ekonomiska lönsamheten prioriterats eller utvärderats. Ansvarig för anläggningen, Lars Evers, uppger att även om anläggningen nu fungerar väl så är en enklare och mindre känslig modell att rekommendera (Bioenergiportalen, 2008).

Den andra anläggningen är Gasilage AB i Sala, som byggdes för att producera biogas från vallgröda. Detta är en enstegsprocess av pluggflödestyp, där materialet tillsammans med ymp transporteras med hjälp av medbringare genom en liggande cylinder, 100 m<sup>3</sup> stor, under 2 – 3 veckors tid. Driftsproblem uppstod dock eftersom motståndet genom cylindern blir trögt, och materialet blir mycket kompakt. Anläggningen togs därför ur drift (Nordberg & Nordberg, 2007).

Den tredje anläggningen är Flinga Biogas AB i Tollarp i Skåne, som också erbjuder anläggningar till försäljning. Detta är en torrrotningsanläggning som är ett satsvis tvåstegssystem, konstruerat främst med medelstora lantbruk och hästanläggningar i åtanke. Substratet placeras i en (av minst två) röt-kammare och dränks i vatten. Vattnet förs sedan till en andra reaktor där metanbildningen sker (Flinga Biogas AB, 2010). Substratet kan ha en torrsubstanshalt mellan 10 och 70 %, och kan bestå av till exempel skörderester, parkavfall, och gödsel från hästar, får och fjäderfän. Anläggningen kräver en yta på ca 100 m<sup>2</sup> (Flinga Biogas AB, 2010) och investeringskostnaden ligger på ca 1,2 miljoner kronor. Under driften av anläggningen sker styrning och övervakning av en dator som endast kräver tillsyn, vilket kan ske över internet. Kammaren kan placeras där man normalt har gödselstacken, och körs sedan till biogasanläggningen och kopplas in då rötningen ska ske. När processen är färdig meddelas detta via datorn, och kammaren kan köras dit biogödseln skall tippas av (Fredrik Johansson, personlig kommunikation, 29 juni 2010).

## 4.5 Fördelar jämfört med konventionell våtrötning

### 4.5.1 Miljö och energi

- Nästan alla typer av substrat kan användas till torrötning, inklusive olika typer av gödsel, växtrester, och hushållsavfall. Djurhållning där djupströbäddar används och mycket fastgödsel produceras lämpar sig till exempel inte för de våta rötningssystem som är vanligast idag (Schäfer *et al.*, 2006). Därmed ger torrötning möjlighet att utvinna energi från tidigare outnyttjade resurser.
- Lagring av fastgödsel tros ge upphov till än större utsläpp av växthusgaser än lagring av flytgödsel (European Environment Agency (EEA), 2004), vilket innebär att det finns potentiellt stora miljövinster med kontinuerlig rötning av torrt substrat.
- Vattenkonsumtionen är överlag betydligt lägre för torröttningsanläggningar. När det gäller rötning av kommunalt avfall så går det vanligtvis åt en kubikmeter färskvatten per ton avfall i en våt anläggning, medan en torr anläggning kräver ungefär tio gånger mindre (Vandevivere *et al.*, 2003:125)
- Den mindre röt-kammaren kräver också mindre uppvärmning (Hoffman, 2000). Uppvärmning av den stora mängd vätska som våtrötning innefattar kan motsvara 20-30 % av energin som produceras i anläggningen. Relativt små mängder vätska cirkulerar i ett torrötningssystem, vilket innebär mindre dimensioner på rör och pumpar och en lägre elförbrukning (Nordberg & Nordberg, 2007)
- Risken för näringsläckage under lagring och spridning är mindre för en fast rötrest än för en flytande (Hoffman, 2000).
- Efter torrötning erhålls en rötrest i två fraktioner, en fast rötrest och en mindre mängd vätska, som kan användas för olika ändamål efter grödornas olika behov. Detta ger bättre förutsättningar för ett optimalt utnyttjande av näringen i rötresten (Fjäderfäcentrum, 2007). För att erhålla en fassetparerad rötrest från våtröttningsprocessen krävs ytterligare behandling.

### 4.5.2 Tekniska och ekonomiska fördelar

- Eftersom det organiska materialet är mer koncentrerat i torrt substrat än i vått, är

energidensiteten högre och mindre mängder material behöver hanteras vilket minskar konstruktions-, transport- och driftkostnader (Hoffman, 2000). Behovet av röt-kammarutrymme beräknas vara ungefär hälften så stort för torrötningsanläggningar som för våtrötningsanläggningar, för samma mängd tillförd torrsbstans (Fjäderfäcentrum, 2007). Detta gäller även för rötresten; eftersom konventionell våtrötning kräver att biomassan späds ut till en pumpbar slurry med bara ca 3-8 % torrsbstans (Gunaseelan, 1997) innebär detta höga hanteringskostnader för rötresten i förhållande till näringsinnehållet (Svensson *et al.*, 2007).

- Enkla torrötningsmetoder, såsom satsvis rötning, kräver ingen avancerad teknik som pumpar, blandare och flytgödselinjektorer. Hantering av substrat och rötrest kräver ofta inga andra maskiner än de som normalt finns på gården, till exempel hjullastare och gödselspridare (Hoffman, 2000).
- Torrötning kan ske utan materialtransport (för satsvis rötning) eller med långsam transport (kontinuerlig rötning) inne i röt-kammaren, vilket gör att det inte finns krav på att substratet ska vara homogent och med liten partikelstorlek och korta fibrer, som i våtrötningsanläggningar. Olika substrat kan därmed blandas utan problem, och mindre förbehandling krävs (Nordberg & Nordberg, 2007). Det minskade behovet för förbehandling bidrar också detta till lägre energiförbrukning, investerings- och driftskostnader (Fjäderfäcentrum, 2007).
- Störande material som kan finnas i substratet, som sten, plast och grus, kan orsaka stora problem i våtrötningsprocesser. Den torra processen påverkas dock inte nämnvärt (Bekon Energy Technologies, 2008; Nordberg & Nordberg, 2007). Detta är en betydande punkt till exempel vid eventuell användning av hästgödsel på större anläggningar såsom ridskolor där gödselstacken av en del tenderar att behandlas som en avfallshög där balsnören och annat skräp riskerar att slängas (Ewa Björnberg, personlig kommunikation, 29 juli 2010).
- Problem med skumbildning, svämtäcken och sedimentering uppstår heller inte i torrötningskammare (Hoffman, 2000).
- Lagring av en torr rötrest är enklare än lagring av flytande material; inga speciella krav ställs på lagringsutrymmet. Till exempel kan korttidslagring ske i form av täckta högar,

containers eller betongfickor, och långtidslagring i silos eller genom ensileringsmetoder. En flytande rötrest däremot kräver omrörning för att undvika problem med sedimentering (Nordberg & Nordberg, 2007).

- I satsvisa torrötningsanläggningar där flera reaktorer drivs parallellt innebär eventuella störningar mindre allvarliga konsekvenser för anläggningen (Nordberg & Nordberg, 2007).

#### **4.6 Nackdelar och problem med torrötning**

- Produktionskostnaden är i dagsläget högre för torrötning än för våtrötning, även för torra substrat som fastgödsel och majsensilage. En förklaring till detta är att våtrötningstekniken har växt fram under lång tid medan torrötning är en relativt ny teknik (Nordberg & Nordberg, 2007).
- Vid konstruktion av våtrötningsanläggningar bestäms storleken främst av dimensionerna på rötchammaren, vilket gör att ökad storlek inte behöver leda till en motsvarande kostnadsökning. Satsvisa anläggningars storlek bestäms snarare av hur många moduler, det vill säga rötchammare, som ingår, och varje modul innefattar dyra delar såsom en gastät port (Fjäderfäcentrum, 2007). Detta innebär att kostnaden när det gäller rötchammare för stora, satsvisa torrötningsanläggningar kan bli hög jämfört med våtrötningsanläggningar av samma storlek.
- Det är svårt att uppnå en jämn biogasproduktion med en satsvis torrötningsanläggning, såvida inte ett stort antal moduler drivs (Fjäderfäcentrum, 2007).
- Torrötningsprocessen är svår att bevaka och kontrollera, då få parametrar enkelt kan mätas. Normalt är metanproduktion den enda parametern som mäts kontinuerligt (Weiland, 2010).
- Satsvisa processer kräver en stor arbetsinsats vid det tillfälle då rötchammaren ska tömmas och fyllas. Våtrötning å andra sidan kräver ofta en viss daglig insats (Nordberg & Nordberg, 2007).
- En viss mängd ymp tillsätts måste tillsättas substratet vid torrötning. Detta kan ske genom att substratet blandas med redan rötat material, eller genom cirkulation av

processvätska, och hur stort behovet är beror på vilket substrat som används (Nordberg & Nordberg, 2007). För rötning av hästgödsel behövs ibland en tillsats av 10-20 % ymp i form av rötad gödsel (Kusch *et al.*, 2008), olika skörderester som till exempel majsstjälkar kan rötas med en tillsats på ca 10 % rötad kogödsel (Radwan *et al.*, 1993) medan en del energigrödor kan kräva upp till 70 % ymp (Weiland, 2010). Nackdelen med inympning i form av rötrest är att rötammaren inte används lika effektivt eftersom redan rötat material då tar upp en del av volymen.

- Vid torrötning måste den producerade biogasen överföras till ett mellanlager innan den förbrukas i generatorer, eller levereras till rågasnät eller uppgraderingsanläggningar. I våtröttningsanläggningar kan gasen lagras inne i rötammaren, i en kupol ovanför substratet (Fjäderfäcentrum, 2007).

## **5 Torrötning av gödsel**

Substraten som kan rötas i en torröttningsanläggning skall vara stapelbara och ha en vattenhalt på max 70 % (utom när det gäller energigrödor, som får ha en högre vattenhalt tack vare dess höga andel organiskt material och goda metanutbyte). Den organiska belastningen skall enligt Nordberg & Nordberg (2007) vara minst 3,5 kg per m<sup>3</sup> reaktorvolym och dag, och halten flyktiga fettsyror uttryckt i ättiksyraekvivalenter vara max 2000 mg per liter. Exempel på möjliga substrat är fastgödsel, skörderester, energigrödor (till exempel blast, halm, vallgröda och majs), matavfall, och grönavfall från parker och trädgårdar. Restprodukter från livsmedels- och förädlingsindustri används idag mycket som djurfoder och har ofta en låg TS-halt vilket gör att de lämpar sig bättre för våtrötning. Resterande del av detta kapitel kommer att fokusera på torrötning av gödsel.

### **5.1 Nöt, svin och får**

År 2005 fanns det ca 1,6 miljoner nötkreatur i Sverige, de allra flesta i Götaland. Mängden fast- och djupströgödsel beräknades uppgå till 2,4 miljoner ton, då stallperioden tagits

hänsyn till (Nordberg & Nordberg, 2007). Det fanns samtidigt ca 1,8 miljoner svin, många av dem i södra och mellersta Götaland. Mängden fastgödsel från svin beräknades vara ca 280 000 ton.

Fastgödsel från nötkreatur kan användas för biogasproduktion antingen genom att den späds med vatten och rötas i en konventionell våtröttningsanläggning, eller genom att rötas utspädd i en torröttningsanläggning. Även djupströgödsel kan också rötas genom torrötning. Skillnaden mellan dessa är förutom torrsbstanshalten att djupströgödsel också innehåller urin och kan ha lagrats längre i stallet (Björnsson & Lantz, 2008).

Nedbrytbarheten av fastgödsel från mjölkkor genom anaerob rötning studerades av Bhattacharya och Mishra (2003), där graden av nedbrytning jämfördes mellan utspädd fastgödsel och gödsel spädd med vatten, som rötades vid olika temperaturer. Resultaten tydde på att torrötning under psykrofila och termofila förhållanden ger otillräcklig nedbrytning för biogasproduktion. Däremot var skillnaden i nedbrytning vid 25 och 35°C mellan våt- och torrötning mycket liten (något högre för torrötning vid 25°C och något lägre vid 35°C) vilket tyder på att mesofil torrötning av fastgödsel kan utgöra ett lovande alternativ till konventionella processer.

Inga studier om torrötning av svingödsel har hittats, men har troligen liknande förutsättningar. Svenska får och lamm ger upphov till en försumbar mängd gödsel ur biogassynpunkt (Nordberg & Nordberg, 2007), men skulle ändå kunna vara intressant ur ett individuellt eller lokalt perspektiv.

## **5.2 Hästar**

Antalet hästar i Sverige har uppskattats till ca 270 000, fördelat på ca 56 000 anläggningar. Beräknat på en daglig gödselmängd på 25 kg per häst eller 9 ton per häst och år, och en betestid på 50 %, ger detta upphov till 1 244 000 ton gödsel årligen exklusive strö (Nordberg & Nordberg, 2007). Kreuger & Björnsson (2006) uppger att gödselmängden inklusive strö är 2 – 3 miljoner ton årligen, och att en stor del finns i Skåne.

Den vanligast förekommande lagringsmetoden för hästgödsel är öppen lagring, vilket ger upphov till negativa miljöeffekter i form av utsläpp av ammoniak, metan, och lustgas. Obehandlad hästgödsel används generellt inte i jordbruket, trots att en stor del av kväve bundet i gödsel finns i just hästgödsel. Detta beror på att stor inblandning av strö, ofta halm, ger en hög kol/kväve kvot och gör gödseln svår att hantera med gödselspridare (Kreuger & Björnsson, 2006) Om hästarnas foder kommer från den egna gården sprids gödseln ofta på egen mark, annars är det vanligt att gödseln transporteras till gården som säljer fodret och sprids där. Anläggningar vid tätorter och stora anläggningar till exempel travbanor har ofta inte möjlighet att låta gödseln spridas på åkermark, utan gödseln transporteras ofta till avfallsanläggningar (Malgeryd, 2006). Eftersom deponi av organiskt material inte är tillåtet sedan 2005 komposteras ofta hästgödseln efter lagring, vilket ökar kvävehalten och underlättar spridning (Kreuger & Björnsson, 2006). Gödseln kan också brännas, ibland med energiåtervinning genom förbränning i fjärrvärmeanläggningar, eller användas till fyllnadsmassor eller sanering (Malgeryd, 2006). Rötning av hästgödsel är dock ett annat alternativ som för med sig ytterligare fördelar i form av energiutvinning (Kreuger & Björnsson, 2006), minskade utsläpp av metan och lustgas (Wahlander, 2004), och lägre kväveförluster (Berg, 2000). Rötning har börjat uppmärksammas av hästverksamheter som en möjlig metod för gödselhantering. Till exempel finns den med i en jämförelse av olika gödselhanteringssystem gjord av bland andra Svensk Galopp (Svensk Galopp *et al.*, 2008). Fördelarna som där belyses är att energi och växtnäring tas tillvara, transporterna minskar då gödselvolymen minskar med 60 %, och att tekniken klarar alla typer av strö och höga vattenhalter.

En del studier och försök med rötning av hästgödsel har utförts, med varierande resultat. Metanutbytet som uppnås vid rötning av hästgödsel är ofta lägre än vid rötning av till exempel nöt- och svingödsel, 160 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/ton VS jämfört med 210 respektive 250 m<sup>3</sup> enligt JTIs beräkningar (Nordberg & Nordberg, 2007). Kalia och Singh (1998) fann tecken på att hästgödsel är ett något sämre substrat än kogödsel, i ett försök där hästgödsel blandades med kogödsel i olika proportioner i en våt röttningsprocess. Slutsatsen drogs dock att upp till ca 20 % hästgödsel kunde blandas in utan betydande störningar i driften eller större minskningar i biogasproduktion. En pilotstudie av torrötning gjordes av Kusch *et al.*



(2008), som fann att hästgödsel går att rötas som ensamt substrat i torrötningsanläggningar. Satsvisa perkolationskammare och dränkta kammare jämfördes, med likvärdiga resultat i fråga om biogasutbyte. I en svensk studie från 2006 skriver Kreuger och Björnsson att utbytet som uppnåddes vid torrötning av hästgödsel med halminblandning var lägre än vad som uppges i litteraturen, främst på grund av svårigheter att få allt substrat fullständigt nedbrutet i röt-kammaren, och att samrötning med gräs- och klöverensilage påverkade utbytet positivt.

### **5.3 Fjäderfän**

I Sverige finns över 5 miljoner värphöns, ca 2 miljoner unghönsplatser, 10 miljoner slaktkycklingplatser samt ca en halv miljon avelsdjur och 0,2 miljoner kalkonplatser (Jordbruksverket, 2005). Det finns med andra ord ett mycket stort antal fjäderfä som ger upphov till en årlig gödselvolym på drygt 300 000 ton (Nordberg & Nordberg, 2007) av ett värde på ca 80 miljoner kronor, beräknat med hjälp av gällande kilopris på kväve, fosfor och kalium. Svensk fjäderfäproduktion är relativt centraliserad, då 90 % av äggen kommer från de ca 200 producenterna som har över 5000 djur, och drygt 85 % av slaktkycklingar kommer från producenter med besättningar på minst 65 000 kycklingar per omgång (Jordbruksverket, 2005b). Dessutom hålls höns och kycklingar hos större producenter ofta inomhus året runt.

Även gödsel från fjäderfän kan användas som substrat i torrötningsanläggningar. Rötning pekas ut som en attraktiv, framtida utveckling för hantering av fjäderfägödsel av Jordbruksverket (2005b) och Fjäderfäcentrum (2007). Detta gäller särskilt då ägg- och matfågelproduktionen blir allt mer centraliserad med färre och större anläggningar, och med större gödselkoncentrationer som följd. Detta gör det mer ekonomiskt lönsamt och praktiskt genomförbart att använda metoder för att minska näringsförlusterna, återvinna energi och höja gödselvärdet (Jordbruksverket, 2005b).

Fjäderfägödsel har typiskt en torrsubstanshalt på 45 % (25-65 % beroende på typ av fjäderfä), och enligt Nordberg & Nordberg (2007) ett metanutbyte på ca 175 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ton

VS vilket är lägre än för nötkreatur och svin men något högre än utbytet för hästgödsel. Strömedlet som oftast används till fjäderfän är spån, vilket bryts ned mycket långsamt, men eftersom gödseln innehåller bara en mycket liten del spån är detta inte någon stor nackdel (Björnsson & Lantz, 2008). Ett potentiellt problem med fjäderfägödsel är att det innehåller stora mängder kväve som kan ge upphov till höga ammoniakhalter under rötningsprocessen, särskilt då temperatur och pH-värde är högt. Detta kan hämma processen och minska biogasutbytet (Fjäderfäcentrum, 2007). Det finns dock en relativt enkel teknik för att avskilja lösligt kväve, så kallad stripping, som går ut på att vätska med kväve hettas upp och dess pH höjs. Detta leder till att en stor del av kvävet övergår till ammoniak, vars löslighet i vatten minskar på grund av temperaturhöjningen, och denna bubblar ut. Ammoniaken löses sedan i en annan vätska med lägre temperatur och pH, och kan sedan användas som flytande kvävegödsel. Denna metod används bland annat i reningsverk för att minska kvävehalterna i lakvatten. Användning av denna tekniken i biogasproduktion gör att material som annars hade varit för kväverika kan behandlas, inte bara fjäderfägödsel utan även till exempel klöverrik vall (Fjäderfäcentrum, 2007). Andra möjliga och billigare alternativ för att hantera höga kvävehalter är utspädning med vatten, eller samrötning med substrat som har låg kvävehalt (Björnsson & Lantz, 2008).

## **5.4 Faktorer som påverkar biogasproduktionen**

### ***5.4.1 Substratets egenskaper***

Substratets sammansättning har stor påverkan på rötningsprocessen. Till exempel kan graden av ströinblandning variera, och djurens foder kan också ge upphov till skillnader i metanutbyte (Kreuger & Björnsson, 2006). När det gäller hästgödsel finns det dessutom en mängd olika material som kan användas som strö. Förutom halm förekommer också spån, halmpellets och torv. Enligt Fredrik Lundberg på Flinga Biogas AB är korthackad halm och halmpellets de bästa strömedlen ur biogassynpunkt för hans anläggning, en satsvis tvåstegsprocess. Långhalm ger en långsammare gasutvinning, spån mycket liten och torv ger ingen biogas alls. Även om dessa inte direkt hämmar biogasproduktionen tillför de heller inte mycket biogas, utan upptar mest utrymme (Fredrik Lundberg, personlig

kommunikation, 29 juni 2010) vilket därmed sänker biogasutbytet per volymsenhet. Substratet som rötades i försöket av Kusch *et al.*, 2008 benämns innehålla halm från ett typiskt stall, det är alltså oklart vilken typ av halm som användes, men det rör sig troligen om en typ som är vanligt förekommande.

Olika substrat har inte bara olika biogaspotential, men det kan också finnas strukturella skillnader som kan påverka processen. I Kreuger och Björnssons försök användes gödsel med halm, och som nämnt ovan uppstod problem med halmens vattenavvisande egenskaper och styva struktur. Något som kan ha skett är att kanaler bildades i substratet genom vilka vattnet leddes, och istället för den rörelse som annars uppstår då substratet bryts ned och faller ihop, så bibehölls dessa kanaler på grund av halmen. Detta kan ha varit anledningen till att delar av substratet var i princip opåverkat efter rötningen (Kreuger & Björnsson, 2006). Hur länge gödseln lagras innan rötning har också betydelse. Eftersom metanbildningen inte startar inne i röt-kammaren utan påbörjas redan under lagringen före, så innebär en kortare lagringstid att mer ”råvara” finns kvar och därmed att mer metan kan bildas som kan utnyttjas (Wahlander, 2004).

#### **5.4.2 Förbehandling av substratet**

Mekanisk förbehandling av substratet kan påverka rötningens hastighet och effektivitet, detta eftersom det första steget i rötningens processen (hydrolys, eller nedbrytning) ofta är en begränsande faktor när det gäller rötningstakten (Mata-Alvarez *et al.*, 2000). För att bryta ned lignifierat material såsom halm måste enzymerna ta sig igenom barriären som ligninet utgör, och takten som nedbrytningen sker med är därmed direkt korrelerat med ytan som bakterierna i hydrolysstegets kontakt kan komma i kontakt med (Tong *et al.*, 1990). I försöket gjort av Kusch *et al.* (2008) visade sig förbehandling i form av hackning medföra en betydligt högre metanproduktion under de första veckorna. Skillnaden i metanproduktion mellan hackat och icke hackat substrat minskade allteftersom substratet var inne i röt-kammaren. Problemet med att halm verkar vattenfrånstötande kan också minskas genom olika lagrings- och förbehandlingsmetoder. Lagring av hästgödsel tillsammans med betblast har visat sig kunna underlätta blandning med vatten (Edström,

2005). En annan möjlighet som föreslås av Kreuger och Björnsson (2006) är att vattenlägga gödseln innan rötning, eftersom fuktiga material lättare absorberar vatten än torra. Det finns även mer avancerade sätt att förbättra nedbrytningen av fiberrika material, såsom behandling med olika fysiska, kemiska och mikrobiologiska metoder, men dessa innebär högre energiåtgång, högre kostnader och mer arbete.

I ett försök med djupströgödsel från nötkreatur, med stora inslag av halm, jämfördes biogasutbytet mellan malt och hackat substrat (Nordberg & Edström, 2007). Resultatet blev att den malda halmen gav upphov till dubbelt så stor mängd biogas som hackad halm efter samma uppehållstid. Då rötningstiden ökades från 30 till 70 dygn uppnåddes samma biogasutbyte för båda typerna av halm. Biogaspotentialen är alltså likvärdig, men rötningstakten skiljer sig betydligt.

Även om mekanisk förbehandling har visats kunna ge fördelar när det gäller nedbrytning och rötningstakt av vissa substrat kan också motsatsen krävas. Alltför finfördelade material riskerar att bli alltför kompakta under rötningprocessen vilket innebär att vatten inte släpps igenom. I sådana fall kan användning av strukturgivare, såsom inblandning av halm, vara ett alternativ (Parawira *et al.*, 2008).

### **5.4.3 Rötningssmetod**

Som beskrivet tidigare finns det olika metoder inom torrötningstekniken. Rötningen kan ske satsvis eller kontinuerligt, och olika sätt kan användas för omrörning och bevattning. Kusch *et al.* (2008) jämförde effekten av olika torrötningssmetoder på metanproduktion från hästgödsel och fann att perkolation (processvatten som tillfördes staplat material med hjälp av sprinklers) och dränkning (med ympvätska) resulterade i likvärdig nedbrytning och gasutbyte, men att dränkningsmetoden totalt sett gav upphov till en större gasmängd per volymenhet färskt substrat, detta för att ingen ymp behövde tillsättas. En viktig faktor är möjligheten att upprätthålla goda förhållande för mikroorganismerna inne i röt-kammaren. Problem med att hålla en optimal temperatur i röt-kammaren har visats kunna uppstå i perkolationsskammare, eftersom värmetransporten är mindre effektiv om porerna i substratet

är gasfyllda istället för vätskefyllda (Kusch *et al.*, 2008). Det är troligt att substratets egenskaper har stor betydelse för vilken metod som är lämpligast, som i fallet ovan där halmen orsakar problem i samband med perkolationsrötning.

#### **5.4.4 Samrötning**

Hästgödsel blandat med halm har visat sig kunna fungera som ensamt substrat för biogasproduktion (Kusch *et al.*, 2008), men försök med samrötning av hästgödsel och andra substrat såsom växtmaterial tyder på att blandning av substrat ger en ökad biogasproduktion (Kreuger & Björnsson, 2006). I Kreuger och Björnssons (2006) studie gav rötning av hästgödsel med en inblandning av gräs-klöverensilage med proportionerna 7:3 ett 50 % högre metanutbyte än rötning av materialen var för sig.

## **6 Fallstudie: Torrötning i Lundaland**

Fallstudien fokuserar på möjligheterna för biogasproduktion från fjäderfä- och hästgödsel i Lundaland. Kommunernas besättningar av dessa djurarter samt försök till beräkningar av potential redovisas, liksom olika faktorer som kan komma att påverka utvecklingen av torrötning som en metod för gödselhantering. Ett praktiskt exempel på en möjlig, framtida intressent ges i fallet med hästgödsel.

### **6.1 Biogas i Leaderområdet Lundaland**

Leader (*Liaison Entre Actions de Développement de l'Économie Rurale*) är ett EU-finansierat initiativ för landsbygdsutveckling, där den ideella, den offentliga och den privata sektorn möts med syftet att ta tillvara på lokala förutsättningar (Jordbruksverket, 2009). Ett Leaderområde bildas genom att representanter från de tre sektorerna beslutar om ett geografiskt område (vanligen med mellan 10 000 och 100 000 invånare) och bildar en så kallad local action group (LAG) som gör en utvecklingsstrategi för området. Strategin skall godkännas av länsstyrelsen, och offentliga aktörer i området måste vara villiga att

finansiera projekten. LAG bildar därefter en ideell förening som skall vara öppen för alla i leaderområdet. LAG ska sträva efter att vara representativt för området i fråga om till exempel geografisk spridning, kön och bakgrund, och deltagarna ska inneha kunskaper om prioriterade frågor som integration, jämställdhet och hållbar utveckling (Jordbruksverket, 2010).

Leaderområdet Lundaland består av landsbygden i Lunds, Kävlinge, Staffanstorp, Lomma samt södra Eslövs kommun (se *figur 6*) vilket innefattar omkring 81 400 personer (tätorterna Lund, Lomma och Bjärred är exkluderade). Lundalands LAG är under bildning, och har som syfte att under perioden 2009-2013 verka bland annat för lokal utveckling, jobb och entreprenörskap på landsbygden, och skydd av områdets natur- och kulturarv (Leader Lundaland, 2010).



**Figur 6** Leaderområdet Lundalands geografiska utbredning (modifierad från Region Skåne, 2008)

”Biogas i Lundaland” är ett projekt drivet av avdelningen för miljöstrategi, folkhälsa och säkerhet i Lunds kommun med syftet att öka produktionen av biogas i Lundaland och därmed bidra till att uppnå det regionala målet när det gäller biogasproduktion i Skåne. I syftet ingår även att tillvarata och pröva ny teknik, minska negativ miljöpåverkan i form av växthusgaser och kväveläckage, och verka för ett lokalt kretslopp av näringsämnen. Utöver dessa målsättningar hoppas man att en ökad produktion av biogas på sikt kan leda till fler arbetstillfällen och ökad livskvalitet på landsbygden (Lunds kommun, 2010).

## 6.2 Fjäderfärgödsel

Nedan ges uppgifter om antalet fjäderfän (höns och kalkoner) i kommunerna hämtade från Länsstyrelsens inventering från 2003, samt antalet kommersiella hönsanläggningar och

värphönsanläggningar i Jordbruksverkets aktuella register (*tabell 3*). Eftersom inventeringen är några år gammal kan den vara missvisande och är inte helt kompatibel med registeruppgifterna, men ger ändå en bild av hur distributionen ser ut. Siffrorna visar att potentialen för rötning av fjäderfägödsel varierar mycket mellan kommunerna. I Eslöv och Kävlinge finns stora besättningar av höns respektive slaktkycklingar, i Lund finns relativt mycket höns medan Lomma och Staffanstorp har små mängder fjäderfän. Uppgifterna om antalet registrerade fjäderfäproducenter tyder på att produktionen i kommunerna, liksom i resten av landet, är relativt centraliserad med några få, stora besättningar. Detta ger goda förutsättningar för biogasproduktion.

I examensarbetet av Seppänen (2010) anges en siffra för fjäderfän i Lunds kommun som är betydligt högre än den som anges i 2003 års inventering. Det är dock okänt när denna uppgift, från Jordbruksverket, är uppdaterad. Nedanstående siffror har därför använts med reservation för att dagens potential kan vara högre.

**Tabell 3** Antalet höns >20 v, kycklingar av värpras, slaktkycklingar samt kalkoner i Lundalandskommunerna 2003 (inventering, Länsstyrelsen 2003). I den högra kolumnen visas antalet registrerade kommersiella hönsanläggningar i fjäderfäregistret 2010 och inom parantes antalet registrerade i värphöneregistret, 2010 innebärande över 350 värphönsplatser (Jordbruksverket, 2010d)

Kommun	Höns >20v	Kycklingar av värpras	Slakt-kycklingar	Kalkoner	Totalt	Antal registrerade
Eslöv	306 750	15 024		71	321 845	7 (4)
Kävlinge	2895		340 010		342 905	4 (1)
Lomma	146			203	349	0 (1)
Lund	11 114	2600		55	13 769	6 (0)
Staffanstorp	115			544	659	1 (0)
<b>Totalt</b>	<b>321020</b>	<b>17 624</b>	<b>340 010</b>	<b>873</b>	<b>679 527</b>	<b>24 (6)</b>

Enligt Nordberg & Nordberg (2007) uppgår mängden gödsel per fjäderfä och år i genomsnitt till ca 20 kg, och 1 ton fjäderfägödsel ger ca 0,633 MWh. Detta innebär att den totala mängden energi som potentiellt skulle kunna utvinnas ur fjäderfägödsel ligger på ca 8,7 GWh. Detta gäller dock då hela Eslövs kommun räknas med, eftersom det är okänt var i kommunen anläggningarna är placerade. Potentialen närapå halveras då Eslöv exkluderas (4,6 GWh). Se *bilaga A*.

## 6.3 Hästgödsel

Här ges en översiktlig bild av hästhållningen i Lundalands kommuner samt en beräkning av den teoretiska potentialen för biogas från hästgödsel. Resultatet från enkäten, som vände sig till hästhållare i allmänhet (inte geografiskt begränsat till Lundaland), redovisas tillsammans med erfarenheter från en hästhållare och tidigare gödselmottagare utanför Lund.

### 6.3.1 Förutsättningar i kommunerna

#### *Eslövs kommun*

Inga direkta uppgifter har hittats om antalet hästar i Eslövs kommun, men enligt inventeringen från 2003 fanns då 539 hästar på jordbruksföretag i kommunen (Länsstyrelsen i Skåne län, 2010b). SCB uppger att andelen hästar på jordbruk i Skåne är ungefär 37 % av det totala antalet hästar, vilket skulle innebära att det totala antalet hästar kan uppskattas vara omkring 1 450.

#### *Kävlinge kommun*

I Kävlinge kommuns hästinventering 2002/2003 angavs att 128 stall med sammanlagt 525 hästar inventerades, och att siffran förväntades stiga under året till ca 600 hästar. Detta tyder på ett genomsnitt på ca 4-5 hästar per gård, alltså relativt små enheter.

#### *Lomma kommun*

Enligt miljöinspektör Anders Bertholdsson finns det 35 stycken registrerade hästhållare i Lomma kommun, av storleken 1-30 hästar. De flesta är mindre gårdar med bara några få hästar, de större anläggningarna är Lomma Ridklubb i Lomma och Hageby gård i Fjellie (personlig kommunikation, 1 juli, 2010). Lomma Ridklubb har ca 30 ridskolehästar samt ett privatstall med 12 boxar (Lomma Ridklubb, 2010a&b). Hageby gård är listad av Lomma kommun som kommunens gödselmottagare (Lomma kommun, 2009), men enligt Bengt Hageby (personlig kommunikation, 23 juli 2010) har gården upphört med att ta emot, lagra och sprida gödsel från andra gårdar och hanterar nu bara gödseln från gårdens ca 25 hästar.



### *Lunds kommun*

Lund är en hästtät kommun med totalt ca 3600 hästar (Ewa Björnberg, personlig kommunikation, 29 juni 2010). Större anläggningar är Flyinge Kungsgård och Lunds Civila Ryttarförening. Lunds Civila Ryttarförening har ca 30 ridskolehästar samt 46 boxar till uthyrning (LCR, 2009a&b). Enligt Ewa Björnberg har Flyinge relativt nyligen konstruerat ett nytt och välfungerande system för att hantera gödseln. För LCR kommer det troligtvis bli aktuellt med en flytt inom några år, vilket gör föreningen till en intressant kandidat för en ny form av gödselhantering i form av biogasanläggning, se *sektion 6.2.5*.

### *Staffanstorps kommun*

Det finns ca 400 hästar i Staffanstorps kommun, med störst koncentration i Grevie söder om Staffanstorp (Staffanstorps kommun, 2009).

## **6.3.2 Sammanlagd potential**

**Tabell 4** Sammanfattning - hästar i Lundalandskommunerna

<b>Kommun</b>	<b>Antal hästar</b>
Eslöv	1 450 (uppskattning)
Kävlinge	600 (år 2003)
Lomma	175 (uppskattning)
Lund	3 600
Staffanstorp	400
<b>Totalt</b>	<b>6225</b>

Gödselmängden från hästarna i *tabell 4*, beräknat enligt Nordberg & Nordberg (2007) med 25 kg/häst/dag exklusive strö och en betestid på 50 %, ger omkring 21 800 ton gödsel då Eslöv exkluderas. Baserat på samma rapport motsvarar detta potentiellt en årlig energiproduktion på ungefär 8 GWh, eller 10,3 GWh då hästarna i Eslövs kommun inkluderas (se *bilaga A*). Dessa beräkningar är troligen i underkant då strömedlet exkluderats och det är dessutom inte angett exakt vilken teknik siffrorna baseras på. Fredrik Johansson anger till exempel ett något högre utbyte för sin anläggning (personlig kommunikation, 10 augusti 2010).

### **6.3.3 Lärdomar från enkätsvar och personlig kommunikation**

För att få insikt i vilka frågor som måste bemötas och studeras närmare för att torrötning av hästgödsel ska kunna fungera i praktiken gjordes en elektronisk enkät om hästhållning och gödselhantering som lades upp på olika hästforum på internet (se *bilaga B*). Denna riktade sig inte bara till hästhållare i de aktuella kommunerna och ska inte ses som representativa eller som grund för några kvantitativa beräkningar med en liten provstorlek (150 personer) men syftade till att få information om på vilka sätt gödsel hanteras i nuläget, vilka problem som finns och därmed vilket utrymme det finns för en ny metod som torrötning.

Först ställdes några frågor för att ta reda på några grundläggande faktorer som kan ha betydelse för teoretiska biogasmöjligheter. Storlek på anläggningarna var i enlighet med de uppgifter som givits från kommunerna i Lundaland – över hälften är relativt små enheter med 3-10 hästar. Endast 6 % har mer än 30 hästar, vilket är den undre gränsen för en anläggning av typen som Flinga Biogas AB marknadsför. Detta betyder att för att torrötning av hästgödsel ska kunna göra ett signifikant tillskott till landets biogasproduktion, måste det utvecklas enkla, billiga tekniker som lämpar sig för småskaligt bruk, och/eller samarbete mellan flera olika gårdar, till exempel i områden där det finns kluster av aktörer. Ytterligare ett alternativ är möjligheten att lämna gödseln till samröttningsanläggningar, till exempel för rötning tillsammans med skörderester eller hushålls- och parkavfall.

Spån och halm var båda vanliga strömedel bland de stall som redovisades, torv relativt vanligt, medan det ganska nya strömedlet halmpellets bara fanns i ett par stall. Av dessa är spån och torv mindre lämpliga för rötning. Hälften av stallen står tomma för sommarbete under en månad eller mer. Omkring hälften har tillhörande jordbruksmark, och majoriteten använder gödseln som gödningsmedel. Ungefär en fjärdedel skickar gödsel till lantbrukare, och i 10 % av stallen används inte gödseln till någonting alls (se *bilaga C*). En av de svarande uppgav att de skickade gödseln till en biogasanläggning (i Linköpings kommun).

Ungefär en tredjedel av de svarande uppgav att de upplevde gödselhanteringen som problematisk av olika skäl, framför allt de utan egen jordbruksmark. Det vanligaste

problemet som nämndes var svårigheter att bli av med gödseln (15 % nämnde detta). Några uppgav att det är synd att gödseln inte kommer till nytta eller att den hanteras på ett omiljövänligt sätt, och några uttryckte att gödselhanteringen innebar för stora kostnader. Detta tyder på att det kan finnas ett intresse inom hästbranschen för gödselhanteringsmetoder som är mer ekonomiska, miljövänliga och som gör gödseln mer eftertraktad.

Hälften angav att de hade funderat på miljöpåverkan från hästhållning, både från gödselhanteringen och på annat sätt, och en stor majoritet av de svarande ställde sig positiva till att deras gödsel skulle kunna användas till biogasproduktion. Mer än 7 av 10 var positiva till möjligheten att skicka gödseln till en anläggning, och en tredjedel var positiva till tanken på att producera egen biogas på plats. Endast 11 % angav att de inte var intresserade. De allra flesta hade hört talas om möjligheten att producera biogas från gödsel (72 %) medan 13 % kände till det väl.

Av enkätsvaren att döma är ekonomisk lönsamhet den absolut viktigaste faktorn för att biogasproduktion ska vara ett attraktivt gödselhanteringsalternativ för hästhållare (83 % uppgav att detta är viktigt). Hälften trodde även att ekonomiskt stöd var viktigt. Runt en tredjedel angav att ökad kunskap om miljöpåverkan från gödsel och biogasens fördelar, andra ställen där biogasproduktion sker med goda resultat, samt kunskapsmässigt stöd och uppmuntran är viktigt.

Som nämnt ovan är Hageby Gård i Fjellie listad som gödselmottagare i Lomma kommun. Detta är dock inte aktuellt längre, och enligt Bengt Hageby är anledningen till detta EU:s ändrade regler kring spridningstider (personlig kommunikation, 23 juli 2010). De nya reglerna, som trädde i kraft 1 januari 2010 innebär bland annat ett förlängt totalförbud mot spridning av stallgödsel som råder från 1 december till 28 februari. Gödsling får heller inte ske på vattenmättad, snötäckt eller frusen mark (Jordbruksverket, 2010b). Detta gör det svårare att ta emot och lagra gödsel åt gårdar som inte har egen spridningsmark eftersom det innebär större krav på lagringskapacitet. Enligt Hageby är det ofta svårt för gårdar utan mark att göra sig av med gödseln på ett bra sätt, och att energiproducenterna tyvärr inte

verkar ha något intresse av att ta emot gödseln då de inte är specialiserade på just detta.

#### ***6.3.4 Möjligheter för samrötning med andra substrat***

Eftersom samrötning av gödsel och andra typer av substrat kan ge betydande fördelar, är ett alternativ till rötning av gödsel på stället där djurhållningen sker en samröttningsanläggning där gödseln rötas till exempel tillsammans med skörderester. Kreuger och Björnssons studie från 2006 tyder till exempel på att samrötning av hästgödsel med ensilage ger ett högre metanutbyte. Skördeområdena som kommunerna i Lundaland ingår i har ett stort antal jordbruksföretag som odlar potatis, spannmål, raps och framför allt sockerbetor (Jordbruksverket & SCB, 2009). Ett alternativ som därför är värt att undersöka är en torrötningsanläggning hos lantbrukare som hanterar skörderester, som betblast, och också tar emot gödsel från djurhållare utan egen mark eller annat tillfredsställande sätt att göra sig av med sin gödsel. Då denna även i nuläget behöver transporteras bort hade ett sådant scenario inte behövt innebära ökade transporter. En fördel är också att en sådan typ av samrötning underlättar utnyttjande av skörderester för biogasproduktion eftersom tillgången till dessa varierar under året.

#### ***6.3.5 Praktiskt exempel: Lunds Civila Ryttarförening***

Lunds Civila Ryttarförening (LCR) har ca 80 hästar på sin anläggning, både tillhörande ridskolan och privat ägda. Ridskolan ligger centralt beläget vid Smörlyckan i norra Lund, vilket orsakar problem eftersom kommunen vill använda marken till annat, och det finns dessutom mycket begränsat utrymme. Nya bestämmelser i djurskyddslagen innebär att hästarnas utrymme måste utökas både när det gäller stall och hagar (Martelius, 2010). Alternativen är att vara kvar på befintlig plats med anpassning av anläggningen och eventuellt mer mark, eller en flytt. Det sistnämnda ses som ett högre prioriterat alternativ från organisationens sida (LCR, 2010c). Beslutet ligger dock hos kommunen, som är eventuella finansiärer av en ny anläggning.

I dagsläget sköts gödselhanteringen så att gödseln hämtas och körs till gården varifrån

föreningen köper sin halm. Där sprids sedan gödseln på åker. Verksamhetschef Lena Malmqvist uppger att med ca 80 hästar blir det stora gödselmängder som måste transporteras varje månad, vilket är både kostsamt och negativt för miljön. Den årliga kostnaden för gödselhanteringen ligger på ca 80 000 kr (Lena Malmqvist, personlig kommunikation, 13 juli 2010). Bättre alternativ för hantering av gödseln är därför mycket intressanta ur föreningens perspektiv. Att utnyttja gödseln för biogasframställning hade kunnat ge positiva ekonomiska konsekvenser både i form av egen produktion av el och värme, och genom att gödseln får ett högre värde i och med rötningsprocessen.

Gödselmängden från 80 hästar uppgår till ca 365 000 kg per år, baserat på 25 kg/häst/dag (exklusive strö) och en betestid på 50 %. Detta i sin tur motsvarar ungefär, baserat på beräkningarna gjorda i Nordberg och Nordberg (2007), en årlig energiproduktion på ca 130 000 kWh (se *bilaga A*).

Att börja producera biogas innebär inte bara ekonomiska investeringar och anpassning till nya rutiner. Det kan också krävas förändringar som inte är direkt kopplade till själva gödselhanteringen, till exempel vilket strö som används eftersom detta påverkar rötningsprocessen. Som nämnt ovan är halm och halmpellets de strömedel som lämpar sig bäst för biogasproduktion. Man måste också behandla frågan om vad som händer på sommaren då hästarna går ute mer, ibland dygnet runt. Enligt Fredrik Johansson är det inget större problem för hans anläggning att gå ner i produktion under en period, utom att man naturligtvis förlorar en del biogaspotential, så länge den inte går ner till noll (personlig kommunikation, 29 juni 2010). Även om biogasen främst utnyttjas som energikälla på den egna anläggningen är inte detta nödvändigtvis ett oöverkomligt hinder eftersom energibehovet troligen är betydligt mindre på sommaren. Detta är dock något som hade behövts utredas.

## 7 Sammanfattning och diskussion

Torrötning är en teknik som kan användas för att framställa biogas från stapelbara material. Det finns två huvudkategorier av torrötningstekniker, satsvis och kontinuerlig, varav den förstnämnda är den betydligt mest beprövade. Detta är en relativt enkel metod som vanligen fungerar antingen med hjälp av vatten som perkolerar genom substratet, eller genom att substratet blötläggs. Beroende av substratets egenskaper och ekonomiska förutsättningar kan rötningen ske i ett eller två steg. Kontinuerlig rötning är en lovande teknik när det gäller biogasutbyte, men är mer komplicerad och ställer högre krav på substratets kvalitet.

Torrötning är i dagsläget en ganska okänd och obeprövad teknik i Sverige. Det är oklart varför torrötningstekniken har hamnat såpass mycket i skymundan av våtrötningsteknik, då den är relativt välkänd i till exempel Tyskland. Troligen har det att göra med att biogasproduktion växte fram som ett alternativ för behandling av flytande restprodukter, som slam och avloppsvatten. Tydligt är dock att det både miljömässigt och praktiskt finns många positiva egenskaper med torrötning. Dessa inkluderar användning av hittills outnyttjade substrat, lägre energi- och vattenåtgång än vid våtrötning, en process som inte ställer höga krav när det gäller förbehandling eller störande material, och möjligheter till relativt enkla metoder ur drifts- och lagringssynpunkt. De stora nackdelarna är att processen ofta är svårare att övervaka och kontrollera, att en relativt stor mängd ymp krävs för rötning av vissa material och med vissa metoder, att kostnaden i dagsläget ofta är högre än för torrötning, och att en jämn produktion är svår att uppnå i småskaliga, satsvisa anläggningar. Vid användning av satsvisa perkolationskammare, som är en vanlig typ, kan också metanutbytet hämmas av dålig kontakt mellan mikroorganismer och substrat.

I nuläget innebär teknikens begränsade utbredning nackdelar både när det gäller ekonomi, intresse och tillgång till leverantörer och kunskap, även om torrötning har börjat figurera som ett intressant alternativ bland olika branschorganisationer inom djurhållning (särskilt när det gäller häst- och fjäderfågödsel). Dessa två gödseltyper är också de mest intressanta när det gäller torrötning, dels för att det finns en betydande mängd och dels för att de inte lämpar sig för våtrötning. Fastgödsel från kor och svin kan också användas, men för dessa

gödseltyper är konventionell våtrötning idag ett välfungerande alternativ. Försök med hästgödsel visar att rötning är möjligt, men det behövs mer kunskap om hur problem som uppkommer vid fullskaliga anläggningar kan övervinnas. Kombinationen av fjäderfån och biogasproduktion är obeprövad men lovande då det finns en stor och relativt centraliserad besättning djur, vars gödsel innehåller stora mängder värdefull näring. Det största problemet här är gödselns höga kvävehalter. Faktorer som påverkar processen när det gäller rötning av gödsel inkluderar, förutom substratets fysiska och kemiska egenskaper, hur substratet förbehandlas, vilken rötningssmetod som används, och om olika substrat kan rötas tillsammans (samrötning).

Att dra en slutsats angående torrrotningsteknikens lämpliga framtid är svårt med så pass få praktiska erfarenheter. Att jämföra prestandan hos våt- och torrrotningssanläggningar, som ofta görs, kan vara användbart för att belysa att det finns positiva och negativa egenskaper för alla tekniker och för att avgöra vilket alternativ som är lämpligt då båda är möjliga. Det finns dock betydande mängder substrat som kan vara problematiska att använda i konventionella våtrötningssanläggningar, och som därför troligen inte kommer att utnyttjas utan etablering av torrrotning. I situationer där finns ambition att på allvar utnyttja de resurser som finns, och där betydande andelar av det tillgängliga substratet är av en typ som lämpar sig dåligt för våtrötning, bör torrrotning finnas med i diskussionen.

Hästgödsel är ett sådant substrat, och är intressant på många sätt eftersom det sällan figurerar i diskussion och planering kring biogassatsningar. En anledning till detta är naturligtvis just det att tekniken som används mest idag inte är anpassat till denna typ av material, och att det finns i mindre mängder än till exempel gödsel från nötkreatur, men det kan också bero på att det inte faller väl in i de stora kategorier som biogassubstrat vanligen delas in i. En stor del av hästhållningen i Sverige är inte kopplad till lantbruksverksamhet utan är snarare en egen sektor. Mycket rör sig dessutom om fritids- och hobbyverksamhet, vilket kan göra att de ofta inte diskuteras när det gäller energi- och miljöfrågor på samma sätt som den egentliga lantbrukssektorn. Detta gör att möjligheterna som finns i hästverksamhet och andra mindre konventionella sektorer lätt riskerar att förbises. Lantbrukare nämns ofta bland intressenterna i biogasprojekt, så också i *Biogas i*

*Lundaland*, men näringar utanför det egentliga lantbruket kan lokalt och regionalt utgöra en betydande del av potentiella aktörer, inte minst i Lundaland.

Uppgifterna om potential för biogasproduktion från häst- och fjäderfägödsel i Lundaland är osäkra, men det tycks finnas potential för åtminstone ca 20 GWh i form av dessa substrat. På en nationell nivå kan detta verka vara ett litet tillskott, men lokalt sett och för aktörerna själva kan det vara värdefullt. Det kan dessutom innebära att intresset väcks för tekniken bland biogasaktörer i andra delar av landet och därmed i ett större perspektiv bidra till utvecklingen mot ett bättre resursutnyttjande.

Medan fjäderfäproduktion ofta är centraliserad, uppgörs hästhållningen främst av relativt små enheter där framför allt enkla tekniker, som idag inte finns på marknaden, skulle kunna utnyttjas. Alternativet är en anläggning som rötar substrat från många gårdar. Detta skulle kunna vara ett bra alternativ i områden där det är tätt mellan enheterna, som till exempel Hofterup i Kävlinge och Grevie i Staffanstorps. Ett tredje alternativ är att röta hästgödsel i en samrötningsanläggning, till exempel med skörderester. Detta skulle kunna göra det lättare för hästhållare att bli av med sin gödsel på ett billigare och mer miljövänligt sätt eftersom lantbrukarna dels får ut energi och dels får en mer högkvalitativ gödsel, och det skulle kunna underlätta hantering av variationer i substrattillgång vid eventuell rötning av skörderester.

Enkät svar och intervjuer tydde på att det kan finnas goda möjligheter att hitta hästhållare som är intresserade av biogasproduktion, främst på grund av problemen med att göra sig av med gödseln och kostnaderna som detta innebär. Biogasproduktion innebär inte att gödseln försvinner, men dels minskar den i volym och dels blir den till biogödsel, vilket skulle göra den mer attraktiv. Miljöperspektivet i samband med hästhållning var något som många hade funderat på, medan några skrev att undersökningen fick dem att inse att de borde ha bättre kunskap om hur deras aktiviteter påverkar miljön. Miljöpåverkan kan alltså verka som ytterligare en drivkraft, men det kan också finnas kunskapsluckor. Undersökningen visar dock tydligt att den viktigaste faktorn som kommer avgöra om rötning av hästgödsel kan



komma att bli ett realistiskt alternativ är om produktionen innebär direkta ekonomiska fördelar. Detta kan om möjligt vara ännu viktigare här än inom till exempel lantbruket, eftersom det är en mindre offentligt uppmärksam sektor med lågt intresse för till exempel marknadsfördelar. Enkätundersökningen i denna studie hade en begränsad omfattning, men gav värdefulla insikter som är nödvändiga att ta tillvara på. Mer ingående, lokala undersökningar av liknande typ rekommenderas vid eventuella satsningar på tekniken.

När det gäller vidare forskning finns det ett stort behov av mer tillämpade studier. Det finns betydligt mindre forskning kring torrötning än konventionell våtrötning, av uppenbara skäl, men den som finns visar tydligt att i laboratorieskala ger torrötning goda förutsättningar för biogasproduktion. Några av de få studier som gjorts på full skala visar dock att det kan vara svårt att uppnå de resultat som laboratorieförsöken visar (se till exempel Kreuger & Björnsson, 2006). Bristen på fullskaliga studier är naturligtvis i sin tur kopplat till bristen på anläggningar, eftersom mycket av den litteratur som finns om biogas baseras på befintliga anläggningar, vilket innebär att pionjärer inom området får en mycket viktig roll. Ett annat område där forskning hade kunnat göra stor skillnad är när det gäller enkla, billiga och småskaliga lösningar. Den största enskilda påverkan och potentiella vinsten finns hos storskaliga aktörer, men eftersom det finns många fall där relativt lite substrat bildas, skulle enkla modeller med fördel kunna utvecklas till realistiska alternativ till konventionell gödselhantering. Enkla biogastekniker skulle kunna förbättra ekonomin för småskaliga aktörer, till exempel mindre gårdar och hästanläggningar, och samtidigt bidra till en optimerad energi- och resursanvändning. När det gäller fjäderfågödsel bör det finnas goda praktiska förutsättningar, men det framför allt ekonomiskt genomförbar hantering av dess höga kvävehalt som det krävs bättre kunskap om.

Eftersom torrötning är en såpass okänd och obeprövad teknik i Sverige kan den troligen inte förväntas utvecklas utan aktivt arbete och stöd från offentliga aktörer. Det uppstår ett cirkelresonemang kring tekniken eftersom dess kortare utveckling tenderar att ge högre kostnader och färre referenser. En viktig roll som kommuner och Leaderprojekt kan spela när det gäller att stimulera den eftersträvade utvecklingen av lokal biogasproduktion är att

aktivt vara med och påverka då möjliga intressenters anläggningar byggs upp, eller byggs om. Det finns då en unik chans att informera om biogasproduktion som ett möjligt alternativ när det gäller hantering av gödsel och annat avfall. De potentiella producenterna är dessutom redan inställda på investeringar och arbete som krävs då nya anläggningar startas upp. Detta var en åsikt som också framfördes i enkätstudien.

Om Skåne och kommunerna i Lundaland ska lyckas med sina ambitioner när det gäller biogas måste ett aktivt samarbete ske med potentiella producenter och med de som har kunskaperna (till exempel forskare på Lunds Universitet och JTI, och inte minst de få i landet som har praktisk erfarenhet). Detta är något som konstateras i de flesta rapporter gällande biogas, men om det inte omvandlas till konkreta handlingar kommer biogasens utveckling troligen fortsätta vara långsam och driven av strävsamma men få individer. Det gäller inte minst utveckling av torrötning, som skulle kunna vara en värdefull del av framtidens biogasproduktion och som hade stämt väl in med Leaderprojektet Lundalands syften angående miljöförbättring och innovation på landsbygden.

## 8 Slutsatser

- Torrötning är ett realistiskt alternativ med många praktiska och miljömässiga fördelar, som framför allt kan möjliggöra utnyttjande av material som inte lämpar sig för våtrötningstekniker
- I Sverige ligger utvecklingen av torrötningsteknik långt bakom den som skett för våtrötning. Mycket på grund av dess kortare utvecklingsperiod finns det idag både ekonomiska och kunskapsmässiga hinder, och stimulans behövs från den offentliga sektorn
- För rötning av hästgödsel finns olika alternativ; gårdsbaserad anläggning för rötning av eget substrat, anläggningar där eget substrat rötas tillsammans med substrat från andra aktörer i djur-/hästtäta områden, och samröttningsanläggningar där gödselmottagning sker för rötning tillsammans med till exempel skörderester eller grönavfall
- Många små aktörer gör att enkla lösningar för hästgödsel måste utvecklas, alternativt att gödselhantering samordnas. Det borde finnas ett stort intresse för det sistnämnda, eftersom gödselhantering upplevs som problematiskt och kostsamt av många hästhållare som saknar jordbruksmark
- Torrötning med fjäderfågödsel som substrat är lovande tack vare högt näringsinnehåll och centraliserad produktion, men problemet med höga kvävehalter kräver mer kunskap
- Den totala biogaspotentialen i Lundaland från dessa två gödseltyper kan tyckas obetydlig, men kan innebära stora fördelar för individuella aktörer. På en regional nivå skulle torrötning troligen kunna bidra på ett betydande sätt till att målsättningarna gällande biogas uppnås i framtiden
- Leader Lundaland rekommenderas att uppmärksamma alternativ för torrötning i sitt fortsatta arbete kring biogas

## Referenser

Agrigas, 2002. Utveckling av teknik för att utnyttja biogaspotentialen i restprodukter med höga torrhalter, Lägesrapport 2002, <http://www.fa21.se/images/Aktuellt/Agrigas.pdf>

Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A., Ladas, D., 2008. Food waste treatment methodologies, i I.S. Arvanitoyannis, ed. *Waste Management for the Food Industries*, Academic Press, London. s. 345-410

Bekon Energy Technologies, 2009. Bioenergy via dry fermentation, Bekon Energy Technologies GmbH & Co. KG [http://www.bekon-energy.de/download/BEKON\\_Brochure\\_2009.pdf](http://www.bekon-energy.de/download/BEKON_Brochure_2009.pdf)

Berg, J. (2000) Lagring och hantering av rötresten från storskaliga biogasanläggningar. JTI-rapport Kretslopp & Avfall 22, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala, Sverige

Bhattacharya, T.K., Mishra, T.N., 2003. Biodegradability of dairy cattle manure under dry anaerobic fermentation process, *Journal of the Institution of Engineers (India), Agricultural Engineering Division* **84**, 9-11

Bioenergiportalen, 2008. Torrötning sluter kretsloppet i Järna, <http://www.bioenergiportalen.se/?p=3087> (uppdaterad 2006-06-16, hämtat 2010-06-21)

Biomil AB (Linné, M., Ekstrandh, A., Englesson, R., Persson, E.) & Envirum AB (Björnsson, L., Lantz, M.), 2008. Den svenska biogaspotentialen från svenska restprodukter

Berglund, M., Börjesson, P., 2006. Assessment of energy performance in the life-cycle of biogas production, *Biomass & Bioenergy* **30**, 54-266

Björnsson, L., Lantz, M., 2008. Biogasproduktion från gödselslag med hög torrhalt – litteraturstudie, rapport nr 3 september 2008, Envirum AB

Börjesson, P., Berglund, M., 2003. Miljöanalys av biogassystem, Institutionen för miljö- och energisystem Lunds Tekniska Högskola, rapport nr 45 2003

Chanakya, H.N., Borgaonkar, S., Meena, Rajan, M.G.C., Wahi, M., 1992. Two-phase anaerobic digestion of water hyacinth or urban garbage, *Bioreource Technology* **42**, 123-131

Cho, J.K., Park, S.C., Chang, H.N., 1995. Biochemical methane potential and solid state anaerobic digestion of Korean food wastes, *Bioreource Technology* **56**, 179-186

Clementson, M., 2007. Senaste biogasnytt från länder inom IEA Task 37, Svenskt Gastekniskt Center, juli 2007, <http://www.sgc.se/dokument/IEATask37.pdf>

- De Baere, L., 2000. Anaerobic digestion of solid waste: State of the art, *Water Science Technology* **41(3)**, 283-290
- De Baere, L., Mattheeuws, B., 2008. State-of-the-art 2008 – Anaerobic digestion of solid waste, *Waste Management World* **9**, 1-8
- Deublein, D., Steinhauser, A., 2008. Biogas from waste and renewable resources – An introduction, Wiley VCH, Weinheim
- Edelmann, W., 2003. Products, impacts and economy of anaerobic digestion of OFMSW, i J. Mata-Alvarez, ed. *Biomethanization of the Organic Fraction of Municipal Solid Wastes*, IWA Publishing, London, s. 265-302
- Edström, M., Nordberg, Å., 2004. Producera biogas på gården – gödsel, avfall och energigrödor blir värme och el, JTI-rapport 107
- Ek, F., 2007. Produktion av biogas på gården, ProAgria Svenska Lantbrukssällskapens förbund, Helsingfors. <http://www.biogasmitt.se/res/PDF/Produktion-av-biogas-paa-gaarden.pdf>
- European Environment Agency (EEA), 2004. EMEP/CORINAIR Emission inventory guidebook – 2004. Technical report no. 30. Manure management regarding nitrogen compounds, publicerad 2004-01-19, <http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR4/B1090vs2.pdf>
- Fjäderfäcentrum, 2007. Produktion av biogas från fjäderfägödsel, Slutrapport 2007-01-16, <http://www.fjaderfacentrum.se/filer/Slutrapportbiogas20070126.pdf>
- Flinga Biogas AB, 2010. Produkten, <http://www.flinga-biogas.se/produkten.html> (hämtat 2010-06-25)
- Goodfellow Agricola Consultants Inc., 2007. The ELORIN BioEnergy Feasibility Study: Anaerobic Digestion for Bioelectricity Production, Goodfellow Agricola Consultants Inc., Dunrobin ON, Canada
- Gunaseelan, V.N., 1997. Anaerobic digestion of biomass for methane production: A review, *Biomass & Bioenergy* **13(1-2)**, 83-114
- Hartmann, H., Angelidaki, I., Ahring, B.K., 2003. Co-digestion of the organic fraction of municipal waste with other waste types, i J. Mata-Alvarez, ed. *Biomethanization of the Organic Fraction of Municipal Solid Wastes*, IWA Publishing, London, s. 181-200
- IBBK, 2008. Proceedings, International symposium on anaerobic dry fermentation, 20-22 februari 2008, Berlin

Jordbruksverket, 2005a. Biogas ger energi till ekologiskt lantbruk, Jordbruksinformation 22 – 2005

Jordbruksverket, 2005b. Fjäderfärgödsel – En värdefull resurs, Jordbruksinformation 13 – 2005, Jönköping [http://www2.sjv.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf\\_jo/jo05\\_13.pdf](http://www2.sjv.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_jo/jo05_13.pdf)

Jordbruksverket, 2009. Vad är Leader?  
<http://www.sjv.se/amnesomraden/mojligheterpalandsbygden/leadersautvecklardudinhembygd/vadarleader.4.2399437f11fd570e67580002106.html> (uppdaterat 2009-09-05, hämtat 2010-07-20)

Jordbruksverket, 2010a. Ett leaderområde bildas.  
<http://www.sjv.se/amnesomraden/mojligheterpalandsbygden/leadersautvecklardudinhembygd/vadarleader/ettleaderomradebildas.4.2b43ae8f11f6479737780001033.html> (uppdaterat 2010-05-27, hämtat 2010-07-20)

Jordbruksverket, 2010b. När du sprider gödsel i miljö känsliga områden.  
<http://www.sjv.se/amnesomraden/odling/vaxtnaring/spridagodsmedel/spridagodsmedel/miljokansligaomraden.4.207049b811dd8a513dc80002765.html> (uppdaterat 2010-06-04, hämtat 2010-07-23)

Jordbruksverket, 2010c. Karta över miljö känsliga områden  
<http://www.sjv.se/amnesomraden/odling/vaxtnaring/spridagodsmedel/kartaovermiljokansligaomraden.4.4b00b7db11efe58e66b8000929.html> (uppdaterat 2010-02-25, hämtat 2010-07-23)

Jordbruksverket, 2010d. Uppgifter från fjäderfäregistret och värphönsregistret, Jordbruksverkets registerenhet, (hämtat 2010-08-13)

Jordbruksverket, Statistiska Centralbyrån (SCB), 2009. Normskördar för skördeområden, län och riket 2009, JO 15 SM 0901

Kalia, A.K., Singh, S.P., 1998. Horse dung as a partial substitute for cattle dung for operating family size biogas plants in a hilly region, *Bioresource Technology* **64**, 63-66

Kreuger, E., Björnsson, L., 2006. Rötning av hästgödsel med och utan inblandning av gräs-klövervall, Avdelningen för bioteknik, Lunds Universitet

Kusch, S., Oechsner, H., Jungbluth, T., 2008. Biogas production with horse dung in solid-phase digestion systems, *Bioresource Technology* **99**, 1280-1292

Kävlinge kommun, 2010. Gödselhantering, Information 1:4, Kävlinge kommun Miljö & Teknik

Lantbrukarnas Riksförbund, 2008. Biogas på gården – en introduktion, [http://www.lrf.se/PageFiles/5703/Biogas\\_pa\\_garden\\_LR.pdf](http://www.lrf.se/PageFiles/5703/Biogas_pa_garden_LR.pdf)

Lantz, M., 2004. Gårdsbaserad produktion av biogas för kraftvärme – ekonomi och teknik, Institutionen för teknik och samhälle, Lunds Tekniska Högskola

Larsson, J., 2009. Referat från *Biogasproduktionens möjligheter*, ett seminarium inom Partnerskap Alnarp 2009-09-03, <http://194.47.52.113/janlars/partnerskapAlnarp/ekonf/20090903/20090903.pdf>

Leader Lundaland, 2010. Detta är Lundaland!

<http://www.leaderskane.se/o/mlundaland.4.cd1771b11927f1f0c6800077747.html> (hämtat 2010-07-20)

Lomma Ridklubb, 2010a. Ridskolehästarna,

<http://www.lommaridklubb.se/ridskolan/ridskoleh%C3%A4star.htm> (hämtat 2010-07-01)

Lomma Ridklubb, 2010b. Privattyttare, <http://www.lommaridklubb.se/privattyttare/egen%20h%C3%A4st.htm> (hämtat 2010-07-01)

Lunds Civila Ryttningsförening (LCR), 2009a. Hästar & Ponnyer, <http://www3.idrottonline.se/templates/Page.aspx?id=265276>, uppdaterat 2009-09-12, hämtat 2010-07-01

Lunds Civila Ryttningsförening (LCR), 2009b. Privattyttare,

<http://www3.idrottonline.se/templates/Page.aspx?id=265309>, uppdaterat 2009-10-22 (hämtat 2010-07-01)

Lunds kommun, 2010. Projektplan ”Biogas i Lundaland”, avdelningen för miljöstrategi, folkhälsa och säkerhet

Länsstyrelsen i Skåne Län, 2008. Klimat- och energistrategier för Skåne – hur minskar vi utsläppen av växthusgaser?, Länsstyrelserapport 43/2008

Länsstyrelsen i Skåne Län, 2010a. Biogas i Skåne, [http://www.lst.se/skane/amnen/Energifragor/Biogas/Biogas\\_i\\_Skane.htm](http://www.lst.se/skane/amnen/Energifragor/Biogas/Biogas_i_Skane.htm) (uppdaterat 2010-06-18, hämtat 2010-06-08)

Länsstyrelsen i Skåne Län, 2010b. Djurantal 2003.

[http://www.lansstyrelsen.se/NR/rdonlyres/C2E1C59E-FA08-49DF-9D34-5DAC545EA9C2/85875/R728Djurantal\\_kommun.xls](http://www.lansstyrelsen.se/NR/rdonlyres/C2E1C59E-FA08-49DF-9D34-5DAC545EA9C2/85875/R728Djurantal_kommun.xls)

Malgeryd, J., 2006. Hästgödsel – En naturlig resurs, Jordbruksinformation 7 – 2006, Jordbruksverket, <http://chaos.bibul.slu.se/sll/sjv/jordbruksinfo/JIN03-10/JIN03-10.PDF>

Martelius, E., 2010. Lundaryttarna ska byta adress, Sydsvenska Dagbladet, 12 april 2010, <http://www.sydsvenskan.se/lund/article648407/Lundaryttarna-ska-byta-adress.html> (hämtat 2010-07-12)

- Mata-Alvarez, J., 2003. Fundamentals of the anaerobic digestion process, i J. Mata-Alvarez, ed. *Biomethanization of the Organic Fraction of Municipal Solid Wastes*, IWA Publishing, London, s. 1-20
- Mata-Alvarez, J., Macé, S., Llabrés, P., 2000. Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives, *Bioresource Technology* **74**, 3-16
- Miljömålsportalen, 2010. God bebyggd miljö - definitioner, <http://www.miljomal.se/15-God-bebyggd-miljo/Definition/> (uppdaterat 2010-07-12, hämtat 2010-07-25)
- Naturvårdsverket, 2002. Återvinning av biologiskt nedbrytbart avfall – Underlagsrapport till uppdrag om ett ekologiskt hållbart omhändertagande av avfall, rapport 5194 <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5194-6.pdf>
- Nordberg, U., Nordberg, Å. Torrötning – Kunskapssammanställning och bedömning av utvecklingsbehov, JTI-rapport Lantbruk & Industri 357, Institutet för jordbruks- och miljöteknik
- Nordberg, Å., Edström, M., 1997. Optimering av biogasprocess för lantbruksrelaterade biomassor, JTI-rapport Kretslopp & Avfall 11, Instituteter för jordbruks- och miljöteknik
- O'Keefe, D.M., Chynoweth, D.P., 2000. Influence of phase separation, leachate recycle and aeration on treatment of municipal solid waste in simulated landfill cells, *Bioresource Technology* **72**, 55-66
- Oleszkiewicz, J.A., Poggi-Varaldo, H.M., 1997. High-solids anaerobic digestion of mixed municipal and industrial wastes, *Journal of Environmental Engineering* **123**, 1087-1092
- Parawira, W., Read, J.S., Mattiasson, B., Björnsson, L., 2008. Energy production from agricultural residues: high methane yields in pilot stage two-stage anaerobic digestion, *Biomass & Bioenergy* **32**, 44-50
- Pavan, P., Battistoni, P., Cecchi, F., Mata-Alvarez, J., 2000. Two-phased anaerobic digestion of source sorted OFMSW (organic fraction of municipal solid waste): Performance and kinetic study, *Water Science Technology* **41(3)**, 111-118
- Radwan, A.M., Sebak, H.A., Mitry, N.R., El-Zanati, E.A., Hamas, M.A., 1993. Dry anaerobic digestion of agricultural residues, *Biomass & Bioenergy* **5(6)**, 495-499
- Region Skåne, 2008. Skånes kommuner, <http://www.skane.se/templates/Page.aspx?id=233886> (hämtat 2010-07-21)
- Sahlström, L., 2003. A review of survival of pathogenic bacteria in organic waste used in biogas plants, *Bioresource Technology* **87**, 161-166



Samson, R., Lem, H.C., S.B., Stamler, Dooper, J., 2008. Developing energy crops for thermal applications: Optimizing fuel quality, energy security and GHG mitigation, i D. Pimentel, ed. *Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Sources – Benefits and Risks*, Springer, Dordrecht, s. 395-423

Schäfer, W., Lehto, M., Teye, F., 2006. Dry anaerobic digestion of organic residues on-farm – a feasibility study, Agrifood Research Reports 77, MTT Agrifood Research Finland

Seppänen, T., 2010. Jordbruks- och avfallsbaserad biogasproduktion – Kartläggning av potential och intresse för biogasproduktion i Lunds kommun, Masteruppsats i miljövetenskap, Lunds Universitet

Staffanstorps kommun, 2009. Hästar.  
<http://www.staffanstorp.se/primarnavigering/miljonatur/djurskydd/hastar.4.743d22f4115f53f498b800062813.html> (uppdaterat 2009-12-22, hämtat 2010-06-28)

Statens Energimyndighet, 2009. Fakta och siffror – Energiläget, ET2009:29  
[http://213.115.22.116/System/ViewResource.aspx?Energimyndigheten&rl=default:/Resources/Permanent/Static/d65d018c86434ed2ae31baeba2456872/ET\\_2009\\_29w.pdf](http://213.115.22.116/System/ViewResource.aspx?Energimyndigheten&rl=default:/Resources/Permanent/Static/d65d018c86434ed2ae31baeba2456872/ET_2009_29w.pdf)

Statens Energimyndighet, 2010. Produktion av biogas, ES2010:01.  
[http://www.sbgf.info/\\_filer/produktionavbiogas2008.pdf](http://www.sbgf.info/_filer/produktionavbiogas2008.pdf)

Svenska Biogasföreningen, 2009. <http://www.sbgf.info/default.asp?sub=25>, senast uppdaterad 2009-02-13, hämtat 2010-06-15

Svenska Biogasföreningen, Svenska Gasföreningen, Svenskt Gastekniskt Center AB, 2008. Biogas ur gödsel, avfall och restprodukter – goda svenska exempel

Svenska lantbrukssällskapens förbund, 2007. Produktion av biogas på gården, utgiven av projektet Biorådgivning i Svenskfinland, Helsingfors

Svensk Galopp, JTI, Täby Galopp, ULG Utvecklingskonsult, 2008. Bilaga till ”En miljöriktig hantering av hästgödsel – Svensk Galopp”,  
<http://www.sjv.se/download/18.62af51191240430af4d80001073/Slutrapport.08.h%C3%A4stg%C3%B6dsel.Svensk.Galopp.pdf>

Svenskt Gastekniskt Center, 2001. Livscykelinventering för biogas som fordonsbränsle, Rapport SGC 117, juni 2001

Svensson, L. M., Björnsson, L., Mattiasson, B., 2007. Enhancing performance in anaerobic high-solids stratified bed digesters by straw bed implementation, *Bioresource Technology* **98**, 46-52

Vandevivere, P., De Baere, L., Verstraete, W., 2003. Types of anaerobic digester for solid wastes, i J. Mata-Alvarez, ed. *Biomethanization of the Organic Fraction of Municipal Solid Wastes*, IWA Publishing, London, s. 111-140

Wahlander, J., 2004. Förutsättningar för en minskning av växthusgasutsläppen från jordbruket. Rapport 2004:1, Jordbruksverket, Sverige

Weiland, P., 2010. Biogas production: Current state and perspectives, *Applied Microbiology and Biotechnology* **85**, 849-860

#### *Personlig kommunikation*

Anders Bertholdsson, miljöinspektör Lomma kommun. Kontakt per e-mail 2010-07-01

Bengt Hageby, Hageby Gård. Kontakt per telefon 2010-07-23

Fredrik Johansson, Flinga Biogas AB. Kontakt per e-mail 2010-06-29 och 2010-07-05

Ewa Björnberg, miljöinspektör Lunds kommun. Kontakt per telefon 2010-06-29

Lena Malmqvist, verksamhetschef LCR. Kontakt per telefon 2010-07-13

## Bilaga A. Beräkningar

### Hästgödsel

25 kg per dag samt 50 % betestid 4,5625 ton per år och häst.

Lund:  $3600 \cdot 4,5625 = 16\,425$  ton gödsel

Lomma:  $175 \cdot 4,5625 = 798,4$  ton gödsel

Kävlinge:  $600 \cdot 4,5625 = 2\,737,5$  ton gödsel

Staffanstorps:  $400 \cdot 4,5625 = 1\,825$  ton gödsel

Eslöv:  $1450 \cdot 4,5625 = 6\,615,6$  ton gödsel

Totalt: 21 786 ton gödsel exklusive Eslöv, 28 403 ton gödsel inklusive Eslöv

Enligt Nordberg & Nordberg (2007) ger 1 ton gödsel  $3,621 \cdot 10^{-4}$  GWh. Detta bygger på förutsättningarna TS = 30 %, VS av TS = 75 %, metanutbyte = 160 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ton VS

Detta ger ca

$21\,786 \text{ ton} \cdot 3,621 \cdot 10^{-4} \text{ GWh/ton} \approx \mathbf{7,9 \text{ GWh}}$  (exklusive Eslöv), eller

$28\,403 \text{ ton} \cdot 3,621 \cdot 10^{-4} \text{ GWh/ton} \approx \mathbf{10,3 \text{ GWh}}$  (inklusive Eslöv)

### LCR

$80 \cdot 4,5625 = 365$  ton gödsel

$365 \cdot 3,621 \cdot 10^{-4} \approx 0,13 \text{ GWh} = \mathbf{130\,000 \text{ kWh}}$

### Fjäderfågödsel

0,02013 ton per år och fågel (medelvärde efter Nordberg & Nordberg, 2007)

Lund:  $13\,769 \cdot 0,02013 = 277$  ton gödsel

Lomma:  $349 \cdot 0,02013 = 7$  ton gödsel

Kävlinge:  $342\,905 \cdot 0,02013 = 6\,903$  ton gödsel

Staffanstorps:  $659 \cdot 0,02013 = 13,3$  ton gödsel

Eslöv:  $321\,845 \cdot 0,02013 = 6\,479$  ton gödsel

Totalt: 7 200 ton exklusive Eslöv, 13 678 ton gödsel inklusive Eslöv

Enligt Nordberg & Nordberg (2007) ger 1 ton gödsel  $6,3 \cdot 10^{-4}$  GWh, vilket bygger på förutsättningarna TS = 45 %, VS av TS = 80 %, metanutbyte = 175 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ton VS

Detta ger ca

$7\,200 \text{ ton} \cdot 6,33 \cdot 10^{-4} \text{ GWh/ton} \approx \mathbf{4,6 \text{ GWh}}$  (exklusive Eslöv), eller

$13\,678 \text{ ton} \cdot 6,33 \cdot 10^{-4} \text{ GWh/ton} \approx \mathbf{8,7 \text{ GWh}}$  (inklusive Eslöv)

## Bilaga B: Enkät till hästhållare

Webbsidorna som användes: [www.bukefalos.com](http://www.bukefalos.com), [www.hastnet.se](http://www.hastnet.se), [www.hippus.se](http://www.hippus.se),  
[www.ridsport.ifokus.se](http://www.ridsport.ifokus.se), [www.stallportalen.se](http://www.stallportalen.se), [www.horselink.se](http://www.horselink.se)

Datum: 20100701 - 20100813

### Biogas från hästgödsel

Hej! Jag är en miljövetarstudent vid Lunds Universitet som håller på att skriva ett examensarbete som handlar om torrötning, en metod för att framställa biogas från till exempel hushållsavfall och gödsel.

Jag är intresserad av hur gödselhanteringen fungerar i olika stall, och vilket intresse/vilka åsikter och uppfattningar som finns om det här alternativet bland folk i hästvärlden, och jag skulle bli jättetacksam för svar på denna korta enkät

MVH Ellinor Isgren  
[ellinor.isgren.225@student.lu.se](mailto:ellinor.isgren.225@student.lu.se)

---

1. I vilken kommun står din häst/dina hästar uppstallade? (Alternativt anläggningen du driver, jobbar på, etc.)

2. Hur många hästar finns i stallet/på anläggningen?

- 1-2
- 3-10
- 11-20
- 21-30
- 31-50
- Över 50

3. Vilket/vilka strö används i stallet?

- Halm
- Spån
- Torv
- Halmpellets
- Other:

4. Finns det perioder då stallet står tomt (ex sommarbete)?

- Ja, en månad eller mer
- Ja, under en månad
- Varierar från år till år
- Nej, normalt inte

5. Finns det jordbruksmark tillhörande gården/stallet?

- Ja
- Nej
- Vet ej

6. Vad händer med gödseln efter att den lämnat gödselstacken?

7. Finns det några problem med gödselhanteringen? Beskriv gärna!

8. Har du någon gång funderat över miljöaspekter när det gäller hästhållning?

- Ja, när det gäller gödselhantering
- Ja, annan påverkan
- Nej

9. Är du bekant med möjligheten att framställa biogas (en förnybar energikälla) från gödsel, till exempel hästgödsel?

- Ja, jag känner till det väl
- Ja, jag har hört talas om det
- Nej

10. Om det skulle finnas möjlighet att använda stallets gödsel till biogas, är det något som du skulle vara positiv till?

- Ja, av produktion direkt på gården
- Ja, möjligheten att skicka gödseln till en anläggning
- Nej

11. Vad tror du är viktigt för att skapa ett intresse för ett alternativ som biogasproduktion bland stall- och hästägare?

- Ekonomisk lönsamhet
- Ökad kunskap om gödselns miljöpåverkan och miljömässiga fördelar med biogas
- Att det finns andra ställen där metoden används med goda resultat
- Kunskapsmässigt stöd och uppmuntran från kommuner och tekniskt kunniga (ex universitet)
- Ekonomiskt stöd
- Other:

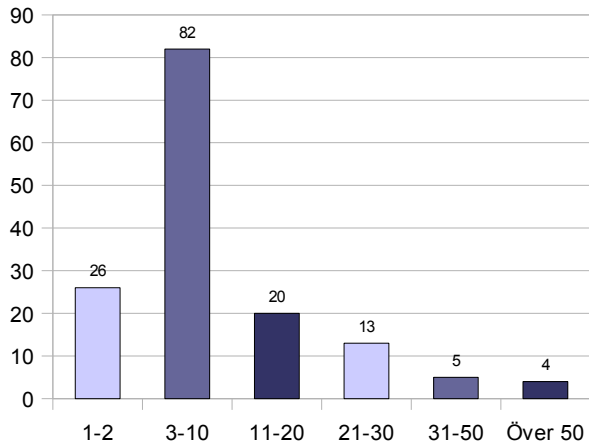
12. Övriga kommentarer?

**Det var allt!**

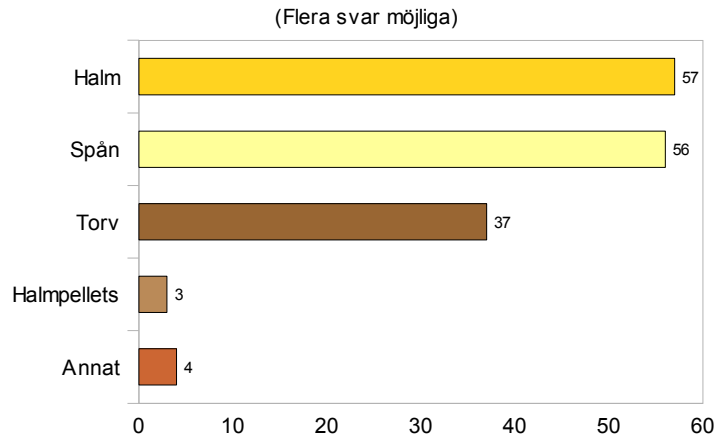
Tack så jättemycket för hjälpen och glad sommar!

## Bilaga C. Redovisning av enkätsvar

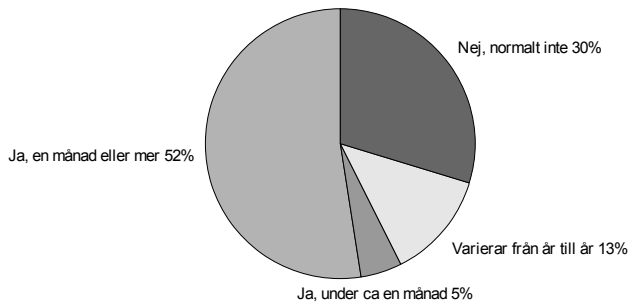
### Fråga 2. Hur många hästar finns i stallet?



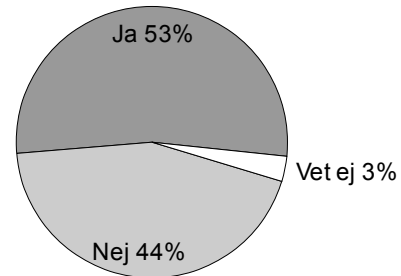
### Fråga 3. Vilket/vilka strö används i stallet? (%)



### Fråga 4. Finns det perioder då stallet står tomt (ex sommarbete)?

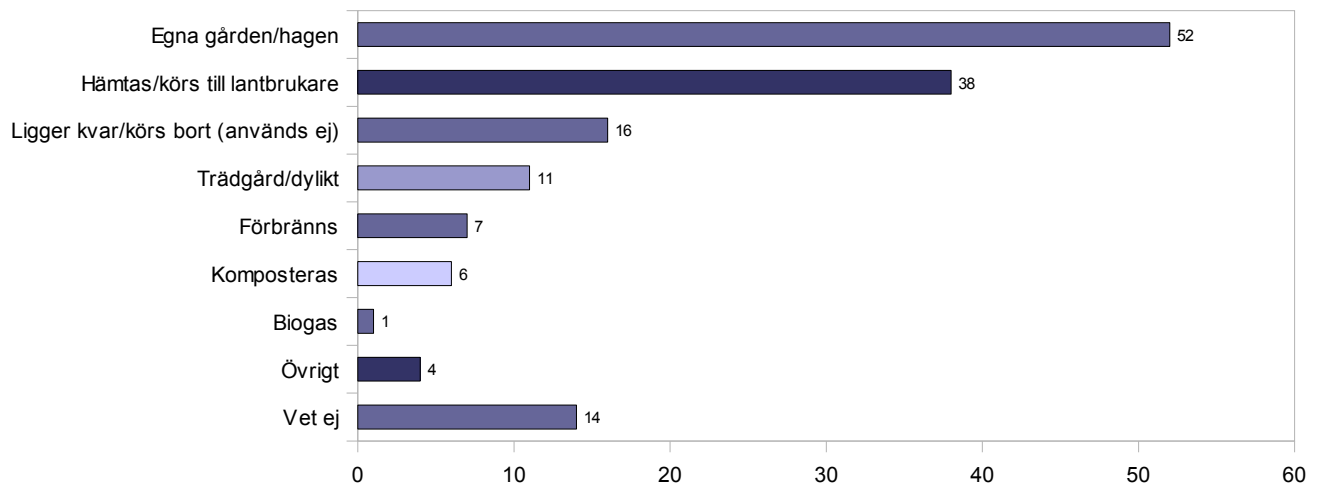


### Fråga 5. Finns det jordbruksmark tillhörande stallet/gården?



### Fråga 6. Vad händer med gödseln efter att den lämnat gödselstacken?

(Svaren har delats in i kategorier för bättre översikt)



**7. Finns det några problem med gödselhanteringen? Beskriv gärna! (Svar som kan relateras till arbetets syfte redovisas här, snarlika svar exkluderade)**

*"Svårt att bli av med då man inte har så mycket gödsel så att bönderna är intresserade"*

*"..det vore skönt att slippa vara beroende av någon annan."*

*"Jag tycker det är svårt att få bönderna att ta emot gödsel. De köper hellre gödning på stora säckar istället för att återvinna hästgödseln. Dessutom får man många gånger betala för att bli av med skiten."*

*"Dyrt och svårt att få bönder att ta emot, oavsett om det är spån el halm."*

*"Eventuella framtida problem är att bonden skär/skurit ner sin mjölk/köttproduktion allt mer och kanske helt över går till skogsbruk. Då behöver vi ju hitta ett annat alternativ att bli av med gödseln."*

*"Ja, stallet saknar gödselplatta och stallägaren fraktar dessutom inte bort gödseln tillräckligt ofta enligt min mening. Viss avrinning till intilliggande bäck misstänks."*

*"Det finns inga lantbrukare i närheten som vill ta vara på gödseln- inte ens om erbjuder betalning."*

*"Ja, det är synd att den inte används. Vi har bara två hästar, så vi behöver inte forsla bort gödseln pga platsbrist."*

*"Eftersom vi inte har egna åkrar vet vi inte hur vi ska bli av med gödseln om inte bönderna vill ha den."*

*"Det är svårt att få tag i bönder som vill ha det som gödsel i sina marker. Nu har vi äntligen hittat en bonde som odlar ekologiskt men vi måste ändå betala honom för bortforslandet."*

*"Svårigheten att bli av med gödslet.. Man kan bara åka till tippen med det."*

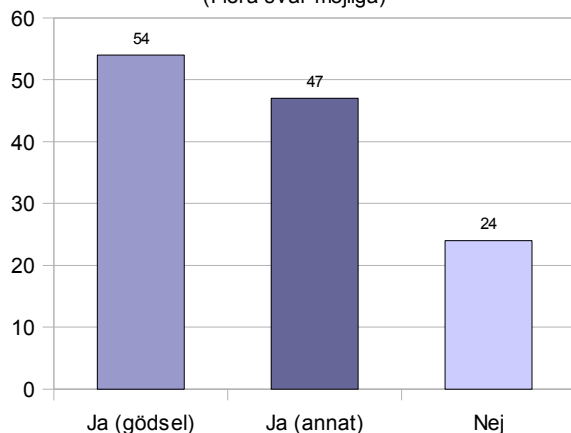
*"Blir stora berg eftersom vi bara tömmer en gång/år [...]Vi har ingen platta under, vilket väl inte är bra ur miljöaspekten, men det ska vi sätta dit..."*

*"Stora mängder gödsel, hästägare oense huruvida marken skall gödglas vilket lämnar stora mängder "åt sitt öde"."*

*"Flugor/larver/parasiter som sprids via gödslet."*

**Fråga 8. Har du någon gång funderat över miljöaspekter när det gäller hästhållning? (%)**

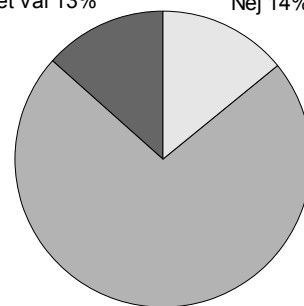
(Flera svar möjliga)



**Fråga 9. Är du bekant med möjligheten att framställa biogas (en förnybar energikälla) från gödsel, till exempel hästgödsel?**

Känner till det väl 13%

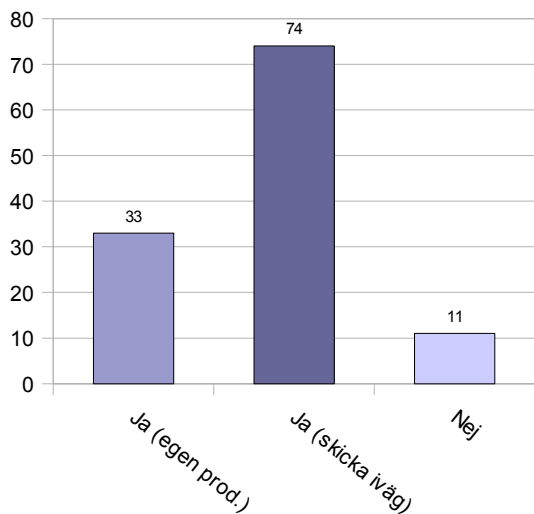
Nej 14%



Hört talas om det 72%

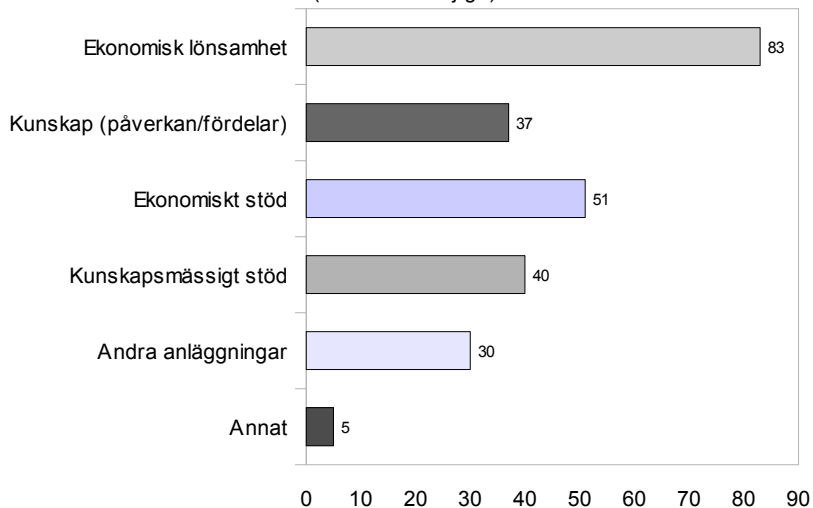
**Fråga 10. Om det skulle finnas möjlighet att använda stallets gödsel till biogas, är det något som du skulle vara positiv till? (%)**

(Flera svar möjliga)



**Fråga 11. Vad tror du är viktigt för att skapa ett intresse för ett alternativ som biogasproduktion bland stall- och hästägare?**

(Flera svar möjliga)



**Fråga 12. Övriga kommentarer? (Kommentarer som kan relateras till arbetets syfte redovisas här)**

*“För vår del vore det allra bästa att kunna skicka/ få gödslet hämtat. Det ska inte heller vara för dyrt. Intressant ämne!”*

*“Enligt min åsikt så ska den som levererar gödsel till en biogasanläggning få betalt för gödseln. Alternativt få tillbaka så mycket energi som motsvarar leveransen i utbyte.”*

*“Vi har för dagen gjort en förfrågan om vårt gödsel kunde hämtas upp, men fick nej på det då vår container på 30 kubik ansågs vara för liten för att vara intressant.”*

*“Jag tror att en stor drivkraft att få andra att lämna ifrån sig gödsel till biogasprodukt (även gratis) är att nuförtiden är det få bönder som vill ta emot gödsel. Det kostar därmed mycket om man vill frakta bort den.”*

*“Jag tror det lättaste sättet att nå ut till hästfolk är att göra information lättillgänglig och att välkända både större och mindre anläggningar börjar använda metoden. Det är nog dessutom väldigt viktigt att det är smidigt att gå över till metoden och att det inte blir dyrare, kanske till och med billigare. Jag tror hästfolk överlag har alldeles för ont om både tid och pengar för att vara intresserade annars. Det är nog den pinsamma sanningen tyvärr.”*

*“Information om lönsamhet trots småskalighet! Hur stor volym gödsel måste man producera för att kunna framställa biogas?”*

*“Det är ju suveränt om man kan använda sin egna gödsel till produktion direkt på gården. Måste inte nödvändigtvis gå tillbaka till hästarna, vi har andra djur som behöver energi.”*

*“En ridskola är en förening, vi gör så gott vi kan med de begränsade resurser vi har. Vi tar miljöhänsyn, men för att göra förändringar som kräver investeringar, så krävs långsiktighet och gärna ekonomiskt stöd.”*



*“Det vore bra att kunna göra det hemma eller att man kan få tillbaks motsvarande redan rötad gödsel för spridning så man slipper NPK och liknande. Har tittat mycket på detta, har fått för mig att det är ganska vanligt med gårdsrötning i tex Kina så varför skulle man inte kunna göra det till ett vettigt pris här? Självt har jag vissa år dragit en vattenslang genom gödselstacken för att få varmvatten, det är en annan aspekt på det hela, kan man använda gödselstacken för uppvärmning ungefär som jordvärme?”*

*“Att använda gödsel under framställningen av biogas låter väldigt intressant! Denna undersökning fick mig dessutom att inse att jag borde ha mer kunskap om vart vårt hästgödsel tar vägen efter att vi har tömt skottkärran på gödselstacken. För min egen del, om jag hade ett eget stall, så tror jag absolut att jag skulle nappa på denna idé om gödselhanteringen. Då skulle det viktigaste vara att det fanns en anläggning inom rimligt avstånd. Idag har jag inget eget stall utan jobbar på en travskola anslutande till en travbana. Där tror jag att det största hindret är det ekonomiska. [...] För att få ledningen att välja detta alternativ skulle det i sådana fall finnas bevis för att kostnaderna för gödselhanteringen inte skulle öka samt uppmuntran och eventuellt ekonomiskt stöd från kommunen. Slutsats: Har man egen mark och nyttjar sin egna gödsel tror jag att man inte har så stort intresse av detta. För den mindre stallägaren handlar det nog främst om kunskap och intresse, att det ska vara smidigt och inte medföra en massa extra jobb tror jag också är en viktig faktor. Stora anläggningar tror jag i större utsträckning ser till det ekonomiska, men också till anläggningens nuvarande policy. Är det till exempel en ridklubb som marknadsför sig som miljömedveten? Då är nog tankegånarna mycket mer positiva!”*

*“Häst/ stallägare behöver information om hur de BYGGER anläggningen för rationell produktion/ skötsel. Att mocka ut för hand hör knappast till 2000-talet, men sker på en övervägande andel av de anläggningar som finns. Genom att rationalisera hela delen (från ströets anläggande på gården tills att det mockas ut) skulle troligen lönsamhet och inte minst arbetsmässiga fördelar ge en större utdelning och motivation till dem det berör.”*