

Rörflen som biogasråvara



Rörflen som biogasråvara

1 UPPDRAGET

Denna sammanställning syfte är att översiktligt beskriva kunskapsläget gällande rörflen (*Phalaris arundinacea* L.) som råvara till biogasanläggningar. Arbetet är en del av projektet Bioenergiårdar och uppdragsgivare är Cecilia Wahlberg projektledare och affärsutvecklare vid Hushållningssällskapet Rådgivning Nord AB.

Utförare:

Karin Eliasson
Miljö och Energirådgivare
Rådgivarna i Sjuhärad (Hushållningssällskapet)
0325-618 612, 0708-29 04 83
www.radgivarna.nu

2 EGENSKAPER SOM BIOGASRÅVARA

Rörflen odlas traditionellt som energigräs till bränsleråvara där det blandas med torv, flis, bark eller andra energibärare till förbränning. Det innebär att den skördas på våren som fjolårsgräs och packas till balar (Pahkala & mfl., 2003). Om rörflen ska användas till biogasproduktion bör den för att nå bästa möjliga energiutbyte skördas grön i likhet med ett vallgräs. För att nå ett bra biogasutbyte ska kvalitén vara ungefär likartande som för foder till en mjölkande ko och med motsvarande antal skördar. Försök med energigrödor i Sverige visar dock att en något senare skördetidpunkt ca 1 vecka är lämpligt för energigrödor till biogasproduktion.

Biogaspotentialen i rörflen är i försök något högre än ett vanligt vallgräs. Rörflensvallar är dessutom mer långliggande och får därmed ett högre utbyte per insatt krona i produktionskostnad under livstiden eftersom rörflensvallen ligger i ca 10 år medan en vanlig vallgrödas ligglängd är ca 3 år. Det är dock inte klart huruvida rörflensvallen påverkas av att skördas flera gånger per säsong och om det påverkar liggtiden på vallen.

I tabellen nedan visas biogasutbytet för rörflen. Rörflen har hög potential jämfört med vanlig vallgröda. Biogaspotentialen utreds främst i så kallade batchförsök.

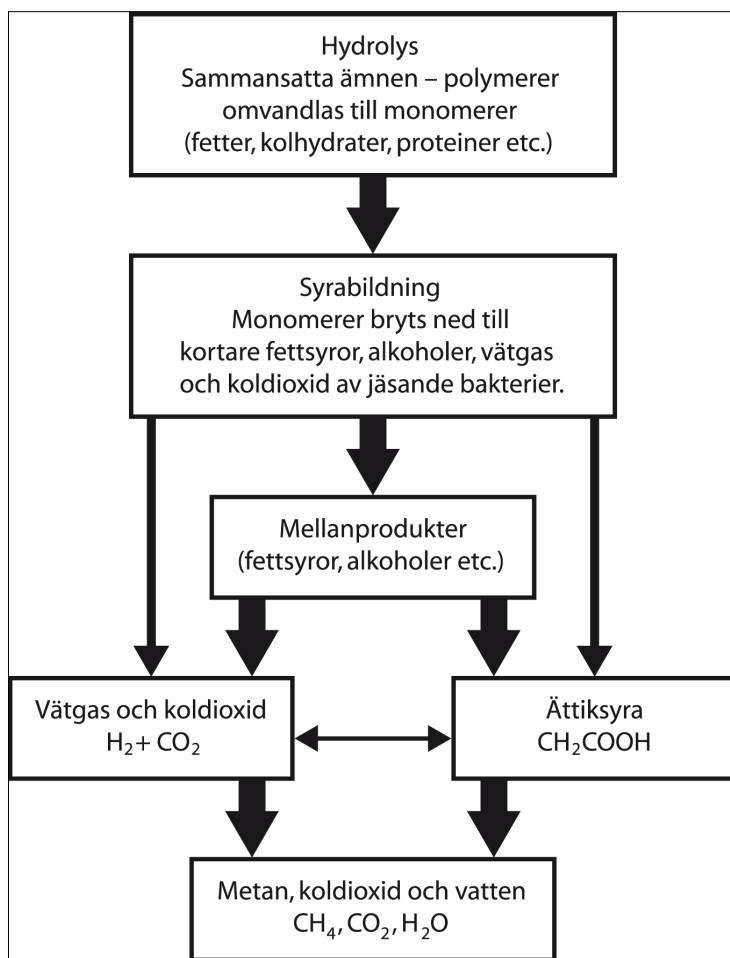
Gräs (2 skördar)	m ³ CH ₄ / tonVS	Källa
Rörflen	380	(Lehtomäki, 2006)
Timotej/klöver	430	(Lehtomäki, 2006)
Vall	300	(SGC Rapport 206, 2009)

Tabell 1 Gasutbyte från gräs i m³ CH₄/ton VS

Finland har varit drivande i försök omkring biogas (Möller, 2008) (Lehtomäki, 2006). Det är dock i dag ingen biogasprocess som matas med rörflen på gårdsnivå. Stödet för produktion av rörflen har minskat i Finland och därav också intresset för lantbrukare att odla rörflen (Ek, 2010).

2.1 Biogasprocessen

Nedbrytningen av organiskt material till biogas består utav en komplex process där flera bakterietyper samverkar för att i det sista steget av processen bilda metan figur 1. Biogas består utav en blandning av metan och koldioxid samt en del andra gaser från de anaeroba processerna. Det är enbart metan molekylerna som är bärare av energi. Innehållet av metan i biogas varierar men brukar för lantbruksrelaterade substrat ligga på mellan 55-75% metanhalt.



Figur 1 Biogasprocessen och dess steg i nedbrytning till metan.

Biogasprocessens första steg består utav den så kallade hydrolysen. Där bryts de långa molekylerna ner till enkla sockerarter, fett syror och aminosyror. Bakterierna som utför denna process använder sig av vatten, därav namnet Hydrolys.

Rörflen består beroende på utvecklingsstadium av olika mängd fibrer (se nästa avsnitt). En växts fibrer är dess innehåll av cellulosa, hemicellulosa och lignin. Dessa substrat är svårnedbrytbara i en biogasprocess, med ett samlingsnamn kallas de för lignocellulosa.

Nästa steg är syrabildningssteget och acetatproduktion. I det steget blidas bland annat alkoholer, acetat och fettsyror. Det är acetat som är huvudprodukt i det sista steget metanbildningen där metanbildande bakterier alstrar metan och koldioxid och vatten.

2.2 Skörd och förbehandling

Om rörflen ska skördas för biogaspotential att nå högsta möjliga biogaspotential ska den skördas som ett energirikt vallgräs. Då får man tänka annorlunda än om det ska skördas till förbränning, eftersom den värdefulla lättnedbrytbara energin (sockerarter) finns i bladet och inte i strået.

Rörflen Andel strå	
Juli	45-51 %
Augusti	54-57 %
Höst/vinter	57-67 %
Maj	65-75 %

Tabell 2 Andel strå av rörflensplantan ökar med ålder, därav bäst fiberproduktion vid skörd av fjolårsgräs. Fritt efter (Pahkala & mfl., 2003)

Tabellen visar stråandelen i förhållande till resten av plantan ovan jord för rörflen. Där stråandelen och därmed mängd fibrer ökar med stigande ålder.

Försök visar på att skördetidpunkten gynnar biogasproduktionen. Ett tyskt försök visar på högre biogaspotential vid sommarskördat jämfört med senare skördat gräs (ängskavle).

Färsk ängssvingel. Första klippningen månadsvis juni-mars odlad i nordöstra Tyskland

Månad	Metanproduktion Nm ³ CH ₄ / ton VS
Juni	298
September	229
Februari	155

Tabell 3 Biogaspotentialen från ängskavle vid olika skördetidpunkter (Prochnow & mfl, 2009)

Test av rörflen skördat i visar på en biogaspotential på 0,30 Nm³ / kg VS i första skörd (juni) och 0,28 Nm³ /kg VS vid andra skörd (Juli). I ett annat försök så visar den på högre skördenivåer (Möller, 2008)

	Första skörd CH ₄ Nm ³ / kg VS	Andra skörd CH ₄ Nm ³ / kg VS
Rörflen Danmark (Möller)	0,30 (skördat i juni)	0,28 (skördat i juli)
Rörflen Finland (Paavola)	0,34-0,36 8 (tidig blomning)	0,20-0,28

Tabell 4 Metanutbyte vid skördetidpunkter för rörflen (Möller, 2008)

Skörd av rörflen till biogasproduktion kan göras med samma maskintyper för vallskördar som vid vårskörd. De kan pressas till rundbalar eller hackas med exakthack för inläggning i silo. Precis som för vanlig vallskörd kräver plansilo hantering i de flesta fall mindre energinsats vid inläggning och skörd och transport än vid rullade balar (Eliasson, Gustafsson, Karlsson, & Alsén, 2009).

Processkedjan för skörd och förvaring har stor betydelse i biogas sammanhang. Flera försök visar på att sönderdelning och ensilering har stor betydelse på biogasutbytet. Strålängden vid skörd av gräs har visat sig ha betydelse där försök visar att hög sönderdelningsgrad ger högre biogasutbyte (Prochnow & mfl, 2009)

Sönderdelningsförsök	Referens	Biogasutbyte l metan/kg VS
<i>Vall gräs Finland</i>	(Kaparaju & mfl, 2002)	
5 mm		270
10 mm		350
20 mm		320
<i>Tyskland ensilage</i>	(Weiss & Bruckner, 2008)	
<i>Partikel storlek/längd/ tjocklek</i>		
6,1 mm ² / 7,7 mm/ 0,7 mm		258
1,9 mm ² / 3,7 mm/ 0,6 mm		308
1,9 mm ² /4,0 mm/ 0,6 mm		327

Figur 2 Sammanställning av strållängder vid olika försök

Tabellen visar två försök där sönderdelning har gjorts inför rötning av vallgräs respektive ensilage. I försöket visar det att biogasutbytet ökar med ökande sönderdelningsgrad. I det finländska försöket (Kaparaju et al 2002) visar det dock en nedgång vid den lägsta sönderdelningsgraden 5 mm (Prochnow & mfl, 2009).

Även metoder för ensilering har stor betydelse för biogasutbytet av vallgräs. Ett bra ensilerat material kan hålla sin biogaspotential i månader medan ett dåligt ensilerat grässubstrat kan mer än hälften av potentialen under en lagringssäsong (Prochnow & mfl, 2009).

Försök visar att endast en liten skillnad finns mellan olika vallgräs uttryckt i biogaspotential odlad på samma arealer och att skillnaden är betydligt större mellan olika jordarter och odlingsförutsättningar (vilka ger olika skördenivåer) än mellan gräsarter. I försök har biogaspotentialen visat sig variera mellan 490-540 kg biogas för vallproduktion. Sannolikt gäller detta även rörflen.

Även annan typ av förbehandling är vanlig för att öka gasutbytet i olika lignocellulosa rika material. Termisk förbehandling är förekommer liksom så kallad ångsprängning eller behandling med lösningsmedel. Huruvida dessa metoder kan påverka varandra och vilka som har störst betydelse är under forskning (Demetriades, 2008). I dagsläget är det mekanisk förbehandling (strållängd, partikelstorlek) som förekommer på gårdsnivå.

2.3 Samrötningseffekter gräs och gödsel

När biomassa från vall samrötas med stallgödsel får man ett bra biogasutbyte (Swebio, 2004). Processen stabiliserar och förbättras när olika substrat rötas tillsammans (Geber & Tuvevesson, 1993)

I försök med foderensilage och olika gödselslag har metanproduktionen visat sig bli högre vid samrötning tabell 2 Metanproduktion vid rötning av foderensilage och flytgödsel vid olika blandningar på substraten. Materialblandningar i % av ts skörd

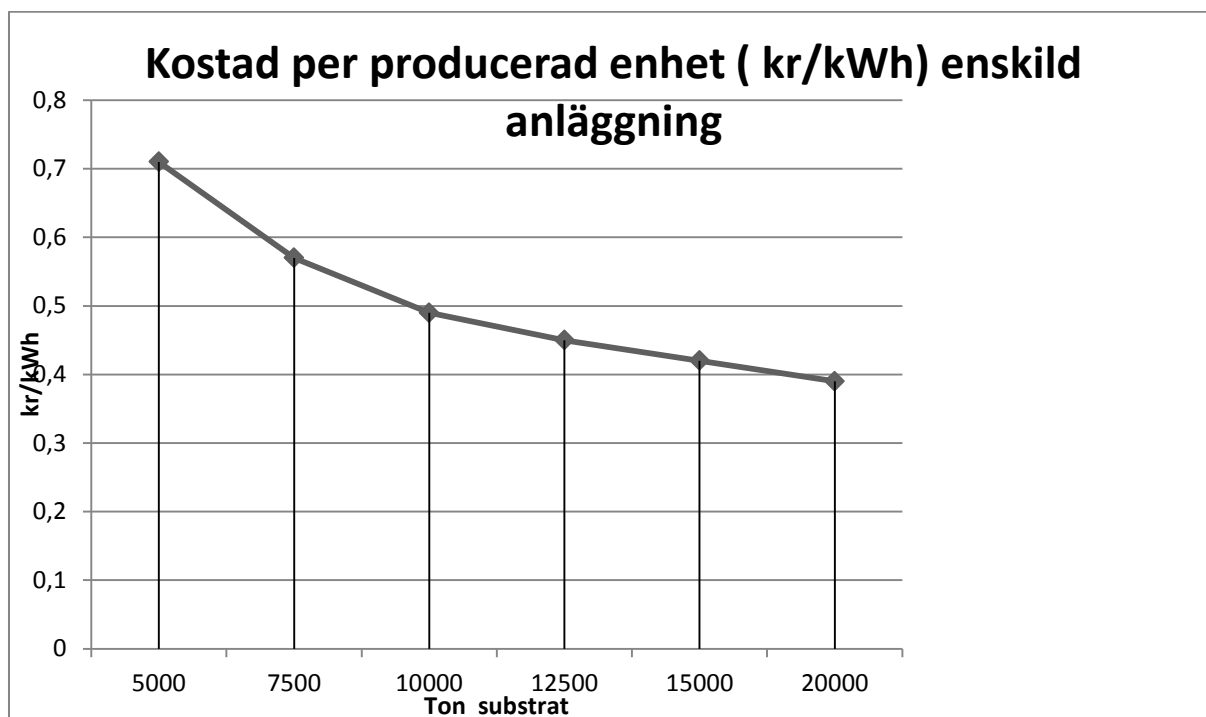
Flytgödsel	Svingödsel	Ensilage	Metanproduktion l/kg org. material
100	-		120
30	-	70	350
10		90	260
		100	260
	100		160
	50	50	290

Tabell 5 Metanproduktion vid samrötning av foderensilage och flytgödsel (Thyssenius et.al. 1991).

Vallodlingen är dessutom bra för växtföljden och innebär ett långsiktigt minskat behov utav mineralgödsel och bekämpningsmedel.

3 RESULTAT

Produktionskostnaden för biogas beror i stor del på stordriftsfördelar. Utredningar visar att produktionskostnaden minskar när anläggningarna ökar.



Figur 3 Produktionskostnad per producerad enhet vid körning av kalkylverktyget ”Biogasaffärer på Gården” vid olika substratmängder (K. Eliasson augusti 2010)

Produktionspriset är totalkostnaden (avskrivningar, räntor, driftskostnader och andra rörliga kostnader) dividerat med producerad energi. Den producerade energin i en biogasanläggning kan ses som en bruttoenergi där all producerad energi kan säljas eller som en nettopost där en del av den producerade energin åtgår till uppvärmning av biogasanläggningen. I dessa beräkningar antas dock att anläggningen värms upp på annat sätt än med gas. Det vill säga den producerade energin går till försäljning.

$$\text{Produktionspriset} \left[\frac{\text{kr}}{\text{kWh}} \right] = \frac{\text{Totalkostnad}[\text{kr}]}{\text{Producerad energi} [\text{kWh}]}$$

Formel 1 Beräkning av produktionspriset

I den statliga Nationella Biogasstrategin som lades fram till regeringen den sista augusti 2010. Fastslår utredningen att den stora potentialen till biogasproduktion finns inom energigrödor. En ersättning motsvarande vallstödet till djurfoder om vallgrödor istället använts till biogasproduktion föreslås av utredningen. Den föreslagna 0,20 kr/kWh i produktionsstöd gäller dock enligt förslaget bara biogas ur gödsel (Statens Energimyndighet, 2010)

3.1 Anläggningar Lycksele

Tre möjliga anläggningar har utretts i Lycksele kommun.

1. Anläggning i Rusksele
2. Central anläggning Skogsbacka Lycksele
3. Anläggning i Bratten och Knaften

Eftersom matavfall ingår i alla anläggningar så bör det hygieniseras. Kostnad för det är schablonmässigt antagit till 20 kr/ ton matavfall (Norin, 2007). Beräkningarna är gjorda för att få fram en produktionskostnad över livslängden. I resultatberäkningen är det förutsatt att anläggningen betalas för samtlig gas med produktionspriset över livstiden redan år 1. En inflation beräknad på 2 % är inräknad samt en energiprishöjning på 2 % på både kostnad och intäktssidan.

Eftersom rörflen visar ett högre biogasutbyte än mallens beräkning för vallgröda har biogaspotentialen höjts i de beräkningar som gjorts i denna rapport från 300 m³ CH₄/ ton VS till 350 m³ CH₄/ ton VS.

Skördekostnaderna för rörflen har antagits till 1,5 kr/kg TS och år det ger en hektarkostnad på 7500 kr per hektar och år för skördenivån 5000 kg TS/ha. Schablonkostnaden för vall i treskördesystem med ca 3 år liggtid är mellan 1,2-1,5 kr/kg TS i Hushållningssällskapets kalkyler. Kostnaden är därför ganska högt beräknad för Rörflensvallen som dessutom har längre liggtid, nivån kan ses som en utgångspunkt och resultaten bygger alltså på att man kan producera rörflen till den prisnivån.

Rusksele

Substratet i Anläggningen i Rusksele innebär att matavfallet blir det helt bärande energiavfallet. Mycket är beroende på hur det är i sin karaktär i beräkningarna är det schablonmässiga värden. En specifik analys av avfallet måste göras.

En viss spädning av materialet i Rusksele kommer att behövas för att en våt process ska fungera. Det är inlagt i kalkylen. 50 % investeringsstöd är beräknat, Taken över 1800 000 kr nås då men beräkningen förutsätter att ett större investeringsstöd beviljas.

Kostnader att köra hästgödsel från Lyckan är inlagt i kalkylen. Energimässigt motsvarar hästgödseln inte så mycket energi, så frågan är om det är långsiktigt vettigt att köra den långt (30 km), men å andra sidan är mängden så liten så att det miljömässigt inte har så stor effekt.

Central anläggning

Den centrala anläggningen beräknas med ett 30 % investeringsstöd. Likaså där behövs matavfallet (som är bärande av energi) hygieniseras. Den centrala anläggningen är också belastat med något mer arbetstid och högre transportkostnader av substratet in och ut från anläggningen

Bratten och Knaften

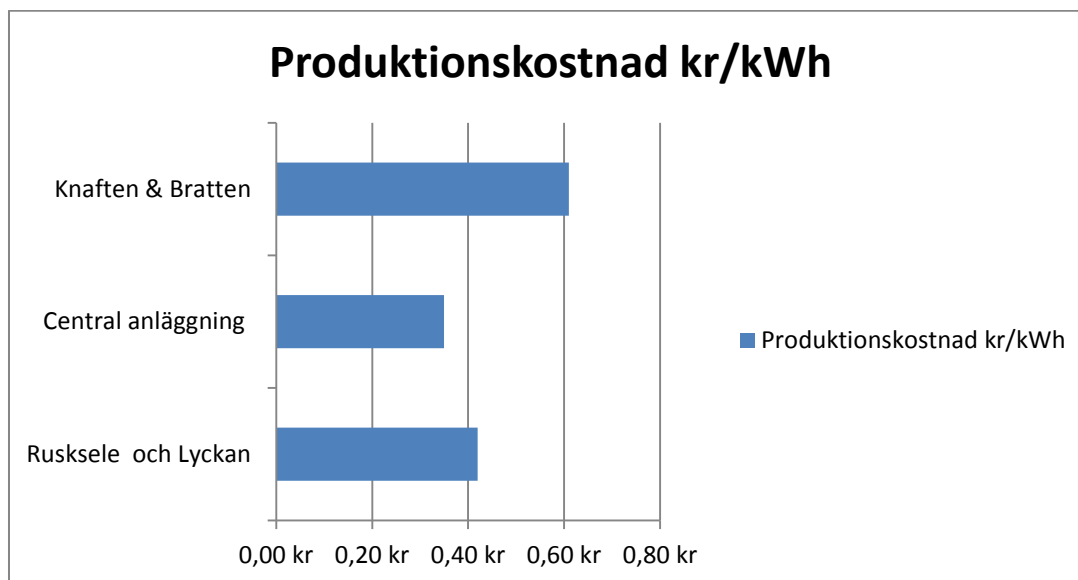
Anläggningen baserar sig på kogödsel och rörflen och blir därmed den anläggningen som mest baserar sig på jordbruksgrödor. Eftersom det endast är lite matavfall i anläggningen så är det frågan om det ska utslutas för att slippa diskussionen om hygienisering. Den största kostnaden blir produktion och transport av rörflen.

Resultat

I nedanstående tabell syns substratmängd, energiproduktion och investeringskostnad för anläggningarna

Anläggning	Mängd substrat (ton)	Energiproduktion (MWh per år)	Investeringskostnad med stöd
Rusksele och Lyckan	1920	1417	2 070 000 kr
Central anläggning	3778	3696	3 739 000 kr
Knaften & Bratten	3853	2298	2 447 000 kr

Tabell 6 Sammanställning över utredda produktionsanläggningar



Figur 4 Produktionskostnader kr/kWh

Resultatet visar att den centrala anläggningen samt i Rusksele kan producera biogas till lägst pris. Samtliga anläggningar kan dock vara möjliga eftersom produktionspriset i denna kalkyl är på rimliga nivåer. Kan man hitta en avsättning för biogasen till ett pris över produktionskostnaden får man en möjlighet till avsättning. Anläggningarna ger högt gasutbyte per reaktor volym, vilket ger den låga produktionskostnaden jämfört med rena flytgödselanläggningar. Samtliga anläggningar kan dock komma att belastas med högre investeringskostnader framförallt angående hygienisering. Mest logik är det i anläggningen i Knaften/Bratten där transporterna är korta. Det gör att den produktionssiffran kanske kan antas vara den mest riktiga.

I både Rusksele och vid en central anläggning i Lycksele så baserar sig produktionen helt på insamlat matavfall. Hur den insamlingen ska skötas och gå till samt kostnader för det är inte inlagt i kalkylen. Om mängden substrat är möjligt att samla in återstår också att utreda. Substratet och beräkningarna är därför föränderliga.

Produktionsstöden på 0,20 öre/kWh biogas utav gödsel är inte medräknat i kalkylerna. Det skulle medföra en bättre förutsättning framförallt för Bratten/Knaften anläggningen.

4 SLUTSATSER

- Anläggningarna i och omkring Lycksele kan vara intressanta att utreda ytterligare. En produktionskostnad under 0,50 öre/kWh är möjlig att få lönsam.
- Störst möjligheter anses en anläggning med gödsel och rörflen i Bratten/Knaften ha trots att produktionskostnaden i beräkningarna var den högsta. Detta beror på substratet och att man slipper hygienisering i processen.
- Förutsättningar för att energigröda ska fungera i biogasprocesser är att odlingssystem, teknik, logistik och energiutbyte är effektiva.
- Rörflens vallar kan ligga som långliggande vallar 10-12 år om de skördas som fjolårsgräs. Då har det också en viktig roll att fylla som kolsänkor på mull och torvmarker. Kanske en viss del av det går förlorat om den ska användas som biogasråvara. En gröda till biogas kan blandas med kvävefixerare för att få en bättre totalekonomi
- För enskilda anläggningar där rörflenen kan användas som del substrat i en substratmix med gödsel eller hushållsavfall, finns det inget hinder utan den har bra möjlighet att fungera som energibärare till biogasproduktion. Kvävehalten bör dock balanseras upp med mera kolrika material.
- Rörflen förvedas snabbt vilket gör att man måste ligga rätt i skörd för att nå bästa möjliga biogaspotential (Ström, 2010).
- För bästa energiutbyte i biogasprocessen bör växten skördas med två till tre skördar under odlingssäsong maj-september
- Våta kontinuerliga biogasprocesser är mest utvecklade för gårdsproduktion. Det kräver att gräset hackas ner till kortare längder (ca 2- 1 cm) för att biogasutbytet ska bli bra. Detta kräver investeringar och bygger in en högre grad av energibehov i anläggningen

4.1 Fortsatt arbete

- En förstudie för rörflen till biogas bör ligga på att göra substratinventeringar där rörflen kan ingå tillsammans med andra organiska material
- Ekonomisk analys om det kan finnas värde i att använda rörflen som biogasråvara de år som ekonomi/ efterfrågan tillåter. Efterfrågan på biogas kan komma att öka i och med politiska beslut/skatter m.m. som ökar efterfrågan på t.ex. fordonsgas.
- Ytterligare studier behövs för att utreda huruvida matavfallet passar in i processen, möjligheter till uppsamling samt kostnader för detta. Osäkerheter i hushållsavfallets kvalitet, mängd och potential för uppsamling är viktiga att utreda.

5 LITTERATURFÖRTECKNING

- Brolin, L., Thyselius, L., & Johansson, M. (1988). *Biogas ur Energigrödor*. Uppsala: Jordbrukstekniska Institutet.
- Demetriades, P. (2008). *Termisk förbehandling av cellulosariak material för biogasproduktion*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för mikrobiologi.
- Ek, F. (den 22 10 2010). Energirådgivare Svenska Lantbrukssällskapens Förbund. (K. Eliasson, Intervjuare)
- Eliasson, K., Gustafsson, I., Karlsson, B., & Alsén, I. (2009). *Hushålla med krafterna -fakta*. Hushållningssällskapet.
- Gissén, C. (den 17 06 2010). Studiebesök Wrams Gunnarstorp Biogasanläggning. (K. Eliasson, Intervjuare)
- Greber, U., & Tuveesson, M. (1993). *Vallväxters egenskaper som producenter av energi och fiberråvara och som biologiska renare av näringsrika vatten*. Institutionen för växtodlingslära. Uppsala: SLU.
- Kaparaju, P., & mfl. (2002). Co-Digestion of energy crops and industrial confectionery by products with cow manure: batch scale and farm scale evaluation. *Water Science and Technology* 45 , 275-280.
- Lehtomäki, A. (2006). *Biogas Production from Energy Crops and Crop Residues*. Jyväskylä: University of Jyväskylä.
- Möller, H. e. (2008). *Manure and energy crops for biogas production status and barriers*. Köpenhamn: Tema Nord 2008:544, Nordic Council of Ministers.
- Norin, E. (2007). *Alternativa hygieniseringsmetoder Rapport SGC 179*. Svenskt Gastekniskt Center.
- Pahkala, K., & mfl. (2003). *Odling och skörd av rörflen för energiproduktion*. Jockis: MTT.
- Prochnow, A., & mfl. (2009). Bioenergy from permanent grassland -A review: 1. Biogas. *Bioresource Technology* 100 , ss. 4931-4944.
- SGC Rapport 206. (2009). *Gårdsbiogasguide*. Svenskt Gastekniskt Center.
- skogsbruksministeriet, J. o. (den 26 1 2006). Odling av Rörflen ökar snabbt i Finland. *Pressmeddelande* . Helsingfors, Finland: Jord och skogsbruksministeriet .
- Statens Energimyndighet. (2010). *Förslag till Sektorsövergripande Biogasstrategi ER 2010:23*. Eskilstuna.
- Ström, P. (den 23 09 2010). Rådgivare HS Konsult AB.
- Weiss, D., & Bruckner, C. (2008). *Anarbeitung landwirtschaftlicher Biomasse für den Vergärungsprozess*.