

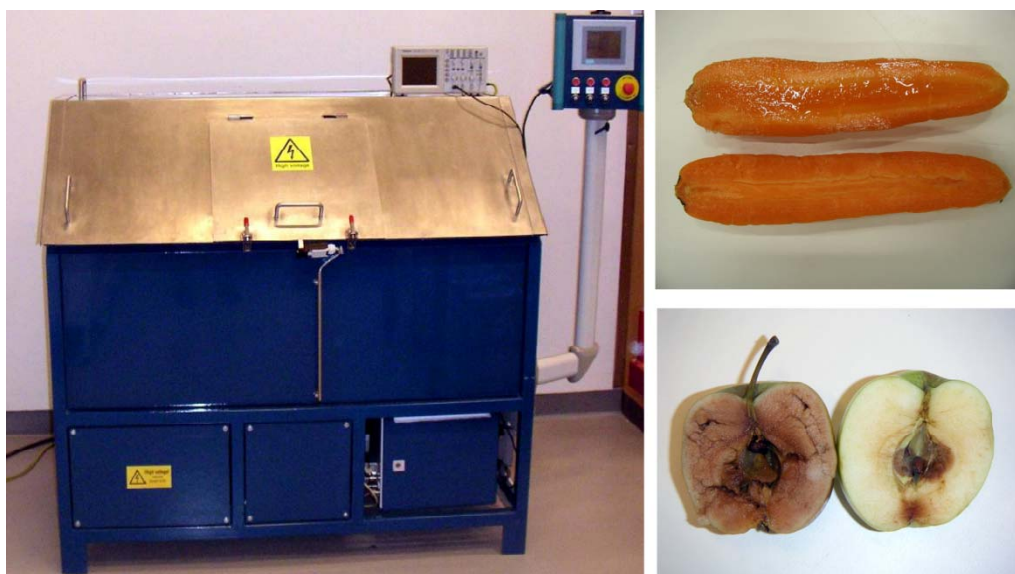
---

---

*Rapport SGC 205*

# Optimerad gasproduktion med elektroporation

©Svenskt Gastekniskt Center – Juli 2009



Martina Uldal, AnoxKaldnes AB  
Lale Andreas, LTU  
Anders Lagerkvist, LTU

## **SGC:s FÖRORD**

FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat eller dylikt i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns på SGC's hemsida [www.sgc.se](http://www.sgc.se).

Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har följande delägare: Svenska Gasföreningen, E.ON Gas Sverige AB, E.ON Sverige AB, Lunds Energikoncernen AB (publ), Göteborg Energi AB, och Öresundskraft AB.

Följande parter har gjort det möjligt att genomföra detta utvecklingsprojekt:

AnoxKaldnes AB  
Kempestiftelserna  
Svensk Växkraft AB  
Nordvästra Skånes Renhållnings AB

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Jörgen Held

## SAMMANFATTNING

Kontinuerliga och satsvisa försök har utförts med källsorterat matavfall från två olika samrötningsanläggningar i Sverige samt med matavfall insamlat direkt från hushåll i Luleå. Målet med dessa försök var att utvärdera effekten av förbehandling genom elektroporation. Behandlingen har genomförts med pulsantal varierande mellan 400-1500, strömstyrkor varierande mellan 15-35 mA samt fältstyrkor på ca 24 kV/cm. För de kontinuerliga försöken kunde en förbättrad gasproduktion påvisas för matavfallet från den ena anläggningen, men ej i lika hög grad för det andra matavfallet. De satsvisa försöken visade på viss korrelation mellan antalet pulser per förbehandling och uppnådd effekt av elektroporationen.

Studien visade att det med elektroporation är möjligt att öka metanutbytet. För matavfallet från Svensk Växtkraft ökas utbytet med 12 % mot en energiinsats på ca 31 % av det ökade utbytet. I NSRs fall blir ökningen 14 % mot en energiinsats på ca 48 % av det ökade utbytet. Möjligheten att effektivisera själva behandlingen och därmed sänka energiinsatsen anses stora. Den variabel som är starkast kopplade till behandlingseffekten är substratets COD-halt.

Intervjuer med personal på svenska samrötningsanläggningar visade på ett starkt intresse för att öka biogasproduktionen – efterfrågan är på flera platser större än tillgången. För framtiden spås en ytterligare ökande efterfrågan på biogas. Vid sidan av substratmängd och utrötningsgrad är det olika anläggningsspecifika problem som bromsar expansionen.

Sammantaget visar studien på att elektroporationen har en tydlig potential som förbehandlingsmetod, men att metoden ännu inte är fullt utvecklad. De olika avfallsmaterialen har visat sig ha stora skillnader i behandlingsbarhet, men det är inte klarlagt varför. Det är motiverat att gå vidare med ytterligare optimeringsförsök. Även fler substrat än matavfall bör testas.

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Bakgrund .....	4
1.1	Syfte .....	4
1.2	Parter i projektet .....	4
2	Material och metoder .....	5
2.1	Substrat för försök på AnoxKaldnes .....	5
2.2	Substrat för försök på LTU .....	5
2.3	Utrustning för elektroporation .....	5
2.4	Utrustning för satsvisa utrötningsförsök .....	6
2.5	Utrustning för kontinuerliga rötningsförsök .....	7
2.6	Analysmetoder .....	8
2.7	Telefonintervjuer med anläggningar .....	8
3	Resultat och diskussion .....	9
3.1	Karakterisering av substrat .....	9
3.2	Satsvisa försök utförda på LTU .....	10
3.3	Satsvisa försök utförda på AnoxKaldnes .....	11
3.4	Kontinuerliga försök .....	12
3.5	Sammanfattning – resultat på gasproduktionen .....	14
3.6	Multivariat dataanalys .....	15
3.7	Telefonintervjuer med anläggningar .....	15
3.8	Elektroporation i fullskala .....	15
4	Slutsatser .....	17
5	Litteratur .....	18
	Bilaga 1 – Analysresultat .....	19
	Bilaga 2 – Frågeformulär .....	21
	Bilaga 3 – Resultat från telefonintervjuerna .....	22
	Bilaga 4 – Multivariat dataanalys .....	24
	Bilaga 5 – Beräkning av energiinsats .....	26

# 1 BAKGRUND

Då organiskt material bryts ner utan tillgång till syre genereras biogas, en förnybar och koldioxidneutral energiresurs. Råvaran till den anaeroba nedbrytningsprocessen kan vara avfall eller restprodukter, exempelvis källsorterat organiskt matavfall från hushåll. Regeringen presenterade nyligen två propositioner om en sammanhållen klimat- och energipolitik, där bl a en 40 procent minskning av klimatutsläppen samt att 50 procent av använd energi ska bestå av förnybar energi fanns med för målen som skall vara uppnådda år 2020. I framtida energisystem anses biogasen kunna spela en avgörande roll, både på lokal och på regional nivå (Regeringskansliet, 2009).

Anaerob biologisk behandling är en väletablerad teknik för att ta hand om organiskt avfall, men utbyggnaden av biogasproduktionen bromsas trots detta av flera tekniska hinder. För att lösa problem såsom långa uppehållstider i rötammaren, kostsam hygienisering och lågt utnyttjande av den energipotential som ett visst substrat innehåller, pågår för tillfället mycket forskning och utveckling inom förbehandling. Mekanisk, termisk och kemisk förbehandling tillämpas innan rötningssteget för att öka nedbrytningen och på så sätt maximera metanutbytet (Yadvika et al, 2004). En möjlig väg att gå för att uppnå just nämnda positiva effekter är elektroporation (EP).

Elektroporation skapar porer i materialets cellmembran, vilket leder till att cellerna lyserar och cellvätskan läcker ut. Porerna skapas genom att korta elektriska pulser leds igenom materialet under en kort tidsperiod. De bildade porerna kan vara permanenta eller tillfälliga, beroende på pulsernas intensitet. Tekniken tillämpas i dagsläget inom framförallt två områden; medicin och livsmedelsindustrin. Inom livsmedelsindustrin har tekniken sin tillämpning för att förstöra grönsakers och frukters cellmembran och därigenom underlätta extraktion (Schulteiss et al, 2004).

## 1.1 SYFTE

Syftet med projektet var att förbättra kunskapen om bioavfalls behandlingsbarhet med elektroporation. Flera provomgångar med källsorterat matavfall förbehandlades med elektroporation och effekten utvärderades genom kontinuerliga röttester samt batchförsök. Som ett led i dessa försök ingick även att söka enkla analysmetoder för att kunna avgöra ett substrats lämplighet för elektroporation på ett tids- och kostnadseffektivt sätt, samt utvärdera behandlingens effekt. Slutligen var även syftet att undersöka de svenska samrötningsanläggningars behov av optimering.

## 1.2 PARTER I PROJEKTET

Projektet har genomförts i samarbete mellan Luleå Tekniska Universitet (LTU) och AnoxKaldnes AB i Lund. Från LTU deltog Anders Lagerkvist, Ulla-Britt Uvemo och Lale Andreas. Från AnoxKaldnes deltog Martina Uldal och Lars-Erik Olsson. Utrustningen för elektroporation var placerad på LTU. Kontinuerliga nedbrytningsförsök utfördes på AnoxKaldnes laboratorium i Lund. Batchtester gjordes både vid LTU och hos AnoxKaldnes. I projektets referensgrupp deltog dessutom Anneli Petersson (SGC), Karin Eken Södergård (NSR) samt Per-Erik Persson (VAFAB).

## **2 MATERIAL OCH METODER**

### **2.1 SUBSTRAT FÖR FÖRSÖK PÅ ANOXKALDNES**

Avfallet som användes i försöket var källsorterat matavfall som skickades från NSR avfallsanläggning i Helsingborg, samt Svensk Växtkraft avfallsanläggning i Västerås till LTU för behandling. TS-halten justerades till 10-15 % före elektroporations (EP) behandling. För att så långt som möjligt efterlikna fullskaleprocessen på respektive anläggning förbehandlades materialen på olika sätt. Materialet från Västerås finfördelades i hushållsmixer innan EP-behandling (se beskrivning nedan) medan materialet EP-behandlades utan mekanisk förbehandling. Materialen skickades därefter till AnoxKaldnes laboratorium i Lund, där materialet från NSR pressades i labbskalepress. Endast pressvätskan användes därefter som substrat för biogasproduktion.

Materialen användes sedan för satsvisa och kontinuerliga försök. För de kontinuerliga försöken justerades TS i behandlat samt obehandlat material till ca 7 % innan det matades in i försöksreaktorerna. BMP-försök har visat att metanpotential hos matavfall ligger runt 450 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/tonVS in (Carlsson & Uldal, 2009).

### **2.2 SUBSTRAT FÖR FÖRSÖK PÅ LTU**

Komposterbart avfall sorterades fram ur ca 400 kg avfall som källsorterats i brännbar fraktion (som i praktiken visade sig bestå av ca 50 % komposterbart avfall, vilket är ganska vanligt) som insamlats direkt vid hushåll i Luleå. En skillnad mellan detta material och övriga material som testats är materialets ålder, samt att det inte transporterats efter elektroporation.

### **2.3 UTRUSTNING FÖR ELEKTROPORATION**

Den använda elektroporationsutrustningen visas i figur 1 och 2. I denna kan batcher om cirka 1 liter behandlas med upp till 24 kV cm<sup>-1</sup> och 10 Hz (figur 2). Anläggningen är den enda existerande anläggningen i sitt slag och har levererats av KEA-TEC GmbH, Tyskland. Den levererades till LTU 2006.



**Figur 1.** Elektroporationsanläggning i miljötekniklaboratoriet vid Luleå Tekniska Universitet.  
Foto: Jurate Kumpiene.



**Figur 2.** Behållaren för elektroporationsbehandling. Vid varje tillfälle kan ca 1 liter substrat behandlas. Foto: Jurate Kumpiene.

## 2.4 UTRUSTNING FÖR SATSVISA UTRÖTNINGSFÖRSÖK

Satsvisa utrotningsförsök (BMP-test) utfördes vid två olika tillfällen på AnoxKaldnes laboratorium i Lund. Glasflaskor med volym 250 ml användes som minirötkammare. Samtliga lösningar sattes i triplikat och medelvärdet från dessa används som resultat i denna rapport. För båda försöken användes ym slam från NSR biogasanläggning. Till försöken beredd blanklösning, referenslösning samt testlösningar med respektive matavfall. Blanklösningen innehöll endast ym slam spätt med destillerat vatten, för att kontrollera ymens bidrag till metanproduktionen. Referenslösningen innehöll även natriumacetat-trihydrat ( $\text{NaAc} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) som substrat för att se vilken aktivitet som kunde erhållas från slammet med ett lättnedbrytbart substrat under optimala förhållanden. En relativt låg belastning av  $\text{NaAc} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  per gram VS från ymen (0,5 g COD/g VS) valdes för att garantera att aktiviteten inte hämmades av

överbelastning. En stor del av ympens VS antas utgöra av anaeroba mikroorganismer, och med en referenslösning kan man på detta sätt verifiera dessas aktivitet. Slutligen bereddes testlösningar med obehandlade respektive elektroporerade prover av de två olika matavfallen. För de elektroporerade proverna testades olika antal pulser (400, 800, 1000, 1200 och 1500) vid de två försöken. Testlösningarna bereddes med testsubstrat, ym slam och destillerat vatten. Förhållandet mellan ymp och testsubstrat anpassades så att VS från testsubstratet utgjorde 40 % och VS från ympen utgjorde 60 % av lösningens totala VS. Detta för att minimera risken för överbelastning samtidigt som övervägande delen av gasproduktionen härstammar från testsubstratet. I figur 3 visas en minirötkammare.



**Figur 3.** Minirötkammare för satsvist utrotningsförsök på AnoxKaldnes laboratorium i Lund. Foto: My Carlsson.

BMP-test utfördes även i Luleå vid ett tillfälle. Till detta försök användes samma metod och utrustning som för testerna utförda på AnoxKaldnes med smärre skillnader. För spädning användes vanligt kranvatten. Förhållandet mellan ymp och testsubstrat anpassades så att VS från båda var ungefär lika stora. Ingen substrattillsats gjordes till kontrollerna med enbart slam. Gasbildning mättes volumetriskt mot atmosfärstryck.

## 2.5 UTRUSTNING FÖR KONTINUERLIGA RÖTNINGSFÖRSÖK

De kontinuerliga utrotningsförsöken har utförts på AnoxKaldnes laboratorium i Lund. Reaktorerna har en volym på 5 liter och är försedda med omrörare, in- och utmatningsutrustning, gasuttag, uppvärmning och temperaturmätning. Under försökets har de körts parallellt med en belastning kring  $2,8 \text{ kgTS/m}^3/\text{d}$  med obehandlat respektive elektroporerat avfall från NSR respektive Svensk Växtkraft. Uppehållstiden i respektive rötkammare var 25 dagar och temperaturen hölls kring  $37 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  under hela försöksperioden. I figur 4 visas laborierötkamrarna. Använd strömstyrka samt antal pulser per behandling finns angivet i tabell A och B (bilaga 1).





**Figur 4.** Kontinuerliga biogasreaktorer på AnoxKaldnes laboratorium i Lund.  
Foto: My Carlsson.

## 2.6 ANALYSMETODER

Använda metoder och standarder vid utförda analyser redovisas i tabell 1. Samtliga analyser förutom totalfett utfördes vid AnoxKaldnes laboratorium i Lund.

**Tabell 1** Metoder och standarder för utförda analyser.

<b>Analys</b>	<b>Metod/standard</b>
TS	SS 028113-1
VS	SS 028113-1
Gassammansättning	GC-TCD
pH	SS 028122-2
COD	Lange LCK 114
Konduktivitet	WTW Cond 340i
NH <sub>4</sub> -N	SS-EN ISO 11732:2005
TKN	SS-EN 25663
Totalfett	NMKL 131

## 2.7 TELEFONINTERVJUER MED ANLÄGGNINGAR

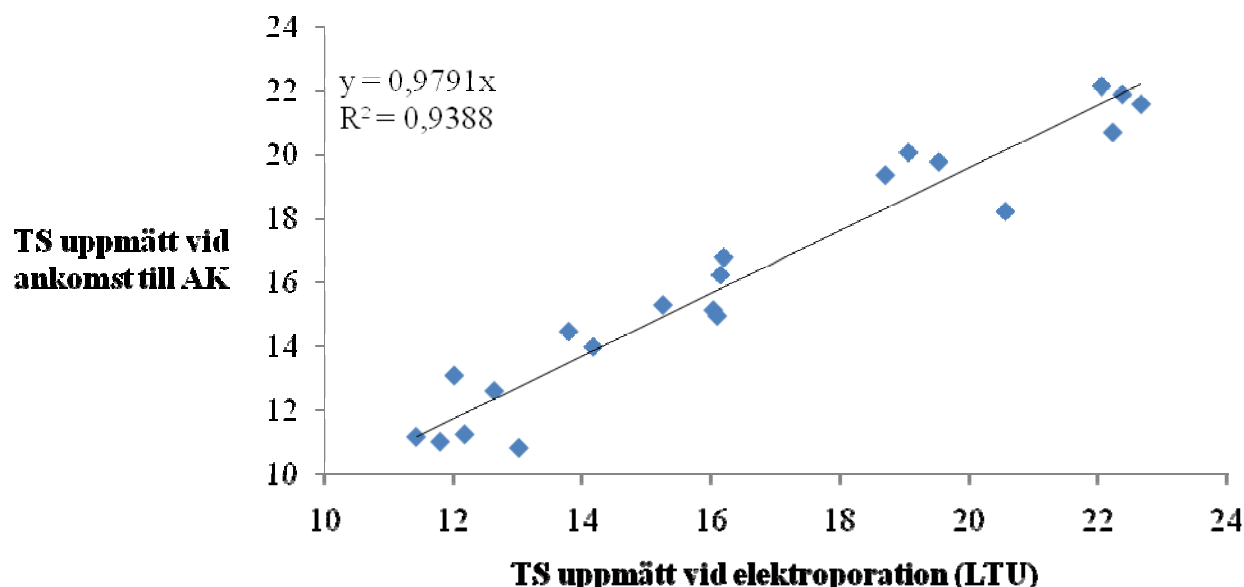
Sex representanter från olika svenska samrötningsanläggningar intervjuades per telefon efter ett förberett intervjumaterial med frågor (se bilaga 2). De anläggningar som kontaktades var NSR (Helsingborg), Svensk Växtkraft (Västerås), Tekniska Verken (Linköping), Karpalund (Kristianstad), Bodsvedjan (Boden) och Tuvan (Skellefteå). Utförliga resultat från intervjuerna med respektive anläggning återges i bilaga 3.

### 3 RESULTAT OCH DISKUSSION

#### 3.1 KARAKTERISERING AV SUBSTRAT

De två matavfallen från NSR respektive Svensk Växtkraft analyserades med avseende på löst COD och konduktivitet, dess innehåll av fett, protein och kolhydrater samt torrsubstanshalt (TS) och organiskt innehåll (VS). Både obehandlade och elektropererade prover analyserades. Data för proverna visas i bilaga 1, tabell A-C. Att döma av resultaten varierar substratsammansättningen påtagligt under försöksperioden, en liknande bild ges av fetthaltsanalyserna och COD-halterna i tabell A och B (bilaga 1). Skillnaden mellan behandlat och obehandlat material är liten för COD och kolhydrater medan den varierar stokastiskt upp emot 30 % för fett, protein och inert. Alla dessa variabler har en svag korrelation till gasbildningen uppmätt i de kontinuerliga försöken. Mätdata för material från NSR varierar mer än det från Svensk Växtkraft.

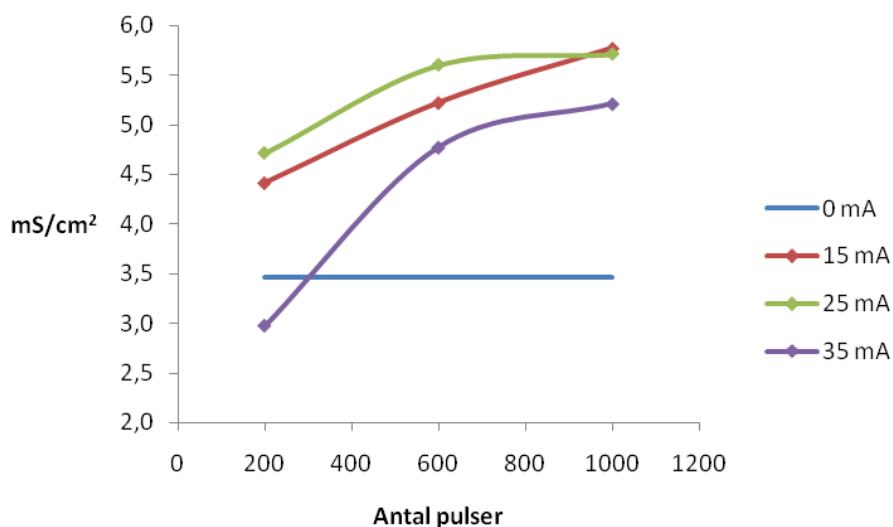
För att säkerställa att materialet inte hann brytas ner under transporten analyserades TS och VS både i Luleå och i Lund. I figur 5 visas korrelationen mellan TS-halterna uppmätta i Luleå respektive Lund. En viss variation kan noteras men trendlinjen beskriver en god överensstämmelse mellan mätningarna, med endast ett par procent lägre TS-halter efter transport. Av detta kan man sluta sig till att ingen betydande gasavgång eller fettsyrabildning ägt rum under transporten.



**Figur 5.** TS-halter (g/l) i samband med behandling vid LTU och vid ankomst till AnoxKaldnes.

### 3.2 SATSVISA FÖRSÖK UTFÖRDA PÅ LTU

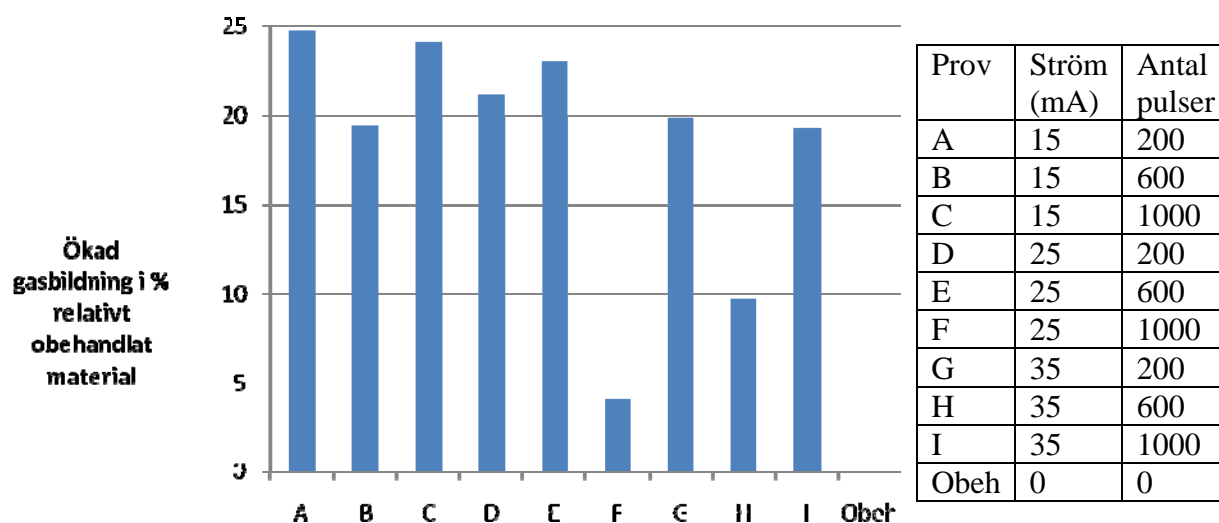
Material från hushåll i Luleå elektropererades med 200, 600 respektive 1000 pulser med strömstyrkor mellan 15 och 35 mA. I figur 6 visas resulterande konduktivitet omedelbart efter behandling. Satsvisa utrötningsförsök sattes i triplikat för varje kombination av strömstyrka och pulsantal och resultaten visas i figur 7.



**Figur 6.** Konduktivetsrespons av elektroperation på färskt plocksorterat komposterbart avfall från Luleå.

Optimala inställningar för detta material verkar vara kring 25 mA och 600 pulser. Att obehandlat material i ett fall har högre konduktivitet än behandlat pekar på materialets variation, dock ger varje serie (med en viss strömstyrka) konsistent högre konduktivitet med ökat pulsantal.

I figur 7 visas en jämförelse mellan de olika behandlingarna. Total uppmätt gasbildning var 290 m<sup>3</sup>/tonVS för obehandlat material och i medeltal 342 m<sup>3</sup>/ton VS för behandlat. Initialt kan en del gas ha gått förlorad p g av att flaskorna fick sättas om, men det är ändå en relativt låg gasproduktion. Materialet innehöll en relativt hög andel papper.



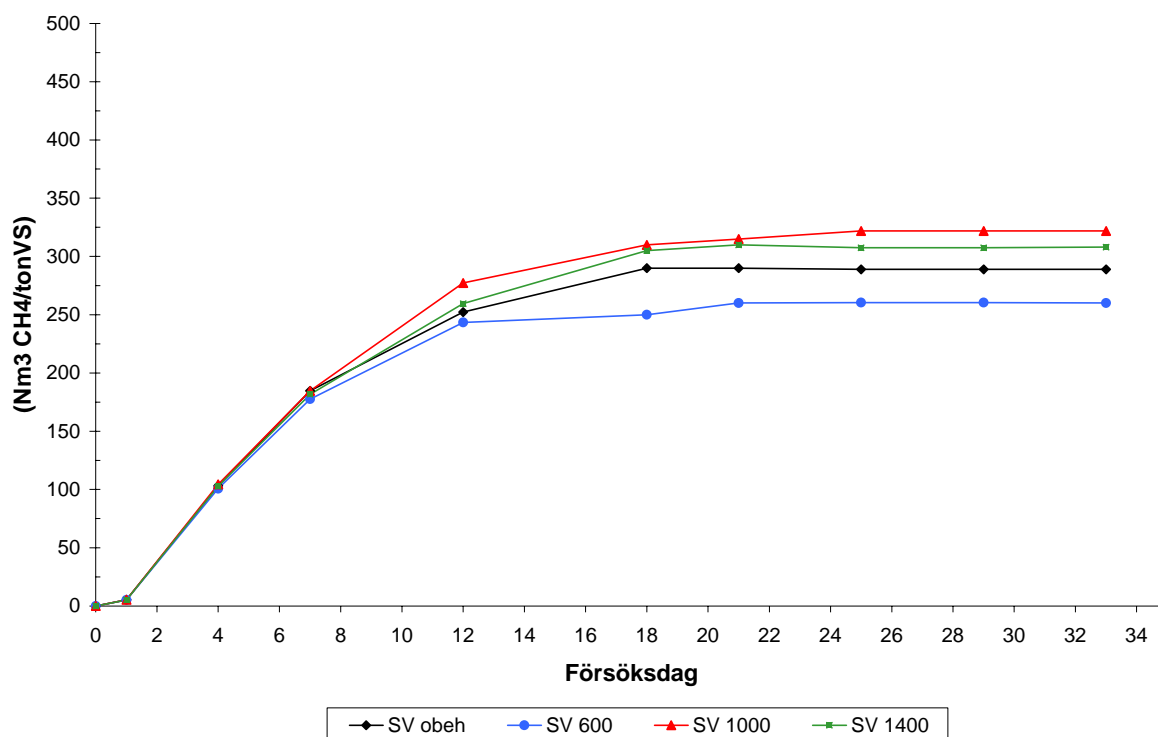
**Figur 7.** Gasproduktion från plocksorterat avfall i Luleå. Alla behandlade prover gav mer gas än referensen (= 0).

Strömstyrkans inställning styr frekvensen, högre strömstyrka = högre frekvens. I F-serien föll en parallell bort (flaskan exploderade) och medelvärdet borde möjligen vara högre. Elektroporationen förefaller ha en viss effekt i alla kombinationer av strömstyrka och pulsantal, vilket sammanfaller med konduktivitetsdata, men tendensen mot högre konduktivitet med fler pulser syns inte i gasproduktionen. Sambanden mellan testade variabler och gasbildning verkar vara mer sammansatta än vad som kan illustreras i två dimensioner.

### 3.3 SATSVISA FÖRSÖK UTFÖRDA PÅ ANOXKALDNES

Satsvisa försök utfördes på AnoxKaldnes laboratorium i Lund med matavfall från Svensk Växtkraft och NSR från leverans 5 och 7. Matavfallet behandlades med olika antal pulser för att se hur detta påverkar effekten av elektroporationen som förbehandling.

Figur 8 visar metanutbytet för obehandlat källsorterat matavfall respektive matavfall behandlat med 600, 1000 samt 1400 pulser från Svensk Växtkraft. Under de första 8 dagarna följer linjerna varandra väl, men därefter ökar utbytet för matavfallet som behandlats med 1000 respektive 1400 pulser. Samtidigt stannar gasproduktionen av för det obehandlade matavfallet samt matavfallet behandlat med 600 pulser. Det slutliga utbytet för obehandlat matavfall är  $289 \text{ Nm}^3/\text{tonVS}$ , för avfallet behandlat med 600 pulser  $260 \text{ Nm}^3/\text{tonVS}$ , för avfallet behandlat med 1000 pulser  $322 \text{ Nm}^3/\text{tonVS}$  samt för avfallet behandlat med 1400 pulser  $308 \text{ Nm}^3/\text{tonVS}$ . Resultaten visar alltså att det krävs minst 1000 pulser för att få någon effekt av elektroporationen för detta material. Vid behandling med 1000 pulser blir utbytet 11 % högre och vid 1400 pulser blir utbytet 7 % högre.

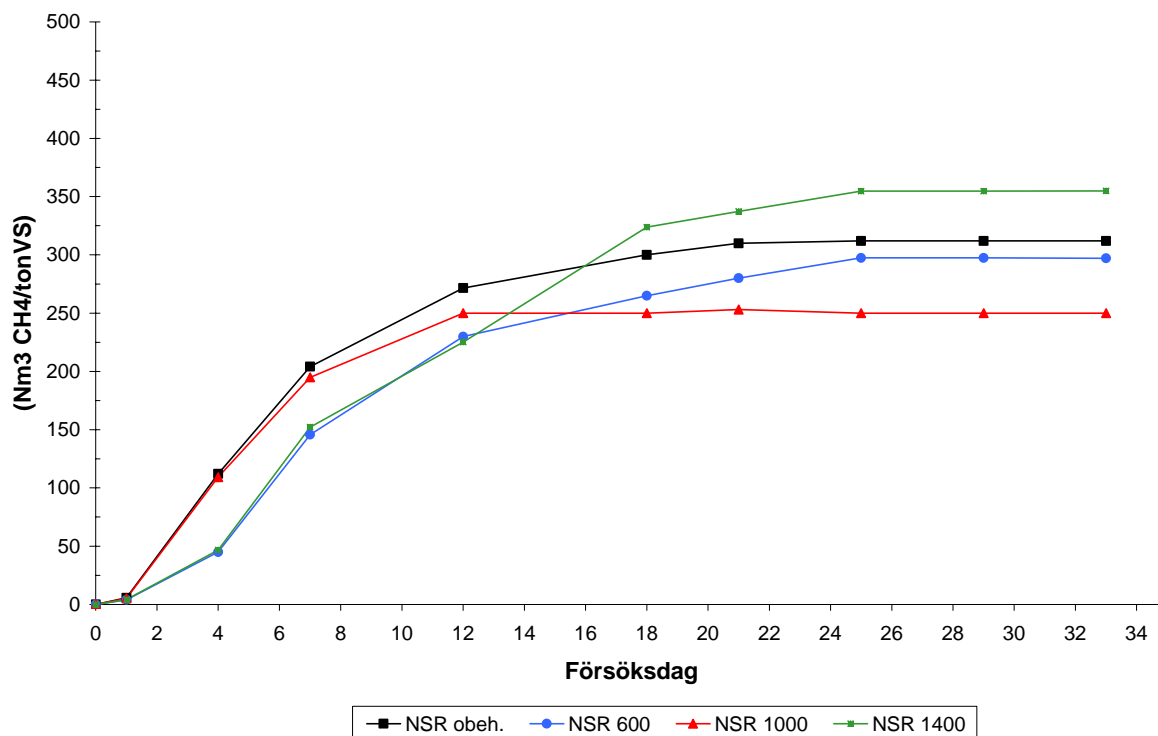


**Figur 8.** Resultat från andra satsvisa försöket med matavfall från Svensk Växtkraft. Obehandlat avfall och avfall behandlat med 600, 1000 samt 1400 pulser.

Tidigare utvärtningsförsök med obehandlat källsorterat matavfall från Svensk Växtkraft, respektive matavfall behandlat med 1000 pulser visade på att metanutbytena följde varandra

väl under de första 10 dagarna, men att metanutbytet för det elektroporerade matavfallet sedan ökade. Det slutliga utbytet för obehandlat matavfall blev 310 Nm<sup>3</sup>/tonVS mot 355 Nm<sup>3</sup>/tonVS för det elektroporerade matavfallet, en skillnad på 14,5 %. Tillsammans med resultaten från försöket redovisat i figur 8 tyder detta på att ett ökat metanutbyte kring 10-15 % kan fås för matavfall från Svensk Växtkraft genom förbehandling med elektroporation.

Satsvisa försök gjordes även med matavfall från NSR. Figur 9 visar metanutbytet för obehandlat källsorterat matavfall respektive matavfall behandlat med 600, 1000 samt 1400 pulser från NSR.

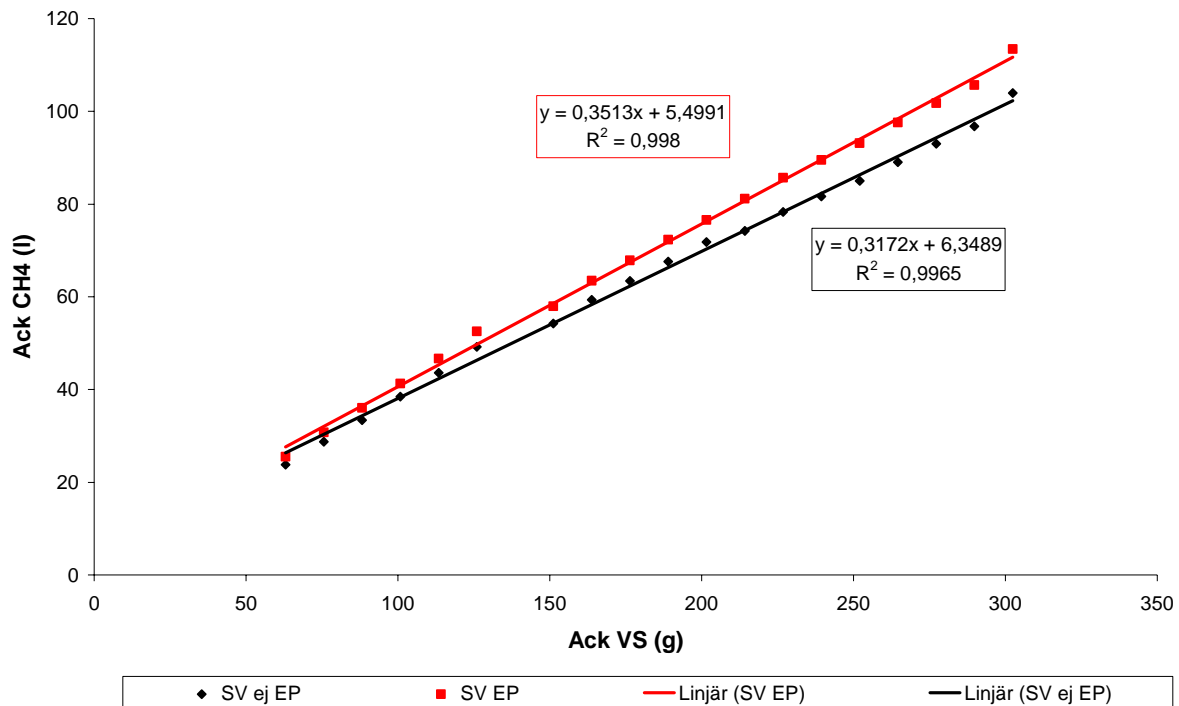


**Figur 9.** Resultat från första satsvisa försöket med matavfall från NSR. Obehandlat avfall och avfall behandlat med 600, 1000 samt 1400 pulser.

Under de första 12 dagarna är utbytet för det obehandlade matavfallet högre än för respektive elektroporerad fraktion. Därefter fortsätter utbytet för matavfallet behandlat med 1400 pulser, samtidigt som övriga fraktioner stannar av kring sitt slutvärde. Det slutliga utbytet för obehandlat matavfall är 312 Nm<sup>3</sup>/tonVS, för avfallet behandlat med 600 pulser 297 Nm<sup>3</sup>/tonVS, för avfallet behandlat med 1000 pulser 250 Nm<sup>3</sup>/tonVS samt för avfallet behandlat med 1400 pulser 355 Nm<sup>3</sup>/tonVS. Resultatet tyder alltså på att ingen effekt av elektroporationen uppnås vid pulsantal under 1400 pulser. Vid 1400 pulser fås ett 13,8 % ökat metanutbyte.

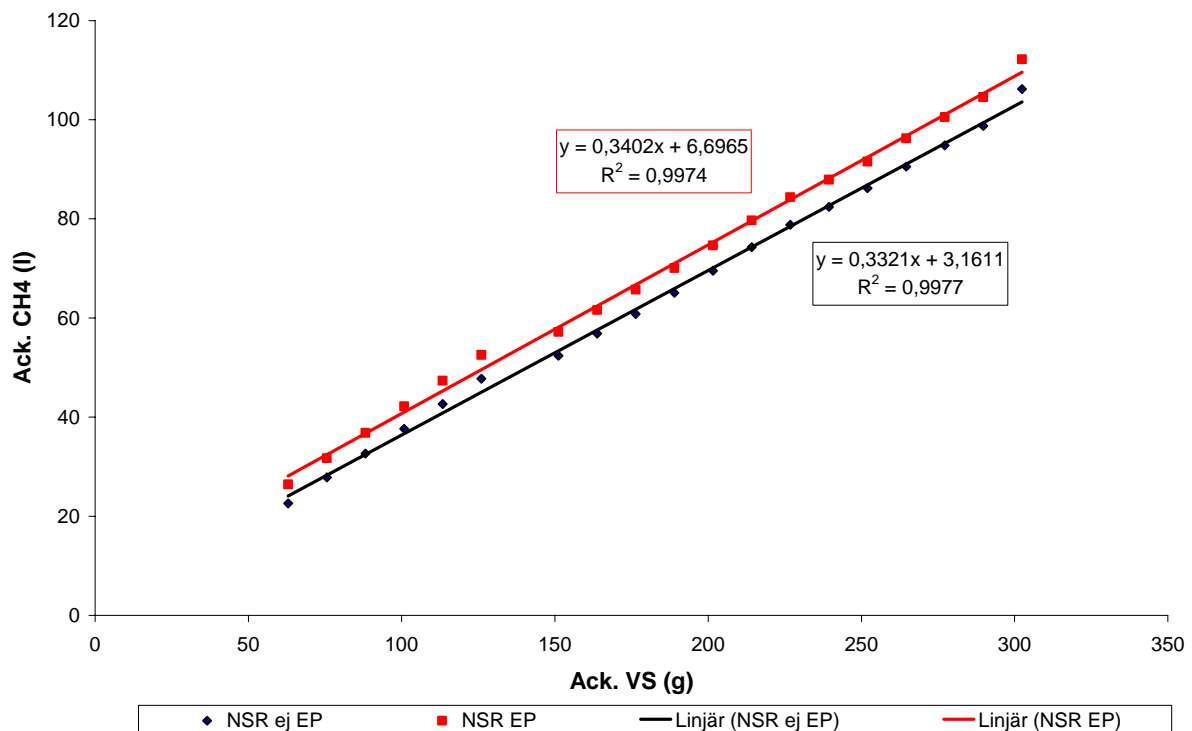
### 3.4 KONTINUERLIGA FÖRSÖK

Kontinuerliga försök utfördes under hela projektperioden på AnoxKaldnes laboratorium med obehandlat respektive behandlat matavfall från NSR och Svensk Växtkraft, totalt fyra parallella labbreaktorer. Reaktorerna hade en belastning kring 2,8 kgTS/m<sup>3</sup>/d och uppehållstiden 25 dagar. Temperaturen hölls kring 37 ± 1 °C under hela försöksperioden



**Figur 10.** Resultat från kontinuerliga försök med matavfall från Svensk Växtkraft. Obehandlat och avfall behandlat med 1000 pulser. Resultat från perioden med leverans 6-8.

Figur 10 visar den ackumulerade metanproduktionen från den ackumulerade inmatade TS-mängden av källsorterat matavfall från Svensk Växtkraft. Linjernas lutning approximerar medelutbytet under den aktuella perioden. Medelutbytet från det elektroprorerade avfallet är 10 % högre jämfört med det obehandlade avfallet (0,351 respektive 0,317 l CH<sub>4</sub>/g VS).



**Figur 11.** Resultat från kontinuerliga försök med matavfall från NSR. Obehandlat avfall och avfall behandlat med 1000 pulser. Resultat från perioden med leverans 6-8.

Figur 11 visar den ackumulerade metanproduktionen från den ackumulerade inmatade TS-mängden av källsorterat matavfall från NSR. Linjernas lutning approximerar medelutbytet under den aktuella perioden. Medelutbytet från det elektroporerade avfallet är 2,4 % högre jämfört med det obehandlade avfallet (0,340 respektive 0,332 l CH<sub>4</sub>/gVS).

Resultaten tyder på att elektroporationen har en positiv effekt på materialet från Svensk Växtkraft, men en obetydlig effekt på materialet från NSR. För de kontinuerliga försöken testades inte att öka pulsantalet över 1000 pulser per behandling, vilket enligt det satsvisa försöket hade behövts för att påverka materialet från NSR. Resultatet från de kontinuerliga försöken med matavfall från Svensk Växtkraft visar dock, i enlighet med resultaten från tidigare utförda satsvisa försök, att ett förbättrat metanutbyte på kring 10 % kan fås med elektroporation (1000 pulser) som förbehandling innan rötning.

### 3.5 SAMMANFATTNING – RESULTAT PÅ GASPRODUKTIONEN

Den specifika metanbildningen från de olika materialen redovisas i tabell 2. Under början av försöksperioden uppnåddes ingen eller obetydlig effekt på metanutbytet av elektroporationen. Det beslutades då att proverna skulle spädas ytterligare innan behandling, samt att antalet pulser skulle ökas. Resultaten från de kontinuerliga försöken visar på att dessa åtgärder hade positiv effekt (se resultat från leverans 6-8 i tabell 2). Förbehandling med elektroporation gav en tydligare effekt på gasutbytet för matavfallet från Svensk Växtkraft jämfört med matavfallet från NSR. De satsvisa försöken visar att det för matavfallet från NSR verkar krävas 1400 pulser för att uppnå ett ökat gasutbyte, vilket kan förklara varför resultaten på gasutbytet för de kontinuerliga försöken visar på så liten effekt av behandling med elektroporation. De satsvisa försöken visar därmed på att antalet pulser som appliceras per behandling kan påverka vilken effekt man får av förbehandlingen.

**Tabell 2.** Metanutbyten för obehandlat respektive elektroporerat matavfall från Svensk Växtkraft samt NSR. Medelvärde från kontinuerliga försök samt resultat från satsvisa försök.

<b>Kontinuerliga försök</b>				
metanutbyte (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /tonVS)				
Leverans	<b>SV ej EP</b>	<b>SV EP</b>	<b>NSR ej EP</b>	<b>NSR EP</b>
1	473	518	623	610
2	347	292	410	427
3	401	376	440	521
6	404	433	406	433
7	299	339	319	326
8	342	366	365	374
<b>Satsvisa försök</b>				
metanutbyte (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /tonVS)				
Leverans	<b>SV ej EP</b>	<b>SV 600</b>	<b>SV 1000</b>	<b>SV 1400</b>
5	310		355	
7	289	260	322	308
Leverans	<b>NSR ej EP</b>	<b>NSR 600</b>	<b>NSR 1000</b>	<b>NSR 1400</b>
7	312	297	250	355

### **3.6 MULTIVARIAT DATAANALYS**

Resultaten har analyserats med multivariat dataanalys (MVDA). Den resulterande modellen visas i figur A, bilaga 4. Här har alla data använts (rådata från tabell A och B, bilaga 1). Modellen förklarar 70 % av datavariationen, det som tydligast syns är att det är större skillnad mellan materialen från NSR och SV än mellan behandlat och obehandlat material från respektive anläggning.

En utförligare beskrivning samt analys av data finns angiven i bilaga 4. Av analysen kan man dra slutsatsen att COD-halten beskriver gasbildningspotentialen bäst och att gasbildningen i någon mån är relaterad till behandlingen, dvs. antal pulser. Dock indikerar modellen också samband som är orimliga, vilket skulle kunna vara ett tecken på att det finns systematiska mätfel i data, eller att det saknas någon viktig faktor. En sådan faktor kan vara fördelningen av energi i avfallsmaterialet, dvs. strömpulsernas geometri. Omröring under behandling eller annan utformning av reaktor kan behövas.

### **3.7 TELEFONINTERVJUER MED ANLÄGGNINGAR**

Telefonintervjuer genomfördes med sex svenska samrötningsanläggningar enligt frågeformuläret i bilaga 2. Resultaten från dessa intervjuer visar att man vid alla anläggningar ser ett behov av ökad gasproduktion i framtiden. Flera anläggningar har även konkreta planer på att bygga ut kapaciteten. Hantering av inkommande material och gasrening är kapacitetsbegränsande i några fall, i ett fall har röt-kammaren nått kapacitetstaket. På sikt verkar därför förbehandling bli mer intressant för samtliga anläggningar. Utförliga svar från respektive anläggning finns angivna i bilaga 3.

### **3.8 ELEKTROPORATION I FULLSKALA**

Det är intressant att försöka skatta vad förbehandling med elektroporation skulle innebära i ökat energiutbyte för de två samrötningsanläggningarna. Utrötningsförsök respektive kontinuerliga försök visade att det krävs 1400 pulser för att uppnå effekt med matavfall från NSR, samt 1000 pulser för att uppnå effekt med matavfall från Svensk Växtkraft. För matavfallet från NSR blev ökningen 14 % i metanutbyte, och för matavfallet från Svensk Växtkraft blev ökningen ca 12 % i metanutbyte. Varje puls motsvarar en tillsatt energimängd om 67,2 joule. Vid behandling med 1000 pulser av matavfall från Svensk Växtkraft motsvarar detta en energikonsumtion på ca 430 kJ/kgVS. Vid behandling med 1400 pulser av matavfall från NSR blir motsvarande energikonsumtion 600 kJ/kgVS. Om man räknar på att CH<sub>4</sub> har ett värmevärde på 35,9 kJ/l motsvarar detta en ökning från 11,2 MJ/kgVS för obehandlat matavfall från NSR till 12,6 MJ/kgVS för elektroporerat matavfall från NSR. Motsvarande siffror för Svensk Växtkraft blir 10,8 MJ/kgVS för obehandlat matavfall respektive 12,2 MJ/kgVS för elektroporerat matavfall. Vid jämförelse med energiinsatsen betyder detta att för matavfallet från Svensk Växtkraft får en ökning i utbyte på 12 % mot en energiinsats på 30,7 % av det ökade utbytet. Detta motsvarar en investering på 3,5 % av det totala utbytet. I NSRs fall blir ökningen 14 % mot en energiinsats på 47,9 % av det ökade utbytet, vilket motsvarar en investering på 4,8 % av det totala utbytet. Vid en jämförelse med vad som tidigare uppnåtts, då beräkningar visade på att en ökad nedbrytning motsvarande 1-6 % av utbytet krävdes för att balansera energitillförseln (Carlsson & Lagerkvist, 2008) ligger dessa tal inom detta intervall. Se bilaga 5 för utförliga beräkningar.



Slutsatsen blir alltså att man i Svensk Växtkrafts fall vinner 70 % av den extra energi man producerar, samt med matavfall från NSR fall vinner 52 % av den extra energi som produceras. Med tanke på att själva behandlingsenheten i elektroporationsapparaten enligt tillverkaren inte är optimerad med avseende på strömpulsernas fördelning i materialet är detta rimliga siffror. Enligt tillverkaren kommer det i fullskala aldrig att behövas ett så högt pulsantal som 1000 eller 1400 pulser, istället ligger pulsantalet betydligt lägre pulser, vilket ju minskar energiinsatsen avsevärt. Uppskattningsvis blir energiinsatsen då uppemot 10 gånger lägre än vad dessa försök visar.

## 4 SLUTSATSER

Det finns tydliga skillnader mellan olika matavfall vilket visar att studier på effekten av en förbehandlingsmetod måste utredas specifikt i varje enskilt fall och optimeras baserat på rådande förutsättningar på respektive anläggning.

Utröttningsförsök indikerade att det krävs 1400 pulser för att uppnå resultat med NSR material, medan 1000 pulser var tillräckligt för att uppnå positiva resultat med matavfall från Svensk Växtkraft. Båda pulsantalen är orimligt höga och tyder på att strömpulserna inte fördelas tillräckligt effektivt i materialet. Om strömpulsernas fördelning i materialet varierar mellan testerna, kan det vara en möjlig förklaring till de varierande behandlingsresultaten. Detta bör undersökas vidare.

Resultaten från utröttningsförsök med Svensk Växtkraft materialet visar på att ett ökat utbyte kring 10-14 % kan uppnås med elektroporation. Störst effekt fås vid 1000 pulser per behandling och att applicera ett större antal pulser verkar ej ge bättre effekt. Resultaten från utröttningsförsök med NSR materialet visar på att ett ökat utbyte kring 12 % kan uppnås med elektroporation om 1400 pulser appliceras per behandling. Vid lägre pulsantal uppnåddes inget ökat metanutbyte för detta material. Utbytena för matavfallet ligger kring 300 Nml/gVS vilket är ganska lågt jämfört med vad matavfall brukar ge (450 Nml/gVS). Det är oklart varför utbytena är så låga.

Konduktiviteten påverkas positivt av elektroporation med en ökning kring 20 % efter elektroporation jämfört med före behandling. Det är ingen större skillnad i innehåll av fett/protein/kolhydrat mellan obehandlat och behandlat avfall. Mätdata för protein, fett och inert före i relation till efter behandling har en större variation än för kolhydrater och COD. Mätdata (behandlat/obehandlat) som beskriver NSR-materialet varierade tydligt mer än det som beskrev material från Svensk Växtkraft. Av de observerade materialegenskaperna har vi inte lyckats identifiera någon som på ett enkelt sätt kan användas för att väl kunna prognostisera behandlingseffekten av elektroporation, men COD ger den bästa indikationen.

Samtalen med anläggningspersonal visade genomgående på att det fanns konkreta utvecklingsbehov och att man tror på en ökad efterfrågan av gas, vilket pekar på ett behov av effektiv förbehandling på sikt. Dock är data på utvunnen gas ofullständiga och behöver kompletteras, en del uppgifter verkar peka på ett relativt lågt gasutbyte.

Sammanfattningsvis kan man säga att:

- Det finns ett uttalat behov av effektiva förbehandlingar för att öka gasutbytet på våra svenska samröttningsanläggningar.
- Elektroporation har en positiv effekt på gasbildning och metanutbyte för matavfall.
- Möjligheterna att optimera själva behandlingen genom en effektivare fördelning av strömpulser i materialet är stora. Detta skulle även innebära att energiinsatsen kan sänkas avsevärt.
- Metoden behöver utvecklas vidare.

## 5 LITTERATUR

Carlsson, M. Lagerkvist, A. *Elektroporation för forcerad metanutvinning från förnybara resurser*. Rapport SGC 190. 2008.

Carlsson, M. Uldal, M. *Substrathandbok för biogasproduktion*. Rapport SGC 200. 2009.

Regeringskansliet, 2009. *En sammanhållen klimat- och energipolitik. Energi*. Regeringens proposition 2008/09:163.

Schultheiss, C.; Bluhm, H. J.; Mayer, H. G.; Sack, M.; Kern, M., 2004. *Principle of electroporation and development of industrial devices*, Zuckerindustrie, 129 (1), 40-4.

Yadvika, S; Sreekrishnan, T. R; Sangeeta K; Vineet R, 2004. *Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques - a review*. Bioresource Technology (95), pp 1-10.

## BILAGA 1 – ANALYSRESULTAT

**Tabell A.** Data för obehandlat och elektroporerat matavfall från Svensk Växtkraft.

Leverans	Ström mA	Antal pulser	COD <sub>löst</sub> g/l	Kond. (LTU) mS/cm	Fett g/kg	Protein g/kg	Kolhydrat g/kg	Inert g/kg
<i>Obehandlat matavfall, Svensk Växtkraft</i>								
1			100,8	6,76				
2			66	2,59	37	56	103	32
3			62,4	2,40	27	37	128	29
5			180*	7,48	23	23	146	24
6			270*	5,80	21	34	116	26
7			51	2,56	11	24	101	18
8			59	9,45	30	26	87	20
<i>Behandlat matavfall, Svensk Växtkraft</i>								
1	15	600	120,6	7,70				
2	15	600	54,4	4,71	28	28	109	26
3	15	600	57,8	2,10	24	32	127	25
5	15	1000	190*	8,13	22	23	151	23
6	15	1000	240*	8,51	19	36	105	23
7	15	1000	58	6,80	13	28	93	17
8	20	1000	62	12,21	31	24	76	18

**Tabell B.** Data för obehandlat och elektroporerat matavfall från NSR.

Leverans	Current mA	Antal pulser	COD g/l	Kond. (LTU) mS/cm	Fett g/kg	Protein g/kg	Kolhydrat g/kg	Inert g/kg
<i>Obehandlat matavfall, NSR</i>								
1			54,8	7,77				
2			60,6	5,90	31	21	81	14
3			46	1,60	26	32	117	18
5			130*	4,85	21	17	77	16
6			200*	10,34	15	19	98	13
7			40	2,95	7	14	75	12
8			50	7,36	17	15	68	11
<i>Behandlat matavfall, NSR</i>								
1	15	600	55	11,45				
2	15	600	59,4	7,10	30	22	76	14
3	15	600	40,6	1,90	29	30	120	21
5	15	1000	130*	5,84	19	16	77	14
6	15	1000	200*	12,59	13	32	80	14
7	15	1000	41	6,34	11	17	72	12
8	20	1000	48	9,84	21	12	68	11

\*COD analyserat på hela provmängden, ej på filtrerat prov. Samtliga övriga COD-analyser är utförda på filtrerade prover.

**Tabell C.** TS- och VS-data för obehandlat och elektropererat matavfall från Svensk Växtkraft respektive NSR.

Leverans	Ström mA	Antal pulser	TS % (LTU)	TS % (AK)	VS/TS % (LTU)	VS/TS % (AK)
<b>Obehandlat matavfall, Svensk Växtkraft</b>						
1				30,08		89,94
2				22,78		86,00
3			22,03	22,14	82,7	87,6
5			22,64	21,58	78,29	88,95
6			19,51	19,77	87,39	86,86
7			15,24	15,30	87,52	88,56
8			16,13	16,24	83,45	87,56
<b>Behandlat matavfall, Svensk Växtkraft</b>						
1	15	600	25,24	31,94		90,48
2	15	600		19,02		86,52
3	15	600	22,20	20,7	84,90	87,4
5	15	1000	22,35	21,88	75,12	89,39
6	15	1000	20,54	18,22	86,97	87,55
7	15	1000	16,02	15,14	88,23	88,50
8	20	1000	16,08	14,96	86,97	87,69
<b>Obehandlat matavfall, NSR</b>						
1				16,99		90,44
2				14,72		90,21
3			18,68	19,36	87,5	90,8
5			12,01	13,10	87,02	88,00
6			13,78	14,47	87,53	91,04
7			13,01	10,84	91,61	88,65
8			11,79	11,03	91,21	90,33
<b>Behandlat matavfall, NSR</b>						
1	15	600	16,18	16,79		90,30
2	15	600		14,23		90,27
3	15	600	19,04	20,06	87,2	89,5
5	15	1000	12,63	12,62	86,61	89,18
6	15	1000	14,16	13,99	90,46	89,64
7	15	1000	12,17	11,26	90,62	89,50
8	20	1000	11,42	11,18	86,13	90,51

## **BILAGA 2 – FRÅGEFORMULÄR**

### **Frågeformulär som användes vid kontakt med anläggningarna:**

1. Vad är ert gasutbyte? Är ni nöjda med detta? Anser ni att ni har ett behov av att optimera driften av er anläggning?
2. Vilka problem stöter ni på vid den dagliga driften av anläggningen?
3. Vad vill ni utveckla? Vilka problem skulle ni vilja hitta en lösning till?
4. Vad anser ni är kapacitetsbegränsande för er anläggning?

## BILAGA 3 – RESULTAT FRÅN TELEFONINTERVJUERNA

### **NSR (Magnus Svensson):**

NSR samröter källsorterat organiskt matavfall med avfall från livsmedelsindustrin samt gödsel. Matavfallet förbehandlas i en skruvpress innan det blandas med övrigt material.

1. Metanutbytet ligger kring 0,75-0,8 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kgVSin. NSR tycker att detta är bra men vill gärna öka sitt utbyte ytterligare, är inte nöjda med dagsläget. Anläggningen behöver optimeras, till att börja med kommer detta ske genom att göra tätare analyser för att kunna köra anläggningen på en jämnare belastning, samt titta på olika alternativ på förbehandling.
2. Praktiska problem såsom t ex igensättning i värmeväxlare, oönskat material kommer in som orsakar processproblem men också problem med omrörare, pumpar osv. Har även upplevt problem med gasuppraderingen; vattnet i skrubbern blir surt vilket sliter på rör, pumpar etc.
3. Jobbar med utveckling av on-line mätning av flertal olika parametrar. Vill titta mer på hur olika substrat påverkar kvalitén på biogödseln. Skulle även vilja utveckla en processautomatiserad recirkulation av biogödseln.
4. Anläggningen begränsas av uppehållstiden i röt-kammaren, NSR har stora mängder material men kan inte ta in allt. Kör idag på 50 % av vad hygieniseringen tillåter.

### **Karpalund (Christer Johansson):**

Karpalund samröter matavfall, gödsel och avfall från livsmedelsindustrin. Ingen förbehandling av matavfallet innan det tas in till rötning.

1. Utbytet ligger kring 80 Nm<sup>3</sup>/ton våtvikt. Är inte nöjda med detta, vill ständigt förbättra anläggningen.
2. Praktiska problem såsom att mycket grus kommer in i anläggningen, även benbitar från det organiska hushållsavfallet. Anläggningen har i dagsläget endast en magnetavskiljare som förbehandling innan röt-kammaren.
3. Vill gärna se utveckling inom förbehandling, skulle behöva utöka sin reaktorvolym och på så sätt kunna ta in mer material. Även intresserade av utveckling inom generering av elektricitet av biogas, istället för att låta biogasen gå till värmeverket.
4. Begränsande för anläggningen är reaktorvolymen.

### **Tekniska Verken (Peter Johansson):**

Tekniska Verken samröter livsmedelsavfall och slakteriavfall. Tar i dagsläget inte emot matavfall.

1. Metanutbytet ligger kring 1 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kgVSin. Arbete med att utveckla processen pågår ständigt, är aldrig nöjda utan vill ständigt utvecklas.
2. Kundrelaterade problem på gassidan med tankstationer som inte fungerar osv. Har få problem med avfallsleverantörer, men det förekommer att föroreningar kommer in och stör processen.
3. Arbete med utveckling av rötningssprocessen pågår ständigt, håller på mycket med optimering.
4. I dagsläget kör anläggningen på gränsen av sin kapacitet, men under 2009 kommer en utbyggnad påbörjas som kommer att öka mottagningskapaciteten med 50 %. Även gasreningen, gasledningssystemet osv kommer att behöva byggas ut på grund av detta.

**Svensk Växtkraft (Carl-Magnus Pettersson):**

Växtkrafts anläggning tar emot vall från en del av sina ägare och samröter med avfall och fettavskiljarslam.

1. Saknade beräkning av volym  $\text{CH}_4/\text{kgVSin}$ . Utvecklingsintresset är stort och flera projekt pågår.
2. Ett problem är att TS-halten i recirkulerande vätska är för hög.
3. Bättre nedbrytning av vallgrödor.
4. Mer gas kommer att behövas framöver och då måste utbytet öka.

**Bodsvedjan (Helene Henriksson):**

Bodsvedjan samröter avloppsslam och matavfall från hushåll, restauranger och affärer.

1. Saknade bestämning av volym  $\text{CH}_4/\text{kgVSin}$ . Avloppsslam rötas tillsammans med matavfall, runt  $260 \text{ m}^3$  gas (ca 60-65 %  $\text{CH}_4$ ) erhålls per ton inmatad våtvikt. Kapaciteten behöver ökas eftersom man nu skall göra gas till stadens bussar.
2. Felsortering av inkommande material ger problem med pumpning, t ex glas och sten.
3. Bättre gasproduktion och kvalitet på inkommande material.
4. Substratet, inlastningsficka och gasreningsanläggning.

**Tuvan (Peter Edlund):**

Vid Tuvan rötas matavfall från hushåll, restauranger och affärer.

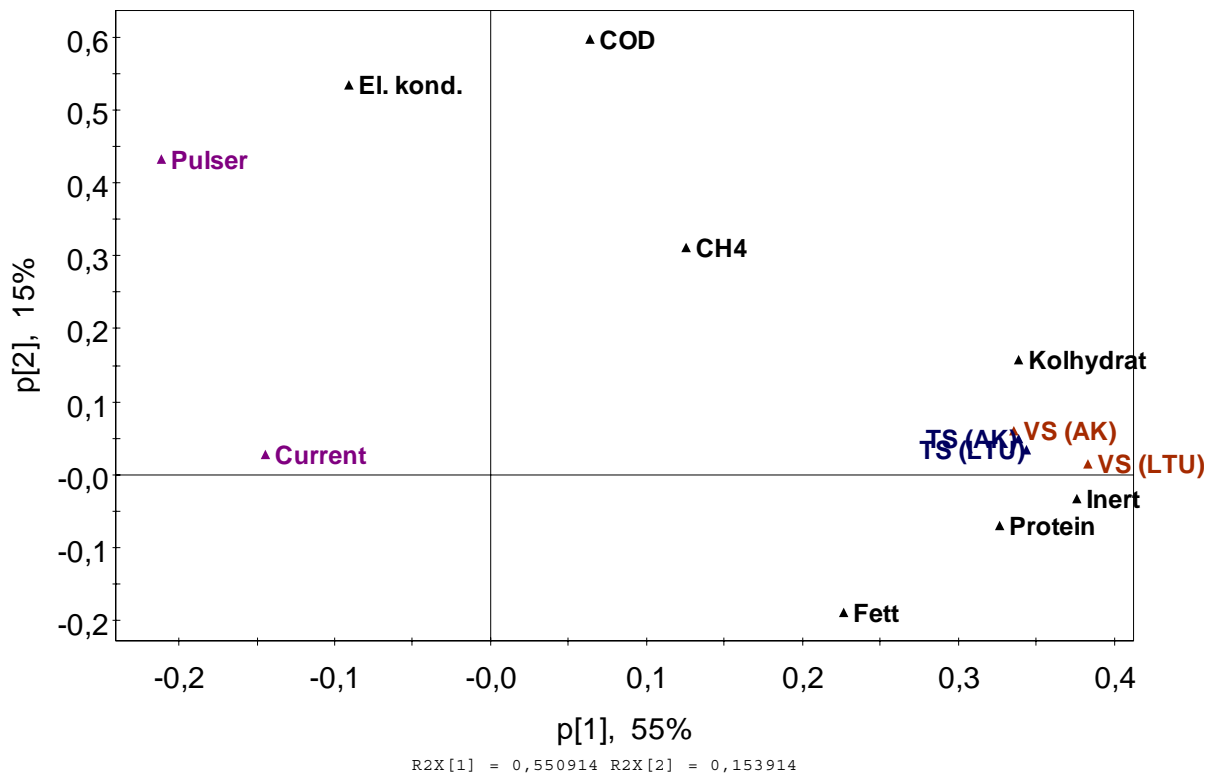
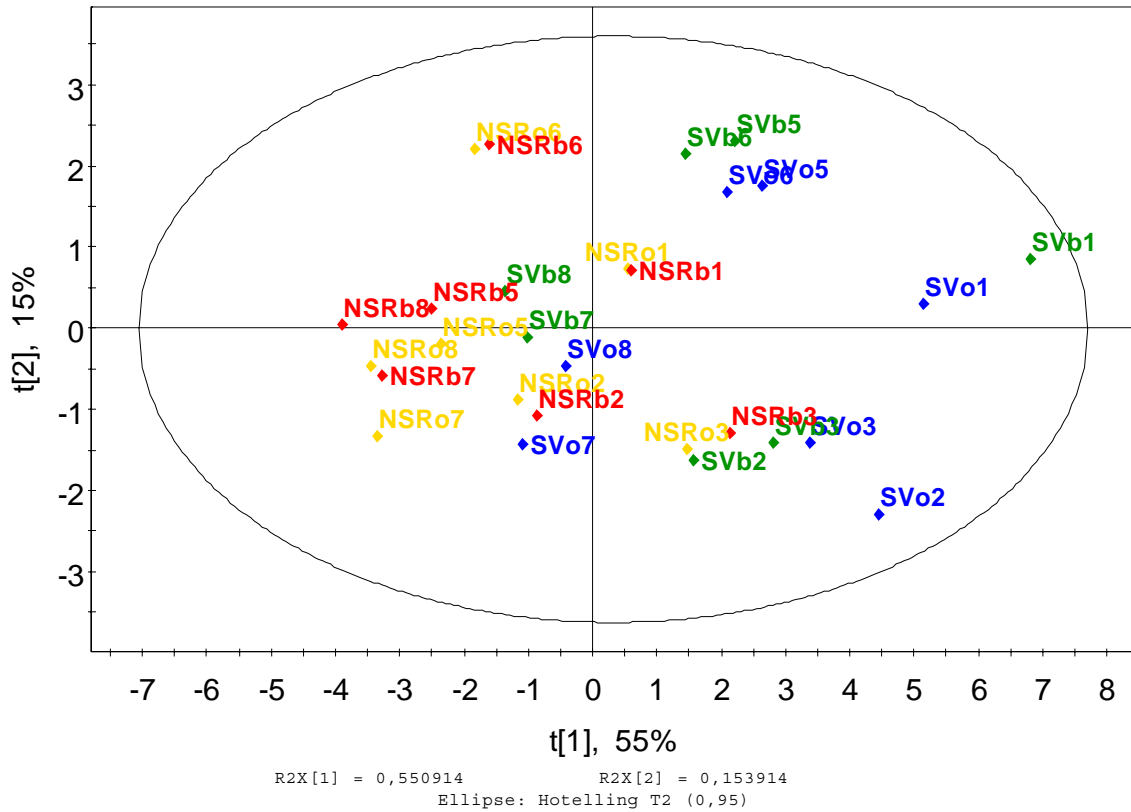
1. Saknade bestämning av volym  $\text{CH}_4/\text{kgVSin}$ . Just nu körs anläggningen med mycket låg belastning, ca 1/3 av dimensionerad.
2. Mottagningsanordningar och förbehandling begränsar anläggningens kapacitet. Stora variationer av inkommande materialmängder och ibland problem med fruset material.
3. Hanteringen av inkommande material, mellanlager behövs.
4. I dagsläget är hanteringen av inkommande material kapacitetsbegränsande.



## BILAGA 4 – MULTIVARIAT DATAANALYS

I en multivariat dataanalys projiceras alla data efter  $s$   $k$  principalkomponenter. Om man föreställer sig alla mätdata som ett moln av punkter så läggs den första principalkomponenten efter den riktning där molnet är som längst, nästa principalkomponent läggs ortogonalt till den första, i den riktning som data varierar näst mest. Flera principalkomponenter kan definieras på motsvarande sätt och med minskande förklaringsgrad. De första två principalkomponenterna uppvisar i vårt fall ca 70 % av datavariationen och sägs ha motsvarande förklaringsgrad. I figurerna ser man hur variablerna förändras i relation till varandra, både efter den horisontella och efter den vertikala axeln. De variabler som har svag samvariation med andra ligger nära origo, variabler som ligger nära varandra varierar väl och på samma sätt, variabler som ligger på motsatt sida om origo i horisontell eller vertikal riktning varierar omvänt. I figur A ser man t ex att prov SVb1 och SVB8 ligger på motsatta sidor av både horisontell axel, vilket innebär att de har omvänt beteende med avseende på den första principalkomponenten. Figurerna består av en  $s$   $k$  scoreplot och en loadingplot som beskriver samma variation, proverna visas i scoreplotten och i loadingplotten visas de observerade variabler som beskriver proverna.

Man ser uppmätta variabler samvarierar i figurens nedre del, loading plotten. Där kan man se att proverna från NSR tenderar att ha högre konduktivitet och proverna från växtkraft tenderar att t ex ha högre kolhydrathalt. Delvis syns egendomliga samband, t ex är konduktiviteten antagonistisk till TS och övriga data som beskriver materialets sammansättning efter den första principalkomponenten. Att konduktiviteten ökar med antalet pulser är däremot rimligt. Att COD och gasbildning (markerad som  $\text{CH}_4$ ) drar åt samma håll verkar också rimligt. Om behandlingsdata tas bort är det tydligare skillnad mellan materialen och förklaringsgraden ökar något. Fortfarande är det inerthalt och COD som drar ut data efter den horisontella respektive den vertikala principalkomponenten.



**Figur A.** Scoreplot och loading plot för alla använda avfallsprover. NSRo = Obehandlat från NSR, NSRb = behandlat, talen efter anger tidsordning. Samma nomenklatur för SV = Svensk Växtkraft.

## BILAGA 5 – BERÄKNING AV ENERGIINSATS

### 1. Energikonsumtion

#### Svensk Växtkraft

Energikonsumtion = 67,2 joule\*1000 pulser = 67,2 kJ

1,2 l material = 13 % VS \* 1,2 kg = 0,157 kg VS vilket ger energikonsumtion = 67,2/0,157 = 430 kJ/kgVS

#### NSR

Energikonsumtion = 67,2 joule\*1400 pulser = 94,1 kJ

1,2 l material = 13 % VS \* 1,2 kg = 0,157 kg VS vilket ger energikonsumtion = 94,1/0,157 = 600 kJ/kgVS

### 2. Utbyte

#### Svensk Växtkraft

Baserat på tabell 2, kap 3.5, var utbytet för obehandlat matavfall från Svensk Växtkraft ca 300 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/tonVS, samt för matavfall behandlat med 1000 pulser ca 340 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/tonVS (medelvärde från de två satsvisa utrotningsförsöken).

Innebär 300 l CH<sub>4</sub>/kgVS \* 35,9 kJ/l CH<sub>4</sub> = 10,8 MJ/kgVS

Respektive 340 l CH<sub>4</sub>/kgVS \* 35,9 kJ/l CH<sub>4</sub> = 12,2 MJ/kgVS

vilket motsvarar en ökning med 12,9 % i utbyte

#### NSR

Baserat på tabell 2, kap 3.5, var utbytet för obehandlat matavfall från NSR ca 312 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/tonVS, samt för matavfall behandlat med 1400 pulser ca 350 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/tonVS.

Innebär 312 l CH<sub>4</sub>/kgVS \* 35,9 kJ/l CH<sub>4</sub> = 11,2 MJ/kgVS

Respektive 350 l CH<sub>4</sub>/kgVS \* 35,9 kJ/l CH<sub>4</sub> = 12,6 MJ/kgVS

vilket motsvarar en ökning med 12,5 % i utbyte

### 3. Energiinsatsen relativt det ökade utbytet:

Svensk Växtkraft:  $\frac{0,43MJ / kgVS}{(12,2 - 10,8)MJ / kgVS} = 30,7\%$

NSR:  $\frac{0,67MJ / kgVS}{(12,6 - 11,2)MJ / kgVS} = 47,9\%$

Detta betyder alltså att i fallet Svensk Växtkraft investeras 30,7 % av det ökade utbytet, samt att man i fallet NSR måste investera 47,9 % av det ökade utbytet.

För det totala utbytet gäller att man med material från Svensk Växtkraft investerar 3,5 % av det totala utbytet ( $0,430/12,2 = 0,035$ ) samt att man med material från NSR investerar 4,8 % av det totala utbytet ( $0,6/12,6 = 0,048$ ).



Scheelegatan 3, 212 28 Malmö • Tel 040-680 07 60 • Fax 040-680 07 69  
[www.sgc.se](http://www.sgc.se) • [info@sgc.se](mailto:info@sgc.se)

---

---