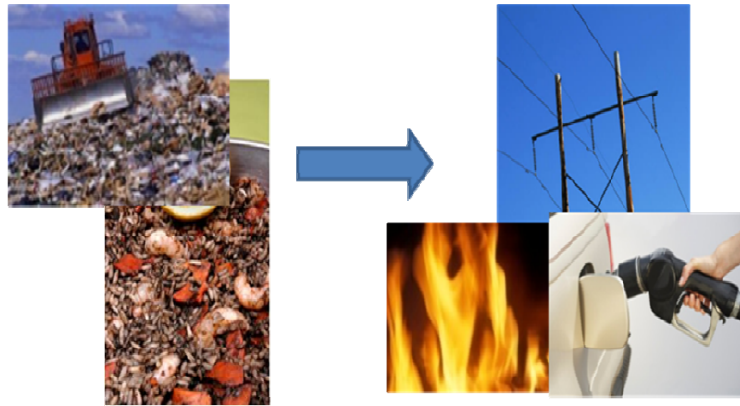
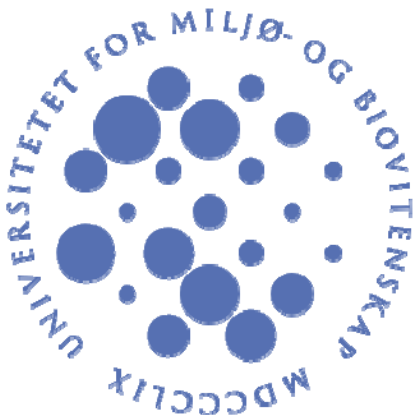


# Potensialstudie for biogass i Norge



**Hanne Lerche Raadal**  
**Vibeke Schakenda**  
**John Morken**

Østfoldforskning AS og UMB  
Oktober 2008  
OR 21.08



## RAPPORTSAMMENDRAG

<b>Rapportnr.:</b> OR 21.08	<b>ISBN nr:</b> 978-82-7520-595-5- 82-7520-595-6 <b>ISSN nr:</b> 0803-6659	<b>Rapporttype:</b> Oppdragsrapport
<b>Rapporttittel:</b> Potensialstudie for biogass i Norge		<b>Forfattere:</b> Hanne Lerche Raadal, Vibeke Schakenda og John Morken
<b>Prosjektnummer:</b> 1121	<b>Prosjekttittel:</b> Potensialstudie for biogass i Norge	
<b>Oppdragsgivar:</b> Enova SF <b>Kontaktperson:</b> Inger Marie Malvik		
<b>Sammendrag:</b> <p>Prosjektet 'Potensialstudie for biogass i Norge' er gjennomført som et prosjektsamarbeid mellom Østfoldforskning og UMB, som et oppdrag for Enova SF. Målet med prosjektet har vært å dokumentere teoretiske energipotensialer fra biogassressurser i Norge, samt belyse muligheter for økt produksjon, distribusjon og bruk av biogass.</p> <p>Totalt samles det i Norge opp deponigass tilsvarende ca 300 GWh eller 25% av det totale metanutslippet fra norske deponier. 61% av oppsamlet deponigass utnyttes til elektrisitets- og/eller varmeproduksjon, mens de resterende 39% fakles. Prosjektet har kartlagt at ca 180 GWh blir produsert fra biogassanlegg i Norge, basert på datainnsamling fra de aktuelle anlegg. Det presiseres at det mangler data fra ca 30% av anleggene. Om lag halvparten av produsert biogass blir benyttet til varmeproduksjon, 18% til elektrisitetsproduksjon, 2% blir oppgradert til drivstoffkvalitet, 19% blir faklet, mens 9% har usikker bruksform.</p> <p>Det teoretiske energipotensialet fra biogassressurser fra avfall/biprodukter er beregnet til å være nærmere 6 TWh/år. Husdyrgjødsel utgjør det største potensialet (42%), deretter kommer industri (23%) og matavfall fra husholdninger, storkusholdninger og handel (16%).</p> <p>Mulige synergieffekter mellom naturgass og biogass er også vurdert, og de viktigste barrierene for økt produksjon og bruk av biogass kartlagt.</p>		
<b>Emneord:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Biogass</li><li>• Potensial</li><li>• Energi</li><li>• Avfallsressurser</li></ul>	<b>Tilgjengelighet:</b> <b>Denne siden:</b> Åpen <b>Denne rapporten:</b> Åpen	<b>Antall sider:</b> 55 <b>Rapporten:</b> 52 <b>Vedlegg:</b> 3
<b>Godkjent dato:</b> 30.10.08		
Anne Rønning (sign) <b>Forskningsleder</b>		

© Kopiering med referanse er tillatt.

---

# INNHold

---

<b>0</b>	<b>SAMMENDRAG.....</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>INNLEDNING.....</b>	<b>7</b>
1.1	BAKGRUNN OG MÅL .....	7
1.2	ORGANISERING.....	7
1.3	ORDLISTE .....	8
<b>2</b>	<b>BIOGASS – RESSURS OG PRODUKSJON .....</b>	<b>9</b>
2.1	BESKRIVELSE AV BIOGASS SOM RESSURS .....	9
2.1.1	Biogass fra reaktor.....	9
2.1.2	Biogass fra deponier - deponigass .....	10
2.1.3	Typisk sammensetning for reaktorbiogass og deponigass .....	11
2.2	PRODUKSJONSMETODER FOR REAKTORBIOGASS .....	12
2.2.1	Generelt.....	12
2.2.2	Reaktortyper .....	13
2.2.3	Gassifisering .....	15
2.3	BRUKSOMRÅDER FOR BIOGASS .....	15
2.3.1	Oppgradering av biogass til drivstoffkvalitet .....	15
2.4	RÅSTOFFGRUNNLAG – BIOGASSRESSURSER.....	17
<b>3</b>	<b>BIOGASSPRODUKSJON I NORGE .....</b>	<b>19</b>
3.1	DEPONIGASSANLEGG .....	19
3.2	BIOGASSANLEGG.....	20
3.2.1	Gårdsanlegg.....	21
<b>4</b>	<b>BIOGASSPOTENSIAL I NORGE.....</b>	<b>23</b>
4.1	TOTALT BIOGASSPOTENSIAL I NORGE FORDELT PÅ KILDER .....	23
4.2	BIOGASSPOTENSIAL FRA MATAVFALL FRA HUSHOLDNINGER .....	25
4.2.1	Metodikk for beregning av teoretisk energipotensial for husholdninger .....	26
4.3	BIOGASSPOTENSIAL FRA STORHUSHOLDNINGER/RESTAURANTER.....	26
4.3.1	Metodikk for beregning av teoretisk energipotensial for storhusholdninger/restauranter .....	27
4.4	BIOGASSPOTENSIAL FRA HANDELEN.....	29
4.4.1	Metodikk for beregning av teoretisk energipotensial for handel .....	29
4.5	BIOGASSPOTENSIAL FRA INDUSTRI .....	30
4.5.1	Fiske- og fiskeoppdrett.....	31

4.5.2	Slakteriavfall.....	31
4.5.3	Meierier, bryggerier og bakerier .....	32
4.5.4	Kornavrens.....	32
4.5.5	Slam fra treforedlingsindustri .....	33
4.6	BIOGASSPOTENSIAL FRA HALM .....	33
4.7	BIOGASSPOTENSIAL FRA HUSDYRGJØDSEL .....	33
4.7.1	Metodikk for beregning av teoretisk energipotensial for husdyrgjødsel .....	35
4.8	BIOGASSPOTENSIAL FRA AVLØPSSLAM.....	36
4.8.1	Metodikk for beregning av teoretisk energipotensial fra avløpsslam .....	36
4.9	BIOGASSPOTENSIAL FRA DEPONIER .....	36
<b>5</b>	<b>KOSTNADSVURDERINGER.....</b>	<b>38</b>
5.1	PRODUKSJON AV RÅGASS .....	38
5.1.1	Investeringskostnader rågassproduksjon .....	39
5.1.2	Drift- og vedlikeholdskostnader rågassproduksjon .....	41
5.1.3	Sammenstilling investerings-, drifts- og vedlikeholdskostnader for rågassproduksjon .....	42
5.2	OPPGRADERING AV RÅGASS TIL DRIVSTOFFKVALITET .....	43
<b>6</b>	<b>SYNERGIER MELLOM NATURGASS OG BIOGASS .....</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>BARRIERER.....</b>	<b>47</b>
<b>8</b>	<b>FREMTIDIGE MULIGHETER FOR ØKT PRODUKSJON OG BRUK AV BIOGASS .....</b>	<b>48</b>
<b>9</b>	<b>REFERANSELISTE .....</b>	<b>49</b>

Vedlegg 1	Oversikt over kartlagte biogassanlegg
Vedlegg 2	Investerings-, elektrisitets- og varmekostnader per kWh biogass for gårdsanlegg

---

# 0 SAMMENDRAG

---

Prosjektet 'Potensialstudie for biogass i Norge' er gjennomført som et prosjektsamarbeid mellom Østfoldforskning og UMB, som et oppdrag for Enova SF. I tillegg har prosjektet opprettet en referansegruppe bestående av personer fra ulike fagmiljøer.

Målet med prosjektet har vært å dokumentere teoretiske energipotensialer fra biogassressurser i Norge, samt belyse muligheter for økt produksjon, distribusjon og bruk av biogass.

## **Dagens biogassproduksjon i Norge**

Prosjektet har kartlagt at oppsamling av deponigass fra deponier representerer i størrelsesorden ca 300 GWh, noe som tilsvarer 25% av det totale metanutslippet fra norske deponier. 61% av oppsamlet deponigass utnyttes til elektrisitets- og/eller varmeproduksjon, mens de resterende 39% fakles.

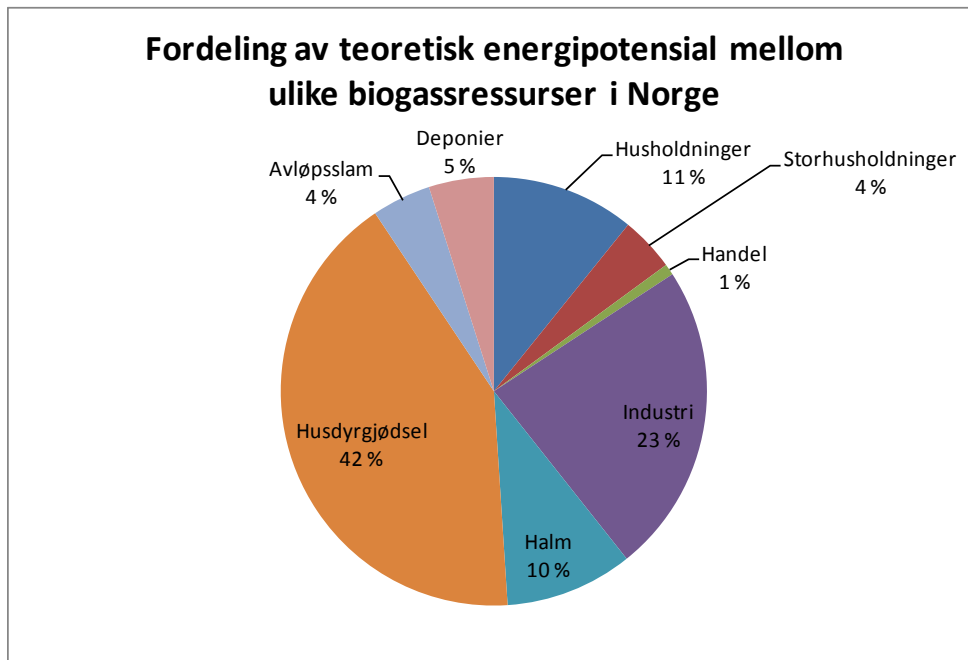
Prosjektet har videre kartlagt at dagens biogassproduksjon ved biogassanlegg i 2007 basert på data fra 16 av totalt 24 biogassanlegg (svarprosent på ca 70%). Prosjektet har kartlagt at ca 180 GWh blir produsert fra biogassanlegg i Norge, basert på datainnsamling fra de aktuelle anlegg. Det presiseres at det mangler data fra ca 30% av anleggene. Om lag halvparten av produsert biogass blir benyttet til varmeproduksjon, 18% til elektrisitetsproduksjon, 2% blir oppgradert til drivstoffkvalitet, 19% blir faklet, mens 9% har usikker bruksform.

## **Teoretisk biogasspotensial i Norge**

Prosjektet har beregnet totalt teoretisk biogasspotensial for følgende biogassressurser:

- Matavfall fra husholdninger, storhusholdninger/restauranter og dagligvarehandelen
- Matavfall/organiske biprodukter/avfall fra industri
- Halm
- Husdyrgjødsel
- Avløpsslam

Det teoretiske energipotensialet fra biogassressurser fra avfall/biprodukter er beregnet til å være nærmere 6 TWh/år. Fordelingen av det teoretiske energipotensialet mellom de ulike biogassressursene er videre presentert i figuren under.



### Kostnader for biogassproduksjon

Det er benyttet svenske litteraturdata for å finne kostnadene for biogassproduksjon og avhengig av anleggstype er varierer kostnadene i området 0,11 – 1,11 SEK/kWh.

Oppgraderingskostnader er også vurdert med grunnlag i svenske data og ligger i området 0,10 – 0,40 SEK/kWh oppgradert gass.

### Synergier og barrierer

Prosjektet har kartlagt mulige synergieffekter mellom naturgass og biogass. I tillegg er de viktigste barrierene for økt biogassproduksjon kartlagt og kategorisert i forhold til:

- Generelle barrierer
- Økonomiske barrierer
- Tekniske barrierer

---

# 1 INNLEDNING

---

## *1.1 BAKGRUNN OG MÅL*

Prosjektet 'Potensialstudie for biogass i Norge' er gjennomført som et prosjektsamarbeid mellom Østfoldforskning og UMB med Østfoldforskning som prosjektleder. Prosjektet er utført som et oppdrag for Enova SF.

Målet med prosjektet har vært å dokumentere teoretiske energipotensialer fra biogassressurser i Norge, samt belyse muligheter for økt produksjon, distribusjon og bruk av biogass.

## *1.2 ORGANISERING*

Prosjektet er gjennomført som et samarbeid mellom Østfoldforskning og UMB. Utover dette har det vært opprettet en referansegruppe bestående av følgende aktører:

- FREVAR ved Knut Lileng
- NOBIO ved Cato Kjølstad
- Forum for biogass
  - Avfall Norge ved Henrik Lystad
  - Norsk Vann ved Steinar Nybruket
- AGA ved John Melby
- Lyse Energi ved Arne Rannestad
- Bioforsk ved Tormod Briseid
- Norges Bondelag ved Johannes Ingvoldstad
- Enova ved Inger Marie Malvik og Jens Musund
- Østfoldforskning ved Hanne Lerche Raadal
- UMB ved John Morken

Referansegruppen har hatt 2 møter i løpet av prosjektperioden, i tillegg til kontakt på e-post og telefon. Prosjektet startet i juni 2008.

### ***1.3 ORDLISTE***

Følgende begreper er anvendt i rapporten:

Nm <sup>3</sup>	Normalkubikkmeter, gassvolum ved 0 °C og 1,01325 bar
TS	Tørrstoff
VS	Volatile solids, mål på mengde organisk materiale. Den delen av tørrstoffet som er organisk
Biogasssubstrat	Råstoff som skal behandles i biogassreaktoren
Biogass	Sluttprodukt ved anaerob nedbrytning av organisk materiale. Består hovedsakelig av metan og karbondioksid
Biometan	Rensing av karbondioksid fra biogass, slik at den inneholder mer enn 95 % metan



---

## 2 BIOGASS – RESSURS OG PRODUKSJON

---

### 2.1 BESKRIVELSE AV BIOGASS SOM RESSURS

Innholdet i biogass fra biogassreaktorer og deponi er svært forskjellig, og det er derfor valgt å splitte beskrivelsen av biogass på reaktorbiogass og deponibiogass. Dette er beskrevet i de følgende kapitler.

#### 2.1.1 Biogass fra reaktor

Reaktorbiogass består hovedsakelig av metan (CH<sub>4</sub>) og karbondioksid (CO<sub>2</sub>). Fordelingen mellom metan og karbondioksid varierer først og fremst med substratsammensetning, i tillegg til nedbrytningsgrad (oppholdstid i reaktor), tørrstoffinnhold og prosistemperatur. Substratsammensetningen har størst påvirkning på metanutbytte som følge av anaerob nedbrytning av protein, karbohydrat og fett gir forskjeller i andeler metan og karbondioksid.

Eksempler på dette er vist i Tabell 1 som presenterer en oversikt over gassmengder og sammensetning som oppstår ved fullstendig anaerob nedbrytning av 1 kg organisk substans (Lindow, 2002).

Substrat	Nm <sup>3</sup> biogass	Metan (%)	Karbondioksid (%)
Fett	1,25	68	32
Karbohydrat	0,79	50	50
Protein	0,70	71	29

Tabell 1: Gassmengder og gassammensetning ved anaerob nedbrytning av 1 kg organisk substans.

Lang oppholdstid og dermed høy utråtningsgrad fører ofte til høyere metaninnhold i produsert biogass. Det samme gjør lavt tørrstoffinnhold hos substratet siden andelen av karbondioksid som kan dissosieres i vann øker med økende vannkonsentrasjon.

Termofile prosesser (reaktortemperatur på mellom 50 og 60 grader) gir ofte noe lavere metaninnhold enn det mesofile prosesser (reaktortemperatur mellom 35 og 42 grader) gir fordi mengden karbondioksid som kan løses i væskefasen avtar med økende temperatur.

Vanligvis vil nedbrytning av storfe gjødsel gi et metaninnhold på ca. 60 %, mens nedbrytning av svine- og fjørfegjødsel vil kunne gi gass med metaninnhold på 65 – 70 % på grunn av høyere proteininnhold.

Når biogassen forlater reaktoren er den mettet med vanndamp. Ved mesofile prosesser inneholder biogassen typisk ca 35 g vann per m<sup>3</sup> biogass, mens innholdet er ca 100 g vann per m<sup>3</sup> biogass ved termofile prosesser. Ved avkjøling vil dette kondensvannet bli kondensert.

Biogass inneholder i tillegg til metan og karbondioksid også en del sporgasser. Dette er nitrogen, ammoniakk, oksygen, hydrogen og hydrogensulfid. Vanligvis vil metan og karbondioksid utgjøre mellom 95 og 98 % (Burton et al., 2003; Lindow, 2002).

### ***2.1.2 Biogass fra deponier - deponigass***

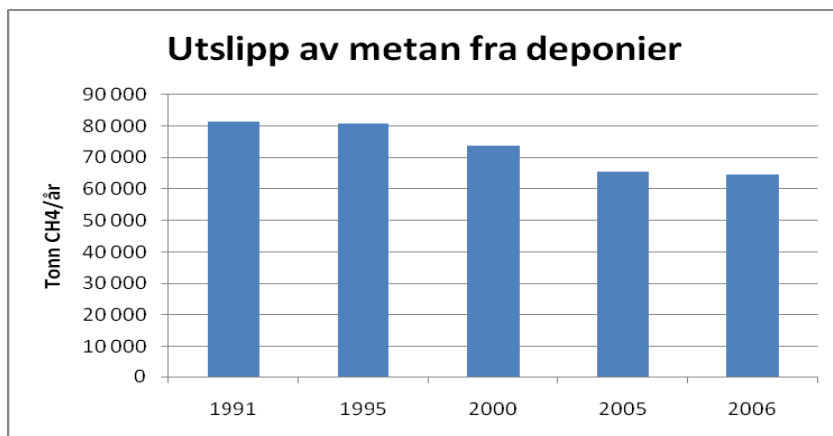
I et deponi dannes biogass ved lavere temperaturer enn i biogassreaktorer. Både mengde og sammensetning av gassen vil variere med alderen og sammensetningen i deponiet. Metandannelsen er styrt av en rekke miljøfaktorer, der de viktigste er:

- Oksygen
- Hydrogen
- pH og alkalinitet
- Sulfat
- Næringssalttilgang
- Inhibitorer
- Temperatur
- Vanninnhold

Metaninnholdet i deponigassen er lavere enn i reaktorbiogass, med et typisk innhold på 30-65% (Christensen, 1998).

Etter at forbudet mot deponering av våtorganisk avfall ble iverksatt i 2002, har mengden deponigass avtatt som følge av at mindre mengde lett nedbrytbart organisk avfall har blitt deponert. Det forventes at mengden deponigass vil avta ytterligere etter at forbudet mot deponering av nedbrytbart avfall blir innført i 2009, men reduksjonen vil foregå over mange år fordi nedbrytningsprosessen for det deponerte avfallet pågår over flere år. Det medfører at avfall som er deponert før 2009 følgelig vil bidra til metanslipp i mange år etter 2009.

Figur 1 viser metanutslippet fra deponier fra 1991 til 2006.



**Figur 1** Årlige utslipp av metan (CH<sub>4</sub>) fra norske deponier (SSB, 2008a)

Figuren viser at det diffuse metansutslippet fra deponier er redusert fra ca 80 000 tonn CH<sub>4</sub> i 1991 til ca 65 000 tonn CH<sub>4</sub> i 2006.

### 2.1.3 Typisk sammensetning for reaktorbiogass og deponigass

**Tabell 2** viser typisk innhold i henholdsvis reaktorbiogass og deponigass (Christensen, 1998).

Komponenter	Volum-%, reaktorbiogass	Volum-%, deponigass
Metan (CH <sub>4</sub> )	50 - 80	30 - 65
Karbondioksid (CO <sub>2</sub> )	15 - 40	25 - 50
Karbonmonoksid (CO)	0 - 0,3	
Nitrogen (N)	1 - 5	5 - 30
Ammoniakk (NH <sub>3</sub> )	0 - 1	
Oksygen (O)	0 - 0,5	0 - 0,4
Hydrogen (H)	0 - 3	1 - 3
Hydrogensulfid (H <sub>2</sub> S)	0,05 - 1,5	0 - 0,01
Argon (Ar)		0 - 0,4
Klor (Cl)		0 - 0,005

**Tabell 2:** Innhold i biogass fra reaktor og deponi.

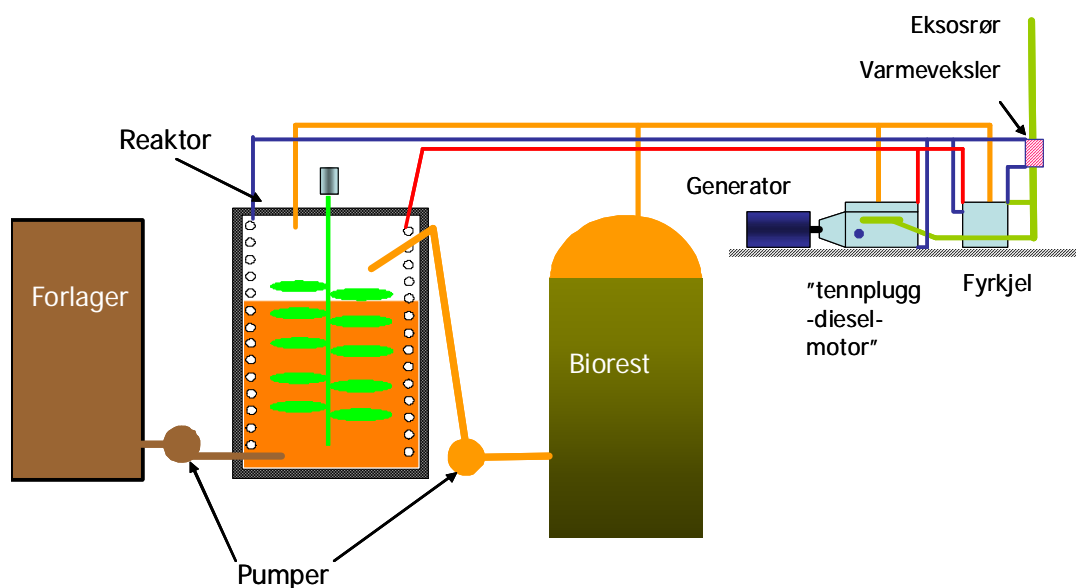
## 2.2 PRODUKSJONSMETODER FOR REAKTORBIOGASS

### 2.2.1 Generelt

Produksjon av reaktorbiogass foregår kontrollert i et biogassanlegg, som i prinsippet består av tre komponenter, vist i Figur 2:

1. Substrathåndtering
2. Gassanlegg
3. Varmeveksling

Substrathåndteringen består av et forlager, reaktoren og sluttlager for biorest (behandlet sustrat). Til transport av substratet mellom lagrene og reaktoren brukes pumper. I kapittel 2.2.2, beskrives de ulike reaktortypene nærmere.



**Figur 2** Prinsippkisse for et biogassanlegg.

Ofte blir det produsert biogass også i sluttlager. Dette kan utgjøre ca. 20 % av totalt produsert gassmengde (Sommer et al., 2004). Biogassen fra reaktor og sluttlager samles og kan deretter benyttes på ulike måter (se nærmere beskrivelse i kapittel 2.3).

Ulike anaerobe mikroorganismer fungerer under ulike temperaturområder. Behandlingen deles derfor ofte opp etter temperaturen den foregår i:

- Psykrofil:
  - Nedbrytning foregår med temperaturer under 20 grader (f.eks deponier), lav nedbrytningshastighet
- Mesofil:
  - Mesofile mikroorganismer lever under temperaturer på 32 – 42 grader (Steinhauser & Deublein, 2008), og nedbrytningen har sitt optimum ved ca 35 grader, med nedbrytningstid på 20 dager.
- Termofil:
  - Termofile mikroorganismer lever under temperaturer på 48 – 55 grader. Ved optimal temperatur foregår nedbrytningen i løpet av 8 døgn.

Produksjon av biogass skjer ved en tretrinns anaerob nedbrytning. I første trinnet hydrolyseres cellulose, proteiner og fett til monomerer (vannløselige). I den neste fasen, acetogenesen, blir monomerene nedbrutt videre til enkle organiske syrer, alkoholer, hydrogen og karbondioksid. I siste fase blir metan produsert av mikroorganismer som utnytter produktene fra acetogenesen.

Prosessen kan foregå i enten en eller to reaktorer. Ved bruk av kun en reaktor, foregår alle tre fasene i samme reaktor. Dersom to reaktorer brukes, benyttes den første til hydrolysen, mens den andre brukes til acetogenese- og metanogenese-fasene.

## **2.2.2 Reaktortyper**

Dette kapitlet er gjengitt fra rapporten ” Bruk av bioenergi i landbruket. Er det lønnsomt å bygge gårdsbiogassanlegg, og hvilke fordeler kan bonden og samfunnet oppnå?” (Morken et al., 2005).

Det er konstruert et utall ulike systemer basert på hvilken type biomasse som skal håndteres. Systemene skiller seg i hovedsak på konstruksjonen av selve reaktoren(e). Det er ikke konstruert noen reaktor som kan håndtere all biomasse på en optimal måte. Prinsipielt er det tre typer reaktorer:

### **1. Diskontinuerlig utråtning – batch**

Biomassen fylles i en reaktor der det er minst 10 % nesten ferdig utråtnet materiale. Det blåses inn luft et par døgn for å få en aerob kompostering som hydrolyserer substratet samtidig som en får en temperaturøkning. Deretter omsettes substratet anaerobt i noen uker.

Ca. 90% av ferdig utrånnet masse fjernes og prosessen gjentas. For å kompensere for variasjonene i gassproduksjonen har en gjerne flere reaktorer som startes til ulik tid.

Batch reaktorer egner seg godt til gjødsel med mye halm eller flis da oppholdstiden kan varieres etter innholdet. Ønskes raskere nedbrytning pumpes væske fra bunn til topp gjerne via en varmeveksler. Biogassproduksjonen avhenger av hvor lenge materialet har oppholdt seg i tanken. Man må derfor ha flere reaktorer som fylles på ulike tidspunkt for å kunne oppnå en ”stabil” biogassproduksjon.

## **2. Lagring med kontinuerlig tilførsel – ACF (Accumulation continuous flow)**

Reaktoren er en batch reaktor som samtidig virker som gjødselbenge. Gjødselen tømmes i reaktoren etter hvert som den produseres. Reaktoren tømmes når det er behov for gjødsel. Om vinteren blir den full og ”overskuddet” ledes til en etterutråningstank (oftest dekket med en gasstett ”plastpose”).

Det finnes mange av denne type anlegg i Tyskland, Luxemburg og Østeriket fordi de er billige og typisk ”gjør det selv”. En variant som mye benyttes i USA er ”covered lagoons” – som navnet sier er det gjødsellaguner som dekkes med en gasstett membran. På grunn av våre klimatiske forhold er denne reaktortypen lite aktuell for Norge.

## **3. Reaktor med kontinuerlig tilførsel er den mest benyttede metoden (Figur 2).**

Reaktoren har konstant volum der tilført biomasse erstatter et tilsvarende volum i reaktoren. Kan mates et par ganger pr. dag eller mates kontinuerlig av datastyrte programmer.

I landbruket er biogasssubstratet (gjødslet) inhomogent og har normalt et tørrstoffinnhold (TS) på mellom 2 og 12%. Omrøring er viktig fordi nytt substrat da raskt blir blandet med mikroorganismene, varme fordeles jevnt, hindrer bunnfall og skum, samt frigjør gass bundet i væsken. På grunn av omrøringen velges oftest denne typen reaktor til inhomogene materialer. Slike reaktorer egner seg også godt til samråting (flere ulike typer biogassressurser, f.eks gjødsel og matavfall), pga omrøringen.

Disse reaktortypene kan oppgraderes til raske reaktorer. Ideen er at en skal prøve å holde på mikroorganismene, mens ferdig utrånnet materiale skal tappes av. Dersom strømningshastigheten er liten, kan en sette inn tett med plater eller membraner som organismene fester seg på. Massen flyter sakte forbi og blir nedbrutt (AF – anaerobic filters).

Siden mikroorganismene ofte danner små klumper eller granulat vil disse bunnfelles og bli i reaktoren dersom en tapper fra toppen (USAB, Upflow Anaerobic Sludge Blanket), og reaktortypen egner seg derfor ikke for gjødsel da det er for mange partikler som vil tette et filter eller bunnfelle sammen med granulatet.

Reaktortype 3 med omrøring er den reaktortypen som hovedsaklig er benyttet i Norge, bl.a. av foretak/selskaper som FREVAR og GLØR. CAMBI AS bruker også denne teknologien i sitt

konsept (har bl.a levert anlegg til GLØR). Anleggene som BioTek AS har levert (IATA, IHR Åna Fengsel) og anlegget til Halden Resirkulering, som er levert av firmaet Biowaz AS, er også av denne reaktortype 3.

### **2.2.3 Gassifisering**

Dersom man skal produsere metan fra trevirke, er det aktuelt å benytte teknologien for gassifisering, dvs forbrenning ved begrensede tilførsel av luft. Hovedproduktene fra gassifisering er syngass som består av hydrogen og karbonmonoksid. Ved hjelp av Fisher-Tropsch-prosessen, eller tilføring av damp, kan syngass brukes til framstilling av metan. Det pågår for tiden testing av dette i storskala på Chalmers i regi av Gøteborg Energi (Maksinen, 2008). Dette er for øvrig et område som ikke er dekket i denne rapporten.

## **2.3 BRUKSOMRÅDER FOR BIOGASS**

Biogass kan brukes til ulike formål, hvorav de vanligste er:

- Produksjon av varme (koking av mat, oppvarming av varmt vann til fjernvarme etc.)
- Produksjon av elektrisitet/varme (gassturbin/gassmotor (CHP-Combined Heat and Power))
- Produksjon av drivstoff (krever oppgradering/rensing av gassen)

Direkte bruk av gassen til varme krevet ingen oppgradering/rensing av gassen (fjerning av uønskede komponenter, slik som hydrogensulfid, vanndamp, eller karbondioksid).

Dersom gassen skal brukes i en stasjonær forbrenningsmotor til drift av generator, må hydrogensulfid renses. Hydrogensulfid er svært korrosiv, og når hydrogensulfid brennes i motorene, dannes sulfat som både er korrosiv, og dessuten ødelegger smøreegenskapene til motorolje. Rensingen kan gjøres med fysiske, kjemiske eller biologiske metoder, eller kombinasjoner av metodene (Steinhauser & Deublein, 2008).

### **2.3.1 Oppgradering av biogass til drivstoffkvalitet**

Dersom biogass skal brukes i naturgassrørledninger eller til kjøretøydrivstoff, må karbondioksid i biogassen fjernes, til en volumprosent på under 5. Man kaller da gjerne gassen for biometan, eller karakteriserer den som drivstoffkvalitet, fordi den 'teknisk' kan likestilles med naturgass. Dette medfører at volumet reduseres med ca. 35 – 40 %. Man kan gjerne dele inn i 4 metoder for oppgradering (Steinhauser & Deublein, 2008):

1. Vannskrubbing
2. Pressure Swing Absorption (PSA)
3. Membranteknikk
4. Kryogene metoder

Vannskrubbere baserer seg på absorpsjonsprosesser som nyttiggjør seg av at metan og karbondioksid har ulike egenskaper med hensyn til oppløsning i væsker. Den mest vanlige væsken er vann, eller vann tilsatt karbonat (natrium eller kalium), men også metanol eller andre organiske væsker (eks. tetrahydro thiophenedioksid (Sextol prosess), monoetanolamin (Kemisorption)) er brukt. Vannskrubbere bruker vanligvis resirkulering av vannet. Til forskjell fra andre vannskrubbere bindes karbondioksid kjemisk i kemisorption-prosesser, og ved å endre temperatur frigjøres karbondioksid igjen

Absorpsjon sammen med endringer i trykk blir kalt PSA (pressure swing absorption), og nyttiggjør seg av at noen materialer absorberer/avgir karbondioksid ved endringer av trykk. Et slikt materiale som er mye brukt er zeolitt, som lar metan passere, men absorberer karbondioksid.

En membran består av en eller annen form for kunststoff. Ved membranteknikk utnytter man at ulike gasser har ulik hastighet gjennom slike materialer. Prinsippet for gassrensing med membran er at karbondioksid, vann og hydrogensulfid har relativt høyere gjennomtrengningshastighet gjennom membranen i forhold til metan, og på den måten kan gassen renses. Nitrogen er vanskeligere å renses ved denne metoden. Dette henger sammen med at metan og nitrogen har nesten like egenskaper for gjennomtrenging av membraner (ICG, 1998).

Ved kryogene metoder benytter man seg av at ulike gasser kondenserer ved ulike temperaturer. Eksempelvis kan man ved å avkjøle luft til  $-183^{\circ}\text{C}$  kondensere ut oksygenet. Nitrogen kondenseres først ved  $-196^{\circ}\text{C}$ . Teknikken er meget god, men krever mye energi og har følgelig høye driftskostnader (ICG, 1998).

De ulike metodene for fjerning av karbondioksid vil medføre at noe metan tapes og slippes ut til atmosfæren. Vannskrubbere og PSA metodene gir et tap på opptil 2 % (Persson & Wellinger, 2006), mens vannskrubbere med monoetanolamin skiller seg ut med tap på mindre enn 0,1 %. Kryogene metoder gir også små tap (Kättström, 2008), og firmaet Scandinavian GtS oppgir tapet til under 0,5 %. Det finnes svært ulike tall for tap fra membraner. I første rekke varierer tapet med mengde gass som har blitt renseset. Membraner vil gi økende tap med økende mengde gass som er renseset inntil 3 % (Özdemir et al., 2008).



## **2.4 RÅSTOFFGRUNNLAG – BIOGASSRESSURSER**

Følgende typer av biogassressurser er kartlagt i dette prosjektet:

### ***Matavfall/lett nedbrytbart organisk avfall fra husholdninger, storhusholdning/restauranter og handel***

Mengden husholdningsavfall har fra 2004 til 2007 økt gjennomsnittlig fra 378 til 429 kg per innbygger per år (SSB 2208b). Av dette består ca 31 % av matavfall (NRF 2006). Matavfallet er sammensatt av ulike matrester, skrell fra frukt/grønt, diverse matprodukter som er utgått på dato osv. Matavfall fra storhusholdning/restauranter og handel er i karakter relativt likt matavfall fra husholdninger

### ***Matavfall/lett nedbrytbart organisk avfall og biprodukter fra industri***

Fra alle typer av næringsmiddelproduksjon vil det oppstå ulik grad av svinn/feilproduksjon, avfall, biprodukter m.m, som representerer ulike typer av biogassressurser. Denne type biogassressurser er kartlagt for følgende typer av industri: Slakterier/kjøttproduksjon, fiske- og fiskeoppdrett, meierier, bryggerier, bakerier.

I tillegg er kornavrens inkludert i studien. Dette er et sammensatt avfall bestående av bøss, halmstubb, lettkorn, snerp, agner og jord, som oppstår ved rensing av korn. Slam fra trefordelingsindustri er også inkludert under avfall fra industri.

### ***Halm***

Halm er et biprodukt fra kornproduksjon og produksjon av oljevekster, og kan benyttes til biogassproduksjon.

### ***Husdyrgjødsel:***

Husgjødsel er en viktig biogassressurs, og gjødsel fra følgende typer av husdyr er inkludert i prosjektet: hester, kyr/storfe, sau/lam, geit, svin, høns/ kylling.

### ***Avløpsslam***

Avløpsslam fra avløpsrenseanlegg består av organisk materiale, næringssalter og forurensninger som trekkes ut av avløpsvannet ved rensing (Miljøstatus Norge 2004). I Norge i dag er avløpsslam den biogassressursen som i størst grad inngår i biogassproduksjon. fordi biogassproduksjon fra avløpsslam i lang tid har representert en behandlingsmetode for

avløpsslam. Det har medført at energiproduksjonen fra denne type biogassanlegg kun har blitt vurdert som en 'biprodukt' fra behandlingsløsningen for avløpsslammet. Det har medført at utnyttelse av produsert biogass fra denne type biogassanlegg tradisjonelt sett har vært lav fordi det ikke har vært fokus på selve energiproduksjonen.

### ***Skogressurser***

I 2006/2007 ble det gjennomført et prosjekt som resulterte rapporten *Fra biomasse til biodrivstoff - et veikart til Norges fremtidige løsninger* (PFI m.fl, 2007). Fra denne rapporten anbefales det at som et grovt anslag for ubenyttet potensial fra skogressurser i Norge til bruk i fremtidige biodrivstoffabrikker kan benyttes å bruke 20 TWh per år. Dette foreslås å benytte som teoretisk potensial også her fordi denne type biogassressurser ikke har vært fokus i denne studien.

---

## 3 BIOGASSPRODUKSJON I NORGE

---

I det følgende gis en status for biogass- og deponigassproduksjon i Norge.

### 3.1 DEPONIGASSANLEGG

I følge SFT (SFT, 2008a) og SSB (SSB, 2008c) ble det i 2006 samlet opp en total mengde deponigass tilsvarende ca 300 GWh. Gjennomsnittlig metaninnhold i den oppsamlede gassen var 46% (SFT, 2008a).

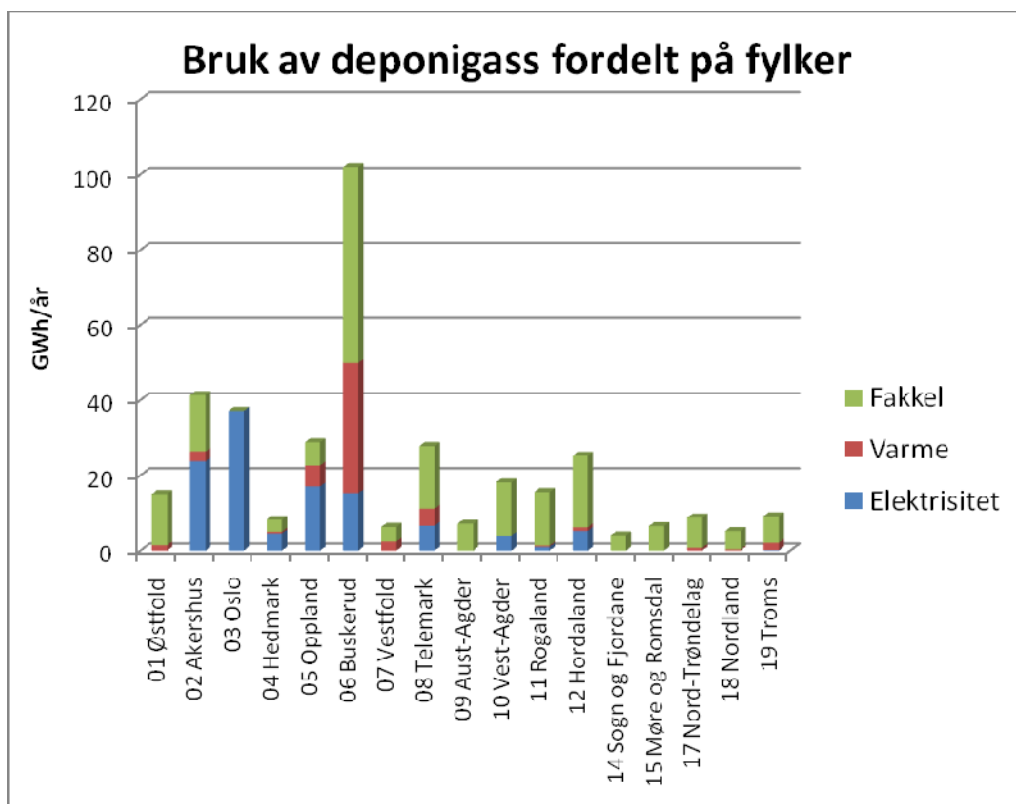
Tabell 3 viser hvordan den oppsamlede deponigassen blir brukt/utnyttet, fordelt på elektrisitetsproduksjon, varmeproduksjon og faking (ingen utnyttelse).

Bruk av oppsamlet metan	%	GWh, brukt	GWh, nyttbar	Utnyttelsesgrad
Til elektrisitet	40 %	117	41	35 %
Til varme	21 %	61	51	85 %
Til fakkell	39 %	115	0	0 %
<b>Sum</b>	<b>100 %</b>	<b>292</b>	<b>92</b>	<b>32 %</b>

**Tabell 3** Oversikt over bruk av oppsamlet deponigass i Norge, data hovedsakelig for 2005 (SFT, 2008a)

Fra tabellen sees at 61% av oppsamlet deponigass blir utnyttet, mens 39% blir faklet. Videre sees at størsteparten av den oppsamlede deponigassen (40%) blir brukt til elektrisitetsproduksjon, mens 21% blir brukt til varmeproduksjon. Dersom det antas at elektrisitets- og varmeproduksjon foregår med gjennomsnittlige virkningsgrader på henholdsvis 35% og 85%, blir den nyttbare energien fra deponigassen totalt på 92 GWh, noe som representerer en total utnyttelsesgrad på 32% (av oppsamlet mengde på 292 GWh). Det presiseres at statistikken sannsynligvis har svakheter da det ser ut som at anlegg som produserer både elektrisitet og varme (fra varmetapet) kun rapporterer elektrisitetsproduksjonen. Dette vil i så fall medføre en underrapportering i total energiproduksjon og således en noe for lav energiutnyttelsesgrad.

Figur 3 viser hvordan oppsamlet deponigass blir benyttet/utnyttet i de ulike fylker.



**Figur 3** Bruk/utnyttelse av oppsamlet deponigass fordelt på fylker, data hovedsakelig for 2005 (SFT, 2008a)

Figuren viser at deponigass fakles i alle fylker, bortsett fra Oslo, som produserer elektrisitet av all oppsamlet deponigass. Videre sees at Buskerud samler opp svært mye gass (100 GWh/år), og utnytter ca halvparten av oppsamlet gass (delvis til elektrisitet og delvis til varme). Prosjektet har ikke klart å innhente data fra oppsamlet deponigass i Sør-Trøndelag.

### 3.2 *BIOGASSANLEGG*

Prosjektet har gjennomført en kartlegging av mengde biogass som ble produsert på biogassanlegg i 2007. Det har frem til nå ikke eksistert en oppdatert liste over biogassanlegg i Norge, og prosjektet har derfor brukt en del tid og ressurser på å lage en fullstendig liste over biogassanlegg i Norge. Totalt er 24 biogassanlegg inkludert i kartleggingen og alle disse har blitt kontaktet for å innhente data om produksjon og bruk av biogass på de respektive anleggene. Ca 70% av anleggene (16 anlegg) har respondert, og det er således gjennomført en kartlegging av produksjon og bruk av biogass fra disse 15 anleggene. Vedlegg 1 viser hvilke anlegg som er inkludert i kartleggingen og hvilke som også har svart.

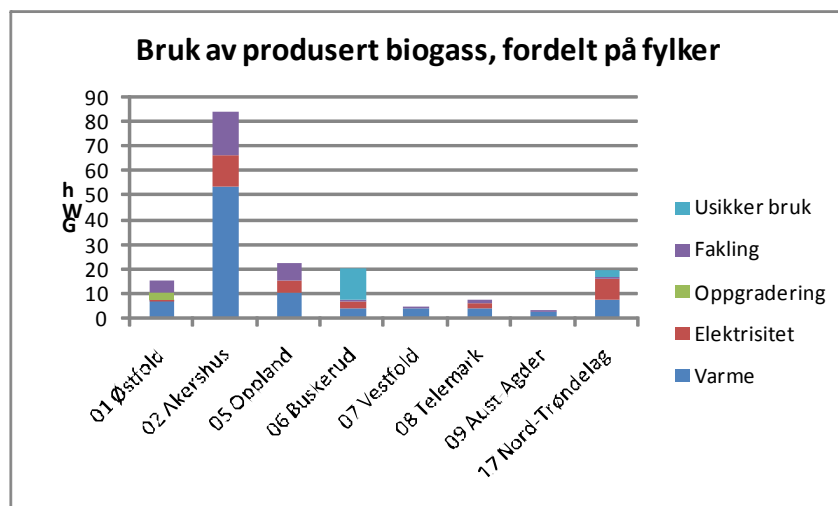
Tabell 4 viser mengde produsert biogass i Norge (basert på de 16 anleggene som har svart) og hvordan biogassen utnyttes (fordelt på elektrisitetsproduksjon, varmeproduksjon, oppgradering, faking og 'ingen bestemt utnyttelse').

Bruk av produsert biogass	GWh	%
Til elektrisitet	32,3	18
Til varme	94,2	53
Til fakkell	33,7	19
Til oppgradering	3,0	2
Ikke bestemt bruk	16,2	9
<b>Sum</b>	<b>179,3</b>	<b>100,0</b>

**Tabell 4** Bruk av produsert gass, fordelt på bruksområder

Tabellen viser at prosjektet har kartlagt at det totalt blir produsert 180 GWh fra biogassanlegg i Norge. Om lag halvparten av produsert gass blir benyttet til varmeproduksjon, ca 18% blir benyttet til elektrisitetsproduksjon og 2% blir oppgradert til drivstoffkvalitet. Videre blir 19% faklet, mens 9% har usikker bruksform.

Figur 4 viser tilsvarende fordeling nedbrutt på fylkesbasis.



**Figur 4** Bruk av produsert biogass, fordelt på fylker (2007)

Figuren viser at Akershus har den klart største biogassproduksjonen med over 80 GWh per år.

### 3.2.1 Gårdsanlegg

Det er i dag kun 2 gårdbiogassanlegg av betydning i Norge:

- Åna fengsel i Rogaland; produserer varmeenergi fra ca 5000 tonn storfegjødsel og 1500 tonn fiskeensilasje, totalt ca 820 MWh (Morken, UMB, 2008 c).
- Opphaug, Ørlandet (Sør-Trøndelag); produserer varmeenergi (ukjent mengde) fra storfegjødsel.

I tillegg er det planlagt et anlegg i Verdal i Nord-Trøndelag) som skal stå ferdig i løpet av høsten 2008.

Det ble startet opp et Biowaz-anlegg i Halden (Østfold) i 2008, som har en planlagt kapasitet på ca 5000 tonn gjødsel og mulig utvidelse til å også ta hånd om matavfall etter hvert. Dette er inkludert i kap. 3.2 Biogassanlegg og i vedlegg 1.

---

## 4 BIOGASSPOTENSIAL I NORGE

---

Prosjektet har beregnet totalt teoretisk biogasspotensial for følgende biogassressurser (nærmere beskrevet i kapittel 2.4):

- Matavfall fra:
  - Husholdninger
  - Storhusholdninger/restauranter
  - Handel
- Matavfall/organiske biprodukter/avfall fra industri
- Halm
- Husdyrgjødsel
- Avløpsslam
- Skogsressurser

Med teoretisk biogasspotensial menes totalt energipotensial som det teoretisk er mulig å oppnå fra de ulike typene biogassressurser (basert på energipotensial i biogassressursen). Det er altså ikke tatt hensyn til hvordan de ulike biogassressursene behandles i dag eller hvor 'lett tilgjengelige' biogassressursene er for biogassproduksjon.

Kartleggingen viser således teoretisk potensial i forhold til hvor store mengder/energi av biogassressurser som eksisterer i Norge.

For nærmere beskrivelse hvordan energipotensialet er beregnet for de ulike biogassressursene, vises til de ulike underkapitler.

### ***4.1 TOTALT BIOGASSPOTENSIAL I NORGE FORDELT PÅ KILDER***

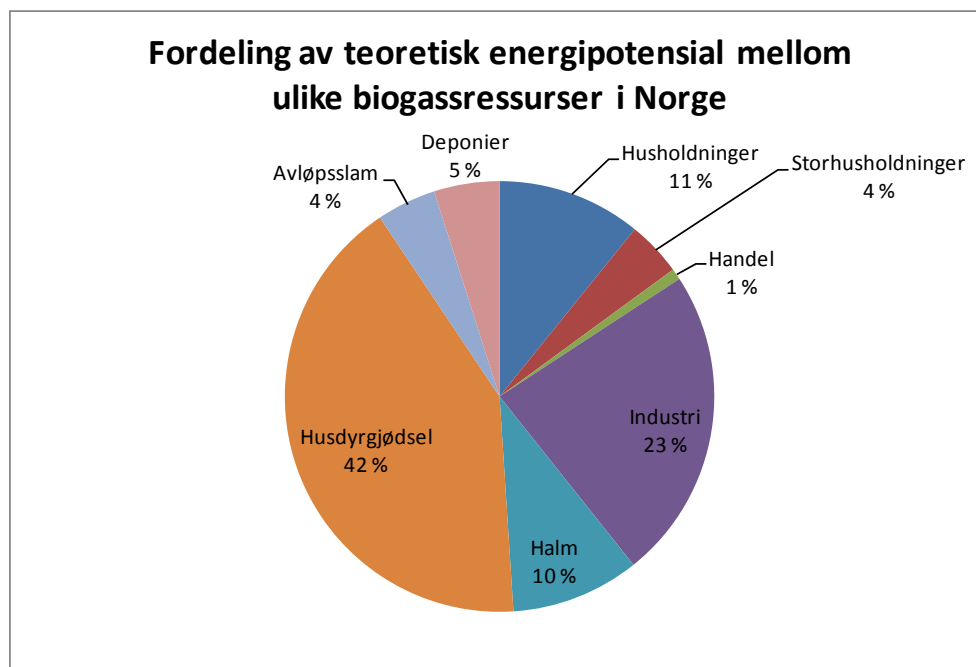
Tabell 5 viser teoretisk energipotensial fordelt på de ulike biogassressursene som er inkludert i prosjektet.

Teoretisk energipotensial fra ulike typer biogassressurser [GWh per år]								
Matavfall fra								
Husholdninge	Storhusholdni	Handel	Industri	Halm	Husdyrgjødse	Avløpsslam	Deponier	Sum
644	149	50	1 401	575	2 480	266	292	5 857

**Tabell 5** Teoretisk energipotensial fra de kartlagte biogassressurser i Norge

Tabellen viser at det teoretiske energipotensialet fra biogassressurser fra avfall/biprodukter er beregnet til å være nærmere 6 TWh/år. Dersom potensialet fra tilgjengelige skogsressurser på ca 20 TWh (PFI m.fl, 2007) vil potensialet komme opp i nesten 26 TWh/år. Denne studien fokuserer hovedsakelig på biogassressurser fra avfall, og biogasspotensialet fra skogsressurser vil derfor ikke bli presentert nærmere.

Fordelingen av det teoretiske energipotensialet mellom de ulike biogassressursene er videre presentert i Figur 5.

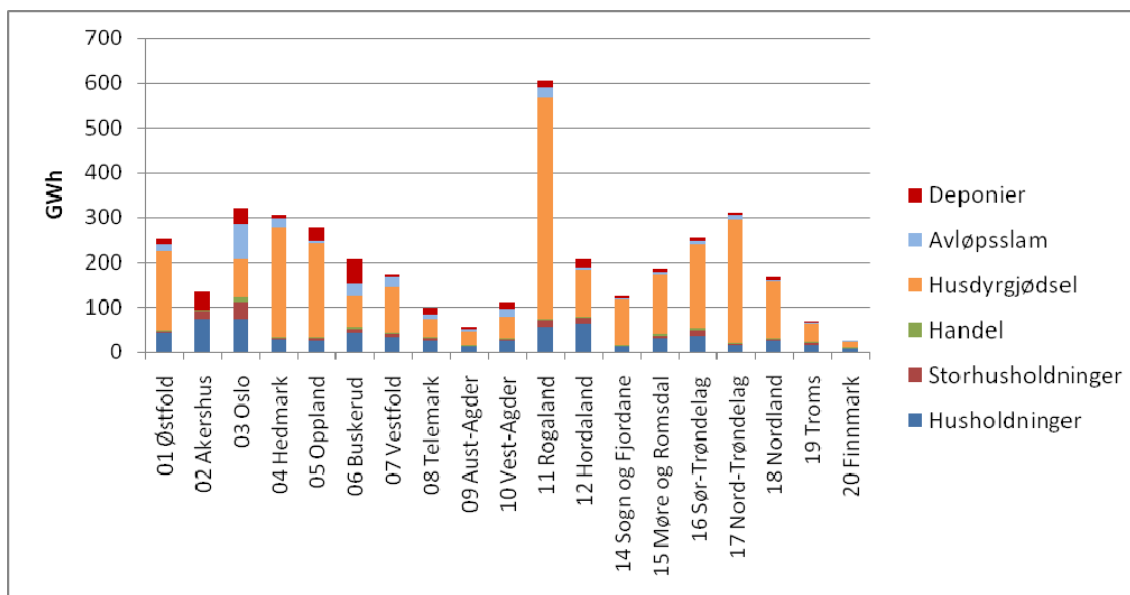


**Figur 5** Fordeling av teoretisk energipotensial på de ulike kartlagte biogassressursene

Fra figuren sees at husdyrgjødsel representerer den største biogassressursen med ca 42% av det totale energipotensialet. Deretter følger avfall/biprodukter fra industri (23%) og matavfall fra husholdninger, storhusholdninger og handel (15%).

Videre er den fylkesvise fordelingen av det teoretiske energipotensialet fra de vurderte biogassressursene presentert i Figur 6. Det presiseres at energipotensialet fra biogassressurser fra industri og halm ikke har vært mulig å fordele på fylker. Dette er derfor ikke med i Figur 6.





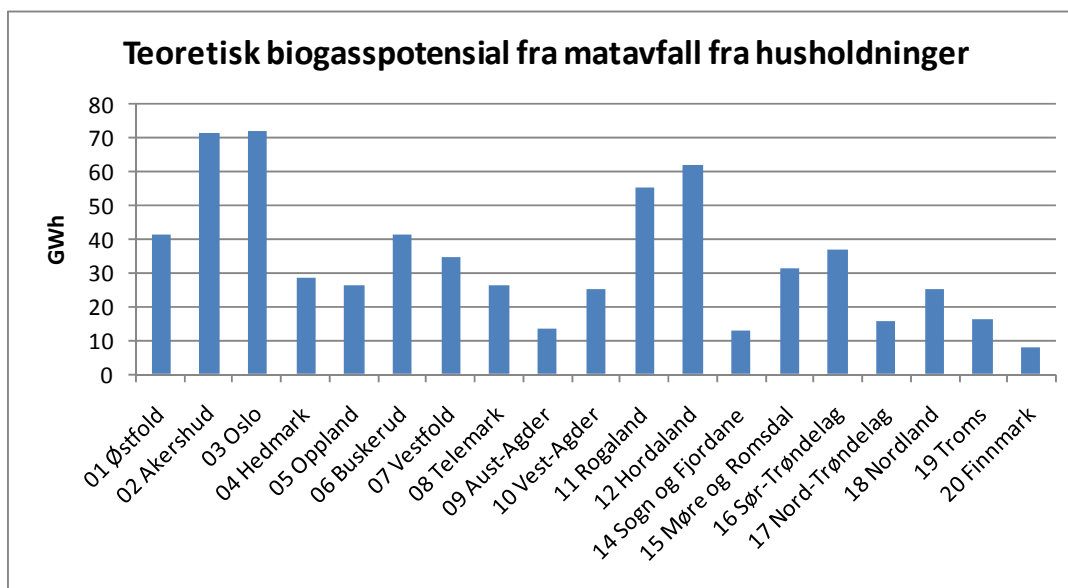
**Figur 6** Fylkesvis fordeling av teoretisk biogasspotensial fordelt på ulike biogassressurser

Fra figuren sees at husdyrgjødsel peker seg ut som den største ressurskilden, og spesielt Rogaland er rik på denne biogassressursen (som følge av mye husdyrhold). Det presiseres at for noen av biogassressursene er data oppgitt for Oslo/Akershus samlet og fordelingen på fylkesnivå bør derfor ses samlet for disse fylkene.

I de følgende kapitler vil det bli redegjort for metodikk og forutsetninger tilknyttet beregningene for de ulike biogassressursene.

## 4.2 BIOGASSPOTENSIAL FRA MATAVFALL FRA HUSHOLDNINGER

Det teoretiske energipotensialet fra matavfall fra husholdninger er totalt beregnet til 644 GWh/år. En fylkesvis fordeling av totalpotensialet er presentert i Figur 7.



**Figur 7** Fylkesvis fordeling av teoretisk energipotensial for matavfall fra husholdninger

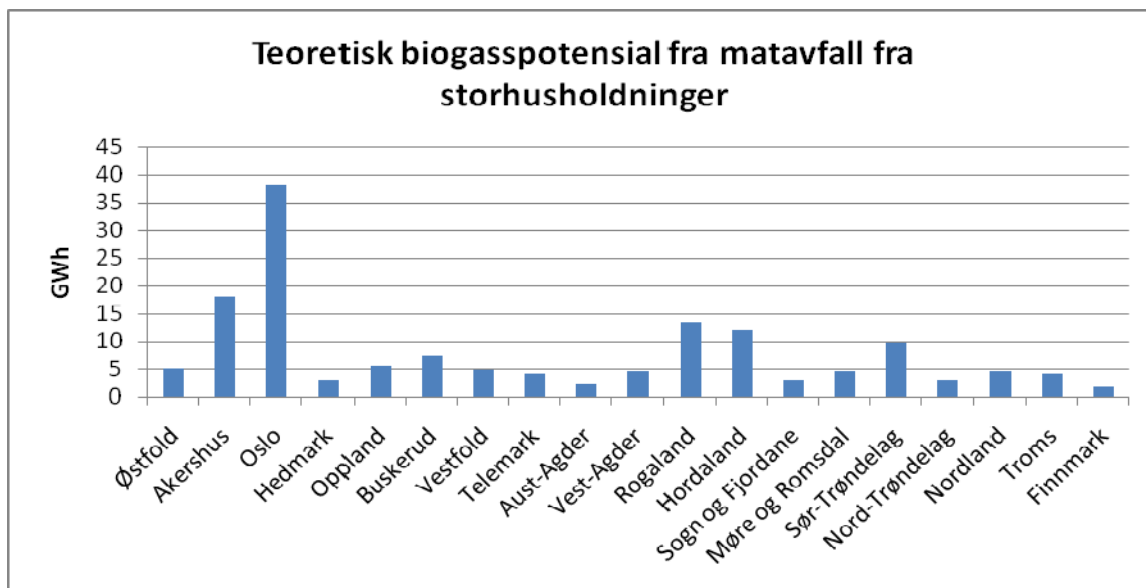
Det teoretiske energipotensialet vil følgelig avhenge av innbyggertallet i de ulike fylkene da det beregnes ut i fra mengde matavfall per innbygger. Dette ses ut i fra Figur 7 ved at fylkene med høyest antall innbyggere (Oslo, Akershus, Hordaland, Rogaland) også har det høyeste teoretiske energipotensialet fra denne biogassressursen.

#### **4.2.1 Metodikk for beregning av teoretisk energipotensial for husholdninger**

Mengden avfall fra husholdninger er kartlagt ved hjelp av antall innbyggere per kommune/fylke (SSB 2008d) og spesifikk mengde avfall per innbygger og år på 429 kg/innbygger og år (SSB 2008b). Videre er andel våtorganisk avfall beregnet fra SSBs Avfallsregnskap (SSB 2008f) til å utgjøre 24,3 % av total mengde avfall. Nøkkeltall for biogasspotensialet for våtorganisk avfall/matavfall fra husholdninger er basert på litteratordata (Raadal og Lorentzon 2007), og benyttet nøkkeltall er  $\text{Nm}^3 \text{CH}_4/\text{tonn (våtvekt)}$ .

### **4.3 BIOGASSPOTENSIAL FRA STORHUSHOLDNINGER/RESTAURANTER**

Det teoretiske energipotensialet fra matavfall fra storhusholdninger/restauranter er totalt beregnet til 149 GWh/år. En fylkesvis fordeling av totalpotensialet er presentert i Figur 8.



**Figur 8** Fylkesvis fordeling av teoretisk energipotensial for matavfall fra storhusholdninger/restauranter

På samme måte som for husholdningsavfall, vil det teoretiske energipotensialet for denne biogassressursen avhenge av innbyggertall/befolkningstetthet i de ulike fylkene. Dette ses ut i fra Figur 8 ved at fylkene med høyest antall innbyggere (Oslo, Akershus, Hordaland, Rogaland) også har høyest teoretisk energipotensial.

#### 4.3.1 Metodikk for beregning av teoretisk energipotensial for storhusholdninger/restauranter

Mengde matavfall fra storhusholdninger/restauranter er basert på nøkkeltall tilhørende antall ansatte for denne næringen. Tabell 6 viser en oversikt over hvilke næringskoder som inngår i kartleggingen og tilhørende nøkkeltall for beregning av mengde matavfall.

Næringskode	Beskrivelse	Nøkkeltall, kg organisk (våtvekt) avfall generert per ansatt per år
55 101	Drift av hoteller, pensjonater og moteller med restaurant	3000
55 301	Drift av restauranter og kafeer	3000
55 302	Drift av gatekjøkken, salatbarer og pølseboder	3000
55 51	Kantiner drevet som selvstendig virksomhet	1400
55 53	Catering virksomhet	500

**Tabell 6** Oversikt over næringskoder og tilhørende nøkkeltall for beregning av organisk avfall fra storhusholdninger/restauranter

Antall ansatte i de ulike kodene er funnet i databasen Nordic Business Key (Nordic Business Key, 2008). Databasen kan ha en feilprosent i forhold til antall ansatte på ca 2 %, men dette ansees å være innenfor usikkerhetsgrensen for prosjektet som helhet.

Når det gjelder hoteller (næringskode 55 101) gjelder antall ansatte hele hotellet, ikke bare de som er tilknyttet kjøkkenet og matproduksjon, og det har ikke vært mulig å skille ut de som er i tilknyttet kjøkken og matproduksjon, noe som selvsagt også innebærer en feilkilde.

For bemanningsselskaper har det ikke vært mulig å fordele avfallsmengdene på fylkesbasis, og for denne delene av bransjen er biogasspotensialet (ca 5 GWh) beregnet på landsbasis.

Det antas videre at 79 % av de ansatte jobber 100 % (Lorentzon, Nilsson og Skarpeid 2007), og dette benyttes som grunnlag for beregning av antall årsverk per næring.

Mengde avfall beregnes således på basis av antall årsverk og mengde avfall per årsverk (jfr Tabell 6). Videre antas at andel matavfall for denne type avfall er det samme som for husholdningsavfall. Nøkkeltall for biogasspotensialet for våtorganisk avfall/matavfall fra husholdninger er basert på litteraturdata (Raadal og Lorentzon 2007), og benyttet nøkkeltall er  $110 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{ tonn (våtvekt)}$ .

## 4.4 BIOGASSPOTENSIAL FRA HANDELEN

Det teoretiske energipotensialet fra matavfall fra handel (matvarebutikker) er totalt beregnet til 50 GWh/år. En fylkesvis fordeling av totalpotensialet er presentert i Figur 9.



**Figur 9** Fylkesvis fordeling av teoretisk energipotensial for matavfall fra handel

På samme måte som for husholdningsavfall, vil det teoretiske energipotensialet for denne biogassressursen avhenge av innbyggertall/befolkningstetthet i de ulike fylkene.

### 4.4.1 Metodikk for beregning av teoretisk energipotensial for handel

Biogasspotensialet er beregnet med basis i nøkkeltall tilknyttet omsetning for butikker tilhørende næringskode 5211 (*Butikkhandel med bredt vareutvalg med hovedvekt på nærings- og nytelses middel*).

Omsetningsdata for de ulike butikkene er hentet fra en database (Nordic Business Key 2008) for regnskapsåret 2006. Det er en usikkerhet knyttet til denne databasen, og det er heller ikke alle butikkens regnskap som er tilgjengelig.

For beregning av mengde matavfall per omsatt krone, er det benyttet et nylig utviklet nøkkeltall utarbeidet gjennom et prosjekt for Norgesgruppen (Hanssen et al, 2008) på 406,3 kg/ mill omsatt NOK.

Nøkkeltall for biogasspotensialet for matavfall fra handel er basert på litteraturdata (Raadal og Lorentzon 2007), og benyttet nøkkeltall er 110 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ tonn (våtvekt).

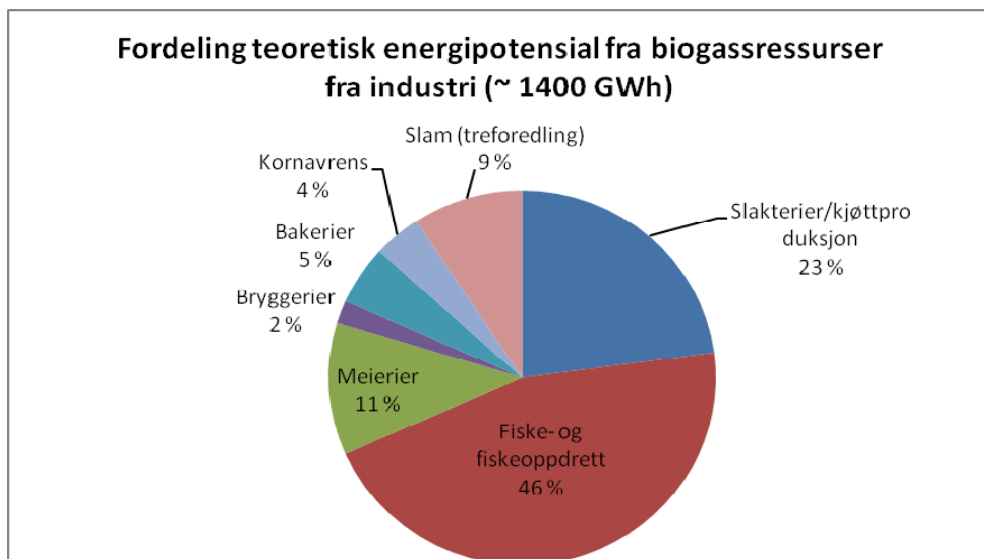
## 4.5 BIOGASSPOTENSIAL FRA INDUSTRI

Kartlegging av biogassressurser fra industri har vært konsentrert på følgende bransjer/næringer:

- Slakterier/kjøttproduksjon
- Fiske- og fiskeoppdrett
- Meierier
- Bryggerier
- Bakerier
- Kornavrens
- Slam fra treforedlingsindustri

Det presiseres at kartleggingen av biogasspotensialet ikke er komplett, både fordi ikke alle aktuelle bransjer er kartlagt og fordi det er vanskelig å innhente komplette data for de kartlagte bransjene.

Det totale teoretiske biogasspotensialet fra ovenfor beskrevne bransjer er beregnet til 1,4 TWh. Figur 10 under viser fordelingen av energipotensialet mellom de ulike bransjer/næringer.



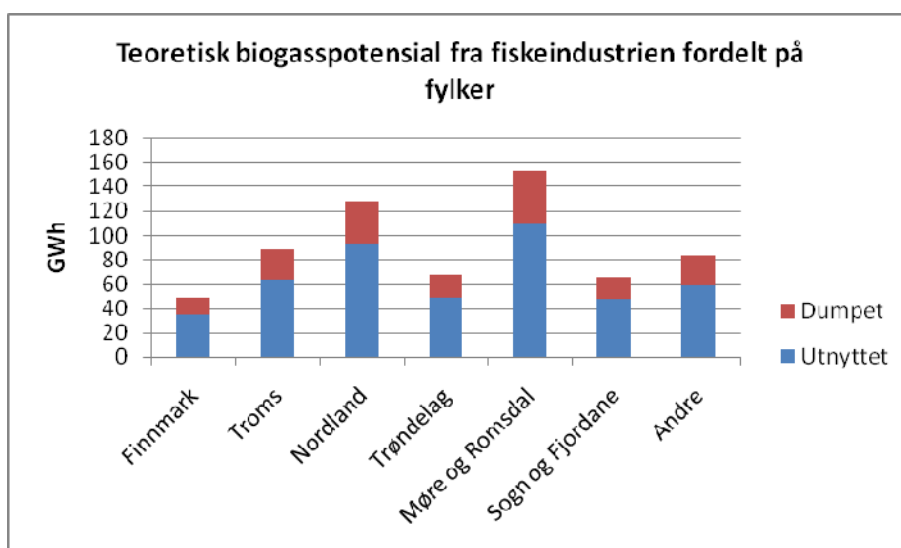
**Figur 10** Teoretisk energipotensial for industri fordelt på de ulike næringer/bransjer

Ikke uventet representerer biogassressurser fra fiske- og fiskeoppdrett det største teoretiske energipotensialet (46%) på ca 640 GWh. Det er verdt å merke seg at ca 70% av dette allerede blir utnyttet i dag, hovedsakelig som fôrråstoffer (fiskemel, pelsdyrfôr m.m).

Videre utgjør slakteriavfall også en stor andel av det totale energipotensialet (23% ~ 320 GWh). Videre finnes det betydelige biogassressurser fra både meieribransjen, treforedlingslam, bakerier og bryggerier, samt fra kornavrens. I de etterfølgende kapitler vil metodikk for beregning av de ulike biogassressursene bli nærmere redegjort for.

#### 4.5.1 Fiske- og fiskeoppdrett

For å beregne biogasspotensialet fra fiske- og fiskeoppdrett er det benyttet data fra Stiftelsen RUBINs Varestrømanalyse for 7 (RUBIN, 2008). Denne viser at det totalt ble dumpet ca 184 000 tonn fiskeavfall i 2007, mens ca 472 000 tonn ble utnyttet. Dette representerer totalt en energimengde tilsvarende 640 GWh og er presentert i Figur 11 som viser teoretisk biogasspotensial fra fiskeindustrien (både andel som utnyttes og andel som dumpes) fordelt på fylker.



**Figur 11** Teoretisk biogasspotensial fra fiskeindustrien fordelt på fylker

Figuren viser at det, ikke overraskende, er de nordligste fylkene sammen med nordvestlandet som står for de største biogassressursene fra fiskeindustrien.

Som nøkkeltall for biogassutbytte er det benyttet 150 Nm<sup>3</sup>biogass/tonn (våtvekt) og 65% CH<sub>4</sub>-innhold i biogassen (Seafish, 2008).

#### 4.5.2 Slakteriavfall

Beregning av teoretisk biogasspotensial fra slakteriavfall er hentet fra rapporten Innspill om bioenergi (Briseid, 2008) som er basert på data fra Norsk Protein om mengder slakteriavfall i Norge. Av en total avfallsmengde på 177 000 tonn slakteriavfall, fordelt på bein, blod,

bøtdeler og organisk slam, er det beregnet at dette årlig utgjør et teoretisk energipotensial på 320 GWh. Nøkkeltall for beregning av biogassutbytte er  $206 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{tonn våtvekt våtvekt}$  (Persson, 2006).

### ***4.5.3 Meierier, bryggerier og bakerier***

#### Meierier

Beregning av teoretisk biogasspotensial fra meierier er også basert data fra Tine meierier (Briseid, 2008) som produserer ca 730 000 tonn myseekvivalenter. Med et biogassutbytte på 4,5 MWh/tonn TS (Linné et al, 2008), representerer dette i størrelsesorden 160 GWh.

#### Bryggerier

Fra bryggerier produseres det ca 6000 tonn TS mask (spret bygg) og 1000 tonn TS overskuddsgjær eller bærme (Briseid, 2008). Med et biogassutbytte på 4 MWh/tonn TS (Linné et al, 2008), representerer dette i størrelsesorden 280 GWh. Hovedsakelig blir denne biogassressursen utnyttet til fôr i dag (Briseid, 2008).

#### Bakerier

Med basis i foreløpige nøkkeltall for returvarer fra bakerier relatert til omsetning (Østfoldforskning, 2008), er mengde bakeriavfall (brød/bakervarer) beregnet til ca 60 000 tonn (våtvekt). Med et biogassutbytte på  $118 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{tonn}$  (Edström et al, 2005), representerer dette i størrelsesorden ca 70 GWh.

### ***4.5.4 Kornavrens***

Ved rensing av korn fjernes det som med en samlebetegnelse kalles kornavrens (består av bøss, halmstubb, lett Korn, snerp, agner og jord). Data for mengde og energi fra kornavrens er tidligere beregnet til ca 80 GWh (NVE, 2003). Basis for dette er at kornavrens utgjør ca 1,5% av råkornet og dermed utgjør ca 18 750 tonn (med en årlig gjennomsnittlig kornlevering på 1,2 mill tonn). Det er ikke gjennomført nye beregninger for beregning av biogasspotensial fra kornavrens da det antas at datagrunnlaget og beregningene fra 2003 (NVE, 2003) er tilstrekkelig.



#### ***4.5.5 Slam fra treforedlingsindustri***

Data for mengde slam fra treforedlingsindustri oppgitt fra SSB (SSB, 2008e) til å være 112 000 tonn TS/år. Med et biogassutbytte på 1,15 MWh/tonn TS (Linné et al, 2008), representerer dette i størrelsesorden ca 128 GWh.

#### ***4.6 BIOGASSPOTENSIAL FRA HALM***

Halm er et biprodukt fra kornproduksjon og produksjon av oljevekster. Norsk jordbruk produserer korn på ca 3,5 mill da (NVE, 2003). Med en halmproduksjon på 350 kg/da blir dette totalt 1,05 mill tonn halm per år. Dersom det skal drives bærekraftig, bør uttaket begrenses til hvert 3. år (NVE, 2003), noe som reduserer mengden halm til ca 350 000 tonn per år. Dersom bioresten fra biogassanlegget for halm derimot tilbakeføres til jordet, kan således uttaket økes til hvert år som følge av at næringsstoffene tilbakeføres til jorden. Det presiseres at mye av halmen i dag brukt som fôr til drøvtyggere (Ingvoldstad, 2008), samt at halm kan være vel så interessant i tradisjonelle biobrenselanlegg.

Med et biogassutbytte på 350 Nm<sup>3</sup>/tonn vs (Steinhauser et al., 2008), representerer dette i størrelsesorden ca 575 GWh.

#### ***4.7 BIOGASSPOTENSIAL FRA HUSDYRGJØDSEL***

Det teoretiske energipotensialet fra husdyrgjødsel er totalt beregnet til 2480 GWh/år. En fylkesvis fordeling av totalpotensialet er presentert i Figur 12.



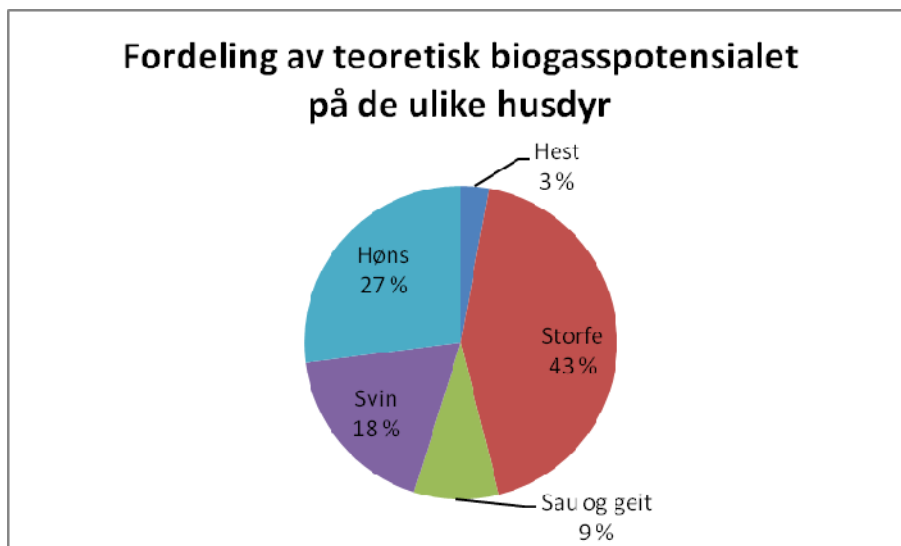
**Figur 12** Fylkesvis fordeling av teoretisk energipotensial for husdyrgjødsel

Energipotensialet for Akershus og Oslo er samlet, grunnet felles statistikk som ligger til grunn for beregningen.

Effekten gjødselen gir er avhengig av type og forbehandling. Det er ulikt tørrstoffprosent (TS %) i ulike typer gjødsel, jo høyere TS %, jo høyere biogassutbytte. Dersom det blir brukt gjødsel som har lav TS %, kan den med fordel avvannes før den går til biogassproduksjon, slik at volumet som behandles er mindre. Innholdet i de ulike typer gjødsel vil også variere, avhengig av lagring, strømateriale, forhåndsbehandling osv. Det kan oppstå problemer med noen av typene. Dersom det er for høyt innhold av mineraler kan dette føre til sedimentering og dannelse av bunnslam som kan skape problemer. Ved for høyt fiberinnhold og innhold av strø kan dette føre til dannelse av flyteskorper. (BioSystem 2004)

Husdyrtypene som er kartlagt er: hest, storfe (mjølkeku, ammeku og øvrige storfe), sau og geit, lam, svin (avlssvin/ purker, slaktesvin 20 – 50 kg), høns (høns, livkylling og slaktekylling).

Energipotensialet fordelt på type husdyr er presentert i Figur 13.



**Figur 13** Energipotensialet fra husdyrgjødsel fordelt på type husdyr.

Figuren viser at det største teoretiske biogasspotensialet kommer fra storfe og høns.

#### ***4.7.1 Metodikk for beregning av teoretisk energipotensial for husdyrgjødsel***

Mengden gjødsel er beregnet ut fra antall husdyr i de ulike fylkene. Statistikk over antall husdyr er funnet på SSB sine hjemmesider (SSB 2007a). Statistikken på antall hester er supplert med statistikk fra John Morken (Morken, UMB 2008a).

SSB-statistikken er beheftet med noe usikkerhet fordi den representerer antall dyr på en bestemt dato, ikke antall dyr per år. Det er flere dyr per år siden det er flere innsett av de ulike slagene. For å beregne mengde gjødsel produsert per år, antas at de ulike innsettene vil gi omtrent samme gjødselmengden.

I beregningene har vi tatt hensyn til beitetider for hest, storfe, sau og geit og lam og det antas at beitetidene er de samme uavhengig av fylker. Disse vil trolig variere fra distrikt til distrikt avhengig av klima, men i forhold til andre antagelser vi har gjort, anser vi at denne tilnærningen har lite å si for fordelingen mellom fylkene. Videre er gjort antagelse om at ammekyr og annet storfe gir gjødsel med høyere tørrstoff enn det melkekyr gir. Bruk av dypstrø og talle brukes i større grad på disse dyretypene. I beregningene er strøet tatt med.

## 4.8 BIOGASSPOTENSIAL FRA AVLØPSSLAM

Det teoretiske energipotensialet fra avløpsslam er totalt beregnet til ca 266 GWh/år. En fylkesvis fordeling av totalpotensialet er presentert i figur



**Figur 14** Fylkesvis fordeling av teoretisk energipotensial fra avløpsslam

Energipotensialet for Oslo og Akershus er samlet grunnet felles statistikk som ligger til grunn for beregningen.

### 4.8.1 Metodikk for beregning av teoretisk energipotensial fra avløpsslam

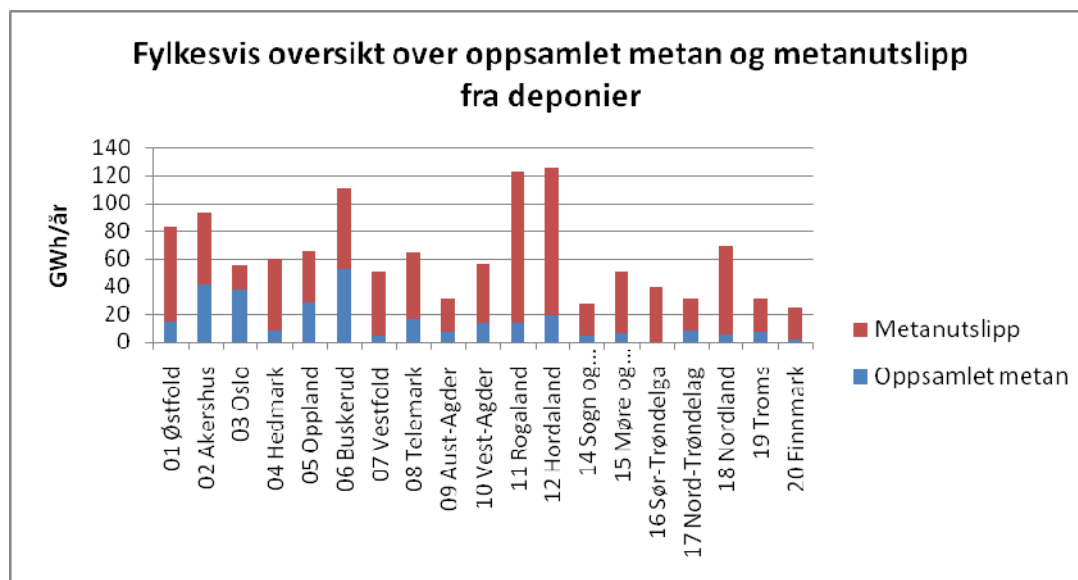
Mengde avløpsslam er hentet fra SSBs statistikk (SSB 2007b), supplert med data fra Norsk Vann (Asplan Viak 2007). Total mengde avløpsslam ”produsert” i 2006 i Norge var ca 86 030 tonn TS. Med nøkkeltall for biogasspotensial på 310 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/tonn TS (Morken, UMB 2008b), blir totalt biogasspotensial for avløpsslam 266 GWh.

## 4.9 BIOGASSPOTENSIAL FRA DEPONIER

Det teoretiske biogasspotensial fra deponier er i sammenstillingen i kapittel 4.1 presentert som mengde oppsamlet deponigass ved norske deponier, totalt ca 300 GWh. Dette er beregnet ut i fra data fra SFB (SFT, 2008a) og SSB (SSB, 2008c).

Det kan diskuteres hva som er det reelle teoretiske biogasspotensialet fra deponier i Norge fordi mengde oppsamlet gass kun representerer ca 25% av det totale potensialet for metanutslipp på ca 1200 GWh (SSB, 2008a) fra norske deponier.

Figur 15 viser totalt potensial og mengde oppsamlet deponigass i Norge fordelt på fylker.



**Figur 15** Fylkesvis oversikt over utslipp av metan og oppsamlet metan fra deponier [GWh]

Figuren over viser at Oslo samler opp så mye som ca 75% av beregnet metanpotensial, og at både Buskerud, Oppland og Akershus alle ligger med tilnærmet 50% oppsamlingsgrad. Videre sees at det teoretiske potensialet for bruk av deponigass er betydelig høyere enn det som samles opp i dag (25%).

---

## 5 KOSTNADSVURDERINGER

---

### 5.1 PRODUKSJON AV RÅGASS

For gjennomføring av kostnadsanalysene er det benyttet svensk litteratur som følge av mangel på norske data. Følgende rapporter er hovedsakelig benyttet:

1. RVF Utveckling 2005:6: Utvärdering av storskaliga system för kompostering och rötning av källsorterat bioavfall, En rapport från BUS- projektet.
2. Persson, 2006: Basdata om biogas
3. Persson, 2003: Utvärdering av uppgraderings3tekniker för biogas. Rapport SGC 142.
4. Benjaminsen et al, 2007: Biogasanläggningar med 300 GWh årsproduktion- system, teknikk och ekonomi. Rapport SGC 178.
5. Norrman et al., 2005: Biogas som drivmedel för fordon i Västra Götaland. IVL rapport.

Det er flere faktorer som påvirker investeringskostnadene for et biogassanlegg. De viktigste faktorene for investeringskostnadene er knyttet til hvilken type teknologi/anlegg som velges, hvilket råstoff eller kombinasjon av råstoff som skal behandles og kapasiteten på anlegget. Dersom man bare tar hensyn til investeringskostnadene, vil disse variere fra anlegg til anlegg. Inkluderer man derimot drift- og vedlikeholdskostnadene, viser det seg at de totale kostnadene for biogassanlegg er relativt like uavhengig av type anlegg (RVF Utveckling 2005a)

Med basis i litteraturdata (RVF Utveckling 2005a), er det tatt utgangspunkt i at anleggene kan deles inn i følgende 3 hovedtyper:

- R1: I denne kategorien inngår de større anleggene som behandler pumpbart (flytende) avfall. Avfallskomponenter er ved levering kvalitetssikret og materialet er finfordelt med lav andel uønsket materiale. Teknikken er forholdsvis enkel og anleggene er stort sett bygd opp som utråningsanlegg for avløps slam som blir komplimentert av andre typer avfall. Kapasiteten på anleggene i denne kategorien er stor. Ved noen av disse anleggene blir det også tatt imot avfall fra husholdninger eller pressvann fra denne type avfall.
- R2: Disse anleggene skal i hovedsak ta imot husholdningsavfall, og noen ganger halvfast avfall. Materialene krever forbehandling på plassen i ulike prosesssteg før utrånningen kan starte, i form av finfordeling og fjerning av uønskede komponenter (forurensninger).

- R3: I likhet med R2 er dette anlegg som kan ta imot matavfall, men disse anleggene er mindre, har enklere teknologi og har mindre kapasitet enn R2. Eksempel på et slikt anlegg er gårdsanlegg.

En mer systematisk oversikt over de ulike anleggstypene er gitt i Tabell 7.

	R1	R2	R3
<b>Type avfall</b>	Pumpbart avfall (flytende)	Husholdningsavfall, og andre typer halvfast avfall	Husholdningsavfall, og andre typer halvfast avfall
<b>Teknikk</b>	Enkel	Kompleks	Enkel
<b>Forbehandling</b>	Tar imot forbehandlet avfall	Forbehandling på stedet	Forbehandling på stedet
<b>Kapasitet</b>	Høy kapasitet	Høy kapasitet	Lav kapasitet
<b>Utskilling av forurensninger</b>	Lav	Høy	Lav
<b>Eksempel på anlegg</b>	Slam renseanlegg	Samutråtningsanlegg, gjerne blanding av slam og fast avfall	Gårdsanlegg og mindre anlegg

**Tabell 7** Skjematisk oversikt over de 3 utvalgte hovedtyper av anlegg for rågassproduksjon.

### 5.1.1 Investeringskostnader rågassproduksjon

#### Anleggstype R1 og R2

For å få en viss oversikt over hva investeringskostnaden til de ulike anleggene kan bli i forhold til type og kapasitet, er det brukt tall fra svenske eksisterende og planlagte anlegg (RVF Utveckling 2005 b), se Tabell 8 under.

	Anleggstype	Nøkkeltall		
		Min	Gjennomsnitt	Max
<b>Investering per tonn avfall. SEK /tonn</b>	R1 <sup>1</sup>	850	1 280	1600
	R2, befarte anlegg <sup>2</sup>		6 000	
	R2, planlagte anlegg <sup>3</sup>	2 200	4 500	8 600
<b>Investering per tonn TS. SEK/ tonn TS</b>	R1 <sup>1</sup>	5 900	15 300	23 000
	R2, befarte anlegg <sup>2</sup>		20 500	
	R2, planlagte anlegg <sup>3</sup>	8 000	16 800	30 700

<sup>1.</sup> Basert på data fra 4 anlegg

<sup>2.</sup> Basert på data fra 1 anlegg

<sup>3.</sup> Basert på data fra 5 planlagte anlegg; planlagte mengder samt dimensjonering av mengder avfall. Husholdningsavfall varierer mellom 70- 95 % i 4 av 5 anlegg. 1 anlegg behandler 30 % husholdningsavfall

**Tabell 8** Investeringskostnader i forhold til kapasitet på anlegg for anleggstyper R1 og R2

Det er en viss usikkerhet knyttet til disse tallene, siden det ikke er helt klart hvilke eksakte deler av anleggene som er inkludert, men de er beregnet ut fra totalkostnadene (forbehandling, utråtning og lagring) inkludert maskiner, bygg, elektrisk utstyr, som er oppgitt av de anleggene som var med i undersøkelsen

Dersom man antar at anleggene behandler lik mengde avfall gjennom anleggets levetid (satt til ca 15 år, basert på maskininvesteringen), vil det tilsvarende nøkkeltallet for denne 15 års perioden være ca 60 - 110 SEK/ tonn for R1, og ca 150 - 570 SEK/tonn for R2 (RVF Utveckling 2005b).

Med en antagelse om at biogassutbyttet for 1 tonn avfall inn til anlegget gjennomsnittlig er 130 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/tonn våtvekt (Raadal og Lorentzon 2007), vil investeringskostnadene over anleggets levetid vist som øre per kWh være som vist i

**Tabell 9.**

		SEK/tonn	øre/kWh
<b>R1</b>	Min	60	4,6
	Maks	110	8,5
<b>R2</b>	Min	150	11,6
	Maks	570	44,0
<b>R3</b>	Min		22,0
	Maks		39,0

**Tabell 9:** Investeringskostnader for anleggstype R1 og R2 per kWh (over anleggets levetid).



### Anleggstype R3

Investeringskostnader i forhold til størrelse for anleggstype R3 (gårdsanlegg) er basert på data fra 4 typer av anleggsstørrelse (Lantz 2004a). Substratet som er brukt i disse anleggene er en blanding av gjødsel fra svin. For å beregne kostnaden per kWh<sub>biogass</sub> er det antatt en årsproduksjon med ca 8000 driftstimer med full effekt. Investeringskostnadene fordelt på anleggenes levetid er beregnet til minimum 22 øre/kWh (330 kW<sub>biogass</sub> -anlegg) og maksimum 39 øre/kWh (30 kW<sub>biogass</sub> -anlegg). En oversikt over investeringskostnadene, samt elektrisitets- og varmekostnader per kWh<sub>biogass</sub> for de ulike anleggsstørrelser er presentert i vedlegg 2.

### **5.1.2 Drift- og vedlikeholdskostnader rågassproduksjon**

#### Anleggstype R1 og R2

Drift- og vedlikeholdskostnadene ble kartlagt fra de samme svenske anleggene som bekrevet under kapittel 5.1.1. Nøkkeltallene her er beregnet ut fra mengde avfall behandlet og presentert i Tabell 10:

Nøkkeltall <sup>2</sup>	Anleggstype	Driftsdata		
		Min.	Gjennomsnitt	Maks.
Elektrisk forbruk, kWh/ tonn avfall	R1	20	23	28
	R2	21	60	103
Elektrisk forbruk, kWh/tonn TS	R1	182	200	237
	R2	206 <sup>1</sup>	260	346
Vedlikeholdskostnader. 1000 SEK/ år	R1 og R2	250	1000	1500
Vedlikeholdskostnader, SEK/ tonn avfall	R1 og R2	10	50	140
Personal, antall dagtid <sup>4</sup>	R1	2	3	8 <sup>3</sup>
	R2	2	5	6
Personal, drift/ beredskap <sup>4</sup>	R1	1	-	5
	R2	1	-	5

**Tabell 10** Drift- og vedlikeholdskostnader i forhold til de ulike anleggstypene og kapasitet (RVF Utveckling 2005b)

### Anleggstype R3

For anleggstype 3, har prosjektet ikke klart å fremskaffe fullstendige data for drifts- og vedlikeholdskostnader, men kun elektrisitets- og varmekostnader (se vedlegg 2).

### **5.1.3 Sammenstilling investerings-, drifts- og vedlikeholdskostnader for rågassproduksjon**

Tabell 11 viser en oversikt over totale kostnader for rågassproduksjon per kWh produsert gass fra ulike kilder:

Kilde	Produksjon	Avfall
<b>SOU-1998:157</b>	0,11- 1,11 SEK/kWh	Blandet substrat
<b>Target 2010 (2003)</b>	0,05 Euro (=0,46 SEK)* /kWh	Ikke spesifisert
<b>Danish Research institute of Food Economics (2000)</b>	Ca 0,40 SEK/kWh	Jordbruksprodukter
<b>JTI (2002)</b>	0, 15- 0,19 SEK/kWh (små skala produksjon) 0,10- 0,30/kWh (stor skala produksjon*)	Jordbruks produkter

**Tabell 11** Totale kostnader (investering, drift og vedlikehold) SEK per produsert kWh, verdier fra ulike kilder (Norrman et al., 2005)

Tabellen viser at kostnadene for produksjon av rågass varierer mellom minimum 0,11 og maksimum 1,11 SEK/kWh.

Med bakgrunn i data fremkommet i kapittel 5.1.1 og 5.1.2 og Tabell 11, er et anslag for investerings-, drifts- og vedlikeholdskostnader for de ulike typer anlegg sammenstilt i Tabell 12.

		Investerings- kostnader	Drifts-/vedlikeholds- kostnader	Sum
		øre/kWh	øre/kWh	øre/kWh
<b>R1</b>	Min	5	6	11,0
	Maks	8	11	19,0
<b>R2</b>	Min	12	34	46,0
	Maks	44	66	110,0
<b>R3*</b>	Min	22	6	28,0
	Maks	39	7	46,0

\* Kun kostnader til elektrisitet og varme inngår i drifts- og vedlikeholdskostnadene

**Tabell 12** Sammenstilling av investerings-, drifts- og vedlikeholdskostnader for de ulike typer anlegg for rågassproduksjon, basert på ulike kilder.

## **5.2 OPPGRADERING AV RÅGASS TIL DRIVSTOFFKVALITET**

Det er i hovedsak benyttet svensk litteratur for fremskaffing av kostnadsdata for oppgraderingsanlegg. En undersøkelse av 13 oppgraderingsanlegg er benyttet som grunnlag (RVF 2005c). Av de 13 anleggene oppga 8 av dem at investeringskostnadene var avgjørende i valg av teknologi. 4 av de 8 oppga at de i tillegg tok hensyn til drift- og vedlikeholdskostnadene ved valg av teknologi.

Det er flere faktorer som påvirker investeringskostnadene for et oppgraderingsanlegg. En av de viktigste faktorene er hvilken teknologi som skal brukes, og det er også en fordel med storskala produksjon. Generelt vil investeringskostnadene for oppgraderingen for et anlegg med en rågass kapasitet på 300 Nm<sup>3</sup>/h være i området 12- 15 MSEK (RVF 2005c). Dersom det antas 8000 driftstimer og at rågassen inneholder 65% metan, tilsvarer det en investeringskostnad på ca 0,06 SEK/kWh oppgradert gass (investeringskostnadene fordelt på 15 år, antas å være levetiden til anlegget).

Tabell 13 viser investeringskostnader for ulike oppgraderingsanlegg (RVF 2005d).

M SEK				
	Anleggets kapasitet Nm <sup>3</sup> /h	Investeringskostnader for gassrensing	Investeringskostnader for høytrykkskompresjon	Totalt gassrensing+ høytrykkskompresjon
<b>Vannskrubber, resirkulerende</b>	800	13	2	15
<b>Vannskrubber med Selexol</b>	500			
<b>Kemisorpsjon</b>	300			14,5
<b>PSA</b>	600	8	4	12 (15*)

\*Merkostnader 3 MSEK grunnet at leverandøren gikk konkurs.

**Tabell 13** Investeringskostnader (MSEK) for ulike typer anlegg og teknologi valgt.

Driftskostnader for oppgraderingsanlegg kan variere fra 10 000- 50 000 SEK/mnd. En optimal og kontinuerlig drift av anleggene vil medføre at driftskostnadene reduseres (RVF 2005d).

Tabell 14 viser en oversikt over investerings-, drifts- og vedlikeholdskostnader samlet sett som SEK per kWh oppgradert gass basert på ulik litteratur (Norrmann et al., 2005).

Kilde	Kostnad per kWh
<b>SGC (2003) 142</b>	0,10- 0,40 SEK
<b>SOU-1998:157</b>	0,10- 0,27 SEK
<b>Target- 2010 (2003)</b>	0,01 Euro (=0,092 SEK)

**Tabell 14** Oppgraderingskostnad (investering, drift og vedlikehold) per kWh oppgradert gass

Tabellen viser at oppgraderingskostnadene varierer fra 0,10 til 0,40 SEK per kWh oppgradert biogass. Den faktoren som i størst grad påvirker total kostnadene for oppgradering er kapitalkostnaden. Dette merkes av anlegg som kjører med mindre kapasitet enn det de er dimensjonerte for.

---

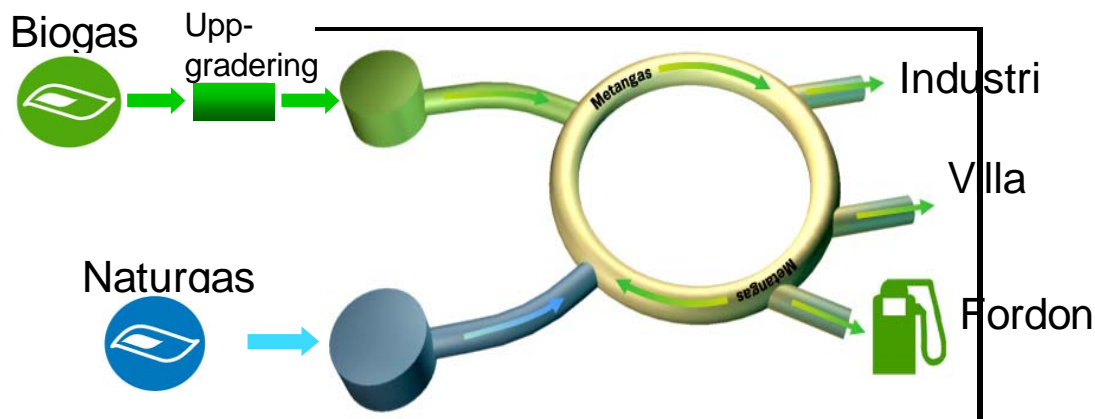
## 6 SYNERGIER MELLOM NATURGASS OG BIOGASS

---

En viktig synergieffekt mellom naturgass og biogass er at de kan dra felles nytte av utbygging av ny infrastruktur, anlegg osv. Naturgass vil være en viktig 'medspiller' for å få biogass ut på markedet, både fordi biogass kan benytte eksisterende infrastruktur og fordi naturgass vil representerer en viktig backup/reserveløsning for separate biogassanlegg.

På samme måte kan biogass spille en viktig rolle i forhold til naturgass, f.eks når det gjelder å oppnå kravet til innblanding av biodrivstoff. SFT gikk (i brev av 28.05.08) ut med et redusert forslag til omsetningspåbud for biodrivstoff, og anbefalte en mer skrittvis tilnærming representert ved et omsetningspåbud på 2 volumprosent, men først gjeldende fra 2009. Dette ligger nå hos Miljøverndepartementet på vent for politisk behandling. Det forventes at det vil bli behandlet i løpet av høsten 2008 (SFT, 2008b).

Dersom biogass skal kunne brukes samme infrastruktur som naturgass, kreves at biogassen oppgraderes. Den vil da kunne mates inn på eksisterende rørledninger for naturgass og gi denne energibæreren en andel fornybar energi. Dette gjøres i Sverige etter følgende prinsipp, se Figur 16.



**Figur 16** Prinsippskisse for synergi mellom biogass og naturgass (Gøteborg Energi, 2007)

Ved bruk av dette prinsippet sammen med andre virkemidler for biogassproduksjon har det i Sverige vært en positiv utvikling i forhold til andel biogass på gassledningsnettet, og i 2006 utgjorde biogass for første gang over halvparten av gassen som ble distribuert i ledningsnettet (Biogas Väst, 2007).

Det eksisterer i dag ingen norsk standard ift forhold til naturgass/biogass. Dette bør etableres og samkjøres, slik at det er klare krav til 'resepten' for biogass som skal tilsettes/blandes med naturgass. Fredrikstad Biogass AS, som pt er den eneste som oppgraderer biogass til drivstoff kvalitet i Norge, benytter Svensk Standard SS 15 54 38 "Motorbränslen - Biogas som bränsle till snabbgående ottomotorer" som kvalitetskrav for sin produksjon. I områder der det ikke eksisterer gassrørledninger, vil det være aktuelt å transportere biogassen i flytende form. Dette vil medføre at transportbehovet reduseres med 1/6 som følge av man da får plass til 6 ganger så mye biogass på bil i forhold til om gassen transporteres i komprimert form (Melby, 2008).

---

## 7 BARRIERER

---

Gjennom arbeidet med prosjektet, og i samarbeid med referansegruppen, er følgende barrierer for biogassproduksjon kartlagt:

### Generelle barrierer

- Miljø- og klimagevinsten ved bruk av biogass som energikilde som erstatning for fossile energikilder er ikke godt nok kjent og det er et behov for at dette tydeliggjøres i betydelig større grad.
- Mangel på kompetanse generelt om biogass som energikilde bioest som gjødselerstatning. Viktig å satse på både utdanning og etterutdanning
- Biogassens verdikjede består av svært mange aktører; fra avfallsbesittere til anleggseiere og brukere av både biogass og bioest. Økt produksjon og bruk av biogass krever samordning og koordinering langs biogassens verdikjede.

### Økonomiske barrierer:

- Spredt ressurstilgang – krever stor innstas for innsamling av ressurser, evt mange små anlegg.
- Mangel på infrastruktur for bruk av både biogass og bioest.

### Tekniske barrierer:

- Biogassanlegg for behandling av avfallsressurser vil medføre lukt i større eller mindre grad, og det blir da ofte problemer i forhold til lokalisering ('not in my backyard').
- Mangel på kunnskap og kompetanse for behandling og bruk av bioest
- Mangel på kompetanse og sammenstilling av erfaringer for drift av eksisterende anlegg
- ABP-forordningen (Animalske biproduktforordningen) - setter krav til hygienisering og forbehandling av ulike typer aktuelle biogassressurser.

I tillegg er følgende barrierer spesifikt for biogass som drivstoff fremkommet:

- Generelt lavt kunnskapsnivå om forskjellene mellom at de ulike typer av biodrivstoff
- Biogass oppleves som det "ukjente" biodrivstoffet, og får således liten oppmerksomhet
- Det eksisterer lite eller ingen utbygd infrastruktur for fyllestasjoner
- Distribusjon av biogass er vanskelig når det ikke eksisterer distribusjonsnett for naturgass.

---

## 8 FREMTIDIGE MULIGHETER FOR ØKT PRODUKSJON OG BRUK AV BIOGASS

---

Dersom det skal oppnås en viss økning av biogassproduksjon i Norge, er det behov for en betydelig satsing fra nasjonalt hold, samt en samkjøring blant alle de involverte aktører langs biogassens verdikjede. Dette betyr fremfor alt at det må være vilje til å satse og at satsingen sees som en del av en samlet miljøstrategi i landet. I tillegg kreves det at det bygges ut nye verdikjeder ('fra avfall til energi og gjødselprodukter'), noe som krever økt kunnskap i alle ledd i verdikjedene. En økt satsing forutsetter også investeringsvilje og aktuelle støtteordninger. Det vil således være behov for å utarbeide en 'samlet virkemiddelpakke' for økt produksjon og bruk av biogass. En slik virkemiddelpakke bør inneholde ulike typer av virkemidler, for eksempel: omsetningspåbud for biodrivstoff, investeringsstøtte for produksjons- og distribusjonsanlegg, regionvis satsing for biogassproduksjon som tar hensyn til samlet planlegging av typer/mengder avfallsressurser, logistikk-løsninger, bruk/utnyttelse av biogass og biorest, reduserte avgifter m.m.

Sverige har satset målrettet fra både nasjonalt og lokalt hold for iverksetting av effektive virkemidler for økt bruk av biogass som drivstoff. Eksempler på virkemidler derfra er:

- Redusert fordelsbeskatning med 40 % for bruk av tjenestebil
- Klare miljømål i statlige organisasjoner, f.eks mål om 75 % miljøbiler
- Statlig investeringsstøtte for produksjon og oppgradering
- Gratis parkering
- Ingen avgift på biodrivstoff og reduserte avgifter på naturgass
- Samspill med naturgass – felles infrastruktur

Vedrørende drivstoffsatsing, har Nordisk Miljømerkingsnemnd nylig vedtatt miljøkrav for svanemerket drivstoff. Krav nummer én er at minimum en tredel av råvaren må være fornybar. Videre må svanemerket drivstoff oppfylle strenge krav til klimagassutslipp og energiforbruk gjennom hele drivstoffets livsløp.

I tillegg til dette har SFT (22.01.08) sendt ut et forslag til rapporteringssystem for å dokumentere omsetningen av biodrivstoff og hvilke konsekvenser dette gir for miljøet. Dette skal revideres og ferdigstilles dersom politikerne enes om at de ønsker et slikt system (SFT, 2008b).



---

## 9 REFERANSELISTE

---

- Asplan Viak 2007. Gjennomgang og justering av Kostra- dataene for avløpsslam fra 2006.
- Benjaminsen, J., Linnè, M., 2007: Biogasanläggningar med 300 GWh årsproduktion- system, teknikk och ekonomi. Rapport SGC 178.
- Biogas Väst, 2007: Foredrag mars 2007 på prosjektmøte i prosjektet 'E6 som biogass fra Gøteborg til Oslo
- BioSystem (2004). Biogaskurs kortversjon. Oversendt på mail fra Jon Morken
- Briseid, T. 2008: Innspill om bioenergi. våtorganisk avfall, husdyrgjødsel og avløpsslam, mengder, miljøeffekter, energiinnhold, bruk i biogassanlegg. Bioforsk Rapport nr 65, 2008.
- Burton, C. H., Turner, C. & Beck, J. (2003). *Manure management : treatment strategies for sustainable agriculture 2ed.* Silsoe Research Institute, Silsoe, England.
- Christensen, T. H. (1998). *Affaldsteknologi.* Teknisk Forlag, København.
- Edström, M., Nordberg, Å., Ringmar, A. 2005: Utvärdering av gårdbaserad biogasanläggning på Hagavik, JTI rapport 31 2005
- Gøteborg Energi, 2007: Foredrag mars 2007 på prosjektmøte i prosjektet 'E6 som biogass fra Gøteborg til Oslo'
- Hanssen, O. J., Olsen, A. 2008: Kartlegging av matavfall i Norge – et forstudie for Norgesgruppen, rapport fra Østfoldforskning (ferdigstilles høst 08)
- ICG, 1998: Biogass fra FREVAR som drivstoff til busser i Fredrikstad, Forprosjektrapport, ICG 1998.
- Ingvoldstad, J., 2008: Personlig epost 16.10.2008
- Kättsröm, H. (2008). Biogas as a vehicle fuel, why it makes sense, <http://www.scandinaviangts.com/doc/080903%20Biogas%20as%20vehicle%20fuel,%20why%20it%20makes%20sense.pdf>
- Lantz 2004a. Mikael Lantz .Gårdbaserad produktion av biogas för kraftvärme- ekonomi och teknikk
- Lantz 2004b. Lantz 2004. Mikael Lantz. Gårdbaserad produktion av biogas för kraftvärme- ekonomi och teknikk, side 26-30.
- Lindow, L. (2002). Energy content of organic materials, ed. J. Morken. Ludvika, Sweden.
- Lorentzon, Katarina, Katarina Nilsson og Hans Jacob Skarpeid (2007) Metoderapportfor svensk-norska lösningar för avfall og biprodukter. (s 10)

- Maksinen, P., 2008: Foredrag på konferansen Building Bridges i Gøteborg 7. oktober 2008: Results from the gasification research plant at Chalmers.
- Melby, J., 2008: Foredrag Avfallskonferansen 2008, URL:  
<http://www.avfallnorge.no/content/view/full/10087>
- Miljøstatus Norge (2004): Avløpsslam. URL:  
[http://www.miljostatus.no/templates/PageWithRightListing\\_3266.aspx](http://www.miljostatus.no/templates/PageWithRightListing_3266.aspx)
- Linné, M., Ekstrandh, A., Englesson, R., Bjørnsson, L, Lantz, M, 2008: Den svenska biogaspotentialen från inhemska restprodukter. LUND 2008
- Morken, J., Sørby, B., Sørby, I., Birkeland, K. & Sakshaug, S. (2005). Bruk av bioenergi i landbruket. Er det lønnsomt å bygge gårdsbiogassanlegg, og hvilke fordeler kan bonden og samfunnet oppnå? *Grønn kunnskap*, **9**(121), 1-30.
- Morken, UMB 2008a. Personlig e-post 27.08.08
- Morken, UMB 2008b. Personlig e-post 04.09.08
- Morken, UMB 2008c. Personlig e-post 13.10.08
- Nordic Business Key 2008.  
[http://www.nordicbusinesskey.com/KeyNordic/main\\_frameset.lsp?tempID=89546585](http://www.nordicbusinesskey.com/KeyNordic/main_frameset.lsp?tempID=89546585)
- Norrman, J., Belhaj, M., Arnell, J., Svensen, B., Larsson, H., 2005: Biogas som drivmedel for fordon i Västra Götaland. IVL rapport B1615.
- NVE, 2003: Bioenergiressurser i Norge. Oppdragsrapport 7, 2003.
- PFI, Zero, NoBio, TØI, 2007: Fra biomasse til biodrivstoff - et veikart til Norges fremtidige løsninger  
URL: <http://www.pfi.no/biodrivstoff/Veikart%20for%20biodrivstoff.pdf>
- Persson, M. 2006: Basdata om biogas. Svenskt Gasteknisk Center
- Persson, M. & Wellinger, A., 2006: Biogas upgrading and utilisation. IEA.
- Persson, M., 2003: Utvärdering av oppgraderingstekniker for biogas. Rapport SGC 142.
- Raadal og Lorentzon 2007. Sluttrapport SNAB svensk-norske løsninger for avfall og biprodukter. Biogasspotensial for de ulike SNAB ressurser, bilag 2, side 32.
- RVF Utveckling 2005a. RVF utvecling 2005:06, Utvärdering av storskaliga system for kompostering och rötning av källsorterat bioavfall. Bilag 1a: Teknisk utvärdering röttningsanläggningar. Side 58-59
- RVF Utveckling 2005 b. RVF utvecling 2005:06, Utvärdering av storskaliga system for kompostering och rötning av källsorterat bioavfall. Bilag 1a: Teknisk utvärdering röttningsanläggningar. Side 83-85.
- RVF 2005c. RVF utvecling 2005:06, Utvärdering av storskaliga system for kompostering och rötning av källsorterat bioavfall, side 35.

RVF 2005d. RVF utvecling 2005:06, Utvärdering av storskaliga system för kompostering och rötning av källsorterat bioavfall, bilag 1b: Teknisk utvärdering gasuppraderingsanläggningar side 32-35.

RUBIN, 2008: [http://www.rubin.no/files/documents/varestrm\\_2007nettversjon.pdf](http://www.rubin.no/files/documents/varestrm_2007nettversjon.pdf)

Sommer, S. G., Petersen, S. O. & Moller, H. B. (2004). Algorithms for calculating methane and nitrous oxide emissions from manure management. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **69**(2), 143-154.

Seafish, 2008:

[http://www.seafish.org/upload/file/waste\\_utilisation/Anaerobic%20Digestion.pdf](http://www.seafish.org/upload/file/waste_utilisation/Anaerobic%20Digestion.pdf)

SFT, 2008a: Epost fra Lars Kåre Grimsby, 05.09.08

SFT 2008b: Telefonsamtale med Seniorrådgiver Roar Gammelsæter, SFT 20.08.08

SSB 2007a. 3,4 Husdyr etter fylke 2005.

Url: [http://www.ssb.no/emner/10/04/10/nos\\_jordbruk/nos\\_d373/tab/tab-3.4.html](http://www.ssb.no/emner/10/04/10/nos_jordbruk/nos_d373/tab/tab-3.4.html)

SSB 2007b. Tabell 05279: Avløpsslam disponert til ulike formål, tonn.

Url: [http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default\\_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selectvarval/define.asp&Tabellid=05279](http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selectvarval/define.asp&Tabellid=05279)

SSB, 2008a: Data fra statistikkbanken, <http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/>

SSB 2008b, Tabell 1. Kilo husholdningsavfall per innbygger. Utsortering- og attvinningsgrad inklusiv energiutvinning, etter fylke. 1995-2007 Url: <http://www.ssb.no/emner/01/05/10/avfkomm/tab-2008-06-20-01.html>

SSB, 2008c: SSB's deponimodell, data fra statistikkbanken

URL:

[http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default\\_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/MenuSelS.asp&SubjectCode=01](http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/MenuSelS.asp&SubjectCode=01)

SSB, 2008d. Tabell 1. Folkemengde 1. April 2008 og endringer i 1 kvartal 2008. Fylkesoversikt.

Url: <http://www.ssb.no/emner/02/02/folkendrkv/2008k1/kvart00.html>

SSB, 2008e: Telefonsamtale med Håkon Skullerud 1.7.08.

SSB, 2008f: Avfallsregnskapet publisert oktober 2008, <http://www.ssb.no/emner/01/05/40/avfregno/>

Steinhauser, A. & Deublein, D. (2008). *Biogas from waste and renewable resources: an introduction*. Wiley-VCH Verlag, Weinheim.

Østfoldforskning, 2008: Foreløpige data innhentet i VRI Forskerprosjekt

Özdemir, E. D., König, A. & Eltrop, L. (2008). Evaluation of biogas and biomass gasification pathways, <http://www.mam.gov.tr/bigpower/fullpaperS/05.pdf>.

---

# VEDLEGG 1:

## OVERSIKT OVER KARTLAGTE BIOGASSANLEGG

---

Kartlagte anlegg: Totalt 24

Anlegg som har svart på spørreskjema: 16

Fylke	Navn på anlegg	Type biogassressurser (slam, matavfall, biprodukter etc)				Svart
		Matavfall	Slam	Gjødsel	Restprodukter/ annet	
Østfold	FREVAR KF	x	x			ja
Østfold	Biowaz	(x)		x		ja
Østfold	Alvim renseanlegg		x			ja
Oslo & akershus	Bekkelaget		x			ja
Oslo & akershus	VEAS		x			ja
Oslo & akershus	Øras IKS					nei
Oslo	Gardermoen RA					nei
Hedmark	Hornmoen					nei
Hedmark	HIAS					nei
Oppland	Mjøsanlegget/Roverudmyra	x				ja
Oppland	Rambekk RA		x			ja
Buskerud/Oppland	Trollmyra	x				ja
Buskerud	Lindum Ressurs og Gjenvinning AS	x	x			ja
Vestfold	Selvikdalen råtneanlegg		x			ja
Vestfold	Larvik kommune		x			ja
Telemark	Treungen	x				ja
Telemark	Knardalsstrand RA					nei
Aust-Agder	Sandefjord renseanlegg	x				ja
Aust-agder	Sauenkilen RA		x			ja
Aust-agder	Syrtveit Avfallsanlegg	x	x	x		ja
Agder	Haftingsdalen komposteringsanlegg					nei
Rogaland	Sentral- renseanlegg Nord Jæren					nei
Nord-Trøndelag	Ecopro/Verdal	x	x		x	ja
Nord- Trøndelag	Skjørdalen Avfallsanlegg					nei

---

## VEDLEGG 2:

### INVESTERINGS-, ELEKTRISITETS- OG VARMEKOSTNADER PER kWh BIOGASS FOR GÅRDSANLEGG

---

Oversikt over investeringskostnader, varme kostnader og elektriske kostnader for gårdsanlegg med ulik kapasitet (Lantz 2004b)

		kkkr	Øre/ kWh <sub>biogass</sub>
Anlegg med kapasitet på 30 kW <sub>biogass</sub>	Total investering	1 100	
	Investering per kW <sub>biogass</sub>	36	
	Kapitalkostnad/år	94	39
	El. Kostnad/ år	2	1
	Varmekostnad/år	3	5
	Totalt		45
Anlegg med kapasitet på 100 kW <sub>biogass</sub>	Total investering	2 600	
	Investering per kW <sub>biogass</sub>	26	
	Kapitalkostnad/år	220	31
	El. Kostnad/ år	6	2
	Varmekostnad/år	36	5
	Totalt		38
Anlegg med kapasitet på 166 kW <sub>biogass</sub>	Total investering	4 000	
	Investering per kW <sub>biogass</sub>	24	
	Kapitalkostnad/år	350	26
	El. Kostnad/ år	8	1

	Varmekostnad/år	64	5
	Totalt		32
Anlegg med kapasitet på 330 kW <sub>biogass</sub>	Total investering	6 600	
	Investering per kW <sub>biogass</sub>	20	
	Kapitalkostnad/år	580	22
	El. Kostnad/ år	20	1
	Varmekostnad/år	125	5
	Totalt		28