

Bioforsk Rapport

Bioforsk Report

Vol. 4 Nr. 158 2009

Kategori 3 biprodukter fra slakterier - utnyttelse som gjødsel, fôr og energi

En vurdering av ulike behandlingsalternativer

Tormod Briseid, Trond Knapp Haraldsen og Roald Aasen

Bioforsk Jord og miljø, Ås

www.bioforsk.no



Tittel/Title:

Kategori 3 biprodukter fra slakterier - utnyttelse som gjødsel, fôr og energi

Forfatter(e)/Author(s):

Tormod Briseid, Trond Knapp Haraldsen og Roald Aasen

<i>Dato/Date:</i> 20.01.2010	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Lukket	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i> 2110661	<i>Saksnr./Archive No.:</i> 2009/1129
<i>Rapport nr./Report No.:</i> 158/09	<i>ISBN-nr./ISBN-no:</i>	<i>Antall sider/Number of pages:</i> 41	<i>Antall vedlegg/Number of appendices:</i> 1

<i>Oppdragsgiver/Employer:</i> Norsk Protein AS	<i>Kontaktperson/Contact person:</i> Bernt Jostein Viste
--	---


<i>Stikkord/Keywords:</i> Biogass, fôr, energi, gjødsel Bio gas, feed, energy, fertilizer	<i>Fagområde/Field of work:</i> Avfallsressurser og jordkvalitet Waste management, soil quality and fertility
---	---

Sammendrag:


I denne rapporten er det foretatt en innledende vurdering av dagens behandling hos Norsk Protein AS av kategori 3 slakteribiprodukter ut fra miljømessige og energimessige hensyn. Det er gitt en kort oversikt over regelverk for håndtering av slakteribiprodukter, hvilke fraksjoner som oppstår og hvordan de ulike fraksjonene behandles og hvilke sluttprodukter som behandlingen gir. Dagens produksjon, energibehov og sluttprodukter er vurdert opp mot en biogassbehandling av biproduktene og hvilke konsekvenser en slik prosess får når det gjelder utbytte av energi og bruk av biorest som gjødsel. Økonomiske betraktninger inngår ikke i vurderingene. Dagens behandling av kategori 3 biprodukter til animalsk fett og kjøttbeinmel gir det mest optimale utbyttet i forhold til avfallshierarkiet hvor energiutnyttelse, miljø og bevaring av næringsstoffer rangeres. Ved en biogassprosess vil energiutbyttet bare være om lag 60 % av dagens prosesser og bioresten fra metanproduksjonen vil kreve et betydelig spredningsareal som vanskelig lar seg oppdrive lokalt. Mellomløsninger med behandling av deler av biproduktene i en biogassprosess er ikke vurdert.

<i>Land/Country:</i> <i>Fylke/County:</i> <i>Kommune/Municipality:</i> <i>Sted/Lokalitet:</i>	Norge
--	-------

Godkjent / Approved


 Roald Sørheim

Prosjektleder / Project leader


 Roald Aasen

Innhold

Sammendrag	4
1. Innledning	6
1.1 Bakgrunn	6
1.2 Problemstilling	7
1.3 Mål og avgrensning av utredningen	7
2. Råstoff - regelverk, kategorisering og behandling.....	8
2.1 Regelverk.....	8
2.1.1 Regelverk for animalske proteiner som gjødsel og jordforbedringsmidler	9
2.1.2 Forventninger til fremtidig regelverksendringer	9
2.2 Kategorisering av råstoff	10
2.3 Norsk Protein sine anlegg	10
2.4 Dagens behandling av slakteribiprodukter	11
2.5 Energiforbruk ved Norsk Protein sine anlegg	12
2.6 Kategori 3 biprodukter hos Norsk Protein og mengde KBM og fett produsert i 2008	13
2.7 Innhold i kjøttbeinmel	14
2.8 Innholdet i animalsk fett	15
3. Utnyttelse av energi fra biprodukter fra slakterier ved biogassproduksjon	16
3.1 Oversikt over biogassprosesser	16
3.2 Krav til behandling av kat. 3 slakteribiprodukter for biogassproduksjon	20
3.3 Beregninger av metanutbytte basert på slakteribiprodukter	22
3.3.1 Metanutbytte og metanpotensiale.....	22
3.3.2 Metanpotensialet i kategori 3 biprodukter	23
3.3.3 Metanpotensialet i kjøttbeinmel produsert av Norsk Protein.....	24
3.4 Anvendelser av metan og energi	24
3.4.1 Energiforbruk ved produksjon av biogass.....	24
3.4.2 Bruk av biogass til el og varme	27
3.4.3 Bruk av biogass til varme - tilkobling til lokalt fjernvarmenett	27
3.4.4 Oppgradering av biogass til drivstoff.....	27
3.4.5 Oppgradering av biogass til naturgass nett	27
4. Anvendelser av sluttproduktene fett, kjøttbeinmel og biorest	28
4.1 Innhold av aske, fett, protein, vann og energi i ulike sluttprodukter	28
4.2 Animalsk fett	28
4.3 Kjøttbeinmel.....	28
4.3.1 Kjøttbeinmel til fôr til pelsdyr og kjæledyr	29
4.3.2 Kjøttbeinmel som gjødsel	29
4.4 Bruk av biorest fra biogass basert på slakteribiprodukter som gjødsel	30
4.4.1 Biorest som gjødsel etter behandling av kjøttbeinmel i en biogassprosess	31
5. Diskusjon	32
5.1 Energi i råstoff og produkter	32
5.2 Utnyttelse av næringsstoffer i restproduktene.....	34
5.3 Logistikk og spredning av gjødsel	36
5.4 Konklusjoner	38
Referanser	40
6. Vedlegg 1	41

Sammendrag

Norsk Protein AS har seks anlegg som behandler biprodukter av ulike kategorier i henhold til forskrift om animalske biprodukter, hvorav 3 behandler kategori 3 slakteribiprodukter. Fram til år 2000 ble alt kjøttbeinmel (KBM) og fett fra slakteribiproduktene nyttet som ingredienser i fôrblandinger til fjørfe, svin, pelsdyr og kjæledyr. På grunn av risiko for overføring av kugalskap (BSE) og lignende sykdommer, ble det satt krav til kategorisering av animalske biprodukter og forbud mot å benytte kjøttbeinmel til fôring av produksjonsdyr. Den drastiske bruksbegrensningen for kjøttbeinmel tvang fram alternative bruksområder. I dag benyttes kategori 3 kjøttbeinmel i hovedsak til gjødsel i Norge og EU, mens mindre andeler går til fôr til pelsdyr og kjæledyr. Fettfraksjonen selges i sin helhet til kraftfôrindustrien i Norge.

Målsetningen med denne rapporten var å foreta en energi- og miljøvurdering av dagens behandling av kategori 3 biprodukter fra slakterier ved Norsk Protein AS, opp mot en behandling av biproduktene i en biogassprosess med uttak av metan og utnyttelse av bioresten som gjødsel. Samtidig ble spredebehov ved bruk av gjødsel basert på kjøttbeinmel sammenlignet med tilsvarende spredebehov for biorest fra en biogassprosessbehandling av slakteribiproduktene. I vurderingene inngikk ikke de økonomiske betraktningene knyttet til tilgjengelige markeder, markedspris for ulike produkter, energiformer eller anleggskostnader.

Årlig behandles omlag 125 000 tonn kategori 3 råstoff ved Norsk Protein sine anlegg. Slakteribiprodukter består av en blanding av bløtt råstoff, blod og skjærebein fra slakterier og skjærebedrifter. Råstoffet inneholder i gjennomsnitt 14 % protein, 18 % fett og 7 % aske. Vanninnholdet er på ca 61 %. Det ble til sammen produsert 32.000 tonn kjøttbeinmel og 18.000 tonn animalsk fett av råstoffet i 2008. Mesteparten av energibehovet på om lag 640 kWh/ tonn råstoff går til produksjon av damp til varmebehandling og tørking av råvarer. Det er mulig å varmegjenvinne om lag 200 kWh/ tonn ved kondensering av damp fra fortørkingen av råvarene. Ca 60 % av energibehovet dekkes i form av fornybar energi som bio-olje (kategori 1 fett) og kjelkraft fra forbrenningsanlegg. Elektrisk kraft dekker ca 25 % og gass eller olje ca 15 %.

En sammenligning av energiinnholdet i kategori 3 slakteribiprodukter med den effektive brennverdien i ferdigproduktene kjøttbeinmel og animalsk fett og utnyttbar energi ved en biogassprosess av biproduktene, viste at biogassprosessen gav 558 TJ (Terra, 10¹²) mens dagens produksjon (2008) gav 907 TJ pr år som utgjør en forskjell på 38 %. Forskjellen mellom energiutbytte ved en biogassprosess og produksjon ved Norsk Protein blir enda større om varmegjenvinning av fortørkingen innføres i dagens produksjon. Energien i dagens produksjon videreføres i fôrproduktene som KBM og det animalske fettene inngår i. Når KBM nyttes som gjødsel nyttiggjøres ikke energien direkte, men den bidrar til økt aktivitet i jordsmonnet. Det vurderes som lite hensiktsmessig å gå veien om kjøttbeinmel for å produsere biogass fra slakteribiproduktene.

Slakteribiprodukter representerer den nest største mengden fosfor i avfallstrømmer i Norge etter avløpslam. Ut fra mengder av kategori 3 slakteribiprodukter og konsentrasjoner av næringsstoffer er det beregnet at biproduktene representerer en mengde på 1464 tonn fosfor årlig. Ved en virkningsgrad av P i slakteribiproduktene på 50 % i forhold til mineralsk P-gjødsel, kan en bruke 3 kg P/daa/år for å tilføre en passende mengde P til jordbruksvekster. Da er mengden P tilstrekkelig til å dekke P-behovet for 488 000 dekar.

Ved dagens behandling av slakteribiprodukter ender næringsstoffene opp i kjøttbeinmelet. KBM er det aktuelt å transportere både innenlands og utenlands fordi kjøttbeinmelet er tørt og konsentrert på næringsstoffer slik at en ikke er avhengig av å finne et gjødselmarked nær produksjonsstedet til forskjell fra en vannholdig biorest. Konsistensen av kjøttbeinmel er enklere å spre jevnt og i passende mengder dersom melet blir pelletert eller granulert. Kjøttbeinmel har ikke optimal sammensetning som gjødsel men forsøk med innblanding av kalium, magnesium og til dels svovel har gitt tilnærmet lik plantevekst som for fullgjødsel. En optimalisert kjøttbeinmelbasert gjødsel vil kunne ha et betydelig marked, særlig til økologiske produksjoner.

Ved en biogassprosess med uttak av metan vil plantenæringsstoffene foreligge i bioresten. En biogassprosess kan ikke drives med slakteribiprodukter alene, men må blandes med andre substrater som

for eksempel gylle fra storfe eller næringsmiddelavfall, fordi C:N forholdet gir for mye ammonium som hemmer prosessen. Ved tilsetninger av andre substrater vil derfor det totale volumet av bioresten øke betydelig. Bioresten vil derfor også kreve spredearealer nær biogassanlegget på en helt annen måte enn for kjøttbeinmel, fordi bioresten inneholder mye vann som gjør transport kostbart. Bioresten må også spres med utstyr for blautgjødning. Våre beregninger viser tydelig at det ikke finnes nok tilgjengelige spredearealer for biorestene ved anleggene til Norsk Protein.

En alternativ mulighet kan være at biproduktene forbehandles og steriliseres ved Norsk Protein og deretter selges som biogass-substrat til andre anlegg. Disse anleggene håndterer da bioresten lokalt men også dette krever store arealer samlet sett.

Konklusjoner

Å utnytte mineraler og proteiner i slakteribiproduktene som fôr til pelsdyr og kjæledyr anses som gunstig vurdert opp mot avfallshierarkiet, hvor utnyttelse av avfallet rangeres etter størst mulig energiutbytte, miljøhensyn og best mulig bevaring av næringsstoffer. En stor andel av kjøttbeinmelet benyttes i dag til gjødning. Dette er også et godt alternativ.

Energiutbyttet ved produksjon av kjøttbeinmel og fett er omlag 40 % høyere enn ved produksjon av biogass av det samme råstoffet. Energien i ferdigvarene fra Norsk Protein blir utnyttet når animalsk fett og kjøttbeinmel anvendes til fôr. Energi i kjøttbeinmel som gjødning blir ikke utnyttet.

Dersom energi- og proteinrike råvarer fraskilles ved slakteriene for prosessering i biogassanlegg istedenfor ved Norsk Protein sine anlegg, vil produksjonen av animalsk fett til fôr og kjøttbeinmel som fôr bli redusert. Dermed reduseres det totale energiutbyttet av slakteribiproduktene.

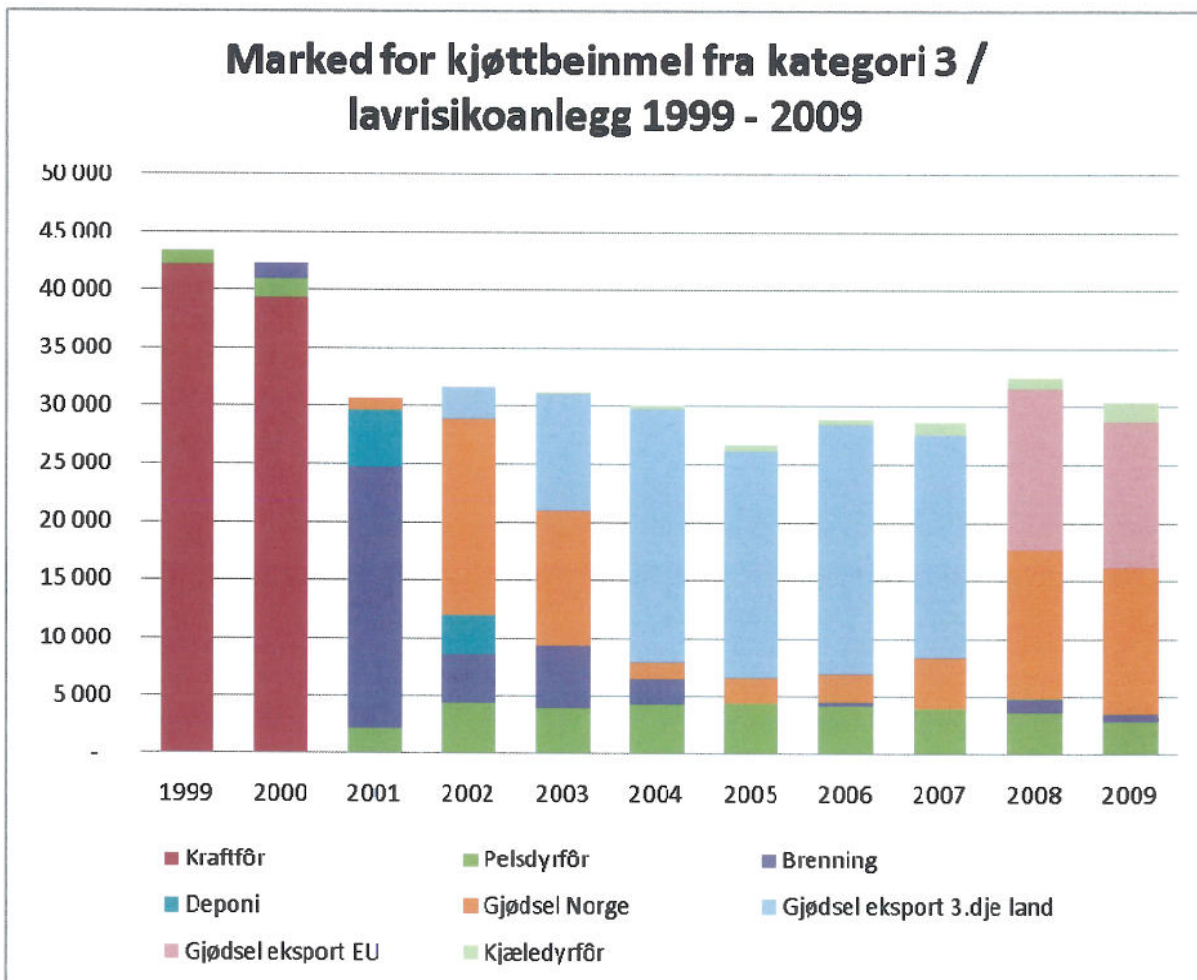
Det er store utfordringer med hensyn til transport og lokalt spredeareal for den våte bioresten fra biogassprosesser, samt enkelte prosessmessige utfordringer knyttet til en slik løsning. Dette kan eventuelt utredes nærmere.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Norsk Protein AS har seks anlegg som behandler biprodukter av ulike kategorier i henhold til forskrift om animalske biprodukter. Det er et anlegg i Balsfjord (Troms) og et ved Hamar (Hedmark) som behandler kategori 1 råstoff. Ved Grødal i Hå (Rogaland) behandles noe kategori 2 råstoff, som nyttes som råstoff for biogassproduksjon eksternt. De store volumene av biprodukter fra slakteriene er kategori 3 materiale som behandles ved anlegg i Mosvik (Nord-Trøndelag), Hamar (Hedmark) og Grødal (Rogaland).

Fram til 2000 ble alt kjøttbeinmel og animalsk fett nyttet som ingredienser i fôrblandinger til fjørfe, svin, pelsdyr og kjæledyr. På grunn av risiko for overføring av kugalskap (BSE) og lignende sykdommer, ble det i EU forbudt å nytte kjøttbeinmel til fôring av produksjonsdyr. Dette regelverket ble også gjort gjeldende i Norge. Den drastiske bruksbegrensningen for kjøttbeinmel tvang fram alternative bruksområder. Utviklingen i anvendelsen av norsk kjøttbeinmel er vist i figur 1.



Figur 1. Bruk av norsk kjøttbeinmel i perioden 1999-2009.

1.2 Problemstilling

Dagens behandling av slakteribiprodukter er en relativt omfattende og energikrevende prosess. Slakteribiprodukter inneholder mye potensielt utnyttbar energi, og Norsk Protein AS ønsket å få utredet energipotensialet ved utnyttelse av slakteribiprodukter i en biogassprosess sammenlignet med eksisterende prosess.

1.3 Mål og avgrensning av utredningen

Mål

Å foreta en energi- og miljøvurdering av dagens behandling av kategori 3 biprodukter fra slakterier, slik Norsk Protein AS gjennomfører i dag, opp mot en behandling av biproduktene i en biogassprosess med uttak av metan og utnyttelse av bioresten som gjødsel.

Å vurdere spredebehov ved bruk av gjødsel basert på kjøttbeinmel og biorest etter behandling av biprodukter fra slakterier i en biogassprosess.

Økonomiske betraktninger inngår ikke i vurderingene. Det er heller ikke vurdert hva slags råstoff som slakteribiproduktene bør sambehandles med i en eventuell biogassprosess og hvilke tillegg i spredebehov dette gir.

2. Råstoff - regelverk, kategorisering og behandling

2.1 Regelverk

De viktigste forskriftene som regulerer bearbeiding av animalske biprodukter er EU forordningen som er omgjort til Norsk forskrift:

- Forskrift om forebygging av, kontroll med og utryddelse av overførbare spongiforme encefalopater (TSE) av 30.04.2004 (TSE- forskriften).
- Forskrift om animalske biprodukter som ikke er beregnet på konsum av 27.10.2007 (Biproduktforskriften).

TSE- forskriften

TSE forskriften skal hindre at animalsk protein anvendes til produksjonsdyr og i denne forskriften er dagens regelverk om forbud mot bruk av animalske proteiner til produksjonsdyr fastsatt.

Biproduktforskriften

Biproduktforskriften er hovedregelverket for mottak, bearbeiding og anvendelse av animalske biprodukter. Biproduktforskriften ble fastsatt i EU i 2002 og i 2007 ble den gjeldende som norsk forskrift. Underveis har det kommet mange tilleggsforskrifter som er innlemmet i biproduktforskriften.

EU arbeider nå med en revisjon av biproduktforskriften som forventes å bli gjort gjeldende i EU i begynnelsen av 2011.

Viktige punkter i biproduktforskriften er:

- Kategorisering av råstoff
 - o Se beskrivelse under kapittel 2.2 i denne rapporten.
- Krav til bearbeiding av ulike råstoff
 - o Bearbeidingskrav for animalske proteiner som inneholder drøvtyggerprotein er sterilisering iht. metode 1 i forskriften. Råstoff skal knuses til < 50 mm og steriliseres ved 133 °C i 20 minutter. Denne metoden benyttes på alle Norsk Protein sine anlegg.
 - o Bearbeidingskrav for animalske proteiner som skal anvendes til biogass er:
 - Kategori 2 materiale med unntak av husdyrgjødsel skal bearbeides iht. metode 1 før utråtning i biogassanlegg.
 - Kategori 3 materiale skal males ned til < 12 mm og varmebehandles ved 70 °C i 1 time.
- Krav til godkjenning av anlegg
 - o Krav til anlegg som bearbeider animalsk protein (Norsk Protein)
 - o Krav til biogass- og komposteringsanlegg
- Krav til omsetning av produkter
 - o Krav til sporbarhet og omsetning.
- Krav til HACCP
 - o Virksomheter som er godkjent iht. biproduktforskriften skal ha en HACCP basert internkontroll.

2.1.1 Regelverk for animalske proteiner som gjødsel og jordforbedringsmidler

Kjøttbeinmel

Dagens regelverk stiller krav om bearbeiding iht. metode 1.

Videre stiller regelverket krav om at kjøttbeinmel ikke skal brukes som fôr til produksjonsdyr og krav til hvordan kjøttbeinmelet kan benyttes som gjødsel. Tabell 1 viser dagens krav behandling av animalske biprodukter og hvilke endringer i regleverket som er lagt ut til høring i EU samt forslag til ny biproduktordning.

Tabell 1. Behandlingskrav for råvarer som skal benyttes til kjøttbeinmel, kjøttbeinmel benyttet som gjødsel til åker og eng, til eng og beite og råvarer til biogassanlegg etter dagens regelverk, regelverk på høring og til ny biproduktforordning.

	Dagens regelverk	Regelverk under høring	Ny biproduktforordning, ikke endelig fastsatt
Behandlingskrav, råvarer til kjøttbeinmel	Metode 1; 133 °C, 3,0 bar, 20 min	Metode 1; 133 °C, 3,0 bar, 20 min	Metode 1; 133 °C, 3,0 bar, 20 min
Kjøttbeinmel til åker / eng	Ingen restriksjoner	Forbud for virksomheter som holder drøvtyggere å kjøpe kjøttbeinmel som på forhånd ikke er utblandet slik at det er uegnet som fôr.	Krav om minimums innblanding av en komponent med gjødselvirkning som gjør produktet uegnet til fôr og hvor det tas hensyn til miljø og avrenning.
Kjøttbeinmel til eng og beite	Skal være blandet med annen komponent. 21 dagers karantene fra spredning til beiting / høsting Register føres	Forbud for virksomheter som holder drøvtyggere å kjøpe kjøttbeinmel som på forhånd ikke er utblandet slik at det er uegnet som fôr.	Krav om minimums innblanding av en komponent med gjødselvirkning som gjør produktet uegnet til fôr og hvor det tas hensyn til miljø og avrenning.
Behandlingskrav råvarer til biogass	Råstoff knuses < 12mm Bearbeides ved min 70 °C i 60 minutter		

2.1.2 Forventninger til fremtidig regelverksendringer

I EU arbeides det med å endre TSE forskriften som i dag setter forbud mot bruk av alle animalske proteiner til produksjonsdyr.

Det arbeides med å få frem gode analysemetoder for å skille proteiner fra ulike dyreslag fra hverandre. Deretter forventes det at regelverket vil kunne modifiseres slik at det vil bli tillatt å bruke:

- fjørfemel og svinemel som fôr til oppdrettsfisk
- fjørfemel til svinefôr
- svinemel til fjørfefôr

En forutsetning er videre total separasjon i hele produksjonslinjen:

- slakteri skal kun slakte svin eller fjørfe
- bearbeidingsanlegg skal kun bearbeide svin eller fjørfe
- kraftfôrprodusent skal kun produsere svine- eller fjørfefôr.

Uansett skal drøvtyggere ikke føres med animalske proteiner og drøvtyggerprotein skal ikke benyttes som fôr til produksjonsdyr.

Å produsere artsspesifikt kjøttbeinmel krever store endringer for slakteri, bearbeidingsanlegg og kraftfôr produsenter. Ved en slik regelverksendring vil trolig det viktigste for Norsk Protein være at markedet for kjøttbeinmel i Europa øker med en påfølgende forventning av at priser også for produkter som inneholder drøvtyggerprotein vil øke både til gjødsel- og kjæledyrfôrmarkedet.

2.2 Kategorisering av råstoff

Ulike typer råstoff.

Biproduktforskriften definerer animalske biprodukter og klassifiserer dem i tre kategorier som bestemmer hvordan biproduktene kan anvendes (Landbruks- og matdepartementet 2007).

En kort beskrivelse av kategoriene og anvendelsene er:

Kategori 1 materiale:

- Dyr som er smittet eller mistenkt smittet av TSE (Transmissible spongiform encephalopathies)
- SRM (Spesifisert Risiko Materiale)
- Kadaver av drøvtyggere (storfe, sau, geit) som inneholder SRM

Sluttprodukter fra kategori 1 materiale skal destrueres ved forbrenning.

Kategori 2 materiale:

- Husdyrgjødsel og innhold fra fordøyelseskanalen (mottas ikke av Norsk Protein)
- Kadaver av svin, fjærfe og pelsdyrskrotter
- Animalske biprodukter som hverken er kategori 1 eller kategori 3 materiale

Sluttprodukter fra kategori 2 materiale kan anvendes til gjødsel.

Kategori 3 materiale:

- Veterinærgodkjente animalske biprodukter fra dyr som er godkjent før og etter slakt.

Sluttprodukter fra kategori 3 materiale kan anvendes til fôr. Imidlertid setter TSE-forskriften forbud mot bruk av animalske proteiner til fôring av produksjonsdyr. Animalsk fett som inneholder mindre enn 0,15 % urenheter kan benyttes som fôr til produksjonsdyr og kjøttbeinmel av kategori 3 materiale kan benyttes som fôr til pelsdyr og kjæledyr.

2.3 Norsk Protein sine anlegg

Norsk Protein har følgende anlegg:

Kategori 1 anlegg:

Balsfjord i Troms: Mottar alle kategorier råstoff fra Nord Norge. Råstoffene av alle kategoriene bearbeides blandet. Produktene kategori 1 kjøttbeinmel og fett (bio-olje) destrueres ved forbrenning. Bio-oljen benyttes i hovedsak som energi til kjelevarme på anlegget i Balsfjord. Overskudd av bio-olje selges og den forbrennes så i eksterne energianlegg.

Hamar, kategori 1: Mottar kategori 1 og 2 råstoff fra Sør Norge. Råstoffene bearbeides blandet og produktene, kategori 1 kjøttbeinmel og fett destrueres ved forbrenning. Bio-olje benyttes i hovedsak som energi til kjelevarme til både kategori 1 og kategori 3 anlegget på Hamar. Overskuddet av bio-olje selges. Kategori 1 kjøttbeinmel leveres til sementindustrien som benytter energien i sin produksjon og asken som blir igjen inngår i sementen.

Kategori 2 anlegg:

Grødal, kategori 2: Mottar kategori 2 råstoff i form av utrangerte høner og fisk. Råstoffet kvernes og steriliseres og leveres deretter som råstoff til biogassproduksjon.

Kategori 3 anlegg:

Mosvik, Nord Trøndelag: Mottar og bearbeider kategori 3 råstoff fra Midt Norge.

Hamar, Hedmark: Mottar og bearbeider kategori 3 råstoff fra Østlandet og Nord-Vestlandet.

Grødaland, Rogaland: Mottar og bearbeider kategori 3 råstoff fra Sør-Vestlandet.

Hamar og Grødaland har 2 produksjonslinjer og kan dermed produsere to ulike kjøttbeinmeltyper til samme tid. Typisk vil det kunne produseres kjøttbeinmel til kjæledyrfor på en linje og kjøttbeinmel til gjødsel på den andre linja.

2.4 Dagens behandling av slakteribiprodukter

Figur 2 viser prosessen ved Norsk Protein sine fabrikker. Hovedtrinnene i prosessen er:

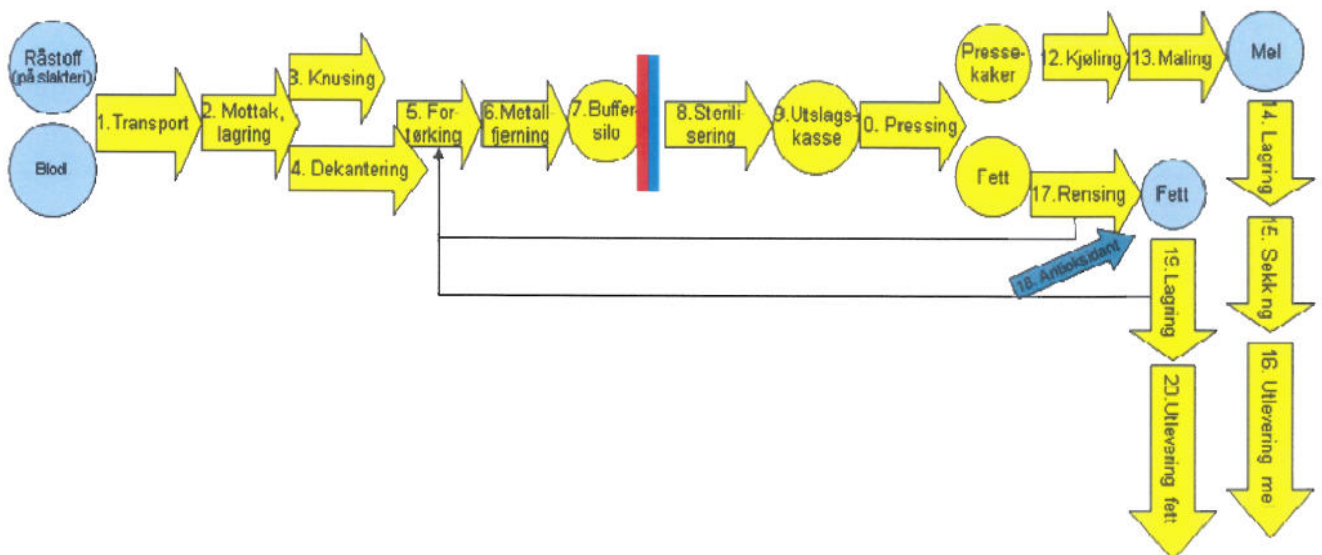
- 1) Transport
- 2) Mottak, lagring
- 3) Råstoff knuses til partikkelstørrelse < 50 mm
- 4) Dekantering
- 5) Råstoffet fortørkes og > 50 % av vanninnholdet fordampes
- 6) Metallfjerning
- 7) Buffersilo
- 8) Råstoffet steriliseres i 20 minutt ved 133 °C og 3,0 bars trykk. I samme prosess fordampes resten av vanninnholdet.

KBM:

- 9) Utslagskasse
- 10) Den steriliserte massen presses i en mekanisk presse til en fettfraksjon og en protein / aske fraksjon (presskake).
- 12) Kjøling av presskaken
- 13) Oppmaling av presskake til kjøttbeinmel i en mølle
- 14) Lagring, kjøttbeinmel
- 15) Sekking av kjøttbeinmel
- 16) Utlevering kjøttbeinmel

Fett:

- 17) Fettet renses for vann og smuss med dekanter og separator.
- 18) Tilførsel av antioksidant til fett
- 19) Lagring, fett
- 20) Utlevering av fett



Figur 2. Flytskjema for prosessering av kategori 3 biprodukter ved Norsk Proteins anlegg.

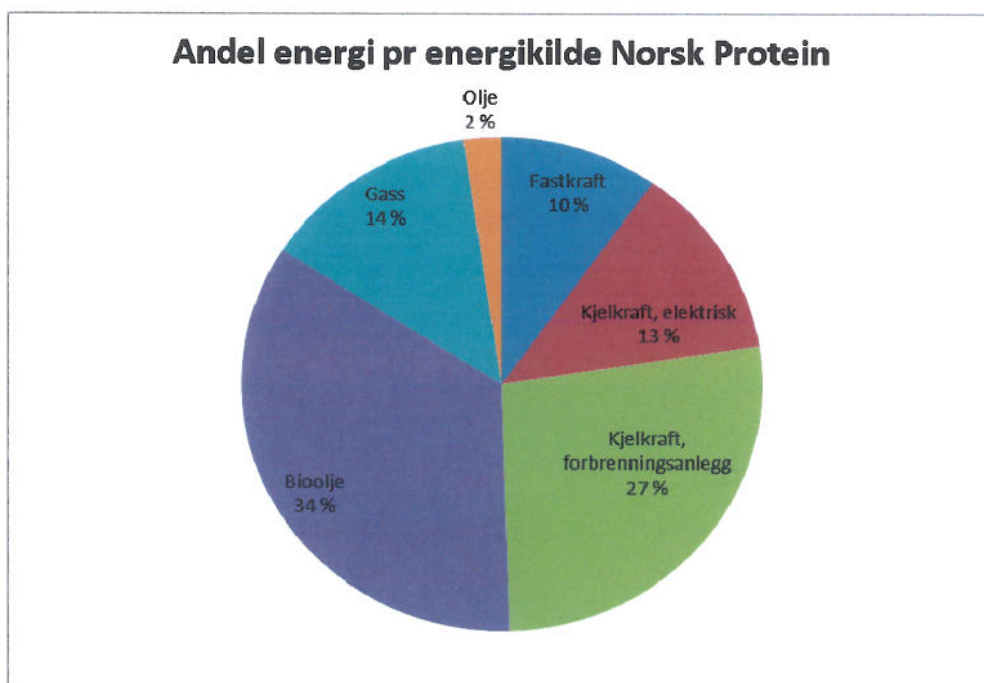
2.5 Energiforbruk ved Norsk Protein sine anlegg

Mesteparten av energibehovet ved Norsk Protein sine anlegg går til produksjon av damp til varmebehandling og tørking av råvarer. I tillegg benyttes ca 10 % i form av strøm til drift av motorer, til lys og annet strømkrevende utstyr. Dette kalles fastkraft.

Alle anleggene er tilknyttet fyrkjeler som produserer damp av ulike energikilder som er tilpasset hvert anlegg:

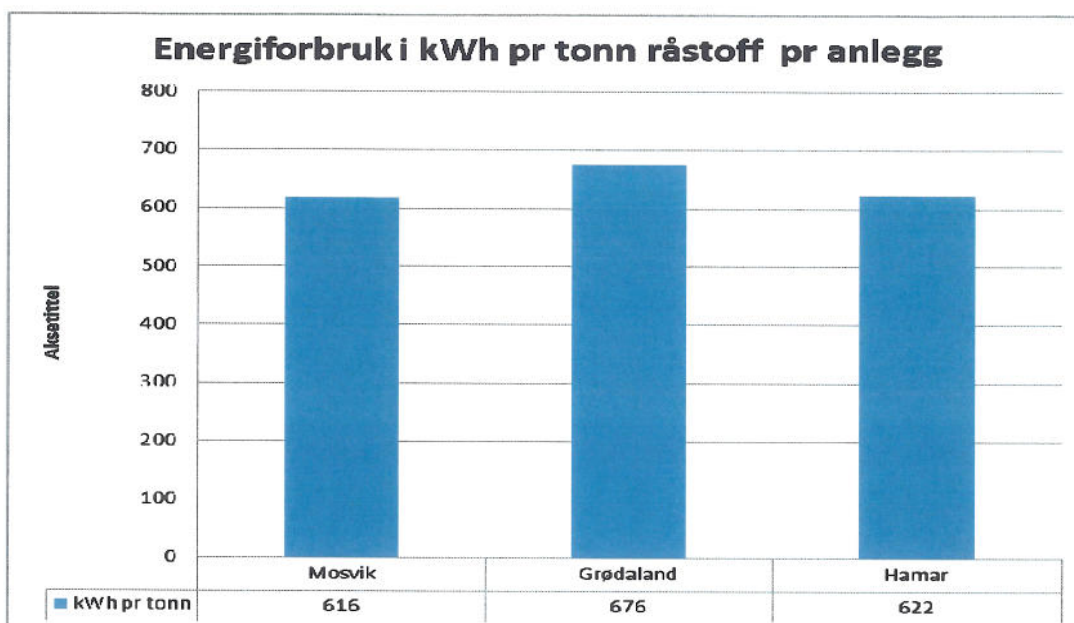
- På Hamar er det to anlegg, Hamar kat 1 og Hamar kat 3. Hamar kat 1 produserer kategori 1 kjøttbeinmel og fett. Produktene kan kun anvendes til forbrenning. Man brenner fett som produseres ved kategori 1 anlegget på Hamar i egne fyrkjeler og bruker denne energien til produksjon av damp både for kategori 1 og kategori 3 anlegget. I overskuddsperioder selges fett og i underskuddsperioder brukes fyringsolje som supplement. I løpet av et par år vil man erstatte fett (bio-olje) med damp fra forbrenningsanlegget til Eidsiva Energi som nå bygges på nabotomta til Hamar anlegget. Da vil bio-oljen frigjøres til annet bruk, for eksempel til erstatning av fyringsolje eller til bruk i biodiesel.
- Ved forbrenningsanlegget på Grødal land forbrennes tre- og rivningsvirke. Når forbrenningsovn har vedlikeholdsstopp brennes naturgass.
- Propan- og eller butangass brukes ved anlegget på Mosvik.
- *Kategori 3 biprodukter benyttes ikke til forbrenning.*

Energiforbruket fordelt på energikilder (bio-olje, kjelkraft/forbrenningsanlegg), elektrisk kjelkraft, gass, fastkraft, og olje er vist i figur 3.



Figur 3. Energifordeling pr. energikilde ved produksjon hos Norsk Protein. Propan, butan og naturgass utgjør gassandelen.

Figur 4 viser det totale energiforbruket per tonn råstoff behandlet for tre anlegg for kategori 3 biprodukter. Variasjonen mellom anleggene skyldes noe ulik sammensetning og mengder av råstoff inn til anleggene og forskjeller i produksjonslinjene og type sluttprodukt. Forskjellene mellom høyeste (Grødal land) og laveste (Mosvik) forbruk er allikevel ikke mer enn om lag 9 %.



Figur 4. Energiforbruk i kWh pr tonn råstoff behandlet ved de 3 anleggene som behandler kategori 3 slakteribiprodukter.

2.6 Kategori 3 biprodukter hos Norsk Protein og mengde KBM og fett produsert i 2008

Norsk Protein deler inn kategori 3 slakteribiprodukter i følgende fraksjoner. Råstoff fra kategori 3 fabrikkene er vist i tabell 2 (2008 tall).

Tabell 2. Slakteribiprodukter i tonn/år og produserte mengder kjøttbeinmel og fett ved ulike anlegg til Norsk Protein (2008 tall).

Kategori 3 anlegg:	Hamar	Grødal	Mosvik	Sum
Ordinært råstoff fra slakterier	27 000	18 000	12 000	57 000
Skjærebein	17 000	7 000	6 000	30 000
Fjørferåstoff	7 000	5 000	13 000	25 000
Blod	6 000	4 000	4 000	14 000
Sum	57 000	34 000	35 000	126 000
Produsert kjøttbeinmel	15 420	8 707	8 010	32 137
Produsert fett	7 994	5 078	4 477	17 549
Sum produsert	23 414	13 785	12 487	49 689

Ordinært råstoff fra slakterier er råstoff som fremkommer etter slakting ved slakteriene. Råstoffet består bl.a. av innvoller, avskjær og bein som fremkommer ved slakteprosessen.

Skjærebein er beinavskjær som kommer fra skjæreavdelingene ved slakterier og skjærebedrifter.

Fjørferåstoff består av bløtt fjørferåstoff og fjær.

Ved produksjon av kjøttbeinmel til kjæledyrfôr behandles de aktuelle fraksjonene på egen mottakslinje. For å oppnå en lavere askeandel i produktet reduseres mengden skjærebein i dette produktet. Forøvrig blandes råvarene.

Tabell 2 viser også produserte mengder kjøttbeinmel og fett for anleggene i 2008. Tallene her er kun avrundet ti nærmeste hele tonn ikke til nærmeste 1000 som tallene ovenfor i tabellen. Anleggene framstilte nær 50.000 tonn av produktene KBM og fett til sammen i 2008.

Basert på analyser av ferdigvare og utbytte av fett fremkommer følgende gjennomsnittlig innhold i råvarer levert til Norsk Protein (Tabell 3).

Tabell 3. Sammensetning av kategori 3 slakteribiprodukter levert til anleggene. Tallene er basert på analyser av ferdigvarer og utbytte av fett fra produksjonen.

Parameter	Innhold i % av råvare			
	Hamar	Grødalaland	Mosvik	Gjennomsnitt
Aske	7,9	7,2	5,3	6,8
Fett	18,3	18,8	16,3	17,8
Protein	13,7	14,7	14,1	14,2
Vann	60,1	59,3	64,3	61,2
Fosfor	1,3	1,2	0,9	1,1
Kalsium	2,8	2,5	1,9	2,4

2.7 Innhold i kjøttbeinmel

Det tas rutinemessig prøver av kjøttbeinmelet og i gjennomsnitt gav prøvene fra 1. halvår 2009 følgende resultat (Tabell 4).

Tabell 4. Analysert innhold av aske, fett, protein, vann og næringsstoffer i kjøttbeinmel fra Norsk Proteins anlegg fra 2009.

Parameter	Innhold i % av ferdigvare:			
	Hamar	Grødalaland	Mosvik	Snitt
Antall prøver	10	19	9	
Aske	30,3	27,0	22,4	26,5
Fett	11,0	10,6	11,0	10,9
Protein	52,5	55,5	59,5	55,8
Vann	3,1	3,5	4,2	3,6
Fosfor	4,9	4,4	3,7	4,4
Kalsium	10,6	9,3	7,8	9,2

Kjøttbeinmel som anvendes til kjæledyrfør har noe avvikende sammensetning vist i tabellen.

2.8 Innholdet i animalsk fett

Animalsk fett inneholder > 99,5 % fett, < 0,15 % uløselige urenheter (smuss) og < 0,5 % vann. Etter rensing av fettet slik at det inneholder < 0,15 % smuss, kan animalsk fett benyttes som fôr til fjørfe og svin. Animalsk fett fra kategori 3 biprodukter selges til kraftfôrindustrien i Norge.

Animalsk fett har et høyt smeltepunkt på ca. 40 °C og lavt jodtall. Fettet lagres og selges flytende ved ca 70 °C.

Alternativene til animalsk fett for fôrindustrien i Norge er å importere fett. Alternative fettkilder er soyaolje, palmeolje og teknisk bearbeidet fett.

Fettutbytte er et mål på produsert fett i % av råvare. Fettutbytte ved kategori 3 anleggene er vist i tabell 4.

Tabell 4. Fettutbytte av kategori 3 slakteribiprodukter ved Norsk Proteins anlegg.

	Innhold i % av råvare		
	Hamar	Grødaland	Mosvik
Fettinnhold i råvare	18,3 %	18,8 %	16,3 %
Fettutbytte (renset fett)	15,4 %	16,0 %	13,7 %
Restfett (i KBM)	2,9 %	2,8 %	2,6 %

3. Utnyttelse av energi fra biprodukter fra slakterier ved biogassproduksjon

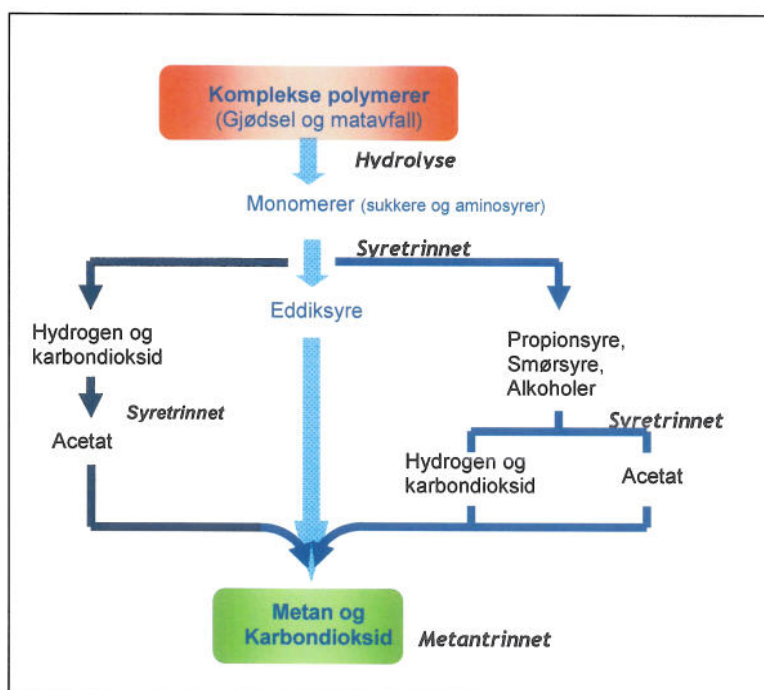
3.1 Oversikt over biogassprosesser

Kort om biogassprosessen

I et biogassanlegg omsettes nedbrytbart organisk materiale til biogass, som er en blanding av metan og karbondioksid. I tillegg dannes mindre mengder med hydrogensulfid og ammoniakk. Prosessen foregår anaerobt, det vil si uten tilgang på oksygen.

Når oksygen er til stede vil aerobe organismer som kan benytte oksygen nedbryte organisk materiale til karbondioksid og vann ved vanlig respirasjon. Dersom oksygen mangler vil andre oksidasjonsmidler som nitrat, treverdige jern og sulfat, kunne benyttes av visse typer mikroorganismer. I tillegg til å skaffe energi ved respirasjon kan mikroorganismene skaffe seg energi ved å gjære organiske stoffer, det vil si å spalte dem i en stabil oksidert og en stabil redusert form. Under metandannelsen spaltes mindre organiske forbindelser, som for eksempel acetat til en oksidert form (karbondioksid CO_2) og en redusert form (metan CH_4).

Den anaerobe mikrobiologiske nedbrytningen er en sammensatt prosess hvor sluttproduktene som skilles ut fra en bakterie utgjør substratet til en annen bakterie. Metanprosessen er sammensatt av tre trinn som gjerne omtales som hydrolysetrinnet, syretrinet og metantrinnet. Dette er skissert i figur 5.



Figur 5. Forenklet flytskjema for de biologiske prosessene i en biogassproduksjon.

Metan er den mest reduserte organiske forbindelsen og de bakteriene som gjærer organisk materiale til metan er svært følsomme for oksygen. Disse organismene finner vi således steder som er frie for oksygen, som i slam og sedimenter. pH er en annen viktig faktor. Metandannelsen skjer helst mellom pH

6,0 og 8,5 og er høyest ved nøytral pH. Likeledes er metandannelse følsom for høye konsentrasjoner av ammoniakk og enkelte organiske syrer (Angelidaki *et al.*, 2003). Metandannelsen er en temperaturavhengig prosess gjerne med et temperaturoptimum ved 25 - 40 °C (mesofilt), men prosessen kan også drives termofilt (ved 55 - 65 °C). Metanogenesen er imidlertid også mulig under kjøligere betingelser (Briseid *et al.*, 2006).



Figur 6. Kildesortert matavfall er godt egnet som biogassubstrat. Foto: Bioforsk.

Til forskjell fra vanlig forbrenning så skiller biogassprosessen mellom det våte sluttproduktet (bioresten) som kan utnyttes som gjødsel, og den energirike biogassen. På denne måten så slipper man å fordampe vann når energien utnyttes.

Dette innebærer at biogassprosessen er svært godt egnet til å utnytte energien i våte substrater som husdyrgjødsel, slakteri- og matavfall (se bilde i figur 6 til venstre), vekstresten fra landbruket, ødelagt fôr og energivekster som gras.

Ulike prosessløsninger

Det er utviklet svært mange forskjellige typer biogassprosesser, fra svært enkle små anlegg til høyteknologiske store industrianlegg som er mest aktuelle for behandling av avfall.

Prosessene kan klassifiseres etter ulike kriterier:

- Etter type substrat: kildesortert matavfall, blandet husholdningsavfall, avløpslam, husdyrgjødsel, næringsmiddelavfall, industriavfall (f.eks. fra treforedlingsindustri), eller blandinger av disse.
- Antall prosessstrinn: Ett-trinns eller to-trinns prosesser
- Gjennomstrømning: Plug-flow eller totalomblandet system
- Temperatur: mesofil (typisk 30 - 38 °C), eller termofilt temperaturområde (typisk 50 - 60 °C)
- Tørrstoffinnhold: Tørre, halvtørre eller våte prosesser

Våte prosesser

Våte metanprosesser arbeider med et tørrstoffinnhold lavere enn 10 - 15 %, oftest 5 - 10 %, og substratet skal være pumpbart og må derfor inneholde minst mulig av fremmedlegemer som kan sette seg fast i pumper og røreverk. Alle norske biogassanlegg som behandler avløpslam, husdyrgjødsel og alle utenom ett anlegg som behandler matavfall er av denne typen.

Tørre prosesser

Tørre metanprosesser har gjerne et tørrstoffinnhold på 25 - 35 % og er aktuelle ved biogassprosesser som behandler relativt tørt utgangsmateriale som kildesortert matavfall og energivekster. Vi har ikke slike anlegg i Norge i dag, men de er ganske vanlige på kontinentet hvor matavfallet har et større innhold av hage/parkavfall.

Perkolasjonsprosesser

Ved perkolasjonsprosesser behandles avfall som i utgangspunktet har et høyt tørrstoffinnhold og en porøs struktur. Vann perkolerer/vaskes gjennom materialet. Her skjer det delvis en hydrolyse, og de vannløslige hydrolyseproduktene føres til en biogass reaktortank hvor resten av prosessen skjer. I Norge har vi ett anlegg av denne typen i dag.

Press-saftløsninger - en mellomløsning mellom biogass og kompostering

I en press-saftløsning tilsettes biomassen vann slik at tørrstoffet reduseres til om lag 25 %. Deretter "presses saften ut av biomassen" ved for eksempel bruk av en eksenterskruepresse. Vi sitter da igjen med en tørrere fraksjon (tørrstoff i området 40 %) som etterbehandles ved kompostering. Den våte fasen vil ha et tørrstoffinnhold på ca. 13 % og kan tilføres en vanlig biogass reaktortank. Et slikt anlegg vil produsere relativt mye kompost, men til dels langt mindre biogass enn tradisjonelle løsninger. Utbyttet kan være så lavt som 25 % av en vanlig våt løsning.

En fordel med løsningen er at komposteringen sannsynligvis vil kunne foregå lettere siden væske og lett nedbrytbart (luktede) organisk materiale fjernes og overføres til biogassprosessen. Biogassprosessen gir mulighet for produksjon av bioenergi, i motsetning til tradisjonelle komposteringsanlegg uten press-saftløsning. Samtidig unngår man en del av de tekniske problemene som ofte er knyttet til forbehandlingsløsningene. Vi har ikke slike anlegg i Norge i dag, men det vurderes enkelte steder.

Ett- trinns og totrinns prosesser

Til tross for mye forskning på totrinns prosesser som peker på muligheter for bedre hydrolysering og et større gassutbytte, så har ikke markedet foreløpig blitt overbevist. Årsakene til dette henger trolig sammen med noe høyere investeringskostnader og mer kompleks drift for totrinns prosesser. Vi har ikke totrinns anlegg i Norge i dag, men vi har anlegg som lagrer biogassen etter reaktorbehandlingen, og hvor metan samles opp fra denne etterlagringen. Avhengig av temperatur, og i hvilken grad hele biogasspotensialet er hentet ut i hovedbehandlingen, vil en slik utnyttelse av etterlageret kunne gi en økning i gassutbytte på helt opp mot 15 - 25 %. Ut fra et miljøsynspunkt er det svært viktig at metan samles fra et slikt etterlager, og ikke slippes ut i atmosfæren. Alternativet er at bioresten avvannes umiddelbart etter prosessen, noe som i hovedsak stopper metanproduksjonen før lagring. Dette gjøres også ved norske anlegg i dag.

Gjennomstrømningssystem / Plug- flow system

Et gjennomstrømningssystem er gjerne utformet slik at substratet strømmer sakte gjennom en passasje med stor overflate (som i en varmeveksler) og hvor organismene sitter på overflaten mens væsken/substratet passerer forbi. I begynnelsen av prosessen skjer hydrolysen mens syredannelse og metandannelse skjer sekvensielt utover i prosessen.

En generell beskrivelse av elementene i et biogassanlegg

Et biogassanlegg vil best kunne beskrives ved en enkel beskrivelse av de ulike trinnene i prosessen (Etter Bioforsk sitt innspill til SFTs rapport "Alternative behandlingsformer for nedbrytbart avfall" (2008)). Noen av momentene er vist mer i detalj i tabell 6 på neste side.

Tabell 6. Oversikt over noen generelle elementer i et biogass-system.

Prosesselementer	Beskrivelse av alternative metoder (flere metoder kan kombineres i samme anlegg)
1. Innsamling og forlagring	<ul style="list-style-type: none"> • Matavfall, kloakkslam, slakteribiprodukter, meieriavfall, storhusholdningsavfall, husdyrgjødsel etc. - avtaler med leverandører/avfallsbesittere. • NB! • Er avfallet stabilisert? Er avfallet hygienisert? • Hvordan påvirker avfallet det produserte restproduktet med hensyn til kvalitet og bruksmuligheter? • Transport / bil • Forlager, oppmerksomhet rundt lukt, biofilter for forurenset luft? • Behov for buffertank - volumvariasjoner?
2. Forbehandling	<ul style="list-style-type: none"> • Nødvendig å fjerne fremmedelementer? • Nødvendig med stabilisering, f.eks. tilsetning av syre eller kalk? • Knusing / oppmaling av partikulært materiale? • Våt forbehandling - pulper (blandingstank for tilsetning av vann og uttak av sedimentert sand, grus, glass etc.) • Behov for fettflotasjon? • Hydrolysetank (biologisk sur hydrolyse)
3. Hygienisering	<ul style="list-style-type: none"> • Min. 70 °C i en time. • Termisk hydrolyse (tilpasset ABP- forordningens kat. 2 eller kat. 3) • Bruk av varmeveksler?
4. Biogassprosess	<ul style="list-style-type: none"> • Mesofil prosess/Termofil prosess • Valg av oppholdstid, røreverk, tørrstoffnivå, pH etc. • Ett-trinnsprosess/ To-trinnsprosess • Separat prosess for materiale med krav til forlenget oppholdstid, eksempel fett? • Med/uten oppsamling av restbiogassproduksjon
5. Bruk av biogass	<ul style="list-style-type: none"> • Avbrenning i fakkel • Brukt som varme/el og varme • Brukt til drivstoff - oppgraderingsteknikk (og noe metantap) • Innmatning på naturgassnettet. Krever oppgradering.
6. Bruk av biorest	<ul style="list-style-type: none"> • Bruk av uavvannet biorest i landbruket <ul style="list-style-type: none"> ○ Brukt i konvensjonelt landbruk - erstatter kunstgjødsel ○ Brukt i økologisk landbruk - muliggjør dette • Avvanning av biorest (sentrifuge, filterpresse, annet) <ul style="list-style-type: none"> ○ Fremstilling av kompost / bruk av strukturmateriale eller hage- og parkavfall ○ Komposteringsmetode (energibruk, luktutslipp, utslipp av klimagasser) ○ Fremstilling av jordblandinger ○ Fremstilling av pellets/gjødselproduksjon ○ Erstatte bruk av torv • Bruk av vannfraksjon etter avvanning som gjødselvann <ul style="list-style-type: none"> ○ Vannfraksjon må renses/ denitrifiseres, OBS på utslipp av lystgass! ○ Nitrogenet utnyttes (N-stripping, f.eks. VEAS, omvendt osmose) ○ Vannfraksjon slippes ut i resipienten - forureningskilde ○ Vannet brukes til fukting av kompost etc. ○ Vannet går til fastfilmprosess for restproduksjon av metan ○ Annet

3.2 Krav til behandling av kat. 3 slakteribiprodukter for biogassproduksjon

Dersom kategori 3 slakteribiprodukter skal behandles i en biogassprosess må det oppmales og hygieniseres. Fremmedlegemer og uorganisk materiale bør fjernes/siktes ut og massen eventuelt tilføres vann slik at den blir pumpbar. Det er også mulig at massen bør forbehandles på en måte som øker metanpotensialet og at den bør blandes med et annet substrat for å få et egnet C/N-forhold. Substratet må eksempelvis heller ikke inneholde komponenter som hemmer de biologiske prosessene.

Hygienisering

Dersom kategori 3 slakteribiprodukter skal behandles i en biogassprosess må det hygieniseres. En godkjent metode er oppvarming til 70 °C i 1 time for materiale som er malt opp til en partikkelstørrelse <12 mm (se kap. 2.1).

Det er mulig at en slik forbehandling med oppvarming også gjør næringsstoffene lettere tilgjengelig for mikroorganismene (Det er lettere å fordøye en kokt potet, enn en rå). Dette gjelder spesielt for tunge karbohydratforbindelser som stivelse og fiber, men gjelder trolig ikke i særlig grad for fett, og det er usikkert i hvilken grad det vil ha virkning for proteinet.

Tørrestoffinnhold - pumpbarhet

For å kunne nyttes i en biogassprosess, er det viktig at materialet er mest mulig finfordelt. Ved behandling i en våtprosess bør materialet også være pumpbart, noe som vanligvis innebærer et tørrestoffinnhold på mindre enn 8 - 12 %.

Fjerning av fremmedlegemer

Dersom substratet inneholder fremmedlegemer, må disse fjernes før substratet tilsettes reaktoren. Dette er en vanlig forbehandling ved behandling av kildesortert matavfall fra husholdningene og matavfall fra butikker og storhusholdninger. Fremmedlegemer kan være glassbiter, metallbiter og plast/emballasje. Fremmedlegemer vil nok mest forefinnes i fraksjoner som skal sambehandles med slakteribiprodukter for å justere C:N forholdet.

Fjerning av beinbiter fra slakteribiproduktene

Ved behandling av slakteribiprodukter vil vi forvente at det vil være nødvendig å fjerne, eller male opp, beinbiter som ellers vil sedimentere og stoppe pumper og røreverk. Oppmalt bein vil kunne sedimentere og "slamme til" biogass reaktoren. Ved behandling av slakteribiprodukter, inkludert knuste beinfraksjoner, konkluderer Skaanning *et al.* (2004) med at:

- "Benfragmenter bundfælder, og der er risiko for opbygning i systemet. Denne risiko kan muligvis minimeres ved at neddele pulpen mest mulig inden tilførslen".
- "En bedre løsning kunne være at frasortere/separere en del af benfragmenterne på Dakas forarbejdningsanlæg, hvilket også i et vist omfang er gjort i dette forsøg. Dette vil minimere P-indholdet og ligeledes bundfældningsproblematikken, specielt ved udnyttelse af hele døde svin. Den resterende del af benfragmenterne vil skulle gennem biogasanlægget, og disse skal indrettes til at kunne håndtere disse".

Dette var basert på erfaringer fra Hegndal biogassanlegg i Danmark, som behandler organisk avfall/slakteribiprodukter sammen med svinegylle i en termofil prosess.

Økt biotilgjengelighet

Det finnes en rekke metoder som kan medføre en økning i biogassutbytte, eller oftere en økt nedbrytningshastighet. Det kan være mekanisk oppdeling ved kverning, miksere og skruer eller roterende kniver. Det kan også være en termisk forbehandling (som termisk hygienisering) eller dampekspløsjon, kjemisk ved tilsetning av baser eller syrer, for eksempel ensilering, ultralydbehandling eller enzymatisk forbehandling (Anna Schnürer og Åsa Jarvis, 2009).

Effekten av redusert partikkelstørrelse er godt dokumentert for en del materialer, og kan være aktuelt ved behandling av slakteribiprodukter.

Substratets C/N-forhold - behov for annet substrat i tillegg?

Substratets sammensetning med hensyn på nitrogen og karbon er viktig. Ved nedbrytning av nitrogenrikt materiale, for eksempel proteiner og nukleinsyrer, dannes ammonium som hemmer prosessen ved høye konsentrasjoner. I følge litteraturen vil hemning kunne oppstå i konsentrasjoner i størrelsesorden 0,1 til 1,1 g per liter, men tilpasninger opp til 1,9 g N per liter er vist (Pind, 2003). Man kjenner til kulturer som tåler enda høyere konsentrasjoner.

Verdier av C/N-forholdet som anses å fungere i en biogassprosess varierer i litteraturen mellom 10 - 30 med et optimum mellom 15 og 25. Et økende C/N-forhold øker dannelsen av fettsyrer i prosessen, og dersom ikke konsentrasjonene blir for høye, kan dette stimulere metandannelsen (Anna Schnürer og Åsa Jarvis, 2009). Tabell 7 viser C/N-forholdet i noen typiske biogass-substrater.

Tabell 7. C/N-forholdet i noen typiske biogass substrater (Etter Anna Schnürer og Åsa Jarvis, 2009)

Substrat	C/N-forhold
Slakteribiprodukter - mykdeler	4
Slakteribiprodukter - mage/tarm	22 - 37
Matavfall	3 - 17
Blandet matavfall	15 - 32
Frukt- og grønnsaker	7 - 35
Poteter	35 - 60
Korn	16 - 40
Halm	50 - 150
Gras	12 - 26
Gjødsel/storfe	6 - 20
Høsegjødsel	3 - 10
Svinegjødsel som gylle	5

Anlegget i Hegndal i Danmark opererer med en ammoniumkonsentrasjon i området 3 - 9 g per liter (Skaanning *et al.* 2004). Konsentrasjoner over 5 g per liter virker tilsynelatende hemmende, men dette er jo svært høyt. N-innholdet i slakteribiprodukter er på om lag 2,3 % og total N-mengde i alt innkommende avfall er på ca. 2.839 tonn (kap. 5.2). N-innholdet sitter i proteinfraksjonen som i snitt utgjør 14,2 % av råvarene eller totalt 17.900 tonn. N-innholdet i proteinfraksjonen utgjør således om lag 16 %.

Sambehandling av forskjellige substrater

Generelt kan man si at sambehandling av forskjellige substrater gir et forbedret resultat, og man får gjerne et større biogassutbytte enn man får ved å summere resultatene fra hvert substrat. Årsakene kan være flere, for eksempel sikrer man lettere at mikroorganismene får tilgang på komponenter som de trenger i sin vekst, for eksempel sporelementer. Et mer sammensatt substrat kan gi grobunn for et mikrobiologisk samfunn med en større diversitet og således også en større stabilitet. Dette kan sammenlignes med at store monokulturer ved dyrking av mat, for eksempel korn, er sårbart. På enkeltmenneskenivå er det kjent at et allsidig kosthold er sunt, så også med biogassanlegg. Dersom et substrat gir et galt forhold mellom C og N, kan en sambehandling med forskjellige substrater kunne rette opp dette.

Likevel skal det ikke foretas store og plutselige endringer i substrattilførselen til biogassanlegg, siden det tar tid å endre den etablerte floraen som kan være nødvendig ved store endringer. Dette kan sammenlignes med at for eksempel en vegetarianer "kan bli syk" av et skikkelig måltid med juleribbe. En som er vant med mye kjøttmat kan på sin side "bli oppblåst" av et stort vegetarmåltid.

Fjerning av fett før biogassprosessen

Fett har et stort biogasspotensiale, men det tar lengre tid å omsette fett i en biogassprosess enn de fleste karbohydrater og proteiner. Dette er årsaken til at det kan være nødvendig å fjerne overskudd av fett, for eksempel i en fettavskiller, før substratet tilføres biogass reaktoren. Dette gjøres ved enkelte meierier og kan være svært aktuelt ved behandling av større mengder fettrike slakteribiprodukter. Overskudd av fett vil kunne føre til skumdannelse og driftsproblemer, samt følge med bioresten ut og derved ikke utnyttes som energi. Dersom slakteribiproduktene bare utgjør en mindre del av den totale massen som behandles, vil dette ikke være nødvendig.

3.3 Beregninger av metanutbytte basert på slakteribiprodukter

Ved biogassprosessen omdannes organisk materiale til biogass - i hovedsak en blanding av metan og karbondioksid. Målet er å oppnå et høyest mulig utbytte med hensyn til metan.

Slakteribiproduktene er sammensatt av uorganisk og organisk materiale. Det organiske materialet er videre sammensatt av forskjellige stoffer, som f.eks. karbohydrater, proteiner, fett, nukleinsyrer etc. hver som gir et forskjellig utbytte med hensyn på metan. Innhold av organisk stoff, VS (volatilis solids) måles ved å varme materialet fra TS målingen (vanligvis 105 °C) videre opp til om lag 550 °C. VS reflekterer det organiske materialet i avfallet.

Substratets sammensetning har stor betydning for stabiliteten og gassproduksjonen. Dette er nærmere diskutert i kapittel ovenfor.

3.3.1 *Metanutbytte og metanpotensiale*

Når man kjenner det organiske innholdet, VS, er det vanlig å oppgi metanutbytte relatert til VS, eks. mL metan per g VS eller L metan per kg VS.

Det teoretiske metanpotensialet

Den teoretiske maksimale verdien for metanpotensialet er et uttrykk for hvor redusert de organiske komponentene er, det vil si hvor mye redusert metan som dannes under omsetningen, og således hvor mye energi som vil bli tilgjengelig ved forbrenning/oksidasjon av det produserte metanet. Verdiene vil variere noe med eksempelvis fettstoffenes kjedelengde, proteinenes aminosyresammensetning og andre kjemiske variasjoner. Biogassutbytte kan således beregnes ut fra substratets kjemiske sammensetning som vist i tabell 8:

Tabell 8. Eksempler på det teoretiske metanpotensialet i ulike substrater (angitt med samleformel), samt biogassens sammensetning av metan, karbondioksid og ammoniakk. (Etter Maria Berglund og Pål Börjesson, 2003)

Substrat	Formel	m ³ metan/kg VS	Vol % metan	Vol % CO ₂	Vol % ammoniakk
Karbohydrat ¹	C ₆ H ₁₂ O ₆	0,38	50	50	0
Fett ²	C ₅₀ H ₉₀ O ₆	1,00	70	30	0
Protein ³	C ₁₆ H ₂₄ O ₅ N ₄	0,53	41	39	20
Matavfall	C ₁₈ H ₂₆ O ₁₀ N	0,51	49	45	5
Gras	C ₂₃ H ₃₈ O ₁₇ N	0,44	48	47	4
Halm	C ₁₀₇ H ₁₆₅ O ₇₀ N	0,49	52	47	0,9
Svinegjødsel	C ₂₉ H ₄₄ O ₁₃ N ₂	0,57	52	42	6,4
Gjødsel fra storfe	C ₅₅ H ₇₉ O ₂₈ N	0,56	54	45	1,8

Hvor stor nedbrytningsgraden blir i virkeligheten avhenger av en rekke forhold. Dersom kun begrensningen ligger i at bakteriene i prosessen selv må bygges opp og leve, kan den maksimale biogassdannelsen bli opp mot 80 - 90 % av det teoretiske.

Det oppnådde metanutbytte vil være avhengig av de valgte prosessbetingelser, som for eksempel oppholdstid, temperatur, tilstedeværelse av hemmende faktorer, biomassetetthet etc. For å karakterisere avfallet vil det således være hensiktsmessig å oppgi teoretisk metanpotensialer siden målte potensialer nødvendigvis må ta utgangspunkt i relevant testmateriale.

Ved en hydraulisk oppholdstid på 25 døgn under mesofile betingelser oppgir Maria Berglund og Pål Börjesson (2003) nedbrytningsgraden for ulike komponenter til 85 % for sukker og stivelse, 73 % for fett, 61 % for protein, 74 - 82 % for cellulose (60 % i hage- og parkavfall) og 0 % for lignin.

I en flertrinns termofil prosess med en blanding av 50 % slakteribiprodukter og 50 % hestegjødsel oppgis biogassutbytte fra slakteribiproduktene til ca 0,75 og ca 1,3 m³ metan per kg VS ved henholdsvis høy og lav belastning (Thofelt *et al.* 1995).

3.3.2 Metanpotensialet i kategori 3 biprodukter

På grunnlag av verdiene i tabell 2 og tabell 3 (kapittel 2.6) kan man beregne det teoretiske metanpotensialet. Det er ikke oppgitt de totale mengdene av fett og protein ved de 3 forskjellige anleggene, så vi benytter oss her av sum- og gjennomsnittsverdier og anslår mengde metan produsert per tonn råstoff levert.

1 tonn råvarer, som inneholder 178 kg fett og 142 kg protein, vil ha et metanpotensiale på 178 m³ metan for fett og 75 m³ metan for proteinet, totalt 253 m³ metan per tonn. Askeandelen, vannet og

¹ Litteraturdata om det teoretiske gassutbytte for karbohydrater varierer mellom 0,37 og 0,40 m³ metan per kg karbohydrater.

² Litteraturdata om det teoretiske gassutbytte varierer mellom 0,85 og 1,1 m³ metan per kg fett, og andelen metan varierer mellom 68 og 72 %.

³ Litteraturdata oppgir det teoretiske gassutbytte til 0,5 m³ metan per kg protein, og andelen metan varierer mellom 50 og 84 %.

mineralene bidrar ikke direkte til metanpotensialet og inngår heller ikke som innhold av organisk materiale (VS). % VS i råvaren er i gjennomsnitt på 17,8% + 14, 2%, totalt 32,0% (tabell 3) slik at metanpotensialet på VS basis blir 791 m³ metan per tonn VS. Maria Berglund og Pål Börjesson (2003) opererer til sammenligning med et anslått utbytte på 700 m³ metan per tonn VS i slakteribiprodukter. Utbytte må forventes å ligge lavere enn det teoretiske potensialet, og det er således et godt samsvar mellom disse verdiene.

1 Nm³ metan inneholder 0,67 kg metan med et spesifikt energiinnhold ved forbrenning på 50,2 MJ. Med et spesifikt energiinnhold ved forbrenning på 50,2 MJ kg gir forbrenning av 1Nm³ metan en brutto energimengde på 33,6 MJ eller 9,35 kWh. Det teoretiske brutto energiinnholdet per tonn substrat blir da 253 m³ metan x 9,35 kWh per m³ metan tilsvarende 2.365 kWh (8,5 GJ) per tonn hvorav 700 kWh har sitt opphav i proteinandelen.

Til sammenligning så ligger energiforbruket per tonn råstoff til anleggene i området 600 til 675 kWh per tonn (kapittel 2.5).

3.3.3 *Metanpotensialet i kjøttbeinmel produsert av Norsk Protein*

Kjøttbeinmelet har et lavere fettinnhold, og tilsvarende beregninger basert på verdiene oppgitt i kapittel 2.5 viser et fettinnhold på 109 kg fett og 558 kg protein per tonn. Det lave fettinnholdet skyldes at mesteparten av fettene er fjernet, mens det høye proteininnholdet skyldes at nesten alt vannet er tatt ut. Dette gir 109 m³ metan for fettene og 296 m³ metan for proteinet, totalt 405 m³ metan per tonn kjøttbeinmel tilsvarende 3.672 kWh per tonn (13,5 GJ/tonn). Totalmengde produsert kjøttbeinmel ved de 3 anleggene er oppgitt til 31000 tonn/år i kap. 2.6.

C/N-forholdet i KBM er for lavt til å biogassbehandles effektivt alene, og bør eventuelt sambehandles med annet N-fattig substrat. Siden fosforinnholdet er så høyt, er det ut fra et ressursmessig synspunkt en klar forutsetning at fosforet i den produserte bioresten utnyttes som gjødsel. Konsekvensene av dette er vist i kap. 5.3.

3.4 Anvendelser av metan og energi

3.4.1 *Energiforbruk ved produksjon av biogass*

Ved produksjon av biogass er det et internt behov for energi til transport og forbehandling av substrater, til biogassprosessen i form av varme og el (til røreverk, pumper etc.), samt til transport og spredning av biorest. Eksempler kan skisseres i tabellform (Maria Berglund og Pål Börjesson, 2003) (tabell 9).

Tabell 9. Eksempler på energiproduksjon og energibruk ved transport og håndtering av substrat, drift av reaktor ved 8 % TS (tørrestoff) i substratblandingen og 10 % (tall under) tilført reaktoren, transport og spredning av biorest.

Substrat	TS %	Biogass-utbytte MJ/tonn TS	Transport av substrat (MJ/tonn TS 10 km)	Håndtering av substrat (MJ/tonn TS)	Drift av biogassanlegget (MJ/tonn TS)		Transport av biorest (MJ/tonn TS 10 km)	Spredning av biorest (MJ/tonn TS)	Sum MJ/tonn TS (% av prod) ved 10 km transport
					El	Varme			
Gjødsel fra storfe	8	6.200	125	0	830.680	1.400.810	125.100	300.240	2.780 (45)
Gjødsel fra gris	8	7.000	125	0	830.770	1.400.910	125.100	300.240	2.730 (39)
Slakteri-biprodukter	17	9.400	94	0	10.001.000	14.001.200	200.160	300.240	2.994 (32)
Fett-avskiller-slam	4	22.000	800	0	8.302.400	14.002.900	200.160	300.240	3.530 (16)
Organisk husholdningsavfall	30	12.400	160	800	9.401.400	14.001.600	200.160	300.240	3.800 (31) 4.360 (35)
Gras	23	10.600	48	1.900	9.701.200	14.001.400	200.160	300.240	4.818 (45) 4.948 (47)
Halm	82	7.100	35	280	870.780	14.000.920	200.160	300.240	3.085 (43) 2.415 (34)
Beteblast	19	10.600	58	540	10.001.200	14.001.400	200.160	300.240	4.888 (46) 4.988 (47)

Dersom man kan øke tørrestoffinnholdet i substratet som tilføres reaktoren fra 8 % til 10 % mens biogassutbytte per tonn tørrestoff, energibruken ved håndteringen av substratet og transporten av substratet holdes likt som ved 8 %, ser vi av tabellen at energibruken ved transport og spredning av biorest reduseres, el- forbruket på tørrestoffbasis i reaktoren er relativt konstant eller økes, mens varmebehovet varierer ulikt for de forskjellige substratene i denne oversikten.

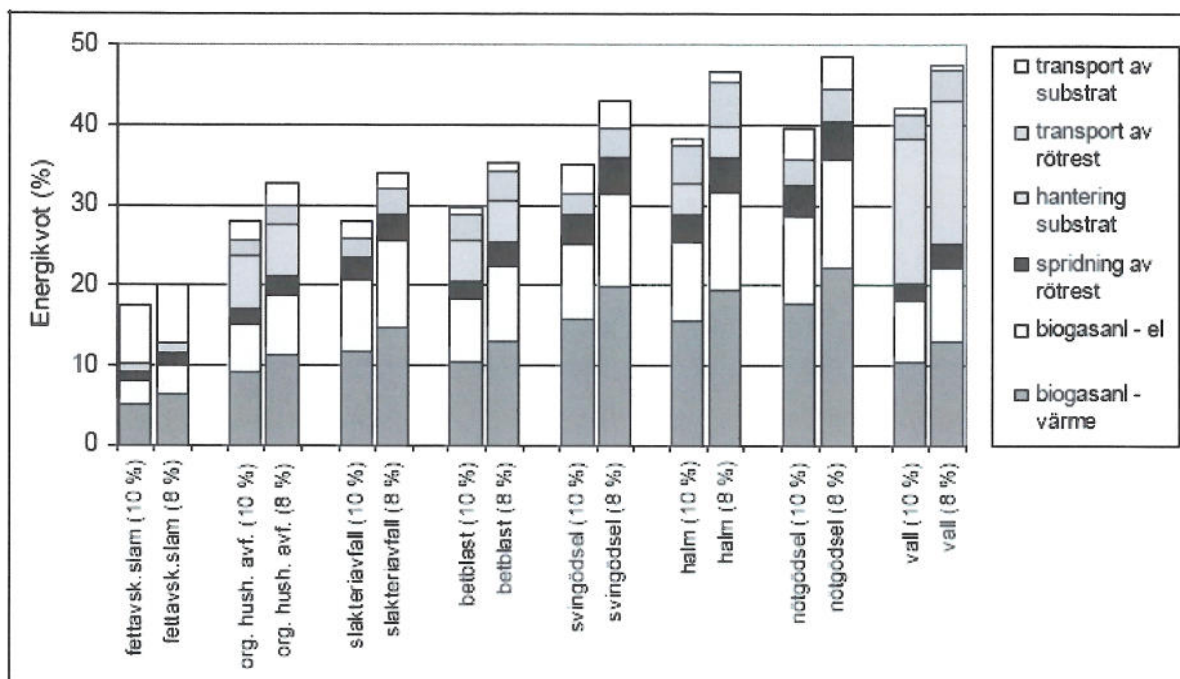
Maria Berglund og Pål Börjesson (2003) benytter begrepet energikvote (energiforholdstall):

$$\text{Energi kvoten (\%)} = \text{Energi}_{\text{in}} / \text{Energi}_{\text{ut}}$$

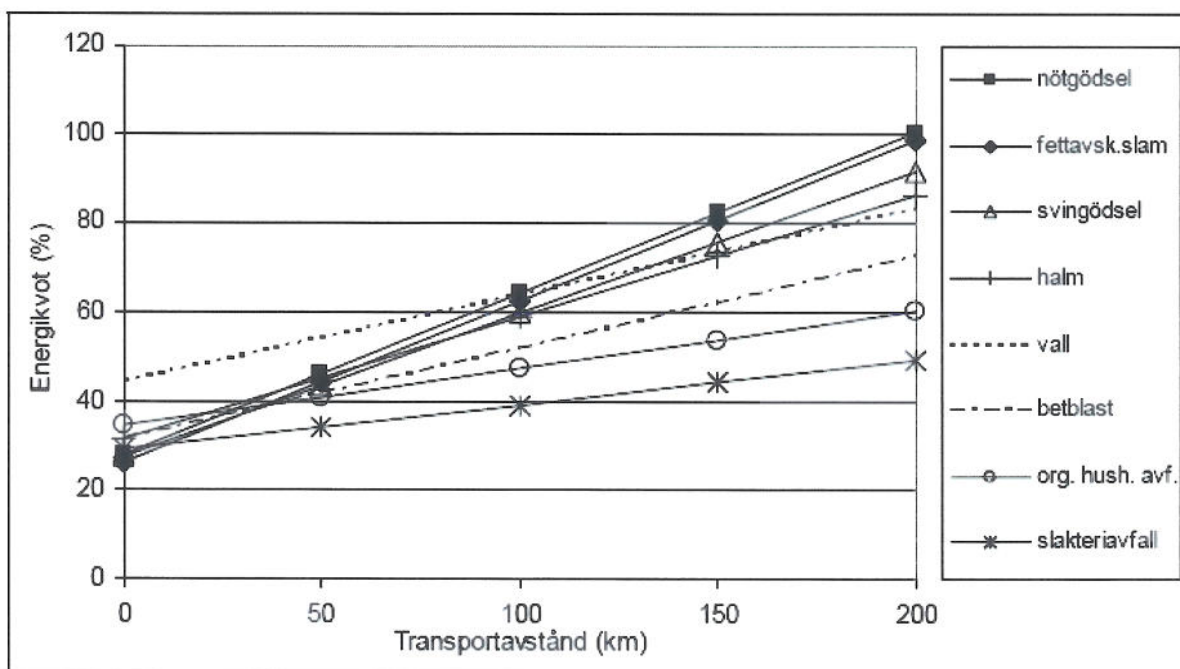
Hvor $\text{Energi}_{\text{in}}$ er total primærenergi- innsatsen for å drive systemet

og $\text{Energi}_{\text{ut}}$ er energiinnholdet i produsert biogass

Dersom kvoten blir 100 forbrukes det eksempelvis like mye energi som det produseres. Tabell 8 kan således også presenteres som figur 7.



Figur 7. Energikvotens oppdeling i ulike delprosesser ved bruk av forskjellige substrater, når tørrstoffinnholdet i substratene som tilføres reaktoren er henholdsvis 8 og 10 %. Transportavstanden mellom biogassanlegg og innsamlingspunkt, samt sted for spredning er satt til 20 km. (M. Berglund og P. Börjesson, 2003).



Figur 8. Figuren viser sammenhengen mellom energiforbruk og energiproduksjon (energikvoten) ved forskjellige transportavstander (M. Berglund og P. Börjesson, 2003).

Det fremgår av figur 8 at transportavstanden har liten betydning for energirikt substrat som slakteribiprodukter og husholdningsavfall, men den er av stor betydning for gjødsel fra storfe og gylle. I rapporten går det relativt nøye inn på transport av de forskjellige substrater, og bruk av ulike kjøretøy, bl.a. lastebiler og traktor.

3.4.2 *Bruk av biogass til el og varme*

Produksjon av el fra biogass i en gassmotor gir omlag 30 - 40 % el. Dersom varmen utnyttes kan den totale virkningsgraden bli opp mot 85 %. Gassens metaninnhold bør være over 45 % og det stilles krav til gassens innhold av hydrogensulfid og silika- partikler. Gassmotorer er aktuelle ved små anlegg opp til 500 kW el, sparkling- diesel fra 500 til 1500 kW, mens gassturbiner er mest aktuelle over 1500 kW (K. Ohr, 2002). Dersom varmen skal benyttes annet sted enn på biogassanlegget bør man vurdere å transportere gassen, snarere enn varmtvannet til bruksstedet. Transport av gass og el er enklere enn transport av varmtvann. Ved produksjon av el, skal man være oppmerksom på at driftskostnadene kan bli relativt høye.

3.4.3 *Bruk av biogass til varme - tilkobling til lokalt fjernvarmenett*

Transport av biogass er relativt enkelt i gassrør, og dersom det er mulige brukere av gassen i egnet avstand er dette et godt alternativ. Det etableres nå stadig flere lokale fjernvarmenett, gjerne koblet opp mot flisfyrte anlegg. Dette er anlegg hvor det allerede er gjort investeringer og biogassanleggene kan dra nytte av dette. Disse anleggene kan med fordel mates inn med en grunnvarme av biogass. Flisfyrte anlegg driftes gjerne med el eller fyringsolje i sommersesongen siden flisfyringen krever et større forbruk. Biogass som produseres hele året vil kunne gi denne grunnvarmen i sommersesongen og benyttes som tillegg til flis i vintersesongen. Et eventuelt overskudd av biogass i sommersesongen kan eventuelt benyttes til tørking av flis.

3.4.4 *Oppgradering av biogass til drivstoff*

Oppgradering av biogass til drivstoff krever relativt store investeringer, og er først aktuelt for store biogassanlegg i dag, med en produksjon over 300 Nm³ biogass per time (Raadal *et al.*, 2008). Energiforbruket i form av el utgjør i størrelsesorden 5 % av energien i biogassen (M. Berglund og P. Börjesson, 2003). Å benytte biogassen til drivstoff vurderes som den bruken som gir størst miljønytte siden energien benyttes hele året, og man utnytter at biogass er en energiform på et høyt nivå - har et høyt energiinnhold (lav entropi) sammenlignet med for eksempel varme.

3.4.5 *Oppgradering av biogass til naturgass nett*

Tilsvarende oppgraderingen av biogass til drivstoff, kan det enkelte steder i landet være aktuelt å "mate" oppgradert biogass inn på naturgass- nett. Dette er eksempelvis svært aktuelt i Rogaland.

4. Anvendelser av sluttproduktene fett, kjøttbeinmel og bioest

4.1 Innhold av aske, fett, protein, vann og energi i ulike sluttprodukter

Bruttoenergien i animalsk fett og kjøttbeinmel kommer frem av tabell 10.

Tabell 10. Prosentmessig sammensetning av animalsk fett, kjøttbeinmel til fôr og lammemel til fôr, samt deres innhold av brutto energi i MJ per kg produkt.

Brutto energi animalske produkter	Omregningsfaktorer	Animalsk fett	Kjøttbeinmel, fôr	Lammemel, fôr
Aske			26,5	20,5
Fett	36,6	99,5	10,9	11,5
Protein	24,1		55,8	57
Vann		0,5	3,6	4,5
NFE	17,0	0	3,2	6,50
Brutto energi MJ pr kg		36,4	18,0	19,1

Bruttoenergi er beregnet for de ulike animalske produktene. Verdiene stemmer godt overens med brutto energiverdiene fra den offisielle fôrtabellen som utgis av institutt for husdyrfag og Mattilsynet. I tillegg til bruttoenergi beregnes gjerne innhold av Omsettelig energi (OE) i fôrvarer som forteller hvor mye energi som er tilgjengelig for dyret.

4.2 Animalsk fett

Anvendelsesområde for animalsk fett er i dag som råvareingrediens til bruk i kraftfôrblandinger til svin og fjørfe. Norsk Protein mener det gir den beste ressursutnyttelsen i dag og dette er i tråd med at bruk av fôr er mer hensiktsmessig enn energiutnyttelse ved forbrenning.

Alternative anvendelsesområder for animalsk fett er:

- Benyttes i kjemisk industri som teknisk fett
- Benyttes i produksjon av biodrivstoff
- Forbrennes direkte

Som nevnt i kapittel 2.8 er alternativ til animalsk fett for fôrindustrien i Norge å importere fett. Alternative fettkilder er soyaolje, palmeolje og teknisk bearbeidet fett.

4.3 Kjøttbeinmel

Kjøttbeinmel kan anvendes som fôr til pelsdyr og kjæledyr, som gjødsel og til energiutnyttelse. Analyseverdier av kjøttbeinmel som energi viser at brennverdien/ bruttoenergien i kjøttbeinmelet er ca 18,5 MJ pr kg. Brennverdien avhenger av fettinnholdet i melet.

4.3.1 *Kjøttbeinmel til fôr til pelsdyr og kjæledyr*

Kjøttbeinmel er godt egnet som fôr til en-magede dyr som pelsdyr, hund og katt, og mange produsenter av kjæledyrfôr bruker derfor kjøttbeinmel som råstoff i produksjonen av tørrfôr til hund og katt.

Det er i dag større etterspørsel etter spesialprodukter som lammemel (produsert av kategori 3 råstoff fra sau og lam), fjørfemel og svinemel enn til et blandet produkt som kjøttbeinmel fra flere dyrearter. Interessen fra kjæledyrfôrbransjen for blandet kjøttbeinmel er også økende.

Proteininnholdet i kjøttbeinmelet er avgjørende for om det kan anvendes som fôr til kjæledyr. Dersom kjøttbeinmel skal benyttes som fôr til kjæledyr må proteininnholdet være over 50 %. Høyere innhold av proteiner gir høyere pris. Dersom proteinrike varer benyttes til biogass slik at andel bein øker i kjøttbeinmelet, betegnes ikke produktet som kjøttbeinmel lengre, men som beinmel når proteininnholdet reduseres til under 50 %. Dermed reduseres verdien av melet fordi at det ikke lengre er aktuelt å levere produktet til fôr.

Ressursmessig er det fornuftig å benytte biprodukter som kjøttbeinmel i kjæledyrfôr fremfor økt produksjon av kjøttvarer.

4.3.2 *Kjøttbeinmel som gjødsel*

Gjødselvirkingen av norsk kjøttbeinmel (KBM) har vært undersøkt i flere prosjekter og en har funnet god N- og P gjødsel (Jeng & Vagstad 2003, Jeng *et al.* 2004, 2006, Haraldsen *et al.* 2005). Kjøttbeinmel mineraliseres raskt og prosessen starter nesten umiddelbart etter innblanding i jorda. Allerede etter fire døgn var 50 % av tilført organisk materiale i KBM mineralisert i laboratorieforsøk (Cayuela *et al.* 2008). Mineralisering av vanlig kjøttbeinmel og KBM hvor fettet var fjernet ble studert av Mondini *et al.* (2008). De fant at fettet i KBM var gunstig for å oppnå en rask mineralisering og at KBM stimulerte mikrobiologisk aktivitet og økte biomassen av mikrober. Ved mengder opp til 40 kg N/daa var det ikke funnet noen negative effekter på mikrobiologisk aktivitet av lipider i KBM.

KBM har ikke optimal fordeling av næringsstoffene N, P og K i forhold til opptaket i planter. I forsøkene har det derfor blitt tilsatt kalium, kalimagnesia, aske eller annen kaliumgjødsel (Haraldsen *et al.* 2005). Stepień & Szymczyk (2009) antyder at ubalanse i NPK var årsak til at det ble funnet fosforutvasking etter bruk av KBM, mens det ikke ble funnet økt P utvasking når det ble tilleggs-gjødslet med kalium. I Norge fant Jeng & Vagstad (2009) økt utvasking av P med stigende mengder KBM til pletter uten plantevekst sammenlignet med tilførsel av mineralisk N og P. Trøite (2007) fant imidlertid ingen virkning av ulike gjødseltyper på P-utvasking, mens organiske gjødseltyper som KBM ga mindre utvasking av N enn mineralisk gjødsel. Lignende funn ble gjort av Andersen (2008).

Det foreligger således god dokumentasjon på at KBM virker godt som N-gjødsel og har en rask mineralisering som gjør at om lag 80 % av nitrogenet kan regnes som unyttbart i første vekstsesong.

KBM har i Norge stort sett vært tilbudt som gjødsel i melform, mens KBM i Sverige hovedsakelig inngår i gjødselprodukter i pelletert eller granulert form. Fra 2000 til 2009 har det skjedd en dramatisk endring i bruken av KBM. I 2000 var KBM fremdeles brukt i fôr, mens mesteparten i 2009 nyttes som gjødsel i Norge, Sverige eller Nederland. Siden KBM er tørt og lagringsstabil så lenge det holdes tørt, kan det transporteres over store avstander. Med tre anlegg som produserer KBM som gjødsel i Norge ligger forholdene godt til rette for distribusjon av KBM-basert gjødsel.

Med endringer i ABP-forordningen som er foreslått, er det sannsynlig at det vil bli krevd innblanding av andre stoffer i KBM for å hindre at KBM nyttes som fôr. En blanding av KBM og bioaske vil være et komplett resirkuleringsgjødsel. Den mest egnede aske kvaliteten vil være halmaske som er mye brukt i Danmark. Forsøk har vist at bunnaske fra rent skogsvirke også gir en egnet aske for slik blanding (Haraldsen *et al.* 2005).

Kjøttbeinmel inneholder relativt mer fosfor enn nitrogen i forhold til plantenes behov. Fosforet i KBM er hovedsakelig bundet i beindelen. Jeng *et al.* (2006) fant at KBM dekket P behovet for korn og raigras i

første vekstsesong og delvis også i påfølgende vekstsesong når det var gjødslet i forhold til N-behovet. I et økologisk driftssystem ble det funnet betydelig økning av P-AL i jorda etter to år med tilførsel av 8 kg N/daa KBM på Hamar. Denne økningen i P-AL bidro til økte avlinger i påfølgende ettervirkningsår (upublisererte undersøkelser fra forskningsprogrammet *Recycling organic waste*). Ylivainio *et al.* (2008) fant også at KBM hadde betydelig P-virkning over tid.

4.4 Bruk av biorest fra biogass basert på slakteribiprodukter som gjødsel

Flytende biorest har egenskaper som ligner på gylle eller vannblandet blautgjødsel, og kan spres med tilsvarende utstyr som slik blautgjødsel. Det er utstyr som bønder med husdyrproduksjon vanligvis har tilgang på, mens det er mindre vanlig at bønder i rene korndyrkingsområder har slikt utstyr. Egenskapene til bioresten avhenger av hva slags biogasssubstrater som er nyttet (Tabell 11). Økende andel av slakteribiprodukter gir høyere innhold av nitrogen og fosfor, og lavere innhold av kalium relativt sett.

Tabell 11. Tørrstoffinnhold og innhold av noen biorester fra svenske biogassanlegg (RVF 2004).

Materiale	Tørrstoff %	pH	Total N, kg/m ³	NH ₄ -N kg/m ³	P kg/m ³	K kg/m ³
Husdyrgjødsel 10 % Slakteribiprodukter 75 % Næringsmiddelavfall 5 %	5	8,4	7,1	5,3	0,8	1,0
Svinegjødsel 6 % Slakteribiprodukter 34 % Næringsmiddelavfall prosessvann 33 % Næringsmiddelavfall substrat 9 % Potetvann 10 % Fett 8 %	4,4	8,2	4,6	3,6	0,8	1,0
Svinegjødsel 18 % Kugjødsel 41 % Slakteribiprodukter 31 % Næringsmiddelavfall 7 % Annet organisk avfall 3 %	3,15		4,0		0,43	1,2
Husdyrgjødsel 61 % Slakteribiprodukter 17 % Matavfall 2 % Fett 11 % Næringsmiddelavfall 9 %	4,8		5,7	4,3	0,38	2,0
Husholdnings- og storkjøkkenavfall	1,6	8,5	3,6	2,6	0,18	1,1

En del anlegg skiller fast og flytende fase av bioresten. Til nå er den faste fasen oftest brukt i jordblandinger til grøntanlegg, men det har gjerne ført til langt høyere konsentrasjoner av løselig P (P-AL) enn ønskelig. Den avvannede bioresten har ofte så stort P-innhold at den er å regne som P-gjødsel, og må brukes som det og ikke som er jordforbedringsmiddel.

Flytende biorest av matavfall har en sammensetning av NPK som passer svært godt som korngjødsel, og det er mulig å oppnå like store avlinger med bruk av slik gjødsel som med mineralisk NPK- gjødsel når en doserer ut fra mengde mineralisk N. Utfordringen med flytende biorest er at den må brukes i nærområdet rundt biogassanlegget og det kreves et betydelig omland med landbruksjord som årlig tar imot biorest som gjødsel.

Når en lager biogass basert på husdyrgjødsel, blir sluttproduktet tilsvarende råstoffet men med lavere tørrstoffinnhold. Blanding av husdyrgjødsel og fiskeensilasje er en interessant blanding som både gir større biogassutbytte og en gjødsel med bedre NPK- forhold enn hvert av råstoffene. Utfordringen med fiskeensilasje er at den i likhet med KBM er N- rik og må brukes i begrensede mengder for å unngå toksisk høye konsentrasjoner av ammonium i biogassreaktoren.

4.4.1 *Biorest som gjødsel etter behandling av kjøttbeinmel i en biogassprosess*

Ved å bruke KBM som biogassråstoff vil en opplagt få et biogassutbytte ved omdanning av fett til metan. KBM er imidlertid allerede et gjødselprodukt og det skal ikke mye nedbrytning til før nærmest alt organisk N i KBM er mineralisert. Det medfører at mengden KBM i en biogassreaktor må begrenses slik at ammonium konsentrasjonen ikke blir så høy at prosessen stopper opp. I tillegg inneholder KBM en betydelig andel mineralsk masse, beindelen, som ikke omdannes i en biogassprosess. Om en forutsetter fullstendig nedbrytning av alt organisk materiale av KBM, vil en ha en gjenværende mineralsk rest på 25 %. Konsentrasjonen av fosfor i denne mineralske resten vil være betydelig større enn 10 % på vektbasis.

Det virker derfor lite hensiktsmessig å gå veien om tørt kjøttbeinmel som deretter må tilsettes betydelige deler vann for å kunne behandles i en biogassprosess. Alternativet er å behandle de våte fraksjonene i en biogassprosess uten en forutgående energikrevende tørkeprosess.

5. Diskusjon

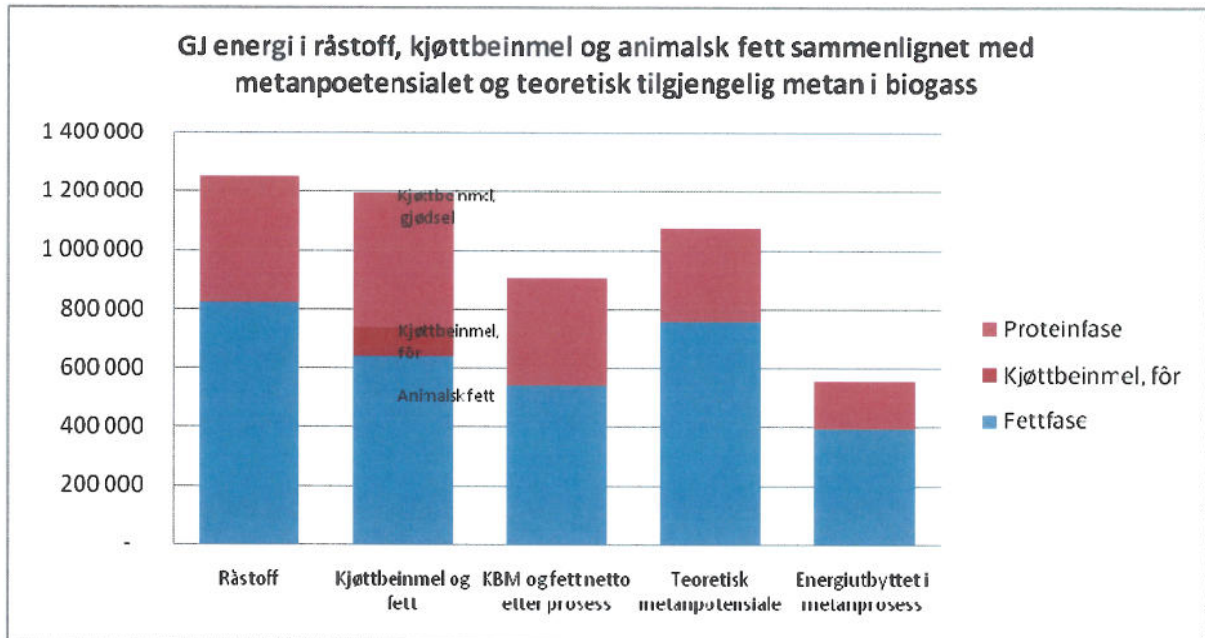
5.1 Energi i råstoff og produkter

Den samlede brennverdien i kategori 3 biprodukt råstoff som leveres til Norsk Protein sine anlegg er på om lag 1 252 000 GJ (9,9 GJ/tonn) pr. år, mens det teoretiske metanpotensialet er beregnet til 1 073 000 GJ (8,5 GJ/tonn, tabell 12). Hvis vi forutsetter at 80 % av det organiske materialet omsettes til biogass og at 12 % av produsert energi går til oppvarming av prosessen, 6 % går med til drift av anlegget (pumper, røreverk etc.) og 10 % av energien går til transport og spredning av gjødsel (biorest), blir gjenværende utnyttbar energi i form av biogass om lag 558 000 GJ (4,4 GJ/tonn).

Tabell 12 gir en oppsummerende oversikt over kategori 3 biprodukter over mengder, sammensetning, energiinnhold, energiforbruk ved prosessering, samt teoretisk og tilgjengelig metanpotensialer.

Tabell 12. Tabellen viser nøkkeltall for totalmengde substrat av kategori 3 biprodukter til anleggene (fra tabell 1), råstoffets kjemiske sammensetning (tabell 2), mengder fett og protein i råstoffet (tonn per år), brennverdien i råstoffet (fra tabell 6), energiforbruket ved behandling av råstoffet (fra figur 6), det teoretiske metanpotensialet i råstoffet ved behandling i biogassanlegg og anslått tilgjengelige energi i form av metan etter fratrukk for ikke omsatt materiale (ca 20 %), energi til prosessvarme (ca 12 %), el- energi til drift (6 %) og energi til transport av substrater, bioest og spredning (10 %).

Parameter	Mengde kategori 3 råstoff til anleggene (tonn i 2008)				GJ/tonn
	Hamar	Grødal	Mosvik	Sum	
Ordinært råstoff fra					
slakterier	27 000	18 000	12 000	57 000	
Skjærebain	17 000	7 000	6 000	30 000	
Fjørferåstoff	7 000	5 000	13 000	25 000	
Blod	6 000	4 000	4 000	14 000	
Sum	57 000	34 000	35 000	126 000	
Kjemisk sammensetning av råvarene (%)					
Aske	7,9	7,2	5,3	6,8	
Fett	18,3	8,8	16,3	17,8	
Protein	13,7	14,7	14,1	14,2	
Vann	60,1	59,3	64,3	61,2	
Fosfor	1,3	1,2	0,9	1,1	
Kalsium	2,8	2,5	1,9	2,4	
Tonn fett, protein og vann i råstoffet (tonn)					
Fett	10 431	6 392	5 705	22 428	
Protein	7 809	4 998	4 935	17 892	
Vann	34 257	20 162	22 505	77 112	
Brennverdien i råstoffet (GJ)					
Fett	381 775	233 947	208 803	820 865	6,51
Protein	188 197	120 452	118 934	431 197	3,42
Sum energi	569 972	354 399	327 737	1 252 062	9,94
Energiforbruk ved behandling av råstoff (GJ) og fordampning av vann uten energigjenvinning					
Anleggenes forbruk GJ	126 403	82 620	78 372	287 395	2,28
GJ per tonn:	2,24	2,43	2,22		
Fordampning av alt vann	77 763	45 768	51 086	175 044	1,39
Det teoretiske metanpotensialet (GJ)					
Metanpotensialet i fett	350 482	214 771	191 688	756 941	6,01
Metanpotensialet i protein	139 063	89 004	87 882	315 950	2,51
Sum metanpotensialet	489 544	303 776	279 570	1 072 890	8,52
Tilgjengelig metan etter fradrag (20 % ikke omsatt til metan), (12 % til prosessvarme), (6 % til el-drift), (10 % til transport og spredning av gjødsel) (GJ)					
Tilgjengelig metan Fett	182 250	111 681	99 678	393 609	3,12
Tilgjengelig metan Protein	72 313	46 282	45 699	164 294	1,30
Tilgjengelig metan sum	254 563	157 963	145 377	557 903	4,43



Figur 9. Søylediagrammet viser den totale energimengden pr. år (effektiv varmeverdi i tørr prøve, vedlegg 1) i kategori 3 råvarene til Norsk Protein, i produkter fremstilt ved Norsk Protein og energiutbytte i ferdigvarene når prosessenergien er trukket fra (netto). Energiinnholdet er sammenlignet med teoretiske og anslåtte energiutbytte dersom råvarene nyttes som substrat i en biogassprosess.

Som det fremgår av figur 9 og tabell 11 er den tilgjengelige energien ved å benytte råstoffet til biogassproduksjon betydelig mindre enn den tilgjengelige energimengden når råstoffene benyttes til kjøttbeinmel (KBM) og animalsk fett i dagens produksjonslinjer hos Norsk Protein. Forskjellene i tilgjengelig energi i KBM og animalsk fett når energien til prosessering av råvarene er trukket fra den effektive brennverdien (analysebrev i vedlegg 1) av ferdigvarene er 349.000 GJ pr år ved 126.000 tonn kategori 3 råvarer levert pr. år (tall for 2008) (figur 9).

Av prosessenergien på 289.000 GJ som går med til framstilling av råvarene kan 103.000 GJ/år eller 227 kWh/tonn varmegjenvinnes ved å kondensere dampen fra fortørkingen som holder 100 °C (se fig 2, kapittel 2.4) med vann til fjernvarme ved at vannet varmes opp fra 50 til 85 °C med en virkingsgrad på 85 %. En slik løsning vurderes for tiden for anlegget på Hamar (kilde: Odd Vinje Lind, teknisk sjef Norsk Protein AS). Forskjellen mellom biogassløsning for råstoffet og dagens løsning vil da øke til om lag 450.000 GJ pr. år.

Den økonomiske vurderingen av verdien på de ulike energiformene (biogass urensset eller rensset og eller oppgradert til drivstoff, leveringsmuligheter og priser på varmtvann til fjernvarme, priser og avsetningsmuligheter for fôr, bio-olje, gjødsel og biorest) ved de to alternative prosessene bør også gjøres for å få et riktig grunnlag for en fullstendig sammenligning. Dette ligger utenfor oppdraget i denne rapporten.

5.2 Utnyttelse av næringsstoffer i restproduktene

Slakteribiprodukter representerer den nest største mengden fosfor i avfallstrømmer i Norge, mens avløps slam representerer den største fosformengden. Bøen & Grønlund (2008) har beregnet fosformengden i slakteribiprodukter til om lag 1800 tonn årlig. Denne mengden omfatter alle kategorier slakteribiprodukter. Ut fra mengder av slakteribiprodukter og konsentrasjoner av næringsstoffer oppgitt i kap. 2.3, er det regnet at kategori 3 slakteribiprodukter representerer en mengde på 1464 tonn P årlig. Om en forutsetter en virkningsgrad av P i slakteribiprodukter på 50 % i forhold til mineralsk P-gjødsel, kan en bruke 3 kg P/daa/år for å tilføre en passende mengde P til jordbruksvekster (gjødselnorm 1,5 kg

P/daa/år). Dersom en bruker P i slakteribiprodukter på en slik måte, er mengden P tilstrekkelig til å dekke P-behovet for 488 000 dekar (tab 13). Dersom en utnytter slakteribiproduktene i en biogassprosess, vil bioresten fra de tre anleggene Hamar, Grødalaland og Mosvik trenge et spredeareal på minst 488 000 dekar ut fra fornuftig og miljømessig riktig P-tilførsel.

Tabell 13. Mengde slakteribiprodukter (tonn/år), mengder næringsstoffer i biorest fra ulike anlegg og areal som dekkes av N og P-gjødsel i biorest basert på mengde mottatt slakteribiprodukter (2008).

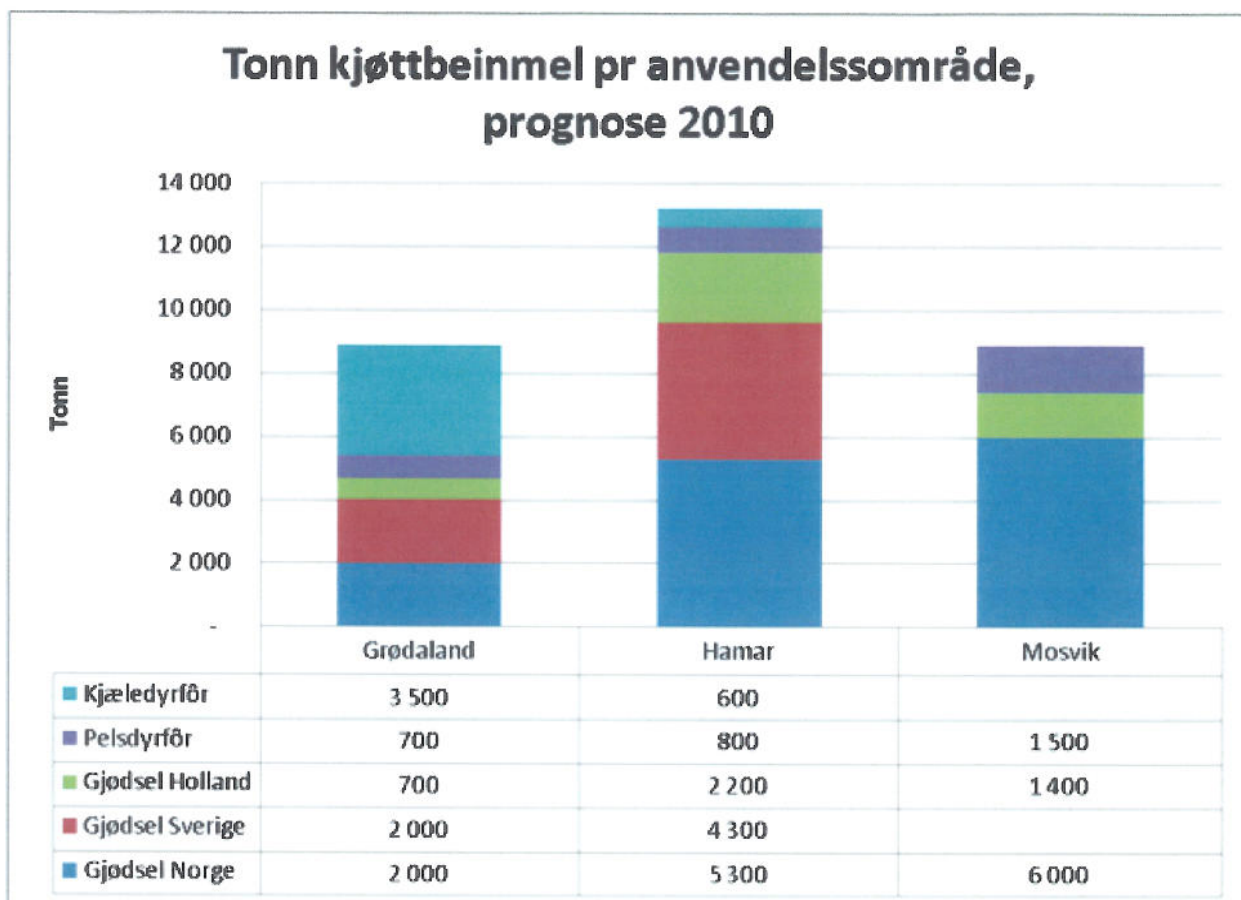
Anlegg	Mengde råvarer, tonn/år	Nitrogen %	Fosfor %	N tonn	P tonn	Areal ved 12 kg N/daa	Areal ved 3 kg P/daa
Hamar	57000	2,2	1,3	1249	741	104120	247000
Grødalaland	34000	2,4	1,2	800	408	66640	136000
Mosvik	35000	2,3	0,9	790	315	65800	105000
Totalt	126000			2839	1464	236560	488000

Ut fra dagens behandling av slakteribiprodukter ender næringsstoffene hovedsakelig opp i kjøttbeinmelet. Kjøttbeinmel er anbefalt brukt ut fra å dekke P-behovet til plantene eller ut fra N-behovet til plantene og gitt annet hvert år (Jeng *et al.* 2006). Dersom en tar utgangspunkt i tilførsel av 12 kg N/daa hvert annet år, tilsvarer det like stort areal som ved 3 kg P/daa hvert år på samme areal (tabell 14).

Tabell 14. Prognose for mengde ferdigvare av kjøttbeinmel, mengder næringsstoffer og areal som dekkes av N og P-gjødsel fra KBM (2009).

Anlegg	Mengde ferdigvare tonn/år	Nitrogen %	Fosfor %	N tonn/år	P tonn/år	Areal ved 12 kg N/daa	Areal ved 3 kg P/daa
Hamar	13200	8,4	4,9	1109	647	92400	215600
Grødalaland	8900	8,9	4,4	790	392	65860	130533
Mosvik	8900	9,5	3,7	847	329	70607	109767
Totalt	31000			2746	1368	228867	455900

Slik anvendelsen av kjøttbeinmel er lagt opp for 2010, vil mesteparten nyttes som gjødsel og noe bli utnyttet til kjæledyrfôr og pelsdyrfôr (Figur 10).



Figur 10. Prognose for anvendelse av kjøttbeinmel for 2010 angitt i tonn.

5.3 Logistikk og spredning av gjødsel

Fordi kjøttbeinmelet er tørt og konsentrert på næringsstoffer, kan det transporteres både innenlands og utenlands. En er således temmelig uavhengig av å finne et marked nær produksjonsstedet. Med tre anlegg i Norge som produserer kjøttbeinmel, vil en ut fra disse anleggene enkelt kunne levere kjøttbeinmel til mottakere over hele landet og også eksportere til Sverige og Holland.

Konsistensen av kjøttbeinmel (som mel) er ikke det enkleste å spre jevnt og i passende mengder, mens pelletert eller granulert vare er vesentlig enklere å spre jevnt i passende mengder. Kjøttbeinmel har ikke optimal sammensetning som gjødsel, og i forsøk har en oftest nyttet innblanding av kalium, magnesium og til dels svovel for å unngå at mangel av disse stoffene skulle påvirke forsøksresultatene (Haraldsen *et al.* 2005). En optimalisert kjøttbeinmelbasert gjødsel vil kunne ha et betydelig marked, særlig til økologiske produksjoner. I Sverige er prisen på Biofer (pelletert kjøttmel) rundt SEK 2,60 pr. kg (Wivstad & Nätterlund 2009), og produktet er kjent for å være godt egnet for å oppnå matkvalitet i økologisk hvetedyrking.

Mengdene næringsstoffer i biorest etter uttak av metan vil være av samme størrelsesorden som for kjøttbeinmel (tabell 15). Selv om det ikke er aktuelt å benytte slakteribiprodukter som eneste råstoff i en biogassprosess, er det viktig å ha klart for seg at bioresten vil kreve et spredeareal nær biogassanlegget på en helt annen måte enn for kjøttbeinmel. Norske biogassanlegg er i dag hovedsakelig bygd ut fra behandling av avløpslam eller matavfall. Om en sammenligner kjøttbeinmel med avløpslam fra anlegg med biogassproduksjon og avvannet biorest av matavfall, inneholder kjøttbeinmel veldig store konsentrasjoner av P-AL. I en biorest av kjøttbeinmel vil fosforkonsentrasjonen øke på tørrstoffbasis, slik at P-innholdet minst vil 10 % eller mer, avhengig av nedbrytningsgraden av organisk materiale. Mens pyrolyse av KBM ga mindre løst P enn i råvaren, forutsetter vi at utråtning av slakteribiproduktene vil gi minst like mye løselig P-AL som i KBM.

Tabell 15. Totalinnhold av næringsstoffer og tungmetaller i utrånet avløpslam, kjøttbeinmel, hønsegjødsel og avvannet biorest av matavfall.

Parameter	IVAR	FREVAR	VEAS	KBM Hamar	KBM Mosvik	Pyrolysert KBM	Hønsegjødsel.	Biorest
Total- N, % TS	2,62	2,50	1,97	8,5	9,8	3,9	1,92	3,3
NH ₄ -N, % TS	0,18	0,55	0,18	0,04	0,05	-	0,08	1,2
Total- P, % TS	2,91	1,33	1,48	5,1	4,0	9,69	2,76	2,1
P-AL, % TS	0,14	0,04	0,26	3,48	3,19	1,25	2,63	2,1
Total- K, % TS	0,25	0,22	0,20	0,35	0,41	0,4	2,9-3,1	0,16
Total- Ca, %	1,88	1,45	12,5	12	8,3	21,9	3,65-4,75	7,1
Cd, mg/kg TS	1,8	1,0	0,77	0,013	0,016	<0,4	0,90	0,18
Cu, mg/kg TS	231	132	385	5,0	6,4	1,6	108-140	33
Zn, mg/kg TS	593	373	243	87	100	147	751-819	130

Flytende biorest av matavfall er godt egnet som gjødsel (Andersen 2008), mens avvannet biorest av matavfall i hovedsak har vært nyttet som ingrediens i jordblandinger. Når avløpslam inngår i biogassprosessen bindes fosfor i tilført biogasssubstrat til overskudd av fellingskjemikalier som følger avløpslammet. Det er tydelig både for IVAR og FREVAR slam ved sammenligning av total P og P-AL (Tabell 15). Fordi P i avløpslam er sterkt bundet, har en hittil kunne spre avløpslam ut fra mengden tungmetaller og ikke ut fra mengden næringsstoffer. Ved innføring av andre miljømål, som EUs vannrammedirektiv, vil en i langt sterkere grad også måtte ta hensyn til fosfortilførselen på landbruksarealer.

Dersom en produserer en biorest basert på slakteribiprodukter, vil en ut fra mengden P i slakteribiproduktene alene trenge et spredeareal på 247000 dekar i Ringsaker/Hamar/Løten/Stange, 130533 dekar på Jæren og 109767 dekar i Nord-Trøndelag (Fosen/Inderøy/Verdal/Frosta) (tabell 16). Hvis produktet blir en flytende gjødsel med 4-5 % tørrstoff, er det utstyr for spredning av blautgjødsel som er mest egnet. Det vil imidlertid være nødvendig å behandle slakteribiproduktene sammen med annet organisk avfall i en biogassprosess. Det vil innebære at det trengs vesentlig større spredeareal, fordi det vil være næringsstoffer også i disse biogasssubstratene.

Vi har beregnet reelt behov for P-gjødsel gjennom en slik biorest i omlandet rundt de tre anleggene til Norsk Protein. I beregningene har vi skilt ut areal som enten ikke har tilgang på husdyrgjødsel eller mengden husdyrgjødsel utgjør mindre enn 1 kg P/daa. I beregningene er det nyttet et stort omland.

For Grødal er spredeareal i følgende kommuner inkludert: Sandnes, Stavanger, Sokndal, Lund, Hå, Klepp, Time, Gjesdal, Sola og Randaberg. Selv om alle disse kommunene er inkludert i beregningene, er det ikke mer enn 61916 dekar med P-behov. Til sammenligning er det i disse kommunene 430314 dekar som anses å være dekket med P ut fra mengde tilgjengelig husdyrgjødsel.

I Hamarregionen er det åkerdyrking som dominerer. I våre beregninger har vi lagt til grunn jordbruksområdene i Ringsaker, Hamar, Løten og Stange. Til sammen er det 187805 dekar med behov for P-gjødsel i dette området, mens det er omtrent like stort areal som er dekt med P fra husdyrgjødsel.

I Nord-Trøndelag har vi tatt med kommunene Frosta, Leksvik, Levanger, Verdal, Mosvik, Verran, Namdalseid og Inderøy i våre beregninger av spredeareal med P-behov. Vi har funnet 111301 dekar med P-behov i dette området. Det er imidlertid et større areal i dette området som er fullt ut dekket med P fra husdyrgjødsel, 251293 dekar.

Tabell 16. Potensielt spredeareal med behov for P-gjødsel i omlandet rundt Norsk Proteins anlegg ved Grødal (Jæren), Hamar (Ringsaker/Hamar/Stange/Løten) og Mosvik (Mosvik, Verdal, Levanger, Leksvik, Frosta, Verran, Namdalseid og Inderøy).

Anlegg	Areal uten husdyrgj., dekar	Areal med 0-1 kg P/daa i husdyrgj., dekar	Potensielt areal med P-behov, dekar
Grødal	30407	31509	61916
Hamar	123210	64595	187805
Mosvik	67602	43699	111301

Våre beregninger viser tydelig at det ikke finnes spredeareal i Jærregionen i den størrelsesorden som er nødvendig for å kunne utnytte P-ressursen i biorest fra slakteribiproduktene i rimelig nærhet til anlegget. Det samme er tilfellet i Hamarregionen der det teoretisk mangler om lag 60000 dekar spredeareal, og i praksis langt mer fordi det beregnede omland representerer transportavstander på flere mil i radius fra anlegget. Når det gjelder Mosvik, er det teoretiske spredearealet omtrent på nivå med behovet. Også i disse beregningene er det forutsatt betydelige transportavstander, mange mil, for deler av spredearealet.

Det er imidlertid svært sannsynlig av slakteribiproduktene vil skille seg under utråtning og danne et P og Ca- rikt bunnfall, mens det dannes en N- rik flytende løsning. Den N-rike løsningen vil være konsentrert på N på tørrstoffbasis, men vil neppe kunne ha særlig større TS- innhold enn 2-3 %. Bunnfallet forutsettes å kunne avvannes, slik at en oppnår et tørrstoffinnhold på minst 20 % i den avvannede bioresten. Avvannet biorest av kjøttbeinmel vil være svært P- rik, og vil kunne egne seg som råstoff for gjødselproduksjon. Det er imidlertid så langt ansett å være en forskningsoppgave å utvikle en slik gjødsel. I WP 1.4 i CenBio er utvikling av NPK- gjødsel basert på avvannet biorest som P-kilde pekt ut som et aktuelt tema. En NPK- gjødsel basert på avvannet biorest vil være en mulig måte for å oppnå et spredeareal på landsbasis ut fra P-ressursen i kjøttbeinmel. Ut fra våre beregninger av potensielt spredeareal rundt Norsk Proteins anlegg, er det utvikling av en NPK- gjødsel basert på avvannet biorest som er eneste mulige måte for å oppnå tilfredsstillende fordeling av P-ressursen på jordbruksareal. Vi har i denne sammenheng ikke beregnet energibehovet for fremstilling av en slik gjødsel, men det er åpenbart at det trengs betydelige energimengder for å tørke de mengdene avvannet biorest det er snakk om. En biogassløsning vil således kreve to separate systemer for gjødselspredning:

- Flytende gjødsel som N-kilde til bruk i nærområdet rundt anleggene, som spres med utstyr for blautgjødsel/gyllespredning og krever oppbygging av satelittlagre for flytende biorest eller blanding med husdyrgjødsel i eksisterende husdyrgjødsellagre
- Utvikling av en NPK- gjødsel basert på avvannet biorest som i utgangspunktet har P-konsentrasjon på minst 10 % av TS

Etter vår vurdering er det mange usikkerhetsmomenter knyttet til utnyttelse av slakteribiprodukter som biogassråstoff, og det er behov for betydelig forskningsinnsats på flere områder før en har det faglige grunnlaget for alle ledd i prosessen.

5.4 Konklusjoner

Ut fra et overordnet avfallshierarki har vi satt opp en rekkefølge over hvordan man bør prioritere bruken av biprodukter fra slakterier, ut fra et energi-, miljø- og ressursynspunkt. Innen rammen av dette prosjektet mangler det en del detaljert informasjon om prosessmuligheter og energiforbruk knyttet til enkeltprosesser som vil være nødvendig for å gjøre denne prioriteringen mer presis. Dette kan gjøres i en eventuell oppfølgende undersøkelse hvor denne mer detaljerte informasjonen er gjort tilgjengelig.

1. Den høyeste utnyttelsen er å benytte ressursene direkte som mat for mennesker. Siden vi her vurderer slakteribiprodukter, er dette allerede forkastet som mat til mennesker.
2. Etter mat til mennesker vurderes fôr til produksjonsdyr som den beste utnyttelsen. En andel av fettene benyttes nå som råvareingrediens til bruk i kraftfôrblandinger til svin og fjørfe. Protein- og restfraksjonen kan ikke benyttes som fôr til produksjonsdyr på grunn av bruksbegrensningene som ligger i TSE- forskriften og Biproduktforskriften.

3. Vi setter bruk som fôr til kjæledyr og pelsdyr som tredje beste bruk. Dersom ikke avfallsbaserte råvarer benyttes, vil man måtte produsere andre produkter for dette bruk, sannsynligvis med et høyere forbruk av energi og ressurser.
4. Energiutnyttelse sammen med utnyttelse av næringsalter som gjødselprodukt. Beste energiutnyttelse av fett vil være som nevnt i punkt 2 og 3. Deretter vil beste bruk være å benytte fett til produksjon av biodiesel. Sekundært som stasjonært brensel. Protein- og beindelen inneholder næringsalter, spesielt N og P, som kan utnyttes i form av KBM.
5. Framstilling av biogass fra slakteribiproduktene og benyttelse av bioresten som gjødsel. Tilgjengelig energi i form av biogass vil være i størrelsesorden 400.000 - 500.000 GJ. Energien vil være i form av biogass som er en høyverdig form for energi. På grunn av utfordringer knyttet til lokale spredearealer og prosessstekniske utfordringer, kan det mest aktuelle alternativet være å opptre som leverandør av biogass-substrat til andre biogassanlegg. Dette kan bli et ettertraktet substrat ettersom flere biogassanlegg blir etablert, spesielt dersom det etableres anlegg basert på energigvekster som gjerne har et behov for et økt N-tilskudd.
6. Forbrenning av slakteribiprodukter. Total brennverdi er i størrelsesorden på 1.250.000 GJ, men det vil gå med om lag 175.000 GJ til fordampning av vann, samt at næringssaltressursene ikke utnyttes. Effektiviteten i en forbrenningsprosess er ikke vurdert. Energien vil være i form av varme - en lavverdig energiform.

Referanser

- Andersen, U. 2008. Veksthusforsøk med ulike organiske gjødselprodukter i bygg. Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for plante- og miljøvitenskap, Master oppgave 30 stp., 60 s.
- Angelidaki, I., L. Ellegaard & B. Ahring, 2003. Applications of the anaerobic digestion process. I: "Biomethanation II", red. Birgitte K. Ahring, Advances in Biochemical engineering/Biotechnology 82, ISBN 3-540-44321-5
- Berglund, M. & Börjesson, P., 2003. Energianalys av biogassystem. Lunds Tekniska Högskola. Rapport 44. ISBN 91-88360-63-6, ISSN 1102-3651. 90 s.
- Briseid, T. 2008. Innspill om bioenergi - Våtorganisk avfall, husholdningsavfall og avløps slam - Mengder, miljøeffekter, energiinnhold. Bioforsk Rapport, Vol. 3, nr. 65. ISBN 97882-17-00363-2.
- Briseid, T., E. Eek & R. Linjordet 2006. Biologiske prosesser i sedimenter - En litteraturstudie, Bioforsk Rapport, Vol. 1 nr. 123, 2006.
- Bøen, A. & A. Grønlund 2008. Phosphorus resources in waste - closing the loop? NJF Report Vol.4 (4):102-106.
- Cayuela, M.L., T. Sinicco, F. Fornasier, M.A. Sanchez-Monedero & C. Mondini 2008. Carbon mineralization dynamics in soils amended with meat meals under laboratory conditions. Waste Management 28: 707-715.
- Jeng, A. & N. Vagstad 2003. Kjøttbeinmjøl: gjødsel og jordforbedringseffekter. Jordforsk Rapport 15/03. 13 s., 9 s. vedlegg.
- Jeng, A. & N. Vagstad 2009. Potential nitrogen and phosphorus leaching from soils fertilized with meat and bone meal. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant and Soil Science 59: 245-253.
- Jeng, A., T.K. Haraldsen, N. Vagstad, A. Grønlund & S. Tveitnes 2004. Meat and bone meal as nitrogen fertilizer to cereals in Norway. Agriculture & Food Science 13: 268-275.
- Jeng, A., T.K. Haraldsen, A. Grønlund & P.A. Pedersen 2006. Meat and bone meal as nitrogen and phosphorus fertilizer to cereals and rye grass. Nutrient Cycling in Agroecosystems 76(2-3): 183-191.
- Haraldsen, T.K., A. Jeng, A. Grønlund, P.A. Pedersen, P.O. Lindemark, H. Solberg & A. Vagle 2005. Kjøttbeinmel som nitrogen og fosforgjødsel. Resultater fra kar- og markforsøk i 2003 og 2004. Jordforsk rapport 10/05. 21 s.
- Landbruks- og matdepartementet 2007. Forskrift om animalske biprodukter som ikke er beregnet på konsum. FOR 2007-10-27 nr 1254. <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20071027-1254.html>
- Langerud, B., S. Størdal, H. Wiig & M. Ørbeck 2007. Bioenergi i Norge - potensialer, markeder og virkemidler. ØF-rapport nr. 17, Østfoldforskning, ISBN 978-82-7356-619-5, ISSN 0809-1617.
- Mondini, C., M.L. Cayuela, T. Sinicco, M.A. Sanches-Monedero, E. Bertolone & L. Bardi 2008. Soil application of meat and bone meal. Short term effects on mineralization dynamics and soil biochemical and microbiological properties. Soil Biology & Biochemistry 40: 462-474.
- Ohr, Kristian, 2002. Biogass - Energiproduksjon og avfallsbehandling. Asplan Viak. ORIO-programmet prosjekt nr. 0202.
- RVF 2004. Användning av biogödsel. En rapport från BUS-projektet. RVF-Utveckling 2005: 10. 50 s.
- Raadal, H.L., V. Schakenda & J. Morken 2008. Potensialstudie for biogass i Norge. Østfoldforskningen AS og UMB, ISSN nr. 0803-6659.
- Skaanning *et al.* 2004. Forsøg med anaerob utrådnig af animalske råvarer fra Daka. Hengdal AS, Aalborg universitet, Espjerg, Dansk landbrugsrådgivning, Landcenteret, Daka, a.m.b.a. Tendt Skaaning, Jens Bo Holm Nielsen, Jørgen Inge, Kjær Andreasen..
- SFT 2008. Alternative behandlingsformer for nedbrytbart avfall og tiltak som fremmer kraft-, varme- og drivstoffproduksjon, SFT 1. september 2008.
- Schnürer, A. & Å. Jarvis 2009. Mikrobiologisk handbok för biogasanläggningar. Avfall Sverige - Utvecling och Svensk Gastekniskt Center AB. ISSN 1103-4092.
- Stepien, A., & S. Szymczyk 2009. Application of meat and bone meals in agricultural ecosystems and their effect on the aquatic environment. In: Brebbia, C.A. & E. Tiezzi (Eds.) Ecosystems and Sustainable Development VII, 122: 449-457
- Thofelt, L., G. Gradin & S. Wadman 1995. Biogas ur slaktavfall - ett biologiskt tekniskt system. Rapport Mitthögskolan, 1995:20.

- Trøite, T.S. 2007. Kjøttbeinmel som gjødsel i økologisk korndyrking. Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for plante- og miljøvitenskap, Masteroppgave 30 stp., 60 s.
- Wivstad, M. & H.Nätterlund 2009. Hundra kg kväve klarade proteingräns - försök med organiska gödselmedel på ekologiska växtodlingsgårdar i Skåne. Forskningsnytt om økologisk landbruk i Norden 1-09: 3-6.
- Ylivainio, K., R. Uusitalo & E. Turtola 2008. Meat bone meal and fox manure and P sources for ryegrass (*Lolium multiflorum*) grown on a limed soil. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 81: 267-278.

6. Vedlegg 1

Analyserapporter av kjøttbeinmel og bio-olje fra Norsk Protein AS, Avd. Hamar kat 1. Prøvetatt 19.09.2008 og analysert som fôrprøver ved AnalyCen AS i Moss.

Analyserapport

Moss

AnalyCen 

Norsk Protein AS
Avd. Hamar 2
Att: Helge Rynning
Smihagan 25
2323 Ingeberg

Rapport utført av
akkreditert laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Side 1 (2)

Lab.nr.	NOF005215-08		
Kundenummer	8184022-1363909		
Prøvetype	Fôrprøver		
Oppdragets merking	Avd. Hamar kat 1.		
Produkt	Kjøttbeinmel		
		Tatt ut	19.09.2008
		Prøve mottatt	01.10.2008
		Analyserapport klar	21.10.2008
Merket	Kjøttbeinmel til Biobrensel 19.09.2008, Hamar Kat.1		

Parameter	Resultat	Enhet	Måleu.	Ref/Metode basert på	Lab
* Nedmaling	1				L
Fuktinnhold	1.1	%	± 6 %	SS 187170	L
Askeinnhold	30.2	% Ts	± 15 %	SS 187171	L
Askeinnhold i levert tilstand	29.9	%	± 15 %	SS 187171	L
Svovel S	0.39	% Ts	± 10 %	SS 187177	L
Svovel S Levert tilstand	0.39	%	± 10 %	SS 187177	L
Klor Cl	0.66	% Ts	± 25 %	SS 187177	L
Klor Cl Levert tilstand	0.65	%	± 25 %	SS 187177	L
Karbon C	40.5	% Ts	± 10 %	ASTM-D 5373	L
Karbon C Levert tilstand	40.1	%	± 10 %	ASTM-D 5373	L
Hydrogen H	5.5	% Ts	± 10 %	ASTM-D 5373	L
Hydrogen H Levert tilstand	5.5	%	± 10 %	ASTM-D 5373	L
Nitrogen N	10.3	% Ts	± 30 %	ASTM-D 5373	L
Nitrogen N Levert tilstand	9.8	%	± 30 %	ASTM-D 5373	L
* Oksygen O (beregnet)	12.7	% Ts			L
* Oksygen O Levert tilstand (beregnet)	13.5	%			L
KALORIMETRISK VARMEVERDI	,		± 3 %	SS-ISO 1928	L
Tørr prøve	18.611	MJ/kg	± 3 %	SS-ISO 1928	L
Tørr prøve	4448	Kcal/kg	± 3 %	SS-ISO 1928	L
Tørr prøve	5.168	MWh/ton	± 3 %	SS-ISO 1928	L
Tørr prøve.	8001	BTU/lb	± 3 %	SS-ISO 1928	L
Levert tilstand	18.406	MJ/kg	± 3 %	SS-ISO 1928	L
Levert tilstand	4399	Kcal/kg	± 3 %	SS-ISO 1928	L
Levert tilstand	5.111	MWh/ton	± 3 %	SS-ISO 1928	L
Levert tilstand.	7913	BTU/lb	± 3 %	SS-ISO 1928	L
EFFEKTIV VARMEVERDI	,			SS-ISO 1928	L
Konstant volum tørr prøve	17.485	MJ/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant volum tørr prøve	4179	Kcal/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant volum tørr prøve	4.855	MWh/ton		SS-ISO 1928	L
Konstant volum tørr prøve.	7517	BTU/lb		SS-ISO 1928	L
Konstant volum lev.tilstand	17.267	MJ/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant volum lev.tilstand	4127	Kcal/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant volum lev. tilstand	4.795	MWh/ton		SS-ISO 1928	L
Konstant volum lev.tilstand	7423	BTU/lb		SS-ISO 1928	L

Kopi til:

Bernt-Jostein Viste
Nærbø

Lab.nr.	NOF005215-08
Kundenummer	8184022-1363909
Prøvetype	Fôrpøver
Oppdragets merking	Avd. Hamar kat 1.
Produkt	Kjøttbeinmel

Parameter	Resultat	Enhet	Måleu.	Ref/Metode basert på	Lab
EFFEKTIV VARMEVERDI	,			SS-ISO 1928	L
Konstant trykk tørr prøve	17.433	MJ/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk tørr prøve	4167	Kcal/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk tørr prøve	4.841	MWh/ton		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk tørr prøve.	7495	BTU/lb		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk lev.tilstand	17.215	MJ/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk lev.tilstand	4114	Kcal/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk lev.tilstand	4.781	MWh/ton		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk lev.tilstand.	7401	BTU/lb		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk tp askfritt	24.976	MJ/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk tp askfritt	5969	Kcal/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk tp askfritt	6.936	MWh/ton		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk tp askfritt.	10737	BTU/lb		SS-ISO 1928	L
Konstant volum tp askfritt	25.050	MJ/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant volum tp askfritt	5987	Kcal/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant volum tp askfritt	6.956	MWh/ton		SS-ISO 1928	L
Konstant volum tp askfritt.	10769	BTU/lb		SS-ISO 1928	L

Karin Danielsen +47 69279817
Lab. ingeniør

Denne rapport er elektronisk signert!

Analyserapport

Moss

AnalyCen 

Norsk Protein AS
Avd. Hamar 2
Att: Helge Rynning
Smihagan 25
2323 Ingeberg

Rapport utført av
akkreditert laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Lab.nr.	NOF005214-08	Side 1 (2)
Kundenummer	8184022-1363909	
Prøvetype	Førprøver	
Oppdragets merking	Avd. Hamar kat 1.	
Produkt	Bioolje	
	Tatt ut	19.09.2008
	Prøve mottatt	01.10.2008
	Analyserapport klar	29.10.2008
Merket	Bioolje 19.09.08 Hamar Kat 1.	

Parameter	Resultat	Enhet	Måleu.	Ref/Metode basert på	Lab
* Nedmaling	1				L
Fuktinnhold	0.4	%	± 6 %	SS 187170	L
Askeinnhold	<0.1	% Ts	± 15 %	SS 187171	L
Askeinnhold i levert tilstand	<0.1	%	± 15 %	SS 187171	L
Svovel S	0.01	% Ts	± 10 %	SS 187177	L
Svovel S Levert tilstand	0.01	%	± 10 %	SS 187177	L
Klor Cl	<0.01	% Ts	± 25 %	SS 187177	L
Klor Cl Levert tilstand	<0.01	%	± 25 %	SS 187177	L
Karbon C	75.8	% Ts	± 10 %	ASTM-D 5373	L
Karbon C Levert tilstand	75.5	%	± 10 %	ASTM-D 5373	L
Hydrogen H	12.0	% Ts	± 10 %	ASTM-D 5373	L
Hydrogen H Levert tilstand	12.0	%	± 10 %	ASTM-D 5373	L
Nitrogen N	0.20	% Ts	± 30 %	ASTM-D 5373	L
Nitrogen N Levert tilstand	0.20	%	± 30 %	ASTM-D 5373	L
* Oksygen O (beregnet)	11.9	% Ts			L
* Oksygen O Levert tilstand (beregnet)	12.2	%			L
KALORIMETRISK VARMEVERDI	,		± 3 %	SS-ISO 1928	L
Tørr prøve	39.077	MJ/kg	± 3 %	SS-ISO 1928	L
Tørr prøve	9339	Kcal/kg	± 3 %	SS-ISO 1928	L
Tørr prøve	10.852	MWh/ton	± 3 %	SS-ISO 1928	L
Tørr prøve.	16799	BTU/lb	± 3 %	SS-ISO 1928	L
Levert tilstand	38.920	MJ/kg	± 3 %	SS-ISO 1928	L
Levert tilstand	9302	Kcal/kg	± 3 %	SS-ISO 1928	L
Levert tilstand	10.808	MWh/ton	± 3 %	SS-ISO 1928	L
Levert tilstand.	16732	BTU/lb	± 3 %	SS-ISO 1928	L
EFFEKTIV VARMEVERDI	,			SS-ISO 1928	L
Konstant volum tørr prøve	36.608	MJ/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant volum tørr prøve	8749	Kcal/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant volum tørr prøve	10.166	MWh/ton		SS-ISO 1928	L
Konstant volum tørr prøve.	15738	BTU/lb		SS-ISO 1928	L
Konstant volum lev.tilstand	36.452	MJ/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant volum lev.tilstand	8712	Kcal/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant volum lev. tilstand	10.123	MWh/ton		SS-ISO 1928	L
Konstant volum lev.tilstand	15671	BTU/lb		SS-ISO 1928	L

Kopi til:

Bernt-Jostein Viste
Nærbø

Lab.nr.	NOF005214-08
Kundenummer	8184022-1363909
Prøvetype	Førprøver
Oppdragets merking	Avd. Hamar kat 1.
Produkt	Bioolje

Parameter	Resultat	Enhet	Måleu.	Ref/Metode basert på	Lab
EFFEKTIV VARMEVERDI	,			SS-ISO 1928	L
Konstant trykk tørr prøve	36.527	MJ/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk tørr prøve	8730	Kcal/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk tørr prøve	10.143	MWh/ton		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk tørr prøve.	15703	BTU/lb		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk lev.tilstand	36.371	MJ/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk lev.tilstand	8693	Kcal/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk lev.tilstand	10.100	MWh/ton		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk lev.tilstand.	15636	BTU/lb		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk tp askfritt	36.564	MJ/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk tp askfritt	8739	Kcal/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk tp askfritt	10.154	MWh/ton		SS-ISO 1928	L
Konstant trykk tp askfritt.	15719	BTU/lb		SS-ISO 1928	L
Konstant volum tp askfritt	36.645	MJ/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant volum tp askfritt	8758	Kcal/kg		SS-ISO 1928	L
Konstant volum tp askfritt	10.176	MWh/ton		SS-ISO 1928	L
Konstant volum tp askfritt.	15754	BTU/lb		SS-ISO 1928	L

Karin Danielsen +47 69279817

Lab. ingeniør

Denne rapport er elektronisk signert!