

Bioforsk Rapport

Bioforsk Report

Vol. 10 Nr. 7 2015

Bruk av råtnerest i økologisk landbruk

I. Aktuelle ingredienser til biogassproduksjon

II. Effekt på avling, jord og jordliv

Grete Lene Serikstad



www.bioforsk.no





Hovedkontor/Head office
Frederik A. Dahls vei 20
N-1430 Ås
Tel.: (+47) 40 60 41 00
post@bioforsk.no

Bioforsk Økologisk
Bioforsk Organic Food and Farming
Gunnars veg 6
6630 Tingvoll
Tel.: (+47) 40 60 41 00
Grete.lene.serikstad@bioforsk.no

Tittel/Title:

Bruk av råtnerest i økologisk landbruk
I. Aktuelle ingredienser til biogassproduksjon
II. Effekt på avling, jord og jordliv

Forfatter(e)/Author(s):

Grete Lene Serikstad

<i>Dato/Date:</i> 6.2. og 31.12.2015	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i> 20279	<i>Saksnr./Archive No.:</i> Arkivnr
<i>Rapport nr./Report No.:</i> 7/10	<i>ISBN-nr./ISBN-no:</i> 978-82-17-01390-7	<i>Antall sider/Number of pages:</i> 81	<i>Antall vedlegg/Number of appendices:</i> 1

Oppdragsgiver/Employer:
Mattilsynet

Kontaktperson/Contact person:
Monica Wear Stubberud

Stikkord/Keywords:

Biogassproduksjon, råtnerest, uønskete stoffer, økologisk landbruk
Biogas, contaminants, digestate, organic farming

Fagområde/Field of work:

Gjødsling, resirkulering, regelverk
Fertilisation, recycling, standards

Sammendrag:

Se s. 4

Summary:

Different types of organic waste materials, including animal manure, can be used in biogas plants. The digestate is used as a fertilizer, also in organic farming. The report describes different substrates and possible risks of using the digestate in organic farming. National and international legislations concerning the digestate are presented. Nutrient content of different digestates are described. Effects on soil fertility and soil fauna are discussed. Examples of yields from crops fertilized with digestate are also presented. The work was initiated by Norwegian Food Safety Authority.

Land/Country:

Norge

Fylke/County:

Møre og Romsdal

Kommune/Municipality:

Tingvoll

Sted/Lokalitet:

Tingvoll

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader

Kristin M. Sørheim

Grete Lene Serikstad

Forsidebilde: Innsamlingsanlegg for matavfall. Foto: Anne-Kristin Løes

Innhold

1.	Sammendrag	4
2.	Forord	6
3.	Innledning	7
4.	Biogassproduksjon	8
4.1	Kort om biogassproduksjonen	8
4.2	Biogassproduksjon i økologisk landbruk	9
4.3	Økologisk biogassproduksjon	9
5.	Råstoff i biogassproduksjon	11
5.1	Husdyrgjødsel - økologisk og konvensjonell	11
5.2	Husholdningsavfall	16
5.3	Vegetabilsk materiale fra næringsmiddelindustri	20
5.4	Animalsk materiale.....	21
5.4.1	Slakteriavfall	21
5.4.2	Fiskeavfall	22
5.5	Kloakkslam.....	24
6.	Tilsetningsstoffer.....	25
7.	Aktuelt regelverk.....	27
7.1	Generelle regler	27
7.1.1	Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav	27
7.1.2	Forskrift om animalske biprodukter som ikke er beregnet på konsum	30
7.1.3	Forskrift om transport og behandling av animalsk avfall, og anlegg som behandler animalsk avfall.....	31
7.2	Regler for gjødsel tillatt i økologisk drift	32
7.2.1	Norske regler for økologisk produksjon.....	33
7.2.2	Danske regler for økologisk landbruk	34
7.2.3	Svenske regler for økologisk landbruk	34
7.3	Svensk godkjenningssystem for biogassanlegg, SPCR 120	35
8.	Momenter til diskusjon.....	36
8.1	Risiko ved bruk av råtnerest.....	36
8.1.1	Risikovurdering av avløpslam	37
8.2	Momenter ved vurdering av risiko	38
8.3	Internasjonalt regelverk.....	39
8.4	Hvordan fastsette for grenser for innhold av uønskete stoffer?	42
9.	Innledning del II	43
10.	Næringsinnhold i råtneresten.....	44
10.1	Næringsinnhold i råtnerest fra husdyrgjødsel	46
10.2	Næringsinnhold i råtnerest fra ulike typer organisk avfall.....	48
11.	Hva skjer i jorda ved tilførsel av råtnerest?	50
11.1	Effekt av råtneresten på jordliv	51
11.2	Effekt av uønskete stoffer?	55
12.	Avlingsresultater	58
12.1	Engavlinger	59
12.2	Avlinger av ettårige vekster	60
12.3	Oppsummering	62
13.	Avslutning	64
14.	Referanser	67
15.	Vedlegg	76

1. Sammendrag

Organisk materiale fra storsamfunnet kan komme til nytte i biogassproduksjon. Husdyrgjødsel er også en aktuell råstoffkilde for biogassanlegg. Ved hjelp av ulike anaerobe bakterier omdannes det organiske materialet til biogass og en råtnerest. Råtneresten kan brukes til gjødsel. Denne rapporten er resultatet av at Regelverksutvalget for økologisk produksjon (RVU) og Mattilsynet ønsket mer kunnskap om råtnerest fra biogassanlegg brukt som gjødsel i økologisk landbruk.

Rapporten omtaler ulike typer råstoff som er aktuelle for biogassproduksjon. Det ideelle råstoffet gir en stabil gjæringsprosess, stort energiutbytte og en råtnerest med høyt næringsinnhold, uten innhold av uønskete stoffer. Husdyrgjødsel, kildesortert husholdningsavfall og avfall fra næringsmiddelindustri, som slakteri og fiskeforedling, er spesielt aktuelle å bruke, siden det meste av disse innsatsfaktorene er tillatt brukt i økologisk produksjon.

IFOAMs varsomhetsprinsipp for økologisk landbruk, nasjonalt regelverk for bruk av råtnerest generelt og internasjonalt lovverk (EU) for bruk av råtnerest i økologisk landbruk setter grenser for hva slags råstoff som kan brukes hvis råtneresten skal nyttes som gjødsel i økologisk landbruk. Hvis ikke råstoffene i biogassproduksjonen er økologiske, vil råtneresten inngå i den ikke-økologiske gjødselandelen. Stadig flere organiske restprodukter er tilgjengelige som råstoff i biogassproduksjon, og interessen for bruk av resirkulerte næringsstoffer øker i økologisk landbruk. Dagens regelverk er ikke tilpasset denne utviklingen, og det pågår en oppdatering av gjeldende regelverk både nasjonalt og i EU. Det er viktig at nye regler for bruk av råtnerest i økologisk landbruk fastsettes på best mulig faglig grunnlag, og er presise og lettforståelige.

Uønskete stoffer kan forekomme i råstoffet til biogassproduksjonen og gjøre råtneresten uaktuell som gjødsel. Dette kan f.eks. være tungmetaller, organiske miljøgifter, medisinrester og patogener. Det er dessuten en utfordring at konsentrasjonene av slike stoffer, f.eks. av tungmetaller, øker når organisk materiale brytes ned og tørrstoff-innholdet i substratet/råtneresten reduseres. Det er et mål for økologisk landbruk å produsere mat med høy kvalitet og minst mulig innhold av miljøgifter og andre uønskede stoffer. Derfor er det ekstra viktig for økologisk landbruk at råtneresten holder en høy kvalitet. Noen tilsetningsstoffer og prosesshjelpemidler som brukes i biogassproduksjonen vil også være uønsket i råtneresten. Det er særlig råstoff fra mange kilder, som f.eks. husholdningsavfall og slakteriavfall, som kan gi høy risiko for uønskete stoffer og dermed kan være problematiske som opphav til råtnerest brukt som gjødsel i økologisk landbruk. Råstoff med kjent innhold av uønskete enkeltstoffer, som f.eks. medisinrester, vil også være problematiske.

Noen få analyser av råtnerest i de nordiske landene er utført, og viser at ulike uønskete stoffer kan forekomme i råtnerest. Det trengs mer kunnskap om slik forekomst i råstoffene som benyttes, og om hvordan de ulike forbindelsene endrer seg gjennom biogassproduksjonen, for å kunne fastsette maksimumsverdier for tillatt innhold av ulike uønskete stoffer. Slike verdier bør imidlertid ikke bare basere seg på konsentrasjonen av stoffene, men også på hvor mye som kan tilføres av råtneresten totalt per arealenhet.

Råtneresten inneholder organisk materiale og viktige næringsstoffer. Innholdet bestemmes av hvilke råstoffer som er brukt i biogassprosessen, type biogassprosess, evt. stoffer tilsatt i prosessen, og hva slags råtnerest det er snakk om. Håndtering av råtneresten er også avgjørende for mengde næring som til slutt er tilgjengelig for plantene. Råtnerest har gode

spredeegenskaper: tyntflytende og med lite lukt, og renner raskere ned i jorda enn vanlig bløtgjødsel. Innholdet av organisk materiale reduseres og pH øker sammenlignet med utgangsmaterialet, mens andelen $\text{NH}_4\text{-N}$ av total-N øker. Hvis gjødsla moldes godt ned, vil råtnerest ha en bedre gjødseleffekt enn bløtgjødsel på vekster både med kort og lang vekstsesong. Spredd på overflaten av eng vil utråtnet husdyrgjødsel gi like god avlings-effekt som ubehandlet gjødsel. Rask nedmolding/-felling er viktig for å få best mulig gjødseleffekt.

I likhet med annen gjødsel, vil tilførsel av råtnerest påvirke jordlivet. Tilførsel av næringsstoffer og organisk materiale vil på lang sikt påvirke jordlivet positivt, også indirekte gjennom produksjon av større avlinger og dermed mer planterester i jorda. Rett etter gjødsling er effekten negativ, spesielt ved tilførsel av store mengder. Ammonium er giftig for meitemark, og både råtnerest og annen gjødsel bør spres i små mengder og fortynnet med vann. Evt. tilførsel av uønskete stoffer, som f.eks. tungmetaller, pesticider og organiske miljøgifter kan gi negative effekter på jordlivet, men få undersøkelser om dette er gjort. Undersøkelser viser at patogene organismer og ugrasfrø i liten grad overlever biogassprosessen. Rester av veterinærmedisin kan forekomme i råtnerest av husdyrgjødsel, men vi vet lite om hvordan de påvirkes av forbehandling og utråtning, og om hvordan de brytes ned i jorda, blir akkumulert eller tas opp av planter.

Rapporten oppsummerer ulike momenter som må være med i vurderingen ved planlegging av gårdsbaserte biogassanlegg på økologiske gårdsbruk og bruk av råtnerest som gjødsel i økologisk landbruk. Tekniske, økonomiske og agronomiske forhold må vurderes. Utformingen av lovverket må basere seg på nyeste viten innen fagområdet. Rapporten omfatter ikke konsekvenser av biogassproduksjon og bruk av råtnerest for bærekraft generelt eller klimagassutslipp spesielt.

Noen biogassanlegg, både små og store, er i drift i Norge i dag. De fleste og største er anlegg for behandling av husholdningsavfall og/eller kloakkslam. Flere anlegg er under planlegging eller utbygging. Samtidig pågår det utprøvinger, forsøk og forskning innen råstoffanvendelse, egnet teknologi for biogassproduksjon, bruk av råtneresten og hvilken virkning den har på avlinger, jord og jordliv.

2. Forord

Regelverksutvalget for økologisk produksjon (RVU) og Mattilsynet ønsker mer kunnskap om råtnerest fra biogassanlegg brukt som gjødsel i økologisk landbruk.

Biogassbehandling av organisk avfall kan bidra til å tilbakeføre verdifulle næringsstoffer til jordbruksjord. I økologisk landbruk er det et mål å produsere mat av spesiell kvalitet. Det er viktig å avklare hvilke typer avfall og restråstoff som uten problemer kan brukes som biogass-substrat og deretter bli gjødsel i økologisk drift, og hvilke som kan være mer problematiske.

Interessen for biogassproduksjon og bruk av råtnerest fra biogassanlegg er økende, både innen konvensjonelt og økologisk landbruk. Biogassanlegg med husdyrgjødsel som eneste råstoff er foreløpig ikke lønnsomt med norske klimaforhold, kostnadsnivå og energipriser. Samtidig er det begrensninger i lovverket på hvilke substrater som kan brukes i tillegg til husdyrgjødsel når råtneresten skal brukes på økologiske arealer. Verken nåværende gjødselvare-forskrift eller dagens økologiforskrift er oppdatert med hensyn til bruk av råtnerest som gjødsel.

Regelverksutvalget for økologisk produksjon (RVU) og Mattilsynet har gitt prosjektmidler til Bioforsk Økologisk til en utredning om bruk av råtnerest i økologisk landbruk.

Hovedmålet med prosjektet har vært å skaffe økt kunnskap om muligheter og begrensninger for bruk av råtnerest fra biogassanlegg som gjødsel i økologisk landbruk.

Rapporten omhandler ulike typer organisk materiale som kan brukes i biogassproduksjon, som husdyrgjødsel, kildesortert husholdningsavfall og avfall fra næringsmiddelindustrien. Biogassanlegg kan være store sentralanlegg, hvor ulike typer avfall brukes som råstoff, eller små gårdsbaserte anlegg, hvor husdyrgjødsel er viktigste råstoffkilde, kanskje supplert med energirike substrat fra matvareindustri. Litteraturstudiet omfatter hovedsakelig undersøkelser og analyser utført i de nordiske land.

Arbeidet i 2014 har omfattet to delmål:

- Gi Mattilsynet bedre faglig grunnlag for fastsettelse av regelverk knytta til bruk av råtnerest i økologisk landbruk
- Vurdere ulike tilleggssubstrat som kan være aktuelle i gårdsbaserte biogassanlegg, og vurdere råtnerest fra avfallsbaserte anlegg med tanke på innhold av uønskete stoffer.

Arbeidet i 2015 har omfattet det tredje delmålet i prosjektet; bruk av råtnerest i økologisk landbruk med tanke på avlingsnivå og effekt på jordfruktbarhet og jordliv. Dette er tatt inn i den opprinnelige rapporten som del II. Samtidig er del I i noen grad oppdatert.

Takk til Monica W. Stubberud og Anne-Kristin Løes for verdifulle innspill til rapporten.

Tingvoll, desember 2015

Grete Lene Serikstad

Prosjektleder

3. Innledning

Biogassbehandling av organisk materiale er i tråd med flere mål innen økologisk landbruk. Biogassproduksjonen kan bidra til redusert avhengighet av fossilt brensel. Hvis husdyrgjødsel råtnes ut under kontrollerte forhold, kan det redusere tapet av klimagasser under lagring sammenliknet med gjødsel som ikke er utråtnet (Kvande & Løes 2014). Råtneresten fra gassproduksjonen er godt egnet som gjødselmiddel og kan bidra til at verdifulle næringsstoffer fra storsamfunnet tilbakeføres til landbruket. Samtidig er målet i økologisk landbruk et landbruk med minst mulig jord- og vannforurensning og produkter med god kvalitet, med lavest mulig innhold av uønskete stoffer. Bruk av råtnerest i økologisk landbruk kan komme i konflikt med dette kvalitetsmålet.

Mange typer organisk materiale er aktuelle som råstoff for biogassproduksjon. Det er stor variasjon i hvor råstoffene kan komme fra, og hva de kan inneholde av ønskete og uønskete stoffer. Innhold og sammensetning av råstoffene må være tilpasset de kravene mikroorganismene har for å kunne utføre gjæringsprosessen. Samtidig bør innholdet av uønskete stoffer som tungmetaller, organiske miljøgifter, smittestoffer, rester av pesticider og rester av human- eller veterinærmedisin i råstoffene være kjent. Det er en stor utfordring at nye miljøgifter stadig tas i bruk før man kjenner godt nok til økologiske skadevirkninger og trygge grenseverdier. I tillegg er det ønskelig å vite hva som skjer med slike stoffer i biogassprosessen og hva som skjer med de uønskete stoffene i jorda når råtneresten brukes gjødsel. Ikke minst er det viktig å kjenne til hvilken effekt råtneresten har på jordfruktbarhet, jordliv og avlingsnivå.

En oversikt over nåværende kunnskapsstatus kan danne grunnlag for anbefalinger av hvilke typer avfall og restråstoff som kan aksepteres som biogass-substrat hvis råtneresten skal kunne brukes som gjødsel i økologisk drift.

Myndighetene trenger slik kunnskap for å kunne fastsette regler om dette. Gjeldende forskrifter for bruk av organisk gjødsel og økologisk produksjon er ikke tilpasset problemstillinger som dukker opp når råtnerest skal vurderes som gjødselmiddel i økologisk landbruk. EU har nylig vedtatt forordninger for økologisk landbruk som tillater bruk av råtnerest med flere typer råstoff som utgangspunkt, blant annet noen animalske biprodukter (Mattilsynet 2014). Dette er ikke implementert i norsk lovverk per i dag. Hvordan bør regelverket utformes, og hvilke typer organisk materiale kan tillates og innlemmes i Liste 1 i regelverket for økologisk produksjon?

Denne rapporten omhandler ikke spørsmål om energiproduksjon og klimagassutslipp knyttet til biogassproduksjon. Sørheim m.fl. (2010) har gitt en god oversikt over kunnskapsstatus og forskningsbehov for biogassproduksjon generelt i Norge. De konkluderer med at det er viktig å se ulike sider av biogassproduksjonen i sammenheng når en skal vurdere bærekraft og miljøvennlighet ved en slik produksjon. Energiutbytte, logistikk og transport knytta til inntransport av råstoff og håndtering og utnyttning av råtneresten må vurderes samlet.

4. Biogassproduksjon

4.1 Kort om biogassproduksjonen

Biogass dannes når organisk materiale omdannes av metanproduserende mikroorganismer, uten tilgang på luft. Ulike grupper av bakterier spalter det organiske materialet til en blanding av metan (CH₄) og karbondioksid (CO₂). Husdyrgjødsel, organisk avfall med høyt vanninnhold, avfall fra næringsmiddelindustri og planteavfall fra landbruket er høvelig råstoff til prosessen. Ofte er produksjonen mer robust og effektiv når ulike råstoff blandes, enn når det bare er ett substrat (Sørheim m.fl. 2010).

Biogass produseres naturlig f.eks. i myr og på bunnen av ferskvann, og det hevdes at prosessen har vært utnyttet til energiproduksjon allerede for 5000 år siden, da assyrerne brukte biogass til å varme opp badevannet sitt. Biogass fra kloakk ble populært i Europa på slutten av 1800 tallet, blant annet til bruk i gatelykter (Weisman 2011).

De metanproduserende mikroorganismene kan deles i to hovedgrupper etter hvilken temperatur de er mest aktive ved. De mesofile er mest aktive ved 30 - 38 °C, mens de termofile er mest aktive ved 50-60 °C. De fleste anlegg i Norge har mesofil gjæring, men har i tillegg en for- eller etterbehandling ved høyere temperatur for å hygienisere substratet og øke utbyttet av biogass. Bakteriene er følsomme for pH-nivået i massen og tåler ikke for høy konsentrasjon av ammoniakk. Dette er en utfordring ved tilsetning av proteinrike substrat, som fiskeensilasje. C/N-forholdet i råstoffene som brukes er også viktig for prosessen, og Sørheim m.fl. (2010) oppgir 15-25 som optimalt C/N-forhold.

Prosesshjelpemidler og tilsetningsstoffer kan tilsettes substratet før, under og etter selve biogassprosessen, for å forbedre prosessen eller for å avvanne råtneresten.

Metan er lite vannløselig, og vann og gass kan dermed lett skilles fra hverandre. Gassen er heller ikke lett antennelig. Metaninnholdet i biogass ligger gjerne på 50-70 %. Slik biogass kan brennes og produsere varme, eller drifte en generator som produserer varme og strøm. For å kunne bruke biogassen som drivstoff for kjøretøy må gassen renses for vann og H₂S, og metaninnholdet må økes betydelig gjennom fjerning av CO₂.

I det kalde klimaet i Norge må det tilføres energi for å holde anleggene i gang og opprettholde riktig temperaturnivå. Det kan være energi produsert i anlegget eller annen energi.

Dagens biogassanlegg kan deles inn i tre hovedkategorier.

- Gårdsbaserte anlegg, basert på husdyrgjødsel, evt. også planterester, energivekster.
- Store anlegg, basert på kildesortert matavfall, evt. annet organisk materiale som avfall fra næringsmiddelindustri, kloakkslam mv.
- Anlegg basert på kloakkslam. Biogassproduksjonen er ofte en videreutvikling av allerede etablerte anlegg for slambehandling.

Gårdsbaserte anlegg vil også være aktuelle for behandling av andre typer organisk materiale, f.eks. matavfall. Noen steder arbeides det med etablering av større anlegg for behandling av husdyrgjødsel fra flere gårdsbruk. Anlegg for behandling av kildesortert matavfall kan også ta imot husdyrgjødsel og avløpslam. Husdyrgjødsel, spesielt fra storfe, inneholder mye kalsium som buftrer pH i massen under utråtning, og er derfor et godt substrat i avfallsbaserte anlegg der transportavstanden ikke er for lang.

4.2 Biogassproduksjon i økologisk landbruk

Biogassproduksjon med råtnerest som kan brukes i økologisk dyrking kan benytte mange typer råstoff som substrat, også fra storsamfunnet eller fra konvensjonell landbruksdrift. Energirike organiske restprodukter som tilleggssubstrater i husdyrgjødselbaserte anlegg kan øke biogassutbyttet, og kan i noen tilfeller også øke næringsinnholdet i råtneresten. Med mindre alle ingredienser i råtneresten er fra økologisk produksjon, vil imidlertid råtnerest med konvensjonelle substrat eller husholdningsavfall regnes som ikke-økologisk gjødsel.

Målet for alle ingredienser som brukes til biogassproduksjonen må være at de ikke skal inneholde uønskete stoffer, eller at innholdet av slike stoffer ikke overstiger trygge grenseverdier. Noen uønskete stoffer, som f.eks. noen patogener, kan dessuten forsvinne i prosessen. For andre stoffer kan den kjemiske sammensetningen endre seg gjennom behandlingsprosessene.

Forskrift om organiske gjødselvarer skal sikre tilfredsstillende kvalitet på produkter som omfattes av forskriften og forebygge forurensningsmessige, helsemessige og hygieniske ulemper ved produksjon, lagring og bruk av disse. Biproduktforordningen skal sikre at folke- og dyrehelse ivaretas, samtidig som utnyttelsen av animalske biprodukter optimaliseres, f.eks. ved bruk som råstoff og råtnerest i biogassproduksjon. Ut fra prinsipper og mål for økologisk landbruk kan det være behov for ytterligere regler for råstoff og råtnerest til bruk i slik drift. Regelverket for økologisk produksjon må omfatte regler for hva slags råstoff som kan tillates brukt i biogassproduksjon der råtneresten skal brukes i slik drift. I den grad det er nødvendig ut over det reglene for biogassproduksjon generelt fastsetter, må regelverket for økologisk produksjon klargjøre grensene for innhold av uønskete stoffer i råtnerest som skal brukes som gjødsel i økologisk drift.

4.3 Økologisk biogassproduksjon

Noen vil hevde at bruk av råtnerest fra biogassproduksjon hvor ikke-økologiske ingredienser brukes ikke er i samsvar med hovedmålene for økologisk landbruk, på lik linje med bruk av annen, ikke-økologisk gjødsel.

Det europeiske prosjektet SUSTAIN GAS har satt opp mål for økologisk biogassproduksjon slik de mener den bør være, på bakgrunn av litteraturstudier og synspunkter fra gårdbrukere og fageksperter. Krav til bærekraft og forurensning er også tatt med (Gerlach m.fl. 2013):

- Biomassen som brukes til produksjon av biogass skal hovedsakelig komme fra økologisk landbruk og matproduksjon og fra stell av kulturlandskapet
- Råstoffene skal særlig være planterester og rester fra husdyrproduksjon, rene produkter fra foredling og salg av landbruksprodukter eller husholdningsavfall, uten GMO og som overholder grenseverdier for innhold av tungmetaller
- Bruk av energivekster som råstoff skal begrenses, fordi økologisk biogass ikke skal konkurrere med matproduksjon om arealer
- Råtneresten skal brukes som økologisk gjødsel, som del av egen resirkulering av næringsstoffer på gården. Økologisk biogassproduksjon har som mål å øke jordas fruktbarhet i det økologiske jordbruksystemet.
- Utslippet av klimagasser, spesielt av metan, må være minimalt for å sikre en bæredyktig biogassproduksjon
- Biogassproduksjonen bør gi positive effekter på vannkvalitet, landskapsvern og biologisk mangfold

Prosjektet har laget en oversikt over totalt antall biogassanlegg og antall økologiske biogassanlegg i seks EU-land. Oversikten viser at antallet økologiske anlegg er klart størst i Tyskland, med 180 anlegg. Det utgjør imidlertid bare 2,3 % av totalt antall anlegg i landet (Gerlach m.fl. 2013).

I Danmark var det per 2014 to økologiske biogassanlegg i drift. I tillegg var det ca. 15 ulike initiativer/prosjekter som er mer eller mindre på planleggingsstadiet. Tersbøl (2015) har listet opp særlige forhold for økologisk biogass:

- Økologisk biomasse må holdes adskilt
- Økologiske gårder ligger spredt, noe som gjør etablering av fellesanlegg problematisk
- Visse typer råstoff er ikke tillatt, f.eks. kloakkslam, noe som gjør det vanskelig for etablerte anlegg å omsette råtneresten til øko-bønder
- Små mengder biogass betyr liten lønnsomhet i omsetning
- Aktuelle råstoffer som talle, silorester, grønn gjødsel osv. med høyt tørrstoffinnhold krever robuste og fleksible biogassanlegg, og kan gi høye investeringer og driftskostnader

Han nevner samtidig at biogassanlegg kan være en katalysator for omlegging til økologisk drift, ved at næringsstoffressursene på gårdene blir utnyttet bedre. Slike anlegg kan dessuten bidra til at næring fra organisk materiale utenfor gården kan resirkuleres og komme landbruket til nytte.

Økologisk landsforening i Danmark har arbeidet lenge med økologisk biogass. Se www.okologi.dk/landmand/fagomraader/oekologisk-biogas.aspx for mer informasjon om dette arbeidet. Tersbøl (2015) gir en oversikt over situasjonen for økologisk biogass i Danmark.

5. Råstoff i biogassproduksjon

Lett nedbrytbart organisk materiale, som husdyrgjødsel, matavfall, avfall fra næringsmiddelindustri, planterester, slam og energigvekster egner seg som råstoff i biogassproduksjonen. Det ideelle råstoffet gir en stabil gjæringsprosess, stort energiutbytte og en råtnerest med høyt næringsinnhold, uten innhold av uønskete stoffer. Et råstoff med alle disse egenskapene er det vanskelig å framskaffe. Materialet som tilføres et biogassanlegg påvirker råtningsprosessen, kvantitet og kvalitet på gassen som produseres og kvaliteten på råtneresten. En blanding av ingredienser med ulike egenskaper gir mulighet til å oppnå en stabil råtningsprosess og en tilfredsstillende gassproduksjon og dermed lønnsomhet.

Råstoffene i en biogassproduksjon bør være rike på lett nedbrytbart karbon uten å inneholde for mye protein. C/N-forholdet bør ligge mellom 15 og 20 for å gi nok næring til utråtningsprosessen og gjøre den energieffektiv og lønnsom. Råstoffet må imidlertid ikke ha en konsistens som gir problemer i prosessen, f.eks. at det tetter anlegget, legger seg i bunnen av råtnetanken osv. Her vil det gis en oversikt over aktuelle råstoff-kilder for råtnerest til bruk i økologisk landbruk.

5.1 Husdyrgjødsel - økologisk og konvensjonell

Gårdsbasert biogassproduksjon med husdyrgjødsel som hovedråstoff kan være et bidrag til en miljømessig forsvarlig håndtering av husdyrgjødsel og gi økt sjølforsyning av energi på gårdsnivå. En del av tørrstoffet i gjødsel brytes ned i prosessen, og sammenliknet med ubehandlet gjødsel vil en større del av nitrogenet være mineralisert (til ammonium, NH_4^+) og dermed lettere tilgjengelig for plantene. Råtneresten renner raskere ned i jorda fordi fett og fiber er brutt ned (Løes m.fl. 2014). I løpet av prosessen reduseres også antall spiredyktige ugrasfrø og patogene organismer i massen (Johansen m.fl. 2013), og det blir mindre luktproblemer ved spredning. Et viktig argument for slik behandling av husdyrgjødsel er at dette kan redusere landbrukets utslipp av drivhusgasser, spesielt metan fra gjødsellageret (Kvande & Løes 2014).

Gårdsbaserte biogassanlegg er aktuelle både i konvensjonell og økologisk drift, og er interessante i økologisk drift fordi husdyrgjødsel er det viktigste gjødselslaget, og fordi økologisk landbruk har mål om mest mulig sjølforsyning og bruk av lokale ressurser. Hvis biogassen kan erstatte fossil energi på gården, vil denne teknologien passe svært godt inn i idégrunnlaget for økologisk landbruk. Sørheim m.fl. (2010) betegner gjødsel fra drøvtyggere som et godt råstoff for biogassproduksjon, sjøl om energiinnholdet er lavt og biogass-utbyttet blir lite. Slik gjødsel inneholder mange ulike næringsstoffer og organismer som gir prosessen stabilitet. Anlegg basert på husdyrgjødsel kan være små, gårdsbaserte anlegg, basert hovedsakelig på gjødsel fra egen gård, eller større fellesanlegg.

Her vil råtnerest av økologisk og konvensjonell husdyrgjødsel beskrives under ett. Noen av fremmedstoffene i husdyrgjødsel er felles. Noen stoffer forekommer i all hovedsak bare i konvensjonell gjødsel eller bare i spesielle gjødselslag, slik som rester av pesticider i konvensjonell gjødsel og koksidiostatika i konvensjonell kyllinggjødsel.

Mange av de uønskete stoffene i husdyrgjødsel vil spres på jorda uansett om gjødsel spres ubehandlet eller som råtnerest. Det er imidlertid sannsynlig at konsentrasjonen av tungmetaller vil øke fra husdyrgjødsel til ferdig råtnerest, fordi biogassprosessen fjerner organisk materiale fra substratet, i form av gass. Husdyrgjødsel er tatt med i denne oversikten fordi det er et aktuelt råstoff i blanding med andre råstoff, fordi råtnerest med

slik basis kanskje i større grad enn ordinær husdyrgjødsel vil bli brukt på andre gårder enn der gjødsla er produsert, og fordi biogassprosessen vil endre innholdet av både ønskete og uønskete stoffer og slik endre kvaliteten på gjødsla.

Husdyrgjødsel kan teoretisk inneholde en lang rekke uønskete stoffer. Disse stoffene kan komme fra fôret husdyra spiser, for eksempel tungmetaller i kraftfôret, eller forurensning av grovfôret, for eksempel fra lufta. Rester av kjemiske sprøytemidler kan også bli med grovfôr eller kraftfôrvekster som er behandlet, inn i dyras fordøyelse. Gjennom urin og fastgjødsla skiller dyra ut medisinerester. Husdyrgjødsel kan også inneholde patogener (f.eks. salmonella), hvis dyret er infisert. Metaller kan forurense husdyrgjødsel ved at metallinnredningen i fjøset korroderer.

Det er i tillegg mye annet enn husdyrgjødsel som kan havne i gjødseltanken. Fra mjølkerommet kan bl.a. vaskevann fra mjølkeanlegg og melk fra antibiotika-behandlede dyr havne i gjødseltanken og blande seg med husdyrgjødsel. Fra fjøset kommer det fôrrester og strø, blant annet halm og sagflis. Spiredyktige ugrasfrø kan komme fra fôrrestene eller husdyrgjødsel.

Ikke alle stoffer vil brytes ned ved lagring og anaerob behandling. Disse vil bli spredt på jorda gjennom råtneresten.

Tungmetaller

Tungmetaller i husdyrgjødsel kan stamme fra fôr, men kan også komme fra drikkevann, strø i bås og berge og fjøsinnredning i metall. Tungmetallforurensning i fôr kan ha flere kilder, bl.a. kan den komme fra jorda der fôret dyrkes. I motsetning til flere av de andre stoffgruppene som omtales her, kan tungmetaller forekomme naturlig i jord. Noen av mineralene som regnes som tungmetaller, som kobber og sink, er også viktige mikro-næringsstoff for planter og dyr. Tungmetallene brytes ikke ned i utråningsprosessen, men vil derimot anrikes målt per kg tørrstoff. Tungmetaller som tilføres jorda akkumuleres og med unntak av kvikksølv, som fordampes, kan de bare forsvinne ved avrenning eller opptak i planter.

Noen få analyser av tungmetaller i husdyrgjødsel er utført i Norge. I 2010 og 2011 ble blant annet noen få prøver av gjødsla fra fjørfe, gris, sau og storfe analysert.

Tabell 1. Gjennomsnittlig innhold av tungmetaller i husdyrgjødsel fra ulike husdyrslag, i mg per kg tørrstoff, samt minimum og maksimumsverdier. Antall prøver i parentes. (Etter Daugstad m.fl. 2012)

	TS(%)	Arsen	Bly	Kadmium	Kobber	Krom	Nikkel	Sink
Fjørfe(14)	50,2	0,89 ¹	1,04 ⁴	0,16	62	1,53	3,4	343
Min-max		-	0,76-1,4	0,07-1,4	28-128	0,25-3,61	1,8-5,6	140-760
Gris (14)	3,3			0,27 ^{1,2}	95	3,2 ⁵	4,9 ³	637
Min-max				0,12-0,69	47-185	1,3-5,2	3,4-7	250-1542
Sau (3)	5,8			0,16	34	0,94 ²		600
Min-max				0,09-0,23	17-48	0,91-0,97		250-850
Storfe (7)	5,7			0,13	39	1,08 ³	4,3 ¹	184
Min-max				0,08-0,2	27-67	0,95-1,2	4,3	140-220

^{1,2,3,4,5,12} antall prøver der aktuelt stoff var kvantifiserbart

I følge maksimumsgrensene for tillatt innhold av tungmetaller for kvalitetsklasser av organiske gjødselmidler (Lovdata 2003) vil den analyserte fjørfe- og storfegjødsel komme i klasse I og gris- og sauegjødsel komme i klasse II. Det er innholdet av sink som bestemmer dette. Enkeltprøver inneholder så mye kobber og sink at gjødsel kommer både i klasse II og III. Disse tallene er i overensstemmelse med tungmetallinnholdet i tidligere analyser (Serikstad m.fl. 2012).

Vitenskapskomiteen for matsikkerhet (VKM) har foretatt en vurdering av hva som skjer med sink og kobber når gris og fjørfe får disse stoffene i fôret eller fra andre kilder. Ut fra innholdet i fullfôr til gris og fjørfe påpekes det at gris og fjørfe får i seg mer enn dobbelt så mye sink og kobber i fôret som de har behov for og en stor andel av stoffene vil gå ut i gjødsel og akkumuleres i jord. VKM konkluderer med at kraftig gjødsling, 7 kg fosfor/daa, i form av grisegjødsel med dagens innhold av sink, kan gi toksiske effekter av sink på jord- og vannlevende organismer. Dagens nivå av kobber i gjødsel fra gris og fjørfe vil ikke ha tilsvarende effekt på jordlevende organismer. Etter bruk av slik gjødsel fra gris eller fjørfe i 100 år kan imidlertid fôr fra slike arealer gi kobberforgiftning hos sau (VKM 2014).

Kadmium er et grunnstoff med sterk giftvirkning og som akkumuleres i dyr og mennesker, og det er derfor spesielt viktig å følge med på spredningen av kadmium (Cd) til jord. I Sverige er det beregnet at innholdet i maten per i dag gir negative effekter på folkehelsen tilsvarende sykehusutgifter på 4 milliarder SEK årlig, på grunn av økt antall benbrudd. Den svenske kjemikalieinspeksjonen har beregnet total årlig tilførsel av Cd gjennom ulike gjødselmidler til svenske jordbruksarealer, uavhengig av konsentrasjonen. For årene rundt 2008 tilførte husdyrgjødsel totalt ca. 204-380 kg Cd, mineralgjødsel 47-71 kg, kloakkslam ca. 46 kg, mens råtnerest totalt tilførte bare ca. 5 kg Cd årlig. Denne råtneresten kan ha husdyrgjødsel som ingrediens, men også andre substrat. Hvis råtneresten stammer fra husholdningsavfall vil det gi en netttilførsel av Cd, mens bruk av husdyrgjødsel fra egen gård vil være en resirkulering av Cd i større grad. Regnet i forhold til fosforinnholdet blir tilførselen av Cd imidlertid omtrent lik for husdyrgjødsel og råtnerest, ca. 14 mg per kg fosfor. Kjemikalieinspeksjonen har regnet ut at dagens bruk av råtnerest som gjødsel medfører en viss økning av Cd-innholdet i jord og vekster i Sverige (Rosander 2013).

Sykdomsframkallende organismer

Husdyrgjødsel kan inneholde ulike sykdomsframkallende organismer, patogener. Disse har ulik overlevelsessevne, både med tanke på evt. oppvarming og tilgang på oksygen. Johansen m.fl. (2011) undersøkte overlevelse av egg av parasitten spolorm hos svin (*Ascaris suum*) ved mesofil og termofil gjæring av storfegjødsel. Ved termofil gjæring overlevde ingen av eggene lenger enn 3 timer. Ved mesofil gjæring overlevde alle eggene de to første døgnene, og det tok inntil 10 døgn før alle egg var døde.

Undersøkelser av forekomsten av bakteriene *Campylobacter* spp. i råtnerest fra mesofil gjæring har gitt ulike resultater. I noen undersøkelser har forekomsten blitt redusert, mens andre forsøk ikke har kunnet påvise tilsvarende reduksjon (Bagge 2009).

Bakterien *Listeria monocytogenes* fins blant annet i husdyrgjødsel. På grunn av lang overlevelsestid i husdyrgjødsel og kompost mener flere at den må regnes som en helse- risiko ved bruk av råtnerest. Antall bakterier reduseres langsomt ved mesofil gjæring, men utrykkes ikke helt i løpet av prosessen (Bagge 2009).

Clostridium spp. forekommer blant annet i storfe- og grisegjødsel og i jord. Studier ved Sveriges Lantbruksuniversitet har vist at pasteurisering av avfall ved 70 °C i en time ikke påvirker sporedannende bakterier som *Clostridium* spp. og *Bacillus* spp. (Rosander 2013).

Mange av disse bakteriene er ufarlige, mens andre kan gi alvorlige sykdommer hos mennesker og dyr. *Clostridium botulinum* kan gi botulisme, og bakterien og toksinet den produserer har blitt påvist i kompostert organisk avfall (Böhnel & Lube 2000, i Bagge 2009).

I Tyskland og Danmark pågår en diskusjon om «kronisk botulisme» er en diagnose som kan påvises hos storfe på besetningsnivå. Smittespredning via biogassanlegg, hvor oppformering av bakterien skjer, og påfølgende bruk av råtnerest som gjødsel, har blitt nevnt som en mulig årsak. En undersøkelse av 15 tyske biogassanlegg kunne ikke påvise patogene *Clostridium*-bakterier og konkluderer med at risikoen er svært liten (Jørgensen 2012). Veterinærhøyskolen i Hannover har undersøkt knapt 150 tyske mjølkekubesetninger mht. «kronisk botulisme», men deres konklusjon er at det ikke kan påvises sammenheng mellom forekomst av *Clostridium botulinum* i besetninger eller hos enkelt dyr og sykdommen (Søgaard 2014).

Rester av kjemiske sprøytemidler

Rester av kjemiske sprøytemidler kan forekomme i husdyrgjødsel fra dyr som har fått konvensjonelt dyrket fôr. Så lenge en viss andel konvensjonelt fôr er tillatt i økologisk produksjon kan det derfor også forekomme slike rester i husdyrgjødsel fra økologisk drift. Noen kjemiske sprøytemidler brytes langsomt ned og er så bestandige at de går uomodnet gjennom dyras fordøyelsessystem. Det er særlig ugrasmidler med de virksomme stoffene klopyralid og aminopyralid som nevnes i denne sammenhengen. Klopyralid finnes i handelspreparater som selges i Norge (Serikstad m.fl. 2012). Se avsnittet om husholdningsavfall om funn av kjemiske sprøytemidler i råtnerest.

Rester av veterinærmedisin

Husdyrgjødsel kan inneholde mange typer veterinærmedisin. Dette er organiske stoffer som er biologisk aktive. De fleste midlene brukes i korte perioder, når dyrene er syke. I Norge brukes koksidiostatika som fôrtilsetning til fjørfe. Slike stoffer har både antimikrobiell og vekstfremmende effekt. Ved slik bruk får mange dyr dette over lengre tid, noe som medfører at store mengder gjødsel vil inneholde rester. Innhold av veterinærmedisin i husdyrgjødsel kan bidra til resistensutvikling (VKM 2015).

Serikstad m.fl. (2012) gir en oversikt over tilgjengelige data for forbruk av veterinærmedisin, innhold av veterinærmedisinrester i husdyrgjødsel, slike stoffers miljøegenskaper og funn av veterinærmedisinrester i planter. Noen av dataene fra denne oversikten gjengis nedenfor. Bortsett fra tall for omsatt mengde antibiotika og koksidiostatika finnes det ingen lett tilgjengelig oversikt over salgstall for andre veterinærmedisiner. Narasin er det mest solgte koksidiostatika-preparatet i Norge. I 2013 ble det omsatt 12,3 tonn av dette stoffet i Norge, av totalt 13,5 tonn omsatt koksidiostatika. Forbruket av antibiotika til husdyr (ikke kjæledyr) var 5,6 tonn i 2013. (NORM/NORMVET 2013).

Det foreligger få data om restkonsentrasjoner av veterinærlegemidler i norsk, dansk og svensk husdyrgjødsel. Serikstad m.fl. (2012) gjengir analysedata fra en upublisert studie av narasin i fjørfegjødsel i Norge, 13,0 mg/kg. I en canadisk studie av kommersiell fjørfegjødsel varierte innholdet av narasin fra 2,25 til 32,96 mg/kg (Furtula m.fl. 2010). I andre land er det publisert flere større sammenstillinger av funn av veterinærmedisiner i husdyrgjødsel, bl.a. BLAC (2003) og Martinez-Carballo (2007), i Gans m.fl. (2008).

Flere av stoffene som brukes i andre land brukes ikke i Norge, men slike oversikter gir likevel en pekepinn på hvilke konsentrasjonsnivåer som kan bli målt i ulike husdyrgjødseltyper. Veterinærmedlenes nedbrytningshastighet påvirkes sterkt av temperaturen, noe som kan bety raskere nedbrytning i gjødsel som brukes i biogassproduksjon enn gjødsel som bare lagres før spredning. Generelt har mange veterinærmedler sterk binding til jord og organisk materiale. Få studier av veterinærmedisinrester i råtnerest av husdyrgjødsel er utført. Gans m.fl. (2008) undersøkte råtnerest fra seks ulike biogassanlegg i Tyskland. Tetracyklin, klortetracyklin og oxytetracyklin ble påvist i råtneresten (i snitt hhv. 0,29, 0,51 og 0,53 mg/kg TS). Klortetracyklin og oxytetracyklin ble påvist i alle prøvene, hvor høyeste konsentrasjon var 1,3 og 1,4 mg/kg TS. Sulfadimidin ble påvist i en prøve, mens sju andre stoffer ikke ble påvist i noen av prøvene.

I Finland ble råtnerest fra to biogassanlegg analysert for ulike veterinærmedler, hvor blant annet husdyrgjødsel ble brukt som råstoff. Antiparasittmiddelet flubendazole ble påvist i prøver fra begge anleggene, mens antibiotikamiddelet sulfadiazine ble påvist i en prøve fra det ene anlegget (Marttinen m.fl. 2014).

Antibiotika og koksidiostatika kan virke hemmende på selve gjæringsprosessen i biogassproduksjonen. Xin m.fl. (2013) viste at oxytetracyklin i ulike konsentrasjoner hemmet gjæringsprosessen. Andre undersøkelser har vist at det samme gjelder for bl.a. kloramfenikol, klortetracyklin og thiamfenikol. Midler som tilsettes fôret som vekstfremmere, f.eks. monesin og rumensin, er også vist å ha en sterkt hemmende effekt på biogassprosessen (Schnürer & Jarvis 2009).

Ugrasfrø

En litteraturgjennomgang gjennomført ved Sveriges Lantbruksuniversitet konkluderer med at det er liten risiko for spredning av ugrasfrø med råtnerest fra biogassanlegg brukt som gjødsel. Samtidig blir det påpekt at det er gjort for lite forskning på området til å kunne garantere at råtnerest generelt er helt uten levedyktige ugrasfrø, og det anbefales videre arbeid med flere ugrasarter og ulike råtningprosesser (Hansander 2012).

Et eksempel på ulike resultater for ulike råtningprosesser og ulike ugrasarter, er et forsøk utført i Danmark. Gjødsel av storfe ble brukt som substrat i gjæringen. Termofil utråtning drepte alle ugrasfrø av alle de sju ugrasartene som ble undersøkt i løpet av to dager. Ved mesofil utråtning varierte overlevelsestida. Alle frø av floghavre, åkersennep og kanadagullris var døde etter en uke. Da var fremdeles 7 % av meldestokk-frøene og 1 % av raps- og åkervindel-frøene spiredyktige. Etter 11 døgn var ingen lenger spiredyktige (Johansen m.fl. 2013).

5.2 Husholdningsavfall

Bruk av husholdningsavfall som råstoff i biogassanlegg gir mulighet til resirkulering av store mengder organisk materiale fra storsamfunnet til landbruket. Innsamling av avfall fra mange ulike kilder gir imidlertid stor usikkerhet med hensyn til innhold av uønskete stoffer. Slikt avfall kan komme fra vanlige husholdninger, ulike typer storkjøkken eller fra butikker. Husholdningsavfall som skal brukes i biogassanlegg må være kildesortert (Lystad 2014).

I følge SSB (2014) ble omtrent 174 000 tonn matavfall og annet våtorganisk avfall brukt til kompostering og biogassproduksjon i 2013. Av dette gikk ca. 75 000 tonn til biogassanlegg (Lystad 2014). Tørrstoffinnholdet er lavt i råtneresten. Uten separering eller annen form for oppkonsentrering av tørrstoffinnholdet vil det derfor bli mye transport av vann, noe som begrenser aktuelt spredeområde.

De fleste av de uønskete stoffene som kan finnes i andre typer råstoff, kan også finnes i husholdningsavfall. I tillegg kan andre stoffgrupper forekomme, bl.a. nanopartikler, rester av polymerer og andre grupper av organiske miljøgifter. Matavfall fra butikk brukt i biogassanlegg krever utsortering, men det vil likevel være vanskelig å unngå et visst innhold av små plastpartikler og tilsetningsstoffer fra plasten i råtneresten. Det mangler kunnskap om farene ved alle de tusentalls kjemikalier som finnes i samfunnet for å kunne gi en troverdig og realistisk bedømming av risikoen ved slike uønskete stoffer. Vi vet lite om hvor farlige ulike stoffer er og hvordan dette påvirker helse og miljø (Rosander 2013).

Prosjektet «Biogassavfall - en risiko ved bruk i økologisk landbruk?» undersøkte innholdet i råtneresten fra biogassanlegg med husholdningsavfall som hovedsubstrat. Ulike pesticider, tungmetaller og noen organiske miljøgifter ble påvist. Funnene av de ulike stoffgruppene i forsøket er gjengitt i de ulike avsnittene nedenfor. I tillegg ble det påvist patogene bakterier, *Bacillus cereus*, i råtneresten. Dette er en bakterie som kan forårsake matforgiftning, men ifølge forfatterne var mengden var akseptabel. Bakterien *E.coli* overlevde ikke biogassprosessen. Ut fra funnene av de ulike uønskete stoffgruppene konkluderer forfatterne med at råtneresten er trygg å bruke som gjødsel (Govasmark m.fl. 2010).

En finsk studie av fullskala biogassanlegg påviste også flere organiske miljøgifter og legemidler i råtneresten. Anleggene brukte ulike typer avfall, både husholdningsavfall, avløps slam, husdyrgjødsel og avfall fra næringsmiddelindustrien. Konsentrasjonen av de ulike stoffene varierte mye mellom de ulike anleggene og over tid innen de enkelte anleggene. Mengdene som ble påvist var på samme nivå som funn i andre europeiske undersøkelser.

Forskerne konkluderte med at det er lite sannsynlig at bruk av råtnerest som gjødsel vil gi noen risiko med tanke på mattrygghet i Finland, for de fleste stoffgruppene som ble undersøkt. De fleste stoffene brytes enten ned i jorda, eller mengdene i jorda er små eller de blir ikke tatt opp av plantene (Marttinen m.fl. 2014).

Organiske miljøgifter

Persistente organiske miljøgifter kjennetegnes ved at de er giftige, lite nedbrytbare og akkumuleres i levende organismer. PCB og dioksiner er eksempler på persistente organiske miljøgifter. PCB framstilles syntetisk, mens dioksiner (f.eks. PCDD/PCDF: polyklorerte dibenzodioksiner og furaner) kan dannes i industrielle prosesser eller ved forbrenning når klor og karbon er tilstede. Bromerte flammehemmere og perfluorerte forbindelser (som PFOS-forbindelser) er også viktige persistente organiske miljøgifter, likedan kjemiske sprøytemidler som DDT, klordan og toksafen. Andre organiske miljøgifter er blant annet PAHer, ftalater, bisfenol A, DEET og triklosan. Nærmere beskrivelse av aktuelle organiske miljøgifter finnes blant annet i Amundsen m. fl. (2005) og Amundsen m.fl. (2012).

Det er gjort få analyser av innhold av organiske miljøgifter i råtnerest i Norge, men Amundsen m.fl. (2005) har analysert innhold i kompostert husholdningsavfall og i råtnerest fra store anlegg i Sverige og Norge, se tabell 2. Det ene biogassanlegget benyttet matavfall som råstoff, det andre benyttet slakteavfall, gjødsel og næringsmidler. Rapporten fra dette arbeidet inneholder også en litteraturgjennomgang. De konkluderer bl.a. med at ulike plastprodukter er den viktigste kilden til forurensning av flere organiske forbindelser i kompost og råtnerest, særlig ftalater og bisfenol A. Konsentrasjonene av de undersøkte stoffene var lave, for PCB, PAH og ftalater var verdiene lavere enn nasjonale grenseverdier som er satt i enkelte land. Innholdet av de fleste av stoffene var lavere eller på samme nivå som i avløpslam.

Tendensen var at innholdet av de fleste stoffene i undersøkelsen var høyere i råtneresten enn i kompostprøvene. For noen stoffer (bl.a. ftalater og PAH) gir komposteringsprosessen en større grad av nedbrytning enn utråtning, mens klorerte forbindelser i større grad brytes ned i råtneprosessen. Innholdet i prøver av råtnerest av ulike organiske miljøgifter er gjengitt nedenfor. Råtneresten som ble undersøkt kom fra et anlegg for matavfall med etterkompostering og et anlegg for slakteavfall, gjødsel og næringsmidler.

I årene 2008-2010 ble det tatt prøver av fast og flytende fraksjon av råtneresten fra tre fullskala biogassanlegg for matavfall, bl.a. Mjøsanlegget (Govasmark m.fl. 2011), se tabell 2. Det ble analysert for 48 ulike organiske miljøgifter. Høyest konsentrasjon av organiske forbindelser var det i fiberfraksjonen. Der var innholdet av DEHP og PAH høyt i henhold til internasjonale standarder (Govasmark m.fl. 2010).

Tabell 2. Konsentrasjon av organiske forurensninger i norsk og svensk råtnerest, i mg/kg TS. Antall prøver i parentes. (Etter Amundsen 2012)

Organisk forbindelse		Amundsen 2005 (n=2)	Govasmark m.fl. 2011 (n=14)
PCB7		< 0,005	0,0085 (0,0042-0,0126)
PBDE		0,0004-0,03	0,0047 (0,0024-0,0095)
PAH		0,4-1,7	0,79 (0,55-1,1)
Ftalater	DEP	< 0,1	
	DBP	0,36-2,0	
	BBP	0,38-0,42	
	DEHP	18-29	29,9 (13,4-72,9)
	DOP	<0,1	
	DINP	2,8-2,9	
Fenoler	Bisfenol-A	6,0-6,6	

Den finske undersøkelsen av råtnerest fra ulike fullskalaanlegg som er nevnt tidligere, konkluderer med at funnene av de bromerte flammehemmerne PBDE og HBCD og perfluorinerte forbindelser (PFC) er så høye at virkningene av råtneresten brukt som gjødsel bør undersøkes videre. Gjennomsnittlig mengde av PBDE funnet i jord som var tilført råtnerest, en enkelt gang, var 400-1000 ganger høyere enn årlig atmosfærisk tilførsel i Finland eller Sverige. PBDE- og PFC-forbindelser er svært persistente og kan bli akkumulert i jord ved gjentatt bruk av gjødsel som inneholder slike stoffer (Suominen m.fl. 2014).

Nedbrytningshastigheten av fenoler ved termofil og mesofil utråtning har blitt undersøkt. For flere fenoler er nedbrytningshastigheten raskest ved mesofil prosess. Dette har blitt bekreftet ved analyse av fenolinnholdet i råtnerest fra biogassanlegg, hvor innholdet var

lavest i råtnerest fra anlegg med mesofil prosess. Den negative virkningen på mikrolivet i jorda økte med økende innhold av fenoler i råtneresten (Levén m.fl. 2012).

Rester av kjemiske sprøytemidler

Det er funnet rester av kjemiske sprøytemidler i sluttproduktet etter biogassproduksjon basert på matrester i flere undersøkelser. Govasmark m.fl. (2011) fant 11 kjemiske sprøytemidler i prøvene av råtnerest fra fullskalaanlegg. Soppmidlene imazalil og thiabendazol ble påvist i mange av prøvene av fiberfraksjonen. Midlene brukes etter høsting for å hindre sopp på sitrusfrukter og banan, og konsentrasjonen av stoffene i råtneresten var høyest i prøvene av avfall innsamlet rett etter jul og påske. Middelet imazalil er også tillatt brukt i Norge.

Amundsen m.fl. (2005) fant blant annet glyfosat i råtnerestprøvene som ble analysert. Det var høyere innhold av glyfosat i råtnerest enn i komposten som ble analysert samtidig. Stoffet ble påvist i begge prøvene av råtnerest. Den høyeste konsentrasjonen (180 mikrogram/kg) ble påvist i råtnerest fra et anlegg hvor slakteavfall utgjorde mesteparten av råstoffet, med litt husdyrgjødsel i tillegg. De konkluderer imidlertid med at innholdet av f.eks. glyfosat i råtneresten er lavere enn det en kan forvente å finne i jord etter bruk av midlet. Insektmidlet diklorvos ble ikke påvist i prøvene.

Tungmetaller

Per i dag er det små mengder kadmium som spres på jordbruksjord gjennom gjødsling med råtnerest basert på husholdningsavfall.

To prosjekt har undersøkt konsentrasjonen av tungmetaller i norsk råtnerest fra storskala biogassanlegg for behandling av husholdningsanlegg. Amundsen (2012) har sammenstilt resultatene fra disse undersøkelsene. Dette er presentert i tabellen nedenfor.

Tabell 3. Konsentrasjon av tungmetaller i norsk råtnerest, i mg/kg TS. Antall prøver i parentes. (Etter Amundsen 2012)

	Briseid m.fl. (2010) (n=2)		Govasmark m.fl. (2011) (n=14)		
			Anlegg 1, n=12	Anlegg 2	Anlegg 3
Kadmium, Cd	0,63	1,2	0,27	0,48	0,42
Bly, Pb	21	32	9,8	14,8	11
Kvikksølv, Hg	0,2	0,27	0,07	0,07	0,1
Nikkel, Ni	30	49	11	11,3	8,3
Sink, Zn	387	500	217	350	253
Kobber, Cu	125	170	53	93	60
Krom, Cr	19	62	23,6	42,7	22,4

Både den flytende og den faste fraksjonen av råtneresten fra bl.a. Mjøsanlegget inneholdt tungmetaller. Ut fra de norske kvalitetsklassene for tungmetallinnhold i organisk gjødsel (Lovdata 2013) ble råtnerest klassifisert i klasse I, særlig pga. kobber- og sinkinnholdet, men også pga. høyt kadmiuminnhold (Govasmark m.fl. 2010).

Briseid m.fl. (2010) analyserte råtnerest av husholdningsavfall, hvor restavfall ble frasortert etter innsamling. Resultatene viser at råtneresten var i kvalitetsklasse 0 for krom, kvikksølv og bly, i klasse 1 for kadmium og kobber og i klasse 2 for nikkel og sink.

Råtnerest fra FolloRen hadde innhold av bly tilsvarende klasse 0, klasse 1 for kvikksølv og kvalitetsklasse 2 for kadmiom, krom, nikkel, kobber og sink. På grunn av anrikningen gjennom utråttningsprosessen konkluderes det med at råstoff til biogassproduksjon bør holde kvalitetsklasse 0 med god margin hvis råtneresten skal brukes som nitrogengjødsel.

Amundsen (2012) konkluderte med at konsentrasjonen av tungmetaller var betydelig høyere i de analyserte prøvene av råtnerest enn i matavfall. En sammenligning viste at 50-90 % av innholdet i råtneresten skyldes forurensninger fra fremmedlegemer.

Analyser av gjødsel fra råtnerest fra Ecopro-anlegget i Trøndelag viser at sink- og kobberinnholdet tilsvarer kvalitetsklasse I i Gjødselvereforskriften, mens for de andre tungmetallene tilsvarer innholdet klasse 0. Råtneresten der er framstilt av ca. 50 % matavfall og ca. 50 % avløpslam, samt noe fiske- og slakteavfall (Ecopro 2009).

Rosander (2013) etterlyser mer kunnskap om og flere analyser av sølv i råtnerest. Bruken av sølv øker i ulike produkter, ikke minst i form av nanosølv. I Sverige er det registrert økning av sølvinnholdet i avløpsvann inn til renseverkene. Det er sannsynlig at en tilsvarende økning i bruken også finner sted i Norge.

Legemiddelrester

Kunnskapen om hva som skjer med legemiddelrester i kompostering og biogassproduksjon, hvordan de brytes ned og likedan hvilken effekt evt. rester har på jord og jordorganismer og i hvilken grad stoffene tas opp av planter når råtneresten brukes som gjødsel, er svært mangelfull. Medisinrester vil forekomme i urin og avføring i kloakkslam, men trolig i mindre grad i kildesortert husholdningsavfall.

Råtnerest fra flere finske biogassanlegg har blitt analysert. Råtneresten stammet fra anlegg hvor det var brukt materiale som kloakkslam, husdyrgjødsel, husholdningsavfall og biprodukter fra næringsmiddelindustrien. Konsentrasjonen av ulike stoffer i råtneresten varierte mellom de ulike anleggene, og med tidspunkt for prøveuttak. Det ble søkt etter rester av 25 ulike legemidler. Fem av midlene ble ikke påvist verken i flytende eller fast fraksjon av råtneresten. Rester av blant annet antibiotika og midler mot hjerteproblemer og revmatisme ble påvist, blant annet metoprolol, ibuprofen, diclofenac, ciprofloxacin og carbamazepine. Høyest konsentrasjon var det av ibuprofen, som er et reseptfritt, smertestillende middel. Konsentrasjonen i tørrstoffet i den våte fraksjonen var i snitt 7 570 µg/kg, med 40 100 µg/kg som maksimum. Konsentrasjonen i tørrstoffet i den tørre fraksjonen var i snitt 348 µg/kg, med 2 450 µg/kg som maksimum. Forskerne konkluderte med at for noen av legemidlene er det behov for mer forskning for å kunne vurdere risikoen ved tilførsel av råtnerest som gjødsel (Marttinen m.fl. 2014).

Nanopartikler

Bruken av nanomateriale øker på mange samfunnsområder, også innen vannrensing, videreforedling og emballering av mat, i kosttilskudd, medisiner og annet som kan påvirke innholdet i husholdningsavfall. Joner m. fl. (2008) konkluderer med at de fleste nanomaterialer er persistente, noen kan akkumuleres i levende organismer og noen har vist seg å ha toksiske virkninger på organismer. De hevder at det er et presserende behov for forskning på nanopartikler og deres mobilitet og opptak i jord og jordorganismer. Rosander (2013) konkluderer også med at svært lite er kjent om mengder av slikt materiale i husholdningsavfall, eventuell nedbrytning av dette i biogassproduksjonen eller innhold i råtneresten.

5.3 Vegetabilsk materiale fra næringsmiddelindustri

Næringsmiddelindustrien produserer store mengder restråstoff i form av organisk materiale som kan være aktuelt for biogassproduksjon. Totalt utgjør dette store mengder råstoff. I en norsk undersøkelse om utnyttningen av restråstoff fra matvarekjedene for grønnsaker og poteter, hvit og pelagisk fisk og kylling ble det imidlertid påvist at bare 1 % av råstoffene ble benyttet til gjødsel- og energiproduksjon, i snitt for de foredlingsanleggene som var med i undersøkelsen. Forskerne konkluderte med at potensialet for gjødsel- og energiproduksjon antakelig er begrenset til visse risikomaterialer fordi mye av råmaterialet allerede brukes til mat- og fôrprodukter med betydelig høyere salgsverdi (Adler m.fl. 2014).

Ikke alle restråstoffer fra matindustrien egner seg som råstoff til biogassproduksjon, blant annet på grunn av lavt tørrstoffinnhold, høyt nitrogeninnhold eller lavt energiinnhold. Konsistens eller innholdsstoffer kan dessuten gi ulike problemer i utråtningsprosessen. Ujevn tilgang gjennom året vil kunne by på problemer med råstoffleveransene, og stor avstand mellom råstoffkilde og biogassanlegg kan gi høye transportkostnader. Fordelen ved slikt materiale vil være at innholdet vil være ganske konstant og kjent, f.eks. i forhold til husholdningsavfall.

Meierier produserer biprodukter særlig i form av myse eller andre melkeprodukter med lavt tørrstoffinnhold. Med tanke på biogassproduksjon vil dette gi høye transportkostnader i forhold til utbyttet, med mindre biogassanlegg og meieri er lokalisert svært nær hverandre.

Fra bakerier kommer blant annet melspill, deigrester, kasserte bakevarer, feilblandet deig og returbrød, med høyt innhold av organisk materiale og høy tørrstoffprosent. Dette er egenskaper som er gunstig i en biogassproduksjon.

Fra produksjon av sprit oppstår drank som et biprodukt. Drank har lavt tørrstoffinnhold, ca. 5-10 %. Rester av malt som brukes i ølbrygging gir mask, med et tørrstoffinnhold på ca. 22 % og ca. 3-4 % protein. Rundt 50 000 tonn har tidligere blitt brukt som fôr i husdyrproduksjonen hvert år.

Råstoff til biogassproduksjonen fra ulike jordbruksvekster og foredling av disse vil være aktuelt for flere biogassanlegg. Imidlertid vil tilgangen på slikt råstoff være sesongbetont, med størst mengde en kort stund om høsten. Dette gjelder for eksempel kornavrens i form av skadete kjerner, agner, skall og ugrasfrø fra møller, sortering og foredling av industri-potet, grønnsaker og frukt fra konservesindustri osv. Bruk av slikt materiale kan gi en rask tilbakeføring av næringen til landbruket. Det kan være velegnet som råstoff fordi det som regel er rent og innholdet er kjent, og det dessuten brytes lett ned i prosessen. Fruktskall i store mengder kan imidlertid gi store konsentrasjoner av kjemiske sprøytemidler, som vist av Govasmark m.fl. (2011). Naturlige stoffer kan også hemme biogassprosessen, som for eksempel oljer fra sitruskall (Carlsson & Uldal 2009).

Råstoff i form av store mengder halm eller gras er lite aktuelt til biogassproduksjon i Norge generelt, og til biogassproduksjon i økologisk landbruk spesielt. Halm pløyes ned, brukes til strø, fôr eller i bioenergiproduksjon, mens høstet gras trengs som grovfôr. Grovfôrrester kan være aktuelt, men dette vil være små mengder og det høye fiberinnholdet krever finsnitning av massen før bruk som substrat. Lignininnholdet i halm gir en langsom nedbrytningsprosess i biogassproduksjonen. Lignin kan ikke brytes ned anaerobt (Carlsson & Uldal 2009).

5.4 Animalsk materiale

5.4.1 Slakteriavfall

Slakteriavfall inneholder mye fett og protein og er dermed et energirikt råstoff til biogassproduksjon. Norsk Protein tok imot om lag 167 000 tonn slakteriavfall i form av blant annet blod, bein, bløtdeler, pels og annet materiale i 2013 (Norsk protein 2014). Løes m.fl. (2014) angir at total mengde biprodukter fra kjøtt- og fjærfeindustrien i Norge utgjorde 220 000 tonn i 2014. Inkludert i dette er blant annet fjær fra broilerproduksjon, eggeskall fra fabrikker for foredling av egg og blod som fryses inn og eksporteres til pelsdyrfôr. C/N-forholdet i slakteavfall varierer ut fra sammensetningen, avfall basert hovedsakelig på mage/tarm-innhold har et C/N-forhold rundt 22-37 (Schnürer & Jarvis 2009).

Slakteriavfall kan inneholde forurensninger i form av f.eks. bein, magemagneter, tau og metallbiter, og må finfordeles før bruk i biogassanlegg. Slakteriavfall har dessuten et høyt fettinnhold som kan senke pH i prosessen, og det høye proteininnholdet kan medføre så høyt ammoniakkinhold at det hemmer bakteriene i prosessen. Slakteriavfall egner seg derfor best i blanding med andre substrater (Carlsson & Uldal 2009).

Bruk av slakteriavfall som råstoff gir risiko for spredning av patogener, og bruk av slikt avfall som råstoff setter strenge krav til biogassanlegget. Dette vil være både hygienisering før selve utråtningprosessen og temperaturen i biogassprosessen. I tillegg er det viktig at inntransport av slakteriavfall skiller fra uttransport av råtnerest slik at ikke massen kan smittes på ny. En ytterligere forsikring for å unngå videreføring av smitte kan være å unngå spredning av råtnerest på beite. Dette anbefales i Sverige (Bagge 2009).

En pasteurisering ved 70 °C før utråtning vil redusere antall bakterier som ikke danner sporer. Dette gjelder f.eks. *Salmonella* og *E.coli*. Sporedannende bakterier påvirkes lite av pasteuriseringen.

Bagge (2009) undersøkte forekomsten av en del sporedannende bakterier i gjødsel og slakteriavfall før og etter pasteurisering og utråtning til biogass. Bakteriene *Clostridium* spp. ble påvist i gjødsel og slakteriavfall, også etter pasteurisering, men både antall arter og totalt antall av *Clostridium* spp. ble redusert etter utråtning. For *Bacillus* spp. ble det ikke påvist en slik reduksjon etter utråtning, verken for antall arter eller totalantallet.

Sporedannende sopper kan også overleve pasteurisering og utråtning. Få av disse innebærer en smitterisiko for mennesker, men aerosoler med sopp sporer kan forårsake luftveisirritasjon og allergi hvis mengden av sporer er høy rundt biogassanlegget eller ved håndtering av råstoff eller råtnerest (Schnürer & Jarvis 2009).

Prioner er en annen type organismer som må vurderes med hensyn på smitte. Kunnskapen om forekomst og smitteveier er mangelfull. Visse typer slakteriavfall kan være smitekilder, i biproduktforordningen kalt Kategori 1 (Lovdata 2007). Slikt avfall er ikke tillatt brukt som råstoff i biogassanlegg. Det er vanskelig å si noe sikkert om bruk av råtnerest kan medføre spredning av prioner. Det er imidlertid stor sjanse for at prioner vil kunne overleve utråtningen i biogassanlegg (Rosander 2013).

Spørsmålet om antibiotikaresistente bakterier overlever utråtningprosessen og dermed kan spres med råtneresten bør også stilles. Det fins noen få studier hvor overlevelse i kompostert kloakkslam er undersøkt. Ulike typer av antibiotikaresistente bakterier er påvist i kompostert kloakkslam både i Sverige og andre land. Effekten av ulike typer utråtning på overlevelsen varierer i de få undersøkelsene som er kjent. Husdyrgjødsel og kompostert kloakkslam brukt som gjødsel ble sammenliknet i USA. Husdyrgjødsel gav en liten økning i mengden resistensgener i jorda, mens spredning av slam ikke medførte slik

økning, selv om begge gjødselmidlene i utgangspunktet inneholdt resistensgener (Rosander 2013).

Få tilsvarende undersøkelser er gjort med råtnerest, men en japansk studie av overlevelse av antibiotikaresistente bakterier i gjødsel og melk fra behandlede mjølkekyr ved biogassproduksjon konkluderer med at termofil utråtning er gunstig for å redusere mengden av bakterier som var blitt resistente mot det antibiotiske middelet cefazolin (Beneragama m.fl. 2013).

5.4.2 Fiskeavfall

Fiskeavfall omfatter ulike kategorier avfall, bla. villfisk, akvakulturdyr, avskjær, fiskeslo, dødfisk fra oppdrettsanlegg og slam fra f.eks. settefiskanlegg. Slikt avfall tilhører imidlertid ulike kategorier biprodukter, noe som betyr at det må behandles i ulike anlegg, med ulike metoder.

Foredling av villfisk og oppdrettsfisk foregår langs store deler av Norges kyst og gir store mengder fiskeavfall. I 2011 ble 620 000 tonn av dette utnyttet, mens 196 500 tonn kom i kategorien «dumpet», uten nærmere angivelse av hvordan dette brukes (RUBIN 2011).

Restråstoffet både fra villfisknæringen og fra havbruk har de siste årene blitt en viktige råvare. Rubins varestrømsanalyse fra 2011/7 viser at råstoffet utgjorde 540 000 tonn, og at hele 196 000 tonn (ca. 35 %) ikke ble utnyttet.

I tillegg blir det årlig produsert anslagsvis 20 000 tonn såpe og 30 000 tonn bleikejord ved norske Omega 3-fabrikker (Ward & Løes 2011). Såpe dannes når ustabile fettsyrer fjernes fra fiskeoljen med lut, mens bleikejord er fargestoffer, vitaminer og annet renses ut med finkornet materiale, gjerne leirmineralet bentonitt.

Fiskeavfallet er nærings- og energirikt og bør slik kunne være gunstig råstoff til biogassproduksjon mange steder langs kysten av Norge. Men slikt avfall kan også inneholde tungmetaller og organiske miljøgifter. Arsenkonsentrasjonen er generelt høy i marine organismer, og miljøgiftene som havner i havet akkumuleres i næringskjedene. Bleikejord kan sedimentere i råtnetanken og slite på mekaniske deler. På grunn av saltinnholdet er det mest aktuelt å bruke slam fra lukkede anlegg med ferskvann som råstoff i biogassproduksjon.

Avfall fra oppdrettsfisk kan inneholde rester av veterinærmedisin. Særlig dødfiskensilasje og fiskeslam vil kunne inneholde rester av avlusningsmiddel og antibiotika. Forbruket av antibiotika til oppdrettsfisk er imidlertid redusert med 99 % siden 1987, og forbruket av antibiotika til norsk oppdrettsfisk var kun 972 kg aktiv substans i 2013. Reduksjonen skyldes bla. innføring av effektive vaksiner (NORM/NORM-VET 2013).

Ved Bioforsk Økologisk på Tingvoll har en undersøkt mulighetene for bruk av restprodukter fra fiskeoljeindustrien som råstoff i biogassproduksjon, sammen med husdyrgjødsel. Med en slik blanding av råstoff kan en utnytte lokale ressurser, samtidig som energiutbyttet øker og lønnsomheten forbedres. Arbeidet omfattet også effekt av miljøgifter og tungmetaller på råtneresten som gjødsel (Amundsen m.fl. 2012). Såpe og bleikejord inneholder flere organiske miljøgifter som brytes langsomt ned og som akkumulerer i næringskjedene.

Fire prøver av såpe og bleikejord ble analysert i prosjektet. Analyser av fiskeolje kan brukes til å vurdere om prøveresultatene er representative. I disse prøvene har innholdet av dioksiner/furaner, PCB og klorerte pesticider gått betydelig ned fra 2004/05 til 2010/11. Prøvene av såpe og bleikejord ble tatt i 2011/12.

Innholdet av organiske miljøgifter var høyest i såpe, bortsett fra dioksiner/furaner, hvor innholdet var omtrent likt. Konsentrasjonene av dioksiner/furaner var på nivå med innholdet i norsk avløpslam og kompost. Innholdet av de ulike miljøgiftene varierte mellom prøvene, blant annet gjaldt det innholdet av klorerte pesticider. I en av såpeprøvene var konsentrasjonen mer enn 10 ganger høyere enn i bleikejorda. I alt 23 av 29 pesticider det ble analysert for ble påvist i såpeprøvene. Den store variasjonen av innholdet i de ulike prøvene tilsier av flere analyser er nødvendig før et gjennomsnittlig innhold kan bestemmes. Det er også mulig at innholdet faktisk har avtatt noe over tid.

Ut fra konsentrasjonene av organiske miljøgifter i analysene av såpe og bleikejord ble innholdet av disse stoffene i råtnerest beregnet. Dette var ut fra blandinger med husdyrgjødsel og hhv. 5 % såpe og 10 % bleikejord. Beregningene viste at konsentrasjonene av miljøgifter var på nivå med eller lavere enn verdier funnet i avløpslam. Høyest konsentrasjon hadde PCB7 (sum av ulike polyklorerte bifenyler) i råtnerest hvor såpe var blandet med husdyrgjødsel. Sum polybromerte difenyletere (PBDE) i begge typer råtnerest var om lag 1 000 ganger lavere enn konsentrasjonen i norsk avløpslam analysert i 2010.

Prøver av såpe og bleikejord, tatt i 2009-2012, ble analysert for blant annet tungmetaller. Bortsett fra arsen (As) var innholdet av tungmetaller lavt og konsentrasjonen i råtneresten vil ikke begrense bruken som gjødsel. Beregninger viser at ved bruk av inntil 10 % bleikejord med dette arseninnholdet i råtneresten vil konsentrasjonen i jord øke. Esser (1996) beregnet gjennomsnittlig arseninnhold i norsk jord til 2,4 mg/kg. Fra dette nivået ville økningen være 80 %, til 4,3 mg/kg jord, i løpet av 100 år, ved tilførsel av 2 tonn råtnerest-tørrstoff per 10 år. Dette vil likevel ikke overstige øvre grense for trygg matproduksjon, som er 8 mg As/kg jord.

Amundsen m.fl. (2012) konkluderer med at det trengs nærmere undersøkelser av hvordan råtnerest der restprodukter fra fiskeindustrien inngår, virker ved langvarig bruk. Det gjelder særlig effekten av tungt nedbrytbare organiske miljøgifter og evt. opptak i planter og jordlevende organismer. Dessuten inneholder slike restprodukter lite næringsstoffer, og har dermed ingen agronomisk verdi. Det er derfor i hovedsak energien og dermed effekten på biogassproduksjonen av disse restproduktene som gjør dem interessante som råstoff.

Per i dag eksporteres såpe fra norsk fiskeoljeproduksjon for å benyttes i biogassanlegg i andre land, mens bleikejorda deponeres. For evt. bruk i Norge må slike råstoffer godkjennes i henhold til gjødselregelverket.

5.5 Kloakkslam

I 2011 ble 113 000 tonn slamtørrstoff fra kommunal avløpssektor disponert til ulike formål. I overkant av halvparten (64 000 tonn) gikk til jordbruksformål. Mesteparten (92 %) av dette ble brukt i kystfylkene fra svenskegrensa til Lindesnes. Sammen med kjøttbeinmjøl utgjør slam om lag 1 % av total mengde tilført nitrogen til jordbruket (Bye m.fl. 2013).

Kloakkslam er et av flere råstoff som benyttes i flere større anlegg for biogassproduksjon. I 2008 var det 23 norske biogassanlegg hvor eneste råstoff var avløpslam fra renseanlegg (Sørheim m.fl. 2010). I tillegg er det flere anlegg som sambehandler matavfall og avløpslam, blant annet oppgir Ecopro i Trøndelag at slam utgjør omtrent halvparten av råstoffet i biogassproduksjonen som ligger til grunn for deres gjødselprodukt (Ecopro 2009). Slammet kan inneholde ulike kjemiske forurensninger som kan virke hemmende på mikroorganismene i utråtningsprosessen. Råtneresten fra dette slammet kan også inneholde stoffer som er uønsket, f.eks. tungmetaller, organiske miljøgifter, legemiddelrester og patogener.

Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM) har utført en risikovurdering av avløpslam som gjødsel og jordforbedringsmiddel på jordbruksområder, grøntområder og i kommersielle jordblandinger. Mengden kadmium, bly, kvikksølv og kobber i avløpslam har blitt redusert med 20-40 % i perioden 1993 til 2006. Konsentrasjonen av sink, nikkel og krom har ikke blitt redusert tilsvarende i samme periode. I perioden 1996-2007 har konsentrasjonen av de organiske miljøgiftene DBP, nonylfenol og NP1EO i avløpslam blitt merkbart redusert, mens konsentrasjonen av Σ PAH₁₆, LAS og DEHP ikke har vist samme reduksjon. Rapporten gjengir også resultater for medisinrester funnet i norsk slam. Antibakterielle midler som tetracykliner og ciprofloxacin ble funnet i store mengder i slam, mens østrogener bare ble påvist i små mengder. Forfatterne bemerker imidlertid at det fins svært få undersøkelser av dette (Eriksen m.fl. 2009).

Bruk av kloakkslam som gjødsel er ikke tillatt i økologisk landbruk, jfr. Veileder B (Mattilsynet 2012b). Råtnerest fra biogassanlegg hvor kloakkslam er brukt som råstoff, kan derfor ikke brukes i økologisk landbruk.

6. Tilsetningsstoffer

Råtnerest kan inneholde stoffer som tilsettes råstoffene før, underveis og etter biogassproduksjonen. Slike stoffer tilsettes biogassanlegget for å avvanne massen, justere pH, hindre korrosjon, dempe skumdannelsen, øke biogassproduksjonen eller på andre måter forbedre prosessen eller sluttproduktet. I utgangspunktet bør slike stoffer ikke påvirke råtnerestens kvalitet negativt, og heller ikke ha negativ effekt på jorda der råtneresten spres. Bruk av slike stoffer er regulert i gjødselverforskriften, selv om de ikke er nevnt spesifikt. De generelle kravene i forskriften om at stoffer i bruk ikke skal medføre miljø- eller helsefare gjelder derfor også for disse.

Greves biogassanlegg i Vestfold benytter et tilsetningsstoff med handelsnavn BDP 869. Dette er jernklorid-basert, og tilsatt mineraler, metaller og mikronæringsstoffer. BDP 869 tilsettes råstoffet før hygienisering og innpumping i råtnetankene for å sikre oppstartsfasen og optimalisere biogassproduksjonen. Produktet binder svovel, slik at mest mulig av svovelet ender i råtneresten og ikke i biogassen. Planlagt forbruk er 1,16 m³ per innmatet mengde, 332m³ per døgn ved vanlig drift (I. Sørby, pers. medd. 1.12.2015)

Polymerer kan brukes som prosesshjelpemiddel, og kan tilsettes ved ulike trinn i produksjonen, enten for å avvanne råstoff med lavt tørrstoffinnhold, eller for å øke tørrstoffprosenten i råtneresten. Syntetiske polymerer er med få unntak basert på petrokjemiske primærprodukter som olje og gass. Den svenske godkjenningsordningen for råtnerest, SPCR 120, tillater bare polymerer brukt før biogassproduksjonen, og da bare inntil 0,5 kg/m³ substrat.

Polyakrylamid (PAM) er en mye brukt polymer, blant annet i vannrensing og som avvanningsmiddel for slam. Det kan også brukes for å avvanne selve råtneresten. Polyakrylamid er en polymerisert form av akrylamid. Det er imidlertid bare akrylamid som mistenkes for å være kreftfremkallende når det forekommer i store mengder i matvarer. Polyakrylamid kan brukes i anionisk eller kationisk form.

Ved Oslo kommunes anlegg for produksjon av biogass fra husholdningsavfall benyttes polyakrylamid ved avvanning av råtneresten. Det benyttes ikke regelmessig, men som skumdemping når det er nødvendig. Polyakrylamid havner i den faste delen av råtneresten, som brukes som gjødsel med høyt tørrstoffinnhold. Analyser av innholdet viser at det ferdige produktet inneholder inntil 0,1 % polyakrylamid. Per i dag er disse produktene ikke godkjent for bruk i økologisk landbruk (Govasmark pers. med. 2015).

Polyakrylamid er kostbart. Diesel og tungolje har samme virkning som polyakrylamid og er mye billigere. Noen biogassanlegg bruker derfor slike midler for å dempe skumming.

Det fins lite kunnskap om miljøeffekter av polymerer brukt i biogassproduksjon. Henriksson m.fl. (2010) har vurdert ulike sider av slik bruk av polymerer i en forstudie, som bl.a. omfattet en litteraturgjennomgang. De fant at PAM kan brytes ned både aerobt og anaerobt, men hevder at det er lite sannsynlig at det vil dannes akrylamid ved en biologisk nedbrytning. Litteraturgjennomgangen gav ikke noe entydig svar på om PAM hemmet biogassprosessen eller ikke. De fant ikke litteratur hvor toksisk effekt av PAM ble påvist, men fant at deler av PAM-molekylene kan akkumuleres i jord.

Henriksson m.fl. (2010) fant ingen langtidsstudier av polymerenes nedbrytning og akkumulasjon i jord i sin litteraturgjennomgang. Forfatterne konkluderer med at det

trenge metoder for å kunne analysere polymerer i jord, undersøkelser av nedbrytning i jord og målinger av evt. akkumulasjon i jord ved lang tids bruk av gjødsel som inneholder PAM.

I Sverige fins det en sertifiseringsordning, SPCR 120, for alle typer for biogassanlegg, uavhengig av bruken av råtneresten (se kap. 7.3). Følgende prosesshjelpemidler er godkjent: Jernklorid, jernoksid, bentonitt, kiselgur, kaliumkarbonat, natriumkarbonat og flere handelsprodukter. Polymerer kan bare tilsettes før biogassprosessen starter, maks. 0,5 kg/m³ råstoff. (www.avfallsverige.se).

I en høringsuttale til Mattilsynet i 2014 foreslår Avfall Norge at følgende tilsatsstoffer tillates, i råtnerest som også skal kunne brukes i økologisk produksjon: NaOH, jernklorid, BDP-867 (mikronæringsstoffer), natriumhydrogenkarbonat, skumdempemidler (Avfall Norge 2014). Raps- eller annen vegetabilsk olje kan brukes som skumdempemidler.

Som gjennomgangen over viser, fins det begrenset kunnskap om effekter av ulike tilsetningsstoffer. På kort sikt kan det derfor være vanskelig å vedta en positivliste over tillatte midler. En god begynnelse i riktig retning kan derfor være å utarbeide en negativliste. Da kan stoffer med dokumentert uheldig effekt forbys, som f.eks. tungolje. Dette i påvente av mer kunnskap om andre stoffer som også er i bruk, slik at en positivliste kan utarbeides i neste omgang.

7. Aktuelt regelverk

Håndtering av avfall og bruk av organiske gjødselvarer i Norge omfattes av EU-regler og nasjonalt lovverk. Innholdet i EU-forordninger om dette implementeres i norsk regelverk gjennom forskrifter, og kunngjøres på Lovdata.no. Bruk av råtnerest fra anlegg hvor det er brukt ulike råstoffer er bl.a. knyttet til gjødselvarerforskriften, forskrift om animalske biprodukter, forskrift om plantehelse, forurensningsloven og avfallsforskriften. Hvis fiskeavfall fra oppdrett benyttes som råstoff gjøres også forskrift om drift av akvakultur-anlegg gjeldende. Skal råtneresten brukes i økologisk landbruk vil også økologiforskriften ha betydning. Norsk Standard 2890:2003 regulerer merking av gjødselproduktene.

Fra 1.1.2015 trer forskrift om tilskudd for levering av husdyrgjødsel til biogassanlegg i kraft. Formålet er å stimulere til at husdyrgjødsel blir levert til biogassanlegg i Norge og gjelder alle typer husdyrgjødsel. Tilskuddet gis til foretak som har husdyr.

Utviklingen går i retning av stadig mer aktiv bruk av ulike flere organiske restprodukter til fôr, gjødsel og annet. Dagens regelverk er ikke tilpasset denne utviklingen, og det pågår en oppdatering av gjeldende regelverk både nasjonalt og i EU.

Best mulig overensstemmelse og logisk sammenheng mellom kravene i de ulike forskriftene vil sikre at organiske avfallsmaterialer kan behandles og næringsstoffer resirkuleres i størst mulig grad (Sørheim m.fl. 2010).

7.1 Generelle regler

7.1.1 Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav

Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav, Gjødselvarerforskriften, gjelder for alle typer organisk gjødsel (Lovdata 2003). Forskriften gjelder også som grunnlag for reglene for økologisk produksjon i Norge. Formålet med forskriften er å sikre tilfredsstillende kvalitet på produkter som omfattes av forskriften, og å forebygge forurensningsmessige, helsemessige og hygieniske ulemper ved tilvirkning, lagring og bruk av gjødselvarer mv. av organisk opphav. Forskriften skal også legge til rette for at disse produktene kan utnyttes som ressurs.

Forskriften omfatter blant annet husdyrgjødsel, kloakkslam, kompostprodukter og annen organisk gjødsel, anaerobt omsatt biomasse (her kalt råtnerest) og forbrenningsprodukter. Forskriften omhandler regler for innhold av ulike stoffgrupper, bl.a. tungmetaller, krav til hygienisk kvalitet og innslag av fremmedlegemer.

Kapittel 3 i forskriften omhandler produktkvalitet. Her er det fastsatt maksimumsgrenser for tillatt innhold av tungmetaller, termotolerante koliforme bakterier og totalinnhold av plast-, glass- og metall-biter større enn 4 mm. For salmonellabakterier, infektive parasitt-egg og spiredyktig floghavrefrø er det 0-toleranse. Nedenfor er de viktigste paragrafene i forskriften sitert.

«§ 9. Generelt om produktkvalitet

Det er forbudt å importere eller omsette produkter som ikke tilfredsstillende de kvalitetskrav som går fram av denne forskrift. Mattilsynet kan i alle tilfelle forby produkter som kan medføre miljørisiko ved bruk, eller som kan skade eller redusere menneskers, dyrs eller planters helse.

§ 10. Kvalitetskrav

Denne paragraf gjelder for produkter basert på råvarer gitt i vedlegg 4.

1. Tungmetaller

Følgende maksimumsgrenser for tillatt innhold av tungmetaller angitt i mg/kg tørrstoff (totalinnhold) gjelder:

Kvalitetsklasser:	0	I	II	III
	mg/kg tørrstoff			
Kadmium (Cd)	0,4	0,8	2	5
Bly (Pb)	40	60	80	200
Kvikksølv (Hg)	0,2	0,6	3	5
Nikkel (Ni)	20	30	50	80
Sink (Zn)	150	400	800	1500
Kobber (Cu)	50	150	650	1000
Krom (Cr)	50	60	100	150

Mattilsynet kan sette strengere krav til dyrkingsmedier framstilt av råvarer listet opp i vedlegg 4.

2. Organiske miljøgifter, plantevernmidler o.a.

Den som produserer eller omsetter produkter etter denne forskrift skal vise aktsomhet og treffe rimelige tiltak for å begrense og forebygge at produktet inneholder organiske miljøgifter, plantevernmidler, antibiotika/kjemoterapeutika eller andre miljøfremmede organiske stoffer i mengder som kan medføre skade på helse eller miljø ved bruk.

3. Hygienisering

Produkter og bruken av dem - inkludert sannsynlig misbruk - skal ikke medføre fare for overføring av sykdomssmitte til mennesker, dyr og planter.

Produktene skal ikke inneholde salmonellabakterier eller infektive parasittegg og innholdet av termotolerante koliforme bakterier (TKB) skal være mindre enn 2 500 per gram tørrstoff (TS).

4. Stabilisering

Produkter må være stabilisert slik at de ikke forårsaker luktulempen eller andre miljøproblemer ved lagring og bruk.

5. Spiredyktige frø

Produkter skal ikke inneholde spiredyktige frø av floghavre.

Tilsynsmyndigheten kan kreve:

- dokumentasjon på desimerende behandlingsmetode eller
- at produktets opphavsmateriale kontrolleres mot floghavreregisteret

6. Plast, glass o.a. fremmedlegemer

Totalinnholdet av plast, glass eller metallbiter med partikkelstørrelse større enn 4 mm skal ikke utgjøre mer enn 0,5 vektprosent av totalt tørrstoff.»

I vedlegg 4 er ulike typer av opphavsmateriale listet opp. Her inngår blant annet husdyrgjødsel, avfall av animalsk (også fra fiskeri og fiskeoppdrett) og vegetabilsk opprinnelse, matavfall fra storhusholdninger og kildesortert, organisk husholdningsavfall.

«§ 27. Kvalitetsklasser og bruksområder

Bestemmelsene i denne paragraf gjelder for produkt som kommer inn under forskriftens § 10. Der slike produkt inngår som komponent i et annet produkt, gjelder mengdebegrensningene i denne paragrafen for den aktuelle komponent.

Kvalitetsklasse 0: Kan nyttes på jordbruksareal, private hager, parker, grøntarealer og lignende. Tilført mengde må ikke overstige plantenes behov for næringsstoffer.

Kvalitetsklasse I: Kan nyttes på jordbruksareal, private hager og parker med inntil 4 tonn tørrstoff pr. dekar pr. 10 år. Kan nyttes på grøntarealer og lignende der det ikke skal dyrkes mat eller fôrvekster. Produktet skal legges ut i lag på maksimalt 5 cm tykkelse og blandes inn i jorda på bruksstedet.

Kvalitetsklasse II: Kan nyttes på jordbruksareal, private hager og parker med inntil 2 tonn tørrstoff pr. dekar pr. 10 år. Kan nyttes på grøntarealer og lignende der det ikke skal dyrkes mat eller fôrvekster. Produktet skal legges ut i lag på maksimalt 5 cm tykkelse og blandes inn i jorda på bruksstedet.

Kvalitetsklasse III: Kan nyttes på grøntarealer og lignende arealer der det ikke skal dyrkes mat- eller fôrvekster. Produktet skal legges ut i lag på maksimalt 5 cm tykkelse hvert 10. år og blandes inn i jorda på bruksstedet. Brukt til toppdekke på avfallsfyllinger skal deksjiktet være maksimalt 15 cm.»

Veilederen til forskriften forklarer at «.....grenseverdiene er satt for å forebygge akkumulering av metaller i jord som tilføres gjødsel. Produktene deles inn i fire klasser (0-III) etter innholdet av tungmetaller. Det vil være tungmetallet i den høyeste kvalitetsklassen som bestemmer hvilken kvalitetsklasse produktet faller i. Produkter hvor konsentrasjon av ett eller flere tungmetaller er høyere enn grenseverdien for kvalitetsklasse III, kan ikke brukes som gjødselvarer.» (Mattilsynet 2007)

Men veilederen forklarer også at «For organiske miljøgifter, plantevernmidler, antibiotika/kjemoterapeutika og andre miljøfremmede organiske stoffer er det ikke grenseverdier i forskriften. For avløps slam og vanlige avfallstyper (som organisk avfall fra husholdninger) vurderes nivået av denne type forurensninger gjennom nasjonale kartlegginger. Konklusjonen er at konsentrasjonen av slike forurensninger generelt er lavt, og at det derfor ikke er forholdsmessig å gjennomføre rutinemessige analyser på det enkelte produkt.» (Mattilsynet 2007).

Myndighetene har lenge arbeidet med helhetlig gjennomgang av regelverket for organisk gjødsel. Nåværende forskrift vil bli delt i to, hvor en del vil omhandle produksjon, omsetning og import av organiske gjødselprodukter mv. og uorganiske dyrkingsmedier, mens en annen forskrift vil omhandle husdyrgjødsel. Ny forskrift vil trolig inneholde krav til de samme tungmetallene som i dag, men det vurderes et tillegg av arsen. Det vil bli forslått noen endringer i grenseverdier, blant annet vil nåværende tabell for tungmetaller bli endret i ny forskrift. Trolig vil forskriften også inneholde mer spesifikke krav til aktsomhet for å hindre forurensning med miljøgifter, og synliggjøre virksomhetenes plikter. Det vil også bli ryddet i forholdet mellom hygienekrav i denne forskriften og krav i biproduktforordningen. Hygienekrav til de fleste materialer med animalsk opphav, inkludert husdyrgjødsel, vil dekkes av biproduktforordningen.

EU-kommisjonen arbeider per 2014 med revidering av forordning (EF) nr. 2003/2003 om gjødsel. Gjødselforordningen skal utvides fra å gjelde bare kjemisk fremstilt mineralgjødsel og kalk til også å omfatte gjødselprodukter av organisk opphav, blant annet organisk gjødsel.

Per 2014 er ikke regler om gjødselprodukter av organisk opphav harmonisert mellom medlemslandene i EU. Dette arbeidet omfatter innhold av kontaminanter og andre risikofaktorer. I gruppa som arbeider med dette er det enighet om at det bør være grenseverdier for kadmium, kvikksølv, bly og nikkel, og for krom (total eller VI). Kommisjonen foreslår at det ikke skal være grenseverdier for tungmetaller som også er mikronæringsstoff, som kobber og sink. Norge deltar i dette arbeidet (Mattilsynet 2012a).

I EU arbeides det også med å definere kriterier for når ulike stoffer ikke lenger er avfall, men produkter («End of waste»). Det nye regelverket kommer som følge av at rammedirektivet for avfall krever at det skal settes regler for når avfall slutter å være avfall. Dette regelverket vil ha grenseverdier for bl.a. kobber og sink i kompost og råtnerest.

Både det nye regelverket på gjødsel og «End of waste» er forventet å ha lavere grenseverdier for tungmetall enn det er i dagens norske regelverk for organisk gjødsel. De foreslåtte grenseverdiene varierer fra nåværende klasse 0 til klasse III.

7.1.2 Forskrift om animalske biprodukter som ikke er beregnet på konsum

EU-forordning nr. 1774/2002 omhandler animalske biprodukter (ABP) og avledede produkter som ikke er beregnet for humant konsum. Forordningen ble vedtatt som et resultat av kugalskap-epidemien i Europa på midten av 1990-tallet.

I Norge er det vedtatt en forskrift om animalske biprodukter, FOR 2007-10-27-1254 (Lovdata 2007). ABP deles i 3 kategorier, hvor produkter i kategori 1 skal destrueres. Dette omfatter organer fra dyr som ved smitte kan inneholde prioner, men også matavfall fra internasjonalt område, dvs. både fra internasjonal flytrafikk og båttrafikk utenfor norsk sone. Husdyrgjødsel inngår i kategori 2 og restråstoff fra dyr godkjent for konsum er plassert i kategori 3. Mat utgått på dato tilhører også kategori 3. Det er materiale i kategori 2 og 3 som kan brukes som råstoff i biogassproduksjon.

Ved bruk som råstoff i biogassframstilling kreves det at animalske biprodukter i kategori 3 på forhånd er pasteurisert ved 70 °C i 60 minutter, for ABP i kategori 2 (unntatt husdyrgjødsel) kreves det sterilisering under trykk ved 133 °C i 20 minutter. Massen skal ikke inneholde *Salmonella*- eller *E.coli*-bakterier eller *Enterokokker*.

Endringer i forskriften i 2014 har betydning for biogassanlegg. Dette går fram av § 10a i endringsforskriften, FOR-2014-09-03-1145 (Lovdata 2014).

Her går det fram at «... kan biogass- og komposteringsanlegg behandle følgende kategori 3 biprodukter etter krav tilsvarende de bestemt av Mattilsynet etter forordningens vedlegg VI kapittel II C nr. 14 første ledd:

- (a) tidligere næringsmidler som har gjennomgått en foredling, og
- (b) egg.

Her anses foredling som enhver handling som endrer det opprinnelige produktet vesentlig, herunder varmebehandling, røyking, salting, modning, tørking, marinering, ekstraksjon, ekstrudering eller en kombinasjon av disse prosessene.»

Rådsforordning nr. 1069/2009 og Kommisjonsforordning nr. 142/2011 erstatter forordningen fra 2002, men disse er ennå ikke implementert i Norge. Det skal komme en ny biprodukt-forskrift.

Noe av innholdet i de nye forordningene kan ha betydning for bruk av ingredienser i biogass-anlegg. Blant annet vil ikke fiskeslam lenger omfattes av den nye forordningen, isteden vil slikt slam inngå i den nye gjødselvereforskriften, forutsatt at massen ikke inneholder død fisk. Materiale som oppstår ved sløying av fisk på fiskebåter omfattes ikke av forordningen, det gjør derimot fisk som inneholder parasitter eller har andre tegn på sykdom.

7.1.3 Forskrift om transport og behandling av animalsk avfall, og anlegg som behandler animalsk avfall

Forskrift om transport og behandling av animalsk avfall, og anlegg som behandler animalsk avfall fra 1999 er opphevet. Nå gjelder isteden «Forskrift om endring i forskrift om transport og behandling av animalsk avfall, og anlegg som behandler animalsk avfall» vedtatt i 2004 (Lovdata 2004). Denne omhandler for en stor del høyrisikoavfall, men noe gjelder også andre typer animalsk avfall. Animalsk avfall omfatter også avfall fra fisk og fiskeoppdrett.

Paragraf 7:

«Anlegg som behandler animalsk avfall skal være godkjent av Mattilsynet.

Planer for bygging og vesentlige endringer av steriliseringsanlegg skal være godkjent av Mattilsynet.

Søknad om godkjenning skal sendes Mattilsynet og være vedlagt uttalelse fra kommunen eventuelt andre berørte myndigheter. Søknaden skal inneholde situasjonsplan, opplysninger om vann- og kloakkforhold, og fullstendige tegninger/beskrivelser av bygninger, tekniske innretninger o.l.

Forbrenningsanlegg som ikke mottar høyrisikoavfall og meieri som pasteuriserer melk i henhold til § 19 er unntatt fra kravet om godkjenning i henhold til denne forskrift.»

7.2 Regler for gjødsel tillatt i økologisk drift

EU-forordning 889/2008, med siste endringer fra 2014 (EU-forordning nr. 354/2014), angir hvilke råstoffer av ikke-økologisk opphav som er tillatt brukt til gjødsel i økologisk landbruk, og dermed også som råstoff i biogassproduksjon. Ved eventuelle endringer i lista over tillatte gjødselmidler foretas vurderingene av en ekspertgruppe for økologisk produksjon (EGTOP). Gruppen benytter definerte kriterier, blant annet om gjødselmidlene er i tråd med økologiske mål og prinsipper og om det er behov for gjødselmiddelet.

Nedenfor gjengis de råstoffkategoriene som er tillatt i biogassproduksjon, hvor råtneresten skal brukes i økologisk drift, listet opp i Vedlegg 1 (fra dansk oversettelse). Dette er en positivliste, dvs. at produkter som ikke er nevnt i denne lista, heller ikke er lovlig å bruke.

- Husdyrgjødsel - både fast og flytende. Flytende husdyrgjødsel kan bare brukes etter kontrollert gjæring og/eller passende uttynning. Husdyrgjødsel fra «factory farming» er ikke tillatt. Dette begrepet defineres ulikt i ulike land.
- Kildesortert husholdningsavfall - kun vegetabilsk og animalsk avfall. For å kunne brukes som gjødsel må dette materialet ha vært kompostert eller forgjæret anaerobt. Det må også være produsert i et offentlig godkjent, lukket og overvåket innsamlingsystem. Det er angitt maksimal konsentrasjon i mg per kg tørrstoff for tungmetaller: Cd: 0,7, Cu: 70, Ni: 25, Pb: 45, Zn: 200, Hg: 0,4, Cr (totalt):70, Cr (VI): ikke påvisbart.
- Plantemateriale - kompostert eller forgjæret blanding av produkter eller biprodukter. Dette kan være blandinger av forskjellig materiale.
- Animalsk materiale - biprodukter, omdannet sammen med vegetabilsk og animalsk materiale. Bare biprodukter fra kategori 3 eller mage og tarm i kategori 2 er tillatt. Biprodukter også fra ville dyr. Til kategori 3-produkter her hører også ulike biprodukter og avfall fra fisk og animalsk materiale fra dagligvarehandelen.
- Animalsk materiale, ikke blandet med vegetabilsk materiale: mel av blod, hover, horn, bein, kjøtt og fjær, fiskemel, ull, pels, hår, meieriprodukter og hydrolyserte proteiner. Krom skal ikke kunne påvises i pels. Hydrolyserte proteiner skal ikke «... be applied to edible parts of the crop», dvs. de skal ikke brukes direkte på vekster til menneskemat, som bær eller salat.

Andre gjødselprodukter som er nevnt i positivlista, og som kan være aktuelt råstoff i biogassproduksjon, er bl.a. alger og algeprodukter, sagmugg og treflis.

Det er ingen felles definisjon av «husholdningsavfall» i EU, og medlemslandene praktiserer dette ulikt. I Norge brukes definisjonen av husholdningsavfall fra regelverket for biprodukter. I følge denne definisjonen kan matavfall komme fra både store og små husholdninger. Det vil si at avfall fra storkjøkken, så vel som fra matvarebutikker, regnes som husholdningsavfall. Emballert matavfall, f.eks. fra butikk, kan imidlertid bare godtas hvis emballasjen er av vegetabilsk eller animalsk opprinnelse.

7.2.1 Norske regler for økologisk produksjon

Alle krav i økologiregelverket gjelder i tillegg til kravene som framkommer i norsk regelverk generelt.

Tillatte gjødselmidler av ikke-økologisk opprinnelse er nevnt i Liste 1 i veileder B for økologisk produksjon (Mattilsynet 2012b). Ved implementering av EU-forordning nr. 889/2008 og nr. 354/2014 vil de tillatte gjødselmidlene være listet opp i Vedlegg 1 i forordningen.

Som råstoff til biogassproduksjon er det bare organiske gjødselslag som er aktuelle, ikke de mineralske som er med i lista. Med dagens regelverk er gjødsel fra biogassproduksjon på ulike råstoffer restriksjonsbelagt, dvs. at forhåndstillatelse må innhentes fra Debio før bruk. Ved implementering av de nye forordningene vil det bare bli krav om framvisning av dokumentasjon ved inspeksjon, og bruk av gjødsel fra slik produksjon vil da ikke lenger være restriksjonsbelagt.

Husdyrgjødsel i ulike former er tillatt brukt, unntatt gjødsel fra burhøns og pelsdyr. Regelverksutvalget for økologisk produksjon har tatt opp diskusjonen om at også gjødsel fra konvensjonell produksjon av slaktekylling bør bli forbudt. I flere Europeiske land, for eksempel Danmark, er det sterke krefter som arbeider for at konvensjonell husdyrgjødsel må fases helt ut av økologisk produksjon.

Husholdningsavfall må være kildesortert, og kan være av vegetabilsk eller animalsk opprinnelse. Maksimumsgrensene for innhold av tungmetaller er de samme som i EU-forordningen. Sammenlignet med kvalitetsklassene for organiske gjødselvarer i Gjødselvareforskriften ligger maksimumsverdiene mellom klasse 0 og 1. Animalske produkter fra slakteri- og fiskeindustri er tillatt brukt, dvs. blodmel, hornmel, hovmel, beinmel, kjøttmel, fjærmel, fiskemel, ull, hår, pels og meieriprodukter.

I Liste 1 står også følgende andre råstoffer oppført: biprodukter av vegetabilsk opprinnelse, alger og algeprodukter og sagmugg, flis og kompostert bark av ubehandlet trevirke.

Fra 2013 inngår matavfall fra storkjøkken i begrepet husholdningsavfall. Slikt avfall kan derfor inngå som råvare i biogassanlegg hvor råtneresten brukes som gjødsel til økologisk drift. Denne utvidelsen ble mulig ved å legge definisjonen av kjøkken- og matavfall i forskrift om animalske biprodukter til grunn, istedenfor forurensningslovens definisjon, som var tilfelle tidligere. I følge den nye definisjonen kan alle matrester, også brukt matolje, fra restauranter, serveringsforetak og andre typer storkjøkken, brukes som råstoff i råtnerest som skal brukes i økologisk produksjon.

Det pågår en prosess i EFTA-statene for implementering av oppdatert økologiregelverk, bla. med oppdatert liste over tillatte gjødselingsredienser i økologisk produksjon (EU-forordning nr. 354/2014). Med denne endringen vil flere råstoffkategorier bli tillatt brukt (se over). Hvor lang tid denne prosessen vil ta er uklart, men ved søknad til Debio kan det gis dispensasjon til bruk av slike. For å få dispensasjon må biogassanlegget dokumentere hva slags type avfall som er samlet inn i anlegget for hver levering av råtnerest og bonden må få dokumentasjon og innholdsanalyser for hver leveranse.

7.2.2 Danske regler for økologisk landbruk

De danske reglene bygger på EU-forordning nr. 889/2008 og nr. 354/2014. I Danmark defineres «factory farming» som «jordløst husdyrbruk», og gjødsel fra slikt jordbruk kan ikke brukes i økologisk landbruk. Under opplisting av tillatte biprodukter er ordet «fur» i engelsk versjon oversatt til «stykker av kaninskin» i dansk versjon.

De danske reglene for økologisk landbruksproduksjon inneholder egne punkt om gjødsling med biomasse fra biogassanlegg (pkt. 8.4) og produksjon av økologisk gjæret gjødsel (pkt. 8.5). Reglene angir at råtnerest brukt på økologiske arealer må stamme fra økologiske produkter eller produkter fra positivlista over tillatte konvensjonelle gjødselmidler. Gardbrukeren som skal bruke råtneresten må ha dokumentasjon på hvilke råstoffer som er brukt og andel økologisk og ikke-økologisk nitrogen. Bruk av råtnerest som ikke er 100 % økologisk krever forhåndsgodkjenning av Naturerhvervstyrelsen (Naturerhvervstyrelsen 2014), som har samme funksjon som Debio i Norge.

7.2.3 Svenske regler for økologisk landbruk

De nasjonale retningslinjene for økologisk produksjon i Sverige følger for en stor del EU-forordningen mht. hvilke ingredienser som er tillatt som råstoff i biogassproduksjon hvor råtneresten skal brukes i økologisk drift.

Regelverket har et eget pkt. om råtnerest fra biogassanlegg (pkt. 3.5.5). Husdyrgjødsel i positivlista over tillatte ingredienser får ikke komme fra «industrijordbruk». Definisjonen av «industrijordbruk» er fjærfe og pelsdyr i bur eller spesialisert slaktekyllingproduksjon. Definisjonen gjelder også årlig produksjon av mer enn 50 slaktegris eller spesialisert storfekjøttproduksjon i spaltegulvbinger. For gjødsel fra slaktegris og storfekjøtt gjelder ikke denne begrensningen egen produksjon, slaktesvin på fast underlag med strø og ungdyr på spalter i integrert system.

Råtnerest av gjødsel fra industrijordbruk (unntatt gjødsel fra fjærfe og pelsdyr i bur) er likevel tillatt hvis den kommer fra et fellesanlegg hvor det inngår minimum 5 % gjødsel, gras eller annet organisk materiale fra økologisk produksjon. Det kan ikke benyttes en større andel av råtneresten enn andelen tillatt gjødsel som har blitt levert til anlegget, regnet på tørrstoffbasis (LRF 2014).

Fra april 2014 er det vedtatt ytterligere unntak for produkter fra industrijordbruk. Fra da er det også tillatt å bruke animalske biprodukter fra industrijordbruk (men ikke fra fjærfe og pelsdyr i bur). Samtidig ble det også tillatt med noen flere spesielle ingredienser: «Pigskin fat», jernklorid i små mengder (for å redusere svovel) og glyserol uten forurensninger. I tillegg kan et økologisk biogassanlegg benytte slakteriavfall fra industrijordbruk som startkultur ved oppstart, med en viss karenstid før bruk av råtneresten til økologiske arealer.

Fra april 2014 kom det imidlertid inn en begrensning i tillatte ingredienser til biogassanlegg. Det er inntil videre ikke lenger tillatt å bruke fôrrester som inneholder koksidiostatika som råstoff, blant annet fordi det fins for lite kunnskap om nedbrytningen av virksomme stoffer i gjæringsprosessen og hvilke miljø- og helseeffekter de evt. kan ha.

På bakgrunn av en dom i miljøverndomstolen tillater ikke svenske myndigheter at matavfall fra butikker defineres som matavfall. Dommen definerte at slikt avfall oppstår i forbindelse med forbruk. Jordbruksverket mener imidlertid at rent matavfall fra butikk kan

defineres som andre typer avfall i henhold til lista i forordning nr. 889/2008, og dermed kan tillates (Ekbladh pers.med.).

KRAV-reglene følger EU-forordningen når det gjelder hvilke gjødselmidler som er tillatt, men for noen forhold angis det mer vidtrekkende krav, dette er angitt spesielt i regelteksten. Inngår husholdningsavfall i substratet, må biogassanlegget være sertifisert (SPCR 120). Råtneresten må også ha særskilt godkjenning. Råtnerest av animalske biprodukter kan ikke spres på eng og beite, grønnfôr eller grønnsaker, men kan spres og innarbeides i jord hvor slike kulturer skal sås eller plantes samme år.

Begrunnelsen for å tillate råtnerest fra biogassanlegg hvor også husdyrgjødsel fra industri-jordbruk inngår som ingrediens er potensialet for å kunne redusere utslippene av klimagassen metan fra husdyrproduksjonen. Anlegget må være sertifisert. Gardbrukeren som skal bruke råtneresten må beregne mengder inngående gjødsel og produsert råtnerest i anlegget per år, og hvor mye som er tenkt brukt som gjødsel (KRAV 2014).

7.3 Svensk godkjenningssystem for biogassanlegg, SPCR 120

Sverige har ikke noe eget produktregelverk for gjødsel. Sveriges Tekniska Forskningsinstitut og Avfall Sverige har derfor utarbeidet sertifiseringsregler for råtnerest. Godkjenningssystemet kalles SPCR 120. De bygger på gjeldende lover og standarder, EU-forordning nr. 1774/2002 om helsebestemmelser for animalske biprodukter og Naturvårdsverkets allmenne råd om yrkesmessig håndtering av avfall. Reglene angir vilkår for sertifisering, tekniske krav og krav til fortløpende kontroll av råtneresten (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut 2014). Ordningen er frivillig og i 2014 hadde 16 anlegg slik sertifisering.

I følge reglene er rene, kildesorterte og lett nedbrytbare råstoffer tillatt brukt. Kloakkslam og menneskegjødsel er ikke tillatt.

Tillatte tilsetningsmidler og prosesshjelpemidler er angitt i reglene. Polymerer brukt for å avvanne råstoff før biogassproduksjonen er tillatt, men de er ikke tillatt for å avvanne råtneresten etter at den har kommet fra råtnetanken. Det går ikke fram av reglene om dette omfatter råstoff hvor råtneresten skal brukes i økologisk drift. Brukt på råstoffene gir det imidlertid langt lavere konsentrasjon av slike stoff i råtneresten enn brukt på selve råtneresten.

Råtnerestens innholdsdeklarasjon skal bla. inneholde råstoffer og tilsetningsstoffer brukt i prosessen, hvilket anlegg råtneresten er framstilt på, og hvilke krav som gjelder for innholdet av næringsstoffer, tungmetaller, smittestoffer og synlige fremmedlegemer. Reglene oppdateres jevnlig ved behov, for å være så aktuelle som mulig.

Den norske gjødselvareforskriften, slik den er utformet per i dag, regulerer bruken av organiske gjødselslag på en slik måte at det i liten grad er behov for en sertifiseringsordning av biogassanlegg i Norge (EGE 2010).

Greve Biogass i Vestfold har valgt å benytte SPCR 120 som mal for kvalitetsnivået på sitt anlegg. Den største forskjellen i forhold til kravene i gjødselvareforskriften, er strengere krav til innhold av fremmedlegemer, som f.eks. sand, eggeskall og glassbiter (I. Sørby, pers. medd. 23.10.2014).

Det totale innholdet av synlige forurensninger >2 mm kan ikke overstige 0,5 vektprosent av tørrstoffet. Grensene for innhold av tungmetaller tilsvarer omtrent grensene for kvalitetsklasse II i Gjødselvareforskriften (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut 2014).

8. Momenter til diskusjon

I dette kapitlet er det samlet noen problemstillinger som kan danne grunnlag for diskusjoner i RVU og Mattilsynet om bruk av råtnerest i økologisk landbruk. Problemstillingene tar utgangspunkt i prosjektets delmål: Å samle kunnskap om ulike tilleggs-substraters egnethet som råstoff i biogassanlegg hvor råtneresten skal brukes i økologisk landbruk, og dermed det faglige grunnlaget for fastsettelse av regelverk for bruk av råtnerest i økologisk landbruk. Spørsmål omkring risiko ved bruk som gjødsel står sentralt. I tillegg er bestemmelsene i EU-regelverket viktig, og den nasjonale tolkningen av disse bestemmelsene.

Spørsmål om bærekraft/miljøvirkning er også svært viktige i en samlet vurdering av råtnerest, men siden dette ikke er en del av prosjektet er det bare nevnt helt kort.

8.1 Risiko ved bruk av råtnerest

Faren for at problemer skal oppstå ved bruk av blandet avfallsråstoff er alltid til stede, og øker jo mer oppdelt og komplisert innsamlingssystemet er. Uønskete stoffer vil finnes i råstoffet, og innholdet av tungt nedbrytbar forurensning vil kunne oppkonsentreres i selve biogassproduksjonen. Spørsmål om risiko dreier seg om bruk av råtneresten kan medføre økt innhold av forurensende stoffer i jorda og i neste omgang i mat- og fôr. »Føre var»-tankegang bør derfor være sentralt når slikt råstoff skal brukes i biogassproduksjon.

Uønskete stoffer i råtneresten kan være tungmetaller eller tungt nedbrytbare organiske miljøgifter, men også nanopartikler, rester av human- eller veterinærmedisin, patogener, resistent genmateriale, ugrasfrø eller GMO. I tillegg kan prosesshjelpemidler ved biogassproduksjonen gi uønsket innhold i råtneresten, for eksempel kan polyakrylamid brukes for å redusere vanninnholdet i råtneresten. Noen av disse stoffene vil kunne gjenfinnes i råtneresten, mens andre kan bli brutt ned i løpet av gjæringsprosessen. Nedbrytningen vil variere med oppholdstid, temperatur med mer.

Rosander (2013) nevner tre hovedtyper av risiko for forurensning:

- Langsom, men kontinuerlig tilførsel av relativt velkjente stoffer i kjente mengder, som gjerne ikke overstiger evt. fastsatte grenseverdier
- Risiko som oppstår gjennom ukjente eller lite kjente stoffer i råtneresten. Det fins gjerne ikke kunnskap om forekomst i jord eller gjødsel, ikke heller om effektene som stoffene gir opphav til
- Risiko for at tilfeldige forekomster forårsaker ekstremt høye forekomster av visse spesielt giftige stoffer

Behandlingen av råtneresten etter biogassprosessen påvirker også kvaliteten. For eksempel er det vist at aerob lagring av råtneresten over lengre tid (minst 1 mnd.) kan øke mengden patogener, selv om disse ble redusert i selve gjæringsprosessen (Schnürer & Schnürer 2006).

Rosander (2013) har utført en risikovurdering ved bruk av råtnerest for KRAV, organisasjonen for økologisk sertifisering i Sverige. Konklusjonene kan oppsummeres slik:

- Sammenlignet med kompostert kloakkslam er risikoen for uønskete stoffer ved bruk av råtnerest basert på husholdningsavfall langt mindre
- Utråtningen uskadeliggjør en del av de lett nedbrytbare stoffene, men f.eks. noen patogener, polymerer og mikroplaster brytes ikke ned og havner i råtneresten
- Vi har for liten kunnskap om forekomst og effekt av nanopartikler og GMO i råtnerest. Dette bør overvåkes nøye.
- Tilførsel av råtnerest over lang tid kan føre til akkumulering av uønskete stoffer i jorda nær biogassanlegg, siden råtnerest sjelden transporteres over store avstander.
- Tilsetninger til selve biogassproduksjonen i store anlegg kan også gi uønskete stoffer i råtneresten, f.eks. polymerer. Undersøkelser av langtidseffekter ved tilførsel i jord er ikke kjent.
- Kadmiuminnholdet i råtnerest er lavere enn i kloakkslam, men innholdet må overvåkes nøye. I Sverige påvirker kadmiuminnholdet i jorda på dyrkamark allerede folkehelsen, og bruk av råtnerest vil øke innholdet ytterligere.

I tillegg stilles det i rapporten spørsmål om KRAV ønsker å medvirke til utvikling av storskala system for produksjon av biogass og råtnerest, eller om småskala anlegg, gjerne gårdsbaserte, heller er å foretrekke i økologisk landbruk. Dette spørsmålet er det aktuelt å stille også for det økologiske landbruksmiljøet i Norge.

8.1.1 Risikovurdering av avløpslam

Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM) sin risikovurdering av avløpslam som gjødsel og jordforbedringsmiddel på jordbruksområder, grøntområder og i kommersielle jordblandinger omfattet blant annet virkning på jordlevende organismer, akvatisk miljø, beitende dyr og dyr som spiser fôr dyrket på slambehandlet jord (Eriksen m.fl. 2009). Innhold av uønskete stoffer i avløpslam kan ikke direkte sammenlignes med innholdet i råtnerest, både på grunn av til dels forskjellig innhold i utgangspunktet og forskjellig behandling underveis. Likevel er noen av konklusjonene fra rapporten relevante i en risikovurdering for bruk av råtnerest. Rapporten inneholder dessuten en oversikt over utviklingen for innhold av ulike stoffer i slammet over tid og norske studier av effekter ved bruk av avløpslam som gjødsel. Dette kan være nyttig bakgrunnsinformasjon for vurdering av råtnerest.

Rapporten gjengir et forsøk hvor opptak av tungmetaller i planter ble undersøkt etter gjødsling med avløpslam. Plantene tok opp størst mengde av sink og nikkel, mens for kadmium, krom og bly var opptaket mindre, noe som førte til forhøyet konsentrasjon av de to først nevnte tungmetallene i plantene, mens konsentrasjonen for de tre andre ikke økte i samme grad. Forsøket ble utført på begynnelsen av 80-tallet, hvor konsentrasjonen av tungmetaller i avløpslam var 2-10 ganger høyere enn dagens nivå.

Rapporten konkluderer med at bruk av avløpslam medfører liten risiko for jord-økosystemet. Beregningene som er utført viser likevel at de organiske miljøgiftene oktyl-, nonylfenol og LAS kan nå konsentrasjoner som overskrider verdiene for at effekter ikke vil oppstå. Modellen som er brukt indikerer dessuten en potensiell økning av metallkonsentrasjonen i jord over tid, særlig av kadmium og kvikksølv, men også av kobber og sink. Rapporten anbefaler fortsatt arbeid med å redusere innholdet av disse metallene i avløpslam.

8.2 Momenter ved vurdering av risiko

Tilførsel av ulike stoffer til dyrkajorda, f.eks. gjennom gjødsel, medfører alltid en usikkerhet om eventuelle negative effekter på jord, jordorganismer og planter, og i neste omgang husdyr og mennesker som spiser disse plantene. Består tilførselen av en blanding av mange stoffer, opphavsmaterialet ikke er helt kjent og tilførselen kommer fra et sted langt unna, slik det er tilfelle for noe av råtneresten, øker usikkerheten om evt. risiko for tilførsel av uønskete stoffer.

Risikoen for uønsket innhold i råtneresten vil variere. Med det generelle kravet om at husholdningsavfall må være kildesortert, avtar for eksempel faren for forurensning med tungmetaller og organiske miljøgifter i råtneresten. Dette går fram av resultatene fra et prosjekt hvor kildesortert og sentralsortert husholdningsavfall ble sammenlignet, og hvor kildesortert avfall hadde lavere konsentrasjoner av tungmetaller og ulike organiske miljøgifter. Kort kontakttid og liten kontaktflate mellom organisk avfall og fremmedlegemer er avgjørende for å redusere innholdet av slike stoffer i det organiske avfallet. Kildesortering reduserer kontaktida og er derfor et første steg for å sikre høy kvalitet på organisk avfall som råstoff til biogassproduksjon (Amundsen 2012). I henhold til forskriften om animalske biprodukter er det også krav om hygienisering av alt råstoffet som brukes i store fellesanlegg, hvor ulike substrater brukes.

Det generelle forbudet mot å bruke kloakkslam som gjødsel i økologisk landbruk er et annet eksempel på at risikoen for innhold av uønskete stoffer er redusert. Dette forbudet gjør at råtnerest fra anlegg hvor det er brukt kloakkslam som råstoff i biogassproduksjon, ikke kan brukes i økologisk drift. Forbudet kan imidlertid hindre bruk av råtnerest fra anlegg hvor kloakkslam utgjør bare en liten del av råstoffet, og kan slik hindre tilgang til viktige næringskilder.

Bruk av tilsetningsstoffer underveis i biogassproduksjonen og evt. negative konsekvenser av dette har vært lite framme i diskusjonen hittil. Tilsetningsstoffene øker effektiviteten og reduserer transportbehovet, noe som øker lønnsomheten ved slike anlegg. Det er lite kunnskap om hva som skjer med f.eks. polymerer - fins de i råtneresten, brytes de ned i naturen, kan de gjøre skade på vann- og jordorganismer og kan de gjenfinnes i kulturplantene?

Små gårdsanlegg for biogassproduksjon, basert på husdyrgjødsel og evt. annet organisk materiale fra gårdsdrifta, har mange fordeler framfor større anlegg med tanke på redusert risiko. Slike anlegg gir god forutsigbarhet mht. innhold i råstoffet, og transporten til anlegget er kort. Men lavt energiinnhold i husdyrgjødsel kan gi liten gassproduksjon og dårlig lønnsomhet. Hva slags råstoff skal det være tillatt å tilføre, for å øke effektiviteten? For eksempel har husdyrprodusenter langs kysten av Vestlandet, Midt-Norge og Nord-Norge tilgang til kortreist, energirikt materiale fra fiskeoppdrett og fiskeforedlingsindustrien. I andre områder kan det være andre lokale råstoffkilder som er aktuelle.

Litteraturstudiet i denne rapporten viser at råstoff som er aktuelt som substrat i biogassproduksjon kan inneholde mange uønskete stoffer. Noe kunnskap om dette er kjent, men det er fortsatt stort behov for flere analyser av innholdet av slike stoffer i råstoffer aktuelle for biogassproduksjon. Dette gjelder blant annet plastrester. Plast blir sortert bort i avfallsanleggene, men det er uklart hvor effektivt dette er. Gjødselvereforskriften begrenser f.eks. innholdet av plastbiter større enn 4 mm, men har ingen begrensninger for biter mindre enn 4 mm. Det er mulig å skumme vekk plastrester i råtneresten, men dette er det ikke krav om per i dag. Hvor mye blir igjen av de minste plastbitene i råtneresten? Hvilke miljøgifter frigjøres fra plastrester gjennom utråtningsprosessen og etterfølgende lagring? Hvilken virkning har denne plasten på jord og jordliv?

Rapporten peker også på manglende kunnskap om disse stoffenes skjebne underveis i prosessen, både ved forbehandling og i selve gjæringsprosessen. Det er derfor behov for flere analyser for å kartlegge hvilke uønskete stoffer som evt. brytes ned i biogassproduksjonen. På samme måte er det nødvendig med kunnskap om og å sikre gode rutiner for etterbehandling, lagring og transport av råtneresten, slik at f.eks. råtneresten i denne fasen ikke reinfiseres av patogener.

Faste rutiner for analyser gjennom hele prosessen, slik at mottaker av råtneresten kan gjøre seg kjent med innholdet, er viktig. Analyserutinene må ta høyde for at det stadig tas i bruk nye stoffer, og «føre var»-prinsippet bør derfor stå sentralt i lovgivningen omkring dette. Eksempler på nye stoffer er nanopartikler, nye patogener, organiske miljøgifter og genetisk materiale som kan overføre resistens.

Samlet risiko er en kombinasjon av konsekvens og sannsynlighet for at noe uønsket skal skje, i dette tilfelle at bruk av ulike råstoffer i biogassproduksjonen medfører tilførsel av stoffer med uønsket virkning. Kan f.eks. risikoen for uønskete stoffer i råtneresten reduseres ved å innføre en maksimumsgrense for andel matavfall som kan inngå i råstoffblandingen?

Hvor stor risiko er vi villige til å ta for å oppnå de fordelene bruk av råtnerest som gjødsel gir - og hvordan kan vi redusere den samlede risikoen for at bruk av råtnerest medfører tilførsel av uønskete stoffer?

Aktørene innen økologisk landbruk i Norge bør diskutere hva som er ønskelig for utviklingen i økologisk landbruk og hvordan de kan medvirke til det: småskala anlegg, gjerne gårdsbaserte, eller bruk av råtnerest fra storskala samleanlegg, hvor resirkulering av næringsstoffer fra storsamfunnet står sentralt.

8.3 Internasjonalt regelverk

Som det går fram av kap. 6, er dagens regelverk for økologisk landbruk ikke tilpasset den stadige økende sirkulasjonen av ulike typer råstoff mellom industri, avfallssektor og landbruk. De norske reglene for økologisk landbruk utarbeides i tråd med EU-forordningen. Norge må i stor grad følge bestemmelsene i forordningen, i tillegg til de generelle norske reglene for gjødselvarer.

Likevel vil det på enkelte områder være rom for nasjonale tolkninger, slik at praktiseringen av reglene vil være noe ulikt i de ulike europeiske landene. Begrepet «factory farming» er et eksempel på hva som tolkes ulikt. Likeledes er ikke bruk av avfall fra storhusholdninger godkjent i alle EU-landene. Spesielle forhold i Norge, som tilgang på råstoff med utgangspunkt i fisk, må tydeliggjøres i det nasjonale regelverket over hva som kan tillates brukt i biogassproduksjonen.

Kloakkslam er som tidligere nevnt ikke tillatt brukt i økologisk landbruk, heller ikke som råstoff i biogassproduksjon. Men definisjonen av begrepet «slam» bør kanskje vurderes, slik at det blir mulig å benytte organisk materiale fra slamavskillere i f.eks. næringsmiddelindustrien, hvor det er et kjent og ensartet innhold, og som ikke er blandet med grå- eller svartvann fra kloakk.

Tabellen på neste side viser tillatte råstoffer i råtnerest til bruk i økologisk landbruk, ut fra de ulike EU-forordningene som gjelder i EU og i Norge per i dag. Før implementering av ny EU-forordning i det norske regelverket, må myndighetene arbeide med formuleringene i teksten, slik at de er mest mulig klargjørende og presise.

Tabell 4. Bruk av råtnerest som gjødsel i økologisk landbruk i Norge. Status i 2015 for ulike substrat av ikke-økologisk opprinnelse.

Type organisk materiale	Godkjent i hht. Forordning 2092/92 og Økologiforskriften	Godkjent i hht. Forordning 889/09 og 354/14 Restriksjonsbelagt, krever forhånds-godkjenning	Merknader
Matavfall - husholdning	X	X	Må være kildesortert, bare vegetabilsk og animalsk opprinnelse. Mange innsamlingskilder øker usikkerheten mht. innhold.
Matavfall - storhusholdning	X	X	Må være kildesortert, bare vegetabilsk og animalsk opprinnelse.
Matavfall - butikk		X	Bare vegetabilsk og animalsk opprinnelse, gjelder også emballasje. Fare for plast fra emballasje.
Organisk materiale fra landbruksproduksjon: husdyrgjødsel	X	X	Forbud mot «factory farming». I Norge innebærer dette forbud mot at gjødsel fra burhøns og pelsdyr kan inngå.
Organisk materiale fra landbruksproduksjon: planterester	X	X	Tilgang på planterester vil være sesongavhengig. Dyrking spesielt til biogass-råstoff lite aktuelt i Norge.
Organisk materiale (hovedsakelig vegetabilsk) fra næringsmiddelindustri: meieri, bakeri, bryggeri	X	X	Stor variasjon i tørrstoffinnhold mellom ulike typer organisk materiale. Mye vann gir dyr transport.
Park- og hageavfall	X	X	Sesongavhengig, teknisk krevende å bruke i biogassanlegg
Organisk materiale fra fiskeoppdrett/-foredling: villfisk, akvakulturdyr, avskjær, fiskeslo, dødfisk, slam fra lukkede anlegg		X	Tilhører ulike kategorier biprodukter. Kun fra kategori 3 tillatt. Ekskrementer fra oppdrettsfisk regnes ikke som husdyrgjødsel, omfattes derfor ikke av den nye Biproduktforordningen. Restriksjonsbelagt, må forhånds-godkjennes av Mattilsynet.

			Mattilsynet vurderer at fiskeslam ikke er tillatt i økologisk produksjon, på lik linje med kloakkslam
Bleikejord og såpe fra fiskeforedling			Kan gi problemer i biogassprosessen. Kan inneholde organiske miljøgifter, være obs også på arseninnhold i bleikejord.
Organisk materiale fra næringsmiddel-industri: slakteri		X	Høyt fett- og proteininnhold, kan hemme prosessen. Kan inneholde fremmedlegemer. Kun fra kategori 3 og innhold fra fordøyelseskanal (kategori 2). Skal ikke brukes på (da.): «spiselige deler af afgrøder». Ingredienser fra «factory farming» er forbudt, noe som omfatter burhøns og pelsdyr i Norge.
Kloakkslam			Andre typer slam, f.eks. fra slamavskillere i næringsmiddel-industri bør kunne vurderes forskjellig fra kloakkslam

8.4 Hvordan fastsette for grenser for innhold av uønskete stoffer?

Grenser for innhold av uønskete stoffer, som f.eks. tungmetaller, er i dag fastsatt ut fra konsentrasjonen per vektenhet tørrstoff. Dette kan gi ulike utslag for hva som kan tilføres per dekar for ulike gjødselslag, fordi tillatt mengde av selve gjødselslaget bestemmes av innholdet av f.eks. nitrogen eller fosfor.

Som tabellen nedenfor viser, kan tilførselen av tungmetaller ved bruk av råtnerest være mindre enn mengden som tilføres med husdyrgjødsel eller god matavfallskompost, når en tar utgangspunkt i nitrogenmengden. Det kan derfor være rimelig å sette grensene for innhold av uønsket stoff ut fra innhold av nitrogen og/eller fosfor, i stedet for på tørrstoffbasis som i dag.

Tabell 5. Konsentrasjoner av næringsstoffer og tungmetaller i blautgjødning, flytende råtnerest av matavfall og kompostert matavfall og mengde tungmetaller per dekar ved bruk av mengder ved spredning tilsvarende 8 kg N/daa i organisk gjødning. (N, NH₄⁺-N, P, K oppgitt som g/100 g TS; resten som mg/kg TS) Etter Sørheim m.fl. 2010.

	Blautgjødning		Råtnerest av matavfall		Kompostert matavfall	
	g/100 g TS mg/kg TS	8 kg N/daa g/daa	g/100 g TS mg/kg TS	8 kg N/daa g/daa	g/100 g TS mg/kg TS	8 kg N/daa g/daa
N	3,33	8 000	22,9	8 000	2,37	8 000
NH ₄ ⁺ -N	1,5	3 603	11,5	4 017	0,2	675
P	0,62	1 489	1,6	559	0,6	2 025
K	4,1	9 848	9,4	3 284	0,75	2 532
S	4 730	1 136	5 970	209	3 930	1 327
B	28,9	6,9	82,7	2,9	24,2	8,2
Zn	172	41,3	495	17,3	107	36,1
Cu	31,9	7,7	93,9	3,3	39,4	13,3
Cd	0,1	0,02	0,65	0,02	0,25	0,08
Hg	0,08	0,02	0,69	0,02	0,08	0,03

9. Innledning del II

Det tredje delmålet i oppdraget fra Mattilsynet og Regelverksutvalget for økologisk produksjon (RVU) er:

-Vurdere egnetheten av biogassproduksjon på gårdsnivå og bruk av råtnerest i økologisk landbruk med tanke på avlingsnivå og effekt på jordliv.

Dette er tema for del II av utredningsarbeidet. Det er særlig lagt vekt på hvilke effekter på avling, jord og jordliv bruk av råtneresten vil kunne ha. Tildeling av midler fra Mattilsynet via RVU i 2015 har muliggjort videreføring av arbeidet.

Ut fra eksisterende kunnskap og tilgjengelige analyseresultater vil det bli gitt en oversikt over innhold i råtnerest fra ulike anlegg, med hovedvekt på næringsinnhold og i hvilken form de ulike næringsstoffene forekommer. En viktig forskjell fra ubehandlet husdyrgjødsel er for eksempel at ammoniumfraksjonen utgjør en større del av totalt nitrogeninnhold i råtneresten.

Innholdet av evt. uønskete stoffer i råtneresten vil også bli omtalt. Dette vil bygge på litteraturgjennomgangen i Del I, og Del II vil særlig omhandle kunnskap om slikt innhold i det ferdige gjødselproduktet. Kunnskap om hva som skjer med slike uønskete stoffer i jorda etter spredning er også viktig. Noen stoffer brytes ned, andre akkumuleres i jord. Noen stoffer tas opp av plantene, andre ikke. Noen stoffer kan være skadelige for jordlivet. Dette er kunnskap som er nødvendig for å vurdere råtnerestens egnethet i økologisk landbruk.

For økologisk landbruk er også spørsmål om tilførsel av karbon og dermed organisk materiale og energi til jorda gjennom gjødselen, viktig. Langvarige forsøk med bruk av råtnerest er nødvendig for å kunne svare på spørsmålene som stilles her. Utredningen vil presentere resultater fra forsøk som er utført på dette. Hvordan påvirkes jordlivet - og hvordan påvirkes jordfruktbarheten?

Utredningen vil også omfatte avlingsresultater fra feltforsøk med bruk av råtnerest i ulike kulturer. Det er viktig å få oversikt over avlingspotensialet ved bruk av råtnerest.

Rapporten har et avsluttende kapittel hvor ulike sider ved biogassproduksjon og bruk av råtnerest i økologisk landbruk oppsummeres, både for gårdsbaserte anlegg og større samleanlegg.

I den grad det har vært mulig tidsmessig, er ny kunnskap innen temaene som den første delen av utredningsarbeidet omfatter, bakt inn i den nye utgaven av rapporten.

10. Næringsinnhold i råtneresten

Råtneresten inneholder organisk materiale og viktige næringsstoffer som nitrogen, fosfor og kalium. Råtnerest kan også inneholde svovel, natrium, kalsium, magnesium og andre mikronæringsstoffer. Innholdet bestemmes av hvilke råstoffer som er brukt i biogassprosessen, hva slags biogassprosess og hvilke tilsetningsstoffer som har blitt brukt, og hva slags råtnerest det er snakk om. Lagring, transport og spredning er også avgjørende for mengde næring som til slutt gjøres tilgjengelig for plantene. Råtnerest som leveres fra anlegg utenom gården skal ha en varedeklarasjon som dokumenterer innhold av tørrstoff, næringsstoffer, tungmetaller og pH og må tilfredsstille kravene i Gjødseleksforskriften. Næringsinnholdet i råtneresten gir grunnlag for å sette opp gjødselplan.

Generelt medfører biogassprosessen at ferdig råtnerest kan beskrives på følgende måte, sammenlignet med utgangsmaterialet:

- Økt andel av NH_4^+ av total-N
- Redusert innhold av organisk materiale
- Redusert innhold av organisk karbon
- Høyere pH
- Lavere C/N-forhold

Dette gir en flytende masse med lavt tørrstoffinnhold som lukter mindre og som renner raskere ned i jorda. Konsentrasjonen av stoffer som er bundet til det organiske materialet vil øke, det gjelder f.eks. tungmetaller. Den økte pH-verdien i råtneresten medfører at risikoen for utslipp av ammoniakk øker ved lagring og spredning (Salomon & Wivstad 2013).

Det fins flere oversikter over næringsinnhold i ulike typer råtnerest, blant annet RVF (2005), Baky m. fl. (2006) og Salomon & Wivstad (2013). En oversiktsartikkel av Möller & Müller (2012) gir god oversikt over eksisterende kunnskap om næringsinnhold i råtnerest. De legger vekt på at nedmolding samtidig med spredning er nødvendig for å oppnå positive effekter av råtneresten sammenlignet med ubehandlet gjødsel. Spredetidspunktet er også viktig for utnyttelsen av næringsstoffene. Spredning på våren og forsommeren, når plantene har størst næringsbehov, gir best utnytting av nitrogenet. Andre forhold som påvirker gjødselvirkningen vil bl.a. være temperatur, tap av NH_3 og pH i massen (Sørby 2011).

Råtneresten kan brukes som den er fra biogassproduksjonen, som en flytende masse, med lavt tørrstoffinnhold. Råtneresten kan også sentrifuseres/avvannes, slik at en fastere del blir skilt fra. I følge Bøen (2006) blir 18 % av fosforet, 63 % av kaliumet og 41 % av nitrogenet med i den flytende delen. Nitrogen og kalium i råtneresten er for det meste vannløselig, fosfor er derimot i mineralsk form og bundet til tørrstoffet (Ellingsen & Filbakk 2014). Råtnerest som ikke er separert vil ha en gunstig sammensetning av næringsstoffer generelt, mens den flytende delen etter avvanning kan være aktuell å bruke der det i liten grad trengs fosforgjødsling. Den faste delen kan brukes som jordforbedringsmiddel. Den flytende delen kan surgjøres med svovelsyre til pH ca. 5 og oppkonsentreres ved inn-damping til f.eks. 20-30 % tørrstoff. En slik behandling kan redusere ammoniakktapet og øke arealet det er lønnsomt å spre råtneresten på.

Store biogassanlegg, basert på ulike typer av organisk materiale, kan velge å produsere ulike typer råtnerest, med ulikt innhold av næringsstoffer. Et svensk anlegg planlegger f.eks. å kunne tilby tre ulike typer med forskjellig innhold av nitrogen, fosfor og kalium (Metlid 2015).

I forsøkene som er gjengitt her, er det i liten grad presisert om det er ikke avvannet eller flytende råtnerest som er brukt.

Her presenteres eksempler på næringsinnhold i råtnerest fra husdyrgjødsel, blandinger av husdyrgjødsel og annet organisk avfall og fra organisk avfall alene, de fleste av råtnerest fra norske biogassanlegg. Råtnerest fra energivekster er ikke omtalt her, siden dette er lite aktuelt i Norge.

I feltforsøk er det vanlig å sammenligne gjødselvirkingen av råtnerest med virkingen av kunstgjødsel, særlig gjelder det effekten av nitrogen (Nilsson & Blackert 2012). Ellingsen & Filbakk (2014) regner med at 5 tonn råtnerest tilsvarer ca. 50 kg kunstgjødsel med 22 % nitrogen. De hevder at råtnerest kan være eneste gjødsel til korn, forutsatt at P-AL i jorda er 7 mg/100 g eller høyere. I engdyrking vil kaliumtallene i jorda være avgjørende for om råtneresten alene kan dekke kaliumbehovet. Erfaringer viser at virkningsgraden av $\text{NH}_4\text{-N}$ er 70-80 % i råtneresten, uavhengig om den brukes til eng eller til åkervekster.

10.1 Næringsinnhold i råtnerest fra husdyrgjødsel

I forhold til ubehandlet husdyrgjødsel vil råtnerest av husdyrgjødsel ha lavere tørrstoffinnhold og høyere pH, i tillegg vil gjerne andelen $\text{NH}_4\text{-N}$ av total-N være høyere.

Potensialet for plantetilgjengelig nitrogen det året råtnerest av bløtgjødsel spres, kan øke med 10-20 %, sammenlignet med ubehandlet bløtgjødsel (Webb m. fl. 2013). Goberna m. fl. (2011) fant at gjødsling med råtnerest fra storfegjødsel økte mengden nitrat i jorda, sammenlignet med gjødsling av ubehandlet storfegjødsel. De påpeker nødvendigheten av at spredetidspunktet må sammenfalle med planteveksten for å unngå næringstap til miljøet.

Effekten av anaerob behandling av bløtgjødsel ble undersøkt i et tysk dyrkingssystemforsøk i årene 2002-2005 med et allsidig, økologisk vekstskifte. Forskerne konkluderer med at nedmolding samtidig med spredning av råtneresten er avgjørende for å kunne øke nitrogenopptaket og avlingene, sammenlignet med ubehandlet husdyrgjødsel (Möller m.fl. 2008).

Eksempler på næringsinnhold i husdyrgjødsel og innholdet i råtneresten fra den samme husdyrgjødsel er gjengitt nedenfor (Tabell 6 og 7).

Analysene av bløtgjødsel fra mjølkekyrner på Tingvoll gard før biogassproduksjon, og råtneresten fra denne gjødsel, viser at tørrstoffinnholdet blir redusert og pH stiger i råtneresten, sammenlignet med ubehandlet bløtgjødsel. Samtidig øker andel $\text{NH}_4\text{-N}$ av total-N i tre av gjødselprøvene. Innholdet av makro- og mikronæringsstoffer i råtneresten er ikke forskjellig fra ubehandlet husdyrgjødsel (Tabell 6). Denne råtneresten ble ikke avvannet.

Tabell 6. Innhold i bløtgjødsel og råtnerest av bløtgjødsel fra økologiske melkekyr på Tingvoll gard 2011-2014; gjennomsnittlig % av TS og andel $\text{NH}_4\text{-N}$ av total-N, pH, kg per tonn av total-nitrogen, P, K, Mg, Ca og S. Antall prøver i parentes (Johansen m.fl. 2015).

År, gjødsel-type	TS, % Gj.snitt	pH	Total-N, kg/tonn	N_{min} , % av tot-N	P, kg/t	K, kg/t	Mg, kg/t	Ca, kg/t	S, kg/t
Bløtgjødsel 2011 (6)	6,5	7,6	2,7	63	0,50	3,1	0,45	0,83	–
Råtnerest 2011 (4)	4,6	8,1	2,8	71	0,46	3,1	0,40	0,67	–
Bløtgjødsel 2012 (5)	3,9	7,8	2,2	61	0,39	2,5	0,36	0,83	–
Råtnerest 2012 (6)	2,7	7,9	1,6	59	0,33	1,6	0,29	0,64	–
Bløtgjødsel 2013 (3)	4,8	7,3	2,4	60	0,43	2,8	0,39	0,92	1,0
Råtnerest 2013 (4)	3,1	7,5	2,1	67	0,33	2,6	0,31	0,80	0,8
Bløtgjødsel 2014 (3)	5,4	7,5	2,6	61	0,55	3,5	0,45	1,1	1,2
Råtnerest 2014 (3)	5,0	8,0	3,1	69	0,53	3,3	0,43	1,1	1,1

Tabellen nedenfor gjengir analyser fra et svensk pilotprosjekt, hvor gjødsel fra storfe og kylling ble behandlet sammen, og analyser fra en svensk grisegård. Råtneresten av storfe- og kyllinggjødsel hadde pH 8,0. Gjødsel fra gris hadde pH 7,1, og råtneresten etter biogassbehandling av denne grisegjødsel hadde pH 7,8. Som tallene viser, øker ikke andelen av $\text{NH}_4\text{-N}$ i grisegjødsel på samme måte som i storfegjødsel (Salomon & Wivstad 2013).

Tabell 7. Tørrstoff-prosent og innhold i kg/tonn av karbon, total-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, fosfor, kalium, magnesium, kalsium og svovel i ulike typer husdyrgjødsel og i råtneresten fra denne husdyrgjødsel. Middelverdier av analyser fra flere parallelle prøver. Etter Salomon & Wivstad (2013).

Gjødsel-type	TS, %	Karbon, kg/tonn	Total-N, kg/tonn	$\text{NH}_4\text{-N}$, kg/tonn	P, kg/t	K, kg/t	Mg, kg/t	Ca, kg/t	S, kg/t
Bløtgjødsel, storfe	8,9	41	3,1	1,3	0,6	3,5			0,3
Kyllinggjødsel	65,8	280	29,7	4,0	9,7	19,1			4,2
Råtnerest, 86 % bløtgj.+ 14 % kyllinggj	9,1	37	6,4	4,3	1,7	5,4	0,9	2,3	0,6
Bløtgjødsel, gris	5,6	25	4,7	3,2	0,7	2,0	0,5	1,1	0,5
Råtnerest av grisegjødsel	2,8	10	4,1	3,4	0,5	2,1	0,3	0,8	0,3

Tabellen nedenfor viser innholdet i tre råtneresttyper (ubehandlet, fast og flytende del etter sentrifugering/avvanning) etter biogassproduksjon av bløtgjødsel og talle fra et svensk storfefjøs. Som vist for undersøkelsen på Tingvoll gard over, er ikke nødvendigvis økningen i andelen mineralisk N i gjødsel spesielt stor for storfegjødsel. Nedgangen i svovelinnhold viser at tilgangen på dette viktige plantenæringsstoffet kan reduseres betydelig ved biogassbehandling.

Tabell 8. Tørrstoff og innhold av karbon, total-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, fosfor, kalium, magnesium, kalsium og svovel i bløtgjødsel og talle fra samme storfefjøs, og i råtnerest fra gjødsel: ikke separert, fast del av separert og flytende del av separert råtnerest. Middelverdier av analyser fra flere parallelle prøver. Etter Salomon & Wivstad (2013).

Gjødsel-type	TS, %	Karbon, kg/tonn	Total-N, kg/tonn	$\text{NH}_4\text{-N}$, kg/tonn	P, kg/t	K, kg/t	Mg, kg/t	Ca, kg/t	S, kg/t
Bløtgjødsel, storfe	7,3	33	4,2	2,4	0,7	2,9	0,6	1,1	0,5
Talle av storfegjødsel	22,1	81	5,4	0,9	1,0	5,8	1,0	1,9	0,9
Råtnerest	6,2	26	4,2	2,6	0,7	3,5	0,6	1,1	0,4
Råtnerest, separert, fast del	26,5	114	6,5	1,6	2,9	3,6	2,5	4,5	1,3
Råtnerest, separert, flytende del	2,8	11	3,4	2,4	0,3	3,4	0,3	0,6	0,2

10.2 Næringsinnhold i råtnerest fra ulike typer organisk avfall

Næringsinnholdet i råtnerest fra store sentralanlegg vil variere, ut fra hva slags råstoff som har blitt brukt og ut fra hvilken prosess massen har vært gjennom, både i selve biogassanlegget og som råtnerest.

Langeland m.fl. (2014) karakteriserer råtnerest fra matavfall slik i forhold til ubehandlet husdyrgjødsel: fosforvirkningen er omtrent lik og svovel er som oftest noe mer plante-tilgjengelig. Kaliuminnholdet i flytende råtnerest er lavere enn i bløtgjødsel fra storfe. Forholdet mellom nitrogen og kalium er godt tilpasset plantenes behov.

Hvitsand & Kleppe (2011) fant at råtnerest fra norske anlegg som bare behandler matavfall hadde et forhold mellom nitrogen, fosfor og kalium tilsvarende NPK 23-2-9. Dette er ganske likt fullgjødsel tilpasset korn, som Yara Mila 22-3-10.

Tabell 9 nedenfor angir analyseresultater av næringsinnhold i råtnerest fra ulike store biogassanlegg for matavfall i Norge.

Øgaard m.fl. (2011) analyserte råtnerest fra tre norske biogassanlegg for behandling av husholdningsavfall. Prøvene ble tatt over flere år. Tørrstoffinnholdet varierte fra 1,0 til 2,8 %. Husholdningsavfall gir råtnerest med lavt fosforinnhold i forhold til nitrogen, noe som kan egne seg for korndyrking på jord med høyt innhold av fosfor. Forskerne beskrev nærings sammensetningen som NPK 14-1-5 til 18-1-9.

Råtnerest fra Indre Agder og Telemark Avfallsselskap i 2010, som ble brukt i forsøk på Bioforsk Landvik, inneholdt 1,5 % TS og følgende næringsstoffer per 100 g TS: 26,7 g tot-N, > 20 g ammonium-N, 0,96 g fosfor og 7,7 g kalium (Havstad & Steensohn 2011).

Tallene fra Langeland m.fl. (2014) er eksempler på næringsinnhold i råtnerest fra norske anlegg, men nærmere beskrivelse av opphavsmaterialet er ikke gitt.

Råtneresten som Bysveen (2015) brukte i sine feltforsøk stammer fra sentralanlegget på Jevnaker, tatt i april og mai 2014. Haraldsen m.fl. (2014) benyttet råtnerest fra Mjøsanlegget på Lillehammer, fra 2012. EGE (2010) gjengir tall fra Oslo kommunes anlegg i Nes.

Analyseresultatene fra Forbord & Brønstad (2014) stammer fra råtnerest fra sentralanlegget Ecopro i Verdal. Her benyttes for en stor del matavfall som råstoff, men også ulike typer næringsavfall og slam.

Tabell 9. Eksempler på innhold i råtnerest fra ulike sentralanlegg for behandling av kildesortert matavfall.

Kilde	TS, %	pH	Total-N, g/100 g	N _{min} , g/100 g	P, g/100 g	K, g/100 g	Mg, g/100 g	Ca, g/100 g	S, g/100 g
Øgaard m.fl. 2011	1,0-2,8		2,2-4,2	1,6-2,8	0,14-0,25	1,2-2,1			
Havstad & Steensohn 2011	1,5		26,7	20	0,96	7,7			
Langeland m.fl 2014	1,5-2,8		2-4	2-2,8	0,3-0,4	1,0-1,9			0,1-0,2
Langeland m.fl. 2014*	20-25		8-20	2,2-3	3-5	0,5-1,5			1,5
EGE, 2010	2,8	7,7	4,2	2,8	0,23	1,9	0,09	0,53	0,16
Bysveen 2015	1,9/2,6		3,7/4,1	3,0/3,2	0,18/0,25	1,7/1,9			
Haraldsen m.fl. 2014**	4		13	6,5	0,96	3,3			
Haraldsen m.fl. 2014***	19		7,9	1,1	1,2	0,61			
Haraldsen m.fl. 2014° °	20	Ca. 5	7,0	6,7	0,11	3,2			
Forbord & Brønstad 2014**	4,1		11,5	2,86	1,79	4,52	0,45	2,86	

*Fast del av avvannet råtnerest

** Innhold i g/100 g tørrstoff

*** Fast del av avvannet råtnerest, innhold i g/100 g tørrstoff

° ° Oppkonsentrering til 20 % tørrstoff, etter surgjøring av flytende råtnerest

11. Hva skjer i jorda ved tilførsel av råtnerest?

Tilførsel av gjødsel medfører endringer for organismene som lever i jorda og for de fysiske og kjemiske forholdene i jorda. Mengde og type gjødsel påvirker størrelse, aktivitet og sammensetning på jordas mikroliv både direkte og indirekte (Walsh m.fl. 2012). Foruten tilførsel av næring, kan gjødselen blant annet påvirke C/N-forholdet i jorda og endre forholdene for jordlivet mht. pH og oksygen. Som beskrevet i kap. 5, kan gjødsel generelt og råtnerest spesielt også bidra med uønskete stoffer som kan ha uheldig effekt på jord og jordliv.

Et viktig skille går mellom organisk og mineralsk gjødsel. Organisk gjødsel tilfører organisk karbon til jorda. Dette bidrar med næring og energi til jordorganismene, og har ellers gunstig effekt for jordas fysiske og kjemiske egenskaper, som f.eks. økt bufferevne og økt evne til å holde på vann og luft. Råtnerest er organisk gjødsel, og vil derfor i utgangspunktet ha positiv effekt på jord og jordliv. Tilførsel av råtnerest vil derfor være positivt for jord som til vanlig gjødsles med mineralgjødsel.

Som nevnt tidligere vil en del av det organiske materialet (karbonet) i råstoffene omdannes i selve biogassprosessen, ved at det dannes metangass, CH₄, og karbondioksid, CO₂. Andelen karbon som omdannes til gass vil variere, avhengig av hvilken form karbonet har i opphavsmaterialet. Möller (2015) angir at mellom 20 og 95 % av opprinnelig karbon kan omdannes. Hvis husdyrgjødsel er råstoffet som brukes, vil dermed betydelig mindre organisk materiale i denne komme tilbake til jorda etter en biogassbehandling, enn ved tilførsel av ubehandlet gjødsel. Det samme vil være tilfelle for annet organisk materiale fra egen gård som brukes som råstoff, f.eks. ulike typer plantemateriale, forutsatt at disse materialene brukes til gjødsel.

Brukes organisk avfall fra storsamfunnet i biogassproduksjonen vil gjødsling med denne råtneresten bidra til resirkulering av organisk materiale og næring som kanskje ellers ikke ville kommet tilbake til jorda. I økologisk landbruk vil det være naturlig å sammenligne effektene av råtnerest med andre typer organisk materiale, som husdyrgjødsel og kompost. Det er naturlig å stille spørsmål om hvordan mikrolivet i jorda påvirkes av tilførsel av råtnerest, siden innholdet av mineralsk nitrogen er høyere og innholdet av organisk karbon er lavere enn i ubehandlet husdyrgjødsel.

Det er særlig den lett nedbrytbare delen av det organiske materialet som omdannes i biogassproduksjonen. Danske forskere har studert hva som skjer med karbonet i en fôrrasjon av maisensilasje, luserne og rapskake ved ulik behandling; som grønn gjødsel, ved biogassproduksjon av fôret, som ubehandlet husdyrgjødsel og ved biogassproduksjon av husdyrgjødsel. Forskerne konkluderte med at den mikrobielle aktiviteten i jorda ved tilførsel av råtnerest ikke økte så mye som ved tilførsel av grønn gjødsel eller husdyrgjødsel fordi en del av den lettest tilgjengelige næringen er fjernet.

Derimot var innholdet av organisk materiale i jorda på lang sikt tilnærmet likt ved tilførsel av de ulike gjødseltypene, ved at mengden tungt nedbrytbart organisk materiale var på samme nivå. Mellom 12 og 14 % av karbonet i jordas organiske materiale endte i en relativt stabil form, uansett håndtering av gjødsel på forhånd. Forskerne hevder at det er bruken av flerårige vekster i vekstskiftet som avgjør om jordlivet får nok energi til at jordfruktbarheten kan opprettholdes, og ikke de ulike behandlingene av karbonet fra slike avlinger.

Forutsetningen for denne konklusjonen er imidlertid at det er jord med en viss fruktbarhet i utgangspunktet (Thomsen m.fl. 2013).

I sin oversiktsartikkel konkluderer Möller (2015) også med at på grunn av at det er den tungt nedbrytbare delen av det organiske materialet som blir igjen i råtneresten etter biogassproduksjonen, vil dette brytes sakte ned i jorda. På lang sikt vil derfor tilført mengde organisk materiale være tilnærmet likt ved tilførsel av organisk gjødsel eller råtneresten fra den samme gjødsla.

11.1 Effekt av råtneresten på jordliv

Endringer i jordas fruktbarhet og jordliv, næringsinnhold, kjemiske og fysiske egenskaper skjer over lang tid. Det er vanskelig å si noe om eventuelle langtidseffekter av f.eks. gjødsling etter kun tre-fire år med forsøk og målinger. Det fins få langvarige forsøk, da disse er vanskelige å finansiere. Resultatene som presenteres her gir begrensede svar på effekter på jordlivet etter mange år, men gir likevel visse indikasjoner på hva som skjer med jordlivet ved tilførsel av råtnerest.

Sopp og bakterier

Mikroorganismer i jorda er nødvendige for omsetning av næring og energi, og kan brukes til å måle endringer i jordkvaliteten. Ulike parametre knyttet til jordlivet kan brukes som indikatorer på jordkvalitet, f.eks. mikrobiell biomasse, enzymaktivitet og artssammensetningen av mikroorganismer (Odlare 2007). Ulike mikrobiologiske tester kan derfor brukes for å undersøke effekten av ulike gjødselslag og eventuelle forurensninger i slik gjødsel. Registrering av respirasjon brukes for å analysere total mikrobiell aktivitet. Andre tester kan måle aktiviteten hos spesielle organismer, f.eks. denitrifiserende eller ammoniumoksidierende bakterier (Schnürer & Jarvis 2009, Abubaker 2012).

Effekt på sopp og bakterier i jord ved gjødsling ble undersøkt i et innendørs forsøk, hvor gras alene og i blanding med kløver ble dyrket i pletter. Ubehandlet bløtgjødsel fra storfe og råtnerest fra storfegjødsel ble sammenlignet med mineralgjødsel og et ledd uten gjødsling. Nitrogenmengden i de tre gjødslede leddene tilsvarte 15 kg per dekar. Gjødsling stimulerte bakterieveksten i forhold til veksten i jorda som ikke ble gjødslet. Råtnerest og mineralgjødsel gav den største bakterieveksten, den ubehandlede bløtgjødsla noe mindre. Tilførselen av gjødsel gav ikke samme positive effekt på soppveksten i jorda (Walsh m.fl. 2012).

Effekt på mikroorganismer i jord har også blitt undersøkt i felt, hvor prøver ble tatt 1, 3 og 9 dager etter tilførsel av ulike typer gjødsel. Total biomasse, sammensetning og diversitet av mikrolivet ble målt. Sammenlignet med leddet der gjødsel ikke ble tilført, hadde tilførsel av fersk plantemasse av gras og kløver størst effekt på sammensetningen av mikrolivet i jorda. Ubehandlet bløtgjødsel fra storfe og de to typene av råtnerest (bløtgjødsel blandet med hhv. mais og gras/kløver) gav bare små og forbigående endringer i jordas mikroorganismesamfunn. Råtneresten virket ikke hemmende på mikroorganismenes aktivitet (Johansen m.fl. 2013).

Odlare m.fl. (2011) undersøkte ulike organiske gjødselslag sin virkning på jordmikroorganismene. Etter åtte års feltforsøk fant de at råtnerest og kompost fra kildesortert husholdningsavfall stimulerte flere viktige jordmikrobielle egenskaper, som respirasjonen i jord, potensiell ammoniumoksidasjon og nitrogenmineralisering, sammenlignet med ugjødslet jord. Ingen negative effekter på jordmikrolivet kunne observeres ved bruk av de organiske gjødselslagene. Den genetiske sammensetningen av jordmikrolivet virket svært motstandsdyktig mot endringer forårsaket av den organiske gjødsla.

Råtnerest økte andelen av aktive mikroorganismer i forhold til de «sovende» i jorda i forsøket. Med forbehold om at bare de dominerende bakterieartene ble undersøkt, konkluderer forskerne med at den mikrobielle aktiviteten i jorda reagerer raskt på tilførsel av organisk gjødsel, mens bakteriesamfunnenes struktur i liten grad blir påvirket av dette (Odlare m. fl. 2014).

I det samme forsøket kunne ikke Odlare m.fl. (2008) påvise negative effekter av tungmetallinnholdet i råtnerest og kompost på mikrolivet i jorda.

Undersøkelser har også vist at effekten på mikrolivet i jorda av ulike typer råtnerest varierer, avhengig av råstoffene som blir brukt. Effekten varierer også med forskjellige jordarter. I dette åtteårige forsøket ble det ikke registrert negative effekter av råtnerest på jordrespirasjonen for de fleste typer råtnerest, noe som tyder på at samlet mengde jordmikroorganismer ikke ble påvirket. I jord med lav pH ble imidlertid jordrespirasjonen redusert ved tilførsel både av bløtgjødsel fra storfe og av råtnerest framstilt av kilde-sortert husholdningsavfall. I leirjord med stor mikrobiell biomasse var endringene i mikrolivet små både på kort og lang sikt. Endringene var noe større i sandjord. Det var større forskjell i endringene mellom råtnerest generelt og bløtgjødsel, enn mellom ulike typer råtnerest (Abubaker 2012).

Jönsson (2011) undersøkte i et laboratorieforsøk effekten på mikroorganismenes respirasjon av ulike typer råtnerest og grisegylle. Forsøket viste at type råstoff i biogassprosessen og hva slags prosess som ble brukt påvirket omsetningen i jorda. Respirasjonen ved bruk av råtnerest var størst umiddelbart etter gjødsling eller inntil tre dager etter. Gjødsling med grisegylle medførte større respirasjon, over lengre tid.

Fuchs m.fl. (2008) undersøkte råtnerest og kompost fra ulike anlegg i Sveits. De målte økt aktivitet hos jordmikroorganismene straks etter gjødsling med råtnerest. De undersøkte også om gjødslingen virket beskyttende mot jordoverførte plantesykdommer hos agurk og basilikum. Råtnerest hadde god effekt mot soppen *Pythium ultimum* på agurk, men liten effekt mot rotbrann (*Rhizoctonia solani*) på basilikum.

I prosjektet SoilEffects på Nordmøre undersøkte Johansen m. fl. (2015) effekt av husdyrgjødsel, både ubehandlet og utrånnet, på mikrolivet i jorda. Undersøkelsene ble utført i jord brukt til eng og til åkervekster. Forskerne konkluderte med at i dette forsøket ble jordmikroorganisme-samfunnet mer påvirket av dyrkingssystemet og innholdet av organisk materiale i jorda enn av type organisk gjødsel som tilføres. De mener derfor at bruk av råtnerest fra husdyrgjødsel er et trygt alternativ til bruk av ubehandlet husdyrgjødsel, med tanke på mikrolivet i jorda.

Spretthaler

Ulike arter av spretthaler bidrar til sirkulering av næringsstoffer i jorda. De er leddyr som lever på og litt ned i jorda. I prosjektet SoilEffects, hvor effekt på jord og jordliv av ulike typer og mengder organisk gjødsel undersøkes i et feltforsøk på Nordmøre, har forekomsten av spretthaler blitt undersøkt. Spretthalerne ble registrert i jord fra økologisk kløvereng i 2011 og 2012. Ett år etter gjødsling med vanlig bløtgjødsel og råtnerest av bløtgjødsel i 2011 hadde antallet spretthaler økt, særlig der det var gjødslet med vanlig bløtgjødsel. Rett etter gjødsling i 2012 ble antall spretthaler kraftig redusert. Sju uker etter gjødsling hadde antall spretthaler økt i begge gjødsleddene, men det var fortsatt langt lavere enn nivået før gjødsling. Antallet spretthaler var da noe lavere i jord gjødslet med råtnerest enn jord gjødslet med bløtgjødsel. Det ble funnet 42 ulike arter spretthaler på feltet. Antall arter ble også sterkt redusert etter gjødsling, men økte igjen over tid (Pommeresche & Løes 2013).

Spretthaler har vist seg å være en god indikatorart for økotoksikologiske registreringer. Kupper m.fl. (2008a) målte reproduksjon hos spretthaler ved tilførsel av kompost og fant at noen prøver viste hemmende effekt, noen stimulerende effekt, men det var ikke mulig å identifisere hvilke stoffer som gav slike effekter, siden effektene ikke var korrelert med konsentrasjonen av stoffene.

Meitemark

Meitemark er en viktig del av makrofaunaen i jord. De er sensitive for agronomiske tiltak, noe som gjør dem til gode indikatorer på status for jordkvaliteten. Det er bare gjort noen få undersøkelser av hvordan bruk av råtnerest virker på meitemark, ikke minst effekten på lang sikt.

I feltforsøket på Nordmøre har også effekten av ubehandlet og behandlet bløtgjødsel på meitemark blitt undersøkt. Det ble funnet fem arter meitemark i jorda på feltet. Død meitemark på jordoverflaten ble registrert etter gjødsling på våren. Det var flest døde mark i ruter med høy mengde (22 kg total-N per daa) bløtgjødsel. Færre døde mark var det ved høy mengde råtnerest, men forskjellen var ikke statistisk sikker. Det var langt færre døde mark der det var tilført lav mengde (11 kg total-N per daa) gjødsel. Forfatterne peker på at forskjellen i effekt mellom høy og lav gjødselmengde antakelig kan forklares med mengden ammonium tilført, som øker med økende mengde gjødsel, uavhengig av gjødsel-type. Meitemark tåler ammonium svært dårlig. Andelen ammonium-N i forhold til total N var noe høyere i råtnerest enn i bløtgjødsel (67 og 61 %), men denne forskjellen var ikke stor nok til å gi utslag i antall døde meitemark (Pommeresche & Løes 2015).

Levende meitemark i jord ned til 20 cm dybde ble også undersøkt i tre år på feltet, som mål på langtidseffekter av ulik gjødsling. Antall meitemark var noe lavere om våren etter to år med høy mengde gjødsel, enn etter to år med lav gjødselmengde. Flest individer var det i jorda på feltet gjødslet med råtnerest, men forskjellen var ikke signifikant. Forskerne konkluderer med at råtnerest ikke virker mer negativt på meitemark enn vanlig bløtgjødsel (Pommeresche & Løes 2015).

Koblenz m.fl. (2015) har undersøkt effekt av råtnerest på meitemark i felt på to steder i Tyskland. Det ene forsøket ble gjennomført i en maisåker, hvor effekt av bløtgjødsel fra storfe og mineralgjødsel ble sammenlignet med råtnerest av husdyrgjødsel og mais. Gjødselmengdene som ble brukt var 8,6 m³ storfegjødsel og 7,0 m³ råtnerest per daa, for å kunne dekke nitrogenbehovet på 16 kg NH₄-N per daa. Meitemarkmålingene ble gjort tre uker etter spredningen av gjødsel. Antall og biomasse av meitemark i jord gjødslet med behandlet og ubehandlet husdyrgjødsel var høyere enn i ledd med mineralgjødsel og ugjødslet jord. Ubehandlet husdyrgjødsel gav noe høyere biomasse og antall meitemark enn råtneresten, men forskjellen var ikke signifikant. Fire ulike meitemarkarter ble registrert i forsøket, den mest vanlige var grå meitemark (*Aporrectodea callignosa*). Det var en tendens til nedgang i antall rosa meitemark (*Aporrectodea rosea*) der råtnerest ble brukt.

I det andre forsøket ble meitemarkregistreringene gjort fem uker etter spredning av ulike gjødseltyper: grisejødsel, ammoniumnitrat, råtnerest av ulike planterester og noe hønsegjødsel. Det var ingen statistisk forskjell i antall og biomasse av meitemark i jorda gjødslet med de ulike gjødseltypene, men det var en tendens til størst biomasse av meitemark der det var gjødslet med grisejødsel og råtnerest. Ugjødslet ledd hadde flest individer, særlig av rosa meitemark. Råtneresten reduserte antall meitemarkarter. Forskerne konkluderer med at organiske gjødselslag virker positivt på meitemark i jorda, sammenlignet med mineralgjødsel og ingen gjødsel, ved at det tilføres lettløselig organisk materiale. Innholdet av ammonium-N i råtneresten kan imidlertid virke negativt på jordlevende meitemarkarter.

Ernst m. fl. (2008) undersøkte hvordan meitemark påvirket omsetningen av karbon og nitrogen i bløtgjødsel fra storfe og råtnerest av bløtgjødsel, gras og mais og hvordan dette påvirker mikrolivet i jorda. Stor meitemark (*Lumbricus terrestris*), lang meitemark (*A. longa*) og grå meitemark (*A. caliginosa*) ble plassert i pletter med gjødslet jord. Registreringer ble gjort seks uker etterpå. Jord gjødslet med råtnerest gav mindre mengder lett tilgjengelig næring for mikrobiell omsetning av C og N, enn jord gjødslet med bløtgjødsel. Det var sammenheng mellom meitemarkart og type gjødsel. Biomassen av de overflatelevende artene stor meitemark og lang meitemark økte ved tilførsel av begge gjødseltyper, mens biomassen av grå meitemark, som er jordlevende, ble redusert, særlig ved tilførsel av råtnerest. Forskerne konkluderer med at råtnerest kan medføre en reduksjon av mikrobiell aktivitet i jord og av jordlevende meitemarkarter.

Berjemo m. fl. (2010) registrerte antall meitemark og samlet vekt av meitemark i jord ned til 20 cm en måned etter tilførsel av ulike typer gjødsel. Mengden tilsvarte 12 kg N/daa for alle typene gjødsel. Størst antall (139 per m²) meitemark var det i jord gjødslet med fast husdyrgjødsel, størst biomasse (23 g per m²) var det i jord gjødslet med bløtgjødsel. Fast råtnerest og flytende råtnerest hadde lavere antall (101 og 93 per m²) og mindre biomasse (13 og 11 per m²) enn begge husdyrgjødseltypene, men høyere antall og større biomasse enn ugjødslet jord. Overflatelevende arter dominerte meitemarkfaunaen i dette forsøket, som ble gjort på sandjord i Tyskland.

Tilførsel av ulike typer gjødsel, også råtnerest, kan føre til at meitemarken tar opp uønskete stoffer. Kinney m.fl. (2008) påviste rester av mer enn 20 stoffer i meitemark i jord gjødslet med kloakkslam eller grisegjødsel. Stoffene var bl.a. legemidler, PAHs og kjemiske sprøytemidler. Konsentrasjonen av flere av stoffene oversteg 1000 µg/kg.

Råtnerest fra biogassanlegg med omrøringstank, hvor noe av råtneresten ikke er ferdig utrånnet, kan virke positivt på meitemarken ved at protein fra døde anaerobe bakterier som blir med ut i råtneresten gir ekstra næring (Koblenz m.fl. 2015).

11.2 Effekt av uønskete stoffer?

I kap. 5 er det gjengitt resultater fra undersøkelser av hvilke uønskete stoffer råstoffene og ulike typer råtnerest kan inneholde. Her er det hovedsakelig tatt med eksempler på undersøkelser som viser hva som kan skje med slike stoffer i råtneresten eller etter at stoffene er tilført jorda. Generelt fins det lite litteratur om dette.

Kjemiske sprøytemidler

Kupper m.fl. (2008b) analyserte innhold av rester av kjemiske sprøytemidler (pesticider) i kompost og råtnerest fra store avfallsanlegg i Sveits. Av de 271 stoffene det ble lett etter, ble 20 % påvist. Det var soppmidler som dominerte blant funnene. Høyest innhold ble påvist av imazalil og thiabendazol, midler som blir brukt på sitrusfrukter etter høsting. Dette stemmer med analyseresultatene fra norsk råtnerest, gjengitt i kap. 5 (Govasmark m.fl. 2011). Ved separering av råtneresten i en fast del (35 % TS) og en flytende del (12 % TS) fant de mesteparten av den opprinnelige mengden pesticidrester igjen i den flytende delen.

Brändli m.fl. (2004) påpeker at selv om det er dokumentert at enkelte pesticider brytes ned, er det samtidig påvist at andre kjemiske sprøytemidler ikke brytes ned i biogassprosessen. De konkluderer med at det er sannsynlig at anaerobe prosesser har et lavere potensial for nedbrytning av slike stoffer enn aerobe prosesser.

Organiske miljøgifter

Kupper m.fl. (2008b) analyserte prøver fra kompost og råtnerest fra store avfallsanlegg i Sveits. De undersøkte innholdet av en rekke organiske miljøgifter. Alle stoffene, bortsett fra nonylfenol, ble påvist. Konsentrasjonen av de fleste stoffene karakteriserte de som små, men variasjonen var stor. For de fleste stoffene var konsentrasjonen i snitt litt høyere i råtnerest enn i kompost. Konsentrasjonen av PAH var opp til 12 473 µg/kg tørr vekt, noe forskerne karakteriserer som problematisk mht. forurensning.

Stäb m.fl. (2008) fant imidlertid nonylfenol i prøver av råtnerest fra tre sør-tyske biogassanlegg, og sammen med ulike PAH-forbindelser, octylfenoler, DEHP og DDE var verdiene av disse høyere i råtnerest enn i prøver av kompost fra sentralanlegg. Flere undersøkelser er gjengitt i kap 5.2.

Kördel & Herrchen (2008) undersøkte eventuell nedbrytning av ulike organiske miljøgifter i jord, etter at de var tilført i ulike typer gjødsel. De fant at persistente stoffer som musk og stannater (tinnbaserte hydrokarboner) ble akkumulert i jord, mens stoffer som LAS og nonylfenoler ble raskt brutt ned.

Noen stoffer bindes til jordpartiklene, andre kan bli tatt opp av planter. Eggen m.fl. (2013) undersøkte opptak av ulike organiske miljøgifter i planter. Planter av bygg og hvete, raps, gulrot og engsvingel ble dyrket i pletter med jord tilsatt ulike stoffer i ulike konsentrasjoner. Forskerne fant høyest konsentrasjon i blader og frø av flammehemmerne TCEP og TCPP i noen av planteartene, blant annet i engsvingel. Begge disse stoffene kan påvises i norsk kloakkslam.

Tungmetaller

Få studier har undersøkt tungmetall-innholdet i råtnerest, og enda færre har undersøkt hvordan tungmetaller påvirker avlingene (Nilsson & Blackert 2012). Noen undersøkelser er gjengitt i kap. 5.2.

Etter seks års tilførsel av ulike organiske gjødselslag, bla. råtnerest, ble innholdet av tungmetaller i jorda undersøkt i et svensk feltforsøk. Tungmetallinnholdet i de ulike gjødseltypene var lavt, og ingen av dem økte tungmetallinnholdet i jorda (Odlare 2007). Jieqiong m.fl. (2013) fant at tungmetaller er bundet til tørrstoffet i råtneresten, og

analyser av den flytende delen etter separering viste signifikant nedgang i forhold til usentrifugert utgangspunkt. Arsen ble i liten grad tatt opp av planter.

Mikroplast og nanopartikler

Lite er kjent om mengden plast som forblir i råstoffet når platen sorteres fra husholdningsavfall før behandling. Anlegg for kompostering og biogassproduksjon må forholde seg til en øvre grense for innhold av plastbiter over en viss størrelse, men det er gjort få undersøkelser av innholdet av små plastbiter.

I en svensk forstudie om forekomsten av mikroplast i biogassprosessen, konkluderer forfatterne med at innholdet av plast i husholdningsavfall inn i biogassreaktoren er lite, men at det kan forekomme. I sitt litteraturstudium fant de ingen studier som har undersøkt forekomsten av mikroplast i råtnerest eller i jord som har vært gjødslet med råtnerest. Forfatterne etterlyser undersøkelser av plastforekomst i råtnerest, og hvordan ulike behandlingsmetoder påvirker innholdet (Levén m.fl. 2012).

I kap. 5.2 konkluderes det med at svært lite er kjent om innhold av nanopartikler i biogassråstoff eller innhold i råtneresten. Ingen flere undersøkelser er framkommet i Del II av arbeidet.

Patogene bakterier og sopper

Kvalitetskravene forutsetter at det ikke skal være sykdomsorganismer i råtneresten. I Sverige anbefales likevel ikke spredning av råtnerest på beite, fordi sporedannende patogene bakterier kan overleve både pasteurisering ved 70 °C og selve biogassprosessen (Bagge 2009). Slike bakterieslekter er f.eks. *Clostridium* og *Bacillus*. *Clostridium* spp. er vanlig i husdyrgjødsel, men fins også naturlig i jord. Dette gjelder bl.a. *C. botulinum* (forårsaker botulisme) og *C. tetani* (forårsaker stivkrampe). Schnürer & Jarvis (2009) konkluderer med at gjødsling med råtnerest ikke gir økt risiko for sykdomsutbrudd forårsaket av disse organismene.

Forskere i Østerrike undersøkte overlevelsen av patogene bakterier i jord tre måneder etter tilførsel av ubehandlet storfegjødsel og råtnerest av storfegjødsel. Den opprinnelige gjødsla inneholdt *E.coli*, *Salmonella* spp. og *Listeria* spp. Mesofil gjæring drepte alle *E.coli* og *Salmonella* spp., og reduserte antall *Listeria* spp. Det stedege mikrolivet i jorda forhindret oppformering av de patogene bakteriene i jorda, og tre måneder etter spredning av husdyrgjødsel og råtnerest kunne det ikke påvises høyere antall av slike bakterier enn der det ikke var tilført slik gjødsel (Goberna m.fl. 2011).

Sopp danner også sporer og kan derfor overleve oppvarming. Få sopparter er skadelige for mennesker, men mange sopper er skadegjørere for planter. Disse kan tilføres biogassanlegget når smittet plantemateriale brukes som råstoff. Studier viser imidlertid at plantepatogene sopper vanligvis dør raskt i selve biogassprosessen (Schnürer & Jarvis 2009).

Medisinrester

I kap. 5 går det fram at nedbrytning av medisinrester er temperaturavhengig, noe som bør være gunstig med tanke på evt. innhold i råtnerest, hvor massen har vært oppvarmet i biogassprosessen. Samtidig refereres det til undersøkelser i Tyskland og Finland som har påvist rester av ulike midler i råtnerest. Dette betyr at biogassprosessen ikke eliminerer muligheten for at råtnerest kan tilføre medisinrester til jord.

Boxall m.fl. (2006) fant at målbare mengder av ulike typer veterinærmedisin kunne påvises i alle fall minst 5 mnd. etter spredning av husdyrgjødsel som inneholdt slike medisinrester. Hamscher m.fl. (2002) målte innholdet av veterinærmedisin i jord gjødslet med bløt-gjødsel. Gjødsla inneholdt 4,0 mg/kg tetracyklin på spredetidspunktet. En måned etter gjødsling ble det i ulike jorddybder målt i gjennomsnitt 86,2 (0-10 cm), 198,7 (10-20 cm) og 171,7 mikrogram/kg jord (20-30 cm). Oxytetracyklin og tylosin ble ikke funnet i prøvene. Forfatterne konkluderer med at tetracyklin, med gjentatte tilførsler gjennom gjødsla, kan gi persistente rester som akkumuleres i jorda.

Midtvedt (2015) refererer Broekart m.fl (2012), som fant at nedbrytning i jord av veterinærlegemiddelet narasin i kyllinggjødsel varierte bl.a. med pH og temperatur i jorda. Forskerne hevder at før det blir nedbrutt, kan narasin påvirke jordbakteriene og middelet kan dessuten bli tatt opp i planter.

Opptak av medisinrester i planter er påvist i flere forsøk. Wu m.fl. (2010) påviste rester av bl.a. legemidler i soyaplanter, blant annet i bønner, 60 eller 110 dager etter gjødsling med kloakkslam. Kumar m.fl. (2005) dyrket mais, kepaløk og kål i jord gjødslet med husdyrgjødsel som inneholdt antibiotika. Alle vekstene tok opp klortetracyklin, men ikke tylosin. Mengdene som ble opptatt var små, men økte med økende mengde i husdyrgjødsla.

Norske pottforsøk viste at bla. veterinærmidlene narasin og ciprofloxacin og diabetesmedisinen metformin ble tatt opp fra jord ved dyrking av gulrot, bygg, raps og ryps (Eggen m.fl. 2011, Eggen & Lillo 2012). Serikstad m.fl. (2012) beskriver resultatene fra disse undersøkelsene nøyere og konkluderer med at ulike plantearter har ulike opptaksmønstre og at lite er kjent om disse plantespesifikke forskjellene.

Fare for utvikling av resistens mot antibiotika i patogene bakterier er en problemstilling som det er grunn til å være oppmerksom på. Dette blir ikke diskutert nærmere her, utover at svenske forskere har funnet at svært lave konsentrasjoner av antibiotika og tungmetaller, hver for seg eller i kombinasjon, i bl.a. forurenset miljø, kan medføre seleksjon og oppformering av multiresistente bakterier (Gullberg m.fl. 2014).

12. Avlingsresultater

Nilsson & Blackert (2012) har sammenstilt resultater fra nordiske dyrkingsforsøk med råtnerest. Forfatterne påpeker at det er vanskelig å trekke generelle konklusjoner, siden forsøkene er ulikt utformet og problemstillingene varierer. Noen forsøk vurderer N-effektiviteten ut fra mengden total-N, andre ut fra mengden $\text{NH}_4\text{-N}$. De refererer bl.a. en sammenstilling gjort av Arthursson (2009) der konklusjonen er at råtnerest ofte har bedre effekt enn bløtgjødsel på vekster med kort vekstsesong, som korn og grønnsaker.

Nilsson & Blackert (2012) har utarbeidet en tabell over nordiske forsøk hvor råtnerest brukt til vekster med kort vekstsesong er sammenlignet med kunstgjødsel og/eller husdyrgjødsel. I et dansk forsøk gav lik mengde $\text{NH}_4\text{-N}$ 109-118 % avling av råtnerest, sammenlignet med husdyrgjødsel, i de andre forsøkene var det ikke signifikante forskjeller. Sammenlignet med kunstgjødsel viste avlinger gjødslet med råtnerest større variasjon, bl.a. fra 72 til 105 % i et svensk forsøk. Möller & Müller (2012) nevner råtnerest som aktuell i økologisk grønnsaksdyrking, der det fins få andre gjødselmidler som frigjør nitrogen kort tid etter spredning.

Nilsson & Blackert (2012) har også utarbeidet en tabell over nordiske forsøk hvor råtnerest brukt til vekster med lang vekstsesong er sammenlignet med kunstgjødsel og/eller husdyrgjødsel. Slike vekster er eng, høstkorn eller avlinger som høstes seint på høsten. Sammenlignet med husdyrgjødsel gav råtnerest lik eller høyere avling i disse forsøkene, opp til 163 % i et dansk forsøk. Sammenlignet med kunstgjødsel er avlingsvariasjonen stor i disse forsøkene, fra 80-86 % i et finsk forsøk, til 122-144 % i et svensk forsøk.

Utnyttelsesgraden av nitrogenet er avgjørende for gjødseleffekten av råtneresten. Webb m. fl. (2013) fant at utnyttelsen av tilført nitrogen økte med 10-20 % ved tilførsel av råtnerest fra grisejødsel, sammenlignet med ubehandlet bløtgjødsel. Dette gjaldt utnytting i det året gjødsel blir spredd, og forutsetter at tapene av $\text{NH}_4\text{-N}$ holdes på et lavt nivå.

Gunnarsson & Gertsson (2004), referert i Nilsson & Blackert (2012), konkluderte også med betydelig høyere næringseffektivitet når plantematerialet ble tilbakeført som råtnerest, enn om det ble liggende på jorda som grønnjødsling. De undersøkte om nærings-effektiviteten økte ved å biogassbehandle økologiske engvekster og beteblader, istedenfor å la avlingen ligge på arealet som grønnjødsel. Ved å bruke avlingen som råstoff i biogassproduksjon og bruke råtneresten som gjødsel økte næringstilførselen med til sammen 105 kg N for ett hektar gras/kløver-eng og ett hektar med beteblader ved tre gangers høsting, og 59 kg ved to gangers høsting. Frøseth m.fl. (2014) fikk også bedre avling og bedre N-utnyttelse i ettervirkningsåret ved dyrking av korn, ved bruk av gras som råtnerest sammenlignet med ved bruk som grønnjødsel.

For å få best mulig virkning av råtneresten er det viktig med rask nedmolding/nedfelling etter spredning. Dette er vist av bl.a. Möller m.fl. (2008) og Løes m.fl. (2014). Andelen lett tilgjengelig N kan ellers lett gå tapt til luft.

Råtnerest brukes for det meste til gras og korn i Norge (Ellingsen & Filbakk 2014). Store sentralanlegg for behandling av matavfall er gjerne plassert i korndistrikter, hvor det er aktuelt for husdyrløse bruk å tilføre jorda organisk materiale i form av råtnerest.

12.1 Engavlinger

I prosjektet SoilEffects har avlinger fra forsøk i eng ved bruk av råtnerest av behandlet husdyrgjødsel og ubehandlet husdyrgjødsel fra samme fjøs med økologiske mjølkekyr blitt registrert i flere år (tabell 10). Forsøksfeltet ligger på siltig mellomsand på Nordmøre. Begge typer gjødsel ble tilført i to ulike mengder, tilsvarende 11 og 22 kg nitrogen per daa. Jorda har lavt næringsinnhold, noe som gav en betydelig avlingsøkning ved gjødsling. Avlingene økte like mye med råtnerest som med bløtgjødsel. Årsaken til at råtneresten ikke ga en bedre avlingseffekt var antakelig at mer letttilgjengelig N forsvant til luft. Botanisk sammensetning ble også undersøkt. Andelen av gras økte og andelen kløver og ugras ble redusert ved gjødsling. Sterkere gjødsling gav lavere andel kløver (Løes m.fl. 2014b).

Tabell 10. Engavlinger, kg ts/daa, sum av to høstinger per år i 2011-2013, 1. slått 2014, og relative tall for avlinger (100=ugjødslet) ved bruk av bløtgjødsel og råtnerest av bløtgjødsel fra fjøset på Tingvoll Gard. Lav mengde gjødsel=11 kg N/daa, høy mengde gjødsel=22kg N/daa (Løes m. fl. 2014b, Johansen m.fl. 2015).

Gjødsling/ År	2011	Rel.	2012	Rel.	2013	Rel.	2014	Rel.
Ugjødslet	661	100	542	100	508	100	278	100
Bløtgjødsel Lav	805	122	903	167	998	197	445	160
Bløtgjødsel Høy	878	133	1045	193	1089	214	570	205
Råtnerest Lav	820	124	895	165	1015	200	415	149
Råtnerest Høy	844	128	1156	213	1163	228	479	172

I et frøavlsprosjekt med mål om å sikre tilgangen på økologisk produsert engfrø ble tolv organiske gjødseltyper sammenlignet med mineralgjødsel og ugjødslet ledd. Gjødselmengder tilsvarende 4 kg N/daa ble tilført engsvingelsplanter i pletter i veksthus. Virkning på skuddutvikling, tørrstoffproduksjon og N-opptak ble registrert flere ganger fram til 10 uker etter gjødsling. Den flytende råtneresten, fra Indre Agder og Telemark Avfallsselskap, kom best ut med tanke på raskt N-opptak, skuddutvikling og høye tørrstoffavlinger. Andelen NH₄-N av tot-N var høy i råtneresten, noe som gav rask gjødselvirkning, fullt på høyde med eller bedre enn virkningen av mineralgjødsel. Forskerne konkluderer med at råtnerest er svært aktuell som gjødsel i økologisk frøavl (Havstad & Steensohn 2011).

I et demonstrasjonsfelt i Re i Vestfold i 2014, og Andebu i 2015 har råtnerest og kunstgjødsel blitt sammenlignet, brukt som gjødsel til eng. Feltet lå på siltig lettleire og enga ble høstet tre ganger hvert år i 2014 og 2015. Råtneresten ble tilført bare om våren eller også etter 1.slått, mens kunstgjødsel ble tilført om våren og etter både 1. og 2. slått. Råtneresten kom fra HRAs anlegg på Jevnaker og råstoffet var kildesortert husholdningsavfall, hvor flytende husdyrgjødsel er brukt som prosessvann. Tabell 11 viser engavlingene i forsøket. Det ble små forskjeller i totalavling mellom gjødsling med råtnerest en eller to ganger i 2014. Sannsynligvis gav solskinn og litt vind ved gjødsling i 2014 ammoniakktap fra råtneresten ved begge spredninger. Det var solskinn ved spredning i 2015 også, men fuktig jord gjorde at gjødsla antakelig infiltrerte raskere. Gjødsling gav stor avlingsøkning i forhold til ugjødsla ledd, noe som viser at råtnerest er en god N-kilde. Forsøksleddet med

kunstgjødning og tilførsel av råtnerest bare om våren gikk ut i 2015. (Bysveen 2015a, Bysveen 2015b).

Tabell 11. Engavlinger, kg ts/daa, sum av tre høstinger og sum FEm/daa i 2014, for ugdødslet ledd og ved bruk av råtnerest og kunstgjødning NPK 22-3-10. Plantetilgjengelig nitrogen per daa. Tall i parentes er fra 2015. (Etter Bysveen 2015a og 2015b)

Behandling	Avling, kg ts/daa				Sum FEm/daa
	1.slått	2.slått	3.slått	Sum 3 slåtter	
Ingen gjødning	567(313)	102(254)	98(67)	766(635)	658
Råtnerest, 15 (12) kg N	670(560)	316(478)	96(90)	1 081(1 128)	862
Kunstgjødning, 24 (25) kg N	727(575)	387(500)	270(149)	1 384(1 225)	1 143
Råtnerest, 5 t vår + kunstgjødning, tot. 28 kg N	696	377	211	1 284	1 056
Råtnerest, 3 + 2 t + kunstgjødning, tot. 29 (20) kg N	631(552)	478(583)	240(153)	1 349(1 288)	1 089

12.2 Avlinger av ettårige vekster

I de fleste forsøkene hvor avlinger av ettårige vekster ved bruk av råtnerest blir undersøkt, er det gjerne råtnerest fra kildesortert matavfall som blir brukt. Dette blir sammenlignet med ulike typer organisk materiale, eller med mineralgjødning. Odlare (2007) konkluderer f.eks. med at allerede etter fire års spredning med råtnerest i et feltforsøk med havre og bygg konkurrerte denne gjødningstypen godt med bruk av kunstgjødning mht. avlingsnivå. En sammenstilling av lokale kornforsøk i Sverige viste at råtnerest gav bedre stråstyrke enn kunstgjødning, noe som forklares med seinere og mer stabil vekst med innholdet av organisk bundet nitrogen i råtneresten (RVF 2005).

For økologisk landbruk gir sammenligninger mellom avlinger gjødning med råtnerest og mineralgjødning begrenset informasjon. Sammenligninger med andre tillatte gjødningsslag vil gi viktig informasjon, ikke minst gjelder det sammenligninger med ubehandlet husdyrgjødning.

Nedenfor presenteres resultater fra noen norske forsøk.

I prosjektet «Effektiv kornproduksjon på husdyrløse økobruk gjennom bedre næringsforsyning og plantevern» er det gjennomført flere feltforsøk i flere år. Råtnerest fra ulike anlegg for behandling av matavfall har blitt sammenlignet med bl.a. våtkompostert husdyrgjødning og kunstgjødning. Ett av forsøkene sammenlignet tre ulike N-nivå (8, 12 og 16 kg N/daa), gitt som råtnerest eller kunstgjødning. Gitt som Fullgjødning 22-3-10 gav alle tre mengdene nitrogen 100 kg høyere avling per daa, sammenlignet med råtnerest. Forskerne konkluderer med at gjødningvirkningen av råtnerest er lik den for bruk av våtkompostert storfe gjødning. I et av forsøkene ble forskjellige spredemåter undersøkt. Det ble ikke påvist

forskjell i avling mellom nedfelling med DGI og overflatespredning. Dette tyder på små tap ved tilførsel, og tynn konsistens på råtneresten kan forklare noe av dette. Forskjellen på kornavlingene ved spredning av råtneresten på overflaten eller ved nedfelling med DGI var minimal, noe som tyder på at tapet av ammonium-nitrogen har vært lite (Kristoffersen m.fl. 2013).

Oppkonsentrert, surgjort råtnerest fra Mjøsanlegget har blitt brukt som gjødsel til bygg, sammen med andre typer råtnerest og kunstgjødsel i et flerårig feltforsøk på Østlandet. Næringsinnholdet i denne råtneresten er gjengitt i tabell 9 i kap. 10.2. I 2012 var avlingene mellom 230-310 kg TS per daa, men det var ingen statistisk sikre forskjeller mellom behandlingene. Året etter var det imidlertid store avlingsforskjeller, avhengig av mengde nitrogen som ble tilført. Særlig gav oppkonsentrert råtnerest store avlinger, 600 kg TS per daa. Forskerne konkluderer med at oppkonsentrering av råtnerest ved surgjøring hindrer gasstap av nitrogen både under lagring og etter tilførsel til jorda. Et potteforsøk ble utført parallelt og viste at slik gjødsel senket pH i jorda (Haraldsen m.fl. 2014).

NLR Nord-Trøndelag sammenlignet råtnerest med kunstgjødsel i to gjødslingsforsøk i korn i 2012. Råtneresten ble spredd på overflata like før spiring, med hhv. 2 og 4 t per daa, både alene og sammen med 35 kg FG 22-3-10. Med 2 t råtnerest økte avlingene i det første forsøket med 48,5 kg bygg/daa per tonn, sammenlignet med ugjødslet ledd. Med bruk av 4 t råtnerest ble effekten per tonn 40 kg bygg per daa. I det andre forsøket økte bygg-avlingene med ca. 50 kg/daa per tonn spredd gjødsel, sammenlignet med ingen gjødsel (Forbord & Brønstad 2014).

NLR Viken gjennomførte gjødslingsforsøk i 2013 - 2015, med råtnerest fra HRAs anlegg på Jevnaker og fra Mjøsanlegget i Lillehammer. Brage bygg ble brukt som vekst det første året og Bjarne vårhvete det andre året. Råtneresten ble sammenlignet med ugjødslet ledd, Fullgjødsel 22-3-10 og i en kombinasjon med nitrogen/svovel-gjødsel (Opti-NS). I de gjødsla rutene tilsvarte mengden gjødsel ca. 10 kg N per daa. Avlingsresultatene viste at det kan forventes like god avling om noe av mineralgjødsel erstattes av råtnerest, som ved bruk av bare mineralgjødsel. Det var ingen statistisk sikker forskjell i avling mellom de ulike gjødselleddene, verken i 2013 eller i 2014. Rask nedmolding er viktig for å få best mulig utnytting av nitrogenet. 2014 hadde leddet med råtnerest og NS-gjødsel størst nitrogen-opptak og høyest proteinprosent (Langeland m.fl. 2014, Evju 2015).

Langeland m.fl. (2014) gjengir avlingsresultater fra demonstrasjonsfelt i korn og eng flere steder på Østlandet, hvor råtnerest fra ulike sentralanlegg har blitt brukt. Konklusjonene fra disse feltene er blant annet at god kunnskap om næringsinnhold og mengde plante-tilgjengelig nitrogen i råtneresten er nødvendig for å beregne riktig gjødselmengde og at supplering med svovel i råtneresten virker positivt på avlingen.

Det er få prosjekter som sammenligner bruk av ubehandlet husdyrgjødsel og råtnerest etter anaerob behandling av den samme husdyrgjødsel, brukt på ettårige avlinger, her blir resultater fra to slike forsøk nevnt. I prosjektet SoilEffects gav ubehandlet bløtgjødsel og råtnerest omtrent like havre- og hveteavlinger (Løes m. fl. 2014). Möller m.fl. (2008) har gjennomført et fireårig feltforsøk som omfattet belgvekster, korn, poteter og eng. Det var også her liten forskjell i avlingsnivå for vekster gjødslet med hhv. ubehandlet husdyrgjødsel og råtnerest, bortsett fra i vårhvete, hvor råtnerest gav bedre avlinger pga. rask nedmolding.

12.3 Oppsummering

Litteraturgjennomgangen i kap. 12 viser effekter av ulike typer råtnerest. På bakgrunn av et litteraturstudium av råtnerestens virkning på plantenes næringstilgang og vekst har Möller & Müller (2012) sammenfattet resultatene i en tabell. Tabell 12 viser deler av denne oversikten.

Tabell 12. Effekter av anaerob omdanning av bløtgjødsel og planterester og grøngjødsling, på innhold i råtnerest og agronomiske parametre. Etter Möller & Müller (2012).

	Bløtgjødsel	Planterester og grøngjødsel
Handtering og plassering av gjødsel	+	+++
Andel NH_4^+ av total-N	+	+++
pH	++	++
Plantetilgjengelig N	0	++
Immobilisering av N	-	--- ^{a)}
Nitrogeneffektivitet	0+	+++
Plantetilgjengelig P	0	0
Plantetilgjengelig S	?	?
Tungmetaller	0-	0-
Løselighet/tilgjengelighet		
Avlinger	0	++

---= svært sterk reduksjon, --= sterk reduksjon, -= liten reduksjon; 0= ingen eller motsatt effekt, += svak økning, ++= sterk økning, +++= svært sterk økning

^{a)} Antatt, ingen data tilgjengelig

? = uklar effekt, ingen data funnet

Resultatene som er gjengitt i avsnittene foran, viser at effekten av råtnerest på avlingsnivået varierer. Potteforsøk gir gjerne sikre, positive avlingsutslag av råtnerest sammenlignet med ubehandlet gjødsel, mens i feltforsøk er ikke resultatene like entydige. Möller & Müller (2012) konkluderer i sin gjennomgang med at økt $\text{NH}_4\text{-N}$ i råtneresten ikke garanterer for høyere nitrogeneffektivitet og dermed høyere avling. Det er avgjørende at råtneresten nedmoldes straks etter spredning. I felt er ikke nedmoldingen av råtneresten alltid ideell, og inntil 30 % av nitrogenet kan tapes ved spredning. Blant annet kan høy pH i råtneresten øke tapene, det samme kan skje ved den raske mineraliseringen av nitrogenet i slik gjødsel. Mye tyder også på at råtnerest av gjødsel fra mjølkekyr reduserer andelen fosfor og mikronæringsstoffer som er lett tilgjengelig for plantene, i forhold til gjødsel fra ubehandlet gjødsel.

For utråtning av avlingsrester og grøngjødsel er andre forhold ved nitrogenutnyttningen svært viktig. Utnyttningen av nitrogenet i slikt organisk materiale blir langt bedre som råtnerest enn ved direkte nedpøying. I tillegg til høyere innhold av ammonium-N i råtneresten kan det skyldes at bakteriene immobiliserer nitrogen i større grad ved tilførsel av mye lettløselig karbon i ubehandlet organisk materiale. Forskerne mener dessuten at den største fordelene ved råtnerest av slikt organisk materiale er at næringen blir enklere å flytte i tid og rom, til areal og til tidspunkt hvor behovet for lett tilgjengelig nitrogen er størst (Möller & Müller 2012).

I økologisk korndyrking uten husdyr er det nødvendig å ha grønngjødsel i vekstskiftet. Grønngjødselavlinga kan pløyes ned på stedet eller fjernes. Norske forsøk har vist at tilbakeføring av halvparten av næringen i form av råtnerest kan redusere faren for næringstap og gi like bra byggavling året etter, som når hele grønmmassen ble tilbakeført i grønngjødselåret (Hansen & Frøseth 2013).

Möller (2009) påpeker at viktige utfordringer for økologisk landbruk er å kunne redusere nitrogentapet mest mulig på gårdsnivå, å kunne beholde ammonium-N, den mest begrensede vekstfaktoren, i gårdssystemet og samtidig fremme effekten av tilgjengelig gjødsel på vekster som ikke er belgvekster. Han konkluderer med at bruk av råtnerest kan bidra til en god sirkulering av næringsstoffer, hovedsakelig nitrogen, ved å redusere næringstap og dermed sikre høy N-effektivitet. Han mener dette kan gi en mer effektiv og miljøvennlig drift i økologisk landbruk enn å basere seg på oppbygging av organisk materiale gjennom å tilføre husdyrgjødsel over lang tid.

13. Avslutning

For noen år siden bestod «fortellingene» om biogass i landbruket av svært små anlegg, basert på gjødsel fra kanskje bare ei ku, på landsbygda i India eller andre land i varme strøk. Ved hjelp av enkel teknologi gir det miljøvennlige og billige kokemuligheter for fattige familier. Bruk av råtneresten var det lite snakk om. Produksjon av biogass i Norge per 2015 er en helt annen fortelling.

Denne rapporten peker på noen muligheter og begrensninger ved bruk av råtnerest som gjødsel i økologisk landbruk.

Viktige problemstillinger for råtnerest generelt, uavhengig av størrelsen på biogassanlegget og hva slags substrat som benyttes:

- Det trengs mer kunnskap om innhold og gjødselvirkning av råtneresten
- Det trengs oppdatert regelverk for produksjon, innhold og bruk
- Det er viktig å redusere klimagassutslippene ved produksjon, lagring og spredning
- Energiprisene viktig for lønnsomheten

Teknologiske løsninger for biogassproduksjon fins per i dag, både i form av større anlegg og for mindre, gårdsbaserte anlegg. Men mye gjenstår for at gårdsbaserte anlegg vil være enkle å etablere og drifte. I tillegg må de være så driftssikre at biogassproduksjonen blir stor nok til at drifta blir økonomisk forsvarlig. Husdyrgjødsel er energifattig, noe som betyr at tilsetning av mer energirike råstoff kan være nødvendig. Avsetningen av biogassen i form av varme eller elektrisitet må være sikret før oppstart.

Viktige momenter for gårdsbaserte biogassanlegg

- Store investeringer
- Lite kompetanse om etablering og drift tilgjengelig
- Arbeidskrevende oppfølging og drift
- Små anlegg er mer krevende enn store anlegg mht. å opprettholde høy nok temperatur under våre klimatiske forhold
- Bruk av husdyrgjødsel fra egen gård krever ikke hygienisering
- Avsetning av biogassen nødvendig
- Husdyrgjødsel alene gir lav gassproduksjon
- Bruk av ulike former for planteavfall og andre organiske reststoffer kan supplere husdyrgjødsel og gi bedre utbytte og lønnsomhet
- Råtneresten har gode spredeegenskaper
- Utråtnet plantemasse gir større mobilitet i tid og rom for gjødsling enn bruk av plantemasse som grønngjødsling
- God gjødsleffekt av råtneresten forutsatt lite næringstap ved lagring og spredning
- Avhengig av mengde tilført kan jordlivet bli satt noe tilbake av råtnerest, men tilførsel av organisk materiale er positivt for jordlivet på sikt

Bruk av råtnerest fra store sentralanlegg for behandling av ulike typer organisk materiale fra storsamfunnet gir andre problemstillinger. I motsetning til organisk materiale på gården, i form av husdyrgjødsel og planterester, kan slike anlegg gi tilførsel av organisk materiale som ellers ikke ville blitt resirkulert tilbake til landbruket.

Innholdet i substratene som brukes som råstoff i biogassproduksjonen bestemmer innholdet i råtneresten, det gjelder både næringsstoffer og uønskete stoffer. I tillegg vil selve råtningprosessen og eventuelle proseshjelpemidler og tilsetningsstoffer bestemme innholdet, likeledes behandlingen av råtneresten etter selve biogassprosessen.

Bruk av ulike substrater i store anlegg krever gode kontroll- og prøvetakingsrutiner slik at bruk av råtnerest ikke skaper usikkerhet. Hygienisering av massen vil være nødvendig.

Det lave tørrstoffinnholdet i råtnerest rett fra biogassanlegg begrenser aktuelt spredeareal. Årlig tilførsel av råtnerest i nærområdet til store anlegg kan gi akkumulering av uønskete stoffer, sjøl om konsentrasjonen er under tillatt mengde. Avvanning av massen kan utvide aktuelt spredeareal, forutsatt at ingen uønskete stoffer benyttes i prosessen. Det gir også ulike typer råtnerest, med ulikt næringsinnhold, noe som øker bruksområdet.

Viktige momenter for bruk av råtnerest fra store anlegg:

- God mulighet for resirkulering av næring fra storsamfunnet
- Anleggene må ha rutiner som hindrer spredning av smitte og miljøgifter
- Innhold av næring og uønskete stoffer må være kjent for mottaker av råtneresten
- Leveranseavtaler og organisert tilkjøring og spredning gjør råtneresten mer attraktiv og kan redusere næringstap
- Råtnerest tilfører næring og organisk materiale til jorda på husdyrløse bruk

Bruk av råtnerest i økologisk landbruk krever ekstra oppmerksomhet i alle ledd i prosessen. Ikke alle substrater er godkjent, for eksempel vil biogassanlegg som bruker en liten andel kloakkslam, eller matavfall innsamlet i butikk med vanlig plastemballasje, ikke kunne levere råtnerest til økologisk drift, med dagens regelverk. Det vil også være begrensninger med hensyn til hvilke proseshjelpemidler som kan benyttes. Bruk av råtnerest fra store sentralanlegg vil alltid medføre en viss risiko for tilførsel av uønskete stoffer. Begrensningene i tillatte råstoffer og proseshjelpemidler og ekstra krav med hensyn til innhold av uønskete stoffer i råtneresten kan begrense interessen hos store anlegg for å produsere råtnerest godkjent til økologisk produksjon.

EGTOP - Ekspertgruppen for økologisk produksjon, oppnevnt av EU vil legge fram en ny rapport om gjødsel- og jordforbedringsprodukter til bruk i økologisk produksjon i 2016, med bla. en vurdering av ulike fremstillingsmetoder og tilsetningsstoffer i produksjonsprosessen av ulike organiske gjødselslag. Rapporten vil også omfatte en vurdering av tungmetallgrenser for ulike organiske gjødselslag.

Effekt av råtnerest på jordliv og jordfruktbarhet er også et viktig spørsmål i økologisk landbruk. Biogassprosessen omdanner organisk materiale, men det er fremdeles karbon igjen i råtneresten. Råtnerest av organisk avfall fra storsamfunnet kan derfor gi tilførsel av karbon som ellers ikke ville blitt tilbakeført til landbruket. Dette vil være særlig verdifullt på husdyrløse bruk.

Biogassproduksjon av husdyrgjødsel fjerner imidlertid organisk materiale som ellers ville blitt tilført jorda. Litteraturen gjengitt i rapporten tyder på at karboninnholdet i råtneresten likevel kan gi jordlivet tilstrekkelig energi, forutsatt årlig tilførsel. På samme måte som bløtgjødsel kan imidlertid store mengder råtnerest og dermed store mengder $\text{NH}_4\text{-N}$ drepe meitemark og annet jordliv ved spredning.

Gjødselvirkningen av råtnerest er god, særlig for vekster med kort vekstsesong og stort næringsbehov. Dette forutsetter gode sprederutiner og rask nedmolding. Økt andel mineralsk nitrogen gir økt fare for tap av næring. Dette nitrogenet blir i liten grad næring til jordlivet, men brukes av plantene direkte. Dette kan være i konflikt med en av grunntankene i økologisk landbruk, at en skal gjødsle jorda og ikke plantene.

Möller (2015b) nevner fire aspekter som må vurderes ved bruk av råstoff fra storsamfunnet i form av kompost eller råtnerest i økologisk landbruk:

- Andelen næringsstoffer som gjøres tilgjengelig i prosessen
- Hva slags prosess og hvilke tilsetningsstoffer som er nødvendig for å produsere gjødselmiddelet, og miljøeffekter av disse
- Hvordan gjødsla virker i jord og hvilken gjødseleffekt den har
- Potensielle langtidsvirkninger på miljøet: skadelige stoffer i jord og annen forurensning

Han konkluderer med at bruk av råtnerest har fordeler framfor kompostering av matavfall med tanke på næringseffektivitet, miljøaspekter og risiko for langtidseffekter av potensielt giftige stoffer.

Konsekvenser for bærekraft generelt og klimagassutslipp spesielt er ikke vurdert i denne rapporten. Dette hører med når biogassproduksjon og bruk av råtnerest i økologisk landbruk skal vurderes. Her tas bare med at Möller (2015a) i sin oversiktsartikkel om effekter av råtnerest konkluderer med at potensielle endringer i selve dyrkingssystemet ved innføring av biogassanlegg er av vesentlig større betydning for bærekraften i landbruket enn direkte effekter som oppstår ved tilførsel av råtnerest sammenlignet med ubehandlet husdyrgjødsel. Dette kan være endringer som f.eks. at man begynner å dyrke energivækster, eller at bønder som har høyt næringsinnhold i jorda på gården sin tvinges til å dele med bønder med mindre næringsinnhold, med mindre råtneresten tilføres i forhold til mengde næring i energivækstene de leverer.

14. Referanser

- Abubaker, J. 2012. Effects of Fertilisation with Biogas Residues on Crop Yield, Soil Microbiology and Greenhouse Gas Emissions. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae* 2012:46, Uppsala
- Adler, S., K. Honkapää, M. Saarela, R. Slizyte, H. Sterten, M. Vikman & A.-K. Løes 2014. Utilisation of co-streams in the Norwegian food processing industry. A multiple case study. *Bioforsk Rapport 9* (82)
- Amundsen, C.E. 2012. Tungmetaller og organiske forurensninger i organisk avfall. Kildesortert og sentralsortert avfall. *Bioforsk Rapport 7* (23)
- Amundsen, C.E., R. Linjordet & T.K. Haraldsen 2012. Miljøgifter i restprodukter fra fiskeoljeindustrien. Vurderinger ved bruk i biogassanlegg. *Bioforsk Rapport 7* (35)
- Amundsen, C.E., B. Paulsrud, & R. Linjordet 2005. Organiske forurensninger i kompost og biorest. *Litteraturstudier og analyser. RVF Utveckling 2005:12*, RVF Service AB
- Amundsen, C.E., B. Paulsrud, K.T. Nedland, H. Høgåsen, B. Gjerde & H. Mohn 2001. Miljøgifter og smittestoffer i organisk avfall. Status og veien videre. *Jordforsk Rapport 97/01*. Jordforsk
- Arthursson, V. 2009. Closing the global energy and nutrient cycles through application of biogas residues to agricultural land. *Energies 2*, p. 226-242.
- Avfall Norge 2014. Høringsuttalelse - Endringer i regler for import av økologiske produkter fra tredjeland, og endringer i tillatte innsatsvarer til bruk i økologisk produksjon.
www.mattilsynet.no/konfigurasjon/Innspill_til_regelverk/12163963_12594190_1pdf.17459/binary/12163963_12594190_1.pdf
- Bagge, E. 2009. Hygiene Aspects of the Biogas Process with Emphasis on Spore-Forming Bacteria. Doc. Thesis, *Acta Univ. Agri. Sueciae 2009:28*, Sveriges Lantbruksuniversitet
- Baky, A., Å. Nordberg, O. Palm, L. Rohde & E. Salomon 2006. Rötrest från biogasanläggningar - användning i lantbruket. *JTI informerar nr. 115*. JTI, Uppsala.
- Beneragama, N, Y. Moriya, T. Yamashiro, M. Iwasaki, S. A. Lateef, C. Ying & K. Umetsu 2013. The survival of cefazolin-resistant bacteria in mesophilic co-digestion of dairy manure and waste milk. *Waste Management & Research*, Vol. 31 no. 8, p. 843-848
- Berjemo, G., F. Ellmer & S. Krück 2010. Use of dry and wet digestates from biogas plants as fertilizer in plant production. In: *Treatment and use of organic residues in agriculture: Challenges and opportunities towards sustainable management. Proceedings of the 14th Ramiran Int. Conference*. www.ramiran.net
- Brändli, R., T. Kupper, T. Bucheli, F. X. Stadelmann & J. Tarradellas 2004. Occurrence and relevance of organic pollutants in compost, digestate and organic residues. Literature review. *Agroscope FAL Reckenholz*

- Boxall, A. B., P. Johnson, E.J. Smith, C. J. Sinclair, E. Stutt & L.S. Levy 2006. Uptake of veterinary medicines from soils into plants. *Journal of Agric. Food Chem* 2006 Mar 22;54 (6):2288-97
- Briseid, T., T. K. Haraldsen & J. Morken 2010. Biorest basert på avfall sortert etter «Ludvikametoden» til landbruksformål. *Bioforsk Rapport* 5 (39)
- Broekart, N., I.E. Daeseleire, B. Delezie m.fl. 2012. Can the use of coccidiostats in poultry lead to residues in vegetables? *J Agric Food Chem* 2012; 60: 12411-12418
- Bye, A.S., P.A. Aarstad, A.I. Løvberget & H. Høie 2014. *Jordbruk og miljø. Tilstand og utvikling 2013. Rapporter 2014/10. Statistisk sentralbyrå*
- Bysveen, K. 2015a. Biogjødsel til eng. www.nlriviken.no, 6.2.2015
- Bysveen, K. 2015b. Demonstrasjonsfelt med biogjødsel i eng 2015. Foreløpig rapport
- Bøen, A. 2006. Gjødselprodukter fra anaerob avfallsbehandling. *Bioforsk Fokus* 1(3) s. 190-191
- Carlsson M. & M. Uldal 2009. *Substrathandbok för biogasproduktion. Rapport SGC 200. Svenskt Gastekniskt Center AB*
- Daugstad, K., Kristoffersen, A.Ø. & Nesheim, L. 2012. Næringsinnhold i husdyrgjødsel frå storfe, sau, svin og fjørfe 2006-2011. *Bioforsk Rapport* 7 (24)
- Ecopro 2009. Gjødsel - Ecopro 1. www.Ecopro.no
- EGE 2014. Biogass og biogjødsel. Faktaark fra Energigjenvinningsetaten, Oslo kommune. www.energigjenvinningsetaten.oslo.kommune.no
- EGE 2010. Omsetting og bruk av biogjødsel. Rapport fra Energigjenvinningsetaten, Oslo kommune. www.energigjenvinningsetaten.oslo.kommune.no
- Eggen, T., T.N. Asp, K. Grave & V. Hormazabal 2011. Uptake and translocation of metformin, ciprofloxacin and narasin in forage- and crop plants. *Chemosphere* 85, 26-33.
- Eggen, T., E. Heimstad, A.O. Stuanes & H.-R. Norli 2013. Uptake and translocation of organophosphates and other emerging contaminants in food and forage crops. *Environ. Sci. Pollut. Res.* Vol. 20, pp.4520-4531
- Eggen, T. & C. Lillo 2012. Antidiabetic II Drug Metformin in Plants: Uptake and Translocation to Edible Parts of Cereals, Oily Seeds, Beans, Tomato, Squash, Carrots, and Potatoes. *J. Agric. Food Chem.* 60, p. 6929-6935.
- Ellingsen, J.G. & T. Filbakk 2014. *Biogass - Håndbok i etablering og drift av gårdsbaserte biogassanlegg. Det Kongelige Selskapet for Norges Vel. www.norgesvel.no/haandbok-i-etablering-og-drift-av-gaardsbaserte-biogassanlegg.5709471-343991.html*
- Eriksen, G.S., C. E. Amundsen, A. Bernhoft, T. Eggen, K. Grave, B. Halling-Sørensen, T. Källqvist, T. Sogn & L. Sverdrup 2009. Risk assessment of contaminants in sewage sludge applied on Norwegian soils. Opinion of the Panel on Contaminants in the Norwegian Scientific Committee for Food Safety. *Vitenskapskomiteen for mattrygghet, Oslo. ISBN 978-82-8082-338-0*

Ernst, G., A. Müller, H. Göhler & C. Emmerling 2008. C and N turnover of fermented residues from biogas plants in soil in the presence of three different earthworm species (*Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea longa*, *Aporrectodea caliginosa*). *Soil Biology & Biochemistry* 40 (2008) 1413-1420

Esser, K. 1996. Reference concentrations for heavy metals in mineral soils, oat, and orchard grass (*Dáctylis glomeratá*) from three agricultural regions in Norway. *Water, Air, and Soil Pollution* 89, pp. 375-397.

Evju, I. 2015. Biogjødsel til korn. www.nlriviken.no, 19.1.2015

Forbord, J.O. & J. Brønstad 2014. Matavfall som gjødselkilde til korn. Utprøving av flytende biogjødsel fra Ecopro i 2012. <http://ecopro.no/wp-content/uploads/2014/04/Utpr%C3%B8ving-av-flytende-biogj%C3%B8dsel-fra-Ecopro-2012.pdf>

Frøseth, R.B., A.K. Bakken, M.A. Bleken, H. Riley, R. Pommeresche, K. Thorup-Kristensen & S. Hansen 2014. Effects of green manure herbage management and its digestate from biogas production on barley yield, N recovery, soil structure and earthworm populations. *European Journal of Agronomy* 52 (2014) 90-102

Fuchs, J.G., A. Berner, J. Mayer, E. Smidt & K. Schleiss 2008. Influence of compost and digestates on plant growth and health: potentials and limits. In: Fuchs et al. (Eds.): *Compost and digestate: sustainability, benefits, impacts for the environment and for plant production*. Proceedings of the international congress CODIS 2008, February 27-29, 2008, Solothurn, Switzerland, pp. 101-110.

Furtula, V., E.G. Farrell, F. Diarrassoba, H. Rempel, J. Pritchard, & M.S. Diarra 2010. Veterinary pharmaceuticals and antibiotic resistance of *Escherichia coli* isolates in poultry litter from commercial farms and controlled feeding trials. *Poultry Sci.* 29, pp. 180-188.

Gans, O., S. Weiss, A. Sitka, E. Pfundtner, C. Scheffknecht & S. Scharf 2008. Determination of selected veterinary antibiotics and quaternary ammonium compounds in digestates of biogas plants in Austria. In: Fuchs et al. (Eds.): *Compost and digestate: sustainability, benefits, impacts for the environment and for plant production*. Proceedings of the international congress CODIS 2008, February 27-29, 2008, Solothurn, Switzerland, pp. 67-71.

Gerlach, F., B. Grieb & U. Zerger 2013. Bæredygtig biogasproduksjon. Håndbok for økologiske landmænd. www.sustaingas.eu

Goberna, M., S.M. Podmirseg, S. Waldhuber, B.A. Knapp, C. Garcia & H. Insam 2011. Pathogenic bacteria and mineral N in soils following the land spreading of biogas digestates and fresh manure. *Applied Soil Ecology* 49 (2011) pp. 18-25

Govasmark, E. 2015. Pers. Medd. 17.9.2015

Govasmark, E., J. Stäb, B. Holen, D. Hoornstra, T. Nesbakk & M. Salkinoja-Salonen 2011. Chemical and microbiological hazard associated with recycling of anaerobic digested residue intended for agricultural use. *Waste Management* 31 (12): 2577-2583

Govasmark, E., J. Stäb, B. Holen, D. Hoornstra & M. Salkinoja-Salonen 2010. Contaminants in digestate from household waste in Norway. In: *Book of Abstracts of the 7th International*

Conference ORBIT 2010 Organic Resources in the Carbon Economy, p. 92. ISBN 978-960-6865-25-1

Gullberg, E., L.M. Albrecht, C. Karlsson, L. Sandgren & D.I. Andersson 2014. Selection of a Multidrug Resistance Plasmid by Sublethal Levels of Antibiotics and Heavy Metals. *mBio* 5(5):e01918-14. Doi:10.1128/mBio.01918-14

Gunnarsson, A. & U. Gertsson 2004. Växtnäringsstyrning i energi- och näringseffektiva ekologiska odlingssystem. Årsrapport 2003/2004. Inst. för växtvetenskap, SLU, Uppsala

Hamscher, G., S. Sczesny, H. Höper & H. Nau 2002. Determination of Persistent Tetracycline Residues in Soil Fertilized with Liquid Manure by High-Performance Liquid Chromatography with Electrospray Ionization Tandem Mass Spectrometry. *Anal. Chem.* 74(7), p. 1509-1518

Hansander, A. 2012. Risk för spridning av ogräsfrö med rötrest - En litteraturstudie. Agronomprogrammet, Sveriges Lantbruksuniversitet. <http://stud.epsilon.slu.se/4557/>

Hansen, S. & R.B. Frøseth 2013. Grønngjødsel i økologisk korndyrking - Resultat fra Byggroprosjektet. *Bioforsk TEMA* 8 (2), 10 s.

Haraldsen, T.H., E. Brod & J. Stabbetorp 2014. Oppkonsentert biorest som gjødsel til korn. *Bioforsk Fokus* 9 (1), s.167-173

Havstad, L. T. & A. A. Steensohn 2011. Bruk av ulike organiske gjødseltyper i økologisk grasfrøavl: virkning av N-opptak, skuddutvikling og tørrstoffavling hos engsvingel. *Bioforsk Rapport* 6 (21), 23 s.

Henriksson, G., M. del P. Castillo, I. Jakubowicz, H. Enocksson, J. A. Contreras, P. Lundgren & T. Engström 2010. Miljøeffekter av polymerer inom biogasbranschen - Förstudie. Waste Refinery. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Hvitsand, C. & B. Kleppe 2011. Avsetning av biorest til landbruket. TF-rapport nr. 289. Telemarkforskning, Bø

Jieqiong, M. Z. Hongguang & F. Min 2013. Distribution of heavy metals in pig farm biogas residues and the safety and feasibility assessment of biogas fertilizer. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 6 (4)

Johansen, A., J. Carlsgart, C.M. Hansen, A. Roepstorff, C. Andreasen & H.B. Nielsen 2013. Survival of weed seeds and animal parasites as affected by anaerobic digestion at meso- and thermophilic conditions. *Waste Management* 33 (2013) 807-812

Johansen, A., M. S. Carter, E.S. Jensen, H. Hauggaard-Nielsen & P. Ambus 2013. Effects of digestate from anaerobically digested cattle slurry and plant materials on soil microbial community and emission of CO₂ and N₂O. *Applied Soil Ecology*, 63, pp. 36-44

Johansen, A., R. Pommeresche, H. Riley & A. - K. Løes 2015. Anaerobic digestion of animal manure - implications for crop yields and soil biota in organic farming. In: Zeverte-Rivza, S. (ed.): Proceedings of the 25th NJF Congress, Riga Latvia, 16th-18th of June, 2015, p. 97-102

Joner, E. J., T. Hartnik & C.E. Amundsen 2008. Environmental fate and ecotoxicity of engineered nanoparticles. Report no. TA 2304/2007, SFT

Jönsson, E. 2011. Effects of biogas residues on respiration and denitrification in arable soil. Institutionen för mark och miljö, SLU, Uppsala.

Jørgensen, P.K. 2012. Kronisk botulisme hos mælkekvæg - er det evidens? Kandidatspeciale, Københavns Universitet

Kinney, C.A., E.T. Furlong, D.W. Kolpin, M.r. Burkhardt, S.D. Zaugg, S.L. Werner, J.P. Bossio & M.J. Benotti 2008. Bioaccumulation of Pharmaceuticals and other Anthropogenic Waste Indicators in Earthworms from Agricultural Soil amended with Biosolid or Swine Manure. Environ. Sci. Technol. 42 (6) pp. 1863-1870

Koblenz, B., S. Tischer, J. Rücknagel & O. Christen 2015. Influence of biogas digestate on density, biomass and community composition of earthworms. Industrial Crops and Products 66 (2015) pp. 206-209

Kördel, W. & M. Herrchen 2008. Organic Pollutants in Secondary Fertilizers. In: Fuchs et al. (Eds.): Compost and digestate: sustainability, benefits, impacts for the environment and for plant production. Proceedings of the international congress CODIS 2008, February 27-29, 2008, Solothurn, Switzerland, pp. 121-122.

KRAV 2014. KRAVs regler 2014. <http://www.krav.se/regel/kravs-regler-2014>

Kristoffersen, A.Ø., J. Skretting, A.K. Bergjord & T. K. Haraldsen 2013. Gjødelsvirkning av organisk avfall fra storsamfunnet. Bioforsk Fokus 8 (1), s. 149-156

Kumar, K., S.C Gupta, S.K. Baidoo, Y. Chander & C.J. Rosen 2005. Antibiotic uptake by plants from soils fertilized with animal manure. J Environ Qual 34 (6): 2082-5.

Kupper, T., R.C. Brändli, T.D. Bucheli, C. Stämpfli, M. Zennegg, U. Berger, P. Edder, M. Pohl, F. Niang, S. Iozza, J. Müller, D. Ortelli, K. Becker van Slooten, J. Mayer, H.-J. Bachmann, F.X. Stadelmann & J. Tarradellas 2008a. Organic pollutants in compost and digestate: occurrence, fate and impacts. In: Fuchs et al. (Eds.): Compost and digestate: sustainability, benefits, impacts for the environment and for plant production. Proceedings of the international congress CODIS 2008, February 27-29, 2008, Solothurn, Switzerland, pp. 27-34.

Kupper, T., T.D. Bucheli, R.C. Brändli, D. Ortelli & P. Edder 2008b. Dissipation of pesticides during composting and anaerobic digestion of source-separated organic waste in full-scale plants. www.ramiran.net/doc08/RAMIRAN_2008/Kupper.pdf

Kvande, I. & A.-K. Løes 2014. Energiproduksjon, klimaeffekt og avlingseffekt i et gårdsbasert biogassanlegg. Bioforsk Rapport 9 (98)

Land, A. 2014. Restemat i stort format. www.bioforsk.no, 16.6.2014

Langeland, Å., K. Stoknes, H.H. helmen, A.L. Malmer, H. Hanger & J. Skretting 2014. Økt kunnskap om kompost og biorest i landbruket. Rapport nr. 4/2014, Avfall Norge

Lehto, M. 2012. Practices on use of manure in Finland. Nordic Workshop, Kringler 23.-24.10. 2012

Leván, L., U. Nordberg, J. Yngvesson, G. Henriksson & J. Enebro 2012. Mikroplaster i biogasprocessen - Förstudie. Waste Refinery, Borås

Lévén, L., K. Nyberg & A. Schnürer 2012. Conversion of phenols during anaerobic digestion of organic solid waste - a review of important microorganisms and impact of temperature. *Journal of Environmental Management* 95 Suppl: S99-103

Lovdata 2014. Forskrift om endring i forskrift om animalske biprodukter som ikke er beregnet på konsum. <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2014-09-03-1145>

Lovdata 2007. Forskrift om animalske biprodukter som ikke er beregnet på konsum. <http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2007-10-27-1254>

Lovdata 2004. Forskrift om endring i forskrift om transport og behandling av animalsk avfall, og anlegg som behandler animalsk avfall. <http://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2004-01-09-87>

Lovdata 2003. Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav. www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20030704-0951.html

LRF 2014. Nationella riktlinjer för ekologisk produktion. Lantbrukarnas riksförbund, www.lrf.se/Medlem/Foretagande/Ekologisk-produktion/Nationella-riktlinjer-for-ekologisk-produktion/

Lystad, H. 2014. Avfallsbransjen som leverandør av kvalitetssikrede gjødselvarer. Foredrag på temadag, Apelsvoll 13.8.2014

Løes, A.-K., A. Johansen, R. Pommeresche & H. Riley. Animal manure - reduced quality by anaerobic digestion? Oral presentation at the 4th scientific conference of ISOFAR during the 18th IFOAM Organic World Congress, Istanbul, Turkey October 13. In: G. Rahmann & U. Aksoy (Eds.) *Building Organic Bridges*, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, Germany, 3, Thünen Report, no. 20, pp. 891-894.

Løes, A.-K., I. Kvanne, G. Fisknes & A. Lian 2011. Gårdsanlegg for biogass og aktuelle FoU-aktiviteter. *Bioforsk Rapport 6* (92)

Løes, A.-K., J.I. Øverland & J. Nordal 2014a. Kalkingsforsøk med eggeskall - en utprøving i CYCLE-prosjektet. *Bioforsk TEMA 9* (10)

Løes, A.-K., R. Pommeresche, H. Riley & A. Johansen 2014b. Husdyrgjødsel til biogass, hva skjer med avlinger og jord? *Bioforsk FOKUS 9* (1), s. 170-176

Marttinen, S., K. Suominen & M. Lehto 2014. Occurrence of hazardous organic compounds and pharmaceuticals in biogas plant digestate and evaluation of the risk caused for the food production chain. *MTT Raportti 135*, 70 p.

Mattilsynet 2007. Veiledning til forskrift 4.juli 2003 nr. 951 om gjødselvarer mv. av organisk opphav.

Mattilsynet 2012a. Referat fra møte i EUs ad hoc arbeidsgruppe om innholdet i nytt og utvidet EU-regelverk om gjødsel. Gruppe 3 - Kontaminanter, hygiene og andre risikofaktorer, 18.1.2012. www.mattilsynet.no/mattilsynet/multimedia/archive/00076/Referat_fra_m_te_180_76980a.pdf

Mattilsynet 2012b. Veileder B. Utfyllende informasjon om økologisk landbruksproduksjon. www.mattilsynet.no

Mattilsynet 2014. Økologiske produkter fra tredjeland, og endringer i tillatte innsatsvarer til bruk i økologisk produksjon.

www.mattilsynet.no/om_mattilsynet/regelverksutvikling/aktive_prosesser/endringer_i_reglar_for_import_av_okologiske_produkter_fra_tredjeland_og_endringer_i_tillatte_innsatsvarer_til_bruk_i_okologisk_produksjon.16232, 1.10.2014

Metlid, B. 2015. Ny fosforrik biogödsel på gång. Ekologiskt lantbruk nr. 1 2015

Naturerhvervstyrelsen 2014. Veiledning om økologisk jordbrugsproduksjon. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

Midtvedt, T. Bekymringsmelding om antibiotika i kyllingfôr. Tidsskrift Norsk Legeforening nr. 8, 2015; 135

Möller, K. 2015a. Effects of anaerobic digestion soil carbon and nitrogen turnover, N emissions, and soil biological activity. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 03/2015; DOI: 10.1007/s13593-015-0284-3

Möller, K. 2015b. Factsheet: Compost and digestates from urban organic wastes as Alternative Phosphorus Fertilizers. (Upubl.)

Möller, K. 2009. Influence of different manuring systems with and without biogas digestion on soil organic matter and nitrogen inputs, flows and budgets in organic cropping systems. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* (2009) 84: 179-202

Möller, K. & T. Müller 2012. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. *Eng. Life Sci.* 12 (3), 242-257

Möller, K., W. Stinner, A. Deuker & G. Leithold 2008. Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on nitrogen cycle and crop yield in mixed organic farming systems. *Nutr Cycl Agroecosyst* (2008) 82, pp. 209-232

Nilsson, S.B. & C. Blackert 2012. Sammaställning av resultat från långliggande försök med biogödsel i Norden. Rapport B2012:03. Avfall Sverige Utveckling

NORM/NORM-VET 2013. Usage of Antimicrobial Agents and Occurrence of Antimicrobial Resistance in Norway. Tromsø/Oslo 2014. ISSN:1502-2307 (print)/1890-9965 (electronic). www.vetinst.no

Norsk Protein 2014. Årsmelding 2013. www.norskprotein.no

Odlare, M. 2007. Biogödsel och kompost - en resurs för jordbruket. Resultat från ett fältförsök. Forskningsrapport MDH Ist 2007:1, Mälardalens högskola, Västerås

Odlare, M., V. Arthurson, M. Pell, K. Svensson, E. Nehrenheim & J. Abubaker 2011. Land application of organic waste - Effects of the soil ecosystem. *Applied Energy*, 88 (6), pp. 2210-2218

Odlare, M., M. Pell, J.V. Arthurson, J. Abubaker & E. Nehrenheim 2014. Combined mineral N and organic waste fertilization - effects on crop growth and soil properties. *Journal of Agricultural Science* 152, pp. 134-145

Odlare, M., M. Pell & K. Svensson 2008. Changes in soil chemical and microbiological properties during 4 years of application of various organic residues. Waste Management 28 (2008) 1246-1253

Pommeresche, R. & A.-K. Løes 2015. Flere meitemark døde etter fire tonn blautgjødning. Økologisk Landbruk nr. 1 2015, s. 26-28

Pommeresche, R. & A.-K. Løes 2013. Mindre spretthaler etter blautgjødning og råtnest. Økologisk Landbruk nr. 4 2013, s. 32-33

Rosander, P. 2013. Risker med rötade gödselmedel från biogasproduktion. En problematiserande utredning kring storskaliga återföringsystem av hushållsavfall för KRAV's regelkommitté. www.krav.se

RUBIN 2011. Varestrømanalyse for 2011.
http://www.rubin.no/images/files/documents/varestrm_2011_nettsversjon1.pdf

RVF 2005. Användning av biogödsel. RVF Utveckling 2005:10

Salomon, E. & M. Wivstad 2013. Rötrest från biogasanläggningar - återföring av växtnäring i ekologisk produktion. EPOK - Centrum för ekologisk produktion och konsumtion, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala, 34 s.

Schnürer, A. & Å. Jarvis 2009. Mikrobiologisk handbok för biogassanläggningar. Rapport U2009:03. SGC & Avfall Sverige

Schnürer, A. & J. Schnürer 2006. Fungal survival during anaerobic digestion of organic household waste. Waste Management 26 (11), p. 1205-1211

Serikstad, G.L., K. McKinnon & T. Eggen 2012. Uønskete stoffer i husdyrgjødsel. Konvensjonell husdyrgjødsel brukt i økologisk drift - er det problematisk? Bioforsk Rapport 7 (28)

Slana, I., R. Pribylova, A. Kralova & I. Pavlik 2011. Persistence of *Mycobacterium avium* subsp. *Paratuberculosis* at a Farm-Scale Biogas Plant supplied with manure from Paratuberculosis-Affected Dairy Cattle. Appl Environ Microbiol 77 (9), pp. 3115-3119

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut 2014. Certifieringsregler för Biogödsel - SPCR 120. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut & Avfall Sverige. www.avfallsverige.se

SSB 2014. Avfall frå hushalda, 2013. www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avfkomm, publisert 26.6.2014

Stäb, J., B. Kuch, S. Rupp, K. Fischer, M. Kranert & J. W. Metzger 2008. Determination of Organic Contaminants in Compost and Digestates in Baden-Württemberg, South-West Germany. In: Fuchs et al.(Eds.): Compost and digestate: sustainability, benefits, impacts for the environment and for plant production. Proceedings of the international congress CODIS 2008, February 27-29, 2008, Solothurn, Switzerland, s. 27-34

Suominen, K., M. Verta & S. Marttinen 2014. Hazardous organic compounds in biogas plant end products - Soil burden and risk to food safety. Sci Total Environ Sep 1; 491-492:192-9

Søgaard, L. S. 2014. Tysk undersøkelse af «Kronisk botulisme». Kvæg Nyt nr. 2/2014, s. 3

Sørby, I. 2011. Biogass i Vestfold - Et 12K-prosjekt. Vestfold Bondelag.
<http://vestfoldenergiforum.no/Energiforum/Internett/~-/media/B44A9E810F6B45E484F1A8CED2AAF376.ashx>

Sørheim, R., T. Briseid, T.K. Haraldsen, R. Linjordet, B. Wittgens, Ø. Hagen, K.D. Josefsen, S.J. Horn, J. Morken, J.F. Hanssen, A. Lunnan, H. Berglann & K. Krokann 2010. Biogass - kunnskapsstatus og forskningsbehov. Bioforsk Rapport 5 (16).

Tersbøl, M. 2015. Biogas i økologisk jordbrug. Analyseopgave for Energistyrelsen.
www.ens.dk/sites/ens.dk/files/undergrund-forsyning/vedvarende-energi/bioenergi/biogas-taskforce/rapporter_taskforce/biogas_i_oekologisk_jordbrug.pdf

Thomsen, I.K., J.E. Olesen, H. B. Møller, P. Sørensen & B.T. Christensen 2013. Carbon dynamics and retention in soil after anaerobic digestion of dairy cattle feed and faeces. *Soil Biol & Biochem* 2013 (58), pp. 82-87

VKM 2015. Assessment of antimicrobial resistance in the food chains in Norway. Scientific Opinion of the Panel on microbiological hazards of the Norwegian Scientific Committee for Food Safety, VKM Report 2015:29, ISBN: 978-82-8259-184-3, Oslo.

VKM 2014. Zinc and copper in pig and poultry production - fate and effects in the food chain and the environment. Vitenskapskomiteen for mattrygghet, ISBN 978-82-8259-093-8

Walsh, J.J., J. Rousk, G. Edwards-Jones, D.L. Jones & A.P. Williams 2012. Fungal and bacterial growth following the application of slurry and anaerobic digestate of livestock manure to temperate pasture soils. *Biol Fertil Soils* 48: 889-897

Ward, A.J. & A.-K. Løes 2011. The potential of fish and fish oil waste for bioenergy generation: Norway and beyond. *Biofuels* 2: 375-387

Webb, J., P. Sørensen, G. Velthof, B. Amon, M. Pinto, L. Rohde, E. Salomon, N. Hutchings, P. Burczyk & J. Reid 2013. Chapter Seven - An Assessment of the Variation of Manure Nitrogen Efficiency throughout Europe and an Appraisal of Means to Increase Manure-N Efficiency. *Advances in Agronomy*, Vol 119, 2013, pp. 371-442

Weismann, W. 2011. www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2011/01/gas-from-the-past-biogas-101

Wu, C., A.L. Spongberg, J. D. Witter, M. Fang & K.P. Czajkowski 2010. Uptake of Pharmaceutical and Personal Care Products by Soybean Plants from Soils Applied with Biosolids and Irrigated with Contaminated Water. *Environ. Sci. Technol* 44 (16), s. 6157-6161

Xin, K.E., W. Chun-Yong, L. Run-Dong & Z. Yun 2013. Effects of Oxytetracycline on Methane Production and the Microbial Communities during Anaerobic Digestion of Cow Manure. *Journal of Integrative Agriculture*. Doi: 10.1016/S2095-3119(13)606683-8

Øgaard, A.F., A. Ø. Kristoffersen & T.K. Haraldsen 2011. Fertilizer value of liquid residues from household waste biogas production. In: Utilization of manure and other residues as fertilizers. NJF seminar 433, Falköping, Sweden 29-30 November. NJF Report Vol. 7 no. 8, pp. 45-48

15. Vedlegg

Aktiviteter knyttet til biogassproduksjon og råtnerest, ut fra det forfatteren er kjent med per januar 2015

Prosjekter av interesse for økologisk landbruk

Miljønytte og verdikjedeøkonomi ved biogassproduksjon, fase I-III
Østfoldforskning, til 2014

Biogassavfall - en risiko ved bruk i økologisk landbruk?
Bioforsk 2008-2010

Kokebok for gårdsbaserte biogassanlegg
Norges Vel, 2014

Transport, lagring, spredning og utnytting av biorest i Nes kommune
Norges Vel, 2013- 2015
Norges Vel samarbeider med Oslo kommune om å skaffe erfaringer med praktisk bruk av råtnerest hos kornbønder i Nes kommune.

Driftsoppfølging av fullskala biogassanlegg for jordbruket
Høgskolen i Telemark, 2014-2015
Samarbeid med biogassanlegget på Foss gård i Skien, v/Knut Vasdal

Biogass fra organisk avfall og husdyrgjødsel som drivstoff
NMBU, 2014-2016

Delmål:

- Optimalisere biogassproduksjon fra blandinger av matavfall og husdyrgjødsel
- Teste nye substrater som kan bidra til storskala biogassproduksjon i Norge
- Studere bruken av biorest som jordforbedringsmiddel

«Økt avsetning av biorest og kompost», rammeprosjekt i regi av Avfall Norge.
Norsk Landbruksrådgivning v/ landbruksrådgiver Åsmund Langeland, har utarbeidet rapporten «Økt kunnskap om kompost og biorest i landbruket» som del av prosjektet.
Avfall Norge-rapport nr. 4/2014

Feltforsøk i regi av Bioforsk Øst på Apelsvoll per 2014

- Gjødselrespons for økende mengde biorest
- Gjødseffekt på korn av biorest fra HRA, Romeriksanlegget og Mjøsanlegget, sammenlignet med fullgjødsel og husdyrgjødsel, ulike spredemetoder
- Eftervirkning av biorest

Effektiv kornproduksjon på husdyrløse økobruk gjennom bedre næringsforsyning og plantevern - Økokorn, 2012-2016
Forsøk på Ås, Værnes

Utprøving av flytende biogjødsel fra Ecopro
NLR Nord-Trøndelag, 2012

Biogassbehandling av husdyrgjødsel - hvordan påvirker det jordas fruktbarhet? Etablering av et feltforsøk for å undersøke dette under norske forhold (SoilEffects)
Prosjektet har som mål å undersøke konsekvenser for jordliv og jordfruktbarhet ved bruk av råtnerest. Virkning av behandlet og ubehandlet gjødsel undersøkes i et vekstskifte med åkervekster og årlig jordarbeiding, og et annet med langvarig eng. Målinger av eventuelle endringer i jordstruktur, moldinnhold og næringsstoffer, jordfauna og mikrobiologi. Effektene på avling av gras og korn sammenlignes også med ugjødslet areal. I 2012 ble det utført lystgassmålinger på deler av arealet. Prosjektet var finansiert av forskningsmidler over jordbruksavtalen 2010-2013. Feltet videreføres i 2015, for å se på langtidseffektene.

Prosjektsøknad sendt til Bionær-programmet i Forskningsrådet høsten 2014: arbeidstittel på prosjektet er SAFEDIG, med blant annet fokus på potensielle skadestoffer i råtnerest. Samarbeid mellom NMBU, Bioforsk, Senter for Bygdeforskning.

Gårdsgass Midt-Norge
Nettverket har siden 2010 arbeidet med kunnskapsutveksling og kompetanseutvikling med tanke på gardsbaserte biogassanlegg.

Biogassanlegg i drift

Nedenfor gis en oversikt over noen av biogassanleggene som er i drift i Norge. Nærmere beskrivelse av noen av anleggene som er nevnt under, finnes i Løes m.fl. (2011). Anleggene som er nevnt her, er både store anlegg som samler inn matavfall og mindre, gårdsbaserte anlegg.

Romerike biogassanlegg

Energigjenvinningsetaten i Oslo drifter anlegget i Vormsund, hvor det behandles kildesortert matavfall fra innbyggerne i Oslo. Anlegget stod ferdig i årsskiftet 2012/13. Anlegget har kapasitet til å behandle 50 000 tonn matavfall årlig (EGE 2014). De produserer 90 000 m³ flytende råtnerest og 12 000 m³ gjødselkonsentrat årlig. Råtneresten må ut hele året til lager, en utfordring at størsteparten av bøndene i området er kornbønder, uten gjødsellager og spredeutstyr for husdyrgjødsel. Landbruksrådgiverne i området anbefaler råtneresten brukt som tilleggsgjødsling, med spredning i vekstsesongen og fullgjødsel som vårgjødsling.

Hadeland og Ringerike Avfallsselskap AS

Biogassanlegget startet opp i 2005, og har nylig blitt utvidet. Kapasiteten ved anlegget i full drift vil være 15 000 tonn råtnerest per år. Før avfallet gjæres i biogassanlegget går det gjennom en hygieniseringsprosess. Biogassprosessen er termofil, og massen gjæres ved 52-53 grader C i 14 dager. Kostnadene ved spredning hos bønder tar HRA.

GLØR

Mjøsanlegget ligger på Lillehammer. Råstoffet forbehandles ved at det varmes opp til 140 °C. Råtneresten separeres i tørr og våt fraksjon. Den tørre delen blandes med hageavfall og går til produksjon av jord. Den våte fraksjonen går til landbruket, inneholder 3 % TS og ligner på Fullgjødsel 22-2-12 i virkning.

Anlegget samarbeider med Norsk landbruksrådgivning (NLR) om fordeling, transport og lagring av råtneresten. NLR bidrar med kontaktnett, gjødselplaner, forsøksfelt og informasjon. Det bygges for tida et nytt anlegg for 30 000 tonn matavfall, som ferdigstilles høsten 2015.

Ecopro

Anlegget ligger i Verdal og hygieniserer slam og matavfall ved min 133 grader i minimum 20 min og min 3 bar.

Utprøving i korn av flytende biogjødsel fra anlegget i 2012, utført av NLR Nord-Trøndelag. Gjødselproduktet fra anlegget oppgis å være framstilt av 50 % matavfall og 50 % avløpsslam, i tillegg til noe fiske- og slakteavfall.

Greve Biogass AS

Greve Biogass AS i Vestfold bygger og starter opp biogassanlegg i 2015. Ved full produksjon kan 30.000 tonn husholdningsavfall, 20.000 tonn næringsavfall og 60.000 tonn husdyrgjødsel bli benyttet. Fabrikken vil produsere ca. 70 GWh gass tilsvarende 7 millioner liter diesel. Vestfold Bondelag har deltatt i utredningsarbeid for å inkludere landbruket og dokumentere klimanytten ved å inkludere landbruket. Et prosjekt i regi av Østfoldforskning sammen med Bioforsk og NMBU viser at klimagevinsten for biogassfabrikken *dobles* ved å ta inn 60.000 tonn husdyrgjødsel som råvare og spre 100.000 tonn råtnerest på jordene. Dette er ca. 30 prosent av husdyrgjødsel i fylket og i samsvar med regjeringens mål for husdyrgjødsel til biogass som klimatiltak. I tillegg vil det spare anlegget for innkjøp av 45 000 l vann til prosessen.

Per oktober 2014 har 32 bønder inngått avtale om mottak av i alt 52 000 tonn. Ni bønder har inngått avtale om levering av i alt 13 000 tonn husdyrgjødsel (I. Sørby pers. medd. 23.10.2014). Flere bønder planlegger felles lager av råtnerest i laguner som blir den billigste løsningen. Lagrene planlegges med overdekning for å redusere tapene til luft.

I Norge er det 5-6 gårdsbaserte anlegg i drift, hvor husdyrgjødsel utgjør størsteparten av råstoffet. Foruten de som er nevnt her, fins det et anlegg i Skjetten og et i Verdal.

Tingvoll gard

På Tingvoll Gard i Møre og Romsdal er det anlagt et biogassanlegg i regi av Norsk senter for økologisk landbruk (NORSØK). Det er knyttet til et fjøs med økologisk melkeproduksjon. Anlegget består av to råtnetanker på 35 m³, og er dermed egnet til å prøve ut og sammenlikne ulike substrat og prosesser. Anlegget kom i jevn produksjon i februar 2012. Ulike prosjekter er knyttet til anlegget.

Foss gård

Anlegget ligger på Foss gård i Skien, hvor det er økologisk mjølkeproduksjon med 35 kyr. Gardbrukeren, Knut Vasdal, ønsker ikke å bruke vanlig bløtgjødsel, og ser på biogassproduksjonen som et ledd i å øke kvaliteten av husdyrgjødsel. Samarbeid med Telemarksforskning.

Tomb Biogass

Anlegget ligger på Tomb videregående skole, og startet i 2010. Råstoff er hovedsakelig storfegjødsel, men også ca. 20 % matavfall.

Åna kretsfengsel

Gårdsbasert anlegg i Rogaland. Anlegget behandler ca. 2 800 tonn storfegjødsel og 250 tonn fiskeensilasje årlig. Dette var et av de første slike anlegg i Norge.

Jæren Biogass AS

Gårdsbasert pilotanlegg under etablering (høsten 2015) i Klepp. Skal behandle separert husdyrgjødsel, noe som vil gi en nitrogenrik råtnerest med lavt tørrstoffinnhold og en fosforrik, tørr fraksjon som kan brukes til potet og grønnsaker. Anlegget skal også ta i mot annet organisk materiale fra landbruket.