

Muligheter for bruk av avfalls- basert bioest fra anaerob biologisk behandling

Jordforsk rapport 127/04

RAPPORT



Tittel:

Muligheter for bruk av avfallsbasert biorest fra anaerob biologisk behandling

Forfatter(e):

Anne Bøen, Trond Knapp Haraldsen og Roald Sørheim

<i>Dato:</i> 31.01.05	<i>Tilgjengelighet:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr.:</i> 4078	<i>Arkiv nr.:</i> 6.04.12
<i>Rapport nr.:</i> 127/04	<i>ISBN-nr.:</i> 82-7467-529-0	<i>Antall sider:</i> 23	<i>Antall vedlegg:</i>

<i>Oppdragsgiver:</i> ORIO-programmet	<i>Kontaktperson(er):</i> Tormod Briseid
--	---

<i>Stikkord:</i> Biorest, fiberrest, råterest Anaerob biologisk behandling Våtorganisk avfall Bruk	<i>Fagområde:</i> Biologisk avfallshåndtering
--	--

Sammendrag:

Anaerob behandling av våtorganisk avfall er på vei inn i norsk avfallsbehandling. Anaerob behandling har to sluttprodukter, metan og biorest. Bioresten inneholder organisk materiale og næringsstoffer og har derfor interesse som gjødsel.

Egenskapene til bioresten vil avhenge av råvarer som tilføres prosessen og av hvilke prosessstrinn den går gjennom under og etter anaerob behandling. Det er først og fremst tre produktformer det finnes erfaringer med.

Flytende biorest er rik på lett tilgjengelige næringsstoffer og har potensial for bruk som hurtigvirkende gjødsel. Konsentrasjoner av næringsstoffer er høy og har relativt god balanse mellom hovednæringsstoffene. Det kan derfor være aktuelt med årlig gjødsling, uten at dette kommer i konflikt med mengdebegrensninger i gjødselvereforskriften. Flytende biorest tar i stor grad vare på næringsstoffene i avfallet og vil antakelig kunne benyttes som et alternativ til husdyrgjødsel der landbruket ikke har tilgang til dette. På den annen side krever det lagring og transport av store volumer, og både økonomi og avsetningsmuligheter i et slikt alternativ bør utredes videre.

Gjennom videre foredling tapes mye av lett tilgjengelig nitrat og kalium. Avvannet og kompostert biorest vurderes derfor som jordforbedringsmidler med en viss gjødseleffekt. Kompostert biorest vil kunne benyttes som råvare i et dyrkingsmedium hvor den vil kunne fungere som en stabil og forutsigbar råvare. Kompostert biorest har et allsidig bruksområde og kan benyttes både av profesjonelle brukere og hobbydyrkere. Avvannet biorest kan først og fremst benyttes som jordforbedringsmidler med en viss gjødseleffekt til bruk på landbruket og grøntarealer. Enkelte avvannede biorester kan ha potensiale for bruk i dyrkingsmedier, om det er aktuelt bør man det gjøres en grundig vurdering av biorestens egenskaper i forkant.

Ansvarlig leder

.....
Øistein Vethe

Prosjektleder

.....
Roald Sørheim

Forord

Denne rapporten er en sammenstilling av kunnskap og erfaringer med biorest fra nordiske land og fra vitenskapelig litteratur. Målsetningen har vært å fremskaffe en faktabasert kunnskapsstatus som kan gi bakgrunn for å evaluere hvilket potensiale biorest fra anaerob utråtning av har som gjødsel, i dyrkingsmedier og som jordforbedringsmiddel. Prosjektet er finansiert av ORIO-programmet og Jordforsk. Arne Sæbø, Planteforsk, har gitt nyttige innspill til rapporten.

Innhold

Sammendrag	1
1. Innledning	2
2. Regelverk	4
2.1. Dagens regelverk	4
2.2. Kommende regelverk.....	5
3. Gjødseleverdi av produkter fra anaerob behandling.....	7
3.1. Tap av næringsstoffer ved foredling av biorest	7
3.2. Næringsstoffenes tilgjengelighet for planter.....	9
3.2.1. Nitrogen	9
3.2.2. NPK –biorestenes sammensetning av hovednæringsstoffer	10
3.2.3. Andre forhold.....	12
4. Biorest som jordforbedringsmiddel	13
4.1. Organisk materiale er viktig for jordkvalitet	13
4.2. Jordforbedrende effekter av biorester, kompost og avløpsslam	13
5. Biorest i dyrkingsmedier.....	15
6. Beskrivelse av utvalgte biorester	17
6.1. Flytende biorest.....	17
6.2. Avvannet biorest fra Sellikdalen Renseanlegg	18
6.3. Avvannet biorest fra GLØR.....	19
6.4. Kompostert biorest.....	20
7. Produkter tilpasset bruk og marked	22
8. Referanser	23

Sammendrag

Anaerob behandling av våtorganisk avfall er på vei inn i norsk avfallsbehandling. Anaerob behandling har to sluttprodukter, metan og biorest. Bioresten inneholder organisk materiale og næringsstoffer og har derfor interesse som gjødselvarer.

Egenskapene til bioresten vil avhenge av råvarer som tilføres prosessen og av hvilke prosessstrinn den går gjennom under og etter anaerob behandling. Det er først og fremst tre produktformer det finnes erfaringer med.

Flytende biorest er rik på lett tilgjengelige næringsstoffer og har potensial for bruk som hurtigvirkende gjødsel. Konsentrasjoner av næringsstoffer er høy og har relativt god balanse mellom hovednæringsstoffene. Det kan derfor være aktuelt med årlig gjødsling, uten at dette kommer i konflikt med mengdebegrensninger i gjødselvarerforskriften. Flytende biorest tar i stor grad vare på næringsstoffene i avfallet og vil antakelig kunne benyttes som et alternativ til husdyrgjødsel der landbruket ikke har tilgang til dette. På den annen side krever det lagring og transport av store volumer, og både økonomi og avsetningsmuligheter i et slikt alternativ bør utredes videre.

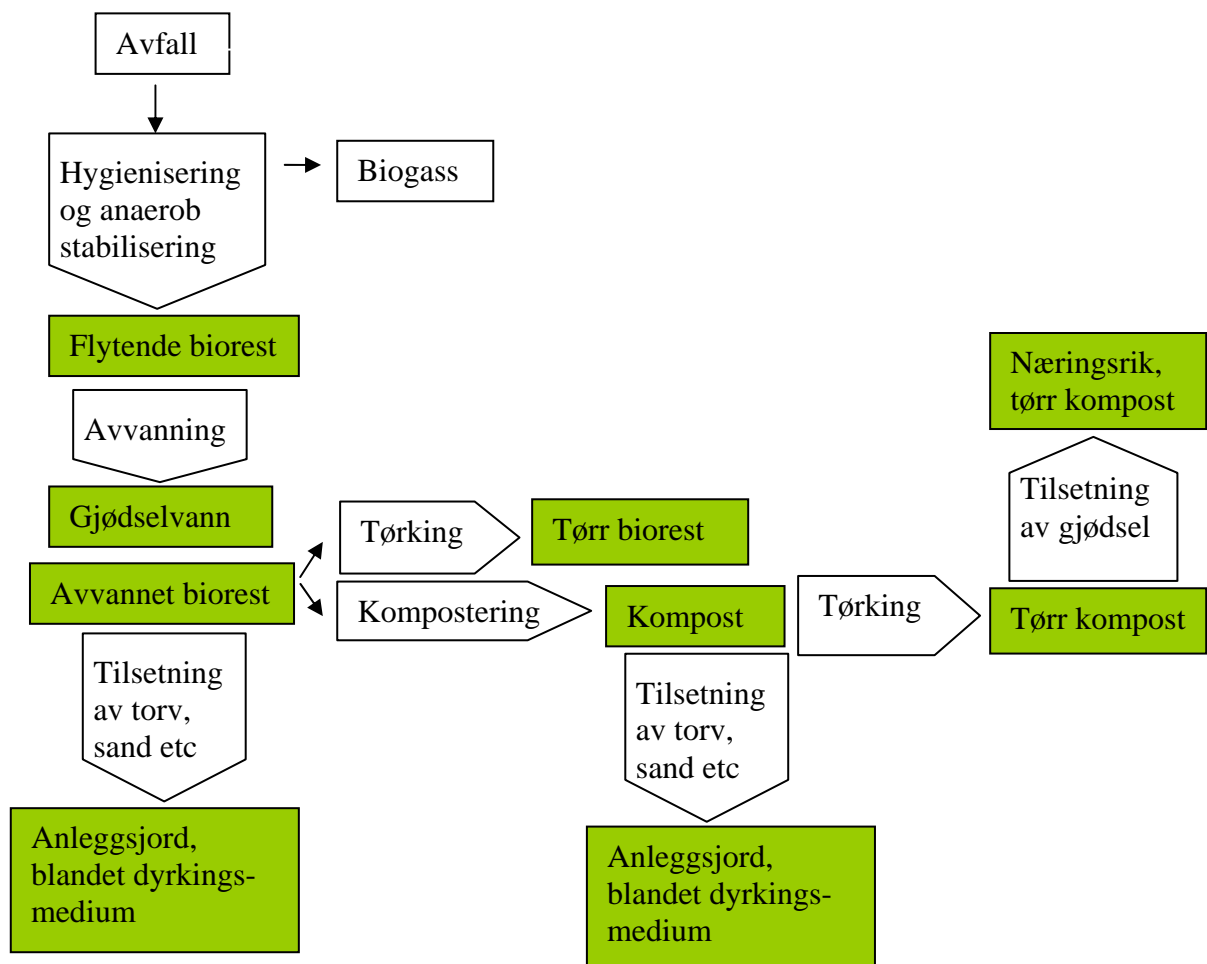
Gjennom videre foredling tapes mye av lett tilgjengelig nitrogen og kalium. Avvannet og kompostert biorest vurderes derfor som jordforbedringsmidler med en viss gjødseffekt. Kompostert biorest vil kunne benyttes som råvare i et dyrkingsmedium hvor den vil kunne fungere som en stabil og forutsigbar råvare. Kompostert biorest har et allsidig bruksområde og kan benyttes både av profesjonelle brukere og hobbydyrkere. Avvannet biorest kan først og fremst benyttes som jordforbedringsmidler med en viss gjødseffekt til bruk på landbruket og grøntarealer. Enkelte avvannede biorester kan ha potensiale for bruk i dyrkingsmedier, om det er aktuelt bør man det gjøres en grundig vurdering av biorestens egenskaper i forkant.

1. Innledning

Biogassanlegg blir i økende grad etablert i Norge og resten av Europa for å behandle organisk avfall. I Norge har man de siste 10 årene først og fremst benyttet kompostering for biologisk behandling av avfall, og man har bygd opp kunnskap omkring prosesser og kompostproduktets egenskaper. For anaerob behandling er erfaringen langt mindre.

Utvikling i norske elektrisitetspriser, teknologiske løsninger og erfaringer fra utlandet har ført til økende interesse for biogassanlegg. Anaerob behandling av organisk materiale har to sluttprodukter. Det ene er biogass, som kan benyttes til produksjon av strøm eller varme. Det andre er en biorest som inneholder organiske og uorganiske nedbrytningsprodukter, derunder viktige plantenæringsstoffer.

Biorest fra anaerob behandling av avfall inneholder organisk materiale og næringsstoffer. Biorest har derfor potensiale for å kunne brukes direkte eller videreforedlet som gjødsel, jordforbedringsmiddel eller som del av et dyrkingsmedium. Figur 1 gir en oversikt over produktformer en kan se for seg fra en anaerobt stabilisert biorest. Figuren er delvis basert på en dansk rapport om foredling av restprodukter fra biogassanlegg (Miljøstyrelsen, 1997).



Figur 1 viser aktuelle foredlingsalternativer og produkttyper for biorest.

Egenskapene til bioresten vil avhenge av hvilket avfall som går inn i prosessen og av selve behandlingsprosessen. Ulike typer etterbehandling vil også ha stor innvirkning på biorestens

egenskaper for bruk som gjødsel, jordforbedringsmiddel eller i dyrkingsmedier. I dag er det tre anlegg som behandler våtorganisk avfall i høyteknologiske biogassanlegg. GLØR (Lillehammer) benytter våtorganisk avfall som råvare, mens Sellikdalen Renseanlegg på Kongsberg behandler både våtorganisk avfall og avløpsslam. Åna kretsfgensel behandler fiskeensilasje sammen med husdyrgjødsel. I tillegg behandles våtorganisk avfall i bioceller på Lindum. Biorest fra GLØR komposteres, mens avvannet biorest fra Sellikdalen Renseanlegg benyttes som toppdekke på deponi. Biorest fra Åna kretsfgensel benyttes flytende (uavvannet) biorest direkte på fengslets landbruksarealer. I Sverige og Danmark er det relativt vanlig å benytte flytende biorest i landbruket. Erfaringer med biorest som gjødselvarer er først og fremst knyttet til flytende, avvannet og kompostert biorest, det er derfor disse tre produktformene som først og fremst blir omtalt i denne rapporten. Biorest fra bioceller vil ikke bli omtalt videre.

Denne rapporten gir en sammenstilling av kunnskap om bruk av biorest som gjødselvarer. Den er basert på innhenting av kunnskap og erfaringer med biorest i nordiske land, samt gjennomgang av vitenskapelig litteratur.

En rekke forhold vil ha innvirkning på valg av produktform. Kostnader ved behandling, lagring og distribusjon, samt markeds- og avsetningsmuligheter vil være avgjørende. Disse forholdene vil variere etter hvilket område av landet biogassanlegget ligger i. Det har ikke vært en del av formålet med denne rapporten å gå systematisk gjennom dette temaet, noen viktige forhold er likevel forsøkt belyst i kapittel 7. I Sverige arbeides det for tiden med en undersøkelse for å identifisere muligheter og hindre for effektiv anvendelse av biorest i landbruket.

2. Regelverk

2.1. Dagens regelverk

Bruk som gjødsel, jordforbedringsmiddel eller dyrkingsmedium

Biorest som brukes som gjødsel, jordforbedringsmiddel eller dyrkingsmedium må overholde kravene i *forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav*. Krav til biorest er de samme som for kompost, slam og andre typer organiske gjødselvarer. Den skal blant annet sikre produktenes kvalitet og redelig handel.

Det stilles krav til kvalitet på bioresten, dette er i første rekke krav som skal sikre at produktet ikke er farlig å bruke. I tillegg til at produktene skal registreres hos Mattilsynet før de omsettes, skal den som omsetter produktet skal ha internkontrollsystem som sikrer at alle krav i forskriften overholdes. Ved omsetning skal det alltid følge en varedeklarasjon med produktet.

Kvalitetskravene knytter seg først og fremst til :

Tungmetallinnhold og organiske miljøgifter

Forskriften angir 4 kvalitetsklasser (klasse 0, I, II og III) for gjødselvarer (tabell 1). Kvalitetsklasse bestemmes ut fra produktets innhold av sju tungmetaller. Kvalitetsklassen er bestemmende for hvor mye og på hvilke areal typer (landbruk, hager, parker og grøntarealer) produktet kan brukes (tabell 2). Inngår avløpsslam som råvare i gjødselvaren kan den ikke benyttes på grønnsaker, poteter, frukt og bær eller på eng/beite. Anleggsjord skal ikke inneholde mer enn 30 volum % av avfallskomponenten. Det gjelder også egne regler for bruk.

Tabell 1. Grenseverdier for gjødselvarer i klasse 0, I, II og III.

Tungmetall (mg/kg TS)	0	I	II	III
Kadmium	0,4	0,8	2	5
Bly	40	60	80	200
Kvikksølv	0,2	0,6	3	5
Nikkel	20	30	50	80
Sink	150	40	800	1500
Kobber	50	150	650	1000
Krom	50	60	100	150

Produktet skal ikke inneholde organiske miljøgifter i mengder som kan skade mennesker, dyr og planter. Innhold av organiske miljøgifter i organisk husholdningsavfall, avløpsslam og kompost er kartlagt i norske undersøkelser (Amundsen *et al.*, 2004), konklusjonen er at innholdet er relativt lavt.

En del industrielle avfallsstrømmer bør undersøkes grundig med hensyn på dette før avfallet tas inn i biologiske behandlingsanlegg hvor målet er å bruke bioresten som gjødselvare. Amundsen og Paulsrud (2005) undersøker innhold av organiske miljøgifter biorest og kompost fra norske og svenske anlegg, resultatene av denne studien vil snart være tilgjengelig.

Tabell 2. Bruksbegrensninger for gjødselvarer

Kvalitetsklasse	På landbruksarealer, private hager og parker	På grøntarealer
0	Etter agronomiske behov	Etter agronomiske behov
I	4 tonn ts/da per 10 år	5 cm
II	2 tonn ts/da per 10 år	5 cm
III	Kan ikke brukes	5 cm

Hygienisk kvalitet og floghavre

Gjødselvarerforskriften setter ikke konkrete krav til behandlingsprosessen, men produktet skal ikke inneholde *Salmonella* og ikke mer enn 2500 termotolerante koliforme organismer per gram tørrstoff. Produktet skal heller ikke inneholde parasittegg eller floghavre. Behandlingsprosessen må derfor inneholde et hygieniserende trinn.

Stabilitet

Produktet skal være stabilt slik at det ikke forårsaker lukt eller andre miljøulemper ved lagring og bruk.

Fremmedlegemer

I den ferdige gjødselvaren skal innholdet av plast, glass og metallbiter > 4 mm være mindre enn 0,5 % av tørrstoffet.

Så lenge et produkt overholder kvalitetskravene i gjødselvarerforskriften (miljøgifter, stabilitet, hygiene, fremmedlegemer mv) setter regelverket få krav til hvilken form og hvilke bruksegenskaper gjødselvarer skal ha. Forskriften forvaltes av Mattilsynet. Mattilsynet har eget veiledningsmateriale for avfalls- og avløpsslambaserte gjødselvarer.

Spesielt for produkter som skal brukes i økologisk landbruk

For bruk i økologisk landbruk må produktet overholde kvalitetsklasse 0, dvs. den strengeste klassen for tungmetaller. En gårdbruker som ønsker å bruke biorest må søke Debio om dette, samtidig må han dokumentere behovet for å bruke næringsstoffer som ikke kommer fra gården. Mengde som kan benyttes er begrenset til 8 kg nitrogen (total-N) per dekar. Det er ikke tillatt å benytte avløpsslam i økologisk landbruk. Biorester der avløpsslam benyttes som en av råvarene kan derfor ikke benyttes i økologisk landbruk.

2.2. Kommende regelverk

I løpet av første halvår 2005 vil sannsynligvis bestemmelsene i *forordning nr. 1774/2002 om helsebestemmelser med hensyn til animalske biprodukter som ikke er beregnet på konsum* bli en del av norsk regelverk. Denne forordningen setter er en rekke krav til anlegg som behandler animalsk avfall. Ihht. forordningen kan animalsk lavrisiko- (kategori 3-) avfall behandles i godkjente biogassanlegg, dette inkluderer en rekke avfallsstrømmer fra slakteri, næringsmiddelproduksjon, butikkavfall og organisk avfall fra husholdninger, restauranter etc. Forordningen setter krav til innsamling av avfallet, bl.a. til renhold av utstyr og biler og til dokumentasjon av avfallet. Videre setter forordningen en rekke krav til selve biogassanlegget, blant annet krav til behandlingsutstyr, rengjøring og egenkontroll. Forordningen setter krav

til at avfallet skal gjennomgå en pasteurisering før det kommer inn i rånetanken. Materialet skal ha en maksimal partikkelstørrelse på 12 mm før det går inn i pasteuriseringsenheten, materialet skal deretter gjennomgå 70 °C i 60 minutter.

For å gjøre anlegg i stand til å overholde disse reglene kan biogassanlegg benytte dagens nasjonale regelverk inntil 1. januar 2006. Det vil si at krav i gjødselverforskriften skal overholdes, samt at anlegget må ha konsesjon fra Fylkesmannen.

Anlegg som kun tar imot organisk avfall fra husholdninger, eventuelt med tillegg av vegetabilsk avfall, er gitt helt spesielle unntak i forordningen. Slike anlegg kan inntil videre benytte dagens regelverk både når det gjelder innsamling, krav til anlegg, behandlingsprosess og krav til sluttprodukt. Dette kravet vil gjelde inntil EU får utviklet regelverk som er bedre tilpasset denne typen avfall. Det kan se ut som et slikt regelverk vil bli en del EUs kommende jordstrategi, men dette er foreløpig svært uklart.

3. Gjødseleverdi av produkter fra anaerob behandling

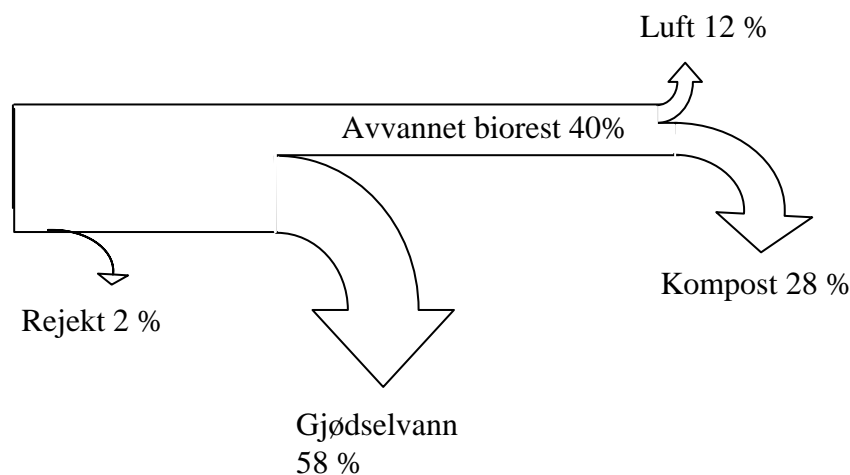
Et produkts egenskaper som gjødsel avhenger både av innhold og tilgjengelighet av næringsstoffer. Både anaerob behandling og videreforedling vil påvirke produktets gjødseleverdi. Gjennom anaerob nedbrytning omdannes organisk karbon til metan. Ved nedbrytning av proteiner dannes ammonium/ammoniakk. Tilsvarende vil organisk bundet svovel omdannes til sulfider.

3.1. Tap av næringsstoffer ved foredling av biorest

Ved utrånning vil det aller meste av næringsstoffene som finnes i avfallet finnes igjen i bioresten før eventuell avvanning. En viss andel av svovelet vil imidlertid inngå i biogassen i form av hydrogen sulfid (Ohr *et al.*, 2002).

Etter anaerob behandling vil mineraliserte næringsstoffer foreligge på redusert form, for eksempel ammonium og sulfider. Dette er annerledes enn ved kompostering, hvor næringsstoffene i større grad vil foreligge på oksidert form, som eksempelvis nitrat og sulfat. Mens noen næringsstoffer først og fremst er knyttet til det faste materialet (for eksempel fosfor), er andre næringsstoffer løst i vannfasen (for eksempel ammonium og kalium). Dette vil påvirke næringsstoffinnhold ved foredling av biorest.

Miljøstyrelsen (1997) presenterer en teoretisk nitrogenbalanse ved anaerob behandling av organisk husholdningsavfall og videreforedling av biorest (figur 2). Gjødselvann, som er væskefasen som oppstår ved avvanning, inneholder over halvparten av nitrogenet som ble tilført med avfallet. Dette er først og fremst ammoniakk, som er lett løselig i vann. En liten andel av det organiske materialet vil følge vannfasen, dette vil inneholde organisk bundet nitrogen. Den avvannede bioresten inneholder 40 % av det opprinnelige nitrogenet. Ved kompostering av bioresten vil ytterligere 12 % tapes til luft som ammoniakk, dvs. nesten en tredel av nitrogenet i den avvannede bioresten.



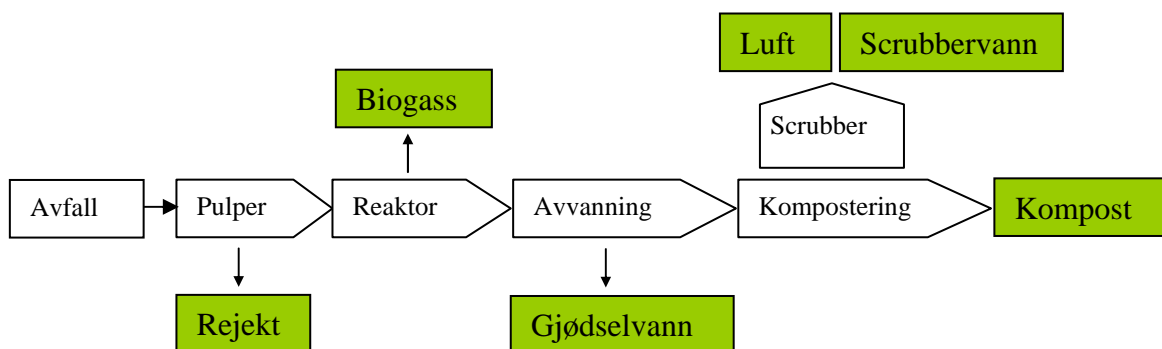
Figur 2. Teoretisk nitrogenbalanse ved anaerob behandling av kildesortert organisk husholdningsavfall (Miljøstyrelsen, 1997).

Miljøstyrelsen (1997) presenterer også et forventet regnskap for hovednæringsstoffene nitrogen, fosfor og kalium i produkter fra biogassanlegget ved Biogass København (tabell 3). Tallene for nitrogen avviker noe fra den teoretiske nitrogenbalansen presentert over, trenden er likevel den samme. For nitrogen og kalium følger hhv. 41 og 63 % av næringsstoffene i avfallet væskefasen ved avvanning (gjødselvannet). Fosfor er i større grad partikkelbundet, kun 18% følger væskefasen. Dette betyr at den avvannede bioresten inneholder 50 % av

nitrogenet, 73% av fosforet og 26% av kaliumet fra avfallet. Kompostering fører ikke til tap fosfor og kalium fra bioresten, mens over halvparten av nitrogenet i den avvannede bioresten forsvinner til luft og luftrensing (scrubber) gjennom komposteringsprosessen.

De tallene som er presentert i denne undersøkelsen må sees på som et eksempel. De reelle tallene vil antakelig variere mye avhengig av prosess og råvarer som benyttes. For eksempel vil tap av ammoniakk under kompostering være avhengig av C/N-forholdet i materialet.

Tabell 3. Forventet næringsinnhold i produkter og bistrømmer fra biogassanlegget hos Biogass København (Miljøstyrelsen, 1997). Flytskjema øverst presenterer prosessen, mens tabellen angir hvor mye av næringsstoffene i avfallet som forventes å havne i de ulike produktene/bistrømmene.



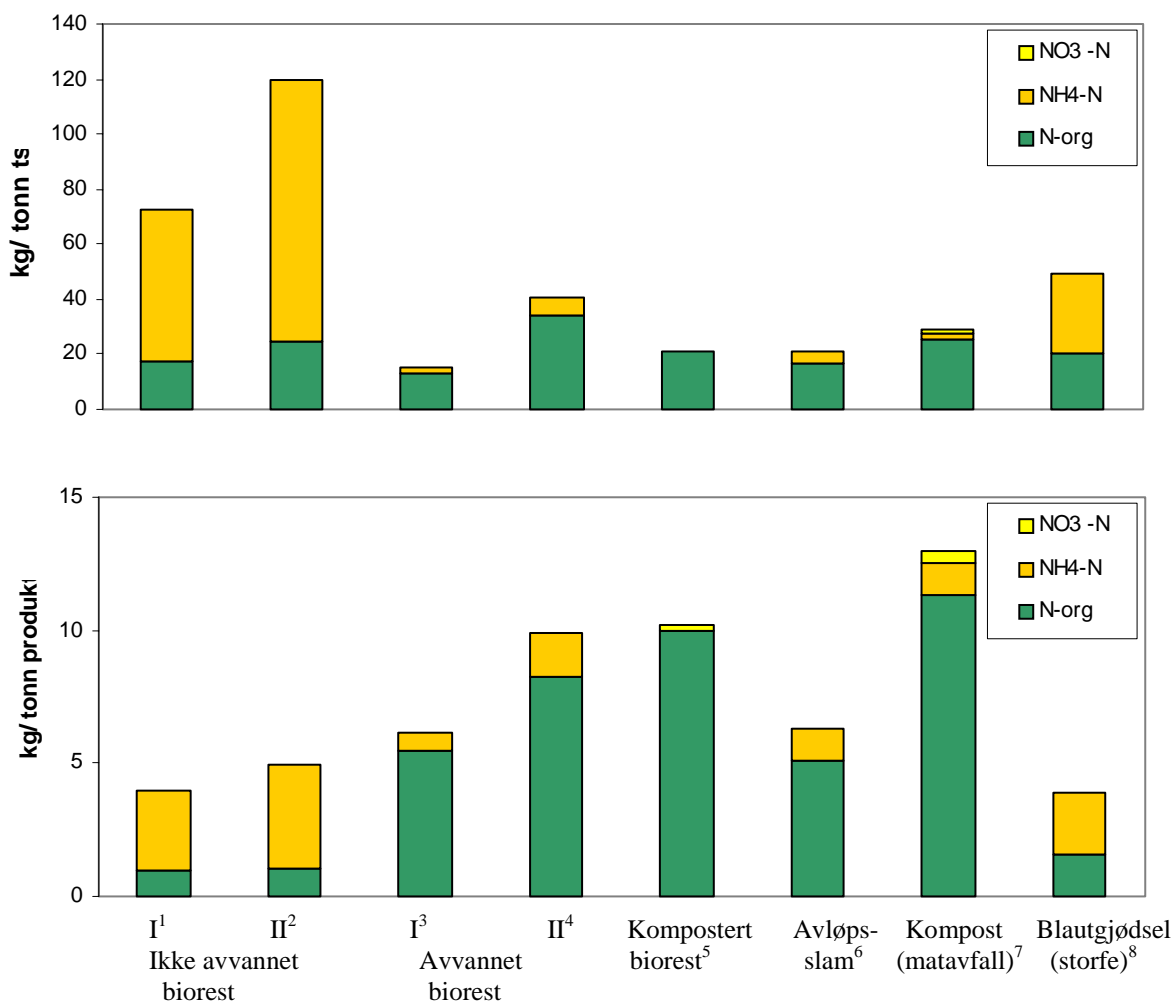
	Rejekt	Biogass	Gjødselvann	Kompost	Luft	Scrubber- vann
Tot -N (%)	10	0	41	23,5	2	23,5
Tot -P (%)	9	0	18	73	0	0
Tot -K (%)	11	0	63	26	0	0

3.2. Næringsstoffenes tilgjengelighet for planter

Plantenes mulighet for å utnytte næringsstoffer som tilføres avhenger av en rekke faktorer. Hvilken form produktet og næringsstoffene i produktet foreligger i, vil være en viktig faktor.

3.2.1. Nitrogen

Figur 3 viser en sammenstilling av ulike typer bioresters nitrogeninnhold, dette er sammenliknet med avløpsslam, matavfallskompost og blautgjødning av storfe.



Figur 3 viser nitrogeninnhold for en ulike typer biorest, samt anaerobt stabilisert og avvannet avløpsslam, kompostert matavfall og blautgjødning av storfe.

¹ Biogassanlegg, Uppsala kommune, Sverige. Uppsala kommun (2003)

² Filborna Biogjødsel, opplysninger fra NSR AB, Sverige

³ Sellikdalen Renseanlegg, Kongsberg (Knap og Norgaard, 2004)

⁴ GLØR, Lillehammer (Knap og Norgaard, 2004)

⁵ GLØR, Lillehammer (Knap og Norgaard, 2004)

⁶ Lystad et al (2004)

⁷ Median av kompost fra 21 komposteringsanlegg (Asdal *et al*, 2002)

⁸ Planteforsk, gjødslingshåndbok

Flytende biorest skiller seg fra andre produktformer ved at nitrogeninnholdet domineres av ammoniakk. Flytende biorest likner på blautgjødning med hensyn på nitrogeninnhold, men ser ut til å kunne ha ennå større innhold av ammonium. I avvannet og kompostert biorest

dominerer organisk nitrogen. I de to avvannede biorestene er ammoniakinnholdet hhv. 13 og 17 % av totalt N-innhold. Avvanningsgrad vil ha mye å si for ammoniuminnholdet i produktet. For den komposterte bioresten er innholdet av mineralsk nitrogen under 3 % av total N, dette er først og fremst nitrat.

Det er laget flere modeller for å beregne nitrogentilgjengelighet av næringsstoffer i organisk gjødsel/jordforbedringsmidler (tabell 4), ingen av dem er laget spesielt for avfallsbasert biorest. Hvorvidt modeller for næringsstofftilgjengelighet for avløpslam, kompost og husdyrgjødsel kan brukes for biorester bør undersøkes grundigere dersom bruk av slike produkter får et visst omfang. Kompost har et C:N-forhold som er vesentlig høyere enn avvannet biorest og kan ha større evne til å immobilisere nitrogen. Det vil også kunne påvirke N-tilgjengelighet.

Tabell 4. Modeller for å beregne tilgjengelighet av nitrogen i ulike organiske gjødsel/jordforbedringsmidler.

Beregning for	Tilgjengelig N 1. vekstsesong	Tilgjengelig N 2. vekstsesong	Tilgjengelig P 1. vekstsesong	Tilgjengelig K 1. vekstsesong
Kompost ¹	$N_{\text{mineralsk}} + 0,1 * N_{\text{total}}$			
Avløpslam ²	$0,75 * N_{\text{mineralsk}} + 0,1 * N_{\text{organisk}}$	$0,1 * N_{\text{gjenstående}}$		
Husdyrgjødsel ³	$0,73 * N_{\text{ammonium}} + 0,1 * N_{\text{organisk}}$	$0,1 * N_{\text{gjenstående}}$	$1,0 * P_{\text{total}}$	$1,0 * K_{\text{total}}$

¹Bondesgütegemeinschaft Kompost

²Ekeberg (1998) Anbefaling for bruk av avløpslam ved korndyrking på Østlandet.

³Gjødselhåndbok (Planteforsk) Lagt inn premisser om gjødseltype (blautgjødsel, storfe), nedmolding, tid fra spredning til nedmolding (3 t) og spredningstidspunkt (vårspredning).

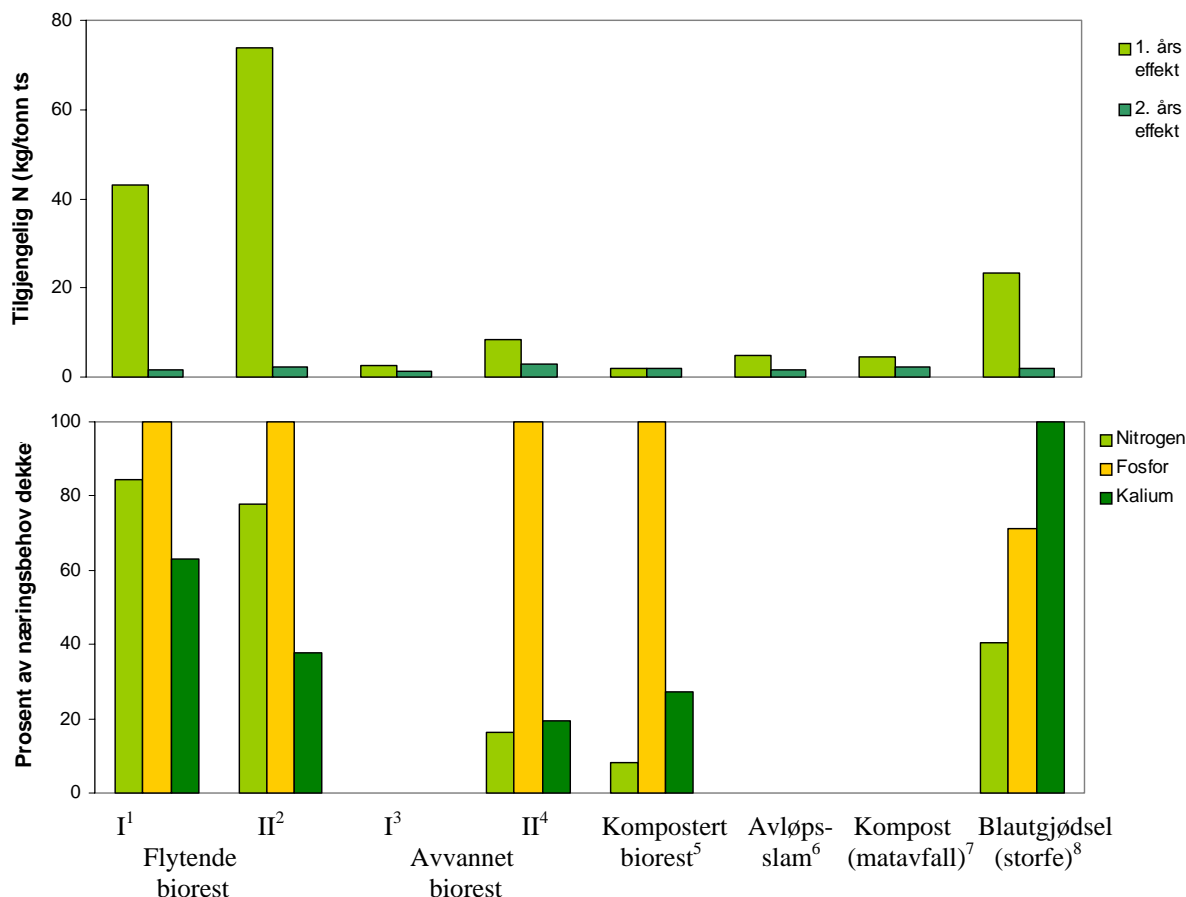
Figur 4 viser antatt 1. og 2. års effekt av ulike biorester. På grunn av høyt innhold av ammoniakk har flytende biorest en langt høyere gjødseleffekt enn avvannet og kompostert biorest. Dette er først og fremst en 1. års effekt. Andre vekstsesong avdekker modellen ikke vesentlige forskjeller i N-effekt mellom de ulike produkttypene.

Dersom en antar at korndyrking trenger 12 kg N per dekar, vil dette lett kunne tilføres med flytende biorest. For flytende biorest I i figur 4 vil 5 tonn produkt tilføre nok nitrogen til å dekke 1.års behovet. Med tørrstoffinnhold på 5,5 % tilsvarer tilførsel av 275 kg tørrstoff per år. For et produkt i kvalitetsklasse I betyr det at en kan dekke N-behov hvert år uten å komme i konflikt med gjødselvereforskriftens mengdebegrensning på maks 4 tonn tørrstoff/ da og 10 år.

Dersom avvannet og komposterte produkter skal gi tilsvarende tilførsel av tilgjengelig N, må årlig tilførsel av tørrstoff være vesentlig større. Om en følger eksemplet i forrige avsnitt, vil avvannet biorest II (jmf. figur 4) kunne dekke N-behovet det første året dersom 4 tonn tørrstoff ble benyttet samme år. For et produkt i kvalitetsklasse 1 vil det da ikke være mulig å tilføre mer biorest de neste ti årene. Tilsvarende vil fire tonn kompost tørrstoff tilføre 8,4 kg plantetilgjengelig nitrogen første året.

3.2.2. NPK –biorestenes sammensetning av hovednæringsstoffer

Svensson *et al* (2004) har sammenliknet gjødseleffekt av flytende biorest, kompost og mineralgjødsel. De fant høyest avling ved bruk av mineralgjødsel. Kompost gav lavere avling enn flytende biorest. Kombinasjon av organisk gjødsel (kompost eller biorest) og mineralgjødsel gav høyere avling enn ren organisk gjødsel. Svensson *et al* (2004) konkluderer



Figur 4. Gjødsevirkning av ulike typer biorest, avløps-slam, kompostert matavfall og blautgjødse. Øverst: forventet nitrogen tilgjengelig for planter 1. og 2. vekstsesong. Nederst: Prosent av næringsbehov dekket ved bruk av ulike biorester, avløps-slam, kompostert matavfall og kompost. Prosentene viser hvor mye av næringsbehovet for N, P og K som er tilført når ett av næringsstoffene er tilført i mengden det er behov for. NPK-behov er satt til 10 kg N, 2 kg P og 7 kg K per dekar. Tilgjengelig N er beregnet ut fra Ekeberg (1998), utenom for blautgjødse hvor Planteforsks gjødslingshåndbok er benyttet. Tilgjengelig P og K er antatt å være som for vårspredd husdyrgjødsel, dvs 100 % effekt første år.

¹ Biogassanlegg, Uppsala kommune, Sverige. Uppsala kommun (2003)

² Filborna Biogjødsel, opplysninger fra NSR AB, Sverige

³ Sellikdalen Renseanlegg, Kongsberg (Knap og Norgaard, 2004)

⁴ GLØR, Lillehammer (Knap og Norgaard, 2004)

⁵ GLØR, Lillehammer (Knap og Norgaard, 2004)

⁶ Lystad et al (2004)

⁷ Median av kompost fra 21 komposteringsanlegg (Asdal et al, 2002)

⁸ Planteforsk, gjødslingshåndbok

derfor med at kompost og flytende biorest ikke bør benyttes alene som gjødse, men bør benyttes i kombinasjon med mineralgjødse. Kompost har lavt innhold av tilgjengelig N, og bør kompletteres med mineralsk nitrogen. Flytende biorest inneholder svært mye mineralsk N og bør anses som et effektivt N-gjødsel. Svensson *et al* (2004) fant også at dersom man doserte flytende biorest etter N-behov, vil en tilføre for lite fosfor. De anbefaler derfor å benytte flytende biorest i kombinasjon med superfosfat for å unngå fosformangel i jorda.

I figur 4 (nedre del) er 1. års-effekt av nitrogen, fosfor og kalium i ulike biorester og blautgjødse estimert i forhold til næringsbehov ved korndyrking. I motsetning til flytende biorest undersøkt av Svensson *et al* (2004) er det fosforbehovet som først dekkes av biorester i beskrevet i figur 4. Ulik næringsstoffsammensetning i råvarene er en sannsynlig årsak til

denne forskjellen. De to flytende biorestene har en vesentlig bedre balanse mellom nitrogen, fosfor og kalium enn andre former for biorest. Sett ut fra plantenes behov vil avvannet og kompostert biorest vil tilføre mye fosfor i forhold til nitrogen og kalium. Ved bruk av 4 tonn ts per dekar vil en tilføre hhv. 42 kg og 21 kg fosfor per dekar med avvannet biorest II og kompostert biorest. Plantenes behov ligger ofte rundt 2-3 kg per dekar. Tilførsel av så store mengder avvannet eller kompostert biorest vil kunne bidra til å bygge opp fosforreservene i jorda og det vil sannsynligvis kunne regnes en viss ettervirkning av fosforet i årene etter.

En grunn til å vurdere fosforeffekten spesielt er at fosfor er det næringsstoffet som en i fremtiden sannsynligvis vil få størst problem med å fremskaffe i form av konsentrert gjødsel. Der slam felt med fellingskjemikalier går inn som råvare vil fosforeffekt være mer usikker, da dette kan gi en kjemisk binding av fosforet slik at det ikke er tilgjengelig for plantene (Krogstad *et al.*, 2004).

3.2.3. Andre forhold

Ulike plantevekster benytter næringsstoffene forskjellig gjennom vekstsesongen. Noen vekster, for eksempel bygg, tar opp mye N i en kort periode. Andre vekster, som havre og raps, har næringsopptaket jevnere spredd utover vekstsesongen. Sistnevnte gruppe kan utnytte organisk N som mineraliserer gjennom vekstsesongen bedre enn førstnevnte gruppe. Svensson *et al* (2004) anbefaler derfor flytende biorest som N-gjødsel til vekster som krever mye N i en kort periode.

Produkter med høyt ammonium innhold vil kunne tape nitrogen til luft i form av ammoniakk. Det er særlig for ammoniumrike biorester som flytende biorest at dette kan gi stort utslag på gjødselvirkning. Ammoniakkutslipp bidrar til forsurening og nitrat-avrenning. Ihht. Gøteborgprotokollen skal norske ammoniakkutslipp i 2010 ligge på omtrent samme nivå som i dag. Spredning av husdyrgjødsel er en av de største kildene til tap av ammoniakk til luft. Det er rimelig å tro at de tapsmekanismene vil være liknende for andre typer organiske gjødselvarer. Virkningsgrad av ammoniakk er høyere ved nedmolding av enn overflatespredning og er høyere jo raskere nedmolding skjer. Høyt vanninnhold øker virkningsgrad. Det samme gjør kjølig, stille og fuktig værforhold (lav fordampning) ved spredning. Værforhold som gir høy fordampning, dvs. varmt, tørt vær med vind, vil gi vesentlig høyere ammoniakktap til luft. Det er ikke laget spesifikke faktorer for virkningsgrad av avfallsbasert biorest, tabell 4 under viser tall for avløpslam og blautgjødsel av storfe.

Tabell 5. Forventet virkningsgrad for ammonium ved spredning av storfe-blautgjødsel og avløpslam. Ved nedmolding angis virkningsgrad etter hvor lang tid det går fra spredning til nedmolding. For overflatespredning angis virkningsgrad etter værtype ved spredning.

Type	Nedmolding, tid fra spredning				Overflatespredning, værforhold		
	Straks	3 t	24 t	3 døgn	Gunstig	Middels	Ugunstig
Storfe -blaut	0,90	0,73	0,54	0,44	0,50	0,35	0,16
Avløpslam	0,90	0,85	0,75	0,70	0,70	0,60	0,50

Kilde: Gjødslingshåndbok, Planteforsk

4. Biorest som jordforbedringsmiddel

4.1. Organisk materiale er viktig for jordkvalitet

Innhold av organisk materiale er den mest brukte indikatoren for jordkvalitet. Organisk materiale i jord er av avgjørende betydning for jordas biologiske aktivitet og for fysiske og kjemiske egenskaper. Tilførsel av organisk materiale øker porevolumet i jorda, i tillegg vil nedbrytning av organisk materiale bidra til å binde partikler sammen i aggregater. Den spiller en viktig rolle for lagring og binding av plantenæringsstoffer, motstandsevne mot erosjon, vannlagringsevne og luftkapasitet i jord. På den annen side er for høyt innhold av organisk materiale heller ikke ønskelig. Det kan gi nedsatt infiltrasjonsevne pga. mindre motstand mot pakking. I åkerjord kan høyt innhold av organisk materiale føre til betydelig tap av næringsstoffer utenom vekstsesongen på grunn av mineralisering og utvasking av nitrogen.

På grunn av kjølig og fuktig klima har norsk jordsmonn et naturlig høyt innhold av organisk materiale og er av samme grunn relativt robust med hensyn på reduksjon av moldinnholdet i jord. Det er likevel alltid områder som har behov for organisk materiale for revegetering eller anlegging av grøntområder. I enkelte tilfeller kan det være snakk om å legge ferdig produserte jordblandinger over stedege masser, i andre tilførsel av organisk materiale til jorda på stedet.

For landbruksjord har ensidig åkerdyrking ført til nedgang av organisk materiale en del steder i landet. En undersøkelse av moldinnhold og avling gårdsbruk i korndistriktene på Østlandet er det vist at det er en sammenheng mellom moldinnhold og avling. Gårdsbruk med gjennomsnittlig humusinnhold på 4,5 – 6% hadde høyere avling enn bruk med lavere humusinnhold (Grønlund og Prestvik, 2004). Resultatene tyder på at humusinnhold i mineraljord i korndistriktene på Østlandet i området 4,5 – 6 % er optimalt med hensyn på kornavling og miljøvirkning (tap av næringsstoffer, karbonbindingsevne).

39 % av gårdsbruk med husdyr og 57 % av gårdsbruk uten husdyr i kornområdene på Østlandet har lavere innhold av organisk materiale i jorda enn hva som ser ut til å være optimalt. Bakkeplanerte områder er en viktig gruppe. Dette tilsier at også en del landbruksområder vil kan ha nytte av tilført organisk materiale, men noe helhetlig studie av hvordan avfalls- og avløpsslam basert organisk materiale kan bidra til bedre jordkvalitet i Norge er ikke gjort.

4.2. Jordforbedrende effekter av biorester, kompost og avløpsslam

Det er få studier av jordforbedrende effekter av avfallsbasert biorest. Rivard *et al* (1995) fant at avling økte proporsjonalt med tilført mengde biorest basert fra avfall fra tunfiskindustri. Bioresten økte også jordas evne til å binde vann og næringsstoffer.

Effekter av å tilføre andre typer organisk materiale (husdyrgjødsel, avløpsslam og kompost) er mer undersøkt og det er sannsynlig at disse resultatene også si noe om effekter av biorest. Som en del av EUs jordstrategi er følgende effekter av å tilføre ekstrogent organisk materiale til jord nevnt (Marmo *et al*, 2004):

- Bidrar til å opprettholde et adekvat innhold av organisk materiale i jord og til å styre innhold av organisk materiale i jorda.
- Stimulerer biologisk aktivitet
- Bedrer aggregering og porøsitet i jord
- Letter jordarbeiding
- Øker bufferkapasitet

- Reduserer utvasking av næringsstoffer
- Forbedrer vannhusholdning

Jordforbedrende effekt av å tilsette kompost og slam til jord under norske forhold er relativt lite undersøkt. Det finnes ingen studier på jordforbedrende effekter av biorest. Njøs *et al* (1994) undersøkte effekter av å tilføre kompost og avløpsslam til leirjordsområder i Norge. De konkluderer med kompost og avløpsslam kan:

- Bedre jordstruktur, redusere skorpedannelse, øke vannledningsevne og redusere risiko for erosjon.
- Moldinnholdet i jorda ikke vil øke vesentlig, selv ved relativt stor dosering av organisk avfall.
- Avfallsbasert kompost bedrer vannledningsevne i tett leirjord, effekt er tydelig ved 3 tonn ts/dekar. Dette er en viktig egenskap med hensyn på å drenere vann gjennom jorda isteden for at vannet renner av på overflaten.
- Kompost og avløpsslam har positiv virkning på aggregatstabilitet. Bruk av store mengder lite omdanna kompost/avløpsslam hadde best effekt. 3 tonn ts per dekar hadde beskjeden virkning, mens 6-12 tonn ts per dekar hadde god virkning.

Menge kompost, biorest, avløpsslam som kan benyttes på jord begrenses av gjødselvereforskriften. På landbruksarealer, private hager og parker er det kun produkter i kvalitetsklasse 0 som kan brukes i slike mengder opp til 6-12 tonn ts per dekar som engangstilførsel.

Flytende biorest vil ofte være så rik på nitrogen årlig mengde organisk materiale som spres blir være lite (jmf. Kap. 3.2). På den annen side vil årlig tilførsel av flytende biorest gi et årlig bidrag av organisk materiale til jord, på samme måte som ved bruk av husdyrgjødsel. Muligens kan årlig flytende biorest ha samme jordforbedrende virkning som husdyrgjødsel, men dette ser ikke ut til å være undersøkt.

Positive effekter på jorda må også veies opp mot eventuelle negative effekter. Spredning av biorest, kompost og avløpsslam betyr transport med tunge maskiner over jordet. Dette kan føre til jordpakking, som har en rekke negative konsekvenser for jord.

5. Biorest i dyrkingsmedier

I dyrkingsmedier er avvannet og kompostert biorest aktuelle råvarer. Kompost har vært benyttet i lengre tid blitt brukt som ingrediens. Både i anleggsjord som skal benyttes i grøntanlegg, parker etc. og i blandede dyrkingsmedier ment for gartnerier, pottes, krukker etc. Avvannet anaerobt stabilisert slam blir også benyttet som ingrediens i enkelte typer anleggsjord.

Ved bruk av et organisk materiale i et dyrkingsmedium søker en ofte etter materialer som kan utgjøre en vesentlig volumandel av produktet. Gjødselforskriften setter krav til maksimalt 30 vol % av den avfallsbaserte komponenten i en anleggsjord.

Produkttegenskaper som er viktige for resirkulert organisk materiale som skal inngå i dyrkingsmedier:

- *Lukt og stabilitet*

Biorestens lukt vil være avhengig av både hvilke råvarer den er laget av og prosessen som er gjennomgått. Lukt er også knyttet til biologisk stabilitet i produktet. Lukt av et dyrkingsmedium må ikke være sjenerende. Kompost som inngår i dyrkingsmedier bør ha en nøytral eller jordliknende lukt.

Kompost og avvannet biorest vil forsette omdanningen når det blandes inn i jord. Særlig for lite og moderat omdannede produkter vil dette føre til en volumreduksjon etter innblanding i jord. I selve omdanningsprosessen kan temperaturheving, oksygenforbruk og nedbrytningsprodukter føre til at planter som dyrkes i jorda/mediet ikke blir skadet. I dyrkingsmedier bør en derfor benytte godt omdannede, stabile produkter. Asdahl *et al* (2002) har foreslått 0,2 mg O₂/g tørrstoff og time som maks grense for stabil kompost.

- *Spire- og veksthemmende effekter*

En rekke forhold (pH, saltinnhold, ledningsevne, ammoniakk, C:N-forhold, oksygenforbruk i organisk material mv) kan føre til spire- og veksthemming for planter. Dette kan forekomme både i komposter og avvannet biorest.

- *Konsistens og struktur*

Jordprodukter skal være porøse og lett håndterbare.

Ifølge Knap og Norgaard (2004) vil bruk av moden, luftig kompost med hensiktsmessig fordeling mellom fine og grove partikler bidra til slike egenskaper. Finstoffet er rikt på næringsstoffer, humus og mikroorganismer, mens de større partiklene bidrar med strukturegenskaper og gir en god fordeling mellom små (vannfylte) og store (luftfylte) porer.

Fiberrest vil også bidra med organisk materiale i jorda, men strukturdannende egenskaper vil sannsynligvis være vesentlig mer varierende enn for kompost. Erfaringer på dette området er begrenset.

- *pH, næringsinnhold.*

Både kompostert og avvannet biorest vil bidra med næringsstoffer inn i et dyrkingsmedium. Moden kompost har vanligvis pH mellom 7,5 og 8,5. De avvannede biorestene beskrevet i kapittel 3 hadde pH på hhv. 5,2 (basert på avfall og avløpsslam) og 8,4 (basert på avfall). Jordprodukter skal ofte ha svakt sur pH, for en del avvannet og kompostert biorest vil det være nødvendig at andre ingredienser i jordproduktet kan justere pH ned og at bioresten ikke har for høy bufferevne (Knap og Norgaard, 2004).

- *Mikroflora*

Det øverste laget i vanlig jord domineres av en svært divers flora. Floraen har en rekke funksjoner for jorda, bl.a. nærings sirkulasjon, aggregatdannelse og motstand mot etablering av plantepatogene jordmikroorganismer. Dette er forhold en ønsker å gjenskape i anleggsgjord. Kompost tilfører en divers aerob/anaerob mikroflora til jordproduktet. Verken torv eller avvannet biorest vil ha disse egenskapene.

- *Forutsigbar og jevn kvalitet*

Jevn kvalitet på biorest er nødvendig for å sikre jevn kvalitet på det ferdige dyrkingsmediet.

- *Kvalitetskrav i gjødselveforskriften*

Produktene må tilfredsstillende gjødselveforskriftens krav til hygienisk kvalitet, floghavre, tungmetaller, organiske miljøgifter og fremmedlegemer.

Knap og Norgaard (2004) gjorde en vurdering av avvannet biorest og kompostert biorest (beskrevet i kapittel 6.2 –6.4) med hensyn på mulighet for bruk i dyrkingsmedier. Deres konklusjon er at avvannet biorest kan benyttes som erstatning for torv dersom den:

- Overholder kvalitetskravene i gjødselveforskriften, derunder overholder kvalitetsklasse 0 eller I.
- Kan erstatte torv med hensyn på egenskaper som vannhusholdning og porøsitet. Dette krever egnet konsistens/struktur
- Stabilitet (SOUR) < 0,5 g O₂/ kg TS og time
- Tørrstoff > 40%

Om avvannede biorester kan benyttes direkte som del av anleggsgjord må derfor vurderes i hvert enkelt tilfelle. Spire- og veksthemmende egenskaper bør også undersøkes for de plantegruppene det er aktuelt å benytte dyrkingsmediet for.

Videre anbefaler de at avvannet biorest som ikke oppfyller overnevnte krav komposteres. Kompostert fiberrest anses som meget egnet som ingrediens i anleggsgjord eller blandede dyrkingsmedier med en mye jevnere kvalitet enn kompost som er produsert uten et anaerobt trinn.

6. Beskrivelse av utvalgte biorester

I dette kapitlet beskrives 4 biorester fra Norge og Sverige. De 4 biorestene representerer produkttyper (flytende biorest, avvannet biorest, kompostert biorest) som produseres og delvis brukes som gjødselvarer i de nordiske land i dag.

6.1. Flytende biorest

Flytende biorest fra biogassanlegg ved Kungsängens gård i Uppsala, Sverige. Bioresten benyttes som gjødsel i jordbruk. Råvarer inn i prosessen er avfall fra slakterier, restauranter og storkjøkken, samt sukkerløsning fra biomedisinsk industri. Egenskaper ved bioresten er beskrevet i tabell 6.

Tabell 6. Beskrivelse av flytende biorest fra Kungsängens gård i Uppsala, Sverige.

Parameter	Enhet	Verdi
Org. N	% av ts	1,7
NH ₄ -N	mg/kg ts	55000
NO ₃ /NO ₂ -N	mg/kg ts	-
Fosfor	% av ts	1,0
Kalium	% av ts	2,2
Kalsium	% av ts	1,5
Magnesium	% av ts	0,4
Svovel	% av ts	0,5
Tørrstoff	%	5,5
pH		7,9

Flytende biorest er først og fremst særpreget ved et høyt innhold av ammonium, 76 % av nitrogenet foreligger som ammonium. Produktet inneholder ikke nitrat, dette er som forventet for et produkt som har gjennomgått anaerob behandling. Fordi bioresten ikke er avvannet er også innholdet av kalium relativt høyt. Dette gir bioresten en relativt god sammensetning av hovednæringsstoffene nitrogen, fosfor og kalium og den bør være godt egnet som gjødsel i landbruket.

6.2. Avvannet bioest fra Sellikdalen Renseanlegg

Sellikdalen Renseanlegg på Kongsberg utråtner avløpsslam og matavfall sammen. Matavfall utgjør omtrent en tredel (Knap og Norgaard, 2004). Utråtning skjer termofilt, dvs. ved temperaturer rundt 55 °C. Bioesten brukes i dag som toppdekke på deponi.

Visuell beskrivelse

Bioesten er rødbrun og har en jordliknende struktur. Fargen er dominert av at det er brukt jernbasert fellingskjemikalie for rensing av avløpsvann. Inne i klumper er det svarte utfellinger av sulfider. På nært hold domineres produktet av korte fibre. Produktet har en del klumper, men smuldrer lett. Det smuldrer også etter en har presset det sammen i hånda.

Lukten er jordliknende, lukt av sulfider kan kjennes inne i større klumper. Verken lukt eller konsistens endrer seg ikke etter en periode i pose.

Bruksrelaterte egenskaper

Knap og Norgaard (2004) har beskrevet bioestens kjemiske egenskaper (tabell 7), opplysninger om produktets egenskaper er hentet fra denne rapporten.

Tabell 7. Beskrivelse av avvannet bioest fra Sellikdalen Renseanlegg, Kongsberg.

Parameter	Enhet	Verdi	Parameter	Enhet	Verdi
Org. N	% av ts	1,34	Svovel	mg/kg ts	7550
NH ₄ -N	mg/kg ts	1700	Bor	mg/kg ts	<0,3
NO ₃ /NO ₂ -N	mg/kg ts	< 7	Kobolt	mg/kg ts	<0,5
Fosfor	% av ts	2,28	Jern	mg/kg ts	262000
Kalium	% av ts	0,09	Mangan	mg/kg ts	124
Kalsium	% av ts	0,94	Molybden	mg/kg ts	<3,0
Magnesium	% av ts	0,16	Natrium	mg/kg ts	276
Organsisk C	% av ts	8,2			
C/N		5,43			
Ledningstall	mS/m	462			
pH		5,18			
TS	%	40,9			

Effektiv avvanning gir lavt innhold av kalium og ammonium. Produktet har relativt høyt innhold av fosfor, antakelig pga. høy andel jernfelt utråtnet avløpsslam (Knap og Norgaard, 2004). Tilgjengelighet av jernfelt fosfor kan være varierende. Jern utgjør 25 % av bioestens tørrstoff. Svovelinhold på 7,5 % gir produktet en spesiell næringsstoffsammensetning.

Knap og Norgaard (2004) vurderer produktet til å være moderat stabilt (maksimalt oksygenforbruk 0,45 mg/g ts*time). Produktet er også testet for spirehemming i kulturer av vårbygg og vurderes som plantetolerant (Knap og Norgaard, 2004).

Overholdelse av kvalitetskrav i gjødselverforskriften

Knap og Norgaard (2004) har sett på innhold av tungmetaller i fiberrest og funnet at kobberinnholdet plasserer bioresten i kvalitetsklasse III. Nikkel, kadmium og kvikksølv holder kvalitetsklasse II. Etter gjødselverforskriften kan produkt i kvalitetsklasse III kun brukes på grøntarealer. Produktet ser ut til å være fritt for fremmedelementer. Hygiene ble ikke vurdert.

Vurdering av bruksmuligheter som gjødselver

Bioresten kan ha interessante bruksegenskaper jordforbedringsmiddel med gjødseleffekt både i landbruk og grøntarealer. Produktets konsistens, sammen med lite spirehemmende effekter, gjør at bioresten også kan være interessant som ingrediens i en anleggsgjord. Så lenge produktet holder kvalitetsklasse III kan det imidlertid kun brukes på grøntarealer.

6.3. Avvannet biorest fra GLØR

GLØR tar imot organisk avfall fra husholdninger. Avfallet går gjennom et termisk hydrolysetrinn før det uträttes. Bioresten avvannes og etterkomposteres.

Visuell beskrivelse

Den avvannede bioresten er brunsvart og inneholder mye fiber. Konsistensen er klinete. Produktet har en karakteristisk, lett ubehagelig lukt.

Bruksrelaterte egenskaper

Knap og Norgaard (2004) har beskrevet biorestens kjemiske egenskaper (tabell 8), opplysninger om produktets egenskaper er hentet fra denne rapporten.

Tabell 8. *Beskrivelse av avvannet biorest fra GLØR, Lillehammer.*

Parameter	Enhet	Verdi	Parameter	Enhet	Verdi
Org. N	% av ts	3,4	Svovel	mg/kg ts	4330
NH ₄ -N	mg/kg ts	6670	Bor	mg/kg ts	42
NO ₃ /NO ₂ -N	mg/kg ts	14	Kobolt	mg/kg ts	3,5
Fosfor	% av ts	1,06	Jern	mg/kg ts	3500
Kalium	% av ts	0,71	Mangan	mg/kg ts	639
Kalsium	% av ts	7,45	Molybden	mg/kg ts	< 3,0
Magnesium	% av ts	0,40	Natrium	mg/kg ts	3340
Organisk C	% av ts	27,7			
C/N		6,79			
Ledningstall	mS/m	759			
pH		8,36			
TS	%	24,2			

Bioresten har høyere innhold av ammonium, kalium og flere sporstoffer enn biorest fra Sellikdalen. Den har også høyere ledningsevne. Mindre avvanning kan være en årsak til denne forskjellen. Høy ammoniumkonsentrasjonen vil kunne være begrensende for hvor mye av bioresten som kan blandes inn i et dyrkingsmedium. Fosforinnholdet er lavere enn i biorest fra Sellikdalen. En kan imidlertid regne med en høyere tilgjengelighet av dette fosforet som ikke er bundet til fellingskjemikalier. Kalsiuminnholdet og svovelinnholdet er relativt høyt, dette anses som positivt ifht. plantevekst.

pH er høy, sannsynligvis pga. et høyt innhold av CaCO_3 (Knap og Norgaard, 2004). For bruk som jordforbedringsmiddel kan dette gi en viss kalkeffekt. For bruk i dyrkingsmedier hvor en ønsker svakt sur pH, kan dette begrense mengden biorest som kan blandes inn.

Knap og Norgaard (2004) undersøkte spirehemming av bioresten og fant økt utbytte ved 25% innblanding og kraftig spirehemmende effekt ved 50% innblanding. Dette kan tolkes som at produktet har god gjødselvirkning, men at det må anvendes med forsiktighet i høye doser.

Knap og Norgaard (2004) undersøkte også biorestens stabilitet og fant at bioresten må betraktes som ustabil (maksimalt oksygenforbruk 2,56 ng/g tørrstoff*time).

Overholdelse av kvalitetskrav i gjødselvereforskriften

Knap og Norgaard (2004) har undersøkt produktet og funnet at bioresten overholdt kvalitetsklasse I. Ut fra en visuell vurdering av produktet ser det ut til å være svært rent mhp. fremmedlegemer (plast, glass og metall). Hygiene er ikke vurdert, men et termisk hydrolysetrinn må anses å ivareta behov for hygienisering. Det forutsetter imidlertid at det ikke skjer en rekontaminering av produktet senere i prosessen.

Vurdering av bruksmuligheter som gjødselvere

Lavt tørrstoff, klinete konsistens, lav stabilitet og lukt gjør produktet lite egnet som råvare i et dyrkingsmedium. Lav stabilitet og en viss forventet gjødselvirkning kan gjøre produktet aktuelt som jordforbedringsmiddel i landbruket. Produktet har en noe ubehagelig lukt, det bør vurderes hvilke konsekvenser det har ved lagring og bruk.

6.4. Kompostert biorest fra GLØR

Kompostert biorest fra GLØR, Lillehammer

Avvannet fiberrest fra GLØR komposteres sammen med hageavfall.

Visuell beskrivelse

Komposten er brunsvart med jordliknende lukt. Konsistensen er porøs.

Bruksrelaterte egenskaper

Knap og Norgaard (2004) har beskrevet biorestens kjemiske egenskaper (tabell 9), opplysninger om produktets egenskaper er hentet fra denne rapporten. Glødetapet er målt separat. Med hensyn på innhold av næringsstoff likner den en kompost laget direkte fra matavfall. Som andre komposter er gjødseleffekten knyttet først og fremst til andre næringsstoffer enn nitrogen.

Høyt nitratinnhold tyder på en moden, godt stabilisert kompost. Asdal (2002) anbefaler å bruke nitratinnhold >10 mg $\text{NO}_3\text{-N}/100\text{g}$ tørrstoff som grense for stabil (moden) kompost.

Komposten er svakt alkalisk, noe som er normalt for moden kompost.

Tabell 9. *Beskrivelse av kompostert bioest fra GLØR, Lillehammer*

Parameter	Enhet	Verdi	Parameter	Enhet	Verdi
Org. N	% av ts	2,03	Svovel	mg/kg ts	1940
NH ₄ -N	mg/kg ts	27	Bor	mg/kg ts	20,7
NO ₃ /NO ₂ -N	mg/kg ts	515	Kobolt	mg/kg ts	17,3
Fosfor	% av ts	0,53	Jern	mg/kg ts	13900
Kalium	% av ts	0,49	Mangan	mg/kg ts	459
Kalsium	% av ts	2,31	Molybden	mg/kg ts	< 3,0
Magnesium	% av ts	0,47	Natrium	mg/kg ts	593
Glødetap	% av ts	61			
Ledningstill	mS/m	398			
pH		7,95			
TS	%	47,9			

Overholdelse av kvalitetskrav i gjødselvereforskriften

Knap og Norgaard (2004) har undersøkt produktet og funnet at komposten overholder kvalitetsklasse I. Produktet er ikke vurdert ifht. fremmedlegemer og hygiene.

Vurdering av bruksmuligheter som gjødselvarer

En moden kompost har et allsidig bruksområde. Den er godt egnet som råvare i et dyrkingsmedium. Den kan også benyttes som jordforbedringsmiddel med gjødseleffekt i landbruk, grøntarealer, hager og parker.

7. Produkter tilpasset bruk og marked

Egenskapene til en biorest er avhengig av både de råvarene benytter og de prosessene bioresten går i gjennom behandlingen. Kunnskap og erfaringer med bruk er foreløpig begrenset, men ut fra dagens kunnskapsnivå er bruksmuligheter vurdert ut fra agronomisk synsvinkel oppsummert i tabell 10.

Tabell 10. Bruksmuligheter for ulike typer biorester. Grønt viser bruksområder hvor biorestene sannsynligvis er godt egnet. Gult viser bruksområder hvor biorest kan ha en viss effekt eller der visse biorester kan være egnet.

Bruksområde	Gjødsel	Jorforbedringsmiddel	Råvare til dyrkingsmedier
Type biorest			
Flytende biorest			
Avvannet biorest			
Kompostert biorest			

Flytende biorest har mange likheter blautgjødsel. Den kan sees på som et alternativ til husdyrgjødsel, der husdyrgjødsel ikke er tilgjengelig, men hvor man har ledig lagerkapasitet for husdyrgjødsel. Flytende gjødsel setter det store krav til lagringsmuligheter for flytende væske. Lagring av flytende gjødsel krever i størrelsesorden 5 ganger større plass enn et avvannet produkt (regnet ut fra endring fra 5 – 25% ts ved avvanning) og det krever et system for å håndtere store mengder flytende materiale. Eksempelvis vil 1000 tonn avvannet biorest tilsvare 5000 tonn flytende biorest. Til sammenlikning et middels stort norsk gårdsbruk rundt 200 dekar. Om en bonde som sprer 5 tonn på hele arealet sitt, vil han kunne ta imot 1000 tonn flytende biorest.

NSR AB i Sverige opplyser at de leverer flytende biorest til biogassanleggets nærområdet i Helsingborg og at de delvis får betalt for gjødsel. De har 20 bønder som kunder, hvorav tre har avtaler om mottak på 5 eller 10 år. Bioresten transporteres i tankbil og lagres på gårdene, dette er ofte lagerbeholdere etter nedlagt svineproduksjon. Middellavstand for transport av gjødsel er 15 kilometer og det pågår en forstudie for å se på muligens for å pumpe biogjødsel via en rørledning til landbruket.

Hvilke muligheter som ligger i et slikt alternativ i Norge, vil være avhengig av kostnader ved et slikt system i forhold til kostnader ved annen etterbehandling, som avvanning og kompostering. Det er også avgjørende i hvilken grad landbruket og næringsmiddelbransjen ser biorest som et interessant og forutsigbart gjødsel. Forståelse av mottakerens krav og behov er derfor avgjørende. I Danmark er det gjort en undersøkelse blant bønder og næringsmiddelindustri med hensyn på hva de ønsker av en biorest bestående av husdyrgjødsel og organisk husholdningsavfall (Aagot *et al*, 2003). Svarene viser at deres ønsker både er knyttet til produktets bruksegenskaper (gjødselverdi, spredeegenskaper) og forhold knyttet til å ta imot samfunnets avfall (ansvarsforhold knyttet til risikoforhold, økonomi og samarbeid med leverandører med hensyn på aksept i lokalmiljø). Næringsmiddelprodusentene var mest interessert i matsikkerhet, jordkvalitet og kvalitetssikring av avfallsprodukter.

Kompostert biorest har et allsidig bruksområde og kan benyttes både av profesjonelle brukere og hobbydyrkere. Kompostert biorest vil kunne benyttes som råvare i et dyrkingsmedium hvor den vil kunne fungere som en stabil og forutsigbar råvare. Bruk i dyrkingsmedier, er det området hvor en anser betalingsvillighet for denne typen produkter som størst. Om en avvannet biorest skal komposteres eller ikke, må derfor være en avveining mellom mulighetene for avsetning av avvannet biorest, kostnader ved avsetning som avvannet biorest og økt inntjeningspotensial ved etterkompostering.

8. Referanser

- Aagot, S., Kronborg, J., Egsmose, L.R. (2003) Afsætning af bioforgasset organisk affald. Miljøprosjekt Nr. 832. Miljøstyrelsen. 70 s.
- Amundsen, C.E., Paulsrud, B., Nedland, K.T., Høgåsen, H., Gjerde, B. og Mohn, H. (2001) Miljøgifter og smittestoffer i organisk avfall. Status og veien videre. Jordforsk-rapport 97/01. 149 s.
- Amundsen, C.E. og Paulsrud, B. (2005) Organiske forurensninger i kompost og råtnerest. Litteraturstudie og analyser. Under arbeid. BUS-prosjekt, RVF.
- Asdal, Å., Breland, T.A., Luz Herrero, M., Norgaard, E. (2002) Kompostkvalitet – dokumentasjon og anbefalinger. Planteforsk Grønn Forskning 16/2002.
- Bundesgütegemeinschaft Kompost (uten årstall) Kompost mit Gütezeichen in der Landwirtschaft.
- Ekeberg, E. (1998) Forsøk med avløpsslam 1994-98. Planteforsk rapport 04/2000. 23s.
- Grønlund og Prestvik (2004) Jordkvalitet, organisk materiale og klimagasser. Jordforsk-nytt 1/2004. s 6-7.
- Knap, A.H og Norgaard, E. (2004) Biogass –ombygging av eksisterende komposteringsanlegg for kildesortert våtorganisk avfall. Biotek/Norsk Jordforbering. 73s.
- Krogstad, T., Sogn, T.A., Sæbø, A. og Asdal, Å. (2004) Resirkulering av fosfor i slam. Grønn kunnskap, Vol. 8 Nr. 7. 38 s.
- Lystad, H., Magnussen, K., Grønlund, A., Netland, J. og Vethe, Ø. (2003) Samfunnsøkonomisk nytte ved anvendelse av produkter fra biologisk nedbrytbart avfall i jord. Jordforsk-rapport nr. 4/03.55s.
- Marmo, L., Feix, I., Bourmeuau, E., Amlinger, F. m.fl. (2004) Exogenous Organic Matter. I: Soil Thematic Strategy. Reports of the technical working groups established under the thematic strategy. Volume III Organic Matter and Biodiversity. http://eusoils.jrc.it/ESDB_Archive/Policies/STSWeb/start.htm
- Miljøstyrelsen (1997) Forædling af restprodukter fra biogasanlæg. Arbeidsrapport fra Miljøstyrelsen Nr.63/1997. Miljøstyrelsen. 60s.
- Ohr, K., Førland, O.S., Birkenes, V.Ø. (2002) Biogass –energiproduksjon og avfallsbehandling. Sluttrapport. Asplan Viak. 120s.
- Planteforsk (2004) Gjødslingshåndbok. http://www.planteforsk.no/LoadPage.aspx?page=http://www.planteforsk.no/dokumenter/enheter/apelsvoll/gjodslingshandbok/gjodslingshandbok.html&menu=MenuControl_MenuGroupLevel1_MenuControl_ct1294
- Paulsrud, B. og Lyngstad, E. (2002) Reduksjon av organiske miljøgifter og smittestoffer ved ulike behandlingemetoder for organisk avfall i Norge. Litteraturstudium. Aquateamrapport nr. 02-033. 30 s.
- Svensson, K., Odlare, M. og Pell, M. The fertilizing effect of compost and biogas residues from source separated household waste. Journal of Agricultural Science (in press)
- Uppsala kommun (2003) Miljørapport 2003. Biogassanleggningen ved Kungsängens gård, Uppsala. Uppsala kommun. 13s.