

BAT

FOR MINDRE BIOGAS- ANLÆG I NORDEN



Nordisk
Ministerråd



Contents

Forord	4
1. Resumé	5
2. Liste over forkortelser	7
3. Oversættelser af udvalgte ord	8
4. Indledning	11
4.1 Baggrund og målsætning	11
4.2 De omfattede biogasanlæg	12
4.3 Miljømæssige muligheder og mulige udfordringer ved biogas	12
4.4 Tilgang og metode	12
4.5 Team af konsulenter	13
4.6 BAT gruppe	13
5. Biogasprocessen	14
6. Den nordiske biogasindustri	17
6.1 Biogas som en del af de vedvarende energikilder i de nordiske lande	17
6.2 Biogasindustrien i Danmark	18
6.3 Biogasindustrien i Finland og Åland	20
6.4 Biogasindustrien på Færøerne	22
6.5 Biogasindustrien på Island	23
6.6 Biogasindustrien i Norge	24
6.7 Biogasindustrien i Sverige	25
7. Kort oversigt over lovgivningsmæssig regulering	27
7.1 Oversigt over regulering i Danmark	27
7.2 Oversigt over regulering i Finland	28
7.3 Oversigt over regulering på Færøerne	29
7.4 Oversigt over regulering i Island	29
7.5 Oversigt over regulering i Norge	29
7.6 Oversigt over regulering i Sverige	30
7.7 Oversigt over regulering på Ålandsøerne	31
8. Miljøpåvirkning fra biogasproduktioner	32
8.1 Proceseffektivitet	32
8.2 Emissioner til luft, herunder lugt	32
8.3 Forurening af jord og vand	33
8.4 Støj	33
8.5 Mulige miljøbelastninger	33
9. BAT teknikker	35
9.1 BAT for placering af biogasanlæg	35

9.2 BAT for ledelsessystem	36
9.3 BAT for valg af egnet råvare til samudråkning	38
9.4 BAT for modtagelse af råmaterialer	40
9.5 BAT til at mindske rørførte luftemissioner	44
9.6 BAT for at reducere diffuse luftemissioner	47
9.7 BAT for afbrænding i fakkell, der anvendes af sikkerhedsmæssige årsager	49
9.8 BAT for videre behandling af afgasset biomasse	50
9.9 BAT for kvalitet af biogas til energiudnyttelse	52
9.10 BAT for monitering af processen	56
10. Nye teknikker under udvikling	58
Referencer	59
Appendix 1	61
Om denne publikation	63

Forord

Nordisk Ministerråd og BAT-gruppen under arbejdsgruppen om cirkulær økonomi har anmodet et nordisk eksperthold fra NIRAS A/S og Vahanen Environment Oy, ledet af NIRAS A/S, om at gennemføre et nordisk BAT-projekt om mindre biogasanlæg i de nordiske lande.

De anlæg, der indgår i projektet, har en tilladt behandlingskapacitet på over 30 tons råmateriale om dagen og op til den størrelse, hvor anlægget falder ind under anvendelsesområdet for direktivet om industrielle emissioner (IED 2010/75/EU), hvilket i praksis betyder op til 100 tons råmateriale om dagen.

De angivne oplysninger kan anvendes som inspiration for operatører, miljøkonsulenter og kompetente miljømyndigheder i miljøtilladelser og tilsyn med anlæggene.

Projektet blev startet i november 2019 og afsluttet i april 2020.

Nordic BAT-gruppen har medlemmer fra:

- Norges Miljødirektorat
- Det finske miljøinstitut
- Det færøske miljøinstitut
- Islands Miljøinstitut
- Miljø- og sundhedsbeskyttelsesagenturet på Ålandsøerne
- Miljøstyrelsen i Danmark
- Den svenske miljøstyrelse

Teamet af konsulenter omfattede medarbejdere fra NIRAS A/S i Danmark, Norge og Sverige og fra Vahanen Environment Oy i Finland.

Teamet vil gerne takke BAT-gruppen og biogassektoren, vi har været i kontakt med, for godt samarbejde og værdifuldt indspil.

1. Resumé

Nordisk Ministerråd og BAT-gruppen under arbejdsgruppen for cirkulær økonomi har anmodet et nordisk eksperthold fra NIRAS A/S og Vahanen Environment Oy, ledet af NIRAS A/S, om at gennemføre et nordisk BAT-projekt om mindre biogasanlæg i de nordiske lande.

Et biogasanlæg er en bæredygtig løsning, der omdanner organiske restprodukter, gødning fra husdyr og affald, til værdifulde produkter, afgasset biomasse, der anvendes som gødning og biogas, der anvendes som el-, varme- eller brændstof. Fordelene ved biogasanlæg medfører, at der forekommer mindre udvaskning af næringsstoffer til vandmiljøet i nogle tilfælde. Biogas kan lagres før brug og kan dermed supplere variable energikilder som vind- og solenergi i energisystemet.

Men hvis et biogasanlæg ikke er godt placeret, designet og drevet, kan det have negative konsekvenser for miljøet og for omkringliggende boligområder.

Den fremlagte information har til formål at bidrage til konstruktion, drift, miljøgodkendelse og tilsyn med biogasanlæg, der har en gunstig miljøbelastning og minimal negativ påvirkning på miljøet og omkringliggende boligområder.

Projektets konkrete mål er at:

- Beskrive industriens størrelse og karakteristika i de nordiske lande
- Beskrive de lovgivningsmæssige rammer
- Beskrive de potentielle miljøbelastninger fra forskellige typer biogasanlæg og udnyttelse af afgasset biomasse og energi, herunder emissioner til luft (inklusiv lugt), og emissioner til jord, grundvand og overfladevand.
- Foreslå og beskrive teknikker, der kan betragtes som BAT (fra engelsk, best available techniques, på dansk: bedste tilgængelige teknikker) anvendt på biogasanlæg i de nordiske lande
- Beskrive nye BAT-teknikker, der er under udvikling, og deres påvirkning af miljøet.

De anlæg, der indgår i projektet, har en tilladt behandlingskapacitet på over 30 tons om dagen og op til den størrelse, hvor anlægget falder ind under anvendelsesområdet for direktivet om industrielle emissioner (IED 2010/75/EU), hvilket i praksis betyder op til 100 tons råmateriale om dagen. Der er således fokus på mindre biogasanlæg, der håndterer forskellige typer restprodukter og affald fra landbrug, kommuner og industrier.

Sektoren dækker meget forskellige typer og størrelser af anlæg, som anvender forskellige typer råmaterialer og producerer forskellige typer produkter. Disse anlægs tekniske og økonomiske muligheder samt miljøbelastning varierer meget, idet de i høj grad er afhængige af det enkelte tilfælde. Desuden har anlæggets beliggenhed og lokale forhold indflydelse på miljøgodkendelserne.

De præsenterede BAT-kandidater, der diskuteres i rapporten, er:

- BAT 1: Placering af biogasanlæg, der allerede er taget i betragtning i anlæggets planlægningsfase for at mindske risici, belastning og gener for miljøet og mennesker
- BAT 2: Ledelsessystem, herunder systematisk og proaktiv tilgang til drift, vedligeholdelse, beredskab over for uventede situationer
- BAT 3: Udvælgelse af egnede råmaterialer i samdråkning af forskellige typer restprodukter og affald
- BAT 4: Procedurer og bestemmelser ved modtagelse af råmaterialer, der minimerer emissioner af vand, luft og lugt og risici
- BAT 5: Korrekt håndtering af rørførte luftemissioner
- BAT 6: Korrekt håndtering af diffuse luftemissioner
- BAT 7: Afbrænding i fækkel af sikkerhedsmæssige årsager; bedste praksis
- BAT 8: Muligheder for yderligere forarbejdning og kvalitet af afgasset biomasse
- BAT 9: Biogassens kvalitet til energiudnyttelse
- BAT 10: BAT for monitorering af processen

Nye BAT-teknikker er endnu ikke fuldt udviklede eller i brug i branchen, selv om de kan være relevante som BAT-kandidater i fremtiden. I det sidste kapitel behandles forsknings- og udviklingsområder i biogassektoren.

2. Liste over forkortelser

BAT	Bedste tilgængelige teknikker (Best Available Techniques)
CHP	Kraftvarme
CO ₂	Kuldioxid
CH ₄	Metan
H ₂ S	Hydrogensulfid, svovlbrinte
NH ₃	Ammoniak. Fri form af ammoniumnitrogen
NH ₄ ⁺	Ammonium. Ionform af ammoniumnitrogen
VFA	Flygtige fedtsyrer (Volatile Fatty Acids)
VS	Flygtige faste stoffer (Volatile Solids)

3. Oversættelser af udvalgte ord

For at støtte de nordiske læsere af denne rapport og hjælpe biogasoperatører, myndigheder og andre med interesse for biogas at udveksle erfaringer på tværs af de nordiske lande, er udvalgte ord, der beskriver anlægstyper, råmaterialer og udvalgte ord fra overskrifter i denne rapport, og som er vigtige for forståelsen, oversat nedenfor.

Engelsk	Dansk
Channeled air emissions	Rørførte luftemissioner
Co-digestion	Samudrødning
Digestate	Afgasset biomasse
Farm biogas plant	Gårdbiogasanlæg
Feedstock	Råmateriale, råvare
Flaring	Afbrænding i fakkelt
Joint biogas plants	Fællesanlæg
Manure	Gødning, gylle
Sewage sludge	Slam fra spildevandsrensningsanlæg

Engelsk	Finsk
Channeled air emissions	Kanavoidut ilmapäästöt
Co-digestion	Yhteiskäsittelylaitos
Digestate	Mädätysjäännös
Farm biogas plant	Maatilalaitos
Feedstock	Syöte
Flaring	Soihdutus
Joint biogas plants	Yhteiskäsittelylaitos
Manure	Lanta
Sewage sludge	Jätevedenpuhdistamoliete

Engelsk	Færøsk
Channeled air emissions	Útlát frá leiðingum
Co-digestion	Samroting /samsodning
Digestate	Sodnað / rotað tæð, lívtæð
Farm biogas plant	Biogassverk á garði / gassverk á garði
Feedstock	Rávøra, lívrundið tilfar
Flaring	Brenning av avlopsgassi
Joint biogas plants	Biogassverk í felag
Manure	Tæð, mykja
Sewage sludge	Spillivatnsevja

Engelsk	Íslandsk
Channeled air emissions	Punktlosun
Co-digestion	Sammelting, blandað niðurbrot
Digestate	Melta
Farm biogas plant	Lífsgasgerðarstöð frá býli
Feedstock	Dýrafóður
Flaring	Brennsla á afgasloga
Joint biogas plants	Sameiningarstöðvar
Manure	Mykja
Sewage sludge	Skólp

Engelsk	Norsk
Channeled air emissions	Kanaliserde utslipp til luft
Co-digestion	Sam-nedbrytning, substratblanding
Digestate	Biorest
Farm biogas plant	Gårdsanlegg
Feedstock	Råmateriale, råstoff
Flaring	Fakling
Joint biogas plants	Sambehandlingsanlegg
Manure	Husdyrgjødsel
Sewage sludge	Avløpsslam

Engelsk	Svensk
Channeled air emissions	Kanaliserade luftutsläpp
Co-digestion	Samrötning
Digestate	Rötrest
Farm biogas plant	Gårdsanläggning
Feedstock	Råvara
Flaring	Fackling
Joint biogas plants	Sambehandlingsanläggning
Manure	Gödsel, stallgödsel
Sewage sludge	Avloppsslam

4. Indledning

4.1 Baggrund og målsætning

Nordisk Ministerråd og BAT-gruppen under arbejdsgruppen for cirkulær økonomi har anmodet et nordisk eksperthold fra NIRAS A/S og Vahanen Environment Oy, ledet af NIRAS A/S, om at gennemføre et nordisk BAT-projekt om mindre biogasanlæg i de nordiske lande.

BAT er en forkortelse for bedste tilgængelige teknikker (best available techniques) og skal forstås som miljømæssigt "bedst", der dækker både "teknologier", der anvendes, og den måde, hvorpå anlæg konstrueres, bygges, vedligeholdes og drives.

"Tilgængelig" skal forstås som teknikker og teknologier, der er udviklet i en grad, hvor de kan anvendes i sektoren under økonomisk og teknisk bæredygtige forhold.

Projektets specifikke mål er at:

- Beskrive industriens størrelse og karakteristika i de nordiske lande
- Beskrive de lovgivningsmæssige rammer
- Vurdere den potentielle miljøbelastning fra behandling af forskellige typer biomasse (tør, våd), udnyttelse af den afgassede biomasse (fx som gødning) og udnyttelse af den producerede biogas (fx til elektricitet, varme eller brændstof)
- Beskrive BAT-løsninger der afhjælper identificerede miljøbelastninger på biogasanlæg, herunder
 - Diffuse og rørførte luftemissioner, herunder drivhusgasudledninger og lugt
 - Udledning til vand
 - Proceseffektivitet
 - Risiko for forurening af fjord, grundvand og overfladevand
 - Kvalitet af slutprodukter: afgasset biomasse og biogas
- Foreslå og beskrive teknikker, der kan betragtes som BAT anvendt på biogasanlæg i de nordiske lande
- Beskriv nye BAT-teknikker, der er under udvikling.

De fremlagte oplysninger kan anvendes af operatører, miljøkonsulenter og kompetente miljømyndigheder i forbindelse med konstruktion, godkendelse og tilsyn med miljøtilladelser på anlæggene.

Projektet fokuserer på miljøspørgsmål. Sundheds- og sikkerhedsspørgsmål i forbindelse med biogasprocessen, herunder sikkerhed i forbindelse med gasudstyr og håndtering og oplagring af farlige kemikalier, er ikke blevet drøftet i denne rapport.

4.2 De omfattende biogasanlæg

De biogasanlæg, der indgår i projektet, har en tilladt behandlingskapacitet på over 30 tons om dagen og op til den størrelse, hvor anlægget falder ind under anvendelsesområdet for direktivet om industrielle emissioner (IED 2010/75/EU), hvilket i praksis betyder op til 100 tons råmateriale om dagen.

Biogasanlæg, der behandler bionedbrydelige restprodukter og affald, husdyrgødning og slam fra landbrug, kommuner og industrier, er omfattet. Losseplads-gasanlæg er ikke omfattet. Nogle af de omfattede biogasanlæg anvender dog også gas fra lossepladser som én ud af flere biogasstrømme.

4.3 Miljømæssige muligheder og mulige udfordringer ved biogas

Biogas er vedvarende energi og betragtes som en grøn løsning, der omdanner organiske restprodukter og affald til værdifulde produkter som elektricitet, varme eller brændstof og økologisk gødning. Biogas kan spille en vigtig rolle for symbiose i landbruget ved indsamlingen af organiske materialer og distribution af gødning og energi.

Men hvis et biogasanlæg ikke er godt placeret, designet og drevet, kan det have negative konsekvenser for miljøet og de omkringliggende boligområder.

Formålet med projektet er at bidrage til at undgå disse miljøproblemer og også bidrage til at forbedre økonomien ved at undgå problemer.

De biogasanlæg, der er omfattet af projektet, er meget forskellige og anvender mange typer råmaterialer, hvilket giver mange typer af output og gasanvendelse. Det betyder, at krav, der er egnede til ét anlæg, ikke nødvendigvis er egnede til andre. Der er derfor ofte behov for en tilgang fra sag til sag.

4.4 Tilgang og metode

Oplysninger om biogasanlæg, anvendte teknikker og emissioner blev indsamlet i Norden ud fra dokumenter og kontakter, suppleret med besøg på anlæg. Anlæg af forskellige typer og størrelser, som anvender forskellige typer af råmaterialer og forskellige måder at udnytte produkter på, blev kontaktet og besøgt for at etablere den bredest mulige projektdækning. Nordiske industrisammenslutninger blev også kontaktet.

Ved udvælgelsen af BAT-kandidaterne blev der først udviklet en lang liste over disse. Listen over BAT kandidater blev derefter prioriteret fra bruttolisten efter følgende prioriteter:

- BAT, der omhandler de vigtigste udvalgte miljøindikatorer
- BAT vurderet til at reducere emissioner og belastning betydeligt
- BAT, som er økonomisk og teknisk bæredygtige i betragtning af omkostninger og fordele
- BAT primært udviklet eller med oprindelse i de nordiske lande

4.5 Team af konsulenter

Følgende konsulenter fra Danmark, Finland, Sverige og Norge har bidraget til rapporten eller til den tekniske baggrund:

Kerneteam:

- Birgitte Holm Christensen, NIRAS A/S (Projektleder)
- Anne Seth Madsen, NIRAS A/S
- Esa Salminen, Vahanen Environment Oy

Support team:

- John Sternbeck, NIRAS A/S
- Linnéa Thunberg, NIRAS A/S
- Pål André Zazzera Johansen, NIRAS A/S
- Ole Møller Jensen, NIRAS A/S
- Lotte Weesgaard, NIRAS A/S
- Riikka Kantosaari, Vahanen Environment Oy

4.6 BAT gruppe

BAT-projektet er blevet fulgt og kommenteret af den nordiske BAT-gruppe.

Medlemmerne af BAT-gruppen er:

- Anne Kathrine Arnesen, Miljødirektoratet, Norge
- Kaj Forsius, Finlands Miljöcentral
- Lena Ziskason and Ingvar Fjallstein, Umhvørvisvidgeri, Umhvørvisstova, Færøernes Miljøstyrelse
- Einar Halldorsson, Umhverfisstofnun, Environment Agency of Iceland, Miljøstyrelsen Island
- Mikael Stjärnfelt, Ålands miljö- och hälsoskyddsmyndighet
- Mette Lumbye Sørensen, Miljøstyrelsen, Danmark
- Elin Sieurin, Naturvårdsverket, Sverige

5. Biogasprocessen

Dette kapitel giver en kort introduktion til biogasprocessen. For mere grundig introduktion anbefales læseren at søge information i tekniske beskrivelser eller andet fagligt materiale. Formålet med introduktionen er at danne grundlag for dialogen mellem myndigheder, operatører og andre interessenter.

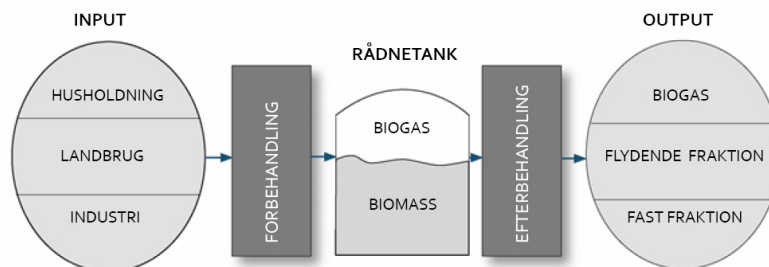
I en biogasproces omdannes organisk materiale ved en ilt-fri (oxygen-fri) biologisk proces, til biogas og afgasset biomasse. Biogas kan fremstilles af næsten alt organisk materiale, for eksempel fra biomasse og affald fra husholdninger, landbrug og industri. Biogas indeholder metan, kuldioxid og mindre mængder af andre gasser, og det kan bruges til energiformål. Det såkaldte digestat er den næringsrige, afgassede biomasse og det kan bruges direkte til udspredning på landbrugsjord eller separeres til faste og flydende gødningsprodukter. Da processen foregår uden ilt, kaldes det også anaerob udrådning. Processen har været kendt i mere end 4.000 år som en måde at producere energi på. Det er en naturlig proces, som også forekommer i naturen når biomasse nedbrydes uden ilt.

På et biogasanlæg behandles *råvarematerialet* ofte *forud* for den anaerobe nedbrydning. Dette er ikke altid tilfældet i anlæg, der udelukkende behandler gylle. Forbehandlingen kan omfatte blanding af forskellige typer materialer (samudrådning), homogenisering, hygiejnisering og blanding eller fortynding til det ønskede tørstofindhold i råmaterialerne. Biogasprocessen kan nedbryde sundhedsskadelige stoffer (patogener) men det kan alligevel være nødvendigt med hygiejnisering eller pasteurisering før eller efter anaerob udrådning, afhængigt af råmateriale (fx. slagteriaffald).

Efter en forbehandling *udrådnes* materialet af mikroorganismer under anaerobe forhold i en rådnetank, som også kaldes udrådningstank. Proteiner, kulbrinter og fedtstoffer (lipider) nedbrydes i processen til flygtige fedtsyrer og videre til metan (CH_4 , 50–70 %), kuldioxid (CO_2 , 30–50 %) og andre gasser (hydrogen (H_2), hydrogensulphid (H_2S), ammoniumforbindelser (NH_x) osv.) i samarbejde med forskellige typer anaerobe mikroorganismer. Biogasudbyttet fra forskellige typer affald varierer meget. Metanudbyttet fra gødning kan være 7–20 $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{t}$ vådvægt (100–400 $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{t}$ VS), mens udbyttet fra bioaffald kan være 100–150 $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{t}$ vådvægt (500–600 $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{t}$ VS).

Den afgassede biomasse indeholder de samme næringsstoffer som råmaterialet. En del af kvælstoffet vil blive mineraliseret (omdannet til ammonium, NH_4^+). Den afgassede biomasse er næringsrig og skal opbevares og spredes korrekt som beskrevet i senere kapitler.

Efter biogasprocessen er mængden af den afgassede biomasse stort set det samme eller svagt reduceret i forhold til råmaterialet. Afgasset biomasse kan anvendes til spredning på landbrugsjord eller videreforarbejdes til genanvendte gødningsprodukter. Figur 1 giver et skematisk overblik over den typiske biogasproces.



Figur 1: Skematisk oversigt over biogasprocessen. Størrelsen af in- og output i cirklerne til venstre og højre svarer ikke nødvendigvis til størrelsen af de reelle mængder i et biogasanlæg.

Der er forskellige teknologiske alternativer og variationer af processen. I en traditionel *våd* udrådningsproces blandes eller fortyndes råmaterialet til et tørstofindhold på 5-15 %, mens tørstofindholdet ved *tørudrådning* kan være op til 15-40 % tørstof. Vådudrådning er den mest almindelige anlægstype, og er en meget gennemprøvet og robust proces. Tørproces kræver ikke nødvendigvis at væske tilføres råmaterialet og er bedst egnet til råmaterialer, som har et højt tørstofindhold. Der findes også andre anlægstyper, såsom *upflow anaerobic sludge blanket* -teknologi, også kaldet UASB teknologi, som er en form for biogasproces, der anvendes til spildevandsrensning, som ikke er yderligere drøftet i denne sammenhæng. En biogasproces kan fungere *batch-vist* eller *kontinuerligt*. Kontinuerlig drift er den mest almindelige procesform.

Opholdstiden for biogasprocessen kan variere meget, afhængigt af procesforhold, råmaterialer og ønskede slutprodukter, fra 20-30 dage op til 60-70 dage. Generelt gælder, at jo længere opholdstiden er, jo større udrådningsanlæg vil det kræve, hvilket vil øge investeringsomkostningerne på anlægget. Hvis opholdstiden er for kort, risikerer man at producere et slutprodukt, der ikke er modent og potentielt er en kilde til lugt og andre luftemissioner såsom metan.

Biogasprocesser foregår typisk enten ved *mesofile* temperaturer (ca. 35 °C) eller ved *termofile* temperaturer (ca. 55 °C). En mesofil proces er generelt mere stabil og kræver mindre energi til opvarmning. Fordele ved termofile forhold omfatter normalt hurtigere behandlingstid og bedre nedbrydning af sundhedsskadelige stoffer (patogener) i processen. På den anden side er processen mere følsom over for hæmning fra ammoniak. Ammoniak er et nedbrydningsprodukt af proteiner og andre kvælstofholdige materialer, og i høje koncentrationer hæmmer det aktiviteten af metanproducerende mikroorganismer.

Biogasprocessen baserer sig på et komplekst samarbejde mellem forskellige typer mikroorganismer. Et antal faktorer kan påvirke processens ydeevne og skal overvåges for at opnå en vellykket proces. Hurtig ændring i råvarer eller råvaresammensætning, temperatur eller pH og langvarig akkumulering af halvudrådnede produkter kan have negativ indvirkning på processen. I værste fald hæmmes biogasproduktionen fuldstændigt, hvilket kan øge akkumulering af halvudrådnede produkter, herunder flygtige fedtsyrer, fald i pH, skumdannelse eller

andre konsekvenser med potentiel risiko for procesnedbrud.

Biogasprocessen skal overvåges nøje, især i opstarten og hvis forholdene eller råmaterialerne ændres. *Samudrådning*, hvor forskellige typer af råmaterialer blandes, kan forbedre processens ydeevne ved at optimere indholdet af fx kvælstof og svovl (yderligere beskrevet i de følgende kapitler).

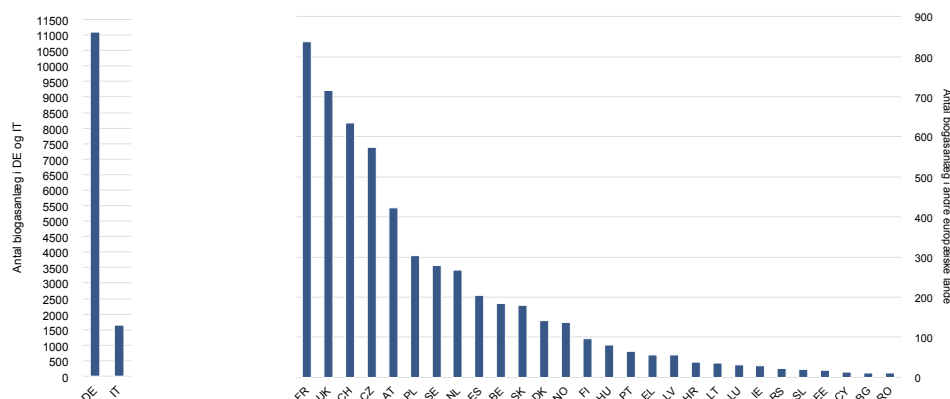
6. Den nordiske biogasindustri

6.1 Biogas som en del af de vedvarende energikilder i de nordiske lande

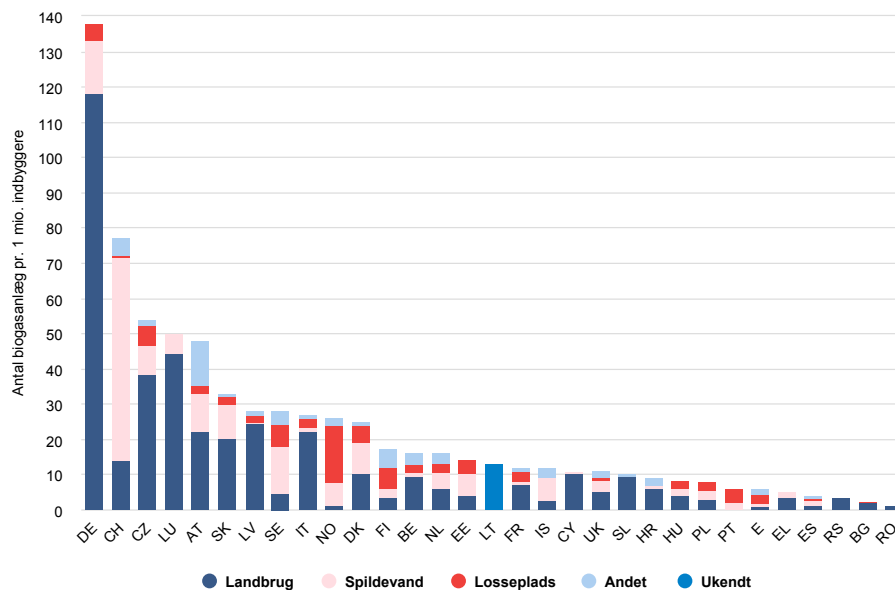
I de nordiske lande spiller vedvarende energi fra vindkraft, vandkraft, geotermisk energi og biomasse en væsentlig rolle i energiproduktionen.

EU er verdens førende inden for biogas til elproduktion og til brug som brændstof eller til injektion i naturgasnettet (Scarlat, Dallemand & Fernando, 2018). Figur 2 viser antallet af biogasanlæg i de europæiske lande.

Antallet af biogasanlæg pr. indbygger i de nordiske lande ligger på et godt gennemsnit europæisk set, se figur 3, og antallet af anlæg vokser. I Danmark er der flere gårdbiogasanlæg i forhold til andre lande, mens biogasanlæg, der behandler spildevandsslam og blandede råmaterialer, er dominerende i Finland og Sverige mht. behandlede mængder. I Norge er biogasanlæg, der behandler spildevandsslam, dominerende.



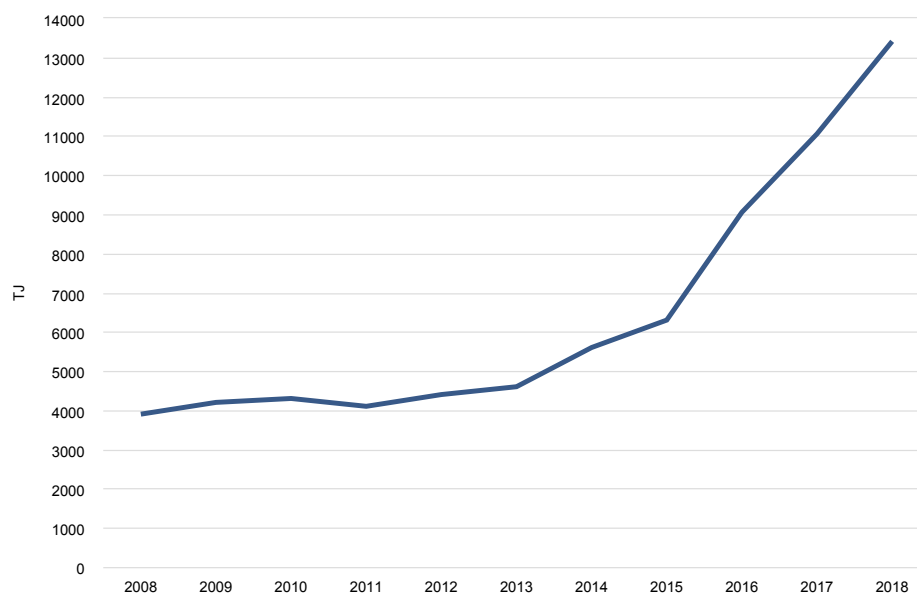
Figur 2: Antal biogasanlæg i europæiske lande, arrangeret i faldende rækkefølge (European Biogas Association, 2019).



Figur 3: Antal biogasanlæg (i alt og efter råmaterialestype) pr. 1 mio. indbyggere i de europæiske lande i 2018, arrangeret i faldende rækkefølge (European Biogas Association, 2019).

6.2 Biogasindustrien i Danmark

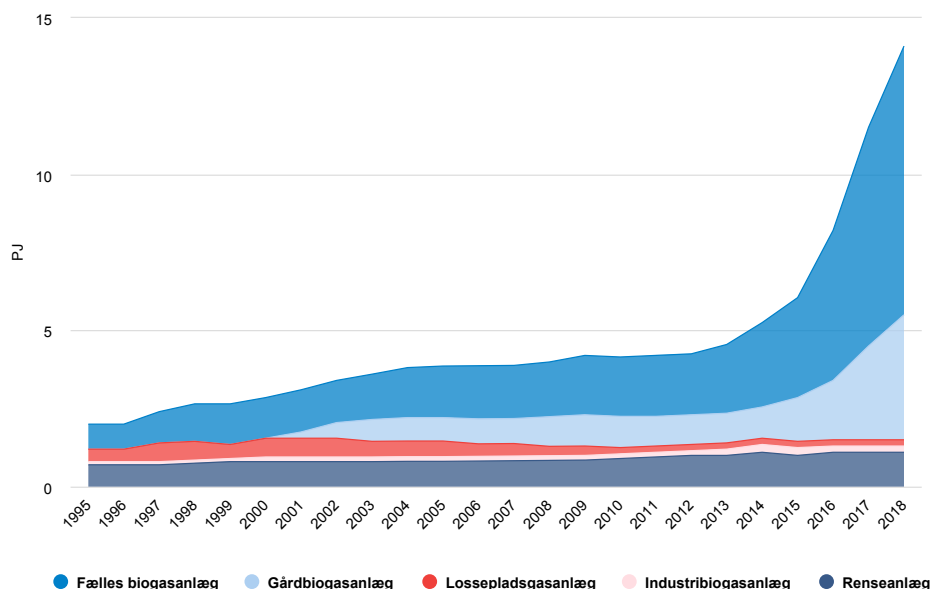
Biogasindustrien har været stigende i Danmark de seneste 10 år, som det ses i figur 4. Statstilskud har fremmet væksten, så biogasproduktionen nåede mere end 13.000 TJ i 2018.



Figur 4: Biogasproduktion i TJ i Danmark fra både store og mindre store biogasanlæg, baseret på energistatistik for 2018 (nyeste årlige statistik fra Energistyrelsen 2020).

Ifølge de danske biogasanlæg bruger de hovedsageligt husdyrgødning, spildevandsslam og organisk affald samt restprodukter som råmateriale. Mere end 75 % af tilførslen af biomasse er husdyrgødning i gårdbiogasanlæggene og fælles biogasanlæggene, der modtager biomasse fra mere end en bedrift. De fælles biogasanlæg er markeret med klarblå i figur 5 (Energistyrelsen, 2019) og er den type biogasanlæg med den største vækst fra 1995 til 2018.

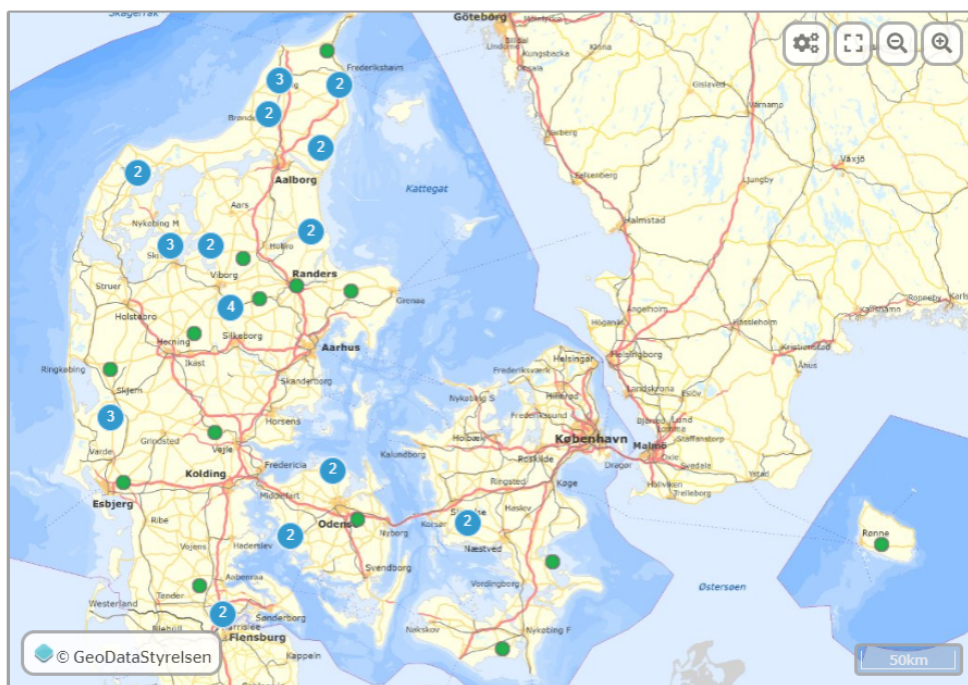
Energiafgrøder som majs og roer kan anvendes til biogas, men anses ikke for at gavne klimaet så meget, og tilskuddene er derfor begrænsede.



Figur 5: Biogasproduktion i Danmark 1995–2018.

Miljøstyrelsen driver en database, hvor godkendelses- og tilsynsmyndighederne udfylder oplysninger om godkendte anlæg, herunder også biogasanlæg, opført som listenummer J 205 i godkendelsesbekendtgørelsen (Bekendtgørelse om godkendelse af listevirksomhed, BEK nr. 1534 af 9/12/2019). De anlæg, der er opført som "J 205", anvender råmateriale-mængder på 30-100 tons pr. dag, og de er således omfattet af dette projekt. Offentligheden har adgang til databasen. Der blev foretaget en søgning i databasen, og resultatet vises i figur 6. Der er 48 biogasanlæg inden for dette projekts anvendelsesområde. De fleste biogasanlæg ligger i den vestlige del af Danmark, mens der ikke er nogen anlæg i den nordøstlige del, nær København. Et enkelt biogasanlæg ligger på den østlige ø Bornholm.

Energistyrelsen har også en liste over biogasanlæg. Listen blev opdateret i marts 2017. Af de 48 anlæg med tilladelser fra den liste, der er genereret af Miljøstyrelsens database, kan 26 af dem identificeres som landbrugsbiogasanlæg ved at krydshenviser til listen fra Energistyrelsen. Da listen fra Energistyrelsen er fra 2017, kan antallet have ændret sig siden da, men det giver indtryk af, at cirka halvdelen af værkerne er gårdbiogasanlæg.



Figur 6: Danske biogasanlæg med miljøgodkendelse, der anvender 30-100 tons råmateriale. Tal i blå cirkler indikerer koncentration af biogasanlæg. Grønne cirkler indikerer enkeltbiogasanlæg.

Ud over disse anlæg opregner Energistyrelsen også 51 biogasanlæg beliggende på spildevandsrensningsanlæg og 26 anlæg på lossepladser.

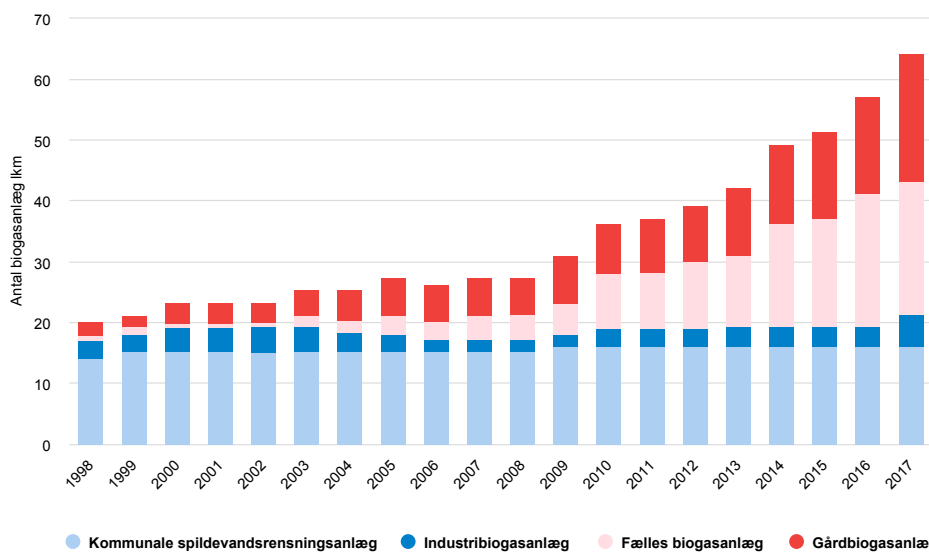
6.3 Biogasindustrien i Finland og Åland

De fleste biogasanlæg på kommunale spildevandsrensningsanlæg i Finland blev opført i 1980'erne. Størstedelen af det kommunale spildevandsslam, der produceres i Finland, behandles på biogasanlæg, enten på kommunale spildevandsrensningsanlæg eller på centraliserede biogasanlæg. Industrianlæg i fødevarer- og skovindustrien har kun få biogasanlæg.

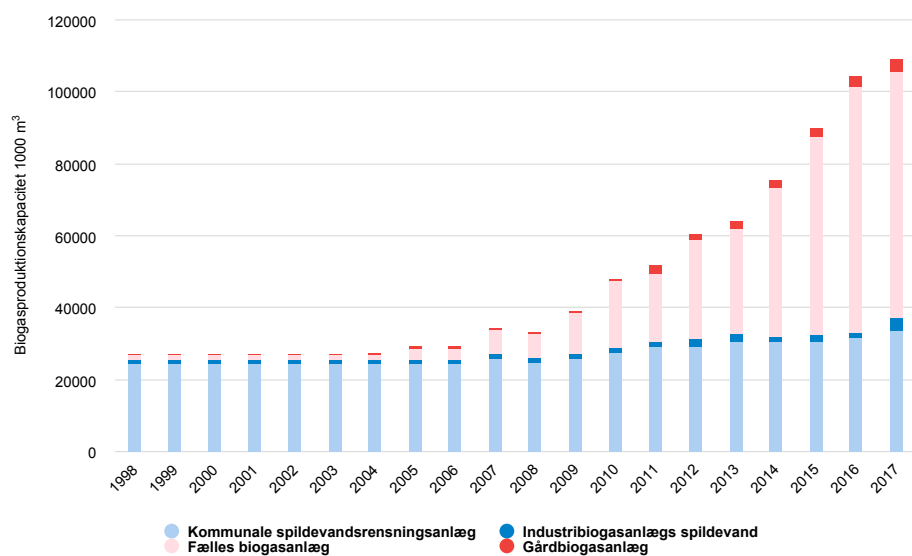
Det centraliserede biogasanlæg i Stormossen, der blev taget i brug i 1990, var det første biogasanlæg i Finland til behandling af blandet råmateriale. Biogas fra Stormossen-værket har været anvendt som brændstof siden 2017.

Det centraliserede biogasanlæg ved Vehmaa var det næste centraliserede biogasanlæg, der har været i drift siden 2005. De fleste af de nuværende centraliserede biogasanlæg blev sat i drift i 2010'erne. I 2016 overtog Gasum Oy syv eksisterende biogasanlæg i Finland og fem biogasanlæg i Sverige og er blevet den markante nordiske operatør i sektoren.

Det første biogasanlæg i Kalmar i Laukaa i landbrugsskala har fungeret siden 1998. Gården har haft det første offentlige brændstofanlæg siden 2004. Landbrugsanlæggene udgør ca. en tredjedel af antallet af alle biogasanlæg i Finland, men deres biogasproduktionskapacitet er kun ca. 3 %.



Figur 7: Antal anlæg i drift i Finland og Åland i 2017 (Winqvist, Rikkonen & Varho, 2018).



Figur 8: Biogasproduktionskapacitet i Finland og Åland i 2017 (Winqvist, Rikkonen & Varho, 2018).

Ifølge statistiske oplysninger fra 2017 er der ca. 61 biogasanlæg i Finland:

- 15 anlæg på kommunale spildevandsrensningsanlæg
- 3 anlæg i industrien
- 21 gårdbiogasanlæg
- 22 centraliserede anlæg, der behandler blandede råmaterialer

Ca. 15 af disse anlæg ligger i størrelsesordenen fra 10.000-30.000 tons per år:

- 3 anlæg på kommunale rensningsanlæg
- 2 anlæg i industrien, fødevareproduktionsanlæg hos Apetit Oyj, Säkylä og Stora Enso Heinola Fluting Mill
- Øvrige behandler blandede råmaterialer

Ifølge statistikken for 2017 ligger biogasanlæggene på Åland i mejeriet Ålandsmejeriet, Jomala (der har været i drift siden 2010) og spildevandsrensningsanlægget i Mariehamn (i drift siden 1979) i størrelsesområdet 10.000-30.000 tons per år. Desuden har fødevarefabrikken Orkla Confectionery & Snacks Finland, Godby, et biogasanlæg (i drift siden 1984).

Biogas anvendes på kraftvarmeværker, varmeproduktion og som brændstof. I 2017 blev biogas anvendt med 520 GWh til varme, 178 GWh til elektricitet og 30 GWh som brændstof til køretøjer. I 2017 var energiproduktionen 377 TWh i Finland og Åland, hvoraf vedvarende energi omfattede 136 TWh. Biogasenergi (0,7 TWh) udgjorde 0,5 % af vedvarende energi. Der er et stort potentiale, især inden for biomasse fra landbruget, til at øge biogasenergiproduktionen i Finland og Åland.

6.4 Biogasindustrien på Færøerne

Det første biogasanlæg på Færøerne er i øjeblikket under opførelse i nærheden af Torshavn, se figur 10. Biogasanlægget skal behandle husdyrgødning og spildevandsslam fra fiskeproduktion på land sammen med ensilerede dødlaks fra lakseproduktion til søs og på land. Biogasanlægget er bygget til at håndtere ca. 100.000 tons biomasse om året, men har miljøtilladelser til at håndtere 50.000 tons. Biogassen anvendes i et kraftvarmeværk, og el og varme sælges til det lokale net. Biogas- og kraftvarmeværket ejes og drives af P / F Førka, som er et datterselskab af P / F Bakkafrøst. Biogasanlægget starter med husdyrgødning i ultimo februar 2020 og anden biomasse fra juni 2020.



Figur 9: Færka Biogasanlæg i nærheden af Tórshavn under opførelse (Heini Ellingsgaard, SMJ Rådgivende Ingeniører, november 2019).

6.5 Biogasindustrien på Island

Et nyt biogas- og komposteringsanlæg for Hovedstadsområdet Reykjavik skal være i drift i februar 2020. Anlægget er en del af en fælles affaldshåndteringspolitik fra kommunernes side for 2009-2020. Når biogas- og komposteringsanlægget er i drift, vil alt husholdningsaffald, der indsamles på SORPA's område, blive behandlet på anlægget. Organisk materiale vil blive anvendt til biogasproduktion og kompostering, mens metaller og uorganisk materiale vil blive maskinsorteret til genanvendelse.

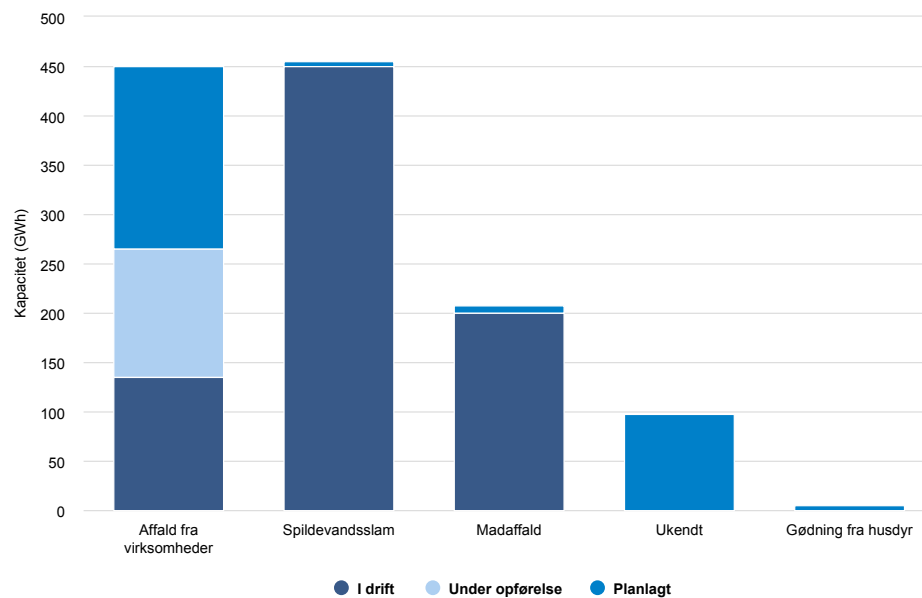
Hvert år vil anlægget generere 3 millioner Nm³ metangas, som kan bruges som brændstof og 10-12.000 tons jordforbedringsanlæg, som er nyttige for jordforbedring. Når biogas- og komposteringsanlægget er i drift, vil over 95 % af det husholdningsaffald, der produceres i hovedstadsområdet, blive genbrugt. (SORPA, 2020)



Figur 10: Nyt biogas- og komposteringsanlæg (SORPA, 2020).

6.6 Biogasindustrien i Norge

Ifølge den norske affaldsbehandlings- og genanvendelsesorganisation (Avfall Norge) er der 14 (snart 15) norske biogasanlæg, der producerer over 50 tons om dagen til kommercielle formål. Derudover er der flere kommunale organisationer, der producerer biogas til eget forbrug.



Figur 11: Norsk biogaskapacitet pr. 2017.

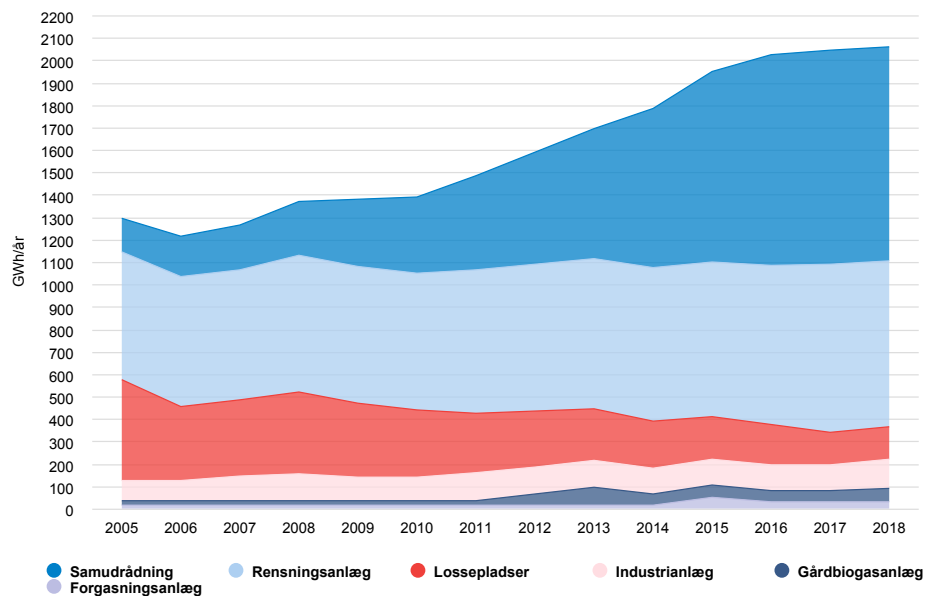
Husholdningerne kildesorterer deres madaffald i flere kommuner i Norge. Det kan være en grund til, at madaffald sammen med spildevandsslam er de vigtigste råmaterialer til anlæg i drift (mørkeblå kolonner), som det fremgår af figur 11.

I Norge betragtes transport af tunge køretøjer som et vigtigt marked for biogas, da tanke med indhold vejer mindre end batterier med tilsvarende energiindhold. Et potentielt kommende marked er maskiner på byggepladser, hvor det kan være praktisk og omkostningseffektivt at levere flydende biogas, men i dag er hovedmarkedet busser (Sund, 2017).

6.7 Biogasindustrien i Sverige

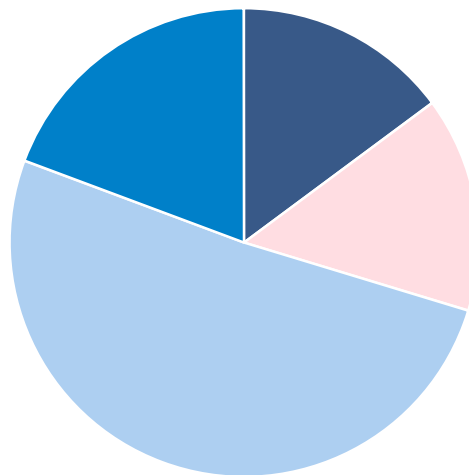
Det samlede forbrug af biogas i Sverige var ca. 3,7 TWh (13 PJ) i 2018, hvilket var en stigning på 29 % i forhold til 2017. Heraf blev der produceret 2,1 TWh (8 PJ) i Sverige, og importen af biogas i 2018 var ca. 1,6 TWh (6 PJ), primært fra Danmark.

Figur 12 viser mængden af biogas produceret i forskellige anlægstyper i Sverige.



Figur 12: Biogasproduktion pr. anlægstype 2005 – 2018 i Sverige.
(Energimyndigheten/Energigas Sverige, 2020)

Ifølge den svenske biogasforening, Energigas Sverige, håndterer 73 svenske biogasanlæg materiale i størrelsesordenen 30-100 ton om dagen. Disse anlæg er opdelt i fire kategorier: gårdanlæg (hovedsagelig gylle), industri (kun ét anlæg, der håndterer affald fra sukkerroer), rensningsanlæg og samudråkning (organisk affald fra husholdninger, industrier, slagterier, gødning osv.). Hovedkategorien består af rensningsanlæg.



● Gårdanlæg ● Industri ● Behandling af spildevandsslam ● Samudråkning

Figur 13: De fire forskellige kategorier af svenske biogasanlæg i størrelsesintervallet 30–100 ton/dag.

Naturvårdsverket driver en database med ca. 200 anlæg, der er omfattet af en miljøgodkendelse. Da listen fra Energigas Sverige og listen fra Naturvårdsverket blev synkroniseret, resterer der 28 anlæg i størrelsesintervallet på 30-100 ton om dagen, som er miljøgodkendelsespligtige i henhold til svensk miljølovgivning.

7. Kort oversigt over lovgivningsmæssig regulering

7.1 Oversigt over regulering i Danmark

Miljøgodkendelser på biogasanlæg er baseret på miljøbeskyttelsesloven (LBK nr. 1218 af 25/11/2019), godkendelsesbekendtgørelsen (bek. nr. 1534 af 09/12/2019 og standardvilkårsbekendtgørelsen (bek. nr. 1474 af 12/12/2017). Biogasanlæg, der anvender råmaterialer på 30 tons pr. dag eller derover, skal have en *miljøgodkendelse* i henhold til Bekendtgørelse om godkendelse af listevirksomhed (BEK nr. 1534 af 9/12/2019). Bekendtgørelsen gennemfører flere EU-direktiver såsom direktivet om industrielle emissioner og direktivet om kontrol med risikoen for større uheld med farlige stoffer. Godkendelsesbekendtgørelsen indeholder også nationale regler. Biogasanlæg med en kapacitet på mellem 30 og 100 tons råmateriale pr. dag er opført som aktivitet J 205 i bilag 2 til bekendtgørelsen og vil have den relevante kommune som godkendelses- og tilsynsmyndighed. Hvis anlægget er omfattet af risikobekendtgørelsen, fx hvis det oplagrer større mængder biogas (Bekendtgørelse om kontrol med risiko for større uheld med farlige stoffer, BEK nr. 372 af 25/04/2016), kan staten dog være myndighed.

Anden relevant lovgivning og vejledning omfatter:

- Bekendtgørelse af lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (LBK nr. 1225), der gennemfører EU-direktiverne om miljøvurdering fra 2001, 2011 og 2014. Der skal laves en screening for miljøvurdering, før der bygges nyt biogasanlæg.
- Planlægning i områder med særlige interesser for drikkevand for en række industrier, der betragtes som potentielt truende, er opført i en bekendtgørelse, BEK nr. 1697 af 21/12/2016 og vejledning hertil.
- En håndbog om miljø og planlægning giver retningslinjer (Miljøministeriet, 2008) for, hvor biogasanlæg skal placeres og anbefaler afstanden til nærmeste nabo i byområder.
- Bekendtgørelse om standardvilkår i godkendelse af listevirksomhed. (BEK nr. 1537 af 9/12/2019). Afsnit 16 beskriver *standardvilkårene* til biogasanlæg (J 205), der modtager råmaterialer såsom affald og/eller husdyrgødning. Standardkravene omfatter modtagelse og oplagring af gødning og andre former for biomasse, rengøring af køretøjer, der anvendes til transport af biomasse, opvarmning af biomasse, anaerob nedbrydning, adskillelse af afgasset biomasse og oplagring af de adskilte biomasseformer samt opgradering og oplagring af biogas. De regulerede miljøspørgsmål omfatter luftemissioner (lugt, hydrogensulfid, støv og ammoniak), støj og forurening af jord og grundvand eller overfladevand. Den godkendende myndighed skal anvende standardkravene som grundlag for godkendelsen, men kan fastsætte andre krav, hvis standardvilkåret ikke er afbalanceret mellem miljøvirkning og økonomi, eller hvis det ikke er relevant.
- Bekendtgørelse om samordning af miljøvurderinger og digital selvbetjening m.v. for planer, programmer og konkrete projekter omfattet af lov om miljøvurdering

af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM) (bek. nr. 121 af 04/02/2019).

Endvidere understøtter vejledninger om luftemissioner, lugt og støj godkendelsesprocessen.

Med hensyn til tilførsel af råmaterialer og fraførsel af afgasset biomasse er følgende relevant:

- Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål, BEK nr. 1001 af 27/06/2018, fastsætter 2 grænseværdier i bilaget for tilførslen af affald til biogasanlæg der hovedsageligt behandler husdyrgødning. Grænserne er for tungmetaller, LAS, PAH, NPE, DEHP and PCB7.
- Forordningen om animalske biprodukter (Regulation (EC) No 1069/2009 of the European Parliament and of the Council, besluttet 21/10/2009) gælder generelt i EU og fastsætter sundhedsbestemmelser for animalske biprodukter og afledte produkter, der ikke er beregnet til konsum. Det betyder, at behandling i biogasanlæg kan være egnet til flere af disse produkter.
- Bekendtgørelse om bæredygtig produktion af biogas, (BEK nr. 301 af 25/03/2015) bestemmer, at bæredygtig biogasproduktion hovedsagelig skal baseres på restprodukter og affaldsprodukter. Det begrænser procentdelen af energiafgrøder i de anvendte råmaterialer.
- Bekendtgørelse om miljøregulering af dyrehold og om opbevaring og anvendelse af gødning (BEK nr. 760 af 30/07/2019).

7.2 Oversigt over regulering i Finland

Miljøgodkendelser på biogasanlæg er baseret på den opdaterede miljøbeskyttelseslov (527/2014) og bekendtgørelse (713/2014, ændret 584/2017). Ifølge bekendtgørelsen giver de regionale statslige forvaltningsorganer (AVI) i Finland tilladelse til biogasanlæg med en produktionskapacitet på 20.000 tons om året eller mere. Kommunen er den myndighed, der godkender mindre anlæg.

Ofte udløser professionel håndtering af affald behov for miljøgodkendelse til biogasanlæg, hvorimod sagerne kan variere for mindre anlæg. Stordriftshusdyrbrug skal også have en miljøgodkendelse, og hvis kun biomasseaffald, såsom gylle, fra egen gård behandles, kan tilladelsen indarbejdes i gårdens miljøgodkendelse.

Center for Økonomisk Udvikling, Transport og Miljø (ELY Centers) fører tilsyn med overholdelsen af de miljø- og vandgodkendelser, der er udstedt af AVI. Kommunerne fører tilsyn med de miljøgodkendelser, de udsteder.

Det finske sikkerheds- og kemikalieagentur (Tukes) udsteder licenser og fører tilsyn med sikkerheden af produkter, ydelser og industrielle aktiviteter i Finland. Flere love og bekendtgørelser lovgiver fx om sikkerhed for gasudstyr og håndtering og oplagring af farlige kemikalier.

Den finske fødevarer sikkerhedsmyndighed godkender biogasanlæg til gødningsanvendelse af afgasset biomasse. Endvidere skal gødningsprodukter, der markedsføres i Finland, enten optages på den nationale liste over typebetegnelser for gødningsprodukter eller, for EF-gødninger, på listen over typer EF-gødningsbetegnelser, der er anført i bilag I til EF-bekendtgørelse 2003/2003.

Gødning, som markedsføres i Finland, skal opfylde kravene i den finske gødningslov

(539/2006), som sikrer, at alle gødningsprodukter, der markedsføres i Finland, er sikre, af god kvalitet og egnet til planteproduktion. Bekendtgørelsen fra landbrugs- og skovbrugsministeriet om gødningsprodukter (24/2011) regulerer kravene til typebetegnelseslisten og kravene til kvalitet, mærkning, emballering, transport, opbevaring, anvendelse og andre krav samt de råvarer, der anvendes i gødningsprodukter. Anvendelse af spildevandsslam i landbruget reguleres ved Lovbekendtgørelse 282/1994.

Desuden gælder der flere love, bekendtgørelser og standarder for opførelse af et biogasanlæg samt for råvarer og produkter, afhængigt af arten af behandlede råmaterialer, produkter og anlægsaktiviteter.

Der kræves en miljøvurdering (VVM) ifølge Lov 252/2017 og Bekendtgørelse 277/2017 for anlæg med produktionskapacitet på 35.000 tons per år eller mere og det er derfor generelt ikke relevant for mindre biogasanlæg.

Forordningen om animalske biprodukter (Regulation (EC) No 1069/2009 of the European Parliament and of the Council, besluttet 21/10/2009) gælder generelt i EU og fastsætter sundhedsbestemmelser for animalske biprodukter og afledte produkter.

7.3 Oversigt over regulering på Færøerne

Færøerne har selvstyrestatus i Kongeriget Danmark og er ikke medlem af EU eller EØS. Færøerne har derfor deres egne love på de fleste områder. Industrianlæg reguleres i overensstemmelse med kapitel 5 i Miljøbeskyttelsesloven af 1988.

7.4 Oversigt over regulering i Island

Lov nr. 7/1998 om hygiejne og forureningskontrol skitserer miljølovgivningen om industriaktiviteter i Island. For små og mellemstore biogasanlæg vil kommunen være den godkendende myndighed. Større anlæg af IED-størrelse vil have Islands Miljøagentur som godkendelsesmyndighed.

7.5 Oversigt over regulering i Norge

Nye biogasanlæg skal ansøge om godkendelse i henhold til Forureningskontrolløven (Fylkesmannen).

For biogasproduktion fra spildevandsslam kan biogasanlægget betragtes som en integreret del af spildevandsrensningsanlægget og dermed indarbejdes i dets miljøgodkendelse.

Nye biogasanlæg kan blive bedt om at udføre screening i henhold til regulering om miljøkonsekvenser (Forskrift om konsekvensutredninger).

Den norske gødningsforordning «Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav» fastsætter kvalitetskrav til gødningsprodukter fra økologiske råvarer. § 10 definerer "kvalitetsklasser" for gødning med deres tilhørende grænser for metalindhold, og §25 fastsætter krav til brug af gødningsprodukter, der indeholder spildevandsslam.

EU's forordning om animalske biprodukter er implementeret i den nationale regulering i Norge. Den fastsætter sundhedsbestemmelser for animalske biprodukter og afledte produkter.

Hvis biogasanlæg opbevarer større mængder af biogas, kan forskrift om tiltag for at forebygge og begrænse konsekvenserne af store ulykker blive relevant (Forskrift om tiltak for å forebygge og begrense konsekvensene av storulykker i virksomheter der farlige kjemikalier forekommer (storulykkeforskriften)).

7.6 Oversigt over regulering i Sverige

I Sverige er der forskellige typer af krav, afhængigt af anlæggets størrelse og type, og dette er reguleret i en særlig bekendtgørelse om miljøgodkendelse, Miljöprövningsförfordningen (2013:251). Nogle typer anlæg er omfattet af godkendelser, som ansøges om på enten en af de 12

"Miljöprövningsdedesdelegationerna" i Sverige eller ved en af de fem jord- og miljødomstole, afhængigt af anlæggets størrelse og/eller miljøpåvirkning. Men ingen af anlæggene i denne undersøgelse er af den størrelse, der har brug for en godkendelse fra domstolene. Nogle af anlæggene inden for et størrelsesinterval på 30–100 ton om dagen behøver ikke en godkendelse, men skal i stedet anmeldes til tilsynsmyndigheden.

For biogasproduktion fra spildevandsslam kan biogasanlægget betragtes som en integreret del af spildevandsrensingsanlægget og dermed indarbejdes i godkendelsen.

Anlæg med godkendelse skal hvert år indberette deres miljøspørgsmål til tilsynsmyndigheden ("Tillsynsmyndigheten"). Rapporterne er i overensstemmelse med betingelserne i godkendelserne.

Andre relevante love og bestemmelser af betydning omfatter:

- Arbejdsmiljøloven ("Arbetsmiljölagen SFS 1977:1160"). Denne lov er generel på alle arbejdspladser i Sverige. Der skal udarbejdes en plan for arbejdsmiljøet.
- Regulering om vurdering af virkninger på miljøet af planer, programmer og specifikke projekter ("Miljöbedömningsförfordning 2017:966")
- Bekendtgørelsen om animalske biprodukter er generel i EU og indeholder betingelserne for forebyggelse af spredning af sygdomme inden for metoderne til flytning af animalske materialer. Man skal aflevere en ansøgning til det svenske landbrugsagentur ("Jordbruksverket"), der beskriver processen grundigt. (The EU Parliament and the Council, 2009)
- I samme proces med at ansøge kommunen om en tilladelse til byggeri ("bygglov"), skal man også aflevere en ansøgning om håndtering af brændbare og eksplosive varer i biogasanlægget. Dette i henhold til loven om brændbare og eksplosive varer ("Lag (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor").
- I Loven om beskyttelse mod ulykker ("Lag (2003:778) om skydd mot olyckor") hedder det, at man skal have en plan for nødsituationer i ens virksomhed, som er af stor betydning i større anlæg. Der bør også arbejdes med forebyggende foranstaltninger.

- Hvis der håndteres store mængder kemikalier eller hvis den opbevarede mængde biogas er stor på et anlæg, skal man overholde Seveso-forordningerne om forebyggelse og begrænsning af følgerne af alvorlige kemiske ulykker ("Lag (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor").

7.7 Oversigt over regulering på Ålandsøerne

Åland har sin egen provinslovgivning på en række vigtige områder baseret på sin autonome position. Miljøgodkendelser til industrianlæg er beskrevet i bekendtgørelse i provinsloven om miljøbeskyttelse (ÅFS 2008:124, ændrad ÅFS 2015:14) og bekendtgørelse (ÅFS 2008:130, ændrad ÅFS 2015:15). Den godkendende myndighed er Miljø- og Sundhedsstyrelsen i Åland (ÅMHM).

Ofte udløser professionel håndtering af affald behov for miljøgodkendelse til biogasanlæg, mens det for mindre anlæg kan variere. Desuden har stordriftshusdyrbrug brug for en miljøgodkendelse, og hvis kun biomasse affald fra egen gård behandles, kan tilladelsen integreres i bedriftens miljøgodkendelse.

Affaldshåndtering reguleres på Åland ved provinsloven (2018:83) om anvendelse af den nationale affaldslov og provinsdekret (2018:90) om affald.

Ålands Landskapsregering (ÅLR) lovgiver og fører tilsyn med sikkerheden af produkter, tjenester og industrielle aktiviteter.

8. Miljøpåvirkning fra biogasproduktioner

I dette kapitel beskrives miljøbelastning fra biogasproduktion, og i næste kapitel beskrives løsninger for at afværge eller, hvis det ikke er muligt at begrænse miljøpåvirkningerne.

Biogasprocessen kan ses som havende en positiv miljøpåvirkning, da den anvender affaldsprodukter og biomasserester som råmateriale og producerer værdifulde produkter til energi og jordforbedring. Biogasprocessen muliggør en mere effektiv anvendelse af gødnings-baserede næringsstoffer, som kan reducere næringsstofudvaskningen, reducere behovet for mineralsk gødning og reducere metan-emissionerne fra oplagring af husdyrgødning. Biogasanlæg har således en positiv effekt på klimadagsordenen, da biogassen kan erstatte fossile brændstoffer som kul, olie og naturgas, og den afgassede biomasse reducerer drivhusgasserne fra landbruget.

Følgende potentielle miljøpåvirkninger skal dog tages i betragtning i forbindelse med konstruktion og drift.

8.1 Proceffektivitet

En væsentlig miljøpåvirkning er biogasprocessens effektivitet, idet den påvirker ressourceeffektivitet og cirkulær økonomi. Høj effektivitet betyder højt udbytte i form af en stor produktion af værdifuld biogas fra tilførsel af råmateriale og/eller afgasset biomasse af god kvalitet. Effektiviteten af biogasanlægget afhænger primært af, hvor godt processen fungerer. Hvis processen fungerer godt, og der ikke er nogen procesforstyrrelser, er energieffektivitet god, og den afgassede biomasse er af god kvalitet og omvendt.

8.2 Emissioner til luft, herunder lugt

Potentielle luftemissioner fra biogasanlægsprocesser omfatter:

- Metan (CH_4), som er en stærk drivhusgas og også en potentiel helbreds- og sikkerhedsrisiko.
- Ammoniak (NH_3), som kan føre til for høje koncentrationer af næringsstoffer i miljøet og også er lugtende.
- Andre lugtforbindelser, herunder hydrogensulfid (H_2S), andre svovlforbindelser samt flygtige fedtsyrer (VFA), som er mellemprodukter af anaerob nedbrydning.

En biogasproces er en lukket proces. Potentielle kilder til luftemissioner er imidlertid modtagelse af råmaterialer, oplagring af afgasset biomasse, lækager og forstyrrelser i processen. Ser man på faserne før biogasprocessen, opstår der

emissioner til luft fra stalde med husdyr. Efter biogasprocessen kan spredningen af afgasset biomasse på landbrugsjord føre til luftemissioner, men typisk lavere, end hvis råmateriale blev spredt direkte på landbrugsjord uden at gå gennem en biogasproces.

Minimering af udsivning af metan er vigtig. Undersøgelser baseret på målinger viste tab på 4,2 % af den producerede biogas før reparation af lækager og 0,8 % efter. (Danish Energy Agency, 2016)

Trafik til og fra anlægget forårsager også luftemissioner.

8.3 Forurening af jord og vand

Risikoen for forurening af jord og vand kan ses i forbindelse med regnvand fra modtagelse af råmateriale, køretøjsvask og oplagringsområder, da vand herfra potentielt indeholder organisk materiale og næringsstoffer og kan kræve behandling. Hvis det ikke er tilstrækkeligt opsamlet, behandlet og spredt, kan det udgøre en risiko for forurening af jord, grundvand og overfladevand.

Udnyttelse af afgasset biomasse har den miljømæssige fordel, at det reducerer brugen af mineralsk gødning. Det kan dog udgøre en potentiel risiko for forurening af jord, grundvand og overfladevand (næringsstoffer og farlige stoffer), hvis det anvendes uhensigtsmæssigt. I EU/De Nordiske lande giver lovgivningen ret strenge regler for, hvilken type materiale, hvor meget og hvordan det kan spredes på jorden. Der er grænser for tungmetaller, patogener samt maksimal anvendelse af næringsstoffer pr. areal som beskrevet i afsnittet Kort oversigt over lovgivningsmæssig regulering.

Hvis afgasset biomasse afvandes for at adskille fast fase fra flydende fase, og væskefasen ikke kan returneres til processen eller anvendes i landbruget, såsom i anlæg til spildevandsslam, skal det behandles. Dette spildevand har højt organisk materiale og næringsstoffer, især NH_4 -indhold.

8.4 Støj

Trafik samt køretøjer, pumper, ventilatorer, gaskompression og eventuel forbehandling, fx. opskæring producerer støj. Støj kan reduceres ved regelmæssig vedligeholdelse af ventilatorer, motorer osv. Dette er generelle aspekter i de fleste brancher og indgår ikke i beskrivelsen af BAT-teknikker i næste kapitel.

8.5 Mulige miljøbelastninger

Biogasanlæggets miljøbelastning kan variere meget på forskellige anlæg af flere årsager:

- Anlæggets placering. Især lugt kan give problemer, hvis der er tilstødende boliger. Næsten alle anlæg forårsager lugt til tider.
- Biogasanlæggets miljøpåvirkninger skal vurderes nøje, især hvis anlægget er økologisk følsomt. Placering af biogasanlæg på vigtigt grundvandsområde

anbefales ikke og er muligvis ikke i overensstemmelse med lovgivningen eller vejledning. Hvis regnvand eller spildevand er planlagt til at blive udledt til miljøet, skal påvirkninger på recipienter/vandløb og nødvendig behandling vurderes nøje.

- Råvaretypen, og hvordan materialet håndteres, bestemmer i høj grad miljøpåvirkningerne. Forskellige materialer kræver forskellig behandling, og alle materialer er ikke egnede på alle steder og i alle processer som yderligere beskrevet i det følgende. Fx. fastsættes der restriktioner, når der anvendes spildevandsslam.
- Generelt gælder, at jo større anlægget er, jo større er de potentielle påvirkninger, men det gælder ikke altid. Større anlæg kan være mere stabile at betjene. Derfor kan mindre anlæg udgøre en endnu større risiko med fx lugtemissioner, hvis driften ikke er professionel. Mindre anlæg kan drives som led i landbrugsaktiviteter med færre ressourcer til overvågning af processen.

BAT-kandidater er beskrevet inden for de vigtigste miljøpåvirkninger og drøftes i kapitel 9.

9. BAT teknikker

Da teknikker, der kan anses som BAT blev identificeret, blev der først udviklet en bruttoliste. Listen blev derefter prioriteret i henhold til følgende forhold:

- BAT, der omhandler de identificerede vigtigste miljøindikatorer
- BAT vurderet til at have en betydelig reduktion i emissioner og påvirkninger
- BAT, som er økonomisk og teknisk bæredygtig mht. omkostninger og fordele,
- BAT, som primært er udviklet eller har oprindelse i de nordiske lande

Sektoren dækker meget forskellige typer og størrelser af installationer, der udnytter forskellige typer råmaterialer og producerer forskellige typer produkter. Anlæggenes tekniske og økonomiske muligheder samt miljøbelastning varierer meget og er i høj grad specifikke for det enkelte anlæg. Desuden har anlæggets beliggenhed og lokale forhold indvirkning på miljøgodkendelsen.

Eksempler på teknikker, der kan ses som BAT, er beskrevet nedenfor. Emissioner og forbrug er beskrevet på et generelt niveau. For at illustrere, hvordan teknikken anvendes, og hvilke udfordringer den løser, gives der eksempler.

Ikke alle teknikker er egnede til alle typer af anlæg, hvilket er beskrevet under afsnittene om "anvendelighed".

I nogle tilfælde fører en teknik til nye miljøbelastninger, der skal overvejes, før man vælger at bruge teknikken. For eksempel fører rengøring af gas med en skrubber til spildevand. Det beskrives som "tværmedie-effekt".

Endelig beskrives de økonomiske overvejelser for hver teknik.

9.1 BAT for placering af biogasanlæg

9.1.1 Beskrivelse af teknik

Allerede i planlægningsfasen for et biogasanlæg er placeringen yderst vigtig.

Det vigtigste er afstanden til det nærmeste beboelsesområde og andre følsomme receptorer, da selv et velfungerende biogasanlæg undertiden kan forårsage gener, lugt og støj. Desuden kan det ses som BAT at tage hensyn til infrastrukturen, da biogasanlæg baseret på gødning fra flere gårde, organisk husholdningsaffald eller forskellige kilder til biomasse vil medføre øget trafik. Minimering af transport, muligheden for at få råvarer og for at udnytte forgasset biomasse nær anlægget er også vigtige aspekter. Afstand til nærmeste varme- og gasmarked er ligeledes relevant.

Miljømæssige forhold ved anlæggets placering skal overvejes nøje, og lovgivning og retningslinjer vedrørende placering nær grundvandsressourcer eller andre krav skal være opfyldt.

Placering af biogasanlæg er også et sikkerhedsspørgsmål på grund af risiko for brand eller eksplosion.

Eksempler:

I Danmark bruges en håndbog om miljø og planlægning ofte som vejledning, når et biogasanlæg skal placeres. (Miljøministeriet, 2008) Den omfatter parametre for støj og uskadelige emissioner såsom lugt – men ikke grundvandsbeskyttelse, som behandles under andre retningslinjer. Et dansk biogasanlæg blev placeret tæt på et stort slagteri. Gode transportmuligheder og nærhed til slagteriet, der leverede råmateriale, var i fokus, da placeringen blev besluttet.

I Sverige lå et biogasanlæg på en sukkerfabrik, hvilket gjorde det muligt at udnytte restkoncentrationerne fra sukkerproduktionen.

I Island vil det biogasanlæg, der er under opførelse, og som er nævnt i kapitel 6, anvende organisk affald fra husholdninger, og derfor er en placering i nærheden af hovedstaden rationel.

Et andet eksempel på en god placering af biogasanlæg, der behandler blandet råmateriale, er et gammelt deponeringsområde, hvor også lossepladsgassen anvendes på biogasanlægget.

9.1.2 Udlednings- og forbrugstal

Afhængigt af placering og det nærliggende landskab og lokale vejrforhold er belastningen fra udledninger på mennesker og miljø forskellige, men en vis afstand til nærmeste naboer sikrer, at eventuelle udledninger vil blive fortyndet og belastningen reduceret.

9.1.3 Anvendelighed

Gælder alle anlæg.

9.1.4 Tvær-medie effekt

Ingen identificeret.

9.1.5 Økonomi

Hvis en placering øger den nødvendige transportafstand eller -tid for anlægget, kan det også øge omkostningerne til transport af råvarer og produkter.

9.2 BAT for ledelsessystem

9.2.1 Beskrivelse af teknik

Ledelsessystem er et værktøj, som operatørerne kan bruge til at håndtere projekterings-, konstruktions-, vedligeholdelses-, drifts- og nedlukningsspørgsmål på en systematisk og synlig måde. Drift af biogasanlæg på en professionel, systematisk og synlig måde er meget vigtigt og resulterer i gode procesresultater.

Mindre biogasanlæg kan have personale på kun 1-2 personer for at være økonomisk bæredygtige, hvilket betyder, at et certificeret ledelsessystem som ISO kan være

unødigt tungt – et mindre system kan være nok, så længe det indeholder alle kritiske procedurer og bestemmelser.

Anlægget bør have kritiske procedurer og bestemmelser på plads, herunder følgende, der skal drøftes yderligere i de kommende kapitler:

- Beredskab til uventede situationer, procesforstyrrelser, spild, udslip, ulykker.
- Procedure for at sikre, at processen fungerer, overvågning af centrale parametre for proces, råmaterialer og produkter.
- Sikre, at personalet er professionelt og uddannet og forstår biogasprocessen (også backupplan, hvis en person bliver syg eller forlader virksomheden)
- Procedurer for forebyggende vedligeholdelse, og at udstyret er gastæt og sikkert.

Ofte kommer disse krav i det mindste delvis fra flere lovgivninger og er en del af tilladelser og godkendelseskrav, fx krav om fødevarer, brand, kemisk sikkerhed og miljømyndigheder.

Fordelene ved et ledelsessystem er:

- Bedre risikostyring
- Forbedret dokumentation og facilitering af rapportering til myndighederne
- Bedre registreringer af kommunikation med myndigheder
- Bedre grundlag for løbende forbedringer.

Eksempel:

Instruktioner, der er vigtige for miljøpræstationer, er en del af standardkravene i den danske lovgivning. De kan også ses som BAT i små organisationer, og de omfatter:

- Hvordan personalet skal agere for at undgå udledning og spild af biomasse, biogas og afgasset biomasse, når der modtages biomasse, og når biomasse, biogas og afgasset biomasse håndteres.
- Procedurer for kontrol og vedligeholdelse af reaktortanke og -rør for at sikre, at de til enhver tid er gastætte. Yderligere oplysninger om, hvordan dette kan gøres, kan ses i afsnittet med beskrivelse af BAT for diffuse emissioner til luft.
- Procedurer for kontrol og vedligeholdelse af udstyr til reduktion af luftemissioner og procedurer for driftsforstyrrelser, herunder perioder, hvor udstyret ikke fungerer efter hensigten.
- Procedurer for kontrol og vedligeholdelse af en eventuelt fakkell.
- Procedurer for kontrol og vedligeholdelse af udstyr til biogasudnyttelse (kedel-, gasmotor- og gasopgraderingssystem).
- Procedurer for opstart af biogasanlægget og rengøringsudstyr, herunder tidsforbrug.

9.2.2 Emissions- og forbrugstal

God ledelse fører til færre emissioner, men det er svært at vurdere omfanget af de afværgede emissioner.

9.2.3 Anvendelighed

Ledelsessystem kan implementeres for enhver teknisk drift, kun størrelsen og omfanget skal skræddersys, baseret på formålet. Måske er et certificeret system for omfattende til mindre anlæg. Disse krav kommer imidlertid ofte, i det mindste delvis, fra fødevarer, brand, kemiske og sikkerhedsmæssige tilladelser og godkendelseskrav.

Et ledelsessystem er en proces med løbende forbedringer, hvor en organisation konstant gennemgår og reviderer systemet.

9.2.4 Tværmedie-effekt

Der er ikke identificeret negative tværmedie-effekter for ledelsessystemer.

9.2.5 Økonomi

Gennemførelsen af et ledelsessystem vil kræve visse investeringsomkostninger, navnlig i menneskelige ressourcer. Når systemet er i drift, bør der ikke være ekstra omkostninger for anlægget.

Et ledelsessystem systematiserer driften og minimerer risici og kan i bedste fald resultere i omkostningsbesparelser.

9.3 BAT for valg af egnet råvare til samudrådning

9.3.1 Beskrivelse af teknik

I samudrædningsanlæg blandes forskellige typer råmaterialer. Hvis et anlæg har fleksibilitet i miljøgodkendelsen til at vælge råmaterialer, kan det udnytte flere affaldsfraktioner til råmaterialer og dermed forbedre den cirkulære økonomi. For at reducere emissionerne og forbedre biogasanlæggenes samlede miljøpræstationer kan det betragtes som BAT at vælge egnede råmaterialer. Nogle forbindelser i råvaren er hæmmende for mikroorganismerne i store koncentrationer.

Utilstrækkelig tilførsel af næringsstoffer og sporstoffer samt for høj udrådning af substratet kan forårsage hæmning og forstyrrelser i udrædningsprocessen. Proteiner nedbrydes i biogasprocessen til ammoniak, hvilket kan hæmme metanproduktionen. Ammoniak er også en potentiel kilde til luftemissioner og lugt. Svovl er et andet vigtigt næringsstof for mikroorganismerne, mens for store koncentrationer af svovl kan føre til dannelse af hydrogensulfid, merkaptaner og andre stærkt lugtende forbindelser. Nogle forbindelser er hæmmende selv i meget lave koncentrationer, for eksempel forbindelser i kemikalier såsom desinfektionsmidler og antibiotika. Andre danner lugtende forbindelser. (Seadi A. T. et al, 2008)

Medmindre der opnås en stabil drift, er det vanskeligt at sikre en god samlet miljøpræstation.

Nogle råmaterialer fx spildevandsslam kan begrænse brug af den afgassede biomasse.

Hvis der er tale om nye råvarer, skal deres egenskaber vurderes ud fra forskellige kriterier:

- Er den nye råvare egnet til processen med hensyn til procesoverbelastning, hæmning og lugtemissioner? Dette er yderligere beskrevet i dette kapitel.

- Er råvaremodtagelsesområdet/-udstyr egnet til den nye råvarer? Potentielt lugtende råvarer kræver særlig opmærksomhed. Dette er yderligere beskrevet under kapitlet "BAT for modtagelse af råmaterialer"
- I tilfælde af spredning af afgasset biomasse på agerjord: Er det nye råmateriale egnet til anvendelse på jorden? Nogle anlæg har to linjer til forskellige typer af råvarer til forskellige anvendelser af afgasset biomasse.

Anlægget bør have godkendelseskriterier og omhyggelig vurdering af egnede råvarer. Lovgivningen om landbrugets anvendelse af afgasset biomasse kræver også, at affaldets oprindelse er kendt og sporbar. Det er værd at bemærke at især visse typer af industriaffald kan have stor variation i sammensætningen.

For at bringe koncentrationen af giftige stoffer ned på et niveau, der passer til mikroorganismerne, og for at levere manglende næringsstoffer og et passende fugtindhold ved anvendelse af samudrånede råmaterialer med forskellige karakteristika, kan det betragtes som BAT at blande råmaterialerne på passende vis. Dette kræver generelt at man holder styr på, hvor de forskellige råvaretyper opbevares, og at der er oplysninger om indholdet af næringsstoffer, giftstoffer og vand, som er lettilgængeligt for den operatør, der er ansvarlig for opblandingen.

Det er ikke muligt at skrive en generel liste her i denne rapport over råmaterialer, der er acceptable for alle biogasanlæg, da egenskaberne for selv samme råvare kan variere meget, og mikrobiologien i biogasprocessen i høj grad tilpasser sig de aktuelle forhold. Det betyder, at det skal overvejes for det enkelte anlæg. Der er dog generel viden om komponenter i råvaren, der kan give problemer.

Eksempler:

- En udfordring er blevet set i et anlæg med problematisk affald fra mucosa, et biprodukt fra produktionen af et blodfortyndende lægemiddel, som har et højt svovlindhold. Når mucosaen nedbrydes i biogasprocessen, frigives svovl til gassen som H_2S , hvilket resulterer i et stigende behov for gasrensning for at fjerne gassen for at opretholde et vist niveau af H_2S i gassen før udnyttelse.
- Glycerin fra biodiesel eller andre typer af høj fedtholdig biomasse kan udfordre et biogasanlæg, da det flygtige organiske tørstofindhold er højt og kan resultere i et indhold af flygtige faste stoffer, som er for højt til biogasprocessen.
- Proteinnedbrydning producerer ammoniak på fri form, som er hæmmende for anaerobe mikroorganismer i høje koncentrationer. Lipider, på den anden side, kan forårsage problemer i anaerob udrådning på grund af deres tendens til at danne flydende skum og akkumulere langkædede fedtsyrer, som er mellemprodukter i lipid-nedbrydning.
- En kommune har givet en tilladelse til et anlæg, der både giver en høj fleksibilitet i valget af råmateriale og samtidig forhindrer og reducerer emissionerne. Anlægget har en større kapacitet end 100 tons råmateriale om dagen, men eksemplet kan stadig tjene som inspiration for anlæg med en kapacitet på 30-100 tons om dagen. Udvalgte dele af tilladelsen er anført i Appendix 1.

9.3.2 Emissions- og forbrugstal

Emissionerne afhænger overvejende af råvaren. Nogle råmaterialer kan være meget

mere lugtende end andre og kræver forskellige typer af modtagelse på stedet og reduktion af emissioner.

9.3.3 Anvendelighed

Det er afgørende for alle anlæg i alle størrelser og typer at overveje, hvilket råmaterialer der er optimale.

9.3.4 Tværmedie-effekt

Ingen identificeret.

9.3.5 Økonomi

Der er forskellige økonomiske aspekter ved vurderingen af hvad der er optimale råvarer for et anlæg:

- Optimalt råmateriale producerer optimal biogas. Derfor går god procesydelse og økonomi for anlægget hånd i hånd.
- Forskellige råmaterialer kan have forskellige gate-gebyrer.
- Forskellige råmaterialer har en meget forskellig kemisk sammensætning og biogasudbytte på grund af deres forskellige nedbrydelighed og sammensætning.
- Råvarernes kvalitet påvirker produkternes kvalitet, og hvor den er egnet til at blive anvendt. Fx kan spildevandsslam som råmateriale begrænse anvendelsen af afgasset biomasse i landbruget.

9.4 BAT for modtagelse af råmaterialet

Modtagelse af råmateriale kan føre til diffuse emissioner til luft og kan påvirke jord, grundvand og regnvand.

Generelt kan kravene til modtagelse af affald variere meget på forskellige anlæg, idet de er enklere på gårdbiogasanlæg og mere komplekse på samudræningsanlæg, der behandler forskellige typer restprodukter og affald.

9.4.1 Beskrivelse af teknikker

Generelle teknikker til forebyggelse af emissioner til luft

Generelt kan det ses som BAT at modtage råmaterialer fra køretøjer med tank, lukket beholder eller lukket boks eller via lukkede rørsystemer og at modtage råmaterialer indendørs i fx modtagehal med kontrolleret ventilation og luftrensning eller via rør, se figur 14.

Undtagelse herfra er, hvis råvaren ikke kan pumpes, og myndigheden vurderer, at der ikke er risiko for lugt- eller støvproblemer ved nærmeste nabo- eller arbejdsmiljørisiko for støv; i de tilfælde kan råmaterialer modtages og oplagres udendørs. I tilfælde af udendørs oplagring kan det anses for BAT at have råvaren tildækket og at opsamle alt regnvand fra området til behandling (som nærmere beskrevet nedenfor).

Forskellige typer affald kan kræve separate modtagelsesområder, fx hvis slagteriaffald kræver hygiejnisering.

Det anses også for BAT at have en alarm, når tanken er fuld i modtagertanke, med alarmen installeret, så det kan registreres, hvorfra aflæsningen foregår.



Figur 14: Indendørs modtagelse. Emballage fjernes før behandlingen i biogasanlægget.

Generelle teknikker til beskyttelse af jord, grundvand og regnvand

Som i andre brancher anses det for at være BAT at forhindre spild og udsivning til jord, grundvand, regnvand og recipienter eller vandløb.

Beholdere, tanke og biofiltre skal være fremstillet af holdbare og tætte materialer. Beholderne skal være modstandsdygtige over for påvirkninger fra anvendelsen, herunder lastning, losning, blanding og beklædning. Hvis der opstår lækager, skal de straks repareres. Containere og tanke over jorden skal anbringes med et dige eller i en beholder, der kan opsamle eventuel lækage fra tanke eller samlinger. Andre tanke og beholdere skal have perimeterafløb og mandehul til inspektion og prøveudtagning. Oplagringssteder og genlasteområder skal være fremstillet af uigennemtrængeligt materiale, der kan modstå belastningerne fra køretøjer og maskiner, der læsser og lossrer, og fra det opbevarede materiale.

Vand fra lastning, udendørs lagerområder og vaskeområder for køretøjer skal normalt opsamles og om muligt pumpes ind i biogasreaktoren efter nødvendig forbehandling (fx. fjernelse af sand, eventuel forvarmning). Hvis det ikke er muligt, skal vandet på anden måde behandles på passende vis. Et eksempel på område for modtagelse af råmateriale ses på figur 15.



Figur 15: Modtagelsesområde til råmateriale med mulighed for at vaske køretøjer på området.

Just-in-time modtagelse

Oplagringstiden for råvaren på anlægget, før den føres ind i udrådningstanken, bør være tilpasset forholdene. Lang oplagringstid øger den diffuse emission af metan og ammoniak uden for udrådningstanken, hvilket kan være et problem, hvis gassen ikke opsamles, og kort oplagringstid øger risikoen for ustabil produktion hvis anlægget løber tør for råmaterialer. Nogle anlæg sigter mod "just-in-time" modtagelse ved at have aftaler med råvareleverandører om, at de leverer råmateriale, når biogasanlægget skal bruge det i stedet for, når det er tilgængeligt fra leverandøren.

Gårdbiogasanlæg kan have just-in-time modtagelse, hvis gyllen fra husdyrgødning kan pumpes og dermed kan pumpes direkte fra staldene til anlægget. Løsninger i stalden, der minimerer gødningens overfladeareal, kan yderligere bidrage til at minimere diffus emission af metan og ammoniak i stalden. Dette emne er dog uden for dette projekts anvendelsesområde, og læseren rådes til at søge andre steder for at finde yderligere oplysninger.

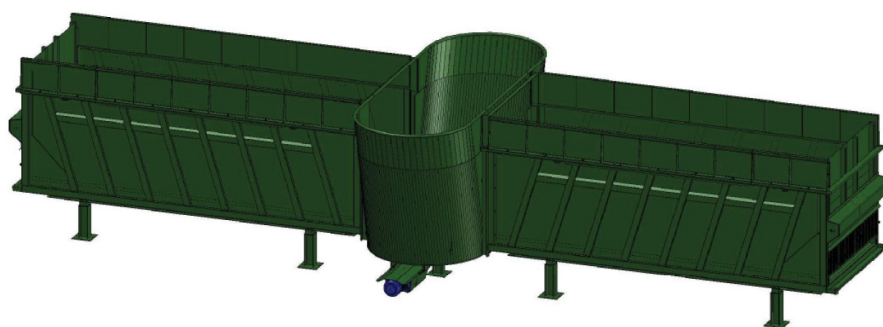
Under alle omstændigheder skal biogasanlægget have tilstrækkelig lagerkapacitet til råmaterialer, også i tilfælde af procesforstyrrelser og vedligeholdelsesafbrydelser under processen.

Biomixer til fiberholdige fraktioner

De råmaterialer, der kan leveres udendørs, leveres ofte på et sted med faste vægge og med et tæppe eller presenning som dække. Dybstrøelse af gødning blandet med halm (dybstrøelse) fra husdyr er et typisk eksempel. Når der anvendes mobile maskiner til at skære halmen fra dybstrøelsen og læsse fødesystemet, skal presenningen fjernes og sættes tilbage bagefter. Typisk vil en mobil maskine skære større partier af fiberholdige fraktioner på kortere tid udendørs, hvilket kan forårsage diffuse emissioner af støv og lugt.

For at få en mere operationel håndtering kan der anvendes en såkaldt biomixer, se figur 16. Biomixeren har en lagerkapacitet på 3-4 dage, og den skubber biomassen mod en enhed, der river den fiberholdige fraktion fra hinanden og behandler mindre mængder kontinuerligt. Det erstatter behovet for at have mobilt udstyr, der udfører det samme arbejde. Et anlæg, der er større end 100 tons om dagen (Madsen bioenergi), har et lignende anlæg, som forhindrer eller reducerer udledningen af støv og lugt. Biomixeren kan betragtes som en form for overdækket forbehandling eller oplagring.

Biomixeren omfatter vejeceller, der er tilsluttet kontrolsystemet, og som gør det muligt for operatøren at følge en given opskrift på blanding af råmaterialer. Dette kræver større investeringer, men kan spare arbejdstid og reducere udledning.



Figur 16: Eksempel på biomixer.

Eksempler

De generelle teknikker indgår i de danske standardvilkår og anvendes dermed i vid udstrækning i Danmark. Just-in-time modtagelse er kendt på nogle få danske anlæg, og det samme gælder biomixer til fiberholdige fraktioner, men de to teknikker er ikke omfattet af de danske standardvilkår.

9.4.2 Emissions- og forbrugstal

Emissionstallene er relateret til diffuse emissioner, se kapitlet herom. Modtagelse af råmaterialer ved hjælp af en biomixer vil forbruge energi, men også spare brændstof til traktorer, front-end læssere eller andre maskiner.

9.4.3 Anvendelighed

De generelle teknikker til modtagelse af råmaterialer er anvendelige for alle anlæg, nogle afhænger dog af risikoen for diffuse lugt- og støvemissioner. Gårdbiogasanlæg kan være mere enkle anlæg end anlæg til samdråbning af forskellige typer af råvarer.

Vejrforhold, såsom sne og frost, skal overvejes og kan begrænse anvendeligheden af visse teknikker for modtagelse.

"Just-in-time" modtagelse gælder for gårdbiogasanlæg, hvor råvaregyllen kan pumpes og dermed kan pumpes direkte fra staldene til anlægget.

For andre anlæg er "just-in-time " anvendeligt, hvis leverandørerne har tilstrækkelig lagerkapacitet og er villige til at opbevare råvaren, indtil biogasanlægget har brug for den. Anvendeligheden kan også være begrænset for anlæg beliggende i områder med store mængder sne, der påvirker trafikken. Råmaterialer, der kun høstes få gange om året, er ikke egnede til just-in-time modtagelse. Det er vigtigt, at just-in-time modtagelse ikke fører til hurtige ændringer af råmateriale typer, da det vil påvirke biogasprocessens funktionalitet.

Modtagelse af råmaterialer i en biomixer er kun anvendeligt for anlæg, der anvender råmaterialer, som er egnede til mixeren, og på grund af de relativt høje investeringsomkostninger er den kun anvendelig for anlæg, hvor fordelene opvejer omkostningerne (proportionalitet).

9.4.4 Tværmedie-effekt

Der blev ikke identificeret nogen tværmedie- effekt.

9.4.5 Økonomi

Økonomien for modtagesystemet afhænger i høj grad af typer af restprodukter og affald, der behandles på anlægget. Generelt har landbrugsbiogasanlæg mere enkle og billige systemer i forhold til affaldsbehandlingsanlæg, der behandler forskellige typer affald.

Just-in-time modtagelse kræver lagerkapacitet hos leverandøren, som til gengæld kan kræve, at det afspejles i kontrakten på råmaterialer.

Biomixer og doseringssystem bruges for det meste på større anlæg og kan være for dyrt for nogle af de anlæg, som er omfattet i denne rapport.

9.5 BAT til at mindske rørførte luftemissioner

9.5.1 Beskrivelse af teknikker

Udsugningsluft fra tanke og beholdere med biomasse, der ikke er udrådnede, fra modtagelseshal og fra rum til separering af behandlet biomasse, ledes til et luftrensesystem eller til en tilstrækkelig høj skorsten for reduktion af lugtemissioner til et niveau, der ikke giver gener i omgivelserne. Anlæggets placering og type skal tages i betragtning ved vurderingen af behovet for overvågning af rørførte luftemissioner. Et gårdbiogasanlæg kan for eksempel reducere lugtgener i forhold til situationen, hvis der ikke var et biogasanlæg på gården. Placering på fjerntliggende tidligere deponeringsanlæg er mindre følsomme i forhold til placering tæt på boliger.

Teknikker, der kan betragtes som BAT for at reducere sådanne emissioner til luft fra rør, kanaler og skorstene af lugtende forbindelser såsom H_2S og NH_3 er at bruge en eller en kombination af luftrensningsteknikker såsom:

Kulfilter

Kulfilter består af aktivt kul i en beholder (ofte i kassetter), hvor luften ledes igennem og reducerer H_2S og visse andre lugtkomponenter ved adsorption. Efter nogen tid bliver et kulfilter mættet, og materialet skal udskiftes eller regenereres.

Biofilter

Et biofilter består af en "bed" af organisk materiale som bark, rødder, kompost og noget inert materiale som ler eller polyuretan. Når emissionen passerer gennem bed'en, vil den blive biologisk oxideret af naturligt forekommende mikroorganismer og blive omdannet til kuldioxid, vand, uorganiske salte og biomasse. Et biofilter skal udformes, så det passer til emissionstyperne med hensyn til fx rensningskapacitet, densitet og porøsitet af bed-materialet. Et ventilationssystem cirkulerer luften i systemet for at sikre en ensartet luftfordeling gennem bed'en. (Commission, 2018). Biofilter og kulfilter kan bruges i kombination. Et eksempel er det såkaldte hybridfilter, hvor aktivt kul er belagt med biokultur.

Vådskrubning

Vådskrubning med fx vand, syre eller base kan fjerne stoffer fra luftstrømmen og overføre dem til en væske ved absorption. Skrubbevæsken sprøjtes ind i gassen, og eventuelt fyldes mindre ringe eller bolde i reaktoren for at give væsken en større overflade.

Hvis vådskrubber og biofilter anvendes i kombination, skal man være opmærksom på at visse lugtholdige forbindelser, såsom merkaptaner og H_2S , kan forårsage forsuring af biofiltermediet. Brug af en vandig eller alkalisk skrubber til justering af pH før biofilteret kan være en løsning. (Commission, 2018)

Kombination af behandling af ventileret luft med behandling af den producerede biogas. (Skrubber til opgradering af biogas ved at fjerne H_2S - og CO_2 -producerende slutprodukt biometan).

Figur 17 nedenfor viser eksempel på biofilter og vådskrubber.



Figur 17: Biofilter (til venstre) og vådskrubber (til højre).

9.5.2 Emissions- og forbrugstal

Rensning af luft vil reducere emissionerne til miljøet. Afhængigt af, hvilken type system der gennemføres, vil luftrensningen resultere i øget forbrug og omkostninger.

Et kulfilter bliver mættet efter et stykke tid og skal udskiftes eller regenereres. Nogle leverandører tilbyder at skifte det aktive kul som en service.

Biofilter bruger energi til ventilatoren og kræver et vandforbrug og næringsstoffer og afhængigt af leverandøren, et medie, hvor bakterierne kan vokse, såsom bark eller ekspanderede lerkugler og eventuelt energi til opvarmning.

I en vådskrubber kan den absorberende væske (fx. syre, base, brintoverilte) ofte cirkuleres, men når væsken er mættet, skal den enten renses, før den tages i brug igen, eller der skal tilsættes frisk væske.

9.5.3 Anvendelighed

Emissionernes sammensætning kan påvirke anvendeligheden af visse teknikker.

Nogle anlæg er i stand til at opfylde emissionsgrænseværdierne i deres miljøgodkendelser uden emissionsreduktionsudstyr, andre med et biofilter eller kulfilter alene, og andre igen bruger vådskrubning eller en kombination af teknikker. Ikke alle nordiske biogasanlæg har overvågning eller grænser for luftemissioner.

Biologisk luftrensning med biofilter har været anvendt længe i Danmark og er kendt for at fungere godt, hvis H_2S -indholdet er stabilt. Kemisk luftrensning er mindre følsom over for temperaturudsving og fungerer godt, hvis luftstrømmen er stabil.

Anvendeligheden afhænger af behovet for lugt- og emissionsreduktion. Balancen mellem omkostninger og fordele og dermed proportionaliteten påvirker anvendelsen

af luftrensning. Behovet for lugtreduktion afhænger både af nærheden til boligområder og koncentrationen af emission i luften.

Teknikker til at reducere luftemissioner anvendes sjældent på mindre anlæg med stor afstand til naboer, især hvis de har en forbehandlingstank, der fører udledningen til den producerede biogas.

9.5.4 Tværmedie-effekt

Brugen af vådskrubber fører til spildevand, der skal håndteres korrekt. Hvis skrubberen kun bruger vand, kan det være muligt at returnere det til rådnetanken.

9.5.5 Økonomi

Alle rensningsteknikker medfører omkostninger for biogasanlægget. Omkostningerne ved luftrensning med biofilter betragtes som billigere end luftrensning med kulfilter og kemisk behandling i fx en vådskrubber.

9.6 BAT for at reducere diffuse luftemissioner

9.6.1 Beskrivelse af teknikker

En biogasproces er en lukket proces, men der kan stadig forekomme diffuse emissioner. Diffuse emissioner kan være drivhusgasser (hovedsagelig metan), lugt fra fx ammoniak (NH_3), andre lugtende forbindelser fx hydrogensulfid (H_2S) og støv. Typiske kilder til potentielle diffuse luftemissioner er:

- Udslip fra fx trykafslætningsventiler, dårligt forseglede aksler til blandere, vandlåse eller kondensatbehandling
- Modtageområder og for-lagring
- Procesforstyrrelser og vedligeholdelse, når procestanke skal åbnes.
- Områder og tanke til oplagring af slutprodukter.
- Køretøjer til transport af råmaterialer og slutprodukter.

H_2S og andre svovlforbindelser såsom merkaptaner samt NH_3 forårsager lugt allerede i meget små koncentrationer. Også mellemprodukter af anaerob udrådning lugter, såsom flygtige fedtsyrer. Virkeligheden er, at hvert biogasanlæg udsender lugte.

Teknikker, der kan ses som BAT til at reducere de diffuse emissioner, omfatter:

- I designfasen af rørene at minimere længden af rørføringen, reducere antallet af flanger og ventiler, brug af svejsede fittings og rør, hvis det er muligt, brug af tyngdekraft-overførsel frem for pumper.
- Når man vælger udstyr, kan man vælge udstyr med høj kvalitet såsom ventiler med dobbelte pakningstætninger, bruge pumper og omrørere med mekaniske tætninger i stedet for indpakning
- Undgå lækager ved at vedligeholde, servicere og undgå korrosion af aflastningsventiler, tætninger, vandlåse og andre steder, hvor der kan forekomme lækager
- Undgå oplagring af lugtende eller støvede råmaterialer, slutprodukter og andre materialer i det fri og brug lukkede tanke eller bygninger.

- Undgå åbne døre og vinduer i bygninger, hvor lugtende materialer opbevares og brug kontrolleret ventilation og udled den ventilerede luft gennem rør og kanaler
- Hold alle produktionsbygninger, herunder dem, hvor der håndteres råmaterialer under undertryk, udluftet for at mindske diffuse emissioner. Hvis luftslusefaciliteter ikke er mulige, bør lufttæppe-løsninger overvejes.
- Før protokol over klager og bemærk, hvilke driftsaktiviteter, der foregik, hvad vejrforholdene var osv.
- Generelt bør råmateriale ikke opbevares for længe fra den første modtagelse på stedet, inden de indføres i produktionen, for at undgå udrådning, før råmateriale er inde i udrådningstanken, og for at undgå potentielle diffuse emissioner fra udendørs oplagring. Der bør stadig beregnes tid til oplagring, da oplagring i nogle dage kan hjælpe til en mere stabil tilførsel af råmateriale og forbedre produktionsstabiliteten. Tragte og oplagringsbeholdere til oplagring af indkommende affald skal være forsynet med låg.
- Opholdstiden (retentionstiden) bør være tilstrækkelig til at muliggøre korrekt udrådning for at undgå diffus emission fra lagring af afgasset biomasse.
- Gasopsamling fra lagertanke til råmateriale og forgasset biomasse kan forhindre diffuse emissioner.
- Hvis lugt ikke kan forebygges eller reduceres, fx ved tømning af en tank til den årlige inspektion, kan det være BAT at inkludere overvejelser om hvilke gener, naboerne vil få, når man planlægger aktiviteten og fx undgå at gøre det i ferieperioder og weekender.

9.6.2 Emissions- og forbrugstal

Som tidligere nævnt, viste en undersøgelse baseret på målinger et tab på 4,2 % af den producerede metan i biogas før reparation af lækager og 0,8 % efterfølgende, (Danish Energy Agency, 2016). Undersøgelsen omfattede ni danske biogasanlæg. Den fandt en række lækager, der førte til emission af metan. Mange af de identificerede lækager var relativt nemme at reparere, og fordelene balancerede omkostningerne, når anlægsejerne blev informeret om lækagerne. En håndbog indsamlede erfaringerne med sporing og reparation af lækager (Stefanek, Hansen, & Rasmussen, 2015). I alt blev 66 eksempler på lækager identificeret og repareret, herunder lækager ved tilslutninger, sikkerhedsventiler og andre lækager.



Figur 18: Eksempler på ventiler på biogasanlæg. Billedet i midten er en gammel ventil, der ikke er i funktion og lækker metan. På billedet til højre er ventilen fjernet, og hullet lukket med en metalplade, (Stefanek, Hansen, & Rasmussen, 2015).

9.6.3 Anvendelighed

Diffuse emissioner skal minimeres ved god planlægning og drift af anlægget, mens særlige krav til overvågning eller reduktion af diffuse emissioner skal betragtes fra sag til sag, afhængigt af anlæggets råmaterialer, anlæg og placering.

9.6.4 Tværmedie-effekter

Inden identificeret

9.6.5 Økonomi

Diffuse emissioner skal minimeres ved god planlægning og drift af anlægget og sker i høj grad fra sag til sag. Utætheder kan være relativt nemme at reparere og fordelene kan balancere omkostningerne.

9.7 BAT for afbrænding i fakkel, der anvendes af sikkerhedsmæssige årsager

9.7.1 Beskrivelse af teknikker

Hvis biogas ikke forbruges eller oplagres, kan de brændbare komponenter, metan, i biogassen afbrændes i en fakkel af sikkerhedsmæssige årsager eller under opstart og nedlukning. Hvis metan blev udledt uden at blive brændt, kunne det desuden ikke betragtes som BAT, da metan er en stærkere drivhusgas end CO₂.

Da afbrænding i fakkel er en forureningskilde og fører til afbrænding af potentielt værdifuld biogas, skal anvendelsen dog minimeres. Emissioner fra faklen skal minimeres ved optimale afbrændingsforhold.

For at minimere anvendelsen bør aflastningsventiler med høj integritet, højde, tryk, tændingssystem, flammedetektering, back-up-system, der skal anvendes i tilfælde af svigt af elektrisk strøm osv., indgå i en korrekt konstruktion af anlægget og faklen.

Faklen har normalt brug for en pilot flamme af naturgas eller anden gas.

Af sikkerhedsmæssige årsager er der behov for visse afstande fra faklen til bygninger osv. Dette er omfattet af forordningen om gassikkerhed og drøftes ikke yderligere her.

9.7.2 Emissions- og forbrugstal

Afbrændingen i fakkel forhindrer ulykker såsom brand og eksplosioner i tilfælde af nødudslip af biogas og forhindrer dermed emissioner fra brand eller eksplosion.

Afbrændingen i sig selv fører til emissioner af nitrogenoxider, NO_x, og kulilte, CO, ligesom andre forbrændingsprocesser gør. (Commission, 2018) x angiver emissionsniveauer for NO_x på op til ca. 400 mg/Nm³ og CO op til ca. 600 mg/Nm³. Hvis biogassen indeholder svovl, indeholder fakkel-emissionerne også svovlforbindelser som hydrogensulfid, H₂S og svovldioxid, SO₂.

Afbrændingen i fakkel forhindrer emissioner af metan fra biogassen, idet effektiviteten er op til 98 % ifølge (Commission, 2018), som baserer oplysningerne på fakler på forskellige industrianlæg i den kemiske sektor,

9.7.3 Anvendelighed

Afbrænding i fakkelt er generelt anvendelig, og det samme er BAT teknikker til at minimere brugen og til at forhindre emissioner. Mindre anlæg har ikke nødvendigvis en fakkelt, men bruger for eksempel separat varmekedel som backup.

9.7.4 Tværmedie-effekt

Afbrænding reducerer metan emissioner, men øger emissionerne af NO_x, CO₂ og eventuelt SO₂.

9.7.5 Økonomi

Hvis BAT inddrages i design-fasen af anlæg og fakkelt, forventes det ikke at påvirke økonomien væsentligt.

9.8 BAT for videre behandling af afgasset biomasse

9.8.1 Beskrivelse af teknik

Brug af afgasset biomasse er strengt reguleret i alle de nordiske lande og giver rammen for udnyttelse og videreforarbejdning af afgasset biomasse. Afgasset biomasse fra mindre gyllebaserede biogasanlæg anvendes ofte lokalt ved spredning direkte på landbrugsjord uden yderligere forarbejdning. På den anden side afvandes udrådnit slam på kommunale spildevandsrensingsanlæg typisk før brug, og spildevandet returneres til en spildevandsrensingsproces.

Sommetider er afgasset biomasse opdelt i fast og flydende fase for at optimere koncentrationen af næringsstoffer i flydende og fast fraktion, som kan have forskellige anvendelsesformål.

Der er stigende interesse for fraktioneret afgasset biomasse, også på gødningsbehandlingsanlæg og samudrådningsanlæg. Opgradering af afgasset biomasse kan have flere fordele:

- Reduktion af vandindholdet kan koncentrere næringsstoffer. Det kan reducere omkostningerne til oplagring, transport og anvendelse. Lokalt kan der være overskydende organiske gødningsmaterialer til rådighed.
- Justering af næringsstofindhold kan tilføre værdi til produktet og minimere emissioner, når det anvendes i agerjord.
- At forarbejde materialet kan skabe nye markeder, såsom udskiftning af voksemedier, pottemuld, tørv osv. i haver og detailmarkedet.

Fast fraktion:

Hvis yderligere opgradering finder sted, er afvanding ved hjælp af filter eller skruetryk eller undertiden centrifugering ofte det første skridt til at øge koncentration af den faste fraktion eller at separere den flydende og faste fraktion. Så kan kompostering, tørring eller pelletering af den faste fraktion foretages – undertiden pyrolyse eller forbrænding.

Kompostering kan forbedre materialets egenskaber. Tilsætning af groft materiale i

komposten er normalt påkrævet. Derfor stiger den faktiske mængde af slutprodukt. Komposteret slutprodukt har ønskede egenskaber af humus, som er en mørk farve, reduceret og ensartet partikelstørrelse og jordagtig lugt.

Tørret eller pelleteret materiale kan med fordel opbevares og transporteres over længere afstande.

Pyrolyse og forbrænding mindsker volumen af slutproduktet, og fosfor forbliver i materialet. Ulemperne ved pyrolyse og forbrænding er høje investeringsomkostninger.

Flydende fraktion:

Hvis afgasset biomasse behandles yderligere ved at adskille faste og flydende fraktioner, kan den flydende fraktion, der stammer fra efterbehandling, undertiden returneres til biogasprocessen, den kan anvendes separat som gødning, eller den skal behandles som spildevand. Høj koncentration af ammoniaknitrogen kan forhindre, at materialet kan returneres til biogasprocessen.

Det flydende spildevand kan anvendes på flere forskellige måder. Den mest almindelige måde er at sprede det på land som flydende gødning. Ved spredning er der nogle anbefalinger, der hjælper med at undgå udvaskning og lugt og kan ses som BAT: Spred før såning af korn i foråret, spred jævnt på marken og undgå at sprede på voksende afgrøder i varmt, solrigt, blæsende eller tørt vejr. Teknikker, der kan bidrage til at minimere emissionerne, drøftes ikke yderligere i denne rapport. (Dansk Landbrugsrådgivning, 2020)

I nogle tilfælde er kvælstof kondenseret ved forskellige flydende teknikker, men det kan være vanskeligt at gennemføre på grund af omkostninger til investering og drift.

Spildevandet har et højt indhold af organisk materiale (COD) og næringsstoffer, især kvælstof. Hvis spildevandsudledning sker fra et biogasanlæg, der behandler affald, skal det aftales med det lokale spildevandsrensningsanlæg, om det har kapacitet til at modtage spildevandet. Derefter indgås der en særskilt spildevandskontrakt mellem biogasanlægget og den kommunale spildevandsoperatør. Nogle gange er forbehandling af spildevand på et biogasanlæg påkrævet før udledning til kommunalt rensningsanlæg.

Nogle gange behandles spildevand på et biogasanlæg og udledes til miljøet. Dette kræver flertrinsrensning af spildevand, og der skal anvendes strenge overvågningskrav og grænseværdier for spildevandsudledning. I dette tilfælde anbefales det at anvende overvågningskravene og grænseværdierne for BAT for affaldsbehandlingsanlæg omfattet af IED.

9.8.2 Emissions- og forbrugstal

Emissions- og forbrugstallene varierer meget i forskellige processer og for forskellige materialer.

9.8.3 Anvendelighed

Optimal udnyttelse af afgasset biomasse vurderes fra sag til sag i forhold til efterspørgsel og økonomi.

9.8.4 Tværmedie-effekter

Forskellige processer har forskellige påvirkninger på tværs af medier. Ved kompostering, kondensering og termisk behandling er der behov for særlige forholdsregler for nitrogenemissioner til luft.

Hvis afgasset biomasse indeholder farlige stoffer, ender de i nogle af fraktionerne. Tørring og pelletering bruger energi. For afgrøder kan fosfor være mindre plantetilgængeligt i asken efter pyrolyse.

9.8.5 Økonomi

Økonomien i yderligere behandling af afgasset biomasse er meget proces-afhængig, afhængigt af efterspørgslen efter forskellige materialer. Situation er meget forskellig for forskellige typer af materialer, og der er også landespecifikke forskelle.

For samudrædningsanlæg, der behandler affald, vil indtægten fra afgasset biomasse kun udgøre en lille del af den samlede indtægt, men det er under alle omstændigheder vigtigt at have et miljømæssigt og økonomisk rentabelt marked for alle producerede slutprodukter.

9.9 BAT for kvalitet af biogas til energiudnyttelse

9.9.1 Beskrivelse af teknik

Anvendelse af biogas til energiformål kan betragtes som BAT, da det kan erstatte fossile brændstoffer og dermed reducere udledningen af drivhusgasser. Hvis det fossile brændstof, der erstattes, er kul, reduceres flere andre forurenende stoffer såsom emission af tungmetaller fra kulfyring også. Når biogassen anvendes til energiformål, omdannes dens indhold af metan (CH_4) til kuldioxid (CO_2). Hvis biomassen eller affaldet blev efterladt til at rådne på jorden i stedet for at blive brugt til at producere biogas, ville metanen (CH_4) være blevet frigivet direkte til atmosfæren uden at erstatte fossile brændstoffer. Da metan er en stærkere drivhusgas end CO_2 , ville ikke blot den manglende substitution af fossile brændstoffer, men også den stærkere drivhusgas have øget klimaeffekten.

Hvordan biogas udnyttes, er en økonomisk beslutning truffet af operatøren og afhænger af fysiske forhold, rammebetingelserne, incitamenterne og det lokale marked.

Sammensætningen af biogas fra forskellige processer og råmaterialer varierer, hovedsageligt indeholder den metan (CH_4) og kuldioxid (CO_2), og spor af hydrogensulfid (H_2S), ammoniak (NH_3), hydrogen (H_2), nitrogen (N_2), kulilte (CO), ilt (O_2). Afhængigt af anvendelsesmetoden er rensning af biogas ofte nødvendig, da den urensede biogas er korrosiv på grund af H_2S -indholdet og med en varierende, men lav brændværdi på grund af indholdet af vanddamp.

Generelt er teknikkerne forskellige, når biogassen anvendes til varme eller varme og strøm, og når gassen opgraderes til gasnettet eller brændstof.

Der findes flere alternativer. En rapport beskriver teknikker til (Eliassen & Kvist, 2015)

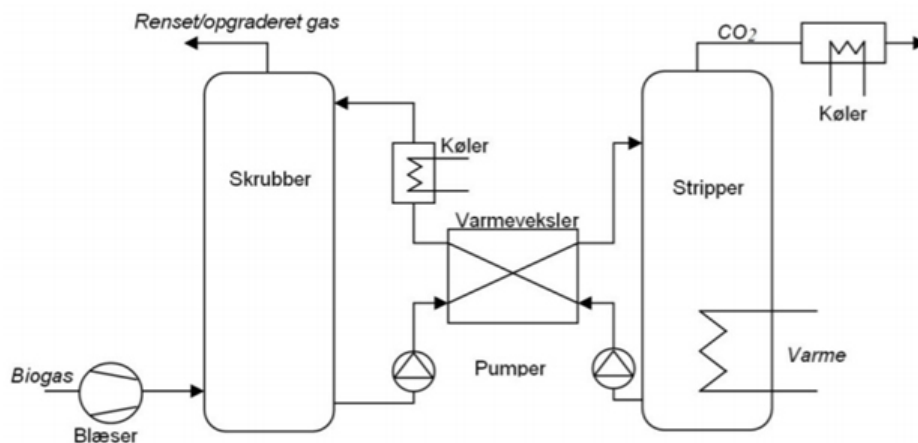
- Fjernelse af svovlforbindelser, herunder H_2S :
 - Adsorption med aktivt kul

- Udfældning af svovl i biogasreaktoren
- Biologiske svovlfiltre med tilsætning af il
- Opgradering med fjernelse af CO₂:
 - Pressure Swing Adsorption
 - Skrubning med amin
 - Skrubning med vand
 - Membranteknik

Rapporten udførte målinger af svovlemissioner fra flere installerede teknikker.

Vådskrubning anvendes typisk på større anlæg. Vådskrubning med fx amin fjerner CO₂ og H₂S og producerer rensed biogas, ofte kaldet biometan. Biometan kan forbrændes til at producere varme, til varme og strøm eller injiceres i det nationale gasnet. Også mellemstore biogasanlæg kan tryksættes, typisk til 200-250 bar, for at producere køretøjsbrændstof.

I nogle tilfælde kan den separerede CO₂ for eksempel anvendes som CO₂ i læskedrikke.



Figur 19: Diagram over aminskrubber til fjernelse af hydrogensulfid (H₂S) og kuldioxid (CO₂) (Eliassen & Kvist, 2015).

Eksempel:

Der er installeret en skrubber til opgradering af biogas i et dansk fælles-biogasanlæg (Madsen bioenergi i Skive). For at nå en kvalitet, der passer til det offentlige net fjernes ikke kun CO₂ og H₂S, men også vanddamp og andre urenheder. Skrubberen bruger en alkalisk væske (amin), og et regenereringstrin gør det muligt at bruge væsken igen og igen. Processen har brug for vand ved 140 °C, som i dette tilfælde er genereret af en halmfyret kedel. Herefter komprimeres, tørres og måles gassen, før den leveres til rørene fra et naturgasselskab. Ved regenerering af den brugte væske anvendes varme til at adskille CO₂ fra væsken.



Figur 20: Eksempel på brændstoppåfyldningsstation og gaslagringsbeholder i Palopuro, Finland.

9.9.2 Emissions- og forbrugstal

I (Eliassen & Kvist, 2015) rapporten beskrives forbrug og emissioner af de undersøgte teknikker.

Processen omtalt som eksempel med amineskrubber-opgradering af biogas til naturgasnettet hos Madsen bioenergi i Skive bruger energi, men energibesparelser reducerer det samlede energiforbrug:

- Ca. 0,1 kWh elektricitet bruges til opgradering af 1 m³ biogas.
- Der er behov for ca. 1 kWh varme pr. kg fjernet CO₂, men efter opgraderingen kan op til 83 % af varmen genvindes (genbruges) til opvarmning af biogasreaktorerne. Hvis den genvundne varme fratrækkes, er den nettovarme, der er nødvendig for opgradering, 0,17 kWh varme. Varmegenindvindingen blev forbedret i samarbejde mellem Madsen bioenergi, leverandør af skrubberen (Ammongas) og leverandør af anlægget (Lundsby bioenergi). De fandt en løsning, hvor to varmevekslere blev installeret i en tank før rådnetanken for at udnytte varmen i det kun 50 °C varme vand, som viste sig at være anvendelig til forvarmning af gødningsmaterialet, således at temperaturen stiger fra ca. 14 °C til 35 °C, før gødningen kommer ind i rådnetanken.

Den halmfyrede kedel, der anvendes på det danske anlæg, reducerer CO₂-udledningen fra den varme, der kræves til processen. Kedler medfører normalt nogle emissioner af fx partikler, som kan reduceres ved de rigtige filtre og er reguleret i henhold til lovgivningen om fyringsanlæg. Leverandøren af opgraderingsteknikken nævner, at metantabet for teknikken er mindre end 0,04 %. (Ammongas, 2020).

9.9.3 Anvendelighed

Anvendeligheden af de forskellige teknikker til rensning og opgradering af biogas er beskrevet i rapporten (Eliassen & Kvist, 2015)

Leverandøren af processen hos Madsen Bioenergi i Skive nævner i eksemplet ovenfor, at de har erfaring med anlægsstørrelser i intervallet 300 til 3.000 m³ i timen. Erfaringerne fra Madsen Bioenergi er, at muligheden for at udnytte den genindvundne varme er vigtig for den samlede økonomi og dermed anvendeligheden. Et andet aspekt, der kan begrænse anvendeligheden for mindre anlæg, er, at for at producere opvarmet vand til processen, kræver det et kedel-certifikat for operatøren. (Ammongas, 2020)

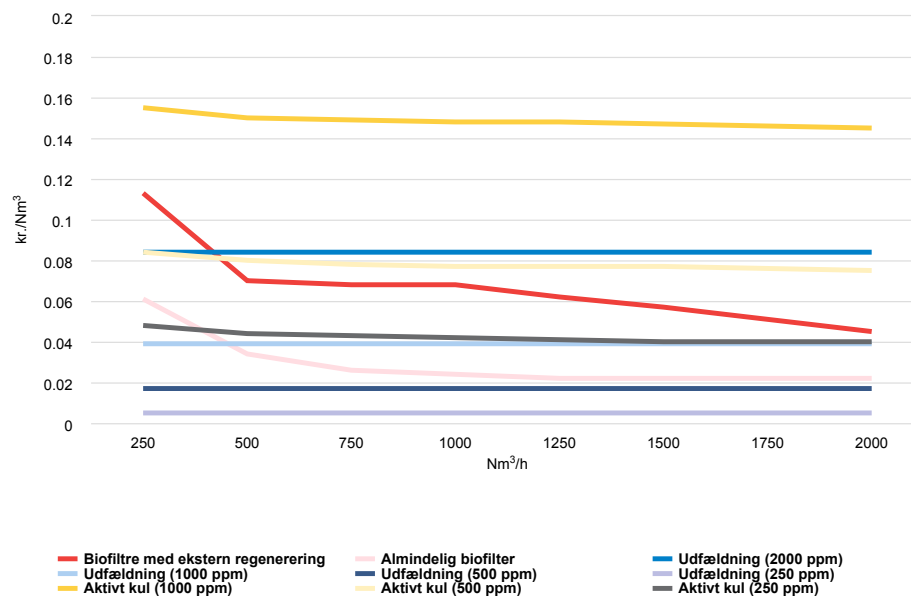
9.9.4 Tværmedie-effekter

De forskellige teknikker til rensning og opgradering af biogas forbruger kemikalier, aktivt kul og/ eller energi.

Den proces, der nævnes som eksempel, bruger energi, men den forbrugte mængde energi er langt mindre end den producerede energi i form af biometan. Således er effekten på tværs af medier ikke alvorlig.

9.9.5 Økonomi

(Eliassen & Kvist, 2015) udregnede omkostninger til de forskellige teknikker og foretog modelberegninger for brug af enkeltteknikker og for kombinationer af teknikker, der figur 21.



Figur 21: Modelberegninger af økonomi ved hjælp af en enkelt teknik til rensning af biogas fra en rågaskoncentration som angivet i parenteserne ned til et niveau, der kan opnås med teknikken. På x-aksen er mængden af biogas behandlet, på y-aksen danske kroner per mængde biogas behandlet (Eliassen & Kvist, 2015).

Leverandøren af den proces, der er nævnt som eksempel ovenfor, har givet oplysninger om energiforbruget i processen, som er 9,1 danske øre pr. behandlet m³ biogas. Væsken til skrubberen er angivet som "relativt billig". Renheden af den separerede CO₂ er høj, hvilket gør det muligt også at udnytte dette (Ammongas, 2020).

9.10 BAT for monitorering af processen

9.10.1 Beskrivelse af teknik

Overvågning af emissioner vil være relateret til emissionskrav og er generel for industrielle emissioner og derfor ikke yderligere drøftet her.

Som beskrevet i indledningen, baserer en biogasproces sig på kompleks symbiose med forskellige typer mikroorganismer. En række faktorer kan påvirke processens ydeevne. Biogasprocessen skal overvåges nøje, især i opstarten, og hvis forholdene eller råvaren ændres.

Monitorering sikrer stabil drift, minimerer problemer og giver tilstrækkelig tidlig varsling om potentielt mere alvorlige problemer med processen. Monitoringsbehovet afhænger meget af typen af råmaterialer og proces.

Ved den daglige drift, når der ikke er ændringer i råvaresammensætning, er overvågning af produktionen af biogas og metan ofte den bedste indikator for en velfungerende proces. Desuden følges temperatur, hydraulisk opholdstid (gennemsnitlig opholdstid for biomassen), indfødningshastighed af råvaren, (organisk belastningshastighed) og væskenniveau i rådnetanken. Der anbefales en bredere vifte af analyser ved ændringer i råvareblandingen, ved processens opstart, samt eventuelt i andre tilfælde kan det anbefales at følge flere parametre. Yderligere parametre, der kan vurderes/ følges, kan omfatte fx C/N-forhold, indhold af mellemprodukter fra nedbrydningen inklusive flygtige fedtsyrer (VFA-tal), bufferkapacitet (flygtige syrer/ alkalinitetskvotient), indhold af ammoniak-nitrogen, H₂S og skum-detektion i biogasanlægget. Det er bemærkelsesværdigt, at der ikke er rigtige eller forkerte værdier for forskellige parametre, men værdierne kan variere meget i forskellige anlæg, med forskellige råmaterialer og afhængigt af den bakterielle omsætning i rådnetanken. For eksempel kan forskellige rådnetanke have forskellige normer for optimale temperaturer.

9.10.2 Emissions- og forbrugstal

Ved at monitorere processen kan forstyrrelser undgås, og emissioner derfor reduceres.

9.10.3 Anvendelighed

Selv simple gødningsbaserede biogasanlæg har brug for overvågning af grundlæggende parametre. Jo mere kompleks råvare, jo mere kompleks overvågning er nødvendig.

9.10.4 Tværmedie-effekt

Ingen tværmedie-effekter er identificeret.

9.10.5 Økonomi

Moniteringen skal tilpasses behovet. Men selv komplekst overvågningsudstyr er ikke så dyrt i dag.

Nogle gange tilbyder anlægsproducenten overvågnings- og problemløsningstjenester for operatøren, som kan være en økonomisk løsning.

10. Nye teknikker under udvikling

Nye teknikker, der i fremtiden kan vise sig at være relevante at overveje som BAT, er endnu ikke er fuldt udviklet eller i brug i branchen. Nogle af de teknikker, der er under udvikling, er nævnt i dette kapitel.

En teknik til at forbedre forbehandling ved hjælp af en ekstruder til makulering af græs og kløver er blevet testet med et godt resultat til at gøre det pumpbart.

En teknik til at forbedre udrådningen af slam ved at opvarme det til 150-180 °C under tryk og derefter sænke trykket hjælper med at nedbryde strukturen af slam og forbedre udrådningen af mikroorganismer. Et pilotanlæg tester teknikken.

Installation af skruepressere i serier kan forbedre forbehandling af kilde-adskilt madspild og reducere mængden af affald. De tre teknikker er omtalt i (Biogasbolaget AB, 2017).

En flydeenhed og en keramisk filtreringsenhed i et anaerobt miljø er beregnet til at adskille og recirkulere tørstof og mikroorganismer internt i et biogasanlæg (Jürgensen, 2015).

En ny teknik til fjernelse af hydrogensulfid (H_2S) og samtidig producere et gødningsprodukt, ammoniumthiosulphat, der har evnen til at reducere omdannelsen af ammonium (NH_4^+) til nitrat (NO_3^-) er ved at blive udviklet i et projekt, der blev startet i 2018 (Topsøe, 2020).

En ny anvendelse af biogasprocessen danner først bioethanol ved hydrolysetilsætning af enzymer, svovlsyre og/eller damp med efterfølgende biogasproces.

Interreg NWE finansierede projektet ALG-AD pilotkombination af alge- og AD-teknologier til genbrug af overskud af næringsstoffer fremstillet ved anaerob nedbrydning af fødevarer og landbrugsaffald med henblik på at dyrke algebiomasse til dyrefoder og andre produkter.

Metanisering af CO_2 i biogassen for at opnå et højere metanindhold i gassen ved at tilsætte H_2 (brint) er også en ny teknik. Brinten er planlagt til at blive fremstillet af overskud af vind-og solenergi, der anvendes til elektrolytisk at adskille brint fra vand. Flere projekter arbejder med teknikken med forskellige teknikker til kombination af CO_2 og brint (Hansen, 2020)

Referencer

- (Energistyrelsen), E. A. (29. 01 2020). *Årlig energistatistik (Yearly energy statistic)*. Hentet fra Energistatistik for 2018: <https://ens.dk/service/statistik-data-noegletal-og-kort/maanedlig-og-aarlig-energistatistik>
- Ammongas. (21. 02 2020). *Biogas Upgrading*. Hentet fra Ammongas: <http://www.ammongas.dk/>
- Biogasbolaget AB. (21. 02 2017). *Nya sätt att förbehandla ska ge mer biogas*. Hentet fra Energimyndigheten: <https://www.energimyndigheten.se/arkiv-for-resultat/Resultat/biogasutlysningen-artikel-1-forbehandling-av-substrat/>
- Biogasbranchen, F. (03. 02 2020). *Fakta om biogas*. Hentet fra Foreningen Biogasbranchen: <https://biogasbranchen.dk/om-biogas>
- Commission, E. (17. 8 2018). Best available techniques (BAT) conclusions for waste treatment, under Directive 2010/75/EU. Notified under document C (2018) 5070. *Official Journal of the European Union*.
- Danish Energy Agency. (4. 10 2016). *Effect of biogas production on greenhouse gas emissions (Effekt af biogasproduktion på drivhusgasemissioner)*. Hentet fra https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/drivhusgas-effekt_af_biogas_4_okt_2016.pdf
- Dansk Landbrugsrådgivning. (2020). *Biogasplants contribute to sustainable farming (Biogasanlæg bidrager til et bæredygtigt landbrug)*. Hentet fra https://www.landbrugsinfo.dk/Energi/Biogas/Sider/pl_11_744_b1.pdf?download=true
- Eliassen, B. K., & Kvist, T. (2015). *Svovlemissioner fra anvendelse af biogas*. Copenhagen: Miljøstyrelsen.
- Energistyrelsen. (12. 12 2019). *Dansk produktion af biogas*. Hentet fra Energistyrelsen: <https://ens.dk/ansvarsomraader/bioenergi/produktion-af-biogas>
- European Biogas Association. (2019). *Statistical Report 2019*.
- Hansen, J. B. (16. 03 2020). *Electrical upgrading of biogas*. Hentet fra Energiforskning.dk: <https://energiforskning.dk/da/project/el-opgraderet-biogas>
- Jürgensen, E. J. (2015). *Gasboosteren – øget gasudbytte gennem effektiv separation (2015)*. Hentet fra Projektbibliotek: <https://genanvend.mst.dk/projekter/projektbibliotek/2015/gasboosteren-oeget-gasudbytte-gennem-effektiv-separation/>
- Miljøministeriet. (2008). Miljøstyrelsen og Skov- og Naturstyrelsen. *Håndbog om Miljø og Planlægning, Boliger og erhverv i byerne*. Miljøministeriet.
- Scarlat, N., Dallemand, J.-F., & Fernando, F. (2018). *Biogas: Developments and perspectives in Europe*. Hentet fra Renewable Energy, Volume 129, Part A, December 2018, Pages 457-472: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.006>
- Seadi A. T. et al. (2008). *The biogas handbook*. Esbjerg: University of Southern Denmark Esbjerg, Niels Bohrs Vej 9-10, DK-6700 Esbjerg, Denmark. ISBN

978-87-992962-0-0.

Sorpa. (20. 01 2020). *Biogas and composting plant*. Hentet fra Sorpa Municipal Association: (<https://www.sorpa.is/en/locations/Gas-%20og%20jar%C3%B0ger%C3%B0arst%C3%B6%C3%B0>)

Stefanek, K., Hansen, M. N., & Rasmussen, S. G. (June 2015). *Metanemission fra danske biogasanlæg. Håndbog. Identificering og reparation af lækager*. Hentet fra file:///C:/Users/BHC/Downloads/[Metangasemission%20fra%20danske%20biogasanl%C3%A6g%20h%C3%A5ndbog%20identificering%20og%20reparation%20af%20l%C3%A6kager.pdf](file:///C:/Users/BHC/Downloads/Metangasemission%20fra%20danske%20biogasanl%C3%A6g%20h%C3%A5ndbog%20identificering%20og%20reparation%20af%20l%C3%A6kager.pdf)

Sund, K. U. (2017). *Muligheter og barrierer for økt bruk av biogass til transport i Norge*. Oslo: Enova.

Sverige, E. (14. 02 2020). *Statistik om biogas*. Hentet fra Energigas Sverige: <https://www.energigas.se/fakta-om-gas/biogas/statistik-om-biogas/>

The EU Parliament and the Council. (14. 11 2009). Animal by-products Regulation. *REGULATION (EC) No 1069/2009 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, decided 21/10-2009*. Official Journal of the European Union.

Topsøe, H. (2020). *Nitrifikationshæmmende gødningsprodukt fra*. Hentet fra Grøn Projektbank: <file:///C:/Users/BHC/Downloads/Nitrifikationshaemmende-goedningsprodukt-fra-svovlrensning-af-biogas-2020-03-16-17-39-36.pdf>

Winqvist, E., Rikkonen, P., & Varho, V. (2018). *Suomen biokaasualan haasteet ja mahdollisuudet*. Hentet fra Luonnonvarakeskus (Luke): <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-630-8>

Appendix 1

Eksempel fra en miljøgodkendelse til vilkår om valg af egnede råmaterialer til blandet udrådning

Eksemplet viser en oversigt over kravet om råmaterialer i en tilladelse, der giver en vis fleksibilitet ved valg af råmaterialer og samtidig forebygger eller reducerer emissioner.

Biomasser

Den mængde, som anlægget modtager, er på højst 750.000 tons biomasse om året.

Anlægget er godkendt til at modtage og behandle følgende typer af biomasse:

Fraktion A – Gødning fra husdyr

Definition	Fast gødning, alje, gylle og møddingsaft fra alle husdyr inklusiv mave- og tarmindeholdet fra slagtede husdyr og forarbejdet og afgasset husdyrgødning samt enhver blanding af husdyrgødning og afgasset vegetabilsk biomasse, jf. gældende bekendtgørelse om erhvervsmæssigt dyrehold, husdyrgødning ensilage mv.
Forventede typer og mængder	Gylle: 360.000-550.000 tons pr. år Dybstrøelse: 60.000-100.000 tons pr. år
Forventet lagerkapacitet	Gylletank: 6.000 m ³ Dybstrøelse indendørs modtagehal: 2.600 m ³

Fraktion B – Dyrket biomasse

Definition	Afgrøder dyrket på landbrugs-, vej- og naturarealer.
Forventede typer og mængder	Mellem- og efterafgrøder og energiafgrøder: 60.000-100.000 tons om året, heraf kun en mindre andel af energiafgrøder
Forventet oplag	2.500 m ³ (udendørs oplag)

Fraktion C – Affald, der er omfattet af bekendtgørelse for affald til jord (BEK nr. 1001 af 27.06.2018) og ikke omfattet af biproduktforordningen

Definition	Affald, der har jordbrugsmæssig værdi i henhold til bilag 1 i Affald til jord-bekendtgørelsen (BEK 1001 af 27/06/2018) og kan anvendes uden forudgående tilladelse, og som ikke er dækket af biproduktvedtægt nr. 1069/2009 og ophævelsesvedtægt (EC) nr. 1774/2002.
Forventede typer og mængder	Vegetabilsk fedt/glycerin: 5.000-15.000 tons om året. Restprodukter fra fødevarerindustrien, fx. mask, gærfløde,

	kartoffelskræller, grøntaffald: 10.000-40.000 tons per år.
Forventet oplag	Fedt og glycerin 200 m ³ Restprodukter fra fødevareindustrien: 1.100 m ³ Del af 2.500 m ³ (udendørs oplag)
Fraktion D – Affald, der er omfattet af lov om affald, og som er omfattet af bekendtgørelsen om animalske biprodukter	
Definition	Affald, der har jordbrugsmæssig værdi i henhold til bilag 1 i Affald til jord-bekendtgørelsen (BEK 1001 af 27/06/2018) og kan anvendes uden forudgående tilladelse, men er dækket af biprodukt-vedtægt nr. 1069/2009 og den tilhørende gennemførelsesvedtægt om sundhedsbestemmelser for animalske biprodukter og afledte produkter, der ikke er bestemt til konsum og om ophævelse af vedtægten (EC) no. 1774/2002.
Forventede typer og mængder	Mælkeprodukter fra specifikke mejeriproducenter: 30.000-120.000 tons om året. Fedt af animalsk oprindelse eller kontamineret med animalske produkter: 5.000-15.000 tons om året. Restprodukter fra fødevareindustrien, organisk madaffald fra fødevareproduktion, kildesepareret organisk affald: 50.000-80.000 tons om året.
Forventet lagerkapacitet	Mælkeprodukter: 2.000 m ³ Fedt/glycerin: 200 m ³ Restprodukter fra fødevareindustrien: 1.100 m ³
Inden anvendelse af andre råvaremateriale er ikke omfattet i fraktion A-D skal der indhentes godkendelse fra myndigheden	

Om denne publikation

BAT for mindre biogasanlæg i Norden

NIRAS A/S og Vahanen Environment Oy

ISBN 978-92-893-6668-7 (PDF)

ISBN 978-92-893-6669-4 (ONLINE)

<http://dx.doi.org/10.6027/temanord2020-523>

TemaNord 2020:523

ISSN 0908-6692

© Nordisk Ministerråd 2020

Ansvarsfraskrivelse

Denne publikation er finansieret af Nordisk Ministerråd. Indholdet afspejler dog ikke nødvendigvis Nordisk Ministerråds synspunkter, holdninger, anskuelser eller anbefalinger.

Rettigheder og tilladelser

Dette værk er gjort tilgængeligt i henhold til Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

Oversættelser: Hvis du oversætter dette værk, bedes du inkludere følgende ansvarsfraskrivelse: Denne oversættelse er ikke produceret af Nordisk Ministerråd og skal ikke betragtes som officiel. Nordisk Ministerråd kan ikke drages til ansvar for oversættelsen eller eventuelle fejl, den måtte indeholde.

Bearbejdning: Hvis du bearbejder dette værk, bedes du inkludere følgende ansvarsfraskrivelse sammen med tilskrivelsen af værket: Dette er en bearbejdning af et originalt værk publiceret af Nordisk Ministerråd. Ansvar for de synspunkter og holdninger, der kommer til udtryk i bearbejdelsen, påhviler udelukkende forfatteren/forfatterne til bearbejdningen. Synspunkter og holdninger i denne bearbejdning er ikke godkendt af Nordisk Ministerråd.

Tredjepartsindhold: Nordisk Ministerråd er ikke nødvendigvis ejer af samtlige dele af dette værk. Nordisk Ministerråd kan derfor ikke garantere, at genbrug af tredjepartsindhold ikke udgør en overtrædelse af en tredjeparts ophavsret. Hvis du ønsker at genbruge tredjepartsindhold, bærer du selv ansvaret for enhver overtrædelse af ophavsretten. Du er ansvarlig for at vurdere, om det er nødvendigt at indhente en tilladelse til anvendelse af tredjepartsindhold og i så fald at indhente den nødvendige tilladelse fra ophavsretsindehaveren. Eksempler på tredjepartsindhold inkluderer, men er ikke begrænset til, tabeller, illustrationer og billeder.

Fotorettigheder (genbrug kræver yderligere tilladelse):

Alle henvendelser vedrørende rettigheder og licenser skal stiles til:

Nordisk Ministerråd/PUB

Ved Stranden 18

1061 København K
Danmark
pub@norden.org

Det nordiske samarbejde

Det nordiske samarbejde er en af verdens mest omfattende regionale samarbejdsformer. Samarbejdet omfatter Danmark, Finland, Island, Norge og Sverige samt Færøerne, Grønland og Åland.

Det nordiske samarbejde er både politisk, økonomisk og kulturelt forankret, og er en vigtig medspiller i det europæiske og internationale samarbejde. Det nordiske fællesskab arbejder for et stærkt Norden i et stærkt Europa.

Det nordiske samarbejde ønsker at styrke nordiske og regionale interesser og værdier i en global omverden. Fælles værdier landene imellem er med til at styrke Nordens position som en af verdens mest innovative og konkurrencedygtige regioner.

Nordisk Ministerråd
Nordens Hus
Ved Stranden 18
1061 København K
Danmark
www.norden.org

Læs flere nordiske publikationer: www.norden.org/da/publikationer