



Bio-metan i Danmark

Produktionen af biogas i Danmark skal øges betragteligt inden 2020. Mange anlæg vil have fordel af helt eller delvis Promilleafgiftsfonden for landbrug at kunne afsætte biogas, opgraderet til bio-metan, til naturgasnettet frem for at lave kraft varme.

Denne artikel omhandler en række væsentlige forhold i forbindelse med valg af teknologi til opgradering af biogas til bio-metan.

- [Indhold](#)
- [Indledning](#)
- [Tilpasning af energiforsyning](#)
- [Krav til kvalitet af opgraderet gas](#)
- [Tilskud til udnyttelse af produceret biogas og bio-metan](#)
- [Opgraderingsanlæg, aktører, teknologier, anlægs- og driftsomkostninger](#)
- [Aktører og teknologier](#)
- [Anlægs- og driftsomkostninger](#)
- [Kontraktmæssige forhold](#)
- [Udnyttelse af kultveilte/CO₂ fra opgradering af biogas](#)
- [Direkte udnyttelse af kultveilte/CO₂](#)
- [Metanisering af kultveilte/CO₂](#)
- [Referenceliste](#)

Indhold

Med energiforligets planer om udnyttelse af 50 procent af produktionen af husdyrgødning i 2020 skal der etableres en række biogasanlæg. Nu er forholdene således, at næsten alle biogasgårdanlæg samt nogle biogasfællesanlæg ikke kan afsætte hele varmeproduktionen fra kraft-varme drift i sommerperioden. Tilførsel af biogas, som er opgraderet til naturgaskvalitet, bionaturgas eller bio-metan til nettet, er derfor oplagt, enten som en del af den producerede biogas eller som hele gasmængden.

Prisen for etablering, drift, forrentning og afskrivning af opgraderingsanlæg til produktion af bio-metan varierer betydeligt med anlægstype og størrelse. Indtil videre kan der forventes følgende omkostninger /5/:

- 60.000 kr. i anlægsomkostning per m³ bio-metan produceret i timen og 0,75 til 1 kr. per produceret Nm³ bio-metan i driftsomkostning for små anlæg, cirka 100 Nm³ bio-metan i timen
- 25 til 30.000 kr. i anlægsomkostning per m³ bio-metan produceret i timen og 0,50 - 0,75 kr. per produceret Nm³ bio-metan i driftsomkostning for store anlæg, cirka 500 Nm³ bio-metan i timen.

Vore forespørgsler har vist, at der er pris- og produktudvikling på markedet, således at såvel anlægs- som driftsomkostninger er faldende.

I investeringsomkostningerne skal imidlertid tillægges omkostninger til tilførsel til naturgasnettet, herunder kompressorstation, kvalitetskontrol af gas med videre. Denne omkostning kan være betydelig, hvis der ikke er lavtryks-naturgasnet i nærheden af bio-metan anlægget. Dette står i øvrigt i modsætning til afsætning af el, hvor driften på nettet etableres og varetages af elsekskabet.

Bio-metan afregnes i forhold til naturgasprisen, tillagt subsidier. Fra 2012 var det ventet, at naturgasprisen løbende skulle stige. Dette er imidlertid ikke tilfældet, og reelt er prisen faldet betydeligt. Herudover var tilskudsandelen af afsætningsprisen for afsætning af bio-metan til naturgasnettet fra starten fastlagt at skulle falde over en 20-årig horisont fra 2012 med et fald fra cirka 6 til små 5 kr. per afsat Nm³. Naturgasprisen var forventet at stige fra 2,30 til 2,70 kr. per Nm³. Denne er for nærværende noget under 2 kr. per Nm³.

Det må derfor konkluderes, at projekter med opgradering af biogas til bio-metan bør sikres en robust økonomi allerede i planlægningsfasen.

På sigt vil udskilt kultveilte/CO₂ formentlig kunne udgøre en indtægtskilde ved direkte udnyttelse til forskellige formål eller ved metanisering med brint fra elektrolyse af vand. Kultveilte/CO₂ udnyttelse til diverse formål er standard teknologi, mens metanisering i dag er på forsøgsstadiet.

[Til top](#)

Indledning

De politiske planer tilsiger, at vi i 2020 skal bruge 50 procent af den producerede husdyrgødning til energiproduktion, herunder biogas, kraft-varme og tilsvarende.

Biogasgårdanlæg er kun i beskednen udstrækning tilknyttet ekstern gas- eller varmeafsætning, mens næsten alle biogasfællesanlæg afsætter gas eller varme til energiforsyning af boligområder. Ressourcerne af husdyrgødning og kraft-varmeforbrugene ligger dog kun i nogen udstrækning i tilknytning til hinanden, og det er ofte således, at biogasanlæggene energiproduktion som gas eller varme fra kraft-varme produktion, set i forhold til forbruget til varmeforsyning, kun en del af året betinger en fuldstændig udnyttelse af varmeproduktionen. Således kan der være behov for at bortkøle varme ved nødkøling i sommerperioden.

For at undgå nødkøling kan følgende principielle virkemidler benyttes:

- Etablering af biogasanlæg, der er designet til grundlast
- Tilpasning af biogasproduktionen til varmeforbruget, herunder eksempelvis mellemlagring af industriaffald, plantemasse såsom energiafgrøder, halm med videre til koldere perioder
- Afsætning af biogas til flere forbrugere i sommerperioden end i vinterperioden
- Opgradering af overskydende biogas/kraftvarme potentiale til bio-metan til afsætning til naturgasnettet
- Afsætning af nettoproduktionen af biogas eller hele biogasproduktionen til opgraderingsanlæg til løbende opgradering til bio-metan og afsætning til naturgasnettet. Dette vil være kombineret med alternativ opvarmning af biogasanlægget, eksempelvis ved et halmkedelanlæg, varmepumpeanlæg eller tilsvarende.

Idet biogasanlæg består af en række enhedsoperationer, hvor nedskalering ikke proportionalt med behandlingsprisen påvirker anlægsprisen, samt at det har vist sig fordelagtigt at drive anlæggene ved fuld last året rundt, vil det oftest være økonomisk attraktivt at dimensionere anlæggene til fjernvarmeforsyningens mellem- eller højlast og nødkøle overskudsvarme i sommerperioden /1/.

Herudover har anlæggene ofte aftalt aftagepligt til husdyrgødning og industriaffald, og selv ældre anlæg råder normalt ikke over lagringskapacitet til

større mængder industriaffald, hvilket ellers kunne medvirke til at variere biogasproduktionen efter behovet for varme. Endelig kan der ske en reduktion af massens biogaspotentiale ved langtidslagring, især for gylle, idet tørstofkoncentrationen er forholdsvis lav og bakteriekoncentrationen ganske høj /2/.

Set i dette perspektiv er det energimæssigt interessant at vurdere, hvordan økonomien er i en delvis eller hel tilførsel af biogas til opgraderingsanlæg for injektion af bio-metan i naturgasnettet. Naturgasnettet betragtes ofte som en uendelig stor lagerkapacitet i forhold til biogasproduktionen på grund af såvel sin udstrækning som løbende forbrug.

[Til top](#)

Tilpasning af energiforsyning

Etablering af anlæg til opgradering af biogas til bio-metan er tunge i etablering. Driftsomkostningen derimod har vist betydelige fald i de forløbne år. Energistyrelsen har udvist varierende interesse for opgraderingsanlæg /3/, mens EnergiNet.DK i forbindelse med den forventede faldende produktion af naturgas fra Nordsøen har set en fordel i på sigt at kunne benytte naturgasnettet til andre gasarter, herunder bio-metan, og har støttet en række projekter med det formål at belyse dagens tekniske stadi samt økonomien /4/.

I denne sammenhæng er der allerede nu ændringer på vej i varmforsyningen af byer og landsbyer. Kommunerne har allerede i stor udstrækning fuldført planlægning af omlægning af varmforsyning fra områder med individuel naturgas til fjernvarmeforsyning. Herunder er anlægsarbejder for omlægning til fjernvarme allerede i gang. Dette giver mulighed for, at de enkelte fjernvarmeforsyninger efter brændselspriser kan omlægge fra/supplere naturgas med andre energikilder såsom biogas, flis, træpiller, sol- henholdsvis jordvarme med videre alt efter, hvad der er rentabelt. I sidste ende giver dette også mulighed for, at kvaliteten af gas i naturgasledninger kan variere hos den enkelte kunde, idet store gaskedel- og gasmotoranlæg har styresystemer, der automatisk justerer enhederne ind til optimal drift, når gaskvaliteten måtte variere.



Malmberg biogas opgraderingsanlæg baseret på trykvandsvask.

Kilde: Malmberg.

Herudover kan den opgraderede bio-metan benyttes til drivmiddel til køretøjer. København, Fredericia, Frederikshavn og Skive kommuner har allerede tankstationer, hvorfra der kan tankes naturgas til kommunens flåde samt til rutebiler med flere, der måtte vælge at benytte sig heraf. Det er planen, at naturgas her skal suppleres med bio-metan. Blandt andet Fredericia renseanlæg og Horsens Bioenergi har allerede opgraderingsanlæg til biogas fra råddnetanke. Frederikshavn kommune har, i forbindelse med udbud på drift af rutebilsruiter, stillet krav til drift på naturgas med henblik på at kunne supplere med bio-metan. Blandt andre Skive kommune gør en indsats for at kunne etablere bio-metan forsyning fra eksisterende biogasanlæg og biogasanlæg i planlægning og/eller under opførelse til eksisterende gastankstation i Skive midtby. I Storkøbenhavn er et projekt iværksat for produktion af bio-metan på basis af biogas fra råddnetanke på Avedøre Renseanlæg.

[Til top](#)

Krav til kvalitet af opgraderet gas

Med opgradering af biogas til bio-metan skal den producerede bio-metan overholde følgende kvalitetskrav per normal-m³ /7/ :

- $\geq 50,8 \text{ MJ/Nm}^3$
- $\geq 97,3 \text{ procent CH}_4$
- $\leq 5 \text{ mg/ Nm}^3 \text{ H}_2\text{S}$
- Dugpunkt så lavt, at der ikke opstår kondensat i ledninger under de givne drifts karakteristiks.

Se i øvrigt [bilag 1](#) for udtømmende kvalitetskrav.

For tilsyn og kontrol med kvaliteten af den producerede bio-naturgas henvises ligeledes til /7/ samt til /10/.

[Til top](#)

Tilskud til udnyttelse af produceret biogas og bio-metan

I almindelighed forventes en stigning i energipriserne over de kommende år, set som den rå salgspris for fossile brændsler. Herudover beskattes energi i Danmark.

For at fremme udbygningen med biogasanlæg er det gjort muligt at tilføre opgraderet biogas til naturgasnettet, når den opgraderede biogas overholder de gældende krav til mindste brændværdi.

For afsætning af el er gældende, at de enkelte el-transmissionsselskaber skal håndtere el i det samlede el-net og kun lader en leverandør finansiere el-nettets udbygning på leverandørens egen matrikel. I sammenhæng med afsætning af bio-metan er forholdene imidlertid fastlagt, så leverandøren skal finansiere de ombygninger i naturgasnettet, der er nødvendige for at håndtere den producerede bio-metan på nettet.



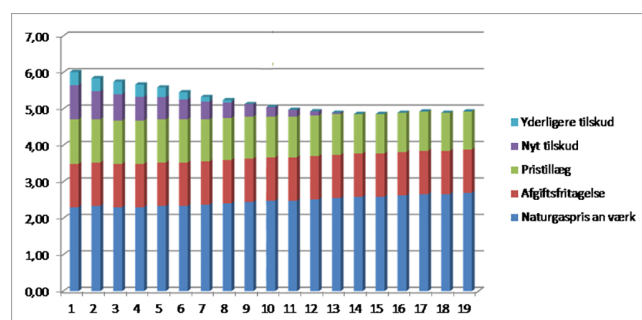
Gas tankstation i Skive midtby.
Foto: Jørgensen.

[Til top](#)

Reelt medvirker dette til, at der alt andet lige er ganske store omkostninger udenfor matriklen ved etablering af bio-metan producerende anlæg i forhold til kraft-varme anlæg. På den anden side kan den producerede bio-metan håndtering indrettes således, at al produceret energi kan afsættes året rundt, hvilket i mange tilfælde ikke er tilfældet for biogasfællelses anlæg med kraft-varme produktion og er normalt ikke tilfældet for biogasgårdanlæg.

Baggrunden for, at biogas gårdsanlæg normalt ikke kan afsætte hele energiproduktionen året rundt, er som nævnt andetsteds, at anlæggene typisk ikke leverer gas eller varme til et større forbrugs-opland, men typisk leverer til eget og/eller meget lokalt brug.

Nedenstående diagram viser forventningerne til udviklingen i bio-metan prisen fra 2012 og frem.



Kilde: Energistyrelsen (2012b), KEMIN (2012), Energistyrelsen (2009) og egne beregninger.

De angivne beløb er inklusive afgiftsrefusion og tilskud som bio-metan værdi for perioden 2012 til 2031, baseret på naturgaspris i Vores Energi, 2012-priser (kr. per Nm³). [Se bilag 4.](#)

Diagrammet viser, at afregningsprisen for bio-metan planlægges at skulle falde fra 6 kr. til 4,90 kr. per Nm³ over årene 2013 til 2028, vel at mærke i faste 2012-priser. Imidlertid har priserne på fossile brændsler ikke udviklet sig stigende som forventet, men har undergået et reelt fald. Dette medvirker til, at den reelle afregningspris, der skal forrente og afskrive anlæg, har været faldende over de seneste år. Energistyrelsen er for tiden ved at opdatere afregningspriserne, og en opdatering forventes senere i år.

[Til top](#)

Opgraderingsanlæg, aktører, teknologier, anlægs- og driftsomkostninger

Aktører og teknologier

Dette afsnit rummer en gennemgang af opgraderingsteknologi til opgradering af biogas til bio-metan. Oplistningen af aktører, givet nedenfor, er ikke udtømmende, men blot givne eksempler. Der henvises til [bilag 2](#) for en udtømmende liste over leverandører /8/.

Eksempler på leverandører af opgraderingsteknologi til produktion af bio-metan fra biogas.

Aktør	Teknologi	Eksempel på leverance
Air Liquide	Reaktive membran anlæg, der ved trykforøgelse presser reaktive gasarter i biogas gennem membran og tilbageholder ikke reaktive gasser såsom metan/CH ₄ og nitrogen/N ₂ .	Göteborg, Sverige. Har leveret anlæg i en række lande verden over.
Ammongas	Aminbaseret skrubberanlæg, der ved omgivelsernes tryk akkumulerer kultvejte/CO ₂ i væske, hvorefter væsken med gas i et parallelt strippertårn ved opvarmning af væsken aflastes, og væsken returneres til skrubberanlægget	Hashøj Biogas. Har leveret anlæg i Danmark og Norge.
Malmberg Water	Trykvandsbaseret skrubberanlæg, der ved moderat overtryk akkumulerer kultvejte/CO ₂ i væske, hvorefter væsken med gas i et parallelt strippertårn ved trykaflastning/opvarmning af væsken aflastes, og væsken returneres til skrubberanlægget.	Fredericia Renseanlæg. Har leveret anlæg i en række lande verden over.

I alle tilfælde er der store fordele forbundet med at fjerne svovlbrinte fra den producerede biogas inden opgraderingen. Denne svovlbrintefjernelse finder typisk sted ved en eller en kombination af følgende metoder:

- Køling/kondensering af gassen i veksleranlæg/veksleranlæg med varmepumpe
- Absorption i base i et skrubbertårn
- Adsorption i aktiv-kul filter.

Normalt er opgraderings-anlæggene forsynet med aktiv-kulfilter som politifilter, idet svovlbrinte kan skade anlægskomponenter og/eller kemikalier i selve opgraderingsanlægget.

Svovlbrinterensning ved dosering af atmosfærisk luft til biogasanlæggenes gasfase eller til svovlbrinte-skrubere anbefales normalt ikke, da det medvirker til tilførsel af nitrogen/ N_2 til biogassen. Nitrogen følger metan gennem anlægget. Svovlbrinterensning ved luftdosering vil således, alt andet lige, kræve en mere effektiv rensning for kultveilte/ CO_2 for at nå kravværdien for koncentration af metan i den producerede biometan.

I henhold til /7/ er der leveret mere end 200 anlæg på verdensplan, og der er en tydelig, positiv udvikling i sammenhængen. Tyskland og Sverige er førende for etablering af anlæg i almindelighed, hvor en lang række andre lande er i introduktionsfasen.

[Til top](#)

Anlægs- og driftsomkostninger

Anlægs- og driftsomkostningerne varierer ganske betydeligt kilder og selskabsoplysninger imellem. Nedenstående sammenstilling fra /5/ angiver niveauerne samt forventninger til driftsresultater for alternative anlægstyper og ved forskellige kapaciteter /5/. Se også [bilag 3](#).

Parameter	Vand-skrubning	Organisk fysisk skrubning	Amin-skrubning	PSA	Membran-teknologi
Forventet metan indhold i bio-metan [vol%]	95-99	95-99	>99	95-99	95-99
Effektiv indvinding af metan [%]	98	96	99,96	98	80-99,5
Metantab [%]	2,0	4,0	0,04	2,0	20-0,5
Gennemsnitlige investeringsomkostninger [€/ (m ³ /time) bio-metan]					
for 100m ³ /time bio-metan	10.100	9.500	9.500	10.400	7.300-7.600
for 250m ³ /time bio-metan	5.500	5.000	5.000	5.400	4.700-4.900
for 500m ³ /time bio-metan	3.500	3.500	3.500	3.700	3.500-3.700
Gns. driftsomkostninger [Cct/m ³ biometan]					
for 100m ³ /time bio-metan	14	13,8	14,4	12,8	10,8-15,8
for 250m ³ /time bio-metan	10,3	10,2	12	10,1	7,7-11,6
for 500m ³ /time bio-metan	9,1	9,0	11,2	9,2	6,5-10,1

Oversigten viser, at for mindre anlæg er membran-teknologien lavest i investering og i nogle sammenhænge også i drift. For større anlæg varierer anlægsprisen ikke videre de enkelte anlægsteknologier imellem, ligesom driftsomkostningen også nivelleres, dog således at de laveste driftsomkostninger også kan nås med membran-teknologi. Det kan noteres, at 500 Nm³ bio-metan per time svarer til en håndtering af cirka 500 ton biomasse i døgnet/180.000 tons biomasse om året, hvilket kun de største Danske biogasanlæg håndterer i dag. Derimod er der en række eksisterende biogassfælesanlæg og flere kommende biogassgårdanlæg, der håndterer cirka 100 ton biomasse i døgnet/35.000 ton biomasse om året eller mere, svarende til en timeproduktion på cirka 100 Nm³ bio-metan per time.

Det kan noteres, at i henhold til personlige samtaler med leverandører af anlæg kan driftsomkostningen i dag være indtil betydeligt under de i tabellen angivne. En omkostning på ned til 0,5 kr. per produceret Nm³ bio-metan (6,6 Cct) er noteret i denne sammenhæng /6/, hvilket er mindre eller lig med to tredjedel af beløbene, skitseret i Biometan Regioner projektet. Se ovenstående tabel.

[Til top](#)

Kontraktmæssige forhold

Dette notat rummer ikke en gennemgang af de kontraktmæssige forhold i forbindelse med afsætning af bio-metan til naturgasnettet. Vi henviser til /9/ for en kort gennemgang af krav og muligheder samt /10/ for gældende regler.



Køle-kompressor station til membranbaseret opgradering på lille biogassgårdanlæg.
Foto: HoSt Bio-Energy Installations.

[Til top](#)

Udnyttelse af kultveilte/ CO_2 fra opgradering af biogas

Et forhold af særlig interesse er den kultveilte/ CO_2 -mængde, der isoleres fra biogassen i forbindelse med opgradering til bio-metan.

Kultveilte benyttes blandt andet til:

- tilsætning i drikkevarer
- bedøvelse af svin i forbindelse med slagtning
- kulstofkilde til acceleration af plantevækst i drivhuse

og på sigt formodentlig også til:

- produktion af metan ved reduktion i brintatmosfære, enten biologisk eller katalytisk.

Direkte udnyttelse af kultveilte/CO₂

Det er anerkendt, at CO₂ er et godt vækstmiddel i drivhuse, og det er kendt teknologi at rense NO_x'er ud af udstødningsgas fra naturgasbaserede kraft-varme anlæg og udnytte den CO₂-holdige rensede gas som vækstmiddel. På samme måde må det forventes, at CO₂, isoleret fra biogas, vil kunne renses og udnyttes som vækstmiddel.

[Til top](#)

Renset røggas indeholder ganske væsentlige mængder atmosfærisk kvælstof, diverse forbrændingsprodukter samt smørelie aerosoler i ganske små koncentrationer. CO₂ fra biogas kan, afhængigt af den valgte opgraderingsmetode, indeholde små koncentrationer metan og formentlig også spor af ammoniak og svovlbrinte. CO₂ fra biogas udmærker sig dog specielt ved dels næsten udelukkende at bestå af CO₂ og således ikke at indeholde videre mængder atmosfærisk kvælstof og slet ikke ilt. Derfor er fortyndingen af luften i eksempelvis et gartneri med CO₂ fra biogas noget lavere end ved brug af udstødningsgas.

Det umiddelbare problem i denne sammenhæng er indholdet af restmetan og rester af andre gasarter, der skal reduceres i koncentration eller fjernes, for at gassen kan benyttes. Videncentret for Landbrug fortsætter indsatsen på at få specificeret, hvordan denne CO₂-kilde kan raffineres og udnyttes til drivhuse. CO₂ udnyttes også til en række andre formål, hvilke også vil blive søgt specificeret med denne indsats.

[Til top](#)

Metanisering af kultveilte/CO₂

Metanisering af kultveilte er ny i vores energiperspektiver og består i korthed i at benytte el og vand til produktion af brint og ilt i et elektrolyseanlæg. Brinten opsamles ved katoden og benyttes til teknisk eller biologisk reduktion af kultveilte til metan ved følgende overordnede balanceforhold:



Energiindholdet i brint er cirka 3,5 kWh per Nm³, hvorfor der ved et elforbrug på 16 kWh kan opnås en brintmængde svarende til 14 kWh brint (kalorimetrisk varmeværdi). Som det fremgår af ligningen, udnyttes halvdelen af denne brint til produktion af metan. Metans energiindhold er på samme basis cirka 11 kWh per Nm³, svarende til en virkningsgrad på små 70 procent fra el til metan.

Ved produktion af el i stempelmotorer på basis af metan kan der opnås en virkningsgrad på over 40 procent, hvorfor den samlede virkningsgrad for gen-konvertering til el vil være i størrelsesordenen 30 procent, for så vidt den producerede gas kun indeholder metan.

Benyttes brint i forbindelse med biogasanlæg, kan til rådighed værende el af prismæssige årsager være svingende. Under sådanne forudsætninger vil produktionsprisen for brint kunne variere betydeligt, og produktionen ville kunne være afhængig af en given lav elpris. I sådanne tilfælde vil el-virkningsgraden for udnyttelse af den producerede gas variere med metanindholdet.



Brint doseringsanlæg på biogasanlægget i Foulum, Aarhus Universitet.
Foto: Erik Fog.

Aarhus Universitet, Foulum udfører nu projekter i forbindelse med biologisk udnyttelse af brint til metan-produktion, hvor Haldor Topsøe A/S med flere undersøger teknisk, katalytisk konvertering.

Ved søgning på internettet er der fundet forskellige angivelser for effektiviteten af konvertering af el til brint. Det er herunder muligt, at denne effektivitet kan være mindre end angivet, hvorfor det samlede regnestykke kan være mindre optimistisk.

[Til top](#)

Referenceliste

1. Blaahøj energianlæg AmbA, Flemming Kristensen. Personlig samtale
2. Møller, H.B., Hjorth, M, Weisberg, M. R.

- Sådan påvirkes gaspotentialet i gødning af staldsystem, fodring, separation og forbehandling
Plantekongres 2011. Aarhus Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet
3. Notat. Vedr. opgradering og levering af biogas til naturgasnettet og de af EnergiNet.DK støttede forskningsprojekter
ST 24. januar 2008
 4. EnergiNet.DK
Lokal anvendelse af biogas kontra opgradering til naturgassystemet.
En samfundsøkonomisk analyse.
August 2010
 5. BIOMETAN REGIONER.
Introduktion til produktion af biometan fra biogas.
Videncentret for Landbrug som del af Biometan Regioner projektet.
November 2012
 6. Personlig samtale med anlægsleverandører på det Danske marked
 7. BEK nr. 1264 af 14/12/2012
Bekendtgørelse om gasreglementets afsnit C-12, bestemmelser om gaskvaliteter
 8. SGC Rapport 2013:270
Biogas upgradering – Review of commercial Technologies
Bauer, F. et al.
 9. Tilførsel af opgraderet biogas til gassystemet – kort fortalt.
EnergiNet.DK m. fl. Regler for tilførsel af opgraderet Biogas (Bionaturgas) til Det Danske Gassystem. (Regler for Bionaturgas). Version 1.1.
Naturgas Fyn Distribution A/S, DONG Energy Distribution A/S, Aalborg Forsyning, Gas, HMN Naturgas I/S, energiNet.DK
10-10-2014

[Til top](#)