Fødevareøkonomisk Institut

Rapport nr. 136

Samfundsøkonomiske analyser af biogasfællesanlæg

- med tekniske og selskabsøkonomiske baggrundsanalyser

Socio-economic analysis of centralised Biogas Plants

- with technical and corporate economic analysis

Lars Henrik Nielsen, Kurt Hjort-Gregersen,
Peter Thygesen og Johannes Christensen

København 2002

Indholdsfortegnelse:

Forord 7

Sammendrag 9

Indledning 13

Del I: Samfundsøkonomiske analyser af biogasfællesanlæg 19

1. Indledning 19

2. Analysens metode, omfang og beregnede nøgletal 20
   2.1. Niveau-delt samfundsøkonomisk analyse 20
   2.2. Omfang af den samfundsøkonomisk analyse 20
   2.3. Beregnede samfundsøkonomiske nøgletal 22
   2.4. Generelle samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger 23

3. Valgt koncept for Dagens Biogasfællesanlæg 24

4. Gennemførte analyser på Dagens Biogasfællesanlæg. Oversigt 25

5. Kvantificering og værdisætning af konsekvenser 26
   5.1. Markedspriser og eksternaliteter 26
   5.2. Landbrugsmæssige forhold 28
      5.2.1. Lagring, omfordeling og udkørsel af gylle 30
      5.2.2. Værdi af deklarering og bedre gødningsudnyttelse 32
      5.2.3. Værdi af reduceret lugt fra gyllespredning 36
      5.2.4. Værdi af hygiejnisering af gyllen via BFA 37
      5.2.5. Værdi af mulig produktionsudvidelse 38
   5.3. Energiproduktion 38
      5.3.1. Elproduktion og -salg 38
      5.3.2. Gasproduktion og –salg 41
      5.3.3. Værdi af energiproduktion i A2 42
   5.4. Miljømæssige konsekvenser 43
      5.4.1. Ændret emission af drivhusgasser 43
      5.4.2. Genanvendelse af affald via BFA 47
      5.4.3. Vandmiljøerne, effekt på N-udvaskning 50

5.5. Værdisatte eksternaliteter for A2: Oversigt i kr./ton 53

6. Hovedresultater fra den samfundsøkonomiske analyse 54
6.1. Dagens biogasfællesanlæg A1, A2 og A3: ”Ren skalaeffekt” 56
6.1.1. Nøgletal præsenteret grafisk 56
6.1.2. Årlige udgifter og indtægter. Oversigt 58
6.2. Dagens biogasfællesanlæg B1,B2 og B3:”Faldende affaldsandel, stigende gylletæthed og tilslutning” 61
6.2.1. Nøgletal præsenteret grafisk 61
6.3. Dagens biogasfællesanlæg A3, B3 og C3: ”Faldende affaldsandel for anlæg til 800ton/dag” 63
6.3.1. Nøgletal præsenteret grafisk 63
6.3.2. Årlige udgifter og indtægter. Oversigt 64
6.4. Hovedresultater for reduktionsomkostning på drivhusgas 66

7. Følsomhedsanalyser på Dagens Biogasfællesanlæg A2 67
7.1. Følsomhedsanalysens effekt på drivhusgasreduktionsomkostning. Oversigt 70

8. Konklusioner på den samfundsøkonomiske analyse 72

Referencer 73

Del II: Selskabsøkonomiske analyser af biogasfællesanlæg 75

1. Metode 75

2. Hovedforudsætninger 75

3. Hovedresultater 79

4. Anlægsinvesteringer 81

5. Strukturen i driftsindtægter og udgifter ved Dagens anlæg 82

6. Samlede transport- og produktionsomkostninger (scenarie A) 83

7. Følsomhedsanalyser 84

8. Finansiering 87

9. Behandlingsgebyr for gylle 89

10. Animalske biprodukter – en mulig ressource for biogasfællesanlæggene? 90

11. Anlæg der alene udrådner gylle 91

12. Potentialer for videre udvikling 92

13. Konklusion 93

14. Perspektivering 95

Referencer 96

Bilag 1. Regnearksmodel 97

Summary 99

Appendiks A. Tekniske og økonomiske forudsætninger for ”Dagens Anlæg” .. 109

Forord

Hovedformålet med denne rapport er at vurdere etableringen af biogasfællesanlæg ud fra en samfundsmæssig synsvinkel. Disse anlæg har afledte konsekvenser på energi- og miljøområdet og i landbruget. Det er søgt at værdisætte disse eksternaliteter for blandt andet at vurdere om den støtte, direkte og indirekte, som anlæggene modtager, kan retfærdiggøres via samfundsmæssige fordele for miljøet, affaldsbortskaffelse m.v. Foruden de samfundsøkonomiske analyser indeholder rapporten selskabsøkonomiske analyser samt tekniske og økonomiske forudsætninger for den anlægstype og de anlægsstørrelser, som er valgt som grundlag for analyserne.

Rapporten er udarbejdet i regi af Energistyrelsens Biogasprogram. Seniorforsker Lars Henrik Nielsen, Forskningscenter Risø har udarbejdet de samfundsøkonomiske analyser. Forsker Kurt Hjort-Gregersen, Fødevareøkonomisk Institut har udarbejdet de selskabsøkonomiske analyser og de tekniske og økonomiske forudsætninger er opstillet af Peter Thygesen, Højme Teknik i samarbejde med Kurt Hjort-Gregersen. Til projektet har der været knyttet en særlig følgegruppe bestående af forskningschef Johannes Christensen, Fødevareøkonomisk Institut, fuldmægtig Søren Tafdrup, Energistyrelsen og civilingeniør Lars Ellegaard, BWSC A/S. Energistyrelsens Biogasgruppe har tillige haft mulighed for at kommentere forudsætninger og resultater.

Den afsluttende redigering er sket under ledelse af forskningschef Johannes Christensen.

Fødevareøkonomisk Institut, august 2002

Ole P. Kristensen

Sammendrag

Siden midten af 1980'erne er i Danmark udviklet og afprøvet store biogasfællesanlæg (BFA) baseret på husdyrgødning i kombination med biologisk industriaffald. Der er i dag 20 sådanne anlæg i drift, der årligt behandler godt 1 mio. tons husdyrgødning og omkring 300.000 tons affald. De største af disse anlæg modtager mellem 500 og 550 ton gødning og affald dagligt fra ca. 80 husdyrbedrifter og producerer 15.-17.000 m^3 biogas.

Den producerede gas sælges til lokale kraft-varmeværker, der efterfølgende producerer el, der sælges til nettet, og varme, der afsættes via fjernvarmenet. Et transportsystem sørger for afhentning af gødningen hos landmændene og efter afgasningen leveres gødningen, nu suppleret med biologisk affald, retur til landmændene og slutanvendes som gødning i planteproduktionen. Ofte sker der samtidig en omfordeling af gødningen fra intensive husdyrbedrifter til planteavlsbedrifter med det fornødne jordunderlag.

BFA'er er organiseret i selskaber ofte som andelsselskaber med landmændene, leverandørerne af gødning, som andelshavere. I nogle tilfælde er varmeforbrugerne også repræsenteret i ejerkredsen, ligesom der findes andre selskabs- og ejerformer, herunder kommunale værker.

Alle de nuværende anlæg har modtaget anlægsstøtte fra staten. De ældste anlæg omkring 40 pct. og de nyeste anlæg omkring 20 pct. Derudover modtages indirekte støtte, idet varme produceret fra biomasse er fritaget fra energiafgift. Direkte støtte gives til elproduktionen, hidtil med 27 øre pr. kWh.

Udviklingen inden for biogasområdet er gennem årene sket med støtte fra Energistyrelsens Forskningsprogram (EFP) og Udviklingsprogrammet for vedvarende energi (UVE). Energistyrelsens Biogasgruppe har haft ansvaret for den praktiske gennemførelse af demonstrations-, udviklings- og opfølgningsaktiviteter i nært samarbejde med anlægsejere, fabrikanter, rådgivere og forskere repræsenterende alle de fagområder og interessenter, som er involveret i udvikling og drift af BFA'erne.

Et BFA er et multifunktionelt anlæg der producerer vedvarende energi, reducerer emissioner af drivhusgas, sikrer en forsvarlig behandling og slutanvendelse af biologisk affald, recirkulerer næringsstoffer og mindsker udslip til vandmiljøet, hygiejniserer gylle og affald og reducerer lugtgener ved gyllens udbringning på markerne. Det

er ud fra alle disse funktioner, at BFA'er skal vurderes samfundsøkonomisk og erhvervsøkonomisk.

Hovedsigtet med nærværende rapport er at gennemføre en samfundsøkonomisk analyse og vurdering af BFA. Forud er lavet tekniske analyser og beskrivelser af "Dagens anlæg" baseret på det videngrundlag der i dag findes om konstruktion og drift af BFA'er. Der er endvidere lavet selskabsøkonomiske analyser baseret på de omkostninger, som er erfaret ved driften af sådanne anlæg, og med de priser ved salg af biogas der i dag opnås under forudsætning af fritagelse for varmeafgift og opnåelse af eltilskud på 27 øre pr. kWh. Beregninger er lavet ***uden*** anlægstilskud.

Rapporten indeholder således et sammenhængende datagrundlag fra teknologi over selskabsøkonomi til samfundsøkonomi. Analyserne er fremadrettede og omfatter investering i tre størrelser BFA: 300, 550 og 800 m^3 biomasse tilført pr. døgn og med varierende forudsætninger om tilførsel af supplerende affald sammen med husdyrgødningen. De samlede anlægsinvesteringer for de tre anlægsstørrelser udgør henholdsvis 44, 63 og 80 mio. kr.

Det hovedspørgsmål der stilles er, om de tilskud, der måtte være nødvendige fra samfundet for at kommende BFA'er kan blive selskabsøkonomisk rentable, kan retfærdiggøres ud fra en vurdering (værdisætning) af de samfundsmæssige fordele (eksternaliteter), der opnås, og som ikke afspejler sig i markedsforholdene omkring BFA'er.

Værdisætningen af eksternaliteterne er meget afgørende for resultatet af den samfundsøkonomiske analyse og samtidig behæftet med stor usikkerhed. Derfor er analyserne gennemført på forskellige niveauer, der repræsenterer en gradvis inddragelse af flere og flere forhold, ligesom der er udført en række følsomhedsanalyser. Den meget snævre samfundsøkonomiske analyse omfatter således alene energiproduktionen opgjort til forventede markedspriser uden afgifter og tilskud.

På næste niveau værdisættes derudover genanvendelse af organisk affald samt landbrugsmæssige forhold vedrørende lagring, omfordeling, udkørsel og bedre næringsstofudnyttelse. Dernæst tilføjes værdi af ændret emission af drivhusgasser og effekt på udvaskning af næringsstoffer. Endelig inddrages værdien af reduceret lugt ved gyllespredning. Ved værdisætningen er overvejende anvendt omkostningsbaserede metoder. Det vil sige ud fra en vurdering af alternative omkostninger (ved alternative metoder) forbundet med at undgå/fjerne en uønsket ekstern effekt.

Der kan listes en række eksternaliteter, som det ikke har været muligt at værdisætte og inddrage i analysen, herunder forhold vedrørende sparede ressourcer, forsyningssikkerhed, bekæftigelse og værdi af hygiejnisering af gyllen. De udeladte forhold er overvejende af positiv karakter for BFA'ernes samfundsøkonomiske betydning. Set på denne baggrund kan de gennemførte analyser derfor karakteriseres som forsigtige/konservative.

Hovedresultatet af de samfundsøkonomiske analyser er, at det i dag er muligt at bygge og drive samfundsøkonomisk rentable BFA. En klar forudsætning herfor er, at der suppleres med organisk industriaffald. Derved øges gasproduktionen i forhold til anlæg, der alene omsætter husdyrgødning og samfundsmæssigt har det betydelig værdi at få genanvendt affaldet.

Anlæg, der alene anvender husdyrgødning, er samfundsøkonomisk urentable selv ved højeste analyseniveau for inddragelse af eksternaliteter. Ved laveste analyseniveau, hvor der ikke indgår værdisætning af eksternaliteter, men alene afregnes for energien til rene markedspriser er ingen af de analyserede anlæg rentable, uanset graden af tilførsel af organisk industriaffald.

Resultaterne er også udtrykt som omkostninger ved at reducere drivhusgasemissioner, der foruden CO_2-reduktionen ved selve energiproduktionen også omfatter reduktion af metan og lattergas i forhold til konventionel gødningshåndtering. Resultaterne viser, at BFA er en fordelagtig teknologi. Reduktionsomkostninger målt pr. ton CO_2-ækvivalenter er i flere tilfælde negative og udtrykker derved en samfundsøkonomisk gevinst.

Ved mindre gunstige forudsætninger bliver reduktionsomkostningerne naturligvis mindre fordelagtige, men i intervallet 0 til 150 kr. pr. ton CO_2 findes adskillige resultater, hvilket viser, at et udsagn om, "at der fås meget CO_2-reduktion for pengene" ved anvendelse af BFA, er et robust udsagn.

De selskabsøkonomiske analyser viser tilsvarende de samfundsøkonomiske analyser, at det er muligt at etablere privatøkonomisk rentable BFA. Men, at det også her er nødvendigt med en vis minimumstilførsel af organisk industriaffald fra godt 20 pct. ved det mindste anlæg på 300 m^3 til ca. 10 pct. ved det største anlæg på 800 m^3. Når det største anlæg kan klare sig med mindre mængder affald skyldes det størrelsesøkonomiske fordele. Enhedsomkostninger er simpelthen mindre ved et stort end ved et lille anlæg.

Selskabsøkonomisk vil det være en forudsætning, at der fortsat kan opnås et statstilskud, direkte eller indirekte, i en størrelsesorden, der svarer til fritagelse for afgift på varme fra biomasse og eltilskud på 27 øre pr. kWh.

Der er opstillet kombinationer af anlægsstørrelser og andele af industriaffald, hvor tilskudsbehovet er mindre, men taget i betragtning, at der skal være en vis margin til dækning af risici ved investeringerne vil lavere tilskud medføre, at incitamenterne til at bygge nye anlæg bliver så små, at biogasbranchen får svært ved at overleve. Der skal et vist volumen til af nye anlæg for at fabrikanter, rådgivere m.fl. kan udvikle deres virksomhed.

De samfundsøkonomiske analyser af BFA giver imidlertid også belæg for fortsat støtte, når alle energimæssige, miljømæssige og landbrugsmæssige fordele ses under et.

Der vil givetvis ved en fortsat forsknings- og udviklingsindsats kunne hentes endnu flere gevinster ved at effektivisere og billiggøre anlæggene og ved at udvikle den integrerede model for gødnings- og affaldshåndtering og genanvendelse. Anvendelse som gødning i landbruget har vist sig at være en særdeles effektiv metode for bortskaffelse af de betydelige mængder biologisk industriaffald der findes, herunder affald fra fødevareproduktionen. For anlægget har det økonomisk betydning at få tilført affaldet, og når dette iblandes gødningen, vil det også blive spredt og genanvendt på markerne.

Samfundsmæssigt lægges mere og mere vægt på at genanvende affald og for husdyrgødningens vedkommende bliver kravene også skærpet i de kommende år. Derfor overvejes nu flere steder at udbygge BFA med separationsanlæg og anden teknologi, der kan effektivisere lagring, transport og omfordeling af den afgassede biomasse yderligere såvel økonomisk som miljømæssigt. Fordelen for BFA'erne vil være, at de råder over en stor mængde gødning og affald, et transport- og lagringssystem samt en organisation, der vil medføre betydelige synergieffekter i forbindelse med en udbygning af gødningsbehandlingsfaciliteterne. Men et sådant potentiale realiseres ikke med mindre der forskes og udvikles inden for området.

Indledning

Det første biogasfællesanlæg i Danmark blev etableret i 1984 i Vester Hjermitslev. I de følgende år blev der etableret yderligere to anlæg i Nordjylland. Tanken bag disse anlæg var, at de skulle forsyne et lokalsamfund med varme, og producere elektricitet til det kollektive elforsyningsnet. I udgangspunktet var interessen for biogasfællesanlæg således alene centreret om de energimæssige forhold.

Men i midten af 1980´erne, hvor vandmiljødebatten startede, og hvor landbruget gennem vandmiljøhandlingsplanen blev pålagt en mere miljømæssigt forsvarlig håndtering og anvendelse af husdyrgødningen, øgedes opmærksomheden på, at biogasfællesanlæg måske kunne spille en rolle for landmændene i deres bestræbelser for at leve op til de nye lovkrav, især kravene om etablering af kapacitet til opbevaring af gylle.

Det var baggrunden for, at de tre fagministre for energi, miljø og landbrug nedsatte Koordineringsudvalget for Biogasfællesanlæg i 1986. Udvalget fik til opgave, at udarbejde en handlingsplan for etablering og afprøvning af biogasfællesanlæg i Danmark.

Udvalgets handlingsplan forelå i midten af 1987. Sigtet med planen var, at afklare, om en teknologisk udvikling, i kombination med de fælles energi-, miljø og landbrugsmæssige interesser kunne skabe driftsøkonomisk rentable anlæg. Et vigtigt element i planen var en belysning af selskabsøkonomien ved etablering af biogasfællesanlæg. Planen omfattede i korte træk et *forsøgs og demonstrationsprogram*, hvor der med mulighed for anlægstilskud tilskyndedes til etablering af yderligere anlæg, et *opfølgningsprogram*, der sikrede indsamling af de indhøstede erfaringer, *formidling* af disse, samt *forsøgs og forskningsmæssige aktiviteter* på særlige områder.

Iværksættelsen af handlingsplanen accelererede udbygningen med anlæg, og blev dermed afgørende for udviklingen af biogasfællesanlæg som integrerede miljø og energiproducerende anlæg.

Handlingsplanen er siden blevet efterfulgt af en række udviklingsprogrammer på biogasområdet, hvor det påbegyndte arbejde blev videreført og udviklet.

Alle de hidtidige anlæg har opnået anlægstilskud i et vist omfang. Samtidig har biogas, og varme produceret på biogas, været fritaget for energiafgift, og der er ydet et produktionstilskud fra staten på 0,27 kr. pr. kWh elektricitet produceret på biogas.

Disse direkte og indirekte subsidier har været udtryk for et ønske om at minimere de økonomiske risici for investorerne i en teknologisk udviklingsfase, og i et vist omfang at tilgodese anlæggene for produktionen af miljøvenlig energi og andre miljøeffekter, som driften af anlæggene forventeligt ville give anledning til.

Gennem årene er det blevet stadig mere klart, at fællesanlæggene fungerer som problemløser på flere fronter. Der er dokumenteret en række samfundsmæssige gevinster som følge af driften af biogasfællesanlæggene. Disse afledte effekter, der udgør et spektrum af miljø- og økonomieffekter, kan ses som nogle samfundsmæssige fordele, der skal opveje meromkostningerne ved at producere energi i form af biogas i stedet for fortsat at anvende fossile energiformer.

Vurderingen af, om de afledte samfundsmæssige gevinster, har en størrelsesorden, der fortsat kan retfærdiggøre en vis subsidiering af afregningsprisen for biogas, kan ske via en samfundsøkonomisk analyse. En analyse, hvor de samfundsøkonomiske omkostninger sammenholdes med de samfundsøkonomiske gevinster. Overstiger gevinsterne omkostningerne er biogasfællesanlæg samfundsøkonomisk rentable.

Set i relation til Danmarks internationale forpligtigelse om at reducere emissionen af drivhusgasser er det af interesse at vurdere omkostningseffektiviteten ved forskellige virkemidler. Rapporten indeholder også en sådan beregning for biogasfællesanlæggene. Foruden en kuldioxidreduktion er medregnet en reduktion af drivhusgasserne metan og lattergas.

Rapporten omfatter alene analyser af biogasfællesanlæg og resultaterne kan ikke umiddelbart overføres til gårdbiogasanlæg. Rapportens forudsætninger bygger i vid udstrækning på erfaringerne fra ovennævnte udviklingsprogrammer og er baseret på en status for bedste til rådighed værende teknologi og driftsmæssig know-how.

Ved et biogasfællesanlæg forstås et biogasanlæg, der modtager gylle fra flere landbrugsbedrifter, og hvor den producerede energi afsættes til kollektive forsyningsnet. Alle eksisterende anlæg modtager endvidere organisk affald, typisk fra fødevareindustrien. Mængdemæssigt udgør affaldet i regelen 20-25 pct. af den samlede behandlede biomassemængde og er med til at øge den samlede gasproduktion, så der kan opnås driftsøkonomisk rentabel drift. Transporten af gylle foregår med egne slamsugerlastvogne, hvorimod det organiske affald i de fleste tilfælde leveres af vognmænd. Anlæggene opkræver almindeligvis et gebyr for at modtage affaldet, som afspejler de omkostninger, der er ved at håndtere affaldet og de fordele, der er via en højere gas-

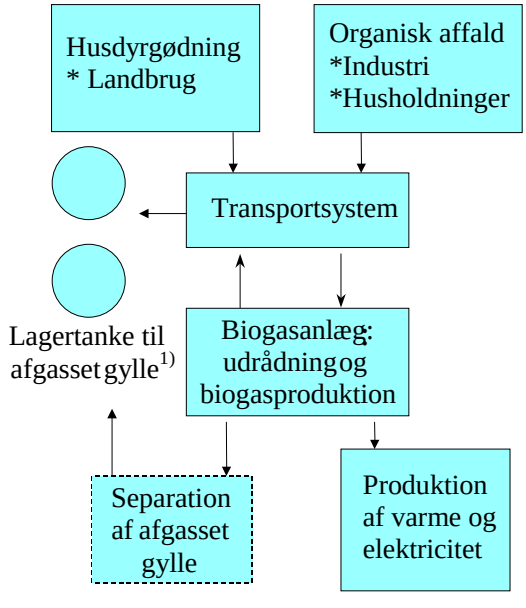
produktion. For de mest attraktive affaldstyper er der ofte tale om, at anlæggene direkte betaler for leverancerne.

Efter hygiejnisering og udrådning i biogasanlægget leveres den afgassede biomasse retur til landmændene i lagertanke, der ligger ved gården, eller ved de marker, hvor biomassen skal slutanvendes som gødning. Landmanden betaler normalt for lagerom-kostningerne og udbringningen på markerne, mens selve transporten til og fra biogas-anlægget betales af biogasselskabet.

Under den anaerobiske (iltfri) udrådning frigives biogas, der i de fleste tilfælde anvendes til produktion af el og varme, som sælges i kollektive forsyningsnet. Det mest almindelige er, at gassen sælges til et lokalt kraftvarmeværk, der derefter producerer el og varme.

Figur 1 viser ideen i et biogasfællesanlæg.

Figur. 1. Opbygning af et biogasfællesanlæg



[1)] Placeret ved gårdene eller ved de marker hvor gyllen anvendes.

I figurens nederste venstre hjørne er der skitseret en separering af den afgassede gylle. Dette er endnu ikke normal praksis, men interessen for separation er steget betydeligt på det seneste. Flere eksisterende anlæg har sonderet de tekniske og økonomiske muligheder i så henseende. Der er allerede taget beslutning om indførelse af separationsteknik enkelte steder, men det vil givetvis blive et tema for nuværende og kommende fællesanlæg, i takt med at lovgivningen tilpasses de muligheder, som separationsteknikkerne tilbyder. Der arbejdes med forprojekter til biogasfællesanlæg en række steder i landet, og interessen for separering af det afgassede produkt er betydelig. De fordele og omkostninger som en videregående gødningsbehandling kan resultere i, indgår dog ikke i nærværende rapport.

Der findes i dag 20 biogasfællesanlæg i Danmark, med en daglig behandlingskapacitet fra ca. 40 – 550 m^3 biomasse. I alt håndteres årligt ca. 1,1 mio. m^3 husdyrgødning og 300.000 m^3 organisk affald i anlæggene. Bruttoenergiproduktionen beløber sig til ca. 1,3 Petajoule (PJ) på årsbasis. Ca. 500 landmænd er involveret i anlæggene.

Formål

Hovedformålet med rapporten er at gennemføre en samfundsøkonomisk analyse af biogasfællesanlæg, hvor flest mulige, positive som negative, afledte effekter er kvantificeret og værdisat. På dette grundlag vurderes biogasfællesanlæggenes samfundsøkonomiske rentabilitet. Endvidere vurderes omkostningseffektiviteten i henseende til reduktion af emissionen af drivhusgasser.

Som baggrund for de samfundsøkonomiske analyser er tillige gennemført selskabsøkonomiske analyser samt analyser af tekniske, investeringsmæssige og driftsmæssige forudsætninger.

Gangen i arbejdet

Som grundlag for de selskabs- og samfundsøkonomiske analyser er der designet et modelkoncept for et nyt biogasfællesanlæg, der kaldes ”Dagens Anlæg”. Karakteristisk for Dagens Anlæg er, at det er udstyret med den bedste kendte teknologi for at minimere driftsomkostningerne. I vidt omfang er de praktiske erfaringer og erfaringer fra rækken af udviklingsprogrammer inddraget. Der er valgt at tage udgangspunkt i et mesofilt anlæg med forhygiejnisering, som vil kunne leve op til nye hygiejniseringskrav, der bliver gældende fra midten af 2003. Det valgte koncept er imidlertid blot et af flere anlægskoncepter, der har vist sin duelighed på det danske marked. Ty-

pisk har hver anlægsleverandør sit eget (eller flere) koncept(er), som i givet fald kan tilpasses de forudsætninger, der gælder for et konkret projekt.

Dagens anlæg er beskrevet med daglig behandlingskapacitet på hhv. 300, 550 og 800 m^3 biomasse pr. dag. Anlægget er som nævnt udstyret med forhygiejnisering, og omfatter desuden varmeveksling, gaslager med henblik på tarifdrift (elproduktion på prismæssigt særligt gunstige tidspunkter), samt eget kraft-varmeanlæg til dækning af procesvarmeforbruget. Den del af gasproduktionen, der ikke anvendes i eget kraft-varmeanlæg, forudsættes solgt til et kraft-varmeværk i nærheden.

En detaljeret beskrivelse af model, resultater og teknik i Dagens anlæg findes i Appendiks A.

Som en del af arbejdet med det tekniske design af Dagens anlæg er de samlede anlægsomkostninger, proceselforbrug, personaleforbrug, udgifter til vedligeholdelse samt løbende udgifter til komponentudskiftninger estimeret. Disse parametre indgår efterfølgende i datagrundlaget for de selskabsøkonomiske analyser. Der er her gennemført rentabilitetsberegninger over de tre nævnte anlægskategorier ved hjælp af en række yderligere forudsætninger, herunder afregningspris for den producerede biogas samt pris- og omkostningsudvikling. Som følsomhedsanalyser er der gennemført balanceberegninger for affaldstilsætning, gasudbytte, anlægstilskud, renteniveau og behandlingsgebyr.

Resultaterne af de selskabsøkonomiske analyser findes i rapportens del II.

De samfundsøkonomiske analyser bygger på de tekniske og selskabsøkonomiske analyser. Men priserne er renset for afgifter og subsidier, idet der alene anvendes faktorpriser. Denne afgørende forskel betyder, at der kan være selskabsøkonomisk balance i et anlæg uden, at der samtidig er samfundsøkonomisk balance.

I den samfundsøkonomiske analyse inddrages desuden en værdisætning af de externaliteter (afledte effekter), der har kunnet kvantificeres og prissættes. Et af problemerne ved samfundsøkonomiske analyser er imidlertid at få adgang til sikkert kvantificerede og entydigt fastsatte tekniske og prismæssige data. Nogle forudsætninger hviler på vurderinger og skøn og må derfor betegnes som relativt usikre. Desuden kan der peges på afledte effekter, der ikke har kunnet kvantificeres og inddrages i analysen. Resultaterne af de samfundsøkonomiske analyser findes i rapportens del I.

Del I: Samfundsøkonomiske analyser af biogasfællesanlæg

Lars Henrik Nielsen, Afdeling for Systemanalyse, Forskningscenter Risø

1. Indledning

Udnyttelsen af biogasfællesanlæg (BFA) udgør et væsentligt element i løsningen af flere miljømæssige problemer i energisektoren, industrien og i landbruget. Sådanne anlæg er allerede i dag et vigtigt redskab i opfyldelsen af danske målsætninger på energi- og miljøområdet. Det er målet med denne analyse at undersøge, hvorvidt biogasfællesanlæg bygget i dag, baseret på teknologiens stade i dag, er fornuftige set ud fra en bredere samfundsøkonomisk synsvinkel. Forhold omkring biogas-gårdanlæg er ikke omfattet af analysen.

I slutningen af 1980'erne blev et ambitiøst dansk udviklingsprogram for biogasfællesanlæg igangsat. Dette udviklingsinitiativ er fulgt op med efterfølgende programmer. Dette har opbygget en dansk viden og ekspertise på området, og lovende resultater er opnået. Der er gennem udviklingsprogrammerne opbygget betydelig viden om anlæggenes muligheder og konsekvenser på miljøområdet. Det er et mål med denne analyse at indrage sådanne erfaringer i en bredere samfundsøkonomisk vurdering af biogasfællesanlæg.

Den samfundsøkonomiske analyse af biogasfællesanlæg vurderer udnyttelsen af disse anlæg set fra samfundets synsvinkel. Det overordnede spørgsmål er, hvorvidt denne alternative aktivitet (udnyttelse af biogasfællesanlæg) er økonomisk fordelagtig for samfundet set i forhold til hidtidig aktivitet (uden brug af biogasfællesanlæg) under en forventet referenceudvikling. Analysen gennemføres derfor som en "cost-benefit" analyse, hvor alternativet vurderes i forhold til en reference.

I den samfundsøkonomiske analyse skal principielt samtlige forhold vurderes, der vil være påvirket af udnyttelsen af biogasfællesanlæg. Udnyttelsen af alternativet biogasfællesanlæg har konsekvenser på mange områder. Konsekvenser af udnyttelsen optræder eksempelvis i landbrugssektoren og i industrien samt på energi- og miljøområdet.

Mange af disse konsekvenser er vanskelige at kvantificere og værdisætte for den samfundsøkonomiske analyse. Dette gælder naturligvis især konsekvenser og forhold, der ikke omsættes på et marked, hvilket eksempelvis er tilfældet for flere miljømæssige og landbrugsmæssige konsekvenser.

I denne samfundsøkonomiske analyse er der ikke taget hensyn til de forvridende effekter, som skattefinansiering af evt. driftsunder eller –overskud i samspil med skattesystemet måtte have.

2. Analysens metode, omfang og beregnede nøgletal

2.1. Niveau-delt samfundsøkonomisk analyse

Det er valgt at niveau-dele den samfundsøkonomiske analyse. Opdelingen afspejler, hvilke forhold analysen inddrager.

Det er valgt at definere følgende analyse-niveauer:

- Resultat 0: Den meget snævre samfundsøkonomiske analyse. Kun værdi af energiproduktionen indregnes som indtægt.
- Resultat 1: En samfundsøkonomisk analyse, der yderligere inddrager landbrugsmæssige forhold samt forhold omkring organisk affald fra industrien.
- Resultat 2: En bredere samfundsøkonomisk analyse, der yderligere inddrager miljømæssige konsekvenser vedrørende emission af drivhusgasser (CO_2,CH_4,N_2O) og udvaskning af kvælstof.
- Resultat 3: En udvidet samfundsøkonomisk analyse, der foruden de ovenstående forhold yderligere inddrager forhold vedrørende lugt-gener.

Analysen på et højere niveau inkluderer alle forhold fra de lavere. Opdelingen kan opfattes som en følsomhedsanalyse, hvor effekten af stadig flere forhold (og måske mere kontroversielle og/eller usikre forhold) inddrages i analysen. Resultater af den samfundsøkonomiske analyse præsenteres for hvert af disse niveauer. Dette kan give overblik over konklusioners robusthed i det valgte hieraki af medtagne aspekter, gående fra en her defineret meget snæver samfundsøkonomisk vurdering til en mere omfattende udvidet samfundsøkonomisk vurdering.

2.2. Omfang af den samfundsøkonomisk analyse

I nedenstående tabel 2.1 er den samfundsøkonomiske analyses opdeling på niveauer defineret. Tabellen viser en bruttoliste over forhold, der kan være relevante for den samfundsøkonomiske analyse. Samfunds- og miljø-økonomiske forhold af betydning for biogasfællesanlæg er angivet i tabellens venstre søjle. Markeringer i søjlen under en given niveaubetegnelse angiver, hvilke forhold der er kvantificeret, prissat og inddraget i den samfundsøkonomiske analyse på det pågældende niveau. Markeringer

med ”R0” er inddraget på analyseniveau ”Resultat 0”, og markeringer med ”R0, R1, R2 eller R3” udgør forudsætninger for den samfundsøkonomiske analyse på ”Resultat 3”-niveau.

Tabel 2.1. Samfunds- og miljøøkonomiske emner af betydning for biogasfælle-sanlæg opdelt på analyseniveau

Samfundsøkonomisk analyse af biogasfællesanlæg				
Analyseniveau	Resultat 0	Resultat 1	Resultat 2	Resultat 3
Generelt, energi og ressourcer:				
Værdi af energiproduktionen	R0	R0	R0	R0
Kapacitetsværdi i f.t. belastningen på naturgasnettet	R0	R0	R0	R0
Sparede ressourcer (energi og gødning)				
Beskæftigelse nationalt/lokalt, faglært/ufaglært				
Valutabetydning for Danmark				
Erhvervsbetydning, afledt eksportvirkning				
Øget forsyningssikkerhed og sikkerhedspolitisk værdi				
Prisdæmpende effekt af VE-udbygning i f.t. fossil energi				
Vejslid ved øget gylletransport				
Miljø:				
Ændret emission af drivhusgasser			R2	R2
Andre luftforureningsforhold				
Genanvendelse af organisk affald		R1	R1	R1
Vandmiljøerne, effekt på udvaskning			R2	R2
Landbrug:				
Lagring, omfordeling og udkørsel		R1	R1	R1
Værdi af deklarering og bedre gødningsudnyttelse		R1	R1	R1
Værdi af reduceret lugt fra gyllespredning				R3
Værdi af hygiejnisering af gyllen				
Værdi af fleksibilitet ved produktionsudvidelse				
Kapital- og driftsudgifter:				
Kapitaludgifter, biogasanlægget	R0	R0	R0	R0
D&V, biogasanlægget (inkl. KV til proces)	R0	R0	R0	R0
Gylletransport, drift og kapital	R0	R0	R0	R0

Alle de markerede emner er kvantificeret og prissat i analysen, og den nærmere beskrivelse heraf er placeret i rapportens kapitel 5.

En række forhold har det ikke været muligt at kvantificere og prissætte i denne analyse. Af tabellen fremgår sådanne forhold ved, at en markering er udeladt. Flere af disse ikke kvantificerede forhold kan kvalitativt forventes at have en positiv samfundsøkonomisk effekt, - til fordel for biogasanlæggene. Nærværende analyse kan således ikke opfattes som værende en udtømmende analyse af anlæggenes samfundsøkonomi.

2.3. Beregnede samfundsøkonomiske nøgletal

Resultaterne af de samfundsøkonomiske analyser vil blive præsenteret gennem tre nøgletal. Der er valgt at benytte følgende nøgletal på resultatsiden for tolkning og vurdering af analyserne:

- Det samfundsøkonomiske overskud Mio. kr./år
- Samfundsøkonomisk rentabilitet Pct. p.a. (Afkast-rate på netto-investeringer)
- Drivhusgasreduktionsomkostning Kr./ækv.ton CO_2

Valget af disse overordnede nøgletal er gjort, dels for at præsentere resultater i både absolutte tal (Mio. kr./år) og relative tal (pct. p.a.), dels for at udtrykke anlægsprojekternes drivhusgasreduktionsomkostning (kr./ækv.ton CO_2). I de første to nøgletal indgår reduktionsomkostning for drivhusgasser som en forudsætning i analysen, hvorimod denne størrelse beregnes som det tredje nøgletal under forudsætning af break-even for den samfundsøkonomiske analyse.

Nøgletallene beregnes efter følgende forskrifter, og skal tolkes på følgende vis:

Samfundsøkonomisk overskud
I det samfundsøkonomiske overskud udtrykkes projektets nuværdi over beregningsperioden. Forskellen mellem samtlige indtægter og udgifter udtrykt i faste priser over perioden beregnes til nettoværdien i startåret under anvendelse af den forudsatte reale samfundsøkonomiske kalkulationsrente. Dersom det samfundsøkonomiske overskud er positivt er projektet samfundsøkonomisk attraktivt under de givne forudsætninger.

Samfundsøkonomisk rentabilitet, udtrykt via afkast-rate på netto-investeringen
Et relativt mål for den samfundsøkonomiske attraktivitet af et anlægsprojekt er her udtrykt ved en samfundsøkonomisk rentabilitet, der er udtrykt ved afkast-raten på nuværdien af investeringerne. Denne størrelse er her defineret som pct.-forholdet mellem det annuiserede samfundsøkonomiske overskud (ved den givne kalkulationsrente) og nuværdien af nettoinvesteringen. Afkast-raten kan således ses som udtryk for investeringernes mer-forrentning, ud over den anvendte samfundsøkonomiske kalkulationsrente. Når afkast-raten er nul, er projektet netop break-even. Negativ afkast-rate betyder, at projektet ikke er samfundsøkonomisk attraktivt. Positiv afkast-rate betyder, at projektet er attraktivt, samt at den investerede netto kapital forrentes med, hvad der svarer til afkast-raten ud over kalkulationsrenten.

Skyggepris for ækvivalent CO_2 reduktion
Drivhusgas reduktionsprisen er et vigtigt nøgletal for vurdering af projekters relevans over for opfyldelse af Danmarks målsætninger og forpligtelser på drivhusgas-reduktionsområdet. I analysen vurderes ændringer i emissionen af drivhusgasserne CO_2, CH_4 og N_2O. Den samlede emission af disse drivhusgasser udtrykkes som en *ækvivalent* mængde CO_2 emitteret. Det er her valgt at beregne projekters skyggepris for *ækvivalent* mængde CO_2 reduktion som et nøgletal på resultatsiden i den samfundsøkonomiske analyse.

I de øvrige nøgletal indgår værdisætning af ækvivalent CO_2 reduktion som en beregningsforudsætning. For dette nøgletal er analysen som nævnt omvendt, og den ækvivalente CO_2 reduktionspris udgør et beregningsresultat for det betragtede anlægsprojekt. Tallet udtrykker den prissætning på drivhusgas reduktion, der netop giver break-even for det pågældende anlæg. Er denne størrelse mindre end det planlægningen vurderer og prissætter drivhusgas reduktion til, er det pågældende projekt attraktivt. Beregning af dette nøgletal giver beslutningstagere mulighed for at vurdere projekter ud fra forskellige forudsætninger for pris- eller værdisætning af ækvivalent CO_2 reduktion. Via dette nøgletal kan resultater sammenholdes med resultater i andre analyser, der udnytter samme grundforudsætninger (jf. afsnit 2.4).

2.4. Generelle samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger

Den samfundsøkonomiske analyse er gennemført under følgende generelle beregningsforudsætninger:

- Kalkulationsrente: 6 pct. p.a. Jf. Finansministeriet 1999.
- Basisår: År 2000
- Analyseperiode: År 2001-2020
Tidshorisont år 2020
- Restværdiberegning: Via annuisering til tidshorisont.
- Prisniveau: Faste priser niveau 2000.
Faktorpriser (ex. afgifter, subsidier mv.)
Dvs. omkostnings-bestemte priser.

- Brændselspriser: Energistyrelsens (ENS) faktorpris-prognoser pr. juni 1999.
  Opdateret til prisniveau 2000 med inflationen 2,02 pct. fra 1999-2000.
  Jf. Finansministeriets Finansredegørelse 2000.

Den anvendte kalkulationsrente er i overensstemmelse med Finansministeriets anbefaling for samfundsøkonomiske analyser.

Investeringer, der rækker ud over analyse-perioden, justeres for investeringens restværdi ved analyse-periodens udløb. Denne justering baseres på modregning af nuværdien af investeringens annuiteter uden for beregningsperioden.

3. Valgt koncept for Dagens Biogasfællesanlæg

Analysen tager udgangspunkt i et valgt anlægskoncept, der betegnes Dagens Biogasfællesanlæg jf. Appendiks A. Udformningen af Dagens Biogasfællesanlæg udnytter dansk samt international viden og erfaring, som den i dag foreligger. Dagens Biogasfællesanlæg udtrykker dagens niveau for pris, levetid og ydelse mv. for anlægskomponenter, og Dagens Biogasfællesanlæg er konfigureret, som man vil bygge nye anlæg i dag.

På energisiden er Dagens Biogasfællesanlæg karakteriseret ved:

- Gasproduktion sælges til naturgas-pris.
- Elproduktion fra motoranlæg på biogas sælges til nettet. Elproduktionens størrelse er bundet af behovet for procesvarme til biogasfællesanlægget.
- Der sælges ikke varme fra biogasfællesanlægget.

Tre anlægsstørrelser for Dagens Biogasfællesanlæg analyseres. Der ses på anlæg dimensioneret for daglig tilførsel og omsætning af biomasse (gylle og affald) i mængder på henholdsvis 300 ton/dag, 550 ton/dag og 800 ton/dag.

4. Gennemførte analyser på Dagens Biogasfællesanlæg. Oversigt

Hovedforudsætninger for de selskabs- og samfundsøkonomiske analyser af Dagens Biogasfællesanlæg er vist i nedenstående tabel 4.1. Med den valgte opdeling af analyserne på de angivne hovedforudsætninger illustreres konsekvenser af særlig væsentlige forhold for økonomien i biogasprojekter. De økonomiske analyser vil belyse konsekvenser af de meget afgørende forudsætninger, der vedrører:

- Biogasfællesanlæggets størrelse (skalaeffekt).
- Tætheden i biomassegrundlaget for anlægget.
- Affalds andel af den tilførte biomasse.

I det følgende henvises til hovedforudsætninger for de analyserede biogas projekter ved at bruge betegnelserne fra tabel 4.1. Betegnelserne A1, A2, A3 og B1, B2, B3 samt C3 vil blive anvendt i det følgende med henvisning til forudsætningerne angivet i nedenstående tabel. Detaljerede data og forudsætninger vedrørende de analyserede anlæg er beskrevet i rapportens Del II samt i Appendiks A.

Tabel 4.1. Hovedforudsætninger for den selskabs- og samfundsøkonomiske analyse

Anlægsstørrelse, tons tilført pr. dag	**300**	**550**	**800**
A: Ren skalaeffekt	**A1**	**A2**	**A3**
Affaldsandel, pct.	20	20	20
Gasudbytte, m^3/m^3	32,6	32,6	32,6
Radius for kørsel, km	7,8	10,2	12,1
Rad. Korr. f. trekantskørsel, km	9,75	12,75	15,13
Antal biler nødvendig	2	3	5
B: Faldende affaldsandel samt stigende gylletæthed og tilslutning	**B1=A1**	**B2**	**B3**
Affaldsandel, pct.		10,9	7,5
Gasudbytte, m^3/m^3		27,8	26
Radius for kørsel, km		9,2	9,5
Rad. Korr f. trekantskørsel, km		11,38	11,88
Antal biler nødvendig		3	5
C: Stort anlæg, kun gylle			**C3**
Affaldsandel, pct.			0
Gasudbytte, m^3/m^3			22
Radius for kørsel, km			9,5
Rad. korr f. trekantskørsel, km			11,88
Antal biler nødvendig			5

Et hovedsigte med netop dette valg af hovedforudsætninger for analysen er, at kunne identificere anlæg, der kan give lave specifikke omkostninger for drivhusgasreduktion, og som desuden vil kunne maksimere drivhusgasreduktion og energiproduktion inden for de begrænsede mængder af organisk affald fra industrien, der øger anlæggenes gasproduktion.

Følsomhedsanalyser gennemføres med udgangspunkt i biogasfællesanlægget og –projektet, der er betegnet A2 i tabel 4.1. Den samme anlægskonfiguration og de samme forudsætninger, A2-anlægget, danner endvidere udgangspunkt for en detaljeret gennemgang af de udførte kvantificeringer og prissætninger af eksternaliteter i analysen.

5. Kvantificering og værdisætning af konsekvenser

5.1. Markedspriser og eksternaliteter

Konventionelle privatøkonomiske og selskabsøkonomiske projektanalyser inddrager ikke de såkaldte eksternaliteter. Eksternaliteter eller eksterne effekter udgør ikke indkomst- eller udgiftselementer for en privat investorer eller en virksomhed. Eksterne effekter omfatter imidlertid vigtige økonomiske konsekvenser set fra et samfundsøkonomisk synspunkt, fordi en aktivitet eller et projekt kan medføre udgifter og besparelser, der påhviler samfundet eller påvirker medlemmer i samfundet.

Den samfundsøkonomiske analyse ser på en given aktivitet eller et projekt ud fra, hvorledes denne aktivitet påvirker samfundet som helhed. En aktivitet kan medføre fordele og byrder for samfundet eksempelvis vedrørende beskæftigelse, forurening af miljø m.v. set i forhold til en reference aktivitet eller en ”business as usual” situation, som skal tages med i betragtning i en samfundsøkonomisk vurdering af aktiviteten (Cost-benefit-analyse). Mange aktører og sektorer i samfundet kan være påvirket af aktiviteten, og det er vigtigt i den samfundsøkonomiske analyse at inkludere sådanne konsekvenser.

Biogasprojekter har implikationer ikke bare for landbrugssektoren, men har desuden virkninger i industrien og i energisektoren, og blandt de miljømæssige konsekvenser kan eksempelvis nævnes reduceret emission af drivhusgasser, reduceret eutrofiering af grundvand m.v., som vigtige eksternaliteter.

I den samfundsøkonomiske analyse bør indgå den 'sande pris' på en vare eller ydelse. Denne pris er ikke nødvendigvis lig med markedsprisen, og forskellen mellem disse priser er de eksterne omkostninger. Sammenhængen kan udtrykkes som:

Den "sande pris" = Markedsprisen + Eksterne omkostninger
(Eksterne omkostninger = Omkostninger, der ikke afspejles i markedsprisen)

Et vigtigt element i cost-benefit-analyser er værdisætning af eksternaliteter, eksempelvis marginale miljøforbedringer eller –skader. Værdisætning af sådanne forhold kan estimeres fra befolkningens betalingsvilje for den pågældende miljøforbedring (via præferencebaserede metoder). Endvidere kan værdisætning af miljøforbedringer estimeres på basis af de sparede omkostninger ved at bekæmpe forurening eller udbedre skader (via ikke-præferencebaserede metoder eller omkostningsbaserede metoder).

Alternative metoder for værdisætning af eksterne effekter kan således opdeles i:

- Præference-baserede metoder
  Fx via etablering af hypotetiske markeder, der afslører befolkningens markedspræferencer, betalingsvillighed eller kompensationskrav.
  (Interview-undersøgelser: Hvad vil man betale for at undgå den eksterne effekt.)
- Omkostnings-baserede metoder
  Disse metoder fokuserer direkte på de afholdte omkostninger ved den eksterne effekt, ved vurdering af skadevirkninger eller vurdering af bekæmpelsesomkostninger.
  (Udbedring af skader, tabt produktionsværdi, sundhedsudgifter m.m.)

Præference-baserede metoder betegnes ud fra en teoretisk synsvinkel som de bedste, men ofte er den nødvendige information for at udnytte disse metoder ikke til stede. For de *Omkostnings-baserede metoder* er problemet ofte, at disse ikke afslører og medtager alle de samfundsøkonomiske omkostninger forbundet med en ekstern effekt.

I nærværende samfundsøkonomiske analyse udnyttes *Omkostnings-baserede metoder*. Værdisætning af eksternaliteter er eksempelvis estimeret ud fra vurdering af omkostninger forbundet med at undgå / fjerne en uønsket extern effekt (og vice versa).

5.2. Landbrugsmæssige forhold

De landbrugsmæssige aspekter ved udnyttelse af biogasfællesanlæg (BFA) er i de følgende afsnit beskrevet med en opdeling på forhold, der vedrører:

- Lagring, omfordeling og udkørsel af gylle
  - Besparelser i.f.m. gylle-lagring
  - Transportbesparelse i landbrug
- Værdi af deklarering og bedre gødningsudnyttelse
- Værdisætning af reduceret lugt fra gyllespredning
- Værdi af hygiejnisering af gylle via BFA
- Værdi af mulig produktionsudvidelse via BFA

De nævnte forhold er kvantifiseret og prissat i det omfang, det har været muligt at tilvejebringe data, der kan danne grundlag for værdisætnings-analyser .

Et fyldestgørende datagrundlag for kvantificering og prissætning af de to sidstnævnte forhold, vedrørende hygiejnisering og mulig produktionsudvidelse i landbrug via BFA, har ikke kunnet tilvejebringes for denne analyse.

Fleksibilitet og produktionsudvidelse
I en tidligere undersøgelse blev en række landmænd, der var tilknyttet et biogasfællesanlæg, spurgt om deres motiver for at deltage i anlægget. Begrundelserne var, dengang i 1991, følgende:

- At slippe for selv at skulle investere i lagerkapacitet.
- At den afgassede gylle skulle være lugtfri
- Sikker afsætning for overskydende husdyrgødning
- Bedre udnyttelse af husdyrgødning
- God ide at udnytte vedvarende energikilder
- At forbedre landbrugets omdømme.

Det primære incitament dengang var helt klart at undgå investeringerne i lagerkapacitet. Et andet økonomisk motiv var en forventet øget næringsstofudnyttelse i gyllen, og den praktiske sikkerhed for afsætning af overskydende husdyrgødning. At mange vægtede lugtreduktioner og hensynet til landbrugets image højt, skal ses i lyset af miljødebatten i forbindelse med Vandmiljøplan I i slutningen af 1980´erne. Deltagerne i biogasfællesanlæg ønskede med deltagelsen netop at gøre noget ved dette.

Der var på daværende tidspunkt ikke nævneværdig opmærksomhed på de mulige økonomiske gevinster i form af transportbesparelser i forbindelse omfordeling af overskudsgylle.

Når der etableres et biogasfællesanlæg i et område, vil der normalt være nogle landmænd, der af forskellige grunde ikke ønsker at tilslutte sig. Men det viser sig imidlertid ofte, at flere ønsker at tilslutte sig efterfølgende, når anlægget er i drift, og de positive erfaringer er demonstreret. Landmænd, der senere ønsker at tilslutte sig, eller ønsker at øge mængden, må normalt sættes på venteliste, idet biogasfællesanlæggets behandlingskapacitet er bundet fra starten. Årsagerne til øgede leverancer kan være flere. Noget skyldes utvivlsomt, at landmænd, der allerede er tilknyttet anlægget, ønsker at udvide husdyrproduktionen. Men også andre landmænd ønsker at levere til anlægget. Det vurderes, at der fortsat vil være interesse for deltagelse i biogasfællesanlægget af hensyn til den fælles lagerkapacitet, der stilles til rådighed mod betaling af en lagerleje. Udover et mindre beparelsespotentiale, er der tale om en fordel i form af den fleksibilitet, der ligger i at leje tankene i stedet for selv at investere. Men også, at det gennem erfaringerne med driften af biogasfællesanlægget demonstreres, at det bliver lettere at afsætte overskydende gylle. Via positiv omtale opstår der kendskab til værdien af afgasset gylle, og den fordel landmænd kan have ved at få leveret gylle fra kun én leverandør. Biogasfællesanlæggene spiller derfor en vis rolle som formidler af kontakten mellem husdyrproducenter med ”ondt i harmonien”, og planteavlere eller andre, som kan aftage overskudsgylle.

Deltagelsen i biogasfællesanlægget kan således ikke siges at lempe harmonikravene for den enkelte leverandør, men det kan i mange tilfælde gøre det lettere at leve op til kravene.

Denne sikkerhed for afsætning af overskudsgylle spiller helt afgjort en rolle i beslutningsprocessen på de enkelte landbrug, fx i forbindelse med overvejelser om staldrenovering, udvidelser og jordkøb. Denne fleksibilitet og sikkerhed kan endvidere vise sig at få endnu større betydning i fremtiden, hvis biogasfællesanlæggene viser sig at kunne mestre teknik til gylleseparation, og hvis anlæggene i fremtiden i højere grad end hidtil kan fungere som gyllebank.

En kvantificering af den samfundsøkonomiske værdi af ovennævnte effekter er ikke foretaget i denne analyse. Ikke desto mindre vurderes værdien heraf at være ikke uvæsentlig, og kan tænkes at ville øges i fremtiden.

5.2.1. Lagring, omfordeling og udkørsel af gylle

Afledte økonomiske effekter, i form af omkostningsbesparelser ved:

- Gylle-opbevaring,
- Transport og udkørsel,

er betydelige incitamenter for landmændenes tilslutning til biogasfællesanlæg. Dette er som nævnt påvist ved interviewundersøgelser, der er udført under Biogasprogrammet.

Besparelser ifm. gyllelagring via BFA
I den forbindelse blev der foretaget en kvantificering af de opnåede omkostningsbesparelser. I praksis vil der være betydelig variation i de fordele, der opnås ved de enkelte landbrug, idet udgangssituationen for det enkelte landbrug er forskellige. Hvis der mangler betydelig lagerkapacitet, er der naturligvis større mulighed for at opnå omkostningsbesparelser i så henseende end hvis der kun mangler lidt lagerkapacitet. Desuden er det afgørende, hvilken pris landmanden i givet fald skal betale.

Hos anlæggene Sinding og Lintrup blev der fundet omkostningsbesparelser til gylle-opbevaring på 2-2,5 kr. pr. m^3. Der er flere årsager til disse besparelser. Dels kan anlæggene opnå rabatter, når de investerer i et stort antal tanke, og de kan derfor tilbyde lavere lagerleje, end hvis landmændene selv måtte have foretaget investeringerne. Dels opnåede en del landmænd en lageromkostningsbesparelse ved overgang fra et flerstrenget til et enstrenget gødningssystem.

Tabel 5.1. Besparelser ifm. gyllelagring via BFA

Dagens anlæg A2 550t/d
Gyllelagring:

Indtægt til BFA	Samfundsøkonomisk værdi mio. kr./år	Gylle ton/år	Værdisætning kr./ton gylle
Ved gyllelagring	**0,161**	**160.600**	**1,0**

I dag kan der næppe opnås lageromkostningsbesparelser i samme omfang som tidligere, idet lagerkapacitet til den eksisterende husdyrproduktion for længst skal være opfyldt. Det er derfor i langt højere grad i forbindelse med besætningsudvidelser ny lagerkapacitet er nødvendig og i forbindelse med overførsel af overskydende afgasset

gylle. I de samfundsøkonomiske analyser er der derfor anvendt en lavere omkostningsbesparelse til gylleopbevaring. Omkostningsbesparelsen er fastsat til 1 kr. pr. m^3 gylle leveret til anlægget, jf. tabel 5.1.

Transportbesparelse i landbrug via BFA ifm. udkørsel af gylle
Den afgassede biomasse leveres retur efter landmandens ønske. Noget leveres i tanke ved gården, andet i decentralt placerede tanke ved arealer i større afstand til gården. Enkelte anlæg tilbyder endvidere leverancer via mobile containere i udbringningssæsonen. Containerne er i så fald placeret ganske tæt ved de marker, hvor den afgassede biomasse ønskes udbragt.

Herved spares landmændene for en del landevejstransport af gylle til fjerntliggende marker. Derved reduceres udbringningsomkostningerne for en del af gyllemængden. Tidligere undersøgelser har vist, at ved Fangelanlægget sparedes 0,35 kr. pr. m^3 og i Sinding 0,73 kr. pr. m^3. Begge disse tilfælde kan anses for at være yderpunkter på daværende tidspunkt.

Arronderingsforholdene på den enkelte bedrift vil imidlertid være afgørende for besparelsespotentialet mht. transport og udbringningsomkostninger. Den voldsomme strukturudvikling i de senere år kan meget vel have medført et generelt højere besparelsespotentiale, idet produktionen af kvæg og svin er blevet koncentreret Men kravene til fordeling af husdyrgødningen på et stadigt større areal har øget transportbehovet i mange tilfælde. Det gælder især i områder, hvor der er høj husdyrtæthed, hvor der er konkurrence om tillægsjord og opnåelse af gylleaftaler. Det er netop i disse områder det forventes, at der kan etableres nye biogasfællesanlæg. Derfor er der i de samfundsøkonomiske analyser anvendt et centralt skøn på 0.50 kr. pr. m^3, jf. tabel 5.2.

Tabel 5.2. Besparelser ifm. udkørsel af gylle via BFA

Dagens anlæg A2 550t/d

Samfundsøkonomisk Indtægt til BFA	Samfundsøkonomisk værdi mio. kr./år	Gylle ton/år	Værdisætning kr./ton gylle
Transportbesparelse i landbrug	**0,080**	**160.600**	**0,50**

5.2.2. Værdi af deklarering og bedre gødningsudnyttelse

Værdisætningen af den ændrede gødningsværdi af gylle og affald ved afgasning i biogasfællesanlæg er bestemt af især tre forhold:

- En gunstig ændret sammensætning af plantenæringsstoffer i den afgassede biogødning i.f.t. den rå biogødning.
- Genanvendelse af affald via afgasning i BFA øger mængden og ændrer sammensætningen af plante-næringsstoffer i forhold til referencesituationen (uden BFA).
- Afgasset biogødning er veldeklareret og har en forbedret sammensætning af plantenæringsstoffer end de rå fraktioner biogødning, hvilket øger udnyttelsesgraden for næringsstofferne. Endvidere er afgasset biogødning enklere at håndtere og dosere.

I de følgende tabeller er forudsætninger og resultater af værdisætningen beskrevet. Beregningerne tager udgangspunkt i data for det specifikke indhold af næringsstoffer i rå og afgasset biogødning vist i tabel 5.3 og tabel 5.4. En sammenligning af tabellernes tal for sammensætningen af kvælstof før og efter afgasning viser, at mængden af kvælstof på amoniumsform NH4-N er øget i den afgassede biogødning. Det vil sige, at plantetilgængeligheden af N i afgasset biogødning er øget, og derfor er N-udnyttelsesgraden for afgasset biogødning øget i.f.t. til den rå biogødning.

Tabel 5.3. Specifikke indhold af plantenæringsstoffer i rå husdyrgødning samt industriaffald[1)]

Indhold pr. ton rå biogødning

Kg/ton rå biogødning	Total N	Org.-N	NH_4-N	P	K
Kvæggylle	5,50	2,20	3,30	1,00	5,00
Svinegylle	5,08	1,27	3,81	1,49	2,33
Kvæg staldgødning	5,66	4,24	1,42	1,86	3,28
Svin staldgødning	8,86	5,76	3,10	6,92	8,91
Fjerkrægødning	40,03	28,02	12,01	11,67	29,48
Industriaffald	7,00	5,00	2,00	2,00	1,00

[1)] Data for specifikke gødningsværdier via Torkild Birkmose og Leif Knudsen, Landbrugets Rådgivningscenter.

Tabel 5.4. Specifikke indhold af plantenæringsstoffer i afgasset husdyrgødning samt industriaffald

Indhold pr. ton afgasset biogødning

Kg/ton afgasset biogødning	Total N	Org.-N	NH_4-N	P	K
Kvæggylle	5,50	1,20	4,30	1,00	5,00
Svinegylle	5,08	0,51	4,57	1,49	2,33
Kvæg staldgødning	5,66	2,12	3,54	1,86	3,28
Svin staldgødning	8,86	1,96	6,90	6,92	8,91
Fjerkrægødning	40,03	14,01	26,02	11,67	29,48
Industriaffald	7,00	1,50	5,50	2,00	1,00

I analyser for Dagens Biogasfællesanlæg er det forudsat, at den tilførte biomasse er kvæggylle, svinegylle samt industriaffald. Fra ovenstående tabeller indgår således alene de specifikke indhold af plantenæringsstoffer for kvæggylle, svinegylle samt industriaffald i beregningerne. I nedenstående tabel 5.5 er vist de specifikke forskydninger i næringsstofindholdet per ton biogødning før og efter afgasning i BFA med en opdeling på husdyrgylle og industriaffald. Tabellen tager udgangspunkt i den forudsatte sammensætning af de tilførte mængder biogødning til Dagens Biogasfællesanlæg A2. For dette anlæg er det forudsat, at industiaffald udgør 20 pct. af den omsatte biomasse, samt at husdyrgylle tilført anlægget er ligeligt opdelt på kvæg- og svinegylle.

Tabel 5.5. Specifikke mængder plantenæringsstoffer i rå biogødning og i afgasset biogødning

Indhold pr. ton biogødning

Kg/ton	Total N	Org.-N	NH_4-N	P	K
Rå biogødning tilført BFA:					
Husdyr (vægtet)	5,29	1,74	3,55	1,24	3,67
Industriaffald	7,00	5,00	2,00	2,00	1,00
Biogødning (vægtet)	5,63	2,39	3,24	1,39	3,13
Afgasset biogødning fra BFA:					
Husdyr (vægtet)	5,29	0,86	4,44	1,24	3,67
Industriaffald	7,00	1,50	5,50	2,00	1,00
Biogødning (vægtet)	5,63	0,98	4,65	1,39	3,13
Ændret med BFA (afgasset – rå biogødning)					
Husdyr (vægtet)	0,00	-0,88	0,88	0,00	0,00
Industriaffald	0,00	-3,50	3,50	0,00	0,00
Ændring i: (vægtet)	0,00	-1,41	1,41	0,00	0,00

Af de ovenstående tabeller fremgår, at det totale indhold af plantenæringsstofferne N, P og K er uændret ved afgasning af biomassen. Men som nævnt sker der under afgasning af biomassen en markant forskydning af kvælstofsammensætningen hen mod en øget andel af den plantetilgængelige fraktion NH4-N.

Udnyttelsesgraden af biogødning defineres her som biogødningens udnyttelsesgrad sat i forhold til handelsgødning. Er udnyttelsesgraden således 100 pct. er plantetilgængeligheden og -optaget af biogødningens næringsstofferne som for handelsgødning. I nedenstående tabel 5.6 er vist de forudsatte udnyttelsesgrader for hhv. rå og afgasset biogødning.

Tabel 5.6. Udnyttelsesgrader for rå biogødning og afgasset biogødning i forhold til handelsgødning[1)]

Pct.	Org.-N	NH_4-N	P	K
Rå biogødning	30	90	75	80
Afgasset biogødning	20	90	85	90

[1)] Data for udnyttelsesgrader af biogødning via Torkild Birkmose, Landbrugets Rådgivningscenter.

Det bemærkes i tabellen, at udnyttelsesgraden for organisk kvælstof (Org.N) for afgasset biogødning er sat lavere end for den rå biogødning. Dette afspejler, at organisk kvælstof i afgasset biogødning er den vanskeligere nedbrydelige fraktion, der resterer efter afgasning. Udnyttelsesgraderne for P og K afspejler det forhold, at sammensætningen af disse næringsstoffer er mere gunstig for planternes behov, end i de rå og ublandede fraktioner af biogødning.

Den endelige prissætning af kvantificerede ændringer af gødningsforhold er gjort på basis af faktorpriser på handelsgødning. Priserne er vist i nedenstående tabel 5.7.

Tabel 5.7. Forudsatte faktorpriser på handelsgødning (eksklusive skatter og afgifter)

Kr./kg	Org.-N	NH_4-N	P	K
Handelsgødning	4,50	4,50	8,00	3,00

For Dagens Biogasfællesanlæg A2, der er udlagt til modtagelse og afgasning af 550 ton/døgn, vil de ovenstående forudsætninger medføre den i tabel 5.8 viste kvantificering samt prissætning af den samfundsøkonomiske værdi af forbedret og øget gød-

ningsudnyttelse med BFA. Differensberegningen for situationen med biogasfællesanlæg i forhold til situationen uden biogasfællesanlæg (referencen) er beskrevet for de berørte mængder biogødning (i ton/år), for de tilhørende gødningsmængder udtrykt i tons ækvivalent handelsgødning per år (ton (ækv.h.g.)/år) samt for den tilhørende prissætning af merværdien med BFA i kroner per år.

Det fremgår af tabel 5.8, at den årlige samfundsøkonomiske værdi af forbedret udnyttelse af biogødning via Dagens Biogasfællesanlæg A2 under disse forudsætninger kan prissættes til 1,379 mio. kr./år. Denne årlige værdisætning optræder på indtægssiden i den samfundsøkonomiske analyse af anlægget A2.

Tabel 5.8. Værdi af forbedret og øget udnyttelse af biogødning

Dagens anlæg A2 550t/d

Difference = Med Biogasanlæg – Uden Biogasanlæg

Merværdi i alt af ændret gødningssammensætning ved afgasning af biogødning i biogasanlæg.

Forudsat: Al rå gødning tilført BFA udbringes i referencesituationen på landbrugsjord. (industriaffald: 75 pct. udbragt i ref., se afsnit 5.4.2).

Mængder biogødning via biogasanlæg og mængder i referencesituationen:

Ton/år	Kvæggylle	Svinegylle	Industriaffald	I alt ton/år
Uden BFA	80.300	80.300	30.113	190.713
Med BFA	80.300	80.300	40.150	200.750
Differens	0	0	10.038	**10.038**

Mængder i ækvivalent handelsgødning i referencen og alternativet med BFA:

Ton (ækv.h.g.) /år	Total N	Org.-N	NH_4-N	P	K
Uden BFA	697	129	568	195	495
Med BFA	879	40	840	238	566
Ændret med BFA	183	-89	272	43	71

Ækvivalent kroneværdi som handelsgødning og merværdi med BFA:

Mio. kr./år biogødning	Total N	Org.-N	NH_4-N	P	K	I alt mio. kr./år
Uden BFA	3,135	0,580	2,555	1,559	1,486	6,180
Med BFA	3,957	0,178	3,779	1,904	1,698	7,559
Merværdi med BFA	0,822	-0,402	1,224	0,344	0,213	**1,379**

I tabel 5.9 er den beregnede forøgelse af gødningsværdien vist med en opdeling på de tilførte fraktioner af husdyrgødning og affald. Det fremgår af tabellen, at øget værdi af husdyrgødning tegner sig for knap 50 pct. af den samlede værdiforøgelse for an-

lægget A2. Det fremgår endvidere af tabellen, at affald, der i referencesituationen ikke ville blive udbragt på landbrugsjord bidrager med knap 30 pct. af gødningsværdiforøgelsen.

Tabel 5.9. Øget gødningsværdi opdelt på husdyr og affald

Det er forudsat, at husdyrgødning udbringes på landbrugsjord i referencesituationen. Industriaffald er opdelt på andel (75 pct.) udbragt på landbrugsjord i referencesituationen (Affald A) samt den resterende andel (Affald B, 25 pct.), der i referencen ikke er udbragt på landbrugsjord. Dagens Biogasfællesanlæg A2

		HUSDYRGØDNING: Alt UDBRAGT på landbrugsjord i reference	AFFALD A: UDBRAGT på landbrugsjord i reference	AFFALD B: IKKE UDBRAGT i reference	
Ækvivalent merværdi i handelsgødning	Kr./ton	4,09	10,68	39,93	
Omsatte mængder	Ton/år	160.600	30.113	10.038	
					SUM
Merværdi i alt	Kr./år	656.921	321.451	400.747	**1.379.119**
Merværdi pct.-fordelt	Pct.	**47,6**	**23,3**	**29,1**	100

Den forøgede gødningsværdi med BFA betyder, at et tilsvarende forbrug af handelsgødning substitueres i forhold til referencesituationen. Denne substitution af handelsgødning medfører substitution af energi medgået til produktion af handelsgødning samt substitution af medfølgende GHG emission. Denne reducerede emission af GHG er ikke inddraget i nærværende analyse af konsekvenser for GHG-emission ved udnyttelse af BFA (jf. afsnit 5.4.1).

5.2.3. Værdi af reduceret lugt fra gyllespredning

I nærværende analyse er det valgt at værdisætte lugtreduktion via BFA ved at sidestille denne effekt med alternativt at nedfælde gylle.

I referencesituationen nedfældes ca. 10 pct. af gyllen. Reducerede omkostninger til alternativt at nedfælde gylle angår således ca. 90 pct. af den tilførte gylle til BFA. I tabel 5.10 er værdisætningen opgjort for Dagens Biogasfællesanlæg A2 udlagt til omsætning af 550 ton/døgn. Den årligt tilførte mængde gylle udgør for dette anlæg 160.600 ton gylle, og besparelsen omfatter derfor 90 pct. dvs. 144.540 ton af den tilførte gyllemængde. Omkostninger til nedfældning af gylle er sat til 5kr/ton gylle, som angivet i tabellen.

Tabel 5.10. Værdisætning af lugtreduktion			
Dagens anlæg A2 550t/d			
Samfundsøkonomisk Indtægt til BFA	Samfundsøkonomisk værdi mio. kr./år	Gylle ton/år	Værdisætning kr./ton gylle omfattet
Lugtreduktion	**0,723**	**144.540**	**5,00**
Værdisætning via referenceomkostninger for nedfældning af gylle			

Det anvendte tal er et forsigtigt skøn på omkostningerne ved lugt-reduktion. I flere tilfælde er nedfældning af den konventionelle gylle ikke muligt, og lugt-reduktion i referencesituationen kan indebære betydeligt dyrere løsninger, eksempelvis beluftning af gylle. Den lugt-reducerende effekt ved afgasning af gylle i biogasanlæg er vigtig under skærpede krav omkring landbrugets lugtgener.

5.2.4. Værdi af hygiejnisering af gyllen via BFA

Analyser, der kan udgøre forudsætning for prissætning af hygiejniseringsforhold ifm. BFA, foreligger ikke i dag. Samlende risikoanalyser af hygiejneaspekterne ved udnyttelsen af biogasfællesanlæg er ikke udført[1].

Væsentlige faktorer i kvantificering og værdisætning af de hygiejniserende konsekvenser af udnytttelsen af biogasfællesanlæg er eksempelvis:

- Typen af gylle og kategori for affald, der omsættes i BFA.
- Temperaturforhold og opholdstid under afgasning.
- Indsamlingsforhold for gylle og affald, håndtering og
- Udspredningsforhold for den afgassede biomasse.
- Effekt på smitterisiko.

[1] Information via møde afholdt 28-6-2001 på Danmarks Veterinære Institut med Dorthe Lau Baggesen og Tina Hald. DVI kender ikke til referencer, der kvantificerer de hygiejniserende virkninger ved udnyttelse af biogasfællesanlæg, og som kunne udgøre basis for en samfundsøkonomisk værdisætning af disse forhold. DVI nævner, at en risikovurdering af forhold omkring biogasfællesanlægs betydning for veterinære og hygiejniserende forhold mangler. Problemstillingen er meget omfattende.

En værdisætning af biogasfællesanlægs eventuelle positive eller negative samlede effekt på hygiejne og veterinære forhold er derfor ikke inddraget i den samfundsøkonomiske analyse.

5.2.5. Værdi af mulig produktionsudvidelse

Det har ikke været muligt inden for tidsrammerne af nærværende analyse at tilvejebringe data og udføre beregninger, der kan udgøre forudsætning for kvantificering og værdisætning af sådanne forhold, jf. afsnit 5.2 indledning.

5.3. Energiproduktion

Biogasfællesanlægs afregningspriser fra energiproduktionen og indkomster herfra udgør en meget væsentlig komponent i anlæggenes selskabsøkonomi. Dette er også tilfældet i den samfundsøkonomiske analyse, men indtægt fra energiproduktionen opgøres her på basis af samfundsøkonomiske energipriser, og deres forudsatte udvikling gennem analyseperioden. Energipriser opgøres i faktorpriser, dvs. eksklusive afgifter, subsidier m.v.

De energimæssige konsekvenser af udnyttelsen af biogasfællesanlæg i den samfundsøkonomiske analyse er beskrevet i de følgende afsnit, der omhandler:

- El- og varmeproduktion samt køb og salg af el.
- Gasproduktion og –salg

Gennemgangen af de energimæssige konsekvenser tager udgangspunkt i Dagens Biogasfællesanlæg betegnet A2.

I forbindelse med omtalen af forudsætninger for afregning af elproduktion leveret til det danske el-net omtales endvidere de tilhørende forudsætninger fra Energistyrelsen angående den forventede medfølgende CO_2 emissionsreduktion og -udledning ved elsalg og -køb til og fra det offentlige net.

5.3.1. Elproduktion og -salg

Ændringer i elproduktion og elforbrug vedrører alene det etablerede biogasfællesanlæg, som inkluderer kraftvarmeproduktion på anlægget. Det er forudsat, at alle aktivi-

teter uden for anlægget, der kan være ændret via udnyttelsen af biogasfællesanlæg, ikke berører elforbruget.

Elproduktion fra Dagens Biogasfællesanlæg sker på anlæggets kraftvarmeenhed, som er dimensioneret alene med henblik på at kunne levere den fornødne procesvarme til anlægget. Den medfølgende elproduktion fra produktionen af procesvarme sælges til elnettet. I den samfundsøkonomiske analyse opgøres salgsprisen for denne elproduktion over anlæggets levetid på basis af elprisfremskrivningen fra ENS[2] vist på figur 5.1.

Det øgede elforbrug i alternativsituationen til drift af Dagens Biogasfællesanlæg forudsættes i analysen købt fra nettet. Den samfundsøkonomiske købs- og salgspris for elektricitet er forudsat identisk, og udviklingen over beregningsperioden for denne pris fremgår som nævnt af figur 5.1. Beregningsmæssigt forekommer der således ikke egen elproduktion til drift af biogasfællesanlægget. Elforbrug indkøbes og elproduktion sælges i den samfundsøkonomiske analyse, til samme samfundsøkonomiske elpris, som den er opgjort for 0.4kV niveau på nettet. Elprisen inkluderer omkostninger til transmission og distribution.

I tabel 5.11 er den samfundsøkonomiske værdi af elproduktion og –forbrug på biogasfællesanlægget A2 opgjort, og tabellen viser endvidere de CO_2-mæssige nettokonsekvenser for elsiden.

Kraftvarmeproduktionen udnytter biogas fra anlægget. Denne produktion giver derfor ikke anledning til CO_2-emission. Elsalg fra anlæggets kraftvarmeproduktion substituerer elproduktion i det danske elsystem, hvilket medfører en reduktion i forbruget af fossile brændsler og reduceret CO_2-emission. Omvendt betyder elkøb til drift af biogasfællesanlægget øget CO_2-emission i elforsyningssystemet. De CO_2-mæssige konsekvenser af elforbrug og –substitution i det danske elsystem over beregningsperioden er baseret på fremskrivningen vist på figur 5.2 fra Energistyrelsen. Figurens forløb for den specifikke CO_2-emission per kWh på 0.4kV-niveau er anvendt i denne analyse, og inkluderer energitab fra transmission og distribution i det danske elnet.

[2] Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger, Energistyrelsen Juni 1999. 'Tabel 7' er opdateret til prisniveau 2000 med inflationen 2.02 pct. for 1999-2000 jvf. Finansministeriets Finansredegørelse 2000.

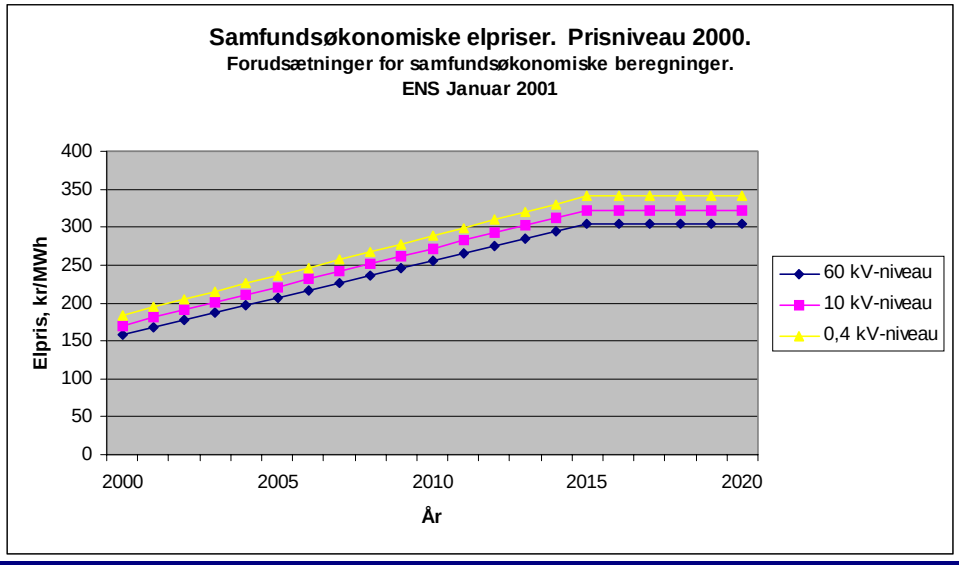
Tabel 5.11. Nuværdi og annuitet for elhandel samt værdisat CO_2 emission for el-forbrug og –produktion for Dagens Biogasfællesanlæg A2. Tabellen er baseret på fremskrivninger fra Energistyrelsen [ref. 7] af den samfundsøkonomiske elpris og tilhørende CO_2-emission over anlæggets levetid

Dagens anlæg A2 550t/d — 0,4 kV niveau

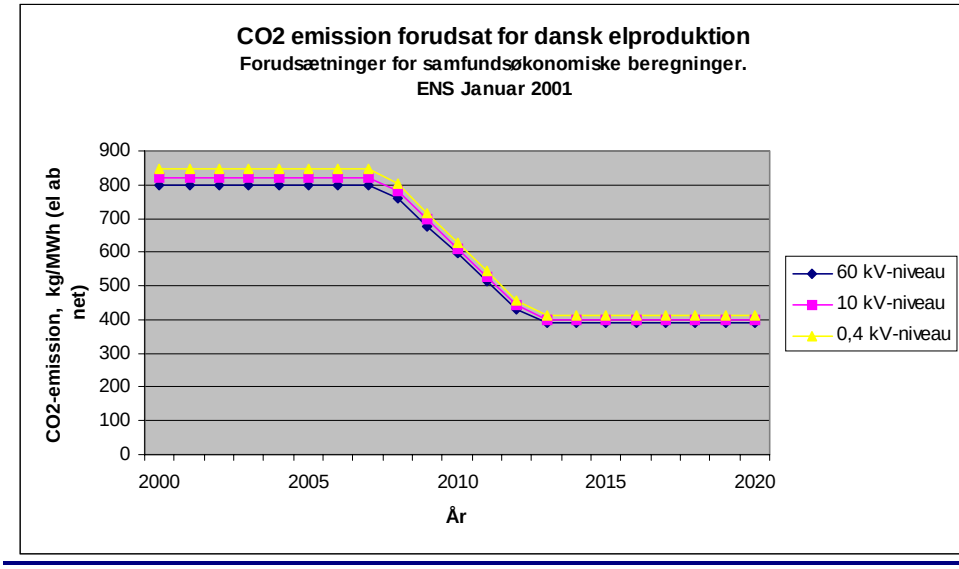
	EL: Samfundsøkonomisk prissætning					CO_2: Substitution og samf.øk. prissætning				
El-handel: konsekvenser på samfundsøkonomi og CO_2-emission	Mængde	Samf.øk. enhedspris		Samf.øk. værdi		Mængde CO_2	CO_2-emission / MWh		EL-handel: CO_2-værdi	
	MWh/år	Nuværdi kr./MWh	Gns.pris kr./MWh	Nuværdi mio. kr.	Annuitet mio. kr./år	ton CO_2/år	Over N år kg/MWh, N	Annuitet kg/MWh, 1	Nuværdi mio. kr.	Annuitet mio. kr./år
EL-salg fra BFA	2.650	3.089	269	8,185	0,714	1.799	7.788	679	5,160	0,450
EL-køb til BFA	958	3.089	269	2,958	0,258	650	7.788	679	1,865	0,163
Netto EL-salg	1.692			5,227	**0,456**	1.149			3,295	**0,287**

CO_2-emission knyttet til energiproduktion og -forbrug på Dagens Biogasfællesanlæg A2 er medtaget i den samlede opgørelse af konsekvenser for emissionen af drivhusgasser ved udnyttelsen af BFA, der beskrives i afsnit 5.4.1.

Figur 5.1. Forudsat samfundsøkonomisk el-prisudvikling over beregningsperioden forudsat



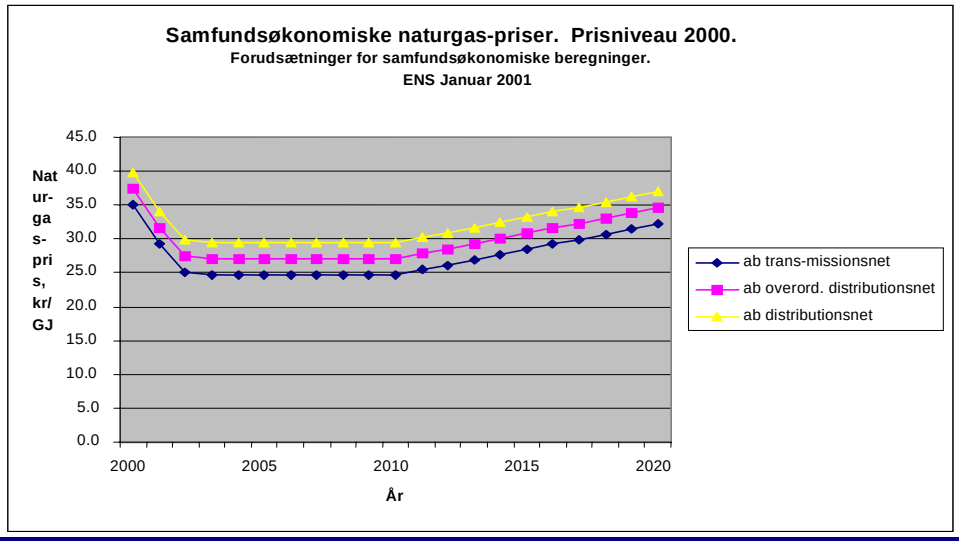
Figur 5.2. Specifik CO_2-emission per kWh el ab net gennem beregningsperioden



5.3.2. Gasproduktion og –salg

Langt hovedparten af gasproduktion på biogasfællesanlægget sælges, idet kun en mindre del af gasproduktionen omsættes i anlæggets kraftvarmeenhed. Biogassen sælges til den energimæssigt ækvivalente pris på naturgas. Den forudsatte prisudvikling for biogas og naturgas fremgår af nedenstående figur 5.3. Der er anvendt prisfremskrivningen gældende for naturgas ab distibutionsnet. Gasprisen inkluderer således samfundsøkonomiske omkostninger til transmission og distribution af gassen.

Figur 5.3. Forudsat samfundsøkonomisk prisudvikling på naturgas over beregningsperioden



5.3.3. Værdi af energiproduktion i A2

I tabel 5.12 er angivet den årlige energiproduktion i A2 samt værdisætning af denne produktion som en annuiseret årlig indtægt, som inkluderer prisvariationer over beregningsperioden. Der er anvendt en kalkulationsrente på 6 pct. p.a. jvf. de generelle beregningsforudsætninger beskrevet i afsnit 2.4.

Tabel 5.12. Samlet opgørelse af mængde og værdi af energiproduktion fra Dagens Biogasfællesanlæg A2

Dagens anlæg A2 550t/d

	MWh/år	Mio. kr./år (annuitet)	
Netto gasproduktion solgt Biogas solgt og prissat som naturgas	34.826	3,910	Indtægt til BFA
Netto varmeproduktion solgt Biogas udnyttet til varmeproduktion	0	0	Indtægt til BFA
Netto elproduktion solgt Biogas udnyttet til elproduktion	1.692	0,456	Indtægt til BFA

Af tabel 5.12 fremgår, at gassalg fra A2 anlægget årligt i (annuiseret) middel udgør en indtægt på ca. 3,9 mio. kr./år. Nettosalget af el bidrager med knap 0,5 mio. kr./år. Det fremgår endvidere af tabellen, at anlægget A2 ikke er udlagt for produktion og salg af fjernvarme.

5.4. Miljømæssige konsekvenser

Kvantificering og prissætning af miljømæssige konsekvenser knyttet til udnyttelsen af biogasfællesanlæg omfatter forholdene:

- Ændret emission af drivhusgasser
- Genanvendelse af affald via BFA
- Vandmiljøerne, effekt på N-udvaskning

Gennemgangen af disse forhold enkeltvis i de følgende afsnit tager udgangspunkt i Dagens Biogasfællesanlæg A2.

5.4.1. Ændret emission af drivhusgasser

Ændringer i emissionen af drivhusgasserne kuldioxid (CO_2), metan (CH_4) og lattergas (N_2O) ved udnyttelsen af biogasfællesanlæg kvantificeres i denne analyse. Kun de nævnte drivhusgasser vil være relevante i forbindelse med emissionsopgørelsen for biogasfællesanlæg.

Den relative betydning af emission af disse drivhusgasser, opgjort som ækvivalent emission af CO_2 fremgår af nedenstående tabel 5.13. Opgjort på vægtbasis er metan og lattergas betydeligt kraftigere drivhusgasser end kuldioxid. Det ses i tabellen, at 1 kg lattergas (N_2O) emitteret har samme virkning som drivhusgas i atmosfæren som 310 kg kuldioxid (CO_2), samt at 1kg metan (CH_4) emitteret svarer til emission af 21 kg kuldioxid.

Tabel 5.13. Drivhusgasser inddraget i den samfundsøkonomiske analyse, samt deres relative effekt som drivhusgas set i forhold til CO_2. IPCC-definerede GHGs og GWPs (Global Warming Potentials)

IPCC-definerede GHGs og GWP jf. 2. Assessm. Report (SAR)

CO_2	GWP 100 =	1	(vægtbaseret)
CH_4	GWP 100 =	21	
N_2O	GWP 100 =	310	

GWP 100: Global Warming Potential over 100 år
Emissionen af øvrige GHGs vil næppe ændres via BFA

Kvantificeringen af disse drivhusgasser inddrager emissionsforhold både i energisektoren og i landbruget. Forhold i reference- og alternativsituationen, - uden og med udnyttelsen af biogasfællesanlæg, indgår i disse differensberegninger. Endvidere indgår forudsætninger om ændrede emissionsforhold for industriaffald med biogasbehandling og udnyttelsen af afgasset affald som gødning i landbruget.

De følgende forhold er inddraget i opgørelsen af konsekvenser for emissionen af :

- Kuldioxid (CO_2):
  - Biogasproduktion og substitution af naturgas.
  - Elproduktion og substitueret elproduktion i det danske elsystem.
  - Ændringer i forbrug af diesel til transport.
- Metan (CH_4):
  - Emission fra rå og afgasset kvæg- og svinegylle.
  - Emission fra afgasset affald.
  - Emission af uforbrændt metan fra biogasfællesanlæggets kraftvarmesystem.

- Lattergas (N_2O):
  - Emission fra rå og afgasset kvæg- og svinegylle.
  - Emission fra afgasset affald.

Opgørelser af de emissionsmæssige konsekvenser af ændret håndtering og udnyttelse af gylle og affald i alternativ-situationen med biogasfællesanlæg er baseret på resultater fra undersøgelser udført af [Sommer, Møller og Petersen, Januar 2000][3]. Opgørelsen af emission af uforbrændt metan fra kraftvarme-enhedens gasmotor er baseret på oplysninger fra DGC. Emissionen af uforbrændt metan er sat til 1 pct. af motorens gasforbrug[4].

Kvantificeringens resultat

Resultater af den samlede opgørelse af emissionen af drivhusgasser fremgår af tabel 5.14. Tabellens tal gælder for Dagens Biogasfællesanlæg A2. For dette anlæg opnås samlede årlige reduktioner i drivhusgas-emissionen på henved 18.000 ton ækvivalent CO_2. I alternativsituationen med biogasfællesanlæg optræder øget emission i forbindelse med dieselforbrug til transport samt fra anlæggets gasmotorenhed. Disse stigninger opvejes kraftigt af reduktioner i emissionen på de øvrige poster i opgørelsen. Drivhusgas-reduktionen på CO_2 og CH_4 bidrager med næsten det samme i opgørelsen udtrykt i ækvivalent CO_2, men også de vægt-mæssigt små årlige N_2O reduktioner bidrager væsentligt (med knap 10 pct.) til den samlede reduktion.

Udtrykkes den opnåede drivhusgasreduktion per ton biomasse omsat i anlægget, fremgår det af tabel 5.14, at denne reduktion udgør ca. 90 kg ækv. CO_2/ton biomasse.

[3] Reduktion af drivhusgas-emission fra husdyrgødning og organisk affald ved biogas-behandling. Sommer, Møller og Petersen, Januar 2000.

[4] Emission af uforbrændt metan ligger i intervallet fra 1 pct. – ca. 3 pct. alt efter valg af motorfabrikat/type, jf. Jan de Wit, DGC. Reference: Effektivitet, miljøforhold og omkostninger ved biogasdrift af elproducerende gasmotoranlæg, December 1995, DGC.

Tabel 5.14. Samlet opgørelse af konsekvenser for emissionen af drivhusgas ved udnyttelsen af biogasfællesanlæg

Dagens anlæg A2 550t/d				
Drivhusgasser (ab dyr til omsætning på mark)				
Inkl. KV-anlæg og diesel til transport				
Årlig effekt på emissionen af:				
Kuldioxid		Med - Uden	Med BFA	Uden BFA
	Gassalg	**-7.134**	-7.134	0 ton CO_2
	Elhandel	**-1.149**	-1.149	0 ton CO_2
	Transport	**290**	290	0 ton CO_2
CO_2-ækv.		**-7.993**	-7.993	0 ton CO_2
Metan		Med - Uden	Med BFA	Uden BFA
	Svinegylle	-100.5	97.2	197.7 ton CH_4
	Kvæggylle	-79.5	183.6	263.1 ton CH_4
	Affald	-238.6	75.0	313.7 ton CH_4
	KV-anlæg	7.9	7.9	0.0 ton CH_4
I alt CH_4		-410.6	363.7	774.4 ton CH_4
CO_2-ækv.		**-8.623**	7.638	16.262 ækv. ton CO_2
Lattergas		Med - Uden	Med BFA	Uden BFA
	Svinegylle	-1.014	1.469	2.483 kg N_2O
	Kvæggylle	-917	1.601	2.518 kg N_2O
	Affald	-2.434	694	3.128 kg N_2O
I alt N_2O		-4.365	3.763	8.128 kg N_2O
CO_2-ækv.		**-1.353**	1.167	2.520 ækv. ton CO_2
Drivhusgas i alt				
CO_2-ækv.		**-17.970**	**812**	**18.782 ækv. ton CO_2**
Specifik reduktion		**-0,090**	**ækv. ton CO_2/ton biomasse til BFA**	

Prissætning af drivhusgasemission

Der hersker stor usikkerhed omkring værdisætningen af reduceret drivhusgasemission. I EU arbejdes der med en målsætning om at komme under 30 EURO/ton CO_2 på kortere sigt, og under 20 EURO/ton CO_2 på længere sigt, for prisen på CO_2 reduktion via "CO_2 capture and sequestration"[5]. I det meget omfattende EU-projekt, Exter-

[5] European Commission: Future needs and challenges for Non-Nuclear Energy Research in the European Union. Discussion paper. February 2002.

nE, er skadesomkostningerne ved CO_2 udledning opgjort til intervallet: 32 - 1.173 kr./ton CO_2.

Analysen fra Det Økonomiske Råd fra Maj 2002 anvender to skøn på forureningsskader ved CO_2–emissioner, på henholdsvis 47 kr./ton og 270 kr./ton, for at tage højde for ”den store usikkerhed, der knytter sig til skader fra drivhuseffekten og skadernes irreversibilitet”. Og i ”Eloverløbs-rapporten”[6] fra Energistyrelsen, Oktober 2001, anvendes en prissætning for CO_2–reduktion på 250 kr./ton CO_2.

På denne baggrund er det valgt for denne analyse at prissætte drivhusgasreduktioner ud fra værdien 250 kr./ton ækvivalent CO_2-reduktion.

Tabel 5.15. Værdisætning af reduceret drivhusgas-emission

Værdisætning af drivhusgasreduktion forudsat:	**250** kr./ton ækv. CO_2

Med denne specifikke værdisætning forudsat kan den samfundsøkonomiske fordel ved udnyttelsen af Dagens Biogasfællesanlæg A2 opgøres til i alt knap 4,5 mio. kr./år, som fremhævet i tabel 5.16.

Tabel 5.16. Samfundsøkonomisk værdi af reduceret emission af drivhusgas

Dagens anlæg A2 550t/d **Værdisat drivhusgasreduktion**	
Værdi af ækv. CO_2-reduktion i alt	4,492 mio. kr./år
Værdi af ækv. CO_2-reduktion/ton biomasse	22,38 kr./ton biomasse tilført BFA

5.4.2. Genanvendelse af affald via BFA

Gennem de sidste 15 år har de danske biogasfællesanlæg modtaget stigende mængder organisk affald fra fødevare- og anden industri. De 20 eksisterende anlæg håndterer på årsbasis i nærheden af 300.000 tons organisk affald, og yder dermed et ikke ubetydeligt bidrag til opfyldelse af de nationale målsætninger i så henseende. Ca. en tredjedel af affaldet udgøres af mave-tarmindhold fra kvæg- og svineslagterier. Af andre væsentlige mængder kan nævnes flotationsslam fra fødevareindustrien, affald og flo-

[6] Rapport fra arbejdsgruppen om kraftvarme- og VE-elektricitet, Energistyrelsen,Oktober 2001.

tationsslam fra fiskeindustrien samt mucosa, der er et affaldsprodukt fra produktion af insulin. Hertil kommer en lang række mængdemæssigt mindre betydende affaldstyper, herunder begrænsede mængder af kildesorteret husholdningsaffald og spildevandsslam.

For at kunne anvendes i et biogasfællesanlæg, skal affaldet overholde en række grænseværdier for indhold af miljøfremmede stoffer. Behandlingen i biogasfællesanlægget ændrer imidlertid ikke væsentligt på indholdet heraf. Derfor ville affald, der i dag anvendes i biogasfællesanlæg, principielt også kunne anvendes på landbrugsjord i en situation uden biogasfællesanlæg, hvilket da også tidligere var tilfældet i betydeligt omfang. Gennem årene er kravene til håndtering og anvendelse af organisk affald imidlertid blevet skærpet. Herunder, at der kræves stabilisering eller anden forbehandling for visse affaldstyper, ristriktioner mht. opbevaring og udbringningstidspunkter, samt mængdemæssige begrænsninger.

I denne stituation er biogasfællesanlæggene særdeles velegnede som aftagere af organisk affald, idet de råder over hygiejniserings- og stabiliseringstrin, lagerfaciliteter samt en infrastruktur til slutdistribuering af det udrådnede produkt. Erfaringsmæssigt er mængderne af affald, der har været til rådighed for anlæggene øget i takt med stigende krav til fødevareindustrien om håndtering og anvendelse af organisk affald. Denne udvikling har med al ønskelig tydelighed vist, at muligheden for afsætning af affald gennem biogasfællesanlæggene har været en økonomisk attraktiv mulighed for affaldsproducenterne, også selv om anlæggene har opkrævet modtagegebyrer for opgaven.

Modtagelsen af affald er selskabsøkonomisk af stor betydning. Faktisk en forudsætning for at opnå rentabel drift, som de selskabsøkonomiske analyser i rapportens del II så tydeligt viser. Affaldet bidrager til en større samlet gasproduktion og modtagegebyret har haft stigende betydning for anlæggene.

I den samfundsøkonomiske analyse er det nødvendigt, at foretage et skøn for hvor stor en del af affaldet, der i referencesituationen, ville blive anvendt på landbrugsjord. Efter at biogasfællesanlæggene i en årrække har modtaget betydelige mængder affald, er fastlæggelsen heraf vanskelig. I givet fald ville affaldsproducenternes afsætningsstrategi blive styret af, hvilke alternative afsætningsmuligheder der er til rådighed, og til hvilken pris.

Set i lyset af, at der allerede er sket en stramning af kravene til håndtering af affald og, at der kan forventes yderligere stramninger i forbindelse med en kommende EU-forordning, er det vurderet, at 75 pct. af affaldet i referencen uden biogasanlæg, vil kunne tilføres landbrugsjorden, mens 25 pct. må afsættes på anden måde eller i givet fald underkastes omkostningskrævende behandling/hygiejnisering.

Ved fastsættelse af besparelsen ved håndtering via biogasfællesanlæg er for de 75 pct. af affaldets vedkommende regnet med, at der alternativt skal ske en lagring i overdækket beholder i op til 1 år svarende til, hvad landmændene skal gøre ved gyllen. (I biogasløsningen er der således indregnet ekstra lagerkapacitet til det tilførte industriaffald). Omkostningen er sat til 30 kr. pr. m^3 svarende til de årlige omkostninger ved lagring i gyllebeholder med teltoverdækning [13].

For de 25 pct.'s vedkommende forudsættes omkostningen i referencesituationen at svare til forbrænding. Omkostningen hertil er sat til 400 kr. pr. ton.

Dette beløb er fastsat som et middelskøn for forbrænding af vådfraktion ud fra oplysninger fra Miljøstyrelsen, DAKOFA og nøgletal for et nyopført affaldsforbrændingsanlæg i Esbjerg.

For de videre samfundsøkonomiske beregninger er det på denne baggrund forudsat, at behandling og genanvendelse af industriaffald i biogasfællesanlæg værdisættes til 125 kr. pr. ton affald (0,75 x 30 + 0,25 x 400 ~ 125).

For Dagens Biogasfællesanlæg A2 betyder denne værdisætning en årlig samfundsøkonomisk besparelse på ca. 5,0 mio. kr./år, som vist i tabel 5.17.

Tabel 5.17. Besparelser ifm. genanvendelse af affald ved biogas-behandling

Dagens anlæg A2 550t/d
Affald:

Indtægt til BFA	Samfundsøkonomisk værdi mio. kr./år	Affald ton/år	Værdisætning kr./ton affald
Besparelser ifm. affald	**5,019**	**40.150**	**125**

5.4.3. Vandmiljøerne, effekt på N-udvaskning

Baseret på undersøgelser af en række alternativer angives omkostningerne for reduktion af kvælstof-udvaskning til grundvand i reference [11][7] til at ligge i intervallet 10-40 kr./kg N reduceret udvaskning. På denne baggrund er det i den samfundsøkonomiske analyse valgt at værdisætte reduceret N-udvaskning til 25 kr./kg N reduceret, jf. tabel 5.18.

Tabel 5.18. Forudsat værdisætning af reduceret N-udvaskning

I den samfundsøkonomiske analyse er anvendt tallet:	
N-udvaskning reduktionspris (Substitutionspris på reduktion af N-udvaskning)	25 kr./kg tot. N-reduceret

Kvantificeringen af reduceret N-udvaskning som følge af udnyttelsen af biogasfællesanlæg opdeles efter, hvorvidt den omsatte biomasse i referencesituationen (uden biogasfællesanlæg) udbringes på landbrugsjord eller ikke.

I denne analyse er det forudsat, at:

- Al husdyrgødning og -gylle, udbringes på landbrugsjord i referencen, samt at
- 75 pct. af det tilførte organiske industriaffald i referencen ville være udbragt på landbrugsjord.
  I det følgende betegnes denne fraktion ”Affald A”.
- 25 pct. af det tilførte organiske industriaffald ville ikke i referencen være udbragt på landbrugsjord. Det forudsættes, at denne fraktion i referencen ikke giver anledning til N-udvaskning.
  I det følgende betegnes denne fraktion ”Affald B”.

Med denne sondring er det muligt at udnytte resultater fra [11], som vurderer konsekvenser på N-udvaskning for rå og afgasset biogødning (fra husdyr og affald). Et hovedresultat fra dette arbejde udtrykker (jf. B. H. Jacobsen, FØI), at den reducerede N-udvaskning ved afgasning af biogødning, kan beregnes/estimeres til at udgøre 25 pct. af den forøgede gødningsværdi (i ækvivalent N-handelsgødning) i forhold til den rå biogødning. Ud fra dette resultat følger konsekvensen på N-udvaskning på simpel vis

[7] Brian H. Jacobsen. Økonomisk midtvejsevaluering, Vandmiljøplan II. Ministerier for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut. December 2000.

af de allerede gennemførte beregninger af ændringer i gødningsværdi efter anerob afgasning af biogødning.

Resultater af beregninger under disse forudsætninger er angivet i tabel 5.19 og tabel 5.20.

Tabel 5.19. Kvantificeret og prissat N-udvaskning for husdyrgylle. Dagens Biogasfællesanlæg A2

Gylledelen alene		
Øget N-gødningsværdi ved afgasset gylle	0,44	kg N (ækv.h.g.)/ton gylle
Pct. af øget gødningsværdi som reduceret N-udvaskning	25	pct.
Reduceret udvaskning pr. ton gylle via BFA	0,11	kg tot. N/ton gylle
Specifikke prissætning af reduceret N-udvaskning	2,77	kr./ton gylle tilført
Reduceret udvaskning af gylle i alt i ton/år via BFA	17,81	ton tot. N/år reduceret
Værdisætning af reduceret N-udvaskning fra gylle via BFA	445.163	kr./år for gylledelen

Tabel 5.20. Kvantificeret og prissat N-udvaskning for Affald A, dvs. affald udbragt på landbrugsjord i referencesituationen. Dagens Biogasfællesanlæg A2

Affald udbragt på mark i reference (Affaldsdel A)		
Øget N-gødningsværdi ved afgasning af affald	1,95	kg N (ækv.h.g.)/ton affald A
Pct. af øget gødningsværdi som reduceret N-udvaskning	25	pct.
Reduceret udvaskning pr. ton affald via BFA	0,49	kg tot. N/ton affald A
Specifikke prissætning af reduceret N-udvaskning	12,19	kr./ton affald A tilført
Reduceret udvaskning af affald i alt i ton/år via BFA	14,68	ton tot. N/år reduceret
Værdisætning af reduceret N-udvaskning fra affald via BFA	366.996	kr./år for affaldsdel A

For den resterende fraktion på 25 pct. af den tilførte affaldsmængde (der ikke i referencen vil være udbragt på landbrugsjord) er konsekvenserne på N-udvaskning beregnet explicit, på basis af estimerede nøgletal for stofstrømme og N-omsætning for det afgassede affald. Det er forudsat i analysen, at denne fraktion af affaldet i referencen ikke bidrager til N-udvaskning. I det følgende betegnes denne fraktion ”Affald B”.

Som det fremgår af oversigten i tabel 5.21 vil alene organisk kvælstof (Org.-N) i afgasset Affald B give anledning til forøget N-udvaskning. Org. N forudsættes at have udnyttelsesgrad som handelsgødning for 20 pct. af N-indholdet. De resterende 80 pct.

af N-indholdet udgør forskellen imellem referencen og alternativet (med BFA). Som det fremgår af tabellen forudsættes de 60 pct.-enheder at blive udvasket til grundvand på kortere og længere sigt. Dvs. at 60 pct. af org.-N i afgasset Affald B udvaskes. I tabellen er denne mængde kvantificeret for Dagens Biogasfællesanlæg A2, og den samfundsøkonomiske prissætning vist i tabellen er baseret på værdisætningen af N-udvaskning på 25 kr./kg N.

Tabel 5.21. Kvantificeret og prissat N-udvaskning for Affald B, dvs. affald ikke udbragt på landbrugsjord i referencesituationen. Dagens Biogasfællesanlæg A2

N-udvaskning fra afgasset affald der i referencen ikke udbringes på landbrugsjord
Forudsat: i referencesituationen giver denne fraktion industriaffald (B) ikke anledning til kvælstofudvakning

Afgasset affald B	Org,-N	NH_4-N		
Udnyttelsesgrad som handelsgødning	20,00	90,00	Pct.	Substitution ift. Ref.
Stofstrøm for resterende N-indhold	80,00	10,00	Pct.	
Lagring i N-pulje (humus)	8,00	0,00	Pct.	
NH_3-fordampning (til luft)	0,00	10,00	Pct.	
Denitrifikation i jord (N2 til luft)	12,00	0,00	Pct.	
Udvaskning på kort eller længere sigt	60,00	0,00	Pct.	
Sum	100,00	100,00	Pct.	

Specifikke indhold af plantenæringsstoffer i afgasset industriaffald (Affald B)

Kg/ton afgasset affald	Org,-N	NH_4-N	Total	
Indhold pr. ton afgasset affald	1,50	5,50	7,00	kg/ton afgasset affald B
Øget N-gødningsværdi ved afgasning af ny fraktion affald			5,25	kg/N (ækv.h.g.)/ton affald B

Kvælstofudvaskning af afgasset industriaffald der ikke er udbragt på landbrugsjord i ref. (Affald B)

N-udvaskning pr. ton afgasset affald	Org,-N	NH_4-N	Total	
Kg N/ton afgasset affald B	0,90	0,00	0,90	kg N/ton afgasset affald B
Specifikke prissætning af øget N-udvaskning			22,50	kr./ton affald B tilført
Øget N-udvaskning fra ny fraktion affald afgasset via BFA			9,03	ton tot. N/år øget udvaskning
Værdisætning af øget N-udvaskning fra ny fraktion affald			225.844	kr./år for ny fraktion affald tilført

Som nævnt, medfører kvælstof på amoniumsform (NH_4-N) i afgasset Affald B ikke øget N-udvaskning i forhold til referencen. Udnyttelsesgraden er forudsat at være på 90 pct. (jf. afsnit 5.2.2), og de resterende 10 pct. NH_4-N forudsættes fordampet.

De samlede samfundsøkonomiske konsekvenser for N-udvaskning opgjort for Dagens Biogasfællesanlæg A2 er vist nedenstående tabel 5.22. Sammenlagt indebærer udnyttelsen af biogasfællesanlægget en samfundsøkonomisk gevinst på knap 590.000 kr./år. Positive samfundsøkonomiske gevinster hidrører fra de dele af den omsatte biomasse, der i referencesituationen vil være udbragt på landbrugsjord. Øget kvælstof-udvaskning fra de yderligere tilførte affaldsfraktioner, Affald B, der i referencesituationen ikke udbringes, medføre imidlertid samfundsøkonomiske merudgifter, der dog i det samlede regnestykke opvejes af reduceret N-udvaskning for afgasset husdyrgylle og Affald A.

Tabel 5.22. Værdi af reduceret kvælstofudvaskning. Dagens Biogasfællesanlæg A2

Værdisat N-udvaskning		
Gylledelen alene	445.163	kr./år for gylledelen
Industriaffald:		
Affald A: Udbragt på landbrugsjord i referencen	366.996	kr./år for affald A
Affald B: Ikke udbragt på landbrugsjord i referencen	-225.844	kr./år for affald B
I alt: Værdisat effekt af BFA på N-udvaskning	586.315	kr./år

Det skal understreges, at ovenstående værdisætning alene vedrører kvælstofudvaskning til grundvand. Eksempelvis kan det nævnes, at biogasfællesanlægs virkninger for ammoniak fordampning ikke er omfattet af analysen.

5.5. Værdisatte eksternaliteter for A2: Oversigt i kr./ton

En samlet oversigt over værdisatte eksternaliteter i den samfundsøkonomiske analyse fremgår af tabel 5.23. Eksternaliteterne er grupperet på landbrugs-, industri- og miljømæssige forhold, og den resulterende værdisætning er udtrykt i kr./ton relevant type biomasse. Tallene er baseret på forudsætninger gældende for Dagens Biogasfællesanlæg A2.

Tabel 5.23. Værdisatte eksternaliteter for Dagens Biogasfællesanlæg (A2)

Værdisatte externaliteter: Specifikke (pr. ton) forudsætninger	**Baseret på biogasanlæg** Dagens anlæg A2 550t/d (20 pct. affald)	
	Værdisætning	
Landbrug		
Lagring, håndtering og omfordeling af gylle		
Lejeindtægt ved gyllelagring	1,00	kr./ton gylle
Transportbesparelse i landbrug	0,50	kr./ton gylle
Værdi af bedre gødningsudnyttelse i alt	5,41	kr./ton biogødning
Lugtreduktion	5,00	kr./ton gylle omfattet
Industri		
Besparelser ifm. affald	125	kr./ton affald
Miljø		
Værdi af ækv. CO_2-reduktion i alt	22,38	kr./ton biomasse tilført BFA
Værdisat specifik reduktion i N-udvaskning i alt	2,92	kr./ton afgasset biogødning
Gylledelen alene	2,77	kr./ton gylle tilført
Affald A: Udbragt på landbrugsjord i reference	12,19	kr./ton affald A tilført
Affald B: Ikke udbragt på landbrugsjord i reference	-22,50	kr./ton affald B tilført

6. Hovedresultater fra den samfundsøkonomiske analyse

Analyserne på Dagens Biogasfællesanlæg er gennemført og præsenteret for tre anlægsgrupperinger, som beskrevet i tabel 4.1. Hver gruppe omfatter analyser af tre anlæg eller anlægssituationer, som samlet illustrerer betydningen af en vigtig parameter eller faktor for anlæggenes selskabs- og samfundsøkonomi.

De tre valgte grupperinger er givet betegnelserne ”Ren skalaeffekt”, ”Faldende affaldsandel, stigende gylletæthed og tilslutning” og ”Faldende affaldsandel for anlæg udlagt til afgasning af 800 ton/dag”, hvor betegnelsen antyder sigtet med analysen på en gruppe. Analyserne opdelt i disse grupperinger omfatter:

- Dagens biogasfællesanlæg A1, A2 og A3: ”Ren skalaeffekt”.
  Belyser anlægsstørrelsens betydning for det samfundsøkonomiske resultat.
- Dagens biogasfællesanlæg B1, B2 og B3: ”Faldende affaldsandel, stigende gylletæthed og tilslutning”.
  Belyser transportomkostningernes betydning (via gylletætheden) for det samfundsøkonomiske resultat i kombination med mængden af industriaffald til rådighed for anlægget.

- Dagens biogasfællesanlæg A3, B3 og C3: ”Faldende affaldsandel for anlæg udlagt til afgasning af 800 ton/dag”.
  Belyser for store anlæg betydningen af den tilførte mængde industriaffald for det samfundsøkonomiske resultat.

I tabel 6.1 er hovedforudsætninger bag denne gruppering af analyserne på Dagens Biogasfællesanlæg angivet.

Tabel 6.1. Gennemregnede varianter af Dagens Biogasfællesanlæg

Hovedforudsætninger			
A: Ren skalaeffekt		(20 pct. affald)	
	300 t/d	550 t/d	800 t/d
B: Faldende affaldsandel og stigende gylletæthed			
Affald	20pct.	10,9 pct.	7,5 pct.
	300 t/d	550 t/d	800 t/d
C: Stort anlæg og faldende affaldsandel			
Affald	20 pct.	7,5 pct.	0 pct.
	800 t/d	800 t/d	800 t/d

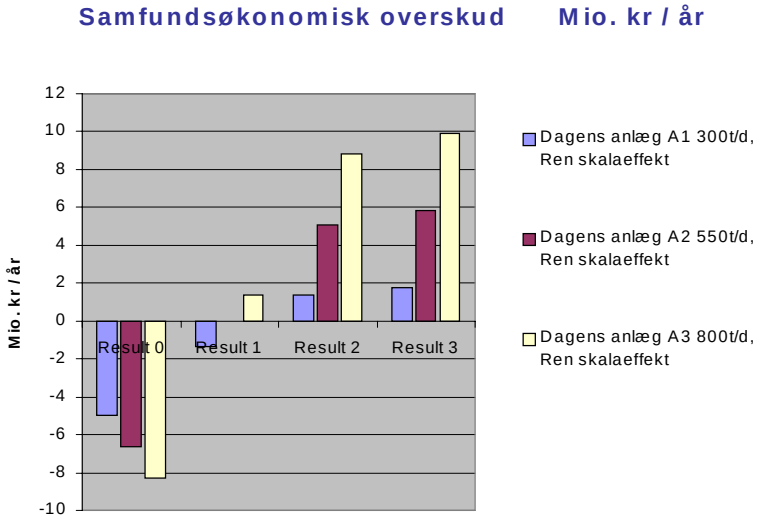
Hovedresultater af beregningerne er præsenteret i de følgende afsnit 6.1, 6.2 og 6.3. Resultaterne er vist på grafisk form og i tabeller. De viste figurer præsenterer resultater for nøgletallene:

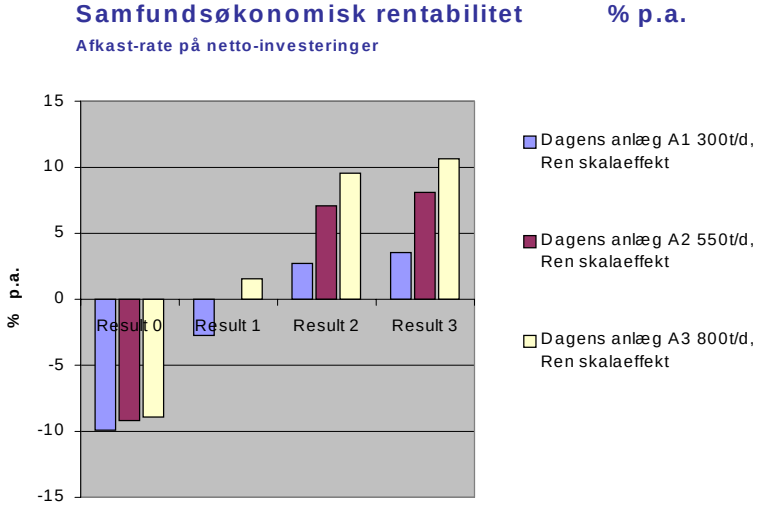
- Det samfundsøkonomiske overskud.
- Samfundsøkonomisk rentabilitet.
- Drivhusgasreduktionsomkostning.

For hvert nøgletal præsenteres resultater under forudsætningerne betegnet Resultat 0, Resultat 1, Resultat 2 og Resultat 3, jf. afsnit 2: ***Analysens metode, omfang og beregnede nøgletal***.

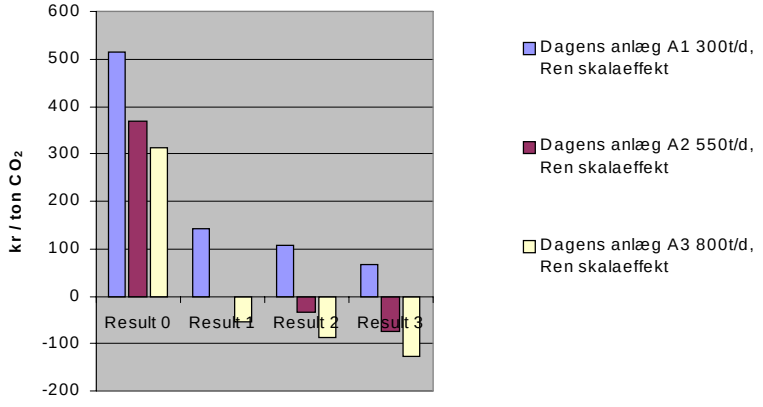
6.1. Dagens biogasfællesanlæg A1, A2 og A3: ”Ren skalaeffekt”

6.1.1. Nøgletal præsenteret grafisk





Drivhusgasreduktionsomkostning kr/ton CO_2



Det fremgår af de grafisk præsenterede nøgletal, at med undtagelse af 300 tons anlægget ved resultat 1 opnås positiv samfundsøkonomisk resultat under resultat 1, 2 og 3 forudsætninger. At anlæggene under Resultat 0 forudsætninger ikke er samfundsøkonomiske rentable udtrykker, at anlæggenes energiproduktion alene ikke kan skabe samfundsøkonomisk grundlag for etablering af biogasfællesanlæg. Inddrages landbrugsmæssige fordele samt fordele i forbindelse med håndtering og genanvendelse af organisk affald fra industrien (dvs. Resultat 1 forudsætninger) ændres billedet. Inddrages yderligere de miljømæssige aspekter, der er kvantificeret og værdisat under Resultat 2 og 3 forudsætninger, øges det samfundsøkonomiske resultat yderligere.

Skalaeffekten på anlæggenes størrelse fremgår tydeligt af nøgletallene. Af figurerne fremgår, at store anlæg udviser den bedste samfundsøkonomi. De øgede transportomkostninger for de store anlæg, per ton biomasse omsat, kan således mere end opvejes af de skalafordele, der er ved at bygge og drive store anlæg.

6.1.2. Årlige udgifter og indtægter. Oversigt

En opdeling af det samfundsøkonomiske resultat på annuiserede udgifter og indtægter er vist nedenstående tabeller for anlæggene A1, A2 og A3. På indtægssiden optræder positivt værdisatte netto-externaliteter med positivt fortegn.

Tabel 6.2. Dagens anlæg A1

Samfundsøkonomi **Årlige udgifter og indtægter**			**Biogasanlæg** **Dagens anlæg A1 300 t/d**	
Udgifter (annuitet)	Resultat 0 mio. kr./år	Resultat 1 mio. kr./år	Resultat 2 mio. kr./år	Resultat 3 mio. kr./år
Investeringer:				
Gasproduktion / biogasanlæg	3,825	3,825	3,825	3,825
Transportmateriel	0,577	0,577	0,577	0,577
Drift og vedligehold:				
Gasproduktion / biogasanlæg	2,839	2,839	2,839	2,839
Transportmateriel	0,081	0,081	0,081	0,081
Sum	**7,323**	**7,323**	**7,323**	**7,323**
Indtægter (annuitet)	Resultat 0 mio. kr./år	Resultat 1 mio. kr./år	Resultat 2 mio. kr./år	Resultat 3 mio. kr./år
Energiproduktion:				
Gassalg	2,141	2,141	2,141	2,141
Elsalg	0,192	0,192	0,192	0,192
Landbrug:				
Lagring, håndtering og omfordeling af gylle		0,131	0,131	0,131
Værdi af bedre gødningsudnyttelse		0,752	0,752	0,752
Lugtreduktion				0,394
Industri:				
Besparelser på affald		2,738	2,738	2,738
Miljø:				
Ændret emission af drivhusgasser			2,428	2,428
Vandmiljøerne, effekt på N-udvaskning			0,320	0,320
Sum	**2,333**	**5,954**	**8,701**	**9,096**
	Resultat 0 mio. kr./år	Resultat 1 mio. kr./år	Resultat 2 mio. kr./år	Resultat 3 mio. kr./år
Annuiseret differens: Indtægter - udgifter	**-4,990**	**-1,369**	**1,379**	**1,773**

Tabel 6.3. Dagens anlæg A2

Samfundsøkonomi **Årlige udgifter og indtægter**			**Biogasanlæg** **Dagens anlæg A2 550 t/d**	
Udgifter (annuitet)	Resultat 0 mio. kr./år	Resultat 1 mio. kr./år	Resultat 2 mio. kr./år	Resultat 3 mio. kr./år
Investeringer:				
Gasproduktion / biogasanlæg	5,409	5,409	5,409	5,409
Transportmateriel	0,876	0,876	0,876	0,876
Drift og vedligehold:				
Gasproduktion / biogasanlæg	4,521	4,521	4,521	4,521
Transportmateriel	0,195	0,195	0,195	0,195
Sum	**11,001**	**11,001**	**11,001**	**11,001**
Indtægter (annuitet)	Resultat 0 mio. kr./år	Resultat 1 mio. kr./år	Resultat 2 mio. kr./år	Resultat 3 mio. kr./år
Energiproduktion:				
Gassalg	3,910	3,910	3,910	3,910
Elsalg	0,456	0,456	0,456	0,456
Landbrug:				
Lagring, håndtering og omfordeling af gylle		0,241	0,241	0,241
Værdi af bedre gødningsudnyttelse		1,379	1,379	1,379
Lugtreduktion				0,723
Industri:				
Besparelser på affald		5,019	5,019	5,019
Miljø:				
Ændret emission af drivhusgasser			4,492	4.492
Vandmiljøerne, effekt på N-udvaskning			0,586	0,586
Sum	**4,366**	**11,004**	**16,083**	**16,806**
	Resultat 0 mio. kr./år	Resultat 1 mio. kr./år	Resultat 2 mio. kr./år	Resultat 3 mio. kr./år
Annuiseret differens: Indtægter - udgifter	**-6,635**	**0,003**	**5,082**	**5,805**

Tabel 6.4. Dagens anlæg A3

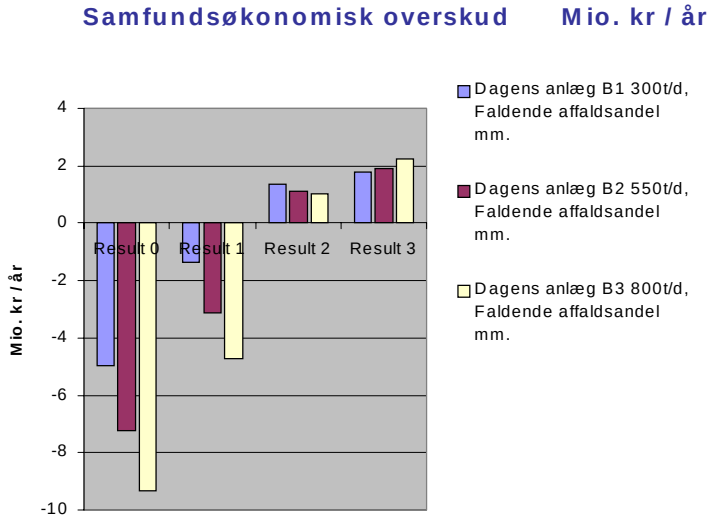
Samfundsøkonomi **Årlige udgifter og indtægter**			**Biogasanlæg** **Dagens anlæg A3 800 t/d**	
Udgifter (annuitet)	Resultat 0 mio. kr./år	Resultat 1 mio. kr./år	Resultat 2 mio. kr./år	Resultat 3 mio. kr./år
Investeringer:				
Gasproduktion / biogasanlæg	6,633	6,633	6,633	6,633
Transportmateriel	1,442	1,422	1,422	1,422
Drift og vedligehold:				
Gasproduktion / biogasanlæg	6,272	6,272	6,272	6,272
Transportmateriel	0,336	0,336	0,336	0,336
Sum	**14,684**	**14,684**	**14,684**	**14,684**
Indtægter (annuitet)	Resultat 0 mio. kr./år	Resultat 1 mio. kr./år	Resultat 2 mio. kr./år	Resultat 3 mio. kr./år
Energiproduktion:				
Gassalg	5,665	5,665	5,665	5,665
Elsalg	0,764	0,764	0,764	0,764
Landbrug:				
Lagring, håndtering og omfordeling af gylle		0,350	0,350	0,350
Værdi af bedre gødningsudnyttelse		2,006	2,006	2,006
Lugtreduktion				1,051
Industri:				
Besparelser på affald		7,300	7,300	7,300
Miljø:				
Ændret emission af drivhusgasser			6,567	6,567
Vandmiljøerne, effekt på N-udvaskning			0,853	0,853
Sum	**6,429**	**16,085**	**23,505**	**24,557**
	Resultat 0 mio. kr./år	Resultat 1 mio. kr./år	Resultat 2 mio. kr./år	Resultat 3 mio. kr./år
Annuiseret differens: Indtægter - udgifter	**-8,255**	**1,401**	**8,821**	**9,872**

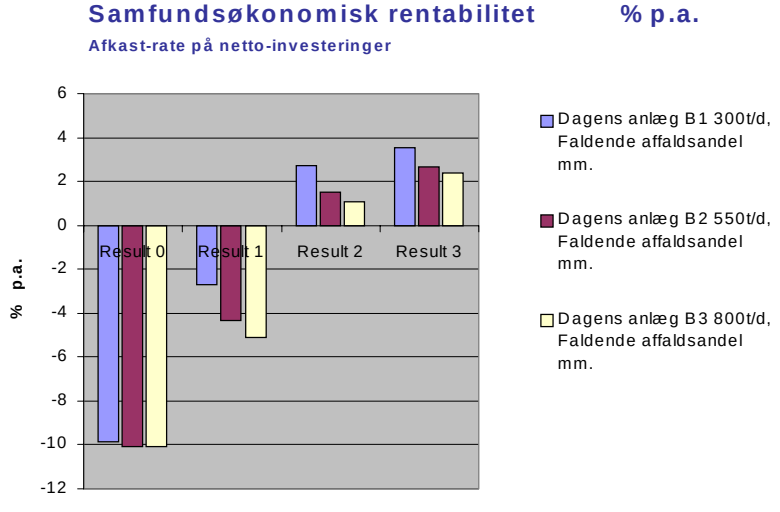
Det fremgår af tabellerne, at især de samfundsøkonomiske besparelser på organisk industriaffald er vigtige for det samlede samfundsøkonomiske resultat.

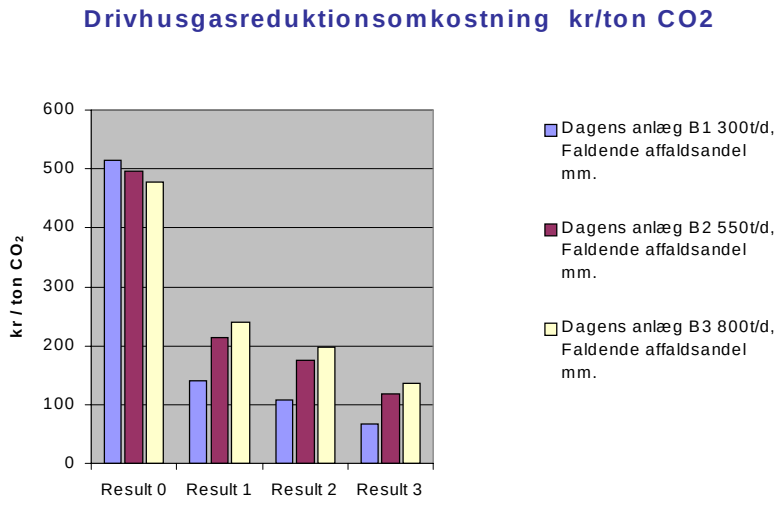
Uden dette element på indtægtssiden er de analyserede anlæg ikke samfundsøkonomisk rentable under Resultat 1 forudsætninger. De større anlæg A2 og A3 vil imidlertid fortsat være rentable uden besparelsen på affald, når miljømæssige fordele under resultat 2 og 3 forudsætninger inddrages.

6.2. Dagens biogasfællesanlæg B1,B2 og B3:"Faldende affaldsandel, stigende gylletæthed og tilslutning"

6.2.1. Nøgletal præsenteret grafisk







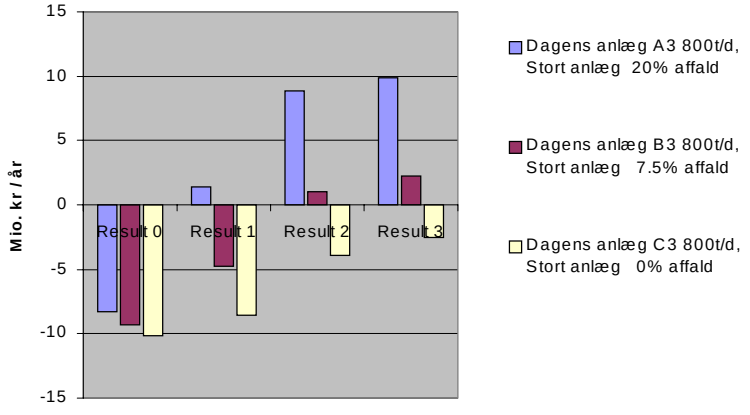
Forudsætningerne bag de tre anlæg B1, B2 og B3 fremgår af tabel 4.1 (Hovedforudsætninger for den selskabs- og samfundsøkonomiske analyse) og tabel 6.1. Gående fra anlægget B1 til B3 er der forudsat stigende tæthed af tilsluttede bedrifter, og dermed et relativt set reduceret kørselsbehov med rå og afgasset biogødning samt stigende anlægsstørrelser fra 300ton/dg til 800ton/dg, hvilket er gunstigt for anlæggenes økonomi. Endvidere er der forudsat en faldende andel affald tilført anlæggene, fra 20 pct. i B1 til 7.5 pct. i B3, hvilket trækker økonomien i modsat retning.

Alle tre anlægssituationer er samfundsøkonomisk rentable under Resultat 2 og 3 forudsætninger, som det fremgår af figurerne. Resultaterne afspejler, at de relativt små anlægsstørrelser vil kræve relativt højere andel affald tilført for at være samfundsøkonomisk attraktive. Det fremgår endvidere, at anlæggene under Resultat 3 forudsætninger vil reducere drivhusgas-emission til omkostninger, der er under eller omkring 100 kr./ton ækv. CO_2.

6.3. Dagens biogasfællesanlæg A3, B3 og C3: ”Faldende affaldsandel for anlæg til 800ton/dag”

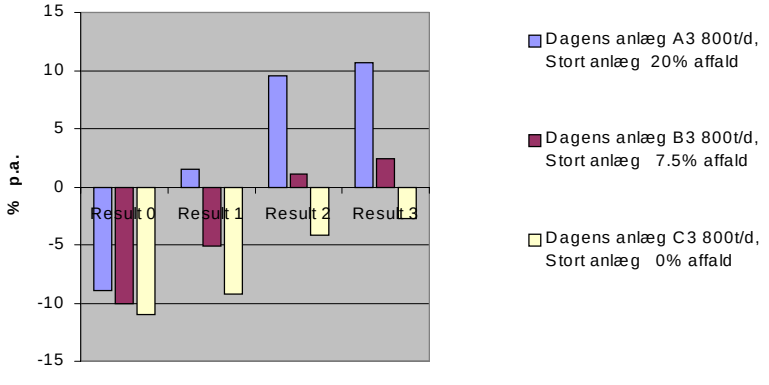
6.3.1. Nøgletal præsenteret grafisk

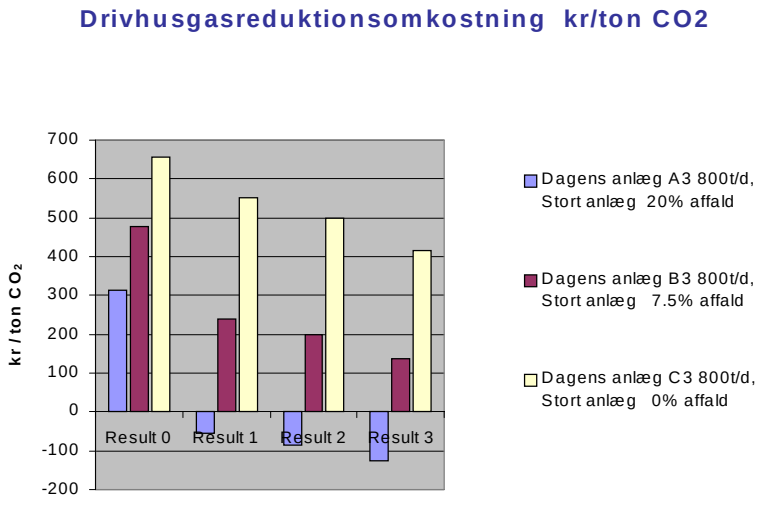
Samfundsøkonomisk overskud Mio. kr / år



Samfundsøkonomisk rentabilitet % p.a.

Afkast-rate på netto-investeringer





Store anlæg har økonomiske fordele i forhold til de mindre anlæg, som illustreret i afsnit 6.1. I afsnit 6.1 var det forudsat, at affald udgjorde 20 pct. af den tilførte mængde. Af de ovenstående figurer fremgår betydningen af affaldsmængden for samfundsøkonomien i store anlæg, udlagt til omsætning af 800 ton/dg. Affaldsmængden tilført i anlæggene A3, B3 og C3 udgør henholdsvis 20 pct., 7,5 pct. og 0 pct.

Det fremgår af de beregnede nøgletal, at uden tilførsel af affald vil den betragte konfiguration af Dagens Biogasfællesanlæg ikke være samfundsøkonomisk rentable. Og dette gælder, selv om der er tale om store anlæg.

Relativt små mængder affald tilført gør imidlertid de store anlæg samfundsøkonomisk attraktive. Anlægget B3, der tilføres 7,5 pct. affald, medfører et samfundsøkonomisk overskud under Resultat 2 og 3 forudsætninger. Udtrykt i nøgletallet, drivhusgasreduktionsomkostning, fremgår det af ovenstående figur, at disse omkostninger under Resultat 2 og 3 forudsætninger er henholdsvis ca. 200 kr./ton ækv. CO_2 og 135 kr./ton ækv. CO_2 for anlægget B3.

6.3.2. Årlige udgifter og indtægter. Oversigt

Tabel 6.5. Dagens anlæg A3, B3, C3: Faldende affaldsandel

Samfundsøkonomi **Årlige udgifter og indtægter**	**Biogasanlæg:** Dagens anlæg A3 800t/d				**Biogasanlæg:** Dagens anlæg B3 800t/d				**Biogasanlæg:** Dagens anlæg C3 800t/d			
Udgifter (annuitet)	Resultat 0 mio. kr./år	Resultat 1 mio. kr./år	Resultat 2 mio. kr./år	Resultat 3 mio. kr./år	Resultat 0 mio. kr./år	Resultat 1 mio. kr./år	Resultat 2 mio. kr./år	Resultat 3 mio. kr./år	Resultat 0 mio. kr./år	Resultat 1 mio. kr./år	Resultat 2 mio. kr./år	Resultat 3 mio. kr./år
Investeringer:												
Gasproduktion / biogasanlæg	6,633	6,633	6,633	6,633	6,633	6,633	6,633	6,633	6,633	6,633	6,633	6,633,
Transportmateriel	1,442	1,442	1,442	1,442	1,442	1,442	1,442	1,442	1,442	1,442	1,442	1,442
Drift og vedligehold:												
Gasproduktion / biogasanlæg	6,272	6,272	6,272	6,272	6,039	6,039	6,039	6,039	6,039	6,039	6,039	6,039
Transportmateriel	0,336	0,336	0,336	0,336	0,264	0,264	0,264	0,264	0,264	0,264	0,264	0,264
Sum	**14,684**	**14,684**	**14,684**	**14,684**	**14,378**	**14,378**	**14,378**	**14,378**	**14,378**	**14,378**	**14,378**	**14,378**
Indtægter (annuitet)	Resultat 0 mio. kr./år	Resultat 1 mio. kr./år	Resultat 2 mio. kr./år	Resultat 3 mio. kr./år	Resultat 0 mio. kr./år	Resultat 1 mio. kr./år	Resultat 2 mio. kr./år	Resultat 3 mio. kr./år	Resultat 0 mio. kr./år	Resultat 1 mio. kr./år	Resultat 2 mio. kr./år	Resultat 3 mio. kr./år
Energiproduktion:												
Gassalg	5,665	5,665	5,665	5,665	4,267	4,267	4,267	4,267	3,429	3,429	3,429	3,429
Elsalg	0,764	0,764	0,764	0,764	0,764	0,764	0,764	0,764	0,764	0,764	0,764	0,764
Landbrug:												
Lagring, håndtering og omfordeling af gylle		0,350	0,350	0,350		0,405	0,405	0,405		0,438	0,438	0,438
Værdi af bedre gødningsudnyttelse		2,006	2,006	2,006		1,499	1,499	1,499		1,194	1,194	1,194
Lugtreduktion				1,051				1,215				1,314
Industri:												
Besparelser på affald		7,300	7,300	7,300		2,738	2,738	2,738		0,000	0,000	0,000
Miljø:												
Ændret emission af drivhusgasser			6,567	6,567			4,895	4,895			3,876	3,876
Vandmiljøerne, effekt på N-udvaskning			0,853	0,853			0,826	0,826			0,809	0,809
Sum	**6.429**	**16.085**	**23.505**	**24.557**	**5.031**	**9.673**	**15.393**	**16.609**	**4.193**	**5.825**	**10.510**	**11.824**
	Resultat 0 mio. kr./år	Resultat 1 mio. kr./år	Resultat 2 mio. kr./år	Resultat 3 mio. kr./år	Resultat 0 mio. kr./år	Resultat 1 mio. kr./år	Resultat 2 mio. kr./år	Resultat 3 mio. kr./år	Resultat 0 mio. kr./år	Resultat 1 mio. kr./år	Resultat 2 mio. kr./år	Resultat 3 mio. kr./år
Annuiseret differens: Indtægter – udgifter	**-8,255**	**1,401**	**8,821**	**9,872**	**-9,347**	**-4,705**	**1,015**	**2,231**	**-10,185**	**-8,553**	**-3,868**	**-2,554**

6.4. Hovedresultater for reduktionsomkostning på drivhusgas

Udtrykt i nøgletallet, drivhusgas-reduktionsomkostning, er hovedresultaterne af den samfundsøkonomiske analyse vist i tabel 6.6.

Tabel 6.6. Hovedresultater for reduktionsomkostning for drivhusgas via BFA

Hovedresultater for reduktionsomkostning på drivhusgas
Drivhusgasreduktionsomkostning i kr./ton ækv. CO_2

Anlægsstørrelse i ton biomasse tilført pr. dag	300	550	800
A. Ren skalaeffekt	**A1**	**A2**	**A3**
Resultat 0	514	369	314
Resultat 1	141	0	-53
Resultat 2	108	-33	-86
Resultat 3	67	-73	-126
B. Faldende affaldsandel, stigende gylletæthed og tilslutning		**B2**	**B3**
Resultat 0		496	477
Resultat 1		213	240
Resultat 2		174	198
Resultat 3		119	136
C. Stort anlæg, kun gylle			**C3**
Resultat 0			657
Resultat 1			552
Resultat 2			500
Resultat 3			415

Som det fremgår af oversigten i tabel 6.6, og beregningsforudsætninger vist i tabel 4.1, er den tilførte mængde affald til biogasfællesanlæg meget vigtig for anlæggenes samfundsøkonomi. Øges affaldsmængden til anlæg forbedres anlæggenes samfundsøkonomiske resultat meget væsentligt.

Affaldsmængden, der totalt set er til rådighed, er således en begrænsende faktor for, hvor stor udbredelse udnyttelsen af biogasfællesanlæg kan få. Ud fra et miljø- og energipolitisk ønske om at maksimere mængden af husdyrgylle omsat i biogasfællesanlæg er det derfor vigtigt at identificere de anlægsforhold, der kræver lav affaldsmængde tilført, og som fortsat giver attraktiv samfundsøkonomi. Blandt de undersøgte anlægsudformninger vil derfor anlægget B3 med kapaciteten 800 ton/dg, hvoraf 7.5 pct. er organisk affald fra industrien, være særlig interessant. Dette anlæg vil, som tidligere fremhævet, kunne substituere emission af drivhusgas til reduktionsomkostninger på ca. 135 kr./ton ækv. CO_2 under Resultat 3 forudsætninger, jf. afsnit 2.1 samt afsnit 2.4 vedrørende de generelle samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger.

7. Følsomhedsanalyser på Dagens Biogasfællesanlæg A2

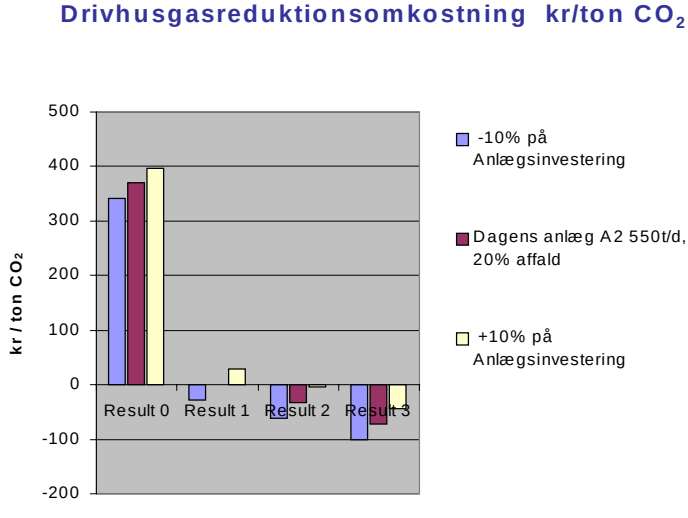
Der er udført følsomhedsanalyser på Dagens Biogasfællesanlæg A2 på følgende væsentlige parametre i den samfundsøkonomiske beregning:

- +/-10 pct. på BFA Anlægsinvestering
- +/-10 pct. på udgift til Drift og Vedligehold for BFA
- Affalds-besparelse: 50, 125, 200 kr./ton
- Affaldsmængde: 10 pct., 15 pct., 20 pct.
- Biogas salgspris: +/-10 pct.

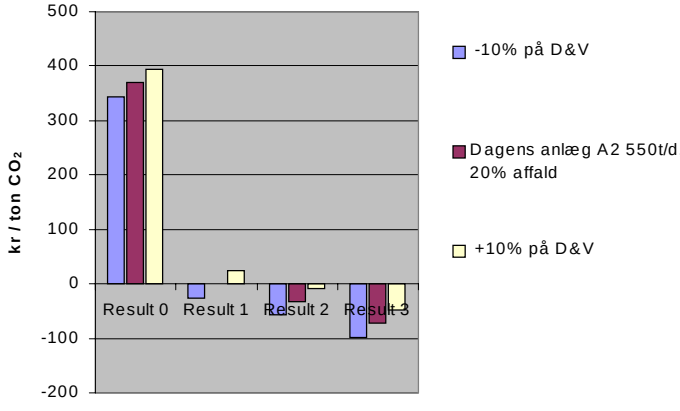
Et understreget tal i det ovenstående udtrykker, at den pågældende værdi er anvendt basisberegningen for A2 anlægget, der danner udgangspunktet for følsomhedsanalysen.

Det er valgt at præsentere resultater af følsomhedsanalyserne udtrykt i nøgletallet, drivhusgasreduktions-omkostning. Dette nøgletal tillader en direkte tolkning af analysens resultater ud fra forskellige krav til omkostningen per ækvivalent ton CO_2 reduceret emission.

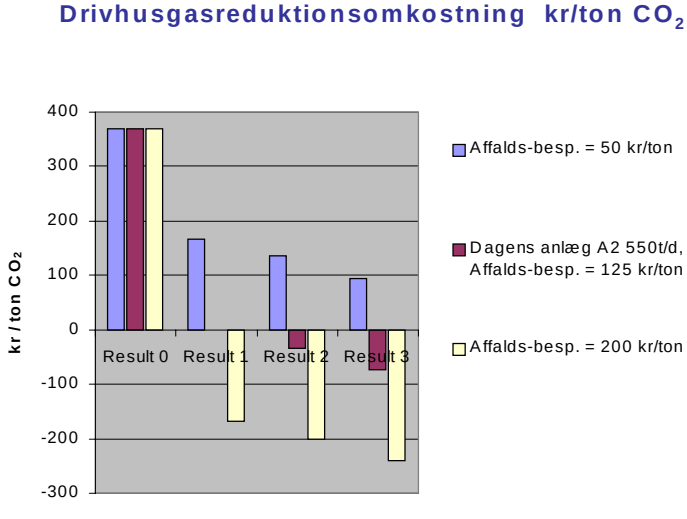
Figur 7.1. A2 550t/d: +/-10 pct. på anlægsinvestering



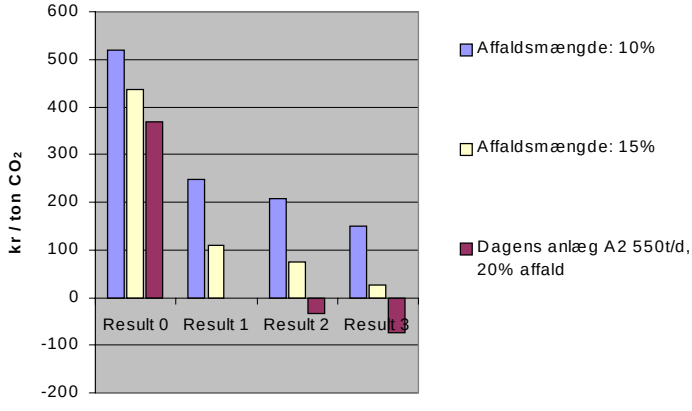
Figur 7.2. A2 550t/d: +/-10 pct. på udgift til drift og vedligehold



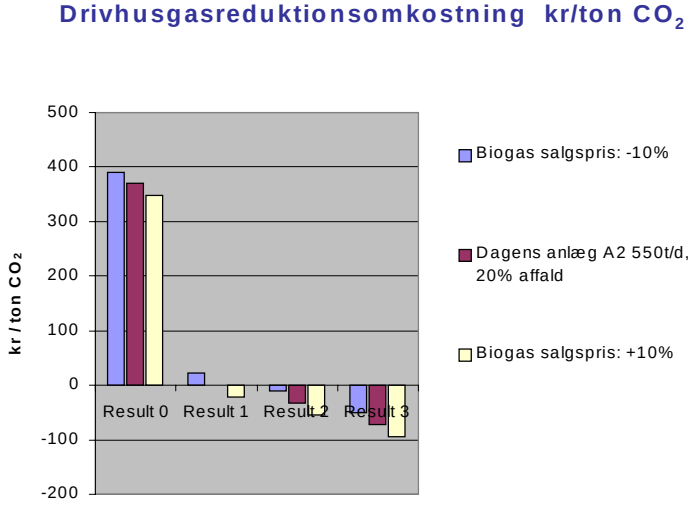
Figur 7.3. A2 550t/d: Besparelser på affald: 50, 125 , 200 kr./ton



Figur 7.4. A2 550t/d: Affaldsmængde: 10 pct., 15 pct., 20 pct.



Figur 7.5. A2 550t/d: Biogas salgspris: +/-10 pct.



7.1. Følsomhedsanalysens effekt på drivhusgasreduktionsomkostning. Oversigt

Af de ovenstående figurer 7.3 og 7.4 fremgår, som nævnt tidligere, at affald spiller en meget væsentlig rolle for biogasfællesanlæggenes samfundsøkonomiske resultat. Samfundsøkonomien er her udtrykt ved de beregnede reduktionsomkostninger for drivhusgas (GHG) via udnyttelsen af biogasfællesanlæg.

Følsomheden på den samfundsøkonomiske værdisætning af besparelser per ton for affaldsbortskaffelse er meget betydelig. Som det fremgår af figur 7.3 indgår indtægt herfra i analysen under Resultat 1-3 forudsætninger. Varieres denne værdisætning i intervallet 50-200 kr./ton organisk industriaffald ses drivhusgas-reduktionsomkostningerne under Resultat 1 at variere fra en omkostning på +167 kr./ton ækv. CO_2 reduceret til en samfundsøkonomisk gevinst på 168 kr./ton ækv. CO_2.

Mængden af affald tilført Dagens Biogasfællesanlæg er tilsvarende en meget afgørende parameter for det samfundsøkonomiske resultat, jf. figur 7.4. Varieres den tilførte mængde affald i intervallet fra 10 pct. til 20 pct. af den samlede omsatte mængde biomasse medfører dette under Resultat 1 en variation i GHG-reduktionsomkostningerne fra 248 kr./ton ækv. CO_2 reduceret til 0 kr./ton ækv. CO_2.

Mængden af industriaffald påvirker det samfundsøkonomiske resultat gennem flere koblede led. En øget affaldsmængden bidrager med den ovenfor nævnte samfundsøkonomiske værdisætning på affaldsbortskaffelse, men herudover indgår virkninger fra en medfølgende øget energiproduktion, en medfølgende reduceret GHG-emission samt en medfølgende øget gødningsværdi. Og endvidere indgår medfølgende virkninger for kvælstofudvaskning til grundvand.

En oversigt over resultaterne fra de gennemførte følsomhedsanalyser er vist i nedenstående tabel 7.1.

Tabel 7.1. Følsomhedanalyser for nøgletallet: Drivhusgasreduktionsomkostning. Oversigt

Følsomhedsanalyser
Drivhusreduktionsomkostning i kr./ton ækv. CO_2

Anlægsstørrelse i ton biomasse tilført pr. dag	550	550	550
Følsomhed på BFA anlægsinvestering	**-10 pct. på anlægsinvestering**	**A2**	**+10 pct. på Anlægsinvestering**
Resultat 0	341	**369**	398
Resultat 1	-29	**0**	28
Resultat 2	-61	**-33**	-4
Resultat 3	-101	**-73**	-45
Følsomhed på BFA D&V	**-10 pct. på D&V**	**A2**	**+10 pct. på D&V**
Resultat 0	344	**369**	394
Resultat 1	-25	**0**	25
Resultat 2	-58	**-33**	-8
Resultat 3	-98	**-73**	-48
Følsomhed på affaldsbesparelser	**Affaldsbesparelser = 50 kr./ton**	**A2 Affaldsbesparelser = 125 kr./ton**	**Affaldsbesparelser = 200 kr./ton**
Resultat 0	369	**369**	369
Resultat 1	167	**0**	-168
Resultat 2	135	**-33**	-200
Resultat 3	95	**-73**	-241
Følsomhed på affaldsmængde	**Affaldsmængde: 10 pct.**	**Affaldsmængde: 15 pct.**	**A2 Affaldsmængde 20 pct.**
Resultat 0	520	436	**369**
Resultat 1	248	109	**0**
Resultat 2	207	73	**-33**
Resultat 3	150	26	**-73**
Følsomhed på biogas Salgspris	**Biogassalgspris: -10 pct.**	**A2**	**Biogassalgspris: +10 pct.**
Resultat 0	391	**369**	347
Resultat 1	22	**0**	-22
Resultat 2	-11	**-33**	-55
Resultat 3	-51	**-73**	-95

8. Konklusioner på den samfundsøkonomiske analyse

Følgende hovedkonklusioner kan uddrages af den samfundsøkonomiske analyse af Dagens Biogasfællesanlæg:

Hovedresultater

- Under Resultat 0 forudsætninger (Den snævre samfundsøkonomiske analyse, hvor indtægtssiden dækker salg af el- og gasproduktion) er ingen af de betragtede biogasalæg rentable.

- Under Resultat 1 forudsætninger, hvor den samfundsøkonomiske analyse yderligere inddrager landbrugsmæssige forhold samt affaldshåndtering i industrien, bliver de største biogasfællesanlæg, der tilføres organisk industriaffald, samfundsøkonomisk rentable.

- Under Resultat 2 og 3 forudsætninger, hvor der yderligere sker værdisætning af miljømæssige fordele knyttet til emission af drivhusgas og kvælstofudvaskning samt reduktion af lugtgener er alle affaldsbaserede anlæg rentable. Anlæg der alene omsætter husdyrgødning er urentable.

Tilførsel af organisk industriaffald til biogasfællesanlæg, medfører samfundsøkonomiske fordele vedrørende besparelser på affaldsbortskaffelse og genanvendelse, øget biogasproduktion og indtægt heraf, øget CO_2-reduktion og -værdi, og øget gødningsværdi m.m. Affaldsmængden tilført biogasfællesanlæg er således en meget væsentlig faktor for anlæggenes samfundsøkonomiske rentabilitet.

Forudsat, at der tilføres affald, viser analyserne, at biogasfællesanlæg vil kunne give omkostningsfri CO_2-reduktion. Dette gælder specielt store anlæg, hvor størrelsesøkonomiske fordele slår igennem på resultaterne.

Der resterer en række forhold, som det ikke har været muligt at kvantificere og prissætte i denne analyse. Blandt disse relevante forhold kan nævnes:

- Øget fleksibilitet m.h.t. produktionsudvidelser i husdyrholdet.
- Forsyningssikkerhed (energi, næringsstoffer).
- Veterinære forhold, herunder værdi af hygiejnisering.
- Erhvervsbetydning og beskæftigelseseffekt.

De fleste af disse forhold kan forventes at indebære positive samfundsøkonomiske effekter til fordel for biogasfællesanlæg. Vedrørende veterinære forhold kan det dog ikke udelukkes, at der kan optræde negative virkninger, som kan udgøre udgiftselementer i en mere omfattende samfundsøkonomiske analyse.

Referencer

[1] Samfundsøkonomiske omkostninger ved reduktion af drivhusgasudslip, Bilagsrapport. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, Nr. 93. ISBN 87-7810-883-7. 1997.

[2] Vejledning i udarbejdelse af samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger. Finansministeriet. November 1999.
http://www.fm.dk/udgivelser/publikationer/vejlsamf99/index.htm

[3] Samfundsøkonomiske analyser af biogasfællesanlæg. Baggrundsrapport 11. Biogas handlingsplanen. Energistyrelsen 1991. (Jensen, J.D.; Morthorst, P.E.; Nielsen, L.H. Samfundsøkonomiske analyser af biogasfællesanlæg. Energistyrelsen, 1991. 125 pp.).

[4] Biogasfællesanlæg – fra idé til realitet. Energistyrelsen, December 1995.

[5] Dansk Økonomi. Forår 1996. Det økonomiske Råd. Formandskabet. 1996. ISBN 87-89027-25-6.

[6] David W. Pearce; R. Kerry Turner. Economics of natural resources and the environment. 1990. ISBN 0-7450-0202-1.

[7] Opdatering af brændselsprisforudsætningerne fra juni 1999. Energistyrelsen. Januar 2001.

[8] Brændselsprisforudsætninger for samfundsøkonomiske beregninger. Energistyrelsen. Juni 1999.

[9] World Energy Outlook. International Energy Agency. 1998.

[10] Wiborg, T. and S. Rasmussen (2000): "Dynamic agricultural and environmental policy analysis using KRAM, a sector model of Danish agriculture". In Hecke-

lei, T., Witzke, H.P., Henrichsmeyer, W. (2000): Agricultural Policy Information Systems, Proceedings of the 65th EAAE seminar, March 2000 in Bonn, Vauk Verlag, Kiel.

[11] Brian H. Jacobsen: Vandmiljøplan II, Økonomisk Midtvejsevaluering. SJFI, Dec. 2000.

[12] Reduktion af drivhusgas-emission fra husdyrgødning og organisk affald ved biogas-behandling. Sommer, Møller og Petersen, Danmarks JordbrugsForskning, Januar 2000.

[13] Jacobsen, Brian H. et al.: Håndtering af husdyrgødning – en teknisk og økonomisk systemanalyse. Rapport fra Fødevareøkonomisk Institut 2002, under udgivelse.

Del II: Selskabsøkonomiske analyser af biogasfællesanlæg

Kurt Hjort-Gregersen, Afdeling for Jordbrugets Driftsøkonomi, Fødevareøkonomisk Institut

1. Metode

De selskabsøkonomiske analyser er baseret på Modellen for Dagens anlæg, som beskrevet i Appendiks A samt erfaringer fra udviklingsprogrammet for biogas.

Til de selskabsøkonomiske analyser er der anvendt en regnearksbaseret likviditetsmodel (Bilag 1). De enkelte års beregnede ind- og udbetalinger resulterer i likviditetsbidrag, som indgår i beregningen af en nutidsværdi. Investeringsalternativet er rentabelt, når nutidsværdien er positiv.

Beregningerne sker i løbende priser ud fra en forventet pris og omkostningsudvikling. Fordelen ved modellen er, at den viser såvel rentabiliteten som driftens likviditetsbidrag over årene. Det er endvidere ret enkelt at gennemføre forskellige følsomhedsanalyser.

En stor del af inddata til modellen består af resultater af de teknisk-økonomiske estimater af driftsudgifter, der er vist i Appendiks A. Forud for dette er der imidlertid fortaget en fastlæggelse af en række overordnede forudsætninger, som fx antagelser om anlægsstørrelse, transportsystem osv. I det følgende foretages en gennemgang af de vigtigste forudsætninger.

2. Hovedforudsætninger

Behandlingskapacitet/anlægsstørrelsen er fastlagt til hhv. 300, 550 og 800 tons biomasse pr. dag. Formålet med dette er, at afdække mulige størrelsesøkonomiske effekter med henblik på at opnå lavest mulige enhedsomkostninger.

Transportmateriel: Hidtil har biogasfællesanlæggene altovervejende anvendt lastvognsslamsugere med en tankkapacitet på ca. 20 tons. Analyser har flere gange vist, at en forøgelse af tankkapaciteten ville kunne reducere transportomkostningerne. Det har imidlertid været opfattelsen, at større biler ikke i praksis ville kunne anvendes, idet kørselsforholdene ved mange gårde var for trange. Et af de eksisterende anlæg, Århus Nord, demonstrerede imidlertid, at det kan lade sig gøre at anvende sætte-

vognstog med en kapacitet på ca. 31 tons, i forbindelse med en udskiftning af de gamle 20 tons biler. Med udgangspunkt i erfaringerne herfra, er der i beregningerne anvendt tilsvarende lastvogne med lasteevne på 31 tons.

Biomassesammensætning. De fleste biogasfællesanlæg anvender i dag ca. 25 pct. anden biomasse end gylle til produktion af biogas. I basisberegningerne i de selskabsøkonomiske analyser er der forudsat en affaldsandel på 20 pct. ud fra den betragtning, at anlæg i fremtiden sandsynligvis må klare sig med en lavere affaldsandel end de nuværende anlæg, på grund af konkurrencen herom.

Affaldsandelen er imidlertid en af de parametre der varieres i de opstillede beregningsscenarier.

Modtagegebyr: For modtagelse af organisk affald forudsættes en indtægt på 50 kr. pr. ton affald som et gennemsnit, hvilket svarer til niveauet for eksisterende anlæg. Det gælder dog ikke det mest attraktive affald, som nogle anlæg i dag betaler for.

Gasudbytte: I praksis er der betydelig forskel i gasudbyttet i forskellige former for affald. I de selskabsøkonomiske analyser er gasudbyttet fastsat til 22 m^3 biogas pr. m^3 gylle og 75 m^3 biogas pr. m^3 organisk affald.

Gasprisen: Det forudsættes, at Dagens anlæg sælger sin gasproduktion til et kraftvarmeværk, bortset fra den del af gasproduktionen, der omsættes i eget motorgeneratoranlæg til anvendelse som procesvarme. Prisen er beregnet til den værdi, som et naturgasfyret kraft-varmeværk alternativt skulle betale for naturgas, når der tages hensyn til produktionstilskuddet for biogasproduceret el samt at der ikke er afgifter på biogas. Prisen er beregnet til 2 kr. pr. Nm^3 biogas [4].

Elpris: Den elproduktion, der finder sted på anlæggets egen kraft-varmeenhed sælges til nettet. Produktionen forudsættes at foregå ved tarifdrift, og afregningsprisen er fastsat som en gennemsnitspris ved drift mellem kl. 6.30 og 21.00. Prisen er 0,40 kr. pr. kWh. Hertil kommer det statslige elproduktionstilskud på 27 øre pr. kWh, i alt 0,67 kr. pr. kWh. Vedr. elprisens driftsøkonomiske betydning henvises til følsomhedsanalyserne [3].

Transportafstande: En meget afgørende forudsætning er transportafstanden anlæg - leverandør, idet transportomkostningerne for biogasfællesanlæggene tegner sig for ca. 30 pct. af de samlede driftsomkostninger. Det er derfor vigtigt, at anlægget placeres

centralt i afhentningsområdet for gylle. Transportafstanden vil også afhænge af, om husdyrtætheden, og dermed gylleintensiteten, er høj i området, samt tilslutningsprocenten blandt husdyrproducenterne i området.

Ud over den gennemsnitlige transportafstand mellem anlæg og leverandører vil transportomkostningerne desuden afhænge af omfanget af trekantskørsel i forbindelse med levering af afgasset gylle i decentrale tanke, og i hvilket omfang anlægget binder sig til at forestå omfordeling af overskudsgylle. Erfaringerne har vist, at disse forhold også spiller en vis rolle for det samlede kørselsbehov med biogasfællesanlæggenes køretøjer.

Der kan vanskeligt opstilles forudsætninger for disse forhold, som på troværdig vis kan anvendes generelt for biogasfællesanlægsprojekter. Forholdene må nøje undersøges i det lokale område.

I de selskabsøkonomiske beregninger, er der anvendt transportafstande inkl. tillæg for trekantskørsel og omfordeling på henholdsvis 9,8 , 12,8 og 15,1 km ved stigende anlægsstørrelse

Transportudstyr

Der anvendes sættevognstog med en læsstørrelse på 31 m^3

Pris:

Trækker	700.000 kr.
Tankvognstrailer	900.000 kr.
I alt for vogntoget	1.600.000 kr.

Øvrige forudsætninger transport:

Gennemsnitshastighed	40 km/time
Læsstørrelse	31 m^3
Aflæsning og pålæsning på anlæg	15 min i alt pr. tur
Aflæsning og pålæsning ved gård/dec. tank	15 min i alt pr. tur
Dieselforbrug	1,5 km/liter
Dieselpris	5,5 kr./liter
Chaufførløn	140 kr./time

Vægtafgift og forsikring pr bil	26.000 kr./år
Reparation og vedligehold	4 kr. pr. m^3 behandlet

Med disse forudsætninger beregnes tidsforbrug, antal km kørt, og dermed de samlede driftsudgifter til transport.

Tidshorisont. Beregningerne foretages for en periode på 20 år. Der tages ikke hensyn til en eventuel restværdi af enkelte anlægskomponenter, som kan antages at have en teknisk levetid ud over de 20 år, og evt. omkostninger til fjernelse af et udslidt anlæg indgår ikke.

Anlægstilskud: Beregningerne er gennemført uden anlægstilskud

Reinvesteringer: Der foretages løbende reinvesteringer, der er nødvendige for at holde anlægget i drift.

Kalkulationsrente: Som kalkulationsrente er der anvendt en nominel rente på 8 pct. p.a., svarende til hvad det som gennemsnit kan koste at finansiere de nødvendige anlægsaktiver, idet det forventes, at kommende anlæg overvejende vil blive lånefinansieret. Betydningen af varierende rente og finansieringsforhold er analyseret.

Inflation: Som udtryk for den generelle omkostningsudvikling er inflationen fastsat til 2,5 pct. p.a.

Følgende poster forventes ikke at stige med den generelle prisudvikling

Elproduktionstilskud forudsættes at stige med		0 pct. p.a.
Lønudgifter	” – ”	3,5 pct. p.a.

Beregningsscenarier: Der er gennemført tre beregningsscenarier, hvor følgende parametre analyseres:
A: Størrelsesøkonomiske forhold.
B: Faldende affaldsandel, stigende gylletæthed og tilslutning.
C: Et meget stort anlæg, som alene behandler gylle.

3. Hovedresultater

I basisscenariet, scenarie A er beregningerne gennemført for alle tre anlægsstørrelser. I scenarie B, hvor affaldsandelen forudsættes at falde ved stigende anlægsstørrelse, er beregningerne alene gennemført for de to største anlæg. I scenarie C, hvor anlægget alene behandler gylle, er beregningerne kun gennemført for det største anlæg.

I tabel 3.1 vises hovedresultaterne af beregningsscenarierne A, B og C. I tabellen er endvidere anført en række afgørende forudsætninger, der, som det fremgår, ændres ved stigende anlægsstørrelse og mellem scenarierne.

Tabel 3.1. Hovedforudsætninger og hovedresultater

Størrelse, m3 tilført pr. dag	**300**	**550**	**800**
A: Ren skalaeffekt	A1	A2	A3
Affaldsandel, pct.	20	20	20
Gasudbytte, m^3/m^3 biomasse	32,6	32,6	32,6
Gns. afstand anlæg-leverandør, km	7,8	10,2	12,1
Gns. afstand korr. f. trekantskørsel, km	9,75	12,75	15,13
Antal biler nødvendig	2	3	5
Driftsudgifter, kr./m^3	31	27,7	26,9
Beregnet årligt overskud, 1.000 kr.	-239	2.535	5.266
Gasudbytte nødvendig for balance	33,6	27,1	24,7
B: Faldende affaldsandel, stigende gylletæthed og tilskutning		B2	B3
Affaldsandel, pct.		10,9	7,5
Gasudbytte, m^3/m^3 biomasse		27,8	26
Gns. afstand anlæg-leverandør, km		9,2	9,5
Gns. afstand korr. f. trekantskørsel, km		11,38	11,88
Antal biler nødvendig		3	5
Driftsudgifter, kr./m^3		27,1	25,3
Beregnet årligt overskud, 1.000 kr.		-614	-771
Gasudbytte nødvendig for balance		29,1	27,1
C: Stort anlæg, kun gylle			C3
Affaldsandel, pct.			0
Gasudbytte, m^3/m^3 biomasse			22
Gns. afstand anlæg-leverandør, km			9,5
Gns. afstand korr. f. trekantskørsel, km			11,88
Antal biler nødvendig			5
Driftsudgifter, kr./m^3			25,3
Beregnet årligt overskud, 1.000 kr.			-4.744
Gasudbytte nødvendig for balance			29,1

Kilde: [1 - 4].

I scenarie A er affaldsandelen konstant 20 pct. Derfor er gasudbyttet det samme, 32,6 m^3 biogas pr. m^3 biomasse, ved alle tre anlægsstørrrelser. Den gennemsnitlige trans-

portafstand stiger fra knap 10 km i gennemsnit til godt 15 km. Resultaterne viser, at det mindste anlæg (A1) netop ikke er rentabelt med de anvendte forudsætninger, hvorimod de to største anlæg (A2 og A3) udviser betydelige overskud. Grunden til dette er de størrelsesøkonomiske effekter, der viser sig både på driftsudgifterne og investeringsomkostningerne.

Det må formodes, at et stigende antal biogasfællesanlæg og gårdanlæg vil medføre øget konkurrence om de egnede affaldsressourcer. Det er derfor forventeligt, at kommende anlæg i en vis udstrækning vil være henvist til at have mindre affaldsmængder til rådighed end de hidtidige anlæg. Beregningsscenarie B har til formål at analysere, om de større anlæg kan opnå en rentabel drift ved en lavere affaldsandel, hvis de til gengæld placeres i et område med stor husdyrtæthed og høj grad af tilslutning.

I forhold til scenarie A er affaldsandelen i scenarie B reduceret til 10,9 pct. hhv. 7,5 pct. for anlægsstørrelserne 550 og 800 m^3 daglig behandlet mængde (B2 og B3). Denne ændring medfører, at det gennemsnitlige gasudbytte falder fra 32,6 m^3 biogas pr. m^3 biomasse i scenarie A til 27,8 hhv 26 m^3 i scenarie B. Selvom også den gennemsnitlige transportafstand reduceres, udviser begge anlægsstørrelser et underskud. I tabel 1 er der også vist hvilket gasudbytte, der netop ville medføre økonomisk balance. Balancegasudbyttet er beregnet til 29,1 m^3 hhv. 27,1 m^3 biogas pr. m^3 biomasse ved de to anlægsstørrelser. Ved sammenligning med scenarie A fremgår det, at balancegasudbyttet i scenarie B er højere, hvilket skyldes det reducerede modtagegebyr, som følge af den lavere affaldsandel økonomisk må kompenseres gennem et øget gasudbytte.

I scenarie C er der alene foretaget beregninger for det største anlæg, 800 m^3 pr. dag (C3). Her er det forudsat, at anlægget alene tilføres gylle. Gasudbyttet er derfor 22 m^3 biogas pr. m^3 gylle. Resultatet viser, at der med disse forudsætninger vil være et relativt stort årligt underskud. Beregningen af balancegasudbyttet viser, at der skal opnås et gennemsnitligt gasudbytte på godt 29 m^3 biogas pr. m^3 behandlet biomasse for at opnå økonomisk balance.

Der findes en række muligheder for at øge gasudbyttet uden tilsætning af affald. Eksempelvis kan der tilføres fast gødning fra fjerkræ eller andre husdyr, energiafgrøder eller foderrester. Endelig kunne en opkoncentrering af gyllen før tilførsel til biogasanlægget medføre et øget gasudbytte.

Fælles for disse tiltag er, at de vil medføre ekstraomkostninger i større eller mindre omfang, hvorved balancepunktet for gasudbyttet, såfremt omkostningerne skal dækkes af biogasanlægget, vil forskydes opad. Der er ikke foretaget en analyse af størrelsesordenen heraf.

I det tekniske design af dagens anlæg er det forudsat, at anlægget etableres med mulighed for hygiejnisering, så alle relevante former for affald kan modtages. Det er et spørgsmål om dette er nødvendigt ved et anlæg, som i scenarie C, hvor der alene udrådnes husdyrgødning. Uden hygiejninsering vil anlægget være en smule billigere at etablere og drive.

Desuden er der indenfor gårdbiogassektoren i de senere år fremkommet nye tankkoncepter, som kunne tænkes overført til fællesanlæg, med lavere etableringsomkostninger til følge. Der tænkes på rådnetanke udført i beton med membranoverdækning. Systemet kendes også fra en række eksisterende fællesanlæg, hvor denne tanktype anvendes som efterafgasningstank. Generelt er der stor tilfredshed med konceptet, selvom der af og til har været problemer med utætheder mellem tank og dug.

4. Anlægsinvesteringer

De beregnede anlægsinvesteringer for de tre anlægskategorier er vist i Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Anlægsinvesteringer

	Anlægsstørrelse		
Behandlingskapacitet pr. dag	300 m^3	550 m^3	800 m^3
Behandlingskapacitet pr. år	109.500 m^3	200.750 m^3	292.000 m^3
Samlet investering, **mio. kr.**			
- Transportmateriel	3,2	4,8	8,0
- Biogasanlæg	41,2	58,4	71,5
Samlet investering pr. m^3 biomasse behandlet pr. år, kr.	405	325	272

Kilde: [1 - 2].

Tabellen viser, at den samlede anlægsinvestering for det mindste anlæg beløber sig til godt 44 mio. kr. og knap 80 mio. kr. for det største anlæg. Når de samlede anlægsinvesteringer udtrykkes pr. m^3 årlig behandlingskapacitet fremgår det, at der er en meget klar størrelsesøkonomisk effekt på investeringsudgifterne.

5. Strukturen i driftsindtægter og udgifter ved Dagens anlæg.

Tabel 5.1 viser indtægter og udgifter for Dagens anlæg i beregningsscenarie A for de tre anlægskategorier. Der vises alene tal for år 1. Tal for den resterende del af kalkulationsperioden kan findes i bilag 1, der viser regnearksmodellen for 300^3 anlægget.

Tabel 5.1. Indtægter og driftsudgifter år 1, 1.000 kr., beregningsscenarie A

Anlægsstørrelse	300 m^3/dag	550 m^3/dag	800 m^3/dag
Salg af gas	5.867	10.716	15.526
Salg af el	922	1.770	2.695
Modtagegebyrer	1.095	2.008	2.920
Indtægter i alt	**7.884**	**14.494**	**21.141**
Motorbrændstof	252	602	1.051
Rep. Køretøjer	438	803	1.168
Vægtafg/forsikring	44	80	117
Chaufførlønninger	493	1.024	1.664
Procesel	300	432	540
Rep. Biogasanlæg	492	705	911
Fjernelse af sand	27	50	73
Kørsel	0	0	0
Forsikr. anlæg/personale	134	161	158
Øvrige eksterne	201	331	447
Driftspersonale	742	867	993
Lokale og salgsudgifter	71	116	164
Administration	197	383	578
Driftsudgifter i alt	**3.391**	**5.534**	**7.864**

Kilde: [1 – 4].

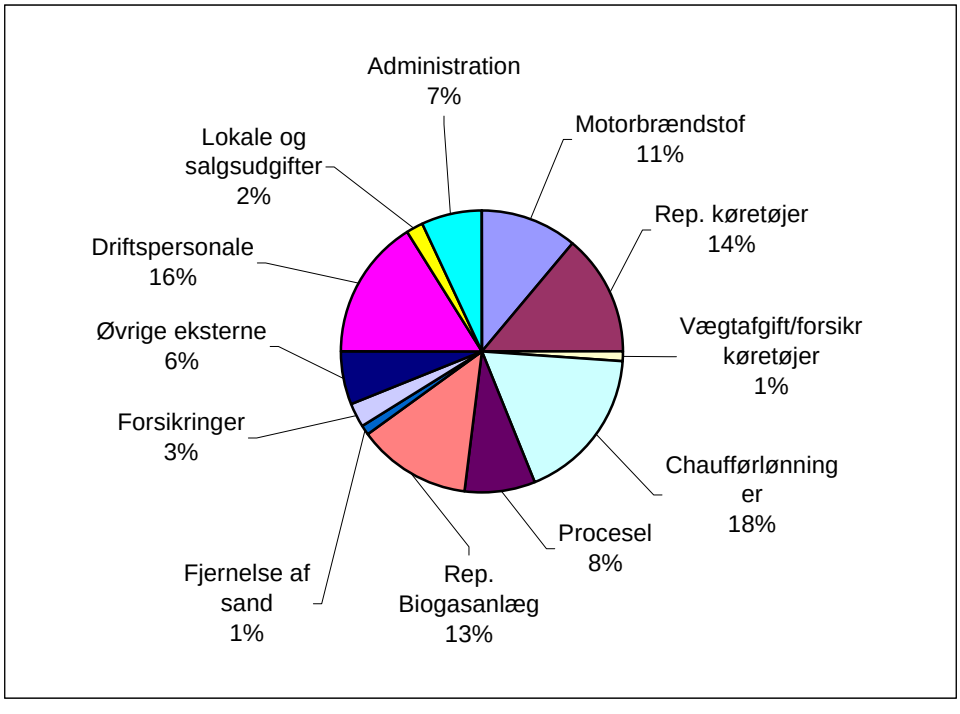
Det fremgår, at langt størstedelen af driftsindtægterne hidrører fra gassalg. Elsalg fra eget kraft-varmeanlæg og modtagegebyrer bidrager med yderligere hver 10-15 pct.

De driftsudgifter, der er afledt af driften af selve biogasanlægget, udgør en faldende andel af de samlede driftsudgifter, hvorimod de transportafledte driftsudgifter udgør en stigende andel ved stigende anlægsstørrelse. Det tyder på betydelige størrelsesøkonomiske effekter for så vidt angår biogasanlægget, hvorimod den størrelsesøkonomiske effekt på de transportafledte udgifter er nul eller negativ, hvilket naturligvis skyldes den stigende transportafstand.

Figur 5.1 viser fordelingen af driftsudgifterne ved 550 m^3 anlægget (A2).

Driftsudgifterne til transport udgør i alt 44 pct. af de samlede driftsudgifter. Det fremgår endvidere, at de samlede lønudgifter udgør 34 pct. af driftsudgifterne. Endelig viser tallene, at knap 20 pct. af driftsudgifterne går til køb af energi. Heri indgår ikke den mængde eget produceret biogas, der anvendes til procesvarme.

Figur 5.1. Fordeling af driftsudgifter, 550 m^3 anlægget



Kilde: [1 – 4]

6. Samlede transport- og produktionsomkostninger (scenarie A)

De driftsudgifter, der medgår til produktion af biogas, må nødvendigvis ses i sammenhæng med kapitalomkostningerne. I tabel 6.1 vises resultaterne af en beregning af de samlede omkostninger til transport og produktion af biogas. Der er anvendt de ovenfor skitserede driftsudgifter for år 1 sammenholdt med beregnede gennemsnitlige årlige kapitalomkostninger i nutidspriser.

Tabel 6.1. Transport og behandlingsomkostninger

Anlægsstørrelse	300 m^3/dag A1		550 m^3/dag A2		800 m^3/dag A3	
	1.000 kr./år	Kr./m^3	1.000 kr./år	Kr./m^3	1.000 kr./år	Kr./m^3
Transport af biomasse						
-Driftsudgifter	1227	11,2	2509	12,5	4000	13,7
-Kapitalomkostninger	508	4,6	771	3,8	1271	4,4
Transportomkostn. ialt	**1735**	**15,8**	**3280**	**16,3**	**5271**	**18,1**
Produktion af biogas						
-Driftsudgifter	2164	19,8	3046	15,2	3864	13,2
-Kapitalomkostninger	3633	33,2	5140	25,6	6302	21,6
Produktionsomk. i alt	**5797**	**52,9**	**8186**	**40,8**	**10166**	**34,8**
Samlede omkostninger	**7533**	**68,8**	**11466**	**57,1**	**15437**	**52,9**

Kilde: [1 – 4].

Tabellen viser, at transportomkostningerne stiger fra 16 kr. til 18 kr. pr. m^3 biomasse behandlet ved stigende anlægsstørrelse, hvilket skyldes den øgede transportafstand. Produktionsomkostningerne, eller behandlingsomkostningerne i biogasanlægget, falder fra 53 kr. til 35 kr. pr. m^3 biomasse behandlet ved stigende anlægsstørrelse. Her er der således tale om en ret betydelig størrelsesøkonomisk effekt. En stigende anlægsstørrelse medfører en positive effekt i behandlingsanlægget, der langt overstiger den negative effekt i transportsystemet, så de samlede omkostninger falder fra 69 kr. ved A1 anlægget til 53 kr. ved A3 anlægget.

7. Følsomhedsanalyser

Affaldets betydning

Af ovenstående analyser er det fremgået, at mængden af organisk affald, der er til rådighed for anlægget, er af væsentlig betydning for driftsøkonomien. Det rejser et spørgsmål om, hvor lidt affald anlæggene i givet fald kan klare sig med i de forskellige beregningsscenarier. Dette spørgsmål kan ikke besvares entydigt, idet det afhænger af gaspotentialet i det affald, der er til rådighed, og som kan variere ganske meget.

I tabel 7.1 er der vist resultater af beregninger ved hvilken mængde affald anlæggenes økonomi netop balancerer, med de tidligere nævnte forudsætninger om modtagegebyr og gasudbytte.

Tabel 7.1. Nødvendig affaldsmængde

	Anlægsstørrelse		
Affaldsandel pct. af behandlet mængde	300 m^3/dag	550 m^3/dag	800 m^3/dag
Scenarie A	21,2	13,0	10,1
Scenarie B		12,6	9,0
Scenarie C			9,0

Disse resultater viser, at den nødvendige affaldsandel falder betydeligt ved stigende anlægsstørrelse. Ved den største anlægskategori ses endvidere et mindre fald ved stigende gylletæthed og tilslutning.

Nødvendigheden af anlægstilskud

De hidtidige biogasfællesanlæg har modtaget mellem 20 og 40 pct. af investeringsomkostningerne i form af anlægstilskud fra staten. Tendensen har været, at satsen er reduceret, efterhånden som risikoen ved at etablere anlæggene blev reduceret som følge af det øgede know how på området. I nedenstående tabel 7.2 er det beregnet, ved hvilken tilskudsprocent anlæggets økonomi balancerer.

Tabel 7.2. Nødvendigt anlægstilskud for økonomisk balance

	Anlægsstørrelse		
Nødv. anlægstilskud pct. af investeringsomkostn.	300 m^3/dag	550 m^3/dag	800 m^3/dag
Scenarie A	5,3	0	0
Scenarie B		9,5	9,5
Scenarie C			58,6

I scenarie A er det alene 300 m^3 anlægget (A1), der har behov for anlægstilskud, idet de to større anlæg ifølge beregningerne giver overskud uden anlægstilskud. I scenarie B, hvor affaldsandelen reduceres, og dermed gasudbyttet, har de to største anlægskategorier begge behov for 10 pct. anlægstilskud, for at kompensere for det manglende gassalg og modtagegebyr. I scenarie C er der behov for knap 60 pct. i anlægstilskud, idet anlægget her kun opnår den gasproduktion, som er muligt ved udrådning af husdyrgødning alene.

Elprisen

Det er forudsat, at dagens anlæg sælger størstedelen af gasproduktionen. I praksis betyder det, at gassen sælges til et kraft-varmeværk, og gasprisen er i beregningerne ba-

seret på naturgasprisen til kraftvarmeproduktion. Den afregningspris, der kan opnås for biogassen afspejler derfor dels den alternative købspris for naturgas, men også den afregningspris kraftvarmeværket kan opnå ved salg af elektricitet produceret på biogas.

Hidtil er elektriciteten afregnet til en grundpris baseret på elsektorens produktionsomkostninger og et statsligt produktionstilskud på 27 øre pr. kWh.

Som led i Elreformen blev det imidlertid aftalt, at dette tilskud for nye anlæg skulle afløses af likvide VE-beviser. Dette skulle være fuldt implementeret efter det 10. driftsår. Værdien af VE-beviset tænkes bestemt af markedet, men der er fastsat en garanteret mindstepris på 10 øre pr. kWh.

I tabel 7.3 vises resultater af beregninger, såfremt produktionstilskuddet/VE-bevisets værdi reduceres fra 0,27 til 0,1 kr. pr kWh fra år 10. Beregningen foretages indirekte eftersom Dagens anlæg sælger det meste af gasproduktionen. Det er derfor indledningsvist beregnet, hvilken effekt på gasprisen et sådant fald i elprisen vil medføre.

Tabel 7.3. Betydning af ændret elproduktionstilskud/værdi af VE-bevis (scenarie A)

800 m^3 anlæg (A3)	År 10	År 11
Salg af gas 1.000 kr.	18.855	15.821
Salg af elektricitet 1.000 kr.	3.095	2.459
Årligt overskud med grundforudsætninger	5.266	
Årligt overskud ved lavere elpris efter 10. år	3.986	

Resultaterne viser, at værdien af gassalget ved en sådan reduktion af gasprisen falder med godt 3 mio. kr. fra år 10 til 11, når det drejer sig om et 800 m^3 anlæg (A3). Tilsvarende falder værdien af elsalget med godt 600.000 kr. altså i alt ca. 3,6 mio. kr. Reduktionen betyder således, når der omregnes til ændringen i det gennemsnitlige årlige overskud, en nedgang i overskuddet på knap 1,3 mio. kr. på årsbasis, svarende til ca. 24 pct. En yderligere nedgang i samme størrelsesorden ville blive konsekvensen, hvis prisfaldet blev gældende fra starten. Det årlige overskud ville i så fald være på knap 1 mio. kr.

Den økonomiske robusthed i Dagens anlæg overfor en lavere elafregningspris hænger nøje sammen med mulighederne for at producere tilstrækkelige mængder biogas. I

ovenstående eksempel er der forudsat en affaldsandel på 20 pct., hvilket medfører en gennemsnitligt gasudbytte på 32,6 m^3 biogas pr. m^3 biomasse behandlet. Det er beregnet, at hvis det gennemsnitlige gasudbytte var mere end ca. 1 m^3 lavere, svarende til en affaldsandel på knap18 pct. ville det økonomiske resultat udvise underskud med den lavere elpris.

8. Finansiering

Op gennem 1990´erne blev biogasfællesanlæg alt overvejende finansieret med indekserede annuitetslån. Denne lånetype udmærker sig ved en fast lav rente, 2,5 pct., og relativt små afdrag i de første år, eftersom afviklingen af lånet foregår som annuitetslån, hvor der betales en fast ydelse. Restgælden reguleres to gange årligt med en reguleringsfaktor baseret på nettoprisindekset.

Fordelen ved lånetypen er, at den likviditetsmæssige belastning i begyndelsen er lavere end ved andre typer af lån.

Indekslånene blev som oftest anvendt til at finansiere selve energianlægget. Transportudstyr og decentrale tanke blev i nogle tilfælde finansieret ved almindelige banklån, samt 5 eller 10 årige stående lån ydet af de pågældende amter.

Hertil kommer, at de anlæg, der blev etableret i denne periode modtog mellem 20 og 40 pct. af investeringerne som tilskud fra staten.

Der er på det seneste set en tendens til, at leverandørfirmaer og andre selskaber går ind som ejere af eksisterende anlæg. Det er derfor tænkeligt, at det samme kunne blive tilfældet ved nye biogasfællesanlæg, som derved vil kunne etableres med betydelig større egenkapital, end det har været tilfældet tidligere.

Ændrede rente og beskatningsforhold har medført, at indekslån ikke længere er så attraktive. Det er derfor forventeligt, at fremtidige biogasfællesanlæg vil blive finansieret med fast eller variabelt forrentede obligationslån. De variabelt forrentede lån, rentetilpasningslån, udnytter det forhold, at den korte rente er lavere end den såkaldt lange rente. Derfor vil et tilpasningslån normalt have den laveste rente på optagelsestidspunktet. Rentetilpasningen sker med et vist interval i lånets løbetid. Det vil derfor på sigt vise sig, hvilket lånealternativ der var det gunstigste.

En betydelig del af kreditforeningernes nyudlån sker som tilpasningslån. Det vurderes derfor som meget sandsynligt, at tilpasningslån vil udgøre en betydelig del af finansieringen på nye biogasfællesanlæg.

I ovenstående selskabsøkonomiske beregninger er der anvendt en kalkulationsrente på 8 pct. Økonomien i Dagens anlæg kan se anderledes ud, såfremt der i virkeligheden kan lånefinansieres til en lavere rente. Typisk vil finansieringen bestå af flere elementer med forskellig forrentning, der afhænger af finansieringskilden, herunder omfanget af indskudskapital, finansiering af køretøjer, behovet for driftskapital samt muligheden for investeringstilskud.

I nedenstående tabel 8.1 illustreres hvilken betydning renteniveauet i anlægsfinansieringen har for de årlig låneydelser og dermed anlæggets rentabilitet. Der vises tal for år 1-5 ved 300 tons anlægget.

De gennemsnitlige årlige låneydelser er beregnet som svarende til ydelser på et 20 årigt annuitetslån ved hhv. 8, 6 og 4 pct. p.a., svarende til den gennemsnitlige forrentning af den lånte kapital.

Tabel 8.1. Betydning af forskellig lånerente. 300 m^3 anlæg (A1)

1.000 kr. pr. år.		År 1	År 2	År 3	År 4	År5	Årligt overskud i gennemsnit
Løbende indtjening (Driftsindtægter-driftsudgifter)		4.493	4.554	4.616	4.678	4.741	
Reinvesteringer biler		0	0	0	0	1.584	
Reinvesteringer anlæg		62	0	162	0	464	
Låneydelser v.	8 pct. p.a.	4.520	4.520	4.520	4.520	4.520	
Låneydelser v.	6 pct. p.a.	3.869	3.869	3.869	3.869	3.869	
Låneydelser v.	4 pct. p.a.	3.265	3.265	3.265	3.265	3.265	
Likviditet v.	8 pct. p.a.	-89	34	-66	158	-1.867	-239
Likviditet v.	6 pct. p.a.	562	685	585	809	-1.176	430
Likviditet v.	4 pct. p.a.	1.156	1.289	1.189	1.413	-572	1.058

Af tabellen kan udledes, at forskellen på 4 og 8 pct. p.a. svarer til en forskel i de årlige ydelser på godt 1,2 mio. kr.

Hvor det beregnede gennemsnitlige årlige resultat (længst til højre) er negativt ved 8 pct. p.a. (300 m^3 anlæg A1), er resultatet positivt, hvis renten i stedet er 6 pct. For hvert procentpoint renten reduceres, stiger det årlige overskud med ca. 300.000 kr.

I Tabel 8.2 vises en beregning af den rente, der netop medfører økonomisk balance i de tre anlægsstørrelser (den interne rente).

Tabel 8.2. Intern rente

	Anlægsstørrelse		
Intern rente pct. p.a.	300 m^3/dag	550 m^3/dag	800 m^3/dag
Scenarie A	7,3	12,78	15,65
Scenarie B		6,71	6,71

Tabel 8.2 viser, at 300 m^3 anlægget (A1) vil opnå økonomisk balance ved en rente, der ligger 0,7 pct. p.a. under den anvendte kalkulationsrente. I scenarie B opnår både 550 og 800 m^3 anlæggene (B2 og B3) økonomisk balance ved 6,71 pct., hvilket er knap 1,3 pct. lavere end den anvendte kalkulationsrente på 8 pct. p.a. I scenarie C, hvor der er underskud, vil den interne rente være negativ

9. Behandlingsgebyr for gylle

Tidligere analyser har vist, at de deltagende landmænd opnåede afledte økonomiske gevinster ved deltagelse i biogasfællesanlæggene på i gennemsnit 5 kr. pr. m^3 leveret til anlægget i form af omkostningsbesparelser. Gevinsten for den enkelte landmand varierer betydeligt og afhænger af de individuelle forudsætninger.

Tabel 9.1 viser, hvordan økonomien for 800 m^3 anlægget i scenarie C påvirkes, hvis de deltagende landmænd betaler hhv. 0, 5 og 10 kr. pr. m^3 leveret til anlægget som kompensation for de afledte fordele de opnår som følge af deltagelsen. Endelig er det beregnet ved hvilket behandlingsgebyr økonomien netop vil balancere.

Tabel 9.1. Effekt af behandlingsgebyr for gylle. 800 m^3 anlæg (C3)

Behandlingsgebyr	0 kr./m^3	5 kr./m^3	10 kr./m^3	14 kr./m^3
Årligt underskud, 1.000 kr.	4.744	2.990	1.237	0

Der vil fortsat være underskud ved C3 anlægget selvom der betales hhv. 5 og 10 kr. pr. m^3 i behandlingsgebyr. Balancepunktet findes ved 14 kr. Dette vurderes under normale forhold som gennemsnit at være noget mere end landmændene opnår i afled-

te omkostningsbesparelser. Især fordi, der ikke tilføres affald til C3 anlægget, hvorved der ikke i samme omfang er ekstra næringsstoffer til rådighed for de landmænd, der evt. ville kunne udnytte dette. For at retfærdiggøre et behandlingsgebyr på 14 kr. pr. m^3 skal der mere til, eksempelvis en separering af gyllen, hvorved landmændene muligvis opnår transportbesparelser i en størrelsesorden, der er interessant. Endelig kan en større fleksibilitet i forbindelse med produktionsudvidelser, herunder lavere krav til harmoniareal, give nogle nye muligheder, der øger landmændenes fordele.

10. Animalske biprodukter – en mulig ressource for biogasfællesanlæggene?

Nye regler kan gøre det muligt at anvende visse animalske biprodukter i biogasfællesanlæg. Der er tale om typer af affald, der tidligere er forarbejdet til kød og benmel, og anvendt som foder. En del af dette affald skal afsættes på anden vis i fremtiden. En mulighed, der undersøges, er afsætning af fraktioner af såkaldt kategori 2 og 3 materiale via biogasfællesanlæg efter forudgående sanitær behandling. Mængden, der kan tilføres, vil afhænge af, hvilke fraktioner der bliver tale om. Mest sandsynligt vil der blive tale om Kategori 2 affald (selvdøde svin) og Kategori 3 affald, proteinfraktion og blod fra svin og fjerkræ. I så fald kan der blive tale om en affaldsmængde i størrelsesorden 100.000 tons pr. år [5]. Det forventes, at affaldet leveres i form af pulp.

Biogasanlæggenes interesse i modtagelse af affaldet er i sagens natur muligheden for at udvinde energiindholdet i form af biogas. Potentialet herfor er igen afhængigt af hvilke fraktioner, der modtages. Destruktionsanstaltningerne vil formentlig kunne udskille en fedtfraktion med henblik på salg, hvorefter det primært vil være proteinstoffer, der et til rådighed for biogasproduktion.

Der er tale om et relativt koncentreret affald, der kan give anledning til procesmæssige problemer, især kan et højt N indhold medføre hæmning af processen. Øget N-indhold i det afgassede materiale vil også medføre, at anlæggene efterfølgende skal finde et øget harmoniareal for afsætning af afgasset gylle. Det vil være problematisk, idet nye anlæg forventes placeret i husdyrtætte områder, hvor ledig harmoniareal i forvejen er en knap ressource.

Et højt P indhold i visse af fraktionerne kan ligeledes vise sig at udgøre et problem, såfremt det giver anledning til arealmæssige bindinger mht. anvendelse af det afgassede produkt. P indholdet stammer fra dyreknogler. Det kan derfor vise sig nødven-

digt, at begrænse mængden af fraktioner med indhold af tørstof fra knogler. De øgede næringsstofmængder vil således medføre et øget fordelingsbehov, som kan løses ved øget transport, men som også er et incitament for at indføre teknologi til separation af det afgassede materiale.

Modtagelse af større mængder animalske biprodukter på de eksisterende anlæg vil kræve, at der fortrænges andet organisk affald, som hidtil er anvendt i biogasanlæg. Det vil formentlig generelt forhøje prisen for modtagelse af affald på anlæggene. Men hvis mængder af animalske biprodukter, af en størrelsesorden som skitseret ovenfor skal recirkuleres via biogasfællesanlæg, vil der være behov for et betydeligt antal nye anlæg. Man kunne vende spørgsmålet om og spørge, hvor mange anlæg vil der være behov for, såfremt den nødvendige affaldstilførsel udelukkende baseres på animalske biprodukter?

Analyser i tidligere kapitler har vist, at økonomien i Dagens Anlæg balancerer ved gennemsnitlige gasudbytter på ca. 30 m^3/m^3 ved store anlæg. Hvis gasudbyttet i de animalske biprodukter der leveres til biogasanlæggene fx er på 200 m^3/m^3, vil en tilførsel på 5 pct. af den totale biomassemængde værre tilstrækkeligt til at opnå dette niveau for gasproduktionen. Hvis der er fx 100.000 tons animalske biprodukter til rådighed for biogasproduktion i Danmark, på årsbasis, med et gaspotentiale i denne størrelsesorden, vil der være basis for behandling af en samlet gyllemængde på 1,9 mio. m^3 om året. (de 20 eksisterende anlæg behandler i alt ca. 1 mio. m^3 pr. år). Afhængigt af, hvor stor behandlingskapacitet anlæggene i gennemsnit vil få, vil 100.000 m^3 animalske biprodukter kunne udgøre det økonomiske fundament for fx 10 nye biogasfællesanlæg med en daglig behandlingskapacitet på 550 m^3, eller flere, hvis kapaciteten er mindre.

11. Anlæg der alene udrådner gylle

Der er gennemført analyser for et meget stort anlæg, der kun tilføres gylle. Resultaterne viser, at gasudbyttet i gylle, med de anvendte forudsætninger, er alt for lavt til, at et sådant anlæg bliver økonomisk rentabelt. Sammenligningen med de andre scenarier er imidlertid ikke helt rimelig, idet det er spørgsmålet, om ikke der ville blive etableret et noget mindre kompliceret anlæg, hvis formålet alene var at udrådne gylle. Fx er det tvivlsomt om anlægget i givet fald ville blive udstyret med hygiejniseringstrin, og bl.a. gassystemet kunne dimensioneres mindre. Det er ikke analyseret, om det på denne måde kan lade sig gøre at etablere et rentabelt anlæg, der alene ud-

rådner gylle. Det vurderes imidlertid at være tvivlsomt, da det af beregningerne i denne rapport kan udledes, at prisen på 800 m^3 anlægget skal reduceres med knap 60 pct. for, at der opnås økonomisk rentabilitet ved udrådning af gylle alene.

12. Potentialer for videre udvikling

Lavere anlægsomkostninger: De senere års udvikling på gårdbiogasområdet har anvist nye måder at bygge biogasanlæg, som muligvis kan overføres til fællesanlægsområdet, og dermed kan der måske i fremtiden etableres billigere anlæg. Der tænkes på anlæg, hvor der anvendes standard betontanke med membranoverdækning, som det kendes fra landbruget. Hvordan ændrede anlægskoncepter kan påvirke de samlede omkostninger kan først eftervises, når det har været prøvet i praksis.

Lavere transportomkostninger: Flere af de eksisterende anlæg er blevet opmærksomme på det beparelsespotentiale, der ligger i at forøge transportmateriellets kapacitet. Tidligere anvendtes næsten udelukkende køretøjer med en læsstørrelse på 20 m^3, men på det seneste har flere anlæg anskaffet sig vogntog med en læsstørrelse på 30 m^3 Ved Dagens anlæg er den største kategori af køretøjer anvendt i beregningerne, men de praktiske erfaringer er endnu sparsomme

Rørbunden transport af gylle: En anden måde at søge transportomkostningerne reduceret kunne være at pumpe gyllen i nedgravede rør. Et anlæg har etableret et rørsystem til transport af en delmængde, og erfaringerne hermed er ifølge det oplyste udmærkede. Foreløbige beregninger tyder på, at der skal transporteres ret store mængder gennem en given rørledning for at det kan konkurrere med landevejstransport. Men der kan konstateres en vis interesse for emnet blandt projekter under planlægning.

Separering før transport til anlægget: Normalt findes der tørstofindhold i dansk gylle mellem 2 og 8 pct. TS. Dvs. at mindst 90 pct. af den transporterede mængde er vand. Derfor har det altid været et ønske, på en eller anden måde, at kunne reducere vandindholdet i gyllen. Der har mange steder været gennemført kampagner for at reducere vandspildet i staldene. Men kun de mest motiverede landmænd indretter staldinventar og fodringssystem efter biogasanlæggets behov for gylle med højt tørstofindhold. På det seneste er der imidlertid fremkommet systemer, der tilsyneladende kan separere gyllen før levering til biogasanlægget, på en måde, så langt hovedparten af det organiske materiale, der jo er interessant i gasproduktionsmæssig henseende, samles i én fraktion. Hvis sådanne systemer blev installeret fx hos nogle store svine-

producenter, kunne biogasanlægget muligvis reducere transportomkostningerne og samtidig øge gasudbyttet. Perspektivet heri er, at afhængigheden af organisk affald mindskes, og muligheden for at etablere, et større antal anlæg, hvor energiproduktionen i højere grad baseres på gylle øges betragteligt.

Separering efter behandling i anlægget: Der er for øjeblikket betydelig interesse for systemer til separering af gylle. Hvis det viser sig, at separationssystemerne kan indfri forventningerne mht. miljøforbedringer i forbindelse med håndtering og anvendelse af husdyrgødningen, og der samtidig er tilstrækkelige økonomiske incitamenter for landmændene, vil det være nærliggende at sammentænke separationteknologier med biogasfællesanlæg, som derved tildeles en ny rolle, som problemløser mht. landbrugets næringsstofproblematik.

13. Konklusion

Beregningerne i scenarie A viser, at der er betydelig skalaeffekt både mht. driftsudgifter og kapitalomkostninger, ved stigende anlægsstørrelse, når det drejer sig om selve biogasanlægget. For transportomkostningerne gælder det, at skalaeffekten er svagt negativ, fordi transportafstanden i sagens natur øges ved stigende anlægsstørrelse.

Forudsætningerne om en affaldsandel på 20 pct. og gennemsnitligt gasudbytte på ca. 33 m^3/ m^3 svarer til, hvad mange større biogasfællesanlæg præsterer i dag.

Beregningerne viser, at den mindste anlægskategori (A1) netop ikke er rentabel ved disse forudsætninger, hvorimod de to største anlægskategorier vil være rentable. En mindre ændring af enkelte forudsætninger, fx gasudbytte, tilskud eller rente ville også medføre rentabilitet for det mindste

Resultaterne viser, at de to største anlægskategorier (A2 og A3)med de anvendte forudsætninger kan klare sig med lavere affaldsandele, men ikke helt så lavt, som de er sat i scenarie B (B2 og B3). Og helt uden affald, som er forudsætningen ved anlæg C3, kan der ikke opnås rentabilitet. Følsomhedsberegningerne viser, at 550 tons anlægget kan klare sig med 13 pct. affald, og 800 tons anlægget med 9 pct. i scenarie B og C.

Det er vanskeligt at forudsige, hvordan forsyningen vil være med affald i fremtiden. Stigende konkurrence som følge af flere anlæg i Danmark og i udlandet kunne gøre

det vanskeligt at opnå de samme mængder som hidtil. Omvendt kan der åbne sig nye muligheder i form af store mængder animalsk affald fra bl.a. destruktionsanstalter.

Eventuel manglende affald kan imidlertid kompenseres ved fx anlægstilskud. Det er beregnet, at de to største anlægskategorier i scenarie B med reduceret affaldsmængde kan opnå rentabel drift ved et anlægstilskud på 10 pct. I scenarie C, hvor økonomien alene baseres på udrådning af gylle, skal anlægstilskuddet være 59 pct. for, at anlægget kan opnå økonomisk balance.

Der er anvendt en kalkulationsrente på 8 pct. p.a., som udtryk for en gennemsnitlig lånerente, idet anlæggene som hidtil forventes overvejende at blive lånefinansieret. Det vurderes, at der i betydeligt omfang vil blive anvendt rentetilpasningslån. Hidtil er biogasfællesanlæg overvejende finansieret med indekslån. I forhold til disse vil ydelserne på rentetilpasningslån i de første år være højere, og dermed er kravene til anlæggenes likviditetsoverskud i de første år alt andet lige højere end tidligere. Bortset fra ændringer i forbindelse med rentekorrektioner er ydelserne konstante beløb i løbende kr. hvorved der på sigt opnås en inflationsbetinget lettelse. Dette er dog under forudsætning af uændret renteniveau, idet rentetilpasningslån netop rummer risikoen for senere rentestigninger, hvorved likviditeten sættes yderligere under pres. Der er naturligvis fortsat mulighed for at optage traditionelle fast forrentede obligationslån, hvor renterisikoen er elimineret, men hvor renten som udgangspunkt er højere, fordi den er baseret på den ”lange” rente.

Følsomhedsberegningerne, der er gennemført for 300 tons anlægget ved finansiering ved hhv. 8, 6 og 4 pct. p.a. viser, at det årlige overskud forøges i størrelsesorden 300.000 for hvert procentpoint renten reduceres.

Endelig er der foretaget en række beregninger af, ved hvilken rente anlæggene i de enkelte scenarier netop opnår økonomisk balance. I scenarie A er balancepunktet for den mindste anlægskategori 7,3 pct. Ved de to største kategorier er balancepunktet højere, idet de er rentable ved kalkulationsrenten på 8 pct. p.a. I Scenarie B er balancepunktet 6,71 pct. p.a.. I scenarie C, hvor der alene er gennemført beregninger for 800 tons anlægget er balancepunktet under nul svarende til, at anlægget ikke kan forrentes og afskrives selv om renten er nul.

Det vil være et alvorligt slag for kommende biogasfællesanlæg, hvis eltilskuddet/værdien af VE-beviserne reduceres efter 10 år, som der er lagt op til i elreformen.

14. Perspektivering

Resultaterne viser, at nye store anlæg, med de anvendte forudsætninger, vil kunne klare sig med lavere anlægstilskud, med en lavere affaldsandel, og dermed lavere gasudbytte, end flertallet af eksisterende fællesanlæg. Helt uden affald vil det imidlertid være særdeles vanskeligt, idet der skal kompenseres med betydelige anlægstilskud for at anlægget i givet fald kan opnå økonomisk balance.

Der er betydelig usikkerhed om den fremtidige forsyning med organisk affald. Øget konkurrence kan som nævnt reducere de mængder, der er til rådighed, men det er også muligt, at visse typer animalsk affald fra destruktionsanstalter på sigt kan tilføres biogasfællesanlæg. Hvis dette realiseres, vil der være tale om en meget betydelig ressource for produktion af biogas.

Forsyningen med affald må under alle omstændigheder tages i betragtning ved etablering af nye biogasfællesanlæg, eftersom det resulterende gasudbytte fortsat er en afgørende faktor for økonomisk rentabilitet i anlæggene. Ganske små forskydninger i det gennemsnitlige gasudbytte kan ændre balancen i anlæggets økonomi. Ved etablering af nye anlæg må der derfor skabes sikkerhed for det biomassegrundlag, der er nødvendigt for at opnå den nødvendige gasproduktion.

Det er vigtigt, at der ved anlægsplacering og indretning fokuseres på en optimering for at opnå rationel drift og lave driftsomkostninger. Gennemprøvede koncepter og tekniske løsninger må foretrækkes, ligesom de nyeste erfaringer som fx anvendelse af transportudstyr med stor kapacitet må overvejes.

Det er afgørende for en fortsat udbygning med biogasfællesanlæg, at der skabes langsigtet sikkerhed for en afregningspris for energi, der ikke adskiller sig væsentligt for de vilkår, der gælder for eksisterende anlæg.

Der er peget på en række udviklingspotentialer, som vurderes i fremtiden at kunne bidrage til en generel reduktion af omkostningerne, og en tiltrængt mindskelse af afhængigheden af organisk affald.

Landmændenes motivering er fortsat vigtig mht. at opnå høj grad af tilslutning til anlægget, men også for at tage et medansvar for anlæggets drift og økonomi, fx ved at tilstræbe leverancer af gylle med højt tørstofindhold etc.

Tidligere var landmændenes interesse i biogasfællesanlæg centreret omkring fordelene ved de fælles, decentrale lagertanke, og den formidling af afgasset gylle, der blev foretaget som led i driften af biogasfællesanlægget. Senere, da lagerkapaciteten i landbruget generelt var udbygget, kølnedes interessen, og udbygningen med anlæg gik næsten i stå. Den senere tids genfundne interesse for biogasfællesanlægsprojekter, er til en vis grad båret af interessen for efterbehandling/separering af det afgassede produkt. Derved kan biogasfællesanlægskonceptet komme til at spille en ny rolle ved at bidrage til løsningen af landbrugets miljøproblemer, når det drejer sig om håndtering og anvendelse af husdyrgødning.

Referencer

[1] Egne skøn og beregninger baseret på erfaringstal og regnskabsoplysninger indhentet via opfølgningsprogrammet.

[2] Tekniske forudsætninger for ”Dagens anlæg”, rapportens appendiks A.

[3] Elpriser ifølge Eltra, 3. kvartal 2001.

[4] Gaspris opnået hos Thorsø Miljø- og Biogasanlæg, juni 2001. Prisen er relateret til naturgasprisen til kraft-varmeproduktion.

[5] Personlig korrespondance med miljøchef Kjær Andreasen, DAKA.

Bilag 1. Regnearksmodel

Anlægsstørrelse	300 m^3 pr. dag											
Beløb i 1.000 kr. Løbende priser År	Stign. pct. p.a.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Grundpris el	2,5		0,398	0,408	0,418	0,429	0,439	0,45	0,462	0,473	0,485	0,497
Tilskud/VE-bevis	0		0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Salg af gas	2		5.867	5.985	6.104	6.226	6.351	6.478	6.607	6.740	6.874	7.012
Salg af el			922	935	949	964	979	994	1.009	1.025	1.042	1.058
Salg af varme	2,5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Modtagegebyr	2,5		1.095	1.122	1.150	1.179	1.209	1.239	1.270	1.302	1.334	1.368
Motorbrændstof	2,5		-252	-258	-265	-271	-278	-285	-292	-299	-307	-315
Rep. og vedl. køret.	2,5		-438	-449	-460	-472	-483	-496	-508	-521	-534	-547
Vægtafg./forsikring	2,5		-44	-45	-46	-47	-48	-50	-51	-52	-53	-55
Chaufførlønninger	3,5		-493	-510	-528	-546	-565	-585	-606	-627	-649	-672
Procesel	2,5		-300	-308	-315	-323	-331	-339	-348	-357	-366	-375
Procesvarme	2,5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Forbrugsstoffer	2,5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rep. og vedl. anlæg	2,5		-492	-504	-517	-529	-543	-556	-570	-584	-599	-614
Fj. af sand	2,5		-27	-28	-29	-29	-30	-50	-51	-52	-53	-55
Kørsel	2,5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Forsikr. anl./pers.	2,5		-134	-137	-140	-144	-147	-151	-155	-159	-163	-167
Øvrige eksterne	2,5		-201	-207	-212	-217	-222	-228	-234	-239	-245	-252
Driftspersonale	3,5		-742	-768	-795	-823	-852	-882	-913	-945	-978	-1.012
Lokale og salgsudg.	2,5		-71	-73	-75	-77	-79	-81	-83	-85	-87	-89
Administration	2,5		-197	-202	-207	-212	-218	-223	-229	-234	-240	-246
Løbende indtjening			4.493	4.554	4.616	4.678	4.741	4.804	4.868	4.932	4.997	5.062
Reinv. biler	2,5	3.200	0	0	0	0	1.584	0	0	0	0	4.096
Reinv. anlæg	2,5	41.177	62	0	162	0	464	0	571	0	225	0
Likviditet		-44.377	4.431	4.554	4.454	4.678	2.693	4.804	4.297	4.932	4.772	965
Nuværdi		-239.000										

Anlægsstørrelse	300 m^3 pr. dag									
Beløb i 1.000 kr. Løbende priser År	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Grundpris el	0,509	0,522	0,535	0,549	0,562	0,576	0,591	0,606	0,621	0,636
Tilskud/VE-bevis	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Salg af gas	7.152	7.295	7.441	7.590	7.742	7.896	8.054	8.216	8.380	8.547
Salg af el	1.075	1.093	1.111	1.129	1.148	1.168	1.188	1.208	1.229	1.250
Salg af varme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Modtagegebyr	1.402	1.437	1.473	1.509	1.547	1.586	1.626	1.666	1.708	1.751
Motorbrændstof	-322	-330	-339	-347	-356	-365	-374	-383	-393	-403
Rep. og vedl. køret.	-561	-575	-589	-604	-619	-634	-650	-666	-683	-700
Vægtafg./forsikring	-56	-57	-59	-60	-62	-63	-65	-67	-68	-70
Chaufførlønninger	-695	-719	-745	-771	-798	-826	-854	-884	-915	-947
Procesel	-384	-394	-404	-414	-424	-435	-445	-457	-468	-480
Procesvarme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Forbrugsstoffer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rep. og vedl. anlæg	-629	-645	-661	-678	-695	-712	-730	-748	-767	-786
Fj. af sand	-35	-36	-37	-38	-39	-40	-41	-42	-43	-44
Kørsel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Forsikr. anl./pers.	-171	-175	-180	-184	-189	-193	-198	-203	-208	-214
Øvrige eksterne	-258	-264	-271	-278	-285	-292	-299	-307	-314	-322
Driftspersonale	-1.047	-1.084	-1.122	-1.161	-1.202	-1.244	-1.287	-1.332	-1.379	-1.427
Lokale og salgsudg.	-91	-93	-96	-98	-101	-103	-106	-108	-111	-114
Administration	-252	-259	-265	-272	-278	-285	-293	-300	-307	-315
Løbende indtjening	5.127	5.193	5.259	5.325	5.391	5.458	5.525	5.592	5.660	5.727
Reinv. biler	0	0	0	0	2.028	0	0	0	0	0
Reinv. anlæg	3.170	0	510	0	695	0	350	0	240	0
Likviditet	1.957	5.193	4.749	5.325	2.669	5.458	5.175	5.592	5.420	5.727

Summary

Socio-economic Analysis of Centralised Biogas Plants

L. H. Nielsen & K. Hjort-Gregersen *
Risø National Laboratory, Frederiksborgvej 399, box 49,
DK- 4000 Roskilde, Denmark.
Tel.+45 4677 5110, Fax +45 4677 5199, E-mail: l.h.nielsen@risoe.dk
*Danish Research Institute of Food Economics, c/o University of South Denmark,
Niels Bohrsvej 9, DK-6700 Esbjerg, Denmark.
Tel.+45 6550 4167, Fax +45 6550 1091, E-mail: khg@bio.sdu.dk

ABSTRACT: The development of biogas technology in Denmark has been widely encouraged by the government over the last 15 years. The overall reasons for the government concern has been the increasing awareness that centralised biogas plants make a significant contribution to solve a range of problems in the fields of energy, agriculture and environment. This has been documented through related monitoring and R & D activities. To achieve a satisfactory evaluation of centralised biogas plants, a thorough socio – economic analysis is required. Such investigation has been accomplished, and the results are presented in this summary.

1. Introduction

The work had three main objectives. Firstly, to establish a base of analysis corresponding to new centralised biogas plants under favourable conditions and equipped with best-known technology. Secondly, to carry out corporate economic analysis based on this, and thirdly, to carry out a comprehensive socio-economic analysis where as many derived effects, positive as well as negative, were quantified.

A centralised biogas plant is an installation that receives animal manure from a number of farmers and organic waste from food processing industries for anaerobic treatment. From the anaerobic digestion process biogas emerges, which is converted into heat and power.

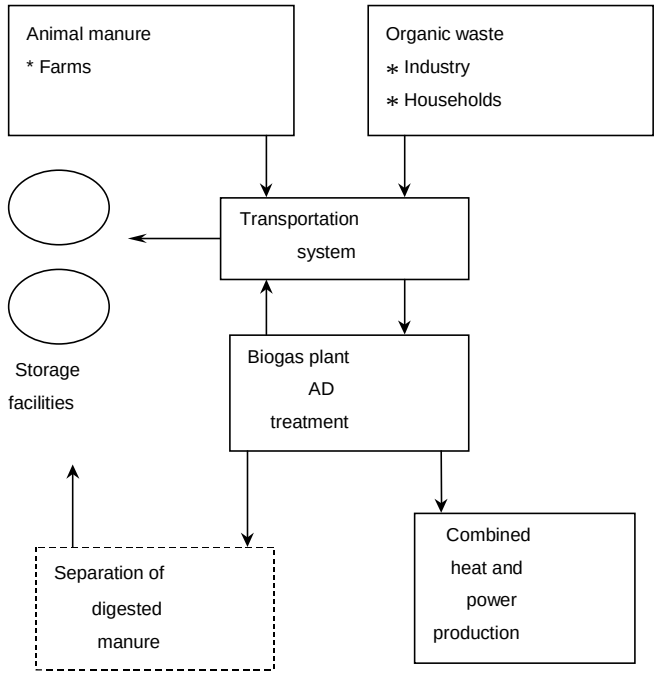
The digested biomass is returned into storage tanks at the farms or near the fields where it is finally utilised as a fertiliser.

Most Danish plants are cooperatives owned by farmers or farmers and heat consumers.

In normal situations farmers neither pay nor withdraw profits from the biogas companies. But they benefit from cost savings in manure handling and fertiliser purchase as a derived effect from the operation of the plants.

Gate fees from the receipt of organic waste and energy sales serve to cover costs in manure transportation and plant operation. Biogas plants in Denmark benefit from tax exemption on heat sale and an electricity production grant of 0.27 DKK/kWh, which is anticipated as crucial to economic feasibility under Danish conditions. Figure 1. shows the structure of the centralised biogas plant concept.

Figure 1. Centralised biogas plant concept



2. Corporate economic analysis

The main focus has been on clarifying possible economy of scale and to identify break-even points for a number of key parameters.

The analysis included three plant sizes with per day treatment capacities of 300, 550 and 800 m^3 biomass. In Table 2.1 investment and production costs are presented for the mentioned plant categories. Figures are presented per m^3 biomass treated per year.

Table 2.1. Investment and production costs

Per day treatment capacity, m^3	300	550	800
Investment costs DKK per m^3 biomass treated per year	405	325	272
Production costs			
-Transport	16	16	18
-Biogas plant	53	41	35
DKK per m^3 biomass treated per year	69	57	53

It appears from Table 2.1 that considerable economy of scale was found in investment costs and in production costs in the biogas plant itself. In transportation costs, the effect was found to be slightly negative, as transportation distances increase, when the amount of biomass treated is expanded.

All existing centralised biogas plants in Denmark receive industrial organic waste in order to increase biogas production. It is generally accepted that the admixture of waste is crucial to economic feasibility of the plants. Table 2.2 shows the break-even points of waste admixture and biogas yield based on Danish conditions.

Key preconditions for the calculations

Gas yield from organic waste:	75 m^3 biogas per m^3 waste
Slurry	22 m^3 biogas per m^3 slurry
Biogas sales price	2 DKK per m^3 biogas (0,27 €)
Investment grants	0 %

Table 2.2. Break-even levels of waste admixture and biogas yields			
Per day treatment capacity, m^3	300	550	800
Break even level of waste admixture, %	21	13	10
Break even biogas yield, m^3 biogas / m^3 biomass	34	27	25

The variation in the break even level of waste admixture and biogas yield level reflect the above-mentioned economy of scale. The table also shows that a plant based solely on manure will not be economically feasible under Danish conditions, as the level of biogas production will not correspond to the costs of running the plant.

2.1. Corporate Economic Conclusions

Centralised Biogas plants are economically feasible under Danish preconditions without investment grants if gas yields of 25-34 m^3 biogas per m^3 biomass treated are obtained. These levels can normally be achieved by waste admixing rates of 10-21 % of total biomass amount treated. The specific waste ratio required depends on the treatment capacity of the plant, as considerable economy of scale has been found. The analysis has not given evidence that biogas production based solely on liquid manure is economically feasible under Danish preconditions. Calculations indicate that a treatment fee of 14 DKK/m^3 manure would balance economy, if paid by the farmers, and no organic waste was supplied.

3. Socio – economic analysis

As mentioned Danish Plants benefit from tax exemption and production grants. In the socio economic analysis this must be excluded. That explains why one plant scenario may be feasible in the corporate economic analysis, and not feasible in the socio-economic analysis. Conventional economic analyses and corporate investment analyses of projects do not take into proper account so-called externalities. Externalities or external effects do neither imply expense nor income elements for the corporate or private investor. However, externalities are important economic effects seen from a welfare-economic point of view, and in socio-economic analyses, since these derived costs or benefits will accrue to some members of the society.

The socio economic analysis looks at the project or activity in question from the point of view of the society in its entirety. A project may inflict burdens or contribute gains

for the society e.g. concerning employment, pollution of the environment etc. relative to the reference activity or a 'business as usual' situation, which must be taken into account when evaluating a project from the point of view of the society. Many actors and sectors in the economy may be influenced from the project. Including such consequences in the welfare economic analysis is important.

Biogas projects have implications not only in the agricultural sector, but in the industrial and energy sectors as well, and among the environmental consequences, mitigation of pollution, green house gas (GHG) emission reduction and reduced eutrophication of ground water etc. are important external effects.

3.1. Approach

The present socio-economic analysis is carried out at different levels, where the levels in succession take into account still further of the external effects related to the biogas scheme. Four levels have been chosen for the analysis. Termed Result 0,1,2,3 these differ according to which socio-economic elements and externalities that are included in the analysis:

Analyses at higher levels include all effects from lower levels. This hierarchy is shown in table 3.1 below.

Table 3.1. Socio-economic aspects included split on levels (termed Result 0,1,2,3) of the analysis

Socio-economic analysis of biogas plants Level of analysis	Res. 0	Res. 1	Res. 2	Res. 3
Aspects included:				
Energy and resources:				
Value of energy production (Biogas, electricity)	R0	R0	R0	R0
Capacity savings related to the natural gas grid	R0	R0	R0	R0
Environment				
Value of GHG reduction (CO^2, CH_4, N^2O-reduction)			R2	R2
Savings related to organic Waste treatment		R1	R1	R1
Value of reduced N-eutrophication of ground water			R2	R2
Agriculture				
Storage, handling and distribution of liquid manure		R1	R1	R1
Value of improved fertiliser value		R1	R1	R1
Value of reduced obnoxious smells				R3
Investments and O&M-costs				
Investments. Biogas Plants	R0	R0	R0	R0
O & M of Biogas Plants, incl. CHP units for process heat	R0	R0	R0	R0
Investments and O & M for liquid manure transport	R0	R0	R0	R0

O& M = Operation and maintenance.

As seen from table 3.1 “Result 0” do not include externalities in the socio-economic analysis, and benefits concern the energy production from the plant only. Analyses at the higher levels, however, take externalities into account, and further cost and benefit elements enter the analysis. Thus, the socio-economic levels of analysis are characterised by:

- *Result 0*: Energy production (biogas and electricity) from biogas plants. Externalities are not included.
- *Result 1*: Benefits in agriculture and industry are added to the analysis.
- *Result 2*: Environmental externalities concerning GHG emission (CO_2, CH_4, N_2O-emission) and N-eutrophication of ground water are furthermore included.
- *Result 3*: A monetised value of reduced obnoxious smells from digested biomass is moreover included in the socio-economic analysis.

The aspects included in table 3.1 are quantified for the analysis. Considerable effort has been put into the assessment of the biogas scheme externalities. However, important further external effects have not been quantified and monetised for the analysis due to lack of data. Among such aspects can be mentioned:

- Increased flexibility in agriculture and options for extending production at farms associated to biogas plants.
- Effect for the security of energy supplies.
- Veterinary aspects are not well documented.
- Employment effects and effects for the trades and industries.

3.2. Monetised externalities

Expressed in specific units (DKK/ton of biomass) monetised externalities included in the analysis are shown in table 3.2. The results shown apply for the biogas plant outlined for a treatment capacity of 550 ton/day.

Table 3.2. Monetised externalities	
Monetised externalities: Socio-economic value per ton biomass	Biogas plant size: 550 ton/day (20% waste)
Agriculture	***Monetised***
Storage, handling and distribution on liquid manure.	
Storage savings for liquid manure	1.00 DKK/ton liquid manure
Transport savings in agriculture	0.50 DKK/ton liquid manure
Value of improved fertiliser value	5.41 DKK/ton treated
Value of reduced obnoxious smells	5.00 DKK/ton liquid manure
Industry	
Savings related to organic waste treatment	125 DKK/ton org. waste
Environment	
Value of GHG reduction (CO_2 , CH_4, N_2O-reduction)	22.38 DKK/ton treated
Value of reduced N-eutrophication of ground water:	2.92 DKK/ton treated
Liquid manure	2.77 DKK/ton liquid manure
Org. waste spread on farm land in reference case	12.19 DKK/ton org. waste
Org. waste not spread on farm land in reference case	-22.50 DKK/ton org. waste

A quantification for the 550 ton/day biogas plant of the monetised externalities is shown in table 3.3. The table shows the annual costs and benefits taken into account at the four levels of the socio-economic analysis. A socio-economic rate of calculation of 6% p.a. has been used, and the analysis covers the period 2001-2020. Values shown are in year 2000 price level. (1€ = 7.43 DKK).

It is seen in table 3.3 that the biogas scheme is not attractive under Result 0, where it has been assumed that benefits only concern energy production from the plant. Result 0 shows a socio-economic deficit of about 6.6 mio. DKK/year. However, taking into account agricultural benefits, and industry cost savings in waste disposal Result 1 shows socio-economic break-even. If the described environmental benefits (GHG emission reduction and reduced N-eutrophication of ground water) furthermore are included, result 2 shows a surplus of about 5.1 mio. DKK/year.

And including the value assumed for reduced obnoxious smells from liquid manure on fields relative to the reference the socio-economic surplus add up to about 5.8 mio. DKK/year. Thus from an extended socio-economic point of view, under Result 3 assumptions, the biogas scheme is highly attractive.

Table 3.3. Annual costs and benefits. Results based on biogas plant outlined for treatment of 550 ton per day

Socio-econonic results *Annual costs and benefits*	Biogas plants size: 550 ton/day (20 % waste)			
Costs (levellised annuity)	Res. 0	Res. 1	Res. 2	Res. 3
		Mio. DKK/year		
Investments:				
Biogas production/ biogas plant	5.409	5.409	5.409	5.409
Transport material	0.876	0.876	0.876	0.876
Operation and maintenance:				
Biogas production/biogas plant	4.521	4.521	4.521	4.521
Transport material	0.195	0.195	0.195	0.195
Total	**11.001**	**11.001**	**11.001**	**11.001**
Benefits (levellised annuity	Res. 0	Res. 1	Res.2	Res.3
Energy production:				
Biogas sales	3.910	3.910	3.910	3.910
Electricity sales	0.456	0.456	0.456	0.456
Agriculture:				
Storage, handling and distribution of liquid manure		0.241	0.241	0.241
Value of improved manurial value		1.379	1.379	1.379
Value of reduced obnoxious smells				0.723
Industry:				
Savings related to organic waste treatment		5.019	5.019	5.019
Environment:				
Value of GHG reduction (CO_2, CH_4, N_2O-reduction)			4.492	4.492
Value of reduced N-eutrophication of ground water:			0.586	0.586
Total	**4.366**	**11.004**	**16.083**	**16.806**
	Res. 0	Res. 1	Res. 2	Res.3
		Mio. DKK/year		
Difference as annuity:				
Benefits –costs	**-6.635**	**0.003**	**5.082**	**5.805**

3.3. GHG emission reduction costs

In the present analysis GHG emission reduction has been assigned the external value of 250 DKK/ ton CO_2 equivalent reduced (33.6 €/ton CO_2 equivalent). Such value has been used in a recent study by the Danish Energy Administration. A recent EC report[8] concerning CO_2 capture and sequestration mention as short term aim reduction costs below 30 €/ ton CO_2, and 20 €/ ton CO_2 as a long term aim.

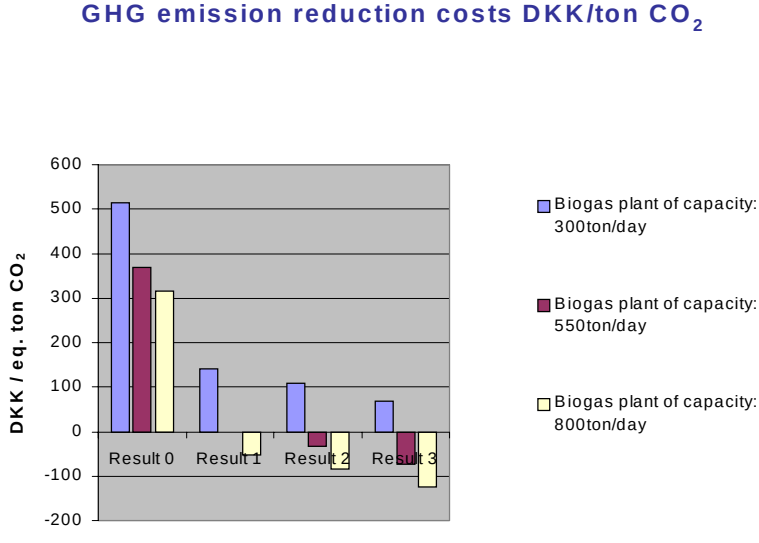
[8] European Commission: Future needs and challenges for Non-Nuclear Energy Research in the European Union. Discussion paper. February 2002.

Monetising the value of CO_2 reduction is very difficult and considerable uncertain. This is e.g. reflected by results from the very comprehensive EU-project, ExternE, that express the interval of 32-1173 DKK/ton CO_2 for the *damage costs* due to CO_2 emission. In the present socio-economic analysis, therefore, the CO_2 *reduction costs* achievable via utilising biogas plants are calculated for comparison.

The CO_2 reduction cost calculated and presented below for biogas schemes makes the alternative, the biogas scheme, break-even with the reference situation. Thus, if a calculated equivalent CO_2 reduction cost is below the former assumption of 250 DKK/ ton CO_2 equivalent reduced, the biogas project, of course, is attractive according to the previous assumptions. Results of the socio-economic analysis expressed by this key-number allow decision-makers to interpret results based on diverse CO_2 reduction cost aims.

To illustrate economy of scale concerning the size of plants, results of the socio-economic analysis of the biogas plants described in table 2.1 are shown in Figure 3.1.. The figure presents equivalent CO_2 reduction costs achievable via biogas plants with the treatment capacities 300, 550 and 800 ton biomass per day.

Figure 3.1. Socio-economic GHG reduction cost achievable from biogas plants outlined for treatment capacities of 300, 550 and 800 ton per day



From Figure 3.1 it is seen that GHG reduction costs based on Result 0 assumptions are in the order of magnitude of 400 DKK/ton CO_2 equivalent. The economy of scale shows gains for larger plants, indicating that the increased transport costs and transport fuel consumption for the larger plants are counterbalanced by the overall benefits.

All three plants become attractive based on Result 1 assumptions, due to GHG reduction costs below 250 DKK/ton CO_2 equivalent. Result 1, 2 and 3 show socio-economic GHG reduction costs below zero. Thus showing, that biogas projects may contribute important GHG reduction while concurrently generate considerable socio-economic gains.

3.4. Main conclusions

The main conclusions of the socio-economic analysis of centralised biogas plant are:

- Based on Result 0 assumptions, none of the plants are attractive. Thus, the socio-economic value of the energy production, covering a 20 year period, cannot justify the deployment of biogas plants.
- However, based on Result 1 assumptions, where agricultural benefits and benefits in industry concerning treatment of organic waste are included in the socio-economic analysis, this picture changes, and in particular larger plants are favourable for the society at large.
- If furthermore the benefits environmental externalities are taken into account (Results 2 and 3) the utilisation of biogas plants in the configurations considered becomes very attractive from the socio-economic point of view.

A further result is, that admixture of organic waste from industry is very important both for the corporate economy and for the socio-economic result. For the socio-economic result, admixture of organic waste contribute important combined benefits concerning e.g. increased production of biogas and energy sales, savings related to organic waste treatment, improved fertiliser value (NPK) and increased CO_2 reduction.

As mentioned already, a number of aspects relevant for the socio-economic analysis have not been included in the analysis, due to lack of data. These aspects would mainly contribute positive effects for the socio-economic analysis, however some negative veterinary effects may include socio-economic cost elements.

Appendiks A. Tekniske og økonomiske forudsætninger for ”Dagens Anlæg”

Tekniske og økonomiske forudsætninger for ”Dagens Anlæg”, baseret på eksisterende teknik samt erfaringer og resultater opnået på biogasfællesanlæg i Danmark

Peter Thygesen, Højme Teknik og Kurt Hjort-Gregersen, Fødevareøkonomisk Institut

Indholdsfortegnelse til Appendiks

1. Indledning 109
2. Metode 110
3. Opbygning af dagens anlæg 112
4. Eksempel på grundplan ”Dagens Anlæg” 116
5. Driftsomkostninger 118
6. Skalaeffekt driftsudgifter 122
7. Anlægsinvesteringer 126
8. Reinvesteringer 129

1. Indledning

Leverandørerne af biogasfællesanlæg har udviklet hver deres anlægskoncepter, som overordnet set omfatter de samme elementer, men som ved nærmere eftersyn alligevel viser sig at variere på væsentlige områder.

Der er to hovedtyper af anlæg:

- Termofile anlæg med et temperaturniveau, der basere sig på de danske ”termofile” hygiejniseringsregler (52-55°C).

- Mesofile anlæg der opererer ved to temperaturniveauer, enten udelukkende mesofil udrådning, eller mesofil udrådning suppleret med separat hygiejnisering (ca. 35^{0}C).

Der er ikke grundlag for generelt at fremhæve enkelte koncepter, idet de alle vurderes at være både teknisk og økonomisk duelige, når de rette forudsætninger er til stede. Det er således i højere grad den for håndenværende biomasse og dennes sammensætning, der er afgørende for økonomisk succes, end det er et spørgsmål om valg af koncept.

Det er valgt at tage udgangspunkt i et mesofilt anlæg med forhygiejnisering, fordi denne anlægstype er meget processtabil, har høj veterinær sikkerhed og kan afgasse alle typer biomasser. Valget er truffet for at fastlægge teknikken i modelanlægget ”Dagens Anlæg” og må ikke tolkes som en diskvalifikation af andre anlægskoncepter.

Det valgte anlægskoncept vil kunne imødekomme de nye krav, der bliver gældende fra medio 2003, som følge af den såkaldte Biproduktforordning, der regulerer anvendelsen af affald af animalsk oprindelse. Der vil være forskellige krav til forskellige typer af affald, idet nogle typer vil skulle tryksteriliseres. For de mest gængse typer vil der være krav om hygiejnisering, dvs. opvarmning til 70° C i 1 time. Der er i princippet ikke krav om hygiejnisering af gylle og mave-tarmindhold, men når det blandes med affald af animalsk oprindelse skal den afgassede biomasse overholde visse mikrobiologiske normer, hvilket i praksis vil betyde, at også skal ske en patogenreduktion i gylledelen. Hygiejniseringssystemets design vil således i det konkrete tilfælde afhænge af arten af den biomasse, der ønskes tilført anlægget. Dette udelukker ikke andre muligheder end den forhygiejnisering af hele mængden, der er skitseret for Dagens Anlæg.

2. Metode

Modellen for ”Dagens Anlæg” er lavet på grundlag dels af erfaringer, som er høstet af driftsledere på de eksisterende fællesanlæg samt deres ønsker om forbedringer på egne anlæg, dels af egne (Peter Thygesen) erfaringer på anlægget i Fangel.

Erfaringerne er opsamlet ved besøg på anlæggene og samtaler med driftspersonalet, samt ved gennemgang af teknikken og de konkrete problemer, der har været i driften på de enkelte anlæg.

Fastlæggelse af omkostninger til vedligehold og reinvesteringer er sket via analyser af udgifterne på eksisterende anlæg. For de enkelte komponenter er udvalgt de typer,

som har fungeret bedst med de laveste omkostninger. Derudover er det beregnet, hvad der kan opnås ved at opskalere anlægsstørrelserne.

Alle data er samlet i en regnearkmodel som ud fra oplysninger om behandlingskapacitet og biogasproduktion per ton , udregner tankstørrelser, pumpe- og gassystem, nødvendigt personale og alle drifts- og vedligeholdsomkostninger.

Udgifter til transport er samlet i et ”transportmodul” udviklet på basis af kendte tal samt forventede fordele ved at benytte større biler med bedre brændstoføkonomi m.v.

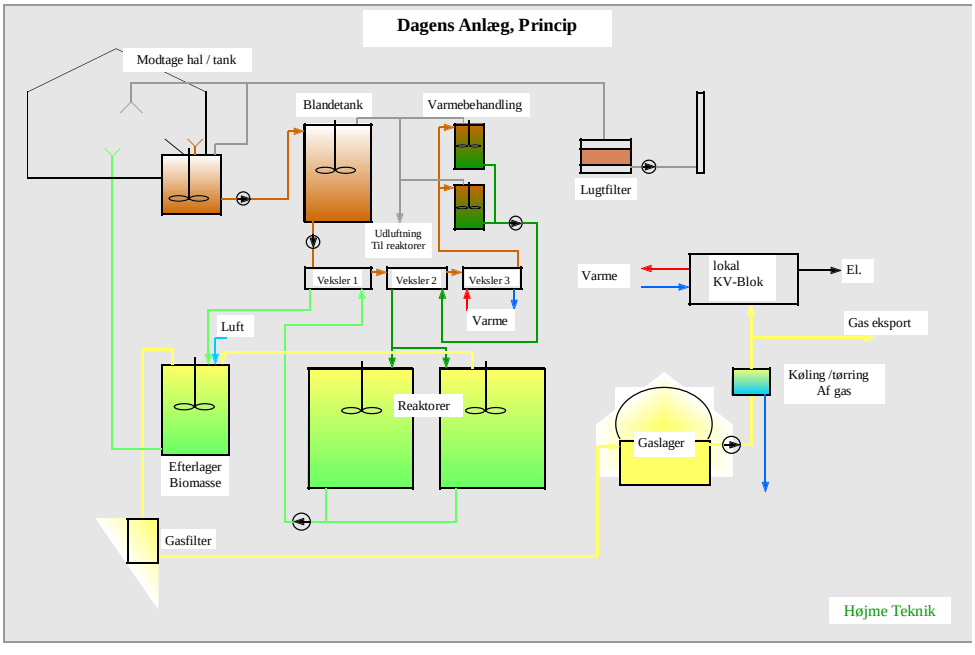
Reinvesteringer fastlægges for en samlet tidshorisont på 20 år. Hertil kommer udgifter til drift og vedligehold.

Formler for skalaeffekt genereres ud fra tal fra kendte anlæg og beregninger samt skøn over hvad skalaeffekten vil betyde for de enkelte omkostninger.

På den måde simuleres de økonomiske konsekvenser af forskellige anlægsstørrelser ved at ændre på nogle få nøgletal for anlæggene.

Der er naturligvis tale om, at der er truffet et valg mht. komponenter og forudsætninger, som kan diskuteres. Men som nævnt tidligere er dette ikke for at diskvalificere andre komponenter eller måder at gøre tingene på, men det er en nødvendighed at foretage disse valg for at begrænse antallet af beregninger.

3. Opbygning af ”Dagens Anlæg”



På tegningen herover ses princip for biomasse og gasflow samt anlæg til rensning af afsugningsluft. Afhængig af anlægsstørrelse varierer størrelse og antal af tanke der indgår i anlægget.

Hovedforudsætninger, teknik

- **Varmeveksling**
  For at kunne sælge mest muligt gas.
- **Nettoopvarmning af biomasse = 15^{0}C, 20 pct. varmetab**
  For beregning af procesvarmeforbrug og vekslere.
- **22 døgns opholdstid**
  For optimal udnyttelse af biomassen.
- **Hygiejnisering ved 70^{0}C i 1time**
  For veterinær sikkerhed.
- **For og efterlagerkapacitet til 4 døgn**
  Giver den fornødne buffer for laveste pris.

- **Gaslager til 9 timers produktion**
  For at kunne køre tarifdrift, og give fleksibilitet ved service på motorer.
- **Biologisk gasrensning**
  Ren gas er en afgørende faktor
- **Lavtryks-gastransmisionsledning**
  Giver lave omkostninger til gastransport.
- **Lugt-rensesystem**
  Endnu en afgørende faktor
- **KV-anlæg til dækning af procesvarmebehov (Tarifdrift 15/9)**
  Giver den bedste økonomi.
- **Akkumuleringstank til procesvarme i 9 timer**
  Nødvendigt for tarifdrift på kv-anlæg.
- **Gaskedel som backup**
  Sikre procesvarme ved stop på motor.
- **Gasfakkel til hele produktionen**
  Af hensyn til sikkerhed og miljø.
- **Lagerkapacitet til industribiomasse**
  Nødvendigt for at kunne afsætte biomasse og sikre driften frem til gylle-sæsonen.
- **Investeringer hos andelshavere (30.000 kr. pr. 3.000 tons årligt)**
  Erfaringstal fra eksisterende anlæg som er medregnet i anlægsprisen

Biomassesystem

Pumpesystemet er opbygget med tre monopumper(MP 1,2,3) som pumper samtidigt i hver sin funktion: MP1 pumper vha. en forpumpe fra blandetank via vekslerne til hygiejniseringstankene. MP2 pumper fra hygiejniseringstanke via varmevekslere til reaktorer. MP3 pumper fra reaktorer via vekslere til efterlager.

Varmevekslere er af spiraltypen, da denne ikke er så følsom mht. tilstopning.

Biomassen tilføres i lukket aflæssehal. Der er mulighed for aflæsning af såvel flydende som fast biomasse på samme tid. Kapaciteten på modtagetanken er til 4 døgns produktion. Kørsel til og fra hallen foregår reguleret, således at det er muligt at opretholde rene og urene zoner med evt. vask af køretøjerne, hvis / når dette kræves af de veterinære myndigheder.

Efter opblanding i modtagetanken flyttes biomassen med en centrifugalpumpe med snittefunktion til blandetanken. Snittepumpen sikrer, at der ikke sendes store frem-

medlegemer videre i systemet – og fungerer derfor som ”stopklods” for fremmedlegemer, der med sikkerhed vil give driftsproblemer i pumper og varmevekslere.

Fra blandetanken leverer en monopumpe via gylle/gylle og gylle/vand vekslerne biomassen i hyg.tankene ved ca. 72 grader, der pumpes til og fra hyg.tankene på skift med intervaller, der sikrer minimum 1 times ophold ved min. 70 grader, eller tilsvarende.

Gylle / vand veksleren forestår hele opvarmningen på anlægget, og de forskellige temperaturer i hhv. hyg.tanke og reaktorer opnås i vekslersystemet vha. veksling med enten koldere eller varmere biomasse og procesvand fra anlæggets gasmotor.

Efter varmebehandlingen pumpes biomassen via vekslersystemet til reaktorerne, hvor den leveres ved ca. 38 grader C . Opholdstiden er her gennemsnitligt 22 døgn.

Fra reaktorerne pumpes biomassen via vekslerne til lageret med en temperatur på ca. 25 – 30 grader (svarende til en nettoopvarmning på 15 grader C).

Lagertanken har en kapacitet til 4 døgns produktion. Herfra køres biomassen til de decentrale tanke.

Gassystem

Gassystemet omfatter reaktorer, efterlager for gylle, hyg.tanke, gasfilter, gaslager, køling/ vaskning og lavtrykslager.

Den primære produktion fra reaktorerne ledes via efterlagertank for biomasse over gasfilteret og til lavtrykslageret.

De gasser, der produceres og fortrænges i hyg.tankene tilføres gassystemet før efterlagertanken. Herved opblandes sekundær gas effektivt med den primære biogas, så der ikke opstår problemer i KV-anlæggene pga. svingende methanindhold.

At lede ”skidtgasserne” fra hyg.tankene til gassystemet reducerer belastningen på lugtrensefilteret betydeligt. Dette kan fungere fint, når det er lavet, så der ikke kan komme ”lommer” med dårlig gas frem til biogasmotorerne.

Der er benyttet et biologisk gasfilter af Fangel-typen med automatisk iltstyring.

Gaslageret er af dobbeltmembran-typen, monteret på en betonbeholder med lidt vand i bunden. Kapaciteten på lageret er til 9 timers produktion svarende til, at der kan køres fuld tarifdrift på hele produktionen.

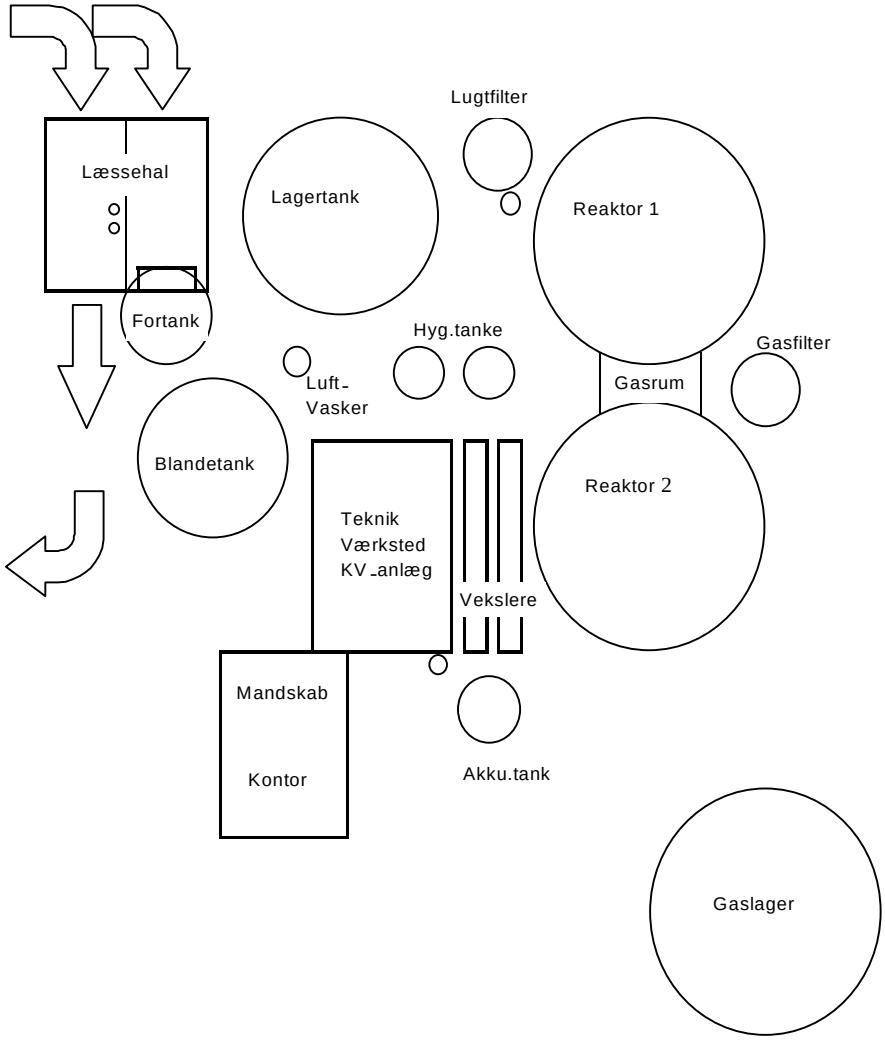
Efter gaslageret vaskes/ køles gassen inden den sendes til forbrug. KV- anlægget på anlægget er dimensioneret til at kunne forsyne processen med varme, resten af gasproduktionen sælges til et lokalt kraft-varmeanlæg.

Lugtfilter

For at sikre miljøet på og omkring anlægget er installeret et biologisk lugtfilter med en kapacitet på min 10.000m^3/h . Filteret behandler luft der afsuges fra modtagehal(ler), modtage- og blandetank(e) samt pumperum og andre lukkede rum, hvor det af hensyn til arbejdsmiljøet er påkrævet at ventilere.

Luften vaskes inden filteret med tempereret vand for at fjerne støv og sikre de rette betingelser for bakterierne i filteret.

4. Eksempel på grundplan ”Dagens Anlæg”



Placering af anlægsdele og bygninger vil naturligvis altid skulle tilpasses de lokale forhold, men det er vigtigt, at de daglige rutiner kan foregå problemfrit. Specielt hvad angår transport af gylle og aflæsning af industribiomasse, som skal kunne foregå uafhængigt af hinanden med mulighed for vognvask, spuling af containere mv. uden at anlæggets egne biler skal holde og vente på at eksterne vognmænd med mindre effektive aflæssesystemer bliver færdige.

Leverandører af industriaffald bør have biler og containere, som er tætte og kan tømmes uden fare for chaufføren, dvs. at åbning af ventiler, låger mv. skal kunne ske på sikker afstand af aflæsselemmen. Spuleslanger skal være placeret let tilgængeligt i frostfri rum, således at rengøring nemt og hurtigt kan udføres året rundt.

Flere eksisterende anlæg har gulvvarme i læssehallen, - det er en effektiv og billig måde til sikring af gode og sikre arbejdsforhold i læssehaller.

Tilkørselsforhold og porte mv. skal være anlagt, så lastbiler ubesværet kan manøvrere uden snævre sving, stejle opkørsler eller andre forhindringer som tager unødig tid eller er potentielle kilder til uheld.

Pumpe, kedel og motorrum skal anlægges så service og vedligehold kan foregå nemt og sikkert. Dvs. at der skal være plads, lys, ventilation, vand, afløb, løftegrej, brede døre og porte.

Dårlige arbejdsforhold betyder dårlige resultater ! Og det er en kendsgerning at pumper i mørke utilgængelige ”huller” ikke bliver serviceret tilstrækkeligt ofte.

Bad, toilet og omklædningsrum skal indrettes, så det er muligt at opretholde rene og urene zoner.

Der bør være tilkørselsmulighed til alle tanke og anlægsdele, således at service, tømning af tanke m.v. kan foregå uhindret.

Arealer omkring tanke og varmevekslere bør være anlagt med fliser eller asfalt , så det er muligt at spule og rengøre efter spild, overskumninger eller lignende. Stort set alle eksisterende anlæg har haft gylle- eller skumuheld, som har været meget vanskelige at håndtere, fordi der har været græs eller løse sten omkring tankene.

5. Driftsudgifter

Driftsudgifter – gruppeinddelt

	Udgift / ton behandlet			800 t. pris
	300t/d	550t/d	800t/d	I pct. af 300 t. pris
Pumper	kr. 0,76	kr. 0,57	kr. 0,50	67
Omrøring	kr. 0,21	kr. 0,19	kr. 0,16	73
Gassystem	kr. 0,23	kr. 0,13	kr. 0,09	38
Gyllesystem og veksler	kr. 0,64	kr. 0,56	kr. 0,53	82
Gaskedel	kr. 0,46	kr. 0,25	kr. 0,17	38
KV-anlæg til procesvarme	kr. 1,18	kr. 1,11	kr. 1,09	92
Lugtfilter	kr. 0,18	kr. 0,12	kr. 0,10	56
El. komponenter og SRO	kr. 0,42	kr. 0,33	kr. 0,29	69
Personale	kr. 7,63	kr. 5,01	kr. 4,06	53
Elforbrug til proces	kr. 2,74	kr. 2,15	kr. 1,85	67
Sandrensning	kr. 0,25	kr. 0,25	kr. 0,25	100
Administration og bestyrelse	kr. 5,08	kr. 4,50	kr. 4,15	82
Drift i alt	kr. 19,78	kr. 15,16	kr. 13,23	67

Bemærkninger til driftsudgifter

Pumper

Tallene er baseret på 12 bars pumper.

Der er på de eksisterende anlæg meget store forskelle på udgifter til pumper. Der kan generelt siges om pumper, at dimensionering og placering af pumperne tilsyneladende spiller en større rolle end fabrikatet. Mht. opbygning og kvalitet er der en del fabrikanter på markedet, som kan levere gode pumper til biogasanlæg, men selv den bedste pumpe må give op, hvis ikke den er dimensioneret til de konditoner, den skal arbejde under, primært: tryk, flow og temperatur-forhold.

Uhensigtsmæssige placeringer og røropbygninger har giver flere biogasanlæg urimeligt høje udgifter til monopumper, og som hovedregel gælder:

- Monopumper skal have positivt sugetryk, kan dette ikke opnås alene ved placeringen af pumpen, bør den forsynes med en fortrykspumpe.
- Pumpen skal dimensioneres, så den har en overkapacitet på både flow og tryk. Ofte er det en fordel at anvende 12 bars pumper, selvom man har driftstryk under 6 bar Dette forøger levetiden på pumpen betragteligt.

Omrøring

Priserne er baseret på omrørere med ekstern motor og gear, da disse typer har væsentligt lavere omkostninger til vedligehold end dykkede røreværker.

Vælges der dykkede mixere bør det udelukkende være til tanke, der kan tages ud af drift, uden at det i øvrigt påvirker driften og produktionen.

Gassystemet

Priserne er baseret på erfaringer på velfungerende anlæg.

For gassystemet gælder, at de fleste problemer skyldes for små rørdimensioner og mangel på ordentlige dræn til kondensat. Lavtryksgas med højt vandindhold kræver væsentlig mere plads end fx naturgas. Rådgivere og entreprenører, der ikke er vant til at arbejde med biogas begår let den fejl, at dimensionere rør for små, eller uden fremtidssikring for udvidelse af produktionen.

Gyllesystem og vekslere

Priserne er baseret på erfaringer på eksisterende anlæg.

Her gælder det igen om, at rørene skal være dimensioneret rigtigt, og at selve måden rørene er lagt på tager hensyn til biomassen, som indeholder sand, grus og fremmedlegemer som nemt giver tilstopninger, hvis der er for mange bøjninger eller forkert placerede ventiler.

Ventiler skal være af kugletypen, med rustfri fuldboret kugle og med en aktuator, der har ca. 4x det moment man ville vælge til en alm. ventil til vand.

Der er valgt varmevekslere med stort gennemstrømningsareal, da disse er mindre krævende mht. neddeling af biomassen og ikke kræver struvitrensning så ofte.

Gaskedel

Kedlen skal kunne dække anlæggets procesvarmeforbrug. Vedligehold af gaskedler, der kører på biogas som er ordentligt afsvovlet, volder ikke væsentlige problemer. Kedler der udelukkende skal køre som backup for procesvarmesystemet, bør ikke dimensioneres til røggastemperaturer under 160-180 grader C af hensyn til tæringsproblemer i kedlens ”kolde ende”.

KV-anlæg til procesvarme

Tallene er baseret på erfaringer fra anlæg med effektiv gasrensning.

Alfa og omega for gasmotoren er, at biogassen er renset for svovlforbindelser og ammoniak.

Motorer der kører på helt ren biogas kører bedre en naturgasmotorer, bl.a. fordi biogassen er nemmere at styre i forbrændingsfasen.

Lugtfiltre

Tallene er baseret på erfaringer fra anlæg med kontrollerede (lukkede) biologiske filtre.

Dette område er på en gang forsømt og fuld af fordomme og forskellige opfattelser. Et biologisk filter med en vasker, der fjerner støv, befugter og tempererer luften inden filteret, synes at være det pt. bedste bud på denne opgave.

Det er vigtigt at sikre både det interne og eksterne miljøproblem i forbindelse med afsugning af tanke, rum og haller. Det er derfor nødvendigt at installere anlæg, der har kapacitet til begge opgaver, hvilket typisk betyder, at kapaciteten skal op over 10.000m^3/h.

SRO og el. anlæg

Priserne er baseret på eksisterende anlæg.

En af de klager der oftest er omkring el. og styringer, er dels prisen, dels problemer med at udvide eller tilføje funktioner og komponenter. Derfor skal der være god plads for udvidelser både fysisk i tavler og program/ PLC mæssigt.

Samtidigt er det vigtigt at anlægge føringsveje for signal og stærkstrømskabler med plads til at trække ekstra kabler, når behovet for udvidelse eller udskiftning opstår. Dette behov opstår ofte næsten inden anlægget er færdigbygget.

Personaleomkostninger

Tallene er dels erfaringstal, dels et skøn over, hvad der skal til af personale for at passe anlæg, som er større end dem, vi kender i dag.

På eksisterende anlæg er der store forskelle på lønomkostningerne. På nogle små anlæg kan omkostningen til lønninger være relativt lavere end på store anlæg, som bedre har ”råd” til at lønne flere medarbejdere. Ofte dækker dette over en arbejdsindsats, som reelt ikke bliver aflønnet – fordi driftslederen på det lille anlæg simpelthen er hårdere belastet, da anlæggets økonomi er spændt til det yderste.

På ”Dagens Anlæg” er efter bedste skøn fastlagt den arbejdsindsats, der er nødvendig for at drive anlægget forsvarligt og optimalt.

Proces-el

Her er brugt tal fra de anlæg, der svarer til ”Dagens Anlæg”, dog ”barberet” for overforbrug, der skyldes uhensigtsmæssige forhold.

Fx er det vigtigt at have rigelig omrørekapacitet i modtagetanke, da manglende kapacitet paradoksalt nok fører til højere forbrug af el og omkostninger til vedligehold af røreværker.

Sandrensning

Her er brugt erfaringstal fra eksisterende anlæg.

Administration og bestyrelse

Her er brugt erfaringstal.

Totale driftsudgifter for ”Dagens Anlæg”, 550 tons/dag specificeret på enkeltposter

Drift:(eksklusiv biler)	Årlige udgifter	Udgifter/ton
	---------- Kr.	----------
Forpumper til monopumper	20.000	0,10
Monopumper	71.099	0,35
Overpumpning (modt.til bl.tk.)	24.000	0,12
Omrøring Modtagetank	26.900	0,13
Omrøring Blandetank	2.900	0,01
Omrøring Mellemtank	-	kr. -
Omrøring Hyg.Tanke	1.900	0,01
Omrøring Reaktorer	2.900	0,01
Omrøring Lagertank	2.900	0,01
Vedligehold Gasfilter	9.500	0,05
Vedligehold Gasblæsere	2.000	0,01
Vedligehold Gaskøler	4.000	0,02
Vedligehold Gas-rørsystem	10.000	0,05
Vedligehold Gylle-rørsystem	20.000	0,10
Syring af vekslere	91.667	0,46
Vedligehold Gaskedel	50.000	0,25
Vedligehold KV-anlæg	222.156	1,11
Vedligehold SRO	66.000	0,33
Diverse rengøring-tøj-værnemidler	88.000	0,44
Løn personale	867.000	4,32
Varevogn	50.000	0,25
El-forbrug	430.974	2,15
Sandrensning	50.188	0,25
Diverse administration-forsikring	903.535	4,50
Vedligehold lugtfilter	25.000	0,12
Drift i alt:	3.042.617	**15,16**

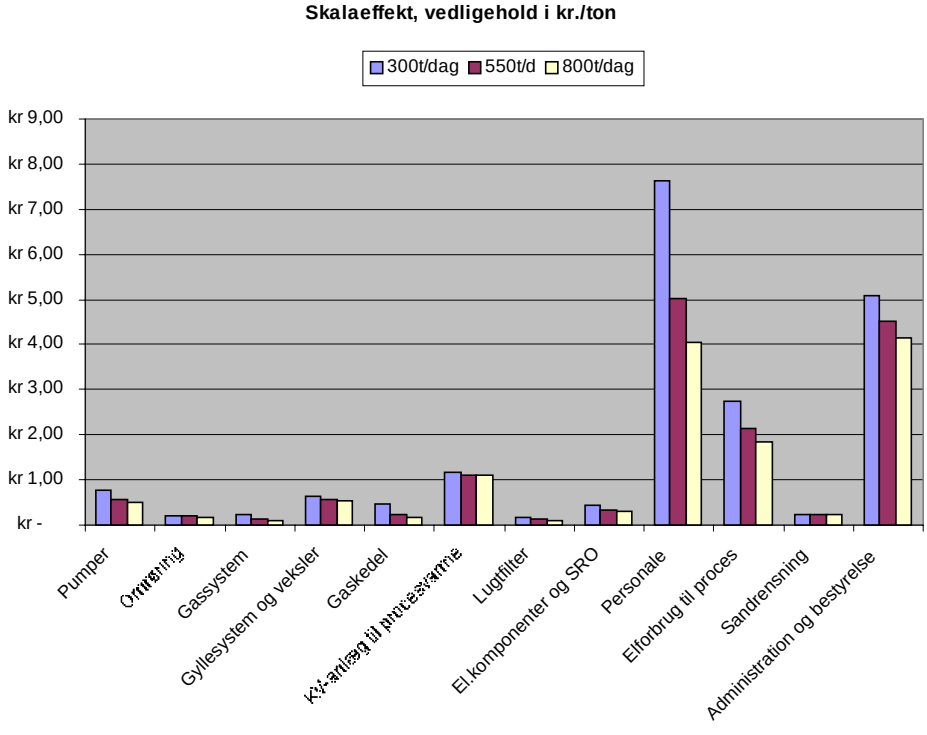
I ovenstående tabel er vist en samlet opgørelse af driftsudgifter, eks. transport for et 550 m^3 anlæg. Tilsvarende er opstillet for 300 og 800 m^3 anlæggene. Udgifterne er yderligere specificeret i forhold til tidligere viste gruppeinddeling.

6. Skalaeffekt driftsudgifter

Herunder ses skalaeffekten for de tolv hovedgrupper i søjleform.

Beregningerne viser positiv skalaeffekt på alle poster på nær sandrensning, som er forudsat at være lineær.

Som det tydeligt fremgår, udgør udgifterne til personale og administration en meget stor del af udgifterne. Løn til personale er den enkeltpost, hvor der spares mest ved opskalering.



Bemærkninger til ”skalaeffekt” på enkeltposter

- Forpumper til monopumper:
  Her er stor skalaeffekt, da sliddet stort set er ens, hvad enten pumpen leverer til en lille eller stor monopumpe.

- Monopumper:
  Her er udgiften sat til at være lineært stigende med den pumpede mængde. Det er ofte de samme pumper som blot kører flere timer.

- Overpumpning til blandetank:

Stor skalaeffekt, da der er ikke væsentlig forskel på prisen på vedligehold af små eller store langakslede pumper.

- Omrøring i modtagetank:
  Ingen skalaeffekt, da det er forudsat at behovet for rensning af omrørerne stiger med den behandlede mængde. Dette kan variere meget fra anlæg til anlæg, afhængig af kvaliteten på industribiomassen.

- Omrøring blandetank:
  Stor skalaeffekt. Her er normalt ikke problemer med fremmedlegemer i biomassen, og derfor er udgifterne til vedligehold stort set de samme på små og store anlæg.

- Omrøring hyg.tanke:
  Medium skalaeffekt, der er stort set samme udgift per omrører, blot har større anlæg flere driftstimer og flere hyg.tanke end mindre anlæg.

- Omrøring i reaktorer:
  Stor skalaeffekt, stort set samme udgifter til denne post på de tre anlægsstørrelser.

- Omrøring i lagertank for biomasse:
  Stor skalaeffekt, stort set samme udgifter til denne post på de tre anlægsstørrelser.

- Gasfilter:
  Stor skalaeffekt, stort set samme udgifter til denne post på de tre anlægsstørrelser.

- Gasblæser:
  Medium skalaeffekt, kun svagt stigning på vedligehold på større enheder.

- Gaskøler:
  Stor skalaeffekt, service på pumper og køleanlæg er stort set ens på de tre anlægsstørrelser.

- Gas- rørsystem:
  Stor skalaeffekt, næsten samme udgifter på de tre anlægsstørrelser.
- Gylle –rørsystem:
  Som gasrør.

- Syring af vekslere:
  Lineært stigende med mængden af biomasse.

- Gaskedel:
  Stor skalaeffekt, næsten samme udgifter på de tre anlægsstørrelser.

- Gasmotor:
  Lille skalaeffekt, serviceprisen følger produktionen, motorerne er oppe i en størrelse hvor prisen for service per kw.el. produceret ikke varierer meget.

- El. og SRO:
  Lille skalaeffekt, selve SRO- delen er ikke stigende , men stærkstrømskomponenterne bliver større og dyrere på store anlæg.

- Diverse rengøring, tøj, værnemidler:
  Ingen skalaeffekt, erfaringer viser, at denne post stiger lineært med anlægsstørrelserne, bl.a. viser erfaringen, at store anlæg har mere avanceret og dermed dyrere udstyr.

- Personale – løn:
  Medium skalaeffekt, men den post hvor der spares flest kroner ved opskalering.
  Besparelse/ ton fra 300 til 800 tons anlæg = 3,38 kr.

- Varebil:
  Medium, samme bil, men mere kørsel.

- El. til proces:
  Lille skalaeffekt, men dog 89øre/ton fra 300 til 800 tons anlægget.

- Sandrensning og spuling:
  Er sat til at stige lineært med mængden, mere biomasse – mere sand.

- Diverse administration, bestyrelse og forsikring:
  Stiger næsten lineært med størrelsen.

- Lugtfilteranlæg:
  Medium skalaeffekt, udgifter stiger kun lidt ved større filter.

7. Anlægsinvesteringer

Specifikation af anlægsinvesteringer, ekskl. transport, 1.000 kr.

	udlægsstørrelse		
	300 tons/dag	550 tons/dag	800 tons/dag
Grund	1.000	1.200	1.400
Jordarbejder	1.000	1.200	1.400
Hegn m.m.	1.200	1.500	1.700
Vej	600	800	1.000
Bygninger	3.000	3.500	4.000
Fortank	500	700	1.000
Omrører fortank	360	540	800
Blandetank	500	700	900
Omrører blandetank	360	540	800
Hyg.tanke	300	500	800
Omrører hyg.tanke	160	250	300
Lagertank	600	700	1.200
Omrører lagertank	320	600	700
Reaktorer	4.000	7.500	12.000
Omrører reaktor	600	900	1.200
Varmevekslere	1.600	1.600	1.600
Gasfilter	700	900	1.000
Gaslager	2.200	4.000	5.000
Gasfakkel	800	1.000	1.000
Gastransmisionsledning og kapselblæser	2.500	2.500	2.500
Akkumuleringstank for procesvarme	300	400	500
Kraft-varme anlæg	1.500	2.500	3.000
Kedelanlæg	250	300	300
Lugtfilter	1.000	1.300	1.300
Pumpesystem	1.500	2.000	2.000
Gassystem	1.500	2.000	2.000
SRO og el installationer	2.000	2.500	2.500
Monopumper	150	200	200
Forpumper	150	150	150
Montage og rådgivning	7.655	10.620	13.063
Lager for industribiomasse	1.807	3.312	3.212
Gårdinvesteringer	1.095	2.008	2.920
Totalpris for anlæg	41.177	58.420	71.445

Kommentarer, anlægsudgifter:

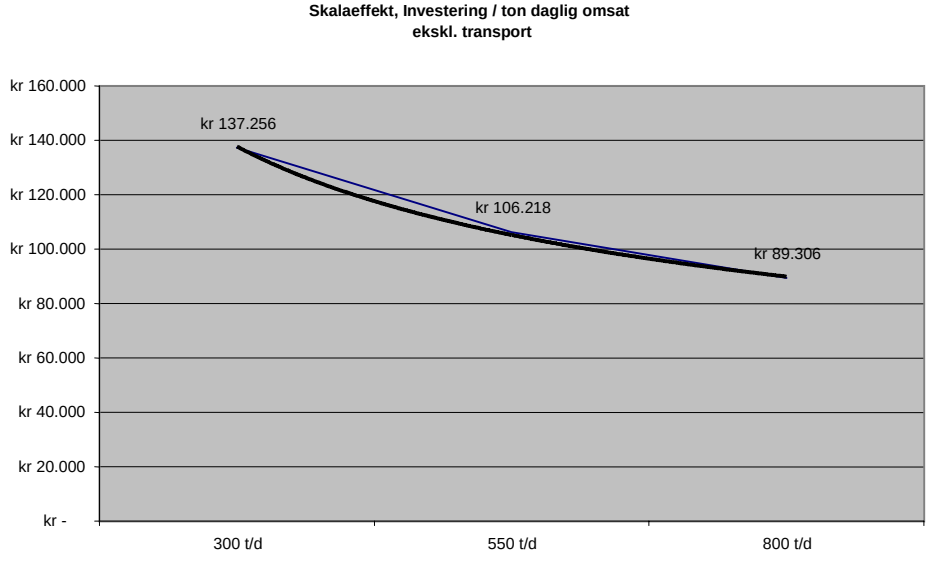
Der er for de enkelte anlægsdele brugt priser, som enten er indhentet direkte ved leverandøren, eller er oplyst fra biogasanlæg, som har foretaget til- og ombygninger.

Ikke alle komponenter og ydelser er lige nemme at prissætte, da enkeltpriser taget ud af et større projekt, ikke altid er retvisende.

Montage og rådgivning er sat til 25 pct. af prisen på alle delkomponenter eksklusiv lager for industribiomasse og gårdinvesteringer.

Lager for industribiomasse er medtaget i anlæggets pris, da det er nødvendigt at råde over denne kapacitet for at kunne aftage industribiomasser, som efterfølgende skal afsættes af biogasselskabet.

Gårdinvesteringer er sat til 10 kr. pr. tons årlig gylleproduktion, dette tal er erfaringsmæssigt, hvad eksisterende biogasfællesanlæg har investeret i at bringe forholdene i orden hos leverandørerne, så transporten kan foregå rationelt. Ofte er dette brugt som en ”gulerod” for at tiltrække interesserede husdyrproducenter i opstartsfasen.



Der ses en væsentlig besparelse i anlægsudgifterne ved at bygge større anlæg, som afspejler at mange komponenter er de samme, og at fx en pumpe ikke er væsentligt dyrere, fordi den har en større kapacitet.

Low-cost anlæg

Som et alternativ til de ovenfor nævnte anlægstyper, kan det overvejes at bygge anlæg med stor kapacitet fx 800 ton pr. dag, som udelukkende er indrettet til at behandle gylle. Dette vil kunne gøres billigere, da et sådant anlæg ikke behøver alle faciliteter, som et anlæg der skal behandle ”problem affald” fra industrien.

Som alternativ til ståltanke kunne der opnås store besparelser på anlægsinvesteringen ved at benytte betontanke med teltoverdækning, dels som reaktorer, dels som modtage og lagertanke.

Gasrensning kan laves ved tilsætning af luft, direkte i procestankene, i stedet for i separate filtre.

Varmevekslere kan reduceres og de separate hygiejniseringstanke kan spares væk.

Disse tiltag vil betyde lavere anlægsinvesteringer og driftsomkostninger, som vil forbedre anlæggets selskabsøkonomi, set i forhold til resultaterne i 800 tons-versionen af ”Dagens Anlæg”.

8. Reinvesteringer

Re-investeringer, Dagens Anlæg **550t/d mesofil, forhyg. 70 grader**
x 1.000 kr. Faste priser

Pumper	År 0-2	år 2-4	år 4-6	år 6-8	år 8-10	år 10-12	år 12-14	år 14-16	år 16-18	år 18-20	Kommentar	
MP1			40			40			40		Det forudsættes at anlægget har en reservepumpe på lager fra år 0	
MP2	40			40			40			40		
MP3					40					40		
OP1			30				30					
(OP2)				30				30				
FP1				30				30				
FP2					30				30			
I alt	40	0	70	100	70	40	70	60	70	80	**Hele perioden:**	**600**
Omrørere	År 0-2	år 2-4	år 4-6	år 6-8	år 8-10	år 10-12	år 12-14	år 14-16	år 16-18	år 18-20	Beløbene er sat af til el motorer og sliddele	
Modtagetank			20			20			20			
Blandetank				20			20			20		
Mellem+ hyg.tanke			20			20			20			
Reaktorer				20			20					
Lagertank			20			20			20			
I alt	0	0	60	40	0	60	40	0	60	20	**Hele perioden:**	**280**
	År 0-2	år 2-4	år 4-6	år 6-8	år 8-10	år 10-12	år 12-14	år 14-16	år 16-18	år 18-20		
Tanke			200				200					
SRO		20	20	20	20	500	20	20	20	20		
El.		75	78	78	78	300	78	78	75	75		
Gaskedel						200						
KV-anlæg						600					Opgradering efter 10 år	
Gasfilter		15		15		150		15		15		
Lugtfilter						250						
Rør / ventiler			75			150			75			
Bygninger		75	75	75	75	75	75	75	75	75		
Gaskøler				50				50				
Gasblæsere				50				50				
Varmevekslere						750						
Vejbelægning				150				150				
Div. Småmaskiner	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
i alt	30	215	478	468	203	3005	403	468	275	215	**Hele perioden:**	**5.760**
											Total reinvest.	kr. 6.640.000
											Pr. år	kr. 332.000
											Pr. ton	kr. 1,68

Kommentarer, re-investeringer

Mange af de tekniske komponenter og anlægsdele i et biogasfællesanlæg har en levetid som er kortere end anlæggets samlede levetid, der er derfor lavet et separat budget for re-investeringer, der viser de anslåede udgifter over anlæggets 20-årige levetid. Re-investeringer er en vigtig post at have for øje, da disse helst skal kunne finansieres over den løbende drift, så der ikke sker forøgelse af den samlede låntagning.

Komponenternes levetid er vurderet efter erfaringer på eksisterende anlæg. I ”levetiden” vedligeholdes komponenterne med smøring, sliddele ect. Efter denne periode er der behov for en større reparation, som betyder, at det bedre kan betale sig at skifte komponentet helt eller delvis ud, evt. med nyere teknik, som er kommet frem i driftsperioden.

Skellet mellem re-investeringer og vedligehold af komponenter kan være svær at trække for alle anlægsdele, men der er i denne rapport skelnet der, hvor man på den ene side (vedligehold) smører og skifter gængse sliddele i hverdagen, og på den anden side (re-investeringer) står over for store indgreb på enkeltkomponenter eller anlægsdele, som ikke hører til dagligdags rutiner, men hvor der er tale om helt eller delvis udskiftninger eller genopbygning af komponentet eller anlægsdelen.

I foranstående tabel er vist reinvesteringer i faste priser for 550 m^3 anlægget. Tilsvarende budget er lavet for de to øvrige anlægsstørrelser.

Skalaeffekt, re-investeringer

Som det ses i nedenstående tabel, er der en positiv størrelsesøkonomisk udvikling i omkostningerne til re-investeringer.

Anlæg ton/dag behandlet	300	550	800
	---------- Kr. ----------		
Total re-invest	4.926.000	6.640.000	8.460.000
Re-invest / år	246.300	332.000	423.000
Re-invest / ton behandlet	2,25	1,68	1,45