



BIOGAS I DANMARK

*- FORUDSÆTNINGER FOR ETABLERING AF ET
RENTABELT, HALMBASERET ANLÆGSKONCEPT I
KØNG/LUNDBY*

Bachelorprojekt
Miljøplanlæggeruddannelsen,
TekSam

ENSPAC
Roskilde Universitet

Foråret 2014



ABSTRACT

Due to global warming and severe climate change the Danish government has, in the field of energy and agriculture, stated targets of reductions in GHG-emissions and increases in the amount of animal manure used for energy production. In order to reach these targets, this study investigates how straw as a sustainable residual product can be used in optimizing the biogas production in the Zealand Region. This leads to the following research question:

What conditions must be present to establish a successful straw-based biogas plant, and how can these be transferred to both a further development and planning of a plant concept in Køng/Lundby?

This question is examined based on empirical data from interviews, field trips and academic articles and is inspired by the method of technological *backcasting* in the structural approach.

The conditions are initially identified and then transferred to a case analysis of how to develop a proposal for an economically profitable plant concept in the area of Køng/Lundby. The conditions are furthermore classified and processed in *technologically/geographically* and *planning related* aspects, in order to expose the planning process up until now, elaborating on the actors involved in the project.

In closing, straw-based biogas plants, as a technology, is then analyzed in a reflective, innovative perspective, to give a critical view on the development of a straw-based biogas sector in Denmark and the uncertainties related to this.

The conditions are identified as being; *a stable resource base, all-year distribution options, a hammer mill EUB8000 unit as a pre-treatment technology, shorter digestion time and public involvement in the planning process*, and the study concludes that the operational economic proposal posits a sufficient gas yield, natural gas price and a stable resource base and price.

As a proposal to optimize the planning process, this study concludes that coalition thinking can be a tool in this context. Furthermore the study suggests that the local government, Vordingborg Municipality, will take on a more central and active role as project facilitator to ensure a better structured planning of a biogas plant in Køng/Lundby.

FORORD

Tak til:

Uden alsidig vejledning, information og samarbejde med forskellige mennesker, kunne dette projekt ikke blive til. Allerførst vil vi derfor benytte lejligheden til at takke vores vejleder, Tyge Kjær, for kyndig og kritisk vejledning og empiriindsamling i forbindelse med dette projekt. Samme tak skal lyde til vores opponentvejleder, Bjarke S. Kaspersen, for vejledning og brugbare inputs i processen.

Vi vil desuden takke Preben Larsen og Arne Jensen for deres interesse og velvillighed til at fremvise deres biogasanlæg og dele viden og erfaringer såvel fagligt som personligt. Vi er blevet mødt med stor åbenhed og ærlighed, hvilket vi er meget taknemmelige for og finder det afgørende både for vores projekt, men også for en fremtidig udvikling af biogas.

En stor tak til Henrik B. Møller for fremvisning af teknologi, samt fagligt og teknisk indblik i forskningens verden. Tak til Flemming Goldberg-Larsen for tid og interesse i vores projekt samt indblik i planlægningsaspektet i biogasbranchen.

Endelig en stor tak til Peter Tillisch, Peter Larsen og Poul Erik Rønje for deres gæstfrihed, åbenhed og inddragelse i planlægningsprocessen omkring Køng/Lundby anlægget.

Målgruppe

Rapporten kan primært anses som en hjælpende guide til planlæggerne af anlægget i Køng/Lundby, specielt Vordingborg Kommune, og sekundært som en indledende vejledning for biogas-entreprenører, der gerne vil etablere et biogasanlæg, hvor halm skal være den primære tilsætningsbiomasse. Rapporten vil derudover, i et begrænset omfang, henvende sig til kommunale institutioner i forhold til hvordan de opstillede forudsætninger kan understøttes gennem en planlægningsproces med involvering af de rette aktører.

Table of Contents

1. INDLEDNING	6
1.1 Problemfelt	6
1.1.1 Den fremtidige biogassektor.....	7
1.1.2 Vordingborg Kommune, kommuneplantillægget 2013 og Køng/Lundby	9
1.2 Problemformulering.....	10
1.3 Begrebsafklaring.....	10
1.4 Arbejdsspørgsmål/læsevejledning.....	10
2. METODE	13
2.1 Introduktion	13
2.2 Inspiration til metode	13
2.3 Empirisk Strategi	14
2.3.1 Interviews og feltture.....	15
2.3.2 Videnskabelige artikler	20
2.4 Præsentation af Køng/Lundby som case	20
2.4.1 Køng/Lundby-projektet i korte træk.....	21
2.4.2 Planlægningsfaser	23
2.5 Afgrænsning.....	24
2.6 Analysestrategi/Projektdesign	25
3. HVORFOR KONVENTIONEL BIOGAS?.....	27
3.1 Kort historisk udvikling	27
3.2 Positive miljøeffekter ved biogas	28
3.2.1 Bedre udnyttelse af næringsstoffer	28
3.2.2 Fortrængning af drivhusgasser	29
3.2.3 Bedre udnyttelse af restprodukter.....	30
3.3 Teknisk gennemgang.....	30
3.4 Biogas i fremtidig energiforsyning	34
3.4.1 Forsynings sikkerhed: Opgradering til naturgasnettet.....	34
3.4.2 Stabil produktion	35
3.5 Delkonklusion	35
4. RAMMEVILKÅR FOR BIOGAS.....	37
4.1 Lovgivning, tilskudsordninger og regulering af biogassektoren	37
4.1.1 Etableringen af et biogasanlæg: myndighedsgodkendelse.....	37
4.1.2 El-, varme- og naturgasforsyningsloven.....	38
4.1.3 Loven om fremme af vedvarende energi.....	39
4.2 Tilskudsordninger.....	40
4.2.1 Anlægstilskud	40
4.2.2 Opgraderet biogas og biogas til kraftvarmeproduktion	41
4.3 Slambekendtgørelsen og husdyrgødningsbekendtgørelsen	44
4.4 Betydningen af rammevilkårene i praksis	46
5. PLACERING.....	48

5.1 Råvaregrundlaget	48
5.1.1 Råvaregrundlaget for halm i Region Sjælland.....	48
5.1.2 "20 km-reglen"	49
5.1.3 Konkurrenceaspektet.....	50
5.2 Afsætningsmuligheder	51
5.3 Borgerinvolvering	53
5.4 Delkonklusion	54
6. HALM SOM ANDEN ORGANISK MATERIALE	56
6.1 Mekanisk forbehandling af halm og gasudbyttet.....	57
6.1.1 Ekstrudering af halm.....	58
6.1.2 Pulverisering af halm vha. hammermølle	59
6.2 Hammermøllen og ekstruderens påvirkning på udrådningstiden ift. opholdstiden i reaktortanken	59
6.3 Delkonklusion	63
6.4 DELKONKLUSION PÅ DELANALYSE 1:	64
7. CASE-ANALYSE AF KØNG/LUNDBY	65
7.1 Introduktion	65
7.2 Teknologisk-geografiske og planlægningsmæssige aspekter	65
7.3 Teknologiske/geografiske aspekter	67
7.3.1 Råvaregrundlag i Køng/Lundby.....	67
7.3.2 Forbehandling og udrådningstid	68
7.3.3 Afsætning.....	69
8. DRIFTSØKONOMISK FORSLAG TIL ANLÆGSKONCEPT	70
8.1 Variationer i forudsætningerne	72
8.2 Delkonklusion	76
9. PLANLÆGNINGSPROCESSEN	77
9.1 Forholdet mellem Vordingborg Kommune og initiativtagerne	79
9.3 Konkurrencekonflikt om råvarer mellem anlæg i samme kommune	81
9.4 Overvejelser bag opgraderingsmuligheden for biogas.....	81
9.5 Borgerinvolvering, placering og visualisering	82
9.6 Opsamlende evaluering af Vordingborg Kommunes rolle i planlægningsprocessen fra 2011 indtil nu	84
9.6.1 Vordingborg Kommune, facilitator-rollen og koalitionsstækningen anno 2014	84
9.6.3 Økonomisk Koalition og sikring af et stabilt råvaregrundlag igennem afskrivningsperioden	87
9.6.4 Lokalforankringskoalition og borgerinvolvering	88
10. INNOVATIONSANALYSE - Et kritisk syn på biogasanlæg med halm.....	91
10.1 Introduktion.....	91
10.2 Hvordan kan vi forstå et halmbaseret biogasanlæg i et innovativt perspektiv?	91
11.2.1 Den indlejrede usikkerhed.....	94
11.3 Introduktion til 'Valley of Death'	96

12. KONKLUSION	100
13. REFLEKSION	103
14. PERSPEKTIVERING	104
15. LITTERATURLISTE.....	107

1. INDLEDNING

1.1 Problemfelt

Menneskeskabte drivhusgasudledninger har siden industrialiseringen, med høj sandsynlighed, ledt til en global opvarmning og markante klimaforandringer. Dette har både haft en negativ effekt på miljøet og befolkningsgrupper overalt i verden (IPCC, 2013). En markant reduktion af industrialiserede landes drivhusgasudledninger er derfor afgørende for at sikre nutidige og fremtidige generationers levestandard. Dette gælder således også for Danmark.

I relation til dette, har den nuværende regering, med vedtagelsen af Klimaplanen fra 2013, fremsat et mål om at reducere Danmarks drivhusgasudledninger med 40% i forhold til niveauet i 1990, inden 2020. Herunder har omstillingen af energisektoren til vedvarende energikilder, en afgørende betydning for opnåelse af disse reduktionsmål (Regeringens Klimaplan, 2013:14).

En af de primære katalysatorer for denne omstilling er udnyttelsen af biogas i den danske energisektor. Biogas, som hovedsageligt består af metan og kuldioxid, skabes naturligt ved en bakteriel nedbrydning af organiske materialer. Gasserne kan derfor udnyttes til energiformål, hvis de indfanges i et biogasanlæg, og således ikke udledes direkte til atmosfæren. Brugen af biogas til energiformål fortrænger derfor ikke kun fossile brændsler, men udnytter også de drivhusgasser, der indgår i det naturlige kulstofkredsløb (Botkin & Keller, 2010:91). I Danmark produceres biogas primært på et råvaregrundlag¹ bestående af husdyrgødning og andre organiske materialer fra landbrugsrelaterede virksomheder (Energistyrelsen 2014:13). Efter biogasproduktionen tilbageføres den afgassede gylle til landmanden som gødning. Dette fortrænger både brugen af kunstgødning, og reducerer udvaskning af næringsstoffer, da afgrøderne nemmere kan optage den afgassede gylle frem for rågylle (INBIOM.dk, 2012,b). Ydermere er biogas også med til at øge forsyningssikkerheden, da produktionen af opgraderet biogas, reducerer importen af naturgas fra andre lande i fremtiden.

Biogas til energiformål anses derfor i dag som en alsidig vedvarende energikilde, med flere positive miljøeffekter, både inden for landbrugs- og energisektoren.

¹ Jf. ordforklaring (bilag 1)

² Jf. ordforklaring (bilag 1)

³ Jf. ordforklaring (bilag 1)

⁴ Jf. ordforklaring (bilag 1)

Ovennævnte har ledt til en gennemgående politisk interesse i at øge udnyttelsen af biogas i den fremtidige energiforsyning. I 2009 vedtog den daværende regering Grøn Vækst-planen, hvori det fremgår, at 40 % af Danmarks husdyrgødning skal anvendes til grøn energi inden 2020, hvilket beregnes til en produktionsstigning fra 4 til 12 PJ (Regeringen, 2009:39). For at biogassektoren kan understøtte denne målsætning, kræver det en markant udvidelse. På nuværende tidspunkt består den danske, gyllebaserede biogassektor af 21 fællesanlæg og 46 gårdanlæg, hvoraf mange af de eksisterende anlæg blev etableret før 2000 (Energistyrelsen, 2014:13). Disse anlæg producerer primært energi til kraftvarmeanlæg, men med den ønskede udvikling af biogassektoren forventes det i fremtiden, at en stigende andel af biogassen vil blive distribueret via naturgasnettet (biogasbranchen.dk).

Den danske biogassektors udvidelse har gennem de seneste 40 års udvikling, været en kompleks proces. Mange af de første danske biogasanlæg havde grundlæggende biologiske og teknologiske problemer relateret til driften, hvilket derved havde en markant påvirkning på biogasproduktionen. Samtidig bestod råvaregrundlaget primært af kvæg- og svinegylle, hvilket isoleret set, ikke gav et tilstrækkeligt gasudbytte ift. opretholdelsen af en rentabel driftsøkonomi (Jørgensen, 2009:14; PlanEnergi).

Senere blev anden organiske materialer² tilsat husdyrgødningen, hvilket medførte et højere gasudbytte og til dels stabiliserede driftsøkonomien for nogle af de tidligt etableret anlæg. Samtidig forekom en varierende, men dog fremskridende teknologiudvikling af anlæggene, da flere forskellige demonstrationsanlæg blev opført fra 1970 og frem til i dag (Lybæk et al. 2011).

1.1.1 Den fremtidige biogassektor

Inden for de seneste 10 år er andre planlægningsmæssige og teknologiske problematikker opstået, hvilket har forsinket en udvidelsen af biogassektoren. På nuværende tidspunkt benyttes hovedsageligt slagteri- og fiskerirester i de danske biogasanlæg. Disse tilsætningsmaterialer er imidlertid ikke længere til rådighed i tilstrækkelige mængder (Lybæk et al., 2011:14). I et forsøg på at håndtere dette problem begyndte biogassektoren at fokusere mere på anvendelsen af energiafgrøder³ og andre tilgængelige restprodukter. Brugen af energiafgrøder bliver dog potentielt

² Jf. ordforklaring (bilag 1)

³ Jf. ordforklaring (bilag 1)

begrænset i 2020, hvilket fremgår i en tillægsbetænkning⁴ til Energiaftalen fra 2012, da energiafgrøder til biogas af regeringen anses som "ubæredygtigt" (Energistyrelsen, 2012).

I denne forbindelse foreslås halm som en bæredygtig erstatning for energiafgrøder, da det både er et tilgængeligt restprodukt fra landbrugssektoren, og samtidig ikke fortrænger landbrugsarealer. Derudover har halm et metanpotentiale på 327 Nm³/ton, hvilket således er markant højere end for svine-og kvæggylle, der hhv. har et metanpotentiale på 16,5 og 18 Nm³/ton. Dette skel er i mindre grad også gældende for de fleste anvendte energiafgrøder, såsom majsensilage, der har et metanpotentiale på 154 Nm³/tons (PlanEnergi; Skøtt, 2012:14). Halm kan således have en markant effekt på driftsøkonomien, som anden organisk tilsætningsmateriale til gyllen. På baggrund af dette er en fremtidig udvidelse i brugen af halm som tilsætningsbiomasse ikke usandsynlig.

På nuværende tidspunkt er der imidlertid kun et begrænset antal kommercielle halmbaserede biogasanlæg i Danmark. Dette kan skyldes, at halm stadig er et relativt nyt anden organisk materiale, hvorfor de teknologiske forudsætninger for opnåelse af gaspotentialet stadig er under udvikling. Dette betyder således, at der stadig forskes i forskellige biologiske, teknologiske og driftsmæssige forhold, relateret til håndteringen og nedbrydningen af halmen.

Samtidigt er der generelt planlægningsrelaterede problematikker forbundet med etableringen af biogasanlæg, hvilket også relaterer sig til etableringen af halmbaserede biogasanlæg i fremtiden. Disse problematikker knytter sig primært til placeringen af biogasanlæg, hvilket er betinget af flere forskellige og potentielt modsatrettede planlægningsforudsætninger.

I relation til dette påpeger Lybæk et al. (2011) at kommunerne i etableringen og placeringen af nye biogasanlæg, skal spille en mere aktiv rolle i planlægningsprocessen, end hvad hidtil har været tilfældet. Dette fremgår også i Grøn Vækst-planen, og er senere blevet vedtaget i en ændring af Planloven, hvor kommunerne forpligtes til at *"inddrage lokalisering af biogasanlæg i kommuneplanlægningen"* (Regeringen, 2009; Lybæk et al. 2013)

⁴ Jf. ordforklaring (bilag 1)

1.1.2 Vordingborg Kommune, kommuneplantillægget 2013 og Køng/Lundby

En af de kommuner der igennem deres kommuneplanlægning har vist interesse for brugen af halm, er Vordingborg Kommune. I relation til dette har kommunen i et kommuneplantillæg, forslået flere forskellige placeringer af biogasanlæg i Vordingborg-området. Et af disse placeringsforslag er ved Køng Mose i Køng/Lundby-området, hvor halm indgår i opførelsen af råvaregrundlaget (Elkjær et al. 2013). Det fremhæves dog i kommuneplantillægget at:

“Tillægget (red. har) ikke taget stilling til konkrete projektforslag, hvorfor der senere skal planlægges på baggrund af konkrete projekter. Den efterfølgende planlægning vil blandt andet rumme vurdering af de visuelle påvirkninger og tekniske aspekter, som vil relatere sig til et konkret projekt” (Vordingborg Kommune, 2013:5).

I forlængelse heraf udarbejdede Vordingborg Kommune, i samarbejde med Roskilde Universitet en prefeasibility undersøgelse, som gav et forslag til et rentabelt anlæg i Køng Mose. I undersøgelsen forudsættes et råvaregrundlag bestående af ca. 150.000 tons biomasse. Herunder kvæg-, svine og minkgylle, rajgræs og halm. Halm udgør i denne sammensætning ca. 20.000 tons. Undersøgelsen fremhæver imidlertid, at *“der vil være behov for at udvikle anlægskonceptet nærmere”* og, at *“det kan være nødvendigt at være opmærksom på tiltag, der kan sikre gasudbyttet”* (Elkjær et al., 2013:5).

På baggrund af dette, vil nærværende rapport forsøge at udarbejde et indledende forslag, som videreudvikler et anlægskoncept⁵ i relation til udnyttelsen af halm som anden organisk materiale til Vordingborg Kommune. Det primære fokus vil være en beskrivelse af de teknologiske og planlægningsmæssige udfordringer og forudsætninger, tilknyttet brugen af halm som anden organisk materiale.

⁵ Jf. ordforklaring (bilag 1)

1.2 Problemformulering

Hvilke forudsætninger skal være til stede for at etablere et succesfuldt halmbaseret biogasanlæg, og hvordan kan disse overføres til både videreudvikling og planlægning af et anlægskoncept i Køng/Lundby?

1.3 Begrebsafklaring

1) *Forudsætninger*: med begrebet forudsætninger mener vi hvilke faktorer, der har den potentielt største indflydelse på at etablere et succesfuldt halmbaseret biogasanlæg. Disse kan både være teknologiske og planlægningsmæssige.

2) *Succesfuldt*: med begrebet succesfuldt mener vi et økonomisk rentabelt halmbaseret biogasanlæg.

3) *Halmbaseret*: med begrebet halmbaseret mener vi et anlæg som, udover gylle, anvender halm som primær anden organisk materiale. Halm kan dog maksimalt udgøre 13% af den samlede råvaremængde, hvorfor yderligere 12% tilsætningsmateriale må tilsættes for at opnå den maksimale grænse for brugen af anden organisk materiale jf. nuværende og fremtidige rammevilkår (kap. 4).

Problemfeltet påviser en historisk ændring i forudsætningerne for biogasproduktion. For at sikre en stabil driftsøkonomi, er det derfor nødvendigt at inddrage overvejelser over biogassektorens udvikling under disse skiftende forudsætninger. Vi finder det derfor relevant også at undersøge biogassektoren ud fra et innovativt perspektiv, der belyser forandringernes betydning.

1.4 Arbejdsspørgsmål/læsevejledning

For at besvare problemformuleringen har vi opstillet en række arbejdsspørgsmål, som samtidig fungerer som læsevejledning, hvilket giver læseren et overblik over hvordan de forskellige kapitler er struktureret og hvordan de bidrager til besvarelsen af problemformuleringen.

- *Hvorfor er biogas relevant i en omstilling til vedvarende energi, og hvordan fungerer den biologiske/teknologiske proces?*

Første del af dette arbejdsspørgsmål vil blive besvaret ved at redegøre for de positive miljøeffekter tilknyttet brugen af biogas, som en vedvarende energikilde i det danske energisystem. Anden del vil blive besvaret ved at redegøre for hvordan en biogasproduktion forsøger at styre de biologiske processer, der foregår under udrådningen af et organisk materiale. Dette knyttes derefter til et

teknisk indblik i hvordan et anlæg er opbygget og hvordan teknologier kan facilitere eller hæmme de komplekse biologiske processer, der finder sted i udrådningsfasen.

- *Hvilke lovgivningsmæssige rammevilkår regulerer biogassektoren og brugen af halm som tilsætningsmateriale?*

I forståelsen for og analysen af hvordan et halmbaseret biogasanlæg kan implementeres i Køng/Lundby, er det nødvendigt at kende til eksisterende lovgivningsmæssige rammevilkår, der har betydning for biogasproduktion og udviklingen af samme, samt hvad der i denne forbindelse bør tages højde for i en planlægningsproces.

- *Hvilke forudsætninger har størst betydning for placeringen af et biogasanlæg med udgangspunkt i erfaringer fra allerede etablerede anlæg?*

Dette spørgsmål søges besvaret ud fra både teknologiske og geografisk bestemte forudsætninger, men ligeledes også hvordan disse forhold indgår i en planlægningsproces.

- *Hvilke teknologiske forudsætninger skal være til stede for at tilsætningen af halm understøtter en rentabel biogasproduktion?*

Idet problemformuleringen fokuserer på halm som anden organisk materiale, vil det være nødvendigt med en undersøgelse af de dominerende forbehandlingsteknologier til halm, samt indføringsmuligheder til reaktortanken.

- *Hvorledes udformes et forslag til et anlægskoncept til etableringen af et halmbaseret biogasanlæg i Køng/Lundby, der understøtter en positiv driftsøkonomi?*

I udformningen af dette forslag udarbejdes en driftsøkonomisk analyse af et anlægskoncept beliggende ved Køng Mose. Derudover evalueres stabiliteten af driftsøkonomien i forslaget ud fra en risikovurdering med nulpunktsgrafer.

- *Hvordan fungerer den nuværende etableringsproces af et biogasanlæg i Køng/Lundby-området, og hvordan kan en videreudvikling af planlægningsprocessen bidrage til implementeringen af det forslåede anlægskoncept?*

I undersøgelsen af dette spørgsmål er det nødvendigt at belyse Vordingborg Kommunes rolle i planlægningsprocessen samt samarbejdsforhold mellem relevante aktører i relation til anlægskonceptet.

- *Hvilke usikkerheder kan forbindes med investeringer i et halmbaseret biogasanlæg og hvordan kan disse behandles gennem en forståelse for innovationsprocesser?*

Jf. problemfeltet (afsnit 1.1) har udviklingen inden for biogassektoren været karakteriseret af en række problemstillinger. Dette tydeliggør, at løsninger til disse problemstillinger ikke kan foreslås uden samtidig at overveje hvilke nye problemstillinger, der kunne opstå som følge af en given løsning (halmbaseret biogasanlæg). Dette spørgsmål belyser usikkerheden, der kan forbindes med biogasanlæg der behandler halm med hammermøller, i et innovativt perspektiv.

2. METODE

2.1 Introduktion

I det følgende afsnit redegøres for de metodiske overvejelser vi har haft undervejs i projektforsløbet. Den metodiske proces har været iterativ, således at vi kontinuerligt har revurderet opgavens udformning gennem den erhvervede viden. Dette har været nødvendigt grundet en begrænset baggrundsviden inden for biogasefeltet ved projektstart.

I besvarelsen af problemformuleringen har det været nødvendigt at opridses undersøgelsesfeltet gennem en række afgrænsninger, som ligeledes præsenteres i dette afsnit.

Det metodiske kapitel vil dermed blive inddelt i fire underkapitler; *Inspiration til metode*, *Empirisk strategi*, *Præsentation af Køng/Lundby som case* og *Afgrænsning*, som tilsammen skaber et overblik over opgavens udgangspunkt, inden den indsamlede viden behandles. Dette skal give læseren et overblik over hvordan en case-orienteret analyse vil besvare problemformuleringen.

2.2 Inspiration til metode

I nærværende projektrapport, har vi ikke arbejdet ud fra en specifik metodisk tilgang til problemstillingen. Vi har derimod valgt at lade os inspirere af grundlæggende elementer fra metoden 'backcasting' med en teknologisk vision i form af førnævnte anlægskoncept.

"Backcasting is a planning methodology that is particularly helpful when problems at hand are complex and when present trends are part of the problems. When applied in planning towards sustainability, backcasting can increase the likelihood of handling the ecologically complex issues in a systematic and coordinated way, and also to foresee certain changes (...) and increase the chances of a relatively strong economic performance." (Holmberg & Robèrt, 2000:1).

Vi har adopteret en metodisk grundstruktur i vores arbejde, men samtidig givet plads til at metoden kan formes ud fra den specifikke problemstilling. Dette kommer til udtryk i projektrapportens analytiske opbygning i delanalyse 2, hvilken minder om backcasting. Dette skyldes, at der først redegøres for de ideelle tilstande i forbindelse med udformningen af et rentabelt anlægskoncept, for derefter at blive redegjort for de reelle tilstande i planlægningsprocessen omkring et muligt

anlæg. Slutteligt foreslås hvordan det er muligt at bevæge sig fra den reelle tilstand til den ideelle tilstand.

Med en vision om fremtiden, og et afsæt i nutiden, bevæger vi os dermed ud i en analyse, der belyser en løsningsorienteret tilgang til de problemstillinger, der opstår i fase 2 i etableringsforløbet. Vi tager dermed backcasting til et mikroniveau, hvor tilgangen til de teknologiske løsninger er i centrum. Da vores backcasting består af et anlægskoncept, er fokus på teknologien.

2.3 Empirisk Strategi

Vores empiriske tilgang kan inddeles i to faser, herunder empiriindsamlinger, der har til formål at danne en baggrundsviden omkring forudsætningerne for en etablering af et halmbaseret biogasanlæg og empiriindsamlinger, der på baggrund af denne empiriske baggrundsviden, skal tilegne projektgruppen en mere specifik og reflekteret forståelse for besvarelsen af vores problemformulering.

Vi anvender således en række interviews, feltture og videnskabelige artikler til at skabe et overblik over hvilke forudsætninger, der er nødvendige ved etableringen af et anlæg i Køng-Lundby. Denne empiri vil ikke udelukkende behandles på et redegørende plan, men vil også kræve en analytisk tilgang. De kvalitative empiriindsamlinger introduceres kort i tabellen nedenfor, og efterfølgende præsenteres de forskellige informanter mere uddybende, i sammenhæng med de respektive feltture.

Empirisk baggrundsviden omkring forudsætningerne for en etablering af et (halmbaseret) biogasanlæg	Empirisk indsamling, der direkte relaterer sig til etableringen af Køng/Lundby anlægget.
Semistruktureret interview med Flemming Goldberg-Larsen, Projektleder på Bioenergi Sjælland-projektet. Semistrukturerede interviews med tre forskellige biogasproducenter:	Initiativgruppen bag etableringen af Køng/Lundby anlægget: Fælles semistruktureret interview: Poul Erik Rønje, tidligere formand for Køng Borgerforening

1. Henrik B. Møller, Seniorforsker på IBT (Miljø og Klimateknik), Institut for Ingeniørvidenskab, Århus Universitet 2. Arne M. Jensen, direktør for Bånlev Biogas A/S. 3. Preben Larsen, driftsleder for Kettinge-forsyning på Nysted Biogas Skype-interview med Rolf Christensen, seniorkonsulent for REFA Energi A/S (Nysted Biogas) Telefoninterview med Peter Nielsen, Eksportansvarlig EUROMilling A/S. Feltture: 1. <i>Foulum Biogas forskningsanlæg</i>, en del af Aarhus Universitet, Tjele Kommune 2. <i>Bånlev Biogas A/S</i>, beliggende i Trige, Århus Kommune 3. <i>Nysted Biogasanlæg</i> beliggende i Kettinge, Guldborgsund Kommune	Peter Larsen, substitut for Lundby borgerforening Peter Tillisch, godsejer og landmand i Vordingborg Telefoninterview med Tyge Kjær, Lektor og vejleder, ENSPAC, Roskilde Universitet
---	--

2.3.1 Interviews og feltture

Interview: Flemming Goldberg-Larsen, Projektleder på Bioenergi Sjælland-projektet, Energiklyngecenter Sjælland (Trekroner, 11.03.14)

Formålet med interviewet med Flemming Goldberg-Larsen var at opnå en baggrundsviden omkring planlægningsprocessen af biogasanlæg på Sjælland. Dette gav en forståelse for hvilke udfordringer, der præger udviklingen af biogassektoren og hvordan man fra Energiklyngecenterets side forsøger

at imødekomme disse udfordringer. Idet Køng/Lundby er en del af dette bioenergi-projekt, fandt vi det relevant med en baggrundsviden omkring hvordan man arbejder med projekter som disse.

Interviewet var meget åbent, idet vores egen viden på dette tidspunkt i processen var begrænset og vi netop ønskede at komme vidt omkring. Interviewet bliver derfor også kun i mindre grad anvendt som reference i rapporten, da det ikke direkte omhandler Køng/Lundby-projektet eller andre konkrete anlæg vi kan drage erfaringer fra. Det har dog bidraget til vores forståelsesramme i forhold til etableringen af et biogasanlæg, med henblik på politiske, økonomiske og planlægningsmæssige barrierer, allerede på et tidligt stadie i projektet. Dette er ligeledes årsagen til, at vi ikke henvender os direkte omkring Køng/Lundby-casen i vores kommunikation med Energiklyngecenteret, da vi på dette tidspunkt i processen ikke havde den fornødne forforståelse (Lydfil kan findes i bilag 2).

1) Empirisk feltstudie: AU Foulum Forskningsbiogasanlæg (Foulum, 07.05.14)

Århus Universitet har investeret i et biogasanlæg som bruges til storskalaforsøg med svært nedbrydelige biomasser. Anlægget blev taget i brug i 2007, og benyttes til forsøg med mange forskellige biomasser. Særligt halm har været et fokusområde inden for de seneste år, hvorfor forskellige teknologier til forbehandling af halm er integreret i anlægget (Aarhus Universitet, 2014).

En af de forskere, der til daglig arbejder med testanlægget er seniorforsker Henrik B. Møller, som i denne forbindelse gav os en rundvisning på anlægget og et efterfølgende interview (Noter kan findes i bilag 3).

Interview: Henrik B. Møller – Seniorforsker på IBT (Miljø og Klimateknik) - Institut for Ingeniørvidenskab, Århus Universitet

Henrik Møller er ekspert indenfor området omkring biogas og har arbejdet med brugen af halm i 25 år. Han har desuden skrevet og været medforfatter på utallige artikler og rapporter omkring netop brugen af halm som tilsætningsmateriale, hvorfor vi særligt ønskede et interview med ham. Henrik Møller har arbejdet på Foulum-anlægget i otte år, og besidder derfor en stor teknologisk viden, der har relevans i forhold til vores forståelse af potentialet i halm, men også hvilke udfordringer man står overfor. Interviewguide og lydfil kan findes i hhv. bilag 4 og 5.



Billede: Foulum Forskningsanlæg, eget foto

2) Empirisk feltstudie: Bånlev Biogas A/S (Trige, 07.05.14)

Vi har besøgt Bånlev Biogas A/S, som ligger i Trige uden for Århus. Bånlev Biogas er det eneste kommercielle anlæg i Danmark, der gennem længere tid har brugt halm til biogasproduktion i praksis. Anlægget blev bygget først i 90'erne og var ejet af Århus Kommune gennem 10 år, indtil det i 2004 blev stiftet som selskab og solgt til den gruppe af landmænd, der leverede husdyrgødning til anlægget (Baanlev.dk). Formålet med besøget var således at få et visuelt overblik og en forståelse for biogasprocessen med halm som tilsætningsmateriale i praksis. Noter kan findes i bilag 6.

Interview: Arne M. Jensen, direktør for Bånlev Biogas A/S.

Arne Jensen er direktør for Bånlev Biogas og besidder derfor stor viden omkring driftsmæssige, biomasserelaterede, teknologiske og økonomiske forhold, samt aftaler med leverandører og landmænd. Han har bidraget til en øget forståelse omkring hvilke forudsætninger, der er nødvendige for at et anlæg kan fungere med halm som tilsætningsmateriale. Interviewguide og lydfil kan findes i hhv. bilag 7 og 8.



Billede: Bånlev Biogas, eget foto.

3) Empirisk Feltstudie: Nysted Biogas (Kettinge, 14.05.14)

Biogasanlægget i Nysted blev sat i drift i 1998, men er siden 2012 forpagtet af REFA Kettinge Forsyning ApS, mens ejerkredsen i dag består af 24 lokale landmænd og Guldborgsund Kommune, og er ligesom Bånlev en andelsforening med begrænset ansvar. Anlægget producerer biogas, der primært omdannes til strøm til el-nettet og sekundært fjernvarme (Kettingeforsyning.dk). Anlægget benytter forskellige biomasser og har derfor ikke primært fokus på halm. Formålet var her at drage nytte af anlæggets driftserfaringer, da den økonomiske situation for anlægget har været svingende.

Interview: Preben Larsen, driftsleder for Kettinge-forsyning på Nysted Biogas

Preben Larsen har været ansat på Nysted Biogas siden 1997 og har derfor mange års erfaring med driften af anlægget og de udfordringer anlægget har gennemgået. Formålet med interviewet var, at Preben Larsen kunne uddybe hvilke faktorer der har betydning for driften af et biogasanlæg, hvilke problematikker der typisk opstår og hvordan man håndterer dem. Interviewguide og lydfil kan findes i hhv. Bilag 9 og 10.



Billede: Nysted Biogas, eget foto.

Skype-interview: Rolf Christensen, seniorkonsulent, REFA Energi A/S, Nysted Biogas

Rolf Christensen har en stor viden inden for det driftsøkonomiske aspekt hos Nysted Biogas og kunne i denne sammenhæng supplere den mere tekniske viden, som vi erhvervede ved interview af Preben Larsen. Rolf Christensen var derved i stand til at uddybe de økonomiske spørgsmål, der opstod i forbindelse med besøget på Nysted Biogas. Lydfil kan findes i bilag 11.

Telefoninterview: Peter Nielsen, eksportansvarlig, EUROmilling A/S.

I behandlingen af halm som tilsætningsmateriale har det været nødvendigt med en tilegnelse af viden af mere teknisk karakter i forhold til forbehandlingsteknologier. Peter Nielsen arbejder for EUROmilling, som er en *“specialiseret materiale- og procesteknologisk virksomhed, der leverer formalings udstyr til forarbejdning af foder og avancerede industrielle materialer”* (Procesanlæg.dk), og kunne derfor bidrage med specifikke data omkring hammermøllen.

***Fællesinterview: Køng/Lundby Initiativgruppen: Poul Erik Rønje, Peter Larsen og Peter Tillisch
(Vordingborg, 15.05.14)***

Poul Erik Rønje, Peter Tillisch og Peter Larsen er initiativtagerne bag Køng/Lundby-projektet. De har hverken en baggrund inden for energi-, teknologi- eller miljøplanlægning, men er hver især selvstændige erhvervsdrivende. De er imidlertid ildsjæle fra lokalområdet og kunne derfor fortælle os omkring drivkræfterne bag projektet samt planlægningsprocessen indtil videre, herunder hvilke barrierer man har mødt og hvilke overvejelser man har gjort sig. Interviewguide og lydfil kan findes i hhv. bilag 12 og 13.

Telefoninterview: Vejleder Tyge Kjær lektor, Lektor ved Institut for Miljø, Samfund og Rumlig Forandring (22.05.14)

Vi har fundet det nødvendigt at basere dele af vores udregninger på tal indhentet fra vores vejleder Tyge Kjær. Telefonmødet omhandlende udvalgte specifikationer til udformningen af anlægskonceptet og fungerede derfor i en vis grad som ekspertinterview. Lydfil findes i bilag 14.

2.3.2 Videnskabelige artikler

Som en del af det empiriske grundlag har vi benyttet en række videnskabelige artikler og rapporter, med det formål at opnå en baggrundsviden inden for området, men ligeledes for at understøtte eller udfordre de udførte interviews.

Dette drejer sig primært om Elkjær et al. (2013), Fagerberg (2005), Jørgensen (2009), Lybæk et al. (2011), Rasmussen (2014) og Tybirk (2012).

2.4 Præsentation af Køng/Lundby som case

Vi har valgt at arbejde case-orienteret i dette projekt, for at opnå konkret viden om problematikker, som potentielt kan have en generel effekt på en succesfuld udvikling af biogassektoren. Eftersom der ikke findes et 'generelt' eller 'standardiseret' biogasanlæg, finder vi det nødvendigt at tage udgangspunkt i driftserfaringer fra specifikke anlæg, for således at overføre denne kontekstuelle viden til det konkrete projekt i Køng/Lundby. Dette gøres gennem case-analysen af Køng/Lundby,

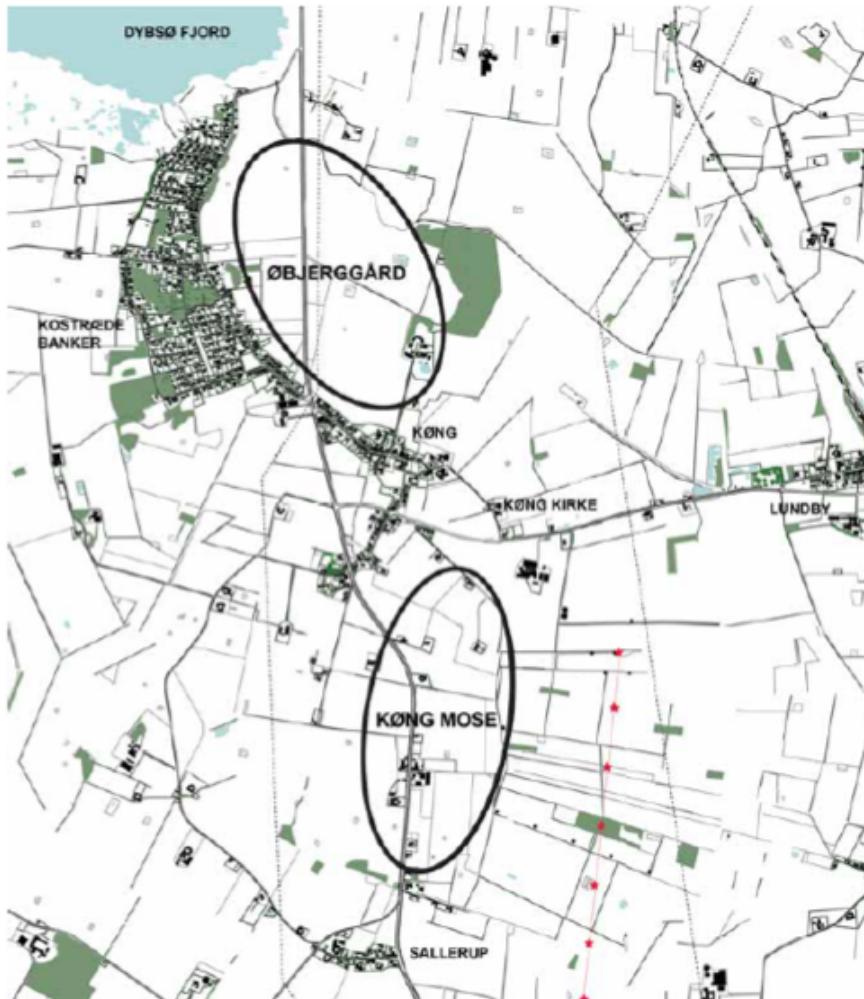
hvilket således skaber en transfereringsværdi, der potentielt kan videreudvikle den reelle planlægningsproces.

Da Køng/Lundby-projektet netop er i opstartsfasen og endnu ikke etableret, giver det vores projekt relevans, da de forudsætninger vi identificerer gennem rapporten, principielt kunne blive inddraget i den nuværende etableringsproces af et biogasanlæg ved Køng Mose. Som nævnt eksisterer der ikke et generelt biogasanlæg, da der er variationer i størrelse, råvaregrundlag, teknologier mm. Case-analysen skal derfor ikke opfattes som repræsentativ for alle biogasanlæg. Målet er ikke at producere generaliserbar viden omkring implementeringen af andre succesfulde anlæg, men at bidrage til et specifikt projekt, hvilket andre projekter i større eller mindre grad kan drage erfaringer fra. Dette understreger yderligere behovet for en case-orienteret tilgang til en problemstilling som vores.

2.4.1 Køng/Lundby-projektet i korte træk

Køng/Lundby-projektet blev initieret i 2010, i et forsøg på at udvikle et miljøprojekt omkring den lokale fjernvarmeforsyning i Vordingborg og omegn. Initiativtagerne bag projektet var en lokal gruppe, bestående af godsejer og landmand Peter Tillisch, tidligere formand for Køng Borgerforening Poul-Erik Rønje og substitut for Lundby Borgerforening, Peter Larsen. Projektets fokus blev dog ændret til at omhandle biogas i starten af 2011, da Energiklyngecenter Sjælland blev inddraget (Interview, Tillisch et al.). Herfra blev de tre initiativtagere således inkluderet i det regionale samarbejdsprojekt *Bioenergi Sjælland*⁶, som forsøger at fremme bl.a. biogasudviklingen i Region Sjælland. Samarbejdet mellem initiativtagerne og Energiklyngecenter Sjælland udmøntede sig i en indledende prefeasibility undersøgelse af lokalområdet, som blev udarbejdet af Roskilde Universitet, på baggrund af områdets råvaregrundlag (Vordingborg Kommune, 2013). Undersøgelsen konkluderede, at der var fire potentielle placeringer til biogasanlæg i Vordingborg Kommune, hvor en af placeringerne var i Køng/Lundby på vestsiden af Peter Larsens grund ved Køng Mose. Det oprindelige placeringsforslag var på Peter Tillischs grund, ved Øbjerggård (se figur 1), men blev efter modstand fra lokalbefolkning ændret.

⁶ Bioenergi Sjælland styres af Energiklyngecenter Sjælland som herigennem har udviklet 18 cases om bioenergi i forskellige typer af anlæg, tilpasset lokale, geografiske ressourcer og vilkår, hvoraf én af disse er i Køng/Lundby (Energiklyngecenter Sjælland, 2012). Bioenergi Sjælland- projektet er oprindeligt oprettet af BioWatt, og blev i 2012 støttet med 17 mio. kr. af Vækstforum Sjælland og EU's regionalfondsmidler, samt egenkapital.



Figur 1: Figuren er fra Energistyrelsen, 2013: 5

Sideløbende med denne proces har Vordingborg Kommune i forlængelse af deres klimastrategi fra 2010⁷, brugt de ovennævnte placeringsforslag i udarbejdelsen af deres kommuneplan for 2013 – 2025. I december 2013 blev tillæg nr. 2 til kommuneplanen vedtaget.

Et par dage før vedtagelsen af tillægget, havde initiativtagere, repræsentanter fra Vordingborg Kommune, Energiklyngecenter Sjælland, Agrobi og Roskilde Universitet i fællesskab, aftalt at *“der skulle udarbejdes en vurdering af råvaregrundlaget til dimensionering af biogasanlægget, bl.a. med det formål at bidrage til udvikling af projektet og til den videre myndighedsbehandling”* (Elkjær et al., 2013:1). Dette ledte således til endnu en prefeasibility undersøgelse udarbejdet af Roskilde

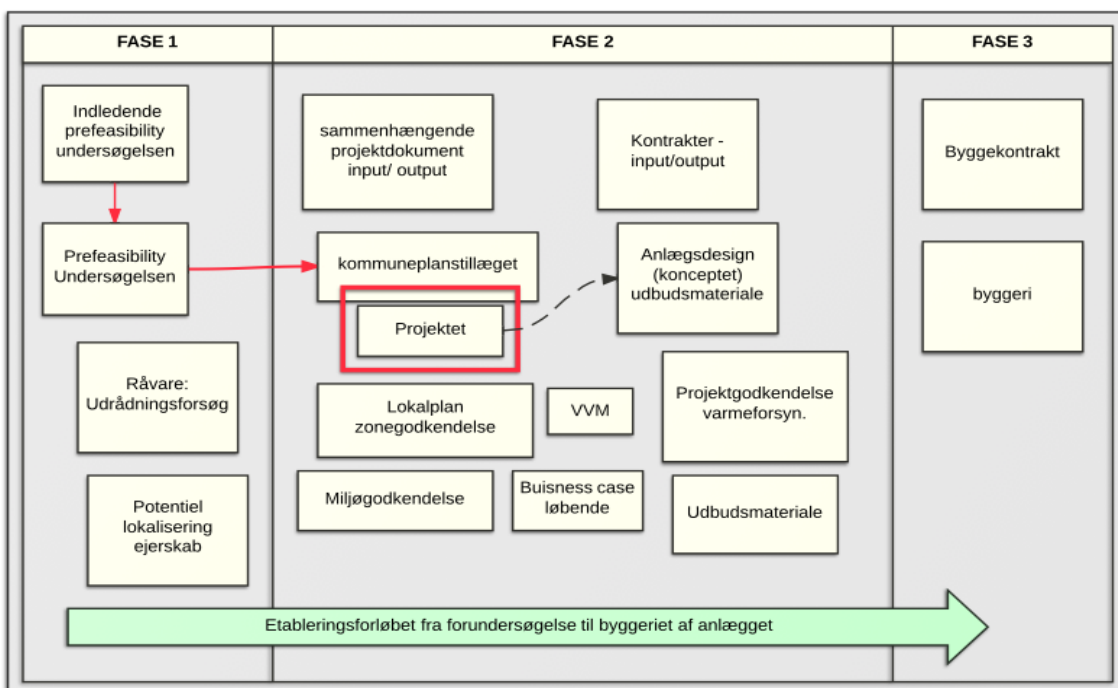
⁷ Vordingborg Kommunes klimastrategi: *“40% af husdyrgødningen bliver anvendt til produktion af biogas i 2020, hvilket skal bidrage til reduktion af CO₂-udledningen med 5.000 ton”* (Vordingborg Kommune, 2013:3).

Universitet, som foreslog et konkret biogasanlæg med tilknyttet opgraderingsanlæg (Elkjær et al., 2013).

2.4.2 Planlægningsfaser

Prefeasibility undersøgelsen ligger således til grund for nærværende rapport og kan dermed opfattes som en form for konkretisering af Køng/Lundby-projektet, sådan som Vordingborg Kommune efterlyser i kommuneplantillægget.

For at visualisere hvor vores projektforslag befinder sig i det hidtidige planlægningsforløb, har vi valgt at anvende Tyge Kjærs udlægning af et typisk etableringsforløb for et biogasanlæg, *"fra feasibility til anlæg"* (Kjær, 2014: slide 22), som illustreres på figur 2 nedenfor. Det primære formål med figuren er at give læseren et indblik i hvilken fase i etableringsforløbet projektforslaget udarbejdes inden for. Et andet formål er at give læseren et overblik over en typisk etableringsproces fra forundersøgelse til færdigetablet anlæg:



Figur 2: Etableringsforløbet fra forundersøgelse til byggeriet af et anlæg, fase 1-3.

2.5 Afgrænsning

Efter en præsentation af hvilken planlægningsfase vi beskæftiger os med, skal det samtidig pointeres, at vi afgrænser os fra de resterende områder i fase 2, som kan ses på figuren ovenfor, samt fase 3 af etableringsprocessen.

Vi har derudover valgt at afgrænse os fra tre hovedområder, som har en indvirkning på vores fokusområde, men dog ligger uden for besvarelsen af vores problemformulering. Nedenstående har således til formål at argumentere for hvorfor disse ikke er inkluderet i analysen. Ydermere skal de forstås som alternative fokusområder, der i andre projekter potentielt kunne være relevante at undersøge.

1. Omstilling af landbruget: Projektet afgrænses fra at belyse problematikker knyttet til arealændringer og dyrkning af landbrug generelt, da det er selve råvaregrundlaget for biogas i landbruget, vi finder relevant. Dette er med udgangspunkt i halm og således ikke råvaregrundlaget for energiafgrøder og anden organisk materiale, der kunne have potentiale.

Denne afgrænsning har naturligvis en betydning for konklusionen, da der kan argumenteres for, at biogasteknologien potentielt kan facilitere en omstilling af landbruget, som vi kender det i dag. Dette bl.a. med udgangspunkt i hvordan biogas potentielt kan være med til at skabe økonomisk vækst i den konventionelle landbrugssektor.

2. Brugen af energiafgrøder: Vi afgrænser også rapporten fra at forholde sig til brugen af energiafgrøder. Dog indgår rajgræs i beregningerne for anlægget ved Køng Mose som supplement til halm, grundet reglerne om 25% tilsætningsmateriale til husdyrgødningen. Vi forholder os ikke til yderligere overvejelser ved brugen af denne energiafgrøde, da udgangspunktet for denne rapport er halm som et restprodukt og ikke energiafgrøder. Årsagen til afgrænsningen fra energiafgrøder skyldes til dels, at brugen af disse, jf. tillægsbetænkningen, ønskes reduceret i fremtiden, samt de negative ILUC-effekter energiafgrøder kan medføre, som er et projekt i sig selv at undersøge.

Vi afgrænser os også fra andre organiske materialer såsom fiskeri-, industri- og slagteriaffald, da man allerede nu oplever en begrænsning i tilgængeligheden af disse ressourcer og derfor har været nødsaget til at importere disse typer tilsætningsmaterialer fra andre lande (REFA Årsberetning, 2012:18).

3. Teknologi og kraftvarme: Der findes mange forskellige teknologier til forbehandling af halm som tilsætningsmateriale, men vi afgrænser os til kun at fokusere på ekstrudering, oprivning og pulveriseringsteknikker, da vi gennem projektarbejdet har vurderet disse til at have det mest lovende potentiale i forhold til at opnå det bedste gasudbytte. Desuden er det de teknologier, der foreligger mest data omkring og derfor er testet mest. Det kunne have været ligeså relevant at fokusere på andre teknologier, men da data på området er begrænset, fandt vi det nødvendigt at tage udgangspunkt i de teknologier, der bliver forsket i og brugt i praksis.

Da det planlagte biogasanlæg i Køng/Lundby forventes at distribuere opgraderet biogas til naturgasnettet, vil dette være udgangspunktet for den videre analyse. Derfor afgrænser vi projektet fra at undersøge den lokale kraftvarmeproduktion distribueret i Køng/Lundby-området, og således hvordan efterspørgslen på fjernvarme kan påvirke driften af biogasanlægget. Vi afgrænser os dog fra en dybdegående undersøgelse af denne optimeringsproces, da man stadig forsker i opgraderingsteknologier.

Vi foretager ikke en direkte afgrænsning i produktionskæden for biogas, men vil primært have fokus på de led hvor tilsætningsbiomassen tilføres, og hvad der har betydning ift. Dette – det vil sige primært udvindingsleddet og forarbejdningsleddet. Der ville være mange interessante spørgsmål relateret til det sidste led i kæden omkring selve brugen af energi – herunder hvordan man kan mindske energiforbruget. Dette har dog ingen relevans for besvarelsen af den udformede problemformulering.

2.6 Analysestrategi/Projektdesign

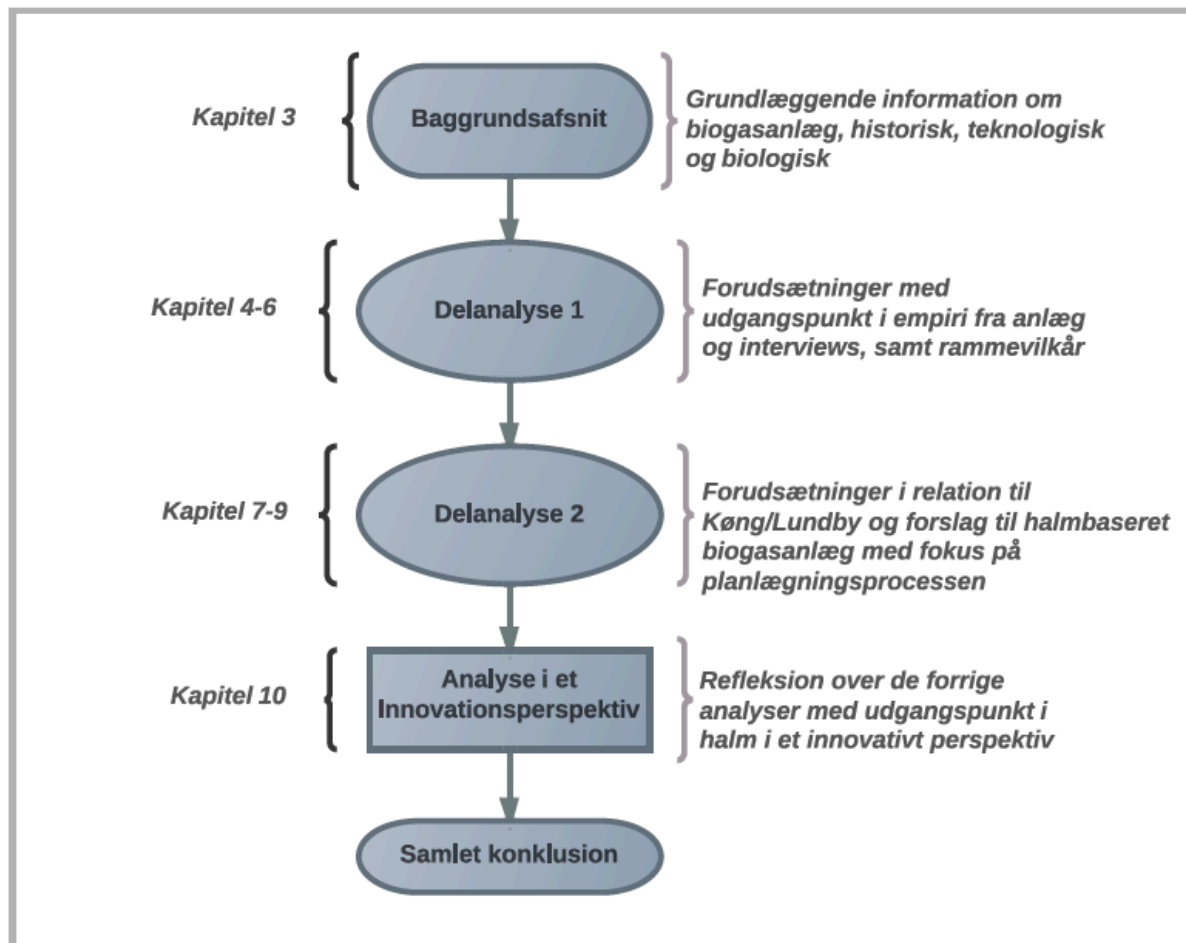
På baggrund af den beskrevne empiriske strategi introduceres her vores analysestrategi. Denne præsenteres visuelt i figur 3, som også udgør projektdesignet og dermed giver et overblik over hvordan rapporten er struktureret.

Rapporten er struktureret således, at der efter et generelt baggrundsafsnit gøres brug af de specifikke besøgte anlæg samt anden empiri, i kortlægningen af relevante forudsætninger. Dette gøres i en **delanalyse 1**, som identificerer disse forudsætninger.

Den følgende analyse vil drage på konklusionen fra delanalyse 1 i kombination med empiri direkte relateret til det planlagte anlæg, og dermed udgøre en case-specifik analyse, betegnet **delanalyse 2**.

Denne analyse vil indeholde det omtalte forslag til anlægskoncept samt en analyse af nuværende forhold i Vordingborg Kommunes planlægningsproces samt forbedringsmuligheder.

Afslutningsvis følger en reflekterende analyse af halmbaseret biogasanlæg forstået som teknologisk innovation.

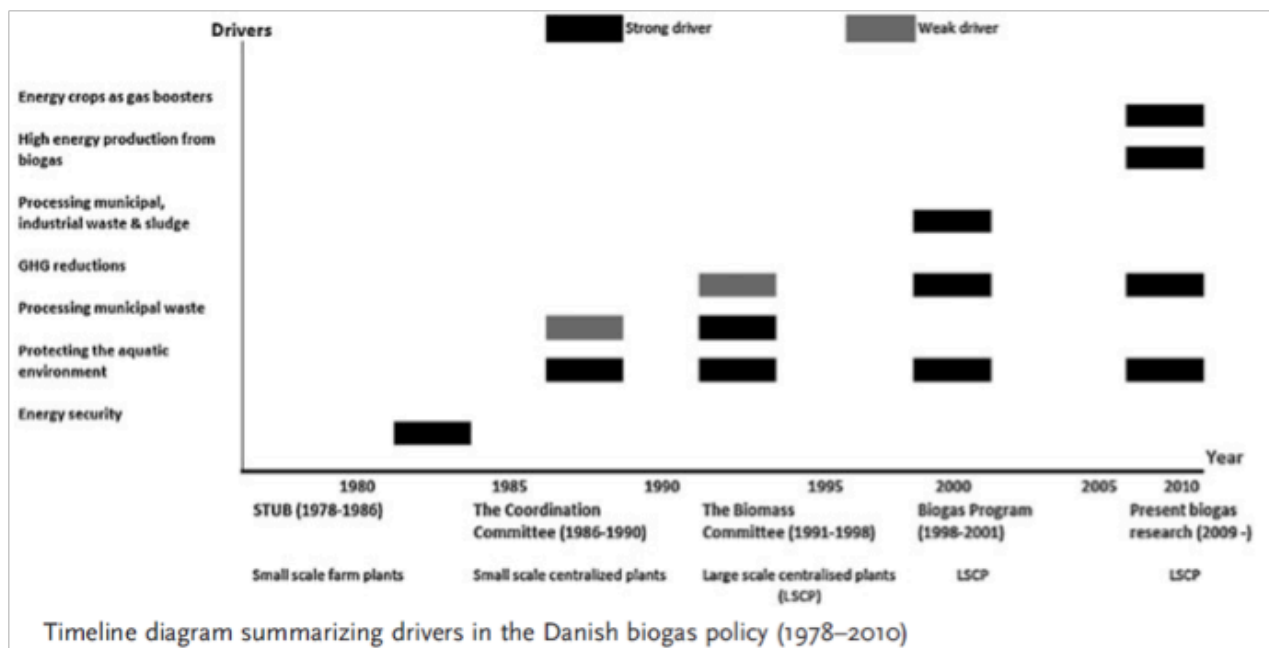


Figur 3: Analysestrategi/Projekt design

3. HVORFOR KONVENTIONEL BIOGAS?

3.1 Kort historisk udvikling

Energiproducerende biogasanlæg, som vi kender dem i dag, blev først introduceret i 1970'erne, grundet oliekrisen i 1973, som gjorde det interessant at fokusere på andre energiformer. Dette fik den danske stat til i første omgang at investere i forsknings- og udviklingsprogrammet STUB - Samarbejdsgruppen for Teknologisk Udvikling af Biogasanlæg (Jørgensen, 2009). På baggrund af udviklingen af kommerciel biogasproduktion de seneste 40 år, har det entydige fokus på biogassens rolle ift. forsyningssikkerhed udviklet sig til at inkludere flere forskellige formål inden for både energi- og landbrugssektoren samt materialeeffektivisering. I dag findes der 21 biogasfællesanlæg og 46 gårdanlæg, mens der var omkring 30 projekter på tegnebrættet i oktober 2012 (INBIOM.dk). Figur 4 nedenfor illustrerer, at dér, hvor *det offentlige* har rettet sit fokus, har forsøget på innovation fulgt med gennem F&U⁸. Dette betyder, at fokus på problemstillinger som energiforsyning og miljøbeskyttelse kan forstås som drivkræfter bag de innovative studier, der har bidraget til formning af biogasteknologien i et system.



Figur 4: (Lybæk et al., 2011). Figuren illustrerer de forskellige F&U-biogasprogrammer i Danmark fra 1978 til 2010. En detaljeret beskrivelse af disse programmer kan findes i bilag 15.

⁸ Jf. ordforklaring (bilag 1)

Efter denne korte historiske gennemgang, vil nedenstående kapitel introducere de primære positive miljøeffekter ved biogas. Denne opdeling er kun lavet for at give et overblik over biogassektoren, og afspejler derfor ikke nødvendigvis forholdet mellem de forskellige sektorer i den virkelige verden.

3.2 Positive miljøeffekter ved biogas

3.2.1 Bedre udnyttelse af næringsstoffer

Når vi gøder marken med kunstgødning eller almindelig husdyrgødning påvirker vi jordens kvælstofstofbalance, idet vi tilfører mere kvælstof end hvad der naturligt optages i kredsløbet, hvorfor en del af kvælstoffet udvaskes til det omkringliggende luft- og vandmiljø (Erisman et al., 2009:215). Produktion af biogas reducerer denne risiko for udvaskning af næringsstoffer på flere måder, bl.a. ved at benytte afgasset gylle i stedet for anden gødning. Når gyllen er afgasset kan afgrøderne bedre udnytte næringsstofferne, da den afgassede gylle er tyndere end rågylle, og derfor hurtigere siver ned i jorden. Samtidig med dette er den nemmere for afgrøderne at optage, idet bakterier i forgasningsprocessen i biogasanlægget omdanner en del af det organisk bundne kvælstof til mineralsk kvælstof. Dette understøttes af nedenstående citat:

“Danske forskere kalkulerer med, at 45 procent af det organisk bundne kvælstof i husdyrgødning udvaskes, mens kun 30 procent af det mineralske kvælstof udvaskes – uanset om det kommer fra husdyrgødning eller kunstgødning” (energinet.dk, a).

Landmanden har desuden mulighed for at ‘omfordele’ næringsstofferne ved gylleseparation, hvor fosfor og kvælstof adskilles. Dette gør det muligt at tilføre næringsstoffer efter de enkelte afgrøders reelle behov, hvilket reducerer risikoen for udvaskning af næringsstofferne. Derudover kan en øget viden om den individuelle mængde af de forskellige næringsstoffer lede til en videregivelse af overskydende mængder separeret fosfor til andre landbrug. Dette kan således forhindre et tab af fosfor, som i fremtiden bliver en begrænset ressource (Déry & Anderson, 2007:12).

3.2.2 Fortrængning af drivhusgasser

En biogasproduktion fortrænger den mængde CO₂-ækvivalenter, der ellers ville være udledt ved afbrænding af fossile brændsler som olie, kul og gas i produktionen af el og varme. Hvor meget der imidlertid bliver fortrængt afhænger af hvad præcis biogassen erstatter. *“Hvor EU’s krav til biobrændstoffers drivhusgasfortrængning i forhold til brug af fossilt brændstof i dag er på 35 procent, er fortrængningen ved brug af biogas langt over 100 procent”* (Videnskab.dk, 2012). Dette kan forklares ved, at vores nuværende energiforbrug (med fossile brændsler) er skadeligt for miljøet, hvorimod jo mere biogas vi producerer til energi, jo bedre er det for miljøet, da denne produktion også har andre positive effekter.

Når biogas almindeligvis anses for værende CO₂-neutral skyldes dette, at den CO₂ der udledes ved afbrændingen af biogassen stammer fra den CO₂ planterne i sin tid optog gennem fotosyntesen, inden de blev høstet og brugt som biomasse (Jørgensen, 2009:26). Man bør dog være opmærksom på, at det kan diskuteres hvor CO₂-neutralt et anlæg er, hvis det primært drives af tilsætningsmateriale som energiafgrøder, da disse kan medføre intensivering af fødevareproduktion et andet sted i verden, med andre negative miljømæssige konsekvenser til følge (ILUC⁹-effekter). Dette er dog ikke en diskussion denne rapport vil tage op, men blot en pointe at have in mente.

CO₂-ækvivalenter:

1 kg Metan (CH₄) = 22 kg CO₂e

1 kg Lattergas (N₂O) = 310 kg CO₂e

Både metan og lattergas er mere skadelige for atmosfæren end CO₂, hvorfor en reduktion af disse gasser også er en vigtig faktor at medtage (se boks til venstre). Metanen fra husdyrgødningen bliver omdannet til gas i biogasanlægget, og udledes dermed ikke i atmosfæren, da den omdannes til

CO₂ når biogassen anvendes som brændsel. Lattergas dannes når ikke-afgasset gylle spredes på markerne, og bakterier i jorden omdanner kvælstof fra f.eks. ammonium til ammoniak. Dette mindsker man derfor ved at bruge afgasset gylle som gødning, idet planterne bedre optager kvælstoffet herfra og der derfor er mindre tilovers, der kan omdannes og udlede lattergas (energinet.dk, a).

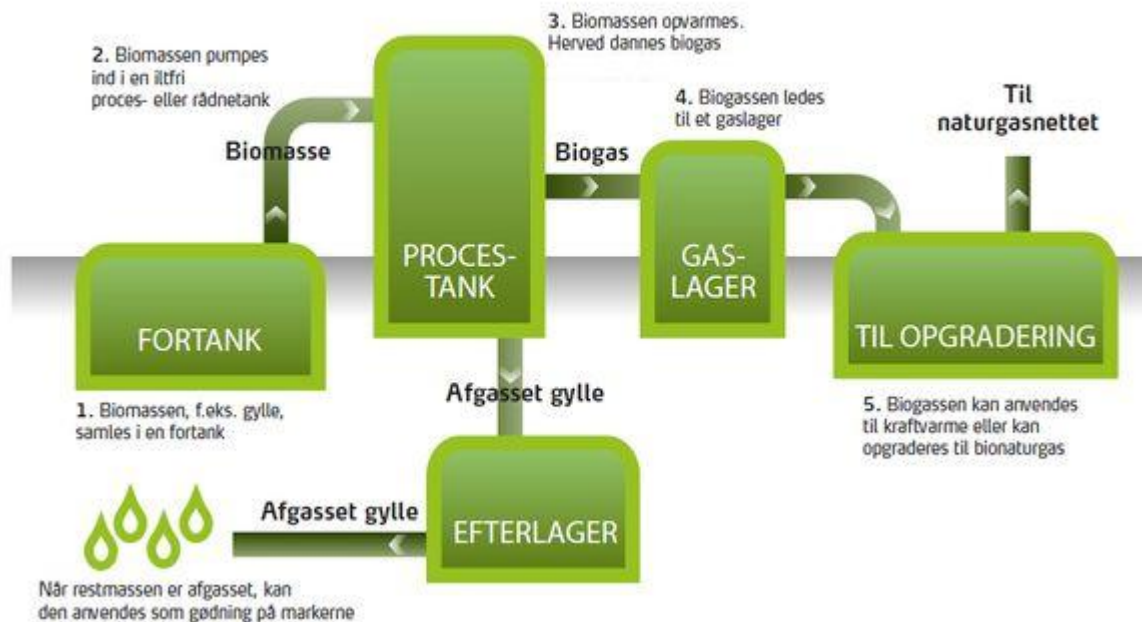
⁹ Indirect Land-Use Change

3.2.3 Bedre udnyttelse af restprodukter

Vi producerer mere og mere affald fra både husholdning, industri og landbrug. En del af dette organiske affald kan netop bruges i biogasprocessen, som således behandler en masse materiale, der ellers blot ville gå til spilde eller have negative miljøeffekter ved bortskaffelse. Samtidig kan *“de vigtigste næringsstoffer sendes retur til landbruget og erstatte dyrt indkøbt kunstgødning”* (NIRAS.dk). Selv om en stor del affald i dag afbrændes i energiproducerende forbrændingsanlæg, er energiudnyttelsen højere i den biologiske affaldsbehandling (BioPress.dk, 2011). Man kan derfor opnå større ressourceeffektivitet og således fremme en mere cirkulær behandling af restprodukter, hvor naturens ressourcer genbruges og gavner i andre sektorer.

3.3 Teknisk gennemgang

Nedenstående figur 6 skal fungere som simpel overbliksgivende model over udformningen af et klassisk biogasanlæg, samt den proces biomassen skal igennem fra opsamling til anvendelse af gassen (bionaturgasdanmark.dk). Det er dog ikke alle anlæg, der har opgraderingstank som vist på figuren ligesom det er nødvendigt med et ekstra led til forbehandling, når der er tale om halm som andet organisk materiale.



Figur 6: (Bionaturgasdanmark.dk), *Biogasprocessen*

Styringen af selve nedbrydningsprocessen af biomassen i 'procestanken' eller 'reaktortanken' er imidlertid kompliceret, idet nedbrydningen af organiske materialer er en naturlig proces, som normalt forgår under anaerobe forhold i miljøer såsom sumpe og moser (Jørgensen, 2009). Det er samtidig også denne del af processen, der primært vil være fokus på i denne rapport.

Når man producerer biogas, er det således et forsøg på at efterligne, kontrollere og optimere denne naturlige proces, så man får et rentabelt gasudbytte.

Nedbrydningsprocessen af biomassen er derfor afhængig af et sammenspil mellem mange forskellige bakterier, der i fællesskab nedbryder makromolekyler (meget komplekse sammensætninger) til mikromolekyler, såsom metan, kuldioxid, vand og ammoniak. Opholdstid og gasudbyttet i reaktortanken er derved afhængig af de enkelte bakterier, deres sammensætning og forhold til hinanden, hvilket i høj grad påvirkes af den indførte biomasse, temperaturen i reaktortanken og omrøringen af biomassen (Jørgensen, 2009; Fantozzi et al., 2008).

Nedbrydningsprocessen deles almindeligvis op i tre trin, henholdsvis;

1) *Hydrolyse*

2) *Fermentation (syredannelse)*

3) *Metanogenese (metandannelse)*

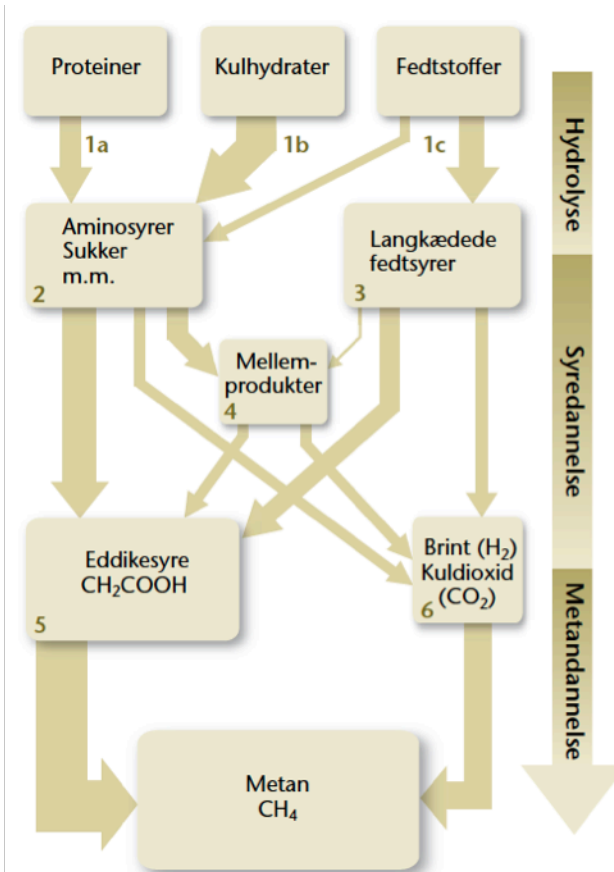
(Jørgensen, 2009:8).

Illustrationen af disse processer ses på figuren til højre.

Husdyrgødning består af en række komplekse højmolekylære stoffer som i *hydrolysen* nedbrydes til lavmolekylære stoffer under anaerobe forhold. Dette foregår extracellulært - altså uden for cellerne. Der er imidlertid en del stoffer som f.eks. lignin, der er svært nedbrydelig grundet dens komplekse sammensætning, og derfor slet ikke kan nedbrydes under anaerobe forhold. Man regner generelt kun med en nedbrydning på 30-60% for husdyrgødning, grundet denne komplekse sammensætning (Jørgensen, 2009:10).

I *fermentationsprocessen* nedbrydes bl.a. aminosyrer og langkædede fedtsyrer til eddikesyre, brint og kuldioxid, mens en del nedbrydes til andre kortkædede fedtsyrer. Denne proces er imidlertid følsom, og hvis der er ubalance i andelen af stoffer, der kommer fra henholdsvis proteiner og fedt, kan det føre til hæmning af de efterfølgende nedbrydningstrin. Dette kan især forekomme hvis indholdet eller sammensætningen af den tilsatte biomasse varierer (Jørgensen, 2009:10). Det kan derfor være en stor udfordring at styre denne proces i et biogasanlæg, hvor biomassen og kvaliteten af samme netop kan variere.

I *metanogenesen* nedbrydes eddikesyren til metan af én slags bakteriegruppe, mens brinten og kuldioxiden omdannes til metan af en anden type bakterie. Er forholdet mellem de to



Figur 7: (Jørgensen, 2009) *Nedbrydningsprocessen for biogas*

bakteriegrupper stabilt, vil ca. 70% af metanproduktionen komme fra nedbrydning af eddikesyre, mens de resterende 30% kommer fra kuldioxid og brint (Jørgensen, 2009:10).

Der er tre temperaturniveauer et anlæg kan drives på, som alle har forskellige betydninger for processens forløb, da forskellige bakteriegrupper tåler forskellige temperaturer. Bakterierne tåler imidlertid ikke svingninger i temperaturen, hvorfor det er vigtigt at holde en stabil temperatur (Jørgensen, 2009:11).

- det psykrofile niveau 0 – 20°C
- det mesofile niveau 15 – 45°C
- det termofile niveau 40 – 65°C

Det laveste temperaturniveau, det psykrofile niveau, anvendes ikke officielt. De fleste anlæg i Danmark kører på det mesofile niveau på 37°C, da biogasprocessen ved denne temperatur er meget robust og tåler relativt kraftige variationer i den tilførte biomasse (Lemvigbiogas.com). På Bånlev Biogas kører anlægget også på det mesofile niveau ved ca. 40°C, mens Nysted kører på ca. 41°C (Interview, Jensen & Larsen). Til gengæld er denne temperatur ikke høj nok til at slå alle smitsomme bakterier og vira ihjel, hvorfor det er nødvendigt med en for- eller efterbehandling for at eliminere disse. Den beregnede udrådningstid på det mesofile niveau er i gennemsnit ca. 32 dage (Lemvigbiogas.com), dog varierer udrådningstiden mellem anlæggene, da behandlingsprocesser og biomasse varierer. F.eks. har Nysted en udrådningstid på 21 dage, mens Bånlevs er 23 dage (Interview, Jensen & Larsen), hvilket er kortere end gennemsnitstiden, men begge anlæg kører også på temperaturer, der nærmer sig det termofile niveau.

Visse anlæg kører på det termofile niveau på omkring 52°C, da processen ved denne temperatur foregår meget hurtigt, og udrådningstiden hermed kan halveres til ca. 16 dage. Samtidig bliver alle smitsomme bakterier også slået ihjel. Ulempen er dog, at processen er meget ammonium-N-følsom og derfor har en maks-grænse på 3,3 kg ammonium-N (NH_4^+) per ton biomasse (ibid.), hvilket kræver mere kontrol over den indførte biomasse.

3.4 Biogas i fremtidig energiforsyning

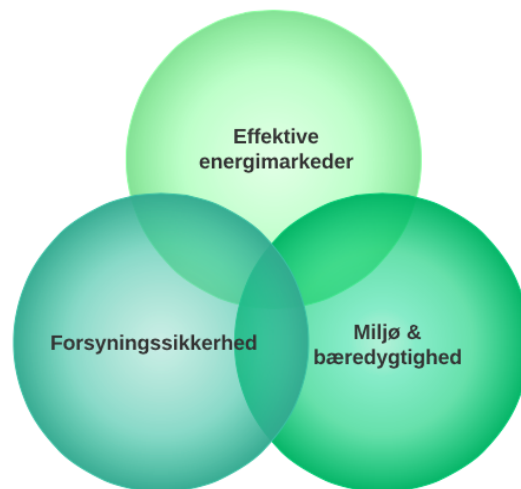
Det er et kendt faktum, at fossile brændsler som kul, olie og gas vil slippe op i fremtiden, nogle endda inden for ganske få årtier (Energy Strategy, 2011:5). Den danske regering satser på, at den danske energiforsyning i 2050 udelukkende skal være baseret på vedvarende energi (Regeringens Klimaplan, 2013:14). For at energisystemet skal være samfundsøkonomisk rentabelt, kræver det en flerdimensioneret indsats, der dækker både effektive energimarkeder, forsyningssikkerhed samt miljø og bæredygtighed (Energinet.dk, 2009).

Biogas i fremtiden: Grøn Vækst

- **40 %** af husdyrgødningen skal udnyttes til grøn energi i 2020
- Biogasproduktion p. **12 PJ** til kraftvarme i 2020
- Al husdyrgødning skal energiudnyttes på sigt
- Biogaspotentiale på **40 PJ** på lang sigt

3.4.1 Forsyningssikkerhed: Opgradering til naturgasnettet

Et af de aspekter, der har stor betydning for fremtidens energisystem er forsyningssikkerhed, og i den forbindelse også selvforsyning. Energistyrelsen estimerede i 2009, at Danmark allerede fra 2016 ikke længere vil være 100% selvforsynende med naturgas (Brancheforeningen for Biogas et al., 2009). Dette estimat er imidlertid ændret til år 2025 (DONG E&P, 2013), men det er således stadigvæk inden for en overskuelig årrække, at Danmark potentielt vil blive importafhængige af andre lande, hvis ikke der foretages ændringer. Biogassen kan derfor få betydning for vores selvforsyning i fremtiden, idet det er muligt at opgradere gassen til indpasning i det nuværende naturgassystem. Ved opgraderingen renses biogassen for CO₂ og svovlbrinte, så den stort set kun indeholder metan (ca. 98% eller mere), og i processen regner man med at miste 1% af det samlede udbytte (Elkjær et al., 2013:14). Dette kan på



nuværende tidspunkt gøres ved bl.a. aminprocessen og trykvandsprocessen¹⁰, der begge kræver et yderligere el- og varmekonsum og således også koster ekstra (bioenergi.dk). Der ligger derfor også en udfordring i at undersøge hvordan biogassen kan opgraderes billigst muligt og mest effektivt.

3.4.2 Stabil produktion

I fremtidens vedvarende energisystem bør der primært sættes på en integration af flere forskellige energikilder, for derved at sikre en mere stabil energiproduktion, da både sol- og vindenergi er fluktuerende efter døgn og sæson (Klima- og Energiministeriet, 2011:19). Der er derfor potentiale i biogassen som en mere stabil energikilde, der som grundlast kan supplere sol og vind. Dette kræver imidlertid at biogassen udnyttes optimalt, men ligeledes også, at man sikrer en stabil tilførsel af biomasse, og at der eksisterer et dansk marked for husdyrgødning og tilsætningsmateriale, der er af tilstrækkelig kvalitet og mængde for at biogasproduktionen kan være både stabil og effektiv.

Disse aspekter vil blive undersøgt nærmere i det følgende kapitel omhandlende placering, råvaregrundlag og afsætningsmuligheder.

3.5 Delkonklusion

Biogasproduktionen er således en meget kompleks proces, som har positive miljøeffekter, der går på tværs af tre forskellige sektorer, henholdsvis landbrugs-, energi- og affaldssektoren. Alene dette aspekt må formodes at komplicere udviklingen, da den således vedrører mange forskellige aktører, og en påvirkning af den ene sektor vil i mange tilfælde medføre påvirkning af de to andre, som illustreret på figuren nedenfor.

En udvikling af biogas under de rette forhold kan imidlertid bidrage til en øget grad af selvforsyning og forsyningssikkerhed, samt medvirke til en stabilisering af en energisektor baseret på vedvarende energi.

¹⁰ "I trykvandsprocessen anvendes vand, men da vand ikke kan opløse ret meget CO₂ må processen ske under tryk (f. eks. 8 bar), og behøver trods trykket store vandmængder. I aminprocessen anvendes en vandig opløsning af en svagt basisk væske (en amin), der er langt mere effektiv i henseende til at kunne opløse CO₂." (Bioenergi.dk).



Figur 8: Illustration af sammenkoblingen mellem de forskellige sektorer, biogas berører. Med betegnelsen 'affaldssektoren' menes ikke hvad man almindeligvis vil forstå som affald, såsom husholdningsaffald mm. I dette tilfælde berøres udelukkende de organiske typer affald og restprodukter fra industrier og andet, som kan bruges i biogasproduktion. Dette kan også kaldes ressourceeffektivisering, da man udnytter ressourcerne mere optimalt.

Med argumenterne for hvorfor biogas i første omgang er en god idé, følger herefter en redegørelse for, hvilke faktorer der er vigtige at forholde sig til i den indledende fase, fase 1, af implementeringen af et nyt biogasanlæg.

DELANALYSE 1:

4. RAMMEVILKÅR FOR BIOGAS

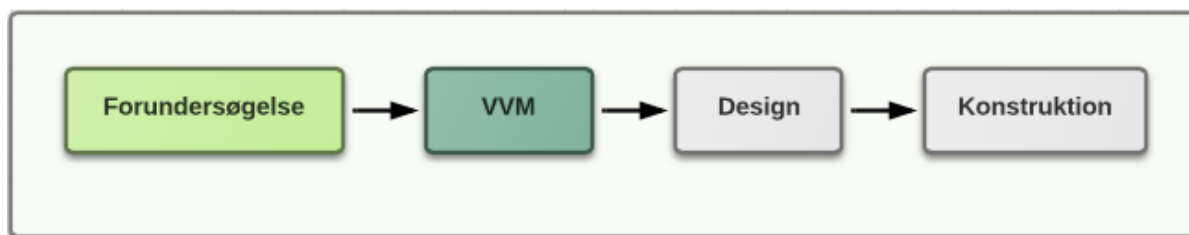
Før der redegøres for de direkte forudsætninger tilknyttet brugen af halm som anden organisk materiale i et biogasanlæg, vil det nedenstående kapitel give et generelt overblik over lovgivning og tilskudsordninger tilknyttet biogassektoren. Dog skal det nævnes, at det kun er de eksisterende tilskudsordninger der uddybes i afsnittet, hvorimod fremtidige tilskudsordninger kun nævnes kort. Forslaget til et halmbaseret biogasanlæg ved Køng Mose baseres derved kun på nuværende tilskudsordninger.

Første del giver et overblik over etableringen af et nyt anlæg, relevant lovgivning og tilskudsordninger, der skal tages højde for ved produktionen af biogas. Derefter redegøres for reguleringen ved udbringning af afgasset gylle, da dette har en afgørende betydning for brugen af anden organisk materiale.

4.1 Lovgivning, tilskudsordninger og regulering af biogassektoren

4.1.1 Etableringen af et biogasanlæg: myndighedsgodkendelse

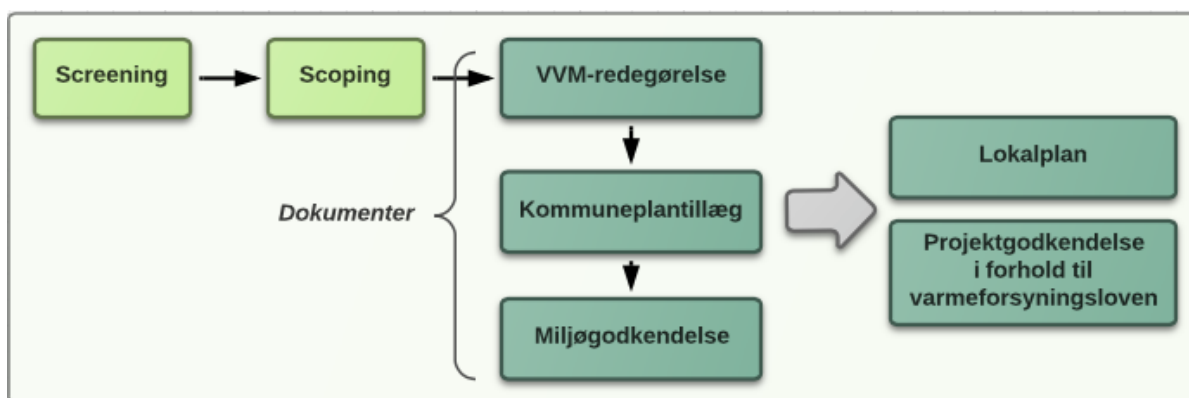
Når et nyt biogasanlæg skal opføres, skal det først igennem en række processer og godkendelser af forskellige myndigheder for slutteligt at blive godkendt til konstruktion. Dette blev delvist præsenteret indledningsvis i forbindelse med de tre faser for planlægningsprocessen. Nedenstående viser imidlertid den forsimplede proces omhandlende myndighedsbehandlingen, som beskrevet af Flemming Goldberg-Larsen fra Energiklyngecenter Sjælland. Denne proces har følgende fire trin (Interview, Goldberg-Larsen):



Figur 9: Proces ved myndighedsbehandling

De første to trin i den forsimplede procesmodel kan udvides til at indeholde de dokumenter, der på kommunalt plan skal udarbejdes før der kan gives godkendelse. Disse omfatter følgende; VVM-redegørelse, kommuneplantillæg, miljøgodkendelse, lokalplan og projektgodkendelse i tilknytning til varmforsyningsloven. Dog vil vores fokus primært være på kommuneplantillægget, som beskrevet i problemfeltet og metodeafsnittet.

Udarbejdes disse dokumenter én efter én forventes behandlingstiden at være på ca. 66 uger. Denne tidsplan kan imidlertid forkortes til ca. 41 uger, hvis dokumenterne i stedet bliver udarbejdet og godkendt parallelt (Kjær, 2013, a), som vist på nedenstående figur. På denne måde kan der spares en del tid i planlægningsprocessen. Det skal nævnes, at denne tidsplan kun er vejledende, da der kan opstå problemer i planlægningsprocessen.



Figur 10: Rækkefølge i udarbejdelse af dokumenter ved myndighedsbehandling

4.1.2 El-, varme- og naturgasforsyningsloven

Udover ovenstående myndighedsgodkendelse, skal man ved etableringsfasen også fastslå hvordan biogassen skal udnyttes, da det afgør hvilken lovgivning, der finder anvendelse og hvilke tilknyttede tilskudsordninger anlægget er underlagt. I det følgende afsnit vil den forskellige lovgivning og relevante tilskud således belyses.

Et biogasanlæg kan via en generator producere elektricitet og varme, hvor elektriciteten bliver solgt til el-nettet (LOV nr. 576 § 43a). Gassen kan ligeledes sælges videre til et centralt kraftvarmeværk som også producerer el og varme. Begge disse anvendelser er omfattet af elforsyningsloven¹¹, som omhandler alt, der har med Danmarks elforsyning at gøre. I henhold til elforsyningsloven § 1, skal

¹¹ Bekendtgørelse af lov om elforsyning

”elforsyning tilrettelægges og gennemføres i overensstemmelse med hensynet til forsyningssikkerhed, samfundsøkonomi, miljø og forbrugerbeskyttelse” (LBK nr. 279 § 1), samt sikre forbrugerne adgang til billig el og give dem indflydelse på elsektoren (ibid.).

Den producerede varme ved el-produktionen fra biogassen, kan enten anvendes til opvarmning af huse og stalde på et tilknyttet biogasanlæg eller sælges videre til et fjernvarmenet. Her er det varmforsyningsloven som gælder. Ved et anlæg med en effekt på over 25 MW som leverer opvarmet vand eller damp, bliver priser mm. opgjort efter prisbekendtgørelsen¹² (BEK nr. 394 § 1). Ydermere kan biogasanlæg som leverer varme til et kollektivt varmforsyningsanlæg indregne et overskud i prisen (LBK nr. 1184 § 20b).

Biogassen kan også opgraderes og anvendes i naturgasnettet. Dette kræver at den har samme kvalitet som naturgas (98% metan) (jf. afsnit 3.4.1). Denne anvendelse hører under naturgasforsyningsloven¹³, der ligesom elforsyningsloven har til formål at sikre landets forsyning på en sikker måde i forhold til samfundsøkonomi, miljø og forbrugerbeskyttelse (LBK nr. 996 § 1).

4.1.3 Loven om fremme af vedvarende energi

Derudover har Loven om fremme af vedvarende energi også betydning for de forskellige anvendelser af biogassen, da den har til formål *”at fremme produktion af energi ved anvendelse af vedvarende energikilder i overensstemmelse med klima- og miljømæssige samt samfundsøkonomiske hensyn med henblik på at nedbringe afhængigheden af fossile brændstoffer, sikre forsyningssikkerheden og reducere udledningen af CO₂ og andre drivhusgasser”* (LBK nr. 1074 § 1). Derved er denne lov væsentlig for at gøre biogasproduktionen mere favorabel, for eksempelvis energiproducenter og landmænd, og samtidig mere konkurrencedygtig på energimarkedet.

Dette er bl.a. forsøgt ved en ændring i denne lovgivning, der satte markedsprisen på elektricitet en anelse højere, for at tilskrive grøn energi en økonomisk fordel (LOV nr. 576).

¹² Bekendtgørelse om anmeldelse af priser, omkostningsfordeling og andre betingelser for transport og levering af fjernvarme samt produktionsomkostninger til brug for fastsættelse af prislofter

¹³ Bekendtgørelse af lov om naturgasforsyningen

4.2 Tilskudsordninger

Som nævnt indledningsvis i dette kapitel, har tilskud en afgørende betydning for et biogasanlægs rentabilitet. PlanEnergi konkluderede i 2009, at *“behovet for tilskud til biogasproduktion og opgradering af biogas umiddelbart vil være af samme størrelsesorden, som det tilskud der i dag gives til el-produktion på vindmøller eller el produceret på biogas”* (PlanEnergi, 2009:4) og der er fra regeringens side udformet forskellige tilskudsordninger til biogasproduktion. Disse vil blive belyst i det følgende.

4.2.1 Anlægstilskud

En overordnet betingelse for at kunne få tilskud til et biogasanlæg, er at husdyrgødning udgør mindst 75% i gennemsnit pr. år af den anvendte biomasse til biogasproduktionen (BEK nr. 293 § 11). Baggrunden for denne betingelse bliver uddybet i bekendtgørelsesafsnittet senere i dette kapitel. Det er NaturErhvervstyrelsen som behandler ansøgninger om tilskud til biogasanlæg i henhold til anlægstilskudsordningen¹⁴, som har til formål at *“fremme udnyttelsen af husdyrgødning til energiformål”* (BEK nr. 293 § 1). For at opnå dette tilskud skal anlægget være omfattet af én af følgende tre kategorier:

1. Etablering af et fællesanlæg
2. Etablering af et gårdanlæg på konventionelle eller økologiske landbrug
3. Etablering af supplerende investeringer på landbrug, hvor der er behov for teknologier, anlæg til oparbejdning eller opbevaring af husdyrgødning og anden biomasse (BEK nr. 293 § 2).

Anlægstilskudsordningen definerer fællesanlæg som et anlæg, der primært anvender husdyrgødning fra flere landbrug til produktionen af biogas samt ejes og drives af en selvstændig juridisk enhed (BEK nr. 293 § 4 stk. 2). NaturErhvervsstyrelsen kan dog afvise ansøgninger, såfremt det vurderes, at det ansøgte projekt ikke bidrager tilstrækkeligt til at opfylde ordningens formål, hvis effekten ikke er tilstrækkelig i forhold til projektets samlede udgifter eller hvis de anslåede tilskudsberettigede udgifter er urimelige (BEK nr. 293 § 7). Anlægsforslaget til Køng Mose vil være omfattet af den første kategori, da det bliver et fællesanlæg. Dog er ejerforholdene ikke fastlagt endnu, hvilket ifølge ordningen skal være en selvstændig juridisk enhed for at kunne få tilskud.

¹⁴ Bekendtgørelse om tilskud til biogasanlæg m.v.

Gældende for alle tilskudsordningerne er, at modtageren skal opfylde bestemte krav ift. dokumentation. Især ift. opgradering af biogassen skal veldokumenteret måleudstyr være installeret, som bl.a. skal kunne måle masse eller volumen, for at tilskuddet kan blive udbetalt (Energinet.dk, 2012).

4.2.2 Opgraderet biogas og biogas til kraftvarmeproduktion

Folketinget besluttede i 2012 at ændre i støtteordningerne for at forbedre de økonomiske vilkår for biogas, således at der nu gives tilskud til el produceret på biogas og opgradering af biogas. Dette betyder, at biogassen i højere grad kan anvendes uden for kraftvarmesektoren (Energistyrelsen, 2014:18). Dette har bevirket at biogassen har fået adgang til naturgasnettet og der er samtidig kommet en ligestilling i tilskudsordningen, idet *“at gas afsat til naturgasnettet får samme tilskud som biogas anvendt til kraftvarme”* (Tybirk, 2012:7). Denne støtte sker gennem en PSO-ordning (Public Service Obligation) (energinet.dk, b) og blev statsstøttegodkendt af EU Kommissionen i november 2013 (Ens.dk, a).

Da projektet primært fokuserer på opgraderet biogas, på grund af den valgte case, redegøres der først for de ekstra tilskudsordninger, der er tilknyttet til produktionen af opgraderet biogas, og efterfølgende for tilskudsordningen for en kraftvarmeproduktion. Grundet de forskellige formål ved gas og elektricitet, har det dog været nødvendigt at udforme forskellige funktionelle enheder for de to anvendelser angivet i hhv. kr. pr. GJ og øre pr. kWh.

Støtteordningen indebærer, at den opgraderede biogas som leveres til naturgasnettet får et grundtilskud på 80,3 kr. pr. GJ. Herudover ydes et ekstra pristillæg på 15,4 kr. samt et pristillæg på 10 kr. pr. leveret GJ opgraderet biogas, så den samlede pris for den opgraderede biogas er 105,8 kr. pr. GJ (energinet.dk, c).

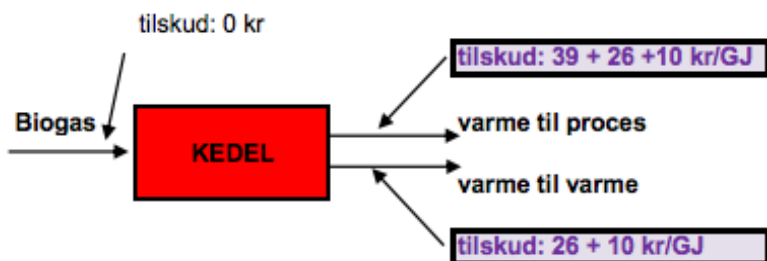
Dog skal de to tillæg aftrappes; tillægget på de 10 kr. aftrappes med 2 kr. pr. GJ årligt fra 2016 og ophører med udgangen af 2019. Tillægget på 15,4 kr. pr. GJ *“nedsættes hvert år med det beløb i kroner pr. GJ, naturgasprisen i det foregående år er højere end en basispris på 53,2 kr. pr. GJ. er naturgasprisen lavere end basisprisen, forøges pristillægget tilsvarende* (Ens.dk, a). Tillægget på 15,4 kr. pr. GJ aftager således i takt med de stigende naturgaspriser. Herved kan biogasanlæggene trods en reduktion i tilskud fortsat være konkurrencedygtige ift. naturgas. Den rensede biogas som leveres til et bygasnet får samme støtte som til naturgasnettet (ibid.).

Ved anvendelse af biogas til el-produktion ydes et pristillæg meget lig de ovenstående. Grundstøtten er således på 80,6 øre pr. kWh og tillæggene på 15,5 øre pr. kWh samt 10 øre pr. kWh (eneginet.dk, d). Det samlede tilskud er derved 106,1 øre pr. kWh. Disse tilskud aftrappes ligeledes frem mod 2020. Den faste afregning reguleres hvert år på baggrund af 60% af stigningen i nettoindeksprisen, hvor det i 2012 udgjorde 79,3 øre. pr. kWh (Energistyrelsen, 2014:18). Støtten gives til den, der anvender biogassen til at producere el, men der kan ikke samtidig gives tilskud til den ledsagende varmeproduktion. Fjernvarme der produceres på biogas, og dermed fortrænger brugen af naturgas, kan imidlertid opnå indirekte støtte i form af færre afgifter (Energistyrelsen, 2014:19).

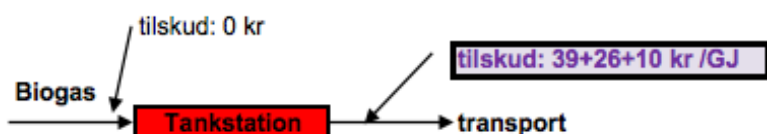
Det samme gør sig gældende for el fra biogas, da denne, i modsætning til fossile brændsler, er fritaget fra CO₂- og energiafgifter. Dette skyldes, at ved anvendelsen af fossile brændsler pålægges der afgifter til den del af brændslet som anvendes til rumopvarmning (Energistyrelsen, 2014:22).

På figuren nedenfor illustreres hvordan støtten til anvendelsen af biogas gives. Det er imidlertid kun støtten til opgradering og el-produktion som er blevet godkendt.

Indfyring af biogas i almindelig kedel,
varmen er til varme eller proces

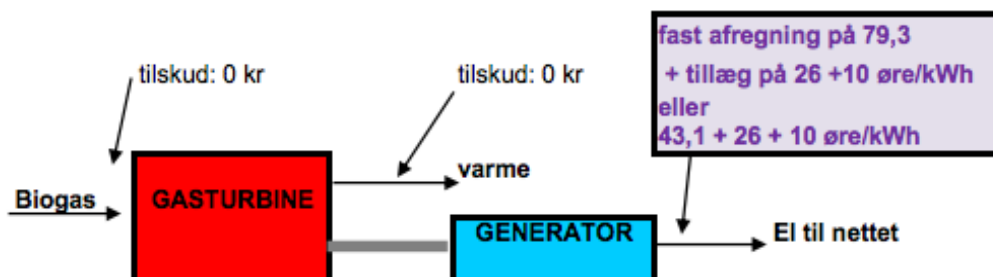


Biogas til transport uden naturgasnet

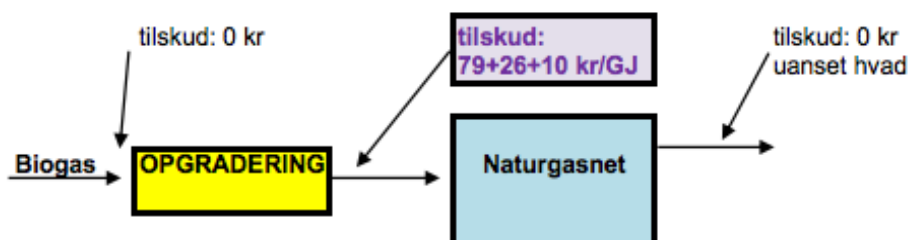


Indfyring af biogas i kraftvarmeanlæg.

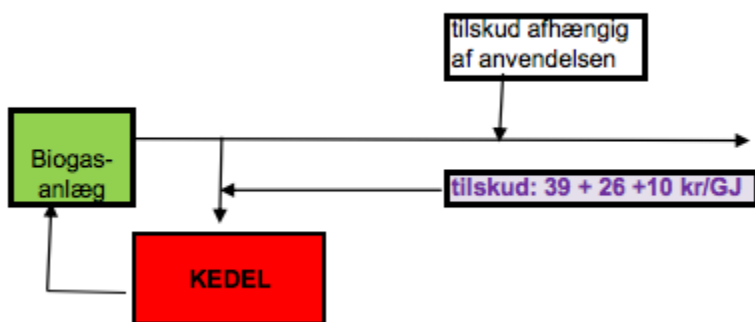
Varmer anvendes til rumvarme eller proces og el sælges til nettet.



Opgradering af biogas til naturgasnettet



Brug af biogas til proces i biogasanlæg



Figur 11: (Ens.dk, b) *Figur over støtte til anvendelsen af biogas*

De beskrevne tilskud, inkl. dem som ikke er blevet vedtaget endnu, har således en afgørende betydning for biogasanlæggets økonomiske rentabilitet og dermed muligheden for at konkurrere med naturgas og andre fossile brændsler. Dette kan dog betegnes som prismæssige kunstige forhold.

4.3 Slambekendtgørelsen og husdyrgødningsbekendtgørelsen

Ovenfor er lovgivningen omkring produktion og anvendelse af biogassen blevet omtalt. I det følgende vil de formelle lovgivningsrammer for selve anvendelsen af husdyrgødning i et biogasanlæg blive belyst, specielt ift. udbringning af den afgassede gylle. Dette betyder dog ikke, at afsnittet nødvendigvis afspejler udbringningsforholdene i praksis, men i stedet kun introducerer bekendtgørelserne som de rammevilkår biogasproducenter og landmænd er underlagt.

Der er to forskellige bekendtgørelser, som er relevante i forbindelse med biogasproduktion fra husdyrgødning. Disse er husdyrgødningsbekendtgørelsen¹⁵ og slambekendtgørelsen¹⁶. Førstnævnte omhandler regler i forhold til produktion, opbevaring og anvendelse af husdyrgødning med det formål at begrænse forurening og gener fra husdyrbrug (BEK nr. 915 § 1). Dette betyder, at den også indeholder regler for håndteringen af overskudsgylle (som afgasset gylle fra et biogasanlæg), både i

¹⁵ Bekendtgørelse om husdyrbrug og dyrehold for mere end 3 dyreenheder, husdyrgødning, ensilage m.v.

¹⁶ Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål

forhold til hvordan, hvornår og hvor meget der må udbringes, definition på harmoniareal, gødningsregnskab og dokumentationskrav for forpagtningsaftaler (mst.dk, 2010, §23-30).

I relation til mængdeforholdet mellem gylle og restprodukter har begge bekendtgørelser en afgørende effekt på sammensætningen af den samlede råvaremængde, og udbringning af den afgassede gylle. For at den afgassede gylle kan udbringes i henhold til husdyrgødningsbekendtgørelsen, må den anden organiske materiale ikke overstige 25% af den samlede råvaremængde, dette beskrives i § 22 stk. 5 i slambekendtgørelsen (mst.dk, 2010:6).

Hvis det afgassede organiske materiale derimod indeholder mindre end 75 % husdyrgødning, skal den afgassede gylle håndteres i henhold til slambekendtgørelsen.

Slambekendtgørelsen regulerer således den mængde affald man kan anvende til jordbrugsformål uden at tilsidesætte miljøbeskyttelsen. Dette omfatter affald fra institutioner, hushold, virksomheder, biologisk behandlet affald, spildevandsslam og processpildevand (BEK nr. 1650 § 1-2). Denne bekendtgørelse er derfor langt mere kompliceret end husdyrgødningsbekendtgørelsen, hvilket skyldes højere krav til analyser af indholdet i den afgassede gylle ved udbringning, da forureningsrisikoen er større end ved udbringning under husdyrgødningsbekendtgørelsen (Tybirk, 2012:33). Majoriteten af biogasproducenter tilsætter derfor en maksimal mængde anden organisk materiale svarende til 25% af den samlede mængde i deres reaktortanke. Disse bekendtgørelser har derfor en afgørende betydning for driften af biogasanlæggene, da de har en direkte indflydelse på gasudbyttet. Grundet det lave indhold af tørstof i gylle, er der betydelige fordele ved at tilsætte en anden biomasse med et højt indhold af nærings- og/eller tørstof (Tybirk, 2012:22). Der ligger derfor et dilemma i behovet for tilsætningsbiomasse, da de dels bidrager til et højere gasudbytte, men samtidig, afhængigt af materialet, potentielt kan have en negativ miljøeffekt på et landområde, når den afgassede gylle tilbageføres til markerne. Bekendtgørelserne har således en påvirkning på både energi- og landbrugssektoren, hvilket derved gør det komplekst at skabe harmoni mellem lovgivningen og de forskellige hensyn der udspringer fra de to sektorer, hvilket kan forårsage utilsigtede konsekvenser.

Ifølge Arne Jensen, driftsleder på Bånlev Biogas, er der flere forskellige problematikker forbundet med bekendtgørelserne. En af dem er konsekvensen for landmanden, der aftager den afgassede gylle, hvis biogasproducenten går fra en udbringning i henhold til husdyrgødningsbekendtgørelsen til

at være underlagt slambekendtgørelsen (grundet et indhold af anden organisk materiale på over 25 %):

“hvis (...) vi begynder at køre slam ud i stedet for husdyrgødning når der (...) er gået to år, så bortfalder hans (landmandens) ret til at købe husdyrgødning” (Interview, Jensen, 16:50). I tilfælde af, at biogasanlægget lukkede, ville landmanden således skulle genansøge for at få lov til at sprede sin rågylle i stedet for den afgassede gylle. Han kan dog risikere en meget lang behandlingstid og afviser hans forespørgsel, betyder det at han står med et landareal som ikke kan gødes.

På grund af dette, mener Arne Jensen derfor, at systemet er ufleksibelt (Interview, Jensen, 17:15).

Desuden mener Arne Jensen også, at skellet mellem udbringningsreglerne i slam- og husdyrgødningsbekendtgørelsen er fastlagt ud fra et forkert udregningsgrundlag. Han hævder nemlig at:

“(...) efter min mening så burde man mere fokusere på hvad der gik herfra, fordi vi tager jo en analyse hver evig eneste uge og sender ind og får analyseret for næringsindhold. Og vi tager prøver til veterinærmyndighederne for sygdomme og bakterier og sådan nogle ting, så man kan jo sige der er ikke noget farligt i det. Og at man så stadigvæk, bare fordi man har to forskellige bekendtgørelser (...) skal passe dem ned i de kasser, det er simpelthen ren kassetænkning” (Interview, Jensen, 17:22).

Hermed mener Arne Jensen, at råvareinputtet ikke kan sige tilstrækkeligt omkring forureningsrisikoen, da mængden af anden organisk materiale ikke direkte indikerer en potentiel forureningsrisiko. Derudover ville analyserne af den afgassede gylle i højere grad kunne understøtte en gødning efter det nøjagtige næringsindhold i den afgassede gylle (Interview, Jensen, 18:45).

Dette er dog bare nogle enkelte eksempler på hvordan bekendtgørelserne forsøger at regulere det komplekse forhold mellem energi- og landbrugssektoren. Formålet med disse eksempler er blot at indikere, at der i dette tilfælde er forskel mellem de formelle lovgivningskrav og praksis.

4.4 Betydningen af rammevilkårene i praksis

På baggrund af foregående afsnit er det tydeligt, at de lovgivningsmæssige rammevilkår for biogasproduktion er yderst omfattende, komplekse og jævnlige ændres. Dette område er ikke blot reguleret på kommunalt, regionalt og nationalt plan, men ligeledes yderst reguleret EU-retligt og internationalt. Dette skyldes til dels, som nævnt i kapitel 3, at biogas berører flere forskellige

sektorer. Påvirkningen af disse rammevilkår for biogassektoren vil dog kun i begrænset omfang inddrages i den senere analyse¹⁷, idet rammevilkårene ikke isoleret set kan ændres af hverken enkelte kommuner, herunder Vordingborg Kommune, eller private initiativtagere, hvilket er fokusområdet i nærværende projekt.

Det, der dog bør være fokus på, er hvorledes de eksisterende rammevilkår kan facilitere en udvikling af biogassektoren. En faktor som kan have stor betydning for en videreudvikling af biogas, er den støtte der gives til opgradering af biogas og anvendelse af biogas til el-produktion (Energistyrelsen, 2014:5). Dette kan skabe en større interesse i at investere i et biogasanlæg, hvilket kan medføre en udvikling inde for biogassektoren.

På baggrund af de foretagne interviews kan vi ydermere konkludere, at der opleves visse barrierer i udformningen af slam- og husdyrgødningsbekendtgørelsen, som potentielt kunne undgås ved en ændring af de nuværende udbringningsforhold under bekendtgørelserne. Det kan samtidig formodes, at når regler, tilskud etc. konstant kan ændres, kan det få den effekt på landmænd og andre interessenter, at de bliver usikre på at investere. F.eks. er den samlede pris for opgraderet biogas der tilføres naturgasnettet lige nu 105,8 kr. pr. GJ, denne vil dog falde i fremtiden.

Efter denne introduktion til de politiske og lovgivningsmæssige rammevilkår, der omgiver biogassektoren, vil de resterende kapitler fokusere på de direkte forudsætninger og planlægningsmæssige forhold for etableringen af et halmbaseret biogasanlæg ved Køng Mose. Dog skal det nævnes, at forudsætningerne potentielt også kan have relevans for etableringen af anlæg, der tilsætter andre organiske materialer end halm, specielt ift. placeringsforholdene, som behandles i nedenstående kapitel.

¹⁷ ift. tilskudsordningerne og udregningen af driftsøkonomien for et halmbaseret biogasanlæg

5. PLACERING

“Der er i fremtiden meget stor fokus på at placere biogas, hvor der både er tilstrækkelig husdyrgødning til stede og en samfundsmæssig optimal afsætningsmulighed for den producerede gas (fjernvarme, varmekrævende industri, naturgasnet, transportflåder el. lign). Det skal være helhedsløsninger, hvor alle helst skal kunne se en fordel i den valgte løsning på længere sigt (...). Dernæst skal den kommunale forvaltning have engagement til at finde en optimal løsning. Biogassekretariatet kan hjælpe (...) med teknisk indsigt og viden på området” (Tybirk, 2012:7).

Citatet beskriver placeringen som en af de afgørende faktorer i implementeringen af et biogasanlæg. Ved placeringen af anlægget er der nogle afgørende, og til dels modsatrettede, geografiske betingelser, som skal være til stede for at sikre en succesfuld etablering og drift af et biogasanlæg. Dette drejer sig primært om dilemmaet i, at områder med mange landbrug og dermed råvaregrundlag til biogasanlægget, typisk også er områder med begrænset beboelse, som kan aftage energien derfra. Samtidig skal placeringen opfylde nogle geografiske betingelser i henhold til planloven, for at kunne blive godkendt af kommunen. Dette er bl.a. af hensyn til naturområder, men også de omkringliggende naboer. Det er derfor disse tre faktorer og forholdet herimellem, som primært undersøges i dette kapitel, da valg af placering, har stor betydning for den videre planlægningsproces.

5.1 Råvaregrundlaget

Den lokale forsyning af gylle og anden organisk materiale - det såkaldte *råvaregrundlag*, skal sikre et tilstrækkeligt og stabilt input i anlægget, hvorfor det er en vigtig faktor at inddrage i valg af placering.

5.1.1 Råvaregrundlaget for halm i Region Sjælland

I Region Sjælland vurderes det, at der potentielt vil kunne udnyttes knap 2 mio. tons gylle til produktionen af biogas i fremtiden, hvoraf 210.000 tons allerede udnyttes i Region Sjællands biogasanlæg. For at udnytte gyllen optimalt kræver det en tilsætningsbiomasse på over 20%. Ved en tilsætningsbiomasse på 25%, vil det således betyde, at der potentielt er en samlet råvaremængde til rådighed på 2,65 mio. tons, fordelt hhv. på 2 mio. tons gylle og 651.000 tons anden biomasse (Kjær, 2013, b). Af denne del udgør halmbehovet 13%, hvilket svarer til 344.630 tons¹⁸.

¹⁸ $((2.000.000 + 651.000) \times 0,13 = 344.630)$

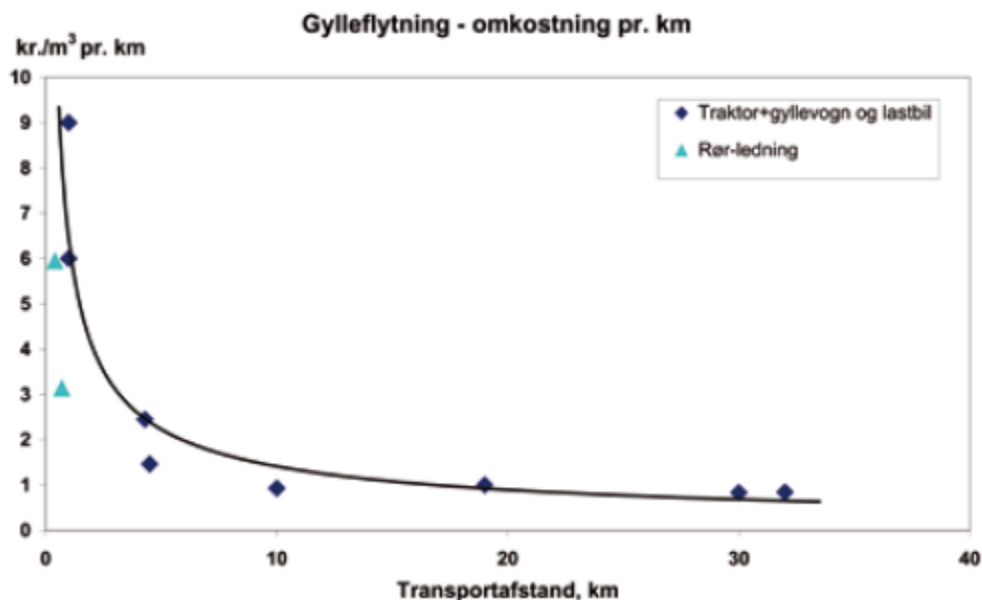
De senest opgjorte tal viser, at halmpotentialet i Region Sjælland er på 850.000 tons, stigende med yderligere 90.000 tons (Telefoninterview, Kjær). Hvis al tilgængelig gylle på Sjælland anvendes, er der således rigelige mængder halm at supplere denne med.

Det er estimeret, at ca. 40% af den samlede mængde halm i Danmark ikke bjærges (Jørgensen, 2013). Denne mængde kan potentielt reduceres ved en optimering af bjærgningsteknikken, hvilket derved vil kunne øge den samlede mængde halm til rådighed. Derudover forventes det, at både Amagerværket og Avedøreværket omstiller til træpiller i 2015, hvilket potentielt kan frigøre ca. 350.000 tons halm (Kjær, 2013, b).

Den anden organiske materiale brugt af det enkelte anlæg varierer dog, da råvaregrundlaget sammensættes efter de organiske materialer der er tilgængelige, hvilket primært afhænger af prisen og afstanden (Energistyrelsen, 2012).

5.1.2 “20 km-reglen”

I beslutningen af hvor anlægget skal placeres, er det nødvendigt med en forundersøgelse af hvilke typer biomasse der er tilgængelige i lokalområdet. Der eksisterer imidlertid en begrænsende faktor, da husdyrgødningen skal være tilgængelig fra bedrifter beliggende indenfor 20 km fra anlægget. Dette er ikke en afstandsgrænse, som er lovmæssigt reguleret, men en vejledende grænse baseret på beregninger, der påviser, at kommer man *“ud over 20 km, bliver omkostningerne til transport typisk for store”* (landbrugsinfo.dk, 2013). Hvis det ikke er muligt at rørføre husdyrgødning fra nærliggende gårde, skal sammensætningen af biomassen således fastslås ud fra potentielle leverandører, der netop ligger indenfor 20 km af et anlæg (Kjær, 2013, b). Dette er som nævnt en vejledende afgrænsning, som bør understøttes med en konkret vurdering af råvaregrundlaget i hele lokalområdet. Afgrænsningen kan derved øges med et par kilometer ved inkluderingen af bedrifter med større mængder husdyrgødning. Derudover kan antallet af lastbiler og størrelsen af reaktortanken potentielt også påvirke den rentable afgrænsning (Interview, Møller; Interview, Christensen). Ved en forøgelse af afstanden skal man dog altid forholde sig til drivhusgasbalancen, da en øget transport også udleder flere drivhusgasser, hvilket skal opvejes i energiindholdet i den anden organiske materiale.



Figur 12: (Pedersen, 2008). Grafen viser hvordan omkostningerne pr. km falder, jo længere gyllen transporteres. Det er dog beregnet, at den 'magiske' grænse ligger ved de 20 km.

5.1.3 Konkurrenceaspektet

Tilsætningsbiomasser der udnyttes i dag består primært af organiske restprodukter fra landbrugsrelaterede virksomheder og energiafgrøder (Jørgensen et al., 2013). Selvom man har afdækket råvarepotentialt i lokalområdet, kan der dog opstå konkurrence om de bedste eller sværest tilgængelige ressourcer, som kan få betydning for driften af anlægget, og potentielt udgøre en barriere. Dette eksemplificeres af Arne Jensen fra Bånlev Biogas, som påpeger konkurrencen omkring råvarerne:

"Vi (red. driftslederne) er også konkurrenter jo (...) f.eks. med dybstrøelse og halm. Der var vi nogle af de første der begyndte på det og det er klart, at kan vi så lave nogle aftaler med landmændene inden de andre begynder at lave aftaler, så er vi jo lidt foran. (...) der er jo ikke markedsmekanismer på afsætningssiden, det er den ene ting, og så er der heller ikke ubegrænsede mængder af det vi kommer i." (Interview, Jensen 07:20).

En anden konflikt tilknyttet råvaretilgængeligheden opstår, når et anlæg laver afsætningsaftaler omkring tilsætningsmateriale på bekostning af et andet. Dette var eksempelvis tilfældet for Bånlev Biogas, som tidligere modtog slagteriaffald fra Danish Crown i Horsens. Efter planer om implementeringen af et nyt biogasanlæg i Horsens, betyder dette, at Bånlev på sigt mister det

tilsætningsmateriale de modtager derfra. Herved får 4000 husstande i Horsens på sigt grøn energi, hvorimod Bånlev mister samme mængde (Interview, Jensen). Dette bidrager ikke til en gunstig udvikling på nationalt plan, da den samlede mængde energi ikke forøges.

Preben Larsen fra Nysted Biogas understøtter forklaringen af hvordan tilgængeligheden af råvarer også er blevet mindre;

“Der var utrolig mange ting (red. organisk materiale), der var ikke bare en lille pose, der var 10 tons (...) vi fik det bare! Det er forsvundet i dag, der er nogen, der sidder og handler med det (...) de ringer til mig; hvad vil du give? Og så ringer de op til Bånlev; hvad vil du give?” (Interview, Larsen 38:45).

Således overbyder biogasanlæggene hinanden. Larsen mener dog, at dette konkurrenceelement kunne holdes nede, hvis de involverede parter i stedet var i stand til at samarbejde, hvilket på nuværende tidspunkt ikke er tilfældet:

“Vi kan ikke blive enige om at samarbejde (...) hvis vi kunne blive enige om det, så kunne vi styre markedet, men der er altid nogen der træder ved siden af” (Interview, Larsen 40:15).

Preben Larsen afslutter med en kommentar, der på baggrund af vores empiriske undersøgelser, synes karakteristisk for biogasbranchen i forhold til råvaregrundlaget: *“Vi holder kortene tæt!”* (Interview, Larsen 41:33).

En sikring af råvaregrundlaget gennem anlæggets levetid er således afhængig af flere parametre, herunder kortlægning af det reelle råvaregrundlag i området, 20 km-reglen ift. transport af gylle samt en stabil leverance, der tager højde for konkurrenceaspektet mellem anlæggene. Disse parametre bør derfor undersøges inden placeringen besluttet, da dette mindsker risikoen for dårlig økonomi grundet mangel på biomasseinput.

5.2 Afsætningsmuligheder

Når det potentielle råvaregrundlag for lokalområdet er klargjort og en stabil leverance er sikret, skal afsætningsmulighederne fastlægges. Afsætning af den afgassede biomasse er almindeligvis ikke et problem, da de fleste biogasanlæg fungerer således, at det principielt låner husdyrgødning hos landmanden:

“På langt de fleste eksisterende biogasanlæg behandler biogasanlægget husdyrgødningen og returnerer nogenlunde samme mængde afgasset gylle tilbage til landmanden, uden at landmanden betaler for behandlingen” (Energinet.dk, 2012:7-8).

Biogassen kan afsættes som tre forskellige energiformer, der fastlægges ud fra aftagerens efterspørgsel. Den kan enten afsættes i form af kraftvarme til lokale husstande, til decentrale kraftvarmeværker eller som opgraderet biogas til naturgasnettet. Sidstnævnte nødvendiggør, at biogassen skal renses og opgraderes, og kræver tilstedeværelsen af en lokal gasledning, hvilket udgør en meromkostning i forhold til et kraftvarmebaseret biogasanlæg. Hvis der imidlertid ikke findes en naturgasledning i nærheden af anlægget, må biogassen afsættes som el og varme, enten ved at blive omdannet til kraftvarme på selve biogasanlægget, eller solgt som biogas til et centralt kraftvarmeanlæg. Afsætningsprisen varierer lokalt, afhængigt af om anlægget sælger energien som varme, el eller opgraderet biogas, og dette bør derfor overvejes ud fra den specifikke situation (Tybirk, 2012:28). Nedenstående figur giver et overblik over afsætningsmuligheder, typer af energi og hvilke anlæg det kræver at omdanne energien (Energistyrelsen, 2014:55).

Biogas afsætningsmuligheder	Leverance	Procesanlæg
Til naturgasnet	biogas	opgraderingsanlæg
Til central/decentrale kraftvarmeanlæg til kollektiv forsyning	biogas	kraftvarmeanlæg
Egen elproduktion og fjernvarme til kollektiv forsyning	el og varme	kraftvarmeanlæg
Egen elproduktion og egen varmeanvendelse	el	kraftvarmeanlæg
Til industriens kraftvarmeanlæg	biogas	kraftvarmeanlæg
Til industriprocesser	biogas	procesanlæg
Til biogasledning/distributionselskab til kollektiv forsyning	biogas	biogasledning
Til transportvirksomhed	biogas	fyldestation

Tabel 10. Afsætningsmuligheder for biogas

Figur 13: (Energistyrelsen, 2014:55) *Afsætningsmuligheder for biogas*

Selvom prisen som nævnt varierer markant efter energiform og hvilket område biogassen afsættes til, har Energinet.dk udformet en samfundsøkonomisk analyse, som vurderer de økonomiske fordele ved de forskellige afsætningsformer. Denne konkluderer, at den mest optimale anvendelse af biogas

i fremtiden, sker ved en delvis erstatning af naturgas i de decentrale kraftvarmeværker og en delvis opgradering til naturgasnettet (Energinet.dk, 2010:6). Der skal dog tages forbehold for, at denne analyse på nuværende tidspunkt er fire år gammel og bør derfor kun opfattes som vejledende. Erfaringerne mht. opgradering af biogas i Danmark er stadig begrænsede, da *“afsætning af biogas til naturgasnettet (...) først nu (red. er) ved at blive igangsat på grund af energiaftalens nye pristillæg”* (Energistyrelsen, 2014:56).

Hvorvidt biogassen skal opgraderes, er afhængig af det lokale energibehov, da det kun er rentabelt at opgradere biogassen hvis *“det lokale fjernvarmebehov er lille i forhold til biogasproduktionen. Hvis fjernvarmebehovet derimod er stort i forhold til biogasproduktionen, er det mere lønsomt at anvende biogassen lokalt”* (Energinet.dk, 2010:13).

En lokal efterspørgsel af fjernvarme varierer markant over et år, om vinteren er efterspørgslen på fjernvarme høj, hvor om sommeren er den lav. Hvis et biogasanlæg således ikke kan afsætte det kraftvarmeproducerede fjernvarme lokalt om sommeren, falder omsætningen, hvilket kan resultere i en underskudsforretning. Derudover er dette ud fra et miljøperspektiv ikke holdbart, da manglende afsætning af fjernvarme er det samme som tabt energi. Disse problemer kan således minimeres hvis biogassen opgraderes. Grunden til dette er, at den kan afsættes til gasnettet, som således lagrer eller direkte videredistribuerer biogassen til andre områder med efterspørgsel.

En forundersøgelse af placeringen baseret på afsætningsmulighederne er således afgørende for at sikre et rentabelt biogasanlæg, da dette kan klargøre afsætningsmulighederne for biogassen i de tidligere stadier af planlægningsprocessen. Samtidig kortlægges energibehovet i lokalområdet i løbet af året, og hvorvidt dette kan ændre sig i fremtiden.

5.3 Borgerinvolvering

Udover råvaregrundlaget og afsætningsmulighederne, er involvering af borgerne en væsentlig faktor i etableringen af et biogasanlæg. Lokalbefolkningens opbakning til projektet er vigtig, da modstand fra deres side, i yderste konsekvens kan forhindre etableringen. Denne modstand opstår ofte da mange borgere har en 'not-in-my-backyard'-indstilling (NIMBY), hvilket betyder, at de er positivt stemt over for vedvarende energi, så længe det ikke påvirker dem negativt (Tybirk, 2012:16). Deres indstilling til projektet påvirkes derfor i høj grad af placeringen, da denne kan medføre negative effekter for bl.a. deres husværdi, udsigt, naturmæssige værdier etc. Placeringen har ligeledes en direkte påvirkning på lokalsamfundet i form af eventuelle lugtgener, øget trafik grundet transport af

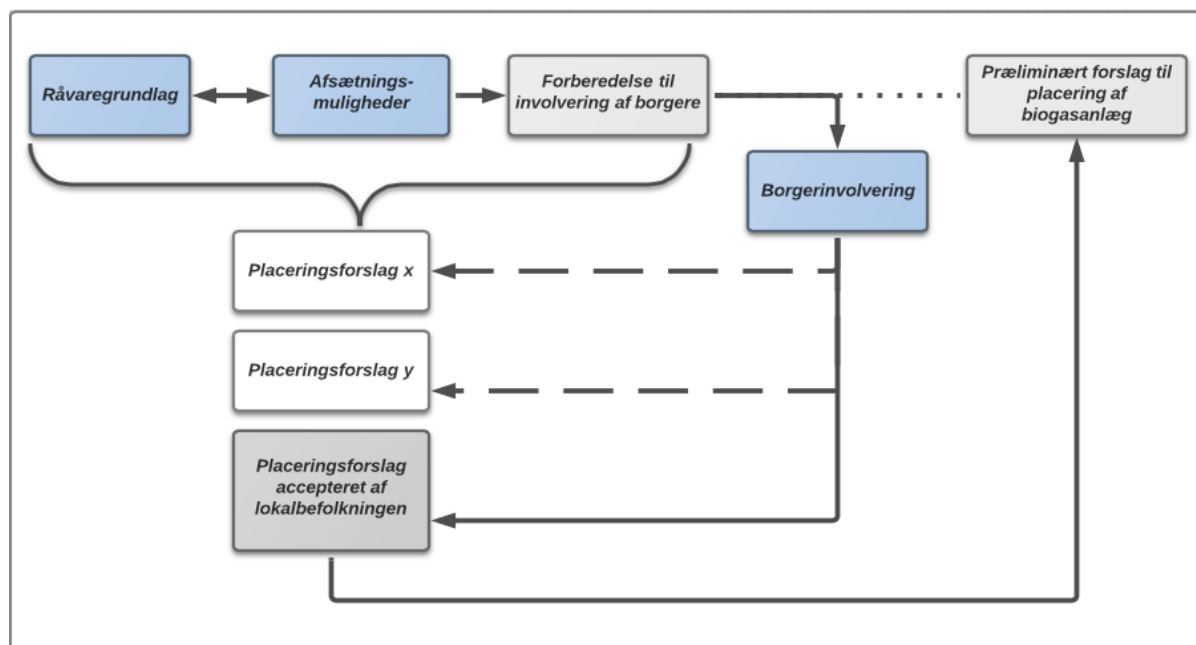
råvare, støj og luftforurening fra denne trafik, samt visuel forurening. Det er derfor vigtigt at involvere lokalbefolkningen i planlægningsprocessen og skabe en positiv dialog omkring forløbet.

Vi har bevidst valgt at anvende ordet *involvering* i stedet for det alment brugte *inddragelse*, da vi anser *inddragelse* som værende en højere grad af aktiv deltagelse, hvilket vi ikke finder nødvendigt i denne forbindelse. Gennem involvering af lokalbefolkningen inddrages deres holdninger til anlægget så vidt muligt, under opretholdelsen af de andre forudsætninger, der gør sig gældende for et rentabelt anlæg. Denne involvering er vigtig, da den kan forebygge modstand og klager, både under og efter etableringen, som ifølge Preben Larsen fra Nysted kan fylde meget: *“Hvis et biogasanlæg skal bruge så mange ressourcer på at køre naboklager (...) så det næsten kan kvæle en og (...) man kan være ved at give op”* (Interview, Larsen 01:05:05). Desuden nævner han, som eksempel på en imødekommenhed overfor de lokales behov, at etableringen af et luftrensningsanlæg med det formål at reducere lugten, bevirkede til en mere positiv indstilling til anlægget (Interview, Larsen).

5.4 Delkonklusion

På baggrund af de foregående afsnit kan det konkluderes, at flere faktorer har både direkte og indirekte betydning for, hvor anlægget bør placeres. Der kan argumenteres for, at de to primære faktorer, som relaterer sig til driftsøkonomien er råvaregrundlaget og afsætningsmulighederne. Der er imidlertid andre aspekter, der kan påvirke beslutningen omkring placering. I forbindelse med råvaregrundlaget kan det være meget følsomt, hvis/når konkurrence om ressourcer opstår. Dette kan påvirke tilgængeligheden af og prisen på råvarer, som i sidste ende kan få betydning for driften og rentabiliteten af anlægget. Et andet aspekt er borgerinvolvering, som ved mangel på samme kan få negativ betydning for hvorvidt anlægget kan placeres på en lokation, som ellers er optimal ift. råvaregrundlag og afsætningsmuligheder.

Dette forhold mellem råvaregrundlag, afsætningsmuligheder og borgerinvolvering illustreres på nedenstående figur, som også påpeger nødvendigheden af borgernes involvering som element i udvælgelsen af placering.



Figur 14: Forholdet mellem råvaregrundlag, afsætningsmuligheder og borgerinvolvering i en planlægningsproces af et biogasanlæg.

6. HALM SOM ANDEN ORGANISK MATERIALE

Gyllebaserede biogasanlæg tilsættes i dag andre organiske materialer end husdyrgødning i produktionen af biogas, da tørstofindholdet i gylle isoleret set, er for lavt. Gasudbyttet er netop i høj grad påvirket af tørstofindholdet i den samlede biomasse i reaktortanken (Energistyrelsen, 2012). Behandlingsomkostningerne ved biogasproduktion udelukkende baseret på gylle, er derfor ikke rentable i de eksisterende danske biogasanlæg, da man sjældent kan opnå det ønskede gasudbytte pr. ton gylle (Tybirk, 2012). Tommelfingerreglen er, at et anlæg skal kunne producere mellem 35-45 m³ biogas pr. ton tilført materiale for at sikre et rentabelt gasudbytte. Gasudbyttet pr. ton gylle er dog kun mellem 15-25 m³ biogas, alt afhængigt af TS-niveauet heri (Jørgensen & Møller, 2013). De fleste anlæg tilsætter således et andet organisk materiale, som kan forøge TS-niveauet. Dette har primært været organiske restprodukter fra landbrugsrelaterede virksomheder og energiafgrøder (ibid.).

I 2012 vedtog energiforligskredsen en aftale, der skal begrænse brugen af majs og andre energiafgrøder i fremtiden (Energistyrelsen, 2012). Klima-, Energi og Bygningsudvalget tilføjede en tillægsbetænkning under vedtagelsen af Energifaften, som fremhæver, at der fra 2018-2020 maksimalt må tilføres hhv. 12% energiafgrøder og 13% anden organisk materiale, målt i vægtindput af den samlede tilsatte råvaremængde. Hvis et anlæg overskrider denne maksimalgrænse, er det derfor ikke berettiget til et anlægstilskud¹⁹ fra staten. I 2021 sænkes andelen af energiafgrøder yderligere, afhængig af, om alternativer såsom halm kan substituere brugen af energiafgrøder:

“Det skal vurderes, om alternativerne (fx halm, naturplejebiomasse, organisk affald) i nødvendigt omfang kan substituere energiafgrøder, og om forudsætningerne for at sænke andelen yderligere dermed er til stede. Derudover skal evalueringen sætte fokus på støtten til nye anlæg fremadrettet. Det er forventningen, at andelen af iblandet majs og andre energiafgrøder fra 2021 vil være på et lavere niveau end i perioden 2018-2020” (Energistyrelsen, 2012:2).

Energistyrelsen indikerer således en politisk vilje til at støtte en forøgelse af halm som anden organisk materiale i fremtidens biogasproduktion.

¹⁹ Jf. Bekendtgørelsen om tilskud til biogasanlæg: § 11. Det er en betingelse for tilsagn om tilskud, at husdyrgødning udgør mindst 75 pct. i gennemsnit pr. år af den biomasse målt i tons, der anvendes til produktionen af biogas.

Etableringen af et halmbaseret biogasanlæg er på nuværende tidspunkt afhængig af flere forskellige teknologiske forudsætninger, for at sikre et rentabelt gasudbytte pr. ton biomasse. Det følgende er således en beskrivelse af de grundlæggende teknologiske forudsætninger, der skal være overvejet før etableringen af et halmbaseret biogasanlæg.

6.1 Mekanisk forbehandling af halm og gasudbyttet

De eksisterende gyllebaserede biogasanlæg, er som tidligere nævnt, primært bygget til at håndtere pumpbare substrater. Dette betyder, at majoriteten af de nuværende anlæg ikke har de nødvendige teknologiske forudsætninger til at anvende større mængder halm som anden organisk materiale, da en tilsætning på over 10% halm i den samlede råvaremængde, kræver en udvidet teknologisk kapacitet til forbehandling. Ved en indføring af ubehandlet halm opstår der en kraftig lagdeling, hvilket resulterer i, at halmen samler sig i et flydelag i toppen af reaktortanken. Dette øger energiforbruget og skaber driftsmæssige problemer ved omrøringen. Derudover, som nævnt i kapitel tre, kan bakterierne ikke nedbryde ligninen, der fungerer som en uigennemtrængelig strukturel støtte og beskyttelse mod oxidation og mikrobielle angreb for halmen, og som derfor indkapsler store dele af overfladen ved ubehandlet halm (biotechacademy.dk). Dette hæmmer nedbrydelsesprocessen af halmen, hvilket således forlænger udrådningstiden.

Det primære formål med en mekanisk forbehandling af halm og dybstrøelse²⁰ er derfor både at nedbryde halmens cellevægge og at reducere driftsproblematikker tilknyttet omfordelingen i reaktortanken. Begge er afgørende for produktionen af biogas, med halm som tilsætningsbiomasse (Møller, 2007; Birkmose et al., 2013).

På baggrund af relevante artikler og vores empiriske indsamling, er der specielt to forskellige forbehandlingsteknologier, der har vist størst potentiale, nemlig en *ekstruder* og en *hammermølle* (Birkmose et al., 2013; Rasmussen, 2014, a; b). Selvom teknologierne er forskellige, har de det



²⁰ Blanding af halm og møg

Billede: opriver

tilfælles, at begge metoder findeler halmstrået i 10 cm lange stykker med en opriver (se billede til højre), før halmen ekstruderes eller pulveriseres. En opriver kan således betegnes som en forudsætning for begge teknologier.

6.1.1 Ekstrudering af halm

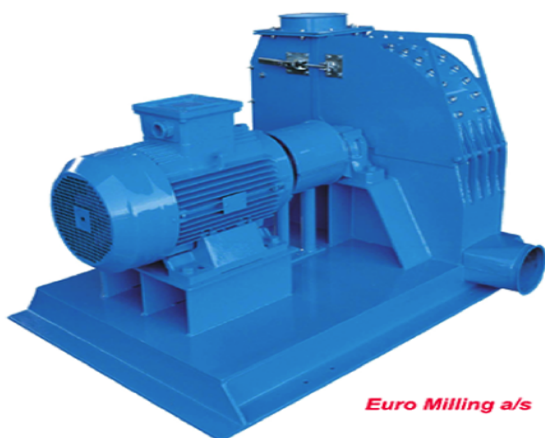
Forskningsanlægget Foulum, som er tilknyttet Århus Universitet, har etableret et forbehandlings- og indfødningssystem, hvor et system er udviklet til forbehandling af halm med en foderblander (biomixer), der er koblet op til en ekstruder (Birkmose et al., 2013:20). Foderblanderen består af tre vertikale blandesnegle, som opriver halmen, hvorefter et transportbånd fører halmen videre til en ekstruder, der forbehandler den. Ekstruderen består af to snegle, der i en mekanisk proces, presser halmen sammen under et højt tryk. Når halmen derefter forlader ekstruderen lettes trykket hastigt, så plantecellerne sprænger ligninen, hvilket gør, at bakterierne hurtigere kan omsætte halmen. Derefter indfødnes halmen med et bånd til toppen af reaktoren, hvorefter det snegles ned i gyllen (Birkmose et al., 2013:20). Når det kommer ind i reaktoren synker halmen ned mod bunden, da det sammenpressede halm har en højere densitet end gyllen. Herefter opløses det langsomt af omrøreren og gyllen. Dette forhindrer således dannelsen af et flydelag (Interview, Møller).



**Mikseren til venstre føder den oprevne biomasse ind i ekstruderen (blå),
hvorfra den føres videre til reaktor tanken (til højre).**

6.1.2 Pulverisering af halm vha. hammermølle

En anden forbehandlingsteknologi neddelar halmen yderligere gennem brugen af en hammermølle (se billede til venstre), som pulveriserer og formaler halmen til en partikelstørrelse på 0,2 mm - 5,00 mm, alt afhængigt af diameteren på soldstørrelsen²¹ (BWE 2011; Rasmussen, 2014). Ifølge Preben



Larsen, driftslederen på Nysted Biogas, skal den pulveriserede halm indføres i reaktortanken nedefra og op, i stedet for at snegle det ned i den (Interview, Larsen & Møller). Grunden til dette er, at pulveriseret halm, i modsætning til ekstruderet halm, ikke kan synke ned oppefra. Dette reducerer også risikoen for dannelse af et flydelag.

Billede: Hammermølle

6.2 Hammermøllen og ekstruderens påvirkning på udrådningstiden ift. opholdstiden i reaktortanken

For at fastslå hvilken af disse to teknikker, der er mest rentable, kræver det et langtidsforsøg i fuldskala på et halmbaseret biogasanlæg, hvor teknikkerne sammenlignes indenfor den samme forsøgsperiode og under de samme forhold²². Da et sådant udrådningsforsøg ikke er gennemført i Danmark, er det derfor ikke muligt at fastslå hvilken teknik, der har det største potentiale (Rasmussen, 2014, a; interview, Møller). Dette betyder således, at man fortsat er på forsøgsstadiet ift. mekaniske forbehandling af halm og deres påvirkning på gasudbyttet.

Det kan dog fastslås, at en succesfuld forbehandlingsteknologi skal skabe et optimalt forhold mellem en kort opholdstid i reaktortanken og et højt gasudbytte²³. Dette kræver, at en succesfuld mekanisk

²¹ Diameteren på hullerne hvorigennem halmen pulveriseres

²² Samme temperatur, omrøring, inoculum, mængde, halmsort osv.

²³ Det optimale gasudbytte er lige før tidspunktet, hvor den tilsatte biomasse i reaktortanken producerer et gasudbytte, der gør, at det ikke længere er rentabelt at bibeholde det i reaktortanken. Dog er der i praksis en konstant tilførsel af biomasse, hvilket derved betyder, at man ikke erstatter hele mængden når gasudbyttet falder, men i stedet sørger for at booste den "gamle" biomasse, med noget nyt anden organisk materiale.

forbehandling skal kunne nedbryde cellevæggene, således at en ønsket mængde biomasse hurtigt kan omsættes til biogas i reaktortanken. Ud fra et driftsøkonomisk synspunkt betyder dette, at fordelene ved en *“kortere opholdstid i reaktoren vises på baggrund af indtjeningen ved salg af gas eller el og varme, sammenholdt med investeringer til biogasreaktorer”* (Tybirk, 2012:59). For at fastslå om en kort opholdstid er den bedste driftsøkonomiske løsning, er det således nødvendigt at anskueliggøre om salget af det ekstra gasudbytte ved forbehandling af halm, overstiger de investerings- og driftsomkostninger forbehandlingsteknologien har kostet.

Ifølge Henrik B. Møller er det ved forbehandlet halm afgørende, at udrådningsprocessen af halmen primært foregår indenfor de første 20 - 22 dage, da dette er en rentabel opholdstid i en reaktortank. Dette antal dage er tilnærmelsesvis også den valgte opholdstid for de fleste danske biogasanlæg (Interview, Møller 8:25). Derudover får man ved en opholdstid på cirka 100 dage *“måske kun 5 – 10% (red. ekstra gasudbytte) ud af en forbehandling”* (Interview, Møller 09:14), hvilket yderligere er et argument for, at en forbehandlingsteknologi til halm kun er økonomisk rentabel såfremt gasudbyttet er højt og opholdstiden er kort. I 2013 var erfaringen dog, at det højeste gasudbytte ved forbehandlet halm først kom efter 30 dage (Birkmose et al., 2013), hvilket derved overskrider den gennemsnitlige opholdstid i reaktortanke i danske biogasanlæg anno 2014.

I tilfældet af, at de 30 dages udrådningstid er korrekt betyder det, at biomassen kun er delvist afgasset når den pumpes ud af reaktortanken efter 20-22 dage. Biomassen skal således kunne overføres til en efterlagertank, hvor det resterende biogas opsamles i en fastlagt periode, hvilken varierer efter det enkelte anlægs biomassesammensætning og driftsproces. F.eks. er efterudrådningstiden på Bånlev Biogas 20 dage, hvor der opsamles 30% af det samlede gasudbytte fra dybstrøelse og gylle, hvilket er markant mere end Nysted biogas, der ikke bruger halm, men lettere omsættelige restprodukter, hvor efterudrådningen er på fem til seks dage med et ekstra gasudbytte på 12% (Interview Jensen, & Larsen).



Billede: Dybstrøelsesprøve, Bårlev Biogas, eget foto.

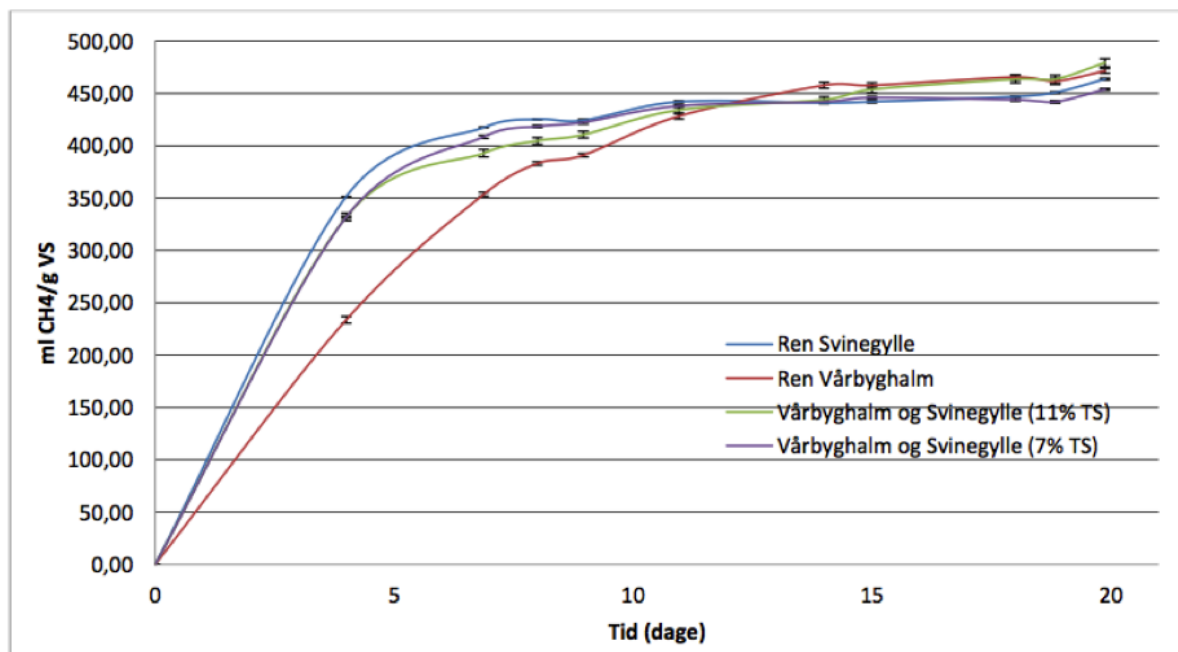
En afgørende forskel mellem ekstruderet halm og pulveriseret halm er hvor meget af halmens lignin der nedbrydes. Det forholder sig således, at *“Jo finere et materiale er, jo større er den relative overflade, og jo lettere kan bakterierne komme til at angribe materialet”* (Jørgensen 2009: 11). Ved pulveriseret halm er den relative overflade størst, da halmen findeles og ikke bare nedsnittes og sammenpresses, som ved en ekstrudering. Dette kan således som udgangspunkt indikere, at udrådningstiden er lavere ved brugen af en hammermølle, da bakterierne hurtigere kan komme til at omdanne den nedbrydelige del af halmen.

Dette understøttes ligeledes af et udrådningsforsøg udført af Bioenergi Sjælland i samarbejde med Kalundborg Kommune og Grønt Center med pulveriseret vårbyghalm fra en Euro2000 hammermølle²⁴. Det konkluderes dog i forsøget, at resultaterne *“ikke kan bruges som en pålidelig reference for den egentlige gasproduktion fra halm”* (Rasmussen, 2014, a:5). Årsagen hertil er, at forsøget ikke er et storskalaforsøg, men kun udført i en minibatchreaktor, som er et mindre varmeskab med et roterende hjul²⁵. Ikke desto mindre indikerer forsøget stadig en gennemgående tendens ift. udrådningstiden for alle forsøgsrækkerne, hvilket kan indikere, at udrådningstiden er

²⁴ Partikelstørrelse på vårbyghalmen var under 0.35 mm

²⁵ Hvilket har til formål at efterligne en omrører

kortere ved en pulverisering af halm end ved ekstrudering. Nedenstående graf viser, at den højeste gasproduktion fra vårbyghalmen, både isoleret set og sammenblandet med svinegylle, sker inden for de første 5 dage. Derudover konkluderes det ligeledes, at *“malingen af halm på hammermølle har haft positiv effekt på nedbrydningen og det er vist i forsøget at udrådningsperioden er på omkring 15 dage før produktionen stagnerer”* (Rasmussen, 2014).



I Foulums forskningsanlæg har man udført et storskalaforsøg med en udrådnings tid på 100 dage, hvor den højeste produktion af biogas blev opnået inden for de første 15-20 dage.

De efterfølgende 80 dage aftog biogasproduktionen uden udsving, dog uden at stagnere (Møller, 2009: slide 11). Dette indikerer således, at der i modsætning til pulveriseret halm, stadigvæk er en mængde, som ikke bliver omsat inden for en opholdstid på under 20 dage, og derfor potentielt ville løbe igennem reaktortanken uden at frigive noget biogas. Ved denne teknik er der derfor yderligere behov for efterlagertanke, hvilket også udnyttes på anlægget. På Foulum sker der således en efterfølgende serieudrådnings med tre efterlagertanke (Felttur Foulum).

Det ovennævnte indikerer dog kun, at udrådnings tiden potentielt kan opnås hurtigere ved pulverisering, og er derved ikke et udtryk for driftsomkostningerne tilknyttet de to forbehandlingsteknikker. En pulverisering af vårbyghalm kan således stadig være en økonomisk

dårligere teknik at investere i, hvis driftsomkostningerne ift. det ekstra gasudbytte, er højere end ved en ekstrudering²⁶. Som nævnt tidligere er den afgørende parameter, at driftsomkostningerne ikke overstiger det ekstra gasudbytte der opnås ved en forbehandlingsteknik. Dette er dog ikke nødvendigvis tilfældet her, da Bioenergi Sjælland har lavet en udregning som viser, at ved en pris på 600 kr./ton råvare (halm), er den samlede pris for ekstruderet halm 3,19 kr./m³ metan, i modsætning til pulveriseret halm, der kun koster 1,96 kr./m³ metan (Interview, Larsen).

Dette indikerer derfor, at pulveriseret halm potentielt både kan producere mere biogas inden for kortere tid og har en billigere driftsomkostning pr. m³ metan produceret. Det er således mere sandsynligt, at det ekstra gasudbytte ved pulverisering af halm overstiger driftsomkostningerne end ved ekstruderet halm. For at understøtte dette argument yderligere og før det med sikkerhed kan fastslås, at en hammermølle er mere rentabel end en ekstruder, kræver det som førnævnt et fuldskala driftsforsøg, som beskæftiger sig med pulverisering af halm i et biogasanlæg²⁷.

6.3 Delkonklusion

Som det ligeledes nævnes i kapitel tre, er tilsætningsbiomasse nødvendigt i en biogasproduktion for at opnå et tørstofindhold, der kan skabe et rentabelt gasudbytte og en kortere udrådningstid.

Idet energiafgrøder ønskes nedtrappet, da de ikke længere, fra politisk side, anses for værende forsvarlige at anvende, foreslås i stedet halm som alternativ hertil. Dette kræver dog en del forbehandling, da cellevæggene skal nedbrydes og driftsproblemer skal forebygges, hvilket hæver driftsomkostningerne.

I dette kapitel er de to dominerende forbehandlingsteknologier på markedet, hammermøllen og ekstruderen, blevet vurderet. Fælles for de to teknikker er, at halmen findeles til 10 cm, men herefter knuser ekstruderen ligninen ved tryk, mens hammermøllen pulveriserer halmen for at opnå den største overflade til den bakterielle reaktion. Småskalaforsøg udført af Bioenergi Sjælland²⁸ viser, at pulverisering skaber det højeste gasudbytte inden for den ønskede reaktionstid. Det kan på

²⁶ Hvilket også gælder den anden vej.

²⁷ Der er på nuværende tidspunkt et opskaleret forsøg på vej i Foulum, med en 200 liters reaktortank hvor der yderligere forsøges at fastslå udrådningstid, men også driftsmæssige problematikker forbundet med indfødning af pulveriseret halm (Interview, Christensen).

²⁸ I samarbejde med Kalundborg Kommune og Grønt Center.

baggrund heraf antages, at hammermøllen er mere rentabel end ekstruderen, men en endelig vurdering af dette ville kræve et fuldskalaforsøg af begge teknikker.

6.4 DELKONKLUSION PÅ DELANALYSE 1:

På baggrund af delanalyse 1 har vi identificeret de mest afgørende forudsætninger for en etablering af et succesfuldt halmbaseret biogasanlæg. Disse er følgende:

- Sikringen af et stabilt og lokalt råvaregrundlag, upåvirket af konkurrenceaspektet.
- Forbehandlingsteknik til pulverisering af halm, hvilket, i dette tilfælde, er med en Hammermølle EUB8000 Unit.
- En kortere udrådningstid af halm.
- Afsætningsmuligheder af den samlede mængde produceret biogas, igennem hele året.
- Konstruktiv borgerinvolvering, der minimerer NIMBY-effekten.

Disse forudsætninger overføres i den følgende analyse til Køng/Lundby casen.

DELANALYSE 2

7. CASE-ANALYSE AF KØNG/LUNDBY

7.1 Introduktion

Som beskrevet i metodeafsnittet har vi fundet det nødvendigt at gå case-orienteret til værks ved undersøgelsen af etableringsmuligheder for et nyt biogasanlæg. Der findes som bekendt viden på området, som bygger på erfaring og generel data, hvilket har en transfereringsværdi i nye etableringsprocesser. Dette beskrives eksempelvis i *Kogebog for etablering af biogas* (Tybirk, 2012). Netop denne kogebog gav de tre initiativtagere på Køng/Lundby-projektet en optimistisk tilgang til projektet; *“det var jo ganske enkelt, det ville tage 24 måneder og så havde man et færdigt biogasanlæg!”* (Interview, Tillisch et al. 00:43), da dette er den angivne tidsramme Biogas Kogebogen foreskriver (Tybirk, 2012). Vores empiriske virkelighed ser dog ganske anderledes ud.

7.2 Teknologisk-geografiske og planlægningsmæssige aspekter

Forudsætningerne kan behandles med to forskellige tilgange, henholdsvis de *teknologiske/geografiske* og *planlægningsmæssige* aspekter.

Med *teknologiske* mener vi forudsætninger, der teknisk set muliggør en rentabel biogasproduktion, og med *planlægningsmæssige* mener vi forudsætninger, der muliggør den praktiske udførelse af samme.

Denne del af analysen behandler derfor de forskellige forudsætninger, der har betydning for etableringen af et økonomisk rentabelt anlæg i Køng/Lundby. Dette gøres indledningsvis i en analyse af de forudsætninger, der har et teknologisk/geografisk aspekt, og dermed står i direkte relation til den driftsøkonomiske beregning for anlægget. Således arbejdes der hen imod et driftsøkonomisk anlægskoncept, hvori konsekvenserne ved potentielle ændringer i forudsætningerne også vurderes. Derefter bliver det praktiske spørgsmål behandlet (planlægningsmæssige aspekter), for at give en beskrivelse af hvordan dette koncept føres ud i praksis. Afrundende beskrives koalitionstænkning, der har til formål at analysere på hvordan man planlægningsmæssigt, gennem koalitioner, kan mindske risikoen for ændringer i forudsætningerne, der kan have stor betydning for de økonomiske beregninger.

De nævnte forudsætninger, udarbejdet gennem delanalyse 1, præsenteres i det nedenstående og gør sig i to af tilfældene gældende indenfor begge aspekter. Eksempelvis vil der i analysen af **råvaregrundlag** være fokus på de tilgængelige biomasseressourcer til produktionen (teknologisk/geografisk), men også hvordan **råvaregrundlaget** kan sikres gennem leveringskontrakter og koalitioner (planlægningsmæssig).

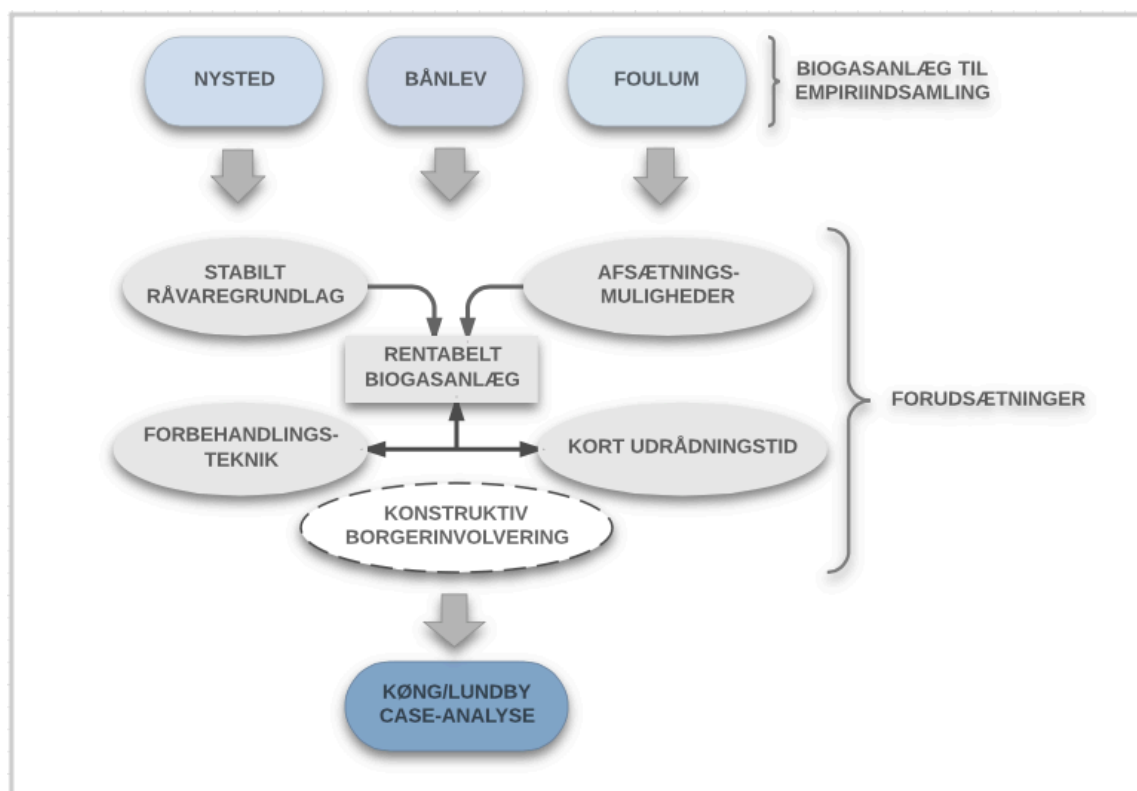
Teknologiske/geografiske aspekter af:

- Sikringen af et stabilt og lokalt råvaregrundlag, upåvirket af konkurrenceaspektet.
- Forbehandlingsteknik til pulverisering af halm, hvilket, i dette tilfælde, er med en Hammermølle EUB8000 Unit.
- En kortere udrådningstid af halm.
- Afsætningsmuligheder af den samlede mængde produceret biogas, igennem hele året.

Planlægningsmæssige aspekter af:

- Sikringen af et stabilt og lokalt råvaregrundlag, upåvirket af konkurrenceaspektet.
- Afsætningsmuligheder af den samlede mængde produceret biogas, igennem hele året.
- Konstruktiv borgerinvolvering, der minimerer NIMBY-effekten.

Nedenstående figur 15 visualiserer overgangen fra den mere generelle delanalyse 1 til den case-specifikke delanalyse 2, som det også nævnes i metodeafsnittet. Her bliver empirien og de forskellige forudsætninger konkretiseret i relation til case-analysen af Køng/Lundby.



Figur 15: Overgangen fra empiriske undersøgelser til forudsætninger, til case-analyse

7.3 Teknologiske/geografiske aspekter

7.3.1 Råvaregrundlag i Køng/Lundby

Ifølge Roskilde Universitets prefeasibility-rapport forventes råvarepotentiallet for Køng Mose-anlægget at udgøre 112.330 tons biomasse, indenfor en afstand på 20 km fra det sted, hvor anlægget placeres. Biomassen vil komme fra svine- og kvægbesætninger samt minkfarme. Når denne mængde suppleres med den nødvendige procentdel på hhv. 13% halm og 12% energiafgrøder, i dette tilfælde rajgræs, vil råvaremateriallet udgøre 149.900 tons (Elkjær et al., 2013:2). Det fremgår af Elkjær et al. (2013), at halmen producerer den største mængde metan, grundet det høje organiske TS-indhold²⁹, der i den biologiske proces omdannes til metan. En øget tilførsel af halm vil dog kræve en forøgelse af gyllemængden grundet slam- og husdyrgødningsbekendtgørelserne.

²⁹ Jf. ordforklaring (bilag 1)

Der er imidlertid 20.204 tons ekstra kvæggylle 21-22 km fra anlæggets placering, som kan inkluderes. Med denne ekstra mængde gylle kan halmmængden hæves fra 19.471 til 22.968 tons og rajgræsmængden fra 17.973 til 21.200 tons, hvilket giver en samlet mængde på 176.671 tons biomasse. Vi finder det derfor muligt at benytte en større mængde biomasse end foreslået af Elkjær et al. (2013), da dette kan give et større økonomisk udbytte og samtidig også have en større fortrængningseffekt. Det er ikke nødvendigvis den rette indstilling, at jo større et anlæg er, jo bedre. Det handler om at tilpasse anlægget til de eksisterende energibehov og afsætningsmuligheder i området. Hvis vedvarende energi skal fungerer i praksis, er vi nødt til at være demand-side orienteret, og eftersom anlæggets placering giver mulighed for at opgradere biogassen, finder vi det relevant at medtage de 20.204 tons ekstra gylle i vores konkrete anlægskoncept. Det antages hermed ikke, at opskalering af et anlæg nødvendigvis giver en bedre økonomi, men skal i stedet dimensioneres ud fra afsætningsmulighederne og det lokale råvaregrundlag.

Der findes dog andre tal ift. råvaregrundlaget, som er væsentlig højere, såsom 240.000 tons samlet biomasse, nævnt i Naturstyrelsens dispositionsforslag (Naturstyrelsen, 2013) samt 240.000 tons gylle beregnet af Peter Larsen selv, men det fremgår ikke på hvilket grundlag disse tal er baseret, og synes i øvrigt urealistisk høje, hvorfor vi vælger at se bort fra dem i vores konkrete forslag.

7.3.2 Forbehandling og udrådningstid

Det udarbejdede anlægskoncept gør, som nævnt, brug af halm som en af de anden organiske materialer. Denne beslutning forudsætter en forbehandlingsteknik for, at gasudbyttet kan blive tilstrækkeligt og anlægget dermed rentabelt.

Som tidligere nævnt har Rasmussen (2014b) foretaget et udrådningsforsøg, der indikerer en mulighed for at øge metanproduktionen fra halm med op til 42%, såfremt den forbehandles med en hammermølle. På baggrund af dette og de positive resultater fra kapitel 6, finder vi det relevant at implementere denne forbehandlingsteknik, for derved at øge metanudbyttet og samtidig sænke biomassens udrådningstid i reaktortanken. Derved skal anlægget ikke opskaleres yderligere ift. forslaget præsenteret af Elkjær et al. (2013), da det vil have en hurtigere omsætning (udrådning) af biomassen og mængden af biomasse derfor øges proportionelt med denne hurtigere udrådningstid.

Hvis driftsøkonomien i Køng/Lundby skal være positiv, skal forbehandlingsteknikken hæve metanproduktionen fra biomassen med mindst 26,9%, fra 46,26 til 58,72 m³/tons råvare (se figur 17). Rasmussen (2014, a) har påvist en stigning på 42% ved en forbehandling med hammermølle med halmpartikler på under 0,25 mm (0,25 mm soldstørrelse) sammenlignet med halmpartikler på 2-5 mm (Rasmussen, 2014, a). I prefeasibility undersøgelsen af Køng/Lundby, har de antaget, at halmen ville blive pulveriseret med en hammermølle med 1 mm sold, men har dog kun sat metanpotentialet for halm på 245 m³/tons og metanpotentialet for den samlede biomassesammensætning til 255,4 m³/tons. Dette er meget lavere end i Rasmussen, (2014, a), hvori der står, at metanpotentialet for en biomassesammensætning af vårbyghalm og svinegylle med et TS-indhold på 11%, ville være 479,4 m³/tons. Derfor antager vi, at en forbehandling af halmen med hammermølle kan øge metanproduktionen med 30%, samtidig med en reduktion i udrådningstiden. Det skal dog nævnes, at den målte stigning på 42% fandt sted i et batchforsøg og ikke i et fuldskalaforsøg.

Den mekaniske forbehandling og den større mængde biomasse resulterer i en forøgelse af metanudbyttet fra 6,94 mio. m³ metan til 10,6 mio. m³ metan. I det konkrete driftsøkonomiske forslag tages hensyn til udgifter til drift, løn og vedligehold af, samt prisen på hammermøllen.

7.3.3 Afsætning

Som det påpeges i kapitel fire er afsætningen af biogas en væsentlig forudsætning for et rentabelt anlæg. Det er nødvendigt at gassen kan afsættes hele året, også i sommerhalvåret, hvor fjernvarmebehovet er lavt. Som tidligere nævnt konkluderer Energinet.dk i en samfundsøkonomisk analyse, at opgradering til naturgas oftest vil være samfundsøkonomisk rentabelt, men at dette kan afhænge af det enkelte lokalområde anlægget er placeret i (jf. kapitel 5.2). Vordingborg Kommune har vurderet, at det i det specifikke eksempel med Køng/Lundby vil være relevant med opgradering: *"I forhold til afsætning af biogassen vil det være oplagt at afsætte det til naturgasnettet i området."* (Vordingborg Kommune, 2013:11). Dette understøttes af Elkjær et al. (2013), som konkluderer, at det er nødvendigt at opgradere biogassen til indføring i naturgasnettet, da det lokale varmeforbrug ikke er stort nok til at aftage al varmen fra et kraftvarmeanlæg (Hansen et al., 2014:10). På baggrund af dette vælger vi opgradering af biogassen som afsætningsmulighed i det konkrete anlægskoncept. Der tages i denne forbindelse hensyn til drifts- og vedligeholdelsesomkostninger, salgspris af naturgas, tilskud til opgraderet gas (jf. kapitel 4.2.3), forøget elforbrug i opgraderingsprocessen, samt prisen på selve opgraderingsanlægget.

8. DRIFTSØKONOMISK FORSLAG TIL ANLÆGSKONCEPT

På baggrund af ovenstående forudsætninger, præsenteres på næste side driftsøkonomien for et halmbaseret biogasanlæg i Køng/Lundby med et hammermølleanlæg til forbehandling og opgradering af biogassen til naturgasnettet.

Driftsøkonomi i Køng/Lundby Biogas

Beregningerne skal give et overblik over økonomien i anlægget. Det forudsættes, at anlægget etableres med et forbehandlingsanlæg og et opgraderingsanlæg, hvor den opgraderede biogas leveres til biogasnettet.

	Forudsat Enheder	Beregning Enheder	Note
Samlet råvaremængde	176.671 tons		1
Råvaremængde - tons pr dag	484 tons/dag		1
Gasudbytte - ren metan	10.624.641 m ³	60,1 m ³ /tons	1
Gasudbytte - biogas	16.345.601 m ³	Omregnet til 65% metan	1
Gasudbytte i MWh:	105.609 MWh	Efter nedre brændværdi	2
Metan-tab ved opgradering	1 %		
Rådighedsfaktor, opgradering	95 %		3
Omsætning/Indtægter			
Spotpris for naturgas:	0,191 kr/kWh	20,0 Mio. D.kr	4
Tilskud til opgraderet gas:	0,381 kr/kWh	39,8 Mio. D.kr	5
Indtægter i alt:		59,8 Mio. D.kr	
Drift og vedligeholdelse			
Råvare - halm:	510,00 kr/tons	11,7 Mio. D.kr	6
Råvare - græs:	297,00 kr/tons	6,3 Mio. D.kr	7
Biogas - drift og vedligehold:	62,50 kr/tons RV	11,0 Mio. D.kr	8
Forbehandling - drift:	112,20 kr/tons	2,6 Mio. D.kr	9
Forbehandling - løn	430000,00 kr/mand	0,4	
Forbehandling - vedligeholdelse	45000,00 kr/anlæg	0,1	10
Opgradering - drift/vedligehold	0,37 kr/m ³ rågas	6,0 Mio. D.kr	11
Elforbrug til opgradering:	0,64 kr/m ³ rågas	10,5 Mio. D.kr	12
Variable udgifter i alt:		48,7 Mio. D.kr	
Anlægsinvesteringer			
Biogas anlæg:		56,2 Mio. D.kr	13
Forbehandlingsanlæg:	660.000 kr/anlæg	2,0 Mio. D.kr	14
Opgraderingsanlæg:		24,3 Mio. D.kr	15
Gasledning og anlæg:	750.000 kr/km	12,0 Mio. D.kr	16
Total Investering:		94,5 Mio. D.kr	
Afskrivning og forrentning:			
- Afskrivningsperiode:	12 år		17
- Forrentning:	4,0% p.a.		17
Kapitalomkostninger i alt:		10,1 Mio. D.kr	
Resultat før skat: (Indtjening)		1,020 Mio. D.kr	

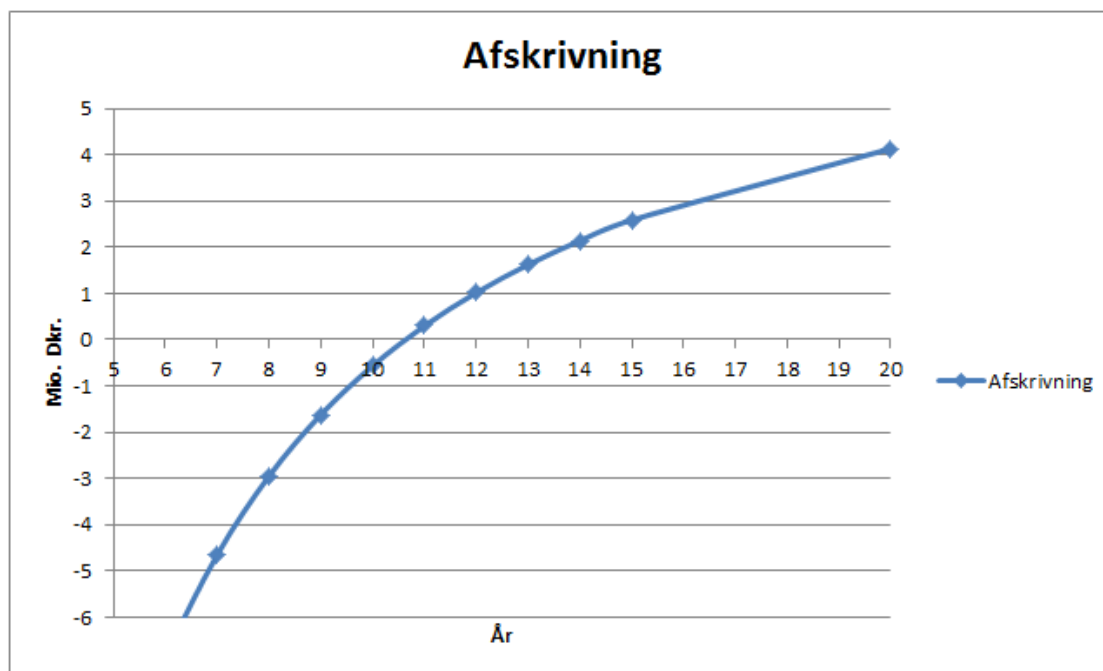
Redegørelsen for notepunkterne i ovenstående tabel over driftsøkonomien i anlægskonceptet for Køng/Lundby, kan findes i bilag 16.

8.1 Variationer i forudsætningerne

Anlægskonceptet baseres på stabile forudsætninger, da selv små variationer i f.eks. gasudbyttet, råvaremængden, råvareprisen, naturgasprisen, diverse tilskud osv. har stor effekt på de driftsøkonomiske resultater. I det følgende gennemgås nogle udvalgte parametre som undersøges og vurderes i forhold til hvor store variationer der må forekomme, før anlægget ikke længere er økonomisk rentabelt. Disse parametre er følgende:

- Gasudbytte
- Råvaremængde
- Råvarepris (halm)
- Naturgasprisen

Vi vil herunder kort komme ind afskrivningen og hvilken betydning den har for driftsøkonomien af anlægget.

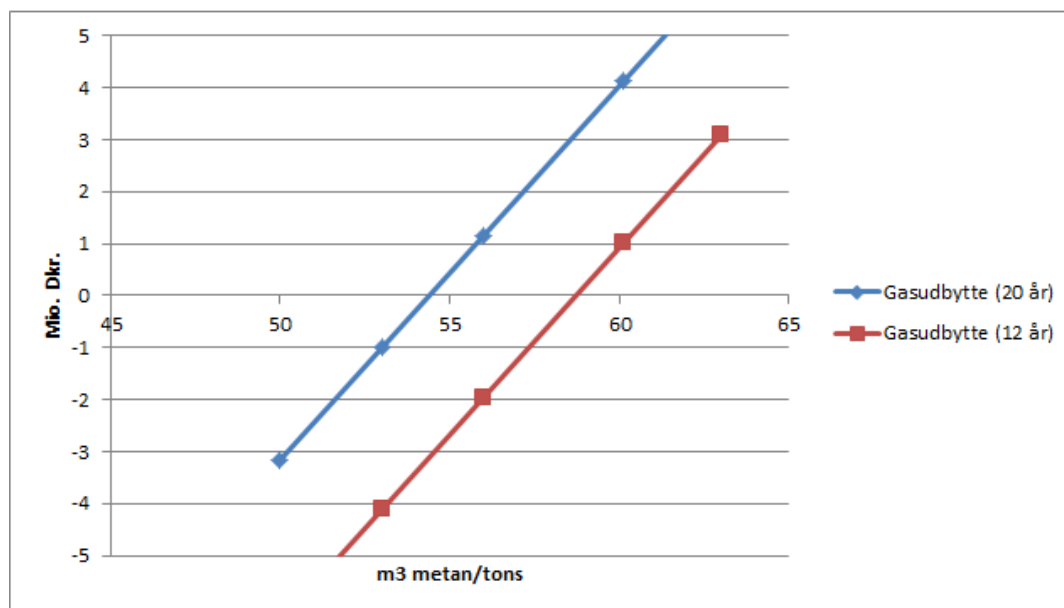


Figur 16: Graf over afskrivning på et anlæg

Afskrivnings-grafen (figur 16) påviser muligheden for at afskrive investeringerne indenfor en relativ kort periode. Hvorvidt det er en god ide at afskrive på kort tid, bliver eksemplificeret ved en afskrivningsperiode på 12 og 20 år (figur 17). Der sammenlignes med 20 år, da dette er en normal afskrivningsperiode for biogasanlæg. Når de to scenarier for afskrivning opstilles, påviser nulpunktsgrafen³⁰ (figur 17), at en længere afskrivningsperiode giver en større tolerance for forekomsten af ændringer i de forskellige parametre, f.eks. stigende råvarepriser.

- **Gasudbytte**

Et fald i gasudbyttet vil følgelig medføre lavere indtægt. Dette kan f.eks. ske, hvis forbehandlingen af halmen ikke øger metanudbyttet med 30%, som estimeret muligt på baggrund af Rasmussen (2014, b).



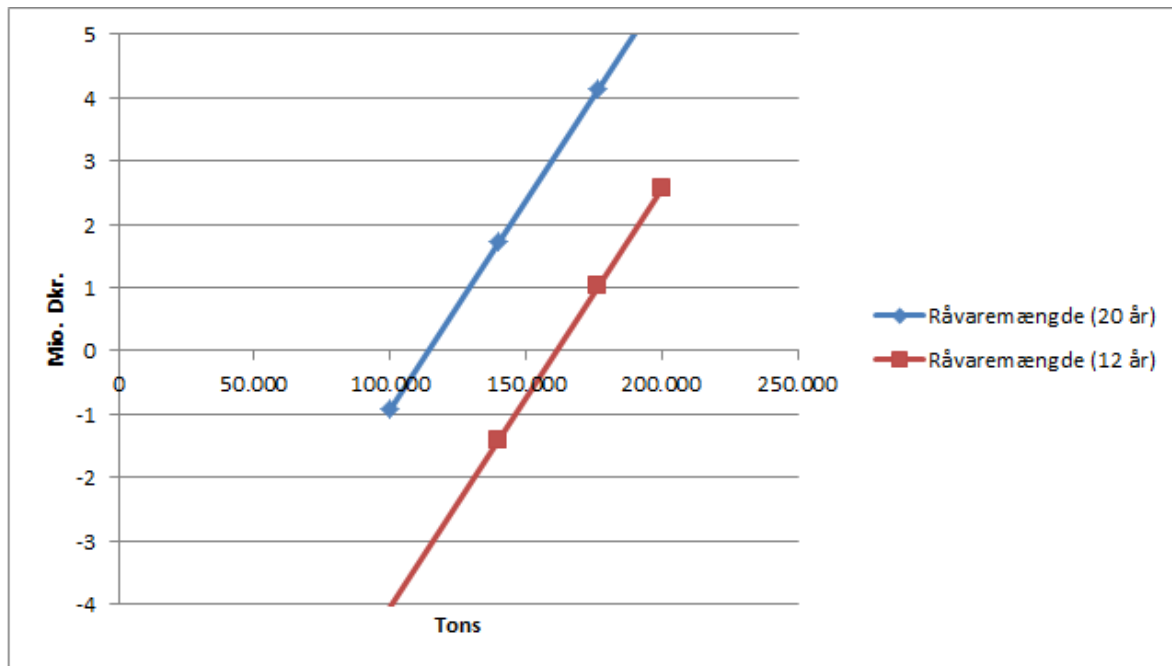
Figur 17: Nulpunktsgrafer over gasudbytte ved afskrivning på hhv. 12 og 20 år.

Som det fremgår af grafen, er nulpunktet for gasudbyttet 58,72 m³/tons biomasse for en afskrivning på 12 år og for en afskrivning på 20 år er nulpunktet på 54,39 m³/tons biomasse.

³⁰ Man benytter en nulpunktsgraf, når man skal finde ud af hvor funktionen skærer x-aksen og dermed, hvor driftsøkonomien for anlægskonceptet begynder at være negativ. Dette gør vi for at klarlægge hvor stor en tolerance de forskellige parametre har.

- **Råvaremængde**

Manglende faste leveringskontrakter med biomasseleverandører, kan medføre en ustabil levering og tilførsel af biomasse. Dette kan have en negativ indflydelse på driftsøkonomien, da produktionen herved falder. Dette kan også have en effekt på gasudbyttet, da bakteriestammen således ikke er stabil og dermed ikke ligeså effektiv.

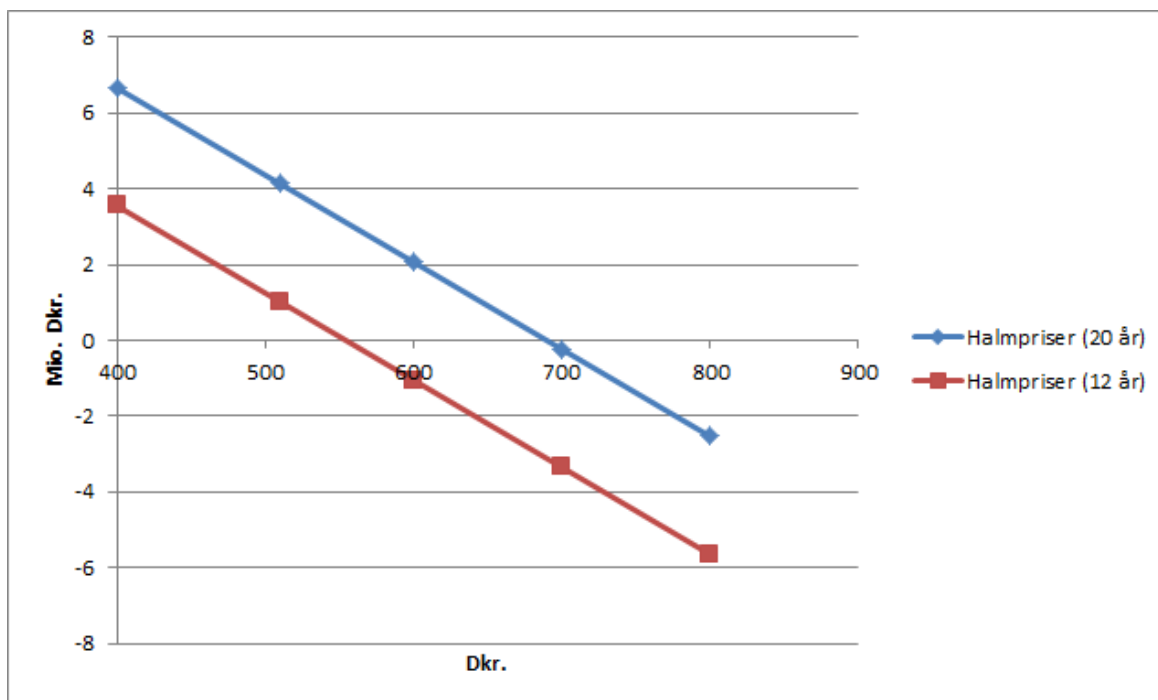


Figur 18: Nulpunktsgraf for råvaremængde ved afskrivning på hhv. 12 og 20 år.

Som grafen viser, er nulpunktet for den samlede råvaremængde 151.900 tons biomasse ved en afskrivning på 12 år og 107.369 tons biomasse ved en afskrivning på 20 år.

- **Råvarepris (halm)**

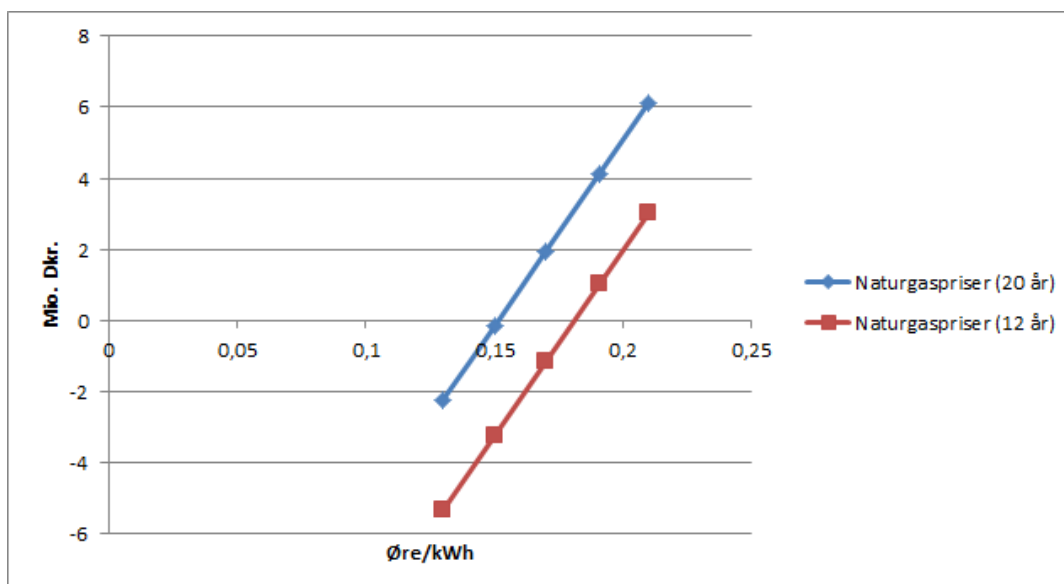
Et øget fokus på halm som tilsætningsbiomasse kan skabe konkurrence omkring denne ressource, hvilket kan være med til at øge råvareprisen.



Figur 19: Nulpunktsgrafer for halmpriser ved afskrivning på hhv. 12 og 20 år.

Ved en afskrivning på 12 år er nulpunktet 554 kr. og ved en afskrivning på 20 år er det 689 kr.

- **Naturgasprisen**



Figur 20: Nulpunktsgrafer for naturgasprisen ved afskrivning på hhv. 12 og 20 år.

Grafen ovenfor viser at nulpunktet for 12 års afskrivning ligger ved 18,11 øre/kWh og for 20 år ligger det ved 15,14 øre/kWh. Der er i denne beregning ikke taget højde for det proportionelt stigende tilskud ift. den faldende naturgaspris.

8.2 Delkonklusion

Nulpunkter for de forskellige parametre:	12 års afskrivning (fald/stigning)	20 års afskrivning (fald/stigning)
Gasudbytte	-2,4%	-9,6%
Råvaremængde	-14%	-39,2%
Råvarepris (Halm)	8,5%	35%
Naturgaspris	-5,1%	-20,7%

Tabel 1

Den ovennævnte tabel indikerer, at der ved relativt små variationer kan forekomme markante påvirkninger på driftsresultatet af anlægget. Det er således afgørende at man ved udarbejdelsen af et anlægskoncept, forholder sig til de fremtidsscenarier der potentielt kan have en negativ effekt på driftsresultatet. Dette betyder således at der er et behov for en planlægning af et anlægskoncept, der ikke kun forholder sig til selve etableringen af et anlæg, men også til driften gennem hele afskrivningsperioden for anlægget. De resterende kapitler vil således forsøge at indikere nogle potentielle problemstillinger i relation til etableringsforløbet og driften af et anlæg ved Køng Mose. Der vil til sidst være et forslag til hvordan man kan minimere risikoen forbundet med variationer der går under nulpunktet.

9. PLANLÆGNINGSPROCESSEN

På baggrund af ovenstående præsentation af det konkrete forslag på et rentabelt anlægskoncept, vil de følgende afsnit belyse planlægningsprocessen i forbindelse med etableringen af et sådant anlæg.

For indledningsvis at skabe overblik over det hidtidige planlægningsforløb omkring Køng/Lundby, samt hvornår de forskellige aktører er blevet involveret i projektet, præsenteres først en tidslinje, der illustrerer processen fra første idé til sidst udgivne officielle rapport.

TIDSLINJE OVER PLANLÆGNINGSFORLØB FOR KØNG/LUNDBY



For at kunne komme med forslag til hvordan planlægningen kan optimeres og det konkrete anlægskoncept principielt kan implementeres, er det nødvendigt at belyse Vordingborg Kommunes rolle i den igangværende planlægningsproces. Som vist på tidslinjen går der halvandet år fra idéens udspring, til kommunen udgiver første dokument omhandlende projektet. Det kan derfor være svært at tolke på hvad der er foregået forinden, samt hvordan indstillingen har været til projektet.

9.1 Forholdet mellem Vordingborg Kommune og initiativtagerne

Generelt har kommunernes rolle indtil videre været meget passiv i udviklingen af en større biogassektor, da de primært har forholdt sig til VVM-rapporter og andre tilladelser. Dog har en ændring i planloven pålagt kommunerne at udpege potentielle placeringer til biogasanlæg (Lybæk et al., 2013). Dette gør sig ligeledes gældende for Vordingborg Kommune, som i det omtalte kommuneplantillæg præsenterer en biogasplan med fire forskellige områder til fremtidige anlæg, herunder Køng/Lundby-anlægget ved Køng Mose. Regeringens krav var at dette kommuneplantillæg senest skulle udarbejdes i 2013. Vordingborg Kommune har med vedtagelsen af kommuneplantillægget i december 2013 således ikke været i god tid.

De tre initiativtagere bag projektet, Peter Tillisch, Peter Larsen og Poul Erik Rønje, har ikke været fuldt ud tilfredse med deres relation til kommunen. Anlægget i Køng/Lundby startede netop ud fra denne lokale interesse helt tilbage i 2011 (jf. tidslinje), men det er først efter kravet fra regeringen om at udpege mulige placeringer (kommuneplantillægget), at der er sket noget i forhold til denne interesse. Inden kommunen blev pålagt dette, virkede interessen for at igangsætte et biogasprojekt, ikke som værende særlig stor og der kan derfor argumenteres for, at kommunen i startfasen af projektet spillede en for passiv rolle. Gentagne gange forsøgte initiativtagerne at få kommunen med på ideen, men mødte generelt en del modstand eller mangel på interesse (Interview, Tillisch et al.). Selvom kommuneplantillægget blev udarbejdet, kan der argumenteres for, at det er en ugunstig måde at påbegynde planlægningen af et biogasanlæg på, da det ikke sker direkte på baggrund af interesse fra lokalbefolkningens side, men efter et regeringskrav. Dette kan medføre, at de valgte placeringer møder større modstand end nødvendigt.

Derudover har kommunen pålagt initiativtagerne et ansvar for både at beregne råvaregrundlag, afsætningsmuligheder og anlægskapacitet, før kommunen ville give samtykke til et samarbejde (Interview, Tillisch et al.). Initiativtagernes holdning var ellers ved projektets begyndelse, at *"der er ingen grund til at begynde med de store tegninger og konstruktioner hvis ikke kommunen er med på*

ideen” (Interview, Tillisch et al., 9:55), men som påpeget i foregående kapitel er det netop nødvendigt at kortlægge disse forudsætninger, før anlægget kan godkendes.

De følgende afsnit vil derfor uddybe problematikkerne i ansvarsfordelingen mellem initiativtagerne og kommunen, primært med henblik på forudsætningerne omkring et stabilt råvaregrundlag. Derefter vil kommunens placeringsforslag til Køng Mose-anlægget diskuteres i forhold til råvaregrundlaget og konkurrenceaspektet. Afslutningsvis vil Kommunens og initiativtagernes overvejelserne omkring afsætningsmuligheder igennem året, kort evalueres.

9.2 Forholdet mellem Vordingborg Kommune, biomasseleverandører og initiativtagerne

Som konkluderet tidligere (jf. afsnit 7.3.1) er der et tilstrækkeligt råvaregrundlag i Køng/Lundby-omegnen. Det er dog nødvendigt at sikre sig, at de tilgængelige biomasseressourcer kan leveres stabilt og kontinuerligt til biogasanlægget. Her spiller de lokale landmænd en afgørende rolle, da de potentielt kan være leverandører af den samlede biomasse, og aftagere af den afgassede gylle. Initiativgruppen oplever dog en udfordring i at få landmændene til at indgå i et leverandørsamarbejde (Interview, Tillisch et al.). Vordingborg Kommune har dog stadig pålagt initiativtagerne ansvaret, om at få landmændene overtalt til at levere gylle og halm (Interview, Tillisch et al.). Ifølge initiativtagerne er problemet at landmændene ikke vil indgå i et samarbejde, hvor de skal være medejere af anlægget. (Interview, Tillisch et al.). I relation til Køng Mose-anlægget er dette problematisk, da initiativtagerne ikke har startkapitalen til at dække de samlede etableringsomkostninger og derfor er afhængige af andre investorer, såsom landmændene (Interview Tillisch et. al.)

Derudover er initiativtagerne også i tvivl om dimensioneringen af anlægget og tilsætningen af biomassen. De udtaler: *“Vil vi lave det største anlæg? Og hvad skal vi putte i det? Og hvad må vi putte i det?”* (Interview, Tillisch et al., 15:33). Det udtrykkes, at det økonomiske aspekt har en stor betydning, og at der mht. tilsætningsbiomasser ikke takkes nej til noget: *“det er jo sådan, at vi vil helst have det billigste (...) hvis du ikke kan matche markedet, så kan du ikke få det (...) vi har ingen begrænsninger så længe anlægget vil spise det”* (Interview, Tillisch et al., 1:17:20).

Det ovennævnte indikerer således et manglende samarbejde mellem Vordingborg Kommune, landmændene og initiativtagerne, vedrørende planlægningen af et stabilt råvaregrundlag. Den

manglende fællesskabstanke omkring startkapitalen mellem biomasseleverandørerne og initiativtagerne, spiller en relevant rolle i etableringsprocessen.

9.3 Konkurrencekonflikt om råvarer mellem anlæg i samme kommune

Der er ligeledes en usikkerhed knyttet til råvaregrundlaget, hvis etableringen af samtlige anlæg inkluderet i Vordingborg Kommunes kommuneplantillæg bliver en realitet. Vordingborg Kommune har udmeldt, at de fire foreslåede biogasanlæg optimalt skal placeres således, at gyllen maksimalt skal transporteres 15 km. Dette begrundes med, at en kortere transportafstand reducerer driftsomkostningerne og skaber en bedre rentabilitet, samt: *“Ved en jævn fordeling (red. af anlæggene) vil en større andel af gylleressourcen blive rentabel at sende gennem et biogasanlæg”* (Vordingborg Kommune, 2013:8). I denne betragtning tages der imidlertid ikke højde for anlæggenes økonomiske interesse i billig og tørstofholdig biomasse og da: *“(...) gyllen afsættes på markedsvilkår kan landmænd afsætte til anlæg, som ligger længere væk end de 15 km”* (ibid.). Denne problematik er kommunen godt klar over og beskriver også at *“Etableringen af det ene anlæg vil således kunne få betydning for potentialet i den anden”* (ibid:11). Ud af de fire anlæg, er anlægget i Ørslev det mest interessante, da køreafstanden mellem dette og Køng/Lundby er ca. 13 km. Der er således potentiale for en konkurrencekonflikt mht. råvaregrundlaget mellem de foreslåede anlæg i Køng/Lundby og Ørslev, selvom Ørslevs råvaregrundlag primært findes syd for anlægget (modsatrettet Køng/Lundby).

9.4 Overvejelser bag opgraderingsmuligheden for biogas

Som tidligere påpeget er det vigtigt, at der ved etableringen af et biogasanlæg ved Køng Mose, først undersøges afsætningsmulighederne til det lokale fjernvarmemarked. Såfremt det viser sig, at varmen ikke kan afsættes lokalt, skal det kortlægges om biogassen kan opgraderes og distribueres til naturgasnettet, for derved at sikre en stabil afsætning igennem hele året. Ifølge kommuneplantillægget er man opmærksom på de forskellige afsætningsmuligheder, der er for biogas i Vordingborg Kommune:

“Der skal således tages hensyn til placering (red. af biogasanlæg) i forhold til den eksisterende varmforsyning, hvor placeringen af fjernvarme- og naturgasnettet kan være afgørende for afsætningsmulighederne af biogassen” (Kommuneplantillæg, 2013:7). Dette er ifølge Energinet.dk også et vigtigt hensyn at tage, da de tager det som en forudsætning, at *“det lokale kraftvarmeværk altid bruger al den biogas, det kan, før man diskuterer, hvad der er bedst at stille op med restmængden rent samfundsøkonomisk.”* (Rasmussen, 2010:).

På baggrund af Vordingborg Kommunes kommuneplantillæg antager vi, at man fra Vordingborg Kommunes side ønsker al biogassen opgraderet, da dette er den eneste afsætningsmulighed der bliver omtalt i forhold til Køng/Lundby (Vordingborg Kommune, 2013:11).

Dette stemmer overens med initiativtager Peter Larsens forklaring af, at man satser på opgradering af den grund, at *“ligemeget hvor meget (red. biogas) vi laver, kan vi altid komme af med det”* (Interview, Tillisch et al. 41:00). Det er ifølge Larsen tanken, at lokalsamfundet om muligt skal kunne få en økonomisk fordel ved at blive forsynet med biogas. Han ønsker, at biogasanlægget skal tilknyttes bygasnettet, der forsyner 3000 husstande i Køng-området med gas. På denne måde skal en del af gassen anvendes lokalt, mens den resterende mængde skal føres ud i hovedledningen til det nationale gasnet (Interview, Tillisch et al.). Ydermere er det svært at finde baggrunden for udtalelsen om 3000 husstande med brug af gas i Køng-området, da der i Køng kun findes 191 husstande, der bruger gas og 3246 i hele Vordingborg Kommune (Hansen, F. et al 2014:2).

Der er således opmærksomhed på afsætningen af biogassen både fra initiativgruppens og Vordingborg Kommunes side. Ved Køng Mose er der således en afsætningsmulighed igennem hele året ved opgradering til naturgas, hvilket opfattes som positivt i forhold til etableringen af et halmbaseret biogasanlæg, som dermed kan undgå at ende i de afsætningsmæssige problemer som bl.a. har været tilfældet for Nysted-anlægget, grundet et for lavt varmegrundlag i lokalområdet i sommerperioden (Interview, Christensen).

9.5 Borgerinvolvering, placering og visualisering

Vi har tidligere påpeget betydningen af at involvere lokalbefolkningen i planlægningsprocesser omkring biogas, da dette kan bidrage til en positiv indstilling overfor projektet og især placeringen, idet det oftest er denne, der giver anledning til modstand og klager. Peter Tillisch mener også, at lokalbefolkningen udgør en væsentlig faktor i forhold til etableringen i Køng/Lundby: *“Det succesfulde består i at lokalbefolkningen er med. Hvis man ikke har dem med, så bliver det en kamp op ad bakke”* (Interview, Tillisch et al. 1:22:00). Vordingborg Kommune har netop haft en del fokus på borgerne i de indledende faser af Køng/Lundby-projektet, hvorfor man i juni 2012 afholdte et informations- og dialogmøde, hvor det primære omdrejningspunkt var placering af anlægget.

På mødet satte de fremmødte spørgsmålstejn ved, hvorfor der allerede var valgt en placering til anlægget (Söderlund, 2012). På dette tidspunkt var der ansøgt om placering ved Øbjerggård på Peter Tillischs jord, men denne var endnu ikke godkendt, og mødte stor modstand, grundet den

visuelle forurening, lugtgener samt den trafikmæssige usikkerhed anlægget ville skabe med store gylletransportere: *"De var bange for at børnene ville blive kørt ned"* (Interview, Tillisch et al., 1:21:23). På baggrund heraf blev placeringen flyttet til en alternativ lokalitet ved Køng Mose, hvilket indikerer den afgørende indflydelse borgerne har på etableringen af anlægget. Det kan diskuteres om der til en vis grad er tale om NIMBY-effekten i dette tilfælde, selv om lokalbefolkningen anså denne betegnelse som værende uberettiget for dem:

"Fra salen lød kritik af, at borgerne i Køng ikke anses for at kunne se længere ud end over egen næsetip – "vi kan også godt tænke i store sammenhænge!"" (Söderlund, 2012). Der var således ikke entydige opfattelser af hvordan situationen forholdte sig og det kan antages, at der er plads til forbedringer i kommunikationen mellem de forskellige aktører.

Et andet punkt på dagsordenen til dette møde var visualiseringen af anlægget. I 2012 initierede Miljøministeriet og daværende miljøminister Ida Auken, et udviklingsprojekt med formålet, at fremtidige biogasanlæg skal passe bedre ind i omgivelserne for at undgå *"store og grimme anlæg"* (Miljøministeriet, 2012). Syv pilotprojekter rundt omkring i Danmark blev udvalgt, hvoraf Køng/Lundby er en af dem. For at udføre disse projekter, har Naturstyrelsen indledt et samarbejde med Realdania, COWI og Gottlieb-Paludan Architects, som skal udvikle et modelprogram, der belyser de arkitektoniske og landskabelige potentialer og udfordringer ved etableringen af et biogasanlæg. Ydermere skal de udforme visualiseringer af anlæggene, hvilket også er tilfældet i Køng/Lundby (Naturstyrelsen, 2013:3). Dette projekt er dog et separat projekt, som ikke har direkte indflydelse på kommunen eller initiativgruppens projekt, hvorfor det kan virke usammenhængende, at Karsten Willeberg fra COWI på borgermødet fortalte, at *"Realdania-projektet skal være færdigt inden 1. november 2012, og arkitekterne har brug for min. 2-3 måneder til den kreative proces. Det haster derfor med at vælge en placering, der kan arbejdes videre med"* (Söderlund, 2012).

Det kan dog kritiseres, at man udarbejder en visualisering af anlægget før anlægskonceptet er fastlagt. Visualiseringen af anlægget vil med høj sandsynlighed ikke komme til at stemme overens med det endelige anlæg, hvilket kan medvirke til en forstærkning af NIMBY-effekten, idet det reelle anlæg ikke kommer til at se ud som det, lokalbefolkningen blev vist og har accepteret. Det kan ydermere frygtes at dette spredte sig til omkringliggende byer og skaber større skepsis overfor borgerinvolveringen i etableringsforløbet, hvilket derved kan lede til en øget modstand ved etableringen af andre biogasanlæg.

Der kan derfor argumenteres for, at det er alt for tidligt i processen at lave denne visualisering, da der ikke er nok information omkring anlægget at basere den på. Ydermere er det også spild af ressourcer.

9.6 Opsamlende evaluering af Vordingborg Kommunes rolle i planlægningsprocessen fra 2011 indtil nu

På baggrund af disse nedslagpunkter i planlægningsprocessen kan man således indikere at samarbejdsstrukturen mellem Vordingborg Kommune og relevante aktører, til dels, har været mangelfuld. Grunden til dette kunne være, at kommunens rolle ikke har været veldefineret, og at de har været delvist passive i planlægningsforløbet fra 2011 indtil nu. Et veldefineret samarbejde tidligt i planlægningsprocessen, kunne med fordel have været med til at understøtte en fælles forståelse for etableringsforløbet og ansvarsfordelingen ved udviklingen af anlægskonceptet.

Ansvarsfordeling bør derfor uddelegeres mere gennemtænkt af Vordingborg Kommune fremover, således at samarbejdet og arbejdsopgaver varetages mere fordelagtigt. Derudover skal Vordingborg Kommune fremover spille en mere aktiv rolle, hvis anlægskonceptet skal videreudvikles. På baggrund af dette vil det sidste kapitel foreslå, at kommunen agerer mere som en facilitator mellem de ovennævnte aktører, for således at understøtte en øget koalitionstænkning i planlægningsforløbet³¹.

9.6.1 Vordingborg Kommune, facilitator-rolle og koalitionstænkningen anno 2014

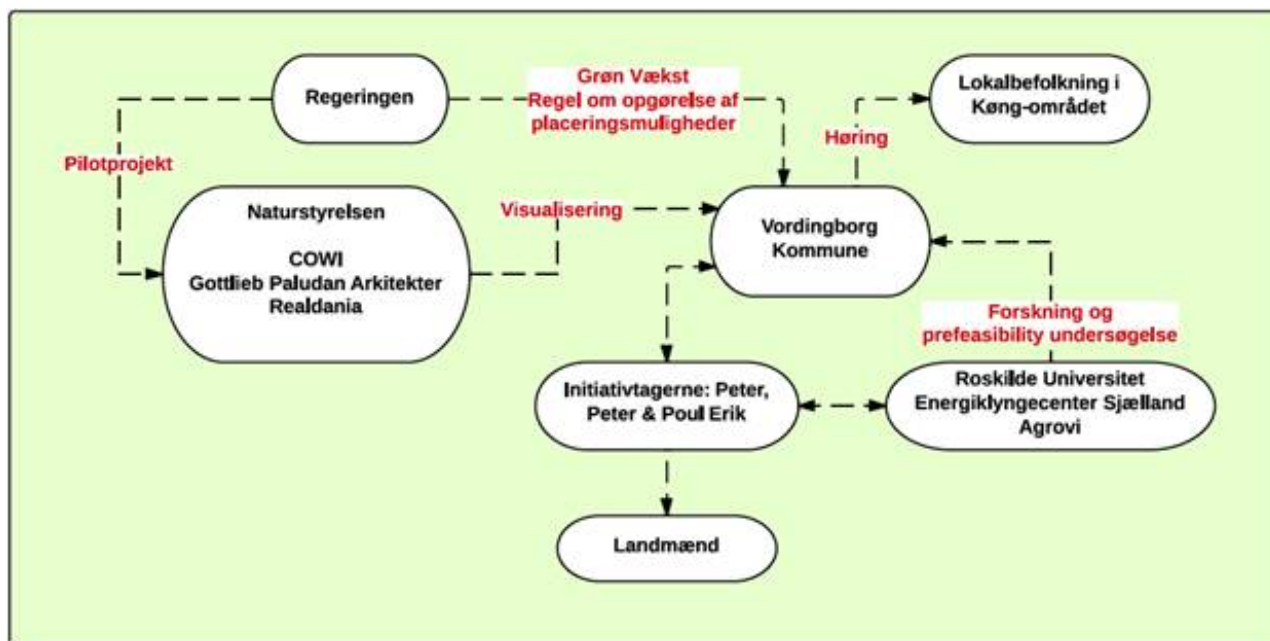
Ifølge Lybæk et al. (2013), varierer det kommunale engagement generelt i etableringsforløb for biogasanlæg. Derudover fremhæves, at et sikkert råvaregrundlag (gylle) i et lokalområde, ikke nødvendigvis betyder, at kommunen spiller en aktiv rolle i udnyttelsen af gylle til en potentiel biogasproduktion. I relation til Vordingborg Kommunes begrænsede engagement og lokalområdets gyllepotentiale, understøttes påstanden af Lybæk et. al. (2013). I forlængelse heraf fremhæves det, at disse kommuner potentielt har en vigtig betydning i etableringsforløbet, og kan således med fordel påtage sig et ansvar som projektansvarlige:

“Municipalities are potentially important stakeholders that could be both drivers and facilitators initiating actions and engaging relevant local stakeholders around biogas in their communities.

³¹ Dette visualiseres i figur 23

Yderligere indikeres der også at kommunens forhold til relevante aktører i lokalområdet gør dem til oplagte facilitatorer i et planlægningsforløb. For at fremhæve dette, i relation til Vordingborg Kommune, visualiseres forholdet mellem relevante aktører, deres funktion og kommunen, i figur 21 (den første figur). Som de tidligere nævnte nedslagspunkter indikerer, har der manglet koordinering imellem dem. Det der i virkeligheden burde være ét samlet projekt, kan deles op i tre sideløbende projekter, der med fordel kunne have været koblet mere sammen;

1. Initiativgruppen, der forsøger at etablere et biogasanlæg i Køng/Lundby med hjælp fra Energiklyngecenter Sjælland og Roskilde Universitet. Før et anlæg kan etableres må kommunen nødvendigvis indgå i planlægningen, men samarbejdet er ikke optimalt.
2. Vordingborg Kommune, som efter krav fra Regeringen, udarbejder en kommuneplan med tilhørende tillæg omkring mulige placeringer af biogasanlæg. De har pligt til at forhøre borgere og afholder informationsmøder, men udliciterer alle opgaver ang. kortlægning af råvaregrundlag, kontakt til leverandører mm. til andre, uden selv at fungere som projektansvarlig eller at tydeliggøre hvem, der er.
3. Naturstyrelsen, der indgår samarbejde med Realdania og COWI omkring et pilotprojekt, som udelukkende omhandler det arkitektoniske aspekt af biogasanlæg, hvor Køng/Lundby bliver udvalgt grundet det særlige omgivende naturområde. Dette projekt har dog ikke indflydelse på hvordan det konkrete biogasanlæg udvikles og etableres, men bliver alligevel fremvist til lokalbefolkningen som visualisering af Køng/Lundby-anlægget.



Figur 21: Aktørmodel: Forholdet mellem relevante aktører, deres funktion og kommunen

På baggrund af dette, foreslås en forbedret model for hvordan samarbejdet mellem aktørerne kunne fungere fremover, hvor Vordingborg Kommune fungerer som en facilitator, der understøtter en koalitionstænkning.

Dog kræver dette først en definition af koalitionstænkning. I bredeste forstand kan man opfatte koalitionstænkning som et forsøg på at sikre et kontinuerligt og fast samarbejde mellem aktører, hvor samarbejdet opretholdes fordi alle aktører har en fælles interesse i at sikre koalitionen. Dette kan for eksempel forankres gennem kontrakter, hvor hver aktør fastholdes, fordi et brud af kontrakten har større konsekvenser end opretholdelsen af den. Konsekvensen er således afgørende for at definere styrken af koalitionen. I forhold til Vordingborg Kommune, undersøges hvordan de nævnte mangler i planlægningsprocessen fra 2011 og frem, potentielt kan udredes gennem udviklingen af koalitioner. Dette indbefatter to former for koalitioner vi har valgt at definere som:

- En *økonomisk koalition* mellem Vordingborg Kommune, biomasseleverandører og initiativtagerne i relation til råvaregrundlaget.
- En *lokalforankrings koalition* mellem Vordingborg Kommune og lokaleborgerne i Kæng/Lundby i relation til borgerinvolvering

Den økonomiske koalition skal kun opfattes som indledende, da der i analysen ikke indgår en redegørelse af de specifikke økonomiske forhold og rammevilkår for hhv. biomasseleverandørerne, initiativtagerne og Vordingborg Kommune. Herunder præsenteres den reelle mulighed for at Køng Mose anlægget kan opnå et kommunalt anlægstilskud.

9.6.3 Økonomisk Koalition og sikring af et stabilt råvaregrundlag igennem afskrivningsperioden

Som tidligere nævnt har initiativtagerne haft svært ved at sikre leveringsaftaler af biomasser, grundet en manglende vilje fra landmandens side til at indskyde en startkapital i Køng Mose anlægget, som forslået af initiativtagerne. Dette kan derfor defineres som et forfejlet forsøg på at skabe en økonomisk koalition til leverandørerne. (Tillisch et al. 2014). Samtidig fremhæver Peter Tillisch, at landmændene også ville have en pris for den leverede biomasse, som de ikke ville give.

Kommunen kunne således i denne sammenhæng have ageret som facilitator under forhandlingerne, hvor en kompetent kommunalt ansat aktør kunne sikre, at initiativtagerne og leverandørerne kunne finde en fælles økonomisk interesse, hvilket kan opfattes som det første skridt mod en økonomisk koalition. En mere progressiv tilgang kunne være, at Vordingborg Kommune have udredt mulighederne for at opnå en kommunekredit³², der kunne dække den del af startkapitalen initiativtagerne ikke kun indskyde selv. Dette kunne have være fordelagtigt i en forhandling med biomasseleverandørerne, da det potentielt kunne øge deres risikovillighed til at indgå i en fast leveringskontrakt med initiativtagerne, igennem en afskrivningsperiode på 12 år (jf. vores anlægskoncept). Ifølge Lybæk et al. (2013) er det dog sjældent så simpelt at skabe en succesfuld (økonomisk) koalition, som ovennævnte eksempel indikerer:

“The flipside of these advantages is that its diverse character makes it complicated to establish an ideal setup. Many different objectives need to be balanced and a number of different stakeholders need to collaborate in order to ensure success” (Lybæk et al., 2011:1-2).

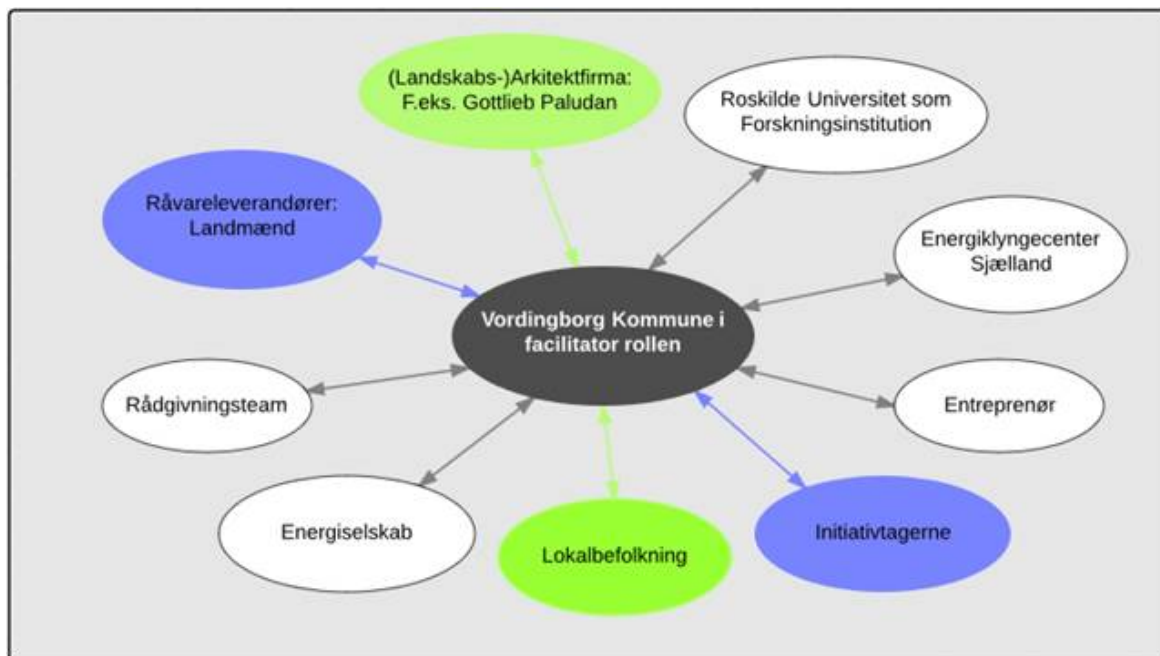
³² Lov nr. 383 om kreditforeningen af kommuner og regioner i Danmark (kommunekredit) af 3. Maj 2006

9.6.4 Lokalføringskoalition og borgerinvolvering

I modsætning til den økonomiske koalition, er borgerinvolvering mere betonet af en velfungerende kommunikation og lokalføringskoalition, end direkte økonomiske forhold. Samarbejdet kan dog stadig komprimeres indirekte af økonomiske forhold, såsom faldene huspriser pga. øget trafik, lugtgener mm. Derudover er dette samarbejde mellem kommunen mest relevant i etableringsforløbet, da en manglende koalition i denne fase, kan lede til, at et anlægskoncept ikke bliver vedtaget, hvilket var tilfældet med Øbjerggård-placeringen. En koalition mellem Vordingborg Kommune og lokalbefolkningen, har således primært til formål at minimere NIMBY-effekten.

En måde hvorpå der kan skabes en potentiel koalitionstænkning med de lokale borgere, er igennem borgermøder, som inddrager dem i planlægningsforløbet. Det er således vigtigt, at Vordingborg Kommune, som facilitator, har en bred forståelse for hele planlægningsprocessen og de involverede aktører, da de ellers kan fremstå usammenhængende over for borgerne. Som nævnt i borgerinvolveringskapitlet har det æstetiske forhold også en markant betydning for borgerne. Det er derfor relevant, at visualiseringen af anlægskonceptet afspejler anlæggets reelle størrelse og teknologiske installationer, hvilket som sagt ikke var tilfældet med Gottlieb Paludans visualisering af et anlæg i Køng/Lundby.

På baggrund af dette, visualiserer figur 22 hhv. de økonomiske koalition (Blå) og lokalføringskoalition (Grøn). Derudover fremhæves andre relevante aktører, hvilket ikke er blevet berørt, men stadigvæk kan være relevante at inddrage i et samarbejde, hen mod etableringen af vores anlægskoncept. Vordingborg Kommune er placeret centralt, da det indikere den som facilitator, der uddelegerer opgaver til de forskellige andre aktører og interessenter, der har betydning for etableringen af anlægget.



Figur 22: Koalitionstænkning visualiseret ud fra facilitator i midten og resterende aktører omkring denne

Samlet delkonklusion

De forskellige forudsætninger identificeret i delanalyse 1, inddeles i ovenstående kapitel i teknologisk-geografiske og planlægningsmæssige aspekter, hvorunder et stabilt råvaregrundlag samt afsætningsmuligheder berører begge aspekter.

De teknologisk/geografiske aspekter har en direkte påvirkning på den driftsøkonomiske udregning for anlægskonceptet. Gennem behandling af tilgængelig data, påvises det i den driftsøkonomiske udregning, at det er muligt at lave et rentabelt halmbaseret biogasanlæg i Køng/Lundby. Da udregningerne baseres på flere forskellige parametre, der alle kan tilskrives en vis usikkerhed, fremgår det af de præsenterede nulpunktsgrafer, at små ændringer i forudsætningerne for anlægskonceptet, kan have afgørende betydning for driftsøkonomien. Gennem koalitionstænkning er det muligt at behandle og minimere nogle af de variationer, der kan give negativt udslag i de økonomiske beregninger.

Gennem en analyse af de planlægningsmæssige aspekter kan det konkluderes, at placeringen af anlægget først og fremmest skal baseres på en sikker afsætningsmulighed af biogassen og et stabilt råvaregrundlag. Dette kræver en detaljeret planlægning af leveringskontrakter og afsætningsmuligheder, her til det lokale naturgasnet. Inddragelse af lokalbefolkningen er også afgørende for at forebygge modstand mod anlægskonceptet i relation til placeringen.

En velovervejet rolle- og ansvarsfordelingen i etableringsprocessen af et biogasanlæg i Køng/Lundby, kan potentielt fremme den videre udvikling. Kommunen kan eventuelt ansætte en facilitator til at

styre det videre planlægningsforløb. Dette kan derved aflaste initiativgruppen for udvalgte arbejdsområder. På denne måde kan kommunen fremme en øget coalitionstækning mellem de relevante aktører.

10. INNOVATIONSANALYSE - Et kritisk syn på biogasanlæg med halm

10.1 Introduktion

I dette afsnit bliver halm som anden organisk materiale, analyseret i et teoretisk perspektiv, ud fra usikkerheden beskrevet i Tabel 1. Der beskrives hvilken usikkerhed disse ændringer i processen kan medføre, og hvorledes disse ændringer med tiden minimeres og hvordan private aktører kan forholde sig til investeringer i halmbaserede biogasanlæg med en hammermølle. Indledningsvis ser vi på innovation inden for biogasteknologien, og hvordan denne forekommer. Derefter gives en forståelse for de dynamiske forhold mellem forskellige typer teknologi, som skaber den kontinuerlige, innovative proces, der påvirkes af interne og eksterne faktorer.

10.2 Hvordan kan vi forstå et halmbaseret biogasanlæg i et innovativt perspektiv?

Vi starter ud med at se på processen *fra ide til virkelighed*.

"Invention is the first occurrence of an idea for a new product or process, while innovation is the first attempt to carry it out into practice." (Fagerberg, 2005:4)

Halm som anden organisk materiale er en forholdsvis ny udvikling inden for konventionel biogasproduktion. Den biologiske proces, der skaber biogas har dog længe været kendt, bl.a. fra sumpe (jf. kapitel tre). Når disse processer forsøges efterlignet og gøres kommercielle i en teknologisk produktionsform, bør en række faktorer som er udslagsgivende for at skabe de gunstige forhold medregnes. Disse er med til at gøre produktionen rentabel og kompatibel i et økonomisk og teknologisk perspektiv.

Udbredelsen af biogasproduktion i 70'erne forekommer derfor sent, i forhold til hvor længe de biologiske processer har været kendt. Dette er dog ikke atypisk for innovationsprocesser. Der findes mange eksempler på opfindelser inden for forskellige områder, hvor tiden fra opdagelsen er fundet sted, til der er forekommet innovation er relativ lang (Rogers, 1995:7). Inden for biogasproduktion ses dette dels ved udbredelsen af selve anvendelsen af biogas til energiproduktion, da behovet for et alternativ til olie var nødvendigt. Dels ved det skiftende råvaregrundlag, som bl.a. har resulteret i anvendelsen af halm som tilsætningsbiomasse, da alternativer til først industriaffald og senest energiafgrøder, nu efterlyses som gas-booster (Bilag 17). Det er derfor problematisk når biogasanlæggene designes til en given biomassesammensætning, der nødvendigvis ikke er kompatibel med en relativ radikal ændring i råvaregrundlaget. Når en opfindelse bliver til en innovation, gennemgår den flere udviklingsprocesser, hvor erfaringer

akkumuleres inden for f.eks. en organisation. Dette påviser yderligere, at selvom en given biomasse kan resultere i et højt gasudbytte, kan en anden biomasse være bedre, grundet forsyningssikkerhed, udrådningstid, pris osv. Fagerberg forklarer således at:

"To be able to turn an invention into an innovation, a firm normally needs to combine several different types of knowledge, capabilities, skills, and resources. For instance, the firm may require production knowledge, skills, and facilities, market knowledge, a well-functioning distribution system, sufficient financial resources, and so on" (Fagerberg, 2005:5).

Fagerberg lister to komplicerende årsager til intervallet mellem ideens opståen og realisering. Første årsag kan betegnes som de eksterne faktorer. I biogasproduktion omfavner dette bl.a. etableringen af naturgas, fjernvarme og el-nettet. Disse faktorer er vitale for, at en rentabel produktion kan forekomme, da denne afhænger af den etablerede infrastruktur til afsætning af produktet. Sammen med andre faktorer som gyllespredere, produktion med restprodukter som halm og slagteriaffald, er dette resultatet af komplementære innovationer, som muliggør den aktuelle innovation (ibid.). Faktorer kan også være til stede, men ændre sig, og dermed ændre grundlaget for en given produktion, som tilfældet med de skiftende markedsforhold for anden organisk materiale i form af f.eks. industriaffald, eller en ændring i rammevilkårene som set med den reducerede brug af energiafgrøder. Rent organisatorisk vægtes betydningen af lange kontrakter på råvarer derfor højt, sammen med regulering og støtteordninger, og den veletablerede distribution, da varierende parametre således reduceres. En ændring i de eksterne faktorer for innovationen betyder dog ikke, at teknologien ophører i sin eksistens. Forudsætningerne for hvad der bl.a. gjorde den teknologisk kompatibel eller økonomisk rentabel, vil dog ændre sig. Den anden årsag, her betegnet som intern, er at ideer og innovation er levende i den forstand, at det er en kontinuerlig udviklingsproces (ibid.). Hermed er viden omkring eksempelvis bakteriestammen, udrådningstid i relation til forbehandling af anden organisk materiale, temperaturregulering, omrøring, pumper, aminprocessen og trykvandsprocessen til opgradering til naturgas, formgivende faktorer i den innovative proces, som ikke nødvendigvis eksisterede i den spæde idéfase. Med tiden kommer flere tekniske udviklinger, der bl.a. effektiviserer og skaber flere muligheder end der først var tiltænkt den originale ide. Dette er *"innovation in the making"*, hvor en teknologi bliver åbnet op og får et større potentiale, der forgrener sig og i det konkrete tilfælde har indvirken på landbrugssektoren, energisektoren og den ressourceeffektiviserende del af affaldssektoren. Innovation kan således ikke tilskrives en specifik oprindelsesdato og den

økonomiske betydning af en innovation kan ændre sig drastisk fra den originale ide (Nielsen et al., 2005:12), hvilket betyder at senere udviklinger i innovationsfasen ofte har stor betydning (Fagerberg, 2005:5).

Biogasproduktion i sin nuværende form, skal derfor forstås i forhold til de faktorer, der er givne i nutiden, og således kan et fremtidigt potentiale ikke låses hertil, uden at tage højde for den udvikling der venter.

Joseph Schumpeter (1883-1950) inddeler således den innovative udvikling i forskellige typer:

- (1) Nye produkter
- (2) Nye produktionsformer
- (3) Nye kilder af forsyninger
- (4) Opdagelser af nye markeder
- (5) Nye måder at organisere virksomheden på (Fagerberg, 2005).

Indsættes den aktuelle problemstilling omkring biogasproduktion i denne systemiske tilgang, vil de forskellige udviklingstyper kunne inddeles således:

- (1) Med tiden er der lavet nye produkter som opgraderingen af biogas, der betyder at man kan afsætte sit produkt til naturgasnettet, frem for kraftvarme.
- (2) Nye produktionsformer som reducerer udrådningstiden, eksempelvis mekanisk forbehandling af anden organisk materiale.
- (3) Nye biomasse-input med fokus på et stabilt råvaregrundlag, kort udrådningstid og højt gaspotentiale, samt miljøeffekt.
- (4) At gå fra energiproduktion til ressourceeffektivisering samt integrere landbrugssektoren i et symbiotisk forhold.
- (5) Nye måder at organisere biogasproduktionen i fysiske forhold, som f.eks. rørført gylle frem for vogntransport og fællesanlæg i stedet for gårdanlæg, eller i organisatoriske strukturformer som ApS, a.m.b.a.. Koalitionstækning kan også nævnes heriblandt.

Disse fem måder at inddele innovation på kan anvendes til at forstå et specifikt område, men det er relationen mellem de forskellige typer af innovation, som skaber synergien i den systemiske sammenhæng. Dette ses bl.a. ved forholdet mellem udrådningstid, forbehandling og gasudbytte. Synergien der opstår er et udtryk for de dynamiske relationer mellem de forskellige typer af innovation, hvor udvikling inden for én type, kan påvirke både de eksterne og interne forudsætninger for de forskellige typer af den innovative teknologi. Hvis der sker udvikling inden for forbehandlingen bliver udrådningstiden påvirket, hvilket betyder at man kan behandle en større mængde biomasse inden for samme tid og anlægskapacitet.

Det kvantitative omfang af opgraderet biogas, bestemmes dermed ud fra forholdet mellem hvordan udvikling af en faktor i en dynamisk relation påvirker andre faktorer og skaber innovation. Kvaliteten af dette produkt er bestemt af rensningen og opgraderingen (jf. afsnit 3.4.1), der også påvirker kvantiteten af det samlede udbytte med -1 % (Elkjær et al., 2013:14). Her ses en innovativ udvikling ved adaption af nye teknologier, som det er tilfældet med hammermøllen der oprindeligt var tiltænkt træpiller til forbrænding (Bilag 4) og det er ikke utænkeligt at en adaption kunne ske igen inden for forbehandlingsteknologier, der knytter sig til halm og biogas. Hvorvidt denne innovative udvikling kan overføres til gyllebaserede biogasanlæg, på konkurrencedygtige vilkår er essentiel for, at den gyllebaserede biogasbranche ikke mister sit råvaregrundlag. Bioteknologisk innovation inden for bl.a. gasifikationsbranchen har potentiale for at udfordre de gyllebaserede biogasanlæg på råvaregrundlaget, da der forskes ihærdigt inden for denne branche i form af rensning og opgradering af gas, forbehandling af halm mm., hvor Danmark har befundet sig i førerfeltet (Ridjan et al., 2013; Hansen, 2011). Hvis gyllebaserede biogasanlæg skal konkurrere med gasifikationsanlæg, er der dermed en pointe i at det gyllebaserede anlæg kan tilpasses, og adoptere teknologi, således at det gøres konkurrencedygtigt ift. evnen til at udnytte det samme organiske materiale.

Den teknologiske udvikling inden for biogassektoren udspringer af akkumuleret *knowhow* omkring de eksterne og interne faktorer, som indbefatter teknisk og praktisk anvendelse. Enkelte dele af teknologien kan ikke stå for sig selv, men består i en sammenstykket enhed.

11.2.1 Den indlejrede usikkerhed

Den ovennævnte konkurrence, der finder sted inden for nyttiggørelsen af biomasse omhandler først og fremmest kampen om ressourcerne, men også evnen til at udnytte disse ressourcer bedst muligt (ressourceeffektivisering). Da biogasbranchen arbejder på et marked, der danner symbiotiske forhold med både landbrugs- og energisektoren, kan et rodnet givetvis fæstnes derigennem med

råvaregrundlag og afsætningsmuligheder (jf. koalitionsenkning). Da råvaregrundlaget herved ikke er uafhængigt, skabes der en usikkerhed i at basere grundlaget for sin produktion på råvaregrundlag som halm, der findes i mængder, som gør den attraktiv inden for en række af andre områder. Dette ses allerede i dag, hvor store mængder halm anvendes i forbrændingsanlæg og selvom Taskforce Biogas prioriterer at "*vurdere virkning af forbud på at brænde biogasegnede biomasser*" (Ens.dk, c), kan mængden af frigivet halm på markedet ikke alene gøre råvaregrundlaget uafhængigt for påvirkning, selvom graden kan mindskes.

Forståelsen for systemet af dynamiske relationer, påviser den uforudsigelighed, som er indlejret i innovationsproces (Fagerberg, 2005:9). Dette betyder, at en "*first mover advantage*"³³ kan være uforudsigelig, da det er svært at definere hvad der er det rigtige at gøre for en gruppe aktører, der ønsker at etablere et biogasanlæg. Hvis de vælger at konstruere et biogasanlæg tilpasset et specifikt råvaregrundlag, kan de nyde godt af at være "*first movers*"³⁴ (jf. kapitel 4.1.2). Hvis grundlaget for den aktuelle biomasse i mellemtiden skifter, må disse aktører forholde sig til de specifikke tekniske udformninger af deres biogasanlæg og det "*lock-in*"³⁵, der er knyttet hertil, hvis anlægget ikke er kompatibelt med en given ny aktuel biomasse. Hvis der med tiden viser sig at være et bedre "*innovationsspor*"³⁶ at følge, står aktørerne over for yderligere anlægsomkostninger, hvis det kræver en ændring af anlægget og de mister deres "*first mover advantages*" (ibid:10).

En måde at styre uden om disse problemer på er ved at have en strategi, der er åben for tilpasning, ligesom teknologisk innovation tilpasser sig (ibid.), og derfor er det utilsigtet at pege på halm og hammermøller som det *eneste* "spor", der skal følges for biogasanlæg. Der er derfor en (teoretisk) fordel i konstrueringen af et anlæg, der kan tilpasse sig forskelligt biomasseinput.

³³ *First-movers-advantage*: Betegnelse af de fordele der kan være ved at være de første der gør noget, og derved komme dine konkurrenter i forkøbet.

³⁴ *First-movers*: Betegnelse for aktører der er blandt de første i et gå i en vis retning hvad angår teknologi til at imødekomme et ønske om produktion eller forbrug.

³⁵ *Lock-in*: Betegnelse for den risiko det kan være ved at følge et specifikt teknologisk spor med selvforstærkende effekter, der potentielt set kan låse en produktionsform til en specifik måde at gøre tingene på, i den selvforstærkende effekt for teknologien.

³⁶ *Innovationsspor*: Betegnelse for et valg af teknologi som vælges, og hvordan disse valg målretter videre teknologisk udvikling. Innovationsspor beskriver således en retningsgivende udvikling. F.eks. er mekanisk forbehandling et spor, og enzymatiske forbehandling er et andet spor.

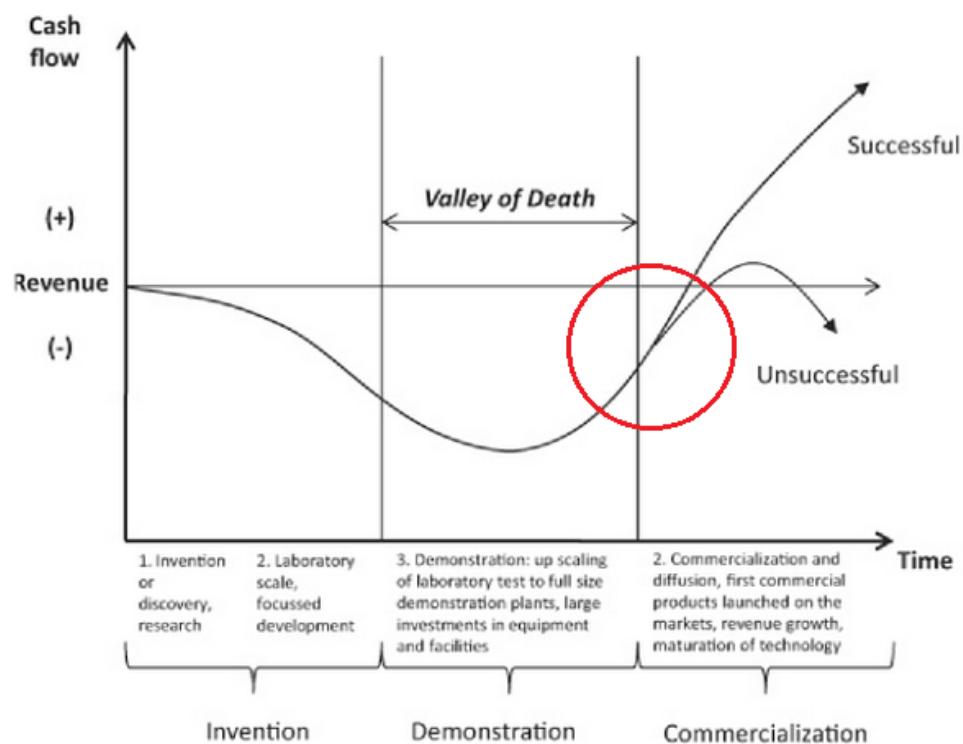
Når en teknologi befinder sig i en skiftende verden, må den kunne tilpasse sig for at overleve. Innovation er en måde at gøre dette inden for de tekniske forhold, men også inden for de organisatoriske aspekter i måden virksomheden har forplantet sig. Der er derfor en usikkerhed tilknyttet biogas, men denne kan imødekommes gennem tiltag der bygger på erfaringer.

11.3 Introduktion til 'Valley of Death'

Ud fra ovenstående forståelse for innovation, har følgende afsnit til formål at illustrere de forsøg på kommercialisering, der er forekommet og hvor biogasproduktion med halm er at finde i dette kommercialiseringsperspektiv for miljøinnovation, anno 2014 i Danmark. Dette påvises gennem brugen af en såkaldt 'Valley of Death' graf (figur 23).

Valley of Death (VoD) er et begreb, der bruges til at forklare en miljøinnovations overgang fra offentlig forskningsstøtte, til at stå på egne ben og hvad der herimellem ligger af kapitalindsud til udvikling af innovation. Hvis en given teknologi har vist et økonomisk potentiale, appellerer den til venturekapital (Murphy & Edwards, 2003:1). Som påvist i analysen er dette tilfældet med de økonomiske beregninger i delanalyse 2. Denne overgang kaldes "Bridging the Valley of Death" og refererer ikke blot til det offentlige investeringer i F&U på et tidligt stadie. Det indebærer også håbet om at fange interessen fra private investorer til at bygge videre på teknologien og udvikle potentialet, samt hvordan man management-orienteret arbejder med denne "bridging".

Grafen viser i grove træk hvordan offentlige forskningsmidler har været med til at udvikle teknologien, hvorefter det forventes at private investorer overtager finansieringen ved starten af 2. felt på x-aksen, og videreudvikler teknologien, hvis den viser potentiale for kommercialisering (Murphy & Edwards, 2003:3).



Figur 23: *The Valley of Death.* Grafen viser investeringer i F&U som med tiden skal give økonomisk indtjening når den teknologisk udvikling og praktisk implementering finder sted. Forskningsmidler i starten kommer normalt fra det offentlige, og det offentliges interesse. Senere overtager det private den teknologisk udvikling hvis det antages at der er mulighed for at kommercialisere teknologien. (Kilde: Christensen & Kjær 2012 "What is Cleantech? Unraveling the buzzword" Chapter 2.1 in Rethinking Climate Change)

Med udgangspunkt i den indsamlede viden omkring offentligt støttede biogasprojekter og den aktuelle case, kan det således vurderes hvorvidt den såkaldte VoD inden for biogasproduktion med halm er, eller vil blive "bridged". Dette vil mindske usikkerheden for potentielle biogasaktører i hvorvidt det er økonomisk fordelagtigt at indgå i projekter med halmbaserede biogasanlæg. Videreudvikling af teknologien i fremtiden er ikke medregnet, men det må antages, at der inden for en kort tidshorisont kan forekomme teknologiske gennembrud, der potentielt kan gøre biogasanlæg mere driftsøkonomiske (bilag 18).

Et biogasanlæg, der udelukkende bruger gylle har vist sig at være svært at gøre kommercielt (jf. kapitel 3.1), bl.a. grundet det lave TS-indhold i gylle (jf. kapitel 6). Dette forsøg på kommercielt biogas kan derfor placeres i den nedadgående del på kurven (figur 23). Ved tilsætningen af anden organisk materiale, investeres der yderligere i anlæg, men som nævnt tidligere er der problemer tilknyttet tilgængeligheden af tilsætningsbiomasse samt den lange udrådningstid for disse materialer (jf. kapitel 6).

Som beskrevet i kapitel 3.1, er denne viden genereret gennem offentlige forskningsmidler hvorfor den stadig placeres på den nedadgående kurve i grafen. Dette skal dog anskues i et makroperspektiv, da der stadig findes driftsøkonomisk rentable biogasanlæg, der fungerer ved at booste metandannelsen med lokale ressourcer som industriaffald, selvom det bliver gradvist sværere at skaffe denne biomasse (REFA Årsberetning 2012:18).

Efter denne grundforskning, vil næste led i etableringsprocessen, som nævnt, ofte være en overgang fra de offentlige forskningsmidler til en privat finansiering (Murphy & Edwards, 2003:3), men her skal det dog pointeres, at denne overgang er flydende. I Bånlev var det eksempelvis private aktører, der overtog et kommunalt drevet anlæg (baanlev.dk), og i Nysted har kommunen også været involveret med en kapital på 97%, mod et privat kapital indskud på 3%, frem til at REFA I/S overtog Nysted Biogas i 2012 (dr.dk). I forhold til etableringen af Køng/Lundby-anlægget er det dels muligt at inddrage erfaringer fra forskning, men også fra forskellige anlæg. Testanlæg som Foulum bidrager løbende med demonstrativ viden om anden organisk materiale, hvor andre anlæg har bidraget med praktisk viden omkring vigtigheden i planlægningsfasen.

Som tidligere beskrevet er det muligt at etablere et økonomisk rentabelt biogasanlæg ved Køng Mose, men som det også påpeges, afhænger dette af evnen til at arbejde i koalitioner. Denne koalitionstænkning minimerer en del af den risiko, der tidligere er beskrevet omkring usikkerheden i innovative faser og cementerer koordinationen mellem forskellige aktørers indvirken på de fem typer af innovation. Dette står i relation til hvordan man arbejder med at "bridge" VoD, hvor det fremmer teknologiens kommercialisering.

"Opportunities for collaboratively reducing risk can add robustness to the technology commercialization process, and thus benefit both the public and private sectors" (Murphy & Edwards 2003:36). Det er en mangelfuld opfattelse, at F&U i teknologi er tilstrækkeligt og det kræver derfor yderligere viden at realisere teknologien og skabe brugbar innovation. I forbindelse med forslaget til et anlægskoncept skal det derfor understreges, at teknisk viden omkring anvendelsen af halm i biogasanlæg ikke er tilstrækkelig for at etablere et rentabelt biogasanlæg. Den private sektors ekspertise i at drive forretning på en teknologi, skal derfor koordineres med den offentlige forskning i bl.a. anden organisk materiale, for at skabe robusthed omkring teknologien. Dette forhold beskriver Murphy & Edwards (2003) som følger:

“many energy entrepreneurs develop their enterprises in an uneven fashion, focusing almost exclusively on technology development and engineering, they often assume they are ready for seed or start-up financing when, in reality, they have not satisfied basic market and business planning milestones” (Murphy & Edwards, 2003:44).

Et teknologisk ‘push’, frem for et ‘marked pull’, er derfor ikke noget der lokker investorer til at investere i et givent projekt (ibid:47). Halm og den tilhørende mekaniske forbehandling skal således ikke være et svar på en teknologi der tidligere er faldet igennem, men et modsvar på hvordan man forretningsorienteret får et anlæg til at fungere med anden organisk materiale. Da den tekniske formåen og praktiske viden omkring planlægningsfasen med placering, koalitionstækning mm. er tilstede, kan det derfor udledes, at VoD er blevet “bridged”, hvis der er skabt en praktisk robusthed omkring de økonomiske beregninger. Som det også understreges tidligere i analysen er det dermed muligt i et teknologisk perspektiv, men kræver dog yderligere viden omkring teknologien for at føre det ud i praksis. Ift. Tabel 1, kan man gennem de nævnte aktiviteter, “bridge” VoD ved at forstå, at usikkerheden for variationerne, i relation til tabellen, mindskes. Udover at skabe robusthed omkring variationerne, er der også mulighed for, gennem innovation af allerede eksisterende teknologiske strukturer, at flytte nulpunktskurven, så tolerancen for udsving i produktionen bliver højere.

På figur 23 placeres biogasanlæg med hammermølleforbehandling af halm derfor indenfor den røde cirkel. Denne placering påviser muligheden for at bevæge sig over VoD. Hvis der i anlægskonceptet imidlertid ikke tages forbehold for vigtigheden af planlægningsprocessen til sikring af råvaregrundlag, distribution mm., i koordinering af det teknisk mulige, så kan kommercialiseringen stadig godt fejle.

12. KONKLUSION

I det følgende besvares problemformuleringen:

Hvilke forudsætninger skal være til stede for at etablere et succesfuldt halmbaseret biogasanlæg, og hvordan kan disse overføres til både videreudvikling og planlægning af et anlægskoncept i Køng/Lundby?

Denne rapport har udarbejdet et anlægskoncept til et halmbaseret biogasanlæg med udgangspunkt i et eksisterende anlægssforslag placeret ved Køng Mose i Vordingborg Kommune. Nedenstående vil derfor konkludere på de indirekte og direkte forudsætninger knyttet til realiseringen af anlægskonceptet. Det generelle udgangspunkt for etableringen af et biogasanlæg, herunder også halmbaserede, gælder følgende lovgivninger og bekendtgørelser:

El-, varme- og naturgasforsyningsloven står for de økonomiske rammevilkår for produktionen af biogas, herunder også de nyligt vedtagne støtteordninger til opgraderet biogas. Et halmbaseret biogasanlæg er derfor betinget af disse støtte- og tillægsordninger for at opretholde en positiv driftsøkonomi. Derudover reguleres tilsætnings- og udbringningsforholdene af hhv. biomassesammensætningen, der indføres i reaktortanken og den efterfølgende afgassede gylle, gennem slam- og husdyrgødningsbekendtgørelserne. Disse forsøger at kontrollere forureningsrisici tilknyttet gødning af markerne. Den praktiske opretholdelse af udbringningsforholdene evalueres dog ikke i relation til anlægskonceptet, men det kan indikeres, at de komplekse forhold i disse lovgivninger, mellem energi- og landbrugssektoren, besværliggør opretholdelsen af bekendtgørelserne i praksis.

Selve anlægskonceptet er blevet udarbejdet på baggrund af en række forudsætninger, primært identificeret gennem vores empiriindsamlinger. Forudsætningerne afspejler afgørende faktorer for etableringen af et succesfuldt halmbaseret biogasanlæg. Dog er nogle af disse forudsætninger også potentielt gældende for etableringen af andre biogasanlæg, dette undersøges dog ikke yderligere. Forudsætningerne fokuserer på de teknologiske og geografiske forhold ved etableringen af et halmbaseret biogasanlæg, samt de planlægningsrelaterede forhold, der indirekte har en påvirkning på de teknologiske forudsætninger. De er således betinget af hinanden.

Forudsætningerne er som følger:

- Sikringen af et stabilt og lokalt råvaregrundlag, upåvirket af konkurrenceaspektet.
- Forbehandlingsteknologi til pulverisering af halm, hvilket, i dette tilfælde, er med en Hammermølle EUB8000 Unit.
- En kortere udrådningstid af halm.
- Afsætningsmuligheder af den samlede mængde produceret biogas, gennem hele året.
- Konstruktiv borgerinvolvering, der minimerer NIMBY-effekten.

På baggrund af disse forudsætninger er der blevet udarbejdet et anlægskoncept ved Køng Mose, gennem en driftsøkonomisk analyse. Derefter er relevante parametre med påvirkning på driftsresultatet blevet evalueret, for at fastslå mulige variationer gennem en risikovurdering vha. nulpunktsgrafer. Dette anlægskoncept forudsætter bl.a. en stigning i gasudbyttet til 60,138 m³/tons, en forøgelse af råvaremængden fra 149.900 til 176.671 tons biomasse, brug af hammermølle EUB8000 til at pulverisere halmen, hvilket vi estimerer kan øge metanudbyttet med 30% og at naturgasprisen ikke fortsætter med at falde. Disse parametre mener vi dog godt, at kunne antage er teoretisk mulige og derved antages, at anlægskonceptet er realistisk.

For at dette anlægskoncept kan fungere i praksis, kræver det dog, at der tages højde for eventuelt manglende teknologiske forhold for forbehandlingsteknologien af halm og dens udrådningstid. På nuværende tidspunkt er der ikke gennemført fuldskalaforsøg med pulveriseret halm, der er dog foretaget nye udrådningsforsøg, der yderligere kortlægger potentialet for forbehandling af halm. Samtidig skal der i en planlægningsmæssig sammenhæng tages højde for stabiliseringen af råvaregrundlaget gennem leveringskontrakter, samt en tilstrækkelig involvering af lokalbefolkningen, for at sikre en optimal placering af anlægget. Afsætningsmulighederne vurderes til at være velovervejede, da der på den aktuelle placering er mulighed for opgradering af biogassen til naturgasnettet.

Vordingborg Kommune har delvist varetaget den hidtidige planlægningsproces, dog kan det indikeres, at der stadig er tvivl mellem relevante aktører i relation til ansvars- og rollefordelingen af den eksisterende planlægningsproces for etableringen af et anlæg ved Køng Mose. I forlængelse heraf foreslås det, at Vordingborg Kommune spiller en mere aktiv rolle som facilitator, der

understøtter og udbreder en øget koalitionstænkning, mellem bl.a. initiativtagerne, potentielle leverandører og lokalbefolkningen.

Ud fra et teoretisk perspektiv, er der en række forskellige faktorer omkring teknologien, som formgiver de forskellige typer innovation. Akkumuleret knowhow om de tekniske og praktiske aspekter for biogasteknologien skaber innovation, der tilpasser sig efter forudsætningerne for produktionen. Da dette foregår i en proces med dynamiske relationer, af både interne og eksterne faktorer, kan det skabe en usikkerhed for driftsøkonomien. Tilpasning til forandringer er derfor ikke kun et teknisk spørgsmål, men omhandler også et organisatorisk aspekt i måden virksomheden er forankret gennem planlægningsprocessen. Vi konkluderer herpå at både de tekniske forhold, og den praktiske knowhow der hertil er knyttet, findes i et tilstrækkeligt omfang for en økonomisk rentabel biogasproduktion med halm som anden organisk materiale. Derfor er spørgsmålet ikke kun om det er muligt rent teknisk, men også om den tilstrækkelige knowhow er tilstede, lokal opbakning, og kapital til at føre det ud i praksis under de eksisterende strukturelle forudsætninger for teknologien.

13. REFLEKSION

I dette projekt har vi arbejdet med en problemstilling, der har vist sig kompleks. Dette kommer sig af, at vi arbejder med at forstå forskellige forudsætninger, der hver især er relativt simple, men når de står i relation til hinanden opstår den komplekse problemstilling. Dette kommer bl.a. til udtryk gennem figur 24, hvor vi forsøger at basere et kvalificeret bud på en rentabel biogasproduktionen på synergierne mellem forskellige faktorer, som breder sig over forskellige områder. Der kan argumenteres for, at et indsnævret felt ville muliggøre en konklusion af en højere reliabilitet, men denne viden ville ligeledes overse de forbindelser, der sammenkobler de forskellige aspekter i eksempelvis biogassektoren.

Vi har gennem udarbejdelsen af denne rapport forsøgt at skabe kontakt til Vordingborg Kommune med henblik på at inddrage deres meninger om etableringsprocessen for Køng/Lundby-anlægget. Dette er imidlertid ikke lykkedes, hvorfor inddragelsen af initiativgruppens kritik af kommunens rolle kan virke ensrettet. Vi har derfor forsøgt at opretholde en objektivitet og skabe et overblik over kommunens aktiviteter på området gennem anvendelse af deres kommuneplan med tilhørende tillæg samt klimastrategi og idefasekatalog.

14. PERSPEKTIVERING

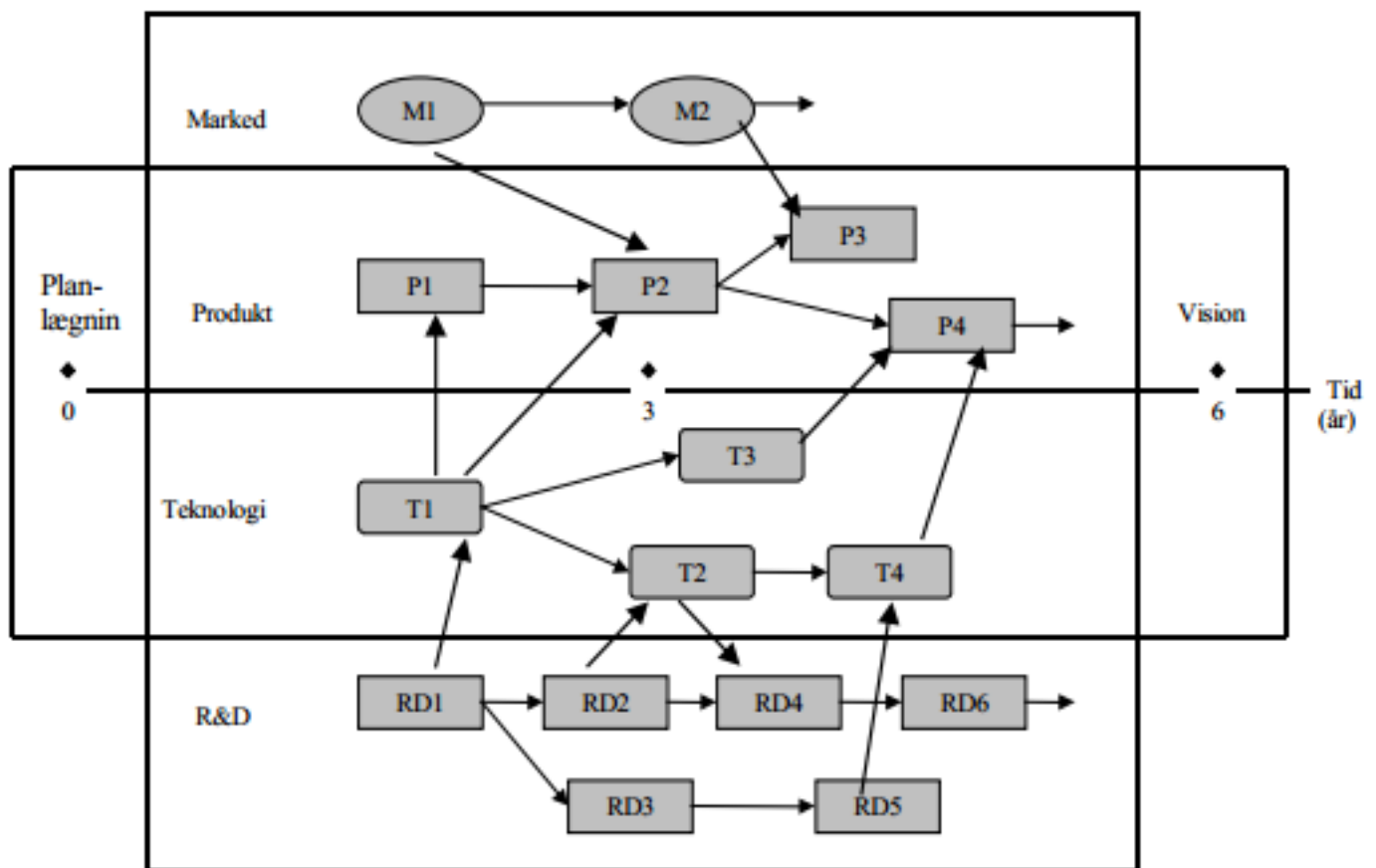
Da denne rapport arbejder med de operative mål for en specifik case, der udspringer af en mere omfattende strategi for en bæredygtig omstilling i Danmark, ønsker vi at perspektivere til det taktiske niveau, der ligger herimellem. Motivationen for at gøre dette, kommer fra den indsigt vi har opnået gennem studiet af biogas i Danmark, da vi mener, at koordineringen af udviklingen inden for biogas er mangelfuld og ikke struktureret systematisk ud fra en visionsorienteret tilgang til teknologisk F&U og praktisk anvendelse. Denne holdning dannes på baggrund af indikationer på en usystematisk forskning, der ikke har været koordineret horisontalt over de forskellige forskningsområder. Den hidtidige forskning inden for biogas (jf. kapitel 3 og bilag 15), bevidner om en teknologisk forecastning med en lineær tilgang til innovationsprocesser.

Biogassektoren blev, som tidligere beskrevet, etableret på et andet politisk incitament og målsætninger, som et resultat på oliekrisen i 70'erne. Det eksistentielle skift til at spille en betydelig rolle i den bæredygtige omstilling af energisektoren, blev imidlertid ikke ledsaget af en tilstrækkelig plan for forskningsaktiviteter på området. Taskforce Biogas blev etableret i juni 2012 med fokus på at fremme biogasudviklingen, for at leve op til de politiske målsætninger ift. Klimaplanens mål omkring anvendelsen af 40% husdyrgødning til energiproduktion inden 2020. Det er forståelsen, at dette er en strategisk vision, men hvad der efterlyses, er en fælles koordineret målsætning for hvordan dette opnås gennem F&U, og ikke blot ved at bygge flere anlæg med en lineær innovationsproces. Denne tendens er tidligere beskrevet indenfor forskningsverden, bl.a. af *National Renewable Energy Laboratory* i USA, der beskriver problemet som:

“As we look at new ways of filling the funding gap by using novel approaches and partnerships it would be a wise investment to not repeat unsuccessful history, while leveraging our successes. Over the course of more than thirty years, the public and private sectors have expended a lot of effort and resources on developing the technology as well as adapting commercialization models from other market sectors through various partnership efforts. However, in parallel, we have invested relatively very little in systematically learning from our successes and probably more importantly, from our most expensive failures in getting these technologies commercialized.” (Murphy & Edwards, 2003:34)

Teknologisk Fremsyn præsenterer *Roadmapping* som en struktur, der kan facilitere en systematisk forskning. I relation til vores projekt vil vi derfor give et eksempel på hvad vi finder konstruktivt at gøre, for at fremme den danske biogassektor gennem brugen af denne:

"Roadmapping fokuserer på at identificere og beskrive sammenhængen mellem strategiske mål (eller politiske visioner), markedsstrukturer, produkter, teknologier, forskningsaktiviteter, osv." (Andersen & Jørgensen 2001:11).



Figur 24: Illustrerer hvordan der kan forskes inden for forskellige områder der hver især er målrettet den samme målsætning/vision, og bygger på de samme værdier som ligger til grundlæg for forskningen (Kilde: Roadmap Andersen & Jørgensen 2001:12. Grundnotat om metoder indenfor teknologisk fremsyn).

Som påvist på figur 24, foregår der en række aktiviteter, der er målrettet det samme element (P4), hvor vi i vores tilfælde kan placere gasudbytte. Vi vælger her at fokusere på *R&D*-feltet (F&U) med fokus på en kortere udrådningstid samtidig med et højt gasudbytte. Som illustreret i modellen skal dette koordineres med *teknologi*, hvilket eksempelvis kan beskrives i et dynamisk forhold værende: forskning i udrådningstid for forskellige biomasser skal koordineres med teknologi, så der sideløbende forskes i pumpeenheder og andre teknologiske udformninger, der er i berøringsflade med biomassen. Med det førnævnte mål om et højt gasudbytte og en kort udrådningstid, ved vi fra kapitel 6, at den mekaniske forbehandling i teknologi-området og en kort udrådningstid i F&U-området hænger sammen.

Med udgangspunkt i de ovennævnte dynamiske forhold, skal der forskes systematisk i udrådningstiden for forskellige aktuelle biomasser, for at kunne forkorte denne og øge gasudbyttet. Med udgangspunkt i et række minibatchforsøg, kan råvarer og forbehandlingsteknikker parres i et opskaleret demonstrationforsøg.

Denne form for ekspertbaseret forskning, er selvfølgelig ressourcekrævende (ibid:12), men foregår reelt allerede. Rundt om i de danske virksomheder, universiteter osv. forskes der i dette, dog burde denne forskning forsøges systematiseret og målrettet for at udnytte forskningsmidlerne bedre. Herved kan man i fremtiden undgå fejlinvesteringer og økonomisk bekostelige anlægstilpasninger til nye ressourcer og dermed komme nærmere fremtidsvisionerne for bæredygtig omstilling. Som et led i denne udvikling kunne Køng/Lundby projektet oplagt designes til at være en del af en demonstrativ forskningsproces i et Roadmap.

15. LITTERATURLISTE

Amer, Sara Ben & Bolwig, Simon (2013): *Innovations in Nordic value chains for biogas: Maabjerg BioEnergy in Denmark*, Technical University of Denmark, 07 October 2013, TOP–NEST Project number: RD 2011-42

Andersen, Per Dannemand & Jørgensen, Birte Holst (2001): *Grundnotat om metoder indenfor teknologisk fremsyn*. Udarbejdet for Erhverv Styrelsen af Forskningscenter Risø, September 2001.

Birkmose, Torkild et al. (2013): *Biomasse til biogasanlæg, på kort og lang sigt*, Agrotech

BioPress (2012): *Forskning i Bioenergi, Brint & Brændselsceller*, FiB nr. 41, september 2012
http://www.biopress.dk/PDF/FiB_41-2012_08.pdf

BioPress (2011): *Biologisk affaldsbehandling er bedre end forbrænding*, FiB nr. 37:
<http://www.biopress.dk/projekter/3fca3967683e47e91715d731543acc48>

Botkin, Daniel B. & Keller, Edward A (2010): *Environmental Science: Earth as a Living Planet*, 7th ed. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons. Pte Ltd; 2010

Brancheforeningen for Biogas at al. (2009): *Forsknings- og Udviklingsstrategi for Biogas*, August 2009

Burmeister & Wain Energy A/S (2011): *Forsøg: Formaling af træpiller på EUROMilling hammermølle*, Document nr. BWE 400022-71-00001 Revision 1

Deloitte & Blue Planet Innovation (2013): *Afdækning af muligheder for at fremme investeringer i biogas - Status, muligheder og betingelser i forbindelse med finansiering af biogasanlæg*, 24. maj 2013

Déry, Patrick & Anderson, Bart (2007): *Peak phosphorus*, Published on Monday, August 13, 2007 by Energy Bulletin

DONG E&P Danmark (2013): *Potentialet i Nordsøen - Fra ressourcer til velfærd*, Flemming Horn Nielsen, Landechef for DONG E&P Danmark, Dansk Gas Forening - Årets Gaskonference 15. November 2013.
http://www.gasteknik.dk/arrangement/aarsmoede/13/gaskonference2013_horn.pdf

Elkjær, Jakob et al. (2013): *Prefeasibility undersøgelse*. Bioenergi Sjælland. Biogas Køng-Lundby. Biogasanlæg med opgraderingsanlæg. Jakob Elkjær, Regin Gaarsmand & Tyge Kjær. ENSPAC, Roskilde Universitet, den 30. december 2013

Energy Strategy (2011): *Energy Strategy 2050 - From coal, oil and gas to green energy*, Den Danske Regering

Energiklyngecenter Sjælland (2012): Pressemeddelelse: *17 millioner til bioenergi i Region Sjælland*. Trekroner 29. oktober 2012. Den europæiske fond for regionaludvikling

Energinet.dk (2010): *Biogas Samfundsøkonomisk Analyse - Med fokus på betydning af afsætningssiden*, Marts 2010
<http://energinet.dk/SiteCollectionDocuments/Danske%20dokumenter/Gas/Biogas%20samfundsoekonomisk%20analyser%20-%20Med%20fokus%20på%20afsætningssiden.pdf>

Energinet.dk (2012): *Faktaark Biogas - notat Gård og Fælles Biogasanlæg*, Niras, Århus 2012.
https://www.energinet.dk/SiteCollectionDocuments/Danske%20dokumenter/Gas/F%C3%B8lge%20notat_faktaark_final.pdf (Lokaliseret 02.05.12)

Energinet.dk (2009): *Fremtidens energiforsyning*, Slideshow, 18.maj 2009, dok. 15397 -09
http://www.gasteknik.dk/arrangem/2009/indlaeg/fremtidens_energiforsyning/fremtidens_energiforsyning.pdf (lokaliseret 23.05.14)

Energinet.dk (2012): *Vejledning om installation og kontrol af måleudstyr ved støtte til biogasanvendelse*

Energistyrelsen (2012): *Begrænsning for brugen af majs og andre energiafgrøder til produktion af biogas*, Notat 26. september 2012

Energistyrelsen (2014): *Biogas i Danmark - status, barrierer og perspektiver*

Energitilsynet (2014): *Naturgasstatistik 1. kvartal 2014*

Erisman, J.W. et. al (2009): *Nitrogen and biofuels - an overview of the current state of knowledge*, Springer Science+Business Media B.V

Fagerberg, Jan et al. (2005): *The Oxford Handbook of Innovation*, kapitel 1

Fantozzi, F. et al. (2008): *Analysis of biogas yield and quality produced by anaerobic digestion of different combination of biomass and inoculum*, Biomass Research Center, University of Perugia

Hansen, F. et al. (2014): Vordingborg Kommune. Kortlægningsdata. Opdateret den 6. maj 2014. Roskilde Universitet. Udarbejdet af: Fredrik Nørgaard Hansen, Jacob Byskov Kristensen, Jakob Elkjær, Jakob Nørgaard Hansen, Regin Gaarsmand, Tyge Kjær.

Hansen, Morten Tony (2011): *Strategy for research, development and demonstration of thermal biomass gasification in Denmark*, Energinet.dk

Holmberg, J. and Robèrt, K. H. (2000): *Backcasting from non-overlapping sustainability principles – a framework for strategic planning*, International Journal of Sustainable Development and World Ecology 7:291-308

Huber, Joseph (2005): *Technological Environmental Innovations*, der Hallesche Graureiher 2005-1. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Soziologie, 2005, ISSN 0945-7011.
IEA (2014): *International Energy Agency, Facts in Brief: Russia, Ukraine, Europe, Oil & Gas* – 4 March 2014

Jørgensen, Peter Jacob (2009): *Biogas - Grøn Energi*, PlanEnergi og Forsker for en dag – Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet 2009, 2. udgave 1. oplag
Jørgensen, Uffe et. al. (2013): *Biomasseudnyttelse i Danmark - Potentielle ressourcer og bæredygtighed*. DCA - Nationalt center for fødevarer og landbrug, Aarhus Universitet 2013
Jørgensen, P. J. & Møller, Henrik (2013): *Praktisk anvendelse af dybstrøelse som substrat på biogasanlæg, kommende som eksisterende*, PlanEnergi

Nielsen, Keld et al. (2005): *Skruen uden ende - den vestlige teknologis historie*, Erhvervsskolernes Forlag

Kjær, Tyge (2013a): *Tidsplan ved myndighedsbehandling - Miljøvurderingerne af nye anlæg*, 10.07.2013

Kjær, Tyge (2013b): *Behov for energiafgrøder i regionen, energiafgrøder som led i biogasudbygningen*, ENSPAC, Roskilde Universitet, april 2013

Kjær, Tyge (2014) Slide: Fra Plan til Projekt - KEP 2. Regionshuset, den 22. maj 2014, Projektflow - Projekt-proces-samspil-finansering, Roskilde Universitet

Klima- og Energiministeriet (2011): *Energy Strategy 2050 – from coal, oil and gas to green energy*, The Danish Ministry of Climate and Energy

Vordingborg Kommune (2013) *Forslag - Tillæg nr. 2 Biogasplan. Kommuneplan for Vordingborg Kommune 2013-2025*. Udgivet af Miljø og Plan, Vordingborg Kommune

Lybæk, Rikke et al. (2013): *Enhancing the dissemination of biogas technology in Denmark*, Department of Environmental, Social and Spatial Change (ENSPAC) University of Roskilde

Lybæk, Rikke et al. (2011): *Governing Innovation for Sustainable Development in the Danish Biogas Sector - a Historical Overview and Analysis of Innovation*, Roskilde universitet, Danmark, Publish Online: Wiley Library - Sustainable Development.

Mst.dk (2010): *Referenceanalyse: Kortlægning af regler i Miljøministeriet og Fødevareministeriet*. D. 25. oktober 2010, J.nr. PD, 10-410-000020, Sekretariatet, Ref. MTH/nimks

http://mst.dk/media/mst/66641/Referenceanalyse_kortl%C3%A6gning_af_regler_MIM_og_FV_M.pdf

Murphy, L. M. og Edwards, P. L. (2003): *Bridging the Valley of Death: Transitioning from Public to Private Sector Financing*, National Renewable Energy Laboratory, 1617 Cole Boulevard, Golden, Colorado 80401-3393, NREL is a U.S. Department of Energy Laboratory

Møller, Henrik B. (2007): *Anvendelsen af halm i biogasanlæg og muligheden for at øge energiudnyttelsen*. Intern Rapport. Det jordbrugsvidenskabelige fakultet, Århus Universitet

Møller, Henrik B. (2012): *Halm til biogas*, Institut for Ingeniørvidenskab, Århus Universitet, Powerpoint præsentation

Naturstyrelsen (2013): *Køng-Lundby Biogasanlæg - arkitektur og landskab, dispositionsforslag, lokaliseret* den 10.01.2013 på:
<http://naturstyrelsen.dk/planlaegning/projekter/biogasanlaeg-arkitektur-og-landskab/pilotprojekter/koeng-lundby-biogas/>

Pedersen, Jørgen (2008): *Alternative transportsystemer i landbruget*, Plantekongres 2008.

PlanEnergi (2009): *Optimal udnyttelse af biogasressourcen ved hjælp af opgradering til naturgaskvalitet*, udarbejdet for Naturgas Midt-Nord PlanEnergi, Januar 2009:
http://www.energiyenskive.dk/media/9584/naturgasmn_biogas.pdf

Rasmussen, Nils Lass (2014, a): *Udrådningsforsøg*, Kalundborg Kommune

Rasmussen, Nils Lass (2014, b): *Biogas from straw - presentation of anaerobic digestion batch trials*, Kalundborg Kommune

Rasmussen, Flemming Linnebjerg (2010): *Biogas skal både bruges via naturgasnettet og i kraftvarmeværkerne*, Dansk Fjernvarme, Fjernvarmen 12, 2010.
<http://www.fjernvarmen.dk/Faneblade/Fjernvarmen/Arkiv/~media/FJERVARMEN/Arkiv/2010/December/12%202010BiogasSkalBaadeBrugesViaNaturgasnettetOgPaaKraftvarmevaerkerne.aspx>

Regeringen (1996): *Energi 21: Regeringens energihandlingsplan 1996*, Miljø- og Energiministeriet. April 1996, ISBN 87-7844-057-2

Regeringen (2004): *Vandmiljøplan III*, Udgivet af Miljøministeriet og Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri

Regeringen (2009): *Grøn Vækst*, 2009, lokaliseret 01.05.14
http://fvm.dk/fileadmin/user_upload/FVM.dk/Dokumenter/ServiceMenu/Publikationer/Groen_vaekst.pdf

Regeringen (2013): *Regeringens Klimaplan - På vej mod et samfund uden drivhusgasser*
http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/climate-co2/Klimaplan/klimaplan_2013_web.pdf

Ridjan, Iva et al. (2013): *A review of biomass gasification technologies in Denmark and Sweden*. November, 2013, Iva Ridjan, Brian Vad Mathiesen, David Connolly, Aalborg University - Department of Development and Planning

Rogers, Everett (1995): *Diffusion of Innovation*, New York: Free Press

Söderlund, Mette Østergaard (Referent) (2012): *Referat af informations- og dialogmøde ifm. Idefase for planlægning for placering af biogasanlæg i Vordingborg Kommune*, Ørslev Skole 14 juni 2012

Skøtt, T (2012): *Halm giver dobbelt så meget gas som majs*, FiB – Forskning i Bioenergi, Brint & Brændselsceller, nr. 39, marts 2012

Thomas, G. (2011): *How to Do Your Case Study: A Guide for Students and Researchers*, Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2011

Tybirk, K. (red.) 2012: *Kogebog for etablering af biogasanlæg 2012*, Agro Business Park/Innovationsnetværket for Biomasse, September 2012

Vordingborg Kommune (2012): *Idefase - Indkaldelse af forslag og ideer til planlægning for placering af biogasanlæg i Vordingborg Kommune*

Vordingborg Kommune (2013): *Tillæg nr. 2 til Vordingborg Kommuneplan 2013-2025 Biogasplan:*

<http://www.vordingborg.dk/Everest/Publications/Afdelinger/Fagsekretariat%20Plan/Kommuneplaner/Kommuneplan%202013/20131217121015/CurrentVersion/Kommuneplantill%C3%A6g%20nr%20%202.pdf>

Web:

Aarhus Universitet

<http://eng.au.dk/forskning/laboratorier-og-faciliteter/forsoegsbiogasanlaeg/> (lokaliseret 20.05.14)

Bionaturgasdanmark.dk: <http://www.bionaturgasdanmark.dk/biogas/Biogas> (lokaliseret 14.04.14)

Bioenergi.dk: *Energi til opgradering af biogas*: <http://www.bioenergi.dk/nyhedsarkiv/94-energi-til-opgradering-af-biogas> (lokaliseret 18.05.14)

Biotechacademy.dk: *Lignocellulose*:

<http://www.biotechacademy.dk/Undervisningsprojekter/Gymnasiale-projekter/bioethanol/teori/lignocellulose> (lokaliseret 29.05.14)

Biogasbranchen.dk (Brancheforeningen for Biogas): *Fællesanlæg*:

http://www.biogasbranchen.dk/Om_biogas/Faellesanlaeg.aspx (lokaliseret 01.05.14)

Baanlev.dk,a (Bånlev Biogas): <http://www.baanlev.dk> (lokaliseret 01.06.14)

Baanlev.dk,b (Bånlev Biogas): <http://www.baanlev.dk/da/49962-Banlev-Biogas> (lokaliseret 21.05.14)

Danmarks Naturfredningsforening, dn.dk:

http://www.dn.dk/Default.aspx?ID=23451#Hvad_er_fordelene_og_udfordringerne_ved_biogas

(lokaliseret 01.05.14)

Dr.dk: *REFA skal redde borgere fra milliongæld*, 18. november 2011:

<http://www.dr.dk/arkivP4/Sjaelland/Nyheder/Guldborgsund/2011/11/17/164148.htm>

(Lokaliseret 21.05.14)

Energinet.dk, a: <http://energinet.dk/DA/GAS/biogas/Om-biogas/Sider/Natur-og-vandmiljoe.aspx> (lokaliseret 14.04.14).

Energinet.dk, b: <https://www.energinet.dk/DA/GAS/biogas/Stoette-til-biogas/Sider/Stoette-til-biogas.aspx> (lokaliseret 18.04.2014)

Energinet.dk, c:

<https://www.energinet.dk/DA/GAS/biogas/Stoette-til-biogas/Sider/Biogas-PSO.aspx>

(lokaliseret 18.04.2014)

Energinet.dk, d:

<https://www.energinet.dk/DA/El/Vaerker/Sider/Biogas.aspx>

(lokaliseret d. 18.04.14)

Ens.dk, a: <http://www.ens.dk/undergrund-forsyning/vedvarende-energi/bioenergi/tilskud-biogas> (lokaliseret 18.04.2014)

Ens.dk, b:

http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/undergrund-forsyning/vedvarende-energi/bioenergi/biogas-taskforce/Tilskud-til-biogas/regneark_tilskud_biogas_paa_26_kr_og_10_kr_28_nov_12.pdf

(lokaliseret 22.05.14)

Ens.dk, c: http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/undergrund-forsyning/vedvarende-energi/bioenergi/biogas-taskforce/referat_af_biogas_taskforce_aktoermoede_den_17marts2014.pdf

(lokaliseret 22.05.14)

INBIOM.dk (2012a): *Udviklingen omkring biogas i Danmark*
http://www.inbiom.dk/dk/nyheder/presseklip/arkiv_2012/udviklingen_omkring_biogas_i_danmark.htm (lokaliseret 14.04.14)

INBIOM.dk (2012b):
http://www.inbiom.dk/download/viden_oevrige_emner/fakta_fordele_ulemper.pdf (lokaliseret 31.05.14)

Kettingeforsyning.dk: <http://www.kettingeforsyning.dk/REFA-Kettinge-Forsyning/Indhold/Anl%C3%A6g.aspx> (lokaliseret 12.05.14)

Landbrugsinfo.dk (2013): *Der skal tilstrækkeligt med biomasse til et økologisk biogasanlæg*, https://www.landbrugsinfo.dk/Oekologi/biogas/Sider/Djursland_case.aspx (lokaliseret 16.05.14)

Lemvigbiogas.com: *Grunlæggende viden*, Lemvig Biogas/Lars Albæk Kristensen
<http://www.lemvigbiogas.com/viden.htm> (lokaliseret 14.04.14)

Miljøministeriet, 2012: <http://mim.dk/nyheder/2012/feb/20120216-biogas/>

NIRAS.dk: *Affaldsbehandling*: <http://www.niras.dk/forretningsomraader/energi/groen-energi/affaldsbehandling.aspx> (lokaliseret 20.05.14)

Procesanlaeg.dk: <http://procesanlaeg.dk/> (lokaliseret 28.05.14)

REFA Årsberetning 2012: <http://pajor.ipapercms.dk/REFA/REFArsberetning2012/> (lokaliseret 21.05.14)

Videnskab.dk (2012) *Biomasse til energi har stort potentiale*, Af: Jørgen E. Olesen, professor, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet, Uffe Jørgensen, seniorforsker, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet, 24. april 2012 kl. 14:04, <http://videnskab.dk/miljo-naturvidenskab/biomasse-til-energi-har-stort-potentiale> (lokaliseret 14.04.14)

Videnskab.dk (2014) *Ny teknik laver CO2 om til klimavenligt brændstof*, :
<http://videnskab.dk/miljo-naturvidenskab/ny-teknik-laver-co2-om-til-klimavenligt-braendstof> (lokaliseret 27.05.14)

Lovtekster:

LOV nr. 576: *Lov om ændring af lov om fremme af vedvarende energi, lov om elforsyning, lov om naturgasforsyning og lov om Energinet.dk*, 18.06.2012, Klima-, Energi- og Bygningsministeriet.

LBK nr. 297: *Bekendtgørelse af lov om elforsyning*, gældende fra 21.03.2012, Klima-, Energi- og Bygningsministeriet.

LBK nr. 996: *Bekendtgørelse af lov om naturgasforsyning*, gældende fra 13.10.2011, Klima-, Energi- og Bygningsministeriet.

LBK nr. 1074: *Bekendtgørelse af lov om fremme af vedvarende energi*, gældende fra 8.11.2011, Klima-, Energi- og Bygningsministeriet.

LBK nr. 1184: *Bekendtgørelse af lov om varmeforsyning*, gældende fra 14.12.2011, Klima-, Energi- og Bygningsministeriet.

BEK nr. 293: *Bekendtgørelse om tilskud til biogasanlæg m.v.* gældende fra 27.03.2012, Fødevareministeriet

BEK nr. 394: *Bekendtgørelse om anmeldelse af priser, omkostningsfordeling og andre betingelser for transport og levering af fjernvarme samt produktionsomkostninger til brug for fastsættelse af prislofter*, gældende fra 25.05.2009, Klima- og Energiministeriet.

BEK nr. 915: *Bekendtgørelse om erhvervsmæssigt dyrehold, husdyrgødning, ensilage m.v.* (Husdyrgødningsbekendtgørelsen) gældende fra 27.06.2013:
<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=152378>

BEK nr. 1650: *Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål* (Slambekendtgørelsen) gældende fra 26.12.2006:
<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=13056>

Interviews (in-person):

Goldbergs-Larsen, Flemming; projektleder Energiklyngecenter Sjælland, foretaget 11. marts 2014

Jensen, Arne M.; direktør Bånlev Biogas A/S, foretaget 7. maj 2014.

Larsen, Preben; driftsleder Kettinge-forsyning Nysted Biogas, foretaget 13. maj 2014

Møller, Henrik B.; seniorforsker Århus Universitet, foretaget 7. maj 2014

Tillisch, Peter; Larsen, Peter & Rønje, Poul Erik, initiativgruppen fra Køng/Lundby, foretaget 14. maj 2014

Skype/telefoninterviews:

Christensen, Rolf; seniorkonsulent REFA Energi (Nysted Biogas), foretaget 22. maj, 2014

Nielsen, Peter; Export, EUROMilling A/S, foretaget 22. maj, 2014

Kjær, Tyge; Lektor, Institut for Miljø, Samfund og Rumlig Forandring, Roskilde Universitet, foretaget 22. maj, 2014.