



Medfinansieret af
Den Europæiske Union

Udvikling af Nordjysk Oxy-Fuel Pyrolyse

Vrejlev Energi

November 2025

Version: 1.0

Projektnummer	090
Version	1.0
Udgivelsesdato	07.11.2025
Udarbejdet af	ESP
Kontrolleret af	SR

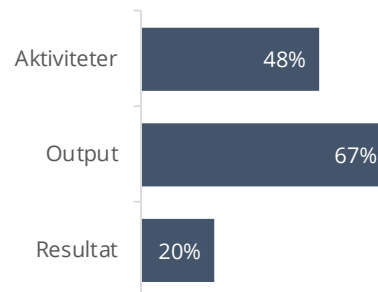
INDHOLD

1. Resume.....	2
2. Fakta om projektet.....	4
2.1 Projektets effektkæde.....	5
2.2 Evalueringens datagrundlag.....	6
2.3 Scoring af fremdrift ift. projektmål.....	6
3. Projektstatus.....	7
3.1 Overordnet status.....	7
3.2 Status på aktiviteter.....	7
3.3 Status på programfastsatte output.....	7
3.4 Status på programfastsatte resultater.....	8
4. Projektets implementering.....	10
4.1 Input.....	9
4.2 Rekruttering.....	11
4.3 Virkemidler.....	11
4.4 Outcome & effekt	12
4.5 Forankring.....	13
4.6 Monitorering og opfølgning.....	14
5. Anbefalinger og læring.....	15

1 Resumé

Status på projektets indikatorer

Ved midtvejsevalueringen har projektet opnået 48 % af sine aktivitetsmål. De resterende aktiviteter vedrører produktion af anlægselementer og etablering af laboratoriefaciliteter, som er blevet forsinket. På outputniveau er tre ud af fire mål nået, mens det sidste afhænger af, at projektet færdigudvikler Oxy-Fuel-fuldskalaanlægget. Projektholder vurderer, at det nås inden for projektperioden. Resultatmålene ligger på nuværende tidspunkt lavere med en målopfyldelse på omkring 20 %. Det er vores vurdering, at projektet har gode forudsætninger for at realisere resultatmålene, hvis samme fremdrift fortsætter.



Note: Ovenstående fremdrift er ift. projektets totale måltal.

Input

Det er vores vurdering, at samarbejdet mellem Vrejlev Energi, Frichs og SDU fungerer godt. Det skyldes især, at der fra begyndelsen har været en klar rolle- og ansvarsfordeling. Grundet projektets udviklingskarakter, har der løbende været behov for justeringer, og det har været ressourcekrævende at inddrage de relevante aktører ved hver ændring. På trods af dette er projektet lykkedes med at fastholde en god og løbende dialog gennem drøftelser på de ugentlige statusmøder.

Rekruttering

For Vrejlev Energi har det været krævende at oplære nye medarbejdere og sikre, at de har de rette kvalifikationer til driften. Vi vurderer, at tilstedeværelsen af de rette medarbejderkompetencer er helt central for projektets succes. Derfor bør projektet have et særligt fokus på oplæring og arbejde systematisk med dette, både for at sikre, at de nødvendige medarbejdere er på plads, og fordi det vil være en fordel i forbindelse med et fremtidigt salg til andre biogasanlæg, hvor medarbejdere ligeledes skal oplæres og opkvalificeres.

Virkemidler

Vi vurderer, at projektet har vist en god evne til at foretage de nødvendige justeringer for de problemstillinger, der har vist sig i overgangen fra forsøgsanlæg til et fuldskalaanlæg. Det er vores vurdering, at det i den resterende projektperiode bliver afgørende, at projektet lykkes med at skabe driftstabilitet og dokumentere gaskvaliteten. Disse faktorer er nødvendige for, at projektet kan realisere sit potentiale i forhold til aftagere.

Outcome & effekt

Ifølge projektholder rummer projektet potentiale for mulige aftagere, herunder biogasanlæg, samt for at skabe et marked for biokul og udnytte forskellige inputfraktioner. Et konkret outcome er, at projektet allerede har bidraget til at skabe nye arbejdspladser lokalt og opkvalificeret den eksisterende medarbejderstab til at arbejde med pyrolyse. Det er imidlertid vores vurdering, at realiseringen af de fulde potentialer afhænger af, at projektet formår at engagere konkrete aftagere til produkterne.

Forankring

Vi vurderer, at projektet har gjort sig gode overvejelser om den fremtidige drift og om de to virksomheders respektive roller. Det er dog vores vurdering, at der også bør være fokus på den langsigtede forankring, ikke kun i forhold til driften af produktet, men også i forhold til at sikre, at viden og læring fastholdes og deles bredere.

Monitorering

Det er vores vurdering, at følgeforskningen fra SDU løbende har leveret data, som har bidraget til, at projektet har kunnet foretage nødvendige justeringer. Projektet har været gode til at omsætte SDU's resultater til konkrete tilpasninger og har på den måde sikret fremdrift.

2 Fakta om projektet

Dette afsnit indeholder en kort beskrivelse af projektets formål og baggrund samt en gengivelse af de vigtigste baggrundsoplysninger for projektet (tekstboks). Afsnittet afsluttes med en opsamling af projektets 'effektkæde' og en kort beskrivelse af evalueringens datagrundlag.

Baggrunden for projektet er, at pyrolyseteknologien i dag udvikler sig hurtigt i forskellige retninger, hvor nogle løsninger fokuserer på at producere olie til flyindustrien, mens andre retter sig mod at levere gas og el til forsyningsnettene. Dette projekt placerer sig i sidstnævnte kategori, fordi flash pyrolyse giver en effektiv omdannelse på få sekunder af biomasse til gas og biokul – med et højt gasudbytte. Denne proces kan samtidig udnytte det allerede veludbyggede gas- og elnet i Danmark og Europa, hvilket understøtter den grønne omstilling, reducerer afhængigheden af fossile brændsler og bidrager til øget energisikkerhed.

Formålet med projektet er at udvikle et komplet flash-pyrolyseanlæg med integreret Oxy-Fuel-teknologi, der kan håndtere op til 30 tons biomasse dagligt. Anlægget skal ikke alene levere grøn gas og strøm til forsyningsnettene, men også muliggøre lagring af kulstof i form af biokul. Derudover skal projektet undersøge potentialet i at reducere PFAS-indhold i spildevandsslam gennem pyrolyse og afsøge nye måder at anvende biokul i landbruget som en bæredygtig bærer af organiske næringsstoffer. Projektets samarbejdskreds består af tre parter: Vrejlev Energi, som driver biogasanlægget; Frichs Pyrolysis, som står for teknologien; og Syddansk Universitet, som er forskningspartner.

Projektet består af følgende fem formålssøjler:

- **Udvikling af pyrolyseteknologien i sig selv og i fuld skala.** Optimering af processen med Oxy-Fuel-teknologi, så biomassen omdannes mere effektivt og giver et højere energiudbytte.
- **Pyrolyseteknologien bringes i samspil med PtX OG biogas.** Ved at udnytte overskudsilt fra elektrolyse og restbiomasse fra biogas, så teknologierne sammen øger den samlede ressourceudnyttelse.
- **Forbedringen af pyrolysegassens anvendelse mod elproduktion og mod direkte metanisering til naturgasnettet.** For at sikre fleksibilitet i energiforsyningen og muliggøre tilpasning til skiftende markeds- og forsyningsvilkår.
- **Udvidelsen af tilgangen til brun bioraffinering i samspil med slam fra rensningsanlæg.** Projektet undersøger, hvordan PFAS kan reduceres gennem pyrolyse, og bidrager med vigtig viden om fremtidens håndtering af spildevandsslam.
- **Sikkerhed og forbedrede perspektiver omkring udbredelsesmulighederne ved restproduktet biokul for fastholdelse af grøn udbringning på agerjord.** Fokus er på at udnytte biokullets jordforbedrende og filtrerende egenskaber samt at afsøge nye måder at berige det med næringsstoffer til gavn for landbruget.

FAKTA-BOKS

Tilskudsmodtager	Vrejlev Energi
Sagsbehandler	Lis Pedersen
Finansieringskilde	Fonden for retfærdig omstilling (FRO)
Indsatsområde	Brun bioraffinering f.eks. pyrolyse (FRO 1.4)
Samlet budget	DKK 77 mio.
Bevillingsperiode	28.08.2023 – 30.06.2026

2.1 Projektets effektkæde

Projektets effektkæde er sammenfattet i tabellen herunder. Evalueringen har især fokus på outcome, som er bindeleddet mellem projektets umiddelbare output/leverancer og effekterne på længere sigt, hvilket er nærmere udfoldet i afsnit 4.4.

Tabel 1: Projektets effektkæde

Indhold	Aktiviteter
Input	Samarbejdskreds bestående af Vrejlev Energi, Frichs Pyrolysis og Syddansk Universitet
Hovedaktiviteter (Virkemidler)	- Planlægning og tegning for anlæg og fysiske rammer - Produktion af anlægselementer - Montage af anlægsfraktioner - Test og tilpasning af anlæg og anlægskomponenter - Fysiske rammer for etablering af Oxy-Fuel Pyrolyse - Forskning inden for slam, gas og biokul - Afrapporteringer
Output	- Samarbejde mellem virksomheder og forskningsorganisationer - Investeringer i intelligent specialisering, industriel omstilling og iværksætteri - Analyser og forprojekter - Investeringer i grønt udstyr og anlæg
Outcome	Se afsnit 4.4
Effekter (ikke programspecifikke resultater)	- Bidrag til den grønne omstilling i Nordjylland, hvilket vil have positive økonomiske og miljømæssige effekter - Fuldt integreret Oxy-fuel pyrolyseanlæg - Forskningsresultater vedrørende projektets fasstoffraktioner, biokul og slam

I nedenstående tabel præsenterer vi kort de primære målsætninger for den annoncering, som projektet har fået bevilliget tilsagn gennem. Tabellens indhold er vores fremstilling på baggrund af annonceringsmaterialet.

Tabel 2: Formål med annonceringen

Indhold	Fra evalueringsoplægget
Formål med annonceringen <i>Herunder den problemstilling annonceringen skal bidrage til at løse samt de forventede effekter af projektet.</i>	- Videreudvikling og opskalering af brun bioraffinering (pyrolyse, HTL) - Udnytte rest- og affaldsprodukter til grøn energi og kulstoflagring. - Bidrage til klimaneutralitet i 2045 og reduktion af CO² - Skabe job i Nord- og Syddjylland og understøtte regional omstilling. - Lukke videnshuller om miljø- og klimaeffekter samt styrke kompetencer.
Kritiske antagelser i effektkæden <i>Hvilke forhold påvirker særligt, om projektet vil bidrage til de ønskede effekter?</i>	- At der er stabil adgang til biomasse og fungerende infrastruktur. - At teknologien kan modnes fra demo til drift og dokumentere miljø sikkerhed (fx biokul). - Efterspørgsel efter bioolie/-gas og anvendelse af biokul findes. - Kompetenceudvikling og rekruttering lykkes. - Projekterne kan gennemføres inden for rammerne og skabe effekter i Nord- og Syddjylland.

2.2 Evalueringens datagrundlag

Evalueringen bygger på semistrukturerede interviews med projektlederen og medarbejdere fra Vrejlev Energi, direktøren og medarbejdere fra Frichs samt en forsker fra SDU. I alt har vi gennemført syv interviews, heraf tre Vrejlev Energi og tre med Frichs. Interviewene giver indblik i både forventede og allerede opnåede udbytter blandt deltagerne, men de udgør ikke en præcis beskrivelse af indsatsens effekter.

2.3 Scoring af fremdrift ift. projektmål

Vurderingen af projektets målopnåelse er primært baseret på *fremdrift ift. outputmål* og sekundær fremdrift ift. *aktivitetsmål*. Scoren tildeles på baggrund af en helhedsvurdering af projektets målopnåelse, men med udgangspunkt i projektets kvantitative målopnåelse på evalueringstidspunktet. Nedenstående tabel over sammenhæng mellem målopnåelse og trafiklysscore er vejledende.

Tabel 3: Vejledende sammenhæng mellem målopnåelse og trafiklys

Trafiklys	Målopnåelsen er	Midtvejsevaluering	Slutevaluering
Grøn	... som ønsket eller bedre	45 % +	95 % +
Grøn	... lidt under det ønskede niveau	35-44 %	81-90 %
Gul	... noget under det ønskede niveau	24-34 %	65-80 %
Rød	... meget under det ønskede niveau	15-24 %	20-64 %
Rød	... ikke eksisterende eller tæt på	0-14 %	0-19 %

3 Projektstatus

Afsnittet indeholder en kort fremstilling af status for projektets fremdrift. Vi indleder med en kort overordnet status. Dernæst følger en status på henholdsvis projektets aktivitetsmål (afsnit 3.2), projektets outputmål (afsnit 3.3) samt projektets resultatmål (afsnit 3.4) som angivet i projektets eget indikatorskema, der er aftalt med Erhvervsstyrelsen.

3.1 Overordnet status

Overordnet set er det vores vurdering, at projektet er i god fremdrift mod at realisere udbygningen af fuldskalaanlægget. Ifølge projektlederen følger de planen for langt størstedelen af deres planer, og modningen af pyrolyseanlægget har den forventede fremdrift. Undervejs er der opstået udfordringer som har gjort, at projektet har måtte justere og gøre ting anderledes. Udfordringer er opstået idet, projektet er gået fra forsøgsanlæg til fuldskalaanlæg i Vrejlev. F.eks. blev tørreudstyret ændret efter dialog med leverandør, hvor flytningen af restprodukter fra biogas viste sig mere krævende end forventet. Projektets parter vurderer dog, at det alle er forhold, der er forventelige, når man laver et udviklingsprojekt og udvikler ny teknologi for første gang.

3.2 Status på aktiviteter

På evalueringstidspunktet er 48 % af de opstillede aktivitetsmål nået, beregnet som et simpelt gennemsnit. Status for de enkelte aktivitetsmål er gengivet i tabellen nedenfor.

Tabel 4: Status på de opstillede aktivitetsmål per 11.09.2025

Aktivitet	Måltal	Status	Målopnåelse i procent
Planlægning og tegning for anlæg og fysiske rammer	1	1	100 %
Produktion af anlægselementer	5	3	60 %
Montage af anlægsfraktioner	1	0	0 %
Test og tilpasning af anlæg og anlægskomponenter	1	0	0 %
Fysiske rammer for etablering af Oxy-Fuel pyrolyse	3	2	67 %
Forskning – slam, gas og biokul	4	2	50 %
Afreportering	5	3	60 %

Note: Projektets målopnåelse af indrapporteret til evaluator af bevillingsmodtager. Bevillingsmodtager er ansvarlig for, at måltallene er indrapporteret korrekt.

Vi kan konstatere, at ét ud af syv aktivitetsmål er fuldt realiseret. Gennem vores interviews kan vi ligeledes konstatere, at der er fremdrift i de resterende mål, og at projektledelsen vurderer, at de forventes indfriet inden for projektperioden. Målet om at opnå fuld produktion af anlægselementer er endnu ikke realiseret på trods af, at det skulle være indfriet på nuværende tidspunktet. Det skydes, at der er tale om fem store teknologiblokke, som skal integreres og fungere sammen, hvilket har skabt forsinkelser. Ifølge projektleder er der dog god fremdrift, og målet forventes fortsat at blive realiseret inden periodens udløb. Det fjerde aktivitetsmål er ligeledes blevet forsinket. Feltlaboratoriet hos Vrejlev Energi skulle

efter planen have været etableret på nuværende tidspunkt, men installationen er udskudt til oktober på grund af forsinket levering. Projektleder og forskeren fra SDU vurderer, at forsinkelsen ikke har sat forskningsarbejdet tilbage, men har gjort forskningsprocessen mindre smidig. Vores vurdering på tværs af interviewene er, ligeledes, at det manglende laboratorie ikke har haft nævneværdige konsekvenser for forskningen, da størstedelen af arbejdet har kunnet udføres på afstand. Dog er det nødvendigt, at laboratoriet står færdigt, hvis projektet skal nå i mål med det sidste forskningsspor vedrørende pyrolyse af spildevandsslam, som de forventer sker her i oktober.

3.3 Status på programfastsatte output

På evalueringstidspunktet er 67 % af de opstillede outputmål nået, beregnet som et simpelt gennemsnit. Status for de enkelte outputmål er gengivet i tabellen nedenfor.

Tabel 5: Status på de opstillede outputmål per 11.09.2025

Output	Måltal	Status	Målopnåelse i procent
Antal virksomheder der har modtaget støtte i form af tilskud (herunder mikro-, små-, mellemstore- og store virksomheder)	2	2	100 %
Antal virksomheder der samarbejder med forskningsorganisationer	2	2	100 %
Antal analyser og forprojekter, som er støttet	3	2	67 %
Udviklet Oxy-Fuel fuldskalaanlæg	1	0	0 %

Note: Projektets målopnåelse af indrapporteret til evaluator af bevillingsmodtager. Bevillingsmodtager er ansvarlig for, at måltallene er indrapporteret korrekt.

De to første outputmål blev opfyldt i det øjeblik bevillingen blev givet, da de omhandler henholdsvis at modtage støtte og indgå samarbejde med en forskningsinstitution. Projektets parter vurderer ligeledes, at der er god fremdrift i det tredje mål, som vedrører de tre forskningsspor. Arbejdet med biokul som filterenhed og næringsstofberigelse af biokul er gennemført, mens det sidste forskningsspor om PFAS i spildevandsslam forventes igangsat af projektlederen og SDU her i oktober og gennemført inden for projektperioden.

Det fjerde outputmål vedrører forskningsprojektet om pyrolysering af spildevandsslam og undersøgelser af, hvordan PFAS opfører sig under pyrolyse. Som tidligere beskrevet forventer projektet, at laboratoriet til at undersøge PFAS er klar i oktober, herefter forskningen kan begynde. Projektleder vurderer, at det sidste outputmål om udvikling af et Oxy-Fuel-fuldskalaanlæg på nuværende tidspunkt er realistisk at indfri inden projektperiodens afslutning.

3.4 Status på programfastsatte resultater

På evalueringstidspunktet er 20 % af de opstillede resultatmål nået, beregnet som et simpelt gennemsnit. Status for de enkelte resultatmål er gengivet i tabellen nedenfor.

Tabel 6: Status på de opstillede resultatmål per 11.09.2025.

Indikator	Måltal i projektperioden	Måltal efter projektperioden	Status	Målopnåelse i procent
Antal virksomheder, der har udviklet koncepter til nye produkter eller løsninger	2		0	0 %
Antal skabte jobs i enheder, der har modtaget støtte	10		8	80 %
Fuld integreret Oxy-Fuel Pyrolyseanlæg	1		0	0 %
Forskningsresultater (endelige) vedr. projektets faststoffraktioner biokul og slam	3		0	0 %
Skønnet drivhusgasemission	n/a	n/a	n/a	n/a

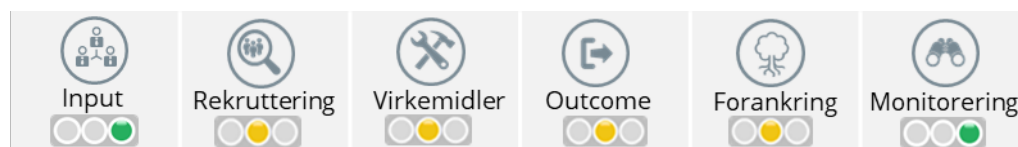
Note: Projektets målopnåelse af indrapporteret til evaluator af bevillingsmodtager. Bevillingsmodtager er ansvarlig for, at måltallene er indrapporteret korrekt. - angiver, at projektholdet endnu ikke er begyndt at samle data ind på denne indikator. 'Målopnåelse i procent' er beregnet p.b.a. måltallene for den samlede projektperiode.

Det første resultatmål omhandler antallet af virksomheder, der har udviklet koncepter til nye produkter eller løsninger. På baggrund af vores interviews med både Vrejlev Energi og Frichs kan vi konstatere, at der er god fremdrift, og intet der tyder på, at projektet ikke vil lykkes med dette. Det andet resultatmål vedrører jobskabelse. Hos Frichs er antallet af ansatte fordoblet fra 14 til 24. Dog italesætter virksomheden, at en del af væksten også skyldes andre projekter og derfor ikke alene kan tilskrives dette projekt. Hos Vrejlev er der ansat to nye medarbejdere, som skal fortsætte efter projektperioden, og de forventer desuden at ansætte yderligere to. Derudover er en ph.d.-studerende fra SDU tilknyttet projektet. Det tredje resultatmål omhandler etableringen af et fuldt integreret fuldskaalanlæg og de tilhørende forskningsresultater. Ifølge projektholder er der ingen tegn på, at dette ikke vil lykkes. Vi vurderer, at hvis fuldskaalanlægget færdigudvikles som planlagt, og gaskvaliteten lever op til forventningerne, vil de rette forudsætninger være til stede for, at anlægget kan aftages af andre biogasanlæg.

4 Projektets implementering

I dette afsnit præsenterer vi vores vurdering af projektets implementering ud fra seks faste evalueringsparametre. Figuren nedenfor giver et overblik over evalueringens konklusioner i forhold til de seks parametre. En grøn score indikerer en tilfredsstillende implementering, evt. med nogle få forbedringspotentialer; en gul score indikerer et behov for at adressere visse udfordringer og en rød score indikerer, at der er ét eller flere forhold, som ikke er tilfredsstillende.

Figur 6 Tildeling af scorer for de seks evalueringsparametre



Forklaring af scorer:

	Grøn score	Projektimplementeringen er tilfredsstillende. Få forbedringspotentialer.
	Gul score	Et eller flere elementer i projektimplementeringen bør have fokus.
	Rød score	Kritiske forhold i projektimplementeringen. Væsentlige forbedringspotentialer

I de følgende afsnit uddyber vi vurderingerne af projektet under de enkelte parametre.

4.1 Input



Samarbejdet mellem parterne fungerer godt med tydelige arbejdsfordelinger, men hver gang der har været ændringer, har det krævet inddragelse af mange aktører. Generelt oplever alle projektets parter, at samarbejdet fungerer godt. De fremhæver, at det har været afgørende, at der fra starten af har været en tydelig rolle- og ansvarsfordeling mellem projektets parter, hvor Frichs har været ansvarlig for pyrolysedelen, mens Vrejlev har stået for front-end og back-end før pyrolysereaktoren, og SDU har lavet følgeforskning samt bidraget med analyser af projektets biomaterialer.

Både Vrejlev Energi og Frichs vurderer, at de kompetencer som SDU har bidraget med ind i projektet via deres forskning, har været nødvendige for projektets fremdrift. Partnerne fremhæver, at de har kunnet trække på SDU's mange års erfaring og ekspertviden inden for kemi og biologi, hvilket har gjort det muligt at justere undervejs og udvikle nye løsninger, når problemer er opstået. De italesætter samtidig, at samarbejdet med SDU har skabt ventetid, fordi resultater først skulle afventes, før projektet kunne gå videre. Projektholder understreger dog, at ventetiden ikke har haft negative konsekvenser for projektets fremdrift.

Et projekt som dette, der er fordelt på to virksomheder og en forskningsinstitution, stiller store krav til koordinering. Projektets parter fremhæver, at fordi der er tale om et udviklingsprojekt, har der været mange løbende justeringer og ændringer. De italesætter, at hver gang der sker en ændring, skal mange aktører inddrages, hvilket øger behovet for både koordinering og effektiv deling af informationsdeling. Eksempelvis har SDU's beregninger flere gange vist, at oprindelige antagelser ikke holdt stik. Det har ifølge parterne krævet en fælles indsats at tilpasse projektet og finde løsninger. Projektet har imødekommet dette gennem afholdelse af ugentlige statusmøder, for at sikre, at alle er orienteret. Disse møder har således fungeret som det primære forum for kommunikation og koordinering.

4.2 Rekruttering



Projektet har medført nye ansættelser og kompetenceopbygning, men der er behov for en mere struktureret plan for oplæring.

Som tidligere beskrevet har projektet medført nye ansættelser. Vrejlev Energi beskriver, at det har været krævende at oplære og opbygge en medarbejderstab med de rette kompetencer. De fremhæver, at der stort set ikke findes medarbejdere med erfaring fra biogasområdet, og at der heller ikke eksisterer uddannelser, der matcher de kompetencer, som et pyrolyseanlæg kræver. Ifølge Vrejlev Energi har dette gjort oplæringen tung, og driftsmedarbejderne har løbende skulle være på forkant med at oplære nye kollegaer, så viden ikke samles på for få hænder og dermed risikerer at gå tabt. Parterne understreger, at et biogasanlæg i sig selv kræver særlige kompetencer, men at et pyrolyseanlæg stiller endnu højere tekniske krav. Det er dermed også et centralt virkemiddel, at de rette medarbejderkompetencer er til stede, for at projektets effekter kan realiseres. Vrejlev Energi fremhæver, at de samarbejder med uddannelsesinstitutioner, herunder EUC Nord og Aalborg Universitet, som allerede har etableret biogasuddannelser, og at de er i dialog om at udvikle tilsvarende pyrolyselinjer. De har desuden sendt medarbejdere på motorkurser og igangsat yderligere uddannelsesforløb for at klæde dem på til at drive anlægget. Vrejlev Energi påpeger desuden, at en central udfordring er, at de nuværende medarbejdere fra starten har været med til at opbygge anlægget. Hvis disse nøglepersoner forlader virksomheden, risikerer de at miste væsentlig viden og erfaring. Dette udgør også en potentiel barriere for skalering og salg til andre biogasanlæg, hvor projektholderne skal være opmærksomme på, hvor krævende oplæringen er. Vi vurderer derfor, at der er behov for en mere struktureret plan for oplæring, hvor erfaringer og læring systematisk nedskrives og forankres. Mere herom følger i anbefaling 2.

4.3 Virkemidler



Projektet har undervejs været udfordret i opskaleringen til fuldskalaanlæg, men har været gode til at tilpasse sig og afprøve nye løsninger.

En kritisk succesfaktor for projektet er, at anlægget kan opnå driftstabilitet. Projektets parter understreger samtidig, at det er afgørende at integrere anlægget til én samlet enhed, så det ikke fremstår som to separate dele, men som en helhed. Det er dels nødvendigt for at gøre anlægget parat til drift, og dels for at gøre det attraktivt som et aktiv, der kan afsættes. Det er vores vurdering, at projektet har den nødvendige fremdrift til at opfylde disse mål og parterne ser ingen tegn på, at disse mål ikke vil blive nået.

I processen med at udvide fra forsøgsanlæg til fuldskalaanlæg er der opstået udfordringer, som projektledere vurderer ikke kunne forudses i testfasen. En problemstilling der har vist sig, er f.eks., at oliesammensætningen ændrer sig, når der kommer nye produkter ind i processen, hvilket gør, at oliefraktionen opfører sig anderledes end forventet. Projektets parter beskriver, at der stadig er en usikkerhed om, hvor forskellene opstår mellem laboratorieresultaterne og det, som de ser i praksis. Projektet er desuden udfordret af, om gaskvaliteten kan leve op til de forventninger, der er sat. Ifølge projektets parter var en grundforudsætning for projektet leverancen af iltoverskud fra Power-to-X (herefter "PtX"). Denne betingelse har imidlertid ændret sig undervejs, fordi udrulningen af PtX ikke er så langt fremme, som man forventede, da ansøgningen blev sendt. Der produceres hverken det forventede overskud af ilt, og dermed heller ikke til den pris, projektet havde regnet med. Ifølge projektholder er fuldskalaanlægget med den nye reaktortechnologi designet til at kunne gennemføre pyrolyse ved brug af atmosfærisk luft. Anlægget kan desuden tilføres ilt til hoved-

og/eller sidebrændere, hvilket muliggør udnyttelse af PtX-fordele uden at kompromittere driften. Integration til PtX forventes at ske i gasrensningen, hvor ilt skal tilføres for at klar- gøre gassen til energiudnyttelse. Indtil videre vil denne ilt skulle tilføres fra eksterne gasle- verandører. Parterne har sideløbende udviklet den rene oxy-fuel-teknologi på et forsøgsan- læg i Horsens, hvor Frichs i efteråret 2025 har gennemført betydelige driftsforløb, som bi- drager med vigtig viden til den fremtidige udvikling. Da atmosfærisk luft består af omkring 80 % kvælstof og 20 % ilt, resulterer det i en gas af lavere kvalitet, som er mindre attraktiv for aftagere. Anvendelse af ren ilt fra PtX kan derimod optimere pyrolyseprocessen mar- kant og muliggøre en mere effektiv udnyttelse af oxy-fuel-princippet. Det vil samtidig åbne for nye konfigurationsmuligheder af reaktorerne og dermed det samlede anlæg. Projektets parter vurderer, at anlægget er klar til at udnytte dette potentiale, når PtX-dagsordenen er længere fremme. Vores vurdering er, at usikkerheden om gaskvaliteten udgør en risiko for projektet og kan påvirke aftagernes interesse. En kritisk succesfaktor bliver derfor, at pro- jektet lykkes med at dokumentere en tilstrækkelig høj gaskvalitet, så det kan indfri sit mar- kedspotentiale. Det er projektleder dog opmærksom på, og de arbejder for at kunne doku- mentere gaskvaliteten.

4.4 Outcome & effekt



Der er store potentialer i pyrolyseanlægget, men markedet for aftagere mangler endnu at blive bekræftet.

Projektets parter italesætter, at der er en række potentielle aftagere for både Frichs og Vrejlev Energi. Ifølge Frichs er deres primære aftagere andre biogasanlæg. I dag udnytter biogasanlæg omkring 50 % af biomassen, men med et færdigt fuldskaalanlæg vil den resterende del kunne udnyttes. Af den grund vurde- rer Frichs, at der er et stort potentiale for at afsætte anlægget til mere end 100 relevante biogasanlæg i Danmark samt mulighed for at eksportere anlægget til andre lande. For Vrej- lev Energi ligger markedspotentialet især i afsætning af biokul. Projektlederen fremhæver, at efterspørgslen er stor i landbruget, men at det fortsat er politisk uafklaret, hvorvidt bio- kul kan indgå i landbrugets CO₂-regnskab. Hvis dette bliver tilfældet, vil landmændene i hø- jere grad se en tydelig værdi i at aftage produktet. Vrejlev Energi understreger samtidig, at også andre brancher, f.eks. byggebranchen, har vist interesse. Derudover vurderer Vrejlev Energi, at varmegenvindingssystemerne kan sælges til det lokale varmforsyningselskab i Vrå. Med bidrag fra SDU's forskning åbner projektet desuden for nye forretningsspor, b.la. affaldsstoffer skal undersøges som mulige inputfraktioner. De fremhæver desuden flere potentielle afledte effekter, såsom at biogasfiber kan bruges som en mere koncentreret gødning på nye arealer, og hvis opsamling af ammoniak lykkes, kan det sælges som en selvstændig værdistrøm. Endelig arbejder Vrejlev Energi med en plan om at opstille tre vindmøller ved siden af biogasanlægget, hvilket kan blive næste skridt mod nye løsninger, b.la. ved at være selvforsynende inden for brint.

Som beskrevet ovenfor er der ifølge projektets parter store potentialer, men disse har ikke været mulige at teste i evalueringen. Hvis projekt partnernes vurderinger holder stik, er der potentiale for mange positive afledte effekter af teknologien, men de mangler fortsat at blive undersøgt og dokumenteret. Det er vores klare vurdering, at realiseringen af de øn- skede effekter forudsætter, at der findes aftagere til produkterne, så projektet kan bevæge sig fra at være et demoprojekt til at blive et kommercielt produkt med reelle kunder.

Desuden ved vi fra lignende projekter, at teknologiudvikling i sig selv sjældent er nok til, at et produkt bliver aftaget. Det er vores vurdering, at projektet bør supplere

teknologiudviklingen med en målrettet og opsøgende indsats for at engagere konkrete aftagere blandt biogasanlæg, landbrug og forsyningsselskaber. Ifølge Frichs mangler de et færdigt produkt og dokumentation for, at teknologien virker, før de kan opsøge potentielle aftagere. Det er imidlertid vores vurdering, at der er potentiale for at gøre endnu mere for at opsøge og kontakte aftagere allerede nu. Eksempelvis kan projektet allerede nu gennem dialog med biogasanlæggene undersøge, hvad det kræver for dem at kunne aftage – de skal både have den nødvendige økonomi, fysiske kapacitet og medarbejderressourcer til at implementere. Vores erfaring er, at jo tidligere markedet afsøges og dialogen med potentielle aftagere indledes, desto bedre muligheder er der for at inddrage deres input og dermed styrke forudsætningerne for, at de finder produktet relevant og attraktivt og derfor ønsker at købe det. Det er vores vurdering, at det vil få produkterne til at stå stærkere, når de skal ud på markedet. Mere herom i anbefaling 1.

Vurdering af projektets merværdi:

Ifølge projektets parter har tilsagnet fra Erhvervsstyrelsen gjort det muligt for virksomhederne både at videreføre deres udviklingsarbejde inden for pyrolyse og at igangsætte nye initiativer. Støtten har desuden haft en blåstemplingseffekt, idet den har gjort det lettere at tiltrække yderligere finansiering. For Frichs har det betydet både teknologisk og forretningsmæssig udvikling, idet de har kunnet videreudvikle produktet, styrke virksomhedens kapacitet og positionere sig som en central aktør i pyrolysebranchen. Støtten har også bidraget til etableringen af en brancheforening, hvor aktører samarbejder på tværs, fordi midlerne har skabt tillid og ro til at indgå i nye partnerskaber. For Vrejlev har støtten haft konkret betydning for den lokale værdiskabelse. De har ansat to nye medarbejdere og forventer at ansætte yderligere to. For Frichs har effekten været endnu tydeligere, idet de har fordoblet antallet af ansatte. Projektet har samtidig bidraget til at skabe flere og højere uddannede arbejdspladser lokalt, fordi medarbejderne hos både Vrejlev og Frichs har fået nye kompetencer i forbindelse med udvikling, drift og test af pyrolyseanlægget. Arbejdet med nye teknologier og processer har krævet oplæring, specialisering og ny viden, hvilket har løftet medarbejdernes kvalifikationer.

På baggrund af vores interviews er det vores vurdering, at disse effekter og outcomes ikke ville være opstået uden projektet. Støtten har været afgørende for at muliggøre ansættelserne og har reduceret den økonomiske usikkerhed, så det har været mindre risikofyldt for virksomhederne selv at investere i udviklingsarbejdet.

4.5 Forankring



Projektet har stort fokus på at skabe driftstabilitet, hvilket er positivt, men bør også mere systematisk forholde sig til, hvordan viden forankres. På nu-

værende tidspunkt vurderer projektets parter, at der fortsat ligger et stort arbejde forude i resten af projektperioden for at sikre driftstabilitet frem mod projektets formelle slutdato. Projektholder italesætter, at der også fortsat vil være udviklingsarbejde efter og mange forbedringsmuligheder forud, f.eks. optimering af transport mellem front-end og back-end. Anlægget er tiltænkt en levetid på over 15 år, hvilket understøtter behovet for langsigtet forankring. Ligesom i selve udviklingsperioden har de to virksomheder også i forankringsfasen en tydelig rolle- og ansvarsfordeling. Vrejlev Energi fremhæver at deres fokus bliver at optimere driften, hvilket betyder, at der bliver behov for installations- og servicepersonale i stedet for udelukkende driftspersonale. De vil holde tæt dialog med Frichs, da tekniske justeringer er relevante for dem at vide. Desuden vil Vrejlev Energi fungere som et

showroom, for potentielle aftagere. For Frichs er forankringsplanen mere omfattende. Forventningen fra projektholders side er, at der vil komme en masse kunder. Som følge heraf har Frichs planer om at gå fra at være en teknisk virksomhed til i højere grad at ligne en servicevirksomhed, der kan rykke ud og understøtte installationer, og være en form for hotline, når der opstår tekniske udfordringer. Ifølge Frichs vil det kræve rekruttering af sælgere og systemfolk, der kan optimere processerne. Anlæggets levetid rejser spørgsmålet om, hvordan viden og kompetencer fastholdes over en 15-årig periode, hvor der uundgåeligt vil ske udskiftning blandt medarbejdere. Vi vurderer, at der ligger et stort og ofte overset potentiale i at forankre viden mere systematisk. Det bliver samtidig afgørende at omsætte erfaringerne fra Vrejlev til standarder og nedskrevne procedurer, der kan sikre kontinuitet, også hvis enkeltaktører trækker sig. Det peger på behovet for en mere struktureret vidensforankring, hvor viden ikke kun bliver i den enkelte virksomhed, men kan bringes videre og deles bredere. Mere herom følger i anbefaling 2.

4.6 Monitorering og opfølgning



Projektet har haft et fokus på monitorering og løbende tilpasning, men der er fortsat et forbedringspotentiale i at systematisere og fastholde opfølgningen på længere sigt. Ifølge projektets parter har de et stort fokus på løbende at dataopsamle og analysere for at undersøge, hvad der fungerer og hvor der er behov for optimering og forbedring. Projektets parter fremhæver, at følgeforskningen fra SDU har været afgørende. SDU har monitoreret projektet ved løbende at bidrage med analyser. Derudover har deres faglige indsigt gjort det muligt for projektet at reagere og justere, når udfordringer er opstået. Eksempelvis opstod der problemer med biokul, hvor SDUs erfaring og faglige indsats hjalp projektet med at designe en ny konkret løsning. Et andet eksempel er på gassiden, hvor SDU modtager gasprøver, som de analyserer og efterfølgende afrapporterer indholdet af. Vrejlev Energi planlægger at fortsætte samarbejdet med SDU og købe ydelser herfra. Det viser en styrke i at trække på forskningsmiljøer, men peger også på et forbedringspotentiale: projektet kunne med fordel supplere de eksterne analyser med en mere intern monitoreringskapacitet, så erfaringerne fastholdes og udvikles i organisationen. For Frichs vil det være særligt relevant at indsamle data, der kan anvendes i en fremtidig business case. Det gælder f.eks. driftsomkostninger, indtægtsstrømme, service- og vedligeholdelsesudgifter samt miljødata som dokumentation for CO₂-reduktioner. Sådanne data kan de selv indsamle løbende, og de vil styrke både forankringen og det kommercielle potentiale.

5 anbefalinger og læring

Her præsenterer vi de vigtigste anbefalinger og læringspunkter, som evaluator vil pege på med baggrund i evalueringen. Punkterne er ikke i prioriteret rækkefølge. For hver anbefaling eller læringspunkt er der angivet en primær målgruppe. Nedenstående tabel giver et overblik over, hvilke målgrupper, anbefalingerne og læringspunkterne relaterer sig til

Anbefaling/læringspunkt nr.	1	2
Projektholder	X	X
Øvrige operatører		
Udvalg og rammesættere		

1: Aktivér markedspotentialet. Ifølge både Vrejlev Energi og Frichs er der et betydeligt markedspotentiale med mange mulige aftagere af anlægget. Som tidligere beskrevet er Frichs' primære aftagere andre biogasanlæg. For Vrejlev er det aftagere af biokullet og lokale varmforsyningsselskaber og den kommunale spildevansrensning. Det er dog vores vurdering, at der skal gøres mere for at sikre en reel afsætning. Frichs peger selv på, at de har været tilbageholdende med at gå i dialog med kunder, fordi produktet endnu ikke er fuldt udviklet, og de derfor ikke kan dokumentere de positive effekter. De fremhæver også en bekymring for at fremstå inkompetente over for potentielle kunder, hvis de begynder at kommunikere om noget, som viser sig ikke at kunne lade sig gøre i praksis. Vores erfaring er imidlertid, at en tidlig salgsindsats vil øge sandsynligheden for at tiltrække aftagere, når produktet står færdigt. Det er vores vurdering, at der er en række trin, som Frichs med fordel kan iværksættes allerede nu, selvom anlægget endnu ikke er fuldt udviklet. Vi derfor opdelt anbefalingen i tre underanbefalinger som følger nedenfor.

1.1 Priorité mulige aftagere. Vi anbefaler, at første skridt bliver at kortlægge de potentielle aftagere og derefter foretage en prioritering. Ifølge projektholder er der mere end 100 relevante biogasanlæg i Danmark, ligesom der er stor eksportinteresse i blandt andet England, Holland og Polen. Vores erfaring fra andre projekter viser, at en for bred tilgang risikerer at udvande indsatsen og i praksis betyde, at ingen aftagere opsøges systematisk. Vi anbefaler derfor, at Frichs og Vrejlev Energi udarbejder en prioriteret liste over, hvilke aftagere der skal opsøges først, herunder både identificere de lavthængende frugter samt de markeder, hvor en større indsats vil være nødvendig for at skabe salg. Tilsvarende anbefaler vi, at Vrejlev Energi prioriterer hvilke landbrug, varmforsyning og spildevandsaktører de i første omgang vil forsøge at indgå aftaler med.

1.2 Afklar aftagernes forudsætninger. Dernæst er det vores anbefaling, at projektet tydeliggør, hvilke forhold der skal være på plads, før potentielle aftagere kan sige ja til at investere i teknologien. Det gælder især økonomi og kapacitet, herunder både fysisk plads og medarbejderkompetencer. Vi anbefaler derfor, at Frichs og Vrejlev Energi allerede nu indhenter viden gennem dialog med udvalgte biogasanlæg om deres rammer, potentielle udfordringer og investeringsmuligheder. Derudover anbefaler vi, at projektet udarbejder onboardingmateriale, så nye medarbejdere hurtigere kan blive lært op, og samtidig gør sig bevidst, hvilke kompetencer de nye medarbejdere skal oplæres i. Dette uddybes yderligere i anbefalingen nedenfor.

Ved at tage disse skridt nu og indgå i tidlig dialog med potentielle aftagere kan projektet få afdækket, hvilke forudsætninger der skal være til stede, for at teknologien kan købes, implementeres og skabe værdi i praksis.

1.3 Få aftagere med ombord. Til sidst når de mest relevante aftagere er prioriteret, og deres forudsætninger er afdækket, bør Frichs og Vrejlev Energi bruge denne viden aktivt i salgsarbejdet. Det handler om at målrette pitchen til aftagernes konkrete situation, f.eks. ved at vise, hvordan anlægget kan indpasses i deres eksisterende kapacitet og øge omsætning grundet bedre udnyttelse af inputfraktioner. Vi anbefaler derfor, at Frichs og Vrejlev Energi allerede nu går i dialog med udvalgte aftagere og tester interessen, så de kan opbygge relationer og skabe en pipeline af potentielle kunder, inden produktet er fuldt færdigudviklet, så de er klar til at rykke på salget, når tiden er

2: Forankre viden gennem læringskatalog. Som tidligere beskrevet har udviklingen af pyrolyseanlægget genereret en stor mængde ny viden, men det har også vist sig krævende, at oplære medarbejdere i teknologien. Evalueringen peger på en risiko for, at viden i dag er forankret for sårbart hos få nøglepersoner i projektet og i de to virksomheder. Hos Vrejlev fremhæves det eksempelvis, at mange nye medarbejdere skal oplæres på én gang, og at de hele tiden skal tænke et skridt frem for at undgå, at viden hænger på enkelte medarbejdere, som kan risikere at stoppe. Frichs er i gang med at udarbejde brugermanualer, men vi anbefaler at supplere disse med et læringskatalog, der systematiserer og fastholder den viden, som projektet allerede har opbygget. Vi ser, at læringskataloget kan tjene to formål. Internt kan det fungere som et redskab til oplæring af nye medarbejdere og dermed reducere sårbarheden med at viden er koncentreret på få hænder. Eksternt kan det anvendes af kommende aftagere, der skal oplære medarbejdere og sikre driftstabilitet, eksempelvis i form af et format som "10 ting der er gode at vide, når I skal implementere et pyrolyseanlæg". Vi anbefaler, at kataloget indeholder viden om den gode måde at organisere driften på, beskrivelser af kompetencekrav, rollefordeling blandt driftspersonale samt en samling af de mest centrale erfaringer og anbefalinger fra projektet. På den måde bliver læringskataloget både et praktisk oplæringsværktøj og et aktivt redskab til at understøtte spredningen af anlægget og kommercialiseringen af teknologien.

