



Oktober 2017

# Evaluering af Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram

Udarbejdet for Bestyrelsen for det Miljøteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram

---

For information on obtaining additional copies, permission to reprint or translate this work, and all other correspondence, please contact:

DAMVAD Analytics  
Havnegade 39  
DK-1058 Copenhagen K  
info@damvad.com  
damvad.com

NIRAS  
Sortemosevej 19  
3450 Allerød  
niras@niras.dk  
niras.dk

Copyright 2017, Damvad Analytics A/S, Niras A/S

---

# Indholdsfortegnelse

---

<b>1</b>	<b>Sammenfatning</b>	<b>6</b>
1.1	Konklusion	6
1.2	Miljøteknologiske effekter	9
1.3	Miljøeffekter	11
1.4	Erhvervseffekter	12
1.5	Programorganisering	15
<b>2</b>	<b>Om MUDP</b>	<b>19</b>
2.1	Miljøteknologisk udvikling gennem 10 år	19
2.2	MUDP's placering i innovationssystemet	21
2.3	MUDP's sammenhæng med investeringer i forskning og udvikling	23
<b>3</b>	<b>Data og metode</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>Karakteristik af MUDP's projekter</b>	<b>27</b>
4.1	Projekternes miljøtema	30
4.2	Projekternes budgetter	33
4.3	Projektsammensætning	35
4.4	Virksomhedernes brug af offentlige programmer	36
<b>5</b>	<b>MUDP's projektdeltagere</b>	<b>39</b>
5.1	Sammensætningen af projektdeltagere	41
5.2	Projektdeltagernes branchetilknytning	41
5.3	Uddannelsesniveaet hos projektdeltagervirksomhederne	43
<b>6</b>	<b>Miljøteknologien i MUDP-projekterne</b>	<b>45</b>
6.1	MUDP og miljøforskningen	45
6.2	Deltagervirksomhedernes forsknings- og udviklingsaktiviteter	48
6.3	Teknologiudviklingen i MUDP	49
<b>7</b>	<b>Miljøeffekter af MUDP- projekterne</b>	<b>53</b>
7.1	Projektets miljø- og ressourcemæssige sigte og fokus i teknologiudviklingen	57
<b>8</b>	<b>Erhvervsmæssig betydning af MUDP</b>	<b>62</b>
8.1	Miljøteknologi som erhvervsmæssigt grundlag	62
8.2	Erhvervets performance	63
8.3	Input og adfærd	64
8.4	Økonomiske effekter af MUDP	65

<b>FOKUSANALYSER</b>		<b>69</b>
<b>9</b>	<b>Introduktion til fokusanalyser</b>	<b>70</b>
9.1	Udvælgelse af fokusområder og projekter	70
9.2	Metode og data	72
9.3	Om projekternes effekt	72
<b>10</b>	<b>Retrofitting og reduktion af luftforurening</b>	<b>83</b>
10.1	Generelle faktorer med betydning for effekten	84
10.2	Miljøteknologisk effekt	86
10.3	Miljøeffekt	88
10.4	Erhvervsmæssig effekt	90
10.5	Samfundsmæssige effekter	91
<b>11</b>	<b>Ressourcegenvinding og effektivisering i vandsektoren</b>	<b>95</b>
11.1	Generelle faktorer med betydning for effekten	96
11.2	Miljøteknologisk effekt	98
11.3	Miljøeffekt	100
11.4	Erhvervsmæssig effekt	102
11.5	Samfundsmæssige effekter	103
<b>12</b>	<b>Klimatilpasningsløsninger</b>	<b>106</b>
12.1	Generelle faktorer i forhold til effekt	106
12.2	Miljøteknologisk effekt	107
12.3	Miljøeffekt	109
12.4	Erhvervsmæssig effekt	110
12.5	Samfundsmæssige effekter	110
<b>13</b>	<b>Effektiv genanvendelse af affald</b>	<b>113</b>
13.1	Generelle faktorer med betydning for effekten	113
13.2	Miljøteknologisk effekt	114
13.3	Miljøeffekt	115
13.4	Erhvervsmæssig effekt	115
13.5	Samfundsmæssige effekter	116
<b>14</b>	<b>Bæredygtigt byggeri</b>	<b>119</b>
14.1	Generelle faktorer i forhold til effekt	119
14.2	Miljøteknologisk effekt	121
14.3	Miljøeffekt	122
14.4	Erhvervsmæssig effekt	123
14.5	Samfundsmæssige effekter	123

<b>15</b>	<b>Partnerskaber og eksport</b>	<b>127</b>
15.1	Generelle faktorer med betydning for effekten	127
15.2	Samfundsmæssige effekter	129
<b>16</b>	<b>Projektparternes oplevelse af MUDP</b>	<b>131</b>
16.1	MUDP spiller en afgørende rolle for udvikling og demonstration af ny teknologi	131
16.2	Godt og konstruktivt samarbejde med MST – når det er der	131
16.3	Særlige perspektiver i offentlig-privat partnerskab	132
16.4	Slutrapporterne er vigtig dokumentation, men mangler struktur og retning	132
16.5	Der er potentiale i mere eksponering	133
<b>17</b>	<b>Pilotundersøgelse: statistisk effektmåling</b>	<b>134</b>
<b>18</b>	<b>Datagrundlag - spørgeskemaundersøgelse</b>	<b>137</b>
18.1	Datagrundlag for spørgeskemaundersøgelsen	137
18.2	Frafaldsanalyse	137
<b>19</b>	<b>Bilag</b>	<b>140</b>

# 1 Sammenfatning

MUDP er et program med fokus på at støtte og fremme udvikling, test og demonstration af nye miljøteknologiske løsninger inden for bl.a. vand og klimatilpasning, affald og ressourceeffektivitet, luft og støj, kemikalier, forurenende virksomheder samt bæredygtigt byggeri. MUDP understøtter regeringens målsætninger for grøn omstilling og fremme af grøn teknologi og er med til at sikre sammenhæng mellem de miljøpolitiske mål og virksomhedernes investeringer i udvikling af ny miljøteknologi. Programmet skal styrke danske virksomheders konkurrenceevne og Danmarks profil som førende inden for miljøteknologi.

Denne rapport præsenterer resultaterne af en evaluering af det Miljøteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP) og dets initiativer i perioden 2007-2016<sup>1</sup>. Evalueringen fokuserer hovedsageligt på udviklings, tests og demonstrationsprojekter, som udgør den største del af programmets aktiviteter.<sup>2</sup>

Programmets formål er mange facetteret. MUDP har således både til formål at bane vejen for miljøteknologiske nybrud, at få ny miljøteknologi demonstreret, så den kan rulles ud på markedet og derved have en miljø- erhvervsmæssig effekt.

Evalueringen er gennemført af DAMVAD Analytics, NIRAS og DTU Miljø.

<sup>1</sup> Aktiviteterne frem til og med 2011 er tidligere blevet evalueret i 2013 (Miljøstyrelsen (2013)).

<sup>2</sup> Dvs. Udviklings-, Test- og Demonstrationsprojekter (UTD), Environmental Technology Verification (ETV) og fyrtårnsprojekter (store fuldskala projekter)

## 1.1 Konklusion

Nedenfor gennemgås evaluators overordnede konklusioner samt konklusioner opdelt på miljøteknologiske effekter, miljøeffekter, erhvervseffekter og programorganisering.

### Overordnede konklusioner

- MUDP-projekterne har ført til betydelig erhvervsaktivitet hos de deltagervirksomheder, der har implementeret den udviklede teknologi. For hver mio. kr. i tilskud fra MUDP har disse virksomheder i gennemsnit en årlig omsætning på 2,9 mio. kr. i dag.
- Derudover forventer MUDP-deltagerne ét år efter projekternes afslutning i gennemsnit en øget omsætning på 6 mio. kr. for hver 1 mio. kr. i tilskud.
- MUDP-virksomhederne har generelt oplevet en kraftigere beskæftigelsesudvikling siden 2006 end dansk erhvervsliv i øvrigt og industrien. MUDP deltageres beskæftigelse steg således med 11 pct. fra 2006-2014, mens beskæftigelsen faldt med 4 pct. for det øvrige erhvervsliv.
- Virksomhederne tager en betydelig risiko og skal være tålmodige, når de investerer i udvikling, test og demonstration af ny miljøteknologi. Ud af de 18 udviklings-, test og demonstrationsprojekter der er undersøgt nærmere, er de 5 nået så langt, at de er kommet på markedet og anvendes efter deres formål, 6 har ført til løsninger, som der fortsat arbejdes med at gøre klar til markedet, 4 projekter er afsluttet, uden at der er opnået resultater som arbejdes videre med, mens 3 fortsat er under teknologiudvikling.

- De nye miljøteknologier, der ser ud til at have lettes ved at komme på markedet og blive brugt efter deres formål, er enten direkte koblet til gennemførelse af ny miljøregulering eller de miljøteknologier, der er demonstreret i tilknytning til et af de grønne fyrtårnsprojekter, hvor løsningerne demonstreres og testes i fuldskala under realistiske forhold.
- MUDP har støttet områder, der de seneste år har markeret sig som danske styrkepositioner. Sammenlignet med andre EU- og OECD-lande er antallet af forskningspublikationer på miljøområdet vokset betydeligt i Danmark og kvaliteten af disse publikationer er høj. Samtidig eksporterer danske virksomheder årligt for godt 25 mia. kr. af udvalgte miljøteknologier.

### Miljøteknologiske effekter

1. MUDP sikrer udvikling og demonstration af ny miljøteknologi, der ellers ikke ville finde sted, ved at afhjælpe en del af risikoen, der er forbundet med at udvikle fremtidens miljøteknologi. MUDP har således været katalysator for private investeringer i udvikling af miljøteknologi for over 1 mia. kr.
2. MUDP's faglige satsninger finder sted inden for nogle af dansk miljøforskningens styrkepositioner. Hvert enkelt af MUDP's miljøtemaerne er således en dansk styrkeposition. MUDP bidrager til at bringe forskning og innovation i spil i samfundet ved bl.a. at facilitere netværk og partnerskaber mellem offentlige og private aktører på miljøområdet.

### Miljøeffekter:

3. 30 pct. af de støttede projekter har på nuværende tidspunkt en realiseret miljøeffekt. Det afspejler bl.a. at langt den største del af projek-

terne endnu ikke er afsluttet. Imidlertid vurderer de fleste deltagere, ca. 85 pct., at der vil komme miljøeffekter.

4. MUDP skaber både miljøeffekter igennem de produkter, der udvikles i projekterne og igennem ny viden og vidensspredning. De største miljøeffekter opnås hos aktører, der ikke selv har deltaget i projekterne, dvs. de potentielle kunder i ind og udland til de udviklede teknologier.
5. Langt de fleste projekter ligger inden for vandområdet. 40 pct. af de realiserede miljøeffekter består da også i en reduktion af næringsstofbelastningen.
6. Herudover sigter hver tredje af MUDP-projekterne også efter reduktioner af CO<sub>2</sub>. Det skyldes, at CO<sub>2</sub>-reduktioner kan realiseres af projekter inden for de fleste teknologiområder gennem mere effektiv anvendelse af ressourcer og energi. Fx er der mange af de vandrelaterede projekter, hvor der er fokus på at energioptimere infrastruktur og vandrensning.
7. De største konkrete miljøeffekter afdækket i fokusanalyserne er opnået inden for NO<sub>x</sub>-reduktion i luftforurening, hvor to projekter samlet har ført til en årlig reduktion på over 27.500 tons NO<sub>x</sub> siden 2010. I begge projekter har samspillet med miljøregulering spillet en stor rolle for den opnåede effekt; det ene projekt har bidraget til at få godkendt en ny "Approved Method" til reduktion af skibsfartens luftforurening, mens teknologi i det andet blev implementeret i Københavnske busser for at leve op til EU's luftkvalitetsdirektiv.
8. I fokusanalysen er der derudover eksempler på konkrete miljøeffekter inden for vandsektoren

ren, hvor et fyrtårnsprojekt gennem etablering af et bioraffinaderi har opnået at producere næsten tre gange så meget energi, som der bruges på rensningsprocessen, reduceret eget energiforbrug med 10 pct. og nedbragt udledningen af henholdsvis kvælstof og organisk stof med 10-15 ton.

9. Spørgeskemaundersøgelsen bekræfter billedet af, at det særlig er blandt projekter der har fokuseret på at reducere næringsstofbelastningen og NO<sub>x</sub>-emissioner, at der har været realiserede miljøeffekter.
10. Fokusanalyserne tegner samtidigt et billede af, at de potentielle miljøeffekter for en række konkrete projekter isoleret set vil være begrænsede (som eksempelvis tørresystemer til returemballage, akustisk beklædning af genbrugstekstiler og maskinel koncentration af gyllefraktioner).

#### **Erhvervseffekt:**

11. Virksomheder, der har implementeret teknologi udviklet i MUDP, har for hver mio. kr. i tilskud i gennemsnit en årlig omsætning på 2,9 mio. kr. i dag, der er relateret til teknologien. Dertil forventer MUDP deltagerne i gennemsnit en øget omsætning på 6 mio. ét år efter projekterne er afsluttet for hver mio. kr. i tilskud.
12. Den øgede omsætning slår også igennem i en større beskæftigelse. For hver mio. kr. i tilskud forventer virksomhederne at have 6 ansatte beskæftiget med teknologien 2 år efter projektafslutning. Heraf 3 nyansættelser.
13. Deltagerne i MUDP forventer, at 56 pct. af den øgede omsætning tre år efter projektafslutning skal afsættes til det globale marked. MUDP er

dermed med til at understøtte dansk erhvervslivs betydelige eksport af miljøteknologi. Alene eksporten af vandteknologi, affaldsteknologi og renluftteknologi udgør i dag knap 26 mia. kr.

14. For de projekter der har ført til, at en løsning er kommet på markedet, har muligheden for at gennemføre fuldskalademonstration eller test i projektperioden været en vigtig faktor.

#### **Programorganisering**

15. Det er evaluators vurdering, at MUDP er en vigtig del af innovationssystemet, og at der er en hensigtsmæssig arbejdsdeling mellem MUDP, EUDP og GUDP.
16. Fokusanalyserne peger på, at projekter som virksomhederne vælger ikke at arbejde videre med efter MUDP-projektet ofte er startet på initiativ af andre end de primære parter eller ramt af ændringer i interne eller eksterne faktorer. MUDP bør i endnu højere grad prioritere at understøtte ideer, som opstår hos virksomhederne selv.
17. GTS'erne har en meget aktiv rolle i MUDP-projekterne og deltager i knap halvdelen af alle projekter. I lyset af punkt 15 anbefales det, at GTS'ernes rolle og værdiskabelse i projekterne undersøges nærmere.
18. Deltagerne oplever, at samarbejdet med MUDP (Miljøstyrelsen) er godt, konstruktivt og administrativt smidigt. De efterlyser samtidigt, at MUDP eksponeres bedre både i forhold til mulighederne for at søge støtte, men også i forhold til at kommunikere om projekternes resultater.



19. Der er indikationer på, at et tættere samarbejde mellem MUDP og Markedsmodningsfonden samt de regionale vækstfora og lignende kunne føre til markedsføringen af flere produkter.

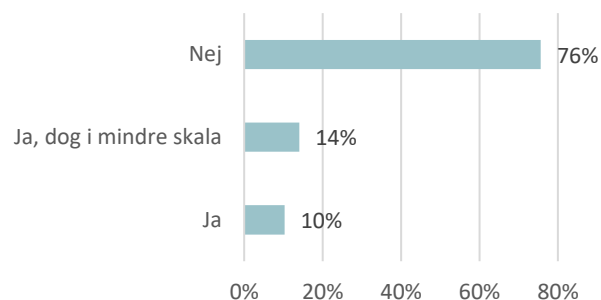
Den største andel (63 pct.) af MUDP-bevillingen som er brugt til at støtte udvikling, test og demonstration er tildelt projekter, som endnu ikke er afsluttet. Samtidigt viser besvarelsene i spørgeskemaundersøgelsen, at effekterne af projekter oftest først realiseres nogle år efter projektafslutning. Af samme årsag er en del af evalueringens resultater baseret på deltagernes forventede effekter, snarere end effekter der allerede er indtruffet.

I de efterfølgende afsnit uddybes konklusionerne.

## 1.2 Miljøteknologiske effekter

**MUDP sikrer udvikling og demonstration af ny miljøteknologi, der ellers ikke ville finde sted, ved at afhjælpe en del af den risiko, der er forbundet med at udvikle fremtidens miljøteknologi. MUDP har således været katalysator for private investeringer i udvikling af miljøteknologi for over 1 mia. kr.** 90 pct. af alle projekter ville ikke være gennemført eller gennemført i mindre skala uden tilskud fra MUDP. Fokusanalyserne bekræfter, at MUDP ordningen har en stor betydning for virksomhederne, fordi den er med til at understøtte de projekter, som uden støttekroner er enten for risikable eller omfattende til, at virksomheder selv giver sig i kast med dem (i hvert fald i sammen omfang eller hastighed). Risikofyldte udvikling- og demonstrationsprojekter er vigtige for virksomhederne i eksportsammenhæng, da de kan give danske virksomheder en fordel på de internationale markeder.

FIGUR 1.1  
Gennemførelse af projektideen uden støtte fra MUDP



Kilde: DAMVAD Analytics

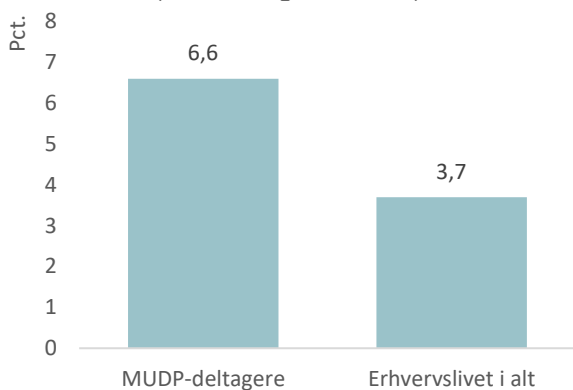
Note: Spørgsmål: "Ville projektideen efter din opfattelse være blevet gennemført i samme omfang, hvis projektet ikke havde modtaget støtte fra MUDP? (N=349)

MUDP har været katalysator for private investeringer i udvikling af miljøteknologi for over 1 mia. kr. i form af privat medfinansiering.<sup>3</sup> 76 pct. af virksomhederne svarer, at projektideen ikke ville være gennemført i samme omfang, hvis projektet ikke havde modtaget støtte fra MUDP. 14 pct. svarer, at projektet ville være blevet gennemført, dog i mindre skala. Uden støtte fra MUDP ville en lang række projekter ikke blive gennemført, og en stor mængde egenfinansiering ville dermed ikke blive tilført. Op mod 75 pct. af egenfinansieringen, svarende til godt 750 mio. kr., ville ikke være blevet investeret i udviklingen af miljøteknologi, hvis muligheden for at søge støtte hos MUDP ikke var til stede.

Deltagerne i MUDP er virksomheder, der prioriterer at udvikle deres forretning igennem investeringer i fx teknologiudvikling. MUDP er medvirkende til at deltagerne anvender knap en dobbelt så stor del af deres omsætning på investeringer sammenlignet med erhvervslivet generelt.

<sup>3</sup> MUDP's bevillinger fra 2007 til 2016 udgør godt 688 mio. kr.

**FIGUR 1.2**  
MUDP-deltagerne investerer mere end resten af erhvervslivet, (Investeringsintensitet)

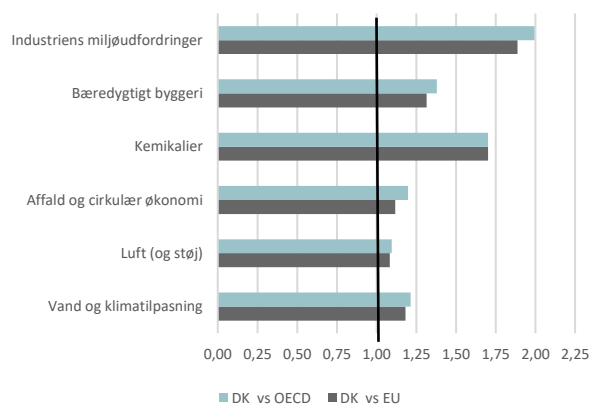


Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen og Danmarks Statistik

Note: Investeringsintensiteten angiver investeringerne sat i forhold til omsætning og er målt i 2014

**MUDP's faglige satsninger finder sted inden for nogle af dansk miljøforsknings styrkepositioner. Hvert enkelt af MUDP's miljøtemaerne er således en dansk styrkeposition. MUDP bidrager til at bringe forskningen i spil i samfundet ved bl.a. at facilitere værdifulde netværk og partnerskaber mellem offentlige og private aktører på miljøområdet.** Den forskning der udgives af danske forskere på feltet har således en højere kvalitet (impact) end forskningen på de tilsvarende forskningsfelter i både EU og OECD.

**FIGUR 1.3**  
Impact for hvert tema under MUDP



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af SCOPUS

Note: Indeks over 1 angiver større impact end benchmark og vice versa. \* forskningen indenfor kemikalier (alternativer til problematiske kemikalier) er sparsom og resultatet derfor behæftet med usikkerhed.

Der er altid en risiko for, at udviklingsprojekter ikke bliver succesfulde. Det er ikke en succesparameter, at samtlige projekter fører til positive, målbare effekter. En vis andel af MUDP-projekterne vil nødvendigvis fejle. 95 pct. af respondenterne angiver, at projektet er lykkedes med at opnå dets oprindelige formål i meget høj-, høj- eller nogen grad.

MUDP bidrager særligt til at dokumentere, hvordan en række nye miljøteknologiske løsninger fungerer, og er dermed med til styrke den offentligt tilgængelige viden og data inden for områderne. Ny viden udviklet i projektet kan have effekt både for virksomheden selv, men kan også lede til spill-overeffekter på forskningen eller på andre virksomheder gennem vidensspredning. Godt 80 pct. af virksomhederne har således leveret et konferencbidrag, 50 pct. har publiceret en videnskabelig artikel og 21 pct. har ansøgt om et patent. Fokusanalyserne fremhæver at støttemidler er afgørende for at private og offentlige aktører går ind i projekterne sammen. De peger også på at en offentlig aktør som partner kan være med til at give projek-

terne en hvis legitimitet i udlandet, hvor det kan åbne for officielle møder og kontakter, som virksomhederne ellers ikke ville have adgang til.

MUDP skaber værdifulde netværk og partnerskaber mellem offentlige og private aktører på miljøområdet. Evaluator vurderer, at disse netværk udgør en uundværlig del af den videns udveksling, der finder sted, og styrker danske virksomheders konkurrenceevne på området.

### 1.3 Miljøeffekter

**85 pct. af MUDP-deltagerne vurderer, at der vil være en miljøeffekt af projekterne. Da mange projekter stadig er i gang er effekten for de fleste projekter endnu ikke indtruffet. 30 pct. har på nuværende tidspunkt realiseret miljøeffekt.** Der kan gå lang tid før projektets miljømæssige effekt er fuldt realiseret. Den miljøeffekt som MUDP bidrager til, indtræder ofte først flere år efter endt projektperiode. Over halvdelen af projekterne vurderer, at effekten først vil være fuldt realiseret 1-6 år efter projektafslutning eller senere. Størstedelen af projekterne er endnu ikke afsluttet. Blandt de afsluttede projekter har 34 pct. en realiseret miljø- eller ressourcemæssige effekter, mens det kun er 27 pct. blandt de igangværende projekter. I takt med at andelen af afsluttede projekter stiger og produkterne har haft tid til at komme ud på markedet, må det derfor forventes, at en større andel af projekterne får realiserede miljøeffekter.

**MUDP skaber både miljøeffekter igennem de produkter, der udvikles i projekterne og igennem ny viden og vidensspredning. De største miljøeffekter opnås således hos aktører der ikke selv deltog i projektet.** Knap 60 pct. af de virksomheder, der vurderer at deres projekt har en miljøeffekt, svarer at miljøeffekten er opnået gennem produktet, og godt 40 pct. at den er opnået

gennem ny viden udviklet i projektet. Særligt indenfor transportsektoren (maritim, vej, bane og fly) og indenfor byggeriet er miljøeffekterne opnået gennem det produkt, der er udviklet i projektet.

Den største miljøeffekt opnås ikke hos virksomheden selv. Knap to ud af tre adspurgte virksomheder svarer, at den største miljøeffekt opnås hos aktører, der ikke selv deltog i projektet. Dvs. at det meste af miljøgevinsten realiseres hos miljøteknologivirksomhedernes kunder i ind- og udland, hvad enten det er rederier, vognmænd, energiselskaber, renseanlægsejere el.

**Omkring halvdelen af projekterne har fokus på teknologiudvikling inden for vandsektoren. En central problemstilling her er reduktion af næringsstofbelastning i vand (Kvælstof, fosfor eller organisk stof) og bekæmpelse af kemisk forurening af vand, som 20 pct. af alle projekterne har arbejdet med. Herudover indgår CO2 reduktioner i hvert tredje projekt. Ofte som en sideeffekt i forhold til hovedformålet. Det skyldes, at CO2-reduktioner kan realiseres af projekter inden for de fleste teknologiområder, med fokus på mere effektiv anvendelse af ressourcer og energi.** I et af projekterne fra fokusanalyserne, er der udviklet et nyt tørresystem til returemballage, som bruger under 3,8 kWh hvor den gamle brugte omkring 100 kWh svarende til en energibesparelse på over 95 pct. Der er også eksempler fra andre områder, eksempelvis Klimatilpasning, Effektiv genanvendelse af affald og Bæredygtigt byggeri, hvor projekterne primært forventer at opnå en miljøeffekt ift. CO2 reduktion.

**De største konkrete miljøeffekter afdækket i fokusanalyserne er opnået inden for NOx-reduktion i luftforurening, hvor to projekter samlet har ført til en årlig reduktion på over 27.500 tons NOx siden 2010. I begge projekter**

har sammenspillet med miljøreguleringen spillet en stor rolle for den opnåede effekt; det ene projekt har bidraget til at få godkendt en ny "Approved Method" til reduktion af skibsfartens luftforurening, mens teknologi i det andet blev implementeret i Københavnske busser for at leve op til EU's luftkvalitetsdirektiv. Derudover er der eksempler på konkrete miljøeffekter inden for vandsektoren, hvor et fyrtårnsprojekt gennem etablering af et bioraffinaderi har opnået at producere næsten tre gange så meget energi, som der bruges på rensningsprocessen, reduceret eget energiforbrug med 10 pct. og nedbragt udledningen af hhv. kvælstof og organisk stof med 10-15 ton. 11 pct. af alle de støttede projekter har arbejdet med at reducere udledningen af NOx. Herudover har MUDP bidraget til reduktion af næringsstofbelastning gennem, genvinding af fosfor i rensningsanlæg. Et projekt har demonstreret en genvindingsprocent på mellem 15 og 30 pct., mens et andet arbejder med at nå en genvindingsprocent på helt op til 80 pct.

**Fokusanalyserne tegner samtidigt et billede af, at de potentielle miljøeffekter for en række konkrete projekter isoleret set vil være begrænsede (som eksempelvis tørresystemer til returemballage, akustisk beklædning af genbrugstekstiler og maskinel koncentration af gyllefraktioner).**

Mere effektive tørresystemer til returemballage, akustisk beklædning af genbrugstekstiler og maskinel koncentration af gyllefraktion er alle eksempler på løsninger, hvor den potentielle miljøeffekt vil være begrænset (naturligvis afhængig af den videre udvikling og udbredelsen). Selvom energireduktionen for det enkelte tørresystemer til returemballage har været markant, er markedet begrænset (forventet encifret årligt salg) hvilket gør den totale energireduktion mindre betydelig. Akustisk beklædning af genbrugstekstiler er endnu

ikke på et stadie hvor det kan erstatte mere miljøbelastende akustikbeklædning til eksempelvis lofter, og løsningens miljøeffekt knytter sig derfor primært til at genanvende tekstiler i stedet for at det sendes til forbrænding. Den primære potentielle miljøeffekt ved maskinel separation af gylle vil være den brændstofbesparelser der opnås ved at køre mindre mængder gylle til biogasanlæg. Der er dog også eksempler på projekter, som på sigt vil kunne opnå en mere omfattende miljøeffekt, i det omfang at de implementeres bredt hos den potentielle målgruppe. Det gælder eksempelvis emissionsreducerende løsninger til busser, genbrugsbeton med lavere tilsætning af cement eller rensningsanlæg der producerer energi.

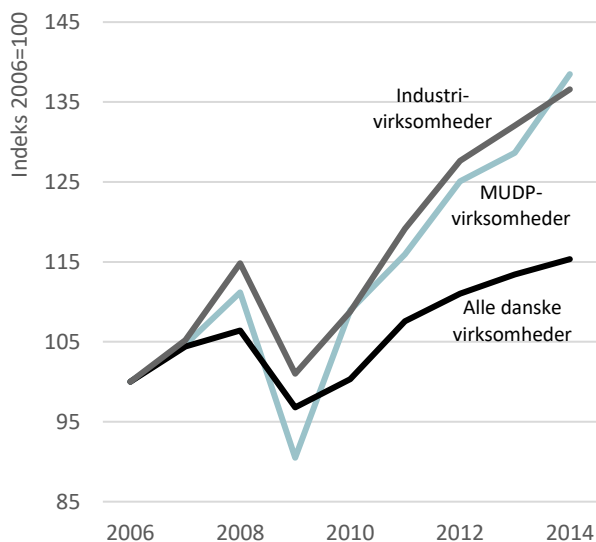
#### 1.4 Erhvervseffekter

---

**Virksomheder der i forbindelse med projekterne har implementeret teknologi udviklet i MUDP har for hver mio. kr. i tilskud i gennemsnit en årlig omsætning på 2,9 mio. kr. i dag, der er relateret til teknologien. Dertil forventer MUDP-deltagerne (også dem der endnu ikke har implementeret teknologien) i gennemsnit en øget omsætning på 6 mio. ét år efter projekterne er afsluttet for hver mio. kr. i tilskud.** Det er i særlig grad forsyningssektorerne (vand, spildevand, energi og affald), som er de største aftagere af teknologierne. Nogle af teknologierne er dog rettet mod særlige områder, som fx den maritime sektor for luftforureningsteknologier og byggeriet for MUDP projekter inden for bæredygtigt byggeri.

Omsætningen i MUDP-deltagervirksomhederne er vokset i samme takt med industriens omsætning, men mærkbart højere end erhvervslivet samlet set. MUDP-deltagernes omsætning er vokset 38 pct. fra 2006 til 2014, mens erhvervslivets omsætning generelt kun er vokset 15 pct. og industrien er vokset med 37 pct.

FIGUR 1.4  
Udviklingen i omsætning, 2006-2014



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Danmarks Statistik og Miljøstyrelsen

Note: Figuren indeholder 289 MUDP-virksomheder, som kan genfindes i alle årene. Indeksberegningen er baseret på det simple gennemsnit af omsætningen i virksomhederne, hvorfor udviklingen ikke nødvendigvis følger den samlede omsætningsudvikling i økonomien. Industrivirksomhederne dækker over industri, råstofindustri og forsyningsvirksomheder.

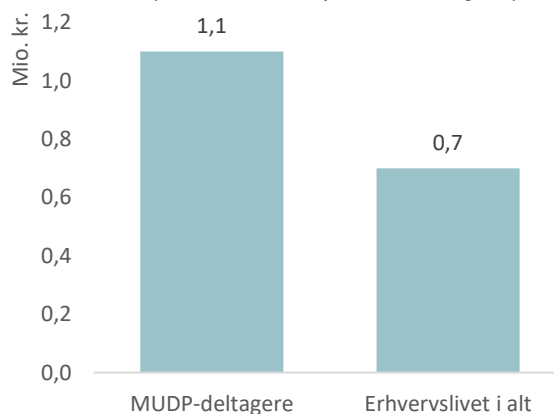
Det skal bemærkes, at 18 pct. af MUDP-deltagervirksomhederne er industrivirksomheder. Øvrige deltagervirksomheder fordeler sig hovedsagligt i brancherne rådgivning mv., forskning og udvikling, vandforsyning og renovation samt handel.

At MUDP deltagerne vokser mere end erhvervslivet generelt kan skyldes, at det overordnet er virksomheder i vækst, som vælger at deltage i MUDP, eller at deltagerne har været påvirket af konjunkturer mv. i samme omfang som industrien. Men det kan også være, at MUDP-projekterne bidrager til omsætningsvæksten i de deltagende virksomheder. Det er imidlertid ikke muligt at skelne mellem disse forklaringer, jf. afsnit 17.

De virksomheder der deltager i MUDP projekterne er samtidigt højproduktive virksomheder, med en

produktivitet per medarbejder på 1,1 mio. kr., der er 400.000 højere end for erhvervslivet generelt.

FIGUR 1.5  
Produktivitet (værditilvækst pr. medarbejder)



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen og Danmarks Statistik. Data er fra 2014

Note: Arbejdskraftproduktiviteten varierer naturligt med virksomhedernes branche og størrelse. Tallene tager ikke højde herfor.

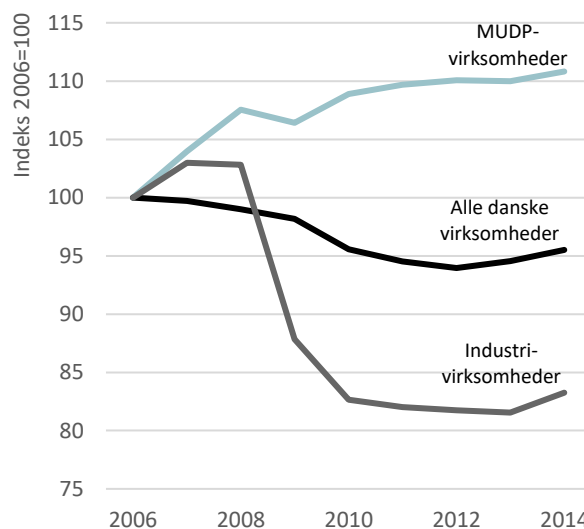
**Den øgede omsætning slår også igennem i en større beskæftigelse. For hver mio. kr. i medfinansiering forventer virksomhederne at have 6 ansatte beskæftiget med teknologien 2 år efter projektafslutning. Heraf 3 nyansættelser.** MUDP-deltagerne har i gennemsnit beskæftiget knap 7 medarbejdere med projektet i projektperioden. Heraf var ca. én medarbejder nyansat. To år efter projektafslutning forventer MUDP-virksomhederne i gennemsnit godt 6 medarbejdere beskæftiget med projektet, hvoraf ca. 3 er nyansættelser. Under projektperioden klares produktudviklingen hovedsageligt af eksisterende personale, mens over halvdelen af de ansatte med teknologien 2 år efter forventes at være nyansættelser med andre kompetencer.

Vi har også undersøgt om virksomhedernes forventninger til beskæftigelseseffekter ændrer sig i takt med, at projekterne bliver afsluttet. Ofte ser man, at virksomheder modererer deres forventninger til fremtiden i takt med, at projekterne bliver

færdige. Dette er dog ikke tilfældet for MUDP-projekterne, hvor forventninger til fremtidig beskæftigelse faktisk er en anelse højere for afsluttede projekter. Det giver en større tryghed for, at de forventede effekter også vil realisere sig.

Nyansættelserne og fastholdelsen af medarbejdere kan være en medvirkende årsag til, at MUDP-virksomhederne har oplevet en kraftigere beskæftigelsesudvikling siden 2006 end dansk erhvervsliv i øvrigt og industrien. MUDP deltagernes beskæftigelse steg således med 11 pct. fra 2006-2014, mens beskæftigelsen faldt med 4 pct.-point for det øvrige erhvervsliv og 17 pct. for industrien, jf. figur 1.6. Det kan dog også skyldes, at MUDP-virksomhederne generelt er virksomheder i udvikling og derfor både oplever vækst og har interesse i at deltage i programmer som MUDP. Ift. figur 1.6 er det endvidere interessant at bemærke, at industrivirksomheder, som indgår i MUDP, generelt har højere forventninger til jobskabelse end de øvrige MUDP-virksomheder, jf. bilag.

FIGUR 1.6  
Udviklingen i beskæftigelse, 2006-2014



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Danmarks Statistik og Miljøstyrelsen

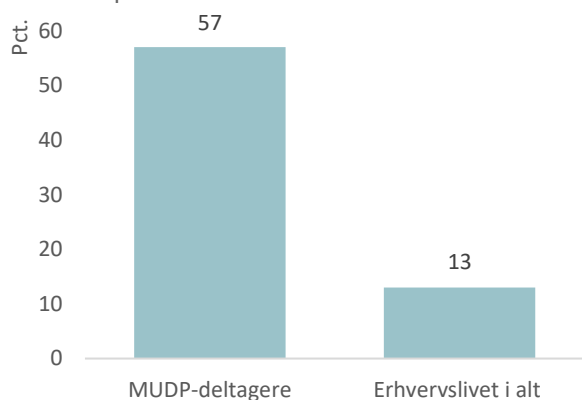
Note: Figuren indeholder 336 MUDP-virksomheder, som kan genfindes i alle årene. Indeksregningen er baseret på det simple gennemsnit af beskæftigelsen i virksomhederne hvorfor udviklingen ikke nødvendigvis følger den samlede beskæftigelsesudvikling i økonomien. Industrivirksomhederne dækker over industri, råstofvindning og forsyningsvirksomheder.

**Deltagerne i MUDP forventer, at 56 pct. af den øgede omsætning tre år efter projektafslutning skabes ved afsætning til det globale marked. MUDP er dermed med til at understøtte dansk erhvervslivs betydelige eksport af miljøteknologi. Alene eksporten af vandteknologi, renluftteknologi og affaldsteknologi udgør i dag knap 26 mia. kr. For virksomheder der har implementeret den teknologi, som de har udviklet i MUDP, udgør eksporten i dag 32 pct. af den omsætning, der relaterer sig til teknologien. Virksomhederne forventer at eksporten vil udgøre 56 pct. af omsætningen 3 år senere.**



Generelt er hovedparten (57 pct.) af MUDP deltagerne eksporterende virksomheder, hvorimod det kun er 13 pct. i erhvervslivet generelt.

FIGUR 1.7  
Andel eksportvirksomheder



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen og Danmarks Statistik

MUDP deltagerne eksporterer miljøteknologiske løsninger til det globale marked, men Norden og Tyskland er de vigtigste eksportmarkeder. 41 pct. af MUDP-deltagerne eksporterer miljøteknologi til de nordiske lande og 33 pct. eksporterer til Tyskland. 20 pct. eksporterer til USA og kun 13 pct. til BRIC landene. Denne tendens understøttes også af fokusanalyserne, hvor virksomhederne peger på nordiske og nordeuropæiske lande som de mest centrale markeder for deres teknologi. Det er dels, fordi at det er lande med en progressiv miljøregulering (ift. eksempelvis vandmiljø eller luftforurening), og dels fordi det er markeder, der i store træk fungerer som det danske. Her er der langt færre ukendte faktorer end når virksomhederne forsøger at eksporterer til eksempelvis Kina eller Vietnam.

Det er evaluators vurdering, at de private og offentlige investeringer i forskning, udvikling og demonstration understøtter succes i dansk eksport af miljøteknologi.

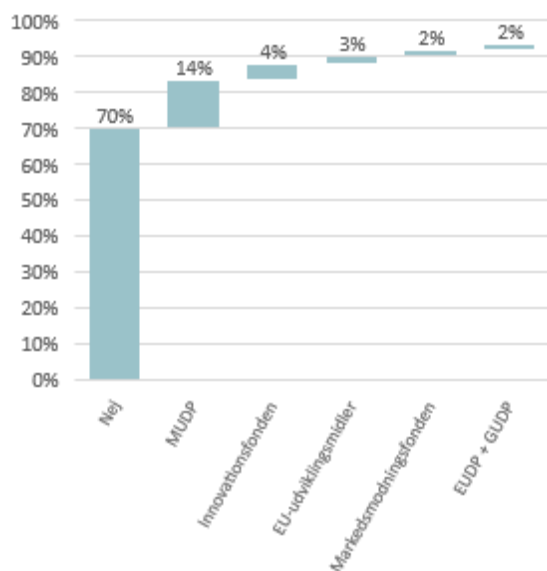
**For de projekter der er kommet på markedet har fuldskalademonstration eller test i projektperioden været en vigtig faktor.** Fokusanalyserne viser, at det er kendetegnende for de MUDP-projekter, der på nuværende tidspunkt har opnået en konkret effekt, at der har indgået en fuldskala demonstration eller test i projektperioden. Parterne oplever, at det har været af afgørende betydning for implementering og salg efterfølgende, at de har kunne henvise til, at løsningen har været testet i forhold, der er så tæt på faktiske driftsforhold som muligt. Det er vigtigt for kunder i flere brancher, da implementering af ny teknologi ofte indebærer en risiko for uregelmæssig drift. Dokumentationen af en test eller demonstration kan også være afgørende for adgangen til yderligere investorer. På samme måde er det tilfældet for flere andre MUDP-projekter, som ikke har fået implementeret deres løsning efter projektet, at de stadig mangler en fuldskalademonstration af deres løsning før den for alvor kan nå ud på markedet.

## 1.5 Programorganisering

**Det er evaluators vurdering, at MUDP er en vigtig del af innovationssystemet, og at der er en hensigtsmæssig arbejdsdeling mellem MUDP, EUDP og GUDP.** Størstedelen af MUDP projekterne (70 pct.) bygger ikke videre på tidligere offentligt støttede projekter. Og af de 30 pct. af projekterne der bygger videre på et tidligere projekt er knap halvdelen (14 pct.) tidligere MUDP projekter. MUDP udfylder altså en vigtig rolle ift. at fremme udvikling og demonstration af miljøteknologi, som ikke umiddelbart ville blive varetaget af andre ordninger, hvis MUDP ikke fandtes. 4 pct. af projekterne bygger videre på tidligere projekter fra Innovationsfonden, og MUDP henviser mere forskningsrettede projektansøgninger til Innovationsfonden. Kun 2 pct. af projekterne bygger oven på projekter fra EUDP eller GUDP.

FIGUR 1.8

Videreførelse af tidligere projekt



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen

Note: Spørgsmål: "Bygger projektet direkte videre på et tidligere projekt, som også har været finansieret af offentlig støtte?" (N=344) Spørgsmål: "Hvilke(n) støtteordning(er) modtog det tidligere projekt finansiering fra?" (N=95)

Relativt få projekter (12/344) har også fået tilskud Markedsmodningsfonden til fx at teste, om en prototype eller serviceydelse fungerer i et realistisk miljø hos potentielle kunder. Det lave antal kan til dels hænge sammen med, at en del af MUDP projekterne stadig ikke er afsluttet, og dels skyldes Markedsmodningsfonden begrænsede midler. Noget kunne dog tyde på, at der kan være et uforløst potentiale, der kunne få flere produkter ud på markedet med et tættere samarbejde mellem MUDP og Markedsmodningsfonden.

Interviewene i fokusanalyserne bekræfter, at MUDP deltagerne oplever, at ordningen placerer sig mellem forskning og markedsmodning, netop som det er tiltænkt. Forskningsinstitutionerne oplever MUDP-projekterne som meget "anvendte", og i yderkanten af hvad de normalt arbejder med, mens virksomhederne anser dem for mere risikab-

le udviklingsprojekter, som de normalt er påpasselige med at kaste sig ud i. Her spiller GTS-institutterne en stor rolle i projekterne som forsknings- og udviklingsafdelinger for erhvervslivet. Evaluator anbefaler, at det undersøges om, der er en hensigtsmæssig balance mellem GTS'erne og universiteternes deltagelse i MUDP, og om de nuværende retningslinjer fordrer det bedst mulige økosystem på området. Ift. lignende ordninger fx EUDP er universiteternes deltagelse begrænset i MUDP. I MUDP deltager universiteterne i 23 pct. mens de deltager i 66 pct. af projekterne i EUDP<sup>4</sup>. Det omvendte er tilfældet for GTS'erne.

**Projekter som virksomhederne vælger ikke at arbejde videre med efter MUDP-projektet er ofte startet på initiativ af andre end de primære parter eller ramt af ændringer i interne eller eksterne faktorer. MUDP bør i endnu højere grad prioritere at understøtte ideer, som opstår hos virksomhederne selv.** Fokusanalyserne peger på, at det har stor betydning for projekternes succes, at de involverede parter er engagerede og føler ejerskab over det. Der er afdækket en tendens til, at de projekter, som har realiseret en effekt, er projekter hvor idéen er startet hos virksomheden/-erne selv, mens flere af de projekter som er lukket ned, er startet på initiativ fra tredjepart, eller parter som ikke har skulle drive selve udviklingen, eksempelvis GTS-institutter eller interesseorganisationer. Dette har særligt været en udfordring i nogle af samarbejds- og eksportfremmeprojekterne, hvor interesseorganisationer, GTS-institutter og universiteter som projektleder har haft svært ved at motivere og engagere virksomheder inden for et givent miljøteknologisk område til samarbejde. Det betyder ikke, at samarbejdskonstruktioner mellem pro-

<sup>4</sup> Energistyrelsen 2015: SAMMENHÆNG I TILSKUD TIL FORSKNING, UDVIKLING OG DEMONSTRATION PÅ ENERGIOMRÅDET



duktionsvirksomheder og rådgivere/GTS'er/universiteter nødvendigvis er dårlige konstruktioner. Men for at projekterne skal opnå resultater, peger fokusanalyserne på, at det er vigtigt at virksomhederne føler ejerskab over dem, da det i sidste ende er virksomhederne der skal drive dem videre. Denne udfordring er der til dels allerede taget højde for fra MUDP-ordningens side, idet der nu siden en ny bestyrelses tiltræden fra 2015 i højere grad end tidligere lægges vægt på, at projekterne skal have et konkret erhvervspotentiale for at opnå støtte.

Projekter som er stoppet efter MUDP-projektet er ofte ramt af ændringer i interne eller eksterne faktorer.

De primære interne faktorer kan bestå af:

- Resultater som afkræfter løsningens potentiale. Nogle MUDP-projekter har vist, at en løsning enten ikke havde den ønskede effekt eller var rentabel at implementere, hvilket har ført til, at der ikke er arbejdet videre med løsningen efter projektet.
- Opkøb af virksomheder eller strategiske omprioriteringer. Der er flere eksempler på virksomheder, som enten er blevet opkøbt af større virksomheder; selv har opkøbt mindre virksomheder, eller som har lavet omstruktureringer internt, der har ført til, at man ikke længere satser på fokusområdet.

De eksterne faktorer kan bestå af:

- Ændringer i markedsforhold. I enkelte tilfælde har projektparterne oplevet, at markedsforholdene enten under eller efter MUDP-projektperioden har gjort den pågældende teknologi mindre attraktiv, og parterne har derfor valgt ikke at fortsætte arbejdet med projektet efter endt projektperiode.
- Manglende regulering. I enkelte tilfælde har projektparterne udviklet teknologi på et område

som de havde forventninger om ville blive reguleret strammere i fremtiden, men hvor det endnu ikke er tilfældet. Dermed har løsningerne vist sig at være mindre rentable eller relevante at implementere.

**GTS'erne har en meget aktiv rolle i MUDP-projekterne og deltager i knap halvdelen af alle projekter. Evaluator anbefaler, at GTS'ernes rolle og værdiskabelse i projekterne undersøges nærmere.**

GTS'erne deltager i 47 pct. af alle projekterne. Det er ofte GTS-institutter, der har taget det første initiativ til at søge ordningen om midler. Det er ikke nødvendigvis et problem, eftersom mange virksomheder grundlæggende ikke orienterer sig efter støttemidler og puljer, men mere efter markedet og kunder, og virksomhederne samtidig værdsætter den værdi som GTS-institutterne tilfører projekterne. Omvendt peger fokusanalyserne på, at projektidéer som oprinder hos en anden aktør end den/de virksomheder, der skal arbejde videre med teknologien (GTS-institutter, politiske organer eller rådgivere) har sværere ved at blive ført helt ud i livet.

**Deltagerne oplever, at samarbejdet med Miljøstyrelsen er godt, konstruktivt og administrativt smidigt. De efterlyser samtidigt, at MUDP ekspaneres bedre både i forhold til mulighederne for at søge støtte, men også i forhold til at kommunikere om projekternes resultater.**

Deltagerne i fokusanalyser fremhæver at MUDP har stor betydning for udvikling og demonstration af miljøteknologi uanset om deres projekt har været en succes eller ej. Rent administrativt er der ikke afdækket nogle eksempler på projektparter, som har oplevet administrative udfordringer eller barrierer af betydning under projektperioden. Tværtimod er det generelle indtryk, at MUDP-ordningen fungerer relativt smidigt, og at eksempelvis dokumentationskravene er fornuftige sammenlignet med

andre lignende ordninger. Dertil kommer, at flere projektpartnere har oplevet stor imødekommenhed og forståelse fra MUDP (Miljøstyrelsens) side, når de har søgt om at foretage ændringer i det oprindelige projekt. En række projektpartnere har også oplevet et tæt og konstruktivt fagligt samarbejde med Miljøstyrelsen under projektperioden. Parterne fremhæver særligt Miljøstyrelsens rolle i forhold til at kunne stille kritiske spørgsmål til processen, eller se tingene fra en anden vinkel, som gavnlig. I den sammenhæng efterspørges i nogle tilfælde, at Miljøstyrelsen i endnu højere grad end nu, også vil kunne gøre opmærksom på mulige udfordringer "længere nede ad vejen". Nogle parter har oplevet, at de er støt på regulerings- eller lovgivningsmæssige barrierer i udviklingsforløbet, som de gerne ville have været gjort opmærksom på tidligere fx af Miljøstyrelsen.

MUDP kan eksponeres bedre både i forhold til mulighederne for at søge støtte, men også i forhold til at få kommunikeret projekternes resultater ud. I flere af MUDP-projekterne har parterne været i tvivl om hvad MUDP præcis dækker over og hvem der står bag. Selvom virksomhederne har fået støtte midler fra MUDP, fylder programmet sjældent meget i virksomhedernes bevidsthed. De kender det samtidig under mange forskellige navne (ecoinnovation) og blander det sammen med andre støtteprogrammer (eksempelvis VUDP, ETV og andre, markedsmodningsfonden og EU-programmer). Et mere klart 'brand' for programmet, vil være nødvendigt for at understøtte virksomhedernes mulighed for at søge det.

Derudover efterspørger projektparterne at få kommunikeret resultaterne fra de enkelte projekter bedre ud. Det gælder både i forhold til at hjælpe parterne selv i deres markedsføringsindsats, men også i forhold til at kunne søge inspiration fra andre projekter. Flere oplever det eksempelvis som

en ulempe, at ikke alle projekter kan søges frem på hjemmesiden (ecoinnovation.dk).<sup>5</sup> Det anses generelt for oplagt at sørge for at skabe det bedst mulige grundlag for, at resultaterne bliver brugt aktivt også uden for projektkredsen.

---

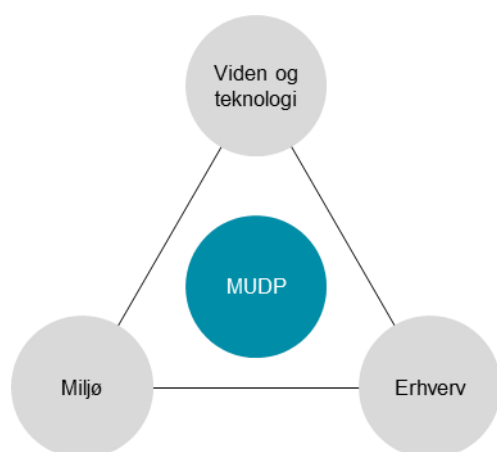
<sup>5</sup> Denne opfattelse er bemærkelsesværdig, da hovedparten af projektrapporterne findes offentligt tilgængelige på MUDP's hjemmeside.

## 2 Om MUDP

### 2.1 Miljøteknologisk udvikling gennem 10 år

MUDP har til formål at fremme udvikling og anvendelse af miljøeffektive løsninger på prioriterede miljøudfordringer og understøtte vækst, jf. figur 2.1.

FIGUR 2.1  
MUDP's treenighed



Kilde: DAMVAD Analytics

Det er et centralt formål at bidrage til at realisere miljø- og ressourcepolitiske målsætninger fastlagt af Folketinget og regeringen.

Programmet skal samtidig fremme udnyttelse og udvikling af de miljøeffektive løsningers erhvervs-potentialer til gavn for vækst og beskæftigelse og erhvervslivets konkurrenceevne.

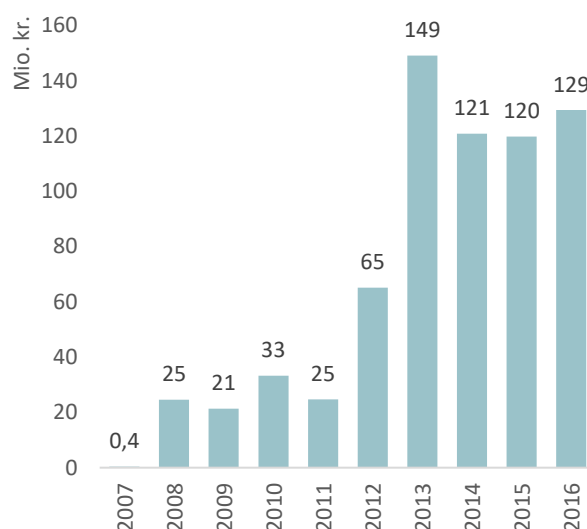
Dette sker ved, at den største andel af MUDP's bevillinger anvendes til tilskud til virksomhedernes udvikling, test og demonstration af miljøteknologi inden for de prioriterede indsatsområder.

Udviklings- og demonstrationsprogrammer har dels til formål at omsætte forskning til konkrete teknologier og løsninger og dels at sikre opskale-

ring af teknologier. Det gælder særligt på lovende områder, hvor udviklingsprojekternes risikoprofil dog medfører manglende investeringer fra private.

MUDP blev oprettet i 2007, og i de første år var programmets økonomiske rammer relativt begrænsede, jf. figur 2.2. De årlige bevillinger voksede betydeligt efter 2011, hvilket har ført til flere projekter i større skala.

FIGUR 2.2  
MUDP's bevillinger



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen

I 2015 blev MUDP stadfæstet ved lov, der satte rammerne for programmet. Hermed blev der afsat midler for de følgende fire år, hvilket gav et mere langsigtet perspektiv for programmet end tidligere. I forbindelse hermed blev der oprettet en bestyrelse, der fremover skulle lede MUDP-programmet, herunder udarbejde strategien. I den nye strategi for MUDP er der kommet øget fokus på projekternes erhvervsmæssige potentialer, samt øget fokus på fremme af større fyrtårnsprojekter. MUDP's udvikling de sidste 10 år afspejles også i de skiftende finansieringskilder, se bilag tabel 19.1.

MUDP giver tilskud til projekter inden for seks miljøtemaer (se tabel 2.3). Miljøtemaerne afspejler politiske prioriteringer, som i et vist omfang er drevet af internationale målsætninger, direktiver, konventioner og handlingsplaner fastsat af FN, EU og IMO m.fl., men også af nationale målsætninger om fx at understøtte udviklingen af en cirkulær økonomi.

Programmet er forholdsvist ungt og har forandret sig betydeligt igennem årene, hvad angår de samlede bevillinger, de enkelte projekters størrelse samt nye miljøtemaer.

Der er endnu relativt få større projekter, og projekter inden for bæredygtigt byggeri, der er afsluttet. Projektstørrelsen på de afsluttede projekter er relativt lille ift. virksomhedernes størrelse. Det begrænser mulighederne for at måle de faktiske effekter af disse projekter.

TABEL 2.3  
MUDP's seks miljøtemaer

Miljøtema	Eksempler på projekttyper
<b>Vand og klimatilpasning (fra 2007)</b>	Modernisering af forsyningssystemet gennem introduktion af it-baserede styrings-, overvågnings- og monitoreringssystemer, nye typer af rense- og ressourcegenindvindingsteknologier til spildevandsanlæg mv.
<b>Luft (og støj) (fra 2008)</b>	Overgang til eldrift, renere brændstoffer og brændsler, renere forbrændingsprocesser og filtre. Der har været få støjrelaterede projekter.
<b>Affald og cirkulær økonomi (fra 2010)</b>	"Waste to energy", optimering af behandlingsanlæg, recirkulering af materialer (til nye produkter) herunder udvikling af industriel symbiose, forebyggelse via produktdesign og udfasning af kemikalier.
<b>Kemikalier (fra 2007, ex 2010 og 2011)</b>	Udvikling af kemikalier til substitution af uønskede kemikalier som aggressive industrielle drivhusgasser og kviksølv.
<b>Bæredygtigt byggeri (fra 2013)</b>	Anvendelse af restprodukter til fremstilling af nye byggematerialer og udvikling af byggematerialer og bygninger, der er forberedt på fremtidig genanvendelse (ved fx at undgå materialer med giftig kemi).
<b>Industriens miljøudfordringer (fra 2010)</b>	Mere effektiv udnyttelse af rå- og hjælpestoffer for at modsvare stigende priser på en række råvarer. Indføring af teknologier, der reducerer forurening fra produktion.

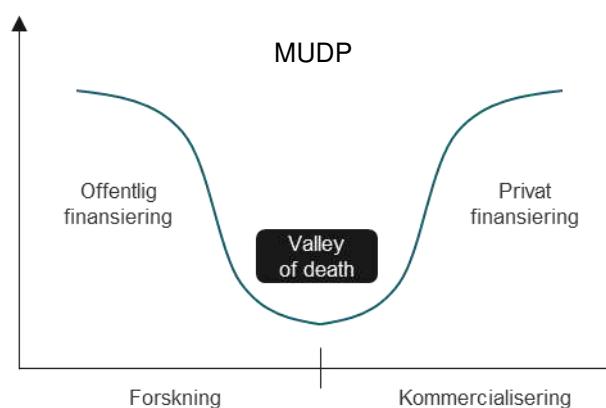
Kilde: Miljøstyrelsen

## 2.2 MUDP's placering i innovationssystemet

MUDP har til formål at bygge bro mellem forskning og markedet ved at understøtte udvikling af forskningsresultater til miljøteknologiske løsninger. Der ved påtager staten sig en del af den risiko, der er ved denne type projekter, og som kan føre til underinvesteringer i miljøteknologiske løsninger, set fra et samfundsmæssigt perspektiv.

MUDP søger – sammen med andre ordninger i det offentlige forsknings- og innovationssystem – at skabe bro over den såkaldte "valley of death" for produktudvikling. Lovende forskningsresultater fra universiteter og andre forskningsinstitutioner kræver op til flere års videreudvikling, før de kan kommercialiseres. Private investorer viger imidlertid ofte tilbage fra at investere i denne type projekter. Derfor kan der forekomme et gab mellem (typisk den offentlige) finansiering af forskning og private investeringer i kommercialiseringen heraf, jf. figur 2.4.

FIGUR 2.4  
Valley of death



Offentlige ordninger som Innovationsfonden, UDP'erne, Vækstfonden og Markedsmodningsfon-

den har til formål at bygge bro mellem grundforskningen og markedet.

MUDP's placeringen i forsknings- og innovationssystemet, som det var tænkt, fremgår af nedenstående figur fra den tidligere regerings innovationsstrategi "Løsningernes land", jf. Figur 2.5. Som det fremgår af figuren, vil der for en række af projekterne være et stykke vej fra udviklingen igangsættes, til løsningerne kan kommercialiseres. En del af teknologierne i MUDP-projekterne vil også efter projektafslutningen skulle gennemgå en række tests og tilpasninger mm., før de er markedsparate.

Derfor kan det ikke forventes, at de miljø- og erhvervsmæssige potentialer er fuldt realiserede ved projektafslutningen. For nogle projekter må det forventes, at potentialerne først realiseres et godt stykke tid efter projekternes afslutning. Det medfører for det første, at det er afgørende at afsøge effekter på anden vis end alene ved statistiske effektmålinger. For det andet betyder det, at evalueringen også skal identificere tidlige effekter, som kan indikere, hvorvidt projekterne er på rette vej.

### Arbejdsdeling i forhold til EUDP og GUDP

MUDP og EUDP blev etableret i 2007, mens GUDP blev etableret i 2010. De tre programmets tematiske virkefelter er defineret ved de områder, der er fokus på. Overordnet set så er arbejdsdelingen:

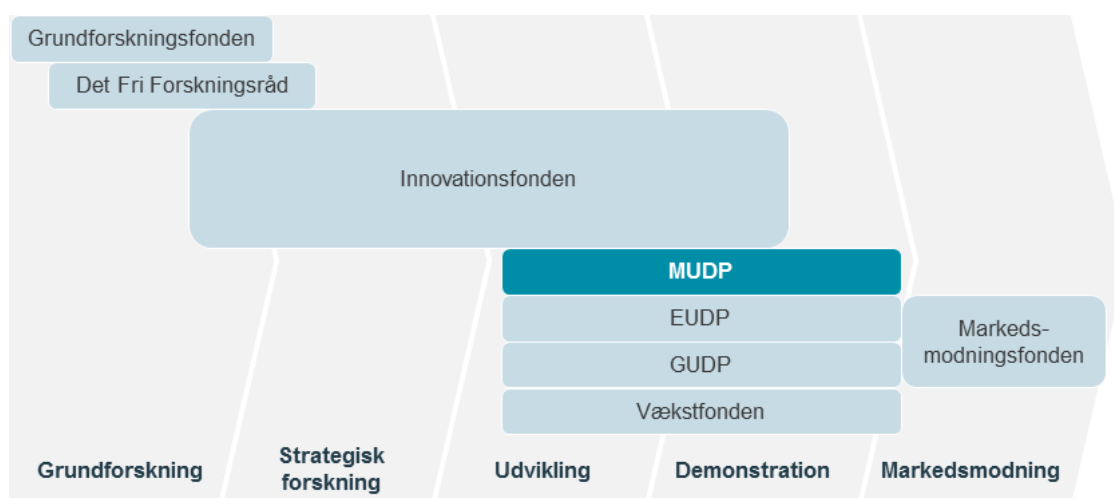
- GUDP fokuserer på bio baseret produktion samt fødevarer - i hele værdikæden.
- EUDP fokuserer på fremstilling, distribution og anvendelse af energi.
- MUDP fokuserer på teknologier der bidrager til realisering af miljøpolitiske målsætninger – i praksis har der været fokus på vand, luft, støj, kemikalier, klimatilpasning, affald og ressourceeffektivitet.

Programmerne indeholder ingen særskilte beskrivelser af, hvilke tematiske områder, der ikke er dækket. Det skyldes et ønske om at fastholde fleksible programmer, hvor det prioriteres, at udvælgelsen af projekter kan ske ud fra kvaliteten af projektet i stedet for, hvilken kasse projektet passer

ned i. Det medfører, at der få gange er gode projektforslag, der kan falde ind under flere af programmerne. I praksis er resultatet dog, at langt de fleste af de støttede projekter entydigt relaterer sig til en af de tre UDP'er. Et eksempel på en type af projektforslag, der har fået støtte fra både MUDP og EUDP har været udvikling af mere energieffektive og mindre forurenende brændeovne. Et andet eksempel er støtte til energioptimering af spildevandsrensaneanlæg, hvor både GUDP og MUDP har støttet udvikling af bedre spildevandsrensning knyttet til fødevarerproduktion. Kriterierne for udvælgelse af projekterne, har taget udgangspunkt i hvert af UDP'ernes egne formål.

MUDP har oftest ikke mulighed for at støtte projekter, der er omfattet af EU's fælles landbrugs- og fiskeripolitik. Det skyldes, at der gælder særlige statsstøtte regler på dette område, som MUDP's bekendtgørelse mv. ikke er udformet til at leve op til.

FIGUR 2.5  
MUDP's placering i innovationssystemet



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af den tidligere regerings innovationsstrategi "Løsningernes land".

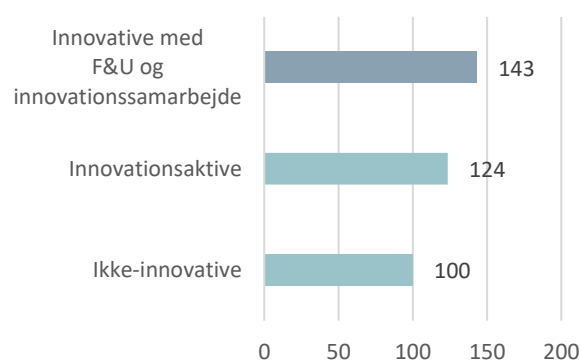
Endvidere gælder for MUDP, at programmet ikke kan give støtte efter reglerne for tilskud til forskningsprojekter – her er der bl.a. mulighed for særligt høje støtteprocenter. Her henviser MUDP generelt til at søge støtte hos Innovationsfonden.

### 2.3 MUDP's sammenhæng med investeringer i forskning og udvikling

Det offentlige har en vigtig rolle i at fremme forskning og innovation i samfundet. Virksomheder vil ofte investere mindre i forskning og innovation, end, hvad der er samfundsmæssigt optimalt. Det skyldes, at den viden og teknologi en virksomhed udvikler også kommer andre virksomheder og samfundet til gode (positive spillovers). Virksomheder har ikke mulighed for til fulde at beskytte og tage sig betalt for de positive spillovers til andre. Derfor er det privatøkonomiske afkast af forskningsinvesteringer lavere end det samfundsmæssige afkast. Det skaber rum for, at man fra offentlig side understøtter den private forskning, så erhvervslivets investeringer kommer tættere på det samfundsmæssige optimale niveau.

MUDP har her en vigtig rolle ift. at understøtte og fremme erhvervslivets investeringer i udvikling af ny miljøteknologi. Det betaler sig når virksomheder er innovative med forskning og udviklingsaktiviteter og indgår i innovationssamarbejder fx igennem MUDP. Virksomheder der er innovative, og samarbejder er overordnet set 43 pct. mere produktive end ikke-innovative virksomheder, jf. figur 2.6

FIGUR 2.6  
Sammenhæng mellem innovation og produktivitet (ikke-innovative=indeks 100)



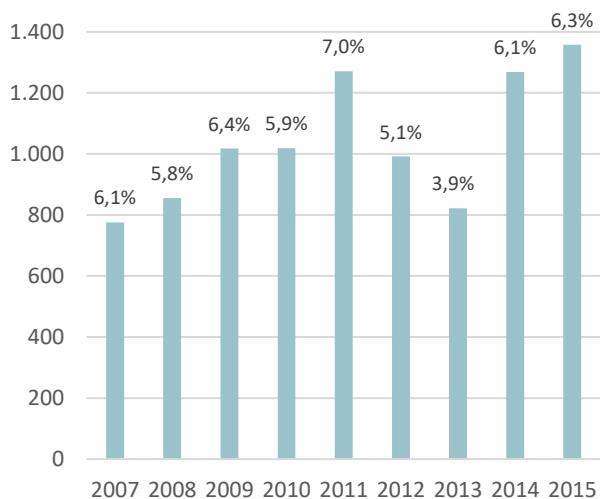
Kilde: DAMVAD Analytics for Innovationsfonden (2016).

Note: Produktivitet er opgjort som arbejdsproduktivitet, dvs. værditilvækst pr. fuldtidsbeskæftiget.

De offentlige investeringer i forskning og udvikling relateret til miljøforskning er steget fra knap 780 mio. kr. i 2007 til 1.358 mio. kr. i 2015, hvilket svarer til en stigning på knap 75 pct. Miljøforskningens andel af de samlede offentlige forsknings- og udviklingsinvesteringer har dog været nogenlunde konstant, idet de samlede offentlige investeringer er steget med knap 70 pct. i selvsamme periode, jf. figur 2.7.

FIGUR 2.7

Offentlige investeringer i miljøforskning i mio. kr. (procenttal er andel af samlet offentlig FoU)

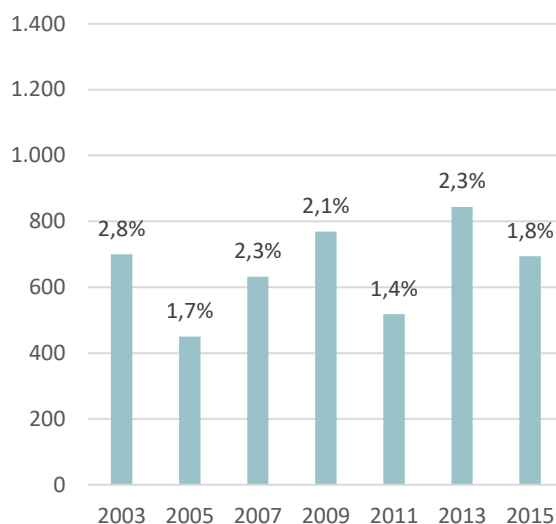


Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Danmarks Statistik.

Erhvervslivets udgifter til miljøforskning er faldet fra 700 mio. kr. i 2003 til knap 694 mio. kr. i 2015, hvilket svarer til et fald på knap 1 pct. Væksten i investeringer i miljøforskning har således ikke fulgt med i det private erhvervsliv i perioden.

FIGUR 2.8

Private investeringer i miljøforskning i mio. kr. (procenttal er andel af samlet privat FoU)



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Danmarks Statistik  
Note: Danmarks Statistik opgør kun erhvervslivets forskningsinvesteringer opdelt på forskningstemaer hvert andet år.



## 3 Data og metode

Evalueringen baserer sig på fire primære datakilder, som kort beskrives nedenfor.

### 1. Administrative data fra MUDP

MUDP indsamler en lang række informationer om projekternes karakteristika og projektdeltagerne. Miljøstyrelsen har stillet data til rådighed for evalueringen. Informationerne er primært af administrativ karakter.

Foruden analyse af projekternes indhold og progression, særligt i kapitel 4, er projektdataene anvendt som udgangspunkt for den øvrige dataindsamling. De registrerede kontaktoplysninger fra ansøgningerne er således anvendt til udsendelse af spørgeskemaer, og virksomhedsnavne og CVR-numre er anvendt til at indhente virksomhedsoplysninger.

### 2. Spørgeskemaundersøgelse

Spørgeskemaundersøgelsen bidrager med indikatorer for et bredt udsnit af projektdeltagerne. Særligt indhentes indikatorer, som ikke kan findes i virksomhedsdata og i de administrative data fra Miljøstyrelsen.

Spørgeskemaet er udsendt til 841 virksomheder, som har deltaget i et MUDP-projekt, og 55 pct. af disse har besvaret spørgeskemaet. Besvarelserne er repræsentative for MUDP-deltagerne på tværs af miljøområde, tilskudstype og virksomhedsstørrelse.

### 3. Fokusanalyser

Fokusanalyserne er et kerneelement i evalueringen, som særligt skal sætte fokus på projekternes teknologi- og miljøeffekter. Dette er effekter som er svært sammenlignelige på tværs af projekter og svært kvantificerbare, hvorfor de kræver en mere dybdegående forståelse af teknologien.

Fokusanalyserne er baseret på casestudier af de udvalgte projekter. Hvert studie har bestået i en indledende gennemgang af ansøgninger, afslutningsrapporter og andet tilgængeligt materiale fra projekterne. Derefter er der udført dybdegående interview med virksomheder og projektejere, og i de fleste tilfælde også fysiske besøg hos virksomheden og fremvisning af de udviklede eller demonstrerede løsninger. I nogle tilfælde er der udført opfølgende interview med yderligere projektparter eller virksomheder for at få belyst yderligere relevante dele af projektet. Alle interview er live-transskriberet, og der er udarbejdet skriftlige opsamlinger for hver effektparameter. Efter interviewene er der i flere tilfælde blevet fremsendt yderligere dokumentation fra projektparterne, som underbygger forskellige aspekter af den givne case.

### 4. Virksomhedsdata

For grundigere at belyse virksomhedernes karakteristika, herunder deres økonomiske udviklingen, har vi indhentet en række oplysninger om deltagervirksomhederne fra Danmarks Statistiks virksomhedsregistre. Indikatorer hentet fra registrene omfatter: Investeringsadfærd (herunder historiske investeringer i forskning og udvikling), branchetilhørsforhold, virksomhedsstørrelse (målt på antallet af ansatte og omsætning) samt eksportaktivitet.

### 5. Publikationsdata

For at undersøge Danmarks forskningsmæssige styrke indenfor de miljøtemaer, som MUDP yder støtte til, har vi anvendt publikationsdata fra den internationale database SCOPUS. Hvert af de seks miljøtemaer er opdelt på 25 undertemaer baseret på indholdet af de projekter, der igennem de seneste år har modtaget støtte fra MUDP. Områderne er defineret af Miljøstyrelsen og udvalgt ud fra, at der er sket en væsentlig teknologiske udvik-

ling på området, og at området har været selvstændigt prioriteret af MUDP.

## 4 Karakteristik af MUDP's projekter

MUDP påbegyndte uddelingen af bevillinger i 2007, og siden har bevillingerne generelt set været stigende. I programmets første leveår lå de årlige bevillinger på 20-35 mio. kr. Herefter voksede programmet betydeligt og siden 2014 har de samlede bevillinger været omkring 120-130 mio. kr. årligt, jf. figur 4.1.

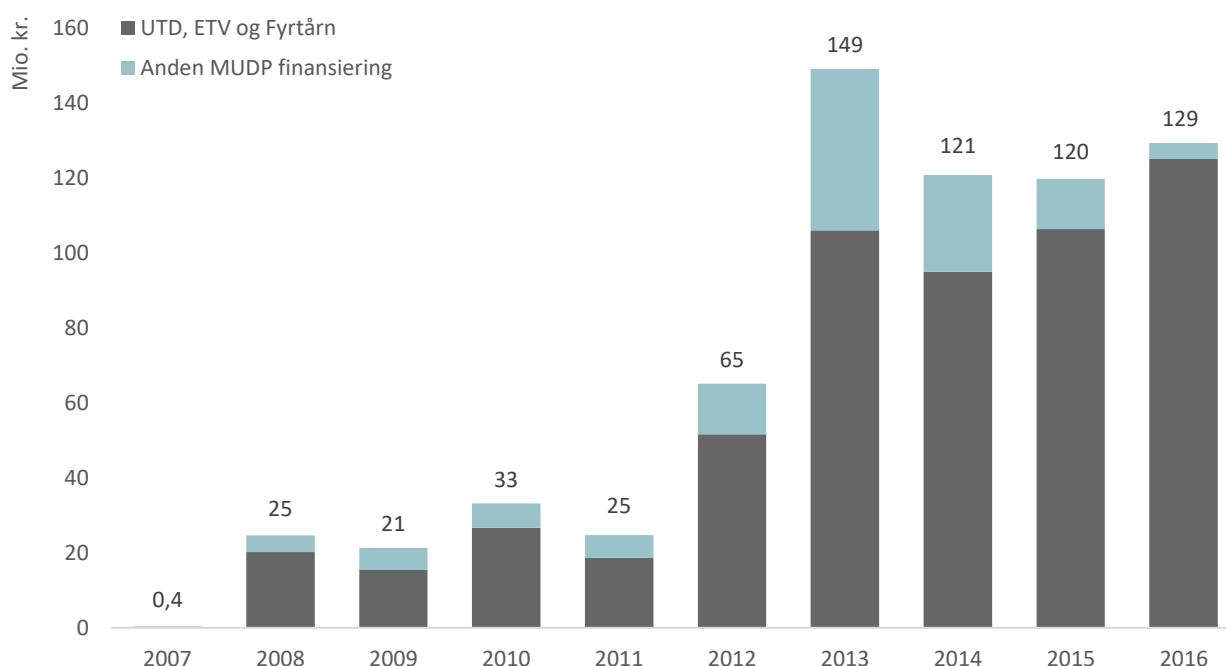
Tilskud til Udviklings-, Test- og Demonstrationsprojekter (herefter forkortet UTD-projekter), ETV-projekter (Environmental Technology Verification jf. EU-ordning herfor) og Fyrtårnsprojekter har siden 2008 udgjort langt størstedelen af de samlede bevillinger. I perioden 2008-2011 udgjorde de tre projekttyper knap 80 pct. af de samlede bevillinger, hvilket voksede til godt 96 pct. i 2016, jf. figur 4.1. Over hele perioden har bevillinger til UTD-, ETV- og Fyrtårnsprojekter udgjort godt 82 pct. af de samle-

de bevillinger.

I perioden 2008-2012 har antallet af UTD-, ETV- og Fyrtårnsprojekter været relativt begrænset – omkring 30-40 projekter årligt. Herefter voksede antallet af projekter markant og efter at have toppet i 2013 med 78 projekter, har antallet været omkring 50 projekter årligt i 2015 og 2016.

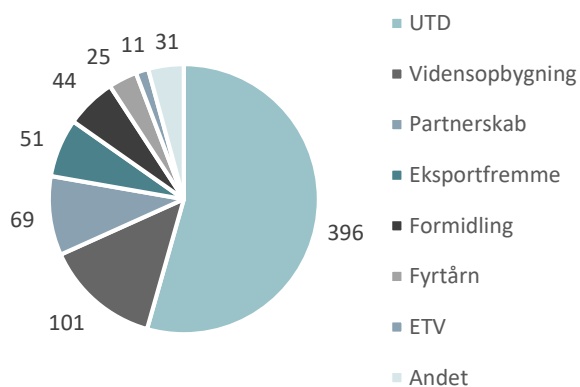
Ligesom UTD-, ETV- og Fyrtårnsprojekter har udgjort størstedelen af de samlede bevillinger, har de tre projekttyper også udgjort størstedelen af det samlede antal projekter i perioden 2007-2016. MUDP har siden 2007 oprettet 728 projekter, hvoraf 432 af dem enten var UTD-, ETV eller Fyrtårnsprojekter, jf. figur 4.2.

FIGUR 4.1  
Samlede bevillinger opdelt på tilskudstype



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen

FIGUR 4.2  
Antal projekter opdelt på tilskudstype, 2007-2016

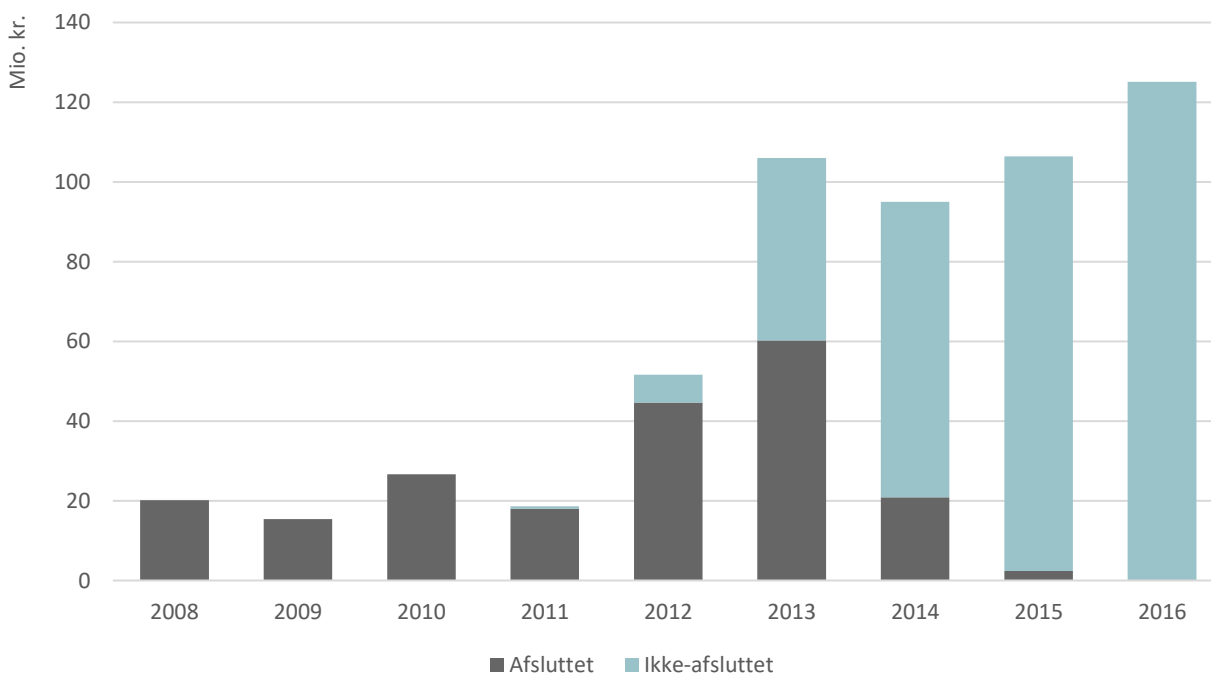


Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen

UTD-, ETV- og Fyrtårnsprojekter er således de vigtigste projekttyper, og udgør i de seneste år en voksende andel af de samlede projekter. Derfor fokuserer resten af evalueringen på denne type projekter.

UTD-, ETV- og særligt Fyrtårnsprojekter strækker sig typisk over en længere periode. Projekter igangsat i perioden 2008-2010 er alle afsluttet primo 2017, men der findes stadig projekter fra 2011 og 2012 som endnu ikke er afsluttet, jf. figur 4.3. Størstedelen af UTD-, ETV- og Fyrtårnsprojekter igangsat i perioden 2013-2016 er endnu ikke afsluttet. Primo 2017 var 63 pct. af alle bevilligede midler fra 2008-2016, således stadig i gang.

FIGUR 4.3  
Projektmidler opdelt efter projektstatus



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen

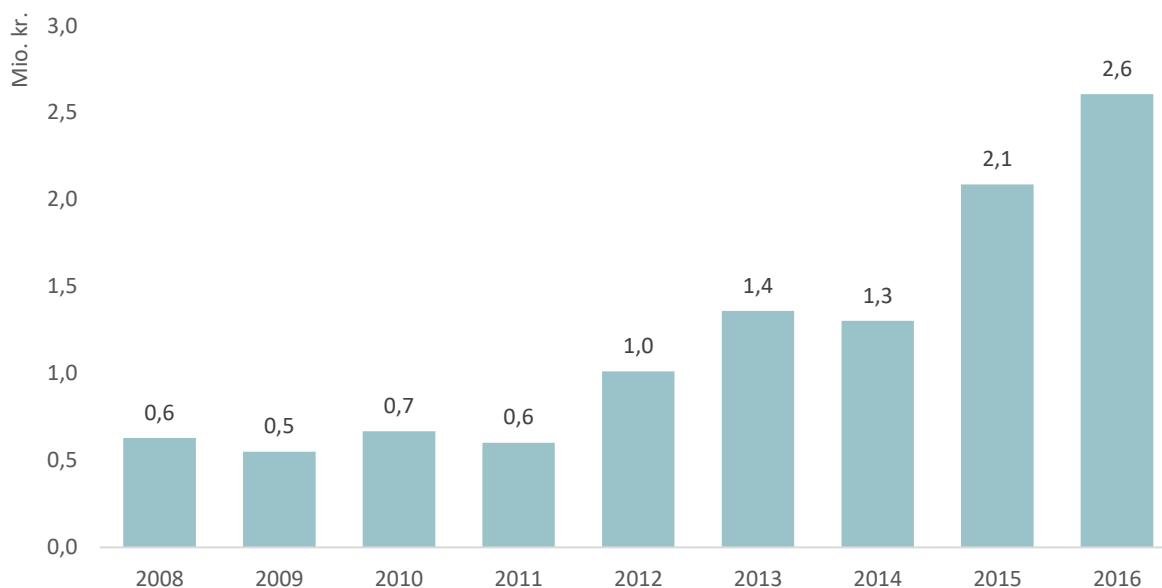
Den gennemsnitlige bevilling pr. projekt er vokset i perioden. I første omgang førte væksten i bevillingerne til flere projekter, men efter 2014 er der blevet bevilget midler til færre, men større projekter. I 2008 var den gennemsnitlige bevilling pr. projekt 0,6 mio. kr. I 2016 var dette tal vokset til 2,6 mio. kr. jf. figur 4.4. Stigningen i de gennemsnitlige bevillinger efter 2011 skyldes dels oprettelsen af fyrtårnsprojekter, som generelt set har opnået højere bevillinger. Udelades disse projekter, så vi udelukkende ser på UTD- og ETV-projekter, er den gennemsnitlige bevilling steget fra 0,6 mio. kr. i 2008 til 1,4 mio. kr. i 2016, jf. bilag.

MUDP har således de senere år fået et fokus på

færre, større projekter og har færre af de øvrige aktiviteter, som har været afholdt i programmets tidlige år. Dette er i overensstemmelse med programmets strategi om at finansiere flere store projekter i fuld skala.

Som det fremgår er en stor del af midlerne i programmer først bevilget i de seneste 3-4 år. Det betyder at en stor del af projekterne endnu ikke er afsluttede. De primære miljø- og erhvervsmæssige effekter må derfor i sagens natur forventes først at udmønte sig på et senere tidspunkt. Af samme årsag er de fleste effekter, som belyses i de kommende kapitler, forventede snarere end allerede indtruffet, og de effekter som har materialiseret sig må forventes kun at udgøre en mindre del af de samlede effekter.

FIGUR 4.4  
Gennemsnitlig bevilling pr. projekt

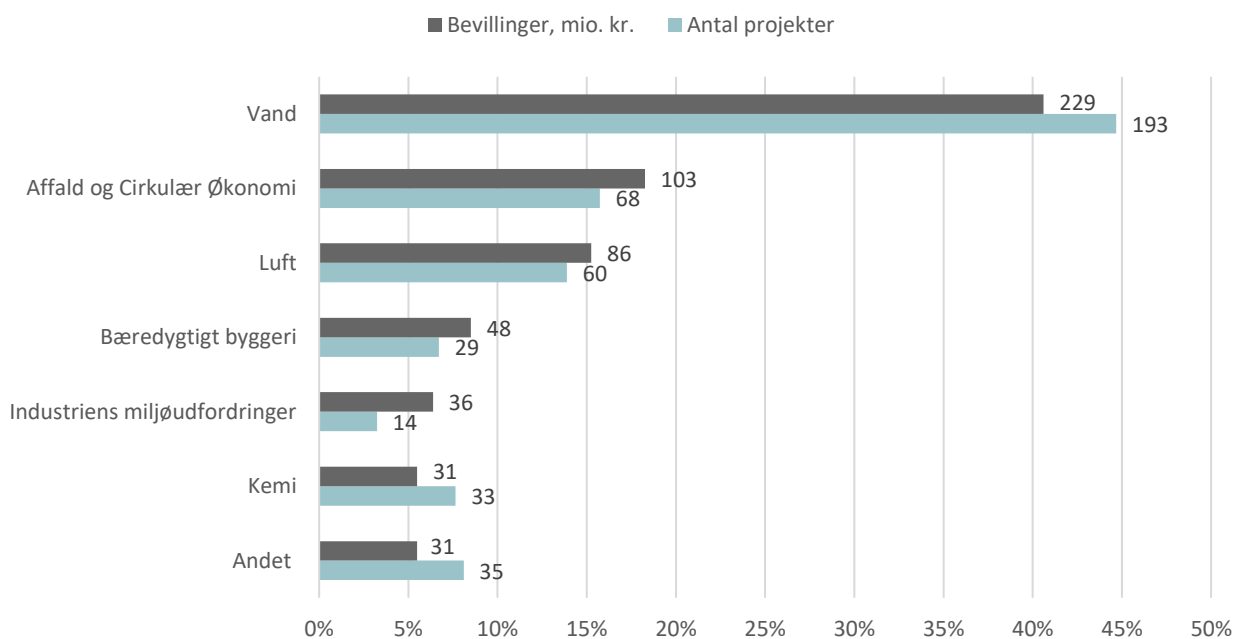


Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen

## 4.1 Projekternes miljøtema

Vand, luft, affald og cirkulær økonomi er de miljøtemaer, som har fyldt mest i MUDP. De 3 miljøtemaer har fået knap 420 mio. kr. i bevillinger, svarende til ca.  $\frac{3}{4}$  af de samlede bevillinger siden 2007, jf. figur 4.5. Målt på antallet af projekter står de tre miljøtemaer for 321 projekter, svarende til næsten tre fjerdele af de samlede MUDP-projekter, jf. figur 4.5.

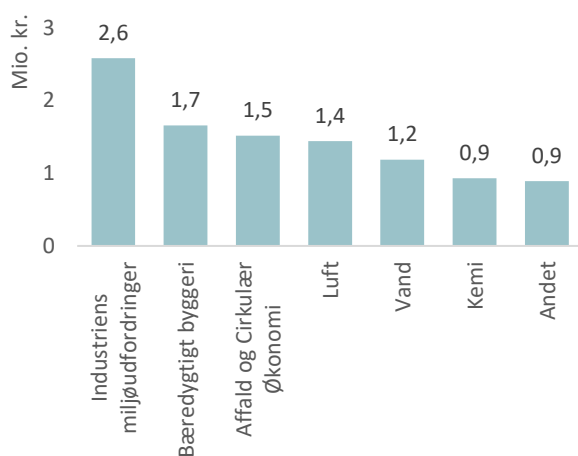
FIGUR 4.5  
Samlede bevillinger og projekter fordelt på miljøtema



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen

De primære miljøtemaer, vand, luft og affald, har alle gennemsnitlige bevillingsstørrelser på mellem 1,2 og 1,5 mio. kr. pr. projekt. Miljøtemaerne bæredygtigt byggeri og industriens miljøudfordringer har modtaget en særligt høj gennemsnitlig bevilling pr. projekt. Projekter hørende under miljøtemaet kemi har derimod modtaget en relativ lav gennemsnitlig bevilling, jf. figur 4.6. Det hænger dog sammen med de relativt få projekter inden for disse temaer.

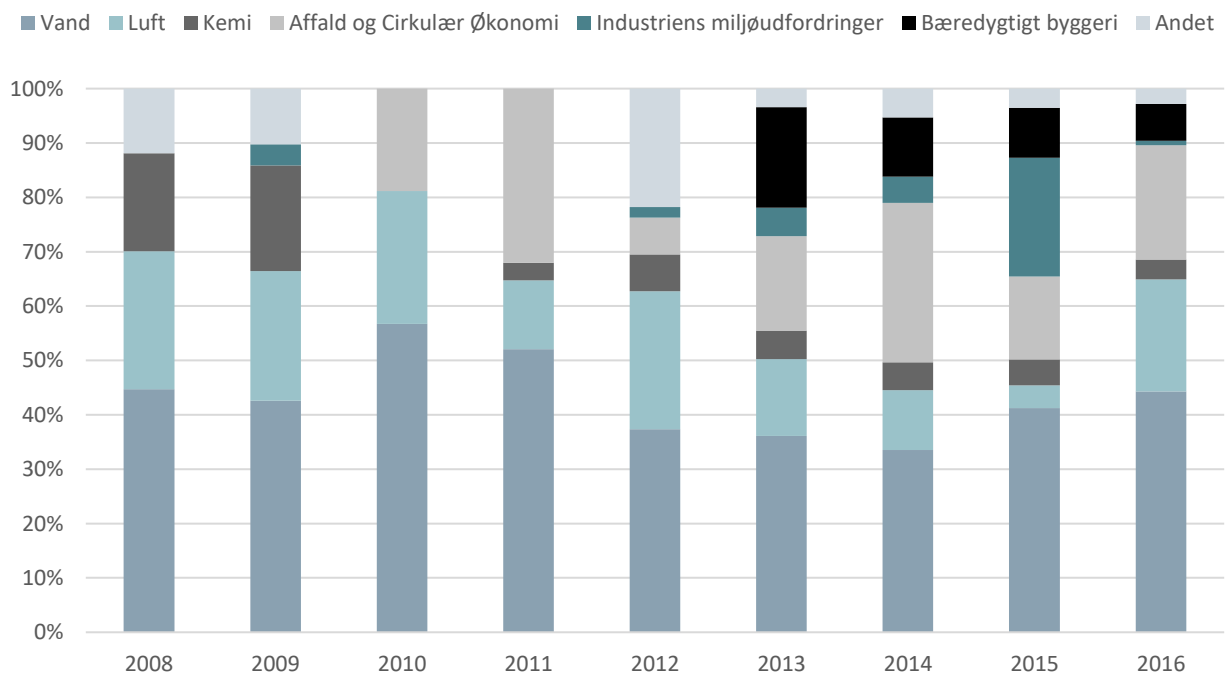
FIGUR 4.6  
Gennemsnitlige bevillinger pr. projekt



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen

Miljøtemaerne vand og luft har udgjort en stor andel af de samlede bevillinger i hele perioden 2008-2016. Med undtagelse af årene 2014 og 2015, har de to miljøområder udgjort mere end 50 pct. af de samlede årlige bevillinger, jf. figur 4.7.

FIGUR 4.7  
Samlede årlige bevillinger fordelt på miljøtema



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen

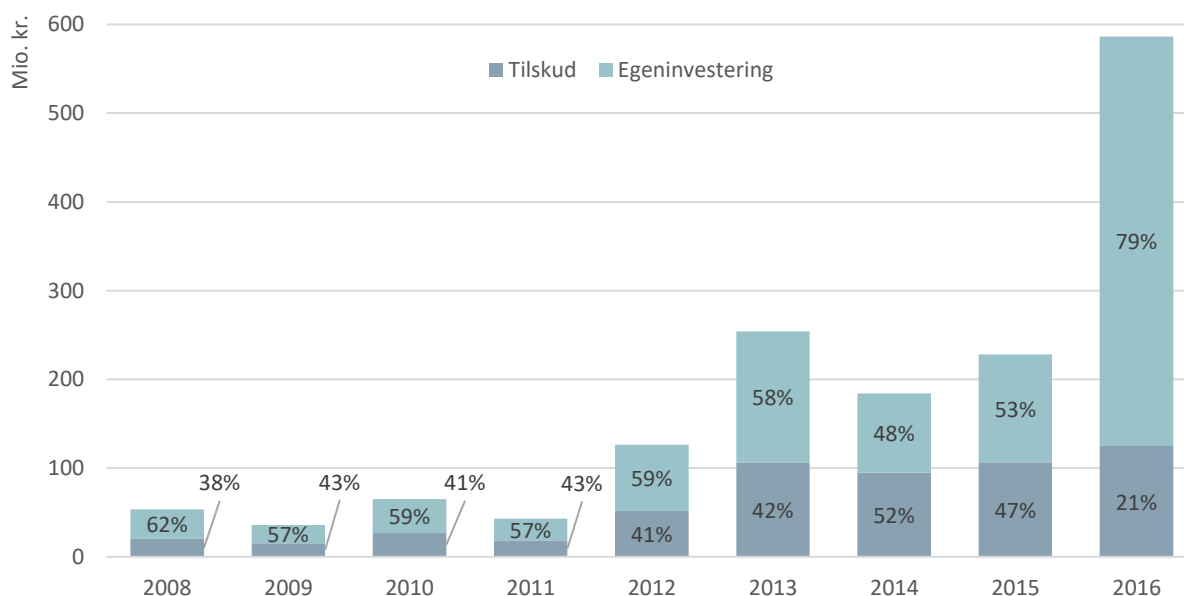


## 4.2 Projekternes budgetter

Det samlede projektbudget er vokset betydeligt siden programmets start. Frem til 2011 var det samlede projektbudget på 35-65 mio. kr. årligt. Fra 2013 og frem lå det samlede projektbudget på 185-255 mio. kr. årligt, og toppede i 2016 med godt 580 mio. kr., jf. figur 4.8.

Projekterne består af et tilskud fra MUDP og projektdeltagernes egenfinansiering. Egenfinansiering har i de fleste år i perioden 2008-2015 udgjort over halvdelen af det samlede budget, hvorefter egenfinansieringsandelen er vokset betydeligt i 2016, jf. figur 4.8.

FIGUR 4.8  
Samlet projektbudget opdelt på tilskud og virksomhedernes egeninvestering

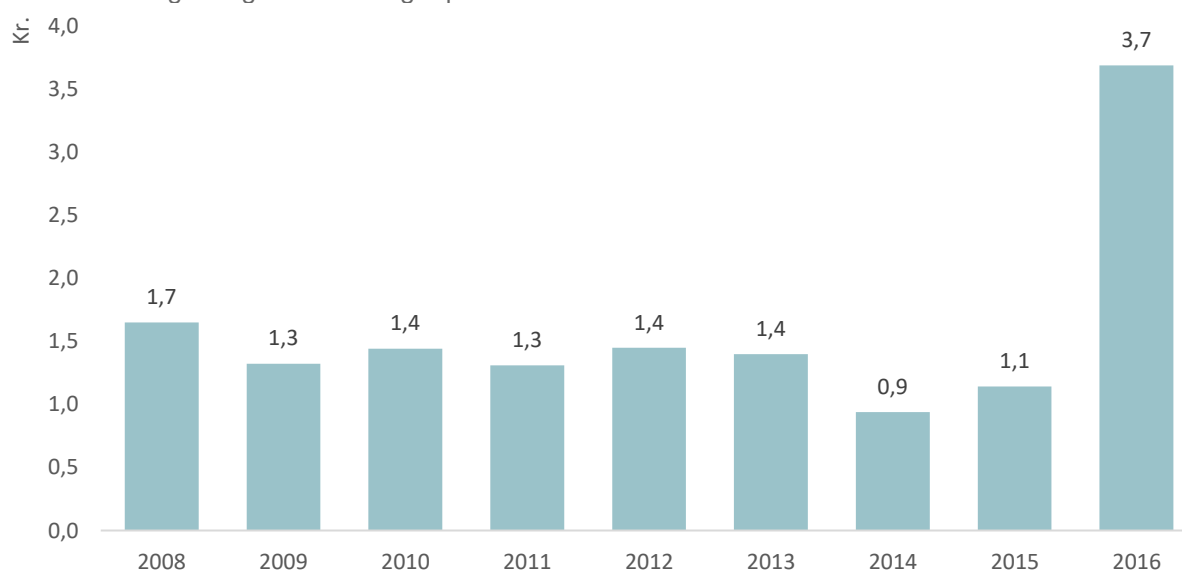


Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af miljøstyrelsen

Samlet set har deltagerne investeret 1,3 kr. pr. krone i tilskud fra MUDP. I 2016 lagde deltagerne 3,7 kr. pr. tilskudskrone fra MUDP, jf. figur 4.9. Egenbetalingen stiger i 2016, da bestyrelsen har prioriteret fyrtårnsprojekter, hvor MUDP foruden midler til udvikling giver et tilskud til større anlægsinvesteringer. F.eks. renovering af et renseanlæg, investeringer i et nybyggeri osv. MUDP giver støtte til fyrtårnsprojekter inden for rammerne af EU-regler for statsstøtte til miljøinvesteringer.

Det første store fyrtårnsprojekter blev bevilliget i 2013 og de næste i 2015 og 2016.

FIGUR 4.9  
Tilskudsmodtagers egeninvesteringer pr. kr. i tilskud

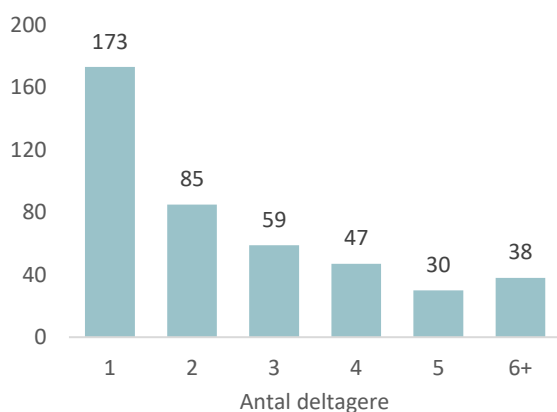


Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen

### 4.3 Projektsammensætning

En stor del af MUDP-projekterne har kun haft én deltager. Ud af samtlige 432 projekter, har 173 af projekterne kun haft én deltager, jf. figur 4.10. Godt halvdelen af projekterne (221) har haft 2-5 deltagere, og de resterende 38 projekter har haft 6-10 deltagere, jf. figur 4.10.

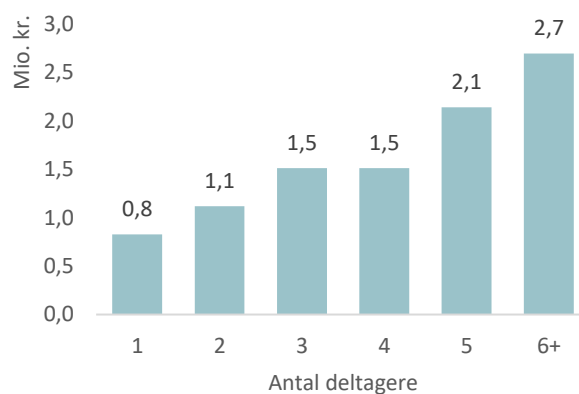
FIGUR 4.10  
Antal projekter fordelt på antal deltagere



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen

Generelt har MUDP uddelt større bevillinger til projekter med flere deltagere. Projekterne med én deltager er i gennemsnit blevet bevilget 0,8 mio. kr., mens projekter med 5 deltagere i gennemsnit er blevet bevilget godt 2 mio. kr., jf. figur 4.11. Bevillingerne stiger således med antallet af deltagere, men stigningen er dog ikke proportional.

FIGUR 4.11  
Gennemsnitlig bevilling pr. projekt efter projektdeltagere

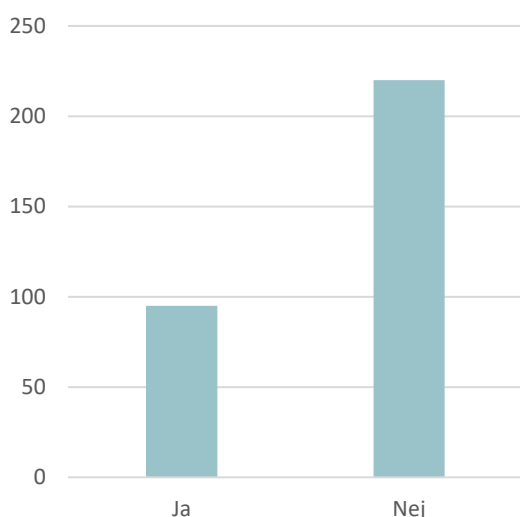


Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen

#### 4.4 Virksomhedernes brug af offentlige programmer

Størstedelen af projekterne under MUDP bygger ikke direkte videre på et tidligere, offentlig støttet projekt. Helt præcist angiver 220 respondenter, svarende til 70 pct., at MUDP-projektet ikke bygger videre på tidligere, offentligt støttede projekter. Omvendt angiver 95 respondenter, svarende til 30 pct., at dette faktisk er tilfældet, jf. figur 4.12.

FIGUR 4.12  
Videreførelse af tidligere projekt

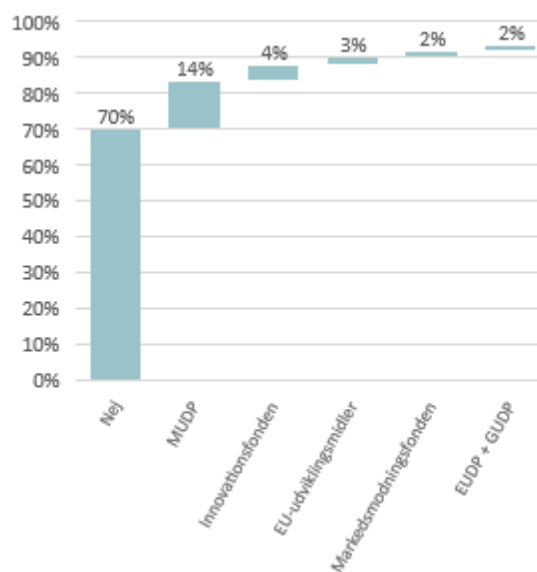


Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen  
Note: Spørgsmål: "Bygger projektet direkte videre på et tidligere projekt, som også har været finansieret af offentlig støtte?" (N=344). 29 respondenter har svaret "ved ikke" og er udeladt i figuren.

Knap halvdelen af de projekter som bygger videre på et tidligere projekt var også finansieret af MUDP svarende til 14 pct. af alle projekterne. Herefter kommer projekter fra innovationsfonden, eller tidligere ordninger herunder, som 4 pct. af projekterne bygger oven på, mens blot 2 pct. kommer fra EUDP og GUDP, jf. figur 4.13. Desuden har 17 respondenter angivet, at finansieringen kom fra andre ordninger, herunder Realdania, finansiering

via amtslig miljøforvaltning, offentlige indsatser i medfør af jordforureningsloven mv.

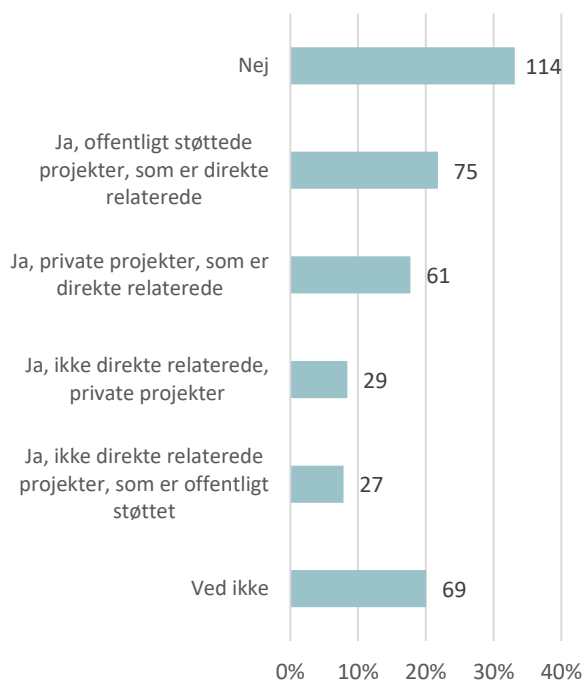
FIGUR 4.13  
Videreførelse af tidligere projekt



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen  
Note: Spørgsmål: "Bygger projektet direkte videre på et tidligere projekt, som også har været finansieret af offentlig støtte?" (N=344) Spørgsmål: "Hvilke(n) støtteordning(er) modtog det tidligere projekt finansiering fra?" (N=95)

En stor del af MUDP-projekterne har ledt til nye projekter, der bygger direkte videre på projektets resultater. Hele 47 pct. af respondenterne har angivet, at projektets resultater har ledt til nye projekter. Det gælder både privat og offentligt finansierede projekter. De nye projekter relaterer sig både direkte til den teknologiudvikling, der foregik i projektet og til projekter som opstår på siden af projektet. 33 pct. af projekterne har ikke ledt til nye projekter. De resterende 20 pct. ved det ikke, hvilket skal ses i sammenhæng med, at mange projekter ikke er afsluttet.

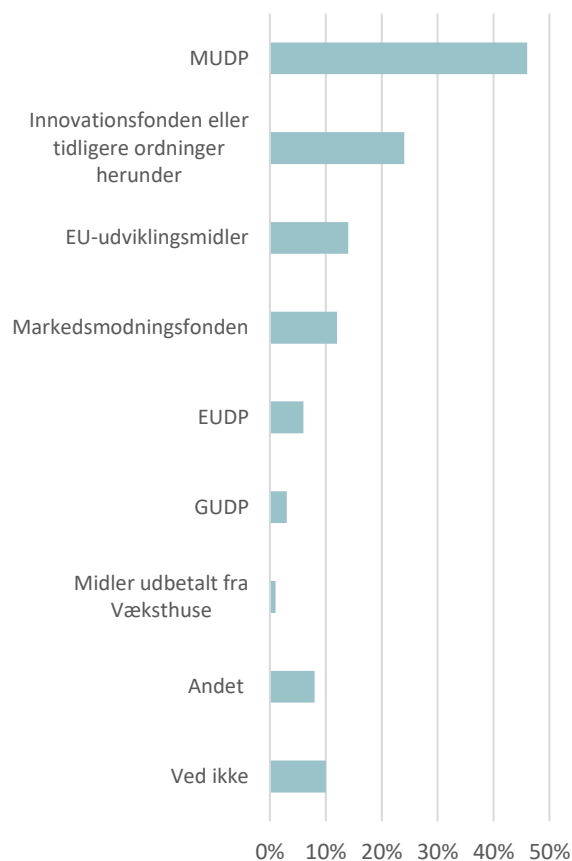
FIGUR 4.14  
Videreførelse af MUDP-projektet



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen  
 Note: Spørgsmål: "Her projektet ledt til nye projekter, der bygger videre på projektets resultater?" (N=344)

Når MUDP-projekter bygger videre på tidligere projekter er det oftest tidligere MUDP projekter. På samme måde gør det sig gældende, at hovedparten af de nye projekter, der opstår også modtager finansiering gennem MUDP. Nærmere bestemt angiver 46 pct. af respondenterne, at de nye projekter modtager støtte fra MUDP, 24 pct. angiver innovationsfonden (eller tidligere ordninger herunder som støtteordning), 14 pct. angiver EU-udviklingsmidler, mens 12 pct. angiver markedsmodningsfonden, jf. figur 4.15. 8 pct. angiver, at støtteordningen er en anden, herunder regionale vækstmidler.

FIGUR 4.15  
Nyt projekts offentlige finansieringskilde



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen  
 Note: Spørgsmål: "Hvilke(n) støtteordning(er) er der tale om?" (N=98)

De nye projekter modtager således oftere finansiering fra støtteordningerne under innovationsfonden, EU og markedsmodningsfonden, end de tidligere projekter, som lå forud for MUDP-projektet. Det kan måske virke en smule overraskende, at en fjerdedel af de projekter, som der arbejdes videre med i offentlig regi sker igennem Innovationsfonden, som generelt ligger tidligere i innovationskæden, jf. Figur 2.5. Det skal ses i det lys, at en innovationsproces ikke er en lineær proces, men en proces med feedback loops. Et demonstrationsprojekt i MUDP kan fx lede til den konklusion, at der er brug for ny forskning på et bestemt område før, at

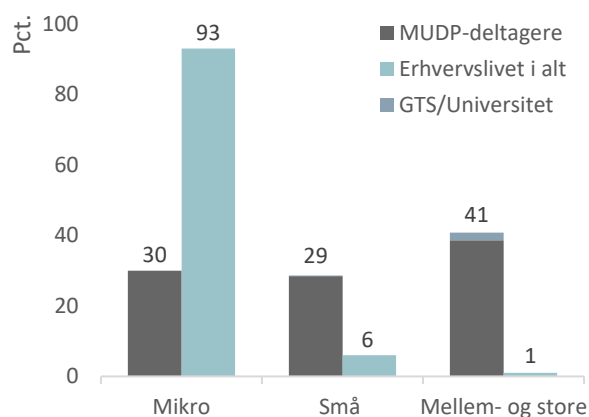
et produkt er kommercialiserbart. Denne forskning kan så fx ske i regi af Innovationsfonden.

Af de 344 projekter, der har besvaret surveyen, har 12 projekter efter MUDP-projektet også fået midler af Markedsmodningsfonden. Markedsmodningsfonden tildeler midler til at teste, om en prototype eller serviceydelse fungerer i et realistisk miljø hos potentielle kunder, samt tilpasning af prototypen, så løsningens kommercielle muligheder på markedet styrkes. Det forholdsvist lave antal kan til dels hænge sammen med at en del af MUDP projekterne stadig ikke er afsluttet, og dels skyldes Markedsmodningsfonden begrænsede midler. Noget kunne dog tyde på, at der kan være et uforløst potentiale, der kunne få flere produkter ud på markedet med et tættere samarbejde mellem MUDP og Markedsmodningsfonden.

## 5 MUDP's projektdeltagere

Der er forholdsvis få mikrovirksomheder blandt MUDP-deltagerne sammenlignet med erhvervslivet generelt. Til gengæld er der relativt mange små, mellemstore og store virksomheder blandt MUDP-deltagerne. Mere præcist har knap 190 mellemstore og store virksomheder deltaget i MUDP i perioden 2008-2016, svarende til 41 pct. af det samlede antal unikke deltagere, jf. figur 5.1.

**FIGUR 5.1**  
Unikke MUDP-deltagere fordelt efter størrelse ift. erhvervslivet generelt



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen, CVR og Statistikbanken.

Note: Størrelseskategorierne dækker over: Mikro (0-9 ansatte), små (10-49), mellem- og store (50+ ansatte). Der sammenlignes med erhvervslivet generelt i 2014.

Foruden virksomheder deltager GTS-institutter og universiteter ofte i projekterne. Således er seks danske universiteter repræsenteret sammen med fem af de syv GTS'er, som det fremgår af figur 5.2.

**FIGUR 5.2**  
GTS-institutter og universiteter i MUDP-projekter

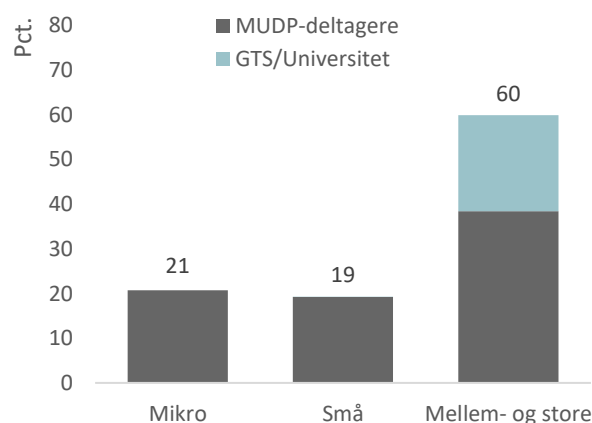
GTS-institutter	Universiteter
• Teknologisk Institut	• DTU
• DHI	• KU
• Force Technology	• AAU
• Dansk Brand og Sikringsinstitut	• SDU
• Danmarks Nationale Metrologiinstitut	• RUC
	• AU

Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen og CVR.

GTS'erne indgår typisk som projektledere i projekterne, og er tovholdere på ansøgningen til MUDP. Universiteterne bidrager typisk med teknisk viden og ekspertise.

Deltagervirksomhedernes størrelser er ikke jævnt fordelt på de tre virksomhedskategorier i figur 5.3, selvom der ses bort fra GTS'erne og universiteterne, som typisk er store organisationer. Der er nemlig stadig en overvægt af mellem- og store virksomheder.

**FIGUR 5.3**  
MUDP-deltagere fordelt på størrelse

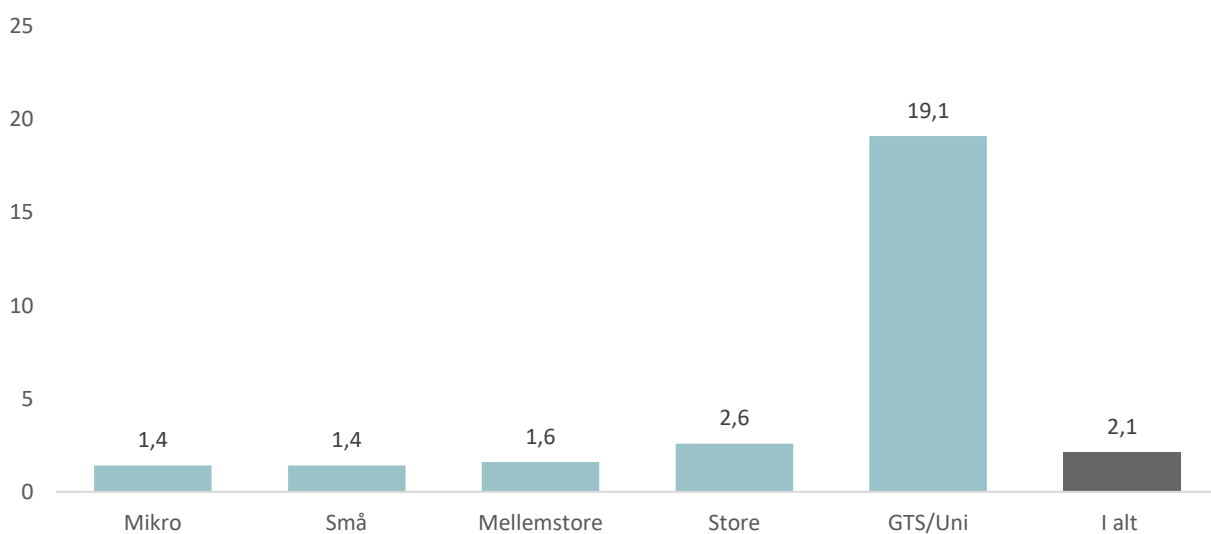


Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen og CVR.

Note: Størrelseskategorierne dækker over: Mikro (0-9 ansatte), lille (10-49), mellem- og store (50+ ansatte).

Ved at sammenholde programmets deltagere med antal unikke deltagere, fremgår det, at en række virksomheder har deltaget i flere projekter. Det gælder særligt de store virksomheder, som i gennemsnit har deltaget i knap 3 projekter, mens de mindre virksomheder i gennemsnit har deltaget i knap 1,5 projekter, jf. figur 5.4. GTS-institutter og Universiteterne er meget hyppige projektdeltagere, og har i gennemsnit deltaget i knap 20 projekter hver, jf. figur 5.4.

FIGUR 5.4  
Gennemsnitlig antal deltagelser pr. deltager



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen og CVR.

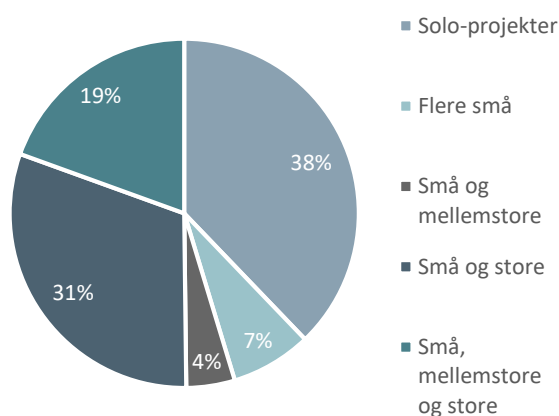
Note: Størrelseskategorierne dækker over: Mikro (0-9 ansatte), lille (10-49), mellemstor (50-199 ansatte), stor (200+ ansatte)



## 5.1 Sammensætningen af projektdeltagere

Små virksomheder indgår i langt størstedelen af projekterne i programmet. Mere præcist indgår små virksomheder i knap 65 pct. af alle MUDP-projekter. Mere interessant er det, at de små virksomheder i over 50 pct. af tilfældene samarbejder med andre størrelseskategorier, dvs. at de samarbejder med mellemstore og/eller store virksomheder. I de resterende 45 pct. af projekterne indgår der enten én eller flere små virksomheder i projektet, jf. figur 5.5.

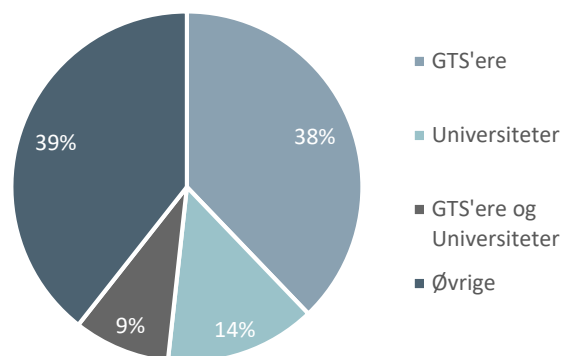
FIGUR 5.5  
Projekter, som indeholder små virksomheder, fordelt på deltagersammensætning



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen og CVR  
Note: Størrelseskategorierne dækker over: Mikro (0-9 ansatte), lille (10-49), mellemstor (50-199 ansatte), stor (200+ ansatte)

Der har været 259 samarbejdsprojekter under MUDP, og i over halvdelen af disse projekter har en GTS'er og/eller et universitet deltaget. GTS'erne har deltaget i 98 projekter, hvilket svarer til 38 pct., mens universiteterne har deltaget i 36 projekter, hvilket svarer til 14 pct. af alle samarbejdsprojekter, jf. figur 5.6. I 9 pct. af alle samarbejdsprojekter har både GTS'ere og universiteter deltaget, jf. figur 5.6.

FIGUR 5.6  
Samarbejdsprojekter fordelt på roller

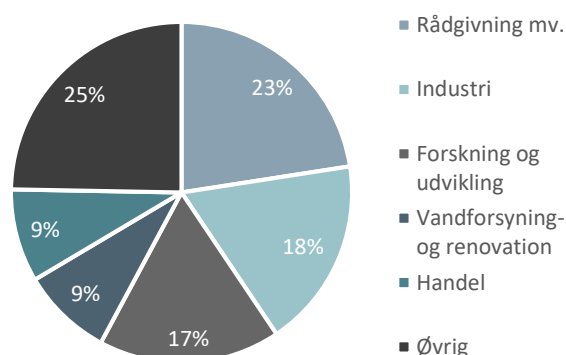


Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen og CVR

## 5.2 Projektdeltagernes branchetilknytning

En stor andel af MUDP-deltagerne indgår i brancherne vidensservice - herunder rådgivning, forskning og udvikling -, industri, vandforsyning og renovation samt handel, jf. figur 5.7. Blandt de industrivirksomheder, der har deltaget i MUDP-projekter, beskæftiger en tredjedel sig med fremstilling af maskiner og udstyr.

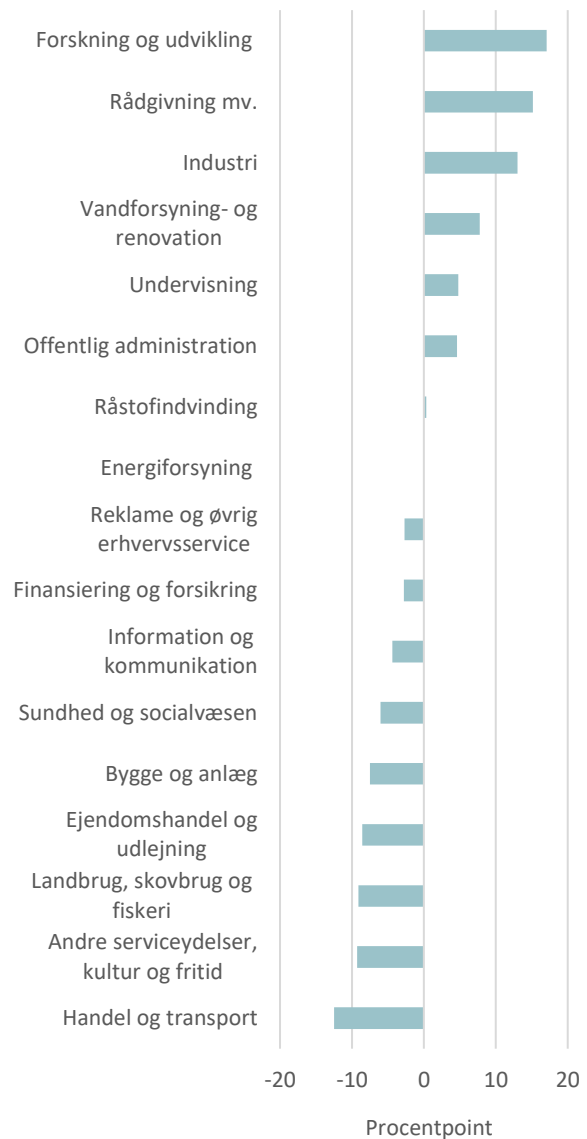
FIGUR 5.7  
Unikke MUDP-deltagere fordelt på brancher



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen og CVR

Sammenlignet med erhvervslivet generelt, indgår en stor andel af MUDP-deltagerne i brancherne vidensservice - herunder rådgivning, forskning og udvikling -, industri, vandforsyning og renovation samt undervisning og offentlig administration. Til gengæld indgår relativt få MUDP-deltagere i brancherne handel og transport, landbrug, skovbrug og fiskeri, ejendomshandel og udlejning samt bygge og anlæg sammenlignet med erhvervslivet i alt, jf. figur 5.8.

FIGUR 5.8  
Forskell i andele mellem MUDP-deltagere og erhvervslivet generelt

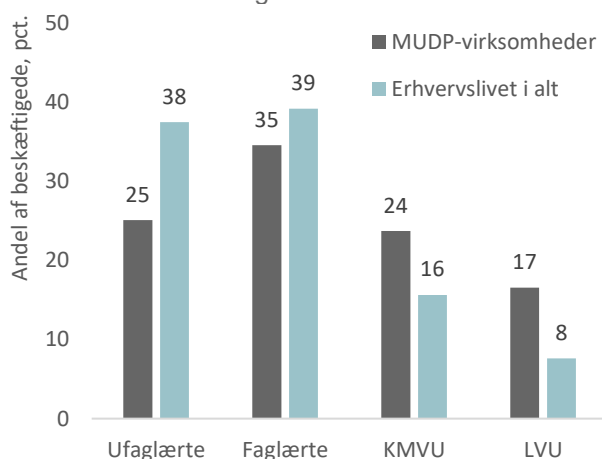


Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen, CVR og Statistikbanken  
 Note: Der sammenlignes med erhvervslivet generelt i 2014

### 5.3 Uddannelsesniveaut hos projektdeltagervirksomhederne

Virksomheder, der deltager i MUDP-projekter, har et forholdsvist højt uddannelsesniveau sammenlignet med erhvervslivet generelt. Blandt MUDP-virksomhederne havde 24 pct. af medarbejderne en kort- eller mellemlang videregående uddannelse og 17 pct. en lang videregående uddannelse i 2013, jf. figur 5.9. Dette ligger væsentligt over det generelle niveau i det danske erhvervsliv på hhv. 16 pct. og 8 pct. i 2013.

FIGUR 5.9  
MUDP-virksomheder fordelt efter uddannelsesniveau ift. erhvervslivet generelt

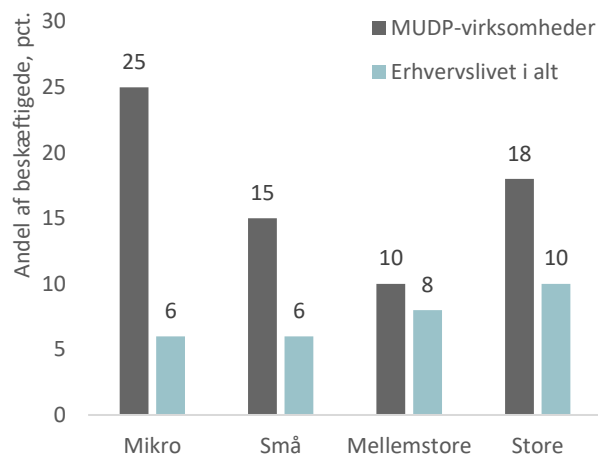


Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen og Danmarks Statistik

Note: Der sammenlignes med erhvervslivet generelt i 2013. Brancher udenfor A-N indgår ikke.

At MUDP-virksomhederne har et relativt højt uddannelsesniveau gør sig gældende for samtlige størrelseskategorier. Især mikrovirksomheder, som indgår i MUDP, har en høj andel af højtuddannede, nemlig 25 pct., mod 6 pct. i erhvervslivet generelt, jf. figur 5.10.

FIGUR 5.10  
Andel højtuddannede for MUDP-virksomheder fordelt efter størrelse

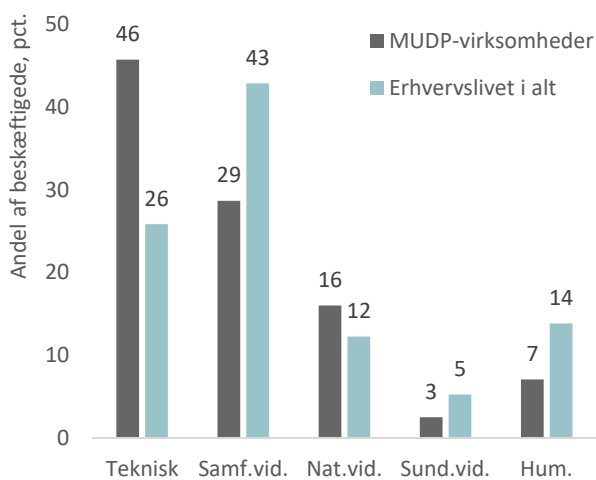


Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen og Danmarks Statistik

Note: Der sammenlignes med erhvervslivet generelt i 2013. Brancher udenfor A-N indgår ikke. Størrelseskategorierne dækker over: Mikro (0-9 ansatte), lille (10-49), mellemstor (50-249 ansatte), stor (250+ ansatte)

De højtuddannede medarbejdere blandt MUDP-virksomhederne har i vidt omfang en teknisk rettet uddannelse. Omvendt har relativt få en samfundsvidenskabelig-, sundhedsvidenskabelig eller humanistisk uddannelse sammenlignet med erhvervslivet generelt, jf. figur 5.11.

FIGUR 5.11  
Uddannelsesretning for beskæftigede med LVU



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen og Danmarks Statistik

Note: Der sammenlignes med erhvervslivet generelt i 2013. Brancher udenfor A-N indgår ikke.

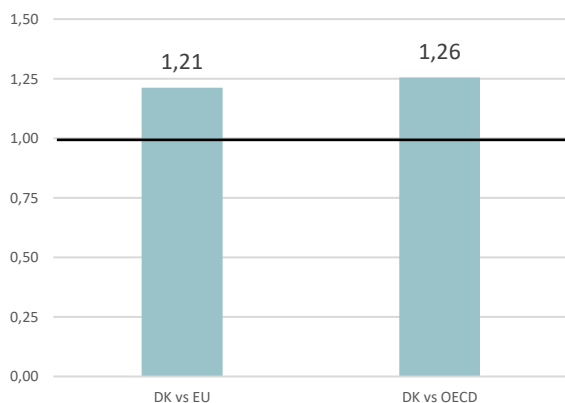
## 6 Miljøteknologien i MUDP-projekterne

### 6.1 MUDP og miljøforskningen

MUDP skal understøtte danske virksomheders udvikling og demonstration af effektive og konkurrencedygtige løsninger på prioriterede miljø- og ressourceudfordringer i Danmark og globalt. MUDP's bestyrelse har prioriteret en række miljøteknologiske temaer under, hvilke der kan søges midler til projekter.

MUDP-projekterne drager nytte af den danske forskning på miljøområdet og bidrager til forskningen gennem indsigter fra projekterne. Universiteternes hyppige deltagelse i projekterne vidner herom. Ser man på den forskningsmæssige impact af den danske forskning på MUDP's fokusområder, har dansk forskning relativt stor impact internationalt set. Således er den relative impact høj sammenlignet med både EU og OECD. Det fremgår af figur 6.1, hvor et indeks over 1 angiver, at antallet af videnskabelige publikationer og, hvor hyppigt disse bliver citeret, er højere end benchmark.

FIGUR 6.1  
Impact på tværs af alle temaer under MUDP

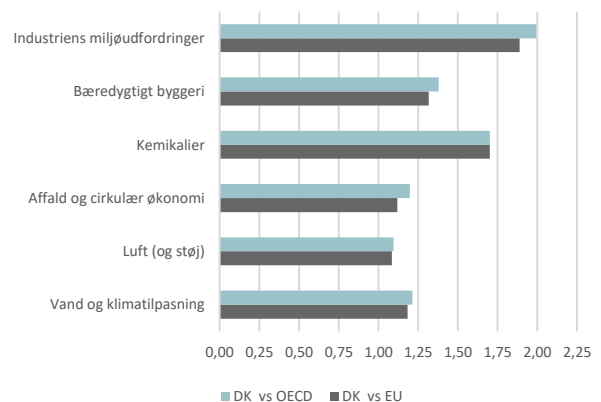


Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af SCOPUS  
Note: Indeks over 1 angiver større impact end benchmark og vice versa.

Ser man nærmere på de enkelte temaer under MUDP, ligger alle temaer over benchmark for både EU og OECD, hvilket fremgår af figur 6.2. Der er

altså en dansk forskningsstyrkeposition inden for MUDP's fokusområder. Der er dog ingen sammenhæng mellem, hvilke temaer MUDP uddeler flest midler til og områdernes indbyrdes forskningsstyrke i Danmark (impact).

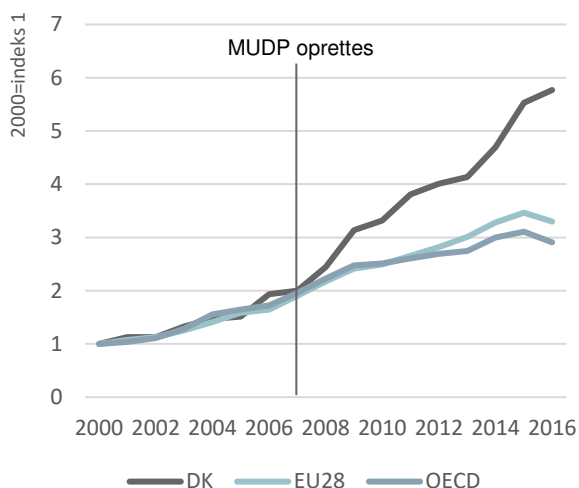
FIGUR 6.2  
Impact for hvert tema under MUDP



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af SCOPUS  
Note: Indeks over 1 angiver større impact end benchmark og vice versa.  
\* forskningen indenfor kemikalier (alternativer til problematiske kemikalier) er sparsom og resultatet derfor behæftet med usikkerhed.

Den danske videnskabelige produktion af forskningsartikler indenfor miljøforskning har været kraftigt stigende siden 2007. Væksten i antallet af publikationer har været større i Danmark end i både EU og OECD. I 2016 var det årlige antal publikationer i Danmark således knap 6 gange højere end i 2000, hvor det for EU og OECD var ca. 3 gange højere, som det fremgår af figur 6.3.

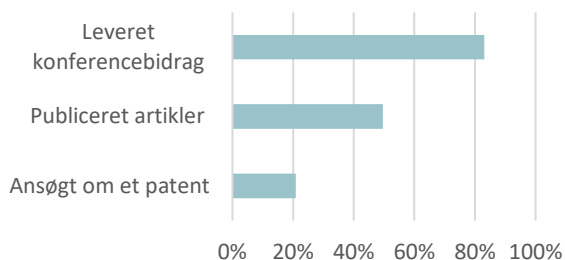
FIGUR 6.3  
Udviklingen i antallet af publikationer



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af SCOPUS

Langt størstedelen af MUDP-virksomhederne har i forbindelse med projektet leveret et conferencebidrag (herunder oplæg eller lign.). Godt 80 pct. af MUDP-virksomhederne svarer, at de har leveret et conferencebidrag, 50 pct. at de har publiceret en artikel (i videnskabelige tidsskrifter eller lignende), mens 21 pct. svarer, at de har ansøgt om et patent, jf. figur 6.4.

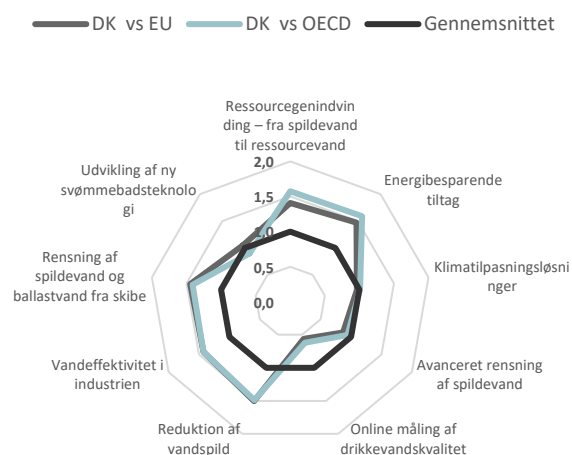
FIGUR 6.4  
Leverance i forbindelse med projektet



Kilde: DAMVAD Analytics  
Note: Spørgsmål: "Har i foretaget følgende i forbindelse med projektet?" (N=278)

Ser man nærmere på, hvilket emner under de enkelte temaer, som har største impact, skiller fem emner sig ud under vand og klimatilpasning: Ressourcegenindvinning, energibesparende tiltag, rensning af spildevand og ballastvand, vandeffektivitet i industrien samt reduktion af spildevand. Kun et enkelt emne har lavere impact end benchmark, jf. figur 6.5.

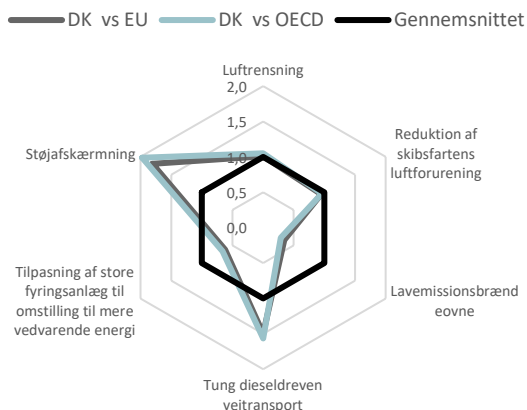
FIGUR 6.5  
Impact af emner inden for vand og klimatilpasning



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af SCOPUS  
Note: Indeks over 1 angiver større impact end benchmark og vice versa.

Inden for luft og støj skiller kun emnerne støj og tung dieseldreven vejtransport sig positivt ud, jf. figur 6.17.

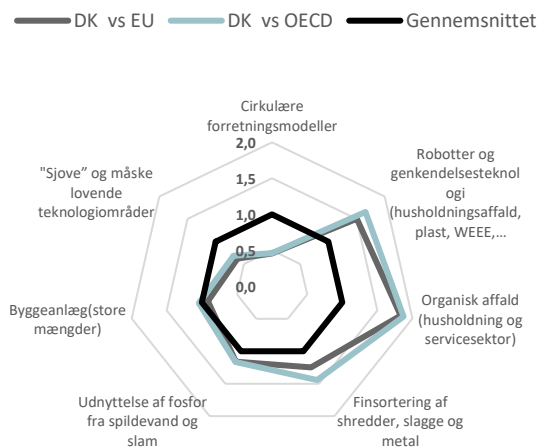
FIGUR 6.6  
Impact af emner inden for luft og støj



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af SCOPUS  
Note: Indeks over 1 angiver større impact end benchmark og vice versa.

Inden for affald og cirkulær økonomi skiller særligt emnet organisk affald sig ud med en impact på 1,9. Også finsortering af shredder, slagge og metal er en styrkeposition sammen med robotter og genkendelsesteknologi på affaldsområdet, jf. figur 6.8

FIGUR 6.7  
Impact af emner inden for affald og cirkulær økonomi

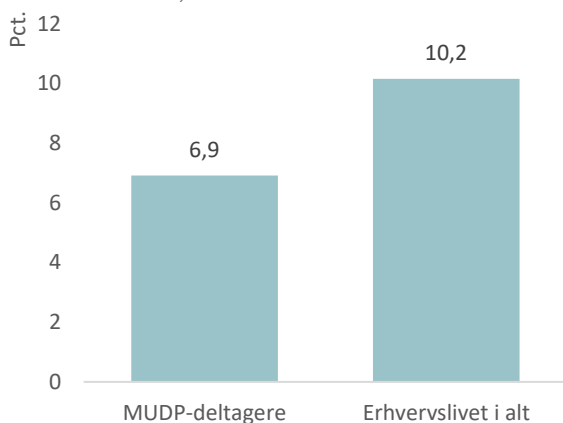


Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af SCOPUS  
Note: Indeks over 1 angiver større impact end benchmark og vice versa.

## 6.2 Deltagervirksomhedernes forsknings- og udviklingsaktiviteter

MUDP-virksomhederne er ikke udpræget forskningstunge. De forskningsaktive MUDP-virksomheders udgifter til forskning og udvikling (FoU) udgør knap 7 pct. af værditilvæksten, hvilket er noget lavere end landsgennemsnittet på godt 10 pct., jf. figur 6.8.

FIGUR 6.8  
Forskningsaktive virksomheders FoU-udgifter i pct. af værditilvækst, 2014



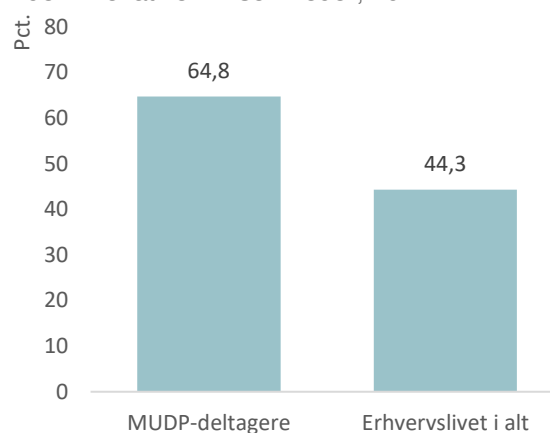
Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen og Danmarks Statistik

Det stemmer godt overens med MUDP's formål som i høj grad handler om udviklingen af konkret, praktisk teknologi i et bredt udvalg af virksomheder i dansk erhvervsliv, som sælger eller anvender miljøteknologi. Der er således ikke nødvendigvis tale om teknologier, som kræver en decideret større forskningsindsats, men teknologier som i højere grad er anvendte og kræver en udviklingsindsats.

Til gengæld er forholdsvis mange MUDP-virksomheder innovative, hvilket stemmer godt overens med karakteristikken af det teknologiske

indhold i MUDP.<sup>6</sup> Knap to ud af tre MUDP-virksomheder har indenfor de seneste tre år introduceret en innovation, hvilket er betydeligt mere end landsgennemsnittet, hvor under halvdelen, indenfor de seneste tre år, har introduceret en innovation, jf. figur 6.9.

FIGUR 6.9  
Andel innovative virksomheder, 2014



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen og Danmarks Statistik

Om det højere niveau af innovation blandt MUDP-virksomheder skyldes deltagelsen i MUDP fremgår dog ikke, men kan være en del af forklaringen. Hver tredje adspurgte MUDP-virksomhed svarer således, at den nye teknologi, som projektet drejede sig om, er et helt nyt produkt, serviceydelse eller produktionsproces, som det vil fremgå af næste afsnit.

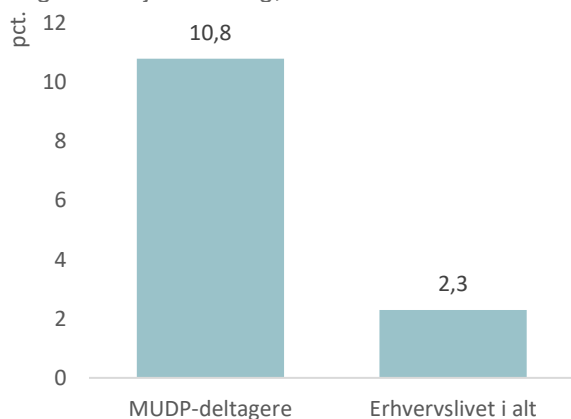
Virksomheder, der deltager i MUDP-projekter, bruger en forholdsvis stor andel af deres FoU-udgifter på miljøforskning sammenlignet med erhvervslivet generelt. MUDP-virksomhederne bruger knap 11

<sup>6</sup> Danmarks Statistiks definition af en innovativ virksomhed, har virksomheden inden for de seneste tre år introduceret nye varer, serviceydelser eller processer baseret på ny viden, ny teknologi eller en ny kombination af eksisterende viden og/eller teknologi.



pct. af deres FoU-udgifter på miljøforskning, mens gennemsnittet for erhvervslivet ligger på godt 2 pct., jf. figur 6.10.

**FIGUR 6.10**  
Virksomhedernes andel af forskningsinvesteringer der går til miljøforskning, 2013



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen og Danmarks Statistik

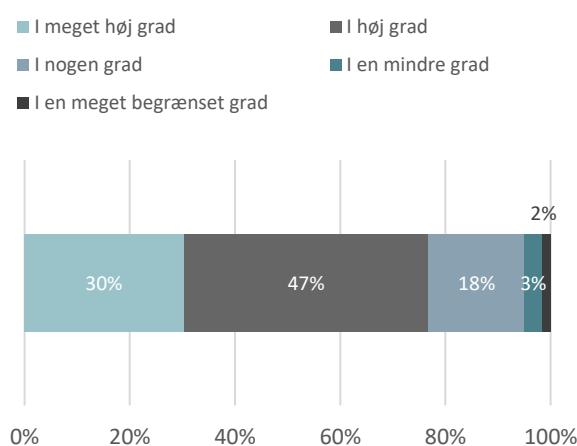
I Danmarks Statistiks innovationsstatistik findes 100 virksomheder, som har FoU-udgifter til miljøforskning. 42 pct. af disse virksomheder har deltaget i et MUDP-projekt. MUDP har således spillet en betragtelig rolle i innovationssystemet omkring den danske miljøteknologiudvikling.

### 6.3 Teknologiuudviklingen i MUDP

Der er altid en risiko for, at udviklingsprojekter ikke bliver succesfulde. Det gælder særligt offentligt finansierede projekter, som har til formål at sætte ind, hvor den teknologiske eller finansielle risiko er for stor for det private marked. Det er ikke en succesparameter, at samtlige projekter fører til positive, målbare effekter. En vis andel af MUDP-projekterne vil nødvendigvis fejle. Hvis succesraten er meget høj, kan det være tegn på, at MUDP finansierer projekter, som markedet selv burde og kunne finansiere. Ligeledes kan resultatet af et projekt alene bestå i værdifuld viden, fx i form af

kræftelsen af et potentiale, selvom den udviklede teknologi i projektet ikke var succesfuld i sig selv. 95 pct. af respondenterne angiver, at projektet er lykkedes med at opnå dets oprindelige formål i meget høj-, høj- eller nogen grad jf. figur 6.11. Projekter har således en forholdsvis høj succesrate.

**FIGUR 6.11**  
Projekternes formålsopnåelse



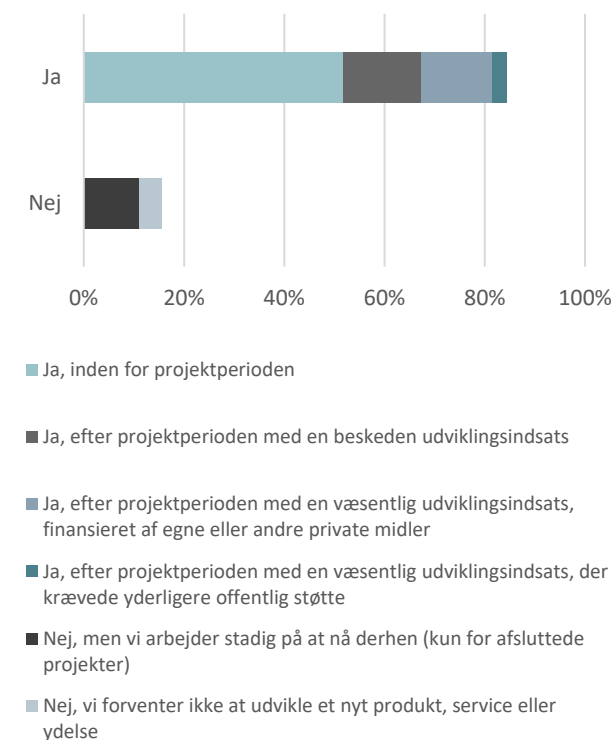
Kilde: DAMVAD Analytics  
Note: Spørgsmål: "I hvor høj grad vurderer du, at projektet er lykkedes med at opnå projektets oprindelige formål" (N=367)

I forlængelse af ovenstående, angiver langt størstedelen af respondenterne (84 pct.), at de er lykkedes med at opnå projektets formål, jf. figur 6.12. 11 pct. angiver, at de stadig arbejder på at nå derhen, mens blot 5 pct. angiver, at de ikke forventer at udvikle et nyt produkt, service eller ydelse.

Vi har endvidere undersøgt, om formålsopnåelsen er højere i de projekter, hvor en stor virksomhed står angivet som hovedansøger. En mulig hypotese kan nemlig være, at med en stor virksomhed som anker i projektet, vil projektet i højere grad lykkes. Dette er dog ikke tilfældet, og formålsopnåelsen for projekter, som har en stor virksomhed som hovedansøger, ligner i store træk de øvrige projekters formålsopnåelse. Jf. bilag angiver 77 pct. af respondenterne, at de er lykkedes med at

opnå projektets formål. Yderligere fremgår det af bilag, at projektbudgettets størrelse ikke korrelerer med projektets formålsopnåelse.

FIGUR 6.12  
Projekternes formålsopnåelse



Kilde: DAMVAD Analytics  
Note: Spørgsmål: "Er i lykkedes med at opnå projektets oprindelige formål?" (N=309)

Den teknologiudvikling, som er målet med MUDP-projekterne, kan både være et helt nyt produkt, serviceydelse eller produktionsproces. Deltagerne angiver alle tre typer resultater som målet med projekterne, jf. figur 6.13.

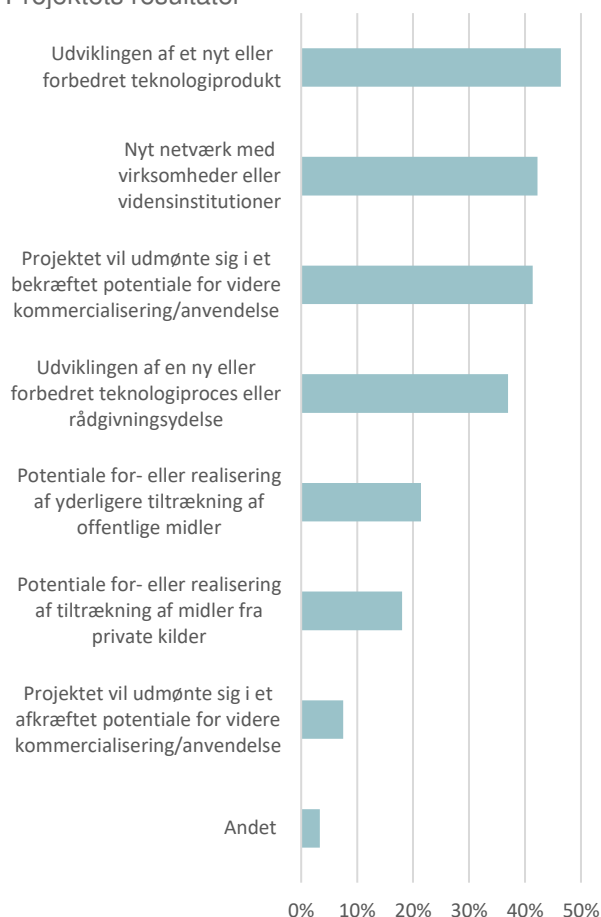
FIGUR 6.13  
Projekternes teknologiudvikling



Kilde: DAMVAD Analytics  
Note: Spørgsmål: "Er den nye teknologi, som projektet drejede sig om...?" (N=368)

I tråd med ovenstående, er det typiske resultat af MUDP-projektet, at der udvikles et nyt eller forbedret teknologiprodukt. Nærmere bestemt svarer 46 pct. af alle adspurgte MUDP-virksomheder, at resultatet af projektet er udviklingen af et nyt eller forbedret teknologiprodukt, jf. figur 6.14.

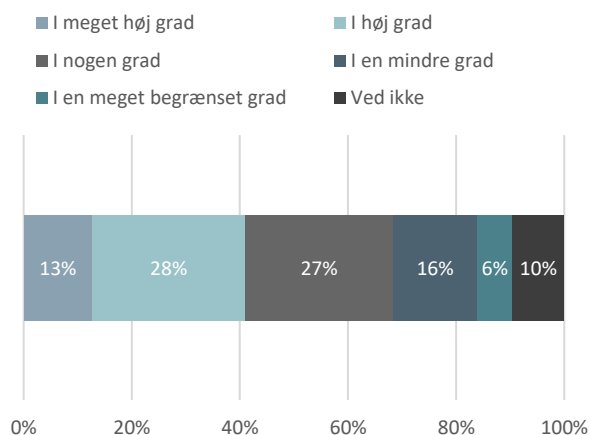
**FIGUR 6.14**  
Projektets resultater



Kilde: DAMVAD Analytics.  
Note: Spørgsmål: "Hvilke resultater vurderer du, der er kommet ud af projektet i din virksomhed?" (N=360)

Størstedelen af MUDP-virksomhederne (68 pct.) vurderer, at der i meget høj-, høj- eller nogen grad er opnået væsentlige teknologiske gennembrud. 22 pct. vurderer, at projektet i mindre eller begrænset grad har opnået et teknologisk gennembrud, jf. figur 6.15.

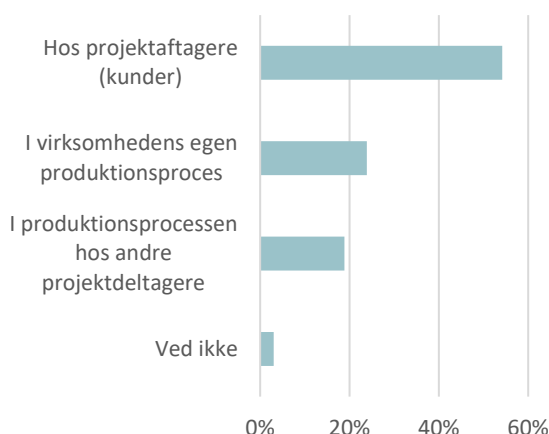
**FIGUR 6.15**  
Graden af væsentlige teknologiske gennembrud



Kilde: DAMVAD Analytics.  
Note: Spørgsmål: "I hvilken grad er der i projektet opnået et eller flere væsentlige teknologiske gennembrud?" (N=354)

Den nyudviklede teknologi vil dog ikke kun komme MUDP-virksomheden til gode. Over halvdelen af alle adspurgte virksomheder svarer, at den udviklede teknologi primært skal anvendes hos projekt-aftagere (kunder), jf. figur 6.16.

FIGUR 6.16  
Anvendelse af den udviklede teknologi



Kilde: DAMVAD Analytics  
Note: Spørgsmål: "Hos hvem skal den udviklede teknologi primært anvendes?" (N=360)

Teknologien i projektet vil typisk finde anvendelse i spildevand, vandforsyning og affald. En tredjedel af alle adspurgte MUDP-virksomheder svarer, at teknologien vil finde anvendelse i spildevands- og afløbshåndtering, mens 20 pct. svarer vandforsyning og 18 pct. svarer håndtering af affald, jf. figur 6.17. At den udviklede teknologi primært skal finde anvendelse indenfor disse brancher, stemmer overens med, at det typisk er projektaftagere (kunder) der får gavn af teknologien.

**Miljøteknologiske effekter fra fokusanalyserne**  
Fokusanalyserne viser, at hovedparten af de udvalgte projekter har haft en miljøteknologisk effekt i begrebets bredeste forstand, hvor viden og testresultater af teknologiske løsninger medregnes som en effekt. Her er det kun partnerskabsprojekterne, som ikke kan siges at have opnået en miljøteknologisk effekt, da målet her har været at opbygge netværk og eksportere miljøteknologiske løsninger.

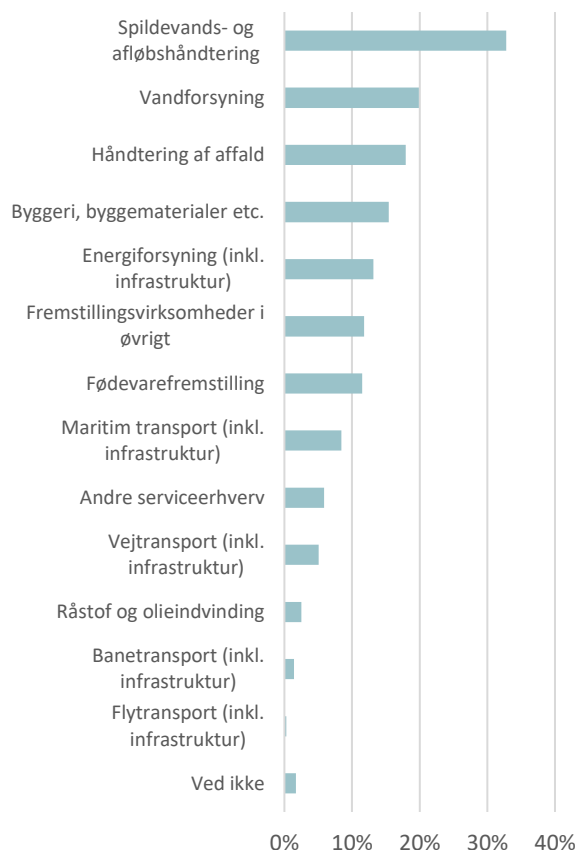
Mere konkret har en række af projekterne demonstreret konkrete teknologiske effekter i demonstration og test, som eksempelvis holdbarhed for genanvendt beton, effektivitet for membraner til rensning af vand eller tørreeffekt af centrifugesystemer.

Fire af projekterne har pt. ført til implementering, hvor løsningerne har demonstreret en teknologisk effekt i praksis. Inden for retrofitting og luftforurening har en

kombinationsløsning til busser har opnået en NOx-reduktion på 92-94 pct. på ældre busser, og en ny type brændselsventil til ældre skibsmotorer har vist en reduktion på mellem 8-15 pct. i NOx-emissionerne, 25-50 pct. for emission af CO og omkring 90 pct. for HC-emissioner uden at brændstofforbruget øges væsentligt.

Inden for ressourcegenvinding og effektivisering i vandsektoren har et projekt ført til en implementering af en løsning til udvinding af fosfor på et rensningsanlæg, hvor det har opnået en udvinding på 15-30 pct. Et fyrtårnsprojekt inden for samme område, hvor der er blevet etableret et nyt bio raffinaderi, har formået at hæve biogasproduktionen med 50-60 pct. og nedsat slammængden med 30-40 pct. gennem termisk hydrolyse, og opnået en bedre fosforstyring og mindre kvælstofudledning gennem et online styringsværktøj

FIGUR 6.17  
Anvendelse af teknologien

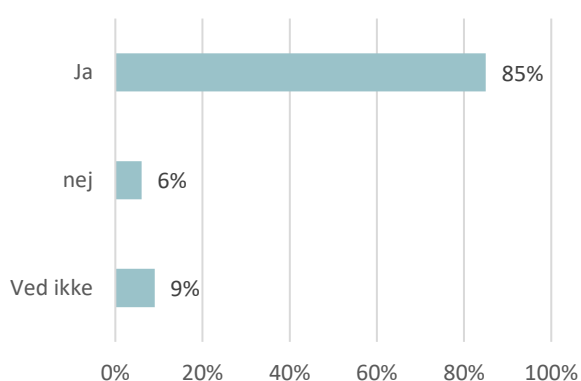


Kilde: DAMVAD Analytics  
Note: Spørgsmål: "I hvilke dele af erhvervslivet skal teknologien i projektet finde anvendelse?" (N=357)

## 7 Miljøeffekter af MUDP- projekterne

Størstedelen af MUDP-deltagerne vurderer, at der er en miljøeffekt af projektet. Blandt de adspurgte MUDP-virksomheder svarer hele 85 pct. at der er en miljøeffekt af projektet, mens kun 6 pct. svarer, at der ikke er nogen miljømæssige effekter af projektet, jf. figur 7.1.

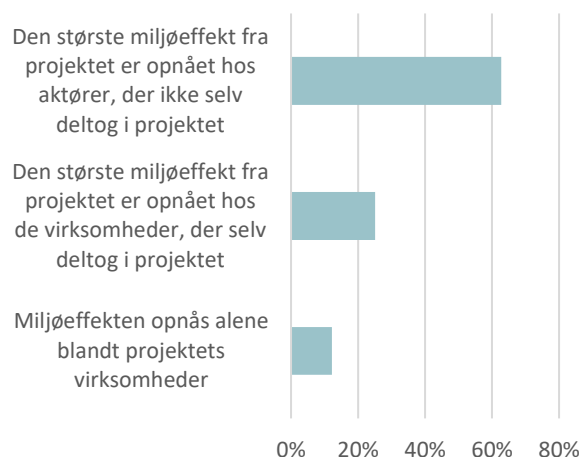
FIGUR 7.1  
Miljøeffekter af projekterne



Kilde: DAMVAD Analytics  
Note: Spørgsmål: "Er der en miljøeffekt af projektet?" (N=360)

Den største miljøeffekt opnås ikke hos virksomheden selv. Knap to ud af tre adspurgte MUDP-virksomheder svarer, at den største miljøeffekt fra projektet er opnået hos aktører, der ikke selv deltog i projektet, jf. figur 7.2 . Dvs. at det meste af miljøgevinsten realiseres hos miljøteknologivirksomhedernes kunder i ind- og udland, hvad enten det er rederier, vognmænd, energiselskaber, renseanlægsejere el.

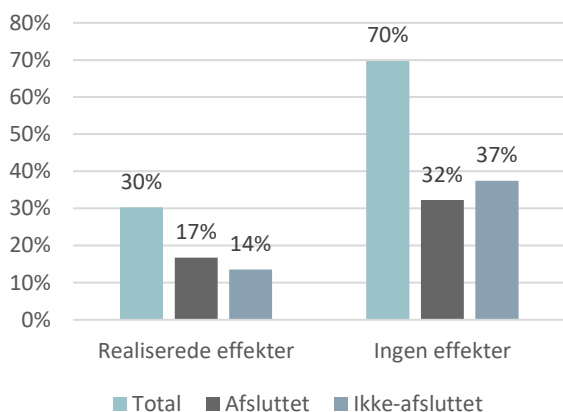
FIGUR 7.2  
Aktører som opnår miljøeffekter



Kilde: DAMVAD Analytics  
Note: Spørgsmål: "Hos hvilke aktører er miljøeffekten af jeres projekt primært opnået?" (N=303)

På trods af, at langt størstedelen af de adspurgte MUDP-virksomheder vurderer, at der er en miljøeffekt af projektet, er effekten for de flestes vedkommende endnu ikke indtruffet. 70 pct. af de adspurgte MUDP-virksomheder svarer, at der på nuværende tidspunkt ikke er indtruffet en miljø- eller ressourcemæssig effekt af projektet, jf. figur 7.3. Som forventet udgør de afsluttede projekter den største andel af de projekter, der har realiseret effekter. Blandt de afsluttede projekter har 34 pct. en realiseret miljø- eller ressourcemæssige effekter, mens det kun er 27 pct. blandt de igangværende projekter. I takt med at andelen af afsluttede projekter stiger og projekterne har haft tid til at komme ud på markedet, må det derfor forventes, at en større andel af projekterne får realiserede miljøeffekter.

**FIGUR 7.3**  
Realiserede miljø- eller ressourcemæssige effekter af projektet

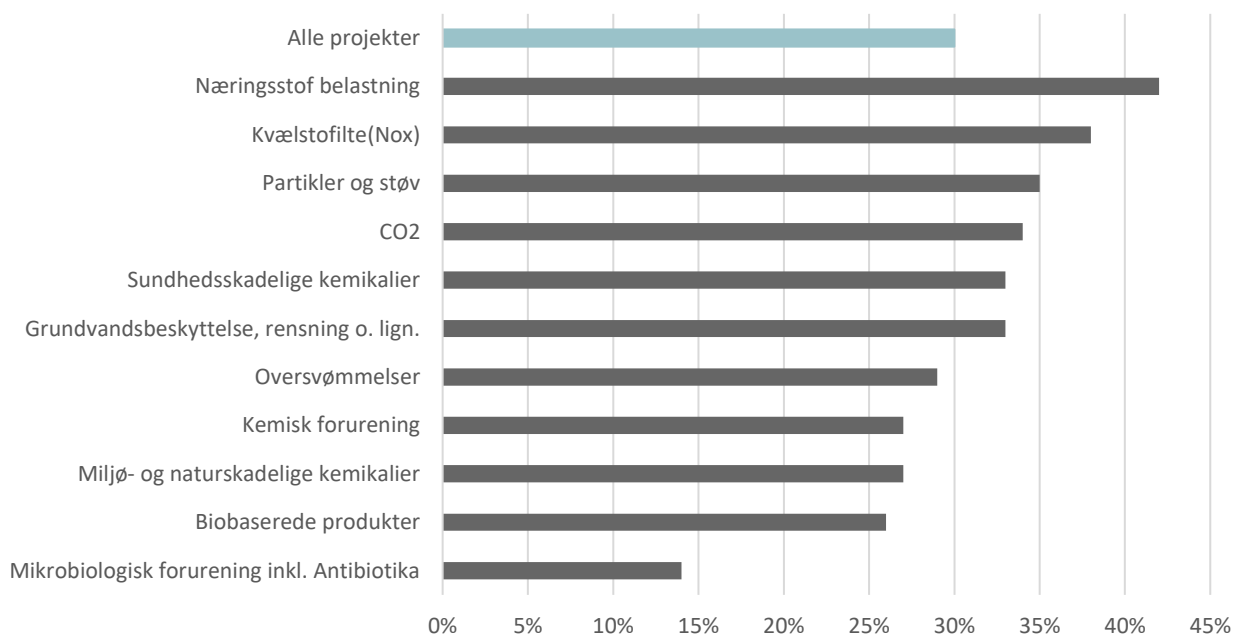


Blandt de projekter der har en realiseret miljø- eller ressourcemæssig effekt er det især projekter, der fokuserer på at reducere næringsstofbelastningen og NOX emissioner her har hhv. 42 og 38 pct. af projekterne en realiseret effekt mod 30 pct. på tværs af MUDP, jf. figur 7.3 A.

Kilde: DAMVAD Analytics

Note: Spørgsmål: "Er der på nuværende tidspunkt indtruffet en miljø- eller ressourcemæssig effekt af projektet?" (N=347)

**FIGUR 7.3 A**  
Realiserede miljø- eller ressourcemæssige effekter opdelt på type

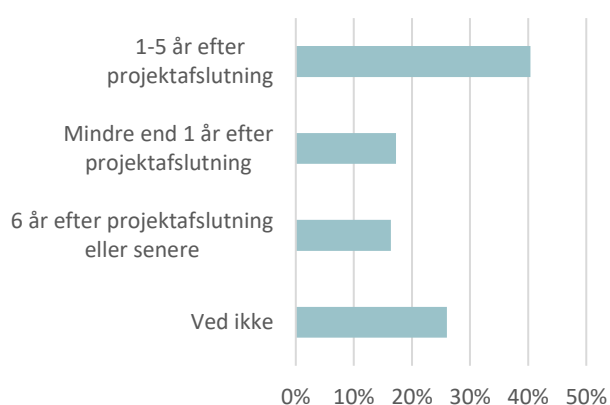


Kilde: DAMVAD Analytics

Note: Spørgsmål: "Er der på nuværende tidspunkt indtruffet en miljø- eller ressourcemæssig effekt af projektet?" (N=347)

Der kan gå lang tid før projektets miljø- eller ressourcemæssige effekt er fuldt realiseret. Blandt de adspurgte MUDP-virksomheder svarer over halvdelen, at effekten først vil være fuldt realiseret 1-6 år efter projektafslutning eller senere, jf. figur 7.4.

**FIGUR 7.4**  
Tid til at projektets miljø- eller ressourcemæssige effekt er fuldt realiseret



Kilde: DAMVAD Analytics

Note: Spørgsmål: "Hvornår er projektets miljø- eller ressourcemæssige effekt fuldt realiseret?" (N=354)

#### **BOKS – Miljøeffekter fra fokusanalyserne**

Bland fokusanalyserne har fire projekter inden for retrofitting og luftforurening eller ressourcegenindvinding og effektivisering ført til miljøeffekter.

Inden for retrofitting og luftforurening har et forsøg med implementeringen af forskellige emissionsreducerende løsninger i busser ført til en reduktion af NOx- og partikeludledning. Projektet vurderes at have ført til en samlet reduktion i NOx-udledning i Danmark på 350.000 kg i løbet af projektperioden .

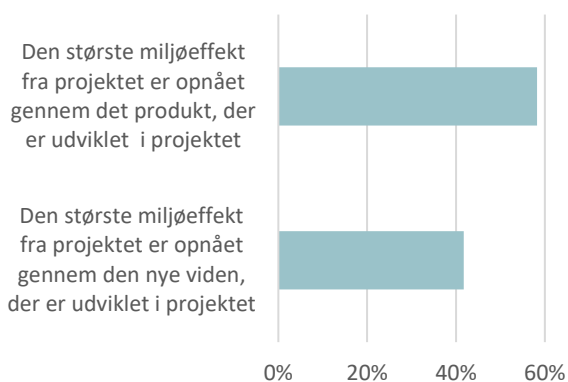
Desuden har retrofitting af brændselsventiler til dieselmotorer i 275 skibe ført til en reduktion af den globale NOx-udledningen med ca. 27.500 ton årligt siden 2010, foruden reduktioner af CO og HC.

Inden for ressourcegenindvinding og effektivisering i vandsektoren har et projekt med en ny type spildevandsanlæg dels reduceret brugen af energi (med 10 pct. på trods af en større volumen) og dels ført til øget varmeproduktion.

Desuden har et projekt vedr. fosforgenindvinding fra slam og spildevand ført til en øget genindvinding af fosfor fra to rensningsanlæg.

Den største miljøeffekt af projektet er primært opnået gennem de produkter, der udvikles i projekterne. Blandt de adspurgte MUDP-virksomheder svarer knap 60 pct. at miljøeffekten er opnået, gennem produktet, mens godt 40 pct. svarer, at miljøeffekten er opnået gennem ny viden udviklet i projektet, jf. figur 7.5.

FIGUR 7.5  
Miljøeffektens opnåelse



Kilde: DAMVAD Analytics

Note: Spørgsmål: "Hvordan er miljøeffekten af jeres projekt primært opnået?" (N=357)

Særligt indenfor transportsektoren (maritim, vej, bane og fly) og indenfor byggeriet er miljøeffekterne opnået gennem det produkt, der er udviklet i projektet, jf. figur 7.6

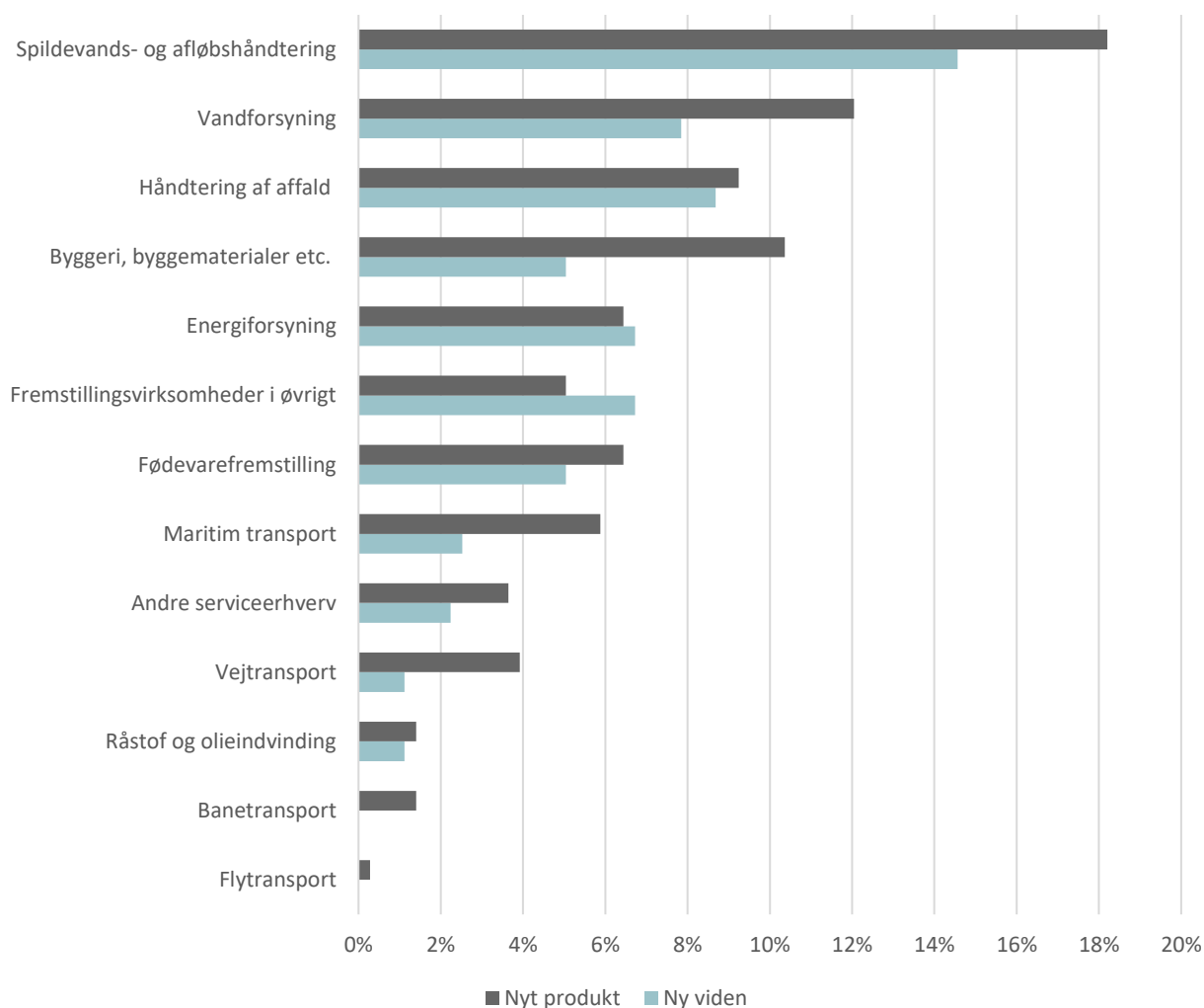


Miljøeffekterne opnået gennem den nye viden, som er udviklet i projektet kan have effekt både for virksomheden selv, men kan også lede til spillovereffekter på forskningen eller på andre virksomheder gennem videnspredning.

### 7.1 Projektets miljø- og ressourcemæssige sigte og fokus i teknologiudviklingen

MUDP-projekterne har i de fleste tilfælde haft 'vand og klimatilpasning' som miljø- og ressourcemæssigt sigte. Nærmere bestemt har 55 pct. af projekterne haft 'vand og klimatilpasning' som sig-

FIGUR 7.6  
Inden for hvilken sektor er miljøeffekten realiseret



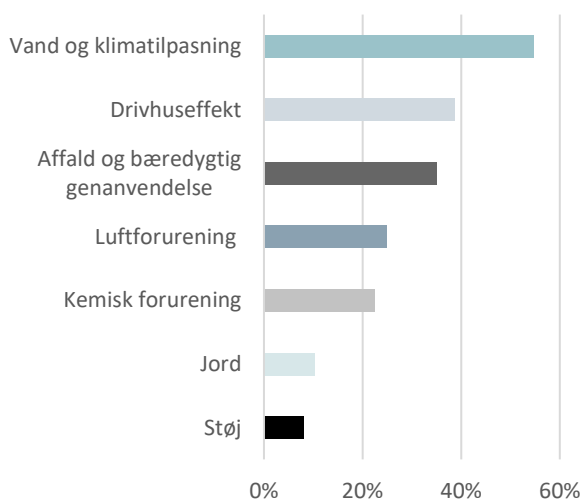
Kilde: DAMVAD Analytics

Note: Spørgsmål: "Hvordan er miljøeffekten af jeres produkt primært opnået?" og "I hvilke dele af erhvervslivet skal teknologien finde anvendelse?" (N=357)

te, svarende til 185 projekter. Dernæst har knap 40 pct. af projekterne haft reduktion af drivhuseffekter som miljø- og ressourcemæssigt sigte, mens 35 pct. har haft sigte indenfor 'affald og bæredygtig genanvendelse', jf. figur 7.7.

og klimatilpasning', hvilket svarer til 167 projekter. Desuden har 36 pct. fokus inden for 'affald og cirkulær økonomi', 20 pct. inden for 'industriens miljøfordringer', 15 pct. inden for 'luft og støj', og ca. 13 pct. inden for hhv. kemikalier og bæredygtigt byggeri, jf. figur 7.9.

FIGUR 7.7  
Projektets miljø- og ressourcemæssige sigte



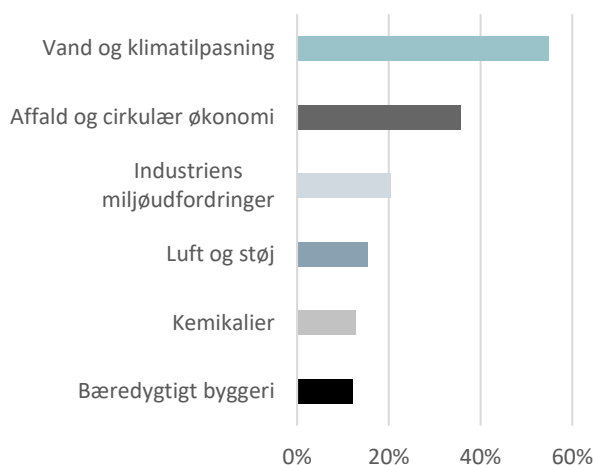
Kilde: DAMVAD Analytics

Note: Spørgsmål: "Hvilket miljø- og ressourcemæssigt sigte har projektet haft?" (N=339)

Ved at opdele de syv overordnede kategorier i figur 7.7 i nogle underkategorier, fås en mere præcis forståelse af projekternes miljø- og ressourcemæssige sigte. Fx er 30 pct. af projekterne rettet mod CO<sub>2</sub> reduktion, som er en underkategori til drivhuseffekter, jf. figur 7.8. Herefter følger 'næringsstof belastning' og 'kemisk forurening' med hhv. 20 pct. og 19 pct., som begge er underkategorier til vand.

Ligesom 'vand og klimatilpasning' i de fleste tilfælde har været det miljø- og ressourcemæssige sigte med projektet, har det som oftest også været fokus i teknologiudviklingen. 55 pct. har angivet, at teknologiudviklingsprojektet har fokus inden for 'vand

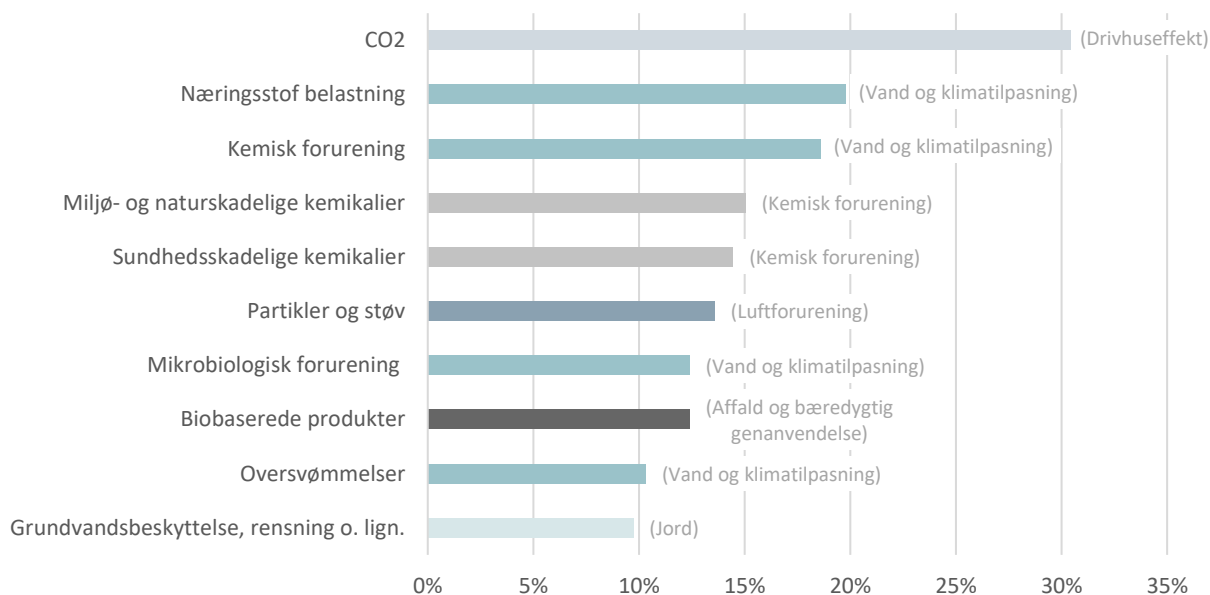
**FIGUR 7.9**  
Fokus i teknologiudviklingsprojektet



Kilde: DAMVAD Analytics  
 Note: Spørgsmål: "Er fokus i teknologiudviklingsprojektet blandt følgende indsatser"? (N=304)

Helt generelt kan det således konkluderes, at størstedelen af projekterne har miljø- og ressourcemæssigt sigte inden for vand og klimatilpasning samt affald og genanvendelse, og samtidig er de to kategorier også fokus i projekternes teknologiudvikling.

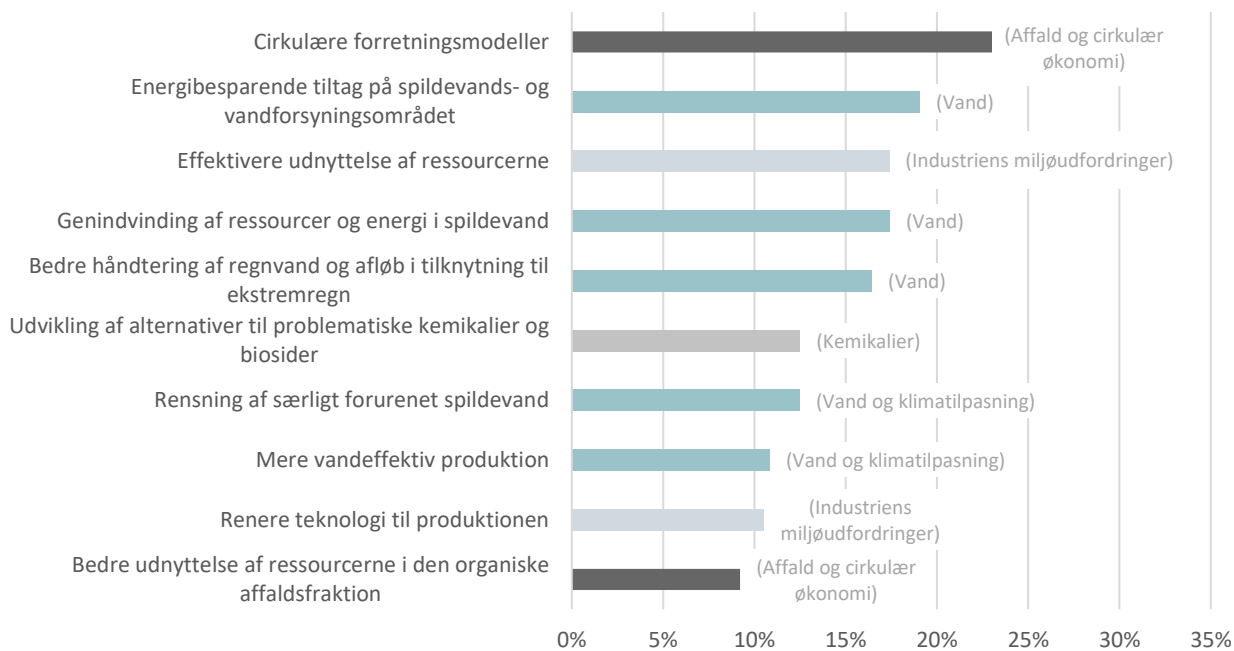
**FIGUR 7.8**  
Projektets miljø- og ressourcemæssige sigte (top 10)



Kilde: DAMVAD Analytics  
 Note: Spørgsmål: Hvilket miljø- og ressourcemæssigt sigte har projektet haft? (N=339). Figuren viser kun de 10 hyppigst forekomne sigter.

Opdeles de syv forskellige fokuspunkter i teknologiuudviklingen i underkategorier, ses det, at cirkulære forretningsmodeller, som er en underkategori til affald og cirkulær økonomi, er fokus i 23 pct. af projekterne. Energibesparende tiltag på spildevands- og vandforsyningsområdet, som er en underkategori til vand, følger lige efter med knap 20 pct., jf. figur 7.10.

FIGUR 7.10  
Fokus i teknologiuudviklingsprojektet (top 10)

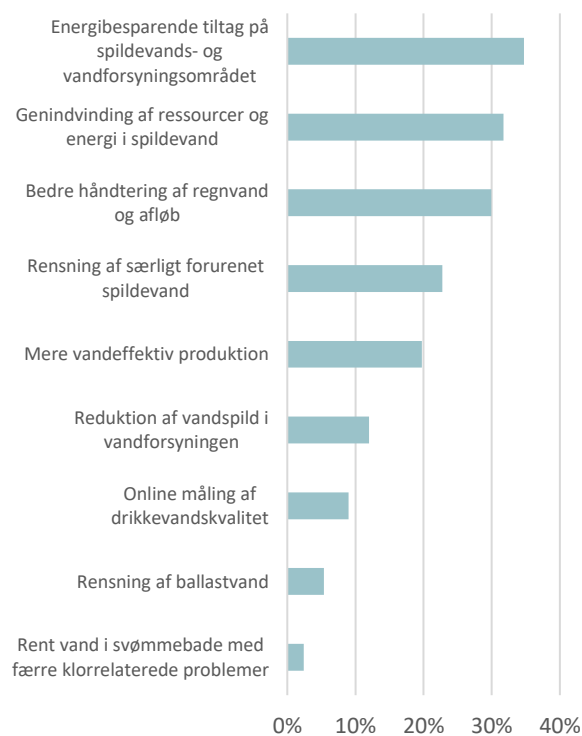


Kilde: DAMVAD Analytics

Note: Spørgsmål: "Er fokus i teknologiuudviklingsprojektet blandt følgende indsatser?" (N=304). Figuren viser kun de 10 hyppigst forekomne fokuspunkter.

Idet over halvdelen af udviklingsprojekterne har fokus inden for vand og klimatilpasning (se figur 7.9), har figur 7.11 til formål at dykke ned i netop denne kategori. Af figuren ses det, at 35 pct., af de 167 vand- og klimatilpasningsprojekter, fokuserer på energibesparende tiltag på spildevands- og vandforsyningsområdet. Desuden fokuserer en stor andel af vand- og klimatilpasningsprojekterne på hhv. genvinding af ressourcer og energi i spildevand samt bedre håndtering af regnvand og afløb i tilknytning til ekstremregn, jf. figur 7.11.

FIGUR 7.11  
Fokus inden for vand og klimatilpasning



Kilde: DAMVAD Analytics  
Note: Spørgsmål: "Er fokus i teknologiudviklingsprojektet blandt følgende indsatser? – Vand og klimatilpasning" (N=167)

## 8 Erhvervsmæssig betydning af MUDP

Det fremgår af MUDP's lovgrundlag, at MUDP skal bidrage til vækst og beskæftigelse i erhvervslivet. En vurdering af bidraget til den økonomiske vækst bør basere sig på en statistisk effektmåling, hvor deltagervirksomhedernes økonomiske udvikling sammenlignes med den økonomiske udvikling i en kontrolgruppe af tilsvarende virksomheder. En sådan analyse stiller imidlertid store krav til det tilgængelige datagrundlag. Vi har gennemført en pilotanalyse, som fremgår af afsnit 17, for at vurdere om det tilgængelige datagrundlag ikke er tilstrækkeligt til at gennemføre en sådan analyse. Vi vurderer på denne baggrund at en sådan analyse ikke vil være retvisende for MUDP.

En forudsætning for, at virksomhedernes økonomiske udvikling påvirkes positivt er imidlertid, at der sker en påvirkning af virksomhedsinterne forhold – fx i form af forbedrede arbejdsgange som følge af MUDP-projektet eller øget salg af det produkt, som blev udviklet i projektet. I dette kapitel analyseres derfor de tilgængelige indikatorer for virksomhedernes innovationsadfærd og de indrapporterede effekter af projekterne. Formålet er at belyse, hvordan den kæde af effekter, som i sidste ende resulterer i økonomiske effekter, påvirkes som følge af deltagelsen i MUDP.

### 8.1 Miljøteknologi som erhvervsmæssigt grundlag

MUDP skal fremme udnyttelse og udvikling af de miljøeffektive løsningers erhvervspotentialer til gavn for vækst og beskæftigelse samt erhvervslivets konkurrenceevne.

Danmark har allerede i dag en betydelig eksport af miljøteknologi. Alene eksporten af vandteknologi,

renluftteknologi og affaldsteknologi var således knap 26 mia. kr. i 2015, jf. figur 8.1. Det tyske Miljøministerium<sup>7</sup> estimerede det globale marked for miljøteknologier og ressourceeffektivitet til ca. 2.500 mia. euro i 2013 og forventede, at markedet ville vokse årligt med 6,5 procent frem mod 2025, hvor markedet vil være ca. 5.400 mia. euro.

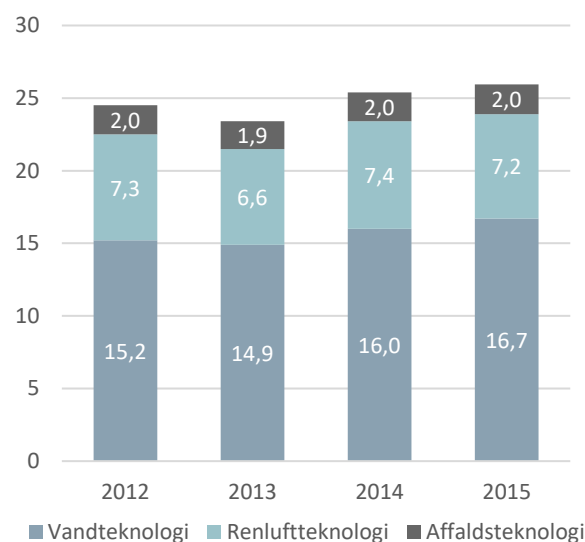
Internationalt set er der et øget fokus og efterspørgsel på miljøvenlige løsninger bl.a. som følge af øget forbrug af knappe ressourcer, klimaforandringer, tab af biodiversitet, urbanisering og øget fokus på fx luftforurenings betydning for borgernes helbred.

Det er i stigende grad profitabelt for virksomheder at implementere og anvende miljøteknologi – både ud fra et driftsperspektiv, hvor en ressourceeffektiv produktion sænker marginalomkostningerne, pga. øget efterspørgsel fra kunderne og for at være på forkant med udviklingen mod en strammere regulering, der øger omkostningerne ved at forurene.

7

[http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Broschueren/greentech\\_atlas\\_4\\_0\\_en\\_bf.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/greentech_atlas_4_0_en_bf.pdf)

**FIGUR 8.1**  
Eksport af udvalgte miljøteknologier (mia. kr.)



Kilde: DAMVAD Analytics for miljøstyrelsen (2017) og Miljøstyrelsen (apr. 17)

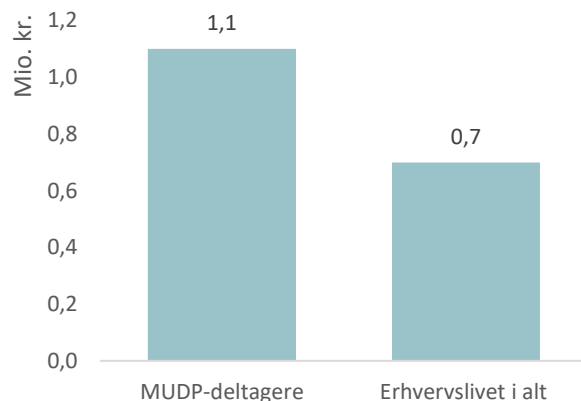
Note: Eksporten er udregnet på baggrund af dansk eksport opdelt på produktkoder (COMEXT) fx ventiler, pumper, rør og måleinstrumenter. Foruden affaldsteknologi, blev der eksporteret affald for 6,2 mia. kr. i 2012 og 4,7 mia. kr. i 2015. Figuren indeholder desuden udelukkende grøn renluftteknologi.

Erhvervslivet bliver understøttet af de offentlige investeringer i miljøforskning, der fra 2007-2014 i gennemsnit var knap 1 mia. kr. om året (svarende til ca. 6 pct. af den offentlige forskning), som det fremgik af figur 2.8. De konkurrenceudsatte midler i MUDP er de midler som gives senest i innovationskæden og dermed de mest erhvervsrettede som det fremgik af figur 2.5.

## 8.2 Erhvervets performance

Virksomheder, der deltager i MUDP-projekter, har generelt en forholdsvis høj produktivitet. MUDP-virksomhedernes arbejdskraftproduktivitet er omtrent 50 pct. højere end gennemsnittet, jf. figur 8.2 (her er der dog ikke taget højde for branche og størrelse).

**FIGUR 8.2**  
Produktivitet (værditilvækst pr. medarbejder), 2014

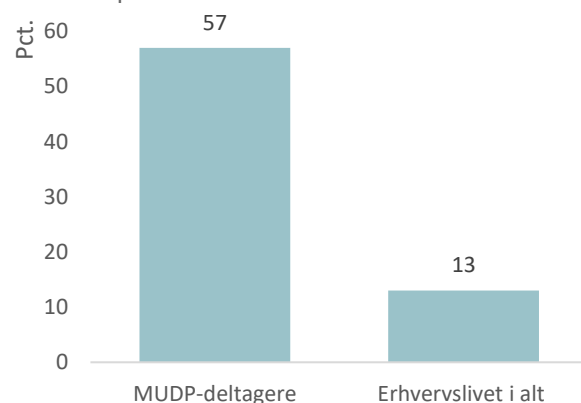


Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen og Danmarks Statistik

Note: Arbejdskraftproduktiviteten varierer naturligt med virksomhedernes branche og størrelse. Tallene tager ikke højde herfor.

Udover at have en høj produktivitet og høje investeringer, så er MUDP-deltagerne også i vidt omfang eksportvirksomheder. 57 pct. af MUDP-deltagerne eksporterer, hvilket er væsentligt flere end erhvervslivet generelt, hvor 13 pct. eksporterer, jf. figur 8.3.

**FIGUR 8.3**  
Andel eksportvirksomheder

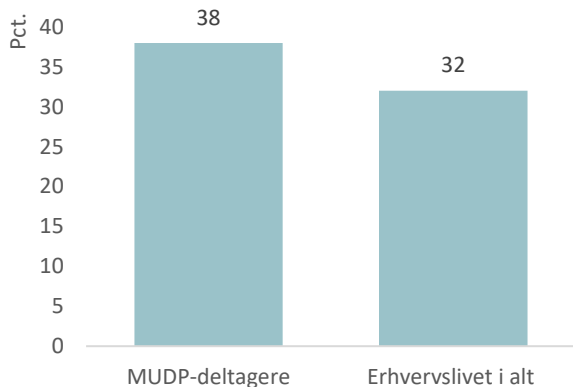


Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen og Danmarks Statistik

MUDP-deltagerne eksporterer ikke kun i vidt omfang end erhvervslivet generelt, men deres eksport som andel af omsætningen er også højere

end i erhvervslivet generelt. MUDP-virksomhedernes eksport svarer til 38 pct. af deres omsætning, hvilket er højere end landsgennemsnittet på 32 pct., jf. figur 8.4.

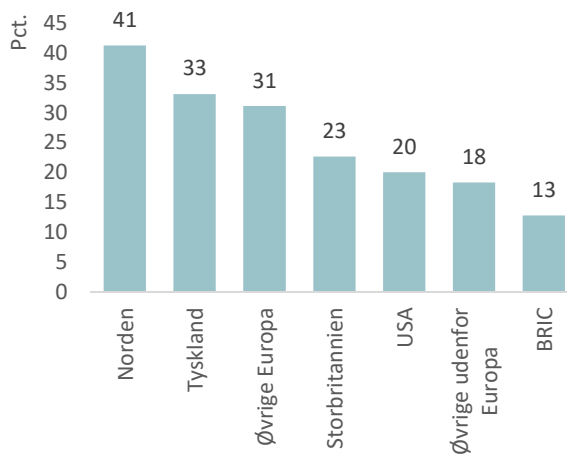
**FIGUR 8.4**  
Eksportvirksomheders eksportintensitet



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af miljøstyrelsen og Danmarks Statistik  
Note: Eksportintensiteten angiver eksporten sat i forhold til omsætningen

MUDP-deltagerne eksporterer typisk til Norden, Tyskland og det øvrige Europa. Dog eksporterer én ud af fem MUDP-virksomheder også til lande udenfor Europa, herunder USA, jf. figur 8.5.

**FIGUR 8.5**  
MUDP-deltagernes eksportmarkeder



Kilde: DAMVAD Analytics  
Note: Spørgsmål: "Til hvilke lande eksporterer i"? (N=344)

### 8.3 Input og adfærd

MUDP har i perioden 2008-2016 bevilget 565 mio. kr. i tilskud til UTD-, ETV- og Fyrtårnprojekter, mens deltagerne selv har investeret godt 1 mia. kr., jf. figur 8.6.

**FIGUR 8.6**  
Egne investeringer og MUDP-tilskud



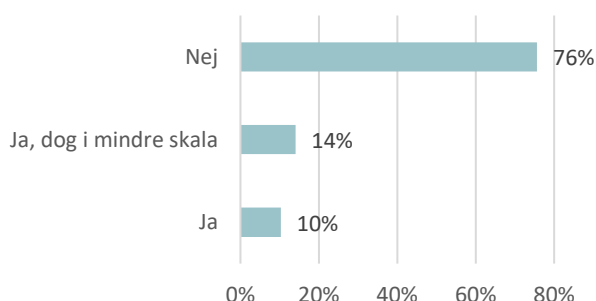
Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af miljøstyrelsen



De store tilskud betyder, at en lang række projektideer ikke ville være blevet ført ud i livet, hvis ikke det var for MUDP. Mere præcist svarer hele 76 pct. af de adspurgte, at projektideen ikke ville være gennemført i samme omfang, hvis projektet ikke havde modtaget støtte fra MUDP. 14 pct. svarer, at projektet ville være blevet gennemført, dog i mindre skala, mens de resterende 10 pct. ville have gennemført projektet selv uden støtte fra MUDP, jf. figur 8.7.

Figur 8.7 angiver således, at uden støtte fra MUDP ville en lang række projekter ikke blive gennemført, og en stor mængde egenfinansiering ville dermed gå tabt. Op mod 75 pct. af egenfinansieringen, svarende til godt 750 mio. kr., kunne være gået tabt, hvis muligheden for at søge støtte hos MUDP ikke havde været til stede. Det tyder således på, at MUDP i høj grad fører til investeringer i forskning og udvikling, som ikke ville have fundet sted ellers – investeringerne er i høj grad additionelle. Investeringernes additionalitet er særligt interessant fordi investeringer i forskning og udvikling gennemsnitligt har et positivt samfundsøkonomisk afkast.

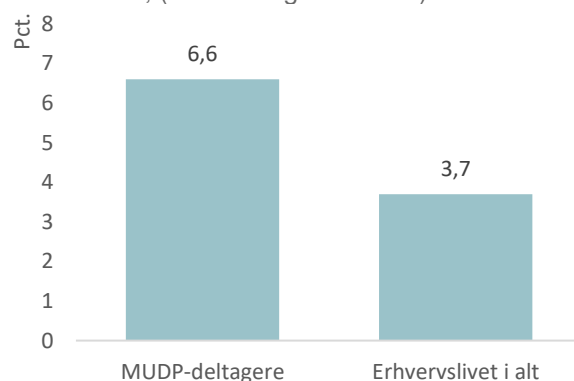
FIGUR 8.7  
Gennemførelse af projektideen uden støtte fra MUDP



Kilde: DAMVAD Analytics  
Note: Spørgsmål: "Vil projektideen efter din opfattelse være blevet gennemført i samme omfang, hvis projektet ikke havde modtaget støtte fra MUDP? (N=349)

MUDP-deltagerne investerer en forholdsvis stor andel af omsætningen. Deltagernes investeringer svarer til 6,6 pct. af deres omsætning, hvilket er knap dobbelt så højt som gennemsnittet på 3,7 pct., jf. figur 8.8.

FIGUR 8.8  
MUDP deltagerne investerer mere end resten af erhvervslivet, (Investeringsintensitet)



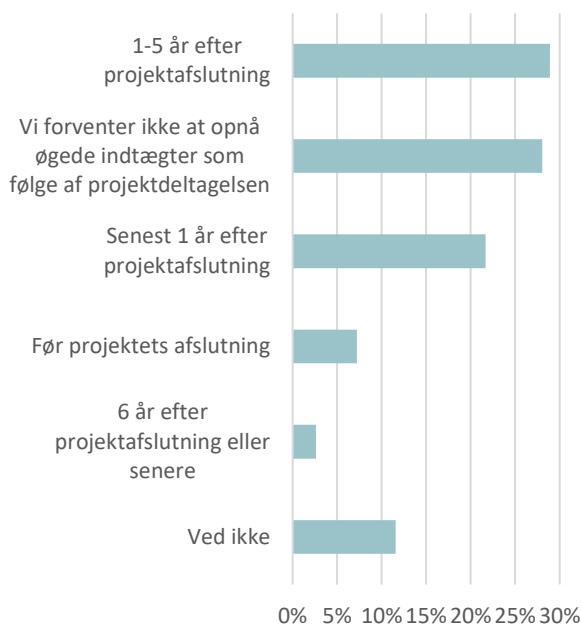
Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen og Danmarks Statistik  
Note: Investeringsintensiteten angiver investeringerne sat i forhold til omsætning og er målt i 2014

#### 8.4 Økonomiske effekter af MUDP

Størstedelen af MUDP-deltagerne forventer at opnå indtægter afledt af projektets resultater. Blandt de adspurgte MUDP-virksomheder svarer 60 pct., at de forventer at opnå indtægter før eller efter projektets afslutning. Modsat svarer knap 30 pct. at de ikke forventer, at opnå øgede indtægter, som følge af projektdeltagelsen, jf. figur 8.9.

FIGUR 8.9

Tid til projektets resultater begynder at medføre indtægter



Kilde: DAMVAD Analytics

Note: Spørgsmål: "Hvornår ift. projektafslutningen begynder jeres virksomhed at opnå indtægter, der er afledt af projektets resultater?" (N=346)

Flere af virksomhederne forventer således at opnå et positivt årligt økonomisk bidrag fra teknologien i projektet. MUDP-deltagerne angiver i gennemsnit en årlig omsætning på 2,9 mio. kr. i dag relateret til teknologien (givet at teknologien er implementeret), og forventer en omsætning der er over dobbelt så høj bare 1 år senere, jf. tabel 8.10. Eksporten forventes at udgøre 32 pct. af omsætningen i dag, men 56 pct. af omsætningen tre år senere, jf. tabel 8.10

TABEL 8.10

Gennemsnitlig økonomisk indtægt fra projektet pr. mio. kr. i tilskud

	Mio. kr.	Heraf eksport, pct.
Årlig omsætning i dag relateret til teknologien	2,9	32
Årlig omsætning om 1 år	6,4	41
Årlig omsætning om 3 år	19,5	56

Kilde: DAMVAD Analytics

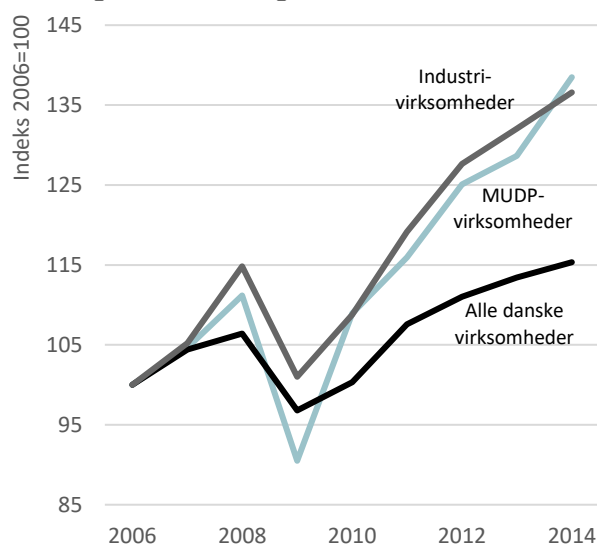
Note: Den årlige omsætning i dag er virksomhedernes faktisk indmeldte effekter. En stor del af projekterne er dog endnu uafsluttede, ligesom en del af de afsluttede projekter tager til at kommerciellere, hvorfor forventningen til omsætningen er større om hhv. 1 og 3 år

Udover at have opnået en positiv økonomisk gevinst fra teknologien i projektet, har flere MUDP-virksomheder også oplevet en stigning i beskæftigelsen, såvel under som efter projektafslutning. MUDP-virksomhederne har i gennemsnit beskæftiget knap 7 medarbejdere med projektet i projektperioden. Heraf var ca. én medarbejder nyansat. To år efter projektafslutning forventer MUDP-virksomhederne i gennemsnit godt 6 medarbejdere beskæftiget med projektet, hvoraf tre er nyansættelser, jf. Tabel 8.12. Under projektperioden klares produktudviklingen hovedsageligt af eksisterende personale, mens over halvdelen af de ansatte med teknologien 2 år efter er nyansættelser med andre kompetencer. Det fremgår endvidere af bilag, at industrivirksomheder generelt set har højere forventninger til jobskabelse end rådgivningsvirksomheder.

Omsætningen i MUDP-deltagervirksomhederne er vokset mere end det er tilfældet for den danske virksomhedspopulation generelt. MUDP-deltagerne omsætning er således vokset 38 pct. fra 2006 til 2014, mens erhvervslivets omsætning generelt kun er vokset 15 pct. Det kan skyldes, at det generelt er virksomheder i vækst som vælger at deltage i MUDP, men det kan også være at MUDP-projekterne bidrager til omsætningsvæk-

sten i de deltagende virksomheder. Det er imidlertid ikke muligt at skelne mellem disse to forklaringer, jf. afsnit 17. Virksomhedernes omsætningsudvikling fremgår af figur 8.11.

FIGUR 8.11  
Udviklingen i omsætning, 2006-2014



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Danmarks Statistik og Miljøstyrelsen

Note: Figuren indeholder 289 MUDP-virksomheder, som kan genfindes i alle årene. Indeksberregningen er baseret på det simple gennemsnit af omsætningen i virksomhederne hvorfor udviklingen ikke nødvendigvis følger den samlede beskæftigelsesudvikling i økonomien

Vi har også undersøgt om virksomhedernes for-

ventninger til beskæftigelseseffekter ændrer sig i takt med, at projekterne bliver afsluttet. Ofte ser man, at virksomheder moderer deres forventninger til fremtiden i takt med, at projekterne bliver færdige. Dette er dog ikke tilfældet for MUDP projekterne, hvor forventninger til fremtidig beskæftigelse faktisk er en anelse højere for afsluttede projekter. De afsluttede projekter forventer i gennemsnit godt 8,5 medarbejdere beskæftiget med projektet to år efter projektafslutning ift. de 6,5 ansatte for alle projekter, jf. bilagstabel. Det giver en større trykthed for at de forventede effekter også vil realisere sig.

I forlængelse af ovenstående har vi endvidere testet hypotesen om, at et større projektbudget giver højere forventning om jobskabelse. Denne hypotese kan jf. bilag afvises, og faktisk ses det modsatte mønster; virksomheder med et relativt lille projektbudget har højere forventninger til jobskabelse end virksomheder, der deltager i projekter med stort projektbudget. Dette resultat kan skyldes, at fyrtårnsprojekter udgør mange af projekterne med stort budget, og idet fyrtårnsprojekterne fx omfatter renovering af et renseanlæg, investeringer i et nybyggeri etc., vil de således ikke give anledning til megen jobskabelse i egen virksomhed, men de

TABEL 8.12  
Gennemsnitlig forventet antal årsværk pr. mio. kr. i tilskud

	Antal medarbejdere i projektperioden	Heraf nyan-sættelser til projektet	Antal medarbejdere ca. 2 år efter projektafslutning	Heraf ny-ansættelser
<b>Teknologi- og produktudvikling</b>	3,2	0,4	2,6	1,1
<b>Administration, distribution og salg</b>	1,1	0,1	1,2	0,6
<b>Produktion og rådgivning ifm. solgte varer og ydelser</b>	1,2	0,1	1,6	0,9
<b>Andet miljø- og energiteknisk personale</b>	0,8	0,1	0,4	0,2
<b>Andet personale</b>	0,8	0,2	0,7	0,5
<b>I alt</b>	<b>7,0</b>	<b>0,9</b>	<b>6,5</b>	<b>3,3</b>

Kilde: DAMVAD Analytics

afledte beskæftigelseseffekter må derimod forventes at være store.

Nyansættelserne og fastholdelsen af medarbejdere kan være en medvirkende årsag til at MUDP-virksomhederne har oplevet en kraftigere beskæftigelsesudvikling siden 2006 end dansk erhvervsliv i øvrigt. MUDP deltagernes beskæftigelse steg således med 11 pct. fra 2006- 2014, mens beskæftigelsen faldt med 4 pct. for det øvrige erhvervsliv, jf. figur 8.13. Det kan dog også skyldes, at MUDP-virksomhederne generelt er virksomheder i udvikling og derfor både oplever vækst og har interesse i at deltage i programmer som MUDP.

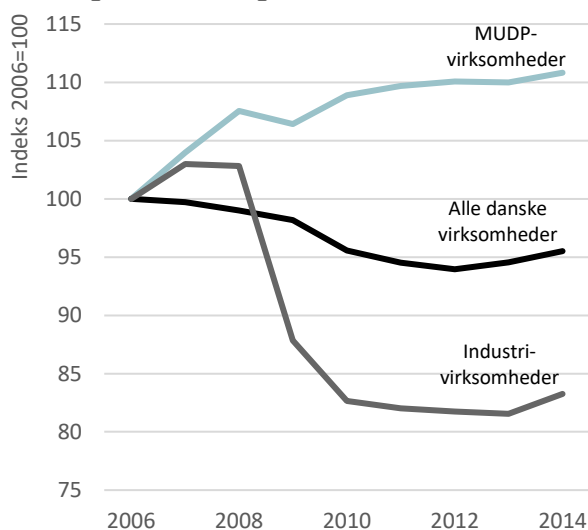
5 af de 21 projekter undersøgt i fokusanalyserne inden for hhv. retrofitting og luftforurening og ressourcegenvinding og effektivisering i vandsektoren har ført til økonomiske effekter.

Inden for det første tema har to projekter bidraget til betydelig omsætning for de deltagende virksomheder Aminex og Man Diesel på hhv. 370 og 61 mio. kr. samlet set, som følge af projekter afsluttet i hhv. 2015 og 2010. Et tredje projekt har ført til et mindre salg, men er først afsluttet i 2016, hvorfor det økonomiske potentiale fortsat er ukendt.

Inden for ressourcegenvinding og effektivisering i vandsektoren har en ny type spildevandsanlæg ført til øget varmeproduktion og et lavere energiforbrug og har endvidere ført til større ordrer hos en projektpartner.

Projektet vedr. fosforgenindvinding fra slam og spildevand har ført til en øget omsætning på ca. 700.000 kr. årligt, foruden ordrer til en række leverandører.

FIGUR 8.13  
Udviklingen i beskæftigelse, 2006-2014



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Danmarks Statistik og Miljøstyrelsen

Note: Figuren indeholder 336 MUDP-virksomheder, som kan genfindes i alle årene. Indeksregningen er baseret på det simple gennemsnit af beskæftigelsen i virksomhederne hvorfor udviklingen ikke nødvendigvis følger den samlede beskæftigelsesudvikling i økonomien.

#### BOKS – Økonomiske effekter fra fokusanalyserne

# FOKUSANALYSER

Analyse af seks temaområder

## 9 Introduktion til fokusanalyser

Fokusanalyserne har til formål at give et dybere indblik i, hvilken effekt de enkelte MUDP-projekter har opnået. Ved at beskrive i alt 6 forskellige fokusområder, som MUDP-projekterne har arbejdet indenfor, med konkrete eksempler på de effekter som udvalgte projekter har opnået, giver fokusanalyserne et indblik i hvor bredt og hvor væsentligt MUDP-programmet er. Områderne er ikke udtømmende for ordningens faglige dækning, men repræsenterer nogle af de områder der særligt har været fokus på at støtte gennem årene.

De 6 fokusområder er som følger:

- Reduktion af luftforurening
- Ressourcegenvinding og effektivisering i vandsektoren
- Klimatilpasningsløsninger
- Effektiv genanvendelse af affald
- Bæredygtigt byggeri
- Partnerskaber og eksport

For hvert fokusområde beskrives en række overordnede faktorer som gør sig gældende for teknologiudvikling på området, og som har haft betydning for projekternes effekt. Derefter beskrives effekten af de udvalgte MUDP-projekter, med fokus på fire forskellige parametre<sup>8</sup>:

### Miljøteknologisk effekt

Her beskrives om der er opnået miljøteknologiske nybrud som eksempelvis patent på løsning eller der er demonstreret ny miljøteknologi ved at der eksempelvis er foretaget forsøg i fuld skala eller under nye forhold.

<sup>8</sup> Da projekterne under partnerskaber og eksport har haft et andet sigte, end de øvrige projekter, beskrives kun overordnede faktorer og samfundsmæssige effekter for dette område.

### Miljøeffekt

Her beskrives hvilke effekter projekterne vurderes at have haft for miljøet bredt set som eksempelvis reduktion i luftforurening eller CO<sub>2</sub>-udledning. I de tilfælde hvor projektet fortsat mangler at vise sin effekt, beskrives så vidt muligt hvilke miljøeffekter teknologien potentielt vil kunne opnå.

### Erhvervsmæssig effekt

Her beskrives den effekt, som et projekt har haft for parternes omsætning, eksport eller beskæftigelse. I det omfang at der ikke er nogen konkrete realiserede erhvervsmæssige effekter, beskrives i det omfang det er muligt, hvilke afledte erhvervsmæssige effekter projektet har haft som eksempelvis øget eksponering for markedet, afledte udviklingsprojekter m.m.

### Samfundsmæssige effekter

Disse afsnit supplerer beskrivelserne af de udvalgte projekter med resultater fra den gennemførte spørgeundersøgelse. Formålet er at beskrive temaområdernes samlede danske effekter på miljø og udviklingen af nye teknologiske løsninger, samt på økonomisk vækst. Derudover beskrives de primære markeder som løsningerne i form af produkter og servicere enten har eller forventer at afsætte til.

### **9.1 Udvalgelse af fokusområder og projekter**

Udvælgelsen af projekter til fokusanalyserne er foregået som en iterativ proces, hvor Miljøstyrelsen bidrog aktivt med råd og erfaring, for dels at sikre en tilfredsstillende repræsentativitet, dels samtidig tematisk af klynge analyserne, så der blev givet mulighed for at gå i dybden med særlige temaer, som MST på forhånd vurderede havde haft et særligt fokus i forhold til bestyrelsens opsatte mål.

Fokusanalyserne er gennemført for at eksemplificere nogle af de mere tydelige miljø- og erhvervs-mæssige effekter, som programmet har medført i perioden 2008 til 2016. Udvælgelsen af de undersøgte projekter bidrager til at vise hvilke effekter en MUDP-bevilling kan medføre frem for at give et nøjagtigt repræsentativt billede af effekterne af alle bevillingerne. Derfor var det på forhånd MST's ønske at kvalitative vurderinger og udvælgelse af projekter til fokusanalysen skulle gå forud for de kvantitative kriterier.

Projekter som ikke havde opnået besvarelser i spørgeskemaundersøgelsen, eller havde haft procesmæssige problemer og derfor var forsinkede eller afsluttet i utide skulle frasorteres. Samtidig var det vigtigt at der i udvælgelsen ikke blev "cherry picked", dvs. udvalgt projekter der udelukkende var spændende fordi de havde haft en ønsket effekt. Dette hensyn for at undgå bias i udvælgelsen. For at sikre et der var tilstrækkeligt dokumentationsgrundlag for analyserne, blev besvarelserne i spørgeskemaundersøgelsen (beskrevet i kapitel 3) også lagt til grund for udvælgelsen – det var med til at give et fingerpeg om de miljøeffekter, som projektet sigtede på at opnå med teknologien, samt de afledede markedsmæssige potentiale.

På den baggrund blev der udvalgt i alt 31 projektbevillinger, inklusive ni projekter der var en ny fase eller forlængelse af tidligere projekter. Sidstnævnte blev inddraget fordi de havde indflydelse på vurderingen af det samlede projekt, enten fordi de lå i direkte forlængelse eller på anden måde var affødt som et resultat af den tidligere bevilling.

Udvælgelsen skete over flere trin. Projekterne udvalgte temamæssigt ud fra deres repræsentation i forhold til den samlede projektportefølje, herunder det relevante miljøteknologi-område og den forventede miljøeffekt. Temaerne blev underopdelt såle-

des at de reflekterede miljøtemaerne fra rapporten "Miljøteknologisk udvikling gennem 10 år", hvori MUDP programmets overordnede miljøtemaer er yderligere opdelt i 25 "miljøteknologi-områder".

Da UTD-, ETV- og Fyrtårnsprojekter udgjorde langt størstedelen af de samlede bevillinger og projekter, blev disse prioriteret i den endelige mængde udvalgte projekter. Derudover blev der udvalgt projekter indenfor Partnerskab, Eksportfremme. De øvrige projekttyper "Formidling", "Vidensopbygning", "Andet" og "Ukendt" blev fravalgt.

Endelig blev der lagt en Erhvervsdemografisk repræsentativitet til grund for udvælgelsen. Casestudierne blev udvalgt således at forskellige typer af virksomheder og videninstitutioner blev undersøgt, og at der er en repræsentation af både SMV'ere og store virksomheder.

På den baggrund blev der udvalgt:

- Otte projekter indenfor temaet " Ressourcegenvinding og effektivisering", hvoraf to af projekterne var forlængelser af tidligere projekter.
- Fem projekter indenfor temaet "Klimatilpassningsløsninger", hvoraf to projekter var forlængelser af tidligere projekter
- Syv projekter inden for retrofitting og reduktion af luftforurening", hvoraf to projekter var forlængelser af tidligere projekter
- To projekter inden for temaet " Effektiv genanvendelse af affald", Tre projekter under temaet "Bæredygtigt byggeri", hvoraf et projekt var en forlængelse af andet projekt.
- Tre projekter med temaet: "Eksportfremme", hvoraf en forlængelse af et andet projekt.
- To projekter under temaet: "Partnerskab"

## 9.2 Metode og data

Fokusanalyserne er baseret på casestudier af de udvalgte projekter. Hvert studie har bestået i en indledende gennemgang af ansøgninger, afslutningsrapporter og andet tilgængeligt materialer fra projekterne. Derefter er der udført dybdegående interview med virksomheder og projektere, og i de fleste tilfælde også fysiske besøg hos virksomheden og fremvisning af de udviklede eller demonstrerede løsninger. I nogle tilfælde er der udført opfølgende interview med yderligere projektparter eller virksomheder for at få belyst yderligere relevante dele af projektet. Alle interview er live-transskriberet, og der er udarbejdet skriftlige opsamlinger for hvert af de tre effektparametre. Efter interviewene er der i flere tilfælde blevet fremsendt yderligere dokumentation fra projektparterne, som underbygger forskellige aspekter af den givne case.

Casestudierne er udført af et fagteam bestående af medarbejdere fra NIRAS og DTU Miljø. For et fuldstændigt overblik over antal interview og deltagere henvises til Bilag 1.

Som supplement til casestudierne og for at beskrive aggregerede samfundsmæssige effekter på de udvalgte temaområder, har resultater fra spørgeskemaundersøgelsen været benyttet. Disse undersøgelser er beskrevet uddybende i afsnit 6-8.

## 9.3 Om projekternes effekt

Inden hvert af de seks fokusområder beskrives nærmere, opsummeres i dette kapitel en række generelle tendenser i forhold til MUDP-projekternes effekt. Formålet med kapitlet er at samle læring om hvad det er, der tværgående virker som drivere og barrierer for projekterne. Kapitlet er inddelt i fire afsnit:

- **Effekt på tværs af fokusområder:** beskriver tendenser for effekter som er opnået for alle eller størstedelen af de udvalgte MUDP-projekter.
- **De konkrete opnåede effekter:** beskriver tendenser for de MUDP-projekter der har opnået konkrete effekter efter projektperioden.
- **De potentielle effekter:** beskriver tendenser for de MUDP-projekter der endnu ikke har opnået konkrete effekter, men som er vej til det.
- **Den udeblivende effekt:** beskriver tendenser for de MUDP-projekter der er lukket ned eller sat på pause efter end projektperiode.

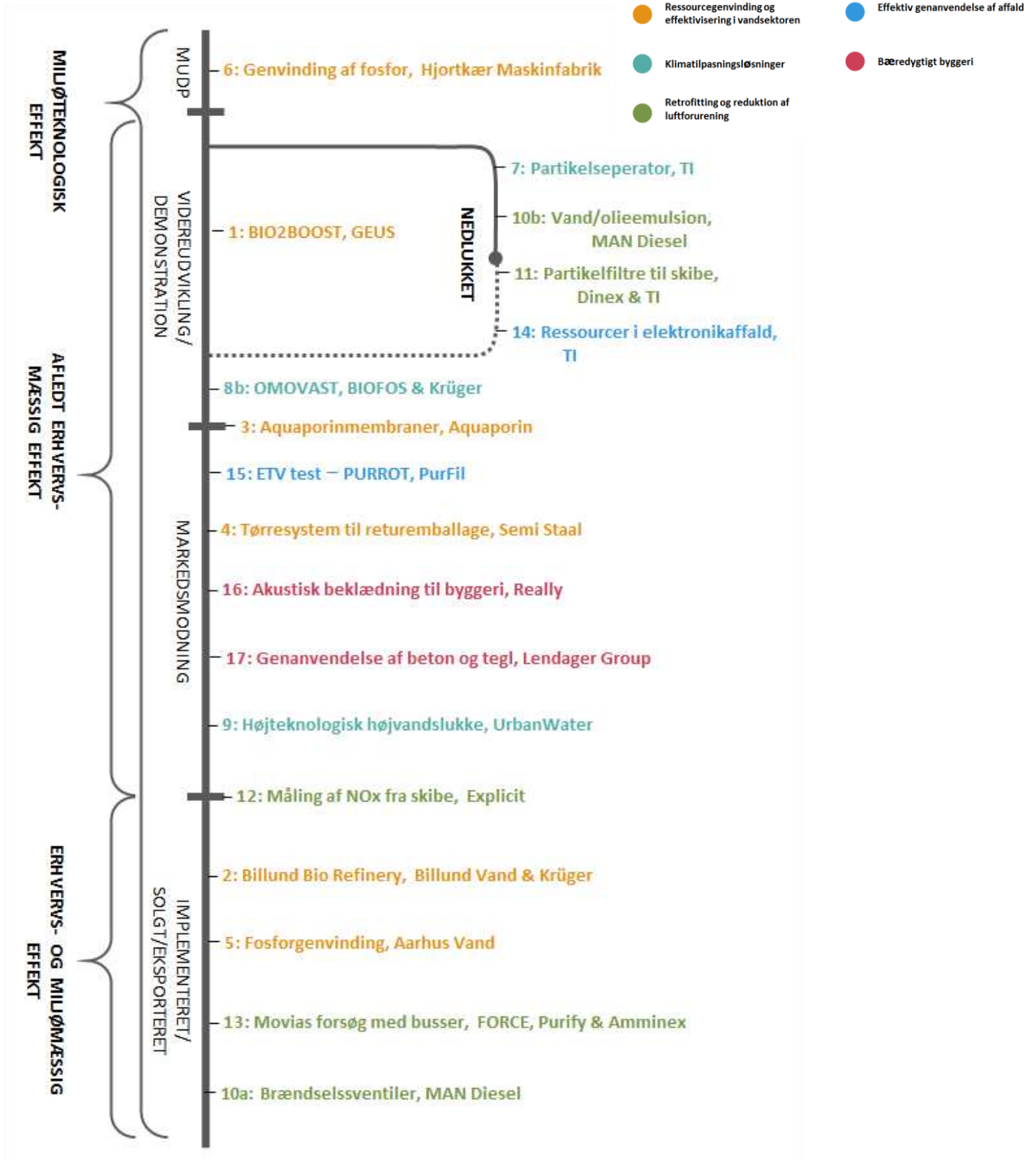
Når der ses på tværs af de udvalgte MUDP-projekter inden for de seks fokusområder, er det kun en mindre del af projekterne der på nuværende tidspunkt er implementeret (4 ud af 21), og hvor der kan dokumenteres konkrete teknologi-, miljø- eller erhvervsmæssige effekter. Det står i nogen grad i kontrast til resultaterne fra den gennemførte survey (se kapitel 7). Selvom tallene fra de to analyser ikke er direkte sammenlignelige, er der stadig en stor forskel på de konklusioner, som kan udledes af dem hver især. Årsagen skyldes med stor sandsynlighed en diskrepans mellem definitionen af hvornår der er tale om en "effekt". Mens mange projektparter oplever, at deres projekt har en miljøeffekt, i det øjeblik en teknologi har demonstreret en effekt i en test eller demonstration, anses den i fokusanalyserne først for en effekt fra det tidspunkt hvor teknologien er taget i drift eller implementeret.

Resultaterne af begge analyser giver således stadig et relevant indblik i projekternes opnåede effekt, men hvor resultaterne af surveyen i højere grad reflekterer projektparternes egne oplevelser af effekter, giver fokusanalyserne et mere nøgternt blik på de opnåede effekter.



FIGUR 9.1

Skitsering af de udvalgte MUDP-projekters effekt inden for de 6 fokusområder



Kilde: NIRAS på baggrund af casestudier

Figur 9.1 på forrige side illustrerer effekten, som er opnået i de udvalgte projekter. For at vise forskellen på progressionen i de respektive projekter, er der indtegnet en "effektlinje" over den vurderede effekt. De enkelte dele i figuren gennemgås og uddybes i de følgende afsnit.

### 9.3.1 Effekt på tværs af fokusområder

På tværs af de 6 fokusområder er der stor forskel på MUDP-projekternes organisering, målsætning og teknologiområde. Det er derfor også naturligt, at de opnåede effekter tager sig forskelligt ud fra område til område, og fra projekt til projekt. Alligevel er der en række mere "bløde" effekter, som går igen hos størstedelen af de undersøgte projekter. Det drejer sig særligt om; 1) viden og erfaring, 2) demonstration og test af løsninger og 3) kontakter og netværk.

#### Viden og erfaring

*"[MUDP har givet] mulighed for at prøve nogle ting. Den erfaring gør, at det næste projekt der ved vi meget mere om, hvor svagheder og fejl ligger, og dermed viser det sig, at vi skal gribe det anderledes an fra starten. (...) Alle dem, der har været med [i projektet], har lært noget." (Projektpartner)*

En stor del af de interviewede parter peger på, at den primære effekt af det pågældende MUDP-projekt har været den viden og erfaring, de har opbygget og opnået indenfor det givne miljøteknologiske område. Det gælder både de projekter, hvor der er arbejdet med udviklingen af en ny teknologi, og projekterne, hvor en ny teknologi er demonstreret i pilot- eller fuldskala.

Udfordringen ved 'viden og erfaring' som effektmål er, at det er vanskeligt at kvantificere. I mange projekter har partnerne deltaget i konferencer, udgivet videnskabelige artikler eller ansøgt om patenter, hvilket kan betragtes som kvalificeringer af, at der er opnået viden og erfaring gennem projekterne. Den mest konkrete dokumentation af den nye viden ligger dog i projekternes slutrapporter. De er i

de fleste tilfælde både udførlige og fagligt velunderbyggede.

Akkumuleringen af miljøteknologisk viden og erfaring kan således siges, at være en effekt som de fleste af projekterne har opnået (som visualiseret i figur 9.1). De eneste parter, der ikke fremhæver miljøteknologisk viden og erfaring som effekter af projektet, er dem, der har indgået i projekter med partnerskab eller eksportfremme som omdrejningspunkt. Her har udbyttet i højere grad været kendskab til nye partnere eller markeder; hvilket også er i overensstemmelse med disse projekters formål.

#### Demonstreret og testet konkrete løsninger

*"Tit er bygherrer skeptiske, men projektet har vist, at det kan lade sig gøre. Så det viser på bedste vis, at vi kan levere det, vi siger, vi kan levere, så det må have økonomisk værdi for virksomheden." (Projektpartner)*

Det er ikke kun viden og erfaring, som projektpartnere generelt fremhæver, at de har opnået. I de fleste projekter har partnerne også testet og demonstreret konkrete miljøteknologiske løsninger, og fået det dokumenteret eller verificeret. Dokumentation er i de fleste tilfælde opsummeret i projektets slutrapport, men i nogle tilfælde også i rapporter og notater fra tredjeparter (fx universiteter eller GTS-institutter). Dokumentation af en test eller demonstration er ofte afgørende for parterne, før at de kan tage en given løsning videre til markedet, da det både giver adgang til yderligere investorer og potentielle kunder.

I forhold til en effektmåling af projekterne er de udførte test og demonstrationer i flere tilfælde svære at anvende som målestok, da de ofte er udført i begrænset skala eller står alene. Hvis testen eller demonstrationen ikke er foregået i fuld skala, dokumenteres alene et potentiale som måske kan indfris ved implementering. I de projekter hvor der er udviklet en decideret ny teknologi eller løsning på et område, er det vanskeligt at afgøre

hvad effekten af løsningen i sidste ende er, da testresultaterne ikke nødvendigvis kan sammenlignes med ældre teknologi, og at der endnu ikke eksisterer lignende løsninger.

### Kontakter og netværk

*"En uge efter offentliggørelsen af projektet begyndte de at skrive rundt fra hele verden. Det var lige fra Portugal til Polen, Iran, Irak – hele verden var med."*  
(Projektpartner)

*"Det giver virkelig noget disse tilskudsmidler, især hvad angår samarbejde – det er der, det er svært som enkeltfirma, at man hælder penge i gabet på fremmede firmaer. [Men her] tager de (Miljøstyrelsen) risikoen."* (Projektpartner)

En sidste tværgående træk, som projektparterne fremhæver, er at de har fået netværk og nye kontakter. I hovedparten af projekterne har der indgået mere end en projektpartner, og på den måde har der fra start været lagt op til et samarbejdsprojekt. Mens mange organisationer og virksomheder har startet projekter med partnere de i forvejen har et samarbejde med, er der også en række nye samarbejdsstrukturer der er opstået på baggrund af projekterne. Her forklarer flere virksomheder at MUDP-midlerne har været afgørende, fordi det muliggør samarbejdsstrukturer mellem aktører som ellers ikke samarbejder. På den måde har midlerne i flere tilfælde ført til at private virksomheder har startet samarbejdsrelationer med offentlige aktører, eller private virksomheder er begyndt at samarbejde med hinanden.

Også parter som ikke har haft samarbejdspartnere i projektet, har oplevet, at MUDP-projektet har udvidet deres netværk. Alene det, at de har gennemført et MUDP-støttet projekt, har været med til at skabe nye kontakter og relationer - ikke kun i Danmark men også i udlandet. Her oplever virksomhederne, at der har været en ekstra opmærksomhed eller bevågenhed omkring projektet, fordi det har været et offentligt støttet projekt. Samme opmærksomhed er normalt ikke er til stede, hvis

virksomheden selv kører et udviklings- eller demonstrationsprojekt.

Som med de andre tværgående effekter er netværk og kontakter vanskelige at kvantificere som effektmål, da det er svært at afgrænse hvornår en relation er opstået på baggrund af projektet og særligt også hvilken konkret betydning, den har haft for den pågældende virksomhed eller organisation. Det må dog stadig anses for en afledt erhvervsmæssig effekt, som er opnået for størstedelen af projekterne, hvilket er visualiseret i figur 9.1.

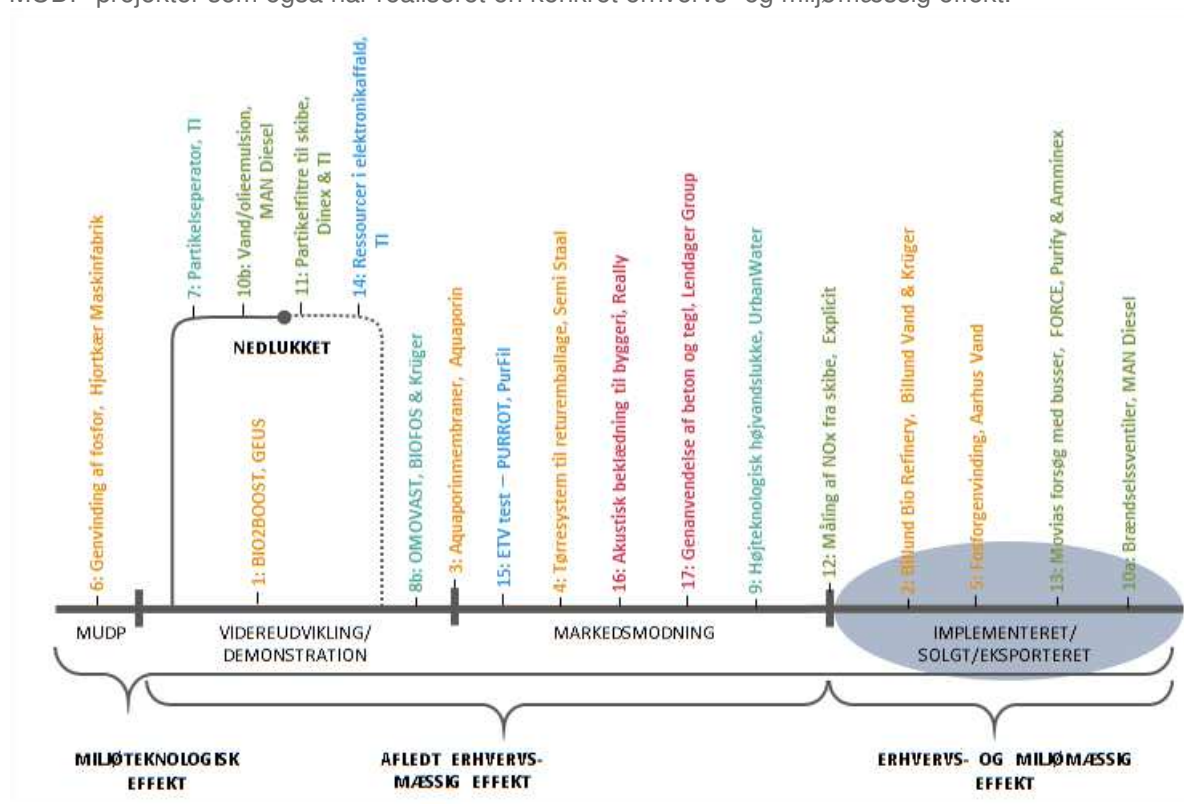
### 9.3.2 De konkrete opnåede effekter

Af de MUDP-projekter, som er udvalgt til fokusanalyserne, er der en håndfuld, som har opnået en konkret erhvervs- og miljømæssig effekt. Det vil sige projekter, som under eller efter projektperioden har solgt eller implementeret en løsning eller teknologi. Det drejer sig om de projekter der ligger til højre på "effektlinjen" (markeret med blå i figur 9.2).

Mens projekterne er forskellige i organisering og fokusområde, er der stadig en række fællestræk, som har bidraget til, at de har opnået den effekt de har. For de fire projekter gælder det, at; 1) de har indgået som en del i en længere udviklingsproces, 2) der er arbejdet med løsninger eller teknologi inden for parternes kerneområder, og 3) der er under projektet foretaget demonstrationer/test i fuld skala.

FIGUR 9.2

MUDP-projekter som også har realiseret en konkret erhvervs- og miljømæssig effekt.



Kilde: NIRAS på baggrund af casestudier

### En del af en længere udviklingsproces, som var startet

*”En ny teknologi kan være op ad bakke, for det er en konservativ industri. Vi har testet vores systemer, (...) og det havde vi allerede gjort i varierende omfang inden projektet. Det startede allerede i midt 2012.” (Projektpartner)*

Alle de parter, som i dag har implementeret en løsning eller teknologi på baggrund af MUDP-projektet, havde allerede ved ansøgningstidspunktet arbejdet med teknologiudviklingen over en år-række. Der er ingen tvivl blandt parterne om, at MUDP-støtten har bidraget til en mere omfattende og hurtig udviklingsproces, men processen var allerede igangsat forud for modtagelsen af tilskudsmidlerne.

Pointen her, er ikke at MUDP-projekterne kun opnår en effekt, hvis det indgår som en del af allerede igangsatte projekter, men mere at det tager tid at udvikle ny miljøteknologi. Derfor er det også lo-

gisk, at de projekter der allerede er længst i udviklingen, på nuværende tidspunkt er dem der har realiseret en konkret effekt. Dette udelukker dog ikke, at andre projekter, som eksempelvis er startet i MUDP sammenhæng, i fremtiden vil opnå en konkret effekt. Der er således eksempler på flere projekter, hvor MUDP-projektet er indgået meget tidligere i udviklingsforløbet, og hvor virksomhederne i dag er meget tæt på at kunne sende deres produkt på markedet.

### Videreudvikling af kerneområde i etablerede virksomheder

Et andet fællestræk, for projekterne der har realiseret en effekt, er, at de parter der har været involveret i projekterne har videreudviklet et af deres kerneområde. De involverede parter har derfor haft stærke kompetencer og et solidt fagligt udgangspunkt inden for det pågældende område forud for

det konkrete arbejde med MUDP-projektet. Parterne giver stadig udtryk for at have lært meget nyt om området igennem projektperioden, men på et andet niveau end de parter som er startet mere 'fra bunden' med udvikling af en ny teknologi.

At det er parter, som har arbejdet videre med et kerneområde, der er kommet længst med at opnå konkrete effekter, skyldes ikke kun den faglige viden de har haft om emnet. Det har også haft betydning for deres motivation og dedikation. Hvor en virksomhed som starter et udviklingsprojekt op som en 'sidespring' fra deres primære produktlinje lettere giver slip igen efter projektperioden, er der større motivation for et firma, som har arbejdet med sit primære forretningsområde, til at få fulgt projektet til dørs.

#### **Fuldskalademonstration i projektet giver adgang til markedet**

*"For at komme langt skal man vise, at ens teknologi virker i stor skala. Så det (MUDP-projektet) har været et skridt på vejen. Storskala er rigtigt vigtigt! Alle kan vise noget på én test – men det er ikke dét, der batter. Demonstration over en længere periode... logistikken omkring det viser, at det er til at håndtere."*  
(Projektpartner)

Endeligt er det også kendetegnende for de MUDP-projekter, der på nuværende tidspunkt har opnået en konkret effekt, at der har indgået en fuldskala demonstration eller test i projektperioden. Parterne oplever her, at det har været af afgørende betydning for implementering og salg efterfølgende, at de har kunne henvise til, at løsningen har været testet i forhold der er så tæt på faktisk driftsforhold som muligt. Det er vigtigt for kunder i flere forskellige brancher, da implementering af ny teknologi ofte indebærer en risiko for uregelmæssig drift.

På samme måde er det tilfældet for flere andre MUDP-projekter, som ikke har fået implementeret deres løsning efter projektet, at de stadig mangler en fuldskala demonstration af deres løsning før den for alvor kan nå ud på markedet.

#### **9.3.3 De potentielle effekter**

Det er kendetegnende, at der i størstedelen af de MUDP-projekter, som er udvalgt til fokusanalyserne, endnu ikke er opnået en konkret erhvervs- eller miljømæssig effekt. Det er projekter, som i nogen grad har opnået miljøteknologiske effekter og afledte erhvervsmæssige effekter (som branding og øgede investeringer), men som endnu ikke har fået hul på markedet med deres løsning eller teknologi. Projekterne er dog ikke lukket ned, men er enten under videreudvikling eller markedsmodning, og har derfor stadig potentialet til at kunne opnå yderligere effekter på sig. Det drejer sig om de projekter der ligger i venstre del af "effektlinjen" (markeret med blå i figur 9.3):

For de projekter, som ligger dette sted på effektlinjen, er der generelt to forhold, som hindrer dem i en endelig implementering af deres løsning; 1) den tid og de midler de har til rådighed, og 2) at de mangler at få hul på markedet.

#### **Tid og midler for at komme i mål**

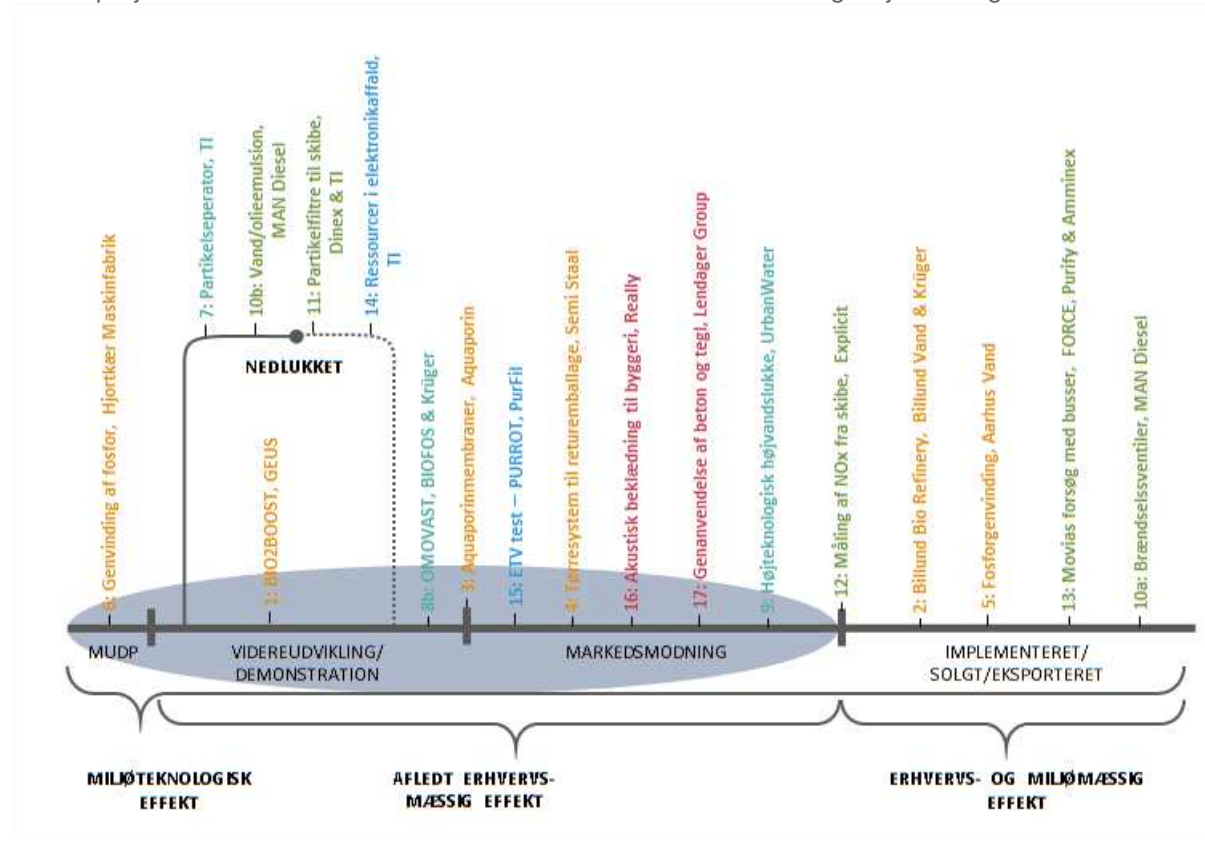
*"Det tager tid at løbe det her i gang. Og vi har skulle løbe to ting i gang. Jeg har tænkt 90 pct. udvikling, 10 pct. til resten – men alt administration, netværk osv. fylder rigtigt meget, når man skal være med til at drive markedet."* (Projektpartner)

Teknologiudvikling tager tid, og det gælder også for miljøteknologi. En stor del af de teknologier, der er arbejdet med i projekterne, har været på et tidligt udviklingsstadium ved projektets start. Det indebærer i mange tilfælde, at teknologierne efter MUDP-projekternes afslutning stadig kræver flere års udvikling og justering, før de er klar til salg og implementering. Således arbejder en række af projektparterne stadig på at videreudvikle den pågældende teknologi, flere år efter endt projektperiode, for at få den klar til markedsføring.



FIGUR 9.3

MUDP-projekter som endnu ikke har realiseret en konkret erhvervs- og miljømæssig effekt.



Kilde: NIRAS på baggrund af casestudier

Dette stemmer godt overens med resultaterne fra surveyen, hvor flertallet af projektparterne svarer, at de først forventer at se en effekt af projektet 1-5 år efter endt projektperiode (se figur 7.4).

Den lange udviklingsfase kan særligt være svær at løfte for de små og mellemstore virksomheder, da det ikke blot kræver tid, men også mange yderligere ressourcer. Der er i fokusanalyserne flere eksempler på mindre virksomheder, som har oplevet at udviklingen af en teknologi eller løsning er endt med at blive mere end dobbelt så dyr, som de oprindeligt havde regnet med.

### Der skal hul på markedet – ”ketchupeffekten”

”Vi har en ret god mavefornemmelse, men det handler om, hvornår der går hul på ketchupflasken. (...) 2018 bliver der, hvor vi slår igennem.” (Projektpartner)

”[Hvis] den store enhed hernede virker efter hensigten, kan det være en ketchup effekt. Men det kræver, at der er nogen, der tror og satser på det.” (Projektpartner)

Forud for at en teknologi kan have effekt på erhverv og/eller miljø, skal den være købt og installeret, hvilket kræver, at der er marked for teknologien. For at få en ny teknologi på markedet er det, som nævnt i foregående afsnit, sjældent nok, at en virksomhed har påvist, at teknologien virker på forsøgsbasis. Kunderne er først interesserede i at investere i en løsning, når den er taget i drift af

anden part. I de projekter hvor der ikke har indgået en fuldskala test eller demonstration, er projektparterne derfor meget optaget af det første 'rigtige salg', hvorved de kan demonstrere at teknologien virker i drift.

Således står flere af projektparterne nu med færdigudviklede løsninger, som teknisk set er klar til salg og implementering, men som endnu ikke er solgt, idet de endnu ikke har fået hul på markedet og har en konkret reference hvor deres løsningen er i drift. De venter med deres egne ord på "ketchupeffekten", hvor det eller de første salg fører en større bølge med sig.

### 9.3.4 Den udeblivende effekt

Endeligt viser fokusanalyserne samlet set, at der er en række løsninger og produkter, der efter projektperioden ikke er blevet arbejdet videre med, og som det ser ud nu, derfor ikke vil få en konkret erhvervmæssig eller miljømæssig effekt. Nogle projektpartnere taler dog om at løsningerne eventuelt vil kunne tages frem igen, hvis markedet eller lovgivningen på det givne område ændrer sig.

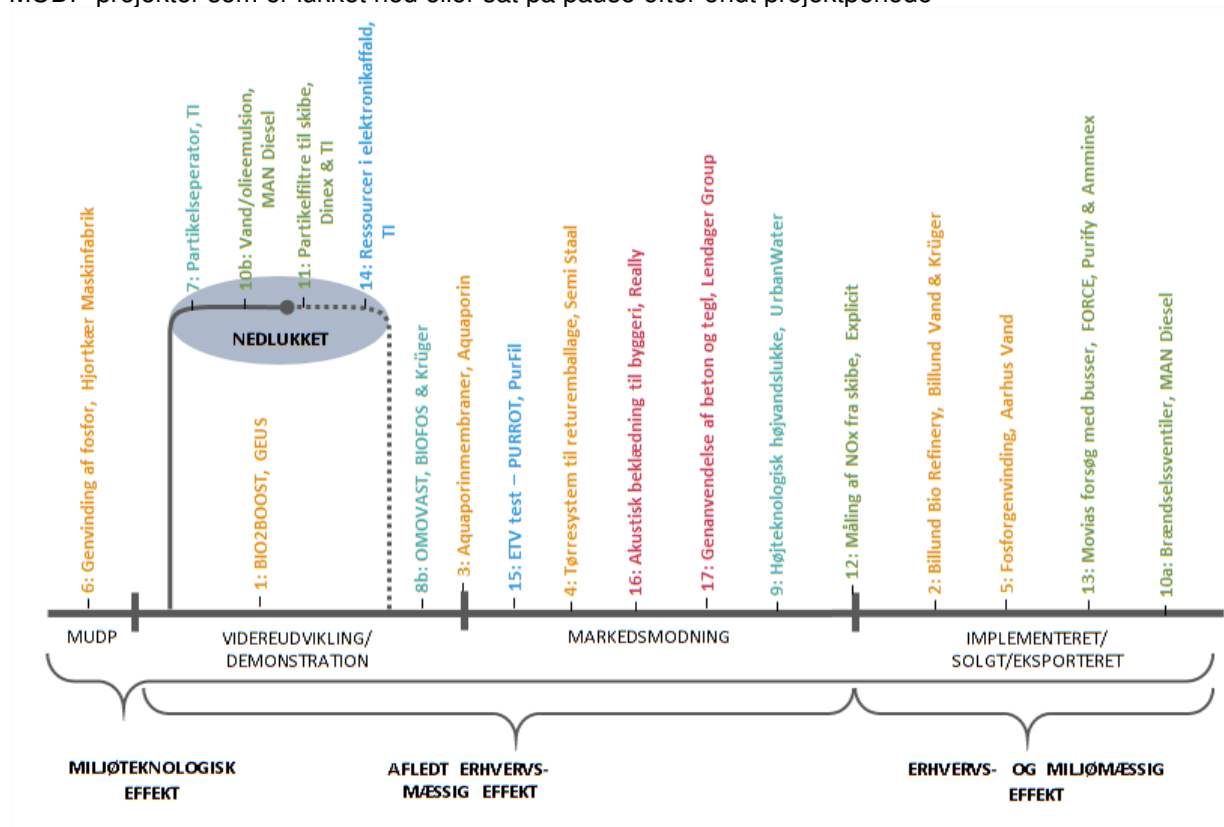
Det drejer sig om de projekter der ligger uden for

”effektlinjen”, jf. figur 9.4

Gennem interview med projektparterne er der af-dækket to tværgående faktorer, som gør sig gældende i de projekter hvor udviklingsarbejdet er op-hørt efter MUDP-projektperioden; 1) ændringer i konkrete interne og eksterne faktorer og 2) projek-ter som er startet 'udefra'.

FIGUR 9.4

MUDP-projekter som er lukket ned eller sat på pause efter endt projektperiode



Kilde: NIRAS på baggrund af casestudier



## Ændringer i konkrete interne eller eksterne faktorer

*"Der er ikke et levende samarbejde [længere], for den del af virksomheden er blevet opkøbt, og produktrækken blev stoppet. Da vi havde brug for nogle af de produkter efterfølgende, som de udviklede, så var det ikke muligt." (Projektpartner)*

*"Teknologien er i øjeblikket håbløs, fordi fuelprisen er lav. Så man sparer ikke så meget, hvis man forsøger at lave trade in and out. Og for det andet er der ingen, der har penge. De fleste virksomheder har kæmpe gæld." (Projektpartner)*

Den primære årsag, til at projekter er lukket ned eller sat på pause efter MUDP-projektperioden, findes i ændrede interne eller eksterne faktorer.

De interne faktorer kan bestå af:

- **Resultater som afkræfter løsningens potentiale.** En præmis for et udviklingsprojekt er, at man ikke med sikkerhed kan sige, hvor det vil ende. For nogle parter har MUDP-projektet vist, at en løsning enten ikke havde den ønskede effekt eller var rentabel at implementere, hvilket har ført til, at der ikke er arbejdet videre med løsningen efter projektet.
- **Opkøb af virksomheder eller strategiske omprioriteringer.** Der er flere eksempler på virksomheder, som enten er blevet opkøbt af større virksomheder; selv har opkøbt mindre virksomheder, eller som har lavet omstruktureringer internt, der har ført til, at man ikke længere satser på fokusområdet. I visse tilfælde er dette gjort på trods af, at MUDP-projektet viste potentiale indenfor det pågældende teknologiområde.

De eksterne faktorer kan bestå af:

- **Ændringer i markedsf forhold.** Målet for de projektparterne har været at udvikle eller demonstrere en løsning eller et produkt, som efterfølgende vil kunne sælges til deres kunder. I

enkelte tilfælde har parterne oplevet, at markedsf forholdene enten under eller efter projektperioden har gjort den pågældende teknologi mindre attraktiv, og parterne har derfor valgt ikke at fortsætte arbejdet med projektet efter endt projektperiode.

- **Manglende regulering.** For flere miljøteknologier hænger deres markedspotentiale tæt sammen med myndighedernes regulering af et givent område. I enkelte tilfælde har projektparterne udviklet teknologi på et område som de havde forventninger om ville blive reguleret strammere i fremtiden, men hvor det endnu ikke er tilfældet. Dermed har løsningerne vist sig at være mindre rentable eller relevante at implementere.

### Projekter som er startet udefra

*"Projektet havde sin oprindelse i Folketingets Miljøudvalg<sup>9</sup>, [og det] har givet et voldsomt ansvar – hvordan KAN vi flytte agendaen? Men også pres, for det var ikke specificeret nærmere. Det handlede om at bevidstgøre virksomheder om at være mere ressourceansvarlige, og det synes jeg, at vi er kommet stykke af vejen med, men det har ikke været nemt." (Projektpartner)*

Et udviklings- eller demonstrationsprojekt kan være et langt sejt træk. Derfor har det også stor betydning for projekternes succes, at de involverede parter er engagerede og føler ejerskab over det. Gennem fokusanalyserne er der afdækket en tendens til, at de projekter, hvor motivationen og idéen til projektet er startet hos virksomheden/-erne selv, også har realiseret en effekt, mens flere af de projekter som er lukket ned, er startet på initiativ fra tredjepart, eller parter som ikke har skulle drive selve udviklingen (eksempelvis GTS-institutter). Dette har særligt været en udfordring i nogle af samarbejds- og eksportfremmeprojekterne, hvor

<sup>9</sup> Miljøstyrelsen oplyser at projektet er igangsat på baggrund af en finanslovsaftale og ikke på baggrund af beslutninger i miljøudvalget.

interesseorganisationer, GTS-institutter og universiteter som projektleder har haft svært ved at motivere og engagere virksomheder inden for et givent miljøteknologisk område til samarbejde.

Det betyder ikke at samarbejdskonstruktioner mellem produktionsvirksomheder og rådgivere/GTS'er/universiteter nødvendigvis er dårlige konstruktioner. Men for at projekterne skal opnå resultater, peger fokusanalyserne på, at det er vigtigt at virksomhederne føler ejerskab over dem, da det i sidste ende er virksomhederne der skal drive dem videre. Denne udfordring er der til dels allerede taget højde for fra MUDP-ordningens side, idet der nu i højere grad end tidligere lægges vægt på, at projekterne skal have et konkret erhvervspotentiale for at opnå støtte.

## 10 Retrofitting og reduktion af luftforurening

Renluftteknologier har igennem mange år været et særligt fokusområde i Danmark, når det gælder miljøteknologi. Kombinationen af virksomheder, der leverer specialiserede løsninger indenfor området, og en stadigt skærpet international lovgivning om luftforurening har tilsammen bidraget til at sikre denne udvikling. Da den danske "renluftsektor" første gang blev kortlagt i 2014, blev der identificeret mere end 500 danske virksomheder, der arbejder med området<sup>10</sup>, og i 2017 blev eksporten af danske renluftteknologier og -løsninger opgjort til minimum 7,2 mia. kr.<sup>11</sup>.

Under fokusområdet Retrofitting og reduktion af luftforurening er der udvalgt i alt fem MUDP-støttede projekter, der er undersøgt nærmere. Mellem sig dækker aktørerne i de fem projekter Miljøstyrelsens fire underkategorier indenfor virksomheder, der arbejder med "bekæmpelse af luftforurening"<sup>12</sup>:

- Forebyggelse af luftforurening
- Behandling af udstødningsgasser og udledningsluft
- Måling, kontrol og analysesystemer til udstødningsgas og udstødningsluft
- Service, rådgivning og forskning i forbindelse med luftforurening

I alle fem projekter er der arbejdet med teknologi rettet mod luftforurening fra transportsektoren – nærmere bestemt maritim gods- og persontransport (færger og fragtskibe) samt kollektiv persontransport til lands (busser). Der er således ikke udvalgt eksempler på teknologiudvikling inden for andre forureningskilder som fx privat persontrans-

port, anden kollektiv persontransport (fly og tog), industri eller kraftværker. De fem projekter beskrives kort herunder.

- **141-00005 Udvikling og test af vand/olieemulsion som brændstof til skibsmotorer, MAN Diesel og Danisco (2009-2011)**

Udvikling af Water in Fuel (WIF)-teknologi med målet om at sænke NO<sub>x</sub>-udledningen fra skibe ved at udvikle emulgatorer til indblanding af vand i diesel/gasolie. Løsningens potentielle effekt blev dokumenteret i projektet, men parterne har ikke arbejdet videre med teknologien, da effekten viste sig for lav i forhold til omkostningen. Danisco blev efterfølgende opkøbt af Dupont, hvorfor samarbejdet mellem Danisco og MAN Diesel heller ikke fortsatte.

- **141-00013+141-00082 Udvikling af partikelfiltre til skibe, og Emmissionsreducerende kombinationsløsninger til skibe, Ærøfærgerne, Dinex og Teknologisk Institut (2009-2013)**

To på hinanden følgende projekter med udvikling og installation af først et partikelfilter og senere en fuld kombinationsløsning i den ene skorsten på en af Ærøfærgernes færger, med det formål at sænke NO<sub>x</sub>- og partikeludledningen fra færgen. Løsningens effekt er dokumenteret, og den er stadig i brug, men løsningen er ikke udviklet videre eller implementeret andre steder. Teknologisk Institut har bragt erfaringer og viden fra projektet med videre i et nyt MUDP-projektet, som gennemføres sammen med tre rederier.

- **141-00887 + 141-00593 Måling af NO<sub>x</sub>-udledning fra skibstrafikken ved hjælp af droneteknologi, og Overvågning og tilsyn med svovlemissioner fra skibsfart vha. droneteknologi, Explicit A/S (2013-2016)**

To på hinanden følgende projekter, hvorigenem der er udviklet en simpel, skalérbar og

<sup>10</sup> Kortlægning af danske renluftsløsninger på det globale marked, Miljøstyrelsen (2014)

<sup>11</sup> Opgørelse af den danske eksport fra renluftsektoren, Miljøstyrelsen (2017)

<sup>12</sup> Kortlægning af danske renluftsløsninger på det globale marked, Miljøstyrelsen (2014)

mobil måleteknologi til måling af NOx- og svovludledning fra skibe, som kan anvendes af eksempelvis helikoptere eller med droner. Løsningen kan potentielt bidrage til en bedre og mere effektiv monitorering af, hvorvidt skibe overholder udledningskrav. Teknologiens effekt er dokumenteret, verificeret og klar til implementering. Teknologien er solgt til en enkelt kunde i udlandet og virksomheden har i 2017 indgået en aftale med Miljøstyrelsen om overvågning af svovludledning i dansk farvand. Der foreligger endnu ikke driftserfaringer fra de to projekter.

- **141-00605 Movias forsøg med opgradering af EURO 4, EURO 5 og EEV-busser, Trafik-selskabet Movia, Emicon Systems, City-Trafik, Arriva Danmark, Force Technology, , Purefi og Amminex Emissions Technology (2013-2015)**

Installation af tre forskellige kombinationsløsninger fra tre forskellige producenter på ni af Movias busser med målet om at demonstrere en sænket udledning af NOx og partikler. Effekten for alle tre løsninger blev dokumenteret i projektet. Efterfølgende har to af virksomhederne arbejdet videre med løsningerne og den ene har solgt sin løsning til kunder i Danmark og udlandet. Den ene af virksomhederne, Amminex Emissions Technology har udover salg af løsningen i Danmark i 2017 vundet den første "store ordre" på levering af udstyr til i alt 20.000 busser og lastbiler til Sydkorea, og har derudover offentliggjort en aftale om installation af systemet på yderligere 5000 busser i UK.

- **141-00100g1 Retrofit af brændselsventiler til reduktion af luftforurening fra skibsdieselmotorer i service, MAN Diesel (2008-2010)**

Udvikling og godkendelse af en løsning ("Approved method") til retrofit af brændstoftventiler i skibsdieselmotorer, med målet om at

sænke NOx-udledningen fra motorer installeret i perioden 1990-1999 til Tier I niveau (17 g/kWh). Under projektet blev løsningen dokumenteret gennem motortests, og der blev opnået godkendelse til en motortype. Efterfølgende er løsningen blevet godkendt til tre yderligere typer motorer, som direkte resultat af projektet.

### 10.1 Generelle faktorer med betydning for effekten

Når det gælder udvikling og demonstration af miljøteknologiske løsninger til reduktion af luftforurening, peger parterne i de fem projekter på en række faktorer, der har afgørende betydning for området og dermed også for projekternes effekt. Det gælder særligt: 1) regulering, 2) omkostninger og 3) driftssikkerhed.

#### Regulering – stadigt strengere krav driver teknologiudviklingen

*"Der var en hvis pukkel af projekter før 2016, som man ville have færdige inden de nye regler (IMO Tier III) trådte i kraft. Men i øjeblikket der er det de nye regler for Svovl i 2020, som kunne ende med at blive paradigmeskift. ALLE skal overholde dem. [Der er] en masse muligheder der åbner sig, men ingen ved, hvad der sker. Alt relaterer sig til svovlgrænsen i 2020." (Projektpartner)*

Parterne oplever en stadigt stigende opmærksomhed i befolkningen på luftforurening og de konsekvenser, det har – ikke kun i Danmark men også i resten af verden. Kombineret med en stadigt mere avanceret teknologi til at monitorere og begrænse luftforurening fører det til en strammere reguleringen på området. Her er det særligt de internationale standarder og reguleringer, branchen styres efter (fx NOx Tier I-III under IMO for det maritime område og EURO VI under EU for tunge køretøjer).

En af hovedårsagerne, til at netop regulering spiller en særligt stor rolle, når det kommer til luftforure-

ning, er, at der sjældent er en direkte erhvervs-mæssig eller økonomisk gevinst forbundet med at nedbringe forurening for de respektive aktører (fx busselskaber eller rederier). Det skal ses i modsætning til eksempelvis området for ressourcegen-vinding, hvor der kan være en forretningsmodel i effektiv genvinding af en knap ressource; eller på klimatilpasningsområdet, hvor store udgifter til genopretning eller genopbygning efter eksempelvis et skybrud kan undgås. Markedet for miljøteknologiske løsninger for luftforurening styres derfor i høj grad af, hvilke krav og regler der skal overholdes, og ikke nødvendigvis af, hvor langt teknologien på området er nået<sup>13</sup>.

At regulering er afgørende for den teknologiske udvikling på området betyder imidlertid, at teknologier, der endnu ikke er implementeret, kan få en rolle på et senere tidspunkt, i det omfang at teknologien kan bidrage til at opfylde senere, strengere emissionsgrænser.

### **Omkostninger – brændstoføkonomi og ny teknologi**

*”Der er mange økonomiske interesser, der gør, at det ikke er så simpelt [om retrofit kan betale sig]. Og nu med elektriske køretøjer på fremmarch kan man diskutere, om man kan nå at lave en helt ny teknologiændring og få alle investeringerne hjem, inden man formentlig udfaser dieselmotoren.” (Projektpartner)*

Luftforurening forårsaget af transportsektoren er forbundet med drift af forbrændingsmotorer. Det skaber et relativt stort fokus på omkostninger, når det gælder teknologi til reduktion af luftforurening; dels driftsomkostninger og dels investeringsvillighed.

<sup>13</sup> Teknologi og lovgivning hænger dog også tæt sammen, da krav og niveauer ofte fastsættes ud fra hvad der er teknisk muligt at overholde. Det er projektet omkring en ny approved metode til retrofit af brændstofventiler på skibsmotorer et godt eksempel på.

Udfordringerne i forhold til driftsomkostninger er særligt forbundet med, at emissionsreducerende løsninger kan medføre en stigning i brændstofforbruget<sup>14</sup> og dermed bevirke, at teknologi, der er effektiv ud fra et miljømæssigt perspektiv, ikke implementeres af økonomiske hensyn. Det betyder, at manglende implementering af en løsning (og dermed udeblivende erhvervs-mæssige- og miljø-mæssige effekter), ikke nødvendigvis skyldes løsningens manglende effekt, men at løsningen er for dyr i drift.

En mere grundlæggende – men mindre aktuel – udfordring for emissionsreducerende løsninger til forbrændingsmotorer, særligt når det gælder retrofit-løsninger, ligger i fremtidsperspektiverne og investeringshorisonten. Motorteknologien er i konstant udvikling, og potentielle kunder står derfor altid over for dilemmaet om, hvorvidt de skal investere i at optimere den nuværende løsning, eller hvorvidt de skal vente og investere i en ny, samlet og mere effektiv teknologi. Den store udfordring for forbrændingsmotoren, og dermed også de retrofit-løsninger, i den sammenhæng, er udviklingen af eksempelvis brændselsceller og elmotorer. Selvom disse løsninger endnu ikke er reelle alternativer til den traditionelle forbrændingsmotor (særligt ikke for international skibsfart), er de første eldrevne færger og elbusser sat i drift, og der er nogle steder i branchen en fornemmelse af, at det er den vej, udviklingen bevæger sig. Dette er med til at skabe den noget særlige situation, hvor nogle af de varmeste fortalere for dieselmotoren findes blandt de virksomheder der arbejder med at udvikle emissionsreducerende løsninger til denne.

<sup>14</sup> Eksempelvis vil teknologi der sænker NOx-udledning fra en forbrændingsmotor, ofte have en negativ effekt på brændstofforbruget.

## Driftssikkerhed – teknologi der skal holde og præstere

*En ny teknologi kan være op ad bakke, for det er en konservativ industri, hvor folk ikke er villige til at tage en risiko.*

driftsforhold og driftssikkerhed har spillet en stor rolle i projekterne. Dette har haft betydning for de opnåede effekter. Projektpartnerne oplever, at det har påvirket projekterne på to områder: et krævende test- og demonstrationsmiljø, og en konservativ risikoprofil hos potentielle kunder.

I transportsektoren gælder det – ligesom i mange andre brancher – at tid er penge. I transportsektoren gælder det dog særligt, at tiden, hvor ens transportmiddel er ude af drift, er omkostningstung. For de virksomheder, der udvikler emissionsreducerende teknologi og ønsker at teste det i fuld skala, betyder det, at teknologien skal installeres og eventuelt tilpasses og testes i perioder, hvor transportmidlet er ude af drift (når et skib er i dok eller en bus i garage). Det har i flere projekter skabt forsinkelse og praktiske udfordringer, da det dels indebærer kort tid til installationen af den pågældende løsning, og dels at installationerne har skulle foregå i døgnets ydertimer, hvilket er mere omkostningstungt.

Det store fokus på driftssikkerhed har også betydning for implementering af nyudviklede teknologier på området. Flere projektparter nævner, at transportsektoren generelt er meget lidt risikovillig, når det gælder implementering af ny teknologi, da deres forretning er afhængig af transportmidlernes stabilitet. Her er med andre ord tale om en branche, hvor det at være "first mover" ikke nødvendigvis bliver set som en fordel. For at kunne afsætte en ny løsning til markedet er det nemlig ikke altid nok, at en løsning har vist sig at fungere i en pilot-test eller et laboratorieforsøg. Løsningen skal gerne have været kørt fuldskala over en længere periode og have demonstreret driftssikkerhed, før den er attraktiv for kunderne. Det giver naturligt en længere horisont for implementeringen af den nye

teknologi – og dermed også for en dokumenteret effekt af løsningerne på området.

## 10.2 Miljøteknologisk effekt

Af de fem projekter må fire af dem betegnes som demonstrationsprojekter, hvor eksisterende teknologi er tilpasset, testet, verificeret eller installeret, og et enkelt beteges udviklingsprojekt, hvor en ny teknologi er forsøgt udviklet. I alle de fire demonstrationsprojekter er eksisterende teknologi eller løsninger søgt anvendt på en ny måde eller under nye forhold, som ofte har krævet en tilpasning til de konkrete forhold. I udviklingsprojektet er der indsendt et metodepatent til godkendelse. I det følgende præsenteres hvert af projekternes miljøteknologiske effekter.

### **"Udvikling og test af vand/olieemulsion som brændstof til skibsmotorer"**

Under projektet er der demonstreret op til 60 pct. reduktion af NO<sub>x</sub>-udledningen fra store to-takts dieselmotorer ved brug af emulgatorer (beskrevet som Emul 2 i slutrapporten) og WIF-teknologi uden synlig negativ indflydelse på motorens stabilitet. I kombination med recirkulationsteknologi (EGR) er der opnået op til 98 pct. reduktion af NO<sub>x</sub>-udledningen.

En udfordring ved teknologien er, at den øgede tilsætning af vand til brændstoffet giver et øget brændstofforbrug (penalty) på op til 4-5 pct., hvilket gør det til en omkostningstung løsning for rederierne.

Kombinationen af tilsætningen af vand og emulgator til brændselsolien ville alene gøre det muligt at leve op til IMO Tier II krav om 20 pct. reduktion af NO<sub>x</sub>-udledning, men ikke Tier III krav om 80 pct. reduktion. Tier III kravene ville derimod kunne opnås alene ved implementering af andre mere simple løsninger, og der blev derfor ikke arbejdet videre med WIF-teknologien efter projektets afslutning. Der er derfor heller ikke indsamlet driftserfaringer

fra anvendelse af teknologien i praksis. Teknologien vil potentielt blive relevant at arbejde videre med i fremtiden, i det omfang at udledningskravene skærpes, eftersom projektet påviste at WIF og ECG har komplementerende egenskaber, når der også ses på udledning af CO, sod, SO<sub>2</sub> og uforbrændte kulbrinte. Dette kan blive relevant i forbindelse med *ikrafttrædelsen af IMO's skærpede krav for svovl-udledning i 2020*<sup>15</sup>.

**”Udvikling af partikelfiltre til skibe/emissionsreducerende kombinationsløsninger til skibe”**: Igennem de to projekter er der installeret og demonstreret en kombinationsløsning på en af Ærøfærgernes færger bestående af et partikelfilter og et urea indsprøjtningssystem. Der blev dokumenteret en reduktion i partikelantal på 93 pct. (mod forventede 99 pct.), samt en reduktion på op til 40 pct. af NO<sub>x</sub>-emissionerne, som dog viste sig at falde markant i løbet af dagen. Partikelfilterets manglende effektivitet vurderes at skyldes utætheder i et røggasspjæld i bypass-systemet. Systemet blev installeret som følge af krav fra motorproducenten. Den vigende NO<sub>x</sub>-reduktion vurderes at knytte sig til manglende regenerering i filteret i løbet af dagen. Der er ikke udviklet løsninger på de konkrete problemstillinger, da udviklingen med teknologien ikke fortsatte. Den installerede kombinationsløsning er dog stadig i drift, og der er kun udskiftet mindre komponenter siden installation.

**”Måling af NO<sub>x</sub>-udledning fra skibstrafikken ved hjælp af droneteknologi, og Overvågning og tilsyn med svovlemissioner fra skibsfart vha. droneteknologi”**: Igennem de to projekter er

der dokumenteret og verificeret en ny mobil målemetode til at måle udledningen af NO<sub>x</sub> og svovl fra skibe. Metoden kombinerer eksisterende flyveteknik (helikoptere og droner), censorer (fra AlphaSense og SenseAir) og datahåndtering (software, tidligere udviklet af Explicit). Kombinationen er vurderet som værende unik, og der er således indgivet en ansøgning om metodepatent i EU på løsningen (afventer pt. godkendelse).

Målemetoden har, ifølge virksomhedens egne opgørelser, vist sig markant mere effektiv, end konkurrenternes metode er, idet Explicit har opnået 95 pct. høj kvalitetsmålinger (brugbare målinger), mens den tætteste konkurrent, som pt. foretager målinger i Danmark, har opnået omkring 15 pct. høj kvalitetsmålinger. Samtidig gør teknologien det *muligt at arbejde med et ”cut-off level” (grænse for compliance level)* på 0,13, mod 0,15-0,20 for konkurrerende teknologier<sup>16</sup>. Det skyldes primært, den nyudviklede teknologi kan måle emissionen tættere på emissionskilden.

**”Movias forsøg med opgradering af EURO 4, EURO 5 og EEV-busser”**: Igennem projektet fik de tre producenter testet deres kombinationsløsninger (SCRT-systemer) på 3 busser hver. De testede løsningerne baserede sig alle på en kombination af et partikelfilter og en SCR-katalysator. *Amminex Emissions Technology’s løsning adskilte sig fra de andre, ved at dosere AdAmine™ fra specielt udviklede beholdere, i stedet for AdBlue™ som normalt benyttes i SCR-løsninger.* Alle tre løsninger opnåede i projektet at reducere NO<sub>x</sub>-udledningen fra testbusserne væsentligt (mellem 54 og 92 pct.)<sup>17</sup>. Emicon Systems opnåede højeste

<sup>15</sup> <http://www.imo.org/en/mediacentre/pressbriefings/pages/mepc-70-2020sulphur.aspx>

<sup>16</sup> Compliance monitoring pilot for MarpolAnnex VI, [compmon.eu](http://compmon.eu),  
<sup>17</sup> Opgradering af efterbehandlings-systemer på Movias Euro IV, Euro V og EEV busser, Miljøprojekt nr. 1795, Miljøstyrelsen, 2015



gennemsnitlige reduktionsgrad af NOX på Euro IV busserne (ca. 80 pct.), Amminex Emissions Technology opnåede højeste reduktionsgrad af NOX for Euro V busserne (ca. 90 pct.) og Purefi A/S opnåede højeste reduktionsgrad af NOX (ca. 75 pct.) for EEV busserne.

Amminex Emissions Technology er den eneste producent der efterfølgende har installeret sin løsning og har dokumenteret yderligere driftserfaringer. Den er installeret i ca. 300 busser i Danmark og 55 busser i UK, hvor den gennemsnitlige NOx-reduktion ligger på 92-94 pct., og vil dermed også være i stand til at overholde de kommende Euro VI-D krav. Der er desuden foretaget demo-projekter i USA og Sverige, hvor løsningens effekt er dokumenteret under andre klimamæssige forhold<sup>18</sup>.

### **”Retrofit af brændselsventiler til reduktion af luftforurening fra skibsdieselmotorer i service”:**

Under projektet har MAN Diesel dokumenteret effekten ved retrofit af nyere brændselsventiler på ældre skibsmotorer, og dermed fået det gjort til en Approved method, hvilket betyder at alle skibe der kan, skal have den installeret indenfor en 5-årig periode fra godkendelsen.

Det er særligt den retning som brændselsventilerne sprøjter brændstof ind i motorerne (sprayretning) som er udviklet i forhold til de gamle motorer. Det giver en mere jævn varmfordeling i forbrændingen, hvilket bl.a. sænker NOx-emissionerne. Løsningens effekt afhænger af motortype og belastning. I projektet viser motortest en reduktion på mellem 8-15 pct. i NOx-emissionerne (svarende til Tier I niveau på 17 g/kWh), 25-50 pct. for emission af CO og omkring 90 pct. for HC-emissioner. Afgø-

rende for godkendelsen som Approved Method er, at løsningen ikke øger brændstofforbrug væsentligt (maks. 2 pct.). Her viser testene at løsningen op til 75 pct. motor belastning ikke medfører et øget brændstofforbrug. Tværtimod kan løsningen give et lavere brændstofbrug på op til 1 pct.

Løsningen er som følge af projektet blevet godkendt som Approved Method til fire forskellige motortyper (S50MC, S60MC, S70MC og L50MC), og er i alt blevet installeret på 275 skibe.

### **10.3 Miljøeffekt**

Alle fem projekter har som nævnt beskæftiget sig med luftforurening fra transportsektoren. Projekterne har derfor alle sammen til formål at opnå miljøeffekter i form af reduktioner i udledning af NOx, svovl og partikler. Det er derfor særligt IMO's Tier I-III krav, som har sat dagsordenen på det maritime område, mens EU's EURO standarder driver udviklingen for tunge køretøjer på land.

Som hovedregel for forbrændingsmotorer gælder det, at en højere forbrændingstemperatur øger NOx-udledningen, mens det reducerer udledningen af partikler – og omvendt. I flere af projekterne er der derfor arbejdet med en kombinationsløsning, som reducerer udledningen af både NOx og partikler. I det projekt, som ikke har arbejdet med emissionsreducerende teknologi, men teknologi til monitorering af emissioner, er der også arbejdet med at måle både NOx og partikler.

Af de fem projekter er der to, hvor den demonstrerede løsning efterfølgende er blevet solgt og implementeret. Det er kun i forbindelse med de to projekter, at der er realiseret en miljøeffekt, hvor der for de andre projekter stadig er tale om potentielle miljøeffekter.

<sup>18</sup> ”Ren luft til danskerne”, Amminex Emissions Technology A/S, 2017



**”Udvikling og test af vand/Olieemulsion som brændstof til skibsmotorer”:** Teknologien er ikke implementeret, og den har derfor ikke haft nogen dokumenteret miljøeffekt. Under projektet er det dog demonstreret, at teknologien i kombination med EGR-teknologi potentielt kan have en relevant miljøeffekt med hensyn til den samlede udledning af NOx, CO, sod og uforbrændte kulbrinte. Forsøgene viste desuden en afledt miljøeffekt af WIF-løsningen i form af 1 pct. reduktion af brændstofforbruget ved lav vand/brændstof ratio (0,25) og lav motorbelastning (25 pct. load). Her er opløsningen dog så lav, at emulgatoren ikke er nødvendig for stabil drift.

**”Udvikling af partikelfiltre til skibe, samt Emissions-reducerende kombinationsløsninger til skibe”:** Teknologien er blot implementeret i den ene skorsten på én af Ærøfærgernes færger. Miljøeffekterne begrænser sig derfor til en reduktion af emissionen af partikler og NOx for denne ene skorsten. Der er ikke lavet opfølgende målinger af skorstenens emissioner efter de testmålinger, der blev foretaget i projektperioden. Erfaringer fra projektet anvendes af Teknologisk Institut i et nyt projekt støttet af MUDP-ordningen igangsat i 2016 om samme emne med andre teknologileverandører og andre rederier.

**”Måling af NOx-udledning fra skibstrafikken ved hjælp af droneteknologi, og Overvågning og tilsyn med svovlemissioner fra skibsfart vha. droneteknologi”:** Løsningen er endnu ikke implementeret i Danmark, og der er derfor ingen konkret realiseret miljøeffekt. Potentielt vil teknologien kunne nedbringe ’non-compliance’-niveauet i de danske farvande – dvs. antallet af skibe, der ikke overholder udledningskravene. Ifølge virksomhedens egne oplysninger er skibstrafikken i dag kilde til 70 pct. af svovludledningen og 50 pct. af NOx-udledningen i Danmark. Officielt henviser

de danske myndigheder til, at niveauet for non-compliance er 2 pct., mens de hollandske myndigheder henviser til et niveau på 6 pct. Virksomhedens egne målinger foretaget i Holland peger imidlertid på helt op til 18 pct. non-compliance.

**”Movias forsøg med opgradering af EURO 4, EURO 5 og EEV-busser”:** Amminex Emissions Technology er som nævnt den eneste producent, der efterfølgende har solgt og implementeret den demonstrerede løsning, og derfor også den eneste producent der har opnået dokumenterede miljøeffekter. Den primære miljøeffekt er affødt af de busser systemet er installeret på i Danmark. Her er de installeret på 301 busser, som siden installeringen har kørt 29,5 mio. km., hvilket pr. juni 2017 betyder en samlet reduktion på lige over 350 tons NOx. Derudover er løsningen installeret i 55 busser i England, som har kørt 1,1 mio. km, hvilket giver en reduktion på 22,4 tons NOx. Installationen i disse busser er til dels sket på baggrund af et separat demonstrationsprojekt i England, hvor der også er trukket på erfaringerne fra DK. Der foreligger ikke målinger på mængden af partikler som løsningerne har fjernet, men producenten oplyser at de lever op til krav på 98-99 pct. reduktion i partikeltallet.

**”Retrofit af brændselsventiler til reduktion af luftforurening fra skibsdieselmotorer i service”:** Den primære miljøeffekt ved projektet har været NOx-reduktionen opnået ved retrofit af brændselsventilerne. NOx-reduktionen hænger tæt sammen med hvilken motorbelastning (engine load) der sejles med på det pågældende skib. Reduktionen kan som nævnt variere, og ligger mellem 8-15 pct. På baggrund af at løsningen er installeret på 275 skibe, og med hensyntagen til den typiske motorbelastning for de pågældende skibe, er det MAN Diesels bedste bud, at det samlet har ført til en NOx-reduktion på 27.500 ton årligt. Den maksimalt op-

nåelige reduktion for skibene, ved optimal motorbelastning, vil ligge på 42.000 ton NOx årligt.

Udover NOx-reduktionen har skibene som tidligere nævnt også haft en reduktion i emissioner af CO (25-50 pct.) og HC (90 pct.).

#### 10.4 Erhvervsmæssig effekt

Når det gælder erhvervsmæssige og økonomiske effekter er der i de fem projekter overordnet set arbejdet med to forskellige potentielle kundegrupper. I de projekter, hvor der er arbejdet med forebyggelse af luftforurening og behandling af udstødningsgasser og udledningsluft, har man arbejdet på at udvikle løsninger til kunder i transportbranchen (maritim og til lands), mens projektet, der har fokuseret på måling, kontrol og analysesystemer, har danske og udenlandske miljø- og tilsynsmyndigheder som potentielle kunder.

Som nævnt i foregående afsnit er det kun i to af de fem projekter, at den demonstrerede løsning efter endt projektperiode er solgt og implementeret i større omfang. Derudover har projektet, der har udviklet et måle-, kontrol og analysesystem, solgt systemet som en leasing-løsning til en enkelt kunde. Selvom der er tale om et konkret salg, er omfanget for lille til at vurdere den erhvervsmæssige effekt, og der er derfor – som for de resterende projekter – primært er tale om en potentiel erhvervsmæssig og økonomisk effekt.

I det følgende gennemgås konkrete og afledte erhvervsmæssige effekter for hvert af projekterne.

**”Udvikling og test af vand/olieemulsion som brændstof til skibsmotorer”:** Teknologien er hverken sat i produktion eller solgt, og den har derfor ikke haft nogen erhvervsmæssig effekt. Der foreligger pt. ingen planer om at markedsføre løsningen, og den potentielle erhvervsmæssige effekt kan derfor heller ikke estimeres.

#### **”Udvikling af partikelfiltre til skibe/emissionsreducerende kombinationsløsninger til skibe”:**

Projektet viste, at installationen af kombinationsløsninger på færger er omkostningstung, hvilket afkræftede et markedspotentiale for producenten, som efterfølgende ikke har installeret lignende løsninger på andre færger. De primære faktorer, som gjorde installationen dyrere end forventet, knytter sig til pladsforhold på færgen, størrelsesforholdet for selve løsningen samt tilgængelighed, da færger sjældent er i dok, og installation og eftersyn derfor måtte foregå ad flere omgange i døgnets ydertimer.

#### **”Måling af NOx-udledning fra skibstrafikken ved hjælp af droneteknologi og Overvågning og tilsyn med svovlemissioner fra skibsfart vha. droneteknologi”:**

Løsningen er solgt til en engelsk kunde, som en leasingløsning på softwaredelen. Kunden er Martek Marine, som har vundet et EU-udbud for overvågning og kontrol af den maritime sektor ved hjælp af fjernstyret teknologi. Den samlede kontraktsum på udbuddet var på 10 mio. euro, hvoraf virksomheden har fået en lille andel.

Teknologien er dog klar til yderligere salg, men salget er afhængigt af, at myndighederne i højere grad ønsker at håndhæve udledningskravene. *Virksomheden ser et potentiale i IMO's skærpede krav for svovl-udledning, som træder i kraft i 2020, og det vurderes, at dette muligvis vil sætte gang i markedet.* Teknologien er konkurrencedygtig, idet den nærmeste danske konkurrents teknologi er baseret på sensorer, der er installeret på fly, hvilket er mere omkostningstungt end at bruge den pågældende teknologi i helikoptere. Pt. hindrer den danske lovgivning for flyvning med droner (som kræver ”visual line of sight”), at koblingen mellem systemet og droner er konkurrencedygtig, men i

tilfælde af at lovgivningen ændres, vurderes denne version at være en mere effektiv løsning.

Efter fokusanalysernes dataindsamling er det blevet offentliggjort, at Explicit har indgået en aftale med Miljøstyrelsen om overvågning af svovludledning i dansk farvand på samlet 1,2 mio. kr. i 2017.

**”Movias forsøg med opgradering af EURO 4, EURO 5 og EEV-busser”:** Den primære erhvervsmæssige effekt af projektet er afledt af *udbuddet af ”Luftpakken”, som Movia udbød under projektperioden.* Her bød alle tre producenter ind, og Amminex Emissions Technology vandt den samlede ordre. Samlet set har ordren haft en værdi på omkring 80 mio. kroner. Derudover har Amminex efterfølgende solgt 55 løsninger til UK og omkring 50 løsninger til Sverige. Efter interviewet med Amminex har de offentliggjort virksomhedens *første ”store ordre” på udstyr til i alt 20.000 busser og lastbiler til Sydkorea, og har derudover offentliggjort en aftale om installation af deres system på yderligere 5000 busser i UK.* Omsætningen i Amminex Emissions er steget fra 8,6 mio. kr. i 2013 (ved projektets opstart) til 34,7 mio. kr. i 2016. Samlet set har virksomheden pt. bekræftede handler for mellem 370-740 mio. kr.

Aktiviteten hos Emicon Systems blev indstillet kort efter projektperioden. Purefi A/S udvikler og sælger fortsat andre af deres produkter (herunder partikelfiltre). De har ikke oplevet en direkte erhvervsmæssig effekt af deltagelsen i projektet, da de ikke har solgt løsningen efterfølgende. De har dog oplevet afledt salg (på andre komponenter) på mellem 2-3 mio. kr. Virksomhedens omsætning er ikke offentliggjort, men bruttofortjenesten er steget en anelse fra 2 mio. kr. i 2013 til 2,2 mio. kr. i 2016.

**”Retrofit af brændselsventiler til reduktion af luftforurening fra skibsdieselmotorer i service”:** Brændselsventilerne er som nævnt installeret på

275 skibe. Omkostningen ved installationen afhænger af motortypen, men ligger i gennemsnit omkring 30.000 euro pr. skib, hvilket giver en samlet omsætning for installationen på 8,25 mio. euro svarende til omkring 61 mio. kroner.

Det er virksomhedens vurdering, at der i alt findes omkring 525 skibe med de pågældende motorer, som med Approved Method burde retrofittes. De peger på flere årsager til, at det ikke er sket. Den primære forklaring er, at løsningen er omkostningstung, særligt taget i betragtning af at det er *ældre skibe (fra midt 90’erne og frem) hvilket gør at deres levetid er begrænset.* Her vil redderne naturligt afveje, om det kan betale sig at opgradere et skib, som alligevel vil skulle tages ud af drift inden for en årrække. Kombineret med en lempelig håndhævelse fra myndighedernes side, har det gjort at flere reddere har undladt at installere løsningen.

Det er svært at afgøre hvor stor en del af salget af ventilen, der er direkte afledt af projektet. Virksomheden vurderer, at flere rederier formentlig ville have efterspurgt løsningen, selvom den ikke var gjort lovpligtig (som det blev gjort med projektet). De har dog oplevet at få kontakt til en del nye kunder, hvor brændselsventilerne har været indgang til en ny kunderelation.

## 10.5 Samfundsmæssige effekter

---

MUDP programmet har siden 2008 bevilget knapt 51 mio. kr. til 100 afsluttede projekter inden for renluftsløsninger. Hertil er der igangsat yderligere 30 projekter med bevillinger på hen ved 98 mio. kr.

### 10.5.1 Aggregeret effekt på miljø og teknologi

De samfundsmæssige miljø- og sundhedsforbedrende potentialer for at nedbringe skadelige luftpartikler er betydelige<sup>19</sup>. Det vurderes at der sker 3.200 for tidlige dødsfald på landsplan om året som følge af luftforurening<sup>20</sup>. I tillæg til de direkte miljø- og sundhedsmæssige effekter er Danmark også gennem internationale aftaler, såsom Göteborg-protokollen, forpligtiget til at reducere skadelige emissioner.

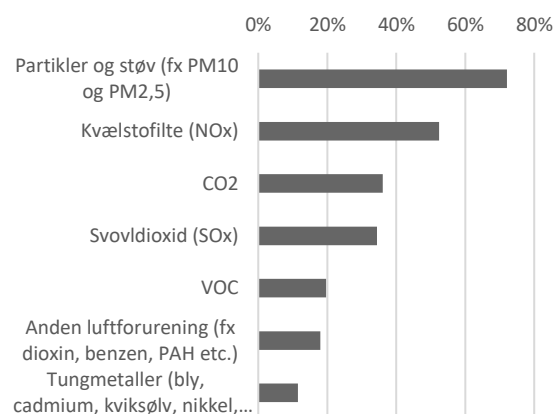
Den danske skibstrafik står for ca. 13 pct. af Danmarks samlede NO<sub>x</sub>-udledning<sup>21</sup>. Dertil kommer de betydelige udledninger fra dansk-opererede skibe i udlandet, der skyldes den danske maritime position på det globale transportmarked<sup>22</sup>. Disse udledninger kan lede til sundhedsproblemer for besætning, passagerer og kystnær beboelse, og et stigende fokus på emissionsreduktion kan derfor have stor effekt på folkesundheden såvel som miljø. Herudover tegner skibstrafikken sig for en ikke uvæsentlig andel af de samlede udledninger af partikler samt svovldioxid.

De aggregerede effekter af casestudierne begrænser sig for tre af de fem studier alene til den læring og kompetenceudvikling som projekterne har givet anledning til, idet de ikke har givet nogen direkte kommerciel effekt (meromsætning eller besparelser) for de involverede virksomheder. To af projekterne har ledt til såvel kommercielle salg som miljømæssige effekter.

Denne fordeling svarer nogenlunde overens med virksomhedernes svar i spørgeskemaundersøgelsen, hvor 37 pct. af de adspurgte vurderer at projektets primære miljøeffekt er opnået gennem det udviklede teknologiprodukt. De øvrige adspurgte fortæller at projektet primært har resulteret i ny viden, som fx kan anvendes i efterfølgende udviklingsprojekter.

De miljøområder, som projekterne ifølge spørgeskemaundersøgelsen har gavnet er især reduktion af partikel- og støvudledning, samt emissioner på NO<sub>x</sub> CO<sub>2</sub> og SO<sub>x</sub>. Godt 72 pct. af de projekter der har modtaget MUDP tilskud til luftforureningsteknologi har arbejdet med at reducere belastningen fra partikler og støv, og 52 pct. af de adspurgte har arbejdet med at bidrage til en reduktion i udledningen af kvælstof. Lidt over hver tredje af de adspurgte projekter har arbejdet med at reducere CO<sub>2</sub>-emissionerne og næsten ligeså mange svovldioxid.

FIGUR 10.1  
Miljøsigtet i MUDP's tilskud 2008-16, tema Luftforurening



Kilde: NIRAS

Note: Spørgsmål: "Hvilket miljø- og ressourcemæssigt sigte har projektet haft?" (N=50)

<sup>19</sup> Fra Natur og Miljøpolitisk redegørelse fra 2015 samt miljøtilstandsrapporten 2014.

<sup>20</sup> Natur og Miljøpolitisk redegørelse, 2015

<sup>21</sup> Beregninger baseret på DST tabel MR01 og MRU1, 2015 tal,

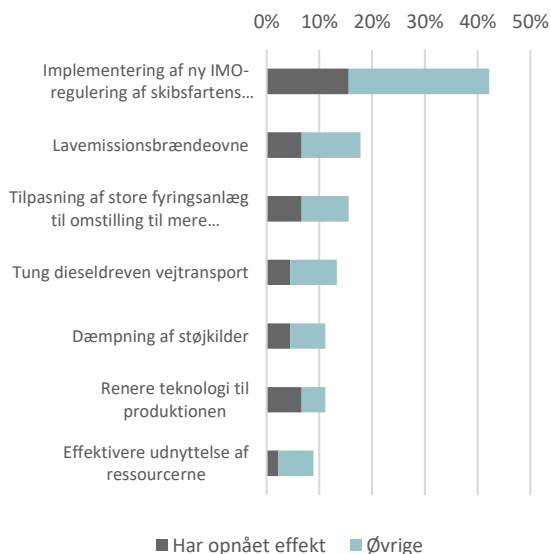
<sup>22</sup> Beregninger baseret på DST tabel MR01 og MRU1, 2015 tal, Emissioner fra dansk-opererede skibe i udlandet udgør mere end 7 gange det totale udslip på dansk territorium, dvs UNFCCC-opgørelse.

Figur 10.2 herunder viser projekternes teknologiske sigte ifølge de adspurgte virksomheder i spørgeundersøgelsen.

MUDP's tilskud har ifølge dem primært haft fokus på teknologier der reducerer skibsfartens luftforurening (42 pct.) og teknologier til lavemissionsbrændeovne (18 pct.) tilpasning af fyringsanlæg (16 pct.), samt til tung dieseldreven vejtransport. Generelt viser analysen at omtrent en tredjedel af disse projekter ifølge de adspurgte foreløbigt har opnået en miljø- eller ressourcemæssig effekt.

FIGUR 10.2

Teknologisigtet i MUDP's tilskud 2008-16, tema Luftforurening



Kilde: NIRAS

Note: Spørgsmål: "Er fokus i teknologiudviklingsprojektet blandt følgende indsatser?", samt " Er der på nuværende tidspunkt indtruffet en miljø- eller ressourcemæssig effekt at projektet?" (N=50). Syv største områder.

### 10.5.2 Vækstmæssige effekter

Spørgeskemaundersøgelsen viser at ca. 12 pct. af MUDP's virksomhedsbevillinger inden for renluftsløsninger oplevet en større årlig omsætning som følge af deres resultater. Hver virksomhed har om-

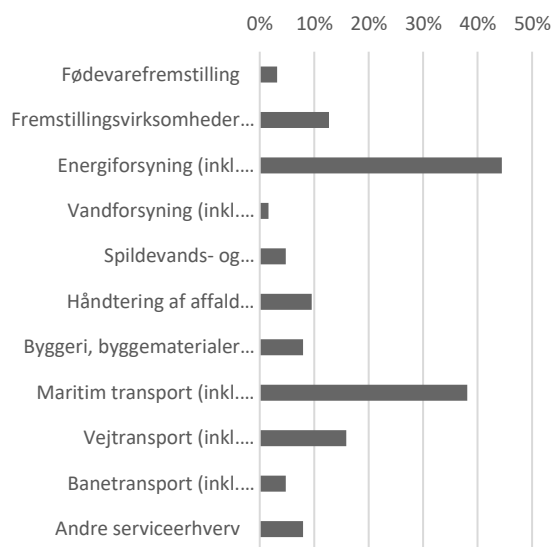
sat ca. 0,16 mio. kr. mere som følge af MUDP's bevilling. Heraf følger at MUDP inden for reduktion af luftforurening kan have medvirket til en årlig omsætningsstigning for virksomhederne på ca. 11 mio. kr. i indeværende år.

Adspurgt om deres forventninger om 3 år, så forventer 24 pct. af de adspurgte virksomheder at deres projekter afføder en meromsætning på godt 11 mio. kr. Med forbehold for om virksomhedernes forventninger vil blive indfriet, svarer dette samlet til en direkte årlig meromsætning på 144 mio. kr. om 3 år.

Beskæftigelsesmæssigt viser spørgeskemaundersøgelsen yderligere, at MUDP direkte har bidraget til ca. 36 nyansatte medarbejdere internt i de deltagende virksomheder, to år efter projekterne er afsluttet. Det svarer til at der på baggrund af hvert projekt gennemsnitligt ansættes ca. 0,6 årsværk.

FIGUR 10.3

Afsætningssektorer på MUDP's tilskud 2008-16, tema Luftforurening



Kilde: NIRAS

Note: Spørgsmål: "I hvilke dele af erhvervslivet skal teknologien i projektet finde anvendelse?" (N=50).

Spørgeskemaundersøgelsen viser endvidere at MUDP især skaber resultater der udnyttes af energiforsyning og den maritime sektor.

Ifølge de adspurgte sigter 44 pct. af virksomhederne på energiforsyningssektoren og 38 pct. på den maritime transportsektor. Tredjestørste område er vejtransportområdet.

Endeligt indikerer besvarelserne i spørgeskemaundersøgelsen, at MUDP's tilskud til luftforureningsområdet har skabt mereeksport i 6 pct. af projekterne. Den direkte mereeksport er samlet på 5 mio. kr. på de projekter der er blevet rapporteret afsluttet.

Fire af de fem casestudier under dette tema er rettet mod maritim udstyrsproduktion og nye, emissionsreducerende teknologier. Danmark har som en historisk søfartsnation en markant styrkeposition inden for maritim teknologiproduktion og det globale marked for retrofitting inden for skibsfart har skabt et potentiale som i de sidste 5-10 år været stødt voksende i takt med stramningen på de globale og europæiske krav. Det er især markedet for opgraderinger i forhold til SOx og Ballastvand der er relevant. Disse markeder er i øjeblikket drevet af 2020 målsætninger (Ecorys, 2012), og havde i 2012 et globalt potentiale på mellem 4,5 til 6,5 mia. euro. De danske maritime udstyrsfabrikanter beskæftigede i 2014 ca. 19.000 fuldtidsansatte og havde en eksportværdi på 25,7 mia. kr., svarende til ca. 2,6 pct. af den samlede danske eksport. MUDP projekterne bidrager dermed til at styrke en markant dansk styrkeposition med forholdsvis stort vækstpotentiale. For det enkelte projekt som har medført kommercielt salg, er denne effekt også udmøntet i en konkret meromsætning, selvom den økonomiske effekt foreløbigt er begrænset til tre kunder.

Et af projekterne fokuserer på miljøløsninger inden for tung dieseldrevet vejtransport. Danmark har ikke haft en dominerende styrkeposition for løsninger inden for dette område, så selvom projektet har givet anledning til et kommercielt mersalg for en af de deltagende virksomheder, så vil den opnåede gevinst sandsynligvis have en mere begrænset afsmittende effekt på vækst og beskæftigelse fordi det danske marked og eksportmulighederne er mere begrænset. Det skal dog her nævnes, at selvom en af de deltagende virksomheder ikke opnåede en direkte kommerciel gevinst af projektet, så skabte projektet kompetencer der smittede af på deres salg af løsninger til den maritime sektor. Virksomheden formåede at lave mersalg i form af en maritim renluftsløsning og dermed skabe en positiv spillovereffekt til den maritime sektor.

## 11 Ressourcegenvinding og effektivisering i vandsektoren

Den danske styrkeposition i vandsektoren har traditionelt været pumper og ventiler, men salg af rensningsløsninger inden for enzymhåndtering, filtrering og kemikalier mm som spildevandsløsninger og ressourcebesparende teknologier omfatter, har været i vækst<sup>23</sup>.

Under fokusområdet er der udvalgt i alt seks MUDP-støttede projekter, der er undersøgt nærmere, og det er dermed det bredest dækkede fokusområde. Aktørerne der er involveret i de seks projekter har både været forsyningselskaber, GTS-institutter, universiteter og private virksomheder.

Af de seks projekter har fire arbejdet med teknologiske løsninger til genvinding af ressourcer fra, eller effektivisering af processen i, renseanlæg og vandværker. De resterende to projekter har arbejdet med hhv. effektivisering af rensning af vand i industrivirksomheder og private hushold, og effektivisering af tørringsprocessen for returemballage.

De seks projekter beskrives kort herunder.

- **141-00596: "BIO2BOOST Udvikling af starterkulturprodukter til etablering af biologiske omsætningsprocesser i vand" GEUS, Krüger og HOFOR (2014-2015)**  
Udvikling af en bakteriestarterkultur til sandfiltre i vandværker, som gør at filtrene hurtigere kan rense grundvandet og leve op til grænseværdier for indhold af ammonium, mangan og pesticider.
- **141-00129 + 141-00238 "Vand afsaltning af havvand - udvikling af biometrisk membranmodul" + "Udvikling af flade Aquaporin membraner til ekstraktion af rent vand fra**

### **forureneede vandlige opløsning" Aquaporin (2010-2013)**

To på hinanden følgende projekter støttet af MUDP-ordningen med formål om at videreudvikle firmaets "flatsheet"-membraner, så de kan produceres med større overflade og ved maskinel produktion (i modsætning til tidligere håndlavede membraner).

- **141-00666 "Forøget fosforgenvinding fra spildevand og slam" Aarhus Vand (2013)**  
Udviklingsprojekt med fokus på genvinding af fosfor fra struvit udfældet fra rejektivand produceret ved afvanding af udrådnet slam fra et renseanlæg. Formålet med projektet var at påvise en genvindingsgrad på op til 60 pct., og udvikle en metode for genvinding som også er rentable for rensningsanlæggene.
- **141-00530 1/2 "Billund Bio Refinery - Fremtidens spildevandsanlæg" Billund Vand og Krüger (2013-2023)**  
Fyrtårnsprojekt hvor der bygges en ny form for spildevandsanlæg, som både reducerer energiforbruget i forhold til konventionelle anlæg, og samtidig producerer energi gennem anlægges forskellige processer. Projektet har haft syv arbejdsopgaver; 1) Online styring, 2) Bundbeluftning, 3) Biotilgængelig fosforfældning 4) Rejektivandsrensning 5) Videregående vandrensning (efterpolering til at fjerne forskellige stoffer) 6) Termisk Hydrolyse 7) Udvidelse af rådnetanksanlæg. Det er særligt online styring og termisk hydrolyse, som der har været fokus på at udvikle.
- **141-01187 "Genindvinding af fosfor fra spildevandsslam" Hjortkær Maskinfabrik, Aalborg Universitet og Teknologisk Institut (2015-2017)**  
Igangværende projektet hvor der arbejdes med at forfine en metode til genvinding af fosfor fra spildevandsslam, ved at binde en højere andel

<sup>23</sup> Dansk eksport af vandteknologi 2015, Notat, Mst, 2016

i rejektvandet, hvorfra det så udfældes. Målet er at opnå 80 pct. fosforgenvinding med en omkostning på under 60 kr. pr. kg.

- **141-00201 "Nyt ressourcebesparende tørresystem til returemballage i fødevarerindustrien" Semi-Staal og Asgaard Tool Design (2012-2013)**

Virksomheden har under projektet arbejdet med at udvikle et nyt tørresystem baseret på centrifugeteknologi, hvor systemerne tidligere har været baseret på kompressorteknologi (lufttørring). Målet med projektet har været at udvikle et system som bruger væsentligt mindre energi og vand, samtidig med at støjen reduceres og tørreegenskaben forbedres.

### 11.1 Generelle faktorer med betydning for effekten

På trods af forskellige specifikke fokusområder er der en stadig en række fælles forhold mellem de seks projekter, som har haft betydning udvikling og demonstration af miljøteknologiske løsninger. De knytter sig særligt til, at de alle i et eller andet omfang har arbejdet med teknologi indenfor vandsektoren.

Overordnet kan nævnes tre forhold: 1) at effektivisering har miljømæssige fordele 2) at vandsektoren befinder sig i en udviklingsperiode og 3) at regulering overvejende fungerer som en positiv driver for eksport.

#### Effektivisering med miljømæssige fordele

*"Idéen starter ikke med udgangspunkt i ressourcer, men ift. driftsproblem, hvor P ophobes som stor intern belastning som struvit i rør og varmeveksler. Som rådgivere kastede vi idéen på bordet om, at man muligvis kan løse problemet - løse [udfordringen med] driften og samtidig få et materiale, der kan anvendes som ressourcer." (Projektpartner)*

Rensning af spildevand er en proces, der kræver ressourcer i form af både energi og kemi. Det be-

tyder, at en effektivisering af en rensningsproces naturligt også vil indebære miljømæssige fordele, og at motivationen i udviklingsprojekterne indenfor området derfor er anderledes end nogle af de andre fokusområder. Hvor arbejdet med at reducere luftforurening er drevet af målet om at overholde lovgivning, og bæredygtigt byggeri drives af bygherrers ønske om at opretholde et grønt image (altså motiver hvor miljøet er den primære driver), så er projekterne indenfor vandsektoren i højere grad drevet af en ambition om at effektivisere en proces eller genvinde en værdifuld ressource (eller begge dele), hvor miljøeffekten indgår som en sekundær gevinst.

Et velkendt eksempel i den sammenhæng, som flere af projekterne har arbejdet med, er udfordringen med struvit i rensningsanlæg. Dannelsen af struvit er en driftsmæssig udfordring for anlæggene, da det tilstopper rør og kan føre til nedlukninger. Samtidig indeholder struvitten fosfor, der som næringsstof på samme tid kan være forurenende i vandmiljøet og værdifuld gødningsmiddel i landbruget. Den primære motivation i arbejdet med at fjerne struvit fra rensningsanlæggene har altså været at effektivisere driften, ved at undgå tilstopninger, hvilket så samtidig har en positiv effekt miljømæssigt, eftersom der samtidigt genindvindes fosfor fra processen.

Også i de projekter der ikke har arbejdet specifikt med vandværker og rensningsanlæg, har miljøeffekterne gået hånd i hånd med driftsmæssige fordele og god økonomi. Det gælder både for Aquaporins udvikling af membraner, som potentielt kan spare industrikunder for transport og vandforbrug, og for Semi-Staals udvikling af centrifugal tørre-teknik, som kan spare virksomheder for både energi- og vandforbrug.

#### En sektor i udvikling: fra affaldshåndtering til produktion

*"Helt generelt fylder ressource temaet rigtigt meget, når man taler spildevand og også kildesorteret husholdningsaffald. Så*



*renseanlæg ændrer navn til ressourcecentre for at understrege, at vi gør noget på ressourcesiden. Og det er noget, der arbejdes meget med. Det drives af den politiske bevidsthed og jeg tror også, at der må være et ønske fra befolkningen om, at man gerne vil have ressourceløsninger.” (Projektpartner)*

I Danmark har vandsektoren historisk været drevet af et stærkt politisk og folkeligt ønske om rent drikkevand og et sundt vandmiljø. Opgaven for sektorens forsyningsselskaber har primært været at udvikle så grundige og stabile rensningsprocesser som muligt. Igennem de senere år er der i stigende grad kommet fokus på potentielle gevinster i forbindelse med rensning af spildevandet såsom energiproduktion og ressourcegenvinding. Det skaber en særlig situation, hvor der er mange muligheder for udvikling og optimering, men gennemførelsen skal hele tiden vejes op i mod den primære opgave om at levere og rense vand.

Udviklingsprojekterne på området skal med andre ord ikke kun kunne påvise at de har en miljømæssig effekt, men også at den kan opnås uden andre negative effekter for driften. Det giver derfor et marked med mange løsninger og muligheder, som i sidste ende er afhængig af, at der også er ledelser i forsyninger, der tør tage springet og risikoen, og implementere en ny teknologi som ikke kun bidrager til selskabets primære formål.

Omvendt bliver udviklingsprojekterne ofte værdsat af medarbejdere i sektoren. De er vant til at optimere processer i forhold til at rense eller håndtere ”affaldsprodukter”, men har også stor interesse i at arbejde videre med muligheden for at producere energi eller genindvundne ressourcer. Her kommer udviklingsprojekterne også til at fungere som en form for medarbejderpleje for selskaberne, hvilket er en ikke uvæsentlig afledt effekt.

### **Regulering giver eksportfordele**

*”Virksomheden kan ikke invitere selv, for det bliver opfattet som korrupsion [i udlandet]. Så det er vigtigt med et samarbejde som dette, for det er typisk borgmesteren der sender invita-*

*tion om, at det er kommunen der står bag - det er det offentlige.” (Projektpartner)*

Den danske tradition for at værne om vandmiljø med en relativt streng regulering er noget, som flere partnere i projekterne fremhæver som en fordel for både selve udviklingen af nye miljøteknologiske løsninger, og for afsætningen af dem til udlandet. Partnerne oplever at reguleringen har været med at forme en vandsektor, der hele tiden arbejder med at forbedre sig og være på forkant med udviklingen, men ligeså vigtigt at det også er blevet bemærket i udlandet. Flere af projekterne har således allerede nydt stor opmærksomhed fra udlandet, hvilket de kommercielle partnere understreger afgørende for deres løsninger. Det danske marked i sig selv er vigtigt, men samtidig også begrænset. De store potentialer i udbredelsen af en ny teknologi ligger i også at kunne eksportere den til udlandet.

I forhold til eksportmulighederne fremhæver de aktører, der har indgået i projekter med offentligt-privat-partnerskab, at denne samarbejdsform er af stor betydning. Det offentlige selskabers engagement i projekterne er med til at blåstempe løsningerne, og understrege at de kan fungere i praksis, hvilket giver de private virksomheder andre muligheder for kundekontakt, end de ellers ville have. Et eksempel er Billund Bio Refinery som det kommunalt ejede Billund Vand står bag, sammen med den private rådgivningsvirksomhed Krüger. Her har Billund Vand afholdt en lang række besøg for myndighedsrepræsentanter fra hele verden, hvor projektet og løsningerne er vist frem. Det ville ikke på samme måde have været muligt for Krüger at gøre selv, og de har derfor også fået stor positiv eksponering på baggrund af projektet.

## 11.2 Miljøteknologisk effekt

Af de seks projekter kan de seks betegnes som udviklingsprojekter hvor ny teknologi er udviklet og videreudviklet. I to af disse projekter er der indgivet patentansøgning på den konkrete løsning. Det sidste projekt har karakter af et demonstrationsprojekt, hvor eksisterende løsninger er demonstreret i en ny og større sammenhæng.

I to af projekterne er de udviklede løsninger implementeret og i drift, i to andre er den udviklede løsning i sidste fase af en markedsmodningsproces og snart er klar til salg, mens løsningerne i de sidste to projekter stadig er under udvikling. I det følgende gennemgås de miljøteknologiske effekter for hvert af projekterne.

**”BIO2BOOST Udvikling af starterkulturprodukter til etablering af biologiske omsætningsprocesser i vand”:** På baggrund af indledende analyser og forsøg blev det tidligt i projektet valgt at gå videre med at udvikle starterkultur til fjernelse af ammonium, da de viste de mest lovende resultater. Der blev derefter ikke arbejdet videre med starterkulturer til fjernelse af mangan og pesticider.

I et storskala forsøg med tilsætning af starterkultur til sandfilter lykkedes det at nedbringe tiden til opnåelse af grænseværdien for ammonium med 14 dage. Partnerne fremhæver, at resultatet er opnået uden særlig effektiv opdyrkning, og uden særlig stor koncentration af bakterier i kulturen, hvorfor der er meget optimistiske omkring at resultaterne i fremtiden kan forbedres.

Der er indgivet en patentansøgning på baggrund af projektet, og det vurderes desuden at der er samlet materiale nok til også at udarbejde nogle videnskabelige artikler om emnet. Videreudviklingen af starterkulturer til fjernelse af ammonium kører videre som et VUDP-støttet projekt.

**”Vandafsaltning af havvand - udvikling af biometrisk membranmodul” + ”Udvikling af flade Aquaporin membraner til ekstraktion af rent vand fra forurenede vandlige opløsning”:** Virksomheden har i de to projekter arbejdet med at udvikle produktionen af membraner og ikke selve membranteknologien. De er gået fra at producere deres *”flatsheet” membraner i hånden med en aktiv overflade på maks 4.5 cm<sup>2</sup>* til nu at kunne producere membraner med aktiv overflade på 500 cm<sup>2</sup> på maskiner (roll-to-roll). Produktionstiden blev samlet reduceret med ca. 70 pct.

**”Forøget fosforgenvinding fra spildevand og slam”:** Målet om 60 pct. genvinding af fosfor vurderes fra et økonomisk perspektiv ikke at være realistisk, og er gennem projektet nedjusteret til at være maks. 45 pct. (det niveau de anslår er rentabelt). Ved højere genvinding forstyrres andre processer for meget, og der skal bruges for meget ekstra kemi, som gør det meget dyrt ift. hvor meget fosfor der genvindes. Fuldskala forsøg viste desuden at man ved 60 pct. genvinding påvirkede produktionen af biogas, hvilke gjorde det urentabelt. Målet i projektet var oprindeligt at samle to delstrømme. Det er kun den ene delstrøm, der er kørt på i Aaby rensningsanlæg, hvilket har givet en udvinding på 15-30 pct. Når den anden delstrøm kommer op og kører, regner de med en genvinding på op til 45 pct.

Det andet rensningsanlæg i projektet, Viby, var udfordrende at foretage forsøg på under projektperioden, fordi mange mindre anlæg netop var blevet omlagt til at føre deres spildevand til dem. Det gjorde at de øgede fældningskemien i perioden, som igen gjorde det svært at arbejde med struvitgenvinding. Der er derfor ikke foretaget forsøg der under projektet. Forsøgene på Viby var planlagt for at køre processen på et anlæg med primær kemisk rensning (Aaby har 80 pct. biologisk rensning). Efter projektperioden har processen vist sig muligt

at arbejde videre med på Herning rensningsanlæg som er 50 pct. biologisk og 50 pct. kemisk, hvor løsningen er implementeret. Derudover er det planlagt også at implementere den på det nye Marselisborg rensningsanlæg. Virksomheden vurderer, at processen i princippet kan udbredes og gøres rentabel på alle rensningsanlæg med rådningsstanke og en størrelse på min. 50.000 PE.

**”Billund Bio Refinery - Fremtidens spildevandsanlæg”**: Ud af de 7 arbejdsplaner i projektet, fremhæver projektpartnerne særligt at to har haft afgørende betydning for projektet. Der er tale om demonstration af allerede udviklede teknologier.

1. Exelys (termisk hydrolyse)

Siden august 2016 er der kørt termisk hydrolyse på alt biologisk slam (spildevandsslam og husholdningsaffald) baseret på ”Exelys” konceptet som er udviklet af Krüger. Der er erfaret udfordringer ift. varmeveksler og polymerproblemer, som er løst undervejs. Overordnet har processen vist sig ekstremt stabil og driftssikker ift. erfaringer fra andre dele af verden. Samlet set anslås processen at have hævet biogasproduktionen med 50-60 pct., mens slam-mængden er nedsat med 30-40 pct. Det er dog ikke muligt endnu at isolere den øgede biogasproduktion til den termiske hydrolyse, da noget af det kan hænge sammen med anlæggets øgede kapacitet. Der er igangsat et nyt projekt med fokus på at få data på hvad Exelys præcist leverer.

2. STAR (online styringsværktøj til anlægget).

Online styring af anlægget baseret på Krügers værktøj ”STAR”. Virksomheden har oplevet udfordringer i form af modstand fra driftspersonalet ved implementering, som stille og roligt er overkommet. I starten resulterede det i store udsving i styringen, fordi personalet korrigerede

systemet. Det er kommet i bedre balance nu. Det vurderes at denne online styring har gjort det lettere at styre processen, så der er mere frisk slam end tidligere, hvilket igen har resulteret i en bedre fosforstyring. Derudover har det bidraget til at nedbringe kvælstofudledningen.

**”Genindvinding af fosfor fra spildevandsslam”**:

Projektet er endnu ikke afsluttet, og virksomheden er derfor forsigtig med at offentliggøre data, før de er sikre. Målet er først at melde data ud, når de er klar til at kunne søge om procespatent. Resultaterne bør derfor læses med visse forbehold.

Overordnet er der arbejdet med to dele i projektet: 1) at øge fosformængden i rejeckt vand i rensningsanlæg og 2) fælde fosforen fra rejeckt vandet. Indtil nu er der primært arbejdet med den første del. På baggrund af indledende tests, arbejdes der ikke længere med mikrobølger og ultralydsbehandling for at øge fosformængden, men i stedet syrebehandling (nedsænkning af pH). Normalt er 30-40 pct. fosforen bundet i rejeckt vandet, mens virksomheden i nogle tests har opnået at binde 90 pct. De er desuden kørt fuldskalaforsøg med at hæve fosforindholdet på Randers rensningsanlæg, på en delstrøm på 100 kg i timen, hvor det er lykkedes at binde ligeså meget som i laboratoriet. Pt. arbejdes der videre med at udskille fosforen fra rejeckt vandet efterfølgende (fase 2).

**”Nyt ressourcebesparende tørresystem til returemballage i fødevarerindustrien”**:

Under projektet har virksomheden udviklet en ny og forbedret teknologi til at tørre returemballage, baseret på et centrifugesystem fremfor et kompressorsystem. Det har først og fremmest øget tørreevnen (målt i tilbageværende gram vand pr. bakke) fra 4-5 gram vand til 1-3 gram vand.

Efter MUDP-projektet er maskinen videreudviklet, da der viste sig at være nogle udfordringer ved den

maskine som blev udviklet under projektet. Det gælder særligt:

- Kapacitet: udvidet fra 3500 kasser i timen til 5500 kasser i timen
- Cyklustid (fra kasser kommer ind til de kommer ud igen): nedbragt fra 38 sekunder til 23,5 sekunder.
- Design: maskinen havde et kubeformet design som gjorde at kasserne kunne flyve ud ved fejl. Den er ny designet som en cylindrisk form, så kasserne kommer til at ligge op ad siden hvis de ryger ud.

Den nye udgave af maskinen har opnået amerikansk patent (på tørresystem der slynger to kassestaber rundt om en akse). Der er desuden søgt om Europæisk patent, som stadig er under behandling.

Som en afstikker fra projektet arbejdes der med at udvikle et "enkeltbakke" centrifugesystem til mindre kunder. Denne model er stadig i udviklingsfasen.

### 11.3 Miljøeffekt

De seks udviklingsprojekter har ikke arbejdet med de samme miljøbelastninger, og det er derfor heller ikke muligt at fremhæve tværgående miljøeffekter fra projekterne. Dette skyldes til dels, som nævnt i kapitlets indledning, at projekterne ikke udspringer af behovet for at overholde en særlig lovgivning, men mere af muligheden for at effektivisere en proces eller øge genvindingen af ressourcer i den. Det tætteste man kommer på at kunne definere tværgående miljøeffekter for fokusområdet (potentielle som realiserede) er derfor også dem der knytter sig til effektivisering af rensningsprocesser (eksempelvis lavere energiforbrug) eller genvinding af ressourcer.

Af de seks projekter er der to som er blevet implementeret og vurderes at have haft en konkret miljøeffekt. Denne er dog ikke blevet endeligt doku-

menteret i nogle af projekterne endnu, men baserer sig på antagelsen af at testresultater indfries i driften. Derudover er der to andre projekter, som har vist meget positive testresultater, og som vurderes at vil få en konkret miljøeffekt ved implementering og salg. I de sidste to projekter er der stadig tale om potentielle miljøeffekter. I det følgende gennemgås konkrete og potentielle miljøeffekter for hvert af projekterne.

**"BIO2BOOST Udvikling af starterkulturprodukter til etablering af biologiske omsætningsprocesser i vand"**: Løsningen er endnu på et udviklingsstadium, og er ikke implementeret i nogle vandværker endnu. Der er derfor ingen realiserede miljøeffekter. Den primære potentielle miljøeffekt knytter sig til, at nedbringe den tid det tager for nye sandfiltre naturligt at opbygge bakteriekulturer der fjerner ammonium, mangan og pesticider fra vandet. Det tager normalt 1-1½ måned at opbygge store nok kulturer til at grænseværdierne overholdes, hvor vandværkerne imens må lede vand til recipienter i stedet for forbrugere. Afhængigt af størrelse og vandkvalitet skiftes sandfiltrene fra alt mellem 5 til 50 års mellemrum. Løsningen vil altså kunne forhindre at grundvand "spildes" ved at de ledes til recipienter, i stedet for husstande. Det kræver dog, at der også udvikles starterkulturer til at fjerne mangan og pesticider, hvilket der som nævnt ikke er gjort fremskridt med i projektet.

**"Vand afsaltning af havvand - udvikling af biometrisk membranmodul" + "Udvikling af flade Aquaporin membraner til ekstraktion af rent vand fra forurenede vandlige opløsning"**: Membranen er endnu ikke på markedet, og der er derfor heller ingen konkrete realiserede miljøeffekter.

Membranernes potentielle miljøeffekter knytter sig til de to områder hvor virksomheden i øjeblikket satser på at de finder anvendelse:

1. Reverse Osmosis (RO) som er trykbaseret osmose til rensning af vand i private hushold (pt. særligt fokus på Kina). Her kører de første

pilotprojekter, og det er tæt på at komme på markedet. Ifølge virksomhedens egne tests giver deres produkt 50-60 pct. recovery på vandet, mod konkurrenternes 15-20 pct. på nuværende tidspunkt. Membranernes holdbarhed kender de ikke fuldtud endnu, da pilotprojekterne kører, men de regner med min. 50 pct. mere effekt end nærmeste konkurrent.

2. Forward Osmosis (FO) hvor der bruges hulfiber i membranerne. Det er stadig på et udviklingsstadium, hvor der afprøves og afdækkes forskellige forretningsområder. De ser overordnet to anvendelsesområder:
  - Rensning af industrispildevand (konkret forsøg med Arla) som giver mulighed for genbrug af vand og mindsker transport/omkostning ved bortskaffelse af spildevand. Her sigter de efter at kunne reducere 100 liter spildevand til 10 liter (omkring 80-90 pct. recovery, med minimum 60 pct.). Det vil føre til miljøeffekt ift. mindre transport og vandforbrug.
  - Opkoncentrering/"buffering" af produkter, som giver producenter mulighed for at bedre produkt – eksempelvis kaffekonzentration (som kan gøres mere skånsomt), eller vacciner/pharma (igangværende EU-støttet udviklingsprojekt "DiVine"). Her er de potentielle miljøeffekter ikke kortlagt.

**"Forøget fosforgenvinding fra spildevand og slam"**: En væsentlig del af projektets miljøeffekt består i at struvit blev godkendt som gødning under projektet.

Miljøeffekten knytter sig således til ressourcegenvinding i forhold til fosfor. Ved at fosforen frigøres til et separat produkt, kan den bedre distribueres efter gødningsbehov. Dermed har det også effekt på vandmiljø og på længere sigt for import af kunstgødning.

Derudover ser virksomheden også en række andre afledte miljøeffekter af projektet, såsom mindre N-belastning, mindre slamproduktion, højere tørstof i afvandet slam. De er dog ikke dokumenteret eller kvantificeret.

**"Billund Bio Refinery - Fremtidens spildevandsanlæg"**: Den primære miljøeffekt er todelte: der produceres energi og der spares energi.

1. Produktion: Der produceres varme og strøm fra anlægget. De er oppe på at producere 2,9 gange så meget energi, som de selv bruger samlet set (på energiproduktion, rennsning af vand og levering af drikkevand). Det skyldes særligt at de må opsamle husholdningsaffald fra lokale. Produktionen er samlet set steget fra ca. 8,6 mio. kWh til ca. 14 mio. kWh om året.
2. Besparelse: Det er lykkedes at reducere energiforbrug med 10 pct., selvom de har øget kapaciteten med 25.000 PE.

Derudover har *implementeringen af "STAR"* nedbragt udledningen af kvælstof med 12 ton ren kvælstof årligt, og anlæggets forbedrede filtre vurderes at spare recipienterne for 10-15 ton organisk stof om året.

**"Genindvinding af fosfor fra spildevandsslam"**: Projektet er stadig i gang, og der er derfor ingen realiseret miljøeffekt. Målet er stadig at kunne genvinde 80 pct. fosforen fra spildevandsslammet.

I den anvendte metode med nedsyring af rejektvandet, er der en balancegang mellem at få en høj koncentration af fosfor i rejektvandet uden at få for mange tungmetaller med, da de også bindes. Det sætter en naturlig grænse for hvor høj en andel af fosforen der kan bindes ved den anvendte metode, dog stadig vurderet til at ligge omkring 80-90 pct.

**"Nyt ressourcebesparende tørresystem til returemballage i fødevarerindustrien"**: Maskinen er endnu ikke solgt og implementeret, så der er endnu ingen realiserede miljøeffekter.

Potentielt har den nye maskine tre konkrete miljøeffekter, hvoraf førstnævnte er den væsentligste:

- Lavere energiforbrug: Målet var en 75 pct. reduktion i energiforbrug. Ifølge virksomheden bruger den nye maskine over 95 pct. mindre energi. I runde tal bruger den gamle kompressormaskine 100 kWh mens centrifugen bruger 3,8 kWh.
- Lavere vandforbrug: Målet var en reduktion på 40 pct. i vandforbruget. Den nye maskine er ifølge virksomheden nede på gennemsnit 2 gram vand pr. bakke mod et tidligere gennemsnit på 5 gram vand i kompressorløsningen. Det svarer til en 60 pct. reduktion. Ved 5.500 kasser i timen svarer det til en besparelse på

16,5 liter vand i timen. Det skal ses i relation til, at de største kunder på pool-markedet (for re-uremballage) renses 1,6 mia. kasser om året, svarende det til en besparelse på ca. 5000m<sup>3</sup> vand, hvilket må anses for en relativt beskedent besparelse. Her er tale om den mængde vand der potentielt kan genvindes, idet tørremetoden ikke har indflydelse på mængden af vand der bruges til rensning.

- Lavere støjforurening: En traditionel kompressor ligger på ca. 90 dBA, mens at centrifugen ligger på 70-75 dBA. Tallene er baseret på virksomhedens egne observationer under test, hvor der er støjmåler til stede.

#### 11.4 Erhvervsmæssig effekt

Som nævnt i foregående afsnit er det kun i to af de seks projekter, at den udviklede løsning er solgt og implementeret, mens løsningerne fra to andre projekter er meget tæt på at komme på markedet.

**”BIO2BOOST Udvikling af starterkulturprodukter til etablering af biologiske omsætningsprocesser i vand”**: Løsningen er ikke implementeret eller solgt endnu, og der er derfor ingen direkte erhvervsmæssige effekter af projektet. GEUS har dog, som nævnt, modtaget VUDP-midler til et opfølgende projekt, hvori de har et årsværk.

De potentielle kunder for en færdigudviklet starterkultur, vil primært være vandværker der skifter sandfiltre ofte. I forhold til eksportmuligheder fremhæver parterne, at *”biologiske” sandfiltre er en løsning som er ret unik for Danmark. I USA ville løsningen således skulle konkurrere med kulfiltre, som fungerer med det samme ved installation. Her vil det derfor ikke være nok at tiden for opbygning af bakteriekulturer nedbringes, men man skal også være i stand til at sige mere præcist hvor lang tid det vil tage, for at være en reel konkurrent på markedet.*

**”Vand afsaltning af havvand - udvikling af biometrisk membranmodul” + ”Udvikling af flade Aquaporin membraner til ekstraktion af rent vand fra forurenede vandlige opløsning”**: Membranerne er som nævnt ikke markedsført eller solgt endnu, og der er derfor ingen direkte erhvervsmæssige effekter af projektet.

Direkte afledt af de to MUDP-støttede projekter, har virksomheden opnået støtte fra markedsmodningsfonden til udviklingen af FO produktet, og de er kommet med i DiVine EU-projektet om opkoncentrering af medicinalprodukter (til en samlet værdi på 7,6 mio. euro, delt mellem 6 parter).

I forhold til afledte erhvervsmæssige effekter er virksomheden også vokset betydeligt siden projekterne – dels på baggrund af at de har tiltrukket yderligere investeringer. De er vokset fra en egenkapital på 17 mio. kr. i 2011 til over 200 mio. kr. i 2016, og fra omkring 14 til 51 fastansatte i samme periode.

**”Forøget fosforgenvinding fra spildevand og slam”**: Med godkendelse af struvit som gødning, sælges den genvundne struvit nu til landmænd, hvilket er den primære erhvervsmæssige effekt af projektet. Ved *”premium kvalitet” kan det sælges for 2000 kr./ton. I øjeblikket producerer Aaby rensningsanlæg 100 kg struvit i døgnet, hvilket svarer til en årlig omsætning på 73.000 kr. (ved premium kvalitet og optimale driftsforhold). Målet er at fordoble denne produktion, ved at udvide processen til den anden delstrøm også. Anlægget i Herning producerer pt. 50 kg struvit i døgnet svarende til en omsætning på 36.500 kr. årligt (ved premium kvalitet og optimale driftsforhold). Målet er her at tre-doble produktionen til 150 kg./døgn. Marselisborg rensningsanlæg vurderes potentielt at kunne producere 600-700 kg./døgn svarende til ca. 475.000 kr. pr. år (ved premium kvalitet og optimale driftsforhold).*



*Derudover har Aarhus Vand en række "tilsluttede aktiviteter", hvor de kan sælge rådgivning til firmaer der bygger anlæg, hvilket beløber sig i omkring 200-300.000 kr. om året.*

En anden afledt erhvervsmæssig effekt ligger hos producenten af anlæg til genvinding (Stjernholm) og de rådgivere der hjælper med udregningerne (fx Krüger). Det vurderes at anlægget i installation, anlæg og rådgivning har kostet omkring 10 mio. i Marselisborg og 4 mio. kr. i Herning.

**"Billund Bio Refinery - Fremtidens spildevandsanlæg"**: Projektets primære erhvervsmæssige effekt ligger hos Krüger som har leveret de store løsninger til anlægget. For dem har det været en stor styrke at projektet har været et offentligt-private-samarbejde, da det har givet dem en legitimitet, at de har offentlig partner, der har implementeret deres løsningen i fuldskala, og som kan fremvise den til potentielle kunder. Konkret har Krüger efterfølgende solgt projekter i Sydkorea til en samlet værdi på 30. mio. DKK (hvor termisk hydrolyse installeres som add-on på eksisterende anlæg) samt et mindre feasibility projekt i Libanon støttet af Danida.

Billund Vand har oplevet stor interesse fra primært energikunder, og har pr. sommeren 2017 haft besøg af 787 internationale fagfolk og politikere og 1.585 danske gæster.

**"Genindvinding af fosfor fra spildevandsslam"**: Projektet er endnu ikke afsluttet, og der er derfor endnu ingen realiserede økonomiske effekter.

På baggrund af gode testresultater forventer virksomheden at opnå endnu lavere produktionsomkostninger (pris pr. kg. fosfor) end først antaget. Oprindeligt blev omkostningerne anslået til 60 kr./kg, men nu forventes at kunne nå under 20 kr./kg. Prisen er afgørende for, om den genvundne fosfor er konkurrencedygtig i forhold til importeret fosfor. Potentielt forventer virksomheden, at kunne

eksportere fosforen til nabolande hvor man i dag ikke må sprede spildevandsslam på markerne, og det bliver derfor kørt til forbrænding (eksempelvis Tyskland, Holland og Schweiz).

**"Nyt ressourcebesparende tørresystem til re-  
turemballage i fødevarerindustrien"**: Maskinen er endnu ikke solgt, og der er derfor ingen konkrete realiserede erhvervsmæssige effekter af projektet. Virksomheden er dog i dialog med store udenlandske kunder vedrørende salg. De håber på at kunne afsætte 2-3 stk. om året til udlandet for flerbakkesystemet og 3-6 stk. om året af enkeltbakkesystemet til DK og det nordiske marked når den er færdigudviklet. Virksomhedens overslag på tilbagebetalingstiden for et centrifugeanlæg vs. et kompressoranlæg, udregnet på baggrund af energibesparelsen alene (ved 250.000 kWh mindre om året, og en pris på ca. 1 kr. pr. kWh) giver en tilbagebetalingstid på 2-3 år.

## **11.5 Samfundsmæssige effekter**

---

Siden MUDP-programmets start i 2008 er der bevilget 278 mio. kr. til 301 projekter inden for vandområdet. 86 af de 301 projekter er fortsat under implementering. Projekterne omfatter en bred sammensætning af forskellige projekttyper, fra test og demonstration og fyrtårnsprojekter til projekter der har fokus på vidensopbygning, eksportfremme og partnerskaber.

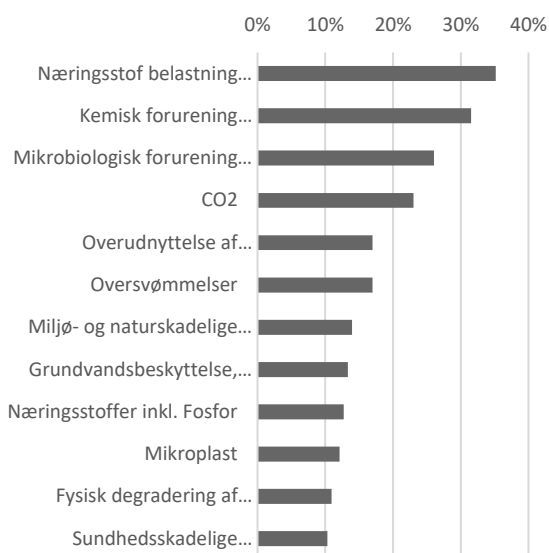
### **11.5.1 Aggregeret effekt på miljø og teknologi**

I figuren herunder fremgår de miljøområder, som de adspurgte ifølge spørgeskemaundersøgelsen har sigtet efter. 35 pct. af de adspurgte virksomheder der har arbejdet med projekter inden for vandområdet, vurderer at tilskuddet har arbejdet med at reducere belastningen af næringsstoffer til vandmiljøet, og 32 pct. at det har reduceret kemisk forurening. Hver fjerde virksomhed med et projekt inden for vandområdet svarer endvidere at fokus har

været på mikrobiologisk forurening og 23 pct. at det har reduceret CO<sub>2</sub> emissionerne.

FIGUR 11.1

Miljøsigtet i MUDP's tilskud 2008-16, tema Vand



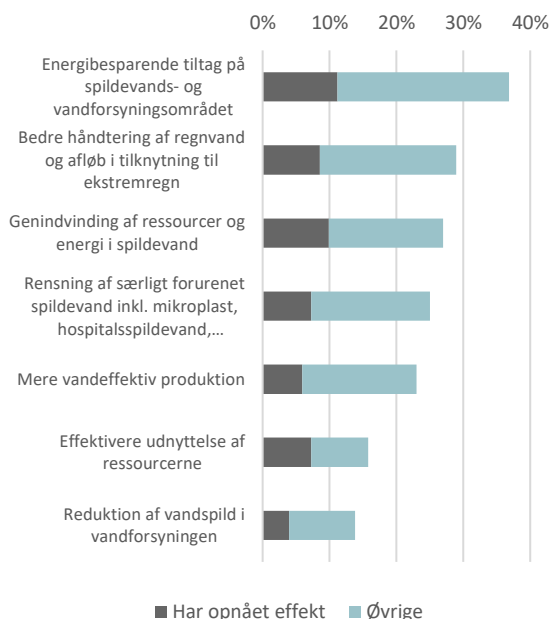
Kilde: NIRAS

Note: Spørgsmål: "Hvilket miljø- og ressourcemæssigt sigte har projektet haft?" (N=156)

Det teknologisk sigte projekterne har haft ifølge de adspurgte virksomheder er primært energibesparende tiltag og teknologier der håndtere regnvand og afløb og genindvinding af ressourcer og energi.

FIGUR 11.2

Teknologisigtet i MUDP's tilskud 2008-16, tema Vand



Kilde: NIRAS

Note: Spørgsmål: "Er fokus i teknologiudviklingsprojektet blandt følgende indsatser?", samt "Er der på nuværende tidspunkt indtruffet en miljø- eller ressourcemæssig effekt at projektet?" (N=156). Syv største områder.

### 11.5.2 Vækstmæssige effekter

Vandsektoren har stor bevågenhed, og anses for at være en vigtig dansk styrkeposition. Dette afspejler sig da også i at området udgør 40 pct. af de samlede bevillinger indenfor MUDP.

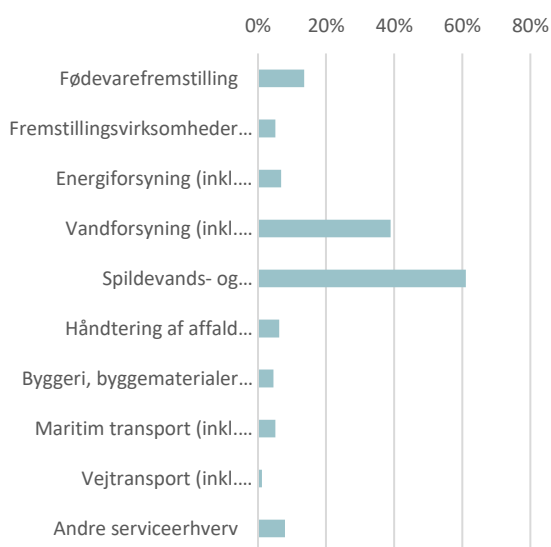
Ifølge spørgeskemaundersøgelsen opnår ca. 22 pct. af virksomhederne inden for effektivisering af vandsektoren der modtager tilskud fra MUDP årlige meromsætninger på i gennemsnit knap/mindst 0,5 mio. kr. Heraf følger at MUDP inden for resourcegenindvinding og effektivisering i vandsektoren kan have medvirket til en årlig omsætningsfremgang for virksomhederne på ca. 97 mio. kr. Omkring 47 pct. forventer at deres projekter om 3 år afføder en meromsætning på 17 mio. kr. Med



forbehold for at virksomhedernes forventninger vil blive indfriet, svarer dette samlet til en direkte årlig meromsætning på 788 mio. kr. om 3 år.

FIGUR 11.3

Afsætningssektorer på MUDP's tilskud 2008-16, tema Vand



Kilde: NIRAS

Note: Spørgsmål: "I hvilke dele af erhvervslivet skal teknologien i projektet finde anvendelse?" (N=156).

Casestudierne belyser hvordan MUDP især skaber resultater der udnyttes af forsyningssektoren, både hvad afgår afsætning men også i forhold til at demonstrere partnerskaber med den private sektor. Fyrtårnsprojektet med Billund BioRefinery demonstrerer hvordan vandforsyningerne med fordel kan indgå i samarbejde med den private sektor om nye løsninger, der til og med åbner nye eksportmuligheder. Dette billede bekræftes også af spørgeskemaundersøgelsen. I den peger 61 pct. af de adspurgte virksomheder på at teknologien skal finde anvendelse inden for spildevands- og afløbs- og vandrensning og 39 pct. i vandforsyning. Derudover

fremhæver 14 pct. fødevarerfremstilling som et væsentligt afsætningsområde.

Beskæftigelsesmæssigt viser spørgeskemaundersøgelsen yderligere, at MUDP har bidraget til ca. 128 nyansatte medarbejdere internt i de adspurgte virksomheder, to år efter projekterne har været afsluttet. Det svarer til at der på baggrund af hvert projekt gennemsnitligt ansættes ca. 0,6 årsværk.

Cirka 12 pct. af de adspurgte virksomheders MUDP-tilskud har i dag ført til eksport på samlet 33 mio. kr. Analyserne viser da også at vandområdet er det temaområde, som har størst effekt på eksporten. Dansk eksport inden for vandteknologi er i EU kun overgået af Italien og var i 2016 på 16,8 mia. kr.

Hvis spørgeskemaundersøgelsen og de undersøgte projekter er repræsentative for de samlede bevillinger inden for området, så har MUDP haft en klar rolle i markedsmodningen af produkterne på et teknologisk og vækstmæssigt vigtigt markedsområde for Danmark. I kraft af områdets klyngemæssige størrelse, så har bevillingerne med stor sandsynlighed opnået en positiv afsmittende effekt både indenfor og på tværs af især forsyningssektoren, fremstillingssektoren og de tekniske forskningsinstitutioner.

## 12 Klimatilpasningsløsninger

I perioden 2012-16 har MUDP bevilget 19 projekter som har miljøtema "klimatilpasning"<sup>24</sup>. Dertil kommer en række projekter inden for andre miljøtemaer, som også har en afledt effekt på klimatilpasning. Driveren er de kommunale, nationale og globale fokus på tilpasse sig til de igangværende klimaændringer. De teknologiske platforme for udvikling har primært været en modernisering af det samlede forsyningssystem gennem introduktion af moderne it-baserede styrings-, overvågnings- og monitoringsystemer, nye typer af rense- og resourcegenindvindingssteknologier til spildevandsanlæggene mv.

Under fokusområdet Klimatilpasningsløsninger er der udvalgt tre MUDP-støttede projekter, der er undersøgt nærmere. Projekterne har alle primært beskæftiget sig med klimatilpasningsløsninger som knytter sig til udfordringer ved regnvand og skybrud. Overordnet har projekterne arbejdet med følgende teknologiområder:

- Løsninger til opbremsning af stigende vand fra kloaker
- Løsninger til bedre rensning af overfladevand
- Løsninger til forbedret varsling og styring af vandmængder

Der er dermed ikke set projekter med fokus på havvandstigninger eller kystsikring.

De tre projekter beskrives kort herunder.

- **141-00036 Udvikling af partikelseparator til rensning af vejvand, WaterCare, Teknologisk Institut og Københavns Universitet (2010)**  
Projektet havde overordnet to formål: at udvikle en ny målemetode til at måle de fineste partikler i vand, og derudover at teste og videre-

<sup>24</sup> Opgjort ved at udtrække projekter der af MST er markeret med miljøtema "2. Klimatilpasning" i MST's database.

udvikle en partikelseparator der kan filtrere partikler ud af overfladevand (vejvand).

- **141-00370 + 141-00984 OMOVAST I og II - Operativ model til Varsling og Styring, Krüger, BIOFOS, HOFOR og DMI (2013-2016)**

To på hinanden følgende MUDP-støttede projekter. Formålet med projektet har været at udvikle et varslingssystem, som ved skybrud kan varsle forsyninger og myndigheder om hvor og hvor meget vandstanden forventes at stige. Idéen er at give myndigheder bedre mulighed for at styre vandmængderne og dermed undgå skader på materiel og miljø.

- **141-00422 + 141-00969 Højteknologisk konkurrencedygtigt højvandslukke/Varsling af overløb i kloak samt automatisk afkobling af ferskvandsforsyning, UrbanWater (tidl. WellSafe) (2013-2016)**

To på hinanden følgende MUDP-støttede projekter hvor der er udviklet en højvandslukkeløsning til hhv. enkeltbruger og flerbrugerkredse. Selve højvandslukket er udviklet som retrofitløsning til eksisterende kloaker med en mobil sendeenhed, som giver boligejeren/boligejerne besked pr. sms når det aktiveres.

### 12.1 Generelle faktorer i forhold til effekt

Parterne i de tre projekter peger på flere faktorer, som generelt har haft betydning for projekternes effekt og mulighed for at dokumentere denne. Det gælder særligt: 1) risikovurdering, 2) de store markedsaktører og 3) vejrets uforudsigelighed.

#### Et spørgsmål om risiko

"Vi kender alle risikokortlægningen – sandsynlighed gange omkostninger. Der har man i København sagt, at det kan betale sig at sikre helt op til 1000 års hændelse mht. stormflod i forhold til skadesomfang." (Projektpartner)

Et centralt spørgsmål, når der skal udvikles og

demonstreres klimatilpasningsløsninger, er spørgsmålet om risiko. Risiko for skybrud og dertilhørende oversvømmelser er det, som styrer investeringerne i klimatilpasningsløsningerne. Det har både betydning for størrelsen af investeringerne (hvor risikoen for en hændelse og dens potentielle omkostning indregnes), men også for hvor stor efterspørgslen på en løsning er. Her oplever projektpartnerne, at der i forbindelse med særlige hændelser som skybrud kan opstå en øget efterspørgsel på deres løsninger, som følge af den øgede samfundsmæssige opmærksomhed der følger med oversvømmelser. Denne opmærksomhed kan dog også aftage igen, og giver samlet et svingende marked som kan være udfordrende at navigere i.

### **Et marked drevet af store aktører og lokale interesser**

*"Miljøstyrelsen har haft en evaluering (...) [der] viser, at der ikke er så mange, der har sat penge af. Men dem der har, har typisk rigtig mange af dem. [Det er] de store kommuner, og dem der har været ramt af regnskyll og så videre - de har sat mere af."*  
(Projektpartner)

Projektpartnerne oplever, at markedet for klimatilpasningsløsninger er særligt drevet af de store aktører på området, dvs. store kommuner, forsyningsselskaber og boligselskaber, som har ressourcerne til at investere i klimatilpasning. Det gør, at der er et stort potentiale for projektpartnerne i at udvikle nye løsninger til klimatilpasning, men stiller også krav til, at det er løsninger, som skal kunne anvendes i stor skala og have demonstreret effekt, for at de bliver efterspurgt.

Samtidig oplever projektpartnerne at markedet for klimatilpasningsløsninger er drevet af regionale aktører, hvor det særligt er områder der oplever konkrete problemer med overfladevand som efterspørger løsninger, sammen med aktører omkring de større byer (hovedstaden og Aarhus),

hvor de største skader (rent beløbsmæssigt) forekommer.

### **Uforudsigelighed og uregelmæssighed gør det svært at dokumentere effekt**

*"Det kommer sig også af regnhændelser... det er sin sag at teste noget, hvor regnguderne skal være med os."* (Projektpartner)

En særlig udfordring, som knytter sig til at udvikle miljøteknologiske løsninger på området, er den uforudsigelighed og uregelmæssighed, som er forbundet med klimatilpasning. Selvom en løsning er færdigudviklet og står klar til brug, som eksempelvis et højvandslukke, vil det kræve en særlig hændelse (som et skybrud) for at dokumentere dens effekt i drift. Det kan besværliggøre dokumentationen overfor potentielle kunder, som ønsker løsningens effekt dokumenteret i fuldskala eller driftserfaringer før de investerer. Uforudsigeligheden kan også give udfordringer i selve udviklingen af en ny løsning, da det ikke med sikkerhed kan afgøres hvornår og hvor stor en hændelse vil være. Det har eksempelvis skabt udfordringer for udviklingen af varslingsystemer (OMOVAST/SURFF), hvor en akilleshæl fortsat er den manglende præcision i DMI's prognoser.

### **12.2 Miljøteknologiteknologisk effekt**

Rent teknologisk har de tre udvalgte projekter arbejdet med vidt forskellige løsninger. Et af projekterne har arbejdet med at kombinere eksisterende teknologi på nye måder, mens de to resterende har arbejdet med at udvikle decideret ny teknologi. I de ene af de to udviklingsprojekter er der indgivet en patentansøgning.

Projekterne vedrørende udvikling af varslingsystem og højvandslukke er videreudviklet efter MUDP-projektets afslutning, mens det tredje ikke er udviklet yderligere. I de to projekter som har fortsat udviklingen mangler løsningen stadig yder-

ligere tilpasning før den kan udbredes i stor stil. Løsningerne er dog solgt i begrænset omfang, men uden at der er dokumenteret yderligere drifts-erfaringer.

I det følgende præsenteres hvert af projekternes miljøteknologiske effekter.

**”Udvikling af partikelseparator til rensning af regnvand”**: Under projektet har Teknologisk Institut afprøvet to forskellige metoder til test af partikeludskilning; en som benytter kvartskorn af mærket Millisil (som kan fås ned til 16  $\mu\text{m}$ ) og et med karborundpulver også kaldet slibekorn (som kan fås ned til 1,5  $\mu\text{m}$ ). Den ’kritiske størrelse’ partikler man ønsker at fjerne fra vejvand ligger på 0,3-30  $\mu\text{m}$ . Partikeludskilningen blev målt ved hjælp af en laser udlånt af KU. Teknologisk Institut har gennem projektet opnået kendskab til og erfaring med at bruge laserdiffraktion som metode til at måle partiklers størrelse, og de har som følge af projektet anskaffet sig lignende udstyr selv. Der arbejdes videre med Millisil som målemetode da det er den metode som anvendes i eksempelvis Holland og Tyskland, på trods af at slibekorn minder mere om størrelsen af vejpartikler.

Selve partikelseparatoren er testet som komponent i eksisterende olieudskillere. Målet var at teste separatoren med en gennemstrømning på 15 l/s (svarende til afvanding af en plads eller vej på 1000 m<sup>2</sup>). Den største fjernelse af partikler opnåedes ved forsøg med Millisil W6 på 40  $\mu\text{m}$ , hvor 80 pct. af partikelindholdet i indløbsvandet blev tilbageholdt ved en vandstrøm på 4 l/s. Her er partikelstørrelsen dog over den kritiske størrelse, og vandstrømmen under et sammenligneligt niveau for vejvand. Testene indikerede, at udskilleren ved 2 l/s kunne fjerne mere end 10 pct. men under 50 pct. af partiklerne i vejvand, og at den ved 14 l/s ville kunne fjerne under end 10 pct. af partiklerne. Partikelseparatoren blev hverken videreudviklet

eller demonstreret i fuld skala efter projektets afslutning.

**”OMOVAST – Operativ Model til Varsling og Styring + OMOVAST II”**: To på hinanden følgende udviklingsprojekter hvor parterne henholdsvis har udviklet og videreudviklet værktøjet SURFF (Surface Flood Forecast), som kan levere en oversvømmelsesvarsling på op til 6 timer, for et valgt område. Varslingsprognosen er baseret på en kombination af fremskrevne radardata og en nedbørsprognose leveret af en vejmodel, udviklet specielt til at forudsige ekstremvejr. Den resulterende prognose anvendes sammen med havvandstandsdata som input til en MIKE URBAN 1D-2D model, der beregner konsekvensen af den forudsagte nedbør med hensyn til oversvømmelse<sup>25</sup>. Det første projekt har ledt til OMOVAST II, hvor udviklingen er fokuseret på at tilføje dels udenlandske radardata og dels luftfugtighedsmålinger vha. GPS til vejprognosemodellen og dermed varsle kraftige og ekstreme vejrhændelser endnu tidligere og mere præcist, end man gør i dag. Simuleringstiden på SURFF har været en udfordring, idet værktøjet bruger 15 minutter på at regne fire timer frem. Det er en konsekvens af detaljeringsgraden i den anvendte model. En forhindring for projektets succes er desuden afhængigheden af DMI’s *vejrprognosemodel*, der ikke er præcis nok, hvilket gør, at forudsigelserne ikke er nøjagtige og brugbare. Værktøjet er derfor ikke implementeret hos parterne (ikke koblet til styring eller varsling).

**”Højteknologisk konkurrencedygtigt højvandslukke + Varsling af overløb i kloak samt automatisk afkobling af ferskvandsforsyning”**: Igennem to på hinanden følgende projekter er der

---

<sup>25</sup>Kilde: [www.kruger.dk](http://www.kruger.dk)

udviklet et højvandslukke med tilhørende data-løsning, der kan informere husejeren pr. SMS, når højvandslukket aktiveres. Under første projekt udvikledes højvandslukket til enkeltbruger kredse (husstande med maks. 2 familier), mens det i andet projekt blev videreudviklet til flerbruger kredse (bygning med flere end to familier). Virksomheden har opnået patent på en fleksibel højvandslukkeløsning, og den er godkendt og certificeret til enkeltbruger kredse (DS432).

Højvandslukket er en retrofit-løsning, der kan installeres i eksisterende brønde. Det gør den relativt billig i forhold til konkurrerende løsninger der kræver udgravning af kloakbrønden. Det betyder også, at højvandslukket ikke benytter en pumpe-løsning som flere konkurrerende løsninger. Ved udvikling til flerbruger kredse blev det derfor nødvendigt med udvikling af en fjernstyret ventil til lukke af vandforsyning, så ejendomme ikke oversvømmes indefra når lukket aktiveres. Dette er en udfordring på grund af myndighedskrav om, at man altid skal kunne lede vand væk fra en ejendom. Virksomheden regner med at kunne opnå en dispensation for denne bestemmelse, men løsning til flerbruger kredse er endnu ikke endeligt godkendt.

En anden udfordring for løsningen er, at den pt. kun er udviklet til at passe i én type kloakbrønd, og at den i sin nuværende form derfor ikke kan anvendes i de tre resterende typer brønde, som er udbredt i Danmark.

### 12.3 Miljøeffekt

For de to projekter, som har arbejdet med hhv. løsninger til forbedret varsling af særlige hændelser og opbremsning af stigende vand fra kloaker, ligger den primære miljøeffekt i, at der kan undgås materiel skade og dermed den miljøbelastning, som følger med produktion, transport og indkøb af byggematerialer. I det tredje projekt, som har arbejdet med bedre rensning af overfladevand, ligger

den primære miljøeffekt i at der udledes færre partikler og tungmetaller til recipienter.

Som nævnt er ingen af de tre løsninger dog blevet solgt og implementeret i stor skala, og der er derfor endnu ingen konkrete realiserede miljøeffekter i de tre projekter. I det følgende gennemgås de potentielle miljøeffekter for hver af projekterne.

**”Udvikling af partikelseparator til rensning af regnvand”**: Partikelseparatoren blev aldrig færdigudviklet eller implementeret, og der er derfor ingen realiserede miljøeffekter af projektet.

Den potentielle miljøeffekt er renere vand fra især vej- og overfladevand. Ved at fjerner de fine partikler fra vandet, fjerner man potentielt også tungmetaller, hvilket ville være en positiv sidegevinst af partikelseparation.

**”OMOVAST – Operativ Model til Varsling og Styring + OMOVAST II”**: Der er endnu ingen konkrete miljøeffekter af projekterne, da SURFF ikke anvendes til styring eller varsling.

Den potentielt største miljøeffekt af projektet vil være at mindre vand bypasses ved ekstremhændelser grundet med styring og samstyring mellem forsyningsselskaberne, og at der bedre kan styres hvor vandmængderne ledes hen. Det vil betyde at en mindre mængde urensset vand ledes ud til recipienterne, og at følsomme recipienter bedre vil kunne beskyttes.

**”Højteknologisk konkurrencedygtigt højvandslukke + Varsling af overløb i kloak samt automatisk afkobling af ferskvandsforsyning”**: Man har endnu ikke opnået nogle miljøeffekter af projektet, da der blot er implementeret testversioner af højvandslukket, som ikke har været aktiveret. Virksomheden vurderer at den primære miljøeffekt vil være de miljømæssige produktionsomkostninger ved nyt bygge og anlægsmateriale, som følger med vandskader efter eksempelvis skybrud.

Højvandslukket kan, ifølge virksomheden, også forhindre en potentiel sammenblanding af spildevand og drikkevand, som kan ske ved brud på ledninger under oversvømmelse.

## 12.4 Erhvervsmæssig effekt

Når det gælder erhvervsmæssige og økonomiske effekter af projekterne, har partnerne arbejdet med flere forskellige potentielle kundegrupper. Der er dog bred konsensus om at det særligt af de større forsyningsselskaber og kommunerne, som driver markedet for klimatilpasningsløsninger.

Som nævnt indledningsvist er to af løsningerne solgt efter projektperioden, men der er tale om meget begrænset omfang, som er for lille til at vurdere den erhvervsmæssige effekt. Der er derfor primært tale om en potentiel erhvervsmæssig og økonomisk effekt.

I det følgende gennemgås de erhvervsmæssige effekter for hvert af projekterne.

**”Udvikling af partikelseparator til rensning af regnvand”**: Partikelseparatoren blev ikke videreudviklet eller markedsført, og der er derfor ingen direkte erhvervsmæssige effekter forbundet til den. Teknologisk Institut anslår at de har fået 5-10 kommercielle måleopgaver på baggrund af målemetoden udviklet i projektet, men det er stadig et nicheområde for dem.

**”OMOVAST – Operativ Model til Varsling og Styling + OMOVAST II”**: Det er ikke muligt at give et præcist prisoverslag på hvad løsningen koster, da det afhænger af hvor den skal implementeres, hvor stort et område den skal dække, mængden af rådgivning der er behov for, samt hvilken type kunde det skal installeres hos.

Løsningen inklusiv rådgivning er solgt til en anden forsyning (udover projektparterne) for 500.000 kr. Udover de tekniske udfordringer ved systemet, er

en udfordring for afsætningen, at nogle kommuner har overdraget beredskabsansvaret ved skybrud helt til redningsberedskabet, hvilket gør det uklart for nogle forsyningerne om de skal investere i varslingsredskaber. Det er derfor ikke entydigt, hvem systemets potentielle kunder er, eftersom systemet primært er udviklet til brug af forsyningsselskaberne.

**”Højteknologisk konkurrencedygtigt højvandslukke + Varsling af overløb i kloak samt automatisk afkobling af ferskvandsforsyning”**: Der er solgt 8 enkeltbrugerkreds-løsninger som er implementeret 5-6 steder (til priser mellem 18-25.000 kr.). Flerbrugerkreds-løsningen er der på nuværende tidspunkt solgt til en større kunde som en leasing løsning (1000 kr./md.), men kræver endnu endelig godkendelse før den kan installeres.

Målet er at sælge 192 løsninger i indeværende år, hvilket ifølge virksomheden bliver svært at nå, og 700-800 løsninger næste år. Visionen er, at man kan ansætte 50-60 personer i løbet af de næste fire år.

Derudover har MUDP-projekterne muliggjort, at virksomheden nu har søgt om 4,4 mio. kroner gennem Markedsmodningsfonden til at komme på videre ud på markedet.

## 12.5 Samfundsmæssige effekter

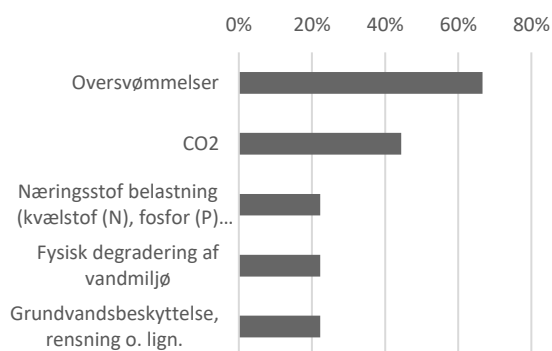
Siden starten i 2008 er der bevilget 15,6 mio. kr. til 19 projekter inden for temaet klimatilpasningsløsninger. Det er et forholdsvis mindre område i MUDP, men et erhvervsområde som Danmark som forgangland/foregangland inden for klimatilpasning og -sikring har en særlig styrkeposition på.

### 12.5.1 Aggregeret effekt på miljø og teknologi

De miljøområder, som de adspurgte ifølge spørgeskemaundersøgelsen har arbejdet med er især reduktion af risikoen for oversvømmelser og udledninger af CO<sub>2</sub>.

FIGUR 12.1

Miljøsigtet i MUDP's tilskud 2008-16, tema Klimatilpasning



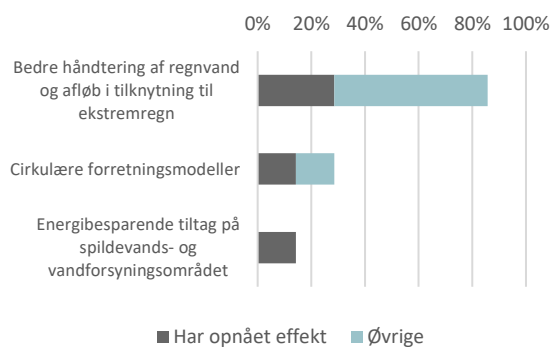
Kilde: NIRAS

Note: Spørgsmål: "Hvilket miljø- og ressourcemæssigt sigte har projektet haft?" (N=8)

I figur 12.2 herunder ses hvilket teknologisk sigte projekterne har haft ifølge de adspurgte virksomheder i spørgeskemaundersøgelsen.

FIGUR 12.2

Teknologisigtet i MUDP's tilskud 2008-16, tema Klimatilpasning



Kilde: NIRAS

Note: Spørgsmål: "Er fokus i teknologiudviklingsprojektet blandt følgende indsatser?", samt "Er der på nuværende tidspunkt indtruffet en miljø- eller ressourcemæssig effekt at projektet?" (N=8).

MUDP's har ifølge dem primært haft fokus på teknologier der forbedrer håndteringen af regnvand samt udviklingen af cirkulære forretningsmodeller.

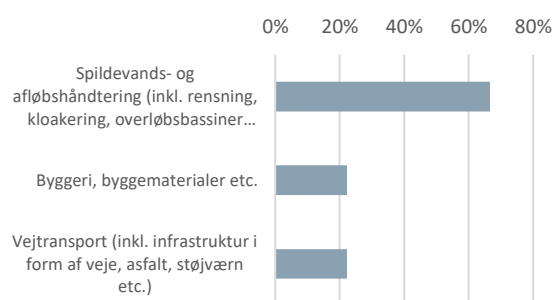
## 12.5.2 Vækstmæssige effekter

Danske virksomheder producerede ifølge Danmarks Statistik i 2015 varer og tjenester alene inden for spildevand- og regnvandshåndtering på over 18 mia. kr. og eksporterede for omkring 2,6 mia. kr.<sup>26</sup>. Beskæftigelsen var på ca. 7.000 personer, med omkring 1.500 ansat i fremstillingsindustrien.

I kraft af de få respondenter på de afsluttede projekter, har det ikke været muligt at vurdere den reelle omsætningseffekt i dag på området. Adspurgt om deres forventninger om 3 år, så forventer 38 pct. af de adspurgte virksomheder at deres projekter afføder en meromsætning på godt 37 mio. kr. Med forbehold for om virksomhedernes forventninger vil blive indfriet, svarer dette samlet til en direkte årlig meromsætning på 120 mio. kr. om 3 år. Den beskæftigelsesmæssige effekt forventes dog at være meget beskedent. Kun en ud af otte respondenter forventer at ansætte yderligere på baggrund af resultaterne fra deres MUDP tilskud.

FIGUR 12.3

Afsætningssektorer på MUDP's tilskud 2008-16, tema Klimatilpasning



Kilde: NIRAS

Note: Spørgsmål: "I hvilke dele af erhvervslivet skal teknologien i projektet finde anvendelse?" (N=8).

<sup>26</sup> Se tabel GRON 1, Statistik Banken, Danmarks Statistik



Spørgeskemaundersøgelsen viser at resultaterne af projekterne fortrinsvis vil føre til mere afsætning i forsyningssektoren (66 pct.) og byggesektoren (22 pct.) og vejtransport (22 pct.).

De afledte effekter på samfundsniveau er ud over de beskrevne direkte effekter, begrænset i og med at ingen af de undersøgte projekter endnu ikke er resulteret i et kommercielt salg af betydning, eller blevet installeret andre steder. Potentialet i de udviklede løsninger er ifølge de adspurgte virksomheder dog lovende og bidrager dermed til at optimere klimatilpasningsløsningerne og bedre et vidensgrundlag med hensyn til bedre, klimaresistente løsninger, der smitter af på valg af fremtidige løsninger for især GTS-systemet, men også kommuner, forsyningsselskaber, entreprenører og rådgivere.



## 13 Effektiv genanvendelse af affald

Under fokusområdet Effektiv genanvendelse af affald er der udvalgt to MUDP-støttede projekter. Begge projekter har arbejdet med at genvinde værdifulde ressourcer, men fra vidt forskellige affaldsfraktioner; hhv. gylle og elektronikaffald. Derfor er der heller ikke et konkret overlap mellem de teknologiområder, som projekterne har arbejdet med. Det ene projekt har bestået i en ETV-verifikation af en allerede udviklet løsning, mens der i det andet projekt er arbejdet på at udvikle en decideret ny løsning.

De to projekter beskrives kort herunder.

- **141-00371 "Udvikling af teknologier til udvinding af kritiske ressourcer ved behandling af elektronikaffald", Teknologisk Institut og Averhoff (2013-2015)**

Udviklingsprojekt med fokus på at finde en automatiseret proces til at udvinding af indium fra LCD-skærme og neodym fra magneter i harddiske, som ved projektets start ikke blev udvundet af virksomheden i deres behandling af elektronikaffald.

- **141-00757 "ETV Test og verifikation af PURROT separationsteknologi", PurFil (2013-2014)**

Virksomheden har tidligere udviklet maskinen PURROT til separation af organisk tørstof og næringsstoffer fra gylle (flydende affaldsfraktioner), som kan være med til at sikre en mere koncentreret gyllefraktion til biogasanlæg. Formålet med projektet var at få uadarbejdet en ETV af maskinen (Environmental Technology Verification).

### 13.1 Generelle faktorer med betydning for effekten

*"Hvis man går helt tilbage til da jeg startede på elektronik i 90'erne, der havde man også mekanisk anlæg. (...) Der skiltes alt ad med håndkraft. De som har svært ved at få arbejde [ar-*

*bejdede der]. Det var ikke så effektivt. Så man er gået over til at bygge mekaniske anlæg, for man har fokuseret på det, der er meget af – jern og aluminium. Man tænkte ikke på småtingene. De er mere relevante nu, så man har gradvist ændret tankegang til, at man i dag er nødt til at kigge efter disse små komponenter med sjældne ressourcer osv. Vi går lidt i ring til, at man skal skille det ad [igen]."* (Projektpartner)

Effekten af miljøteknologiske løsninger til genanvendelse både drives og begrænses af adgangen til de affaldsfraktioner der genanvendes og efterspørgslen på de ressourcer som kan genanvendes.

Efterspørgslen er særligt afgørende i udviklingen af nye løsninger, fordi det i sidste ende er den, der bestemmer prisen for den genanvendte ressource, og dermed hvor høje omkostningerne for genanvendelsesprocessen må være. I princippet kan langt det meste affald genanvendes, ved at det bliver sorteret i rene fraktioner, men i mange tilfælde kan det ikke svare sig rent økonomisk, omkostningerne ved genvindingen er for høj eller efterspørgslen på ressourcen for lav. På den måde er det i mindre grad et spørgsmål om hvorvidt en ressource kan genanvendes, og mere om hvor effektivt eller billigt den kan genanvendes. Den afvejning har været central i begge projekter, og de løsninger der er arbejdet med i projekterne er alle udviklet med det formål at gøre genanvendelse mere rentabel.

Adgangen til de affaldsfraktioner der udvindes ressourcer fra, har i sidste ende vist sig at spille en mere afgørende rolle for projekterne. I projektet om udvinding af kritiske ressourcer fra elektronikaffald, gik udviklingen af løsninger i stå efter projektets afslutning, da virksomheden tabte en udbudsrunde på håndtering af affald fra private. Uden den givne affaldsfraktion, var der ikke længere nogen forretning i løsningen. En lignende udfordring har i nogen grad ramt projektet om separation af gylle. Her betød regeringens udfasning af reduktionen af kvælstofnormerne som følge af Fødevarer- og land-

brugspakken fra 2016<sup>27</sup>, at landmænd fik mulighed for at gøde mere, og dermed også mindre behov for at sende gylle til bioforgasning.

### 13.2 Miljøteknologisk effekt

Af de to udvalgte projekter har karakter af et udviklingsprojekt, hvor der er arbejdet med nye miljøteknologiske løsninger, og et har karakter af et demonstrationsprojekt, hvor en eksisterende løsning er testet og verificeret.

I det følgende gennemgås hvert af projekternes miljøteknologiske effekter.

**”Udvikling af teknologier til udvinding af kritiske ressourcer ved behandling af elektronikaffald”:** Der blev i projektet demonstreret to nye metoder til udvinding af hhv. indium og neodym:

Indium blev udvundet gennem en metode baseret på ekstraktion med en syre. En syrekonzentration på 1 M vist med en ekstraktionstid på 4 timer en næsten fuldstændig ekstraktion af indiumindholdet. Det blev derfor vurderet, at udbyttet var over 90 pct. i ekstraktionsforsøgene. Indium kunne igen udfældes som pulver ved tilsætning af base. Baseret på resultaterne blev det vurderet, at indium kunne udfældes med høj effektivitet.

Neodym blev udvundet gennem en metode bestående af to dele; 1) Selektiv neddeling og 2) Opvarmning med henblik på afmagnetisering. *Metoden blev testet på 42 stk. 3½” harddiske og viste sig at kunne fraseparere uskadte magneterne med en effektivitet på 97,6 pct.* Effektiviteten af den efterfølgende raffineringproces er ikke dokumenteret i projektet. Flere detaljer omkring de to metoder

blev udeladt af slutrapporten, for at det ikke skulle kunne kopieres.

Der blev efterfølgende foretaget økonomioverslag for

behandlingsomkostninger og salgpris på begge metoder. Begge metoder viste sig lovende, og særligt resultaterne omkring neodym blev vurderet at være meget positive, hvorfor Averhoff efter projektet gik videre med udvikling af begge metoder.

Efter projektperioden tabte Averhoff udbuddet på at modtage affald fra private, og dermed også den fraktion som der potentielt skulle sorteres. Averhoff blev efterfølgende opkøbt af Kuusakoski, og det anlæg, som løsningerne er testet på, blev flyttet ud af Danmark. Der blev derfor ikke udviklet yderligere på metoderne. De blev ikke implementeret, og der er ikke søgt patent på dem.

Teknologisk Institut arbejder videre med en af metoderne i et nyt projekt, som der ikke kan offentliggøres data for endnu. Derudover fremhæver TI, at der er et potentiale for at genoplive metoderne når *EU's nye rammedirektiv for WEE træder i kraft.*

**”ETV Test og verifikation af PURROT separations-teknologi”:** Forud for projektet var der opnået verdenspatent på selve maskinen (PURROT). Under projektet opnåede maskinen ETV, hvilket for virksomheden er et afgørende skridt i at få den solgt. Maskinen har under testen demonstreret, at den kan frasortere op til 2/3 af gyllens organiske stof i en tyktflydende eller tør masse<sup>28</sup>. Dermed er den frasorterede masse en mere effektiv Bio-Fuel at tilføre til biogasanlæg.

Maskinen er ikke solgt og implementeret endnu, så der foreligger ikke konkrete driftserfaringer.

<sup>27</sup> ”Aftale om Fødevarer- og landbrugspakke”, Regeringen (Venstre), Konservative, Dansk Folkeparti og Liberal Alliance (2015).

<sup>28</sup> ”Test report for PURROT®”, AgroTech (2015).

### 13.3 Miljøeffekt

---

Miljømæssigt er der to forskellige perspektiver i en effektiv genanvendelse af affald. Selve genanvendelsen af affald er afgørende fra en ressourcemæssig vinkel, da det bidrager til at genanvende kritiske ressourcer, som der gradvist bliver færre af på verdensplan. En mere effektiv genanvendelse er af betydning fra en energimæssig vinkel, da det er med til at sænke energiforbruget ved selve genanvendelsesprocesserne. De to udvalgte projekter under fokusområdet har arbejdet med hhv. udvikling af genanvendelsesløsninger og effektivisering af genanvendelsesløsninger.

Som tidligere nævnt er løsningerne i de to projekter endnu ikke implementeret, og der er derfor ikke opnået nogle konkrete miljøeffekter af projekterne. I det følgende gennemgås de potentielle miljøeffekter for projekterne.

**”Udvikling af teknologier til udvinding af kritiske ressourcer ved behandling af elektronikaffald”**: De testede metoder til udvinding af neodym og indium er som nævnt ikke videreudviklet eller implementeret efter projektperioden, og der er derfor ikke realiseret nogle konkrete miljøeffekter som følge af projektet.

Den potentielle miljøeffekt består i at kunne genanvende kritiske ressourcer. I 2006 var der en produktion på 581 ton indium og en efterspørgsel på 234 ton og der forventes at være en efterspørgsel på 1.911 ton indium i år 2030. Produktionen for neodym lå i samme periode på 16.800 ton med en efterspørgsel på 4.000 ton, og der forventes en efterspørgsel på 27.900 ton i 2030 år<sup>29</sup>.

**”ETV Test og verifikation af PURROT separationssteknologi”**: Maskinen er som nævnt ikke

solgt eller taget i drift endnu, og der er derfor heller ingen konkrete miljøeffekter af projektet.

Den primære potentielle miljøeffekt vil være den brændstofbesparelser der opnås ved at køre mindre mængder gylle til biogasanlæg, for at opnå samme effekt. Virksomheden anslår at installation af PURROT hos en landmand, vil kunne reducere transporten med mellem 75-95 pct. Der foreligger dog ikke konkrete beregninger på dette potentiale endnu.

### 13.4 Erhvervmæssig effekt

---

Udbredelsen af miljøteknologiske løsninger til genanvendelse af affald hænger, som nævnt i kapitlets indledning, uløseligt sammen med adgangen til de affaldsfraktioner der genanvendes fra, og efterspørgsel på de ressourcer som kan genanvendes. I de to konkrete eksempler har projekterne været udfordret af både adgang til affaldsfraktioner, og efterspørgsel på de genvundne ressourcer. Løsninger er derfor ikke solgt endnu, og der er dermed ingen konkrete realiserede erhvervmæssige effekter af projekterne.

De afledte erhvervmæssige effekter af projekterne opsummeres i det følgende.

**”Udvikling af teknologier til udvinding af kritiske ressourcer ved behandling af elektronikaffald”**: Metoderne blev ikke implementeret hos Averhoff eller andre virksomheder, og der er derfor ingen konkret erhvervmæssig effekt af projektet.

Som en afledt erhvervmæssig effekt nævner Teknologisk Institut at projektet har øget deres videniveau inden for området, hvilket har gjort dem bedre i stand til at hjælpe andre virksomheder. TI har efterfølgende udført et projekt for MST hvor alle forretningsmuligheder indenfor WEEE blev gennemgået. Derudover er noget af den viden som blev opbygget i projektet også kørt videre i et nyt innovationskonsortie TI indgår i.

---

<sup>29</sup> ”Nye muligheder for forretning med elektronikaffald”, MST (2015)

**”ETV Test og verifikation af PURROT separations teknologi”**: Maskinen er ikke solgt eller installeret endnu, og der er derfor ingen konkrete erhvervsmæssige effekter af projektet. Virksomheden oplevede dog en betydelig interesse for maskinen efter ETV-certificeringen, hvor potentielle kunder fra hele verden henvendte sig (Fx Polen, Irak og Portugal). Udfordringen i forhold til et salg er, at maskinen ikke står i drift nogle steder, hvilket de fleste kunder stiller som betingelse for køb.

Salg på det danske marked blev særligt udfordret af Fødevarer- og landbrugspakken fra november 2016 hvor fosforgrænsen blev hævet for landmænd, hvilket gav dem mindre incitament til at udskille fosfor fra gylden.

### **13.5 Samfundsmæssige effekter**

---

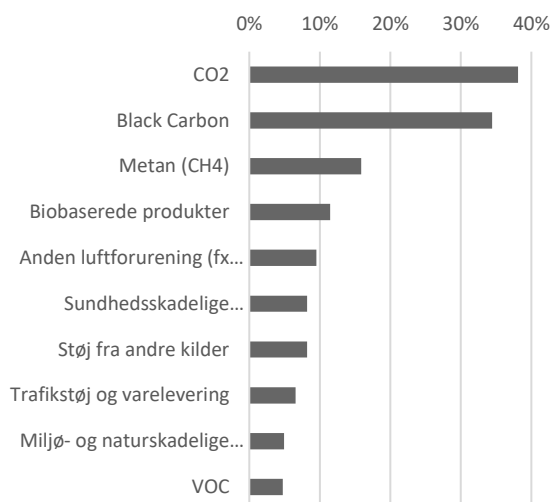
MUDP har siden 2008 bevilget 125,9 mio. kr. i tilskud til 108 projekter inden for affald og genanvendelse, hvoraf 65 blev afsluttet senest i 2016 med samlede udbetalinger på 40 mio. kr. Resultaterne af mange af projekterne er stadig undervejs og mangler markedsmodning, som det også er tilfældet for de to udvalgte projekter. Spørgeskemaundersøgelsen peger på at 65 pct. af bevilningsmodtagerne foreløbigt ser effekten fra projekterne realiseret gennem øget viden, frem for gennem færdigudviklede produkter.

### 13.5.1 Aggregeret effekt på miljø og teknologi

MUDP's tilskud til en større genanvendelse af affald er dels båret frem af de danske regeringsmål samt det europæiske miljøhandlingsprogram om at affaldsmængderne skal være faldende i 2020 samt at genbrug og genanvendelse skal stige. Derudover er der en stærk international trend med hensyn til cirkulær økonomisk tænkning, der i stigende grad har fået forsknings- og rådgivningsvirksomheder og industri til at gentænke udviklings- og produktionsprocesser.

MUDP's tilskud har ifølge de adspurgte virksomheder især fokus på nedbringelsen af drivhusgasser. Ca. 38 pct. af tilskudsmodtagernes projekter har ifølge de adspurgte ført til en reduktion af CO<sub>2</sub>-udledningerne, og 16 pct. rapporterer en reduktion i methan-udledningerne.

FIGUR 13.1  
Miljøsigtet i MUDP's tilskud 2008-16, tema Affald og Cirkulær Økonomi



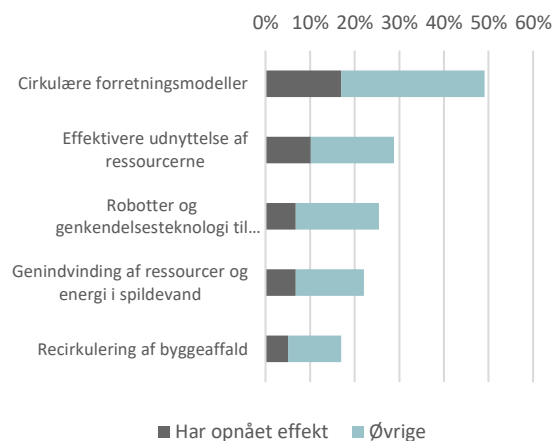
Kilde: NIRAS  
Note: Spørgsmål: "Hvilket miljø- og ressourcemæssigt sigte har projektet haft?" (N=49)

Ifølge de adspurgte virksomheder har projekterne inden for affald og cirkulær økonomi haft et meget

bredt fokus. 54 pct. karakteriseres som helt nye produkter, serviceydelser eller produktionsprocesser. Lidt over halvdelen af disse karakteriseres som nyt i international kontekst. 46 pct. af virksomhederne har primært fokuseret på at forbedre allerede eksisterende løsninger.

Projekternes samlede innovationsmæssige sigte fremgår af figuren herunder.

FIGUR 13.2  
Teknologisigtet i MUDP's tilskud 2008-16, tema Affald og Cirkulær Økonomi



Kilde: NIRAS  
Note: Spørgsmål: "Er fokus i teknologiudviklingsprojektet blandt følgende indsatser?", samt "Er der på nuværende tidspunkt indtruffet en miljø- eller ressourcemæssig effekt at projektet?" (N=49).

MUDP's har primært haft fokus på udvikling af cirkulære forretningsmodeller (49 pct.) og teknologier der mere effektivt udnytter ressourcerne (29 pct.) og robotter og genkendelsesteknologi til sortering af affald (25 pct.). På tværs af alle disse vurderer omkring hver tredje af de adspurgte virksomheder, at de i dag har opnået en miljø- eller ressourcemæssig effekt.

### 13.5.2 Vækstmæssige effekter

Danmark besidder i dag en førende position på udviklingen af miljøvenlige affaldssystemer og har ifølge Vækstfondens rapport<sup>30</sup> stærke kompetencer inden for genanvendelse og forbrænding med energiudvinding. Affaldsindustrien er endvidere teknologisk stærk på en række nicheområder, herunder behandling af farligt affald og behandling af nye affaldstyper.

Området har et betydeligt økonomisk potentiale. Affaldshåndtering og genindvinding omsætter for ca. 20 mia. kr. årligt og beskæftiger ifølge Danmarks statistik i dag omkring 7.706 personer<sup>31</sup>, hvilket udgør 11 pct. af den danske produktionssektor for grønne løsninger.

Ifølge de adspurgte har ca. 18 pct. af MUDP-tilskuddene bevirket, at virksomheder i dag opnår meromsætninger på i gennemsnit ca. 1 mio. kr. Set samlet kan dette betyde at de adspurgte virksomheder har opnået en direkte årlig omsætningsstigning på ca. 66 mio. kr. Omkring 47 pct. forventer at denne meromsætning stiger til godt 15 mio. kr. indenfor 3 år. Med forbehold for om virksomhedernes forventninger vil blive indfriet, svarer dette samlet til en direkte årlig meromsætning på 294 mio. kr. om 3 år.

Den direkte beskæftigelseseffekt for virksomhederne er i øvrigt estimeret til i alt 39 årsværk i løbet af de kommende par år.

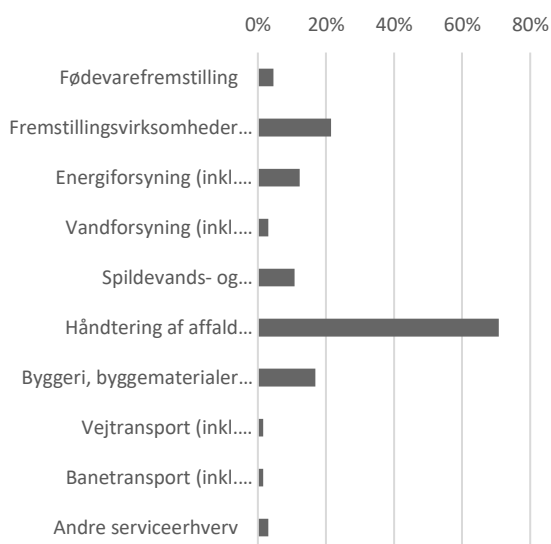
Spørgeskemaundersøgelsen peger endvidere på at 71 pct. af MUDP projekterne inden for affalds-genanvendelse i overvejende grad udvikler tekno-

logi til affaldsindustrien. Omkring 22 pct. afsætter teknologien til fremstillingsvirksomhederne og 17 pct. til byggesektoren.

Til trods for den danske styrkeposition og at genanvendelse af affald har et stort europæisk fokus, så er det kun få af de adspurgte som vurderer, at projekterne omsætningsmæssigt har ført til et eksportpotentiale af betydning.

FIGUR 13.3

Afsætningssektorer på MUDP's tilskud 2008-16, tema Affald og Cirkulær Økonomi



Kilde: NIRAS

Note: Spørgsmål: "I hvilke dele af erhvervslivet skal teknologien i projektet finde anvendelse?" (N=49).

<sup>30</sup> Kildeindsættes

<sup>31</sup> Seneste opgørelse fra 2015, fra tabellen GRON1, Statistikbanken, Danmarks Statistik

## 14 Bæredygtigt byggeri

MUDP har i perioden 2013-16 tildelt midler til projekter inden for bæredygtigt byggeri, herunder udviklingen af miljøteknologi der skal fremme økologisk, miljøvenligt og energirigtigt byggeri og renoivering af huse og almene boliger.

Når det kommer til at gøre byggeriet mere bæredygtigt rent miljømæssigt, er der særligt fokus på teknikker og teknologier til at genbruge byggematerialer. Det gælder både når bygninger rives ned (fx selektiv nedrivning) hvor der er fokus på at en større del af materialerne kan genanvendes, men også i opførelsen af nye bygninger hvor genbrugsmaterialer i højere grad tænkes ind i udformningen.

Under fokusområdet er der udvalgt to projekter, som begge har arbejdet med at genanvende materialer i byggeriet. Det er kendetegnende at projekterne er ledet af en arkitektvirksomhed og en designvirksomhed. Det er virksomheder der gerne går forrest når det gælder udvikling og innovation, men samtidig repræsenterer de bygningsbranchen skævt dersom ingen af dem sidder med direkte produktion (i form er materialer eller opførelse af bygninger), som ellers udgør den største del af virksomhederne inden for den danske byggebranche. Det må derfor antages, at analysen kun tager højde for en del af de erfaringer der eksisterer med udvikling på området i byggebranchen.

De to projekter beskrives kort herunder.

- **141-01184 Genanvendelse af knust beton og tegl i nye betonkonstruktioner, Lendager Arkitekter, Pelcon og LH Hockerup (2015-)**

Et projekt med kombineret udviklings- og demonstrationsformål. Der er udviklet en betonrecept baseret på genbrugsbeton med samme bæreevne som konventionel beton, og som ikke kræver ekstra cement tilsat. Der er demonstreret et koncept for genanvendelse af knust

beton fra eksisterende byggeri, hvor alt beton genanvendes i det nye byggeri uden at forlade byggepladsen. Begge dele er demonstreret i fuldskala med opførelsen af en ny bygning til Pelican Selfstorage i Ørestaden. Der foreligger endnu ikke en slutrapport fra projektet.

- **141-00737 Udvikling og test af akustisk beklædning til byggeri, baseret på kompositmateriale i genanvendte tekstiler, Really Aps, Kvadrat/SoftCell, Skanska, De forenede Dampvaskerier, Novozymes (2013-2016)**

Under projektet er der udviklet et nyt materiale til akustisk beklædning, baseret på genbrug af tekstiler, som kan produceres uden brug af vand og kemi. Materialet har vist gode akustiske egenskaber i test, og forventes markedsført fra efteråret 2017. Grundet forretningshensyn er der kun offentliggjort en relativt beskedne mængde data fra projektet i slutrapporten.

### 14.1 Generelle faktorer i forhold til effekt

Når det gælder udvikling og demonstration af miljøteknologiske løsninger til bæredygtigt byggeri nævner projektparterne fire generelle tendenser, som har betydning for projekternes succes og effekt.

#### Udvikling båret frem af 'brandingværdi'

*"[Kunden havde et ønske] om at have noget mere visuelt bæredygtigt. Gennem nogle funktioner i bygningen skulle man kunne fortælle nogle historier om bæredygtighed." (Projektspartner)*

I modsætning til de potentielle markeder for andre miljøteknologier er det kendetegnende, at efterspørgslen inden for bæredygtigt byggeri er drevet af et ønske fra kunderne om et mere bæredygtigt brand eller udtryk. Parterne i de to projekter oplever således, at efterspørgslen på deres løsninger er drevet af netop dette motiv. Det står i modsætning til projekterne på andre områder, hvor kunder og opdragsgivere enten har fokus på at kunne op-



nå en besparelse ved implementering af en løsning, eller at det hjælper dem med at opfylde et lovkrav. På den måde er det et særligt marked som løsninger skal afsættes på. Her betyder elementer som eksempelvis design og formidling af løsningens 'historie' en større rolle for salg og implementering end på andre teknologiområder.

### Regulering og standarder knytter sig til sikkerhed

*"Vi kæmper mod regler og love på den ene side, men for at skabe en proces, der gør, at vi kan dokumentere, at man kan anvende og give garanti [på den anden side]. Det er dér, hvor svagheden er." (Projektpartner)*

Ligesom for de andre fokusområder, gælder det at lovgivning og regulering spiller en central rolle for projekternes implementering og succes. Men hvor aktører indenfor andre områder oplever regulering som en primær driver for udvikling (eksempelvis luftforurening og ressourcegenvinding), er historien en anden når det kommer til bæredygtigt byggeri. Her oplever projektparterne primært lovgivning som en barriere for udvikling af deres løsninger, i og med at der særligt er fokus på sikkerhed når det gælder bygninger, og i mindre grad miljø. Det gør at nye byggematerialer skal leve op til standarder for bæreevne og brandsikkerhed, som kan være vanskeligt når der arbejdes med genbrugsmaterialer.

Samtidig fremhæver aktørerne at der eksisterer en række nationale og regionale love og standarder når det gælder byggeri, hvilket særligt er en udfordring når det kommer til at skulle eksportere en ny løsning. Selvom der kan være opnået en dansk godkendelse, er det ikke ensbetydende med at det er muligt at opnå godkendelse i andre nabolande. Projektparterne ser dog stadig lovgivning og regulering som et af de store potentialer for den fremtidige udvikling på området. I det omfang at der stilles nye krav til bæredygtigheden af byggemateria-

ler, er det den enkeltstående faktor som kan have størst indflydelse på deres forretning.

### Genbrug af materialer udfordres af forsyningskæde og kvalitet

*"Malerproducenten kan sige, at normalgarantien er sådan og sådan. (...) Vi tager delelementer og sammensætter dem, og så måler vi og giver garanti på det. Vi måler på delprodukter og det endelige produkt – kan vi sige, at den holder?" (Projektpartner)*

En præmis for at genbruge byggematerialer såvel som andre materialer, er, at de genbrugte materialer som oftest vil stamme fra affaldsfraktioner eller restprodukter fra andre processer. Det giver to udfordringer i arbejdet med at udvikle nye genbrugsmaterialer, som ikke i samme omfang gør sig gældende inden for de andre fokusområder: 1) det kan være svært at give specifikationer og garantier for de nye materialer og 2) det gør det nødvendigt at opbygge en helt 'ny' forsyningskæde for at kunne igangsætte en decideret produktion.

Kvaliteten og egenskaberne af ens nye produkt afhænger af de materialer som genbruges. Det stiller dels store krav til kvaliteten i affaldshåndteringen hos leverandørerne af materialerne, men gør det også i sidste ende svært for virksomhederne at give præcise specifikationer og garantier på deres genbrugsprodukter.

Produktionen af nye genbrugsmaterialer kræver ofte også etablering af en helt ny forsyningskæde. Hvor producenter af konventionelle byggematerialer typisk vil kunne gå til en underleverandør og bestille X mængde af en bestemt råvare, er det sværere når det gælder produktion af genbrugte byggematerialer. For genbrug af tekstiler findes der eksempelvis ikke én underleverandør der fokuserer på videresalg af den bestemte affaldsfraktion, og der skal derfor skabes kontakt til flere affaldshåndteringsvirksomheder for at fremskaffe den ønskede mængde af et særligt materiale. Den samme udfordring gør sig gældende for genbrugs-



beton, hvor den tilgængelige mængde (ved brug af beton fra eksisterende byggeri), afhænger af størrelsen på det eksisterende byggeri og hvor stor en andel af betonen som er forurenset.

Samlet set kræver det ekstra ressourcer i forhold til planlægning for virksomhederne, når der skal lanceres et nyt genbrugsmateriale. Virksomhederne forventer dog at planlægningsarbejdet bliver mere overkommeligt i takt med at der etableres et decideret marked, og der opstår efterspørgsel på produkterne, og dermed også mere specialiserede underleverandører.

### Bæredygtigt byggeri 'disrupter' den etablerede byggebranche

*"Jeg snakkede med alle danske producenter [inden for området], som syntes det lød spændende. Men så snakkede de med deres bagland, og så lukkede de alle sammen i som en østers. Når det kommer op til de store spillere, så lukker de i, for de har en super god forretningsmodel, som de ikke vil have ødelagt."*  
(Projektpartner)

En særlig udfordring for udvikling af miljøteknologiske løsninger inden for bæredygtigt byggeri, knytter sig til armlægningen med den 'konventionelle' byggebranche. Byggebranchen er en stor og vel-etableret branche i Danmark, hvor der er flere store virksomheder som leverer eksempelvis beton og akustisk beklædning til bygninger. Når nye virksomheder går ind og udvikler andre former for byggematerialer, er det med til at 'disrupte' branchen, i det det potentielt udfordrer hele den måde som branchens forsyningskæder og arbejdsmetoder er bygget op på. Hvis genbrugsbeton går hen og bliver det primære tilslag i ny beton, vil det eksempelvis udfordre de virksomheder der leverer grus og skærver til betonproduktionen, mens brug af genbrugstekstiler til akustisk beklædning kan udfordre markedet for de virksomheder der producerer eksempelvis polyester eller glasuld til samme formål.

Virksomhederne oplever her at den etablerede byggebranche kan fremstå konservativ og mere interesseret i at beholde status quo end at udvikle området. Et af værktøjerne til at opnå det er stærkt lobbyarbejde i forhold til at opretholde høje standarder og krav til byggematerialernes kvalitet og sikkerhed. Det er naturligvis i sig selv ikke en udfordring, men det afføder en del debat om test og krav til nye byggematerialer, hvor de nye producenter kan være påpasselige at offentliggøre for meget information fra udviklingsarbejdet, før at det er gennemtestet og dokumenteret.

### 14.2 Miljøteknologisk effekt

I de to udvalgte projekter drejer de miljøteknologiske effekter sig primært om udviklingen og demonstrationen af hvordan man kan sammensætte nye byggematerialer ud fra affaldsprodukter. I begge eksempler er der udviklet og afprøvet nye 'opskrifter', som også er afprøvet og dokumenteret under projektførelsen. Den primære tekniske udfordring for partnerne har været at opnå sammen byggetekniske og sikkerhedsmæssige egenskaber ved nye materialer som ved de konventionelle. I det følgende gennemgås hvert af projekternes miljøteknologiske effekter.

**"Genanvendelse af knust beton og tegl i nye betonkonstruktioner"**: Gennem projektet er der udviklet en betonrecept med 50 pct. genbrugsbeton som tilslag (normalt kun tilladt med 20 pct.). Blandingen kræver ikke yderligere cement tilsat, og har dermed indfriet målet om at komme under de 5 pct. ekstra cement man anslog at skulle tilsætte, for at overholder krav til bæreevne. Der arbejdes videre med at udvikle recepten yderligere i et nyt projekt, ved at 'aktivere' den cement som findes i den fra tidligere byggeri på byggepladsen genbrugte beton. Det er ikke forsøgt endnu. Derudover er det demonstreret muligt at genanvende

alt beton (bortset fra forurenede beton, som ikke må genanvendes). Metoden afhænger af hvor meget beton man lovligt må tilsætte, og størrelsen af tidligere byggeri i forhold til det nye.

**”Udvikling og test af akustisk beklædning til byggeri, baseret på kompositmateriale i genanvendte tekstiler”**: Der er udviklet et nyt akustisk beklædningsmateriale (Felt) til indretning i bygninger, som laves af genbrugte tekstiler, uden brug af kemi og vand, og som kan recirkuleres 1-2 gange. Materialet baserer sig på brug af termoplast som bindemiddel. Det består af 70 pct. genbrugstekstiler, hvor resten er termoplast (og brandhæmmer). Grundet forretningshensyn er der ikke offentliggjort dokumentation for materialesammensætningen og dets kvalitet. Udviklingen baserer sig på *Really’s eksisterende patent (i EU og USA) på ”non-woven” tekstilmaterialer. Der er indsendt en yderligere EU-patentansøgning specifikt på produktet til bygninger (højden, tykkelsen, fiberlængden i det oprindelige produkt, bindeevnen og akustisk performance)*.

Ifølge Really er der dokumenteret lignende og bedre akustisk egenskab for materialet, end andre konkurrerende materialer (polyester materialer og glasuld). Materialets akustiske kvalitet er offentliggjort, men der foreligger ikke testresultater fra sammenligningen med andre materialer.

En udfordring ved materialet er, at det ikke kan opnå samme brandhæmmende egenskaber som eksempelvis glasuld, og det kan derfor heller ikke bruges som decideret loft- eller vægbeklædning. Materialet kan i stedet benyttes i forskellige lyd-dæmpende installationer i bygninger.

### 14.3 Miljøeffekt

I de tilfælde hvor et nyt byggemateriale baseret på genanvendelse af affalds- eller restprodukter erstatter konventionelle byggematerialer, vil de kon-

krete miljøeffekter ved de nye materialer være forbundet med de materialer eller ressourcer man sparer i produktionen. I projektet om genbrugsbeton er det fra et miljøfagligt perspektiv særligt interessant med mængden af cement, som bruges i den nye blanding, da det er den komponent med den største miljøbelastning i beton, samt den potentielle miljøeffekt ved sparet transport af materialer til og fra byggepladsen. Miljøeffekten ved at erstatte tilslag med genbrugsbetonen er i den sammenhæng sekundær. Miljøeffekten i forhold til udvikling af akustisk beklædning baseret på genbrugstekstiler er sværere at gøre op, da materialet på nuværende tidspunkt ikke kan indgå som erstatning for konventionelle materialer til akustisk beklædning (som fx glasuld).

Der foreligger ingen konkrete beregninger af miljøeffekterne i de to projekter, og da de ikke er implementeret i stor skala, er det ikke muligt at kvantificere miljøeffekten.

I det følgende gennemgås konkrete og potentielle miljøeffekter for hvert af projekterne.

**”Genanvendelse af knust beton og tegl i nye betonkonstruktioner”**: Løsningen og opskriften er ikke anvendt andre steder endnu, og det er derfor ikke muligt at vurdere den bredere miljøeffekt af projektet. Der foreligger heller ikke dokumentation på miljøeffekterne af projektet endnu, men der er planlagt en LCA som vil være klar i november 2017. Den primære miljøeffekt forventes at være besparelsen af kørsel/transport af beton til og fra byggepladsen. Derudover forventes der afledte miljøeffekter i forhold til besparelse på tilslag i produktionen af betonen (grus og småsten), som normalt udgør ca. 60 pct. af betonen, og på længere sigt at mindre beton bliver brugt som vejfyld.

**”Udvikling og test af akustisk beklædning til byggeri, baseret på kompositmateriale i genanvendte tekstiler”**: Materialet er ikke solgt og pro-

duceret i stor skala, og der er derfor ingen realiseret miljøeffekt. Den potentielle miljøeffekt er heller ikke estimeret eller dokumenteret i projektet. Virksomheden vurderer at den primære effekt ligger i selve genbruget af tekstiler, både i forhold til hvad der ellers sker med tekstilerne (forbrænding) og miljøbelastningen i selve produktionen af tekstiler.

#### 14.4 Erhvervsmæssig effekt

Som nævnt i kapitlets indledning oplever parterne at markedet for bæredygtigt byggeri i høj grad er drevet af bygherres ønske om grønt brand for deres byggeri. At brandingværdien er i fokus skyldes også at der ikke for nuværende er store økonomiske gevinster at hente for bygherrer at hente ved at benytte byggematerialer baseret på genbrugsmaterialer. Projektparterne oplever dog stor efterspørgsel på deres produkter, og er derfor også i processer hvor deres forretning udvides.

I begge projekter har der været indgået mindre aftaler om salg, men de udviklede produkter er endnu ikke markedsført eller implementeret i stor skala. De primære erhvervsmæssige effekter er derfor stadig potentielle eller afledte.

I det følgende gennemgås potentielle og afledte erhvervsmæssige effekter for hvert af projekterne.

**”Genanvendelse af knust beton og tegl i nye betonkonstruktioner”:** Løsningen og opskriften er som nævnt ikke anvendt andre steder endnu, og der er derfor ikke nogen konkrete økonomiske effekter. Firmaet oplyser dog, at der er stor interesse for genbrugsbeton, og at de har modtaget en ordre på 100 ton, som ikke er leveret endnu.

Blandt andet på baggrund af efterspørgslen på genbrugsbeton og manglende producenter i branchen, har Lendager Group oprettet firmaet Lendager Up, med fokus på upcycling af byggematerialer. Det er særligt entreprenører og bygherrer som de forestiller sig er kunderne. Der nævnes dog to

primære udfordringer i forhold til at gøre genbrugsbeton konkurrencedygtigt: 1) at der skal bruges mere arbejdskraft ved produktion af genbrugsbeton (på selve byggepladsen), hvilket gør det dyrere. 2) de råvarer som man på nuværende tidspunkt *’erstatte’* (grus og småsten) er typisk ikke særligt kostbare, og besparelsen er derfor relativt lille.

**”Udvikling og test af akustisk beklædning til byggeri, baseret på kompositmateriale i genanvendte tekstiler”:** Produktet er ikke markedsført og solgt endnu, og der er derfor ingen konkret erhvervsmæssig effekt. Virksomheden oplyser at der er stor efterspørgsel, og at det lanceres i efteråret. En afledt effekt af projektet, og andre udviklingstiltag, er at Really siden projektets opstart har kunnet rejse yderligere 10 mio. kr. fra forskellige investorer. Målet er at nå en omsætning på 26 mio. kr. i 2018, hvoraf ca. 1/3 skal komme fra det nyudviklede materiale.

#### 14.5 Samfundsmæssige effekter

MUDP har i perioden 2013 – 16 ydet tilskud på ca. 51 mio. kr. fordelt på 34 projekter inden for temaområdet Bæredygtigt Byggeri. Resultaterne af mange af projekterne er stadig undervejs og mangler markedsmodning, som det også er tilfældet for de to udvalgte projekter.

Tre ud af fire virksomheder forventer ifølge spørgeskemaundersøgelsen at få realiseret effekterne inden for de første fem år efter projekternes afslutning. Derfor vil de samfundsøkonomiske effekter først kunne afdækkes helt, når efterspørgslen på produkterne bliver tydeligere.

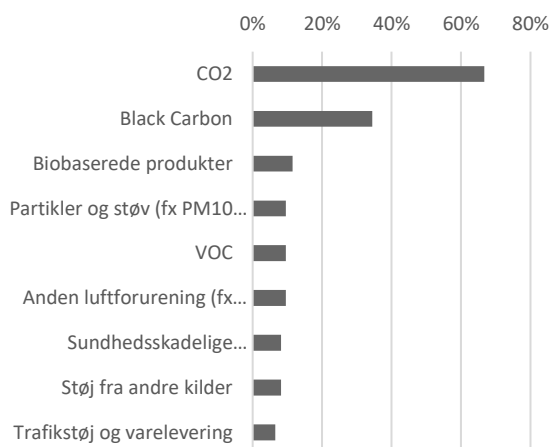
##### 14.5.1 Aggregeret effekt på miljø og teknologi

Der ligger potentielt store samfundsgevinster i at fremme bæredygtigt byggeri og samtidig styrke danske virksomheders markedsposition på områ-

det. Ifølge tal for hele EU står bygninger og byggeri for 42 pct. af kontinentets energiforbrug, og bidrager med 20-35 pct. til de primære skader på miljøet, såsom global opvarmning, ressourceforbrug, vandforbrug og affaldsdannelse<sup>32</sup>.

Det miljømæssige sigte inden for temaområdet Bæredygtigt Byggeri omhandler især emissioner og luftforurening. Ifølge besvarelserne i spørgeskemaundersøgelsen har virksomhederne primært sigtet på CO<sub>2</sub> reduktioner (67 pct.), reduktioner af black carbon udledning (34 pct.) og udskiftning til biobaserede produkter (11 pct.). Derudover er der også en række projekter med sundhedsmæssigt sigte, især i forhold til indeklima-forhold såsom reduktion af sundhedsskadelige kemikalier og støjdæmpning.

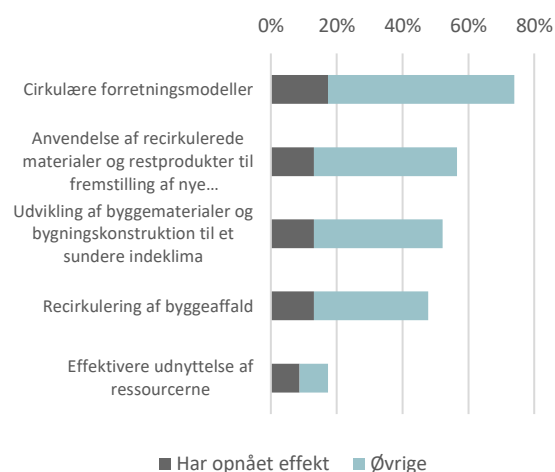
FIGUR 14.1  
Miljøsigtet i MUDP's tilskud 2008-16, tema Bæredygtigt Byggeri



Kilde: NIRAS  
Note: Spørgsmål: "Hvilket miljø- og ressourcemæssigt sigte har projektet haft?" (N=24)

De miljøteknologier der især bidrager til disse miljøeffekter er illustreret i nedenstående figur.

FIGUR 14.2  
Teknologisigtet i MUDP's tilskud 2008-16, tema Affald og Cirkulær Økonomi



Kilde: NIRAS  
Note: Spørgsmål: "Er fokus i teknologiudviklingsprojektet blandt følgende indsatser?", samt "Er der på nuværende tidspunkt indtruffet en miljø- eller ressourcemæssig effekt at projektet?" (N=24).

Projekterne inden for bæredygtigt byggeri har især haft et teknologimæssigt sigte på genanvendelse og bedre udnyttelse af byggematerialer. Omkring 74 pct. af tilskudsmodtagerne vurderer at de bidrager til nye cirkulære forretningsmodeller, 57 pct. til genanvendelse og restproduktion og 35 pct. til recirkulering. Halvdelen har haft fokus på at udvikle nye byggematerialer og bygningskonstruktioner til forbedring af indeklimaet.

Den opnåede effekt lader dog for flertallet vente på sig, hvilket også skal ses som udtryk for at tilskuddene til Bæredygtigt Byggeri er forholdsvis nye og udviklingen tager tid. Ifølge de adspurgte virksomheder har 9 pct. dog allerede i dag opnået en teknologimæssig effekt, dvs. opnået en reel effektivisering af det nuværende ressourceforbrug.

<sup>32</sup> "European Commission", JRC, 2006

Tidligere analyser viser, at der traditionelt har manglet rammer og drivere til at få bragt det bedste fra de forskellige forskningsdiscipliner sammen<sup>33</sup>. Resultaterne indikerer at MUDP-ordningen her udfylder et behov for at skabe denne bro, især mellem forskningsmiljøet og virksomhederne, og gennem test og demonstration få modnet teknologien. På længere sigt vil dette kunne blive omsat til yderligere miljø- og erhvervsmæssige effekter på en større skala og dermed bidrage til at fastholde danske positioner inden for området.

#### 14.5.2 Vækstmæssige effekter

Nye teknologiløsninger inden for området har ud over det miljømæssige potentiale også en tyngde rent erhvervsmæssigt. Fremstillingen af miljøvenlige varer og tjenester til bygge- og anlægssektoren beskæftiger ifølge Danmarks statistik i dag omkring 13.500 personer<sup>34</sup>, hvilket udgør næsten en femtedel af den danske produktionssektor af grønne løsninger.

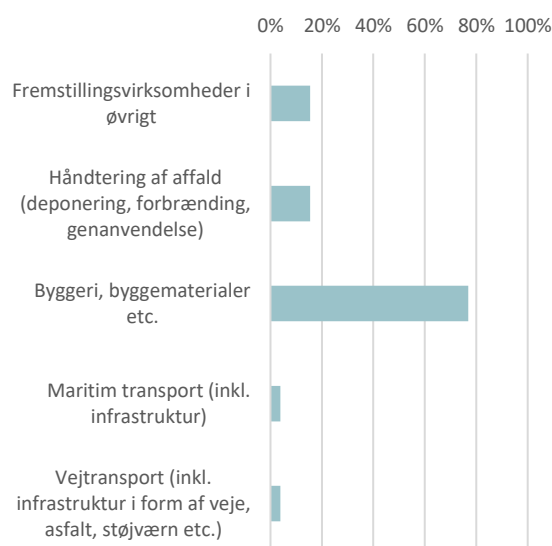
Tilskuddet til bæredygtigt byggeri har medført at ca. 29 pct. af de adspurgte i dag har opnået meromsætninger på i gennemsnit ca. 0,4 mio. kr.. Aggregeret på hele temaområdet, svarer det til direkte årlige omsætningsstigninger på ca. 3 mio. kr. Omkring 54 pct. forventer at deres projekter afføder meromsætning på godt 26 mio. kr. i løbet af de kommende tre år. Med forbehold for om virksomhedernes forventninger vil blive indfriet, svarer dette samlet til en direkte årlig meromsætning på 49 mio. kr.

Den konkrete case om Reallys udvikling af nye støjdæmpende materialer er et eksempel på hvordan MUDP har bidraget til at realisere markeds-

mæssige potentialer inden for bæredygtigt byggeri. Et marked som støj- og vibrationsbekæmpelse stod i 2015 for en omsætning på ca. 280 mio. kr., hvoraf 4 mio. kr. kan henføres til eksport. Hvis Really formår at indfri de eksisterende forventninger, vil programmet, suppleret med de øvrige tilskudsmidler, bidrage til en indenlandsk vækst, men hvor eksporten formentlig vil være begrænset.

FIGUR 14.3

Afsætningssektorer på MUDP's tilskud 2008-16, tema Bæredygtigt Byggeri



Kilde: NIRAS

Note: Spørgsmål: "I hvilke dele af erhvervslivet skal teknologien i projektet finde anvendelse?" (N=24).

Spørgeskemaundersøgelsen indikerer at MUDP projekter inden for bæredygtigt byggeri i overvejende grad bidrager til markedet for byggeri og byggematerialer, svarende til at over tre ud af fire bevillingsmodtagere inden for MUDP's ramme angiver dette.

Ifølge de adspurgte virksomheder, er det kun 6 pct. der markerer at de har opnået eksport af den udviklede teknologi, hver til en værdi på 0,6 mio. kr. Dette er til trods for at potentialet for eksportmarkedet for udviklingen beton inden for byggebran-

<sup>33</sup> Fodnote

<sup>34</sup> Seneste opgørelse fra 2015, fra tabellen GRON1, Statistikbanken, Danmarks Statistik

chen formentligt stort. Dette skyldes at beton og cement er verdens mest anvendte byggematerialer og sektoren alene står for ca. 5 pct. af den globale CO<sub>2</sub> udledning. Danmark har i øvrigt traditionelt stået stærkt inden for udvikling af miljøvenlige betonmaterialer<sup>35</sup>.

---

<sup>35</sup> Betonhåndbogen, Dansk Betonforening, 2014

## 15 Partnerskaber og eksport

Dette tema gennemgår ikke et enkelt teknologiområde, men fokuserer på de to projektområder der omhandler tilskud til projekter der i særlig grad bygger på at fremme særlige eksportmæssige tiltag eller fremme innovative partnerskaber.

Under fokusområdet Partnerskaber og eksport er der udvalgt tre MUDP-støttede projekter til et indgå i effektmålingen. To af projekterne har primært været eksportorienteret og et primært partnerskabsorienteret, men alle tre projekter indeholder elementer af begge projekttyper.

Der er intet konkret overlap mellem de teknologiområder, som projekterne har arbejdet med, men de har alle haft udgangspunkt i at videreudvikle/eksportere løsninger på områder hvor Danmark i forvejen har en styrkeposition (vandmiljø, dambrug og ressourceeffektiv produktion).

Idet projekterne inden for dette fokusområde har haft et markant andet sigte end de øvrige MUDP-projekter, gennemgås alene de generelle faktorer fremfor specifikke analyser af de miljømæssige, miljøteknologiske og erhvervsmæssige effekter.

De tre projekter beskrives kort herunder.

- **141-00158 + 141-00157 + 19-00303 "Cowi Dansk miljøsamarbejde med Kina - Liang Tan River Pilot Project" / "DHI Dansk miljøsamarbejde med Kina - Liang Tan River Pilot Project" / "Formidling af resultaterne af Liangtan River Pilot Project" COWI og DHI China (2009-2010)**

Tre på hinanden følgende bevillinger til samme eksportfremmeprojekt der bygger videre på tidligere partnerskab mellem COWI, DHI China og det danske konsulat i Kina. Målet med projektet var at kortlægge forureningen i Liang Tan River, for derefter at kunne sælge løsninger til monitorering af vandkvalitet til provinsen (Chongqing).

- **141-00785 "Partnerskab om Innovationscenter for ressourceeffektiv produktion og produktdesign" CLEAN, Lifestyle & design, SDU og TI (2014-2017)**

Partnerskabsprojekt med det formål at udvikle et innovationscenter der kan hjælpe danske produktionsvirksomheder med at blive mere konkurrencedygtige i et marked præget af ressourceknaphed. Partnerskabet udspringer af en beslutning i folketingets miljøudvalg om at styrke den grønne omstilling i dansk erhvervsliv ved bl.a. at fokusere på ressourceeffektive løsninger. Projektet indeholdt 7 forskellige arbejdsopgaver med hvert deres fokus; 1) Design (design for disassembly osv.), 2) Produktion (automatisering), 3) Forretningsmodeller, 4) Genvinding og 5-7) Formidling gennem showcases, konferencer, seminarer og lignende.

- **1259-00023 + 141-00313 + 141-00313/2 "VIDATEC" / "Partnership on Sustainable Aquaculture in Vietnam" / "Addendum to partnership on Sustainable Aquaculture in Vietnam" Dansk Industri, Aquacircle(2012-2015)**

Tre på hinanden følgende bevillinger til eksportfremmeprojektet VIDATEC med det formål at skabe en samlet platform og kraftcenter i Vietnam, som kunne bruges til at markedsføre dansk viden om dambrug og akvakultur gennem både private og offentlige aktører. Målet var, at partnerskabet efter endt projektperiode skulle bæres videre som en egenfinansieret forening.

### 15.1 Generelle faktorer med betydning for effekten

---

På tværs af de tre projekter har partnerne gjort sig en række erfaringer i forhold til hvad der kan fremme og hindre resultaterne og eksportfremme- og partnerskabsprojekter, som rækker ud over de



specifikke fagområder projekterne har arbejdet med. Det er derfor også faktorer, som parter under de andre fokusområder har oplevet, i de omfang de har arbejdet med partnerskaber og eksport.

For partnerskabsdelen af projekterne har det vist sig afgørende, at alle parter føler ejerskab og er klar over rammer og formål undervejs. For eksportfremmeindsatsens effekt opleves særligt tre faktorer haft betydning; 1) at der har indgået en offentlig partner i indsatsen 2) at der kan leveres en total/'turnkey'-løsning inden for det givne område og 3) at der eksisterer et stærkt kendskab til de lokale forhold.

### Ejerskab og klare linjer

*"Problemet var, at [vi kun havde] én 'turn-key' leverandør med. Det gav en udfordring. Når de fik en ordre, så følte de andre (virksomheder) ikke, at de gik ud og inddrogede de andre. Loyaliteten i gruppen blev teste. Når vi skal gøre det fremadrettet, så skal man ikke have en leverandør med, der kan det hele selv." (Projektpartner)*

I partnerskaber mellem mange forskellige aktører, som skal kunne fungere over lang tid, er ejerskab blandt aktørerne selv afgørende. Det har været en udfordring i to af projekterne, at de aktører som indgik i partnerskabet havde svingene eller ligefrem manglende ejerskabsfølelse over projektet. Det kan i nogle tilfælde skyldes, at nogle partnere har haft svært ved at se udbyttet ved projektet (som i VIDATEC hvor de deltagende virksomheder ikke har oplevet efterspørgsel i det Vietnamesiske marked) eller at hele idéen til projektet er startet et andet sted end hos aktørerne selv (som ved Rethink resources). Det er til dels den samme erfaring som er gjort for MUDP-projekterne generelt, og som har ført til, at der nu i højere grad end tidligere er fokus på at det er de virksomheder som udvikler løsninger eller eksporterer varer, der også skal være projektejer.

Når aktørerne er samlet og engageret, er det vigtigt at der er klare linjer for samarbejdet. Private virksomheder der arbejder indenfor samme miljøteknologiske område vil ofte, i et eller andet omfang, være konkurrenter. Det er vigtigt at der tages højde for dette i opstarten af partnerskabs- eller eksportfremmeprojekter, og at det afstemmes hvordan forskellige situationer håndteres. Misforståelser omkring deling af ordre og kontakter kan føre til splid i partnerskabet (som det i nogen grad har gjort sig gældende i VIDATEC), men også i udviklingsprojekter hvor flere aktører deltager, kan en uventet konkurrencesituation skabe mindre gunstige forhold for udviklingen af nye løsninger (som det gjorde sig gældende i MOVIA-projektet).

### En offentlig partner er vigtig i udlandet

*"For os tror vi på, at konceptet fungerer. Men det handler meget om markedet, virksomhederne, ressourcer og held. Grundkonceptet om at sige, at danske virksomheder skal gå sammen med offentlige aktører – det giver legitimitet. Der er noget, de (virksomhederne) ikke kan selv, som de offentlige myndigheder kan hjælpe med." (Projektpartner)*

Flere af de virksomheder der har deltaget i eksportfremmeprojekterne har oplevet det som en stor fordel at have en offentlig aktør med som aktiv partner i projektet (i de konkrete tilfælde særligt Miljøstyrelsen og lokale konsulater/ambassader). Det har været med til at give projekterne en vis legitimitet i de lokale partnerses øjne, og har åbnet op for officielle møder og kontakter som virksomhederne ellers ikke ville have adgang til. Denne tendens er særligt stærk i lande som er udfordret af korrupsion, hvor myndighederne er mere påpasselige med at mødes med private selskaber, hvis ikke der samtidig er en officiel eller diplomatisk vinkel for mødet.

Omvendt kan et tæt parløb med danske myndigheder i nogle tilfælde også være en ulempe i eksportøjemed, når der arbejdes i udviklingslande. Det gælder eksempelvis i VIDATEC projektet, hvor



de danske projektpartnere oplevede en forventning hos de vietnamesiske virksomheder til, at de foreslåede løsninger ville være gratis eller subsidieret siden den danske stat var aktør og eftersom projektet fandt sted i et område, hvor virksomhederne var vandt til, at der kørte store projekter finansieret af dansk udviklingshjælp som støttede implementeringen af løsningen.

### Vigtigt i udlandet, at kunne levere en "totaløsning"

*"Sagen er, at du skal komme med en komplet løsning – Grundfos kan markedsføre nogle pumper, men hvis vi for alvor vil involvere dansk industri skal vi have hele løsningen med (...) så vi simpelthen har et koncept om at komme med en komplet løsning, for det er der fokus på."* (Projektpartner)

Partnerskaber og eksportfremme kan i flere tilfælde være en god kombination. Flere virksomheder, også fra MUDP-støttede udviklingsprojekter, oplever, at når det gælder eksport af løsninger til andre lande (fra USA til Sydøstasien), så forventer kunderne en komplet og funktionsdygtig løsning. Det betyder, at det ofte ikke er nok at præsentere en ny teknologi eller løsning til en delproces, hvis man ønsker at trænge ind på et nyt marked. Her er det en fordel, hvis man som i eksempelvis VIDATEC, har inddraget en række aktører, som tilsammen kan levere et fuldt produkt (i dette tilfælde dambrug).

Samtidig oplever virksomhederne et stærkt ønske fra udenlandske kunder om, at en løsning skal være dokumenteret i drift – ikke blot ikke Danmark, men også på en lokal facilitet, før de er parate til at investere. Der kan være en række specifikke lokale forhold, som klima og medarbejderfærdigheder som har indflydelse på hvordan løsningen i sidste ende fungerer, og kunderne ønsker så vidt muligt at mindske usikkerheden omkring driftsudfordringer som følge af ændringer i disse.

### Lokal forståelse er vigtig

*"Det (samarbejdet) gik ganske fortræffeligt, fordi vi havde nogle medarbejdere, der taler kinesisk. Så kører tingene nemmere. (...) så sidder de kinesiske medarbejdere på et praktisk niveau og finder ud af, hvad vi skal lave."* (Projektpartner)

Endeligt er der en fælles oplevelse i de to eksportfremmeprojekter, såvel som i andre projekter der arbejder med at eksportere deres løsning, at det kan være svært at forudse hvordan specifikke lokale forhold påvirker investeringsmulighederne. I Liang Tan projektet i Kina var partner godt rustet idet parterne havde lokale kontorer og stort kendskab til regionen, mens at VIDATEC projektet i Vietnam, på trods af mange indledende overvejelser og analyser, løb ind i flere udfordringer undervejs, som opstod på baggrund af særlige lokale forhold. Udover ovennævnte udfordring om at udenlandske kunder kan have en forventning om at danske løsninger er subsidieret af staten, vurderer aktørerne også, at de har undervurderet hvor kort betalingstid de Vietnamesiske kunder arbejder med, og hvor højt produktionsomkostninger vurderes versus kvalitet og miljø.

## 15.2 Samfundsmæssige effekter

MUDP har givet tilskud til 51 eksportfremmeprojekter, med bevillinger på samlet 17,6 mio. kr. Af disse projekter er 41 afsluttet og 10 stadig under udvikling. Inden for fremme af innovative partnerskaber er der givet tilskud på 43,6 mio. kr. til 61 projekter, hvoraf 12 stadig er under udvikling.

Der er i alt 7 adspurgte virksomheder med projekter inden for partnerskaber, og kun 2 inden for Eksportfremme projekter. Det udgør et for svagt grundlag for at vurdere den samlede effekt af MUDP's tilskud til disse områder. De få besvarelser indikerer dog at miljøsigtet i begge projekterne er meget bredt og tværgående på samtlige teknologiområder, hvilket også stemmer overens de

gennemgåede projektcases samt med at fokus ikke er på et konkret miljømæssigt formål eller har fokus på en særlig type miljøteknologi.

## 16 Projektparternes oplevelse af MUDP

Et vigtigt element i at forstå MUDP-ordningens effekt er, at forstå hvordan de projektparterne oplever ordningen og dens betydning for udvikling af miljøteknologi i Danmark. Selvom det ikke ligger direkte i opdraget for fokusanalyserne, opsummeres der derfor en række generelle observationer om selve ordningen her, som er fremkommet gennem fokusanalyserne.

### 16.1 MUDP spiller en afgørende rolle for udvikling og demonstration af ny teknologi

*"[MUDP-ordningen gør] at du får mulighed for at udvikle produkter, som har ekstrem stor konkurrencemæssig værdi, hvor du adskiller dig ud fra resten af flokken. (...) Det bliver super vigtigt på højtindustrialiserede markeder. Vi ville blive irrelevante ellers. Det har givet os muligheden for at udvikle et produkt, og uden støtten havde vi ikke gjort det. Det har været en fantastisk mulighed." (Projektpartner)*

Når man spørger projektpartnere direkte, hvilken betydning MUDP-ordningen har for udvikling og demonstration af miljøteknologi, er svaret ofte, at det har "stor" eller "afgørende betydning". Det gælder også for de projektparter, som har haft udfordringer i projektperioden, eller efterfølgende har lukket projektet ned. Her er det mest ordningens fokus på miljøområdet, som projektparterne fremhæver, og i mindre grad hvordan den er bygget op. Virksomhederne oplever at ordningen spiller en stor betydning, fordi den er med til at understøtte de projekter som uden støttekroner er enten for risikable eller omfattende, til at virksomheder selv giver sig i kast med dem. Selv der hvor projekterne var blevet til noget uden støttekroner, fremhæver parterne at de var blevet mindre omfattende eller havde taget væsentlig længere tid uden støtten. Netop den slags projekter er vigtige for virksomhederne, ikke bare i en lokal kontekst, men også når det gælder eksport. Det er nemlig projekter som dem, der kan give danske virksomheder en kant eller fordel når det kommer til eksport på det internationale marked.

På den måde oplever projektparterne, at ordningen placerer sig mellem forskning og markedsmodning, netop som det er tiltænkt (jf. afsnit 2.2). Forskningsinstitutionerne oplever MUDP-projekterne som meget "anvendte" og i yderkanten af hvad de normalt arbejder med, mens virksomhederne anser dem for mere risikable udviklingsprojekter, som de normalt er påpasselige med at kaste sig ud i. På den måde giver det også god mening, at netop GTS-institutterne spiller en stor rolle i projekterne (jf. Figur 5.4), da de per definition skal "fungerer (...) som forsknings- og udviklingsafdeling for dansk erhvervsliv"<sup>36</sup>.

### 16.2 Godt og konstruktivt samarbejde med MST – når det er der

*"Vi har haft Miljøstyrelsen i ryggen, og de har hjulpet, hvis vi havde spørgsmål, og de kunne presse en politisk agenda – det hjælper de stadig med. De er gode at være involverede med. Og det er man jo, når man er med i et MUDP-projekt, og de har forslag i styremøder osv." (Projektpartner)*

*"Når man arbejder med Miljøstyrelsen ville det være rart med noget generel rådgivning omkring hele systemet, selvom det er meget at forlange. (...) det er så dumt, hvis der sidder nogen og stopper det med regler." (Projektpartner)*

Rent administrativt er der ikke afdækket nogle eksempler på projektparter, som har oplevet udfordringer eller barrierer under projektperioden. Tværtimod er det generelle indtryk, at MUDP-ordningen fungerer relativt smidigt, og at eksempelvis dokumentationskravene er fornuftige sammenlignet med andre lignende ordninger. Dertil kommer, at flere projektpartnere har oplevet stor imødekommenhed og forståelse fra Miljøstyrelsens side, når de har søgt om at foretage ændringer i det oprindelige projekt.

<sup>36</sup> <https://gts-net.dk/gts-institutter/>

En række projektpartnere har også oplevet et tæt og konstruktivt fagligt samarbejde med Miljøstyrelsen under projektperioden. Parterne fremhæver særligt Miljøstyrelsens rolle i forhold til at kunne stille kritiske spørgsmål til processen, eller se tingene fra en anden vinkel, som gavnlig. I den sammenhæng efterspørges i nogle tilfælde, at Miljøstyrelsen i endnu højere grad end nu, også vil kunne gøre opmærksom på mulige udfordringer "længere nede ad vejen". Nogle parter har oplevet at de er støt på regulerings- eller lovgivningsmæssige barrierer i udviklingsforløbet, som de gerne ville have været gjort opmærksom på tidligere - eksempelvis af Miljøstyrelsen.

De projektparter som ikke har haft en tæt kontakt eller samarbejde med Miljøstyrelsen under projektperioden, ser det ikke som et problem, men mener at det potentielt kunne være attraktivt for dem og deres projekt med et tættere samarbejde.

### 16.3 Særlige perspektiver i offentlig-privat partnerskab

*"Det hjælper at sige, at Miljøstyrelsen støtter projektet. Det er en respekteret offentlig instans, som ikke kaster penge efter alt. Så det har åbnet nogle døre." (Projektpartner)*

*"Kombination af en finansiering, der er blevet mulig fra dels MUDP og virksomheder der lagde nogle timer i det [har været afgørende]. Og så ikke mindst forsyningselskabet, som brugte rigtig mange midler. (...) Det havde taget længere tid uden MUDP, for så skulle man finde midler over mange år." (Projektpartner)*

En særlig fordel ved MUDP-projekterne, som flere projektparter fremhæver, er, at det fremmer samarbejdet mellem offentlige og private aktører (offentligt-privat partnerskab). Det gør de på to måder; 1) gennem selve tilsagnet om støtte fra offentlig side at 'blåstemple' projekterne og 2) gennem de tildelte midler skabe rammerne for at offentlige og private parter kan samarbejde.

'Blåstemplingen' af projekterne er noget som særligt fremhæves i projekter som satser på eksport. Som nævnt i flere af fokusanalysens afsnit, fremhæver projektparter, at det er en stor fordel at have miljøstyrelsens eller anden offentlig opbakning, når der skal trænges igennem til nye markeder. De oplever at det er med til at give dem legitimitet, ved at de offentlige kunder eller partnere med større troværdighed kan forklare potentielle udenlandske kunder at løsningerne rent faktisk virker. Det kan også være med til at give adgang til og kontakt med myndighederne på en mere direkte måde, end virksomhederne har mulighed for på egen hånd.

De rammer for samarbejder, som MUDP-midlerne giver, er i flere projekter også blevet vægtet højt. For virksomhederne gør det dem i stand til at arbejde med projekter som er mere 'almennyttige' end normalt, forstået på den måde at de ikke nødvendigvis er drevet af en skarpt skåret business-case, men mere et miljøteknologisk potentiale, som på sigt også kan have en erhvervsmæssig effekt. De samme aspekter motiverer offentlige aktører, som har en interesse i at udvikle løsninger med almenyttige formål, så de bliver mere effektive eller rentable.

### 16.4 Slutrapporterne er vigtig dokumentation, men mangler struktur og retning

*"Slutrapporterne er et andet liv, når man starter ud. (...) [Der er brug for] større instruktion! Man kunne sige, at det instruktive er en vigtig forudsætning – og første gang man laver en rapport, så kan man komme til møde og få feedback. Jeg anede ikke, hvor meget, der skulle være." (Projektpartner)*

Som nævnt i fokusanalysens indledning kan MUDP-projekternes slutrapporter anses for en af de væsentlige miljøteknologiske effekter ved ordningen, da det er her hvor viden og dokumentation fra projekterne primært samles. Ofte er opgaven

med at udfærdige rapporterne udliciteret af mindre virksomheder til rådgivere eller GTS-institutter, da det kan virke som en uoverkommelig opgave i et i forvejen tæt pakket program. Selvom udarbejdelsen af rapporterne kan være tung, og nogle virksomheder oplever at de bruger mange midler på det, er det i sidste ende et meget værdifuldt produkt for virksomhederne selv, da det er med til at dokumentere og verificere den teknologi, som de arbejder med.

I enkelte tilfælde er slutrapporterne mangelfulde eller baseret på et endog meget tyndt datagrundlag. I de pågældende tilfælde påpeger virksomhederne, at de mangler klare retningslinjer for hvad rapporterne præcis skal indeholde og hvordan de forventes udformet.

Rapporterne er ikke kun vigtige for virksomhederne selv. I de tilfælde hvor en virksomhed bliver opkøbt, går konkurs eller blot stopper udviklingen af den pågældende teknologi går den viden som er oparbejdet i projektet tabt, hvis ikke det er veldokumenteret i slutrapporten. Flere virksomheder forklarer her, at der for dem er en svær balancegang mellem at skulle være åbne om projekternes resultater, samtidig med at de gerne vil bevare forretningshemmeligheder, og kunne udnytte projektresultaterne i en kommerciel sammenhæng.

## 16.5 Der er potentiale i mere eksponering

*"Hvorfor koordinerer man ikke mellem EcoInnovation, MUDP, Grøn Omstillingsfond – man ved det er XX (meget) svært at sætte gang i en iværksætterfond. Hvorfor koordinerer man ikke? Knytter partnere til projekterne eller tager ejerskab over projekterne, så man fx foreslår dem til kommunerne?"*  
(Projektpartner)

*"Jeg har et par gange hørt om nogle projekter fra MUDP og skulle finde dem på hjemmesiden, og jeg har ikke kunne finde dem. (...) Det handler om hvordan vi alle sammen kan drage nytte af det her. Det ville være rigtigt interessant at fordele mere ud. (...) Inspirere hinanden til at komme videre med noget nyt!"*  
(Projektpartner)

En sidste tværgående overvejelse om MUDP-ordningen, som flere parter fremhæver, er at den med fordel kunne eksponeres bedre. Det gælder både i forhold til mulighederne for at søge støtte, men også i forhold til at få kommunikeret projekternes resultaterne bedre ud.

I flere af MUDP-projekterne har parterne været i tvivl om, hvad MUDP præcis dækker over, og været i tvivl om hvad ordningen dækker over og hvem der står bag. Det er tydeligt, at GTS-institutter og rådgivningsvirksomheder har sat sig bedre ind i denne del, og det er således også ofte dem der har taget det første initiativ til at søge ordningen om midler. Det er ikke nødvendigvis et problem, eftersom mange virksomheder grundlæggende ikke orienterer sig efter støttemidler og puljer, men mere efter markedet og kunder. Men i forhold til bevægelsen mod i højere grad at få virksomhederne ind som projektejere, kan der med fordel gøres en indsats for at promovere ordningen mere.

Det som projektparterne særligt efterspørger, når det gælder eksponering af ordningen, er at få kommunikeret resultaterne fra de enkelte projekter bedre ud. Det gælder både i forhold til at hjælpe partner selv i deres markedsføringsindsats, men også i forhold til at kunne søge inspiration fra andre projekter. Flere oplever det eksempelvis som en ulempe, at ikke alle projekter kan søges frem på hjemmesiden (ecoinnovation.dk). Det anses generelt for oplagt, når der flere millioner til projekterne, også at sørge for at skabe det bedst mulige grundlag for at resultaterne bliver brugt aktivt.

## 17 Pilotundersøgelse: statistisk effektmåling

For at undersøge mulighederne for at gennemføre statistisk effektanalyse (beskæftigelse, eksport, produktivitet mm.) på virksomhedsniveau har vi gennemført tre analyser.

3. Kortlægning af datagrundlaget
4. Designanalyse (vurdering af datamaterialet)
5. Statistisk effektanalyse – pilottest

### Kortlægning af datagrundlaget

Datagrundlaget består grundlæggende af Miljøstyrelsens liste med projektdeltagere og Danmarks Statistiks registre, hvor der er data for de enkelte virksomheders beskæftigelse, produktion mm.

Vi har fjernet en række deltagere fra Miljøstyrelsens liste, herunder universiteter og andre organisationer registreret under offentlig administration mm.). Denne rensede liste har vi sammenkoblet med Danmarks Statistiks registre. I alt kan vi identificere 415 unikke MUDP-deltagere i perioden 2006-2014 i registrene. Størstedelen af deltagerne indgår for første gang i programmet fra 2013 og frem, jf. tabel 1.1.

TABEL 17.1

Antal observationer og deltagere fordelt på år for første deltagelse

Første deltagelsesår	Antal deltagere
Før 2009	21
2009	28
2010	36
2011	13
2012	29
2013	82
2014	99
2015	50
2016	48
2017	9
I alt	415

Kilde: Danmarks Statistik og Miljøstyrelsen

Der er pt. virksomhedsdata til og med 2014 i Danmarks Statistiks registre. Derfor kan vi udelukke de estimere effekten af programmet for virksomheder, der har deltaget i MUDP i perioden 2007-2014. Det betyder, at vi reelt har 309 virksomheder til rådighed til at estimere effekten af MUDP.

Dette vurderes umiddelbart at være et relativt smalt datagrundlag. En statistisk effektanalyse vil med dette datagrundlag alene kunne identificere effekter, hvis de er relativt store. For at vurdere potentialet yderligere har vi samtidig gennemført en såkaldt designanalyse.

### Designanalyse

Man skal være påpasselig med fortolkningen af statistiske analyser med udgangspunkt i data med få datapunkter og/eller meget støj i data. I sådanne analyserammer er det svært at identificere systematiske effekter. Når man i en statistisk analyse identificerer en effekt, vil man typisk vurdere estimatets validitet/robusthed med statistiske signifikanstests. Hvis statistiske resultater er signifikante, siger man, at det identificerede mønster ikke er udtryk for tilfældig variation.

Man kan imidlertid ikke altid læne sig op ad statistisk signifikans. Hvis man med få datapunkter og/eller meget støj i data alligevel finder statistisk signifikans, er der stor risiko for, at resultatet kraftigt overvurderer den faktiske effekt eller fejlvurderer en negativ effekt som en positiv effekt, eller omvendt.

Man kan anvende såkaldt designanalyse til at vurdere, om det tilgængelige datamateriale er tilstrækkeligt til at identificere systematiske effekter,

som ikke er udtryk for en fejl vurdering af effekterne.<sup>37</sup>

Jo mindre den estimerede effekt er, desto flere observationer skal man have, før man kan udelukke en sådan fejl vurdering.

Tidligere analyser af effekten af forsknings- og udviklingssamarbejder giver en ide om størrelsen på effekten af denne type samarbejdsprojekter. Forsknings- og Innovationsstyrelsen gennemførte i 2014 en effektanalyse baseret på 1.140 samarbejdsvirksomheder.<sup>38</sup> Effekten på virksomhedernes årlige produktivitet måles til ca. 2,5 pct. Hvis effekten af at deltage i et MUDP-projekt er i samme størrelsesorden, og hvis variationen i data svarer til variationen i data i FI (2013), skal antallet af observationer minimum være 208, før det vil være muligt at måle effekten pålideligt, jf. tabel 17.2. Hvis effekterne er mindre, skal der flere observationer til.

TABEL 17.2  
Minimum deltagende virksomheder som muliggør pålidelig måling af effekten

Effektstørrelse	Signifikansniveau	Minimum antal observationer
1,0 pct.	5 pct.	1.250
2,5 pct.	5 pct.	208
5,0 pct.	5 pct.	50

Kilde: DAMVAD Analytics.

Med 309 deltagende virksomheder er vi således tæt på minimumsgrænsen for hvornår det vil være muligt at identificere en effekt – især hvis den sande effekt er mindre end 2,5 pct. om året.

<sup>37</sup> Se fx. Gelman og Carlin (2014), Perspectives on Psychological Science, Vol. 9(6) 641-651.

<sup>38</sup> Forsknings- og Innovationsstyrelsen 2014 The Short-run Impact on Total Factor Productivity Growth

## Statistisk effektanalyse - pilottest

For at få en fornemmelse for størrelsen på MUDP's effekter på virksomhedsniveau har vi gennemført en statistisk analyse (nærmere bestemt fixed effects-modellen). Vi har estimeret MUDP's effekt på virksomhedernes arbejdskraftproduktivitet, når vi har renset for andre forhold, der påvirker produktiviteten, fx uddannelse, kapitalapparat, størrelse osv.

Vi finder en lille, men dog positiv effekt på arbejdskraftproduktiviteten af at deltage i MUDP. Effekten er ikke statistisk signifikant på et 10 pct.-niveau. Vi kan altså ikke på et tilstrækkeligt fast grundlag identificere en positiv effekt.

Der kan være mange forklaringer på, hvorfor effekten ikke er større og hvorfor effekten ikke er statistisk signifikant, men den åbenlyse forklaring er mangel på data. Da størstedelen af MUDP-virksomhederne først påbegynder deres MUDP-projekt efter år 2012, jf. tabel 1.1, vil det naturligvis være svært at måle effekten af MUDP-projekterne allerede i år 2014. Vi behøver således en længere tidsrække – og generelt mere data jf. nedenstående - for at kunne estimere den sande effekt af at deltage i MUDP.

## Konklusion

Vi identificerer altså en relativt lille positiv effekt af MUDP-deltagelse. Det betyder, at der er behov for forholdsvist mange observationer for at kunne udelukke fejl vurderinger af effekten, hvilket der desværre ikke er. Vi vurderer derfor, at der ikke er tilstrækkeligt datagrundlag til at gennemføre effektanalyser på virksomhedsniveau ved hjælp af registerdata fra Danmarks Statistik.

Derfor foreslår vi følgende:

- Vi anvender registerdata til almindelig deskriptiv statistik for virksomhederne – dvs. til at beskrive antal ansatte, produktivitet, vækst osv. sammenlignet med øvrige erhvervsliv.
- Vi anvender spørgeskemabesvarelser til at belyse effekterne på projekt niveau, fx til at beskrive hvor mange personer MUDP-projekterne beskæftiger, om de ansætter højtuddannede til projekterne, om de har fået omsætning/besparelse/eksport ud af projekterne osv.



## 18 Datagrundlag - spørgeskemaundersøgelse

### 18.1 Datagrundlag for spørgeskemaundersøgelsen

Der er sendt spørgeskemaer ud til projektdeltagere – såvel hovedansøgere som øvrige projektdeltagere – for at indsamle viden om projekterne, herunder effekter om miljø og innovation.

Der er ikke sendt spørgeskemaer ud til deltagere af partnerskabsprojekter. Derudover er offentlige institutioner frasortet, hvilket giver os 1.181 projektdeltagere jf. tabel 18.1. Af disse har det ikke været muligt at identificere alle e-mailadresser, hvorfor det faktiske antal udsendte spørgeskemaer er reduceret til 841. Af disse har vi modtaget 394 komplette besvarelser samt 74 ufuldstændige besvarelser, jf. tabel 18.1. Det samlede antal besvarelser udgør således godt 55 pct. af det samlede antal udsendte spørgeskemaer.

I det følgende kigger vi udelukkende på UTD-, ETV- og Fyrtårnsprojekter.

### 18.2 Frafaldsanalyse

TABEL 18.1  
Datagrundlag for spørgeskema

	Antal	UTD, ETV og Fyrtårn
Projektdeltagere i MUDP-projekter	1438	
Projektdeltagere frasortet deltagere af partnerskabsprojekter og offentlige institutioner	1181	
Faktisk udsendte spørgeskemaer	841	690
Komplette besvarelser	394	333
Ufuldstændige besvarelser	74	64

Kilde: DAMVAD Analytics

Da UTD-, ETV- og Fyrtårnsprojekter har udgjort størstedelen af de samlede bevillinger og projekter, udsendes størstedelen af spørgeskemaerne til deltagere indenfor disse tre tilskudstyper. Det medfører at knap 85 pct. af besvarelserne (både komplette og ufuldstændige) stammer fra deltagelse i enten UTD-, ETV- eller Fyrtårnsprojekter, jf. tabel 18.1.

Besvarelserne af spørgeskemaet er i store træk repræsentativ for de virksomheder der har deltaget i MUDP. Således fordeler andelen af besvarelser sig nogenlunde som andelen af udsendte spørgeskemaer (som udgør hele populationen af MUDP-virksomheder). Disse andele ligger tæt op ad hinanden på tværs af alle segmenteringer, som det fremgår af tabel 18.2.

TABEL 18.2  
Frafaldsanalyse

	Komplette besvarelser		Udsendte spørgeskemaer	
	Antal	Andel	Antal	Andel
<b>Antal deltagere</b>	<b>394</b>	<b>33</b>	<b>841</b>	<b>71</b>
<b>Miljøområder</b>				
Vand	172	44	335	40
Klimatilpasning	8	2	26	3
Luft	60	15	122	15
Støj	10	3	19	2
Kemi	32	8	60	7
Affald og cirkulær økonomi	62	16	139	17
Virksomheder	12	3	34	4
Landbrug	0	0	3	0
Akvakultur	1	0	2	0
Bæredygtigt byggeri	24	6	55	7
Andet	8	2	37	4
<b>Tilskudstyper</b>				
Udvikling, test og demonstration	309	79	629	76
Formidling	2	1	21	3
Partnerskab	10	3	22	3
Eksportfremme	2	1	8	1
Vidensopbygning	34	9	66	8
ETV	6	2	13	2
Fyrtårn	18	5	48	6
Andet	5	1	15	2
Ukendt	3	1	10	1
<b>Virksomhedsstørrelser</b>				
Mikro virksomheder	95	27	173	23
Små virksomheder	34	10	81	11
Mellemstore virksomheder	57	16	125	17
Store virksomheder	168	47	378	50

Kilde: DAMVAD Analytics



# 19 Bilag

TABEL 19.1  
Finansiering af MUDP 2007-2018

Politisk aftaler 2006-2014 vedrørende Miljøteknologi			Mio. Kr.											
Aftale dato	Aftale partier	Aftale navn	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
2006.11.04	V+K+O	Første handlingsplan for miljøeffektiv teknologi	30	30	30									
2009.11.01	Alle partier	Anden handlingsplan til fremme af miljøteknologi				45	45							
2011.06.01	V+K+O	Danmark som væksthation						16,6	25,0	16,8	16,4			
2011.11.20	SD+SF+R+EL	Finanslovsaftale 2012						50						
2012.08.01	Aktstykke	Vandtestcenter						1,9	8,3					
2012.11.08	SD+SF+R+EL+LA	Forskningsreserven 2013							30					
2012.11.11	SD+SF+R+EL	Grøn pakke finanslovsaftale 2013							65					
		- Heraf Økologisk byggeri							(20)					
2013.06.24	SD+SF+R+EL	FL13: Grøn pakke – reservation							13,5	12,5	10	10,5		
		- Heraf Økologisk byggeri								(12,5)	(10)	(10,5)		
		- Her af ressourceredsløb							(13,5)					
2013.10.31	SD+SF+R+V+K+EL	Forskningsreserven 2014								45				
2013.11.26	SD+SF+R+V+K	FL14: Ressourcestrategi I – teknologjudvikling*								25	10,5	8		
2014.06.14	EL + SF + S + R	Grøn vækstpakke									20	20	20	20
2014.06.11	S + R + V + K + SF	Luftpakke								4,1	6,8			
2014.10.30	SD+SF+R+V+K+EL+L	Forskningsreserven 2015									48			
2014.11.10	SD+SF+R+EL	Finanslovsaftale om MUDP									20	20	20	20
		- Heraf bæredygtigt byggeri											10	10
2015.11.29	V+SD+DF+EL+LAA L+R+SF+K	Forskningsreserven 2016										50		
2016.11.17	Finansudvalget	Aktstykke										15		
2016.11.03	V+SD+DF+EL+LAA L+R+SF+K	Forskningsreserven 2017											61	
		Alle aftaler*	30	30	30	45	45	66,6	141,8	103,4	131,7	118,5	101	40

Kilde: Miljøstyrelsen

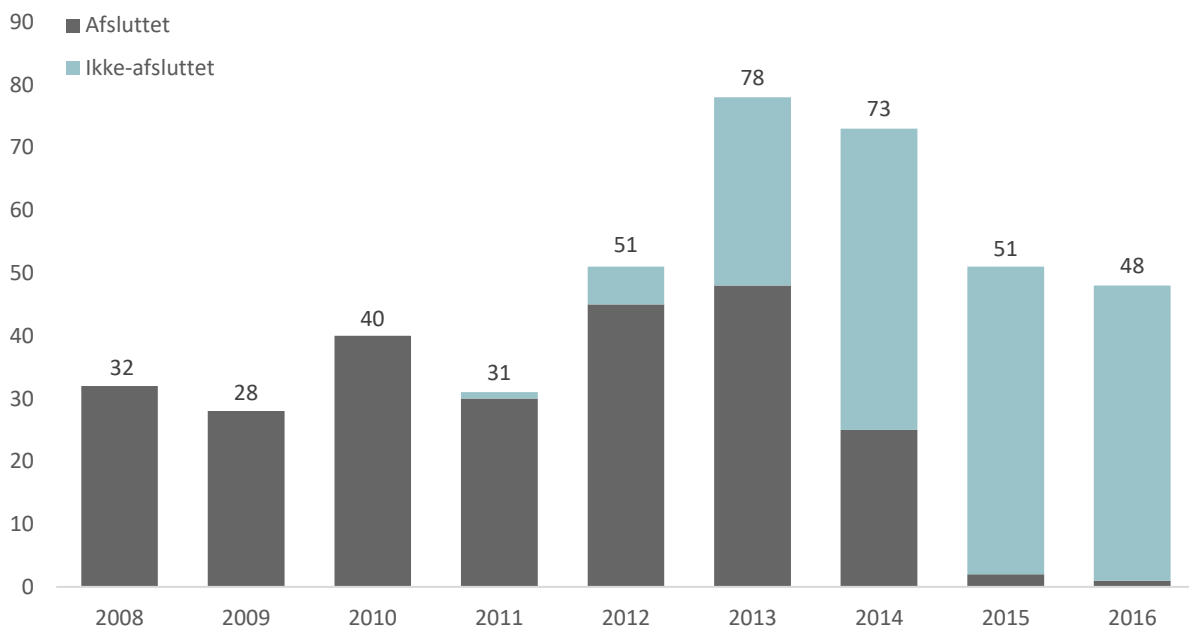
FIGUR 19.2

Årlige bevillinger og projekter fordelt på projekttype

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Bevillinger i alt, mio. kr.</b>	<b>0,4</b>	<b>24,6</b>	<b>21,3</b>	<b>33,2</b>	<b>24,7</b>	<b>65,1</b>	<b>149,1</b>	<b>120,8</b>	<b>119,8</b>	<b>129,4</b>
Udvikling, test og demonstration	0,0	20,1	15,4	26,7	18,7	45,8	75,4	91,7	63,9	56,3
Formidling	0,1	0,5	0,9	0,5	0,4	0,8	0,7	1,3	0,4	0,2
Partnerskab	0,0	0,9	0,6	1,6	1,9	3,1	18,1	11,9	1,5	4,0
Ekspportfremme	0,0	0,8	0,3	0,7	0,9	1,6	5,0	4,9	3,4	0,0
Vidensopbygning	0,3	2,2	2,8	3,1	1,6	6,7	14,8	6,2	6,0	0,0
ETV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,9	0,3	0,4	0,8
Fyrtårn	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	28,7	3,1	42,1	68,1
Andet	0,0	0,0	1,3	0,5	1,3	1,3	4,5	1,4	2,1	0,1
<b>Projekter i alt</b>	<b>4</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>69</b>	<b>50</b>	<b>91</b>	<b>153</b>	<b>109</b>	<b>82</b>	<b>58</b>
Udvikling, test og demonstration	0	31	28	40	31	48	62	70	47	39
Formidling	1	8	8	6	3	2	6	5	4	1
Partnerskab	1	2	4	8	7	10	19	6	5	7
Ekspportfremme	1	5	4	3	3	7	15	9	4	0
Vidensopbygning	1	9	10	10	5	18	24	11	12	1
ETV	0	1	0	0	0	1	5	1	1	2
Fyrtårn	0	0	0	0	0	2	11	2	3	7
Andet	0	0	2	2	1	3	11	5	6	1

Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen

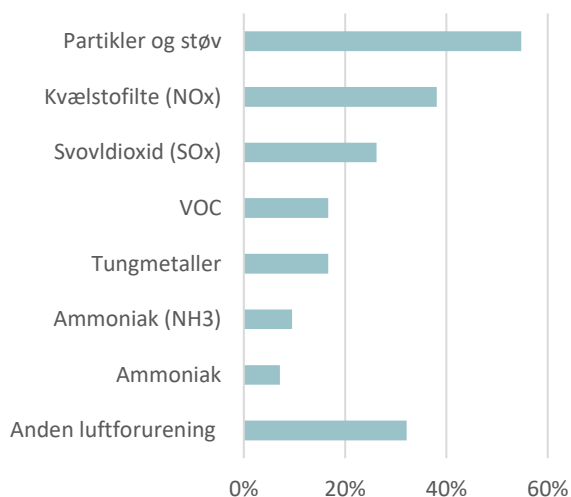
**FIGUR 19.3**  
Antal projekter opdelt på sluttidspunkt



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen

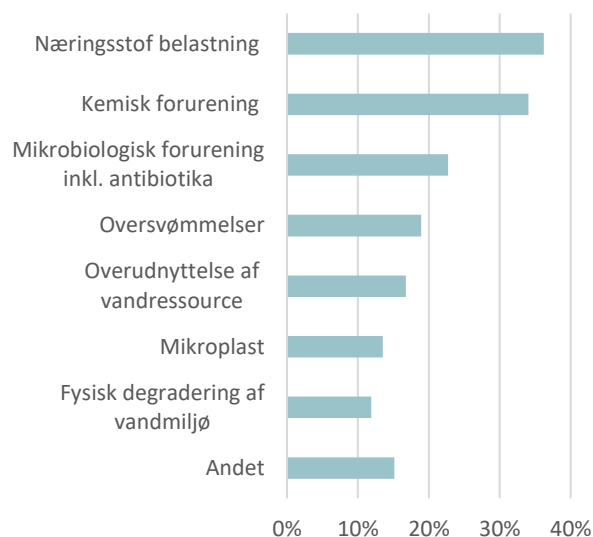
## Projekternes miljø- og ressourcemæssige sigte

FIGUR 19.4  
Luftforurening



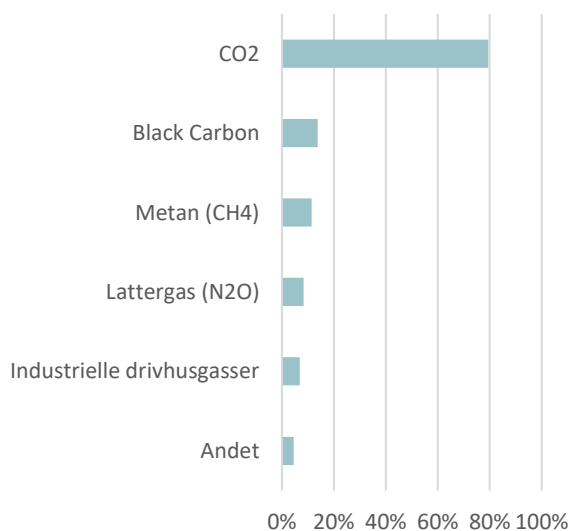
Kilde: Damvad Analytics  
Note: Spørgsmål: "Hvilket miljø- og ressourcemæssigt sigte har projektet haft – Luftforurening"? (N=84)

FIGUR 19.6  
Vand (overflade- og grundvand) og klimatilpasning



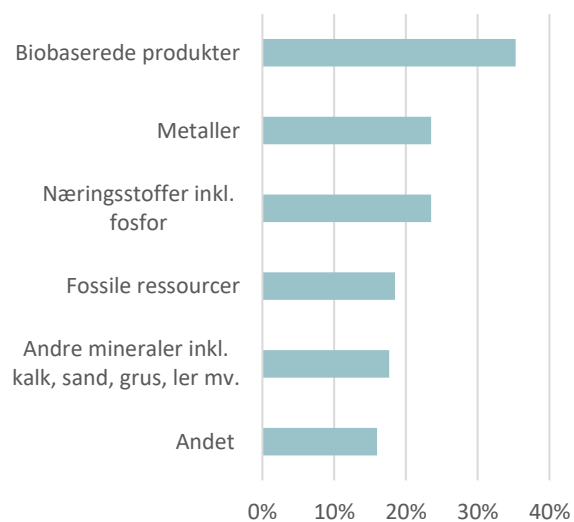
Kilde: DAMVAD Analytics  
Note: Spørgsmål: "Hvilket miljø- og ressourcemæssigt sigte har projektet haft – Vand og klimatilpasning"? (N=185)

FIGUR 19.5  
Drivhuseffekter



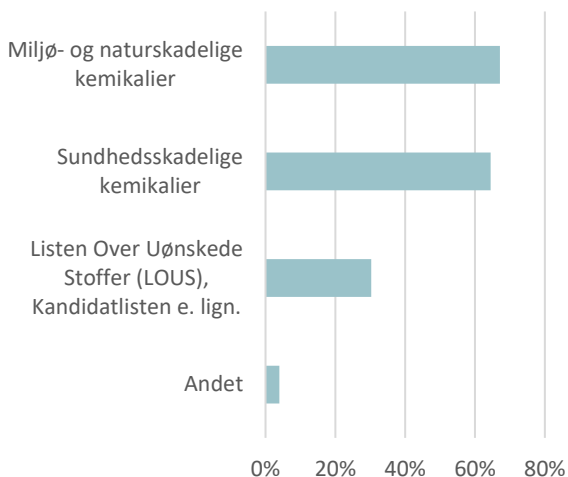
Kilde: Damvad Analytics  
Note: Spørgsmål: "Hvilket miljø- og ressourcemæssigt sigte har projektet haft – Drivhuseffekt"? (N=131)

FIGUR 19.7  
Affald og bæredygtig genanvendelse af ressourcer



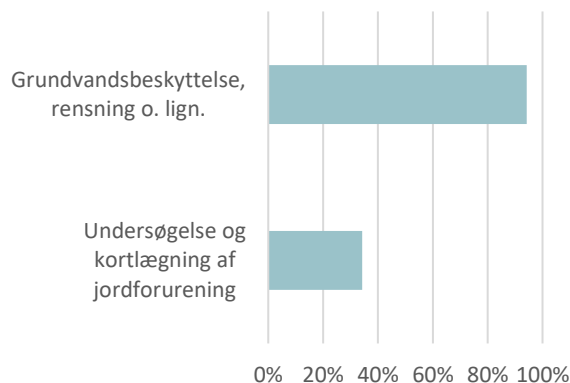
Kilde: DAMVAD Analytics  
Note: Spørgsmål: "Hvilket miljø- og ressourcemæssigt sigte har projektet haft – Affald og bæredygtig genanvendelse af ressourcer"? (N=119)

**FIGUR 19.8**  
Kemisk forurening af produkter, miljø og fødevarer



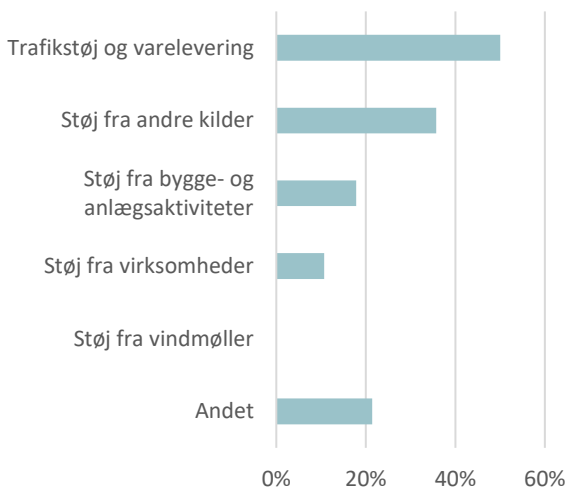
Kilde: DAMVAD Analytics  
Note: Spørgsmål: "Hvilket miljø- og ressourcemæssigt sigte har projektet haft – Kemisk forurening af produkter, miljø og fødevarer?" (N=76)

**FIGUR 19.10**  
Jord



Kilde: DAMVAD Analytics  
Note: Spørgsmål: "Hvilket miljø- og ressourcemæssigt sigte har projektet haft – Jord?" (N=35)

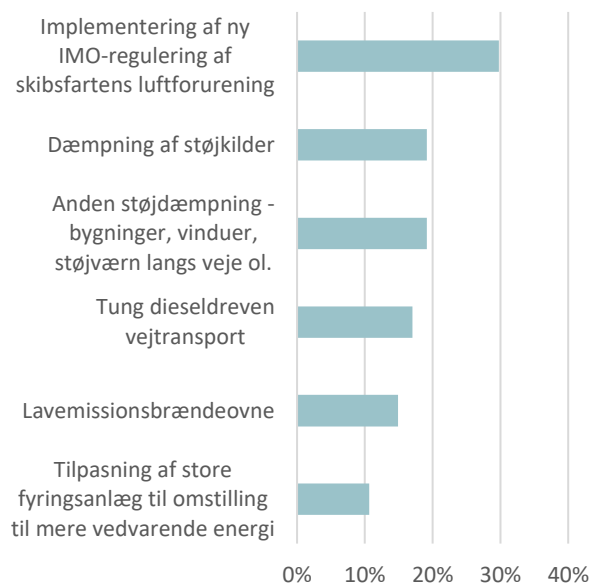
**FIGUR 19.9**  
Støj



Kilde: DAMVAD Analytics  
Note: Spørgsmål: "Hvilket miljø- og ressourcemæssigt sigte har projektet haft – Støj?" (N=28)

### Fokus i teknologiudviklingsprojektet

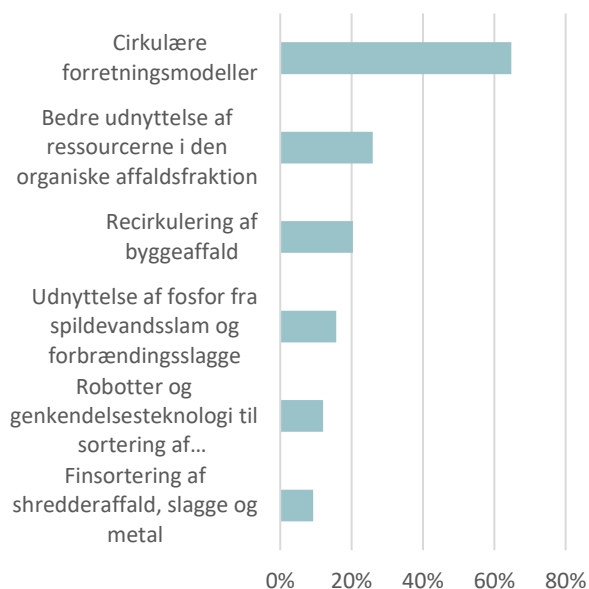
**FIGUR 19.11**  
Luft og støj



Kilde: DAMVAD Analytics  
Note: Spørgsmål: "Er fokus i teknologiudviklingsprojektet blandt følgende indsatser – Luft og støj?" (N=47)

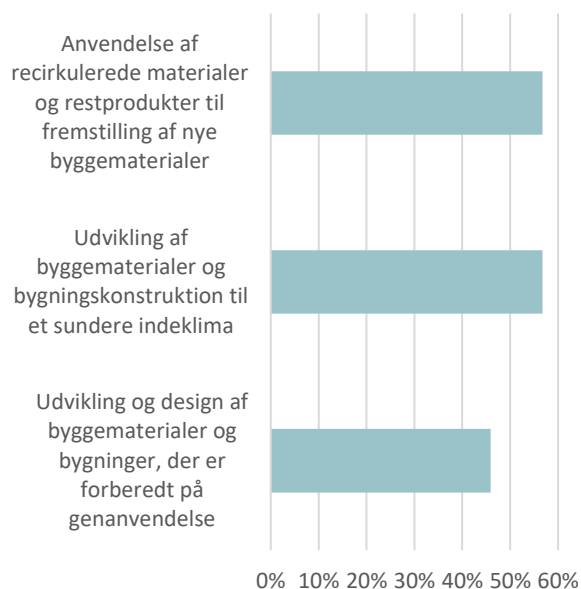


**FIGUR 19.12**  
Affald og cirkulær økonomi



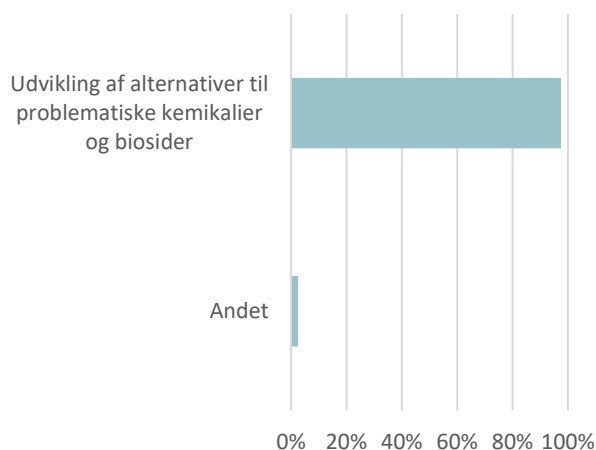
Kilde: DAMVAD Analytics  
 Note: Spørgsmål: "Er fokus i teknologiudviklingsprojektet blandt følgende indsatser – Affald og cirkulær økonomi"? (N=108)

**FIGUR 19.14**  
Bæredygtigt byggeri



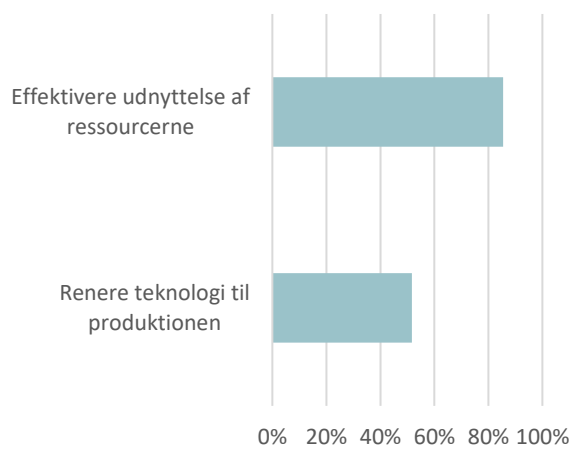
Kilde: DAMVAD Analytics  
 Note: Spørgsmål: "Er fokus i teknologiudviklingsprojektet blandt følgende indsatser – Bæredygtigt byggeri"? (N=37)

**FIGUR 19.13**  
Kemikalier



Kilde: DAMVAD Analytics  
 Note: "Er fokus i teknologiudviklingsprojektet blandt følgende indsatser – Kemikalier"? (N=39)

**FIGUR 19.15**  
Industriens miljøudfordringer



Kilde: DAMVAD Analytics  
 Note: "Er fokus i teknologiudviklingsprojektet blandt følgende indsatser – Industriens miljøudfordringer"? (N=62)

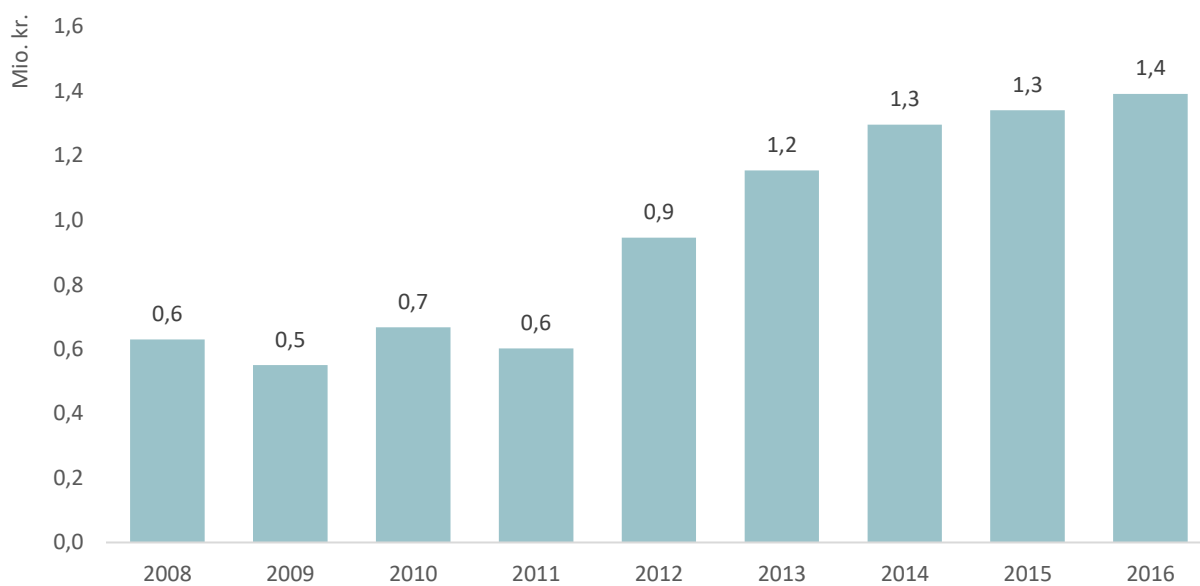
TABEL 19.16

Gennemsnitlig forventet antal årsværk pr. mio. kr. i tilskud for afsluttede projekter

	Antal medarbejdere i projektperioden	Heraf nyansættelser til projektet	Antal medarbejdere ca. 2 år efter projektafslutning	Heraf nyansættelser
<b>Teknologi- og produktudvikling</b>	3,3	0,4	2,3	0,8
<b>Administration, distribution og salg</b>	1,3	0,0	2,0	0,6
<b>Produktion og rådgivning i forbindelse med solgte varer og ydelser</b>	0,0	0,0	2,6	1,3
<b>Andet miljø- og energiteknisk personale</b>	1,2	0,3	0,8	0,4
<b>Andet personale</b>	0,9	0,1	0,9	0,7
<b>I alt</b>	<b>6,7</b>	<b>0,7</b>	<b>8,5</b>	<b>3,8</b>

Kilde: DAMVAD Analytics

**FIGUR 19.17**  
Gennemsnitlig bevilling pr. projekt (kun UTD- og ETV-projekter)



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af Miljøstyrelsen

FIGUR 19.18

Gennemsnitlig forventet antal årsværk pr. mio. kr. i tilskud for brancherne industri og vidensservice

	Antal medarbejdere i projektperioden	Heraf nyansættelser til projektet	Antal medarbejdere ca. 2 år efter projektafslutning	Heraf nyansættelser
<b>Industri</b>				
Teknologi- og produktudvikling	3,33	0,76	3,74	1,55
Administration, distribution og salg	1,56	0,37	1,60	1,19
Produktion og rådgivning i forbindelse med solgte varer og ydelser	2,10	0,23	2,59	2,16
Andet miljø- og energiteknisk personale	0,80	0,00	0,25	0,12
Andet personale	0,95	0,36	1,49	1,29
<b>I alt</b>	<b>8,76</b>	<b>1,71</b>	<b>9,67</b>	<b>6,31</b>
<b>Vidensservice</b>				
Teknologi- og produktudvikling	3,13	0,30	3,17	1,16
Administration, distribution og salg	0,98	0,00	1,29	0,63
Produktion og rådgivning i forbindelse med solgte varer og ydelser	0,96	0,05	1,42	0,65
Andet miljø- og energiteknisk personale	1,18	0,18	0,68	0,37
Andet personale	0,98	0,14	0,59	0,59
<b>I alt</b>	<b>7,24</b>	<b>0,67</b>	<b>7,14</b>	<b>3,39</b>

Kilde: DAMVAD Analytics

Note: Branchen vidensservice dækker over rådgivning, forskning og udvikling mv. N=49 for industri, og N=172 for vidensservice.

FIGUR 19.19

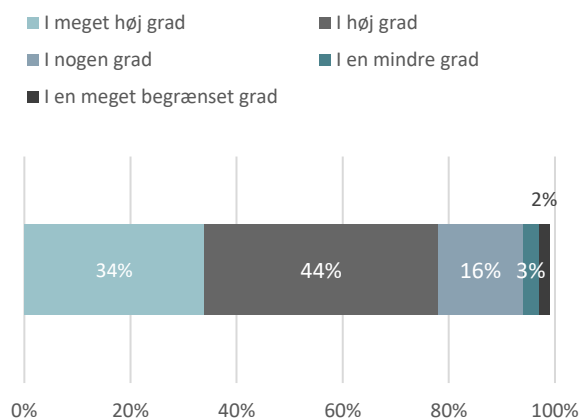
Gennemsnitlig forventet antal årsværk pr. mio. kr. i tilskud opdelt på projektets budgetstørrelse

	Antal medarbejdere i projektperioden	Heraf nyan-sættelser til projektet	Antal medarbejdere ca. 2 år efter projektafslutning	Heraf nyansættelser
<b>Lille budget</b>				
Teknologi- og produktudvikling	6,6	0,5	4,3	2,1
Administration, distribution og salg	1,9	0,1	2,7	0,8
Produktion og rådgivning i forbindelse med solgte varer og ydelser	2,3	0,3	3,2	2,3
Andet miljø- og energiteknisk personale	1,2	0,1	0,0	0,0
Andet personale	0,6	0,0	0,4	0,4
<b>I alt</b>	<b>12,6</b>	<b>1,0</b>	<b>10,6</b>	<b>5,7</b>
<b>Mellem budget</b>				
Teknologi- og produktudvikling	3,6	0,7	4,5	1,8
Administration, distribution og salg	1,9	0,2	2,3	0,9
Produktion og rådgivning i forbindelse med solgte varer og ydelser	3,2	0,3	3,3	1,0
Andet miljø- og energiteknisk personale	1,0	0,3	0,9	0,6
Andet personale	1,1	0,3	1,2	0,7
<b>I alt</b>	<b>10,7</b>	<b>1,7</b>	<b>12,1</b>	<b>4,9</b>
<b>Mellemstort budget</b>				
Teknologi- og produktudvikling	3,2	0,5	2,9	1,6
Administration, distribution og salg	1,4	0,0	1,6	1,3
Produktion og rådgivning i forbindelse med solgte varer og ydelser	1,3	0,1	2,3	1,9
Andet miljø- og energiteknisk personale	0,8	0,0	0,4	0,4
Andet personale	0,9	0,0	1,1	0,8
<b>I alt</b>	<b>7,5</b>	<b>0,6</b>	<b>8,2</b>	<b>5,9</b>
<b>Stort budget</b>				
Teknologi- og produktudvikling	2,3	0,2	1,6	0,4
Administration, distribution og salg	0,5	0,0	0,5	0,3
Produktion og rådgivning i forbindelse med solgte varer og ydelser	0,5	0,1	0,8	0,4
Andet miljø- og energiteknisk personale	0,5	0,0	0,3	0,1
Andet personale	0,7	0,3	0,4	0,4
<b>I alt</b>	<b>4,5</b>	<b>0,7</b>	<b>3,6</b>	<b>1,6</b>

Kilde: DAMVAD Analytics

Note: Budgetstørrelser er opdelt på kvartiler (N=250)

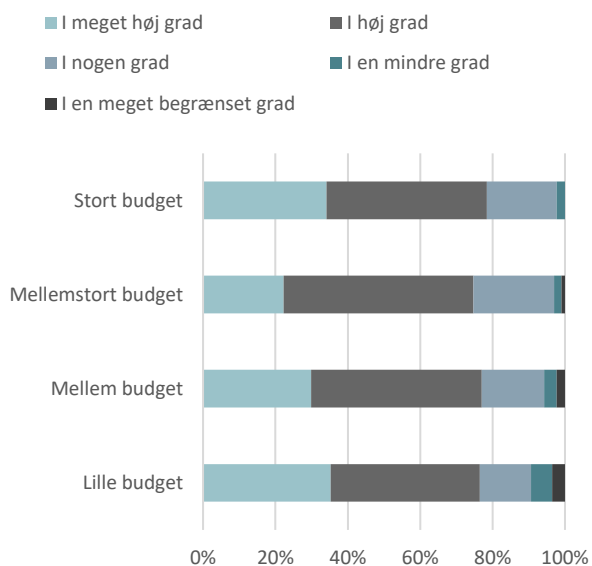
**FIGUR 19.20**  
 Projekternes formålsopnåelse (store hovedansøgere)



Kilde: DAMVAD Analytics

Note: Spørgsmål: "I hvor høj grad vurderer du, at projektet er lykkedes med at opnå projektets oprindelige formål?" (N=90). Figuren indeholder kun projekter, hvor en stor virksomhed står angivet som hovedansøger.

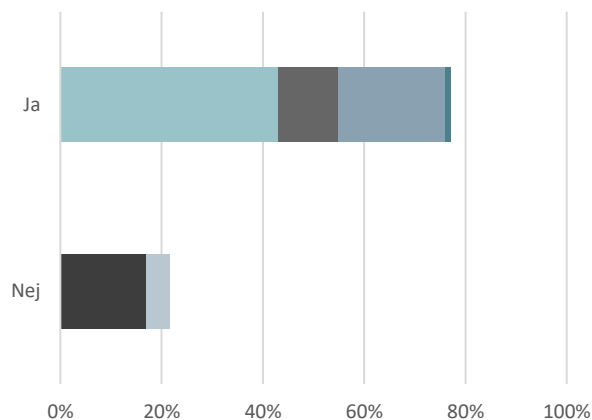
**FIGUR 19.21**  
 Projekternes formålsopnåelse efter budgetstørrelse



Kilde: DAMVAD Analytics på baggrund af miljøstyrelsen

Note: Spørgsmål: "I hvor høj grad vurderer du, at projektet er lykkedes med at opnå projektets oprindelige formål?" (N=371). Projektbudgettet er opdelt i kvartiler.

**FIGUR 19.22**  
 Projekternes formålsopnåelse



■ Ja, inden for projektperioden

■ Ja, efter projektperioden med en beskeden udviklingsindsats

■ Ja, efter projektperioden med en væsentlig udviklingsindsats, finansieret af egne eller andre private midler

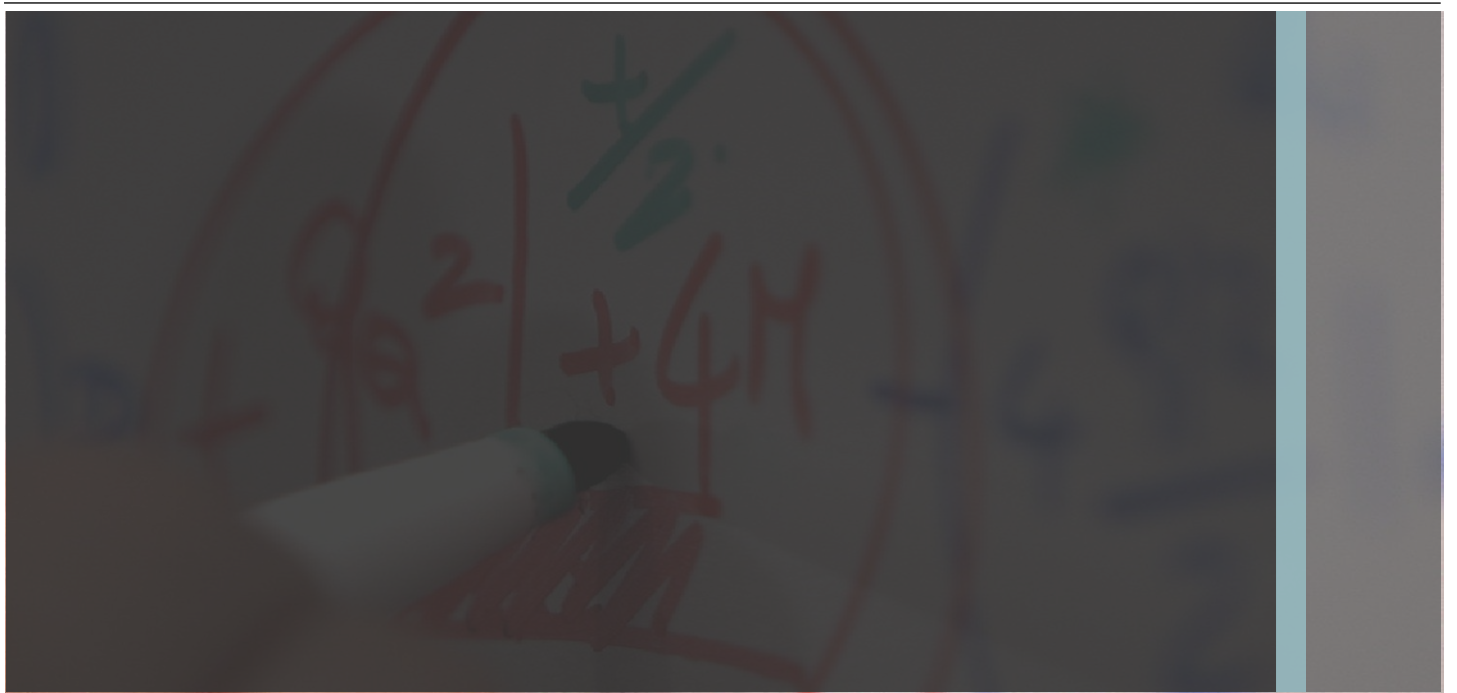
■ Ja, efter projektperioden med en væsentlig udviklingsindsats, der krævede yderligere offentlig støtte

■ Nej, men vi arbejder stadig på at nå derhen (kun for afsluttede projekter)

■ Nej, vi forventer ikke at udvikle et nyt produkt, service eller varelse

Kilde: DAMVAD Analytics

Note: Spørgsmål: "Er i lykkedes med at opnå projektets oprindelige formål?" (N=89). Figuren indeholder kun projekter, hvor en stor virksomhed står angivet som hovedansøger.



**NIRAS**

Sortemosevej 19  
DK - 3450 Allerød

**DAMVAD**  
ANALYTICS

Havnegade 39  
DK-1058 Copenhagen K