

ROBOTTEKNOLOGI OG  
DEN GRØNNE OMSTILLING

# Grønne effektkæder i robotindustrien

2022



ODENSE  
robotics

Rapporten er udarbejdet for Odense Robotics af:

Kristina Vaarst Andersen, Lektor SDU

Nanna Meilbak, Forskningsassistent, SDU

Publiceret august 2022

Finansieret af Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse



ODENSE  
robotics

SDU



Danmarks  
Erhvervsfremmebestyrelse

# EXECUTIVE SUMMARY

---

---

This report addresses how the focus on environmental sustainability affects robotics. Robot solutions mostly contribute indirectly to production and operate in the Business-to-Business market far from public awareness. Which is why robotics has long been exempted from the general pressure for environmental sustainability experienced by industries with more public awareness. However, environmental sustainability is now a focus for the majority of robot companies and their customers, and this focus is only expected to increase in the future.

Two of the most widespread approaches to environmental sustainability are the focus on greenhouse gas emissions, divided into Scope 1, 2 and 3, and the concept of circular economy focused on prolonging product lifespan and recycling of end-of-life products. In this report these two approaches are used to analyze robot companies' opportunities to contribute to environmental sustainability given their specific position in Business-to-Business markets invisible to the general public. The report is based on 25 interviews with robot producers, robot integrators, customers and organizations.

Because robot companies contribute indirectly to their customers' production and operate far back in supply chains, a green profile has limited branding value and customers are rarely willing to pay more for environmentally sustainable solutions. This presents a challenge to robotics companies' work on environmental sustainability. Nevertheless, most robotics companies are actively working to reduce their own Scope 1, both in terms of energy consumption and material consumption. Many are also working to reduce their Scope 2 by switching from traditional to renewable energy sources. However, robotics companies seldom address Scope 3 in terms of their supply chain of suppliers and subcontractors. A few robot companies source sustainable materials, but the vast majority has not yet begun to optimize environmental sustainability in procurement or work with a circular approach.

The robot companies are aware that their primary contribution environmental sustainability lies not in reducing their own Scope 1, but in the opportunities to their technology offers to improve customers' environmental sustainability. To realize these possibilities, robot companies must develop competencies in relation to measurement and documentation of environmental effects. It is necessary to include both economic and environmental direct and indirect as well as short- and long-term effects when demonstrating the business case to customer companies.

A small but increasing share of companies focus on circular economy. These companies work purposefully with a focus on product lifespan, opportunities to upgrade and repair, as well as flexible solutions that allow customers to reconfigure and expand their solutions if demand change. This approach has a significant economic advantage, but also a positive environmen-

tal impact in terms of more efficient use of production equipment. Circular economy also includes recycling end-of-life products, which is an interesting business opportunity for robotics companies in terms of both their own products and in terms of providing robot solutions that help customers recycle their end-of-life products.

Not all aspects of environmental sustainability are equally relevant to all robot companies. Cobot and mobile robot manufacturers typically have extensive upstream supply-chains with many suppliers and subcontractors. To focus on environmental sustainability in the supply-chain consequently holds great potential. Mass production of small flexible robots makes circular economy another potential focus point. Most of these companies are young, and the majority of their products are still in use, but there is a large future potential for positive environmental effects of recycling materials and components from flexible robots. However, this requires that the robot companies can locate their end-of-life products and facilitate a simple and cost-effective return and recycling.

Automation systems have long lifespans and are built to be repaired, converted and at end-of-life disassembled and recycled. To enhance their environmental sustainability, machine builders could therefore focus even more on their robots' resource optimization in operation. Resource optimization is typically closely linked to cost reduction, but it is difficult to make more than incremental improvements. Here, more and better data on customers' use of robot solutions is key to increase environmental sustainability. The related challenge is to design business models and incentive structures that motivate customer to share their data with robot manufacturers.

Manufacturers of domain-specific robots have the advantage that their robots' design optimizes resource utilization within their specific domain. Thus, their very business model is built around a value proposition that promotes environmental sustainability through reduction in customers' Scope 1. Manufacturers of domain-specific robots often have long up-stream supply-chains and will therefore benefit from working with environmental sustainability in the choice of suppliers and subcontractors. Another opportunity is to focus on the circular economy of their own products. When working with Scope 3, both in relation to suppliers and subcontractors, and in relation to the lifespan and recycling of products, these robotics companies have the advantage that they are typically young. These businesses have developed while environmental sustainability, data-driven decisions and service-based business models demonstrated clear competitive advantages. They therefore have optimal opportunities to adapt their business to customers' future requirements for documentation of environmental sustainability.

Customers generally exhibit little willingness to pay more for environmentally sustainable solutions. However, large and public customers have sustainability strategies and are working to implement these in their organizations. Robotics companies should expect customers to increase demands for compliance with environmentally sustainable production. Documenta-

tion, impact targets and data-driven approaches will characterize customers' future approach to environmental sustainability. Robot integrators have a clear advantage and an important role as a link between customer needs and requirements and technological opportunities: Through their close contact with both robot and customer companies, robot integrators have opportunity to collect and analyze data and thus to provide data-driven arguments for investments in environmental sustainability.

The insights presented in this report, leave no doubt that both robot companies, integrators and customers expect environmental sustainability to come more into focus in the future. In both internal value chains and external supply chains, companies will have to implement measures to ensure environmentally sustainable production and be able to document the effects of their actions. A data-driven approach and business models that facilitate documentation and circularity are key to achieving this goal.

# INDHOLDSFORTEGNELSE

---

---

Introduktion	7
Miljømæssig bæredygtighed	8
Datagrundlag og metode	13
Robot- og kundervirksomhedernes tilgang til miljømæssig bæredygtighed	15
Kundernes efterspørgsel på miljømæssig bæredygtighed	24
Robotintegratorernes rolle	30
Forskellige robottyper - forskellige indsatsområder	32
Bæredygtige forretningsmodeller	40
Konklusion	43
Litteraturliste	46

# INTRODUKTION

---

---

Der er et stigende politisk og forbrugerdrevet fokus på bæredygtig produktion, som danske robotvirksomheder er nødt til at forholde sig til. Fra Brundtlandrapporten blev udgivet i 1987, til FNs 17 verdensmål fra 2015 går der en lige linje, der sætter fokus på spændingen mellem nutidens produktion og forbrug og fremtidige generationers muligheder. Disse politiske strømninger er de seneste år særligt udmøntet i et politisk pres for øget bæredygtighed, det der populært kaldes den grønne omstilling af samfundet. Resultaterne af det politiske fokus på bæredygtighed er, at forskning i bæredygtighed er vokset eksponentielt (Bhattacharyya & Verma, 2020). Det politiske pres danner grund for øget regulering og afgifter. Og på forbrugersiden ses ændrede forbrugsmønstre og i yderste konsekvens boykot af virksomheder og produkter, der ikke lever op til forventninger og udmeldinger om miljømæssig bæredygtighed. Bæredygtighed og FNs verdensmål dækker både sociale, økonomiske og miljømæssige aspekter. Denne rapport fokuserer på miljømæssig bæredygtighed. Miljømæssig bæredygtighed står højt på forbrugernes agenda og den politiske dagsorden, og både offentlige og store virksomheder udvikler i stigende grad strategier for miljømæssig bæredygtighed (Finkbeiner, Schau, Lehmann & Traverso, 2010). Selvom det endnu ikke er alle danske robotvirksomheder, der oplever efterspørgsel på grønne løsninger fra deres kunder, intensiveres fokus på robotvirksomhedernes miljømæssige effekter i disse år. Derfor er afsættet for denne rapport at adressere hvordan danske robotvirksomheder kan integrere miljømæssig bæredygtighed under hensyntagen til deres konkurrenceevne.

I 2020 udgav SDU og Odense Robotics rapporten "Hvordan bidrager robotteknologi til den grønne omstilling?" der viste at robotvirksomheder generelt ikke oplever stort pres fra deres kunder for at levere bæredygtige løsninger. Mange robotvirksomheder vil gerne sætte bæredygtighed højere på den strategiske dagsorden og har iværksat initiativer, men oplever at kunderne generelt ikke efterspørger grønne løsninger og er ikke villige til at betale mere for miljøvenlige alternativer. Dog efterspørger offentlige og de allerstørste kunder i stigende grad indsigt i, hvordan robotvirksomhedernes produkter påvirker miljøet (Andersen 2020).

Denne rapport går i dybden med Robotvirksomhedernes muligheder for at bidrage til miljømæssig bæredygtighed ved at analysere værdikæder og forsyningskæder i robotics gennem interview med robotproducenter, robotintegratorer og kundevirksomheder. Interview er gennemført efteråret 2020 og efteråret 2021 med det formål at identificere de indsatspunkter, der vil have størst effekt med laveste omkostninger for forskellige typer robotter og robotvirksomheder. Det politiske pres for miljømæssig bæredygtighed og forbrugernes fokus på den grønne agenda breder sig gennem forsyningskæderne og vil kun tage til i styrke i de kommende år. Robotproducenter og integratorer vil være nødt til at forholde sig til denne agenda, denne rapport tilbyder et input til robotvirksomhedernes arbejde med økonomisk rentable bæredygtige

# MILJØMÆSSIG BÆREDYGTIGHED

---

---

Store danske virksomheder har siden 2013 skulle indrapportere bæredygtighedsindsatser i deres årsregnskab. Indrapporteringen omfatter virksomhedens miljøforhold, arbejdet med at reducere negative miljøeffekter relateret til virksomhedens virke, samt sociale forhold, personaleforhold og forhold relateret til respekt for menneskerettigheder, bekæmpelse af korruption og bestikkelse (Lov nr. 1403 af 27/12/2008 om ændring af årsregnskabsloven). Miljømæssig bæredygtighed er altså ikke en ny agenda, men intensiteten i det politiske pres og i forbrugernes fokus på miljømæssig bæredygtighed er steget betydeligt de senere år (Bhattacharyya & Verma, 2020). De følgende underafsnit gennemgår de mest udbredte tilgange til virksomheders miljømæssig bæredygtighed, der har direkte relevans for robotvirksomheder.

## **FNs verdensmål – udgangspunktet for den politiske agenda**

Begrebet bæredygtighed og FNs 17 verdensmål (på engelsk kaldet Sustainability Development Goals, eller forkortet SDGs) dækker indsatsområder indenfor både miljø, social og økonomisk ulighed. I denne rapport er fokus på de miljømæssige aspekter, og derfor refereres der til miljømæssig bæredygtighed. Særligt FNs verdensmål 6, 9 og 12 er relevante for robotvirksomheders miljømæssige bæredygtighed. FNs 6. verdensmål fokuserer på sikring af vandressourcer og adgang til vand og sanitet. Dette verdensmål er særlig relevant for producenter af robotter, der indgår i processer, som forbruger store mængder vand, eller har risiko for at udlede forurenede spildevand. FNs 9. verdensmål omhandler infrastruktur og bæredygtig industrialisering og innovation. Det er relevant for de fleste robotvirksomheder, idet robotteknologi potentielt kan bidrage til at fremme bæredygtig produktion, skabe nye arbejdspladser og energieffektivitet i industriel produktion. FNs 12. verdensmål omhandler bæredygtigt forbrug og produktionsformer. Robotteknologi åbner op for nye muligheder for at minimere ressourcespild i industriel- og fødevarerproduktion gennem intelligent produktion og monitorering, og både robotproducenter, kunder og robotintegratorer har mulighed for at bidrage til at opfylde dette verdensmål.

FNs verdensmål omhandler det, der også kaldes grøn omstilling af samfundet, herunder industriel produktion. I forhold til robotvirksomheder er det mest relevante aspekt omstilling af produktion og forbrug til mere bæredygtige former end de, der har været udbredte siden industrialiseringen i 1900-tallet. Den grønne omstilling af industriens produktion har blandt andet fokus på miljømæssig bæredygtighed i form af reduktion af udledning af drivhusgasser i relation til produktion og logistik. For robotvirksomheder og deres kunder er CO<sub>2</sub> den mest interessante drivhusgas, da CO<sub>2</sub> udledning er direkte afledt af energiforbrug. Der er også fokus på ressourceanvendelse i produktionen og muligheder for genanvendelse af råmaterialer og produkter efter endt levetid.



Genanvendelse af materialer betegnes ofte som cirkulær økonomi eller cradle-to-cradle, fordi fokus er på at sikre at forarbejdede materialer genanvendes eller forarbejdes, så de kan indgå i nye produkter.

## Scope 1,2 og 3 - ressourceanvendelse og udledning af drivhusgasser

Et centralt og veludviklet perspektiv på miljømæssig bæredygtighed er ressourceanvendelse i produktionen og den relaterede CO2 udledning. En virksomheds CO2 udledning kan deles op i tre hovedområder: Scope 1,2 og 3 (ghgprotocol.org). Fordelen ved at bryde en virksomheds CO2 udledning ned i Scope 1,2 og 3 er, at det bliver lettere for den enkelte virksomhed at vurdere, hvor den kan reducere sin CO2 udledning med størst effekt og lavest omkostning. Figur 1 viser en simpel oversigt over typiske kilder til drivhusgasudledning i Scope 1,2, og 3.

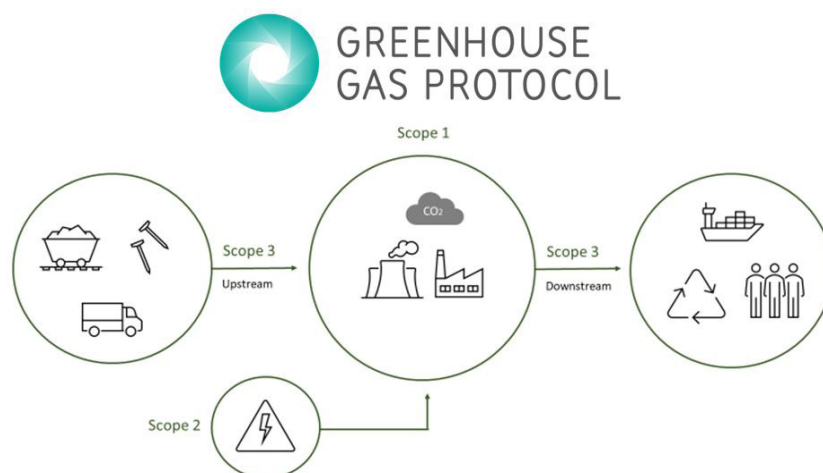
Figur 1: Definition af Scope 1, 2 og 3

Scope	Definition
Scope 1: Direct GHG emissions	Direct GHG emissions occur from sources that are <b>owned or controlled by the company</b> , for example, emissions from combustion in owned or controlled boilers, furnaces, vehicles, etc.; emissions from chemical production in owned or controlled process equipment.
Scope 2: Electricity indirect GHG emissions	Scope 2 accounts for GHG emissions from <b>the generation of purchased electricity</b> (i.e. electricity, steam, and heating/cooling) consumed by the company. Purchased electricity is defined as electricity that is purchased or otherwise brought into the organizational boundary of the company. Scope 2 emissions <b>physically occur at the facility where electricity is generated</b> .
Scope 3: Other indirect GHG emissions	Scope 3 is an optional reporting category that allows for the treatment of <b>all other indirect emissions</b> . Scope 3 emissions are a consequence of the activities of the company but occur from <b>sources not owned or controlled by the company</b> . Some examples of scope 3 activities are extraction and production of purchased materials; transportation of purchased fuels; and use of sold products and services.

Kilde: The GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard  
<https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>

Scope 1 betegner den CO2 udledning, der er en direkte effekt af virksomhedens interne aktiviteter. Det er de aktiviteter man typisk kalder virksomhedens interne værdikæde (Porter, 1985), såsom produktion, faciliteter, udstyr og intern logistik, men også støttefunktioner såsom administration og HR. Hvis der er tale om en stor virksomhed med global tilstedeværelse vil alle afdelinger og divisioner tælle med i Scope 1 og det samme vil logistik mellem afdelinger og divisioner. Scope 2 dækker den CO2udledning, der resulterer fra produktion af den energi virksomheden køber. Hvis virksomheden køber energi produceret af kuldrevne kraftværker, vil CO2udledning under Scope 2 derfor være større, end hvis virksomheden køber eksempelvis vindenergi. Scope 3 betegner den CO2udledning, der skabes i virksomhedens eksterne forsyningskæde. Up-stream kilder til CO2udledning, det vil sige de aktiviteter, der ligger inden virksomhedens egen værdikæde, er typisk leverandører, underleverandører i mange led og logistik. Down-stream kilder til udledning, det vil sige de aktiviteter, der ligger efter virksomhedens egen værdikæde, er typisk kunders anvendelse af virksomhedens produkter, distribution og anden logistik.

Scope 1, 2 og 3 er fokuseret på CO<sub>2</sub>udledning, men er nært relateret til andre aspekter af miljømæssig bæredygtighed: udvinding af råmaterialer og fremstillingsprocesser hos underleverandører udleder CO<sub>2</sub> (Scope 3), så jo mindre materialespild og jo mere optimal ressourcenyttelse en virksomhed har, jo lavere udledning. Derfor vil denne rapport trække på opdelingen i Scope 1, 2 og 3, men anvende tilgangen bredere, så den også omfatter eksempelvis forbrug af vand og materialer i produktionen:



*Illustration baseret på information fra [ghgprotocol.org](http://ghgprotocol.org)*

For de fleste virksomheder, ligger 80-90% af deres drivhusgasudledning i kategorien Scope 3 (Bové & Swartz, 2016). For robotvirksomheder har det to vigtige implikationer: For det første, at robotvirksomheder i deres arbejde med miljømæssig bæredygtighed med fordel kan rette fokus mod deres up-stream forsyningskæde. Og for det andet at robotvirksomheder bør overveje, hvordan de indgår i deres kundevirksomheders Scope 3. Det politiske pres for grøn omstilling af industriel produktion og det stigende forbrugerfokus på virksomheders effekter på miljøet indikerer, at robotvirksomheder må forvente at presset for dokumentation og reduktion af miljømæssige effekter på et tidspunkt også når deres kunder og dermed robotvirksomhederne selv.

En international anerkendt metode til at opgøre virksomheders reduktion af udledning af CO<sub>2</sub> er Science Based Targets initiative (SBTi, 2020). SBTi er et partnerskab mellem CDP, FN's Global Compact, World Resources Institute (WRI) og World Wide Fund for Nature (WWF), som sætter virksomheder i stand til at fastsætte videnskabeligt baserede mål for reduktion af udledning. Initiativet definerer og fremmer bedste praksis inden for reduktion af udledning og netto-nul-udledningsmål i overensstemmelse med klimavidenskaben. Initiativet stiller teknisk bistand og ekspertressourcer til rådighed for virksomheder, der sætter videnskabeligt baserede reduktionsmål. Mere end 2.000 virksomheder har forpligtiget sig til at arbejde med at måle og reducere deres udledning baseret på videnskabelige kriterier og metoder. Blandt disse er nogle af verdens største fremstillingsvirksomheder. Efterhånden som disse virksomheder indarbejder fokus på miljømæssig bæredygtighed i deres Scope 1, 2 og særligt i deres

Scope 3, vil deres fokus rettes mod leverandørers og underleverandørers CO<sub>2</sub>udledning. For at nedbringe deres egen Scope 3 udledning vil de have en præference for leverandører, der også har fokus på miljømæssig bæredygtighed. Og dermed vil mange robotvirksomheder blive konfronteret med krav om målbarhed og reduktion af negative miljøeffekter.

## Cirkulær økonomi – genanvendelse af materialer og produkter

Et andet perspektiv på miljømæssig bæredygtighed er cirkularitet, det der også kaldes cirkulær økonomi og cradle-to-cradle tilgang. Denne tilgang til miljømæssig bæredygtighed er nyere end arbejdet med CO<sub>2</sub> reduktion og metoder til effektmåling er ikke lige så udviklede, men essensen er at virksomheder forsøger at genanvende mest muligt af deres udgåede produkter i deres produktion af nye produkter. Deri ligger cirkulariteten: ny produktion baseret på de materialer, der allerede indgår i eksisterende produkter, hvilket bidrager til miljømæssig bæredygtighed.

## Udfordringer relateret til lange forsyningskæder

Konsulenthuset McKinsey forudsiger, at markedet for forbrugergoder vil stige med 5% årligt indtil 2050, men kobler denne udvikling nært til krav om øget miljømæssig bæredygtighed: Den stigende efterspørgsel vil komme med krav om betydelig reduktion af udledning af CO<sub>2</sub>, og med stigende produktion vil besparelser fra reduktion af spild og ressourceforbrug få endnu større effekt (Bové & Swartz, 2016). Et videnskabeligt studie af multinationale virksomheders arbejde med miljømæssig bæredygtighed viser, at presset for at reducere negative miljøeffekter i høj grad skubbes videre til leverandører og underleverandører i globale forsyningskæder (Villena & Gioia, 2020). De multinationale virksomheder i undersøgelsen sætter langsigtede mål for miljømæssig bæredygtighed, og for at fremme miljømæssig bæredygtighed i deres forsyningskæde kræver de også, at deres direkte leverandører sætter klare mål, og at de involverer underleverandører i at sætte mål og reducere de negative miljøeffekter. Analysen identificerer fire former for pres der allerede er intensiveret for langt de fleste virksomheder og vil intensivere yderligere i de kommende år:

- **Direkte pres på leverandører for reduktion af negative miljøeffekter**
- **Indirekte pres hvor direkte leverandører stiller krav til deres underleverandører om reduktion af negative miljøeffekter længere up-stream i forsyningskæden**
- **Kollektivt pres i form af industristandarder og regler**
- **Globalt pres fra internationale organisationer der udarbejder strategiske mål og effektmål**

Store og multinationale virksomheder bliver i stigende grad bevidste om, at den største risiko for deres forretning ligger langt tilbage i forsyningskæderne, og de vil derfor i stigende grad sætte fokus på mål og målbarhed i hele forsyningskæden.

Ifølge en McKinsey analyse fokuseret på producenter af instrumenter og maskiner, betyder det at flere og flere slutkunder efterspørger mere miljøvenligt produktionsudstyr, der kan hjælpe dem til at reducere deres Scope 1 udledning (Goel, Rittstiege & Sanders, 2021). Konsekvensen for robotvirksomheder vil være et øget kundefokus på miljømæssige aspekter og proaktive spørgsmål omkring energiforbrug i drift, muligheder for reparation, opgraderinger og levetid for robotanlæg samt certificeringer og målbarhed. Robotproducenter bør forvente en øget efterspørgsel på robotløsninger med lavest mulig energi og ressourceforbrug, maksimal levetid og fleksibilitet.

## Opsummering

Dette afsnit gav et indblik i de generelle politiske diskussioner af miljømæssig bæredygtighed. Resten af rapporten fokuserer på grønne mulighederne for robotvirksomheder og for anvendelse af robotteknologi. I afsnit 3 beskrives undersøgelsens metode ganske kort, og de efterfølgende afsnit fokuserer på, hvordan robotproducenter, integratorer og kunder ser på og arbejder med miljømæssig bæredygtighed.

## DATAGRUNDLAG OG METODE

Datagrundlaget for denne rapport er 25 interview med robotproducenter, integratorer, kunder og en interesseorganisation. Interviews med 11 robotproducenter og integratorer blev gennemført i efteråret 2020, og 14 interview med robotproducenter, integratorer og kunder blev gennemført i efteråret 2021. Derudover trækker rapporten på en gennemgang af forskning i bæredygtighed, grøn omstilling og grøn innovation og på indsigter fra en række industrianalyser. Tabel 1 viser en oversigt over de organisationer, der har bidraget til analysen.

Tabel 1. Oversigt over organisationer, der har deltaget i undersøgelsen

Virksomhedsnavn	Primære produktkategorier	Kategori
AmiNIC	Nanoteknologisk sensor til måling af holdbarhed i kød	Robotvirksomhed
BILA	Robotautomatisering	Robotvirksomhed
B&R Ind. Automation	Robotautomatisering	Robotvirksomhed
Cabinplant	Automatisering i fødevarerindustrien	Robotvirksomhed
Capra Robotics	Mobile robotter	Robotvirksomhed
Cliin Robotics	Rengøringsrobot til skibsindustrien	Robotvirksomhed
Cobot Lift	Kollaborative robotter	Robotvirksomhed
Danfoss	Termostater, pumper og motorer	Kundevirksomhed
DanRobotics	Robotsvejseløsninger, robotautomatisering, fixturbyg	Robotvirksomhed
DFD	Specialiseret tekstil- og vaskeservice til alle brancher	Kundevirksomhed
EGATEC	Robotautomatisering pakning og intern transport	Robotvirksomhed
Forsvarsministeriet	Offentlig kunde	Kundevirksomhed
Jorgensen Eng.	Robotfremstilling af løfte- og håndteringsudstyr	Robotvirksomhed
Inwatec	Robotautomatisering til vaskerier	Robotvirksomhed
LINAK	Elektrisk lineær aktuator-teknologi	Kundevirksomhed
Nyt OUH	Offentlig kunde	Kundevirksomhed
OnRobot	Kollaborative end-of-arm-værktøjer	Robotvirksomhed
Produktionsteknik	Specialmaskiner	Robotvirksomhed
Region Syddanmark	Offentlig kunde	Kundevirksomhed
Robot At Work	Robotplatform til automatisering i byggebranchen	Robotvirksomhed
Technicon	Robotautomatisering	Robotvirksomhed
Universal Robots	Kollaborative robotter	Robotvirksomhed

Note: I de største virksomheder er der interviewet flere medarbejdere med forskellig indsigt og ansvarsområder, derfor summer antallet af organisationer ikke til 25

Robotproducenterne er blevet spurgt til deres vurdering af muligheder og barrierer for at udvikle mere miljømæssigt bæredygtig robotteknologi, hvordan de arbejder med miljøhensyn internt i virksomhedens værdikæde og i deres eksterne forsyningskæde i forhold til både leverandører og kunder. Der blev også spurgt ind til, hvorvidt og hvordan de måler på miljømæssige effekter, og hvad der kunne fremme deres arbejde med miljømæssig bæredygtighed. Integratorvirksomhederne blev spurgt ind til deres oplevelse af kundernes efterspørgsel efter og betalingsvillighed i forhold til grønne løsninger, hvorvidt og hvordan de måler på miljømæssige effekter, og hvad der kunne fremme deres arbejde med miljømæssige hensyn.

I interviewene er der tilstræbt en balance mellem robotproducenter og robotintegratorer, mellem små og store og nye og ældre virksomheder, og mellem robotproducenter af store automationsanlæg, fleksible robotter og mindre domænespecifikke robotter.

Kunderne er blevet spurgt ind til deres afvejning af miljømæssige og økonomiske hensyn i indkøb af robotteknologi. Der blev også spurgt ind til henholdsvis deres strategiske og operationelle arbejde med grøn omstilling, og vi har hos de største kundevirksomheder interviewet repræsentanter fra både det strategiske og operationelle niveau. Kundevirksomhederne er også blevet spurgt om, hvordan de måler og vægter miljømæssige effekter i forhold til økonomi og kvalitet.

Kundevirksomhederne i undersøgelsen er udvalgt ud fra, at de er store organisationer, der arbejder målrettet med miljømæssig bæredygtighed og har mulighed for at implementere robotteknologi i deres aktiviteter. De offentlige kunder er ydermere udvalgt fordi de har store indkøb direkte relateret til deres kerneopgave, hvor der med fordel vil kunne implementeres robotløsninger. De er derfor ikke repræsentative for den typiske offentlige kunde, hvor indkøb ofte vil være koncentreret omkring meget andet end varer/tjenesteydelser i relation til kerneopgaven. Mange offentlige institutioner, herunder ministerier/styrelser, uddannelsesinstitutioner, kulturinstitutioner mv. kan langt nemmere tage grønne hensyn med i betragtning, når de indkøber fx toiletpapir, kuglepenne, møbler, kantineydelser, rengøring mv. til den daglige drift. Udvælgelsen af offentlige kunder til denne undersøgelse er baseret på relevansen af robotteknologi for disse kunder, ikke på at de er repræsentative for offentlige kunder generelt.

Alle interview er transskriberet, og derefter er gennemgående emner kodet. Kodningen er kvalificeret og justeret gennem adskillige iterationer mellem datamateriale og afgrænsning af hvert emne indtil centrale emner fremstod tydelig og med minimalt overlap. Rapporten er organiseret ud fra de emner, der er identificeret i datamaterialet, og anonymiserede citater inddrages løbende i rapporten.

# ROBOT- OG KUNDEVIRKSOMHEDERNES TILGANG TIL MILJØMÆSSIG BÆREDYGTIGHED

---

De robotvirksomheder og kunder, der har bidraget til denne rapport, oplever en stigende interesse i miljømæssig bæredygtighed, men mange har svært ved at målrette og dokumentere deres indsats. Dette afsnit præsenterer centrale temaer fra interviewene med robot- og kundevirksomheder, fokuseret på robotvirksomhedernes arbejde med miljømæssig bæredygtighed i deres interne værdikæder, robotløsningernes effekter på kundevirksomhedernes miljømæssige bæredygtighed, og robot- og kundevirksomheders forventninger til udviklingen for miljømæssig bæredygtighed. De efterfølgende afsnit 5, 6 og 7 går i dybden med henholdsvis kundernes, integratorernes og robotvirksomhedernes muligheder for at integrere miljømæssig bæredygtighed i deres interne værdikæder og eksterne forsyningskæder.

## Robotvirksomhedernes arbejde med eget Scope 1

Robot- og kundevirksomheder arbejder allerede med at reducere deres negative miljøeffekter, men miljømæssig bæredygtighed er en ny agenda, som de færreste robot- og kundevirksomheder endnu har indarbejdet i organisationens dagligdag. En stor robotintegrator forklarer i citatet nedenfor, hvordan virksomheden stadig arbejder med deres tilgang:

*“Altså som sagt CSR eller grøn omstilling er jo så lidt nyt for os, så altså vi prøver at gå at smage lidt på det, men det er nok en af de områder, hvis ikke man sådan har fået fældet lidt ned på et papir, så skal man måske lige om i ”gemmeren” og huske, hvad det nu var, man havde aftalt sidste gang. Det ligger ikke sådan inden under huden på os endnu.”*

Robotteknologiens bidrag til miljømæssig bæredygtig produktion vil øges, hvis robotterne bliver produceret på mere bæredygtig vis. Men implementering af miljømæssig bæredygtighed i hele den interne værdikæde fordrer, at robotvirksomhedernes ejer, bestyrelse eller topledelse sætter miljøhensyn høj på organisationens agenda. En robotproducent beskriver, hvor vigtigt det ledelsesmæssige fokus er for at miljømæssig bæredygtighed bliver integreret i organisationens praksis:

*“Det er faktisk topledelsen, er siger, at vi skal have nedsat en gruppe og arbejde med bæredygtighed og nogle af verdensmålene. Så det påbegynder vi i Q4. Og man kan jo sige, at det jo når du snakker bundlinje, så er det jo også fedt, at det kommer oppe fra. Fra topledelsen af, at vi skal begynde at arbejde med grøn omstilling. Altså bundlinjen skal også være i orden, men man har opbakningen til at gøre noget.”*

Netop bundlinjen er ofte en udfordring for robotvirksomhedernes arbejde med miljømæssig bæredygtighed. De er underleverandører på et konkurrencepræget, globalt marked, og er derfor følsomme overfor ekstra omkostninger. En stor privat kundevirksomhed med en stor robotflåde denne vurdering:

*“Der kan det godt være, at hvis prisen er nogenlunde den samme, at man så vælger den mest miljøvenlige.”*

Der er et ganske lille rum for meromkostninger, og det er både robot- og kundevirksomheder meget opmærksomme på. Nogle robot- og kundevirksomheder tilkendegiver, at de er villige til at have en lille meromkostning når de forfølger grønne løsninger, men kunderne er ikke villige til at betale meget mere for grønne løsninger eller robotvirksomhedernes interne miljømæssige bæredygtighed. Derfor begrænser mange robotvirksomheder deres interne indsats i forhold til Scope 1 til en generel oprydning i virksomheden og mindre ændringer der, hvor de kan se en direkte besparelse af at implementere miljømæssig bæredygtighed (se Andersen 2020 for en uddybende analyse af dette perspektiv).

Robotvirksomhederne oplever ikke, at der er minimumskrav til miljøeffekter eller dokumentation, som de skal overholde, for at komme i betragtning som leverandører. En robotproducent forklarer, at kunderne typisk er uinteresserede i, hvor miljømæssig bæredygtig robotvirksomhedernes interne og eksterne værdikæder er:

*“De efterspørger ikke, at vi har en masse papir på, hvor bæredygtige vi er, og om vi genbruger materialer.”*

Der er dog flere af virksomhederne i undersøgelsen, som fremfører, at bæredygtighed og en grøn dagsorden kan være en fordel i forhold til at tiltrække nye medarbejdere samt fastholde og motivere nuværende medarbejdere. En etableret robotproducent formulerer således:

*“Medarbejdere vil jo godt arbejde et sted, hvor der er fokus på sådan nogle ting [miljømæssig bæredygtighed]. Så det taler jo for ligesom at markedsføre det.”*

Robotproducenterne forventer, at fordelene ved at kunne henvise til 'et grønt formål' kun vil blive større i de kommende år set i lyset af udfordringerne med at kunne rekruttere tilstrækkelig, kvalificeret arbejdskraft og samtidig kunne tiltrække nye medarbejdere blandt de mere klimabevidste yngre generation af potentielle medarbejdere.

De robotproducenter og integratorer, der har bidraget til undersøgelsen, arbejder med at reducere deres Scope 1 på forskellig vis. Enkelte arbejder med deres miljømæssige bæredygtighed af deres faciliteter, enten selve deres bygninger, energikilder eller indretning. En robotintegrator beskriver deres arbejde på følgende vis:



*“Vi er ved at bygge nyt domicil, og der gør vi alt, hvad vi kan. Vi har sol på taget, og vi har gulvtæpper, der er lavet af genbrugsfiskenet og plastiskflakser.”*

Det er selvsagt ikke alle robotvirksomheder, der står i den situation, at de skal bygge nyt domicil, men mindre gennemgribende indsatser er udbredt blandt virksomhederne. Der er et stort fokus på energiforbrug til belysning og opvarmning og overvejelser om at skifte til energileverandører, der leverer vedvarende energi (Scope 2). Flere robotvirksomheder nævner også en “oprydning” i mindre forureningskilder såsom anvendelse af plast internt i organisationen.

Enkelte robotvirksomheder har også rettet opmærksomheden mod den miljømæssige bæredygtighed i deres up-stream forsyningskæde. De forklarer, hvordan de køber metal i Danmark eller Europa fremfor billigere løsninger fra Kina. En robotproducent forklarer:

*“Jamen, så kan vi jo snakke om, hvad det er, at vi så kan gøre in-house for at beskytte de ting er her. Det vi gør lige nu, det er at vi køber vores primære komponenter, det er f.eks. aluminium, af nogle af de firmaer, som er mest bæredygtige.”*

Beslutningen skyldes primært, at de ønsker at producere i materiale af høj kvalitet, men den bidrager også til en lavere miljømæssig effekt. Både fordi metallet ikke fragtes så langt, og fordi produkter i høj kvalitet har længere levetid.

Robotvirksomhederne er meget bevidste om, at deres interne forbedringer af deres eget Scope 1 har en langt mindre miljømæssig effekt, end deres produkters potentielle effekter, når de anvendes i kundernes produktion. Dette er temaet i afsnit 4.2.

### **Robotvirksomhedernes bidrag til kundernes Scope 1 og 3**

Robotteknologi muliggør at produktion foregår, der hvor forbruget er, uanset lønomkostninger, og robotteknologi rummer alene derfor et stort potentiale for at reducere CO2 udledning relateret til transport. Både robot- og kundevirksomheder fremhæver denne mulighed for at reducerer negative miljøeffekter, der falder under kundernes Scope 3. En robotvirksomhed beskriver det med følgende ord:

*“Det er mere bæredygtigt, da vi ikke behøver transportere varerne på tværs af verden for at bruge dem, og derudover så er vi i vores produktion måske mere bæredygtigt fokuseret”*

Udover denne grundlæggende CO2reduktion i forbindelse med logistik, oplever robotvirksomhederne ikke, at kunderne lægger pres på dem for at øge den miljømæssige bæredygtighed af deres robotløsninger. En robotproducent, der har både private og offentlige kunder forklarer det således:

*“Jeg prøver lige og tænke på nogen cases om der har været noget pres på det. Nej, det er jo bare en salgsparemet, vi bruger, som de synes er god.”*

Det manglende kundepres får endda en anden robotproducent til at vurdere, at bæredygtighedsagendaen er en midlertidig diskussion uden reel forankring:

*“Det er en masse buzzwords, som jeg tænker på et eller andet tidspunkt, så går det over. ... For langt de fleste selskaber så er, så er det, hvis du kigger på det globalt, så er det en fuldstændig uinteressant dialog”*

Den generelle tilgang hos både robotproducenter og integratorer er dog, at fokus på bæredygtighed og herunder særligt miljømæssig bæredygtighed kun vil blive styrket i de kommende år. De forventer, at kunder i fremtiden vil stille flere og mere entydige krav til miljømæssig bæredygtighed hos leverandører og underleverandører. Robotvirksomhederne fremhæver at høje afgifter på vand, spildevandsafledning, el og bortskaffelse af affald bidrager til at gøre deres løsninger mere økonomisk attraktive for kunderne: Når et højt ressourceforbrug giver kunderne store udgifter, øger det deres motivation til at implementere robotløsninger, der kan reducere ressourceforbruget. En kundevirksomhed formulerer det således:

*“Altså først og fremmest når vi kigger på robotter som skal indgå som produktion så vil det først og fremmest være energiforbruget.”*

For robotvirksomheder, der eksporterer en stor del af deres produktion, betyder det, at kundernes villighed til at betale for robotternes ressourceoptimering afhænger af prissætning på eksempelvis vand og energi på de markeder, hvor kunderne opererer. Robotvirksomhederne oplever da også, at deres kunder har vidt forskellig tilgang til miljømæssig bæredygtighed. Hvor nogle er langt med at udvikle strategier og er villige til at betale en lille merpris for en grønnere løsning, er andre mere fokuseret på de direkte og umiddelbare effekter på regnskabet.

Det er en gennemgående udfordring for både robot- og kundevirksomheder, at definere og måle miljømæssig bæredygtighed. En robotproducent, der arbejder intensivt med miljømæssig bæredygtighed, formulerer sin frustration på følgende vis:

*“Jamen, det fylder mere og mere, at de [kundevirksomhederne] efterspørger jo bæredygtighed, men det er..., det er både for os og for dem, der er det jo svært at definere egentlig, hvad er det.”*

At opstille specifikke, kvantificerbare mål og dokumentere fremskridt og effekter er en stor udfordring for både robot- og kundevirksomheder. Af alle de virksomheder, der har bidraget til undersøgelsen, er der ingen, der tilkendegiver, at de har udviklet en færdig model for dette arbejde. Men særligt på kundesiden er ambitionerne høje, og der er et generelt ønske om at arbejde mere datadrevet.

## Dokumentation af grønne effekter

Det er en gennemgående overvejelse for virksomhederne, hvordan den fulde økonomiske gevinst ved grønne løsninger kan demonstreres overfor kunderne. Overvejelsen går primært på at få alle faktorer regnet med, og at få kunderne overbevist om rimeligheden i at holde omkostningerne ved grønnere løsninger op mod alle direkte og indirekte positive økonomiske implikationer. To robotvirksomheder forklarer på hver sin vis, hvordan de oplever, kundernes kortsigtede og lidt simplificerede tilgang til indkøb som en udfordring:

*“ De prioriterer selvfølgelig den økonomiske besparelse. Set i min optik så er det nogle gange meget snævert. Altså de kigger virkelig snævert på den der økonomiske besparelse.”*

*“Og nogle gange er det endda så åndssvagt, at det er startprisen, de kigger på, de kigger ikke engang på, jamen hvad er egentlig omkostninger for det her anlæg over tid.”*

Robotvirksomhederne oplever det generelt som en udfordring at beregne både de kort- og langsigtede, direkte og indirekte besparelser deres produkter kan skabe for kunderne. Figur 3 viser eksempler på de direkte og indirekte, kort- og langsigtede effekter, som robot- og kundevirksomheder har fremhævet i undersøgelsen.

Figur 3 :Økonomiske direkte og indirekte effekter af miljømæssig bæredygtighed på kort- og langt sigt

	Kort sigt	Langt sigt
Direkte effekter	Reduktion af udgifter til energi, materiale, spild og fejlbehandling, samt logistik.	Øget produktionskapacitet per kvadratmeter fører til lavere udgifter til etablering, vedligehold, opvarmning og belysning af bygninger per enhed produceret.
Indirekte effekter	Øget fleksibilitet i opgaveløsningen, mulighed for udvikling af nye ydelser, samt optimering og udvikling af arbejdsgange.	Mere produktive medarbejdere på grund af højere motivation, samt forbedrede rekrutterings- og fastholdelsesmuligheder.

Særligt indirekte og langsigtede effekter er svære at kvantificerer. Kundevirksomheder har eksempelvis svært ved at godtgøre, at mere miljøvenlige robotter på sigt vil hjælpe til at tiltrække og fastholde medarbejdere, og endnu sværere ved at kvantificere en eventuel effekt. Men selv direkte effekter på kort sigt er svære at kvantificerer, og det er endnu sværere for virksomhederne, at opstille præcise mål og dokumentere målopfyldelse. Et eksempel er at robotteknologi typisk kan reducere fejlbehandling og dermed mindske omfanget af fejlpro-

ducerede enheder, der må sendes til skrot. Kundevidkrsomhederne får en skrotpris per kilo og har derfor data på vægten af deres fejlproduktion. Men det er ikke et retvisende mål for de omkostninger fejlbehandling udgør for kundevidkrsomhederne. Fejl tidligt i forarbejdningsprocessen er mindre omkostningstunge, end fejl sent i processen. En robotintegrator forklarer, hvordan de oplever at kundevidkrsomhederne ofte ikke er opmærksomme på denne distinktion:

*“Det [omkostningen] afhænger af, hvor langt i værdiskabelsen du er. Hvis det er den sidste del af forædlingsprocessen, så er kiloprisen jo ikke særlig afgørende.”*

Når simple mål såsom kilopris på skrot ikke er tilstrækkeligt at måle på, så bliver det svært at kvantificere de økonomiske effekter af fejlproduktion. Og situationen bliver ikke lettere af, at robot- og kundevidkrsomheder er i en forhandlingssituation, hvor hver har en interesse i at fremhæve henholdsvis besparelser og omkostninger. Det stiller store krav til objektive standarder for kvantitative mål. En robotproducent beskriver sin frustration på følgende vis:

*“Det eneste jeg egentlig bare har svært ved i den her diskussion, det er, hvordan pokker arbejder man målrettet med det, altså det har jeg, jeg har svært ved ligesom at udmønte det i og sige, nu gør vi det ti procent bedre eller sådan noget bæredygtighed eller, ligesom at få tal på tingene, det, synes jeg, er utrolig svært.”*

En anden robotproducent supplerer med, at miljømæssig bæredygtighed, og særligt kvantificering og effektmåling, er udenfor virksomheden kompetenceområde:

*“Bæredygtighed, altså... det er jo en kæmpe diskussion, som jeg slet ikke er kompetent til, jeg bruger bare min sunde fornuft.”*

En del af udfordringen ligger i, at det i sagens natur er en svær opgave at kvantificere miljømæssige effekter, der rækker udover hvad, der kan aflæses på el og vandmålere. Men robotvidkrsomhedernes arbejde med miljømæssig bæredygtighed udfordres også af at kundevidkrsomhederne ikke selv er opmærksomme på, hvor stor miljømæssige effekt robotterne står for. Når kundevidkrsomhederne ikke er direkte opmærksomme på energiforbrug, materialer, spild eller fejlbehandling, må robotvidkrsomhederne selv udregne hvilke økonomiske besparelser, kundevidkrsomhederne kan opnå ved et reduceret ressourceforbrug. Men regnestykkerne er til tider meget komplekse og afhænger af en række uklare sammenhænge. En robotvidkrsomhed giver i citatet nedenfor et eksempel på en afvejning af energiforbrug ved fremstilling af en enhed, der kan reducere energiforbruget i kunders produktion:

*“Og når jeg bruger en frekvensomformer i mine løsninger, så begynder jeg allerede at spare energi i stedet for at have en motor til at stå med fuld power, men hvad koster det egentlig for selve den enhed at få den fremstillet, og hvordan kan man gøre det på en billigere måde. Og det er sådan nogle regnestykker, jeg tror, der vil komme frem.”*

Både den økonomiske og miljømæssige værdi af en løsning afhænger af dens påvirkning af produktiviteten, og hvor længe den er i brug. Der er mange usikkerheder forbundet med den beregning, både i forhold til økonomiske og miljømæssige implikationer, og det sikre valg vil typisk være at tage den konventionelle løsning, særligt når det er uklart om den "grønne løsning" reelt er miljømæssigt optimal. Flere robotvirksomheder, og særligt robotintegratorerne, tilkendegiver dog, at der ikke er nogen vej udenom at måle på miljøeffekter. I citatet nedenfor forklarer en robotintegrator, hvor svært det er at kvantificere miljøeffekter og demonstrere at arbejdet med miljømæssig bæredygtighed resulterer i en reel forbedring:

*"Meget af det er svært at måle, og hvis man ikke kan måle det, kan det også godt være svært at sætte nogle rammer eller nogle krav til, hvad man vil opnå. Men det er vi jo nødt til at prøve, på en eller anden måde. Om det skal formuleres i ren tekst, eller om vi rent faktisk skal begynde at måle på nogle tal."*

I store organisationer er informationer om robotflådens energiforbrug typisk muligt at fremskaffe, men hvis det skal påvirke kundevirksomhedernes købsbeslutninger, er det en forudsætning at den information er til rådighed, når der træffes beslutninger om indkøb af robotter, og det er ikke altid tilfældet. Flere robotintegrator og maskinbyggere forklarer, hvordan de anvender deres erfaring til at estimere kundernes potentielle økonomiske værdi af ressourceoptimerende løsninger. Nogle forsyner endda deres kunder med standardberegningerne, som kunderne selv kan indsætte deres egne tal i.

Den information, kundevirksomhederne ligger inde med, inddrages ofte ikke i forhandlingssituationen. Kunderne har ikke interesse i at dele hverken information om deres ressourceforbrug, eller hvordan de vægter og vurderer potentielle leverandørers miljømæssige indsats. En robotproducent forklarer, hvordan kunderne ofte holder information tilbage, fordi de forsøger at sikre sig en optimal forhandlingsposition:

*"Kunderne, de holder jo så kortene lidt tæt ind til kroppen, for det er jo en forhandling også på pris og det vil sige, at hvis vi nu begynder at sige: jamen hør du her, du kan jo spare 3 millioner om året ved at bruge vores maskine, så vil han jo tro, at vi sætter prisen for højt fordi vi ved, at han kan spare 3 millioner."*

Den manglende deling af information reducerer robotvirksomhedernes muligheder for læring og tilpasning til kundens behov. Information om ressourceforbrug og beregningsgrundlag for vurdering af potentielle leverandørers miljøeffekter betragtes typisk som central information i forhandlingssituationen. Kundevirksomhederne oplever, at deres forhandlingsposition forbedres af, at de holder informationen for sig selv.

For mindre virksomheder generelt, og for mange robotproducenter ligger der en udfordring i at skabe et tilstrækkeligt vidensgrundlag til at kvantificere de miljømæssige effekter og økonomiske besparelser af deres produkter og services.

Robotintegratorerne har her en særlig rolle som bindeled mellem kundernes ønsker og de teknologiske muligheder robotproducenterne tilbyder.

Robotvirksomhederne har på grund af deres indirekte bidrag til virksomhedernes produktion kunne se udviklingen indenfor miljømæssig bæredygtighed an i nogle år. Robotløsninger indgår ikke i de færdige produkter og har derfor ikke været genstand for så megen opmærksomhed fra forbrugere og medier. Men krav til øget bæredygtighed er på vej mod producenter af produktionsudstyr. En stor kundevirksomhed forklarer i citatet nedenfor, hvordan de planlægger at holde leverandører af udstyr, for eksempel robotter, op på samme krav som de allerede stiller til leverandører til produkter:

*“De krav vi i øvrigt stiller til de leverandører som leverer til produkterne, det vil være samme type krav, vi begynder at stille til vores leverandør af produktionsudstyr.”*

De fleste både kunde og robotvirksomheder tilkendegiver, at de har en klar forventning om at miljømæssig bæredygtighed i nærmeste fremtid vil blive et centralt konkurrenceparameter. På sigt forventes offentlige og store private virksomheder at kræve dokumentation for deres leverandørers og underleverandørers miljømæssige effekter. Det er derfor kun et spørgsmål om tid før disse dokumentationskrav vil nå robotvirksomhederne. For offentlige kundevirksomheder og for mange store kunder er miljøstandarder allerede en fast del af udbuds- og forhandlingsmaterialet ved alle større indkøb, og presset vil i fremtiden forplante sig gennem forsyningskæderne til leverandører og underleverandører. Flere virksomheder vurderer, at dokumentation af miljøeffekter vil blive en entry barriere i forhold til at komme i betragtning som leverandør hos mange virksomheder.

## Cirkulær økonomi – levetid, fleksibilitet og genanvendelse

Fokus på cirkulær økonomi er en nyere tendens, der er i hastig vækst. Flere robotproducenter fremhæver, at robotter, og særligt fleksible robotter og robotter der kan omstilles og udvides, bidrager til produktionsudstyrets cirkulære økonomi. Flexibiliteten udvider anvendelsesmulighederne og reducerer dermed tilbagebetalingstiden på den miljøbelastning produktionen af robotten repræsenterer. En robotproducent formulerer det sådan:

*“Selvfølgelig koster det også en masse energi og ressourcer, at fremstille robotten, så der går selvfølgelig også en tilbagebetaling for den før man har ligesom vundet den miljøgevinst, for det område.”*

Robotternes levetid bliver dermed et vigtigt aspekt af bæredygtighedsdiskussionen. Og dermed kommer der fokus på mulighederne for reparation, udvidelse, omstilling og endelig genanvendelse af materialer, når robotten må tages ud af funktion. Det er det, der betegnes cirkulær økonomi.

Robotteknologi har også en central rolle i forhold til muligheder for cirkulær anvendelse af materialer fra andre produkter. Nogle robotvirksomheder oplever nye krav til, at robotterne skal kunne håndtere nye genanvendelige og genanvendte materialer. En anden vigtig anvendelse af robotter er i forbindelse med adskillelse af udtjente produkter, hvor robotter kan gøre det økonomisk rentabelt og sikkerhedsmæssigt forsvarligt, at adskille materialer og komponenter, så de kan genanvendes. I citatet nedenfor reflektere en robotvirksomhed over de udfordringer cirkulær økonomi præsenterer virksomhedens kunder for:

*“Normalvis der tænker man jo værdikæden som sådan en downstream, ensrettet enhed, hvor det hele det kører ned ad, men nu begynder der lige pludselig og komme produkter den anden vej. Og det sætter jo et enormt krav til virksomhederne om, at de rent faktisk kan garantere, at de her produkter de kommer tilbage”*

Cirkulær økonomi er et vigtigt aspekt af miljømæssig bæredygtighed og et område, hvor robotteknologi har mange potentielle anvendelser. Det er et nyere felt, men både robot- og kundevirksomheder peger på, at genanvendelse af de materialer, der allerede er forarbejdet og indgår i produkter, bliver et fokusområde i den nærmeste fremtid.

## Opsummering

Mange robotvirksomheder arbejder på at øge den miljømæssige bæredygtighed gennem forbedringer af deres egen virksomheds direkte miljøeffekter (Scope 1), eller ved at reducere miljøeffekter, når kunder anvender deres produkter (kundernes Scope 1). Dog er der generelt uklare om, hvad der er best practice på område.

Kundevirksomhederne arbejder med at beregne miljøeffekten af deres eget Scope 1, og de begynder i stigende grad at orientere sig i forhold til at beregne miljøeffekten af deres Scope 3. Det betyder at emner såsom robotløsningernes levetid, fleksibilitet, og muligheder for cirkulær genanvendelse af materialer begynder at vinde indpas. For nogle robotproducenter er det en selvfølge at designe robotløsninger, der giver mulighed for reparation, opgradering og genanvendelse af udtjente anlæg, men for andre er det ikke.

Robot- og kundevirksomheder har svært ved at kvantificere og dokumentere deres miljøindsats. Denne problematik udforskes i afsnit 5, der går i dybden med kundernes efterspørgsel og udfordringer, og i afsnit 6, der fokuserer på integratorenes rolle som bindeled mellem kundernes udfordringer og robotproducenternes teknologiske løsninger. Afsnit 7 analyserer systematiske forskelle på udfordringer og muligheder for producenter af forskellige typer robotter, og identificerer de mest effektfulde og oplagte muligheder for øget miljømæssig bæredygtighed for hver type robotproducent. Afsnit 8 fokuserer på sammenhængen mellem forretningsmodeller og muligheder for at implementere miljømæssigt bæredygtige løsninger særligt i forhold til cirkulær økonomi.

# KUNDERNES EFTERSPØRGSEL PÅ MILJØMÆSSIG BÆREDYGTIGHED

---

---

Dette afsnit har fokus på kundevirksomhedernes tilgang til miljømæssig bæredygtighed. Kundevirksomhedernes centrale udfordringer er, hvordan en bæredygtig strategi kan omsættes til målbare kriterier. Det er vigtigt at huske, at de kunder, der bidrager til denne undersøgelse, ikke er repræsentative for robotvirksomhedernes kundegrundlag generelt. De er netop udvalgt på baggrund af deres arbejde med miljømæssig bæredygtighed og er derfor repræsentanter for en udviklingstendens i vækst, fremfor den nuværende tilgang blandt kundevirksomheder generelt. De følgende underafsnit skitserer derfor best practice her og nu og identificerer indikationer på, hvilken udvikling robot- og kundevirksomheder kan forvente i den nærmeste fremtid.

## Strategiske målsætninger og økonomi

Kundevirksomhederne tilkendegiver, at de strategiske målsætninger er på plads eller er ved at komme på plads, men de mangler målbare kriterier for miljømæssig bæredygtighed. De har derfor svært ved at stille specifikke krav til leverandører. I større virksomheder er ansvaret fordelt mellem forskellige afdelinger med hver deres fokus i forhold til indkøb, produktudvikling, innovation, design og teknologi. Det fører til interne forskelle i afvejning af eksempelvis pris, kvalitet, og forskellige aspekter af miljømæssig bæredygtighed. Kundevirksomhedernes interne diskrepans mellem strategi og operationelle mål medvirker til, at kunderne ikke efterspørger miljømæssig bæredygtighed i deres indkøb. En robotproducent beskriver, hvordan kundernes efterspørgsel er relativt upåvirket af kundernes bæredygtighedsstrategier og de miljømæssige aspekter af robotvirksomhedens løsning:

*“Vi får ikke opgaven for det bæredygtige, de vælger det, fordi den løser en problemstilling. Bagefter er det så rart, hvis man har bæredygtighed oveni. Så vi har ikke set endnu om vi for eksempel kan få en højere pris for det.”*

De strategiske hensigtserklæringer er kun første skridt i implementeringsprocessen. Indtil kundevirksomhederne definerer klare målbare kriterier og stiller entydige krav, vil miljømæssig bæredygtighed spille en begrænset rolle i købsituationen. Derfor kommer økonomi ofte til at vægte tungere end miljømæssig bæredygtighed i forhandlingssituationen.

Robotvirksomhedernes kunder er oftest produktionsvirksomheder, der opererer på B2B markedet, og den væsentligste parameter i købsbeslutninger er typisk de direkte økonomiske besparelser ved en robotbaseret løsning. Mange kunder er små eller mellemstore virksomheder (SMV'er), for hvem omkostninger er afgørende for deres bundlinje og overlevelse. Kunderne lægger derfor stor vægt på om en given løsning er rentabel på kort sigt.



Om den kan bidrage til at reducere omkostninger i produktionen og/eller til at udvikle og producere nye produkter med lave omkostninger. Flere af robotvirksomhederne fortæller, at de ofte har held med at koble miljømæssige og økonomiske besparelser, og fremhæver energiforbrug som et parameter, hvor økonomiske og miljømæssige hensyn trækker i samme retning. En kundevirksomhed fremhæver i citatet nedenfor at deres fokus på energibesparelser skyldes miljømæssige hensyn såvel som økonomi:

*“Netop fordi vi er en energitung branche og skal bruge meget gas og så videre, så er det noget, vi har enormt fokus på. Både i forhold til det grønne, men selvfølgelig også i forhold til økonomi.”*

Kundevirksomhedernes fokus på energi er stigende. En kundevirksomhed fremhæver netop energi som et aspekt af miljømæssig bæredygtighed, virksomheden har mere og mere fokus på:

*“Altså kvalitet og pris vil altid betyde noget. Men der er ingen tvivl om, at energiforbruget er noget, som vi i højere grad kommer til at kigge på.”*

En anden kunde forklarer, at energi netop er indført som fast parameter i alle indkøb af produktionsudstyr. Det drejer sig både om energiforbrug generelt, men også om funktionalitet, såsom om udstyr kan gå i stand by, når det ikke er i brug, samt om det kan lukkes helt ned hurtigt ved arbejdsdagens slutning og hurtigt starte op om morgenen, så det ikke trækker standby strøm natten over.

Robotvirksomhederne møder typisk ikke spørgsmål om, hvordan deres robotter er produceret. Selv de kunder, der er interesseret i robotternes forbrug af energi og materialer, når de indgår i produktionen, stiller ikke spørgsmål til robotvirksomhedernes interne værdikæder eller eksterne forsyningskæder. Kundevirksomhedernes interesse er fokuseret omkring deres eget Scope 1, primært robotternes energiforbrug i anvendelse. I citatet nedenfor, forklarer en robotproducent, at virksomheden baseret på forventninger til fremtidige krav alligevel vælger at arbejde med en bredere tilgang til miljømæssig bæredygtighed end energiforbrug alene:

*“De er mindre optaget af om vores robotter producerer bæredygtigt. Det er ikke, det har jeg ikke hørt endnu. Det tror vi på et tidspunkt bliver et parameter. Men det er ikke noget jeg har set efterspurgt.”*

Balancen mellem miljømæssig bæredygtighed, økonomi og virksomhedsprofilering er svær. Nogle virksomheder bekymrer sig om, hvorvidt de kan fremstå som hykleriske, hvis de profilerer sig på tiltag, de ikke kan dokumentere effekten af. Andre ser miljømæssig bæredygtighed og markedsføring som to sider af samme sag. En robotproducent forklarer det således:

*“For de fleste virksomheder så handler det jo om økonomi, også dem, der prøver at reducere deres eget spild, der handler det jo også dels om økonomi, men også profilering.”*

Udfordringen ligger ofte i netop dokumentationen. Robotvirksomhederne har svært ved at dokumentere alle økonomiske effekter af deres miljømæssigt bæredygtige løsninger overfor kunderne. Og de viger samtidig tilbage fra at promovere sig på tiltag, de ikke kan dokumentere effekten af. Både fordi de ved at deres kunder ikke lader sig dupere så let, men formodentlig også fordi det kan resultere i negativ omtale i medier og internt i industrien.

Flere robot- og kundevirksomheder deler forventningen om, at der i fremtiden vil komme mere fokus på flere aspekter af robotvirksomhedernes miljømæssige bæredygtighed. Virksomhederne nævner typisk forventninger om øget fokus på materialer og genanvendelighed, forsyningskæder og produktionsformer, og endelig arbejder mange robotvirksomheder allerede med modulære konstruktioner og fleksibilitet for at optimere produktionskapacitet og reducere tilbagebetalingstiden for deres robotter.

Vægtningen af pris, kvalitet og miljømæssige aspekter er unik for hver enkelt kundevirksomhed, men der er gennemgående forskelle på private og offentlige kunder. I de følgende to underafsnit behandles de to kundetyper motivation for og tilgangen til arbejdet med miljømæssig bæredygtighed derfor separat.

### Private kundevirksomheder

Nogle private kundevirksomheder har taget hul på at indregne grønne effekter ved at opstille business cases og beregne tilbagebetalingstid på indkøb af produktionsudstyr, som anvender mere bæredygtige materialer. Et eksempel er en virksomhed, som vælger en maskine, der kan anvende genanvendt plast såvel som standardplast, selv om tilbagebetalingstiden på investeringen er lidt længere. Kundevirksomhed forklarer deres rationale i citatet nedenfor:

*“Der er lavet en feature, der gør, at det er muligt at anvende genbrugsplast. Det er den, vi kommer til at vælge, selv om den koster en lille smule mere. ... Vi har en businesscase på det, og i det her tilfælde, er der en tilbagebetalingstid, der er otte måneder længere, end hvis vi havde valgt en som ikke havde genbrugsplast. Så det er jo ikke fordi det er så voldsomt. Men det er klart, havde det været 3 eller 4 år, der havde været forskellen, så var det ikke sikkert, vi havde valgt den løsning.”*

Citatet illustrerer den grundlæggende problematik: Hvis tilbagebetalingstiden for miljømæssigt bæredygtige løsninger bliver for lang, vægter de miljømæssige aspekter ikke tungt nok til, at kundevirksomhedernes kan vælge den grønne løsning. Regnestykker på energiforbrug er relativt simpelt, selvom udsving i energipriser og afgifter kan påvirke udfaldet og skaber usikkerhed, men i eksemplet med merudgift for at anvende genbrugsplast, bliver beregningerne mindre veldefinerede og langt mere usikre. En række uafklarede spørgsmål kan tippe balancen: Vil anvendelse af genbrugsplast øge kundevirksomhedens markedsandel? Og med hvor meget? Kan kundevirksomheden øge prisen for sine produkter og services og dermed hente investeringen hurtigere hjem? Og hvor meget kan prisen hæves uden at tabe markedsandele? Og hvor længe vil der være efterspørgsel på en løsning med genbrugsplast?

På trods af uklarhed om de økonomiske implikationer, er flere private kundevirksomheder stærkt motiveret til at arbejde med miljømæssig bæredygtighed af den simple årsag, at deres store internationale kunder kræver det. En kundevirksomhed forklarer, hvordan virksomheden på trods af mange års arbejde med miljømæssig bæredygtighed, oplever et øget pres fra deres kunder:

*“Vi har haft en høj miljøprofil i rigtig mange år. Det er lidt, dna’et, fordi det, vi sælger, langt hen ad vejen er bæredygtighed. Så det ligger lidt på den måde lidt i dna’et. Men det er da bestemt også noget, som vi kan se komme som et markedspres. At vi har store kunder, som spørger ind til det.”*

Også store danske virksomheder presser deres leverandører mod mere miljømæssigt bæredygtige produktionsformer.

*“Altså en virksomhed som Novo Nordisk eller Novozymes, som vi også har som kunder. Det [bæredygtighed] er et krav, hvis du overhovedet skal gøre dig nogle forhåbninger om at levere noget til dem. Jamen, det er deres spilleregler. Det er jo rigtig fint, at de går forrest i forhold til det, fordi det tvinger os andre til at rette ind i forhold til det.”*

De store private kundevirksomheder arbejder derfor allerede med deres eget Scope 1 og kan udbrede deres tilgang, standarder og krav til deres forsyningskæde, når de mener tiden er moden. En stor, privat kundevirksomhed forklarer deres egen tilgang til at beregne deres Scope 1 miljøeffekter på følgende vis:

*“Jamen, det er et relativt standardiseret format, hvor man gør rede for hvad for nogle materialer, der er i produktet, og så på baggrund af livscyklusanalysen har beregnet, hvad produktets “impact” er på en række forskellige miljø “impact” kategorier. ... Og så ser man på selve produktionsdelen. Gå ind og kigger på input energi og vandforbrug.”*

Det er baseret på sådanne standardiserede formater, at kundevirksomhederne allerede selv afrapportere til deres kunder og ofte møder krav om løbende forbedringer af deres miljøprofil. Efterhånden som perspektivet udvides til også at omfatte underleverandører, altså kundevirksomhedernes Scope 3, vil de private kundevirksomheder sende kravene til dokumentation videre i forsyningskæden. Presset for at måle og dokumentere samt over tid reducere negative miljømæssige effekter er dermed på vej mod robotvirksomhederne.

## Offentlige kundevirksomheder

De offentlige kunder er forpligtiget til at formulere politikker for miljømæssig bæredygtighed og baseret herpå definere krav til deres leverandører. I 2020 udarbejdede Regeringen en strategi for grønne offentlige indkøb, som indeholder forslag til, hvordan det offentlige skal købe grønnere ind og derigennem hjælpe med at realisere målet om en 70 pct. reduktion af drivhusgasser i 2030.

Strategien indeholder blandt andet redskaber til beregning af total- eller livscyklusomkostninger, som giver mulighed for at medregne flere omkostninger i den samlede pris, end hvad man betaler på indkøbstidspunktet. Det flytter fokus for offentlige indkøb til også at inddrage produktionen, selve anskaffelsen og afleveringen, konsumeringen, herunder reparation, vedligehold, bortskaffelse og efterbrug, når det offentlige køber ind. En offentlig kunde beskriver det således:

*“Hele den grønne strategi bliver udrullet for vores vedkommende, fordi vi har jo rigtig rigtig mange nye projekter, rigtig mange nye anskaffelser.”*

Organisationen har en forventning om, at tiden er moden til en større omstilling mod mere miljømæssigt bæredygtige løsninger. Man er bevidst om, at det kræver en indsats at modne organisationen, men oplever, at både det politiske niveau og organisationen selv er klar til at sætte handling bag udmeldinger:

*“Vi skal have en kulturel modenhed opbygget, før vi kan lave den her komplette omstilling. ... Næste forlig, der kommer vi til at se meget mere af det, fordi der er talt om det lang tid nok. Samfundsdialogen har handlet om omstillingen lang tid nok til, at nu er vi klar til, at det lander ved os.”*

En offentlig kundevirksomhed fremhæver at miljøhensyn fremadrettet vil spille en større og større rolle i deres købsbeslutninger, og at det vil komme til udtryk som krav til leverandører:

*“I forhold til robotter eller teknologi. Så vil det være sådan nogle krav, som man arbejder med energieffektivitet. Det vil være kravet om, at man har styr på hvilke materialer man bruger. Og så vil det være krav i forhold til, at man har styr på sin forsyningskæde.”*

Det øgede fokus skyldes i høj grad de forpligtigende mål offentlige organisationer holdes op i mod. Men som en offentlig kunde forklarer, så er det en proces, hvor de også selv skal opbygge kompetencer:

*“Det kræver nogle nye kompetencer. Og vi har dem jo ikke helt. Vi arbejder med det, og vi begynder at ansætte nogen, som har de her kompetencer og kan arbejde med det. Og der er ingen tvivl om, at det er den vej, vi skal, og det er den vej, det kommer.”*

De offentlige kundevirksomheder er langt i forhold til at udvikle strategier for miljømæssig bæredygtighed og nedsætte enheder til at implementere strategien i organisationen. Men de finder det udfordrende at opstille kvantificerbare krav og omsætte indkøbsstrategien til praksis, da det blandt andet kræver bedre data. Erfaringerne med at fastsætte og håndhæve miljømæssige krav i kontrakterne er endnu begrænsede, så det er for tidligt at vurdere effekterne heraf.

## Opsummering

Det centrale for kunderne er, hvordan robotteknologien kan medvirke til at skabe en positiv business case, hvor miljømæssig bæredygtighed og økonomi spiller sammen. Udfordringen for kundevirksomhederne ligger primært i at omsætte bæredygtighedsstrategier til effektmål og definere krav til dokumentation.

## ROBOTINTEGRATORERNES ROLLE

---

---

Dette afsnit fokuserer på robotintegratorernes mulighed for at anvende deres tætte kontakt til både kunder og robotproducenter til at opsamle viden om behov og muligheder for miljømæssigt bæredygtige automatiseringsløsninger. Skellet mellem maskinbyggere og robotintegratorer er ikke altid entydigt, men i dette afsnit er det centrale virksomhedernes arbejde med integration af robotløsninger og kunderådgivning, uanset om virksomhederne kategoriserer sig selv som maskinbygger eller integrator.

Robotintegratorerne oplever, at det kun er et fåtal af deres kunder, der har miljømæssig bæredygtighed højt på agendaen. En integrator forklarer det på følgende vis:

*“Jeg må desværre sige, at det er meget få af kunderne, der lægger vægt på det [miljømæssig bæredygtighed], som det er nu, men jeg tror på, at det kommer mere og mere.”*

Det er en udfordring at engagere kunderne i dialog om potentielle omkostningsreduktioner forbundet med miljømæssig bæredygtighed, og en integrator forklarer i citatet nedenfor, hvordan det begrænser mulighederne for at udvikle løsninger sammen:

*“Jamen altså jeg må jo med skam sige, at der er faktisk ikke ret mange af vores kunder, som har fået det [miljømæssig bæredygtighed] op på to do listen endnu. Så derfor kan det være rigtig svært at “sparre” med vores kunder, om hvad det er for nogle tiltag, vi skal have. Det er jeg sikker på, det kommer måske her inden for den nærmeste fremtid.”*

Integratorerne oplever, at kunder ofte ikke ønsker at dele data om deres forbrug, fordi disse data betragtes som et forhandlingsparameter. Jo større besparelse på energi, vand og materialer en automatiseringsløsning kan resultere i, jo stærkere en forhandlingsposition vil en integrator have. Forhandlingen betragtes som et nulsumsspil, hvor åbenhed omkring egne data vil kunne udnyttes af modparten til at sikre sig en større margin. Dog oplever integratorerne at mange kunder er villige til at dele data på deres tidligere forbrug, efter en aftale er indgået. Integratorerne kan anvende sådanne relationer med eksisterende og tidligere kunder til at stå i den bedst mulige forhandlingsposition i forhold til nye kunder, og potentielt også til at synliggøre for nye kunder at der ofte er store besparelser at hente på grønne løsninger.

De robotintegratorer, der har bidraget til denne analyse, arbejder aktivt med miljømæssig bæredygtighed, med at kvantificere og måle effekter, forbedre og formidle deres arbejde, og med at indsamle den nødvendige viden og data for at kunne argumentere for deres løsningers økonomiske implikationer. Eksempelvis indgår en robotintegrator i forskningsprojekter, for at få mere viden om emnet:

*“Så det [offentligt støttet projekt med partnere] går vi til dels ind i, fordi vi synes, det er en god sag, og det giver også en rigtig god omtale faktisk, når vi laver sådan noget, men vi lærer også rigtig meget.”*

Integratorerne påpeger flere muligheder for at fremme miljømæssig bæredygtighed i robotics. En fremhæver, at miljømæssig bæredygtighed på det strategiske plan skal indtænkes i alle aspekter af kundevirksomhedernes interne værdikæder:

*“Det kræver, at alt hvad man tænker i, både når man laver indkøb og udvikler nye ting, der skal det [miljømæssig bæredygtighed] være en helt automatisk tankegang.”*

På det mere operationelle niveau har robotintegratorerne konkrete ideer til, hvordan de kan lette implementeringen hos kunderne. En integrator arbejder på at kortlægge robotteknologiens muligheder for at bidrage til miljømæssig bæredygtighed, så de kan præsentere deres kunder for et katalog med beregnede effekter af forskellige tiltag:

*“Vi vil prøve at lave sådan et katalog, og så ja, så laver vi sådan en kæmpe businesscase på det.”*

At opsamle data og udarbejde et katalog af miljømæssigt bæredygtige løsninger og beregninger på deres miljømæssige og økonomiske effekter er en mulighed for at møde kunderne med netop den datadrevne tilgang, de efterlyser.










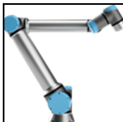

## Opsummering

Robotintegratorerne er ikke i tvivl om, at de i fremtiden vil blive mødt med endnu flere og mere veldefinerede krav til den miljømæssige bæredygtighed af deres robotløsninger. Disse virksomheder har allerede et godt udgangspunkt i forhold til datagrundlag for og beregninger af miljømæssige effekter, og deres rolle som forbindelsesled mellem kundevirksomhedernes behov og de teknologiske muligheder sætter integratorerne i en fordelagtig position i forhold til at spille med på de voksende krav til miljømæssig bæredygtighed.

# FORSKELLIGE ROBOTTYPER – FORSKELLIGE INDSATSOMRÅDER

Robotproducenters muligheder for at arbejde med miljømæssig bæredygtighed afhænger af, hvilke typer robotter de producerer. Robotteknologi kan opdeles på mange måder, men i forhold til robotproducenternes tilgang til miljømæssig bæredygtighed, ses de tydeligste forskelle mellem producenter af cobots og mobile robotter, maskinbyggere og integratorer, og producenter af domænespecifikke robotter. Derfor behandles producenter af de tre grupper robotter hver for sig i dette afsnit. Figur 4 viser opdelingen af robotvirksomheder i de tre kategorier.

Figur 4. Opdeling af robotvirksomheder baseret på robottype

Kollaborative og mobile robotter		Automatisering		Domænespecifikke robotter	
	Capra Robotics		Cabinplant		AmiNIC
Cobot Lift		EGATEC		CLIIN Robotics	
	OnRobot		Inwatec		Robot At Work
Universal Robots		Produktionsteknik			

Note: Robotintegratorer er udeladt af denne figur

Skellet mellem maskinbyggere og robotintegratorer er ikke altid entydigt, i dette afsnit er fokus på virksomhedernes egen produktion af robotteknologi, uanset om en virksomhed kategoriserer sig selv som maskinbygger eller integrator.

## Grønne muligheder for producenter af fleksible cobots og mobile robotter

Markedet for små fleksible industrirobotter er stort. Store virksomheder integrerer dem i deres produktionslinjer, og for SMVer er de en mulighed for omkostningseffektiv automatisering. Det store kundesegment og ensartede produktportefølje giver mulighed for masseproduktion. Derfor kan producenter af disse robottyper opnå store miljømæssige effekter gennem fokus på produktion af komponenter og færdige robotter og indkøb, samt cirkulær økonomi relateret



til produkternes levetid, muligheder for reparation og genanvendelse.

Negative miljøeffekter i forbindelse med egen produktion betegnes med GHGs terminologi som robotproducenternes Scope 1. De fleste af producenter af cobots og mobile robotter har ikke en stor intern produktion. De outsourcer produktionen af komponenter til et netværk af underleverandører, og har selv hovedfokus på at udvikle, designe og specificere produkter og komponenter, samt på at udvikle software og integrere alle komponenter i en samlet løsning. De har derfor ikke lange virksomhedsinterne værdikæder, men trækker i stedet på omfattende eksterne forsyningskæder og samarbejder med distributører og integratorer. Dermed er deres Scope 1 ikke så omfattende, som for virksomheder, der holder hovedparten af deres produktion internt. Alligevel er der være gode grunde til at producenter af cobots og mobile robotter bør arbejde aktivt med deres Scope 1, da reduktion af negative miljømæssige effekter af egne interne aktiviteter sender et vigtigt signal til omverdenen og medarbejdere.

Produktionen af cobots og mobilrobotter indgår i kundernes Scope 3, og når kunderne møder krav om at opgøre deres miljøeffekter, betyder det, at de også skal rapportere miljøeffekterne af de robotproducenter, de køber robotter fra. Det kan derfor blive et decideret krav fra kunder, der selv arbejder med at måle og reducere deres miljøpåvirkning, at producenter af cobots og mobilrobotter kan dokumentere deres Scope 1 og levere mål for, hvordan og hvornår de vil nedbringe negative miljømæssige effekter af deres interne aktiviteter. En virksomhed beskriver hvordan enkelte kunder allerede stiller krav til deres arbejde med de miljømæssige effekter af deres virksomhed:

*“Vi er lige begyndt at få nogle henvendelser fra vores store kunder omkring karbon strategi og redaktion af karbon og krav til, at man har en politik omkring reduktion af karbon udslip. Og det er faktisk der, vi ser det mest lige nu. Og det er inden for de sidste tre måneder. Der begynder det at komme.”*

Scope 3 omfatter leverandører, underleverandører, distribution og service samt effekter, når produkterne anvendes. Baseret på samtaler med producenterne af cobots og mobile robotter adskiller de sig ikke nævneværdigt fra virksomheder generelt, og Scope 3 udgør langt den største del af deres miljøeffekter. Producenter af cobots og mobile robotter har typisk en omfattende upstream forsyningskæde af leverandører og underleverandører, der alle er en del af robotproducenternes Scope 3. I upstream delen af Scope 3 er det især oplagt at arbejde med leverandørernes materialevalg, fremstillingsmetoder og med logistik. En udfordring kan være at producenter af cobots og mobile robotter har mange underleverandører og køber nogle komponenter på spotmarkeder, hvor de ikke har relation til leverandører og derfor har svært ved at stille krav til leverandørernes miljøeffekter. En mulig løsning kan være at fokuserer på de leverandører, de har den tætteste relation til og de indkøb, der står for den største miljøpåvirkning.

Scope 3 dækker også over distribution og miljøeffekter af kundernes anvendelse af robotterne. Cobots og mobile robotter har typisk et relativt lavt energiforbrug, og deres energiforbrug i anvendelse er derfor ikke et centralt indsatsområde for hverken producenter eller kunder. Robotternes præcision og de opgaver de løser bidrager typisk til optimering af materialeanvendelse og minimering af spild, derfor er disse områder ikke oplagte indsatsområder. Der er de store miljømæssige effekter allerede høstet. Nogle cobots og mobile robotter er designet til at løse opgaver, der i sig selv har en positiv effekt på miljøet, eller til at erstatte miljøskadelige processer. I caseboksen nedenfor beskrives et eksempel på dette: Capras mobilerobot, der indsamler cigaretskod i byrummet

#### Capra Robotics: En robot skal opsamle cigaretskod

Virksomheden samarbejder med Aarhus Kommune om brugen af Urban Mobile Robots som selvstændige opsamlere af cigaretskod. Cigaretskod er det mest udbredte affaldsprodukt i verden, og på et år kan en serviceoperatør indsamle 22.000 cigaretskod omkring blot to af byens institutioner i Aarhus. Dette er ikke kun et lokalt problem, men et globalt problem, da cigaretskod ender i vores natur og oceaner som mikroplast, hvilket har en skadelig indvirkning på mennesker og dyreliv. Ved at integrere et cigaretopsamlingsmodul med Urban Mobile Robot kan Capra Robotics hjælpe med at rense byen og samtidig omfordele ressourcer i organisationen og derved optimere driften.

Producenter af cobots og mobile robotter har også mulighed for at øge deres forretnings miljømæssige bæredygtighed ved at arbejde med cirkulær økonomi, det der også kaldes "cradle-to-cradle". Cirkularitet betegner et fokus på at maksimere produkters levetid ved for eksempel at facilitere reparation og opgradering, og at materialer genanvendes, når produktet ikke længere kan anvendes. Lang levetid et vigtigt parameter for masseproducerede robotter, ligesom mulighed for reparation og opgradering kan forlænge deres anvendelse. Den totale mængde affald, det vil resultere i, hvis cobots og mobile robotter blot skrottes efter endt brug, vil ikke være ubetydelig. Cobots, mobile robotter og deres applikationer er så nye på markedet, at der endnu ikke er mange produkter, der har nået "end-of-life", men det er kun et spørgsmål om tid.

Design lock-in gør det både dyrt og besværligt for robotproducenterne at skifte til mere miljømæssige materialer. Eksisterende produkter er i høj grad begrænset af at komponenter og materialer kun kan ændres til mere bæredygtige løsninger i det omfang, det ikke påvirker designets arkitektur. En producent beskriver det på følgende vis:

*"Når man først har lanceret en serie, så har vi holdt ved den serie. Ja, og så sker der ikke så meget ændring af materiale. For så er den godkendt under de forskellige normer. Og så skifter man ikke bare lige komponenter."*

Udvikling af nye produkter eller opdateringer er derfor en oplagt mulighed for at overveje, om der findes mere miljøvenlige materiale, komponentvalg eller produktdesign. Det er også en mulighed for at gentænke selve robotens arkitektur. Ved at gøre arkitekturen mere modulær øges mulighederne for at udskifte komponenter eller materialer efterhånden som mere miljømæssigt bæredygtige løsninger bliver tilgængelige. Enkelte robotproducenter, arbejdede aktivt med at øge mulighederne for cirkulær økonomi i deres robotter.

*“De ting, der er lavet af aluminium eller jern eller sådan noget, kan de splittes ad på en fornuftig måde, og så blive omsmeltet til andre ting og på den måde blive genbrugt. ... Der kommer sådan nogle designændringer stille og roligt, man kan tage med i overvejelserne, uden at det bliver væsentligt dyrere, hvis man tænker det ind [fra starten]. Hvis det koster to-tre gange så meget, så bliver det nok vanskeligt.”*

Reparation og opgradering såvel som genanvendelse af robotter og materialer afhænger af, at robotproducenterne kan lokalisere robotter, de har produceret i hele deres levetid. De mest udbredte forretningsmodeller blandt disse virksomheder er i dag baseret på fremstilling af robotter til salg, og dermed slipper robotvirksomhederne kontakten med deres produkter, idet de overdrages til distributører, kunder eller integratorer. Ændringer i robotproducenternes forretningsmodeller eller kundekontakt vil være nødvendig for at implementere cirkulære tiltag. I citatet nedenfor præsenterer en robotproducent virksomhedens overvejelser omkring, hvordan ændringer af forretningsmodellen vil kunne understøtte en cirkulær tilgang til deres robotter:

*“Altså, i dag har vi bare en simpel model, hvor vi sælger dem [robotterne] til kunderne. Så nogle af tingene, for eksempel med litiumbatterier, dem kan de levere tilbage til os. ... Der er sådan en helt anden forretningsgang ved at sælge den service, man udfører.”*

Hvis mulighederne for cirkulær økonomi skal udnyttes til fulde, vil det kræve at robotproducenterne har mulighed for at spore deres produkter og tage kontakt til den virksomhed, der til enhver tid har ejerskabet over eller anvender robotten. Det vil for de fleste producenter af cobots og mobile robotter kræve en revision af deres kontakt til slutkunderne, deres måde at opgradere produkter og opdatere software, eller endda en gentænkning af deres forretningsmodel.

## Grønne muligheder for maskinbyggere

Maskinbyggervirksomhederne har det fælles udgangspunkt, at de er meget fokuserede på business casen, på at kunden finder det er økonomisk rentabelt at investere i deres anlæg. Deres tilgang til miljømæssig bæredygtighed er derfor båret af, at reduktion af energi-, vand- og materialeforbrug også vil reducere driftsomkostningerne. Disse robotvirksomheder bygger typisk store maskiner, der er i brug i mange år, og maskinernes miljøeffekter, mens de indgår i kundens produktion, er vigtigere end miljøeffekten af at producere maskinen selv.

Robotvirksomhedernes Scope 3 er derfor et vigtigt fokuspunkt i forhold til miljømæssig bæredygtighed, hvilket virksomhederne selv meget bevidste om. En robotproducent beskriver det på følgende vis:

*“Altså bæredygtighed for os, det er egentlig mest, at vi hjælper vores kunder med at blive mere bæredygtige.”*

De robotproducenter, der bygger store specialmaskiner, har ofte tætte og langvarige kunderelationer. Det giver dem god indsigt i kundernes købsbeslutninger. Virksomhederne oplever, at kunderne typisk vægter økonomi over miljøhensyn, men også at kunderne til tider har en kortsigtet og begrænset tilgang til, hvilke effekter, der bør regnes med som økonomiske besparelser. Kunderne er eksempelvis sjældent opmærksomme på langsigtede og indirekte effekter såsom reduktion af spild og fejlproduktion, ressourceoptimering, øget produktion per kvadratmeter og reduceret logistik.

*“Den endelige købsbeslutning den er hardcore økonomi oftest, de laver sådan en payback beregning på hvor mange medarbejdere kan vi spare. Så det er jo den, der er den hårdeste økonomiske parameter, men så kommer alt det her med, hvor meget kan vi spare på materiale, og kan de reducere deres fejl, vi hører tit om sådan noget som fem procent, og det sparer jo en masse kemi og en masse energi og en masse vand.”*

Robotproducenterne oplever derfor at miljømæssig bæredygtighed og økonomiske hensyn ofte kommer til at fremstå som modsætninger, og at kundernes dominerende opfattelser er, at miljømæssig bæredygtighed vil øge omkostningerne per produceret enhed. Producenter af specialmaskiner arbejder aktivt med at kvantificere den økonomiske effekt af at producere med mindre ressourceforbrug, men har ofte vanskeligt ved at definere, hvad der bør indgå i sådanne beregninger. En databaseret tilgang giver robotproducenterne bedre mulighed for at demonstrere den fulde økonomiske effekt af miljømæssigt bæredygtige løsninger. Men det kræver at robotproducenterne selv har data og beregningsmodeller, da kunderne ofte er uvilige til at dele deres data. Mange kunder betragter udvikling af nye specialmaskiner som et økonomisk nulsumsspil, hvor robotproducent og kunde er modparter i en forhandling. Disse kunder ønsker at maksimere deres eget økonomiske udbytte af udskiftningen af specialmaskiner, og de ser det derfor ikke som værende i deres interesse at dele data med robotvirksomhederne. I mange situationer vil en mere åbne tilgang dog kunne resultere i mere miljømæssigt bæredygtige og økonomisk optimale løsninger – både for kunde og robotproducent.

Producenterne af specialmaskiner oplever særligt at den lange levetid for deres maskiner overses, når de økonomiske og miljømæssige effekter beregnes. Maskinerne har i sig selv lang levetid, men i og med at de i produktionen har en lav fejlmargen, producerer de mindre spild. Selve maskinerne kan også repareres, omstilles og i mange tilfælde genbruges af andre, hvis kunderne omlægger deres produktion og ikke længere kan finde anvendelse til dem.

## Grønne muligheder for producenter af domænespecifikke robotter

Producenterne af domænespecifikke robotter er typisk på et tidligere markedsstadium end de øvrige robotproducenter. Det betyder på den ene side, at nogle miljømæssige udfordringer ikke er så tydelige endnu, fordi virksomhederne stadig er i en pilotfase eller arbejder i små volumener. På den anden side betyder det også, at de producenter af domænespecifikke robotter, der er interviewet til denne analyse, er vokset frem i en periode, hvor miljømæssig bæredygtighed har stået højt på den politiske agenda. Det er muligvis derfor, de er født grønne i den forstand, at deres værditilbud er designet til domæner med skarpt fokus på ressource- og energiforbrug samt reduktion af spild. Disse robotproducenter er også meget opmærksomme på, hvordan deres interne værdikæde og forsyningskæde påvirker miljøet.

Den største miljømæssige effekt af de domænespecifikke robotter skal dog findes i robotters påvirkning af kundernes Scope 1. Producenterne af domænespecifikke robotter har det til fælles, at deres robotter løser kundernes opgaver på en måde, der i sig selv skaber en positiv miljøeffekt. En af virksomhederne forklarer sit bidrag til miljømæssig bæredygtighed på følgende vis:

*“Man kan sige i vores virksomhed, er der jo ikke en del af vores forretning at undgå spild. Det vi kan tilbyde, det er et redskab til virksomheder, så de kan undgå spild.”*

De domænespecifikke robotter er netop udviklet for at reducere spild af materialer og producenterne er derfor ikke nødt til at optimere robotterne for at få en miljømæssig effekt. I citatet nedenfor forklarer en af robotproducenterne, hvordan den miljømæssige effekt er en naturlig del af robotens funktion:

*“Men nogle af processerne der kan man sige, at processen har en form for bæredygtighed indbygget i.”*

Producenter af domænespecifikke robotter har typisk struktureret deres forretning med en høj grad af intern udvikling kombineret med et omfattende netværk af underleverandører, der fremstiller robotternes komponenter. De har derfor omfattende forsyningskæder, der står for en betydelig del af deres Scope 3 miljøeffekter. Fordi producenterne af domænespecifikke endnu operere på et tidligt markedsstadium, har de ikke besluttet masseproduktion. Men eftersom deres produkter løser generelle problemer inden for deres domæne, er potentialet til at servicere et massemarked bestemt til stede, og det er da også masseproduktion de sigter mod. Derfor er det også relevant for producenter af domænespecifikke robotter at forholde sig til de samme forhold som producenterne af cobots og mobile robotter omkring bæredygtighed i deres forsyningskæde og cirkulariteten i deres produkter.

I forhold til deres robotters indvirkning på kundernes Scope 1, så er producenter af domænespecifikke robotter i den gunstige situation, at deres produkter ofte er designet til at løse opgaver på en ressourceoptimerende måde, der i sig selv bidrager til kundernes miljømæssige

bæredygtighed. En robotproducent beskriver kundernes besparelse ved at anvende virksomhedens miljøvenlige løsning:

*“Der er nogle af vores kunder, der skriver også, de sparer halvtreds procent, og det er jo fantastisk, at de skriver det om det. ... vi kan ikke løfte det, uden der er en kommerciel upside i det.”*

Det er interessant, at selvom producenter af domænespecifikke robotter typisk er yngre virksomheder, der stadig arbejder med kommercialiseringen af deres produkter, så er deres overvejelser og håndtering af de miljømæssige effekter af deres forretning veludviklede. En virksomhed forklarer eksempelvis hvordan de køber aluminium lokalt

*“Det vi gør lige nu, det er at vi ligger og køber vores primære komponenter, det er f.eks. aluminium af nogle af de firmaer, som er mest bæredygtige. Det er dér, der er det største footprint på vores produkt. ... Men alt det her aluminium kan skilles ad og 100 procent genanvendes.”*

Robotternes cirkularitet vil blive en central faktor for producenter af domænespecifikke robotter efterhånden som de vinder udbredelse indenfor deres respektive domæner. Selvom disse virksomheder er relativt unge og kun på vej ind på deres markeder, har flere af dem allerede gjort sig overvejelser omkring cirkularitet, der kan inspirere andre, både domænespecifikke og fleksible robotproducenter. En virksomhed sikrer med en modulær opbygning fleksibilitet og mulighed for reparation, udskiftning af moduler og opgradering. Samtidig faciliterer den modulære struktur genanvendelse af de forskellige dele efter end levetid. Den modulære løsning, øger både cirkulariteten af robotten og kundens potentielle anvendelsesmuligheder.

*“Og det er netop det der er hele humlen ved vores robottype, fordi det er en ny type robot, vi har udviklet. Og man kan sige det er sådan lidt ligesom med Lego princippet. Du bygger en løsning og finder ud, af du skal bruge en ekstra motor, eller skal lave løsningen helt om. Jamen, så kan du faktisk skille den ad og så bruge motor og skinner og styring og så bygge en anderledes løsning.”*

Ideen med at lave en domænespecifik platformteknologi, der kan anvendes på tværs af løsninger og opgaver er gennemgående hos producenterne af domænespecifikke robotter. Flexibilitet gør robotterne mere rentable for kunderne ved at øge anvendelsesmuligheder for robotterne og reducerer deres tilbagebetalingstid, og er samtidig en miljømæssigt bæredygtig løsning.

## Opsummering

For producenter af cobots og mobile robotter er up-stream forsyningskæden og muligheder for en cirkulær tilgang til egne produkter er oplagte fokusområder. For maskinbyggervirksomhederne er det særligt deres automatiseringsanlægs ressourceforbrug, når de indgår i kundernes produktion, der er et centralt fokuspunkt.

Og for producenter af domænespecifikke robotter er både ressourceforbrug hos kunden, deres upstream forsyningskæde, såvel som mulighederne for en cirkulær tilgang til egne produkter centrale fokuspunkter.

# BÆREDYGTIGE FORRETNINGSMODELLER

---

---

Succesfuld implementering af miljømæssig bæredygtighed afhænger i høj grad af en virksomheds forretningsmodel. Nogle typer forretningsmodeller faciliterer adgang til data, cirkulær økonomi og opgaver med et bæredygtigt sigte bedre end andre. Dette afsnit præsenterer eksempler på forretningsmodeller, der giver robotvirksomhederne de bedste muligheder for at arbejde med miljømæssig bæredygtighed.

## Datadrevne beslutninger

Adgang til data er for mange virksomheder en forudsætning for at optimere miljømæssig bæredygtighed i deres interne værdikæde og eksterne forsyningskæder. Internt i virksomheden faciliterer data optimal ressourceanvendelse og reducerer spil. I eksterne forsyningskæder sikrer data indsigt i og kontrol med den up-stream forsyningskæde, hvilket giver mulighed for at medtænke miljømæssig bæredygtighed i indkøb og sikrer dokumentation for miljøeffekter. I down-stream forsyningskæder faciliterer en datadrevet tilgang adgang til produktdata hele produkternes levetid, så de kan opdateres, eventuelt udbygges og endelig genanvendes, når de er udtjente.

Producenter af specialmaskiner har gode muligheder for at opbygge langvarige og tætte kunderelationer og derigennem få indsigt i ressourceforbrug, spild og fejlproduktion på deres maskiner, samt i reparationer, omstilling og levetid. Producenter af cobots og mobile robotter såvel som domænespecifikke robotter oplever større udfordringer i forhold til at få adgang til data. Disse robotter sælges typisk via forhandlere og integratorer, og der er derfor typisk ikke en direkte relation til kunderne. Det skaber nogle udfordringer i forhold til at indsamle data om hhv. kundernes ressourceforbrug ved anvendelse af robotterne og data på selve robotten. Indsamling af data om robotterne mens de fungerer i kundernes produktion er teknisk mulig via analytics og sensorer, men mange kunder vil være tilbageholdende med at dele sådan information. Enkelte robotproducenter er dog lykkedes med at opsamle data som en producent beskriver i citatet nedenfor:

*“Vi har simkort nede i vores styring, det vil sige, at vi gennem cloudløsning kan dykke ned i og opdatere den. Vi kan se, hvad det er kunden lige har lavet. Vi kan følge med i, hvad han arbejder med, og det kan man sige, der er noget CO2 besparelse for at køre ud og servicere robotterne efterfølgende.”*

Et alternativ er at indsamle fejrapporter og data om produktionsstop med henblik på at optimere robotternes funktion. Hvor meget data robotproducenter har mulighed for at indsamle om deres produkter vil afhænge af om informationen bidrager direkte til kundernes konkurrenceevne. For robotproducenter, hvor data opsamling er nært forbundet med optimering af



robotternes funktionalitet vil kunderne også selv have en interesse i at dele data med robotproducenterne. En forretningsmodel baseret på stærke og vedvarende kanaler mellem kunderne og robotproducent, hvor kunderne oplever at datadeling resulterer i tydelige fordele for dem selv, ville kunne åbne op for en større villighed til datadeling. Indsamling af data understøttes bedst af forretningsmodeller, der er designet til at facilitere løbende kontakt mellem robotvirksomheden og de, der anvender robotten.

## Cirkulære forretningsmodeller

Cirkulær økonomi kræver at produkter kan hjemtages efter endt liv, og cirkulær økonomi fungerer derfor bedst for virksomheder der har bygget deres forretningsmodel op på en måde, der faciliterer løbende kontakt til kunder og produkter. Hvis virksomheden ikke ved, hvor deres produkter befinder sig og hvem, som ejer dem, er det svært at tilbyde livsforlængende services og opgraderinger og at hjemtage produkterne, når de er udtjent. I citatet nedenfor beskriver en robotproducent sine overvejelser omkring service og reparation og hvordan en servicebaseret forretningsmodel øger levetiden for virksomhedens robotter:

*“Køb har tre års service med, og leasing er der næsten uendeligt service på. Det er en del af prisen, de betaler hver måned, og hvis robotten går i stykker, falder ned, eller der sker et eller andet, så leverer vi en ny og tager den gamle retur. ... Når det er leasing, så garanterer vi ikke, det er en ny robot, vi leverer, den skal bare være funktionsdygtig og lige så god som en ny. Så vi har et rotationssystem, hvor vi får de gamle robotter ind og reparerer dem og sender dem ud igen.”*

For at udnytte mulighederne for cirkulær økonomi, er det nødvendigt at have logistik på plads til at indsamle og behandle robotterne, når de kasseres fra produktionen. Hvis robotterne sælges via forhandlernetværk og installation og service varetages af integratorer bliver det en udfordring for robotproducenterne at indsamle data på robotternes placering og ejerskab og dermed at indsamle robotterne til genanvendelse. En forretningsmodel baseret på en tættere kundekontakt vil kunne fremme cirkularitet. Kunder kan eksempelvis motiveres til at bibeholde kontakt og opdatere information om lokation og ejerskab (dette kunne ske med løbende software opdateringer), eller i en servicebaseret forretningsmodel kunne robotproducenten bibeholde ejerskabet over robotterne og sælge services fremfor produkter. Begge eksempler vil øge mulighederne for en cirkulær tilgang til robotterne via genanvendelse af materialer og komponenter.

Robotternes arkitektur skal være designet med henblik på genanvendelse, ellers bliver det for omkostningstungt at adskille materialerne. I citatet nedenfor reflektere en robotproducent over hvordan virksomheden kan sikre at dens robotter kan indgå i en cirkulær økonomi og dokumentere det overfor omverdenen:

*“Det andet vi så arbejder med, det er at gøre noget af vores produktudvikling mere bæredygtig. Hvordan de materialer vi vælger i robotterne og måden vi vælger at lave dem på, så de kan skilles ad igen og genbruges, ikke. Det skal vi på en måde kun kunne godtgøre. Der er vi ikke nået til endnu.”*

Et modulært produktdesign har flere fordele i forhold til cirkulær økonomi. Modulære design øger muligheder for reparation, opgradering, udvidelse og fleksibilitet og forlænger dermed produkters levetid. Set fra robotproducenternes perspektiv betyder et modulært design, at der er bedre mulighed for eftersalg, hvis kunder vil udvide eller opgradere deres robotter. En robotproducent forklarer i citatet nedenfor, hvordan deres modulære design skaber værdi for kunden og dermed gør virksomhedens robotløsning mere attraktiv:

*“Bygger du en løsning og finder ud af du skal bruge en ekstra motor, eller skal lave løsningen helt om. Jamen, så kan du faktisk skille den ad og så bruge motor og skinner og styring og så bygge en anderledes løsning. Så den genanvendelsesmulighed er der bestemt. ... Det betyder, at tilbagebetalingstiden den falder faktisk hver gang vores kunder smider ekstra værktøjer på.”*

En anden robotproducent forklarer i citatet nedenfor, hvordan virksomheden arbejder på at udvikle en platform, som potentielle kunder selv kan modificere med egne applikationer:

*“Så nu er vi egentligt ved at udvikle en basisrobot, og så kan folk selv udvikle deres redskaber og sætte ovenpå.”*

Den platformbaserede strategi ligner til forveksling den, Universal Robots har haft stor succes med, blot inden for et specialiseret domæne. Det er en tilgang, der sikrer platformen en lang levetid, og dermed i sig selv bidrager til produkternes cirkularitet. Men modulære produkter stiller også krav til design af forretningsmodeller. Selve produktet skal have en modulær arkitektur, og organisationen skal acceptere at udvidelses- og opgraderingsmoduler er låst af designplatformen. Relationen til kunden bliver præget af kontinuerlig kontakt omkring ændringer i behov og mersalg/opgradering af produkter. Hvilket er en fordel, hvis robotvirksomhederne ønsker at bevare kontakten til deres produkter og kunne kontakte ejerne gennem hele robotens levetid.

Ikke alle typer forretningsmodeller vil være relevante for alle robotproducenter, men hvis robotproducenter ønsker mere cirkulær økonomi i deres produktion, er der god grund til at overveje, om og hvordan deres forretningsmodel understøtter cirkulær økonomi.

## KONKLUSION

---

---

Miljømæssig bæredygtighed er en tendens der allerede påvirker langt de fleste robotvirksomheder og deres kunder, og alt peger på at der i de kommende år kun vil komme endnu mere fokus på miljøeffekter. To af de mest udbredte tilgange til miljømæssig bæredygtighed er opgørelse af drivhusgasudledning fra produktion i Scope 1, 2 og 3, og cirkulær økonomi, hvor materialer og komponenter genanvendes, når produkter er udtjente. Rapporten har koblet disse to tilgange med de særlige udfordringer, robotvirksomheder oplever.

Robotvirksomhedernes indirekte placering langt tilbage i forsyningskæder er en udfordring for deres arbejde med miljømæssig bæredygtighed i og med at deres kunder sjældent er villige til at betale mere for mere bæredygtige løsninger, og robotvirksomhederne har begrænset værdi af en grøn profil. Alligevel arbejder de fleste robotvirksomheder aktivt med at reducere deres eget Scope 1, både i forhold til energiforbrug og materialeforbrug. Flere arbejder også med at reducere deres Scope 2 ved at skifte fra traditionelle til vedvarende energikilder. Det er dog de færreste robotvirksomheder, der for alvor har adresseret deres Scope 3 i form af deres forsyningskæde af leverandører og underleverandører. Der er enkelte robotvirksomheder, der bevidst indkøber bæredygtige materialer, men langt de fleste arbejder ikke med at optimere miljømæssig bæredygtighed i deres indkøb.

Robotvirksomhederne er bevidste om, at deres primære bidrag til mere miljøvenlige produktionsformer ligger i de muligheder robotteknologien rummer for at forbedre deres kunders miljømæssige bæredygtighed. For at realisere disse muligheder, er det nødvendigt, at robotvirksomhederne udvikler deres kompetencer i forhold til at måle og dokumentere miljømæssige effekter. Det er nødvendigt at medregne både økonomiske og miljømæssige direkte og indirekte kort- og langsigtede effekter for at demonstrere den fulde business case for kundevirksomhederne.

Enkelte robot og kundevirksomheder har også fokus på cirkulær økonomi. De arbejder med produktlevetid, mulighed for opgradering, reparation og fleksible løsninger, der tillader kunderne at om- og udbygge deres løsninger i takt med at krav til robotløsninger ændre sig. Der er en betydelig økonomisk fordel i denne tilgang, men bestemt også en positiv miljøeffekt i form af mere effektiv materialeudnyttelse. Cirkulær økonomi omfatter også at hjemtage og genanvende udtjente produkter, hvilket er en interessant forretningsmulighed for robotvirksomhederne i forhold til både deres egne produkter og i forhold til at levere udstyr, der kan hjælpe deres kunder med at genanvende udtjente produkter.

På kundesiden er der generelt ikke stor villighed til at betale mere for miljømæssigt bæredygtige løsninger. De store og offentlige kunder har dog alle udviklet strategier for området og arbejder med at implementere strategierne i deres organisationer som målbare effektkrav.

Der er klare indikationer på, at robotvirksomhederne skal forvente, at kunderne i den nærmeste fremtid vil lægge mere vægt på miljømæssig bæredygtig produktion. Alt peger mod at dokumentation, effektmål og en generelt datadrevet tilgang kommer til at karakterisere kundernes fremtidige tilgang til miljømæssig bæredygtighed. Her har integratorerne en klar fordel og en vigtig rolle som bindeled mellem kundernes behov og krav og robotvirksomhedernes teknologi: integratorerne har gennem deres nære kontakt til både robotproducenter og kundevirksomheder mulighed for at samle og analysere data og dermed levere datadrevne argumenter for investeringer i miljømæssig bæredygtighed.

Det er ikke alle tendenser, der er lige oplagte for alle robotvirksomheder. Producenter af cobots og mobile robotter har omfattende upstream forsyningskæder med mange leverandører og underleverandører, som de med fordel kan målrette deres indsats mod. Samtidig gør masseproduktionen af de små fleksible robotter, cirkulær økonomi i forhold til deres egne robotter til et oplagt indsatspunkt for disse virksomheder. Virksomhederne er endnu unge, og hovedparten af deres produkter er stadig i anvendelse, men den store volumen betyder, at der i fremtiden vil være en positiv miljømæssig effekt af at genanvende materialer og komponenter fra de fleksible robotter. Det kræver dog at robotvirksomhederne kan lokalisere deres udtjente produkter og facilitere en simpel og omkostningseffektiv returnering og genanvendelse.

Automatiseringsanlæg er typisk bygget, så de kan repareres, omstilles og, når de er udtjente, kan skilles ad og i vid udstrækning genanvendes. Det primære fokusområde for maskinbyggerne er deres anlægs ressourceforbrug, når de indgår i kundernes produktion. Fordelen ved dette centrale fokuspunkt er, at reduktion i ressourceforbrug typisk er nært koblet til omkostningsreduktion. Ulempen er, at det er svært for disse robotvirksomheder at arbejde med mere end inkrementelle forbedringer. Mere og bedre data om kundernes anvendelse af maskinbyggernes løsninger er centralt, udfordringen ligger i at designe forretningsmodeller og incitamentsstrukturer, der motiverer kundevirksomhederne til at dele disse data med robotproducenterne.

Producenter af domænespecifikke robotter har ofte den fordel, at deres robotter er designet til at optimere ressourceudnyttelse indenfor et specifikt domæne. Dermed er selve deres forretningsmodel bygget op omkring et værditilbud, der fremmer miljømæssig bæredygtighed gennem reduktion i kundernes Scope 1. Producenter af domænespecifikke robotter har ofte lange up-stream forsyningskæder, og kan dermed med fordel arbejde med miljømæssig bæredygtighed i valg af leverandører og underleverandører. Det er også oplagt at arbejde med muligheder for en cirkulær tilgang til egne produkter. I arbejdet med Scope 3, har disse robotvirksomheder den fordel, at de typisk er yngre, end de øvrige robotvirksomheder, og derfor er vokset frem i en periode, hvor miljømæssig bæredygtighed, datadrevne beslutninger og servicebaserede forretningsmodeller har haft synlige konkurrencemæssige fordele. De har derfor haft mulighed for at tilpasse deres forretningsmodeller til kundernes fremtidige krav til dokumentation af miljømæssig bæredygtighed.

Det er tydeligt, at både robotproducenter, integratorer og kundevirksomheder forventer at de i fremtiden skal arbejde endnu mere med miljømæssig bæredygtighed. I alle led af virksomhedernes interne værdikæder og eksterne forsyningskæder forventer virksomhederne at skulle implementere tiltag for at sikre miljømæssig bæredygtig produktion. En datadrevet tilgang og forretningsmodeller, der faciliterer hensyn til sporbarhed og cirkularitet er centrale for at opnå dette mål.

## Anbefalinger

Nedenfor er en liste med generelle anbefalinger baseret på analyserne i denne rapport og den generelle diskussion af miljømæssig bæredygtighed. Anbefalingerne er organiseret så de mest operationelle står først, mens de strategiske anbefalinger, der er sværere at implementere, står sidst.

**Styr på prioriteterne:** Lav en liste med virksomhedens vigtigste indsatsområder inden for miljømæssig bæredygtighed, efterhånden som virksomheden får styr på hvert punkt, erstattes det af et nyt.

**Del og hersk:** Miljømæssig bæredygtighed er et stort emne, der indeholder mange facetter. Fokuser på enkelte emner, der enten har stor effekt på organisationen, eller hvor organisationen har en unik mulighed for at bidrage.

**Strategi og operationelle mål:** Langsigtede strategiske mål bør suppleres med kvantificerbare operationelle mål, der er realistiske at opnå indenfor nær fremtid.

**Hønen og ægget:** Det er vigtigt at processer og styreværktøjer designes så de indfanger de mange komplekse aspekter af miljømæssig bæredygtighed. Bagefter kan man designe en struktur for afrapportering.

**Integration i hele virksomheden:** Miljømæssig bæredygtighed bør integreres i hele den interne værdikæde og den eksterne forsyningskæde, så miljøhensyn indgår som en naturlig del af alle arbejdsgange og beslutninger.

**Centralisering OG decentralisering:** Deleger ansvar for hvert emne til de relevante afdelinger. En lille central enhed er god til at sikre fremdrift, koordinering og integration på tværs af virksomheden, men en central afdeling har svært ved at gå ned på det operationelle niveau.

**Allokering af ressourcer:** Investeringer i miljømæssig bæredygtighed har oftest en anderledes investeringsprofil, alle direkte og indirekte effekter på både kort og langt sigt bør medregnes.

**En forretningsmulighed fremfor en omkostning:** Miljømæssig bæredygtighed bør ikke ses som en omkostning eller omkostningsneutral, men som en forretningsmulighed.

## LITTERATURLISTE

---

---

Andersen (2020) Hvordan bidrager robotteknologi til den grønne omstilling? Syddansk Universitet og Odense Robotics.

Bhattacharyya & Verma (2020) The intellectual contours of corporate social responsibility literature Co-citation analysis study. International Journal of Sociology and Social Policy, DOI: 10.1108/IJSSP-12-2019-0263.

Bové & Swartz, 2016: Starting at the source: Sustainability in supply chains, McKinsey.

Finkbeiner, Schau, Lehmann & Traverso (2010) Towards Life Cycle Sustainability Assessment, Sustainability, 3309-3322, doi:10.3390/su2103309.

Goel, Rittstieg, and Sanders (2021) Implications of the 'energy transition' across the machinery value chain, McKinsey.

LOV nr 1403 af 27/12/2008 om ændring af årsregnskabsloven.

Porter (1985) Competitive Advantage. Creating and Sustaining Superior Performance. The Free Press.

Science-Based Target Setting Manual Version 4.1 (2020).

Villena & Gioia (2020) A More Sustainable Supply Chain, Harvard Business Review.

# OM ODENSE ROBOTICS

Odense Robotics er Danmarks nationale klynge for robot, automation og droner. Klyngens vision er at gøre Danmark til en endnu stærkere robotnation ved at accelerere innovation og bæredygtig udvikling i hele robot-, automations- og droneindustrien.

Vi hjælper virksomheder med at udvikle nyskabende produkter og teknologier, styrke deres globale konkurrencekraft, blive klogere på branchen og blive mere synlige over for samarbejdspartnere. Det sker gennem projekter, faglige netværk og events – ofte i tæt samarbejde med vores mange videnspartnere. Odense Robotics har hovedkontor i Odense og regionale hubs på tværs af landet.

[odenserobotics.dk](https://odenserobotics.dk)



**ODENSE**  
**robotics**