TEKNOLOGISK INSTITUT

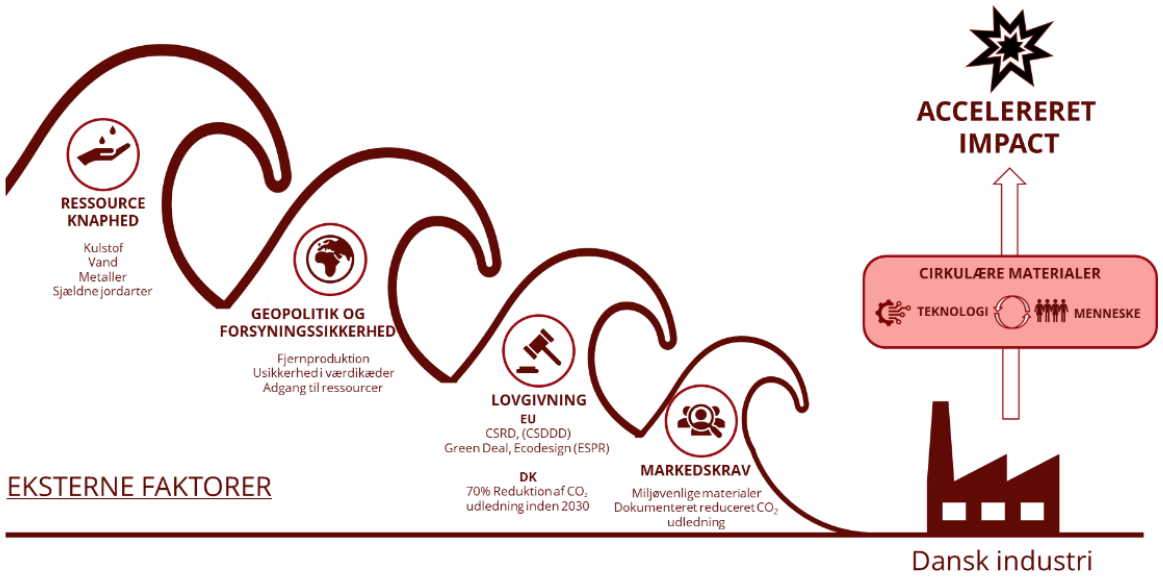
Indsatsområde (titel):	Cirkulære materialer	Indsatsområde (nr.): MØ1

Indsatsen kort (resumé)

Danske virksomheder står overfor nye store forandringer med geopolitisk usikkerhed, ressourceknaphed, nye klima- og miljøkrav samt skiftende markedskrav. Det er derfor afgørende at øge hastigheden i vores samfunds omstilling for at bevare konkurrencekraften, som afspejlet i regeringsinitiativet "Fart på fremtidens grønne løsninger". Med indsatsen "Cirkulære materialer" vil Teknologisk Institut fremme omstillingen og øge cirkulariteten af materialer gennem tæt samspil mellem teknologi og menneske. Ved at udvikle nye teknologier, kompetencer og samarbejdsmodeller på tværs af værdikæder og brancher, vil indsatsen sikre accelereret impact og bred værdiskabelse for danske virksomheder. Der opbygges viden og faciliteter til udvikling, test og demonstration af cirkulære materialer og teknologier inden for hele livscyklussen med en holistisk tilgang, der sikrer værdiskabelse i hele værdikæden.

1. Målsætninger, nøgleaktiviteter og indikatorer

Visionen for indsatsområdet er at fremtidssikre og øge danske virksomheders konkurrencekraft ved at bringe dem i front inden for cirkulære materialer, hvor acceleration og handling er i centrum med særlig fokus på teknologi og samarbejde. Teknologi er en central drivkraft for den grønne omstilling af vores samfund, men teknologiens værdiudnyttelse er stærkt afhængig af tilpasning af adfærd fra individet, virksomhederne og samfundet som helhed. Dette kræver nye forretningsmodeller og samarbejdsparadigmer, der udover at fokusere på udvikling og implementering af teknologi, også sigter mod at styrke samspillet mellem virksomheder (se Figur 1).



***Figur 1**. Eksterne faktorer påvirker danske virksomheders konkurrencekraft og understreger behovet for at øge hastigheden i den grønne omstilling (accelereret impact). Indsatsen vil gennem samspil mellem teknologi og menneske afhjælpe dette behov.*

Følgende overordnede effekter forventes for indsatsen:

- En dansk forøgelse af materialers cirkularitet.
- Fremtidssikring af danske virksomheder og kvalificerede arbejdspladser ved at leve op til kommende krav om cirkularitet.

- At skabe fremtidens samarbejdsplatform, der accelererer udvikling og implementering af teknologier i den grønne omstilling gennem partnerskaber på tværs af brancher og værdikæder.

Indsatsen vil have en holistisk tilgang til cirkulære materialer, hvor alle dele af livscyklus tages i betragtning fra materialevalg, design, produktion, brug, genbrug til genanvendelse. For at accelerere udviklingen af teknologier vil fokus være på materialer fremfor brancher. Begrundelsen er, at samme typer af materialer anvendes i forskellige brancher. Dette er helt afgørende for at opnå tilstrækkelig materialevolumen til at skabe økonomisk incitament, som er en forudsætning for at skalere og implementere cirkularitetsløsninger. Indsatsen bygger på Teknologisk Institut erfaringer igennem tidligere partnerskabstiltag som har vist sig effektive for at sikre synergier og udnytte potentialer. Indsatsen favner derfor mange retninger ved at spænde bredt på tværs af brancher og tillader samtidig indsatsen at have et højt ambitionsniveau.

Indsatsen fokuserer på en bred vifte af materialer såsom plast, metal, kompositter, tekstil, energimaterialer, sjældne jordarter, elektronik, gummi, emballage, mv. Dette muliggør synergi og vidensdeling på tværs af materialer, da teknologier ofte kan tilpasses fra ét materiale til et andet. Indsatsen spænder bredt over forskellige materialer og kernen i tilgangen er konsistent: at udvikle og implementere teknologier og samarbejdsmodeller, der kan anvendes på tværs af materialetyper og brancher. Ved at fokusere på samspillet mellem teknologi og menneske, og ved at integrere indsatser på tværs af materialetyper og brancher, skaber indsatsen en sammenhængende og målrettet tilgang til at accelerere den grønne omstilling inden for cirkulære materialer.

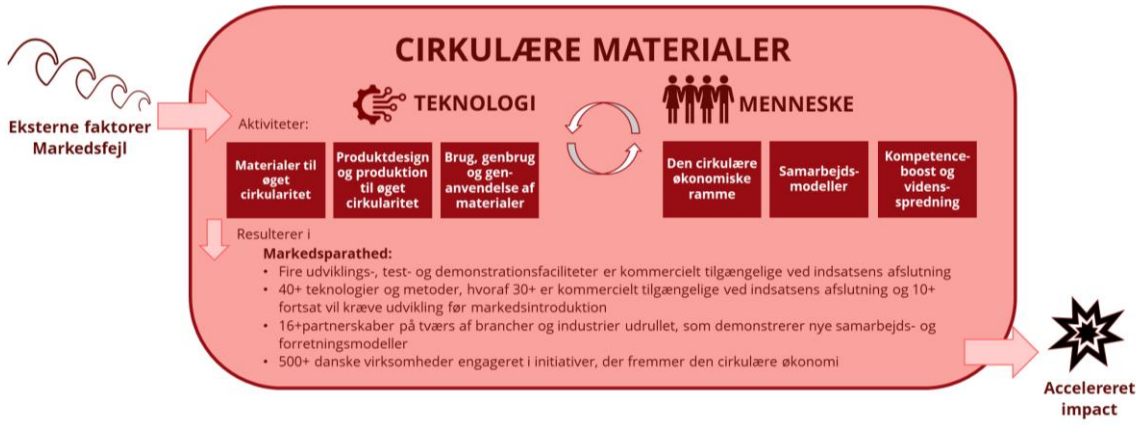
Med denne tilgang vil indsatsen nå følgende målsætninger med udgangen af 2028:
- Etablere tre nye udviklings-, test- og demonstrationsfaciliteter for cirkulære materialer, der naturligt bygger videre på indsatsen i nuværende RK-aktivitetsplan for ”Bæredygtige Materialer”.
- Udvikle 35+ nye teknologier og metoder, hvoraf 25+ er kommercielt tilgængelige, og 10+ fortsat vil kræve udvikling før markedsintroduktion.
- Skabe 14+ partnerskaber på tværs af brancher og industrier, som demonstrerer nye samarbejdsformer og forretningsmodeller, herunder kobling til internationale innovationsmiljøer.
- Gennemføre FoU- og videnspredningsaktiviteter (temadage, workshops, mm.) samt implementering af nye kommercielle serviceydelser med 400+ danske virksomheder, der fremmer den cirkulære økonomi (se opdeling i tabel 1).

Omstillingen til cirkulære materialer kræver, at fremsynede virksomheder går forrest. Teknologisk Institut stå i spidsen for konkrete initiativer inden for materialeområdet, som er en afgørende delmængde af den grønne omstilling. Teknologisk Institut vil påtage sig en faciliterende rolle for at sikre effektiv vidensdeling og samarbejde på tværs af økosystemet, og vil aktivt udbrede både teknologiske løsninger og samarbejdsmodeller til centrale aktører i innovationssystemet, herunder innomissioner (TRACE, InnoCCUS), GTS-institutter (Force Technology), brancheforeninger (Plastindustrien), universiteter og klyngeorganisationer (Clean og LDC). I tråd med regeringens handleplan "Fart på fremtidens grønne løsninger" lægges der særlig vægt på at formidle erfaringer til innomissionerne, hvilket understøtter handleplanens mål om hurtigere grøn omstilling.

Indsatsens nye serviceydelser målrettes primært danske produktionsvirksomheder, teknologileverandører og genanvendelsesvirksomheder på tværs af brancher, der fungerer som centrale drivkræfter i den cirkulære økonomi. Derudover omfatter en sekundær målgruppe et bredt spektrum af virksomheder på tværs af materialers værdikæde, herunder aktører inden for råstofudvinding,

kemikalieproduktion, leverandører, distributører og affaldsselskaber, der sikrer en holistisk tilgang. De teknologiske serviceydelser vil spænde fra specialiseret rådgivning og test til demonstration af nye cirkulære materialer, teknologier og processer gennem hele produktlivscyklussen. Indsatsens udviklings-, test- og demonstrationsfaciliteter forventes at imødekomme behov inden for test- og certificering af materialekvalitet og indhold af cirkulært materiale, udvikling af genanvendelsesteknologier og demonstration af prototyper med genanvendt materiale (aktivitet 1-3). For at sikre forankring og den fulde effektudnyttelse af de teknologiske serviceydelser udvikles også nye metoder til samarbejde, kompetenceopbygning og vidensdeling (aktivitet 4-6). Seks aktiviteter udgør en integreret indsats, hvor hver aktivitet bygger på og understøtter de andre, og tilsammen danner de en helhedsorienteret tilgang til at fremme cirkulære materialer (se Figur 2):

Aktivitet 1: Materialer til øget cirkularitet
Etablering/udbygning af faciliteter til udvikling, test og demonstration af nye materialer og teknologier for dokumentation og eftervisning af cirkularitet. Dette omfatter bl.a. reduktion af miljø- og sundhedsproblematiske stoffer, udvikling af bæredygtige emballagematerialer, udnyttelse af affalds- og reststrømme til nye materialer, samt certificeringsprogrammer.
Aktivitet 2: Produktdesign og produktion til øget cirkularitet
Udvikling af teknologier, udstyr og metoder til design og produktion af materialer med forbedrede cirkulære egenskaber herunder 'design for disassembly' samt integrering af digitale løsninger og AI. Optimering af produktion med fokus på materialeskift og minimering af miljøbelastende materialer, reduktion af spild samt udvikling af metoder til test og dokumentation af materialeeffektivitet.
Aktivitet 3: Brug, genbrug og genanvendelse af materialer
Udvikling af teknologier til levetidsforlængelse, reparerbarhed og take-back systemer, digitale løsninger og AI, samt optimering af genbrug og genanvendelse. Udvikling og skalering af teknologier til genanvendelse af komplekse produkter og materialer, fx kompositter og tekstiler, samt til udvinding af genanvendelige ressourcer fra affaldsstrømme, fx stål og sjældne jordarter fra skrot. Udvikling af processer, der både sikrer og dokumenterer kvaliteten af genanvendelige materialer.
Aktivitet 4: Den cirkulære økonomiske ramme
Udvikling af metoder og værktøjer, som ikke er kommercielt tilgængelige i dag, til at guide og dokumentere teknologi-, materialer- og produktudvikling i en cirkulær økonomi, som bl.a. bruger LCA, TEA (teknoøkonomisk analyse), mm. Disse integreres med forståelse af kommende EU-krav som CSRD, ESPR og CSDDD. Udvikling af metoder til opbygning af cirkulære forretningsmodeller samt procedurer til at håndtere uforudsete udfordringer, herunder teknologi- og markedsdisruption, der kan bremse eller udfordre virksomheders omstilling.
Aktivitet 5: Samarbejdsmodeller
Udvikling af nye samarbejdsmodeller, som understøtter værdiskabelsen af teknologiimplementering igennem kobling af menneske-teknologisammenspillet. Her opbygges og igangsættes impact-drevne partnerskaber på tværs af værdikæder og industrier, i tæt samarbejde på tværs af nationale og internationale innovationssystemer, ligesom systemiske barrierer for etablering af cirkulær økonomi adresseres. Udvikling af modeller og metoder til ledelse af virksomheders omstilling, herunder samarbejde både internt i og mellem virksomheder.
Aktivitet 6: Kompetenceboost og videnspredning
Opkvalificering af virksomheders kompetencer gennem temadage, oplæg, workshops og rådgivning mm. Løbende afdækning af markedsbehov, som kommunikeres til virksomheder og bred offentlighed samt baseline- og effektmåling ift. de 500+ danske virksomheder, som engageres gennem indsatsen.



Figur 2: *Indsatsens aktiviteter og resultater inden for samspillet mellem teknologi og menneske*

Delmål og slutmål:

Den forventede årlige fremgang mod indsatsens endelige målsætninger er vist i Tabel 1, hvor delmål er angivet for de forskellige indikatorer for indsatsens succes og værdi:

Tabel 1: Årlig fremgang mod indsatsens endelige målsætninger. Her angivet som delmål for de forskellige indikatorer, der afgør indsatsens succes.

Målsætninger	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**
Etablere tre nye TDU´er		1	1	1
Udvikle 35+ nye teknologier og metoder	5	8	11	11+
Skabe 14+ partnerskaber	3	3	4	4
Gennemføre FoU- og virksomhedsengagerende vidensprednings-aktiviteter samt implementering af nye, kommercielle serviceydelser med 400+ danske virksomheder	70	90	120	120+
- FoU-aktiviteter (antal virksomheder)	20	30	40	40+
- Kommercielle-serviceydelser (antal virksomheder)	15	15	20	20+
- Virksomhedsengagerende vidensprednings-aktiviteter (antal virksomheder)	35	45	60	60+

De specifikke delmål for hvert af de 4 år inden for de 4 områder vil konkret omhandle (også er beskrevet i afsnit 8 ”**Konkrete aktiviteter i år 1**” vedrørende 2025):

- Etablering af tre nye TDU’er:
  I 2026 vil etableres et TDU for test og udvikling af cirkulære materialer indeholdende mulighed for identifikation af indhold af genanvendt plast og test af genanvendelighed af plastprodukter via akkrediterede test iflg. europæiske standarder og RecyClass. TDU’erne vil typiske være koblet til nye FoU-projekter.

TDU'erne, der etableres i de efterfølgende år, vil omhandle udvikling og opskalering af genanvendelsesteknologier samt udarbejdelse af virksomhedsspecifikke roadmap mod højere cirkularitet. TDU'erne vil typiske være koblet til nye FoU-projekter.

- Udvikle 35+ nye teknologier og metoder:
  Der vil udvikles teknologier og metoder til at øge materialecirkularitet. I 2025 vil der blive udviklet teknologier og metoder til:
  - Reduktion af PFAS
  - Kvalitetssikring af genbrugsstål
  - Demonstration samt pilotproduktion af ny genanvendelig fiberemballage.
  - 3D-modellering til at forbedre produktegenskaber af cirkulær og fiberbaseret emballage
  - Samarbejde på tværs af værdikæder
  - Metoder til verificering og guidance af udviklingsarbejde i nye cirkulære forretningsmodeller, herunder take-back og samarbejdende forretningsmodeller.

  I 2026 vil der blandt andet blive udviklet teknologier og metoder til:
  - Forbedring af produktdesign for komplekse, sammensatte produkter (energiprodukter, elektronik, fibercoatings og plast)
  - Opskalering af adskillelsesteknologier for komplekse og sammensatte produkter (plastmaterialer, kompositter, energimaterialer og tekstiler)
  - Depolymerisering af polymerer (plast og tekstiler) samt udvinding af kritiske råmaterialer fra batterier
  - Værdiansættelse af svært kvantificerbare størrelse, herunder øget genbrug eller genanvendelse af et produkt.
  - Prototypemodel for ledelse og samarbejde i "cirkulære partnerskaber" mellem virksomheder på tværs af værdikæder baseret på eksisterende erfaringer.

  I år 2027 vil de udviklede teknologier og metoder bl.a. yderligere involvere:
  - Avancerede teknologier til genvinding af kritiske råmaterialer fra komplekse produkter
  - Nye metoder til at integrere AI i cirkulære produktionsprocesser
  - Teknologier til at forlænge levetiden af energilagringssystemer

  I år 2028 vil der blandt andet yderligere blive udviklet teknologier og metoder til:
  - Teknologier til sortering af blandede materialestrømme
  - Metoder til at integrere og udnytte mærkningsteknologier og sporbarhed i cirkulære forsyningskæder
  - Avancerede 3D-printteknologier til reparation og opgradering af komplekse produkter
  - Teknologier til at omdanne CO2 til højværdimaterialer i en cirkulær kontekst

- Skabe 14+ partnerskaber:
  I 2025 skabes to partnerskaber på tværs af et produkts værdikæde inden for henholdsvis plast og tekstil med sigte på at øge cirkulariteten af specifikke produkter, samt et partnerskab på tværs af brancher inden for elektronik med fokus på øget genanvendelse af produkter indeholdende elektronik.
  Ligeledes skabes der tre partnerskaber på tværs af enten et produkts værdikæde eller brancher i 2026. Disse kan blandt andet omhandle områder som emballage, plast, tekstil, sjældne jordarter og elektronik.

I 2027 skabes to partnerskaber på tværs af et produkts værdikæde med sigte på at øge cirkulariteten af specifikke produkter, samt to partnerskaber på tværs af brancher blandt andet inden for områder som emballage, plast, tekstil, sjældne jordarter og elektronik. Disse partnerskaber vil have et øget fokus på samspil mellem teknologi og menneske, hvor læringer fra indsatsområdets første to år bliver sat i spil.
Ligeledes skabes der minimum fire partnerskaber på tværs af brancher i 2028 med øget fokus på samspil mellem teknologi og menneske. Disse kan blandt andet omhandle områder som emballage, plast, tekstil, sjældne jordarter og elektronik.

- Gennemføre FoU- og virksomhedsengagerende vidensprednings-aktiviteter samt implementering af nye kommercielle serviceydelser med 400+ danske virksomheder
  - FoU:
    I 2025 og 2026 vil der gennemføres FoU-aktiviteter med henholdsvis minimum 20 og 30 virksomheder med fokus på at skabe tværgående konsortier samlet om en fælles samfundsdagsorden. Disse vil blandt andet inkludere udvikling af nye polymermaterialer til brug i landbrugssektoren, genanvendelse af gummi, plast og tekstil og produkter indeholdende disse materialer, samt genbrug af produkter, herunder take-back ordninger.
    I 2027 og 2028 vil der gennemføres FoU-aktiviteter med minimum 40 virksomheder årligt med fokus på at skabe tværgående konsortier samlet om en fælles samfundsdagsorden og implementering af læringer fra de to foregående år vedr. samspillet mellem teknologi og menneske. Disse vil blandt andet inkludere sikring af adgang til begrænsede ressourcer fx sjældne jordarter via urban mining, øget cirkularitet af komplekse produkter bestående af fx tekstil, plast og metal, og cirkularitets forbedring igennem kombination af cirkulære tiltag og digitalisering inden for blandt andet plastforbrugende virksomheder.
    Minimum 25% af aktiviteterne vil have internationalt involvering.
  - Kommercielt:
    I 2025 og 2026 vil virksomheder årligt benytte 15 nye teknologiske serviceydelser. Disse aktiviteter vil have fokus på at udvikle roadmaps for øget cirkularitet, test og dokumentation af indhold af genanvendt/genanvendeligt materiale i produkter og procesoptimering med fokus på materiale reduktion og udvikling af ydelse til fremtidssikring af virksomheder bestående af indsigter i megatrends og ESG-lovgivning.
    I 2027 og 2028 vil virksomheder årligt benytte minimum 20 nye teknologiske serviceydelser. Disse aktiviteter vil have fokus på at udvikle partnerskabsmodeller og implementeringstiltag for øget cirkularitet, fortsat udvikling af ydelse til fremtidssikring af virksomheder bestående af indsigter i megatrends og ESG-lovgivning, herunder håndtering af CSRDDD direktivet og metode til sammenligning af eksisterende materialer og potentiel udskiftning med nye mere cirkulære materialer.
- Virksomhedsengagerende videnspredning:
  Der gennemføres vidensprednings-aktiviteter rettet mod den primære målgruppe af produktionsvirksomheder og teknologileverandører samt genanvendelsesindustrien. Aktiviteterne vil være virksomhedsinvolverende og omfatter derfor ikke vidtrækkende videnspredningsaktiviteter gennem sociale medier, publikationer, mm. Medregnes disse til antallet af virksomheder være +1000. I 2025 vil der blandt andet afholdes et webinar med fokus på at handle på en cirkulær dagsorden, en workshop rettet mod tekniske specialister med materialer i fokus og et gå-hjem-møde rettet mod beslutningstagere i virksomhederne, hvor der deles erfaringer – både gode og dårlige – i at

opnå øget materiale cirkularitet. Lignende aktiviteter vil gennemføres i 2026, 2027 og 2028 i takt med at læringer om nye samarbejdsmodeller erhverves. Disse vil også have fokus på at formidle og udnytte synergierne på tværs af forskellige materialer til inspiration for både den primære målgruppe. I 2025 og 2026 vil disse aktiviteter som minimum nå henholdsvis 35 og 45 virksomheder, og de efterfølgende år forventes mindst 60 virksomheder at blive engageret årligt.

Relevans og potentiale

Kun 4% af Danmarks forbrugte ressourcer cirkulerer ifølge Circularity Gap Report.1 Dette er betydeligt under det globale gennemsnit på 7,2% og langt fra Klimapartnerskabets målsætning om, at Danmark skal være verdens førende cirkulære økonomi i 2030.2 Cirkularitet er afgørende for danske virksomheders konkurrencekraft, der ifølge Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse vil udfordres på en række kritiske områder, bl.a.: ressourceknaphed, ændret sikkerhedspolitisk billede, forsyningssikkerhed, digitaliseringskrav, nye nationale og EU klimalovkrav (bl.a. CSRD og CSDDD), nye markedskrav fra både B2B- og B2C-kunder (Se Figur 1).3 Dette understøttes af Instituttets omfattende markedsindsigt i danske virksomheder, som samstemmende beretter, at cirkulær økonomi indtager en stadigt vigtigere rolle. Udfordringerne består bl.a. i, at den enkelte virksomhed hverken har kompetencer, ressourcer eller indflydelse til at løse de cirkulære problemstillinger alene.

På samfundsniveau vil 'Cirkulære Materialer' bidrage til at Danmark overgår til en cirkulær økonomi, hvilket den danske regering estimerer vil medføre en stigning i BNP på op til 45 mia. DKK frem mod 2035. Derudover vurderer Klimapartnerskabet, at en cirkulær økonomi i Danmark vil resultere i globale reduktioner på 7-9 mio. tons CO2 i 2030.4 Samtidig understøtter indsatsen Klimapartnerskabets vision om, at Danmark er verdens førende cirkulære økonomi i 2030, hvilket vurderes til at skabe 7-13.000 nye danske kvalificerede jobs jf. en analyse foretaget af Ellen MacArthur Fonden.5 Derudover vil der være markante potentialer for målgruppen af produktionsvirksomheder i at være på forkant med kommende markeds- og lovkrav fra EU, herunder CSRD og CSDDD, der i højere grad danner en direkte kobling mellem virksomheders CO2 udledning og konkurrencekraft. Fx vil leverandørkæder blive presset af store virksomheder ift. dokumentation og reduktion af deres CO2 udledninger, design af produkter, mm., hvilket udgør en unik forretningsmulighed for virksomheder i leverandørkæden hvor markedsandele kan øges ved at være på forkant med disse krav.

En af de største udfordringer i overgangen til cirkulær økonomi består i at etablere materialestrømme med tilstrækkelig volumen, der giver økonomisk incitament til hurtig teknologisk opskalering. Her er det afgørende, at virksomheder bringes sammen på nye måder, hvor det ikke længere er brancher og industrier, der er fællesnævnere, men derimod typen af materialer, der indgår i værdikæderne. Den grønne omstilling er således ikke bare en udfordring ift. omstilling, forandring og optag af ny teknologi, men også en udfordring ift. nye typer samarbejde på tværs af brancher og industrier, der ikke normalt samarbejder.

Dette behov afspejles i Teknologisk Instituts daglige dialog med virksomhederne i målgruppen. Behovet ses bl.a. tydeligt i interessen for udvikling af ny teknologi, samarbejde og vidensdeling på tværs af værdikæder, fx i projektet Cirkulær Industriplast (CIP) finansieret af MUDP, og fremhæves derudover af 50 ud af 90 virksomhedskommentarer på Bedre Innovation, fra både store og små virksomheder på tværs af værdikæder og brancher.

I Teknologisk Instituts interaktion med danske virksomheder understreges behovet for at sætte handlin på både samfundets og virksomheders strategier for at accelerere overgangen til en cirkulær økonomi.

Et behov som også sættes i fokus i regeringsinitiativet "Fart på fremtidens grønne løsninger", der sigter mod at accelerere Danmarks grønne omstilling ved at fremme cirkulære teknologier og sikre økonomisk vækst. Teknologisk Instituts indsatsområde "Cirkulære Materialer" understøtter dette gennem bæredygtighed, innovation og strategiske investeringer. Med en holistisk tilgang og samspil mellem teknologi og menneske har begge initiativer fokus er på materialers cirkularitet, adfærdsændringer og øget konkurrencekraft for danske virksomheder, samt opbygning af udviklings-, test- og demonstrationsfaciliteter.

For at kunne accelerere den grønne omstilling har virksomhedernes specielt behov for hjælp i et operationaliseringsgab, hvor virksomhederne mangler sammenkobling mellem langsigtede mål og konkrete handlinger, der gennem optag af ny teknologi kan skabe miljø- og forretningsmæssige resultater på kort sigt. Dette kræver både markedsindsigt, teknisk ekspertise og forretningsmæssig forståelse og inkluderer viden om materialer, metoder, samarbejdsformer, værdikæder samt markeds- og lovkrav. Alle disse væsentlige kompetencer tilbydes samlet gennem denne indsats.

2. Markedssvigt og konkurrencesituation

For at imødekomme de mange eksterne faktorer, beskrevet i ovenstående afsnit, har den danske industri behov for øget hastighed i den grønne omstilling og i cirkulær udnyttelse af materialer. Dette forhindres af markedsfejl særligt knyttet til 1) manglende samarbejde på tværs af både industrier, værdikæder og innovationssystemet, 2) manglende teknologier til at ressourceudnytte komplekse produkter, og 3) manglende viden til at gøre virksomheder i stand til at handle i den grønne omstilling. Mangel på samarbejde ses bl.a. i genvindingsindustrien, som er udfordret, jf. brancheforeningen Plastindustrien, grundet manglende efterspørgslen på genanvendt plast. Dette er uforeneligt med, at 75 % af danske virksomheder, jf. Teknologisk Instituts analyse af Danmarks plastforbrugs klimaaftryk i 2023,[6] arbejder på at reducere ressourceforbruget i produktionen og indføre mere bæredygtige materialer, herunder genanvendt plast. Dette er et klart eksempel på, at manglende samarbejde skaber fejl i den cirkulære værdikæde. Foruden samarbejde er der fortsat behov for teknologier til at ressourceudnytte komplekse produkter, fx medicinsk udstyr, fødevarefolier og elektronik, som er sammensat af forskellige materialetyper. Det betyder konkret, at når fx jern fra elektronikprodukter genanvendes, mistes samtidig kritiske råmaterialer såsom sjældne jordarter og ædelmetaller. Dette fremhæves bl.a. på Bedreinnovation.dk af Vice President for Product Design & Engineering fra Coloplast, Peter Herskind: ”*Udfordringerne er i høj grad også et spørgsmål om kompleksiteten af materialerne i produkterne. Når mange typer materialer er blandet sammen for at opnå en specifik funktionalitet betyder det ofte at genanvendelighed og cirkularitet bliver udfordret*”. Endelig er der et stort behov for specialiseret viden om materialer og cirkulær økonomi. Dette er en markedsfejl, da kompetencerne typisk ligger uden for virksomheders kernekompetence, men samtidig er nødvendige for at handle i den cirkulære økonomi.

Indsatsen adresserer de tre største markedsfejl – manglende samarbejde, teknologi og viden. Fællesnævneren er materialer, og målgruppen er primært danske produktionsvirksomheder, teknologileverandører og genanvendelsesvirksomheder på tværs af brancher og værdikæder. Indsatsen ’Cirkulære Materialer’ vil udfylde det akutte behov for en uvildig aktør til at varetage skabelse og ledelse af partnerskaber med et dybdegående kendskab til værdikæder og brancher, og som samtidig kan bygge bro mellem videnskabelige og kommercielle initiativer. Derudover vil indsatsen imødekomme behovet for viden om konkrete og praktiske løsningsmuligheder på cirkularitets- og materialeudfordringer koblet til virksomhedernes cirkulære forretningsmodeller – en ydelse, der ikke leveres af andre aktører på

markedet. Her står Teknologisk Institut i en unik position grundet Instituttets eksisterende teknologiske infrastruktur samt dybdegående kendskab til den danske industri.

Konkurrencesituationen overvåges løbende for at sikre, at aktiviteterne i 'Cirkulære Materialer' ikke er konkurrenceforvridende. Instituttets omfattende involvering i det danske innovationssystem medfører et naturligt samarbejde med andre GTS'er, såsom Alexandra Instituttet og Force Technology, samt erhvervsklyngerne.

3. Videnspredning og inddragelse i indsatsområdet

Inddragelse af både den primære og sekundære målgruppe samt relevante samarbejdspartnere er et centralt element i indsatsen. En følgegruppe bestående af nøgleaktører fra forskellige industrier og værdikæder vil blive nedsat for at sikre tæt dialog og inddragelse gennem hele perioden. Følgegruppen vil fungere som sparringspartner og bidrage med input til at målrette aktiviteterne mod de konkrete behov i dansk erhvervsliv og medvirke til at sikre, at konkurrenceforvridning undgås. Det forventes at følgegruppen for den tidligere RK-aktivitetsplan 'Bæredygtige Materialer' videreføres og suppleres med repræsentanter for forskellige produktkategorier.

Der planlægges workshops, temadage og netværksarrangementer med fokus på videndeling om cirkulære materialer, teknologier, samarbejdsparadigmer i partnerskaber og forretningsmodeller. Disse events vil samle virksomheder, vidensmiljøer og andre interessenter for at sprede viden, skabe netværk og identificere nye samarbejdsmuligheder. Dette inkluderer nationale og internationale arrangementer såsom Teknologisk Videndeling, Polymer202X, LOOP, Børsen Bæredygtig, mm. Derudover vil indsatsen udgive publikationer, rapporter og vejledninger om bedste praksis inden for cirkulær økonomi og løbende kommunikere markedsbehov til virksomheder og bred offentlighed.

Indsatsen vil bygge videre på og skabe nye nationale og internationale samarbejder med virksomheder, myndigheder og klynger samt erhvervs- og brancheorganisationer. Samarbejdet vil fokusere på fælles aktiviteter som samarbejde, virksomhedsbesøg, cases og videndeling for at udbrede kendskabet til cirkulære løsninger.

Endelig vil indsatsen have stort fokus på at sprede viden og resultater til vidensinstitutioner, GTS-institutter og andre relevante aktører i innovationssystemet gennem forskningssamarbejder, fælles publikationer og projektdeltagelse for at sikre videndeling og opbygning af stærke kompetencemiljøer inden for cirkulære materialer på tværs af sektorer.

4. Nyhedsværdi og ambitionsniveau

'Cirkulære Materialer' bygger oven på kompetencer opbygget i RK indsatsområde 'Bæredygtige Materialer', hvor fokus primært har været produkter bestående af plast. I løbet af denne periode er cirkulariteten af plastprodukter, herunder indsamling, sortering og genanvendelse, forbedret markant gennem udvikling af nye teknologier samt forbedret produktdesign. Plast udgør dog kun en mindre del af det totale materialeflow, og udfordringen består nu i at øge cirkulariteten af de bredere materialekategorier, herunder metaller, kompositter, tekstiler, energimaterialer, sjældne jordarter, elektronik, gummi, emballage, mv. 'Cirkulære Materialer' vil tage udgangspunkt i de partnere, processer, teknologier og designprincipper, der fungerer for plastprodukter og overføre dem til at løse lignende udfordringer i de bredere produktkategorier. Indsatsen indebærer derudover udvikling af nye cirkulære materialer, teknologier og processer, som vil kræve betydelige teknologiske gennembrud. Nogle af de væsentligste udfordringer vil være at finde metoder til effektiv adskillelse og oprensning af

sammensatte materialer uden nedbrydning af materialekvaliteten. Udfordringen består bl.a. i at generere viden, skabe skala og implementere de rette forretningsmodeller og samarbejdsformer for at sikre økonomisk rentabilitet. Indsatsen vil generere viden, skabe skala og implementere modeller, der går på tværs af brancher og værdikæder, og hvor fællesnævneren er de materialer, som virksomhedernes produkter består af. Dette samler virksomheder på nye måder og med nye samarbejdspartnere, hvor kommunikationstype og samarbejdsprincipper ikke på forhånd er etableret. Her skal virksomheder agere som hinandens sparringspartnere frem for fx at stille krav i et kunde-leverandør-forhold. Teknologisk Institut's erfaringer fra tidligere impact-drevne partnerskaber på tværs af brancher, fx CIP-projektet, har vist, at succes i sådanne samarbejder afhænger af en kombination af fælles ambitiøse mål, en åben og tillidsfuld dialog og vilje til handling. Konkret indebærer dette en kultur præget af nysgerrighed og fri informationsdeling, samt en tilgang baseret på hurtige udviklingsloops og "fail-fast" principper. Disse læringer samles og videreudvikles til robuste samarbejdsmodeller for fremtidige partnerskaber igennem dette RK-indsatsområde.

Gennem indsatsens brede produktfokus vil synergier kunne udnyttes i ligheder mellem teknologier og samarbejdsformer på tværs af forskellige materialetyper, og overførsel af viden mellem disse vil yderligere skabe øget udbredelseshastighed for cirkularitet og dermed accelereret impact. Ved at overføre eksisterende viden og teknologier forventes det, at indsatsen vil levere de første serviceydelser allerede inden for det første år. Serviceydelser, der relaterer sig til mere komplekse produkttyper og som skal udvikles som en del af impact-drevne partnerskaber, forventes derimod først at blive tilgængelige i slutningen af indsatsperioden.

Denne innovative tilgang er afgørende for at accelerere Danmarks overgang til en cirkulær økonomi. Ved at kombinere teknologisk udvikling med nye samarbejdsformer på tværs af brancher, adresserer indsatsen direkte de barrierer, der hidtil har bremset omstillingen. Dette baner vejen for en transformation, der styrker den danske industris konkurrenceevne og bæredygtighed på globalt plan.

5. Kobling til forsknings- innovations- og erhvervsfremmesystemerne

For at sikre størst mulig impact vil indsatsen "Cirkulære Materialer" inddrage en bred vifte af samarbejdspartnere fra forsknings-, innovations- og erhvervsfremmesystemerne både nationalt og internationalt. På nationalt plan vil indsatsen samarbejde tæt med vidensinstitutioner som AU, AAU, SDU og DTU. Deres forskningsmiljøer inden for materialer, cirkulær økonomi og bæredygtige teknologier vil indgå i partnerskaber om fælles FoU-projekter og vidensdeling. Specielt på vidensdelingsområdet etableres samarbejde med fx erhvervsakademier gennem studenterprojekter og praktikophold. Derudover vil indsatsen engagere de øvrige GTS-institutter og relevante klyngeorganisationer som CLEAN, Lifestyle & Design Cluster og Food and Bio Cluster Denmark. Samarbejdet vil fokusere på at udbrede viden og løsninger til virksomheder inden for de respektive brancher gennem fælles aktiviteter som virksomhedsbesøg, videndeling og cases. På internationalt plan vil indsatsen trække på eksisterende samarbejdsrelationer med førende forsknings- og teknologiorganisationer som Fraunhofer i Tyskland, CPI i Storbritannien og RISE i Sverige. Deres ekspertise og faciliteter vil blive inddraget i innovations- og udviklingsprojekter. Grundet den cirkulære økonomis internationale karakter, krydser materialeværdikæder naturligt landegrænser. Dette medfører et dobbelt behov for inddragelse af internationale virksomheder: For det første at indhente den nyeste viden for at forblive på forkant med udviklingen, og for det andet at involvere internationale aktører, særligt inden for oparbejdning og den kemiske industri, i konkrete værdikædesamarbejder. Denne tilgang sikrer implementering af de udviklede løsninger og fremmer en global tilgang til cirkulær økonomi. Indsatsen vil desuden blive koblet til de

missionsdrevne tiltag Trace og InnoCCUS under Innovationsfonden, som jf. regeringsinitiativet ”Fart på fremtidens grønne løsninger” er vigtige spillere for at accelerere omstillingen, samt initiativerne Afkobling 2030 fra Industriens Fond og Closing Loops fra Erhvervsfremmebestyrelsen. Dette vil sikre videndeling og koordinering med andre væsentlige aktører inden for cirkulær økonomi. Endelig vil indsatsen løbende søge medfinansiering fra relevante nationale og internationale programmer og puljer som Innovationsfonden, MUDP, EUPD, GUDP og EU's rammeprogram for forskning og innovation, samt private fonde såsom Novo Nordisk Fonden. Dette vil forventeligt give en gearings faktor på 2,4.

Teknologisk Institut og FORCE Technology har koordineret det faglige indhold i ’Cirkulære Materialer’ og ’Bæredygtige produkter til en Cirkulær Fremtid’ for at der ikke opbygges overlappende kompetencer. Teknologisk Institut har primært fokus på materialernes strømme i genanvendelsens værdikæder, mens FORCE har en mere produktorienteret tilgang med fokus på produkters design, levetidsforlængelse og refurbishment/-manufaturing med et særligt fokus på elektronik og maskinindustrien. Selvom udvikling og anvendelse af samarbejdsmodeller inden for cirkulær økonomi vil være relevant for begge institutioner, er et forskellige fagligt fokus. Dette understreger yderligere behovet for at opretholde separate indsatser. Dog er det afgørende at fastholde en tæt dialog og erfaringsudveksling mellem Teknologisk Institut og FORCE og der planlægges årlige koordineringsmøder, for at afdække eventuelle nye overlap efter konkretisering og detailplanlægning af aktivitetsplanernes faglige indhold. Denne proaktive tilgang understreger engagementet i at maksimere effektiviteten af de respektive indsatser inden for cirkulær økonomi, samtidig med at der drages nytte af hinandens erfaringer og ekspertise.

6. Sammenhæng med instituttets strategi og afsæt i instituttets ressourcer

Indsatsen "Cirkulære Materialer" tager afsæt i og bygger videre på Teknologisk Instituts overordnede strategi for 2021-2024 og er i overensstemmelse med den fremadrettede strategi for 2025-2028, hvor Instituttet fortsat vil være i frontlinjen, når det kommer til at accelerere teknologiske løsninger i den grønne omstilling. Indsatsen er forankret på tværs af instituttet i de to styrkepositioner “Materialer” og “Miljøteknologi”, hvor der i begge styrkepositioner arbejdes med materialer som en cirkulær ressource.

Inden for materiale- og miljøteknologiområdet angiver strategien, at avanceret materialeteknologi er en uundværlig kilde til at realisere den bæredygtige omstilling i dansk fremstillingsindustri. Indsatsen "Cirkulære materialer" er således en videreudvikling og skærpelse af dette fokus. Ved at sætte cirkulære materialer som et selvstændigt indsatsområde, signalerer Instituttet, at det er et område med høj prioritet, hvor man vil opbygge særlige kompetencer og faciliteter, som vil tilbyde danske virksomheder specialiseret viden, test og demonstration af nye cirkulære materialer og teknologier gennem hele livscyklussen, samt viden og kompetencer inden for samarbejdsplatforme og samarbejdsmodeller, der er afgørende for at accelerere implementeringen af cirkulære løsninger.

Indsatsen "Cirkulære Materialer" vil trække på og videreudvikle Instituttets eksisterende ressourcer i form af specialiserede kompetencer, avancerede laboratoriefaciliteter og stærke samarbejdsrelationer inden for materiale- og miljøteknologiområdet. Derudover vil der ske en betydelig opbygning af nye kompetencer, faciliteter og partnerskaber målrettet cirkulære materialeløsninger.

7. Konkrete aktiviteter i år 1

For at øge hastighed og størst mulig impact, igangsættes initiativer i år 1 på både kort og lang sigt. De kortsigtede initiativer skaber hurtige læringer og handlingsmindset, hvor langsigtede initiativer ofte medfører større impact, hvorfor der er behov for begge dele.

Aktivitet 1: Materialer til øget cirkularitet

På kort sigt er PFAS og spildhåndtering identificeret som umiddelbare barrierer for at øge cirkulariteten. Samtidig er der behov for at finde alternativer til plast-området på længere sigt. Konkret vil aktiviteten derfor fokusere på:

- Udvikling af teknologisk ydelse til reduktion af miljø- og sundhedsfarlige stoffer i produkter, der forhindrer cirkularitet, herunder PFAS.
- Udvikling af ydelse til udnyttelse af produktionsspild til nye produkter, herunder plast, solventer, metal, mm.
- Etablering af nye faciliteter til våd- og tørstøbning af biobaserede fibermaterialer til udvikling, test og demonstration samt pilotproduktion af ny genanvendelig fiberemballage.
- Udvikling af nye polymermaterialer med designet bionedbrydelighed til fx landbrugssektoren.

Aktivitet 2: Produktdesign og produktion til øget cirkularitet

På kort sigt prioriteres dokumentation af materialeeffektivitet og cirkularitet. På længere sigt igangsættes udvikling af metoder til forbedret produktdesign og egenskaber. Aktiviteten fokuserer således på:

- Udvikling af tests og metoder til dokumentation af materialeeffektivitet for komponenter til bl.a. energisektoren.
- Demonstration af øget cirkularitet for produkter med forbedret design gennem 5-10 forløb med danske producenter/reparatører af Li-ion batteripakker/batterianlæg.
- Udvikling af metode til forbedring af produktdesign (design-for-disassembly, genbrugs- og genanvendelsespotentiale) for komplekse, sammensatte produkter såsom energiprodukter, elektronik og plast med fokus på materialevalg.
- Udvikling af 3D-modellering og andre digitale modeller, herunder spektroskopisk analyse med henblik på at forstå og forbedre produktegenskaber af cirkulær og fiberbaseret emballage.

Aktivitet 3: Brug, genbrug og genanvendelse af materialer

På kortsigt fokuseres på test- og analyse-metoder til materialer, som i dag kan og bliver genanvendt men hvor der mangler viden om fx kvalitetsforskelle for fuldt at udnytte potentialet, hvorimod de langsigtede initiativer ligger på både adskillelse og genanvendelse af komplekse produkter og materialer, som ikke håndteres i dag. Derfor arbejdes der på følgende:

- Etablering af test- og analysemetoder for evaluering af genbrugsstål.
- Udvikling og opskalering af adskillelsesteknologier for komplekse og sammensatte produkter (plastmaterialer, kompositter, energimaterialer og tekstiler), herunder gennem ultralydsassisteret plasma, kemisk separation, mm. for at forbedre og accelerere deres kemiske og mekaniske genanvendelsesprocesser.
- Udvikling og demonstration af teknologier til genanvendelse af materialer med fokus på depolymerisering af polymerer (plast og tekstiler) samt udvinding af kritiske råmaterialer fra batterier med henblik på closed loop genanvendelse og omdannelse til nye kemikalier og råvarer.

Aktivitet 4: Den cirkulære økonomiske ramme

På kort sigt er fokus på indsamling af læringer for eksisterende cases på cirkulære forretningsmodeller. På langt sigt etableres nye beregnings- og indsigtsmetoder til at guide virksomheder i en cirkulær økonomisk retning. Fokus er derfor følgende:

- Etablering af et kompendie af succesfulde illustrative cirkulære forretningsmodeller på basis af global søgning samt udvinding af metodelæringspunkter fra cases til udvikling af metodehåndbog.
- Udvikle beregningsmetoder til verificering og guidance af udviklingsarbejde i nye cirkulære forretningsmodeller, herunder take-back og samarbejdende forretningsmodeller.
- Udvikling af ydelse til fremtidssikring af virksomheder bestående af indsigter i megatrends og ESG-lovgivning.

Aktivitet 5: Samarbejdsmodeller

På kort sigt etableres både netværk og partnerskaber inden for forskellige materialeområder, der først på længere sigt vil skabe impact. På langt sigt opstartes initiativ for at skabe fremtidens ledelses- og samarbejdsplatform, der sikrer impact af partnerskaber. Følgende aktiviteter er derfor i fokus i år1:

- Etablere et tværfagligt innovationsnetværk med deltagelse af virksomheder, forskere og designere for at udforske nye samarbejdsformer omkring cirkulære materialer. Afholde 3-4 workshops med fokus på co-creation og designtænkning.
- Etablere 2+ samarbejdsprojekter på tværs af værdikæder og brancher inden for bl.a. plast, tekstil, gummi og elektronik.
- Udvikle en prototypemodel for ledelse og samarbejde i "cirkulære partnerskaber" mellem virksomheder på tværs af værdikæder baseret på eksisterende erfaringer.

Aktivitet 6: Kompetenceboost og videnspredning

Aktivitetens kortsigtede prioriteter er videnspredning af eksisterende 'cirkulære økonomiske' læringer og materialefaglig opkvalificering. For at kunne vurdere effekten af indsatserne udføres markeds- og behovsanalyser samt baseline-måling:

- Afholdelse af fysiske kurser og seminarer inden for bl.a. papir- og emballage, plast, gummi, samt cirkulære forretningsmodeller i samarbejde med relevante netværk.
- Udvikle og afholde et kursus i "cirkulær innovation og samarbejde" målrettet produktudviklere og projektledere. Afholdelse af workshop i forbindelse med diverse videnspredningsplatforme såsom Teknologisk Videnspredning, IDA Polymer, Closing Loops, Zero Waste, mm.
- Afholdelse af og deltagelse i konferencer omhandlende cirkulær økonomi, herunder Polymer25, Executive Briefing, LOOP og IEA samarbejdet.
- Gennemførelse af en markeds- og behovsanalyse blandt virksomheder i målgruppen for RK-indsatsen. Analysen vil være baseret på en omfattende virksomhedssurvey samt en række kvalitative cases. Formået med analysen er at afdække markedsbehovet for løsninger i den cirkulære værdikæde.
- Udvikling af indikatorer til en baseline-måling for de 400+ virksomheder, som involveres gennem FoU-, kommerciel- eller videnspredningsaktiviteter i RK-aktiviteten.

8. Finansiering

Ansøgt RK-finansiering af indsatsområdet (jf. det samlede finansierings-skema):	Egenfinansiering:	Forventet brug af RK-bevilling til medfinansiering af eksterne pro-jekter:	Forventet opnået ekstern finansie-ring af indsats-området:
48.000.000 Kr.	2.400.000 Kr.	2.400.000 Kr.	64.800.000 Kr.

[1] The Circularity Gap Report Denmark, 2023.
[2] Klimapartnerskab for Affald, vand og cirkulær økonomi, Regeringens Klimapartnerskaber, marts 2021.
[3] Analyse af megatrends og deres betydning for danske SMV'er, Erhvervsfremmebestyrelsen, februar 2023.
[4] Cirkulær Økonomi Faktaark, Fødevare og Miljøministeriet
[5] Potential for Denmark as a circular economy. A case study from: Delivering the circular economy – A toolkit for policy makers. Ellen MacAuthor Foundation, 2015.
[6] Danmarks plastforbrug kræver grønne løsninger, Teknologisk Institut, 2024.