

# Bæredygtige byggeklodser til fremtiden

–Materialer til emballage, tekstiler og produkter med lang levetid

Det Nationale

**BIOØKONOMI**

Panel

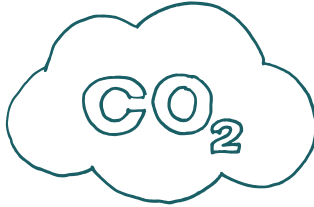
## Indhold

- 6** Overblik over anbefalingerne
- 8** Indledning
- 10** Bæredygtig bioøkonomi
- 15** Bæredygtige polymerer – fremtidens byggesten
- 18** Overordnet markedstræk
- 19** Klima- og miljøeffekter
- 22** Råvaregrundlaget for biopolymerer
- 25** Produktion af bæredygtige polymerer
- 30** Strategiske anbefalinger
- 33** Markedsområder for bæredygtige polymerer
- 34** Emballage
  - Mål
  - Særlige anbefalinger relateret til emballage
  
- 40** Tekstiler
  - Mål
  - Særlige anbefalinger relateret til tekstiler
  
- 47** Produkter med lang levetid
  - Mål
  - Særlige anbefalinger relateret til produkter med lang levetid

*Øget genanvendelse, brug af bæredygtig biomasse og CO<sub>2</sub> skal levere fremtidens bæredygtige byggeklodser til blandt andet emballage, tekstiler og produkter med lang levetid.*

# Bæredygtige polymerer

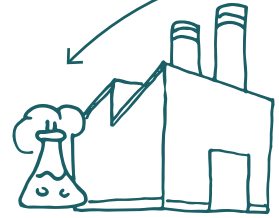
CO<sub>2</sub>



Biomasse



Forarbejdning

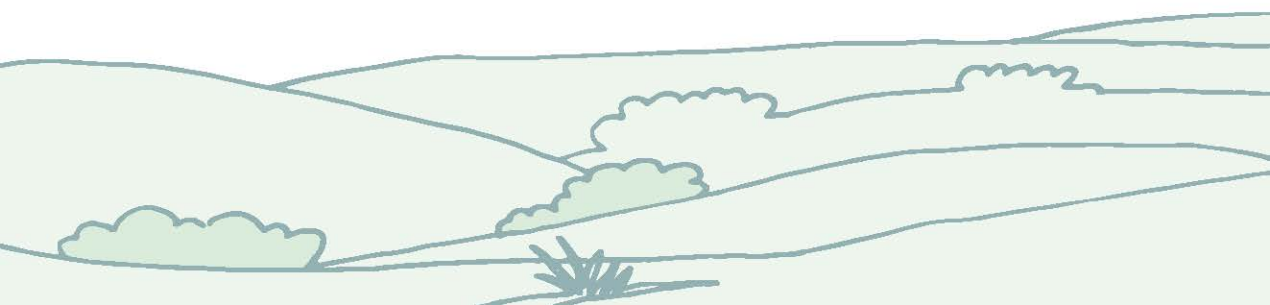


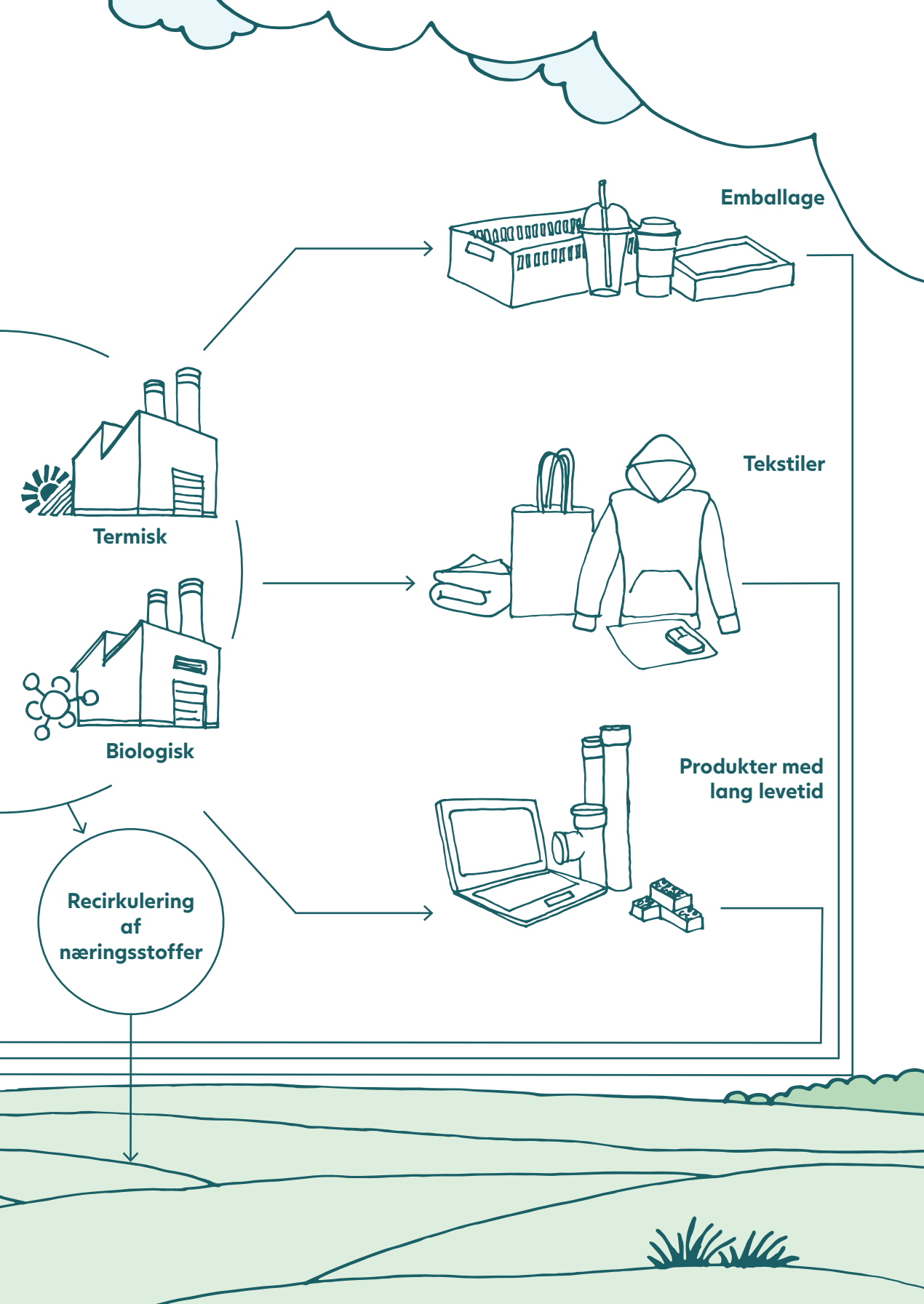
Kemisk



Mekanisk

Genanvendelse





# Overblik over anbefalingerne

## Bioøkonomipanelet anbefaler:

# 1

En national bioøkonomistrategi skal sætte klare politiske mål og skabe grundlag for investeringer.

# 2

Rammevilkår skal sikre bæredygtig omstilling væk fra fossile ressourcer.

# 3

Danmark som grøn testnation skal vise vejen til grøn omstilling gennem forskning og innovation, og skabe eksport og arbejdspladser.

# 4

Danmark skal tage aktivt del i at skabe et styrket nordisk samarbejde om bioøkonomi.

# 5

Færdigheder og kompetencer om grøn omstilling skal styrkes og skabe nye arbejdspladser i hele Danmark.

# 6

En hvidbog om biomasse skal skabe tværfagligt grundlag for bæredygtig udvikling af den grønne omstilling.

# 7

Der skal skabes samfundsøkonomisk bæredygtige løsninger ved at udnytte synergier mellem forskellige markedsområder.

# 8

Genanvendelsessystemer skal medvirke til samfundsøkonomisk optimal anvendelse af vores ressourcer.

# 9

Bæredygtige polymerer skal efterspørges af markedet ved hjælp af blandt andet standarder og offentlige grønne indkøb.

# 10

Produkter, der skal være bionedbrydelige i det miljø, hvor de ender, beskrives på en positivliste.

# 11

Der skal kommunikeres klart og tydeligt om bæredygtige løsninger inden for emballage.

# 12

Der er brug for analyser, der viser hvordan det fulde potentiale for at genanvende emballageaffald kan nås.

# 13

Erhvervspotentialet indenfor biobaserede specialprodukter skal udnyttes gennem udvikling, test og demonstration.

# 14

Der skal udvikles teknologier til genanvendelse af affald fra bl.a. tekstilsektoren.

# 15

Råvarer til nye og genbrugte tekstilfibre skal komme fra bæredygtige kilder.

# 16

Tidlig indfasning af særskilt indsamling af tekstilaffald.

# 17

Øget koordinering af forskning og udvikling inden for miljø- og sundhedsvenlige polymerer med særlige egenskaber indenfor for funktion og holdbarhed.

# 18

Analyser af, hvordan biobaserede additiver kan styrke et produkts samlede genanvendelsespotentiale.

# Indledning

En bæredygtig bioøkonomi baseret på fornybare biologiske ressourcer spiller en central rolle for at virkeliggøre den nødvendige og hurtige omstilling væk fra fossile ressourcer. En omstilling, der skal ske på en måde, hvor presset på naturressourcer og biodiversitet mindskes, og samtidig leverer markante reduktioner i klimabelastningen, og hvor de sociale aspekter af bæredygtigheden også er tilgodeset. Det er dog et grundvilkår for bioøkonomien, at jordklodens biologiske kapacitet ikke alene kan dække fremtidens behov for foder, fødevarer, materialer og energi mv.

Derfor er det nødvendigt at optimere produktionen, logistik og forarbejdning af bæredygtig biomasse så effektivt som muligt og sørge for, at den tilgængelige biomasse anvendes til de samfundsmæssigt bedste formål.

Produktionen af bæredygtig biomasse skal tænkes sammen med god genanvendelse og recirkulering af kulstof og næringsstoffer. Dermed minimeres det ressourcemæssige spild, og jordens frugtbarhed og struktur holdes intakt. Bioøkonomiens samfundsøkonomiske betydning skal styrkes ved at viden om mekaniske, biologiske, kemiske og termiske processer til recirkulering af biomasse og andre kulstofkilder udnyttes samfundsmæssigt optimalt. Det er opskriften på at få mest samfundsøkonomi ud af jordens ressourcer.

Det overordnede budskab fra Det Nationale Bioøkonomipanel i anbefalingerne om bæredygtige byggeklodser til fremtiden er, at produktion, forbrug og genanvendelse af materialer som f.eks. plastik, tekstiler og kom-

positter kan få en markant bedre miljø-, natur- og klimaeffekt, og samtidig skabe vækst, nye eksportmuligheder og arbejdspladser i Danmark.

De danske styrkepositioner er indgående indsigt i bioressourcernes kompleksitet og potentialer, og viden om hvordan mekaniske, biologiske, kemiske og termiske processer forarbejder bioressourcer mest hensigtsmæssigt, så biomassen kan anvendes til både fødevarer, foder, materialer og energi.

Restprodukter og affald skal recirkuleres og skal være ressourcer det næste sted; spildet reduceres og udnyttes på tværs af primærproducenter og industrisektorer til nye materialer, produkter og energi.

Danske universiteter har internationalt anerkendte forskningsmiljøer inden for biologisk processering og produktion. Mange danske virksomheder producerer allerede effektivt og med et fokus på bæredygtighed. Til at binde det hele sammen er der dansk tradition



for tillidsbaseret samarbejde om udvikling af løsninger på store udfordringer. Danmark er på mange måder et globalt foregangsland inden for f.eks. biobaseret life-science, processer til bioraffinering, fødevarerproduktion og bioenergi. Dette bekræftes af Danmarks Forsknings- og Innovationspolitiske Råd (DFiR), der i oktober 2019 overleverede anbefalinger til regeringen med titlen Ny teknologi til grøn omstilling. Af anbefalingerne fremgår det, at Life science-forskning i bred forstand står meget stærkt både med hensyn til videnskabelig produktion, forskningskvalitet og erhvervsamarbejde. Derudover fremhæves energi, klima og miljø som forskningsmæssige styrkeområder med betydeligt samspil med erhvervslivet. Erhvervsstyrkerne omfatter blandt andet pharma, biotek og medico, miljøteknologi, IT og det maritime område. Disse områder er kendetegnet ved høj produktivitet, mange vækstvirksomheder og er absolut førende i Europa. Fødevarer, avanceret maskinfremstilling, elektronik, tekstil og mode er også udtalte erhvervmæssige styrkeområder (top 10 i Europa), mens byggeri og bygge-

*De danske styrkepositioner er indgående indsigt i bioressourcernes kompleksitet og potentialer, og viden om hvordan mekaniske, biologiske, kemiske og termiske processer forarbejder bioressourcer mest hensigtsmæssigt, så biomassen kan anvendes til både fødevarer, foder, materialer og energi.*

materialer, træ og møbler, turisme, transport og logistik fremhæves som erhvervsområder med uudnyttet potentiale.

Danmark er allerede et internationalt demonstrationsland for grønne løsninger, men med det rette netværk af aktører, investeringer i teknologi og infrastruktur og systemiske forandringer kan det danske potentiale som testnation udfoldes yderligere og blive en investering, vi kan leve af i mange år fremover.

# Bæredygtig bioøkonomi

Siden den industrielle revolution har global produktion og forbrug skabt vækst og beskæftigelse efter en lineær tankegang: Vi udvinder råstoffer, producerer, forbruger og smider væk. Det har skabt velstand i verden, men også et uhenigtsmæssigt stort træk på jordens ressourcer, store affaldsmængder og udledninger af klimagasser, og et stort pres på jordens arealer, med negative følger for klimaet, biodiversiteten og miljøet.

Eksperter fra FN's panel om bæredygtig udvikling konkluderer i en rapport fra 2019, at bæredygtig udvikling ikke kommer af sig selv, men skal skabes i processer, der optimerer velstand samtidig med minimering af den miljømæssige påvirkning<sup>1</sup>. En række rapporter viser dog, at der er lang vej endnu til at indfri Verdensmålene (Global Sustainable Development Report 2019) og Paris aftalens klimamålsætning (IPCC 2018), og at presset på biodiversiteten fortsat er alarmerende højt (IPBES 2019).

## Cirkulær bioøkonomi

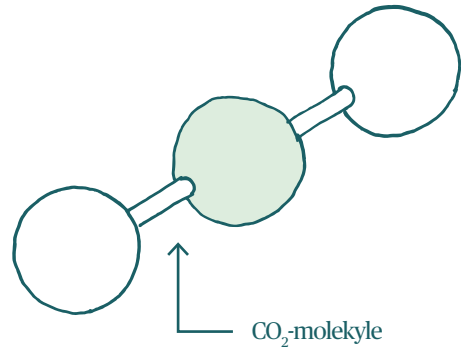
Cirkulær bioøkonomi omfatter produktion og høst af fornybare biologiske ressourcer fra hav, skov og landbrug, og omdannelsen af disse ressourcer og deres rest- og affaldsstrømme til produkter med højere værdi, samt

genanvendelse og recirkulering af de biologiske materialer og næringsstoffer.

Cirkulær bioøkonomi bidrager til bæredygtig produktion og forbrug ved dels at få mere biomasse ud af mark, skov og hav, og ved optimal udnyttelse af alle biologiske rest- og sidestrømme, og recirkulering af kulstof og næringsstoffer. En øget bæredygtig produktion af biomasse skal ikke ske på bekostning af natur og biodiversitet, men ved at de årlige udbytter pr. hektar øges på de eksisterende landbrugsarealer. Det kan ske ved øget satsning på planteforædling, ved brug af afgrøder, der udnytter solenergien optimalt og ved at anvende dyrkningsystemer, der samlet set skaber optimalt udbytte og minimale CO<sub>2</sub>-udledninger.

Cirkulær bioøkonomi skaber værdi ved at mekaniske, biologiske, kemiske og termiske processer bidrager til recirkulering, og at der over tid kan udvindes flere forskellige produkter af den samme biomasse. Dette princip kaldes kaskadeudnyttelse, og fremmes blandt andet gennem bioraffinering af biomasse, der muliggør, at biomassen opsplittes i biologiske byggeklodser, der kan bruges til nye produkter.

<sup>1</sup> FN Panel Bæredygtig Udvikling - [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/24797GSDR\\_report\\_2019.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/24797GSDR_report_2019.pdf)



Cirkulær bioøkonomi har allerede ført til flere danske succeshistorier i industriel skala. Det er først og fremmest inden for termisk-, kemisk- og biologisk raffinering og opgradering af fødevarer, ingredienser, pharma og kemikalier, men også inden for planteforædling.

Produkterne fra cirkulær bioøkonomi er bæredygtige alternativer til produkter baseret på fossile råvarer. Produkterne kan give store samfundsøkonomiske gevinster, blandt andet i forhold til den eksisterende klimakrise og biodiversitetskrise, men også for at sikre fremtidig beskæftigelse og vækst. Mange af de nye løsninger har et betydeligt eksportpotentiale.

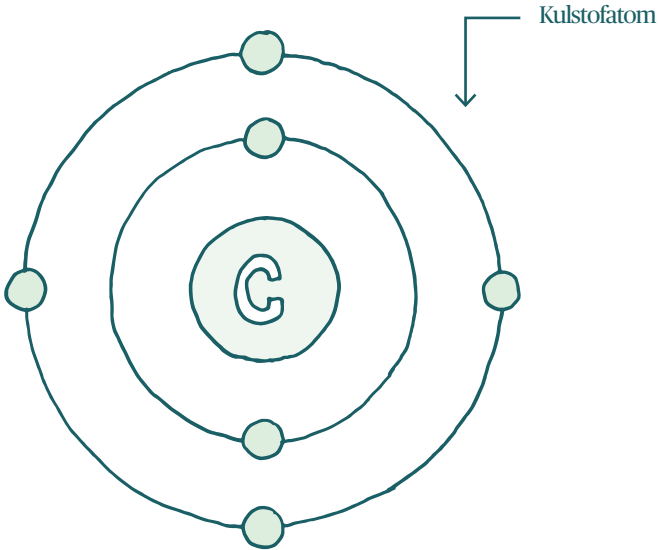
Vejen til kommercialisering er lang, og der er omkostningstunge forhindringer undervejs, herunder udgifter til forskning, pilotforsøg og demonstration af teknologier. Derfor er det svært at konkurrere med eksisterende produkter, der ofte er baseret på fossile råvarer, som f.eks. plastikemballage eller tekstiler produceret af polyester.

Den cirkulære bioøkonomi rummer potentielle konflikter mellem de forskellige globale udviklingsmål, og kan føre til et ikke-bæredygtigt pres på globale biomasseressourcer.

For at sikre en bæredygtig og hurtig udvikling af bioøkonomien har Danmark derfor brug for en national bioøkonomistrategi. Den nationale strategi skal fokusere på tilvejebringelsen af bæredygtig biomasse fra både optimeret anvendelse af biologiske rest- og sidestrømme og fra produktion af biomasse, udstikke retning for bæredygtig anvendelse af bioressourcerne, herunder rammevilkårene for bioraffinering i Danmark og anspore til, at efterspørgslen rettes mod bæredygtige bio-baserede produkter og services fremfor fossilt baserede alternativer.

### Kulstof som knap ressource

Bæredygtighedsaspektet ved cirkulær bioøkonomi skal ses i et globalt perspektiv, og dermed i sammenhæng med den samlede efterspørgsel efter biomasse til f.eks. foder, fødevarer, materialer og energi. De globale biomasseressourcer kan ikke erstatte fossile ressourcer til alle formål. Jordens kapacitet til at producere biomasse er ikke stor nok. Der er brug for andre bæredygtige ressourcer til at erstatte de fossile.



Det er kulstof der bliver mangelvaren når de fossile ressourcer udfases. Derfor er det relevant at beskrive den samlede kulstoføkonomi og finde de bæredygtige kulstofkilder. Inklusiv biomasse er der 3 kilder til bæredygtigt kulstof: 1) recirkulering af det kulstof, der allerede er bundet i materialer, produkter og fødevarer, 2) ny biomasse fra skov, hav og mark, samt 3) genanvendelse af kulstof ( $\text{CO}_2$ ), der er endt i atmosfæren og bidrager til global opvarmning. Genanvendelse af  $\text{CO}_2$  kaldes også for carbon capture and utilization (CCU). Kulstoffet fanges af planter ved

at omdanne  $\text{CO}_2$  fra luften til biomasse. Andre processer end fotosyntese kan omsætte  $\text{CO}_2$ , der er ophobet i atmosfæren, og bringe den i anvendelse igen. Det er f.eks. gennem elektrolyse, der ved hjælp af elektricitet omdanner  $\text{CO}_2$  til metan, der kan opbevares i naturgasnettet.

For at illustrere proportionerne i den udfordring, det er at udfase olie og gas, kan det samlede ressourcebehov omregnes til energienheden exajoule. Fremskrivninger viser, at sektorer for plast, stål, cement, brændstof til fly, skibe, lastbiler og personbiler, samt el og varme globalt set må forventes at have et samlet behov for ca. 1000 EJ/år i 2050 (SDU, 2019). Til sammenligning vurderer IPCC's ekspertgruppe for bioenergi, at det fremtidige globale biomassepotentiale er på mellem 100 og 300 EJ/år.

*”Der er ikke biomasse nok til at understøtte alle behov i en fremtidig global økonomi, hvor olie og gas er udfaset. Derfor skal potentialer i vedvarende energi udnyttes optimalt. Selvom biokapaciteten øges ved nye og effektive dyrkningssystemer, reduktion af mad- og fødevarespild, nye sorter og bedre raffineringsmetoder, vil der langt fra være nok bio-baseret kulstof til rådighed. Behovet for kulstof skal derfor også dækkes af andre kilder til bæredygtigt kulstof gennem genanvendelse af f.eks. plastik, tekstil, træ og byggematerialer, og ved at kulstof, der er ophobet i atmosfæren som CO<sub>2</sub>, bjærges og bindes ind i nye lukkede materiale- og energikredsløb.”*

***”Produktion, forbrug og genanvendelse af materialer som f.eks. plastik, tekstiler og kompositter kan få en markant bedre miljø-, natur- og klimaeffekt, og samtidig skabe vækst, nye eksportmuligheder og arbejdspladser i Danmark.”***

# Bæredygtige polymerer - fremtidens byggesten

Polymerer er stoffer bestående af molekyler med højt kulstofindhold, som er opbygget af et stort antal gentagelser af en eller flere typer atomer eller atomgrupper (monomerer) bundet til hinanden i kæder, net eller andre strukturer. Polymerer og fibre sættes sammen til materialer som plastik, tekstil og produkter med lang levetid.

Visse molekylestrukturer gør polymerer særligt velegnede til materialer, og de fysiske egenskaber er afgørende for anvendelsen. Egenskaberne afhænger især af molekylvægten og den molekylære opbygning, herunder tilstedeværelsen af oxygen. Alt efter polymerens opbygning kan den være stiv og glasagtig eller gummiagtig og formbar.

Polymerer kan både være naturligt og syntetisk fremstillet. Blandt de naturlige polymerer er de organiske polymerer, der dannes ved biologiske processer i naturen. F.eks. kulhydrater, lignin, naturgummi og proteiner. Biologisk materiale kan forarbejdes ved mekaniske, biologiske, kemiske og termiske processer og blive til polymerer, der er identiske med syntetiske og fossilt-baserede polymerer.

Når biobaserede polymerer er identiske med fossilt baserede polymerer betegnes de som *drop in*. *Drop in* polymerer er kemisk set identiske med fossilt baserede polymerer, og de angives ofte med ordet bio- foran materialet; eksempelvis bio-plastik. Sådanne "drop in" polymerer kan indgå i de samme produktions- og genanvendelsessystemer som de fossilt baserede polymerer af samme type.

Polymerer der er produceret af biomasse kan også være anderledes end polymerer, der er baseret på fossile ressourcer. Når polymerer-

ne er anderledes betegnes de som *new-bio* og har en molekylær struktur, der kemisk set er *forskellig* fra velkendte fossilt baserede polymerer. New-bio kræver nye produktions-, genanvendelses- og bortskaffelsessystemer.

Polymerers miljø- og klimabelastning skal vurderes ud fra en samlet betragtning, hvor ressourcegrundlag, produktionsproces, anvendelse og genanvendelse har betydning. Mange polymerer, der anvendes i tekstiler, emballage og produkter med lang levetid består af polymerer baseret på råolie.

Miljø- og klimabelastningen reduceres effektivt ved genanvendelse og recirkulering af kulstof. Ved afbrænding og nedbrydning af polymerer frigives kulstoffet og går i forbindelse med ilt og ophobes i atmosfæren som CO<sub>2</sub>. Øget genanvendelse vil mindske udledningen af CO<sub>2</sub> til atmosfæren.

*Biomasse bør prioriteres til anvendelsesområder, hvor biomassen skaber de største samfundsgevinster i forhold til alternativ anvendelse. Det betyder, at polymerer, der produceres med udgangspunkt i organisk affald, formentlig vil have mere positive miljø- og klimaeffekter end polymerer, der er produceret af en landbrugsafgrøde.*

### **Bionedbrydelige polymerer**

Det er kun i få tilfælde ønskværdigt, at en polymer kan nedbrydes biologisk. I de fleste sammenhænge er det netop holdbarhed og evnen til ikke at nedbrydes, der er en eftertragtet egenskab ved en polymer. Både en fossilt baseret og en biobaseret polymer kan være mere eller mindre nedbrydelig.

Bionedbrydelighed handler om polymerens egenskab til at blive nedbrudt af mikroorganismer under enten aerobe (med ilt) eller anaerobe (uden ilt) betingelser. Der findes flere grader af bionedbrydelighed, og der er meget stor forskel på forskellige polymerers evne til at nedbrydes. Bionedbrydelighed kan eksempelvis være ved bioforgasning, industriel kompostering, privat havekompostering eller i fri natur.



Bionedbrydelighed kan være en fordel i tilfælde, hvor der er stor sandsynlighed for at polymeren ender i naturen og skaber et forureningsproblem. Det kan f.eks. være særlige typer plastik emballage, produkter til skov- og landbrug eller andet udstyr der bruges i naturen og er vanskeligt at indsamle.



## CASE: Plastik

Plastik er en samlet betegnelse for en række mere specifikke produkter, hvor polymerer er hovedkomponenten. I 1950 blev der globalt set produceret 1,7 mio. tons plastik. I 2014 var det tal steget til 311 mio. tons, og i 2050 forventes plastikproduktionen at nå hele 1,2 mia. tons. I EU forventes en fordobling af plastikforbruget inden 2050.

Plastik kan både være lavet af råolie (fossilt), biomasse (biobaseret), og på basis af CO<sub>2</sub>. Andelen af biobaseret plastik på det globale marked udgør på nuværende tidspunkt 2 pct. Det anslås, at 6 pct. af verdens olieforbrug i dag går til produktion af fossilt plastik. Dette tal forventes at stige til 20 pct. i 2050.

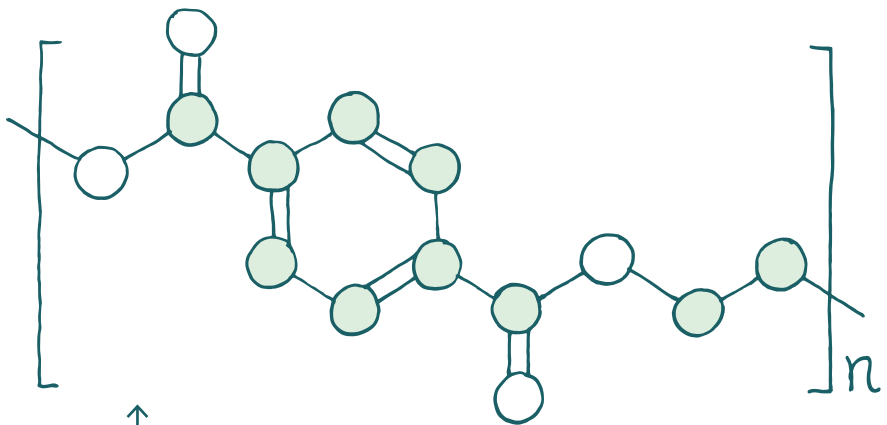
Den globale produktion, forbrug og afbrænding af fossilt plastik medfører betydelige CO<sub>2</sub> udledninger. Plastik bidrager dog også positivt til CO<sub>2</sub>-regnskabet ved f.eks. at skabe rammer for reduktion af madspild (holdbarhed) og reducere brugen af brændstof til transport af varer på grund af plastiks lave vægt.

# Overordnet markeds-træk

På grund af den globale klima-, natur- og biodiversitetskrise, samt udfordringerne med plastikforurening af verdenshavene er der et generelt markedstræk efter et mere bæredygtigt forbrug, der blandt andet omfatter produkter baseret på bæredygtige og fornybare ressourcer.

Der er både globalt og i Danmark større og større efterspørgsel efter produkter, der ikke baserer sig på fossile kilder. Biopolymerer anvendes allerede i dag i forskellige typer af

produkter for at reducere forbruget af fossile ressourcer. Biobaserede polymerer finder anvendelse i bl.a. plastikposer, legetøj og emballering af forbrugerprodukter samt i coatings og lim. Biobaserede polymerer vinder i disse år større indpas på det kommercielle marked både nationalt og internationalt, men markedsandelen er trods stærk vækst fortsat relativt lille.



Eksempel på en polymer

# Klima- og miljøeffekter

Selvom biomasse er en vedvarende ressource er det ikke nødvendigvis bæredygtigt at anvende den til polymerproduktion. De samlede effekter for bl.a. miljø og klima skal vurderes i et globalt og holistisk perspektiv.

Nogle af de spørgsmål, der skal besvares er: Hvad biomassens alternative anvendelse? Hvilken biomasse og hvordan den er produceret? Hvilken forarbejdningsproces er anvendt, og hvordan er muligheder for recirkulering og synergier til øvrige systemer som f.eks. transport- og energisektoren? Dele af disse bæredygtighedsaspekter kan dokumenteres gennem tredjepartscertificering afhængigt af biomassen, mens andre skal vurderes mere kvalitativt.

En del af de globale og holistiske perspektiver relaterer sig til, om produktionen af biomasseressourcen i landbrug eller skovbrug fortrænger fødevarerproduktion og fører til, at andre afgrøder (f.eks. soja) produceres under ikke-bæredygtige forhold.

## Livscyklusanalyser

Livscyklusanalyser (LCA) er et værktøj, der bl.a. kan benyttes til at sammenholde et biobaseret materiale eller produkt med et tilsvarende fossilt baseret materiale eller produkt.

I en LCA vurdering kvantificeres og medtages relevante udledninger til miljøet, energi- og ressourcforbrug, som man har data for, samt affaldsgenerering i hele produktets/materialets livscyklus (fra vugge til grav). Med disse data udarbejdes en vurdering af miljøpåvirkninger, som afspejler den totale produkt- eller materialerelaterede påvirkning på sundhed, miljø og ressourcer.

LCA'er af biobaserede materialer kan være særligt anvendelige i forhold til at udarbejde følsomhedsanalyser, som kan bruges til at sammenholde to forskellige systemer og til at identificere de faktorer og parametre, som har den største påvirkning af det endelige resultat af den konkrete LCA. Det kan være udfordrende at gennemføre livscyklusanalyser, der kan afklare fordele og ulemper ved at erstatte fossile polymerer med biopolymerer inden for forskellige produktområder. Det skyldes bl.a. at de sammenholdte teknologier på nuværende tidspunkt er på forskellige udviklingsstadier, og at resultaterne fra en LCA afhænger af det specifikke produkt, hvilket end-of-life scenarie der opstilles, samt hvorvidt man tager indirekte ændringer i arealanvendelsen (ILUC) med i beregningerne (Teknologisk Institut 2019). LCA vurderingers fokus på vugge til grav kan dog give en udfordring i forhold til cirkulær bioøkonomi, hvor cirkularitet er i fokus.

I takt med at genanvendelse indenfor f.eks. emballage og tekstil kontinuerligt forbedres, vil rammerne og parametrene for LCA'erne ændre sig, og det er derfor vigtigt at være opmærksom på dato for udarbejdelsen, når man bruger et analyseresultat fra en LCA i sin vurdering af et biobaseret materiale. Ligeledes vil stigende andel af vedvarende energi i energisystemet over tid markant ændre på LCA'ens bundlinje.

Set i et livscyklusperspektiv er de negative klima- og miljøeffekter ved anvendelse af biomasser fra rest- og sidestrømme mindre end ved anvendelse af primære ("nye") biomasser, idet anvendelsen af rest- og sidestrømme ikke opgøres til at have konsekvenser for den samlede arealanvendelse (den såkaldte ILUC effekt). I nogle tilfælde er markedet for rest- og sidestrømme dog mere attraktivt end markedet for de primære biomasser. Derfor diskuteres det i nogle tilfælde om en større del af miljø- og klimaeffekten skal allokere til restproduktet.

Gennem raffinering ved mekaniske, biologiske, kemiske og termiske processer kan biomassen udnyttes til flere forskellige formål på samme tid. F.eks. kan en biomasses proteinindhold bruges til foder og fødevarer, mens en anden del af biomassen leverer molekyler til f.eks. biobaseret plastik. I modsætning hertil er afbrænding til kraftvarme, hvor hele biomassens indhold af sukker og protein kun omsættes til energi, hvorved højværdipotentialt går tabt. Afbrænding betegnes ikke som genanvendelse.

En substitution af fossile råvarer med biobaserede råvarer forventes på sigt at kunne mindske klimapåvirkningen af polymererne. Produktion og håndtering af biomasse medfører udledning af klimagasser, på trods af at materialets kulstofindhold genoptages i plantemateriale. Det Nationale Bioøkonomipanel mener ikke, at man som udgangspunkt skal anse alle biomasser for CO<sub>2</sub> neutrale, da det afhænger af mange forskellige faktorer,

blandt andet tidsperspektivet i genoptaget af CO<sub>2</sub>, effekterne på kulstofkredsløbet og kulstoflagring, indirekte effekter på arealanvendelsen, hvilken regenerering af biomasse der foregår, og hvilke anvendelser biomassen får.

Der er stor forskel på de miljømæssige effekter af dyrkning af de forskellige afgrøder, som kan indgå i produktionen af biopolymerer. Det er vigtigt at se på det samlede dyrkningssystem, og det omkringliggende miljø, og ikke fokusere udelukkende på enkelte afgrøder.

Det fremgår, at der er meget modsætningsfyldte effekter, og hver enkelt case bør vurderes særskilt. Nedenstående tabel er et forsøg på at sammenstille bæredygtighedseffekter ved forskellige typer biomasseressourcer, der er relevante for produktion af polymerer.

**Tabel 1:**  
**Bæredygtighedsaspekter ved forskellige biomasser (Nova-Institute 2019)**

Kriterier	Sukker		Stivelse		Træ		Affaldstræ		Landbrugsrester	Organisk affald
	Sukkerroer	Sukkerør	Hvede	Majs	Skov	Energitræ	Skovrester	Genbrugs-træ		
Drivhusgasser										
Niveau for subsidier/omkostninger ved reduktion af drivhusgasser										
Arealanvendelse /effektivitet										
Negative effekter for fødevarer sikkerhed										
Proteinholdige biprodukter										
Beskæftigelse, udvikling af landdistrikter, levebrød for landmænd og skovbrugere										
Indirekte og direkte ændringer i arealanvendelse										
Logistik/infrastruktur/tilgængelighed										
Sporbarhed										
Sociale effekter (jordrettigheder, menneskerettigheder, uddannelse)										
Potentielle effekter for biodiversitet og marginaljord										
Effekter for vand, luft og jordkvalitet										

Grøn: høj ydeevne / lav risiko

Gul: medium ydeevne / medium risiko

Rød: lav ydeevne / høj risiko

Tabel 1: styrker og svagheder ved biomasseråvarer til bioethanol, NOVA-Institut Carus 2019

Landbrugsproduktionen kan gøres mere miljø- og klimavenlig ved at fokusere på overgangen mellem forskellige afgrøder på hver mark – de såkaldte sædskifter, da det er i overgangen mellem forskellige afgrøder, hvor jorden bearbejdes ved f.eks. pløjning og derfor er uden plantedække, at risikoen for udvaskning af næringsstoffer til vandmiljøet og udledninger af klimagasser til atmosfæren er højest. Derfor er "tætning" af sædskifterne et vigtigt bidrag til at opretholde et højt

biomasseudbytte og samtidig en lav klima- og miljøeffekt. Der er således behov for, at fremtidige dyrkningssystemer vedligeholder landbrugsjordens indhold af kulstof, hvilket kan håndteres med virkemidler som f.eks. græsrigt sædskifter og udbringning af husdyrgødning.

# Råvare- grundlaget for biopoly- merer

Råvaregrundlaget til bæredygtige polymerer skal forstås bredt; alle typer polymerer kan i princippet produceres af alle typer biomasse og de andre kilder til bæredygtigt kulstof.

Råvarerne til bæredygtige polymerer kan stamme fra primære biomasser, fra rest- og sidestrømme eller fra affald. Primære råvarematerialer kan f.eks. være sukker fra sukkerør, sukkerroer eller fra majs – mens biomasser fra rest- og sidestrømme f.eks. kan være roetoppe og halm, mens affald kan være madaffald fra husholdninger eller tekstilaffald. Der er store potentialer i at have høje ambitioner for genanvendelse, hvor både mekaniske, biologiske, kemiske og termiske processer skal bringes i spil, hvilket vil gøre det muligt at opnå meget høj genanvendelse.

Figuren nedenfor viser en ikke udtømmende liste med eksempler på råvaregrundlag. Det bemærkes, at en række af råvarerne allerede indgår i etablerede værdikæder (f.eks. halm



og træ til energiformål). Det bemærkes endvidere, at potentialet for halm ikke beskriver det samlede teoretiske potentiale, som er godt 5 mio. tons. Det vurderes dog ikke som værende realistisk at bjærge 5 mio. tons. Det Nationale Bioøkonomipanel vurderede i 2015, at 1,5 mio. tons halm ekstra kan bjærges uden negative konsekvenser for miljøet.

**Tabel 2:**  
**Muligt råvaregrundlag (tons tørstof (TS)). Baseret på tal fra IFRO 2019**

	2020
<b>Primærsektor (rest- og sidestrømme)</b>	
Halm (korn, raps, frøgræs)	2.550.000
Energitræ	850.000
Roetoppe	275.000
Industrihør	900
Industrihamp	3.700
<b>Affaldsstrømme</b>	
Bioaffald, Husholdning (50% ts)	257.000
Bioaffald, Servicesektor (50% ts)	113.000
Bioaffald, Industri estimeret	2.476.000
Bioaffald, øvrige estimeret	438.400
Stald (gylle, dybstrøelse mv.)	2.924.000
Have- og parkaffald	510.000
Plastballageaffald	215.000
Tekstilaffald <sup>2</sup>	89.000

2 Dette tal er fratrukket 10.000 tons, der antages at gå til direkte genbrug.



De angivne mængder i tabellen er ikke statiske størrelser, men der kan forudses en vækst såfremt dette prioriteres. Herunder f.eks. betydelige rest- og sidestrømme fra bl.a. bioraffinering af græs/kløvergræs samt fra bælgplanter, hvis bioøkonomipanelets mål om kraftig stigning af nye, bæredygtige danske proteinkilder bliver opfyldt.

Mange af ressourcerne finder allerede anvendelse, og at der kan være miljø- og klimapåvirkninger ved at udnytte ressourcerne. F.eks. bør anvendelsen af halm til polymerer ikke ske på bekostning af nedmuldning af halm i områder med kritisk lavt kulstofindhold i jorden og der er forhold omkring biodiversitet ift. fjernelse af restbiomasse fra skove, mens der kan være betydelige miljøfordele ved at fjerne roetoppe fra marken og udnytte disse til f.eks. polymer- og proteinprodukter.

## Skov

Landbrugsarealet i Danmark er svagt faldende, mens skovarealet er stigende. Dette skyldes målsætninger inden for særligt klima og biodiversitet, hvor skovarealet spiller en rolle i form af kulstoflagring og urørt skov. Stigningen i skovarealet fører således ikke til en øget produktion af flis. Der er for skovbruget en national strategi om en fordobling af skovarealet i løbet af en skovgeneration (ca. 100 år, jf. IFRO 2019). Hovedparten af den danske hugst i skovbruget er energitræ samt brænde. Der produceres i dag omkring 1 mio. tons flis fra danske skov (1,06 mio. tons i 2017 (IFRO 2019)). Det danske forbrug af flis til energi kan dog langt fra dækkes af den danske produktion. Det danske forbrug af flis og træpiller er steget væsentligt over de sidste år, og der er især sket en væsentlig stigning i importen af træflis og træpiller. Denne stigning må forventes at fortsætte i en årrække, blandt andet som følge af omstillingen til elproduktion uden brug af kul.

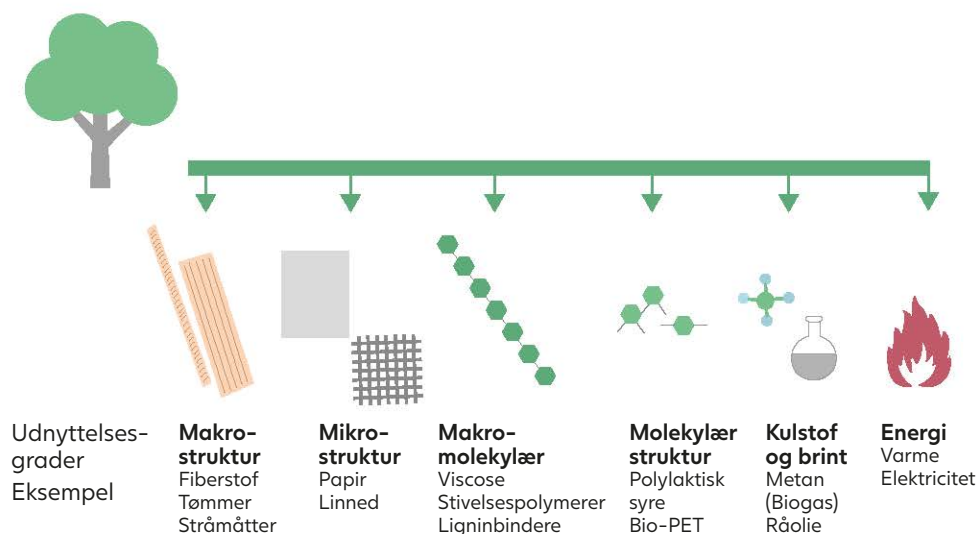


# Produktion af bæredygtige polymerer

Der er forskellige veje til konvertering af råvarer til forskellige mellemprodukter og slutprodukter.

**Figur 1:**  
Forskellige udnyttelsesgrader ved biomasseanvendelse

## Biomasse anvendelse



Der er fordele og ulemper ved de forskellige processer, der knytter sig til de forskellige udnyttelsesgrader, der kan opdeles i mekaniske, kemiske, biologiske og termiske processer. Nogle processer bevarer biomassens strukturelle sammensætning, nogle processer ned-

bryder biomassen til molekyleniveau, mens andre processer er synteseveje til kulstofatomer. De forskellige processer kan kombineres, så den samlede effekt af råvareudnyttelsen bliver samfundsøkonomisk optimal.

Generelt set kræver det mere proces og mere energi, jo mere fundamentalt en biomasse konverteres. Således er syntesevejene de mest krævende, mens de kemiske er mindre og de mekaniske er mindst krævende. På den anden side kan der være hensyn til andre sektorer i samfundet, som f.eks. landbrug, energi, bolig eller transport, der samlet set gør nogle processer mere optimale end andre.

Generelt set er det afgørende for valg af proces, hvilken råvare, der er udgangspunktet. Er råvaren våd, beskidt, uensartet eller uhygiejnisk, som f.eks. affald, slam og gødning? Så er det mest oplagt at anvende synteseveje til genanvendelse af kulstofatomerne. Det kan f.eks. være ved at producere metan eller nafta. Råvareprisen er her meget lav eller negativ.

Andre typer råvare som f.eks. halm, træ og roetoppe indeholder højværdi potentialer, der bedst kan udnyttes ved at nedbryde biomassen til molekylniveau med henblik på produktion af f.eks. cellulose, ethylen og lignin. Råvareprisen er her højere, fordi råvaren har en alternativ anvendelse.

Et tredje eksempel er inden for tekstilgenanvendelse, hvor bevarelse af biomassens strukturer som tekstilfibre er et mål i sig selv, med henblik på at producere oparbejdede fibre.

Der er også muligheder for at optimere den samfundsøkonomiske værdi ved både rest- og sidestrømme og de mindre attraktive bioressourcer som spildevandsslam, affald og husdyrgødning. Det kan ske ved at skabe synergi mellem politisk og kommerciel efterspørgsel efter klimavenlige løsninger inden

for brændstof til tung transport og polymerer til f.eks. emballage og tekstil. Samtidig er der teknologier på vej, der omkostningseffektivt kan genanvende kulstofindholdet i også de mindst attraktive bioressourcer.

Teknologier der er særligt velegnet til forarbejdning af spildevandsslam, industriaffald og husdyrgødning til klimavenligt brændstof til fly, lastbiler, busser og containerskibe kan f.eks. være via biogas og Gas-To-Liquid (GTL) til flydende brændstof eller ved Hydrotermisk Liquefaction (HTL), hvor biomasse omdannes til en bio-råolie, der kan raffineres videre til brændstof, plastik og kemikalier.

Brændstoffer og plast fremstillet ved både GTL, HTL og andre tilsvarende synteseveje fra de mindst attraktive bioressourcer kan bidrage til at øge genanvendelse af kulstof markant, og til at reducere efterspørgslen efter de mest attraktive biomasseressourcer til f.eks. foder, fødevarer og tekstiler. Samlet set er teknologier som GTL, HTL og de andre synteseveje derfor et vigtigt bidrag til fossil uafhængighed og til prioritering af biomasse til anvendelsesområder, hvor højværdig biomasse skaber de største samfundsgevinster indenfor foder, fødevarer og pharma. Der er endda yderligere synergi at høste, fordi der både kan produceres polymerer og brændstoffer fra de samme bioressourcer.

Figur 2 giver et overblik over de mest oplagte veje til bæredygtige polymerer.

**Figur 2:**  
**Konverteringsveje til bæredygtige polymerer**  
**(Miljø- og Fødevarerministeriet 2019)**

**Bæredygtige kulstofkilder:**

- Atmosfæren
- Bæredygtigt producerede afgrøder samt rest- og sidestrømme
- Affald

**Bæredygtige polymerer**

Til fx emballage, tekstiler eller produkter med lang levetid

**Højværdi,  
ren og  
ensartet**

**MEKANISK**

Tekstilmølle

Fibre

Lyocell

Cellulose

**BIOLOGISK**

Hydrolyse

Lignin

**KEMISK**

Biogas

Ethylen

HTL

Napta

**TERMISK**

CCU

Metan

**Lavværdi,  
beskidt og  
blandet**

Isoleret set kan det være mest omkostnings-effektivt at udnytte biomasse med mindst mulig proces. Samtidig kan der være attraktive egenskaber ved biomassen, der kan bevares ved de strukturelle processer og som vil gå tabt ved de processer, der nedbryder biomassen til molekyler og atomer.

På den anden side skal fordele og ulemper ved de forskellige konverteringsprocesser også ses i en bredere sammenhæng, der påvirker bioraffineringens samlede bæredygtighed.

Et bioraffinaderi er en fællesbetegnelse for forarbejdningsanlæg, som ved mekaniske, kemiske, biologiske og termiske processer nedbryder biologiske råvarer til biologiske platforme, der efterfølgende kan bygges op til nye produkter. Princippet for et bioraffinaderi er det samme som for de olieraffinaderier, der har været udgangspunktet for den petrokemiske industri, og for at råolie i dag er råvare for et bredt udvalg af produkter indenfor bl.a. kemikalier, materialer, tekstiler og brændstoffer.

Der er stor forskel på de forskellige teknologiers modenhed, og dermed også på forarbejdningsprocessernes omkostningseffektivitet. Teknologimodenhed beskrives ved at angive *Technology Readiness Level* (TRL). En TRL på 9 betyder, at teknologien er fuldt kommercielt anvendelig, mens en TRL på 0 er et uprøvet koncept.

De teknologier, der er relevante for produktion af bæredygtige polymerer befinder sig ca. mellem 5 og 7 på TRL skalaen.

Til at illustrere potentialets størrelsesorden oplyser Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi på Københavns Universitet, at det danske forbrug af plast er på ca. 600.000 tons om året.

For at illustrere potentialets størrelse har Institut for Ressource- og Fødevarerøkonomi på Københavns Universitet omregnet råvaregrundlaget (tabel 3) til metan og derfra anslået en værdi. Tabellen nedenfor viser også, hvad henholdsvis grønne bioraffinaderier (græs) og et gult bioraffinaderi (halm) ville kunne bidrage med til en metanproduktion, hvis dele af biomassen bioforgasses. Metanpotentialet vil dog afhænge af, hvilke afgrøder, der erstattes af græs, og hvilket dyrkningssystem som græsdyrkingen indgår i, samt hvor store mængder fibre og brunsaft fra det grønne bioraffinaderi, der forarbejdes i et biogasanlæg.

Polymerproduktion gennem bioraffinering kan både være store fabrikker, der producerer

**Tabel 3:**  
**Teoretisk biogaspotentiale (IFRO 2019)**

	Tons metan	Plastråvare	Værdi i DKK
<b>Biogaspotentiale - teoretisk</b>	1,2- 1,6 mio. tons	600.000 - 800.000 tons	Ca. 13 - 17,6 mia.
<b>Grønne bioraffinaderier baseret på 400.000 ha</b>			
<b>Både fibre og brunsaft</b>	262.000 tons	131.000 tons	Ca. 2,4 mia.
<b>Kun brunsaft</b>	138.000 tons	69.000 tons	Ca. 1,4 mia.
<b>Gult bioraffinaderi baseret på 300.000 tons halm</b>			
<b>Biogas fra restprodukter</b>	20.000 tons	10.000 tons	Ca. 222 mio.

bulk-varer til det globale marked, og det kan være mindre enheder, der producerer mere specialiserede produkter, der indgår som ingredienser i produkter til f.eks. byggesektoren, vindmølle- eller bilindustrien. Set i en dansk og nordisk sammenhæng kan det være samfundsøkonomisk interessant at se muligheder i produktion af bæredygtige polymerer i kombination med muligheder i at genanvende og recirkulere kulstof.

Udvikling og opskalering af bioraffinerings-teknologier kan medføre, at Danmark kan udnytte de mulige samfundsgevinster ved en bæredygtig bioøkonomi. Det er dog ikke nødvendigt, at industrien for hele værdikæden fra biomasse til biopolymer er placeret i Danmark.

Der kan være store erhvervsøkonomiske potentialer inden for bæredygtige polymerer med specielle egenskaber, hvor større dele af de biologiske strukturer bevares og benyttes til at skabe polymerer med særligt gode egenskaber til bestemte formål, som f.eks. additiver, lim, bindere og coatings, hvor Danmark har gode forudsætninger for at skabe en markedsfordel. Det kan både være inden for emballage, tekstiler og produkter med lang levetid. Der er et stort potentiale i at udnytte potentialet i de danske forskningsstyrker.

Mange danske virksomheder er mindre spille-re på markedet, som arbejder i partnerskaber om at udvikle produkter i tæt samarbejde med leverandører og kunder. Der er relativt begrænset industrielt engagement i raffinering og fremstilling inden for polymerer i Danmark, hvilket skyldes at spændet i teknologiudvikling fra forskning til anvendelse er for stort, og at det er meget dyrt at introducere nye typer biopolymerer i forhold til eksisterende standardiserede polymerer baseret på fossile kilder, der er produceret med kendt teknologi.

Bioøkonomipanelets arbejde i 2019 har vist, at der i både offentlig forskning og industrielle aktiviteter i norden er interessant viden, innovation og aftagerinteresse, matchende og komplementerende hvad der er identificeret at være i Danmark. Nordisk samarbejde og fælles indsats inden for udvikling af bæredygtige løsninger for bioraffinerung kan styrke mulighederne for, at vi kan rykke hele området hurtigere. Et tæt nordisk samarbejde kan også udnyttes til at bidrage til at sætte ambitiøse mål og retning for den grønne dagsorden i EU.

Udvikling og opskalering af bioraffinerings-teknologier kan medføre, at Danmark kan udnytte de mulige samfundsgevinster ved en bæredygtig bioøkonomi.

Internationale kemikalieproducenter som BASF og BRASKEM kan i dag producere store mængder polymerer af biologiske råvarer, som kan anvendes til storskalaproduktion. Danmark har ikke forudsætninger for at kunne konkurrere på markedet for masseproducerede polymerer for f.eks. bio-PE og bio-PET. Det skyldes, at Danmark hverken har større fuldskala kemiske produktionsanlæg eller store mængder velegnet biomasse. Det er sandsynligvis baggrunden for, at Institutet for Fremtidsforskning i en rapport til Innovationsfonden i 2019 vurderer, at bioplast ikke er en styrkeposition for Danmark, men derimod et område, hvor man skal følge og tilpasse sig. Danske virksomheder kan bidrage til værdikæder for produktion af polymerer ved fx at levere bæredygtig biogas til videre forarbejdning, import af halvfabrikata til videre forarbejdning, udvikling af specialprodukter og processteknologi.

# Strategiske anbefalinger

Danmark har både forudsætninger og ansvar for at bidrage til, at anvendelsen af nye fossile kilder til produktion af polymerer udfases. Der er brug for handling, hvis vi skal nå i mål med dette. Bioøkonomien og biomasse spiller en afgørende rolle, hvis det skal lykkes – men hvis transformationen skal ske bæredygtigt, skal det ske i sammenhæng med andre løsninger, herunder øget genanvendelse og anvendelse af CO<sub>2</sub> som råstofkilde til bæredygtige polymerer til materialer.

Det Nationale Bioøkonomipanel anbefaler, at regeringen gennemfører følgende tiltag for at fremme udviklingen af en bæredygtig bioøkonomi, og skabe bedre rammer for værdikæder baseret på bæredygtige polymerer. Anbefaling 1 om en National Bioøkonomistrategi kan med fordel være en overordnet ramme for de efterfølgende anbefalinger 2 – 6.

## 1

### STRATEGI:

Der udarbejdes en National Bioøkonomistrategi, der sætter en klar retning for, hvilken rolle anvendelsen af biomasse som f.eks. afgrøder, rest- og sidestrømme og affald skal spille i dansk samfundsmæssig økonomi, samt hvilke samfundsmæssige positive effekter, der kan opnås. Strategien skal skabe langsigtede og gode rammer for offentlige og private investeringer, der kan understøtte udviklingen af den cirkulære bioøkonomi i Danmark. Strategien skal have fokus på potentialerne for samarbejde med andre lande, samt Danmarks rolle i den globale cirkulære bioøkonomi.

# 2

## **BEDRE RAMMEVILKÅR:**

Gennem internationalt samarbejde skal der bruges hård og blød regulering til at styrke den grønne omstilling væk fra brugen af fossile ressourcer, og skabes reelle alternativer for erhvervslivet. De bæredygtige alternativeres konkurrenceevne skal styrkes på baggrund af værdien af de positive samfundsøkonomiske effekter. Det kan f.eks. ske ved omlægning af afgifter, incitamenter til valg af råvare, standarder, mærkningsordninger og offentlige grønne indkøb.

# 3

## **DANMARK SOM GRØN TESTNATION:**

Der iværksættes strategiske forsknings- og innovationsinitiativer herunder etablering og demonstration af nye industrielle processer og forretningsmodeller, der demonstrerer state-of-the-art cirkulær opgradering, bioraffinering, genanvendelse og carbon capture teknologier. Dette skal ske med inddragelse af interessenter, inklusiv små, mellemstore og store danske virksomheder indenfor områder, hvor der både er dokumenteret behov, og hvor Danmark har de bedste muligheder for vidensbaseret innovation.

# 4

## **NORDISK SAMARBEJDE:**

Der skal fokuseres på områder og værdikæder, hvor de nordiske lande har særlige kompetencer og potentialer for at komplementere hinanden. Det nordiske samarbejde inden for bioøkonomi styrkes for, at udnytte de muligheder. Det skal ske i regi af Nordisk Ministerråd i de kommende år.

# 5

## **KOMPETENCELOFT:**

Færdigheder og kompetencer inden for bioøkonomiens nye værdikæder skal styrkes, gennem tilpasning af uddannelser, efteruddannelse m.m. Dette bør ske gennem tæt dialog med vidensinstitutioner, erhvervslivet og organisationerne, og samarbejder med interessenter udenfor Danmark.

# 6

## **BÆREDYGTIG BIOMASSE:**

Der udarbejdes en hvidbog på tværs af værdikæder, sektorer og ministerområder. Hvidbogen skal se på globale og holistiske bæredygtighedsaspekter ved biomasse og biomasseudnyttelse i overgangen til en samfundsøkonomi fri for nye fossile ressourcer. Formålet med hvidbogen er at skabe øget fælles forståelse til gavn for fremtidig politikudvikling, bl.a. ift. løbende udvikling af bæredygtighedskriterier. Hvidbogen skal tage udgangspunkt i eksisterende viden og regulering, og udarbejdes i dialog med nordiske og andre europæiske lande.

# 7

## **SYNERGI:**

Der skal investeres for at udnytte synergi-er mellem efterspørgsel efter bæredygtige polymerer, klimaneutralt brændstof til tung transport, genanvendelse af affaldsprodukter, højværdiudnyttelse af biologiske rest- og sidestrømme og danske styrkepositioner indenfor GTL, HTL og pyrolyse, hvor målet er samfundsøkonomisk bæredygtige løsninger, der bidrager til miljø-, natur- og klimamål.

# 8

## **GENANVENDELSE:**

Vores genanvendelsessystemer skal transformeres for at sikre samfundsøkonomisk optimal anvendelse af vores ressourcer, herunder beskyttelse af miljø og klima. Det sker ved gennem regulering og andre initiativer at transformere det samlede system; fra produkt- og materialedesign, over indsamling, organisering, infrastruktur og til genanvendelsesprocesserne. Genanvendelsen kan ske ved mekaniske, kemiske, biologiske og termiske processer.

# 9

## **NYE MARKEDER:**

Danmark skal deltage aktivt i udformningen af standarder, direktiver, retningslinjer m.m., der har betydning for markederne for bæredygtige polymerer. Derudover bør der gøres brug af offentlige grønne indkøb og skabes bedre adgang til finansiering.

# 10

## **BIONEDBRYDELIGHED:**

Der udarbejdes en dynamisk positivliste over produkter, der skal være bionedbrydelige i det miljø, hvor de ender. På positivlisten beskrives produkter, der ikke indsamles og genanvendes, men ender i naturen som konsekvens af deres anvendelse. Det skal kommunikeres, så det ikke kan misforstås som opfordring til at smide bionedbrydelige produkter i naturen.



# Markeds- områder for bæredygtige polymerer

Det Nationale Bioøkonomipanel mener, at der indenfor markederne for emballage, tekstil og produkter med lang levetid er særlige samfundsøkonomiske potentialer, som Danmark bør udnytte.

Disse tre markedsområder er kendetegnet ved, at der er udsigt til meget stor vækst i den globale efterspørgsel, og at der er betydelige gevinster for miljø- klima og vækst ved at erstatte fossilt baserede polymerer med bæredygtige polymerer. På tekstilområdet kaldes polymererne for fibre. Potentialerne er forskellige for de tre områder hvilket skyldes, at udfordringerne er forskellige. Derfor er det heller ikke er samme løsninger der skal til for at indfri potentialerne.

Emballageområdet er kendetegnet ved høj omsætningshastighed, idet emballagen for det meste kun bruges én gang, og herefter indgår i affaldsstrømmen. Derfor er der for emballageområdet særligt fokus på indsamling og genanvendelse. Den høje omsætningshastighed stiller høje krav til håndtering og logistik både hos forbrugere og myndigheder. Genanvendelse af emballageaffaldet sker fortrinsvis ved brug af mekaniske processer, der bevarer polymerernes strukturer. For nogle emballagetyper er der etableret pant- og retursystemer.

Tekstilområdet har ikke samme omsætningshastighed som emballageområdet, men er alligevel kendetegnet ved, at mange tekstiler kun bruges få gange eller aldrig kommer i brug. Tekstilområdet er endvidere kendetegnet ved, at indsamling og logistik ikke er udviklet i samme grad som på emballageområdet. Dette er dog et område i rivende udvikling, og der er et særligt behov for udvikling af processer, der kan genanvende tekstilfibre til højværdiformål.

Området for produkter med lang levetid består af de samme typer polymerer som f.eks. emballage og tekstiler, men produkterne er kendetegnet ved en meget lav omsætningshastighed. En række af produkterne designes således at form, farve og funktionelle egenskaber holder så længe som muligt, hvilket skaber særlige udfordringer og potentialer i forhold til genbrug og genanvendelse. Det er et særligt potentiale for produkter med lang levetid, at de lagrer kulstof i lang tid.

# Emballage

## Introduktion til emballage

I det nuværende marked er emballage en nødvendig del af handlen med varer og produkter, både mellem virksomheder og fra virksomheder til forbrugere. Emballage beskytter produkter under transport og bidrager til f.eks. produkters holdbarhed. Korrekt emballagering er vigtig for, at det samlede forbrug og produktion er ressourceeffektiv og bæredygtig. Den danske definition af emballage er den samme som i EU's emballagedirektiv:

"Alle produkter af hvilken som helst art og materiale, som anvendes til pakning, beskyttelse, håndtering, levering fra producenten til brugeren eller forbrugeren og præsentation af varer, det være sig råvarer eller forarbejdede varer. Alle engangsartikler, der anvendes til samme formål, skal tilsvarende betragtes som emballage."

I denne sammenhæng afgrænses emballageområdet til de kulstofholdige emballager, som omfatter emballager lavet af plastik, papir, pap og træ.

## Markedstendenser for emballage

Der er en klar tendens blandt de førende danske supermarkeds kæder til, at de har fokus på at deres emballager, inden for en kort årrække skal være genanvendelige og være produceret af genanvendt plast eller fornybare råvarer som f.eks. biomasse.



## Ellen MacArthur Global Commitment:

En global forpligtelse om at eliminere plastaffald og forurening er underskrevet af 250+ organisationer, der repræsenterer 20 pct. af al plastemballage produceret globalt. Forpligtelsen ledes af Ellen MacArthur Foundation i samarbejde med UNEP og er underskrevet af mange af verdens største emballageproducenter, mærker, detailhandlere og genanvendere samt regeringer og ngo'er. Underskrivere inkluderer velkendte forbrugervirksomheder såsom Danone, H&M Group, L'Oreal, Mars, Incorporated, PepsiCo, The Coca-Cola Company og Unilever.

## Emballage i Danmark

I 2016 var den samlede mængde af emballage, der markedsføres i Danmark på 935.000 tons eller 162 kg pr. indbygger. Der har i perioden fra 2012 til 2016 været en stigning inden for papir/pap, plast og glas, mens der har været et fald for jern, metal og træ til emballage (Affaldsstatistik 2016, Miljøstyrelsen juni 2018).

Heraf er den kulstofbaserede del på 720.000 tons, fordelt mellem papir og pap 414.000 tons (386.000), træ 91.000 tons (79.000) og plast 215.000 tons (77.000). Tallene i parentes angiver mængden, der blev indsamlet og genanvendt.

Der er kun et lille potentiale for at øge genanvendelsen af papir- og papemballage yderligere. Derimod er der et større genanvendelsespotentiale for træ- og særligt for plastemballage i Danmark. Kun 15 pct. af husholdningernes plastemballage bliver genanvendt, hvorimod 64 pct. af den industrielle plastemballage genanvendes (Plastindustrien).

## Miljø- og klimaeffekter

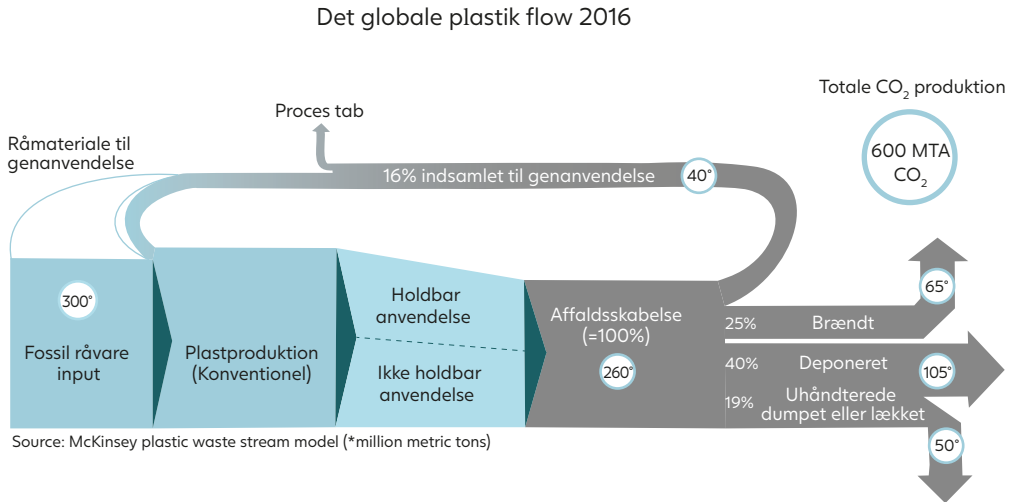
Miljø- og klimaaftrykket fra emballagens samlede livscyklus påvirkes først og fremmest af om den genbruges, genanvendes eller afbrændes. Sekundært er det væsentligt, hvilken råvare emballagen er produceret af.

I dag anvendes 40 pct. af verdens samlede plastikproduktion til plastemballage. Det er et stadigt stigende træk på fossile ressourcer til produktion af plastikemballage, og desværre bliver kun 16 pct. (McKinsey) af den globale plastik indsamlet til genanvendelse, og 95 pct. af værdien af plastemballagematerialerne på verdensplan går tabt efter kun én forbrugscyklus (Dakofa.dk).

Både mekaniske, biologiske, kemiske og termiske processer kan anvendes til at genanvende plastemballageaffald. De processer, der nedbryder plastemballagens struktur til polymer-, monomer-, og molekylniveau giver mulighed for genanvendelse af plastikemballagens kulstofindhold, hvor det ikke er praktisk muligt eller samfundsøkonomisk rentabelt at genanvende ved mekaniske processer.

Den plastemballage, der ikke genbruges eller genanvendes bliver afbrændt eller deponeret, hvilket i begge tilfælde betyder et betydeligt tab af kulstof til atmosfæren (CO<sub>2</sub>-emission), hvis det ikke indfanges i forbindelse med afbrænding.

**Figur 3:**  
**Det globale plastik flow.**



Kilde: McKinsey (2019)  
- oversat til dansk efter eget virke.

Set i et livscyklusperspektiv er afbrænding af emballageaffald det, der giver den højeste miljø- og klimabelastning. Som udgangspunkt er det en bæredygtig løsning hvis emballageaffaldet genbruges og genanvendes i effektive lukkede kredsløb. Der er derfor stort potentiale i at sikre, at mindst muligt emballage afbrændes. Dette potentiale kan realiseres ved, at det samlede genbrugs- og genanvendelsessystem for emballage forbedres ved f.eks. øget fokus på design til genanvendelse, at forbedre indsamling og sortering samt innovation inden for genanvendelsesteknologier. Design til genanvendelse kan ifølge Ellen MacArthur Foundation halvere omkostningerne til genanvendelse (Ellen MacArthur Foundation 2017).

Det betyder blandt andet, at der i mange tilfælde vil være behov for standardiserede og genanvendelsesegnede polymertyper og additiver, så de ikke forhindrer effektiv genanvendelse ved f.eks. mekaniske processer.

Biomasseressourcer kan bruges som råvare i stedet for olie, hvilket kan betyde en samlet set bedre miljø- og klimaeffekt, såfremt det anvendes til at producere *drop-in* polymerer, der kan genanvendes sammen med de kendte polymertyper i affaldsstrømmen. De bionedbrydelige polymerer er *new-bio*, og kan forringe mulighederne for genanvendelse af det øvrige emballageaffald. Der er en meget stor miljø- og klimaeffekt ved at skabe høj genanvendelse af emballageaffald.

Bionedbrydelige polymerer bør kun anvendes i produkter, der ikke sorteres og ikke indsamles til genanvendelse, og hvor bionedbrydeligheden har en positiv miljøeffekt. Polymerer med nedbrydelige egenskaber kan udvikles

til at indgå i produkter, der skal være nedbrydelige i det miljø, hvor de ender uden at blive indsamlet.

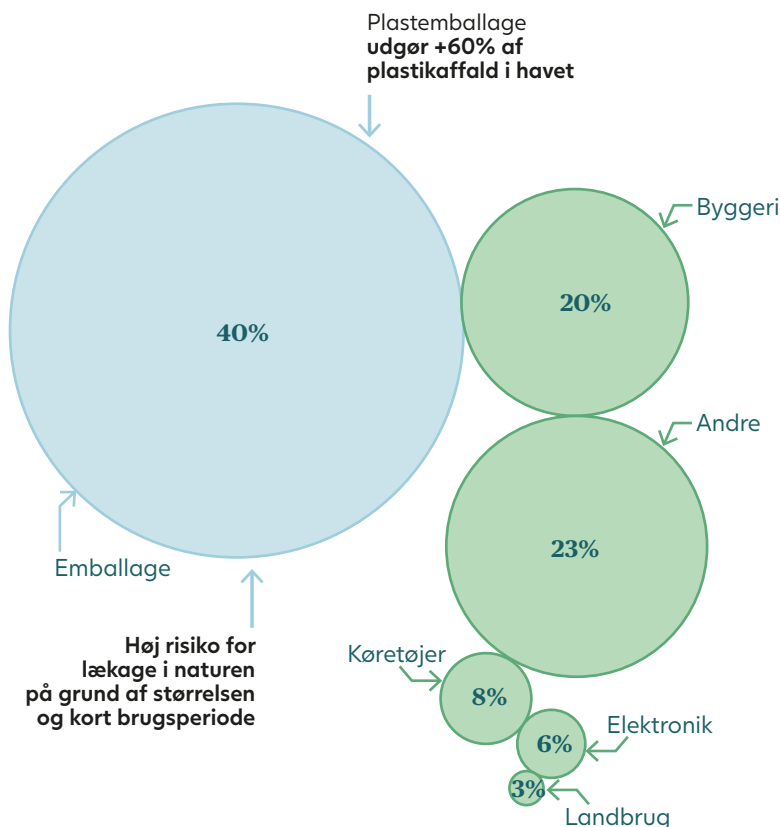
Derudover bør der fokuseres på udvikling og godkendelse af typer af biopolymerer til f.eks. coating, lim og fødevarekontaktmateriale, der dels fremmer genanvendeligheden, og dels sikrer, at biopolymerernes miljø og sundhedsmæssige profil er bedre end tilsvarende fossilt baserede polymerer.

I den periode, hvor de fossile råvarer udfases, giver det – set ud fra et klimahensyn – mest

mening at prioritere de fossile råvarer til de typer af polymerer og emballage, hvor genbrug og genanvendelse er højest. Dermed "bindes" kulstoffet i produkterne og ender ikke i atmosfæren, hvor det bidrager til global opvarmning.

Plastikforurening er en af vor tids mest omtalte miljøproblemer. Af nedenstående figur fremgår det, at plastik fra emballage er den plastiktpe, der har størst sandsynlighed for at ende i naturen.

**Figur 4:**  
**Fordeling af anvendelsen af plastik.**



Kilde: McKinsey 2019 - oversættelse og illustration efter egen virkning.

## Vækst og beskæftigelse

Der er betydelige potentialer i Danmark for at introducere nye og mere genanvendelige emballagetyper, der er produceret af bæredygtige polymerer. Dette er først og fremmest ved at producere af genanvendt materiale, hvor biobaserede polymerer kan indgå som input til at opkvalificere det genanvendte materiale. Det vil samlet set resultere i lavere miljø- og klimabelastning.

Det er især inden for dele af værdikæderne (primær produktion, produktdesign, additiver m.m.) af de store bulk-værdikæder såsom PET produkter, samt i særdeleshed inden for emballager til f.eks. fødevarer, at danske virksomheder vurderes at have fordele.

Der er store potentialer i at udvikle og markedsmodne de teknologier til genanvendelse, der kan være et reelt og omkostningseffektivt alternativ til forbrænding, og dermed supplere den mekaniske genanvendelse af emballageaffaldet med genanvendelse på molekylært niveau.

Derudover har små, mellemstore og store danske virksomheder grønne vækstpotentialer ved at udvikle innovative design af produkter og materialer, der er bedre egnede til genanvendelse af høj kvalitet. Ud over design til genanvendelse ligger der uforløst klima- og ressource effektiviseringspotentialer indenfor forretningsmodeller, der fremmer genbrugsemballage både til B2B og B2C værdikæder. Det er der stor markedsefterspørgsel efter, og opmærksomhed på i væsentlige forbrugersegmenter.

Ellen MacArthur Foundation vurderer, at hvis man udskifter 20 % af den globale engangsplastemballage med genanvendelige alternativer, vil der være et muligt forretningspotentialer på mindst 10 mia. USD (EMF 2019)

## Mål

For at reducere den negative miljø- og klimapåvirkning fra produktion og forbrug af plastemballage mest muligt, bør det være en målsætning for Danmark at:

1) Fremme brugen af ny emballage med et så lille miljø- og klimaftryk som muligt inden for givne teknologiske og organisatoriske muligheder. Dette bør suppleres med biobaseret materiale fra rest- og sidestrømme fra f.eks. land- og skovbrug. Eksempelvis fra spildtræ og roetoppe.

2) Mindske ressourcetabet fra emballageforbruget. Et sådant mål kan nås ved 1) bedre centralt og decentrale sorteringssystemer og ved fokus på design til genanvendelse og reduktion af komplekse emballagetyper, og ved 2) at udvikle og markedsmodne teknologier, der kan genanvende emballageaffald ved mekanisk, biologisk, kemisk og termisk proces.

# Særlige anbefalinger relateret til emballage

## 11

### FÆLLES FORSTÅELSE:

Der udarbejdes retningslinjer og vejledninger til virksomheder, myndigheder og borgere om anerkendte standarder og fakta, som bl.a. kan fremme design til genanvendelse og efterspørgsel efter emballage med så lille miljø- og klimafodaftryk som muligt. Der er brug for øget fælles forståelse af begreber som f.eks. biobaserede polymer, bionedbrydelighed, massebalance, komposterbarhed og genanvendelse.

## 12

### LAVEST MULIGT MILJØ- OG KLIMAFODAFTRYK:

Der er behov for analyser af, hvordan miljø- og klimafodaftryk af emballage kan mindskes markant, herunder afdækning af hvordan kemisk, biologisk og termisk genanvendelse og genbrug kan supplere mekanisk genanvendelse, så det fulde genanvendelsespotentialer opnås, uden at gå på kompromis med funktionaliteten af emballagen.

## 13

### SPECIALPRODUKTER:

Der skal skabes bedre rammer for udvikling, test og demonstration af biobaserede additiver og specialprodukter med en bedre klima-, miljø-, arbejdsmiljø- og sundhedsmæssig profil. Dette kan f.eks. være inden for lim i emballage og fødevarerkontaktmateriale.

# Tekstiler

## Introduktion til tekstiler

Tekstiler dækker over en lang række produkter, og der er stor forskel på, hvor længe og til hvilke formål tekstiler bruges. Tekstiler til beklædning er nok den mest kendt anvendelse, men tekstilprodukter anvendes også i bl.a. husholdninger, i industri, byggeri- og medicinalindustrien.

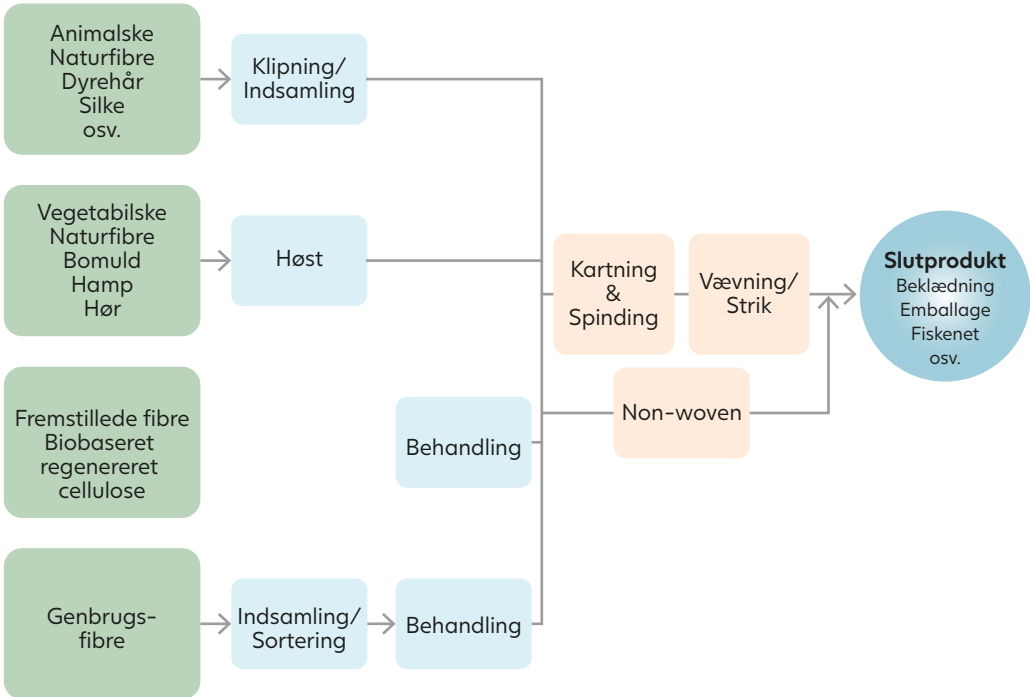
Fossilt baserede materialer udgør en stor andel af tekstiler, som produceres i dag. Ligeledes produceres mange tekstiler af bomuld eller celluloseholdigt materiale. Alle disse materialestrømme er vigtige for fremtidens bæredygtige tekstilproduktion, som ikke skal baseres på nye fossile råstoffer. Her kommer genanvendelse af tekstiler til regenererede fibre til at spille en stor rolle, ligesom bæredygtig produktion af bæredygtige naturfibre til nye tekstiler.

Overordnet set er der fire kilder til værdikæden for naturfibre:





**Figur 5:**  
**Værdikæde for naturfibre for fire forskellige typer fibre (IFRO 2019)**

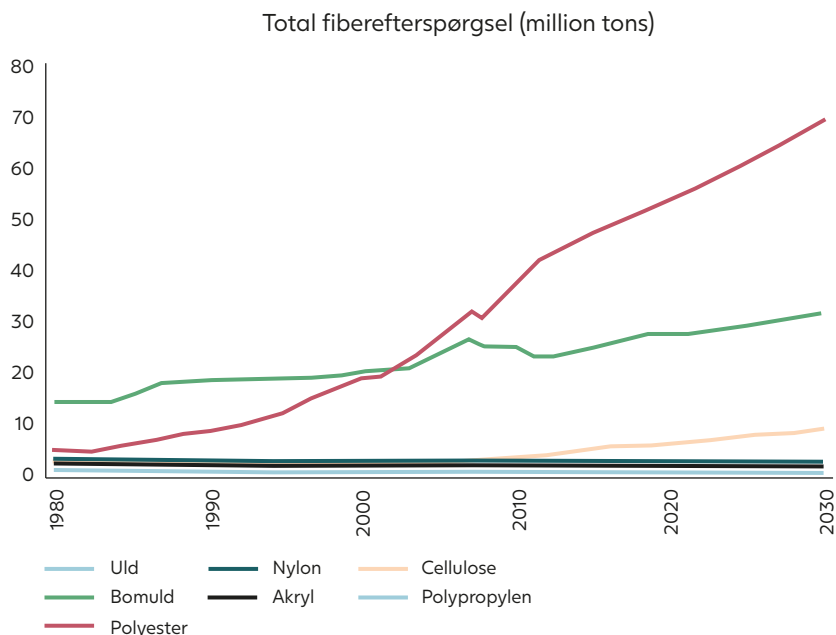


Som tillæg til figuren ovenfor er det vigtigt at understrege, at der i fremtidens tekstilproduktion også vil være behov for at genanvende fossilt baserede tekstiler, samt afsøge mulighederne for tekstilproduktion på basis af CO<sub>2</sub> og i synergi med andre sektorer.

### Markedstendenser for tekstiler

Over 97 pct. af verdens tekstilproduktion er baseret på nye råvarer, hvilket sammen med et stigende globalt forbrug betyder, at der i fremtiden kommer til at være en efterspørgsel, der formodes at blive fyldt ud af polyester eller andre fossilt baserede produkter. De cellulosebaserede fibre (gul) udgør i dag cirka 7 pct. af den samlede efterspørgsel.

**Figur 6:**  
Udvikling i den globale efterspørgsel efter fibre (PCI Fibers 2015)



Der er en klar tendens til, at virksomheder og brancheorganisationer sætter større og større fokus på bæredygtigheden af deres råvareinput til tekstilproduktion. Det vil kræve udvikling og produktion af helt nye typer tekstilmaterialer i stor skala at opfylde bæredygtighedsstrategierne for f.eks. H&M, Bestseller, Ikea og Global Fashion Agenda. Allerede nu sælger H&M tekstiler (T-shirts etc.) lavet af pulp efter appelsinjuiceproduktion, og der udvikles sko, hvor læderet er lavet af ananasaffald. Dertil kan nævnes, at Bestseller har en målsætning om, at deres cellulosefibre skal være ansvarligt produceret i 2022. DK Company går efter at 20 pct. af

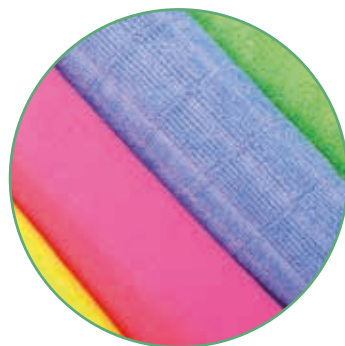
deres tekstilmateriale skal være bæredygtigt i 2020 ved f.eks. lyocell, økologisk bomuld, genanvendt bomuld, genanvendt polyester eller certificeret ved *Better Cotton Initiative* (BCI). Inditex har en målsætning om 100 pct. bæredygtige materialer i 2025 ved at brugen af bæredygtig bomuld, cellulose fra træ som f.eks. lyocell og genanvendte fibre øges.

## Tekstiler i Danmark

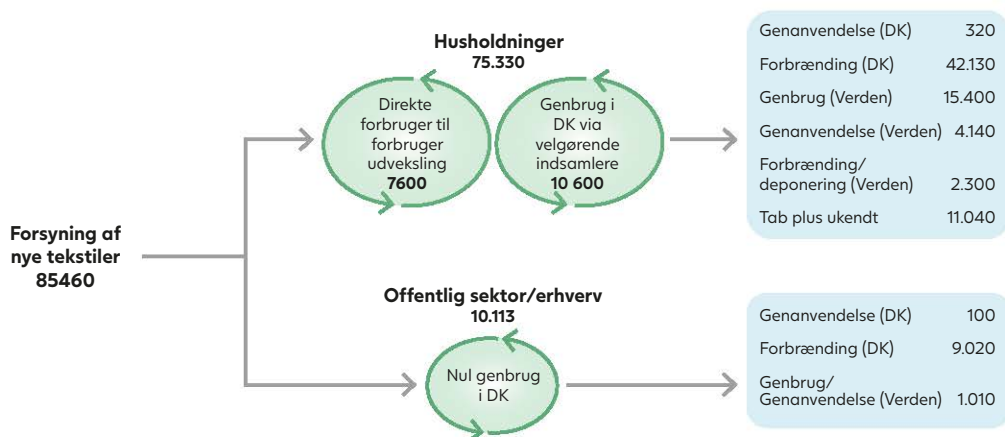
I 2016 blev der markedsført 85.000 tons tekstiler i Danmark, hvoraf husholdningerne brugte 75.000 tons, men den offentlige sektor og erhverv brugte ca. 10.000 tons.

Af de ca. 75.000 tons nye tekstiler, der blev købt af husholdninger, blev ca. 7.600 tons genbrugt direkte mellem forbrugere efter brug. Der blev indsamlet 36.000 tons tekstiler, hvoraf ca. 10.000 tons blev recirkuleret tilbage til danske forbrugere via velgørende organisationer eller private indsamlere. Derudover blev ca. 21.000 tons eksporteret. Den samlede værdi af de indsamlede tekstiler vurderes til at være 485 mio. kr.

De tekstiler, som blev håndteret i Danmark, blev primært sendt til forbrænding. I 2016 var det ca. 42.000 tons fra husholdningerne.



**Figur 7:**  
Forenklet overblik over flows af nye og brugte tekstiler til og fra husholdninger og andre sektorer i 2016 (tons) (Miljøstyrelsen 2018)



## Miljø- og klimaeffekter

Produktion af tekstiler er ressourceintensivt og har en stor miljø- og klimabelastning. Helt op til to tredjedele af en modevirksomheds miljømæssige fodaftryk skyldes materialevalg, både i forhold til vand, energi, arealforbrug, luftforurening og affald. Materialer som bomuld kræver store mængder vand og pesticider at producere, og lægger beslag på store arealer. Det er derfor afgørende at øge fokus på anvendelse af materialer, som ikke har en stor miljø- og klimabelastning, hvilket både kan ske gennem øget og bedre genanvendelse af tekstiler, samt ved at sikre at det input, der stadig vil være brug for, kommer fra bæredygtigt producerede naturfibre – samt evt. på sigt fra CO<sub>2</sub>.

Den nuværende genanvendelse af tekstilaffald er meget begrænset. En stor mængde tekstiler bliver brændt eller deponeret, hvilket i begge tilfælde betyder et betydeligt tab af kulstof til atmosfæren og en ineffektiv ressourceudnyttelse.

Den lave grad af genanvendelse skyldes blandt andet, at der for nuværende kun er begrænsede og ikke fuldt udviklede teknologier til genanvendelse af tekstiler, men der findes flere initiativer i Norden og globalt, som arbejder på at realisere mulighederne for høj kvalitets genanvendelse af tekstiler. Der er behov for at videreudvikle teknologier til genanvendelse af tekstilfibre, da der fra 1. januar 2025 skal indsamles tekstiler separat i alle EU medlemslande. Størstedelen af de tekstiler, som bruges i Danmark, bliver i dag sendt til forbrænding efter brug. Der er derfor behov for at styrke genanvendelsen, for at opnå størst mulig miljø- og klimapotentiale fra de brugte tekstiler.

Potentielt kan genanvendelse af tekstiler ske på flere måder, der i forskellig grad bevarer de oprindelige fibre, og i forskellig grad nedbryder og bygger op igen.

Et eksempel kan være teknologier, der genanvender de fibre, som tekstilerne er lavet af. Sådanne teknologier skal kunne udrede og rense fibre, så de kan genindfarves og stadig være lange nok til at blive spundet, vævet eller strikket. Det er en stor udfordring at gøre dette kommercielt rentabelt, men det vil kunne medvirke til at mindske det globale forbrug af nye råvarer.

En anden mulighed er at nedbryde fibrene i de brugte tekstiler til molekylært niveau og genspinde dem til nye fibre. Denne teknologi er udviklet, men ikke til kommercielt niveau for brugte tekstiler. Samme teknologier er kommercielt modne for biomasseråvarer som træ og bambus, hvilket også åbner muligheder for at anvende teknologierne til danske biomasseressourcer.

Hvis potentialet for genanvendelse af tekstiler skal udnyttes, kræver det sortering af tekstilaffaldet i så rene og homogene fraktioner som muligt. Kendskabet til tekstilaffaldets indhold og sammensætning er afgørende for mulighederne for at genanvende fibrene til

højværdiformål. Derudover er der behov for, at man allerede i designfasen tænker genanvendelsesmuligheder ind, bl.a. i forhold til materialevalg.

Brug af bæredygtige polymerer og tekstilfibre reducerer behovet for landbrugsareal, vand og pesticider til produktion af bomuld, så vel som brug af råolie til produktion af f.eks. polyester. En sådan målrettet satsning kan skabe grundlag for en ny type tekstil procesindustri i Danmark, en styrkelse af dansk design, mode og tekstilindustri, samt åbning af et nyt område for Danmarks grønne teknologiekseport.

## Vækst og beskæftigelse

Danske forskere både i industrien og på universiteterne har været verdensførende i forhold til at udvikle de processer og de enzymer, der er aktive på plantefibre. Derfor er der netop i forhold til tekstilområdet en række danske styrkepositioner, som kan udnyttes.

Der kan opbygges danske styrkepositioner inden for bl.a. naturlige polymerer (naturfibre) og de biologiske fremstillede (bl.a. viscose), og samtidig er nye syntetiske fibre godt på vej mod at være markedsmodne.

# Mål

For at reducere den negative miljø- og klimapåvirkning fra produktion og forbrug af tekstil mest muligt, bør det være en målsætning for Danmark at:

- 1) Produktion af nye tekstiler i større udstrækning skal baseres på genanvendte materialer på fire niveauer, suppleret med fibre fra øget dyrkning af lokale bæredygtige fiberafgrøder:
  - a. Genanvendelse af plante-fibre; primært bomuld fra udsorteret tøj, der vha. ny teknologi bliver rensat, spundet, farvet og vævet til nye materialer.
  - b. Genanvendelse af fossilt baserede polymerer, som f.eks. polyester.
  - c. Oparbejdning af udsorterede tekstiler til f.eks. automåtter, byggematerialer og gulvtæpper.
  - d. Udnyttelse af materiale fra rest- og sidestrømme fra industri-, land- og skovbrug f.eks. fra halm, træ og pulp.
- 2) Forske og udvikle af ny genanvendelsesteknologi til at opnå øget cirkularitet i tekstilsektoren, med henblik på at bringe Danmark helt i front i indsatsen for at gøre den globale tekstilsektor mere bæredygtig.
- 3) At skabe gode rammer for udvikling af innovative forretningskoncepter, hvor velgørende organisationer, små og mellemstore virksomheder skaber vækst og beskæftigelse og social kapital (socialøkonomiske projekter?).

# Særlige anbefalinger relateret til tekstiler

## 14

### **TEKNOLOGI OG FORRETNINGSMODELLER:**

Understøtte design, mode- og tekstilbranchens ambition og målsætning om markant reduktion af den negative påvirkning af miljø og klima på globalt niveau. Dette kan ske ved at udvikle nye genanvendelsesteknologier ved hjælp af f.eks. fysiske, kemiske og biologiske processer, som basis for dansk og nordisk produktion af nye tekstiler.

## 15

### **RÅVAREGRUNDLAG:**

Understøtte at råvaregrundlaget for fremtidens bæredygtige polymerer til tekstilsektoren skal komme fra 1) genanvendelse af fossilt baserede og biobaserede tekstiler, som f.eks. udsorteret tekstilaffald, 2) lokale fiber-afgrøder med positiv miljø- og klimaprofil, samt rest- og sidestrømme fra f.eks. industri-, land- og skovbrug, 3) rest- og sidestrømme fra industri, land- og skovbrug, samt 4) øvrige bæredygtige polymerer, der opstår ved f.eks. produktion af brændstof til tung transport.

## 16

### **ØGET TEKSTILINDSAMLING:**

Tidlig indfasning af EU's direktiv om særskilt indsamling af tekstiler. Det kan opnås ved at regeringen støtter op om organiseringen af et bredt funderet indsamlingssystem for tekstilaffald, der gavner miljø og klima.

# Produkter med lang levetid

## Introduktion til produkter med lang levetid

Markedsområdet for bæredygtige polymerer til produkter med lang levetid dækker over en række meget forskellige produkter og anvendelsesområder. Det kan både være forbrugsvarer, byggematerialer og lim, bindere og overfladebehandlinger.

Det kan eksempelvis dreje sig om så forskellige produkttyper som køkkeninventar, møbler, biler, vindmøller og legetøj, men også lim, fugemasse, bindemidler i kompositprodukter og overfladebehandlinger som lak og maling. Samlet set er de vigtigste egenskaber for disse produkter at kunne bevare form og funktionalitet over tid.

Dette markedsområde er kendetegnet ved, at produkterne er designet til at holde i lang tid og dermed er genanvendelse ikke på samme måde som emballage- og tekstilområdet den højeste prioritet.

Fordi produkter med lang levetid ikke omsættes i samme høje hastighed som f.eks. emballage, har genbrug og genanvendelse ikke samme betydning for den samlede miljø- og klimaeffekt. Råvarens oprindelse og produktets levetid har derimod en relativt større andel af den samlede miljø- og klimaeffekt.



De produktområder, hvor der forventes at være størst villighed til at betale en merpris for en forbedret miljø- og klimaprofil er inden for forbrugsvarer som f.eks. legetøj, møbler og køkkeninventar.

Men for eksempel forventes interessen for grøn omstilling i byggebranchen at vokse markant i de kommende år, med større efterspørgsel efter bæredygtige løsninger – f.eks. ved biobaserede bindere eller brug af biokompositter i byggeriet.

## Markedstendenser for produkter med lang levetid

Eksempler på markedstendenser er f.eks. at LEGO har forpligtet sig til at finde bæredygtige alternativer til den nuværende brug af oliebaserede råmaterialer inden 2030. Mere bæredygtige materialer er i denne sammenhæng genanvendte eller biobaserede. Dantoy har en særlig linje baseret på bioplast, der er produceret af ethanol baseret på sukkerrør fra Sydamerika. IKEA har en målsætning om kun at bruge vedvarende eller genanvendt materiale i deres produkter inden 2030. Cirka 70 procent af de anvendte materialer til IKEAs produkter er baseret på træ eller andre naturlige fibre, men de udgør kun 27 pct. af CO<sub>2</sub>-aftrykket. Plast- og metalmaterialer bruges mindre i IKEA-produkter - plast udgør kun 5 pct. (efter vægt), men tegner sig for ca. 40 pct. af CO<sub>2</sub>-aftrykket. Desuden står lim for 6 pct. af aftrykket, hvor der arbejdes på at finde et biobaseret alternativ med lavere miljø- og klimafodaftryk.

Virksomheden POND har udviklet et biobaseret alternativ (resin), som eksempelvis kan erstatte den formaldehydholdige lim, der almindeligvis anvendes i spån-, OSB- og MDF-plader. Resinen er i dag baseret på majsstivelse, men kan også være baseret på kulhydrater fra 2. generations råvarer (TI 2018).

For at illustrere potentialet kan det nævnes, at en spånplade består af 6-10 pct. lim (træ, dk, 2009) og at den danske spånpladeproducent NOVOPAN bruger 380.000 tons træ (flis og spåner) og 35.000 tons lim årligt til spånpladeproduktionen.

Epoxy-plast er et andet eksempel på et polymerprodukt med helt særlige egenskaber inden for produkter med lang levetid. Epoxy har meget stor evne til at klæbe til de fleste materialer, og kan gøres modstandsdygtig over for diverse kemikalier. Stoffet er vand- og damp-tæt, og har både en meget høj mekanisk styrke og høj varmebestandighed.

Epoxy finder bred anvendelse i fly-, rumfarts- og vindmølleindustrien, hvor blandt andet materialernes lave vægt er en central egenskab. Også i skibe, både, containere, elektriske komponenter, isolatorer og moderne sportsudstyr bliver der ofte anvendt epoxy-kompositter.





## Produkter med lang levetid i Danmark

Produkter med lang levetid består af forskellige plasttyper. Termoplasttyperne udgør ca. 85 pct. af hele plastforbruget og består af produkter som polyethylen og PVC.

Der blev solgt ca. 40.000 tons PVC i Danmark i 2017. Heraf udgør rør, afløb og fittings næsten 50 pct. (MST, 2018). Det anslås at ca. 30.000 tons PVC når enden af den forventede levetid hvert år, mens det kun er halvdelen der bortskaffes som affald, fordi bl.a. kloakrør efterlades i jorden. Ifølge affaldsstatistikkerne indsamles kun 5.000 tons med henblik på genanvendelse.

## Miljø- og klimaeffekter

Råvarer til produkter med lang levetid kan være alle tre kilder til bæredygtige polymerer. Der vurderes at være betydelige potentialer i lignin, som er et stort, komplekst og vigtigt molekyle, når vi taler produkter med lang levetid. Lignin kan bl.a. udvindes fra halm og fra afgasset biomasse.

Der er overordnet to forskellige typer produkter med lang levetid, med forskellige genanvendelsesveje:

- Produkter baseret på termoplast skal omfattes af en form for produkttilbage-tagning, der sikrer genbrug og genanvendelse.
- Produkter som lim, bindere og overfladebehandling, der er ingredienser i andre produkter, som f.eks. en spånplade, skal kunne genanvendes sammen med produktet.

Det er vigtigt at disse to grupper holdes separat igennem genanvendelsesprocesserne.

## Vækst og beskæftigelse

I Danmark er der potentialer inden for råvare delen, samt indledende forarbejdningsled ved enzymer og katalyse, mens der er begrænsede kompetencer og manglende volumen til de kemiske processer til produktion af bulk-polymerer. Til gengæld er der stærke danske kompetencer inden for produktudvikling og design i forhold til at forberede markedet på mulige produkttilbageordninger, eller andre former for genbrug og genanvendelse.

I modsætning til produkter med kort levetid, hvor der er meget stort fokus på renhed for at sikre hurtig og effektiv genanvendelse, må produkter med lang levetid gerne få tilsat stabilisatorer etc., som ville have udgjort et problem, hvis det var designet til emballage og hurtig genanvendelse.



Det er en udfordring, at prisforskellen mellem polymerer baseret på fossile råvarer og bæredygtige polymerer kan hindre omlægningen for en lang række produkter, hvor performance og pris er altafgørende, herunder mange produkter, der forhandles som business-to-business. Indenfor new-bio til produkter med lang levetid er der tvivl om performance, da de nye polymertyper ofte skal indgå i meget komplekse sammenhænge. Det er desuden en udfordring, at godkendelse af nye produkter tager meget lang tid. Generelt er der mange leverandører involveret, og stor afhængighed af den eksisterende viden hos underleverandører. Mange virksomheder ved rigtig meget på deres område, men har ikke det fulde overblik over mulighederne på langs af værdikæden. Derfor er man påpasselig i dele af branchen med at stille for store krav, og er stærkt optaget af performance.

# Mål

For at reducere den negative miljø- og klimapåvirkning mest muligt, bør det være en målsætning for Danmark at:

1. Produktion af nye produkter med lang levetid skal baseres på bæredygtige polymerer, der fortrinsvis er genanvendt materiale eller fra bæredygtigt produceret lignocellulose-holdige biomasser som f.eks. træ, sukkerrør, kartofler, roer eller hvede.
2. Opnå det fulde genanvendelsespotentiale for produkter med lang levetid ved bedre indsamlingssystemer, fokus på design til genanvendelse og ved at anvende mekaniske, biologiske, kemiske og termiske processer til genanvendelse.



# Særlige anbefalinger relateret til produkter med lang levetid

## 17

### **BÆREDYGTIGE POLYMERER MED SÆRLIGE EGENSKABER:**

Der skal være øget national koordinering af forskning og udvikling inden for miljø- og sundhedsvenlige produkter med høj holdbarhed og særlige funktionelle egenskaber som f.eks. epoxy, termoplast, lim og bindere, herunder ift. ældningsstudier og reparerbarhed.

## 18

### **STYRK GENANVENDELSESPOTENTIALET:**

Der kan være store erhvervs- og eksportpotentialer i at udvikle additiver, lim, bindere og overfladebehandlinger, der fremmer det samlede genanvendelsespotentiale ved produkter som møbler og byggematerialer. Derfor gennemføres analyser af bl.a. lim og binderes betydning for styrkelse af genanvendelsespotentialet, herunder med fokus på de miljø- og klimamæssige effekter.

Det Nationale Bioøkonomipanel består af:

**Formand Asbjørn Børsting**, Direktør DAKOFO  
**Louise Bünemann**, Chefkonsulent, Dansk Industri  
**Claus Crone Fuglsang**, Senior Vice President, Novozymes  
**Kristine van het Erve Grunnet**, Chefkonsulent, Dansk Energi  
**Anne Maria Hansen**, Innovationsdirektør, Teknologisk Institut  
**Niels Henriksen**, Senior Advisor, Ørsted  
**Bo Jellesmark Thorsen**, Institutleder IFRO, Københavns Universitet  
**Ib Johannsen**, Adjunkt Professor, Institut for Ingeniørvidenskab, Aarhus Universitet  
**Uffe Jørgensen**, Leder af Center for Cirkulær Bioøkonomi, Aarhus Universitet  
**Lene Lange**, Direktør, LLA-bioeconomy  
**Jesper Lund-Larsen**, Miljø- og arbejdsmiljøpolitisk Konsulent, 3F  
**Rikke Lundsgaard**, Landbrugspolitisk seniorrådgiver, Danmarks Naturfredningsforening  
**Malene Møhl**, Corporate Partnership Manager, WWF Verdensnaturfonden  
**Katherine Richardson**, Professor, Københavns Universitet  
**Mette Skøt**, Senior Vice President, Mannaz  
**Lars Visbeck Sørensen**, Direktør, Agro Business Park  
**Charlotte Thy**, Sustainability Director, Danish Crown  
**Henrik Wenzel**, Professor, Syddansk Universitet

### **En virksomhedsgruppe har været tilknyttet panelets behandling af teamet "bæredygtige polymerer".**

Denne gruppe har inspireret og udfordret panelet i løbet af processen, men Det Nationale Bioøkonomipanel i sidste ende har lagt linjen i forhold til panelets anbefalinger. Virksomhedsgruppen har bestået af:

**John Preben Jensen**, Nordic Sugar  
**Anders Jensen**, Rema1000  
**Lisbet Hagelund**, Genvindingsindustrien  
**Heidi von Bülow**, MAISTIC  
**Signe Frese/Mathias Hvam**, Coop  
**Jørgen Richelieu**, Suztain  
**Pia Dahlin**, BASF  
**Gitte Haar**, KLS PurePrint  
**Søren Klint**, FiberVisions  
**Rasmus Grusgaard**, Plastindustrien  
**Søren Kristiansen**, LEGO System A/S  
**Dorthe Christensen**, Dana Lim  
**Esben Taarning**, Haldor Topsøe  
**Jakob Lamm Zeuthen**, Dansk Erhverv





