

# Bæredygtig fremstilling af plast

---

Christian Mårup Osmundsen

Catalysis for Sustainable Energy, CASE

Institut for Fysik

Danmarks Tekniske Universitet

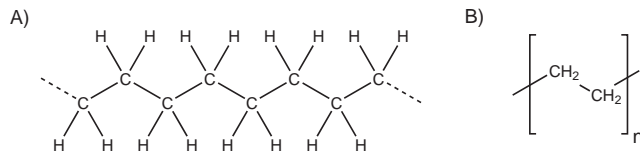
Plast er et af de vigtigste produkter som fremstillet af den kemiske industri. Selvom plast kun er blevet produceret i omkring 60 år, har det bredt sig til alle grene af samfundet, og det vil være vanskeligt at finde et hjem der ikke indeholder hundrevis, hvis ikke tusindvis, af plastprodukter. I dag fremstiller man plast næsten udelukkende fra olie. Faktisk fremstilles mere end 95% af alle kemikalier, der indeholder carbon, af olie, og for langt størstedelens vedkommende kendes der ingen alternativ fremstillingsmåde. Den kemiske industri er derfor fuldstændig afhængig af en konstant forsyning af olie. Problemerne forbundet med verdens forbrug af olie er velkendte, men hvad de præcise konsekvenser vil være er stadig meget debateret. Der er dog en ting alle kan blive enige om: Olie er en begrænset ressource. Den tid det tager for olie at blive dannet er mange gange større end den hastighed vi forbruger det med. Præcis hvor meget olie der er tilbage, og hvor lang tid det vil tage os at bruge det hele, vides ikke med sikkerhed; det er dog sandsynligt, at med det nuværende forbrug vil olien være opbrugt inden udgangen af dette århundrede. Det er derfor nødvendigt at finde en alternativ kilde til det nødvendige carbon.

Denne alternative kilde kunne være biomasse. Der er indefor de seneste år blevet demonstreret en lang række processer til fremstilling af vigtige kemikalier udfra biomasse. Og da biomasse er en ressource, der gendannes over en tidshorisont på få år, eller hurtigere, kan denne principielt udnyttes for evigt. Specielt sukker har vist sig at være et nyttigt råstof, f.eks. i forbindelse med fremstilling af bio-ethanol. Fremstilling af plast udfra sukker er derfor et forskningsområde, der har fået meget opmærksomhed.

## Hvad er en polymer?

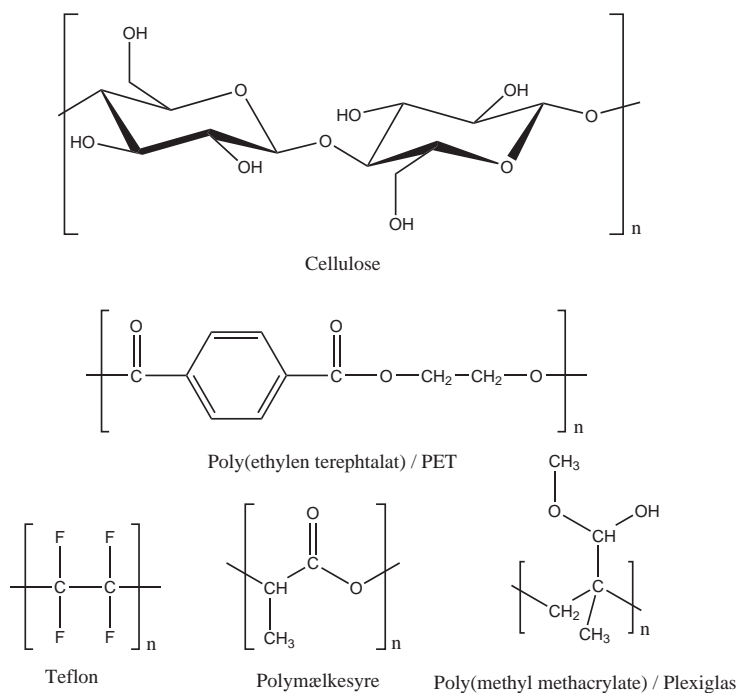
Plast er en bred betegnelse for kunstige polymerer fremstillet udfra olie. Den simpleste beskrivelse af en polymer er, at det er en meget lang kæde af atomer; normalt mange tusinde eller millioner atomer lang. Ordet polymer kommer oprindeligt fra græsk og betyder "mange-dele"; dette skyldes at polymerer typisk er bygget op af nogle relativt

simple enheder, kaldet monomerer eller “enkelt-del”, som gentages igen og igen. Den simpleste polymer kaldes polyethylen, PE, og består af tusindvis af ethylen molekyler som er sat sammen (deraf navnet “mange-ethylen”). Et udsnit af strukturen af PE er vist i figur 1a. Eftersom den fulde struktur indeholder mange tusinde atomer bruges normalt den lidt enklere skrivemåde som er vist i figur 1b, hvor kun den gentagende byggeenhed vises.



**Figure 1:** Strukturen af polyethylen vist som et udsnit af den fulde struktur, og med den kortere notation, som typisk bruges til polymerer.

Faktisk er PE den syntetiske polymer, som produceres i allerstørst mængde, omkring 70 millioner tons om året på verdensplan, hvor den bruges til alt fra plastikposer til legetøj. Som sagt er polymerer utroligt vigtige i det moderne samfund, men også naturen er fyldt med denne slags forbindelser, f.eks. er DNA, gummi og stivelse alle polymerer. I figur 2 er strukturen af en række vigtige polymerer vist.



**Figure 2:** Strukturen af en række vigtige polymerer.

---

## Naturens egen plast

Naturlige polymerer har været brugt af mennesker i mange tusinde år: Træ består hovedsageligt af to polymerer, cellulose og hemicellulose. Cellulose er en uforgrenet polymer af glukose (også kendt som druesukker), mens hemicellulose består af en række forskellige sukkerarter sat sammen til en forgrenet polymer. Strukturen af cellulose er vist i figur 2. Andre naturlige polymerer som mennesker har benyttet i stor stil er f.eks. gummi og silke. Det har en række fordele at bruge naturens polymerer direkte, primært at det ikke kræver særligt udpræget behandling. Det betyder at fremstillingsprocessen ofte er relativt simpel, og dermed også billig (dette gælder selvfølgelig langt fra altid). Det er dog også et problem at produktet næsten er færdigt fra starten, da polymerens egenskaber dermed også er fastlagt, hvilket gør det vanskeligt at bruge den til specialiserede anvendelser. Det er f.eks. ikke specielt praktisk at fremstille en mobiltelefon ud af træ. Det vil derfor i mange tilfælde give bedre mening at opsplutte cellulose og hemicellulose til de sukkerstoffer de består af, og så bruge disse som udgangsstof i den kemiske industri. Muligheden for at skræddersy polymerens egenskaber til den ønskede anvendelse er en af de primære drivkræfter bag forskningen i fremstilling af syntetiske polymerer fra biomasse.

## Efterligning af kendte plasttyper

I de mange år vi har fremstillet plast udfra olie har vi opbygget en masse erfaring med det, både i forhold til hvordan man fremstiller det bedst, og hvad det kan bruges til. Hvis vi kan fremstille de udgangsstoffer vi benytter nu, udfra biomasse, kan vi stadig bruge denne viden. Dette er selvfølgelig en stor fordel. Derudover er det meget dyrt at bygge kemikaliefabrikker, og det er derfor også en stor fordel, hvis det eksisterende udstyr kan genbruges til at fremstille plastik udfra biomasse. Som nævnt tidligere er den mest benyttede plast PE. Denne kan faktisk også fremstilles udfra biomasse med ganske velkendte processer: Hvis man starter fra sukker kan dette omdannes til ethanol ved fermentering. Dernæst kan et vandmolekyle fraspaltes fra ethanol, hvorved man danner ethylen, som er byggestenen til PE. I øjeblikket er denne process markant dyrere end at producere PE udfra olie, men på trods af dette er der fornylig åbnet en fabrik i Brasilien som producerer PE på denne måde. Sukker er usædvanligt billigt i Brasilien pga. de store sukkerrørsplantager, og den resterende prisforskel kan opvejes af det faktum, at folk gerne vil betale lidt ekstra for miljøvenlig plast.

---

## Udvikling af nye plasttyper

Selvom det kan være smart at producere de plasttyper vi kender i forvejen kan det dog også være mere besværligt end det behøver at være. De plasttyper vi bruger i dag er bl.a. valgt netop fordi de kan fremstilles relativt nemt udfra olie. Det samme gør sig dog ikke nødvendigvis gældende for at fremstille dem udfra biomasse. Derudover er der mange af de stoffer som man skal bruge som endnu ikke kan fremstilles udfra biomasse. Det kan derfor være nødvendigt at udvikle noget helt nyt. En mulighed er at fremstille mælkesyre udfra anaerob fermentering af sukker. Analogt til tilfældet med ethanol kan man fraspalte vand fra mælkesyre og dermed lave akrylsyre, som bl.a. bruges til at fremstille plexiglas. En mere direkte metode er dog at benytte mælkesyren direkte til polymerisering, hvorved man kan danne polymælkesyre. Herved sparer man et reaktionstrin, hvilket kan være med til at forenkle processen. Ydermere er der den fordel at polymælkesyre kan nedbrydes af bakterier (da bakterier selv producerer mælkesyre ved de også hvordan det skal nedbrydes), hvilket gør det til en meget miljøvenlig plasttype. En anden mulighed er et stof ved navn furan-dicarboxylsyre. Dette stof kan fremstilles udfra sukker i kun to, kemisk set, enkle reaktionstrin. Furan-dicarboxylsyre ligner terephthalsyre til forveksling, og man regner derfor med at det kan bruges som erstatning for denne. Sammen med ethylen bruges terephthalsyre til at fremstille PET (polyethyleneterephthalat) som bl.a. bruges til at producere sodavandsflasker og fleecetrøjer.

## Fremtidens plastindustri

Der er i øjeblikket megen diskussion om hvornår verden løber tør for olie, og budene ændrer sig hele tiden. Det er dog sikkert at det vil være indenfor en relativt kort tidshorisont, og i tiden op til vil prisen på olie fortsætte med at stige. Det er derfor nødvendigt at finde alternative måder at fremstille den plast som vores samfund er blevet vant til, og dybt afhængig af. Som det ser ud i øjeblikket er den eneste mulighed at begynde at producere plasten udfra biomasse. Som beskrevet ovenfor er der allerede kommet en række spændende bud på hvordan dette kan gøres; om det bliver disse som kommer til at dominere i fremtiden eller nogle helt andre er umuligt at sige nu, men et er sikkert: Der er stadig lang vej før plastindustrien kan gøres uafhængig af olie, så selvom der er olie til mange år endnu er det nødvendigt at begynde at finde nye fremstillingsmåder allerede nu.