



# PLAST LAB

Materialsamling med de vigtigste plasttyper

[www.plast.dk](http://www.plast.dk)

Plastindustrien.



## Plastindustrien.

**Tak til de elleve sponsorer,  
der har været med til at gøre  
denne udgivelse mulig:**

RPC Superfos, RPC M&H Plastics,  
Erteco Rubber & Plastics AB,  
SAXE Group A/S, HH Plastkombi A/S,  
Aage Vestergaard Larsen A/S,  
Plastmo A/S, Controlled Polymers,  
Plastcom, Resinex og  
Færch Plast A/S.

Alle rettigheder forbeholdes.

© Plastindustrien i Danmark

Vesterbrogade 1E, 3., 1620 København V.

[www.plast.dk](http://www.plast.dk)

2. oplag. 2019.

**Redaktør:** Rasmus Kock Grusgaard, [rg@plast.dk](mailto:rg@plast.dk)

**Forfattere:** Else Kathrine Schultz-Hansen,  
Jo Dietrich og Rasmus Kock Grusgaard

**Foto:** Colorbox, Michael Jensen

**Grafisk produktion:** Montagebureauet ApS



# Velkommen til PLAST LAB

Du kender sodavandsflasken, LEGO-klodsen, regntøjet, soveposen, brudekjolen, plastbæreposen, tagrenden, forskellige former for emballage og fiskenet. Du ved måske også, at der i alle disse produkter indgår plast? Men hvilke typer plast er der tale om, og hvad sker der med produkterne - og plasten de er lavet af - når du er færdig med at bruge dem?

Alt dette vil du blive klogere på, når du har læst dette hæfte. Hvis du også gennemfører forsøgene i sidste del, vil du vide mere om plast, end de fleste.

Vi gennemgår nemlig syv af de vigtigste plasttyper, hvordan de ser ud, hvilke produkter, der kan laves ud af dem samt hvilke produkter, de kan genanvendes til.

Efter disse materialebeskrivelser er der en række forsøg, hvor du får en procedure til at typebestemme plast samt nogle overvejelser, der kan inspirere til diskussioner og overvejelser om anvendelse og genbrug af plast.

Som du måske allerede er klar over er muligheden for at genbruge plast noget, der fylder mere og mere i vores hverdag. Derfor handler hæftet meget om netop denne egenskab ved plast.

Alle syv plasttyper i samlingen tilhører materialegruppen 'termoplast'. Det betyder, at plasten smelter og bliver formbar, når den varmes op og størkner igen, når den køler af. Det betyder også, at plasten kan genanvendes i nye produkter. Selve genanvendelsesprocessen forløber ved at plasten sorteres efter type, vaskes og kværnes i mindre stykker, smeltes sammen og ekstruderes som granulat – hvilket vil sige at man laver en lang plasttråd, der klippes i stykker undervejs.

Granulat er fælles betegnelse for det pilleformede materiale, du kan se og røre ved i de forskellige bøtter i PLASTLAB, og som anvendes i de maskiner, der fremstiller nye produkter. En undtagelse er bøtten med genanvendt HDPE i grovere stykker. Dette plast er fremstillet af indsamlede produkter, som kun er vasket og kværnet. Derfor kaldes det for 'kværn' i stedet for granulat og bruges til store plastprodukter.

På de næste syv sider vil du få viden om de syv forskellige plasttyper. Alle bærer hver deres nummer mellem et og syv i det internationale mærkningssystem for plastgenanvendelse, kaldet International Resin Identification Coding System (RIC), og som administreres af det amerikanske standardorgan ASTM. Mærket er udformet som en trekant af pile med et tal i midten. Når du kigger efter på dine plastprodukter, vil du se, at disse trekanter er placeret på langt de fleste af dem. Formålet er at gøre det nemmere at sortere og genanvende produkterne efter brug.

De første seks plasttyper er standardplasttyper. Det er dem, der oftest bliver brugt. Det hænger sammen med, at de er ret simple, kemisk set, og derfor billige at fremstille. Den sidste plasttype i RIC systemet betegnes "andre" og er mærket med et syvtal. Denne mærkning indikerer ikke en specifik plasttype, men er kategorien for alle andre end de seks primære. Plasttyper med nummer syv er ofte mere avancerede, dyrere og generelt mindre udbredte end de første seks.

Vi har medtaget et eksempel på en plasttype, der hører hjemme i kategori 7, "andre".

**God fornøjelse - Plastindustrien**



## Hvad er plast?

Inden vi går i gang med de forskellige plasttyper, er det nyttigt at få forklaret hvad plast egentlig er og hvorfor det har vundet så stor udbredelse de sidste 100 år.

Helt grundlæggende er plast – til forskel fra de fleste andre materialer – fuldstændig menneskeskabt. Hvis man finder plast i naturen, er det altså fordi et menneske har tabt det der, og ikke fordi det er vokset frem eller brudt i en mine med plast-malm.

Plast er endvidere ikke blot et enkelt materiale. I dag findes der mere end 700 typer plast, der kan opdeles i 18 grupper af polymerer og som anvendes meget forskelligt på grund af deres forskellige egenskaber. Mere om det senere.

Ordet 'plast' kommer af det græske 'plastikos' der betyder 'formbar'. Evnen til let at lade sig forme er helt central for plastens store udbredelse. Den giver mulighed for at fremstille meget komplekse produkter i meget stort antal. Plastmaterialer bruges også i stigende omfang, fordi de med fordel kan erstatte materialer som fx metal, træ, papir, keramik og glas.

Der er desuden mange nye produkter, der kun er mulige at lave i plast. Tænk fx på løbesko, som har luftfyldte og meget lettesåler af plast eller kontaktlinser, der er bløde, transparente og lette.

Bilen er også et godt eksempel på et produkt, hvor plastmaterialer bruges i vid udstrækning. Over de sidste 30 år er brugen af plast i biler steget enormt og man regner med, at uden plast ville en gennemsnitlig personbil i dag veje i gennemsnit 330 kg mere. Dette medfører at bilen i sin levetid sparer omkring 3.000 liter benzin på grund af den lavere vægt. Det bliver endnu mere ekstremt i flyindustrien, hvor halvdelen af Boing 787 Dreamliner er lavet af plast og plastkompositter – målt på vægt. Opgjort på rumfang udgør plast 80 % og bidrager til 20 % brændstofbesparelse.

## Hvad er plast – kemisk set?

Betragter man plasten som kemiker vil man finde en stor gruppe materialer. Hver type med specielle egenskaber, men med én ting til fælles: De er alle opbygget af polymerer.

Polymerer er store og meget lange molekyler sammensat af mindre og kortere molekyler, der kaldes monomerer. Ordet polymer kommer af det græsk 'poly' der betyder mange og 'mer' der betyder del. Polymerer kan både være syntetiske og naturlige. Plast er et eksempel på syntetiske polymerer, mens en stor del af vævet i dyr og kulhydraterne i planter består af naturlige polymerer.

Syntetiske polymerer fremstilles især ud fra råolie. Råolien behandles i et olieraffinaderi, hvor de mindre og kortere monomerer fremstilles. Efter denne proces bliver monomererne sat sammen til polymerer gennem en polymerisationsproces. Nogle polymerer forarbejdes til kompakte plastmaterialer, som dem der findes i bøtterne i PLASTLAB og andre til tekstilfibre som bl.a. anvendes til tøj.



## Plastens korte historie

Der blev fremstillet plastprodukter for første gang i 1862 og siden da er plast blevet et uundværligt materiale i alt lige fra emballage, transportmidler og de bygninger vi bor i, til sportsudstyr og avanceret medicinsk teknologi, der skal øge vores livskvalitet.

### De første plastmaterialer

Den første plast blev fremstillet ud fra plantematerialer. Cellulosefibre fra bomuld blev omdannet til cellulosenitrat 'celluloid', der blev brugt til ting som smykker, knivskafter, æsker, manchetter og flipper. I 1909 fandt man et nyt råvaremateriale – stenkulstjære. Af dette materiale kunne fremstilles bakelitplast, som blev brugt til isolering af elektriske installationer, samt til fotografiapparater og de første radioer.

I de første år af det 20. århundrede begyndte forskerne at forstå kemien omkring plast. Dette satte skub i udviklingen af nye materialetyper, og i 1930'erne begyndte produktionen af plastmaterialerne polystyren, polyacryl og polyvinylchlorid. Alle tre fra kemikalier fremstillet af råolie. Nylon blev opfundet i 1928 og sat i

produktion i slutningen af 1930'erne som lange, trådagtige fibre, som kunne spindes og væves eller strikkes. Nylon kan bruges til mange ting, men noget af det første man fremstillede var nylonstrømper. De var billigere at producere end silkestrømper, der blev lavet af silken fra silkelarver.

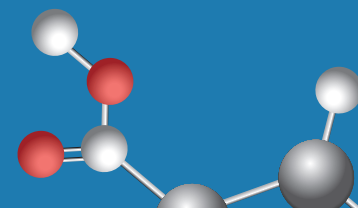
### Plastudviklingen tager fart

Udvikling og forarbejdning af andre plastmaterialer voksede for alvor frem i løbet af 1940'erne. Her så de fleste af de vigtigste plastmaterialer dagens lys, heriblandt lav densitets polyethylen, polyuretan, teflon, polyestere, silikoner og epoxyharpiks. Polycarbonat kom til i 1950'erne, og i 1960'erne blev høj densitet polyethylen samt polypropylen opfundet.

I 1970'erne kom 3. generation af plastmaterialerne – polyamider og polyacetat – der byggede på den tidligere udvikling. I 1980'erne og 90'erne fortsatte udviklingen, og der blev skabt polymerer, som kunne løse særlige opgaver inden for design og med endnu mere ekstreme egenskaber.

I de sidste årtier har forskningen indenfor polymerkemi i stigende grad handlet om plast fra biobaserede råvarer. Det har affødt biobaserede varianter af nogle af de allerede kendte typer og derudover helt nye plasttyper. De biobaserede fremstillingsprocesser er dog langt fra så veludviklede som de traditionelle, men det er kun et spørgsmål om tid og dedikeret forskning.

**På de følgende sider gennemgås de mest udbredte plasttyper som du oftest støder på i din hverdag.**



# PET Polyethylenterephthalat



Hver dag møder du plasttypen PET i forskellige former og størrelser. Det er nemlig en af de mest anvendte i den europæiske emballageindustri. Det skyldes først og fremmest, at plasten har rigtig gode egenskaber i sin rene form – altså polymeren uden tilsatte additiver.

Mange andre plasttyper tilsættes ingredienser, der forbedrer deres egenskaber, men hvis du kan bruge den uden disse er den også lettere at genbruge. PET har en styrke og stivhed, der gør, at den kan tåle højt tryk og modstå slag samtidig med, at den er varmestabil.

Vigtigst for dens anvendelse er dog dens gode barriereegenskaber, hvilket betyder, at den holder aroma og fx CO<sub>2</sub> inde og atmosfærens ilt ude. Det er vigtigt både for flasker, kødbakker og transparent salatemballage.

PET er en forkortelse af navnet polyethylenterephthalat. I PLAST LAB kan du i botten med PET se plasttypen i sin oprindelige farve – den klare. Det er denne type, der bliver brugt til de førnævnte produkter, men der findes flere typer i PET familien.

Du kan således også støde på navnet APET. Det er en mere specifik betegnelse for den samme klare plasttype, hvor A betyder amorf. Støder du derimod på navnet CPET, er der tale om en delkrystallinsk PET i en uigennemsigtig eller mælkelignende farve, og som afviger fra APET ved at kunne tåle højere temperaturer. Og støder du på RPET, så er der tale om genanvendt PET. Krystallinitet er et vigtigt begreb i polymerkemi for at forstå mange af plastens fysiske egenskaber som du kan læse mere om på side 13.

Du kan i botten mærket RPET se hvordan genanvendt PET ser ud når det kommer som 'flakes' – altså flager – fra indsamlingssystemet. I botten findes nemlig genanvendte plastflasker, der fx kan blive til nye bakker til emballering af kød.



## GENANVENDELSE

Fra sodavandflaske til brudkjole

PET er mange steder den mest genanvendte plast. Plasten kan anvendes til talrige nye produkttyper, fx ny emballage, fleecetøj, fiberfyld til soveposer, puder og dynejakker, dele til biler og meget andet.



# HDPE High Density Polyethylen



Alle kender engangsplastposerne fra dagligvarehandlen, som ofte er fremstillet af HDPE.

Plasttypen indgår også i alverdens legetøj som for eksempel hulhopringe og de velkendte blå-røde legetøjsscootere til børn. Mange af de nye rør til drikkevand og gas, som graves ned i jorden, er fremstillet af HDPE. Materialet er ligeledes velegnet til brug i produkter, der har direkte kontakt med fødevarer, som for eksempel flasker og dunke til mælk og olie. Mange af disse anvendelser muliggøres af plastens høje grad af bestandighed overfor vand, de fleste organiske opløsningsmidler og kemikalier, samt at den er ugiftig og aromatæt.

HDPE er en forkortelse af navnet High Density Polyethylen. Selve polymeren hedder polyethylen, og angivelsen 'high density' skyldes at der også findes en variant med 'low density', kaldet LDPE og beskrevet under type fire. Polyethylen-plastfamilien er den mest anvendte plast globalt set på grund af dens ekstreme alsidighed og lave pris.

Kemisk set er strukturen af HDPE meget lineær: lange lige molekyler uden sidekæder. Det gør materialet kompakt og forholdsvis stift og medfører, at densiteten bliver høj. LDPE er derimod opbygget med flere sidekæder, hvilket medfører, at materialet ikke kan pakkes så tæt. Dets densitet bliver derfor lavere end for HDPE og materialet blødere.

Poser fremstillet i HDPE er tyndere og billigere end tilsvarende med samme bærevne i LDPE. Hvis en pose kun skal bruges en gang er det oplagt at minimere materialeforbruget og fremstille den i HDPE

I modsætning til fx. PET er det en såkaldt delkrystallinsk polymer og dens neutrale farve er derfor en uigennemsigtig hvid. I PLAST LAB er plasttypen kendetegnet ved den sorte farve.



**GENANVENDELSE**  
Fra hulhopring til skraldespand

I plastvirksomheden Aage Vestergaard Larsen A/S i Mariager, modtog de i 2016 80.000 skraldespande fra Vejle Kommune.

Det skyldtes, at kommunen havde indført et nyt sorteringssystem og borgerne skulle derfor have nye skraldespande.

Hos plastvirksomheden blev skraldespandene lavet om til granulat, som du kan se i bøtten med HDPE, Mørkegrøn - kværn og kunne derudover anvendes til nye produkter.

Som nævnt i indledningen er det en tilnærmelse at kalde indholdet for granulat – i daglig tale i Mariager hedder de større stykker blot 'kværn'. Hvis man kan bruge 'kværn' i maskinen, der laver nye plastemner, sparer man energien til først at smelte det om til pellets.

I princippet kan langt de fleste produkter fremstilles af genanvendt materiale, herunder såvel legetøjsscootere som hulhopringe. Det er dog ikke muligt at gøre plasten hvid, hvis den har været sort. Tilsvarende bruger man ikke plast, hvor man ikke ved, hvad den har været udsat for, til legetøj og andre følsomme emner. Derfor blev de gamle skraldespandene til nye skraldespande, plastpaller og andre lignende produkter i mørkegrønne og sorte farver.

# PVC Polyvinylchlorid



Lad os tage en hurtig tur rundt i dit hjem, og se om vi kan finde plasttypen PVC hjemme hos dig. Måske har du vinylgulv som gulvbelægning i et rum eller hører vinylplader på en gramofon? Har du en voksduk liggende på bordet i køkkenet? Hænger der en enkelt eller to regnjakker på knagen ude i gangen, eller måske har du en haveslange ude i haven? Vidste du, at alle disse ting oftest er lavet af plasttypen PVC?

PVC er som udgangspunkt et hårdt materiale, men ved at tilsætte forskellige ingredienser, kaldet blødgørere, kan plasttypen gøres fleksibel. Derfor skelnes der mellem hård og blød PVC. Den hårde variant er meget bestandig over for vejr, vind og UV-lys fra solen og bliver i meget stor udstrækning brugt i byggeriet, for eksempel til tagrender, rør, paneler og vinduer.

Den bløde bruges både i dagligdags-produkter som badedyr, regnjakker og vinylgulve og i livsvigtige medicinske produkter såsom blodposer, katetre og lignende, hvor materi-

alet er næsten umuligt at erstatte pga. dets fleksibilitet.

PVC er en forkortelse af navnet polyvinylchlorid og er den tredje mest anvendte plasttype efter PE (polyethylen) og PP (polypropylen). Farven er uklar, og kan farves alt efter behov. I PLAST LAB kan du kende PVC – nærmere bestemt hård PVC – på den brune farve. I modsætning til de fleste andre plastmaterialer, der hovedsagligt indeholder olie, er over halvdelen af PVC salt. Salten bidrager med klor, og de kemikere vil vide, at det er klors store elektronegativitet, der gør materialet stift ved, at forhindre forskydninger internt i materialet.



**GENANVENDELSE**

**Fra rør til tagrende**

PVC er en plasttype, der i høj grad bevarer sine egenskaber ved genanvendelse. I Danmark er vi rigtig gode til at genanvende PVC, og en del af årsagen er, at industrien har væ-

ret tvunget til at samle materialet ind i stedet for at sende det til forbrænding.

På grund af klorindholdet skabes der nemlig saltsyre og dioxin ved forbrænding af PVC. Tidligere var man ikke i stand til at rense røgen, men teknologier til dette er nu udviklet og monteret på forbrændingsanlæggene. I mellemtiden udviklede PVC industrien et omfattende genanvendelsesprogram, som nu sørger for, at store mængder PVC genanvendes.

Billedet viser rør og tagrender af PVC, men genanvendelsen er stor indenfor såvel kabler, rør, bløde typer og vinduesprofiler.





## LDPE Low Density Polyethylen



LDPE er en forkortelse af navnet Low Density Polyethylen og er i familie med den første plasttype vi beskrev, nemlig HDPE. Du kan også støde på denne plasttype under navnet PELD, men de fleste er enige om, at LDPE er det rigtige navn. Som tidligere nævnt er LDPE en plasttype, der er mere bøjelig end dens slægtning HDPE. Det skyldes, at den kemisk set er opbygget med mange korte sidekæder, på de lange polymermolekyler. Derfor bliver materialet ikke ligeså kompakt og hårdt som HDPE, der ikke har sidekæder.

Til gengæld holder sidekæderne materialet sammen i alle dimensioner, hvilket gør LDPE mere modstandsdygtig overfor at blive revet itu på tværs af kæderne. Du kan iagttage disse egenskaber ved at trække i strimler af hhv. LDPE og HDPE og se materialernes reaktion. Find forsøget på [www.plast.dk](http://www.plast.dk)

Listen med LDPE produkter er uendelig lang og indeholder blandt andet de fleste af de plastbæreposer, du køber i supermarkedet. En anden vigtig anvendelse er i kartoner til drik-

kevarer. Her sørger et tyndt lag af LDPE på indersiden af pappet for, at kartonens indhold mælk og juice ikke trænger ud. LDPE bruges i det hele taget meget til film – altså flade folier – på grund af dets fleksibilitet og lave pris, herunder eksempelvis til affaldssække, markafmærkningsplast til landbrug og gartnerier, dybfrostemballage og øl- og sodavands-sixpacks.

Udover de mange anvendelser for LDPE folier, er der en lang række LDPE produkter, der ikke er flade. Nogle udbredte eksempler er flasker, bøtter og dunke til emballage, men også rør og det skum, der forer papkassen med din nye computer, kan være lavet af LDPE.



### GENANVENDELSE

Fra bobleplast til shampooflasker

Når LDPE produkter bliver genanvendt, bliver de ofte til flasker og dunke til shampoo, balsam og flydende sæbe. Det er dog forudsat, at kvaliteten af det genanvendte materiale er høj nok og farven rigtig. Plasttypen findes

også i træ-komposit planker og udendørs møbler som bænke, hegn og hundehuse. I virksomheden Letbæk Plast i Tistrup indkøber de mange forskellige slags brugt plastmateriale til deres produktion. Fibrene fra kunstgræsbaner, plastposer fra danske supermarkeder og andre typer LDPE bliver rensat og smeltet om til eksempelvis vejspæle, kabelrør og mange andre produkter.

Nogle virksomheder køber materiale af blandet polyethylen og polypropylen, hvor oprindelse og blandingsforhold er mere ukendt. Dette materiale kaldes agglomerat og anvendes i nogle af de groveste plastprodukter, der findes, eksempelvis hegnspæle, stolper og bjælker til støjskærme til motorveje. Det er en god anvendelse til plastaffald, hvor typesorteringen ikke er i top, og løsningerne holder typisk meget længere end tilsvarende i træ.

# PP Polypropylen



Plasttypen Polypropylen eller PP kan bruges til emballage til fersk kød, færdigretter til mikroovnen, tæpper, måtter, kar, beholdere, møbler, sportstøj, kofangere og plastposer og meget andet. Det er også den mest udbredte plast i produkter med plasthængsler, for eksempel låget på TicTac æsken og andre emballager med 'snap' funktioner.

Både de små granulatbøtter og den store PLAST LAB kasse er lavet af PP. Lågene kan derfor trykkes på og pilles af rigtig mange gange uden at det går ud over tætheden. Derfor er bøtter til feta og youghurt også fremstillet af PP.

PP har en rimelig god temperaturbestandighed hvilket tillader brug af plasten i såvel køkkenartikler, der bruges til let opvarmning, som produkter til medicinsk anvendelse, der kræver sterilisering.

Ligeledes absorberer plasttypen ikke væske og har også en god kemisk bestandighed. Det

betyder, at den i støbt form finder anvendelse i komponenter til levnedsmiddel- og kemisk industri, vaskemaskiner og rørsystemer.

PP er også rigtig udbredt som tekstilfiber, som spindes til tråd og væves til stof til tøj. Tekstil fremstillet af PP er modstandsdygtige over for kroppens kemi og sved og kan nemt vaskes rent ved lave temperaturer. En del af denne egenskab skyldes, at PP er hydrofob – vandskyende – og derfor svedtransporterende snarere end optagende. Dette gør denne plasttype til et populært syntetisk stof i produktionen af sportstøj og bidrager til, at den samlet set er den anden mest anvendte plasttype.

Farven er naturligt uklar, ligesom de andre delkrystallinske typer, men der kan fremstilles helt klare varianter. PP kan som de fleste andre plasttyper indfarves alt efter behov. I PLAST LAB kan du kende plasttypen på den turkise farve.



## GENANVENDELSE Fra tøj til gulvtæppe

Når denne plasttype bliver genanvendt, finder meget af den vej til gulvtæpper, tøj og industrielle fibre, skærebrædder, koste eller spande og andre beholdere.

Andelen af genanvendt PP i forbrugerprodukter er også stigende og dele af din støvsuger eller kaffemaskine kan være genanvendt.



## PS Polystyren



Har du drukket kaffe af en engangskop, saftvand eller vin af et engangsglas, besøgt nogen med en CD-samling i klare æsker eller købt sushi i den typiske emballage, sat sammen af en sort underdel og en transparent overdel? Så har du stiftet bekendtskab med plasttypen Polystyren, PS.

Inden for denne plasttype findes der tre primære varianter: GPPS, HIPS og EPS. GPPS er en 'general purpose' PS variant med standardegenskaber og er den glasklare type anvendt til såvel CD-æsker og laboratorieudstyr. For sidstnævntes vedkommende er det en fordel at GPPS er meget modstandsdygtig overfor røntgenstråling.

HIPS varianten har fået forbedret sin slagstyrke ved at tilsætte 5-10% gummi og kaldes derfor 'high-impact'. HIPS bruges blandt andet til kabinetter til elektroniske apparater, engangsbestik, yoghurt bægre og til indersiden og inventar til køle- og fryseskabe.

Hverken GPPS eller HIPS er særlig modstandsdygtig overfor varme eller varmt vand, hvilket kan ses, når bunden på en engangskaffekop begynder at bule nedaf.

Den sidste variant, EPS, føles meget forskellig fra de første. E't betegner nemlig 'ekspanderet', hvilket betyder, at materialet er opskummet og består af 95-98% luft.

Dette giver EPS særdeles gode isolerende egenskaber, som de fleste kender fra blandt andet termokasser, isolerende kaffekopper og bygningsisolering. Et af handelsnavnene for EPS er Flamingo.

Oprindeligt er GPPS polystyren klar og ufarvet, hvorimod HIPS er uigennemsigtig og mere mat i overfladen. Den kan som de andre typer tilsættes farve og opnå alle farver. I PLAST LAB kan du kende PS på den gule farve.

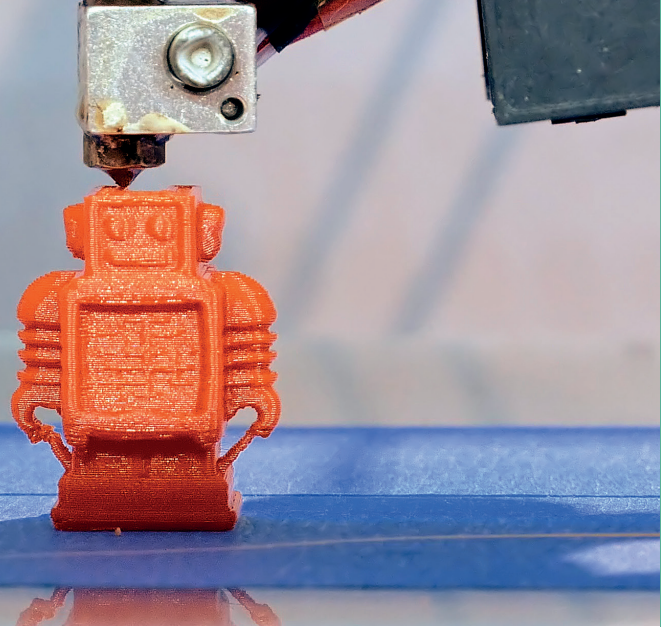


### GENANVENDELSE

Fra engangskop til isolering

Når PS bliver genanvendt kan det blive til nye produkter inden for samme produktkategori. Derudover kan det også bruges til isolering, plastlister til billedrammer og bygninger, beholdere til fødevarerprodukter som eksempelvis æggebægere eller til skumbeskyttende emballage.

## Andre Eks: ABS



På de forrige sider har du fået viden om de seks standardplasttyper, der hver især har sit eget nummer i genanvendelsessystemet: PET, HDPE, PVC, LDPE, PP og PS.

Den syvende og sidste typebetegnelse eller kategori er "andet", som bruges til alle de andre plasttyper, der findes udover de seks standardplasttyper.

Plasttyper under den syvende kategori, udgør mindst en fjerdedel af det samlede forbrug og anvendes til vidt forskellige produkter. Som nævnt indledningsvist er de seks standardplast-typer netop det: standard.

Under typebetegnelsen 'andet' findes typer, der er alt andet end standard, men snarere ofte højt specialiserede og ind i mellem med ekstreme egenskaber.

Eksempler kan være:

- PTFE, der er kendt som teflon og slip-let belægning på stegepander
- PEEK, der er anvendt i implantater

- PI, der er anvendt til visirer og andet i rumindustrien
- PA, der bruges til erstatning af mange metaller
- PLA, der er en meget udbredt biobaseret plast

På side 13 i hæftet kan du se 'plastpyramiden', hvor disse typer er indtegnet. Brug den som udgangspunkt til at undersøge disse fantastiske materialer yderligere.

Et eksempel på en kategori 7 plast er materialet ABS. De fleste danskere kender denne plast fra legetøjet LEGO Men ABS er også meget udbredt i husholdningsartikler, forbrugerelektronik eksempelvis keyboards til computere og i bilindustrien. Plasten er, i modsætning til de seks andre typer, en såkaldt terpolymer, der er sammensat af tre forskellige monomerer: akrylonitril, butadien og styren. Formålet er at kombinere styrenens flotte overfladeglans med sejheden og slagstyrken fra butadien – der er også kendt fra gummi. Nitrilenens rolle er at levere kemisk resistens

og binde det hele sammen. Dette gør samlet set ABS til en plasttype, der er særdeles velegnet til eksempelvis LEGO elementer, som skal kunne tåle samling og adskillelse mange gange.



### GENANVENDELSE

Fra LEGO® til 3D print filament

Genanvendelse af ABS sker i visse industrier som 'closed loop'. Det betyder, at producenter tager deres egne udtjente apparater tilbage og anvender plasten til fremstilling af nye. Eksempler på dette findes inden for computer hardware, kaffemaskiner og støvsugere, hvor dele til nye kabinetter laves af de indsamlede. En anden interessant anvendelse af ABS er som filament i 3D print. Her omdannes indsamlet og rensat ABS plast til den tråd, også kaldet filament, der anvendes til at printe produkter med i 3D printere.

# Mere om krystallinitet og kemisk opbygning

I løbet af de forrige beskrivelser af plasttyperne og deres kemiske opbygning er ordene del-krystallinsk, amorf, sidekæder og lineær blevet nævnt nogle gange. Disse begreber beskriver plastens strukturelle opbygning med hensyn til molekylernes orientering i materialet.

De to begreber amorf og del-krystallinsk er den væsentligste forskel, der ses illustreret i Fig.1 og Fig. 2. I de amorfe plasttyper ligger de lange molekyler kaotisk orienteret. I de del-krystallinske er der områder, hvor der findes krystallinende orientering. De del-krystallinske er uigennemsigtige på grund af krystalopbygningen, der blokerer lyset.

## Plastpyramiden

En måde at illustrere udbredelse, krystallinitet og ydeevne for såvel hæftets plasttyper som for andre meget anvendte typer, er ved hjælp af 'plastpyramiden', der ses til højre.

Pyramiden kan anvendes som hjælp til at vælge plasttype og er delt i de to hovedkategorier, nemlig amorf og del-krystallinsk. Derudover er der tre lag i pyramiden. Nederst findes de billige meget udbredte standard plasttyper, herunder hæftets syv typer. Ovenover kommer 'konstruktionsplast' som er lidt dyrere og har højere performance eller ydeevne på alle parametre, fx brugstemperatur.

Øverst kommer de dyreste typer med ekstreme egenskaber, fx hvad angår temperaturbestandighed og modstandsdygtighed overfor kemikalier.

## Øv dig på at typebestemme plast

Næste gang du bemærker en genstand fremstillet af plast, som for eksempel en pose, interiøret i en bil, en LEGO-klods, en engangskop eller noget andet, så kan du komme med et mere kvalificeret gæt på plastmaterialet – særligt, hvis du finder og afkoder trekanten med genanvendelses-nummeret.

Du kan også gå analytisk til værks. Sidst i hæftet finder du derfor en fremgangsmåde for en række forsøg, der kan udføres med plasten i bøtterne. Forsøgene går ud på at bestemme plasttyperne ud fra deres fysiske egenskaber og kan også udføres med plast, du selv finder.

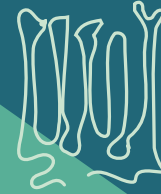
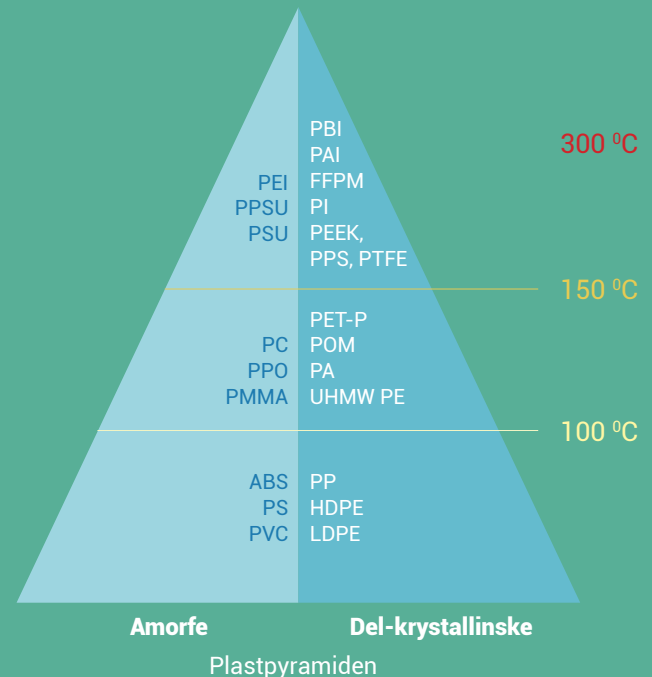


Fig 1. Del-krystallinsk



Fig 2. Amorf



# Perspektiver på plast, der kan drøftes med elever.

## Cirkulær økonomi er fremtiden

I vores arbejde som brancheforening, taler vi med mange unge mennesker og deres undervisere, både fra grundskole, ungdomsuddannelser og fra videregående uddannelser. Interessen for plast, dens brug og genanvendelse og miljøudfordringer er stor. Genbrug af plast har også høj politisk prioritet i disse år, både i Danmark og i de fleste andre vestlige lande. En aktuel politisk dagsorden i EU og Danmark er 'cirkulær økonomi'. Det er betegnelsen for en økonomi, hvor råvarerne holdes i kredsløbet så længe som muligt – i modsætning til en mere lineær økonomi, hvor råvarerne, efter at være anvendt blot en enkelt gang, ender som affald.

I Danmark har vi en lang tradition for affaldsforbrænding – også kaldet energiudnyttelse – hvilket klart er at foretrække frem for deponi på lossepladser. Affaldssystemet er dog under forandring i disse år for at øge genanvendelse af materialerne – herunder plast. Mange oplever derfor i disse år at få skraldespande til indsamling af plast fra deres husholdninger, så plasten kan genbruges og genanvendes.

## Ændring af vaner hos forbrugere og virksomheder

Udover vores adfærd, når vi skiller os af med ting, kan vi understøtte omstillingen til cirkulær økonomi ved at vælge produkter af genbrugsplast, når vi agerer som politisk forbruger.

Der foregår også udviklingsarbejde hos de virksomheder, der fremstiller produkter, for eksempel emballage. Som du har læst om tidligere i dette hæfte, så udgør emballage en stor del af det samlede plastforbrug. Derfor er der brug for, at fremtidens emballage er designet til at kunne indgå i genanvendelsessystemet, for eksempel ved at indeholde færre plasttyper i samme emballage, så det ikke kræver adskillelse efter endt brug. Genbrugsplast er nemlig mest værdifuldt, når det er en ren plasttype og ikke en blanding af mange, hvilket kan være svært at opnå med produkter, der er sat sammen af mange plasttyper.

## Kan man ikke bare undvære emballage?

Plastindustrien får ofte stillet spørgsmålet om nødvendigheden af emballage i det hele taget og om den behøver at være i plast. Vores svar på dette er, at plasten forlænger holdbarheden og muliggør transport af vores fødevarer. Dårligt emballerede fødevarer fører ofte til øget madspild – hvilket er en

meget større miljøbelastning. Hvis man sammenligner resourceforbruget anvendt til at fremstille en oksebøf med resourceforbruget til dens plastemballage, kan man godt blive overrasket over, hvor lille plastens bidrag er. Kan man redde blot en enkelt bøf fra skraldespanden, har man retfærdiggjort meget plastindpakning.

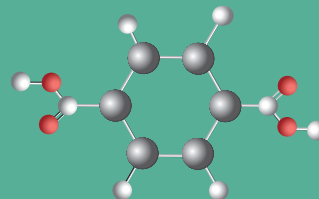
## Plast i naturen og mikroplast

Der er også mange bekymringer omkring plast i naturen. Vi har drøftelser med elever, der ikke kan forstå, hvorfor der efter sigende findes store samlinger af plast, nærmest en slags øer, i verdenshavene.

At plast er let og holdbart er egenskaber, vi nyder rigtig godt af under dets brug, men som medfører at materialet kan ophobes i naturen, hvis det ikke håndteres ordentligt. Da nogle lande ikke har samme gode affaldssystemer, som de vestlige lande, sker dette indtil sådanne systemer er på plads. Som du nok kan forstå, efter at have læst nærværende hæfte, mener vi, at plasten bør genbruges – den er alt for god til bare at smide ud.

En anden bekymring, der er genstand for megen forskning, er begrebet mikroplast. Mikroplasten opstår enten hvis større stykker plast slides til mindre, eller hvis mikroplast produceres og tilsættes produkter. I Plastindustrien, synes vi ikke, at mikroplasten skal tilsættes som ingrediens til eksempelvis kosmetik. Selvom det kan give produktet et spændende udseende eller en scrubbing-effekt, mener vi, at der bør findes en anden måde at opnå disse egenskaber på.

Med hensyn til mikroplast, der stammer fra slid, så er der brug for ny teknologi, der kan forhindre eksempelvis partikler fra dæk i at nå frem til havet. Eller at vi går tilbage til at køre på hjul af træ – men det, er nok de færreste, der synes det er en god ide.



# Cirkulær økonomi med plast

Genanvendelse af plastmaterialet fra udtjente produkter i nye produkter.

**6.** Så er produkter fremstillet af genanvendt plast klar til salg. Nogle produkter vil reklamere med den gode historie om genanvendelsen, mens andre ikke vil gøre et stort nummer ud af det. I fremtiden kan man godt regne med at genanvendt plast bliver første valg, hvis det er muligt i produkttypen.

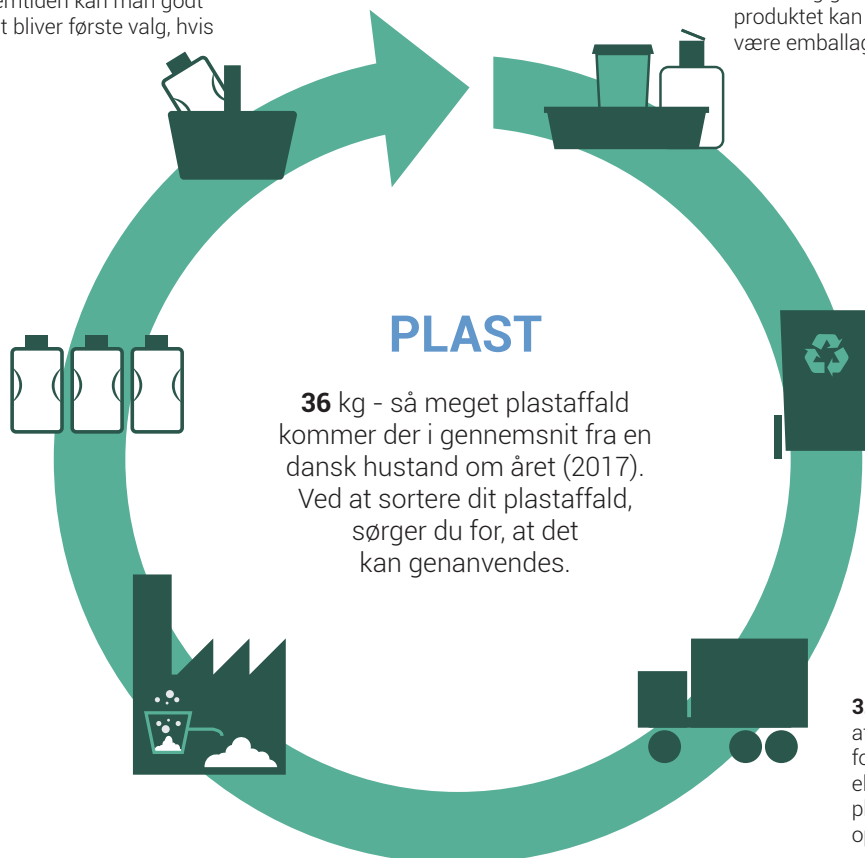
**5.** Plasten sælges videre til fabrikker, der producerer nye genstande af plasten. Plastens renhed, der her betyder fri for urenheder og hvor velsorteret plasten er, afgør hvad den kan bruges til. Hvis den er snavset og en blanding af flere typer, er den ikke så værdifuld og anvendelig som en ren plast, der ikke indeholder andre plasttyper.

**4.** Hos affaldsbehandleren vaskes og sorteres plasten af flere omgange. Urenheder bliver sorteret fra, og plastens sorteres efter type. De mest gængse (fx PE, PP eller PET) er beskrevet i dette hæfte, men sensorerne i sorteringsanlægget kan også genkende andre typer. Den rene og sorterede plast omdannes derefter til granulat, eller sælges som 'kværn' beskrevet tidligere. 'Kværn' kan anvendes i større maskiner med lavere krav til renhed. Dermed sparer man at opvarme materialet flere gange en højst nødvendigt.

**1.** I brug hos forbrugeren. Dette er produktets formål og grunden til at fremstille det. Selve produktet kan være af plast, eller plasten kan være emballage.

**2.** Efter endt brug bortskaffer forbrugeren plastgenstanden. Hvis det er emballage, bør forbrugeren tømme den for indhold og vaske den let. Derefter smides den i containeren mærket 'Plast'. Hvis genstanden består af flere plasttyper kan man skille dem ad, fx. ved at skrue låget af en flaske, så den efterfølgende sortering bliver lettere.

**3.** Containeren tømmes af et affaldsselskab, som enten selv foretager den videre behandling eller samler affaldet ind og fragter plasten til en affaldsbehandler, der oparbejder plasten.



# Plast analyse

Som du har læst i hæftet, er plast ikke bare plast. Ofte kan det dog være svært at kende forskel på plasttyperne, hvis plastemnet ikke er mærket. Garvede plastkendere kan ved at bøje, knække, brænde og vurdere overfladen komme med kvalificerede gæt, men det kræver en del erfaring. I mellemtiden kan du, ved at udnytte nogle af plastens grundlæggende fysiske og kemiske egenskaber og en systematisk fremgangsmåde, lære at kende forskel på de seks typer, vi har medtaget i PLAST LAB.

Proceduren benytter sig af følgende egenskaber: densitet, opløselighed, temperaturbestandighed og klorindhold.

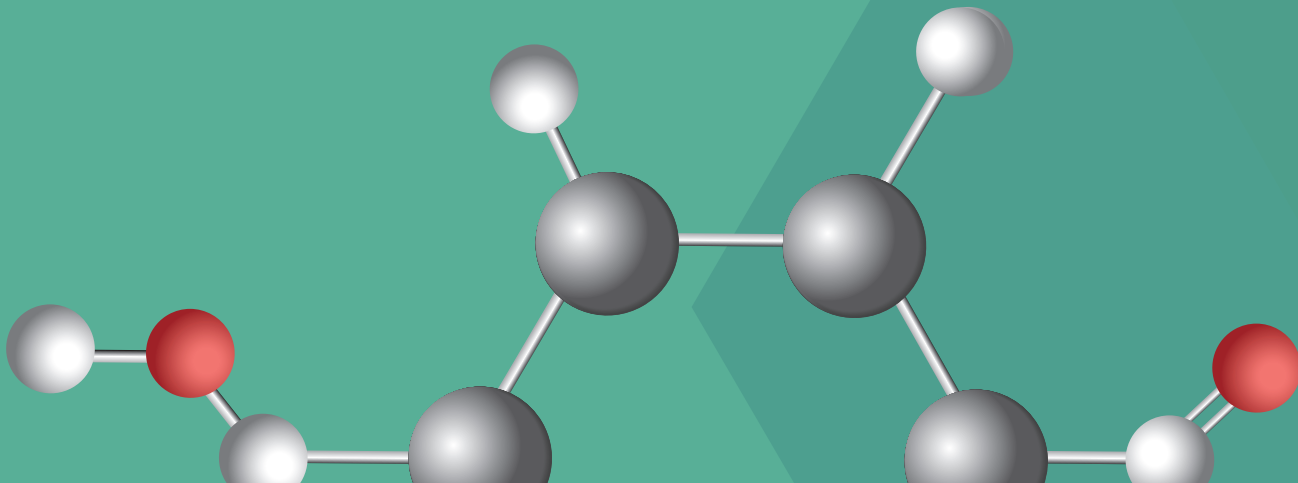
- Plasttypernes forskellige densitet, også kaldet massefylde, undersøges ved hjælp af flydeeksperimenter i væsker med forskellige densiteter.
- Plasttypernes opløselighed undersøges ved at afprøve plastens modstandsdygtighed overfor opløsningsmidlet acetone.
- Plastens eventuelle indhold af klor undersøges ved at afbrænde plasttypen på spidsen af en kobbertråd. Klor vil danne kobberchlorid  $\text{CuCl}_2$ , hvilket farver flammen grøn.
- Plastens temperaturbestandighed afprøves ved at opvarme materialet og presse det og dermed undersøge om, det er blevet blødere.

## Materialer og udstyr:

- De 6 prøver fra PLAST LAB kassen med forskelligt granulat
- Kobbertråde fra PLAST LAB kassen
- 250 ml bægerglas
- Bunsenbrænder
- Pincetter, tænger og skeer
- Kogende vand
- Rørepinde eller ispinde
- Acetone
- Isopropylalkohol (99%)
- Sikkerhedsbriller og handsker
- Vand
- Majsolie eller vindruekerneolie
- Evt. en smule frugtfarve

## Procedure:

Fremgangsmåden for plast-analysen er at gennemføre fem forskellige forsøg, der hver bidrager med viden om egenskaber og repræsenterer et punkt i diagrammet. Til slut kan man ved sammenligning af egenskaber og udelukkelsesmetoden bestemme plasttyperne. Man kan lave sin egen forsøgsprotokol og sammenholde med diagrammet. På denne måde lærer man både at bestemme plasttyperne og noget om deres individuelle egenskaber.

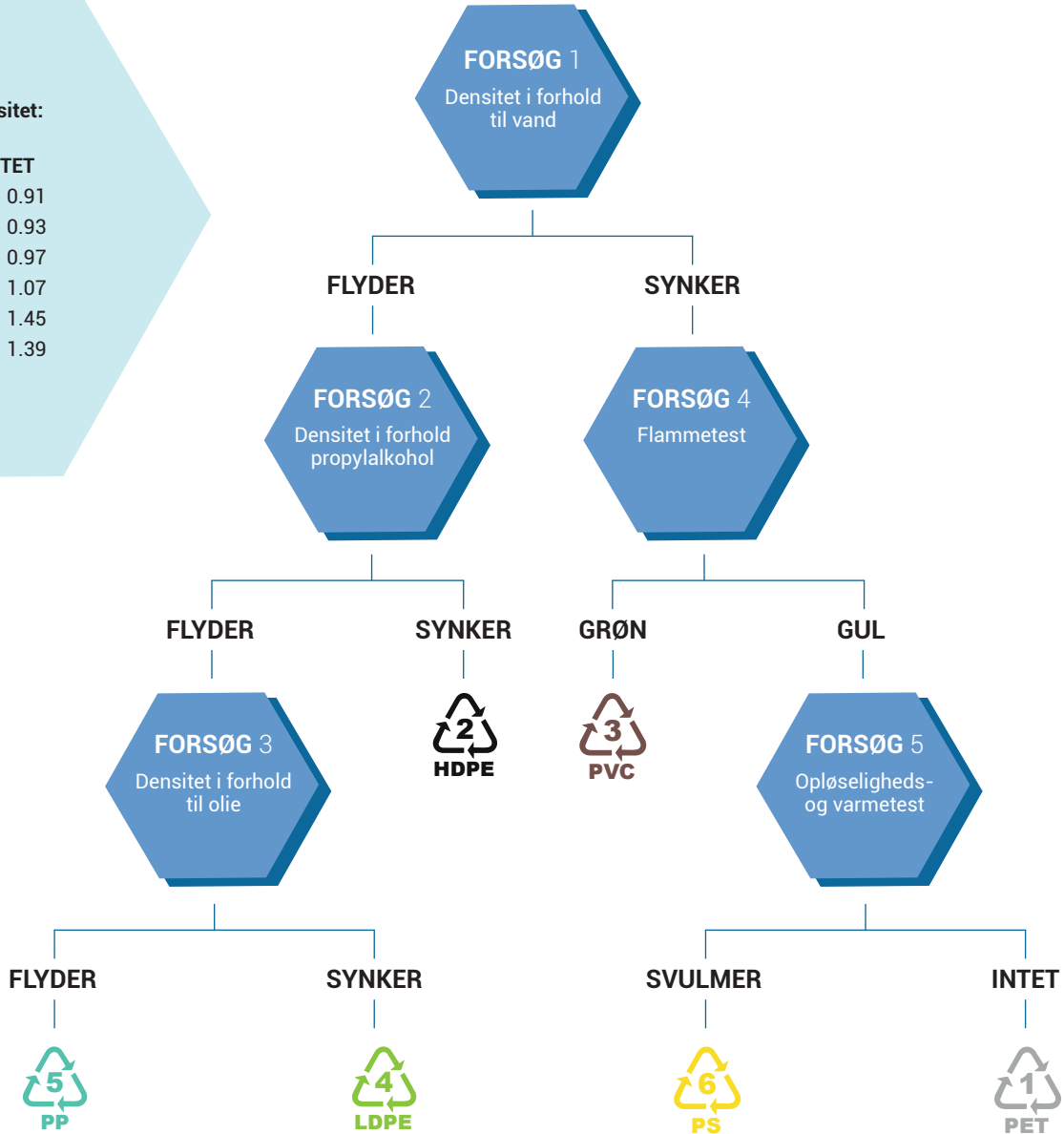




# Diagram over proceduren:

Tabel over  
plasttypernes densitet:

PLAST	DENSITET
PP	0.90 – 0.91
LDPE	0.91 – 0.93
HDPE	0.94 – 0.97
PS	1.04 – 1.07
PVC	1.35 – 1.45
PET	1.38 – 1.39



# Forsøg 1:

## Densitet i forhold til vand.



Første forsøg undersøger plastens densitet i forhold til vand. Densitet er vægten i forhold til rumfang (hvor meget noget fylder) og regnes ud efter følgende formel:  $\text{densitet} = \frac{\text{vægt}}{\text{rumfang}} (\text{cm}^3)$ .

Vands densitet er  $1 \text{ g/cm}^3$ . Stoffer med en densitet, der er større end vands, vil synke ned i vand, og stoffer med en densitet, der er mindre end vands, vil flyde.

I tabellen på side 17 er plasttypernes densitet anført og PET, PVC, og PS vil synke, eftersom deres densitet er højere end vands.

### Forsøget gennemføres på denne måde:

1. Fyld 100 ml vand i et 250 ml bægerglas. Put en smule af hver af granulatprøverne fra bøtte 1-6 i vandet.
2. Rør rundt med glassspatel, for undgå overfladespænding og for at fjerne boblerne, der kan sidde på stykkerne.
3. Observer plastprøverne. Noter om stykkerne flyder eller synker. Sammenlign med densitet-tabellen på side 17. Neoter observationerne. Du må ikke hælde granulat prøverne ud i vasken – de er uopløselige i vand! Tag i stedet granulatet op af vandet med fingrene, og gem det til senere.



## Forsøg 2:

### Densitet i forhold til isopropylalkohol.



Man kan sænke vands densitet ved at tilsætte alkohol. Her bliver blandingens densitet ca.  $0.93\text{g/cm}^3$  idet isopropanol har en densitet på  $0.785\text{g/cm}^3$ .

**Forsøget gennemføres på denne måde:**

1. Tag de tre typer granulat, der flød ovenpå i det forrige forsøg og brug dem i dette forsøg.
2. Bland 25 ml isopropylalkohol og 32 ml destilleret vand i et 250 ml bægerglas.
3. Tilsæt evt. farvestof for ikke at forveksle dette med glasset fra forsøg 1.
4. Rør rundt med en glasspatel.
5. Observer plastprøverne. Noter om stykkerne flyder eller synker.
6. Du må ikke hælde granulat prøverne ud i vasken – de er uopløselige i vand! Tag granulaterne op, evt. med en ske, og gem dem til senere. Bortskaf alkoholen ved at hælde den i beholderen med organisk flydende affald.



## Forsøg 3:

### Densitet i forhold til olie.



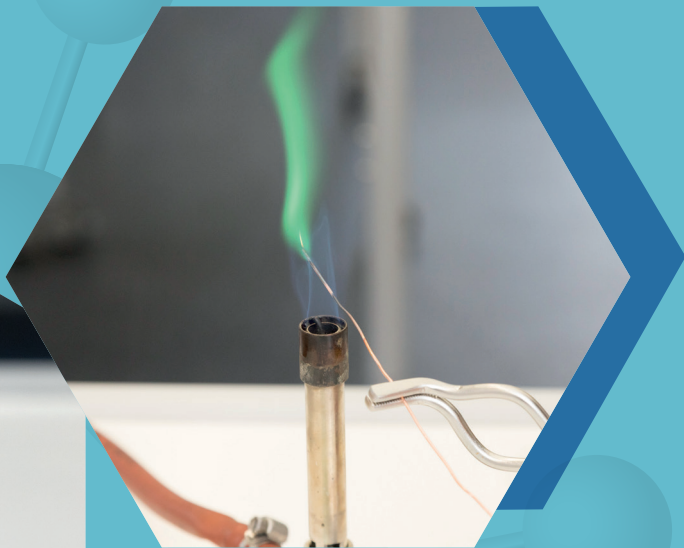
Det sidste densitetforsøg gennemføres med majsolie eller tilsvarende. Olien har en densitet på ca.  $0.92\text{g/cm}^3$  ved  $24^\circ\text{C}$ .

**Forsøget gennemføres på denne måde:**

1. Kom 50ml majsolie i et 250 ml bægerglas.
2. Tag de to stykker granulat, der flød ovenpå i det forrige forsøg og anbring dem i olien.
3. Rør rundt med en glasspatel.
4. Observer plastprøverne. Noter om stykkerne flyder eller synker.



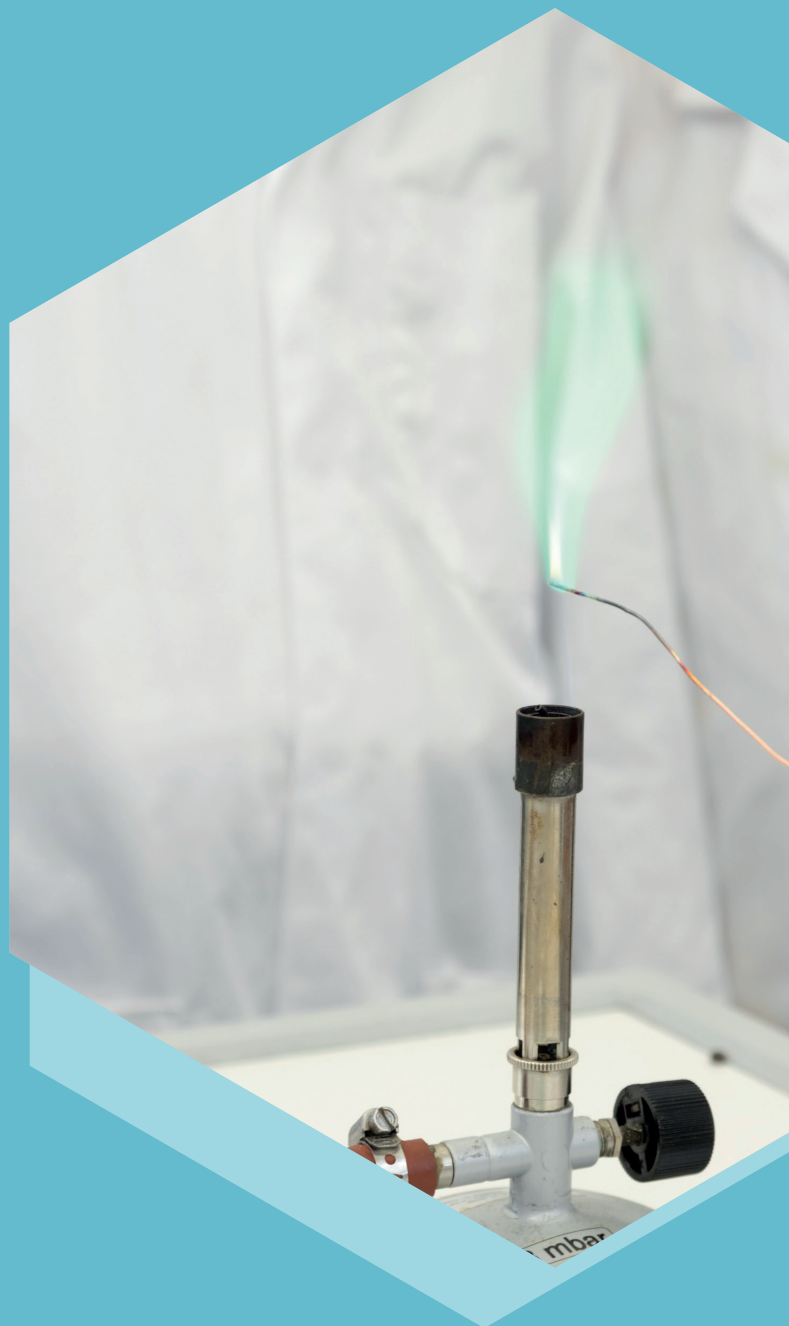
## Forsøg 4: Flammetest.



Som nævnt i indledningen indeholder PVC klor. Hvis klor afbrændes sammen med kobber dannes kobberklorid, der brænder med en klar grøn flamme.

**Forsøget gennemføres på denne måde:**

1. Brug en pincet til at holde en kobbertråd fra PLAST LAB ind i flammen på en bunsenbrænder indtil tråden er rødglødende.
2. Fjern forsigtigt tråden fra flammen og lad den rødglødende tråd røre et af de tre stykker granulat, der sank i forsøg 1, så en smule af plasten smelter fast på den. Dette udføres på brandfast underlag.
3. Anbring tråden i flammen, som nu vil farves enten orange eller klart grøn.
4. Sluk prøven i et bægerglas med vand for at stoppe brændingen og for at køle tråden ned. Noter dine iagttagelser.
5. Gentag forsøget med de to andre stykker granulat, der sank i forsøg 1, indtil du har identificeret hvilken, der er PVC.



## Forsøg 5:

### Opløseligheds- og varmetest.



Dette forsøg udnytter, at PS opløses af acetone, og at PET kan blødgøres af varme. Forsøget bør laves under udsugning og langt fra åben ild.

#### Forsøget gennemføres på denne måde:

1. Kom kogende vand i et 250 ml bægerglas.
2. Kom 25 ml acetone i et 250 ml bægerglas.
3. Placer de to typer granulat, der blev orange ved flammetest, i glasset med acetone.
4. Lad granulatet ligge i blød i acetone i et par minutter.
5. Kom derefter granulatet i det kogende vand.
6. Tag granulatet op igen og undersøg dem grundigt.
7. Hvad skete der med granulatet? Blev den ene plasttype mere påvirket af behandlingen end den anden?
8. Husk at skaffe jer af med acetonen ved at hælde den i beholderen med organisk flydende affald.

Kassér derefter prøven i en almindelig skraldespand.

Se mere på Plastindustriens hjemmeside



plast.dk

Du er nu nået til slutningen af forsøgene og hæftet. Vi håber, at du havde held med at identificere de seks plasttyper, og at du i det hele taget er blevet klogere på plastmaterialerne.

Omstillingen af vores affaldssystem til genbrug af plast kræver deltagelse af såvel forbrugere som industri. Derfor vil vi gerne sige tak for at du interesserer dig for plast og for dit bidrag til at gøre vores skoleelever klogere på materialet, omstillingen og deres rolle i den.

Vi håber også, du er blevet nysgerrig efter mere viden om de mange dygtige plastvirksomheder, der findes i Danmark. På vores hjemmeside [www.plast.dk](http://www.plast.dk) kan du se et kort med virksomhedernes beliggenhed. De er alle sammen glade for interesse fra omverdenen, og det kan ofte lykkes at få et besøg i stand, hvis I arbejder med plast i undervisningen og spørger i god tid.

På vores hjemmeside kan du også finde mere inspiration til undervisning indenfor plast. Du er meget velkommen til at indsende materiale, som du mener, at andre kan have glæde af i deres undervisning, eller ideer til yderligere materiale, ris og ros.

Sidst men ikke mindst: Hvis du har haft glæde af dette undervisningsmateriale, håber vi at du vil anbefale det til andre. De kan rekvirere materialet fra vores hjemmeside eller deltage på et af vore lærerkurser, hvor det udleveres.

Med venlig hilsen Plastindustrien.



# Overvej en uddannelse med plast

## Ingeniøruddannelse

Alle emnerne, der er behandlet i dette hæfte, både fremstilling af produkter i plast, genbrug af plast, forurening med plast og polymerkemi, er områder, hvor der i stigende grad er brug for mange dygtige medarbejdere i fremtiden. Hvis man vil foreslå elever et uddannelsesvalg, der peger i denne retning, kan man orientere dem mod ingeniørdisciplinerne. Både design-, maskin-, kemi- og miljøingeniører finder beskæftigelse med plastrelaterede emner.

Læs mere på [plasticengineering.dk](http://plasticengineering.dk)

## Faglært uddannelse

Der er også brug for mange dygtige faglærte, der ved noget om plast. På hjemmesideadressen nedenfor kan man lære mere om uddannelsen til plastmager, der er en højteknologisk faglært uddannelse, hvor arbejdsløsheden i mange år har været næsten nul. Plastmageren er den alsidige ekspert, der sørger for at produktionen kører perfekt i mange forskellige plastforarbejdende industrivirksomheder.

Læs mere på [blivplastmager.dk](http://blivplastmager.dk)

# Plastindustrien.

Brancheforeningen for danske plastvirksomheder

Vesterbrogade 1E, 3. · 1620 København V · Tlf. 33 30 86 30 · [pd@plast.dk](mailto:pd@plast.dk) · [www.plast.dk](http://www.plast.dk)

Følg med i Plastindustriens arbejde på de sociale medier:

[LinkedIn.com/company/plastindustrien](https://www.linkedin.com/company/plastindustrien)

Twitter: [@plastindustrien](https://twitter.com/plastindustrien)

Instagram: [Plastindustrien](https://www.instagram.com/plastindustrien)

