

PLASTLAB

Forsøg og fakta
om plast



**PLAST
INDUSTRIEN**

Brancheforening for danske plastvirksomheder

Praktisk vejledning til undervisere

PLASTLAB er en materialesamling til fysik- og kemilærere og andre undervisere, der ønsker at give deres elever en dybere forståelse af plast – fra kemi til anvendelse og genanvendelse.

Materialesamlingen består af et undervisningshæfte, der kombinerer praktiske forsøg med teoretisk indsigt, samt en kasse med materialeprøver klar til undervisning og forsøg. Det er oplagt at kopiere relevante dele af materialet, såsom faktaafsnit og forsøgsvejledninger, så dine elever har adgang til den nødvendige baggrundsviden og instruktioner undervejs.



Tak til vores sponsorer, der har været med til at gøre materialesamlingen mulig:

Controlled Polymers, Erteco Rubber & Plastics, Amcor Flexibles Denmark, Aage Vestergaard, Larsen, Primo Danmark, Genplast, Faerch Plast og Redivivus Polymers.

Alle rettigheder forbeholdes.

© Plastindustrien i Danmark

Vesterbrogade 1E, 3., 1620 København V.

www.plast.dk

3. oplag, 2025.

Redaktør: Mette Skovgaard Petersen

Forfattere: Rasmus Grusgaard

Foto: Colourbox, Plastindustrien, Mater, Shutterstock

Grafisk produktion: Media Print

Indholdsfortegnelse

Velkommen til PLASTLAB	4
Hvad indeholder PLASTLAB?	5
Hvad er plast?	6
Plastens historie	7
PET (Polyethylenterephthalat)	8
HDPE (High-density polyethylen)	9
PVC (Polyvinylchlorid)	10
LDPE (Low-density polyethylen)	11
PP (Polypropylen)	12
PS (Polystyren)	13
Andre plasttyper	14
ABS (Akrylnitril-butadien-styren)	15
PA (Polyamid)	16
PMMA (Polymetylmethakrylat)	17
Forstå plastens egenskaber og muligheder	18
Plastens strukturelle opbygning	19
Perspektiver på plast: Tag snakken med eleverne	20
Plastens vej i genanvendelsesprocessen	21
Forsøg med plast	22
Guide til forsøg - trin for trin	23
Forsøg	24
Bliv endnu klogere på plast	29
Karriereveje inden for plast	30

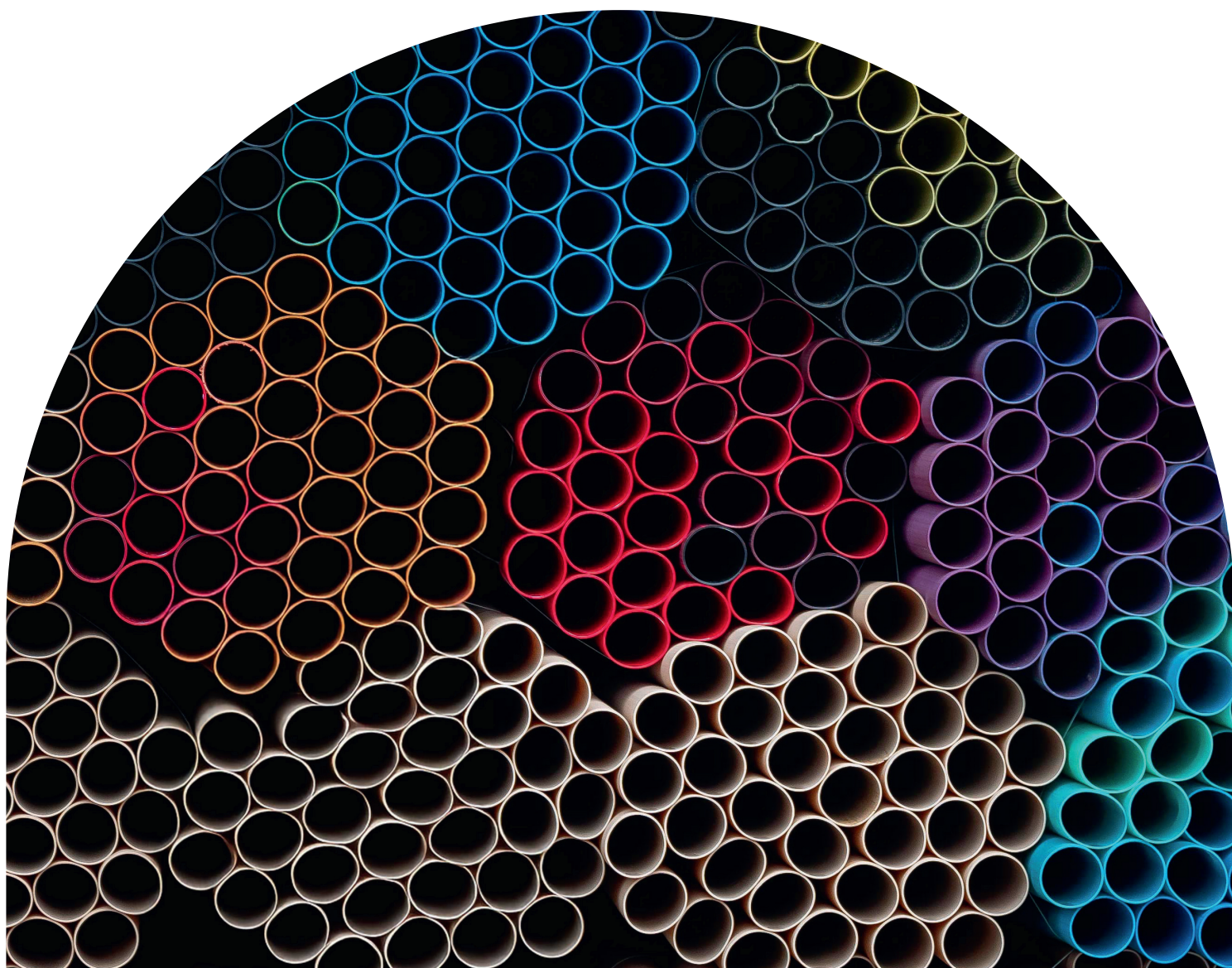
Velkommen til PLASTLAB

Plast er overalt omkring dig – fra LEGO-klodser og regntøj til emballage og fiskenet. Men hvordan fremstilles plast? Hvad sker der med det, når du er færdig med at bruge det? Og hvordan kan det genanvendes?

PLASTLAB er til dig, der vil vide mere om plast – hvad det er lavet af, og hvilke roller det spiller i vores hverdag. Du får en introduktion til syv af de vigtigste plasttyper – hvordan de bruges, hvad der sker med dem efter brug, og hvordan de kan få nyt liv gennem genanvendelse.

Du finder også forsøg og aktiviteter, der gør det nemt for dig at dykke ned i plastens verden og forstå, hvordan plast spiller en rolle i din hverdag. Til at udføre forsøgene finder du forskellige plasttyper i PLASTLAB-kassen.

God fornøjelse!
Plastindustrien



Hvad indeholder PLASTLAB?

I PLASTLAB-kassen finder du bøtter med de plasttyper, der er beskrevet i PLASTLAB-hæftet. Alle plasttyperne tilhører materialegruppen 'termoplast', som kan smeltes og formes ved opvarmning og størkner igen ved afkøling, hvilket gør det genanvendeligt. Genanvendelse indebærer sortering, vask, kværning, smeltning. Derefter presses platen gennem en form (ekstrudering), så den bliver til lange tråde, der klippes i små stykker kaldet granulat.

Alle bøtter i PLASTLAB-kassen indeholder genanvendt plast. De seks første plasttyper er standardtyper, som er kemisk simple og billige at fremstille. De tre sidste typer, mærket "Andre", omfatter mere avancerede og sjældnere plasttyper.

Alle plasttyperne er mærket med en RIC-kode (Resin Identification Code), en trekant af pile med et nummer i midten. Når du kigger på plastprodukter generelt, vil du se, at der er trekantede mærker på langt de fleste af dem. Formålet er at gøre det nemmere at sortere og genanvende plastprodukter efter brug.



Hvad er plast?

Plast er et fuldstændig menneskeskabt materiale, til forskel fra mange andre materialer, der findes naturligt. Hvis plast dukker op i naturen, skyldes det, at et menneske har efterladt det – ikke, at det er vokset frem eller udvundet fra en mine.

Plast er ikke ét enkelt materiale, men en hel familie bestående af flere end 700 forskellige typer, der kan opdeles i 18 grupper af polymerer. Disse plasttyper har vidt forskellige egenskaber og anvendelsesmuligheder. Her i hæftet bliver du præsenteret for de vigtigste af dem.

Formbarhed – nøglen til plastens succes
Ordet 'plast' stammer fra det græske ord 'plastikos', som betyder 'formbar'. Plastens formbarhed har været en afgørende faktor for dens udbredelse. Det har gjort det muligt at fremstille komplekse produkter i enorme mængder.

Hvor bruges plast?

- Som erstatning for materialer som metal, træ, papir, keramik og glas.
- I alt fra emballage og husholdningsartikler til elektronik og medicinsk udstyr.
- I transportindustrien, hvor plast reducerer vægt og energiforbrug.

EKSEMPEL

Plast har revolutioneret transportsektoren

Uden plast ville en gennemsnitlig personbil veje 330 kg mere, hvilket medfører en besparelse på ca. 3.000 liter benzin gennem bilens levetid. I flyindustrien er udviklingen endnu mere markant: Halvdelen af Boeing 787 Dreamlinerens vægt består af plast og plastkompositter. Dette bidrager til 20 % lavere brændstofforbrug.

Hvad er plast – kemisk set?

Kemisk set er plast opbygget af polymerer – lange, kædeformede molekyler, der består af mindre, men ens, enheder kaldet monomerer. Ordet polymer stammer fra det græske 'poly' (mange) og 'mer' (dele). Polymerer kan være enten:

- Syntetiske, som plast.
- Naturlige, som dem der findes i planter og dyrs væv.

Fra råolie til polymerer

Syntetiske polymerer fremstilles primært af råolie. Gennem en raffineringsproces udvindes monomerer, som derefter sammensættes til polymerer via polymerisation. Disse polymerer forarbejdes til forskellige plasttyper, som fx:

- Kompakte materialer, som dem der findes i PLASTLAB.
- Tekstilfibre, som bruges i tøj.

Hvad er polymerer?

- Polymerer består af lange molekylekæder (gentagne enheder af små byggesten kaldet monomerer).
- Naturlige polymerer findes fx i planter (cellulose) og i dyrs væv (proteiner).
- Syntetiske polymerer fremstilles industrielt og bruges i plast.

1862



DE FØRSTE PLASTPRODUKTER

Plastprodukter blev fremstillet for første gang i 1862. Siden da er plast blevet et uundværligt materiale i alt fra emballage og transportmidler til bygninger, sportsudstyr og avanceret medicinsk teknologi, der forbedrer vores livskvalitet. Den første plast blev fremstillet af cellulosefibre fra bomuld, der blev omdannet til cellulosenitrat, også kendt som celluloid. Det blev brugt til smykker, knivskafter, æsker, manchetter og flipper.

1938



NYLON OG RÅLIEBASEREDE PLASTTYPER

I midten af 1930'erne udviklede virksomheden DuPont nylon. I 1938–39 blev materialet for første gang solgt som fibre, der kunne bruges til at væve eller strikke stof. Nylonstrømper blev hurtigt en stor succes, fordi de var billigere at producere end silke. I samme periode begyndte forskere at forstå kemien bag plast, hvilket banede vejen for nye materialetyper. I 1930'erne blev plasttyper som polystyren, akrylplast (PMMA) og polyvinylchlorid (PVC) udviklet – alle baseret på råolie.

1950



REVOLUTIONERENDE GENNEMBRUD

I 1950'erne kom polycarbonat til, en stærk og gennemsigtig plast til sikkerhedsglas og teknologi, og i 1960'erne blev høj densitet polyethylen (HDPE) og polypropylen (PP) opfundet, som begge stadig er blandt de mest anvendte plasttyper.

1980



EKSTREME EGENSKABER

I 1980'erne og 1990'erne fortsatte udviklingen, og nye polymerer blev skabt til at løse særlige designopgaver. Disse materialer havde endnu mere ekstreme egenskaber og blev tilpasset specialiserede behov.

2010



FOKUS PÅ GENANVENDELSE

Siden 2010'erne har genanvendelse af plast været et vigtigt fokusområde. I dag findes metoder til at sortere, rense og genbruge plast bedre end før – både mekanisk og kemisk.

Gamle plastflasker kan fx blive til tøj, og fiskenet kan genanvendes til badetøj. Genanvendelse er en vigtig del af den cirkulære økonomi, hvor ressourcer bruges igen og igen. Med de rigtige løsninger kan plast fortsat være et vigtigt og bæredygtigt materiale i vores hverdag.

1909



BAKELIT

I 1909 blev den første syntetiske plast Bakelit opfundet. Det var fremstillet af stenkulstjære og blev brugt til isolering af elektriske installationer, fotografiapparater og de første radioer. Det banede vejen for moderne plast og satte skub i den industrielle plastrevolution.

1940



PLASTUDVIKLINGEN TAGER FART

I 1940'erne blev mange af de vigtigste plastmaterialer introduceret, blandt andet lav densitet polyethylen (LDPE), polyuretan, teflon, polyester, silikoner og epoxyharpiks.

1970



3. GENERATION AF PLAST

I 1970'erne blev polyamider og polyacetat udviklet som en del af tredje generation af plastmaterialer. Disse byggede videre på tidligere opdagelser og forbedrede egenskaber inden for fleksibilitet og holdbarhed.

2000



FOKUS PÅ BIOBASEREDE PLASTTYPER

I de seneste årtier har forskningen fokuseret på plast baseret på biobaserede råvarer. Dette har ført til udviklingen af biobaserede varianter af kendte plasttyper og helt nye materialer. Selvom disse processer endnu ikke er lige så effektive som traditionelle, er der stort fremtidig potentiale gennem fortsat forskning.

2020



NYE RÅSTOFFER

I 2020'erne begynder kemisk industri at erstatte råolie med nye kilder: olie fra plastaffald via pyrolyse og biologiske restprodukter som fx brugt fritureolie. Produktionen styres gennem massebalance, der sikrer regnskab for de bæredygtige råvarer. Samtidig udvikles Power-to-X-teknologier, hvor grøn strøm omdannes til nye kemiske byggesten til plast.

PET (Polyethylen-terephthalat)



Bruges til:

Hver dag møder du PET i mange former og størrelser, fra sodavandsflasker og kødbakker til transparent salatemballage. PET er en af de mest anvendte plasttyper i emballageindustrien, fordi den har gode egenskaber i sin rene form, uden behov for tilsætningsstoffer. Dens styrke, stivhed og lette vægt gør den også velegnet til produktion af fleecetøj, fiberfyld til soveposer og dynejakker samt dele til biler.

Kemien bag:

PET er en polymer, der fremstilles af ethylenglykol og terephthalsyre. Materialet er delkrystallinsk, hvilket betyder, at det har områder med krystallinsk struktur. Dette giver PET høj styrke, varmebestandighed og gode barriereegenskaber, der holder aroma og kuldioxid inde og ilt ude.

Der findes flere varianter af PET:

- APET: Klar og fleksibel, bruges til gennemsigtige emballager.
- CPET: Delkrystallinsk og varmetolerant, anvendes til mikrobølgeemballage.
- RPET: Genanvendt PET, lavet af flasker og bakker.

Genanvendelse:

PET er en af de mest genanvendte plasttyper. Flasker og andet PET-affald indsamles, vaskes og kværnes i små stykker, der bruges som granulat eller flakes til nye produkter, som emballage, som fx nye flasker, kødbakker og plastikbånd, fibre til fx fleecetøj, puder og tæpper og dele til biler.

Indsamlet PET sorteres, vaskes og kværnes. Derefter smeltes materialet og formes til nye produkter. PET's delkrystallinske struktur gør det velegnet til genanvendelse, da det tåler gentagen opvarmning uden at miste kvalitet.



HDPE (High-density polyethylen)



Bruges til:

HDPE bruges i mange hverdagsprodukter, herunder engangsplastposer, hulahopringe og de velkendte blå-røde legetøjscootere til børn. Materialet findes også i rør til drikkevand og gas samt flasker og dunke til mælk og olie. HDPE er særligt velegnet til produkter med direkte fødevarerkontakt, da det er ugiftigt og aromafast.

Kemien bag:

HDPE står for High-Density Polyethylen og er en del af den store polyethylen-familie – verdens mest anvendte plast – på grund af sin alsidighed og lave pris. HDPE har en næsten helt lineær molekylstruktur uden sidekæder, hvilket giver materialet en tæt pakning og dermed høj densitet, stivhed og styrke. I modsætning til LDPE, som har mange sidekæder og derfor er blødere og mere fleksibel, er HDPE mere holdbart og modstandsdygtigt. Materialet er delkrystallinsk, hvilket giver det en naturlig uigennemsigtig, hvidlig farve.

Genanvendelse:

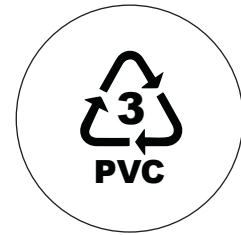
HDPE kan genanvendes til mange nye produkter. Fx har man i Vejle Kommune omdannet 80.000 gamle skraldespande til granulat og brugt det til nye plastprodukter hos plastvirksomheden Aage Vestergaard Larsen i Mariager.

Genanvendt HDPE bruges ofte som kværnede stykker, også kaldet 'kværn', i stedet for pellets, hvilket sparer energi. Produkter fremstillet af genanvendt HDPE omfatter skraldespande, plastpaller, legetøjscootere og hulahopringe.

Sort HDPE kan ikke gøres hvid igen, og plast, hvor man ikke kender oprindelsen, bruges ikke til følsomme produkter som legetøj. Derfor anvendes genanvendt HDPE primært til mørke og robuste produkter som skraldespande og plastpaller.



PVC (Polyvinylchlorid)



Bruges til:

PVC findes i mange ting: vinylgulve, voksduge, regnjakker og haveslanger, som ofte er lavet af PVC. Det bruges også til tagrender, rør, vinduer og til livsvigtige medicinske produkter som blodposer og katetre.

PVC kan både være hårdt og blødt, afhængigt af tilsætningen af blødgørere. Hård PVC er vejrbestandig og bruges i byggeriet, mens blød PVC anvendes i produkter som badedyr, regnjakker, vinylgulve og medicinsk udstyr som blodposer og katetre.

Kemien bag:

PVC står for polyvinylchlorid og er den tredje mest anvendte plasttype i verden efter polyethylen (PE) og polypropylen (PP). Materialet er en polymer, hvor mere end halvdelen af råstoffet stammer fra almindeligt salt – herfra kommer klorindholdet, som giver PVC sine særlige egenskaber.

Klorens høje elektronegativitet gør materialet naturligt stift, men ved at tilsætte blødgørere kan PVC omdannes til et fleksibelt materiale. Denne egenskab gør PVC unikt blandt plasttyper. Farven er som udgangspunkt uklar, men kan nemt indfarves efter behov.

Genanvendelse:

PVC bevarer sine egenskaber godt ved genanvendelse, og Danmark er blandt de lande, der genanvender mest. Det skyldes blandt andet, at industrien tidligt blev forpligtet til at indsamle materialet i stedet for at sende det til forbrænding. Når PVC brændes, dannes der nemlig saltsyre og dioxin på grund af klorindholdet. Før i tiden kunne røgen ikke renses effektivt, men moderne anlæg er nu udstyret med den nødvendige teknologi. Samtidig har PVC-industrien udviklet et omfattende indsamlings- og genanvendelsesprogram, som i dag sikrer, at store mængder kan bruges igen – blandt andet til rør, tagrender, kabler og vinduesprofiler, både i hård og blød PVC.

LDPE (Low-density polyethylen)



Bruges til:

LDPE (Low-density polyethylen), også kendt som PELD, bruges i mange hverdagsprodukter. Det findes blandt andet i plastbæreposer, affaldssække, dybfrostemballage og seks-pak-holdere til øl og sodavand. LDPE anvendes desuden som folie til landbrug og gartnerier samt som plastfilm til emballage. Derudover bruges materialet som et tyndt lag på indersiden af fx drikkekartoner til mælk og juice for at forhindre væsken i at trænge igennem. Endelig anvendes LDPE også til flasker, bøtter, dunke, rør og skum, der bruges som indlæg i papkasser.

Kemien bag:

LDPE adskiller sig fra HDPE ved at have mange korte sidekæder på de lange polymerketyler. Dette gør materialet mindre kompakt og blødere, men samtidig mere modstandsdygtigt over for at blive revet itu på tværs af kæderne.

Du kan observere forskellen mellem LDPE og HDPE ved at trække i strimler af de to materialer og se deres reaktioner – find forsøget på www.plast.dk.

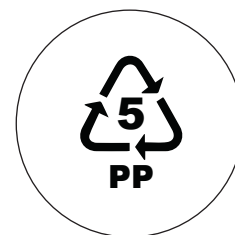
Genanvendelse:

Genanvendt LDPE bruges ofte til flasker og dunke til fx shampoo, balsam og flydende sæbe, når materialets kvalitet og farve er tilstrækkelig høj. Det anvendes også i træ-kompositplanker til terrasser og udendørs konstruktioner samt i havemøbler som bænke og hegn. Derudover bruges genanvendt LDPE i en række andre robuste produkter, hvor materialets styrke og vejrbestandighed er en fordel.

Hos Letbæk Plast i Tistrup genanvendes LDPE fra blandt andet plastposer og kunstgræsbaner. Materialet renses og smeltes om til produkter som vejspæle, kabelrør og mange andre produkter.

Nogle virksomheder anvender blandet plastmateriale, kaldet agglomerat, der kombinerer polyethylen og polypropylen med ukendte blandingsforhold. Det bruges til grove plastprodukter som hegnspæle, stolper og bjælker til støjskærme langs motorveje. Det er en god løsning til plastaffald, hvor typesorteringen ikke er i top, og produkterne holder ofte længere end tilsvarende i træ.

PP (Polypropylen)



Bruges til:

PP (Polypropylen) er en alsidig plasttype, der bruges i et bredt udvalg af produkter. Den findes i emballage til fersk kød, færdigretter til mikroovnen, tæpper, måtter, kar, beholdere, møbler, sportstøj, kofangere, plastposer og meget mere.

PP er særlig populær til produkter med plathængsler, fx låget på TicTac-æsker og emballager med 'snap'-funktioner. Den bruges også til feta- og yoghurtbøtter, da lågene kan åbnes og lukkes mange gange uden at miste tætheden.

Kemien bag:

PP har en rimelig god temperaturbestandighed, hvilket gør den egnet til køkkenartikler, der bruges til let opvarmning, samt produkter til medicinsk anvendelse, der kræver sterilisering.

Materialet absorberer ikke væske og har en god kemisk bestandighed, hvilket gør det ideelt til komponenter i levnedsmiddel- og kemisk industri, vaskemaskiner og rørsystemer.

PP bruges også som tekstilfiber, der spindes til tråd og væves til stof. Tekstil af PP er modstandsdygtigt over for kroppens kemi og sved og kan vaskes rent ved lave temperaturer. Det skyldes, at PP er vandskyende og derfor svedtransporterende snarere end optagende. Den egenskab gør PP populær i produktionen af sportstøj.



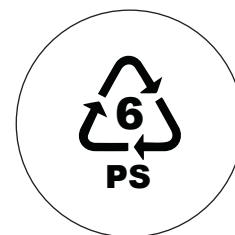
Farven er naturligt uklar, som hos andre delkrystallinske plasttyper, men PP kan indfarves i alle farver og fremstilles i helt klare varianter.

Genanvendelse:

Genanvendt PP bruges ofte til gulvtæpper, tøj, industrielle fibre, skærebrætter, koste, spande og forskellige typer beholdere. Materialet anvendes desuden i mange tekniske komponenter, hvor dets styrke og kemiske resistens er en fordel.

Andelen af genanvendt PP i forbrugerprodukter er stigende, og i dag kan dele af fx støvsugere, kaffemaskiner og andet husholdningsudstyr være fremstillet af genanvendt PP. På den måde bliver plasttypen en vigtig ressource i den cirkulære økonomi, hvor materialer bruges igen og igen.

PS (Polystyren)



Bruges til:

Polystyren er en plasttype, som mange kender fra engangsservice som kaffekopper, engangsglas og sushi-emballage med sort underdel og gennemsigtigt låg. Den bruges også i yoghurtbægre, laboratorieudstyr, beskyttelsesemballage og som isoleringsmateriale i bygninger.

Varianter: PS findes i tre hovedformer med forskellige egenskaber og anvendelser:

GPPS (General Purpose Polystyren) – en glasklar og stiv plast, der bruges til fx laboratorieudstyr, blisterpakker og gennemsigtige beholdere. Den har en glat overflade og er modstandsdygtig over for røntgenstråling, men tåler ikke høje temperaturer.

HIPS (High-Impact Polystyren) – tilsat gummi, som giver øget slagstyrke. Den er mat og uigennemsigtig og anvendes til yoghurtbægre, elektronikkabinetter samt indersider i køle- og fryseskabe.

EPS (Expanded Polystyren) – opskummet og bestående af 95–98 procent luft. Det gør materialet meget let og velegnet til isolering i bygninger, termokasser og engangskopper. Et kendt handelsnavn er Flamingo.

Kemien bag:

Polystyren er opbygget af lange kæder af monomeren styren. De tre varianter har samme kemiske grundlag, men struktur og tilsætninger giver forskellige egenskaber: GPPS er klar og stiv, HIPS er slagfast og mat, og EPS har en cellefyldt struktur med høj isoleringsevne. Ingen af varianterne tåler varme væsker, hvilket fx ses, når en PS-kop mister form under påvirkning af varmt vand.

Genanvendelse:

Polystyren kan genanvendes til nye produkter inden for samme kategori – fx engangskopper, fødevareremballage og æggebægre.

Derudover bruges genanvendt PS til bygningsisolering, skumbeskyttelse i emballage og plastlister til billedrammer.



Andre plasttyper

Ud over de seks standardplasttyper (PET, HDPE, PVC, LDPE, PP og PS) findes en syvende kategori i genanvendelsessystemet, kaldet 'Andre plasttyper'. Denne kategori dækker alle plasttyper, der ikke falder ind under standardkategorierne, og udgør mindst en fjerdedel af det samlede plastforbrug.

Bruges til:

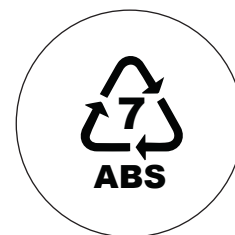
De plasttyper, der hører til "andre", er ofte højt specialiserede og anvendes til produkter med særlige krav. Eksempler inkluderer:

- **PTFE:** Kendt som teflon, bruges til slip-let belægning på stegepander.
- **PEEK:** Anvendes i implantater.
- **PI:** Bruges i visirer og andre komponenter til rumindustrien.
- **PA:** Erstatte mange metaller i industrien.
- **PLA:** En populær biobaseret plast.
- **PMMA:** Bruges til lamper, skilte og hospitalsudstyr

Disse plasttyper er illustreret i 'Plastpyramiden' på side 18. Brug den som udgangspunkt til at undersøge disse materialer yderligere. Du kan se eksempler på 'Andre plasttyper' på de næste sider.



ABS (Akrylnitril-butadien-styren)



Et kendt eksempel fra kategorien 'Andre plasttyper' er ABS. Mange danskere genkender ABS fra LEGO-klodser, men det bruges også i husholdningsartikler, forbrugerelektronik som keyboards til computere og i bilindustrien.

Kemien bag:

Kemisk set er ABS en terpolymer, der er sammensat af tre forskellige monomerer:

- Styren: Giver en flot overfladeglans.
- Butadien: Sikrer sejhed og slagstyrke, kendt fra gummi.
- Akrylonitril: Tilføjer kemisk resistens og binder materialet sammen.

Denne kombination gør ABS særligt velegnet til produkter som LEGO-klodser, der skal kunne tåle gentagen samling og adskillelse.

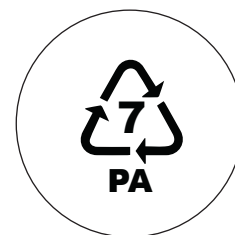
Genanvendelse:

ABS genanvendes i nogle industrier som et 'closed loop'-system, hvor producenter genbruger plast fra deres egne udtjente produkter. Det kan blandt andet være computerhardware, kaffemaskiner og støvsugere.



En anden spændende anvendelse af genanvendt ABS er som filament til 3D-print. Her omdannes rensed og indsamlet ABS til tråde, der bruges i 3D-printere til at skabe nye produkter.

PA (Polyamid)



PA – også kaldet nylon – er en stærk og slidstærk plast, der bruges i mange tekniske og industrielle produkter. Det egner sig godt til ting, der bliver udsat for slid og bevægelse, som fx tandhjul, skruer, rør og lejer i maskiner.

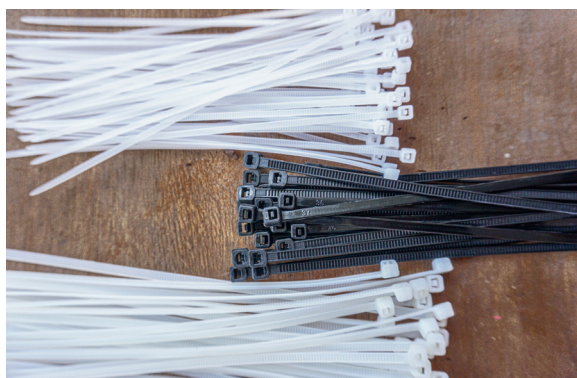
Man bruger også PA i elektrisk værktøj, forskellige bildele og i tekstiler. Det kender mange især fra nylonstrømper, sportstøj og andre produkter, hvor stoffet skal være både let og slidstærkt.

Kemien bag:

Polyamid (PA) er en plasttype opbygget af lange kæder af molekyler, der holdes sammen af amidbindinger. Disse bindinger giver materialet en kombination af styrke, sejhed og elasticitet. Strukturen gør PA modstandsdygtigt over for varme, tryk og slid, og derfor er det et oplagt valg til dele, der skal bevæge sig, holde længe og fungere i krævende miljøer.

Genanvendelse:

PA kan genanvendes, men det er mere besværligt end med fx plastflasker, fordi materialet ofte indgår i tekniske produkter, der er sammensat af flere materialer og derfor svære at skille ad. Når PA genanvendes, bruges det typisk til produkter, hvor kravene til præcision ikke er så høje – som plastpaller, kabelrør eller byggekomponenter. Der findes også eksempler, hvor gamle fiskenet bliver omdannet til nyt tøj som badetøj eller tæpper, men det kræver særlig behandling og sortering. Det PA-materiale, du finder i PLASTLAB, stammer fra de blå toppe på gasflasker, som er indsamlet og genanvendt.



PMMA (Polymethylmethakrylat)

**Bruges til:**

PMMA – også kendt som akryl eller plexiglas – er en klar og hård plast, der ofte bruges som erstatning for glas. Man finder det i mange hverdagsting som fx lamper, skilte, billygter, butiksvinduer og beskyttelseskærme.

Fordi det er gennemsigtigt, let og ikke splintrer som glas, bruges det også i medicinsk udstyr og i optiske produkter, fx brilleglas eller linser.

Kemien bag:

PMMA er en polymer, der er opbygget af gentagne enheder af monomeren methylmethacrylat. Denne struktur giver materialet dets særlige kombination af høj gennemsigtighed, stivhed og modstandsdygtighed over for UV-stråling. I

mod sætning til glas kan PMMA let bearbejdes: det kan skæres, poleres, formes og farves uden at miste sin klarhed. Materialets kemiske opbygning gør det samtidig modstandsdygtigt over for mange kemikalier, hvilket forklarer dets udbredelse i både tekniske og optiske anvendelser.

Genanvendelse:

PMMA kan genanvendes, men processen kræver som regel, at materialet er forholdsvis rent for at bevare de optiske egenskaber. Brugt PMMA kan kværnes og smeltes om til nye produkter, som ofte bliver til skilte, plader, plastvinduer eller tekniske dele. Da materialet er relativt værdifuldt, indsamles det nogle steder i lukkede kredsløb, hvor resterne genbruges direkte i nye produkter.



Forstå plastens egenskaber og muligheder

Her ser du plastpyramiden. Den giver et overblik over plasttyper og viser spændet fra de mest udbredte og billige materialer til de mere specialiserede og kostbare. Pyramiden illustrerer især forskelle i pris, ydeevne og typisk brugstemperatur. Nederst finder man de billige standardplaster til hverdagsbrug, mens man øverst finder high-performance-plasterne, der kan tåle ekstreme temperaturer og kemiske påvirkninger. Pyramiden giver overblik og kan være en hjælp til at vælge den rette plasttype – fra en almindelig plastpose til avancerede komponenter i en flymotor.

Hverdagsplast

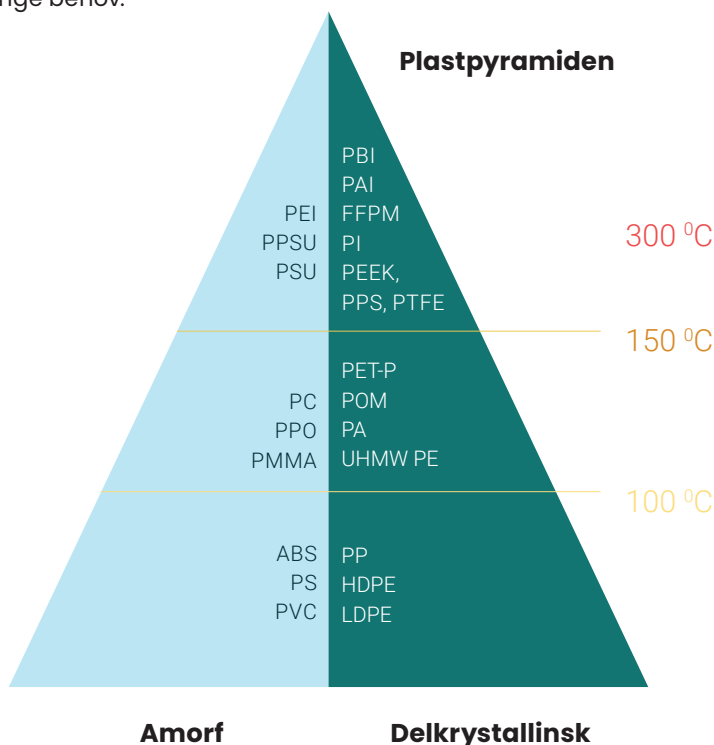
Nederst i pyramiden findes standardplasttyperne – de materialer, vi møder hver dag, som bruges til alt fra emballage til legetøj. De er billige, nemme at producere og dækker mange behov.

Konstruktionsplast

I midten ligger konstruktionsplast, som er mere avancerede materialer med bedre ydeevne. Disse plasttyper kan tåle højere temperaturer, er stærkere og bruges fx i biler og byggeri.

High-Performance Plast

Øverst findes de mest avancerede plasttyper, som bruges i krævende applikationer som medicinsk udstyr og rumfart. De kan tåle ekstreme temperaturer og kemiske påvirkninger.



Plastens strukturelle opbygning

Når vi taler om plasttypernes egenskaber, spiller deres strukturelle opbygning en central rolle. Begreber som del-krystallinsk, amorf, sidekæder og lineær beskriver molekylernes orientering i materialet og er afgørende for plastens fysiske egenskaber.

Amorf og delkrystallinsk plast

En af de vigtigste forskelle mellem plasttyper er, om de er amorfe eller delkrystallinske. Derfor er plastpyramiden opdelt lodret for at vise, hvordan strukturen påvirker egenskaber og anvendelsesmuligheder.

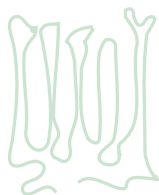
PRØV SELV – LÆR AT GENKENDE PLASTTYPER

Når du støder på plastgenstande i din hverdag – fx en pose, interiøret i en bil eller en LEGO-klods – kan du forsøge at typebestemme materialet. Kig efter genanvendelsesmærket, en trekant med et tal, som hjælper med at identificere plasttypen.

Vil du gå mere analytisk til værks? Her i materialesamlingen finder du detaljerede forsøg, som viser, hvordan man bestemmer plasttyper ud fra deres fysiske egenskaber. Forsøgene kan udføres både med plast fra PLASTLAB og med genstande, du selv finder.



Amorf



Delkrystallinsk

Amorf plast: Molekylerne er kaotisk orienteret, hvilket giver materialet en transparent kvalitet.

Delkrystallinsk plast: Har områder med krystallignende struktur, som gør materialet stærkere, men også uigennemsigtigt. Krystalliniteten blokerer lyset og bidrager til plastens mekaniske styrke.

Perspektiver på plast: Tag snakken med dine elever

Cirkulær økonomi: Vejen frem

Plast spiller en central rolle i den aktuelle diskussion om cirkulær økonomi – en økonomi, hvor råmaterialer holdes i kredsløb så længe som muligt. I modsætning til den lineære økonomi, hvor materialer ofte ender som affald, fokuserer cirkulær økonomi på genbrug og genanvendelse. I Danmark har vi tradition for at udnytte affald til energi, men skiftet mod mere genanvendelse, især af plast, er i fuld gang. Skraldespande til plastsortering i husholdninger er et synligt bevis på denne omstilling.

Fremtidens emballage

Emballage udgør en stor del af plastforbruget, og derfor er det afgørende, at fremtidens emballage designes med fokus på genanvendelse. Et vigtigt skridt i den retning er at begrænse antallet af plasttyper i samme emballage. Når emballage består af færre eller kun én plasttype, bliver det lettere at sortere og genanvende materialet. Derfor er designfasen afgørende for at sikre, at plast kan genbruges på den mest effektive måde.

De virksomheder, der producerer plastprodukter, arbejder aktivt på at udvikle emballage, der kan indgå i genanvendelsessystemet. Som forbruger kan du bidrage ved at vælge produkter med emballage, der tydeligt er mærket som genanvendelig, eller som er fremstillet af genbrugsplast. Disse valg støtter den nødvendige omstilling og sender et signal til producenterne om vigtigheden af bæredygtig emballage.

Er emballage nødvendigt?

Spørgsmålet om plastemballage er ofte til debat. Plast beskytter fødevarer og forlænger deres holdbarhed, hvilket mindsker madspild – en større miljøbelastning end selve emballagen. En enkelt plastindpakning kan retfærdiggøres, hvis den forhindrer spild af fx en oksebøf, der kræver langt flere ressourcer at producere.

Plast i naturen og mikroplast

Plastforurening er et emne, som optager mange elever – ofte med fokus på de områder i verdenshavene, der populært kaldes plastøer. De er ikke egentlige øer, men områder, hvor plastaffald og især små plastpartikler samler sig på grund af havstrømme. Plastens holdbarhed og lave vægt er fordele i brug, men problematiske, når materialet ender i naturen, hvor det nedbrydes meget langsomt. I mange lande mangler der effektive affaldssystemer, hvilket bidrager til ophobning i miljøet.

Mikroplast er en anden udfordring. Det dannes, når plast slides ned i små partikler, eller når det tilsættes bevidst i produkter som kosmetik. Industrien arbejder på at finde alternativer til mikroplast og på at udvikle teknologier, der kan forhindre, at plastpartikler havner i naturen – fx ved at reducere slid fra bildæk og tekstiler.

Plastens vej i genanvendelsesprocessen

Genanvendelse af plast fra udtjente produkter i nye varer er en vigtig del af omstillingen til en cirkulær økonomi. Her kan du se de forskellige trin i processen:

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

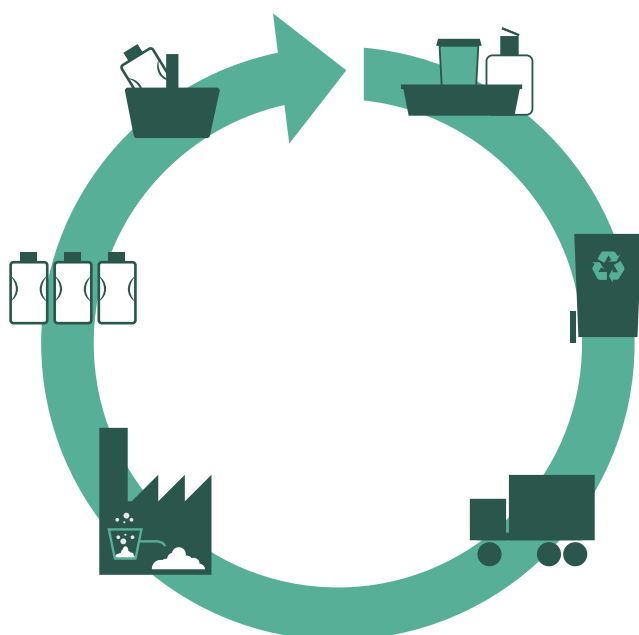
Når plastproduktet har udtjent sin funktion, skal det bortskaffes korrekt. Forbrugeren bør tømme emballagen, skylle den let og smide den i beholderen mærket Plast. Tidligere var det nødvendigt at skrue låget af flasker for at lette sorteringen, men i dag er mange låg fastgjort til emballagen, så de kan indsamles sammen med resten af produktet.

3. Indsamling af plastaffald

Affaldsselskaber tømmer plastbeholdere og enten behandler affaldet selv eller sender det videre til specialiserede affaldsbehandlere.

4. Sortering og vask

Hos affaldsbehandleren vaskes og sorteres plasten flere gange for at fjerne urenheder og adskille materialerne efter type. De mest gængse plasttyper (som PE, PP eller PET) sorteres ved hjælp af sensorer, men også andre typer kan



identificeres. Herefter oparbejdes plasten til granulat eller sælges som plast i grovere stykker, kaldet 'kværn'. Disse stykker bruges i produktioner, der stiller lavere krav til materialets renhed og sparer energi ved at undgå unødvendig opvarmning.

5. Produktion af nye produkter

Den sorterede plast sælges til fabrikker, hvor den omdannes til nye genstande. Renheden af plasten – fri for urenheder og ensartet i typen – afgør, hvilke produkter den kan anvendes til. Ren plast er mere værdifuld og alsidig, mens blandet eller snavset plast har færre anvendelsesmuligheder.

6. Genanvendte produkter på markedet

Når produkterne af genanvendt plast er fremstillet, sendes de til salg. Nogle virksomheder fremhæver genanvendelsen som en del af deres markedsføring, mens andre gør mindre opmærksom på det. I fremtiden kan man forvente, at genanvendt plast bliver standardvalget, når det er muligt.

VIDSTE DU AT....

.... I 2023 blev der indsamlet 91.000 ton plastaffald til genanvendelse, hvilket svarer til en stigning på 18 procent siden 2022 og 119 procent siden 2016.

Kilde: Danmarks Statistik, 2023.

Forsøg med plast

Undersøg plastens egenskaber – lær at kende plasttyper gennem forsøg. Plast findes i mange varianter med forskellige egenskaber. Ved hjælp af enkle forsøg kan man undersøge materialernes tæthed, opløselighed, varmebestandighed og andre kendetegn. Denne introduktion viser, hvordan du kan bruge PLASTLAB til at bestemme plasttyper gennem praktiske eksperimenter.

Ved at gennemføre materialesamlingens forskellige forsøg, kan du:

- Lære at skelne mellem plasttyperne.
- Få indsigt i deres densitet, opløselighed, temperaturbestandighed og klorindhold.
- Udvikle dine egne metoder til plastanalyse ved hjælp af en forsøgsprotokol og diagrammer

DET SKAL DU BRUGE

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

Fremgangsmåde

Gennemfør forsøgene i rækkefølge og noter dine observationer for hver egenskab. Når alle forsøg er gennemført, kan du ved hjælp af udelukkelsesmetoden og diagrammer bestemme plasttyperne.

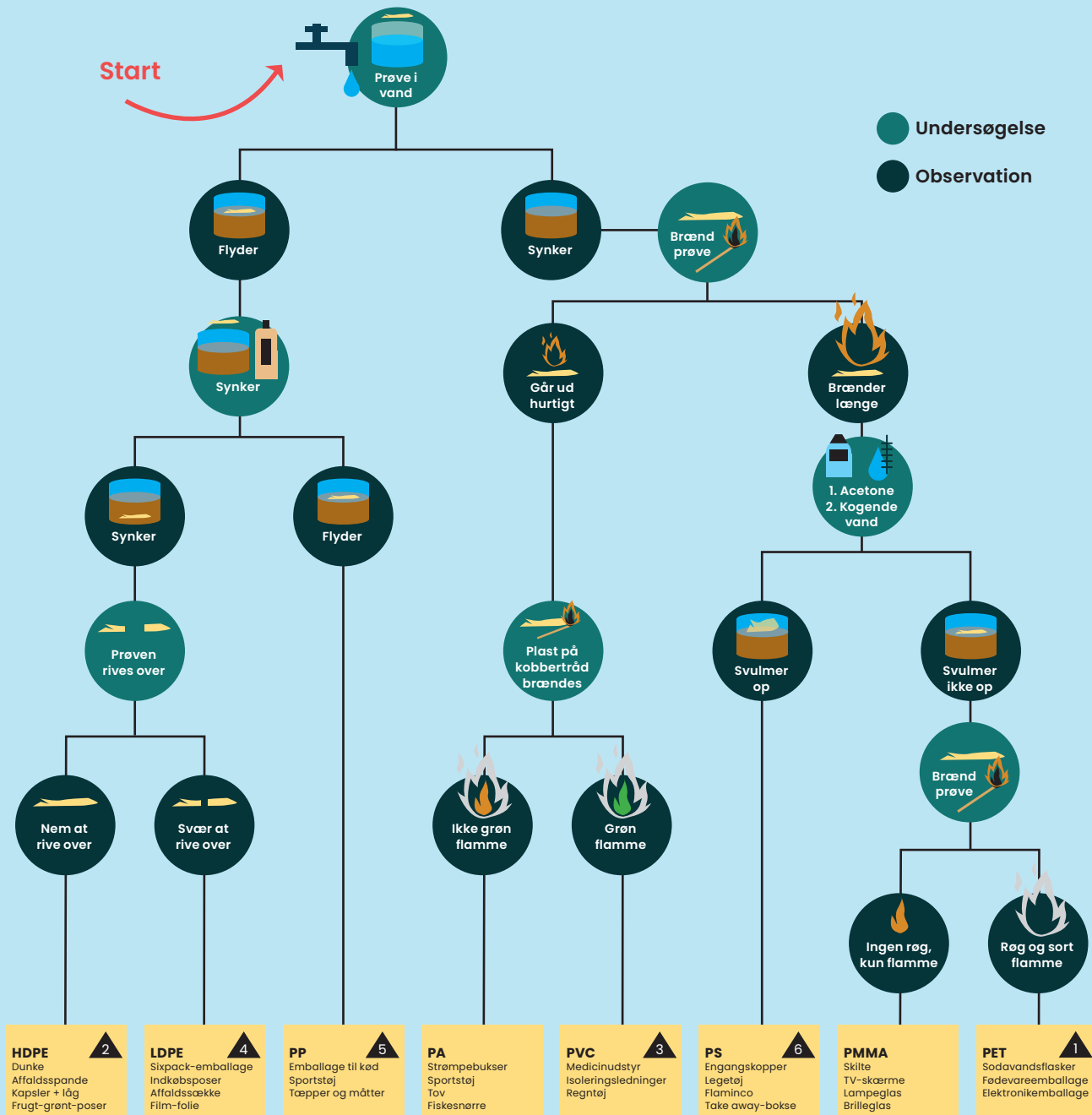
Forsøgene fokuserer på disse nøgleegenskaber:

- **Densitet (massefylde):**
Undersøg plastens evne til at flyde eller synke i væsker med forskellige densiteter. Dette afslører, om plasten har en høj eller lav massefylde.
- **Opløselighed:**
Test plastens modstandsdygtighed overfor opløsningsmidlet acetone. Plast, der opløses, har mindre kemisk resistens.
- **Klorindhold:**
Afbænd plastprøven på spidsen af en kobbertråd. Hvis plasten indeholder klor, dannes kobberchlorid (CuCl_2), som farver flammen grøn.
- **Temperaturbestandighed:**
Opvarm materialet og undersøg, om det bliver blødt eller deformeres. Dette viser plastens evne til at modstå høje temperaturer.

Fra teori til praksis

Forsøgene giver en grundlæggende forståelse for, hvordan plastens egenskaber varierer mellem de forskellige plasttyper fra PLASTLAB. Det kræver ingen særlige forkundskaber – blot nysgerrighed og lysten til at lære gennem praktiske eksperimenter.

Guide til forsøg med plast – trin for trin



TABEL OVER PLASTTYPERNES DENSITET:

Densitet hjælper med at identificere plasttyper ved at undersøge, om de flyder eller synker i væsker med forskellig massefylde

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

OBS: Ikke alle plasttyper testes på samme måde. Forsøgene i PLASTLAB er udviklet til at bestemme de seks mest almindelige plasttyper: PET, HDPE, PVC, LDPE, PP og PS. De to andre plasttyper i kassen – PA og PMMA – optræder i beslutningstræet, men kan ikke altid identificeres entydigt gennem de beskrevne standardforsøg. Her kan man også se på særlige kendetegn:

PA (polyamid): Optager vand og bliver mere fleksibel.

PMMA (akryl/plexiglas): Gennemsigtigt, hårdt og sprødt, brænder næsten uden røg

ABS er kun nævnt som eksempel på en "anden plasttype" og indgår ikke i forsøg eller beslutningstræ.

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: $\text{densitet} = \frac{\text{vægt (gram)}}{\text{rumfang (cm}^3\text{)}}$.

Vands densitet er 1g/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 23 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 bønne 1-6 i vandet.
2. Rør rundt med glasspatel, for undgå overfladespænding og for at fjerne boblerne, der kan sidde på stykkerne.

3. Observer plastprøverne. Noter om stykkerne flyder eller synker. Sammenlign med densitetstabellen på side 17. Noter 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. 0.93g/cm^3 idet isopropanol har en densitet på 0.785g/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 granulatprøverne 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 densitetsforsøg gennemføres med majsolie eller tilsvarende. Olien har en densitet på ca. 0.92g/cm^3 ved 24°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 PLASTLAB 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 platen 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.



Bliv endnu klogere på plast

Tak fordi du har arbejdet med vores materialesamling. Vi håber, det har hjulpet dig og dine elever til at forstå plastens mange egenskaber og betydning for omstillingen til en mere cirkulær økonomi.

Vil du lære endnu mere om plast? Besøg vores hjemmeside www.plast.dk, hvor du finder:

- Et kort over danske plastvirksomheder, som ofte er åbne for skolebesøg – kontakt dem i god tid!
- Mere undervisningsinspiration om plastens verden.
- Mulighed for at dele dine egne ideer og materialer, som andre undervisere kan få glæde af.

Hvis du har haft glæde af materialesamlingen, håber vi, at du vil anbefale den til kollegaer og andre undervisere. Materialet kan rekvireres via vores hjemmeside, eller du kan deltage på et af vores lærerkurser, hvor det bliver udleveret.

Med venlig hilsen

**PLAST
INDUSTRIEN**
Branche forening for danske plastvirksomheder



Karriereveje inden for plast

Ingeniøruddannelser

De emner, eleverne har arbejdet med i PLASTLAB – fremstilling af plastprodukter, genanvendelse, bæredygtighed og polymerkemi – er alle områder, hvor der allerede i dag er stor efterspørgsel på ingeniører. Plastbranchen spiller en central rolle i den grønne omstilling, og virksomheder mangler kvalificerede kandidater til at udvikle nye materialer, optimere produktion og sikre mere effektive genanvendelsesløsninger.

Design-, maskin-, kemi- og miljøingeniører arbejder dagligt med plastrelaterede udfordringer. De udvikler alt fra medicinsk udstyr og højteknologiske komponenter til nye typer emballage, der kan indgå i cirkulære kredsløb. Det kræver faglig viden, kreativitet og lysten til at løse komplekse problemer i praksis.

Der er altså brug for mange flere ingeniører – nu og i de kommende år. For elever, der er nysgerrige på, hvordan man kan kombinere kemi, fysik og teknologi med bæredygtige løsninger, er en ingeniøruddannelse et oplagt valg. Læs mere på plasticengineering.dk

Faglærte uddannelser

Der er stor efterspørgsel efter faglærte med specialviden om plast, og plastmageruddannelsen er særligt eftertragtet. Det er en højteknologisk uddannelse, hvor man lærer at arbejde med avancerede maskiner, produktionsprocesser og kvalitetskontrol. Plastmagere arbejder med alt fra medicinsk udstyr og emballage til dele til biler, vindmøller og elektronik.

Arbejdsløsheden har i mange år været tæt på nul, og uddannelsen giver reelt praktikpladsgaranti, fordi virksomhederne løbende mangler nye faglærte. Som plastmager bliver man en nøgleperson, der sikrer, at produktionen kører effektivt og fejlfrit – samtidig med at man bidrager til udviklingen af nye, bæredygtige løsninger. Læs mere på blivplastmager.dk

