**Fremstil JERES egen   
LEGO-KLODS**

**Plastproduktion er en global udfordring med store konsekvenser for klima og miljø. I denne engineering-case tager eleverne afsæt i LEGO’s arbejde med at udvikle klodser i mere bæredygtige materialer. Eleverne skal arbejde som materialeforskere og prøve kræfter med at fremstille, teste og forbedre en prototype på en LEGO-klods lavet af et plastlignende materiale uden fossile råstoffer.  
Formålet er, at eleverne udvikler en løsning, der lever op til en række kriterier for funktion og bæredygtighed – og samtidig peger mod en mere ansvarlig plastproduktion.**

|  |
| --- |
| **Et engineering-forløb til kemi B Lærervejledning** |

## **udviklet AF**

Mie Ljungberg Kristensen i samarbejde med Engineer the Future og LEGO Group med støtte fra Villum Fonden, Novo Nordisk Fonden og Lundbeckfonden.

|  |
| --- |
| **Fag:** Kemi B  **Antal lektioner:** 10 lektioner à 75 minutter  **Udarbejdet af:** Undervisningskonsulent og gymnasielærer Mie Ljungberg Kristensen og Engineer the Future i samarbejde med LEGO Group.  **Kernestof**  Fagligt stof, der forudsættes kendt inden forløbet.   * Alkaner, alkener og alkyner * Forbrænding og additionsreaktion * Simple carbonhydriders opbygning, navngivning, fysiske og kemiske egenskaber * Intermolekylære bindinger.   I forløbet arbejdes med følgende kernestofområder   * Organisk kemi: alkoholer, carboxylsyrer og estere (nogle mere overfladisk end andre) * Makromolekyler * Stofidentifikation ved kvalitative analyser * Organiske reaktionstyper: addition, hydrolyse og kondensation.   **SUPPLERENDE stof**   * Kemi i anvendelse under produktion af hverdagsprodukter * Kemi og bæredygtighed – hvordan kan plastforbrug gøres mere bæredygtigt? * Fordele og ulemper ved bioplast vs. andre typer plastik.   **FAGLIGE MÅL**   * Gennemføre kvalitativt og kvantitativt eksperimentelt arbejde under hensyntagen til laboratoriesikkerhed, herunder tilrettelægge simple kemiske eksperimenter * Indsamle, efterbehandle, analysere og vurdere iagttagelser og resultater fra eksperimentelt arbejde * Dokumentere eksperimentelt arbejde mundtligt og skriftligt, herunder se sammenhæng mellem teori og eksperimenter * Indsamle, vurdere og anvende kemifaglige tekster og informationer fra forskellige kilder * Formulere sig struktureret såvel mundtligt som skriftligt om kemiske emner og give sammenhængende faglige forklaringer * Anvende fagets viden og metoder til analyse, vurdering og perspektivering i forbindelse med samfundsmæssige, teknologiske eller miljømæssige problemstillinger med kemisk indhold og til at udvikle og vurdere løsninger. |

**INTRODUKTION TIL FORLØBET**

I dette engineering-forløb, udviklet i samarbejde med LEGO, skal eleverne på et kemi B-niveauhold arbejde med at udvikle og fremstille et plastlignende materiale, der kan fungere som prototype på en mere bæredygtig LEGO-klods. Eleverne støber materialet i forme, som er designet og leveret af LEGO.

Forløbet tager afsæt i LEGO’s egne bestræbelser på at udvikle klodser af mere bæredygtige materialer. Eleverne skal på samme måde forsøge at identificere og anvende alternative, ikke-fossile råstoffer eller genbrugsmaterialer, der kan give klodsen tilsvarende egenskaber. Undervejs lærer de at planlægge og udføre eksperimenter, analysere resultater og forholde sig kritisk til både de kemiske og de miljømæssige aspekter ved materialerne og fremstillingsprocesserne. Formålet er at give eleverne indsigt i de udfordringer og muligheder, der er forbundet med at gøre plastproduktionen mere bæredygtig – og samtidig vise, hvordan kemi og teknologisk innovation spiller en central rolle i den grønne omstilling.

**Om elevarbejdet**

I forløbet arbejder eleverne selvstændigt i grupper og følger en engineering designproces. De starter med at undersøge og analysere forskellige plasttyper, hvorefter de udvikler ideer til, hvordan en LEGO-klods kan fremstilles af mere bæredygtige materialer – fx bioplast eller genbrugsmaterialer. Herefter planlægger og gennemfører de laboratorieforsøg, hvor de fremstiller, tester og løbende forbedrer deres materiale og klods. Forbedringerne vurderes ud fra nogle af de samme kriterier til holdbarhed, formfasthed og kvalitet, som LEGO selv arbejder med. Målet er ikke at fremstille en perfekt klods, men at arbejde eksperimenterende med at forbedre den ved at justere forskellige parametre.

Eleverne dokumenterer deres arbejde i logbøger og præsenterer det afslutningsvis i form af en poster og en mundtlig fremlæggelse. Her skal de både beskrive de kemiske processer og materialer, de har arbejdet med, og vurdere bæredygtigheden af deres prototype. Derudover skal de reflektere over deres arbejdsproces, valg og fravalg samt diskutere nogle af de udfordringer, virksomheder står over for, når de både skal sikre økonomisk bæredygtighed og samtidig omstille produktionen i en mere miljøvenlig retning.

**Elevopgaven**

|  |
| --- |
| **PROBLEM**  Plastproduktion er en voksende global klima- og miljøudfordring. Den er i høj grad baseret på fossile råstoffer som olie og naturgas, hvilket bidrager til klimaforandringer gennem udvinding, produktion og afbrænding. Samtidig fører det høje plastforbrug til store mængder affald – kun ca. 9 % genanvendes, mens meget ender som mikroplast i natur og hav. Selvom der findes alternativer som bioplast, udgør de under 1 % af den samlede produktion. Der er derfor akut behov for bæredygtige løsninger, der kan mindske både klimabelastning og plastforurening.  **Narrativ**  En af de virksomheder, der forsøger at finde nye veje, er LEGO. Hvert eneste sekund producerer LEGO omkring 1.300 små plastklodser – og langt de fleste er fremstillet af oliebaseret plast. Det giver både klimabelastning og afhængighed af en ressource, vi ikke kan blive ved med at udvinde. Derfor har LEGO i flere år forsket i at udvikle klodser fremstillet af mere bæredygtige materialer – for eksempel bioplast lavet af sukkerrør eller genbrugsplast fra flasker.  Men det er alt andet end nemt. De ikoniske klodser skal være ekstremt holdbare, kunne klikke præcist sammen og holde formen i årtier – noget, som mange bæredygtige alternativer endnu ikke helt kan leve op til. I LEGO’s udviklingslaboratorier arbejder ingeniører og materialeforskere videre med nye materialer, genanvendelse og smartere produktionsformer, der skal bringe plastforbruget ind i en mere bæredygtig fremtid.  **UdfordrinG**  I skal nu selv arbejde som materialeforskere og prøve kræfter med at fremstille jeres egen bæredygtige LEGO-klods lavet af bioplast eller genanvendt plast.  **Rammer og kriterier** Jeres klods skal testes og forbedres, så den endelige prototype lever op til så mange af nedenstående kriterier som muligt.   1. **Holdbarhed:** Klodsen er formstabil: Holder sin form efter støbning. 2. **Dimensionsfasthed:** Plasten er stabil: Ikke for sprød og ikke for blød. 3. **Fuldendthed:** Klodsen er fuldendt: Formen er fyldt helt ud. 4. **Overflade:** Plasten er flot og blank i overfladen. 5. **Farve:** Plasten kan laves i flere forskellige farver. 6. **Clutch power: K**lodsen kan bygges sammen med en eller flere klodser (og forblive samlet)). 7. **Jeres fremstillingsproces** (I kan genskabe jeres plast ved nye forsøg, I har forbedret mindst ét kriterium, og I har udført en systematisk undersøgelse af mindst ét kriterium).   **Produktkrav**  I skal sidst i forløbet præsentere følgende i en poster og et oplæg:   1. Tage udgangspunkt i en plasttype og kort beskrive processen for, hvordan denne plast traditionelt fremstilles, og hvilke udfordringer der er forbundet med denne fremstilling. 2. Redegøre for jeres produktionsmetode    1. Hvordan har I gjort?    2. Hvilke valg har I truffet og hvorfor? 3. Præsentere jeres prototyper, og hvilke kriterier de opfylder    1. Argumentere for jeres forbedring af udvalgte kriterier – husk at inddrage faglige argumenter    2. Beskrive jeres endelige prototype og den måde, I har sammensat plasten på    3. Forklare materialevalget og beskrive de enkelte materialers egenskaber. 4. Forklare miljøfordelene ved jeres løsning – herunder også, hvilke kompromiser I har måttet indgå i jeres udvikling af en bæredygtig klods. 5. Reflektere over, hvordan en virksomhed som LEGO kan balancere mellem økonomisk og miljømæssig bæredygtighed. 6. Diskutere forbrugernes rolle i overgangen til bæredygtige produkter. Hvilke argumenter vil I bruge for at sælge jeres LEGO-klods i stedet for den traditionelt fremstillede? |

**Naturvidenskabelige undersøgelser**

Dette forløb giver eleverne mulighed for at arbejde eksperimenterende med plast – enten ved at fremstille deres egen bioplast eller ved at omsmelte plastaffald. Undervejs skal de teste og forbedre materialet, så deres LEGO-klods opfylder så mange kriterier som muligt. I forløbet arbejder de bl.a. med:

* Bestemmelse af plasttyper (densitet, flammeprøve og opvarmning/opløselighed)
* Fremstille og teste plast.

**INDDRAGELSE AF Engineering-didaktikKEN**

**Et billede, der indeholder tekst, cirkel, Font/skrifttype, logo

AI-genereret indhold kan være ukorrekt.**

Udfordringen introduceres i første lektion med LEGO-casefilmen, som giver eleverne indsigt i virksomhedens arbejde med at finde mere bæredygtige alternativer til plast. Udfordringen – at designe en LEGO-klods i et bæredygtigt materiale – kobles direkte til den virkelige verden og industriens problemstillinger og giver eleverne et meningsfuldt formål med arbejdet. Hvis eleverne ikke tidligere har arbejdet med engineering, kan man starte forløbet med at introducere engineering-metoden og engineering designprocesmodellen (link til PPT inkl. en lille introduktionsfil er i lektionsplanen).

Herefter inddeles eleverne i faste grupper a tre-fire personer, som arbejder sammen gennem hele forløbet. Engineering designprocesmodellen introduceres i første lektion via PowerPoint (se lektionsplanen) og danner rammen for elevernes arbejde. I de følgende lektioner arbejder grupperne sig gennem modellens øvrige delprocesser.

For at skabe overblik og styrke forståelsen for, hvor i processen de befinder sig, kan man i starten af hver lektion anvende ikonerne for de enkelte [engineering-delprocesser.](https://engineerthefuture.dk/undervisning/engineering-i-gymnasiet/undervisningsmaterialer/download-engineering-designprocessen/) Det hjælper eleverne med at sætte ord på deres arbejdsproces og fremmer deres bevidsthed om delprocesserne. Dagens plan og mål præsenteres i lektionens begyndelse via en fælles PowerPoint og kan med fordel også skrives ind i elevernes digitale skema (fx Lectio) – herunder både konkrete opgaver, og hvilken engineering-delproces der er i fokus.

**Om brug af metodekort**

Forløbet er stilladseret med metodekort, der guider og støtter elevernes arbejde i de enkelte delprocesser i engineering-designmodellen. Kortene hjælper eleverne med at holde fokus, formulere hypoteser, planlægge eksperimenter, analysere resultater og vurdere næste skridt. Metodekortene kan anvendes som angivet i lektionsplanen, men man kan også vælge at udelade nogle for at give eleverne større frihed og åbne rammer, afhængigt af klassens behov og erfaring med åbne eksperimenter.

**Logbog**

Samtidig fungerer metodekortene som dokumentation af elevernes arbejdsproces og faglige refleksioner. Man kan samle kortene i en fysisk mappe eller digitalt, så de udgør en logbog over hele forløbet.

Alternativt – eller som supplement – kan man vælge at lade eleverne føre en mere klassisk logbog via en fast skabelon. Her kan de løbende samle noter, refleksioner, hypoteser og data fra deres undersøgelser og designvalg.

Det er op til den enkelte lærer, om logbogsarbejdet skal være obligatorisk og struktureret, eller om eleverne selv kan vælge dokumentationsform. Vigtigst er, at eleverne har mulighed for at følge og reflektere over deres egen proces.

**Lærerforberedelser og gode råd til udførelsen**

* **Stilladsering:** Overvej, hvor meget frihed eleverne skal have til selv at vælge materialer og metoder. Nogle elever har glæde af en fast opskrift til det første forsøg, mens andre kan arbejde mere åbent og undersøgende – fx ved at finde alternative materialer eller eksperimentere med temperatur, tid og tilsætningsstoffer. Det kan være nødvendigt med vejledning i, om deres ideer er realistiske og sikre at afprøve.
* **Materialer:** Tænk også over, hvilke materialer eleverne selv skal medbringe (fx mælk, kartoffelmel), og hvad læreren stiller til rådighed. Se ressourcelisten for opskrifter og vejledninger, hvis du ønsker yderligere inspiration.
* **Sikkerhed** er særlig vigtig ved omsmeltning af plast. Forskellige plasttyper har forskellige smeltepunkter og kan afgive skadelige dampe. Brug derfor paninigrill og ovn i stinkskab, og sørg for, at eleverne anvender handsker, briller og kitler.
* **Tørring:** Det kan være en udfordring, at de fleste plastmaterialer skal tørre i længere tid, før de opnår den passende hårdhed. Overvej at
  + lade plasten tørre, mens eleverne arbejder med teori, præsentation eller dataanalyse
  + tørre materialet i ovn ved lav temperatur
  + indlægge almindelig undervisning i mellemperioden (vær dog opmærksom på, at eleverne kan miste fokus).
* **Støbeforme:** Formene er sårbare – brug kun de medfølgende redskaber, da ridser gør dem ubrugelige. Gør eleverne opmærksomme på dette.
* **Optimering og variation:** Når eleverne justerer og forbedrer deres plast, kan de variere på forskellige parametre:

**Ved bioplast** (fx af mælk eller stivelse):

* + Tørretid og -temperatur
  + Mængde og type af blødgøringsmiddel
  + Kogetid og temperatur
  + Kilde til stivelse/protein
  + Tilsætning af fx æggeskaller, sand, farvestoffer.

**Ved omsmeltning af plast:**

* + Tørretid og -temperatur
  + Blandingsforhold af plasttyper
  + Tilsætning af fx æggeskaller, sand.

**Udstyr og materialer til forløbet**

Nedenfor finder du en liste med forslag til udstyr og materialer:

* LEGO-forme til støbning (kan bestilles her: [https://bookingvaerktoj.web.app/](https://eur01.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fbookingvaerktoj.web.app%2F&data=05%7C02%7Cjulie%40engineerthefuture.dk%7Cefb3b1b958e142afb6a008ddf120715c%7C140275f52c6b45899efcebd77efa60aa%7C0%7C0%7C638931843834601122%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJFbXB0eU1hcGkiOnRydWUsIlYiOiIwLjAuMDAwMCIsIlAiOiJXaW4zMiIsIkFOIjoiTWFpbCIsIldUIjoyfQ%3D%3D%7C0%7C%7C%7C&sdata=JkdZFzF0flS0N3JON%2FJxb45C5t1S6Vy7UHNSMUrj57A%3D&reserved=0)

Hvis plasten hurtigt størkner, kan man varme formene op, før plasten kommes i.

* Alternativt til LEGO-formene kan bruges silikoneforme, glas, små beholdere mv.
* Tørreovn eller paninigrill til plastsmeltning (brug i stinkskab pga. dampe) – hvis plasten tørrer for langsomt
* Stinkskab eller god udsugning
* Beskyttelsesudstyr: handsker, briller, kitler
* Beholdere og skeer til opvarmning og omrøring
* Vægte og måleglas
* Materialer til fremstilling af bioplast, fx:
  + Kartoffelmel eller majsstivelse
  + Eddike (eddikesyre)
  + Glycerol (købes på apotek eller via kemikalieleverandør)
  + Mælk (til kaseinplast)
  + Pektin (pulver – kan bestilles)
  + Chitosan (biopolymer fra skaldyr – kan bestilles)
  + Evt. farvestoffer eller naturlige pigmenter.
* Materialer til omsmeltning og genanvendelse
  + Rengjort plastaffald (PET (plastmærkning 1), HDPE (2), LDPE (4), PP (5) og PS (6))
  + Saks eller hobbyknive
  + Bagepapir og evt. pres til udfladning af smeltet plast.
* Evt. vejledninger og opskrifter på bioplast eller videoguide til sikker omsmeltning.

**LektionsplaN**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Lektion** | **Engineering designproces** | **Indhold** | **Lektier** |
| **1** | Introduktion til casen/udfordring  Introduktion til engineering | Vis LEGO-casefilmen, der introducerer problemet med plastik og den udfordring, eleverne skal løse.  [***LEGO-casefilm***](https://youtu.be/6sR91LmFmQA)  Hvis eleverne ikke tidligere har arbejde med engineering-metoden kan man introducere den indledningsvis.  [***PPT: Introduktion til engineering***](https://engineerthefuture.dk/undervisning/engineering-i-gymnasiet/undervisningsmaterialer/engineering-forloeb/engineering-introduktion/%20)%20.) ***– inkl. en lille introduktionsfilm*** |  |
|  | Et billede, der indeholder cirkel, skærmbillede, logo, Font/skrifttype  Automatisk genereret beskrivelseEt billede, der indeholder tekst, cirkel, Font/skrifttype, logo  Automatisk genereret beskrivelse | **Introduktion til udfordring og engineering:**  **Gruppedannelse**  Grupperne dannes, og der laves gruppekontrakter.  ***Metodekort 1: Gruppekontrakt***  **Forforståelse**  Eleverne overvejer individuelt, hvad de ved om plast, herefter de i grupper undersøger det plast, de har medbragt hjemmefra.  ***Metodekort 2: Undersøgelse af plast fra hjemmet***  **Hvad er problemet med plast?** Vis filmen fra DR: *Jorden kalder:* *Problemet med plastik?* Se ressourcelisten for andre filmforslag af forskellig længde.  [***Jorden kalder: Sæson 2 | Se online her | DRTV***](https://www.dr.dk/drtv/saeson/jorden-kalder_501391)  **(Gen)præsentation af case** I fællesskab ser klassen casefilmen fra LEGO, herunder:  Præsentation af miljø- og klimaproblemer i forbindelse med plastproduktion og præsentation af udfordringen.  [***LEGO-casefilm***](https://youtu.be/6sR91LmFmQA)  Herefter arbejder eleverne individuelt og senere i grupper med at få udfordringen oversat til en kemisk udfordring: Hvad er det for noget kemi, de skal arbejde med for at løse udfordringen?  ***Metodekort 3: Faglige vinkler i udfordringen***  Opsamling på klassen, så alle er enige om kravene til den færdige klods, og drøftelse af, hvad det vil sige, at noget er bæredygtigt.  ***Metodekort 4: Undersøgelse af plasttyper***  **Eksperimentelt arbejde** Hands-on-øvelse med bestemmelse af plasttyper fra medbragt plast. NB: Mange elever har måske lavet øvelsen i folkeskolen. Vurdér behovet.  ***Eleverne præsenteres for materialer om plasttyper: PLASTLAB (se ressourcelisten).***  **Afslutning af lektionen** Eleverne vælger eller får tildelt plasttyper, som de bruger næste lektion på at forberede et oplæg om. | **Lektier**  Eleverne medbringer 3 ting, der er lavet af plastik.  Giv dem evt. også artiklen [”Bæredygtige legoklodser”](https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/nr-2/AN2-2019-baeredygtige-klodser.pdf) for som lektie. Artikler handler om beregning af miljøomkostningerne ved et produkt, som er et vigtigt værktøj i omstillingen til en mere bæredygtig produktion.  **Logbog**  Metodekort 1 og 3 udfyldes i slutningen af modulet eller som lektie til næste gang og gemmes og bruges som logbog for elevernes proces. |
| **2** | Et billede, der indeholder cirkel, skærmbillede, logo, Font/skrifttype  Automatisk genereret beskrivelse | **Hvad er plastik?** Eleverne forbereder oplæg om plasttyper med fokus på:   * Strukturformel * Monomer-polymer * Egenskaber, herunder anvendelse og nedbrydning.   Enkelte grupper vil nok have brug for hjælp til at koble strukturformler til egenskaber.  ***Metodekort 5a: Oplæg om plasttyper.*** | **Lektier:** Lærebog evt. *Kend Kemien 2*  Relevante sider om plasttyper.  **Logbog:** De færdige oplæg om plasttyper og eventuelle noter gemmes som logbog. |
| **3** | Et billede, der indeholder cirkel, skærmbillede, logo, Font/skrifttype  Automatisk genereret beskrivelse  Et billede, der indeholder tekst, cirkel, Font/skrifttype, logo  Automatisk genereret beskrivelse  Et billede, der indeholder tekst, logo, skærmbillede, Font/skrifttype  Automatisk genereret beskrivelse | **Fremlæggelse og lytte i matrixgrupper** Eleverne fremlægger i matrixgrupper for hinanden. Efter hver fremlæggelse skal der indlægges pause til at der individuelt reflekteres over det der er fremlagt. Til sidst tages viden med ”hjem” til gruppen.  ***Metodekort 5b: Lytte til oplæg om plasttyper***  Lav eventuelt en opsamling så eleverne har mulighed for at få afklaret nogle spørgsmål  ***Film fra LEGO vises evt. igen.***  **Udfolde udfordringen** Udfordringen præsenteres igen.Eleverne udfylder problemskitsen i deres oprindelige grupper  **Idegenerering** Ideudviklingsprocessen starter med en almindelig brainstorm i gruppen.  ***Metodekort 6: Problemskitse***  ***Metodekort 7: Almindelig brainstorm***  Herefter afsættes tid til at undersøge, hvordan andre har grebet udfordringen an. Eleverne kan undersøge muligheder på nettet og i ressourcelisten.  ***Nettet og diverse artikler om bioplast (se ressourceliste)***  Bordet rundt-øvelse som den beskrives i metodekortet.  ***Metodekort 8: Bordet rundt***  Alle post-its og udfyldte metodekort til idegenerering gemmes, så der er mulighed for at vende tilbage. | **Lektie:** Oplæg om plasttyper skal være færdigt.  **Logbog**  Metodekort 6: Problemskitse gemmes udfyldt. |
| **4** | Et billede, der indeholder tekst, logo, skærmbillede, Font/skrifttype  Automatisk genereret beskrivelse  Et billede, der indeholder cirkel, Grafik, logo, Font/skrifttype  Automatisk genereret beskrivelse  Et billede, der indeholder cirkel, Font/skrifttype, skærmbillede, Grafik  AI-genereret indhold kan være ukorrekt.Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, Font/skrifttype, logo  Automatisk genereret beskrivelse | **Udvælge ide**  Eleverne starter lektionen med at vælge, hvilken ide de går videre med, hvorefter de i gruppen præsenterer deres ide og i fællesskab placerer den på “Hvilken ide vælger vi?”. ***Metodekort 9: Hvilken ide vælger vi?***  **Krav til den afsluttende præsentation** Eleverne præsenteres for kravene til den afsluttende præsentation, så de er bevidste om, hvad der skal være på plads, og så de løbende kan notere, hvad de vil have med i den endelige præsentation. Gør dem opmærksomme på, at de gerne må bruge det, de har skrevet i logbogen.  ***Metodekort 13: Præsentation***  **Præsentation af kriterier til prototype** Præsentation af *metodekort 11: Test af prototype – Tjekliste* (sørg for, at den er opdateret, hvis I har valgt flere/andre krav).  ***Metodekort 11: Test af prototype – Tjekliste***  **Forberede plastforsøg**  Når eleverne har valgt en ide, skal de i gang med at konkretisere den, så de i næste lektion (måske allerede i denne) kan lave deres første plast.  Når eleverne laver deres fremgangsmåde (opskrift), er det vigtigt, at de har variabelkontrol og reproducerbarhed for øje. Dvs. de skal have styr på, hvilke parametre der kan ændres på.  ***Metodekort 10: Fremstilling af opskrift***  **Sikkerhed** for forsøget vurderes og godkendes af læreren. Her er det vigtigt at kommentere fremgangsmåden, hvis den ikke er konkret nok – ellers bliver der travlt i næste lektion.  **Afslutning af lektionen** Her er det vigtigt, at du som underviser har styr på, at alle grupperne kan komme i gang med at lave plast i næste lektion. | **Lektie:** Alle elever skal være klar til at skitsere deres ide.  **Logbog:** Eleverne skal i fællesskab beskrive den ide, de valgte at gå videre med, samt hvorfor de valgte netop denne (metodekort 9). |
| **5** | Et billede, der indeholder cirkel, tekst, skærmbillede, logo  Automatisk genereret beskrivelse | **Fremstilling af plast og test af prototype** Eleverne laver nu deres første forsøg på at lave plastik og formgive ud fra LEGO-støbeform på baggrund af deres egen opskrift. Mens eleverne fremstiller deres prototype, skal de være opmærksomme på at optimere og justere opskriften. ***Metodekort 10: Fremstilling af opskrift*** Herefter tester de deres prototype ved at vurdere, hvilke kriterier deres prototype lever op til (tjeklisten i metodekort 11). ***Metodekort 11: Test af prototype – Tjekliste***  Det er vigtigt at holde fast i, at eleverne arbejder velovervejet med variabelkontrol og anvender teorien i deres overvejelser. | **Lektie:**  Medbring evt. plast til omstøbning.  **Logbog:**  Metodekort 10: Fremstilling af opskrift |
| **6-9** | Et billede, der indeholder cirkel, skærmbillede, Grafik, logo  Automatisk genereret beskrivelse  Et billede, der indeholder cirkel, tekst, skærmbillede, logo  Automatisk genereret beskrivelse | **Test af prototype** I lektion 6 vurderer eleverne det plast, de lavede i sidste lektion, og finder ud af, hvilke kriterier de vil forbedre på og hvordan. Det kan være en fordel at tage en fælles snak om variabel og variabelkontrol, samt hvordan man tilrettelægger en systematisk undersøgelse. ***Metodekort 12: Forbedring af prototype***  ***Metodekort 11: Test af prototype – Tjekliste***  **Sparring på tværs af grupper** De oprindelige grupper splittes op, og eleverne kommer ud i nye grupper sammen med nogle, der har lavet plast på lignende måde (hvis det er muligt at matche dem). Her præsenterer de deres proces og observationer, så eleverne kan hjælpe hinanden med at finde noget, man systematisk kan ændre på. Eleverne skal tage input med hjem til egen gruppe.  **Forbedring af prototype, 2., 3., 4. … forsøg**  Herfra arbejder grupperne videre med at forbedre deres opskrift og herefter nye forsøg med fremstilling af prototyper ud fra et valgt kriterium på tjeklisten.  For inspiration til ændringer af parametre – se afsnittet i denne vejledning ”Gode råd til udførelsen”.  Forbedring og test gentages så mange gange, som man har tid til (juster evt. antallet af lektioner). Sørg for at holde eleverne fast i, at det skal være en systematisk undersøgelse, de laver.  Forbedringsprocessen er tidskrævende, men ofte er eleverne glade for få noget til at lykkes.  Husk også at sætte tid af til at lave den endelige poster ud fra metodekort 13: Præsentation.  ***Metodekort 13: Præsentation*** | **Logbog:** Metodekort 11: Test af prototype – Tjekliste  Metodekort 12: Forbedring af prototype |
| **10** | Et billede, der indeholder cirkel, Grafik, logo, Font/skrifttype  Automatisk genereret beskrivelse | **Præsentation af poster for klassen eller cafe-fremlæggelser**  ***Metodekort 13: Præsentation*** |  |

**RESSOURCELISTE**

**LEGO-støbeforme** kan bestilles i klassesæt her: [https://bookingvaerktoj.web.app/](https://eur01.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fbookingvaerktoj.web.app%2F&data=05%7C02%7Cjulie%40engineerthefuture.dk%7Cefb3b1b958e142afb6a008ddf120715c%7C140275f52c6b45899efcebd77efa60aa%7C0%7C0%7C638931843834601122%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJFbXB0eU1hcGkiOnRydWUsIlYiOiIwLjAuMDAwMCIsIlAiOiJXaW4zMiIsIkFOIjoiTWFpbCIsIldUIjoyfQ%3D%3D%7C0%7C%7C%7C&sdata=JkdZFzF0flS0N3JON%2FJxb45C5t1S6Vy7UHNSMUrj57A%3D&reserved=0)

**LEGO-casefilm:** [https://youtu.be/6sR91LmFmQA](https://eur01.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fyoutu.be%2F6sR91LmFmQA&data=05%7C02%7Cjulie%40engineerthefuture.dk%7C33f5c4896f6b4ec9599e08ddf441e1c2%7C140275f52c6b45899efcebd77efa60aa%7C0%7C0%7C638935285991045110%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJFbXB0eU1hcGkiOnRydWUsIlYiOiIwLjAuMDAwMCIsIlAiOiJXaW4zMiIsIkFOIjoiTWFpbCIsIldUIjoyfQ%3D%3D%7C0%7C%7C%7C&sdata=OkWhCwPUcpQgfH5v6o8IWXa%2BmAr03KEpjYay4keGvM8%3D&reserved=0)

**Film om problemet med plastik:**DR 24.2.25: *Jorden kalder, SE:E4: Problemet med plastik?*: [Jorden kalder: Sæson 2 | Se online her | DRTV](https://www.dr.dk/drtv/saeson/jorden-kalder_501391) (ligger også på CFU: [mitcfu - Problemet med plastik?](https://cfuunivers.mitcfu.dk/MaterialeInfo/?faust=CFUTV1142114))

DR: [Hvorfor plastik?: Sæson 1 – Mennesket som forsøgskanin | DRTV](https://www.dr.dk/drtv/se/hvorfor-plastik_-mennesket-som-forsoegskanin_279130)

DR: [Hvorfor plastik?: Sæson 1 – Genbrugsmyten | DRTV](https://www.dr.dk/drtv/se/hvorfor-plastik_-genbrugsmyten_279239)

Plastic Change: *En verden af plastik*

* **Intro:** [**https://youtu.be/7eivTQkBYvo**](https://youtu.be/7eivTQkBYvo)
* **Plastik overalt:** [**https://youtu.be/2EZR1yQpptw**](https://youtu.be/2EZR1yQpptw)
* **Genanvendelse af plastik:** [**https://youtu.be/8fyTrPXlw78**](https://youtu.be/8fyTrPXlw78)
* Hvor bliver plastikken af: <https://youtu.be/9cKmFFKCP_E>
* Hvem har ansvaret: <https://youtu.be/wkecnibyZpo>
* Mikroplastik: <https://youtu.be/-8kOWycDE30>
* Løsninger. <https://youtu.be/-gQELGvWamg>
* Plastik og sundhed. <https://youtu.be/lv_QtZIfmFs>

**Eksempler på lærebøger med afsnit om plastik til elever:**Gyldendal: *Kend Kemien 2, kap. 7.*

Nucleus: *Bio-plast* (*NV-bogen*).

**Artikler om LEGO og målet om at kunne producere bæredygtige klodser i 2032:***Bæredygtige klodser:* <https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/nr-2/AN2-2019-baeredygtige-klodser.pdf>

*LEGO bøvler stadig med plastudfordringen:* <https://borsen.dk/nyheder/baeredygtig/lyden-af-lego-spiller-ind-i-legetojsgigantens-omstilling>

*Lego vil gøre sine klodser grønne – men det slår fejl igen og igen:* <https://nyheder.tv2.dk/business/2024-08-28-lego-vil-goere-sine-klodser-groenne-men-det-slaar-fejl-igen-og-igen>

**Eksempel på** **lærebog til lærer:**<https://plast.dk/wp-content/uploads/2024/08/Plast-Teknologi_3udgave_sep2020.pdf>

**Beskrivelse af plasttyper:***PLASTLAB*-undervisningsmateriale fra plastindustrien [PLASTLAB - Plastindustrien](https://plast.dk/for-undervisere/undervisningsmateriale/plastlab/)

**Vejledninger til fremstilling af bioplast**:  
Findes i mange udgaver på nettet og kan evt. udleveres til elever, fx:

* <https://www.naturfaget.dk/l/bioplast/>
* <https://www.energi.case.dtu.dk/english/-/media/subsites/energi_paa_lager/energi-paa-lager-english/pdf/eksperimenter-enkeltvis/case_eksperimenthaefte_ex44-100511-.pdf>
* <https://wwf.dk/forstaa-naturkrisen/naeste-generation/opdaghavet/oevelser/kan-plastik-nedbrydes/>

**Guide til omsmeltning af HDPE-plast:***25 Plastic Items You Can Melt Down and Reuse:* <https://www.theplasticpeople.co.uk/advice/blog/june-2022/25-plastic-items-you-can-melt-down-and-reuse-at-ho/>

**Om termoplast (og hærdeplast):** <https://www.induflex.dk/nyheder-events/termoplast-alt-du-skal-vide-om-den-alsidige-plast/>

**Introduktion til genanvendt plast:** <https://webkemi.dk/SpecialSubjects/Regenerate.htm>

**Baggrundsartikler**

### Aktuel naturvidenskab:

[**Bæredygtige klodser**](https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/nr-2/AN2-2019-baeredygtige-klodser.pdf)  
At beregne miljøomkostningerne ved et produkt fra vugge til krav kaldes livscyklusvurdering, og det er et vigtigt værktøj i omstillingen til en mere bæredygtig produktion. Vi har talt med Maria Rosenberger Petersen, som arbejder med livscyklusvurderinger i LEGO, der er midt i en proces, som skal gøre virksomhedens produkter og emballage bæredygtige.

<https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/nr-2/AN2-2019-baeredygtige-klodser.pdf>

[**Kemikaliernes stamtræ (pdf)**](https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/nr-6/AN6-2014kemistam.pdf)  
Alle ved, at den moderne verden er afhængig af olie som brændstof. Men olie er samtidig råstoffet, som hele den kemiske industri bygger på. Olie er således udgangspunktet for en perlerække af produkter fra kunststoffer til LCD-displays og lægemidler.

<https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/nr-6/AN6-2014kemistam.pdf>

**Nu skal plasten genanvendes!**

Den største forhindring for at genanvende plast i dag er, at der ikke findes modeller og test, der præcist beskriver egenskaber og kvalitet af genbrugsplasten!

<https://aktuelnaturvidenskab.dk/find-artikel/nyeste-numre/3-2020/bagsiden>

**Hvordan opnår vi en bæredygtig plastikkultur?**

Udfordringerne med plastikforurening kommer vi næppe til at løse med et teknologisk quickfix. Vi skal derfor også ændre adfærd som samfund og nedsætte vores plastikforbrug. Derudover bliver vi nødt til at tage en pragmatisk og tværfaglig synsvinkel for at finde den bedste løsning for plastikgenanvendelse.

<https://aktuelnaturvidenskab.dk/find-artikel/nyeste-numre/1-2024/hvordan-opnaar-vi-en-baeredygtig-plastikkultur>

### KemiFOKUS

[Biomasse fra spildevand kan være en kilde til erstatning for de oliebaserede polymerer](https://www.kemifokus.dk/biomasse-fra-spildevand-kan-vaere-en-kilde-til-erstatning-for-de-oliebaserede-polymerer/)

Professor Per Halkjær Nielsen, Aalborg Universitet. Foto: Aalborg Universitet I dag anses spildevand som være affald fra det moderne samfund, men vandet rummer en kilde [...]

[Kemisk genanvendelse af PET](https://www.kemifokus.dk/kemisk-genanvendelse-af-pet/)

Kemisk genanvendelse af plast skal gøre deponi og afbrænding af plastaffald til fortid. Artiklen har været bragt i Dansk Kemi nr. 5, 2024 og kan [...]

[PEF-bioplast giver baghjul til den klassiske PET](https://www.kemifokus.dk/pef-bioplast-giver-baghjul-til-den-klassiske-pet/)

Foto: Avantium Ifølge en undersøgelse fra det tyske Nova-institut, er den sukkerbaserede bioplast PEF (polyethylenfuranoat) et bedre materiale til fremstilling af plastflasker end det meget [...]

[Nu kan appelsinskal blive til bioplast-flasker](https://www.kemifokus.dk/nu-kan-appelsinskal-blive-til-bioplast-flasker/)

Det finske tekniske udviklingscenter VTT har udviklet en teknologi til fremstilling af plantebaserede og genanvendelige bioplastflasker med citrusskal som råmateriale. VTT skriver på sin hjemmeside, [...]

[“Bæplast” – fremtidens materiale?](https://www.kemifokus.dk/baeplast-fremtidens-materiale/)

"Bæplast" lyder lidt ulækkert, men den er god nok. Det er faktisk menneskeafføring, der ligger til grund for en helt ny type bioplast, der forskes [...]

[Bioplast med æggeskaller](https://www.kemifokus.dk/bioplast-med-aeggeskaller/)

Et nyt bionedbrydeligt emballagemateriale har set dagens lys. Det består af knust æggeskal og bioplast, og har en række egenskaber, som forskerne bag ikke mener, [...]

### **Andre artikler**

**Lovende forsøg: Forskere vil erstatte plastikemballage med rejer**

Et potentielt gennembrud i forskningen inden for alternativer til plastik kan få stor betydning for plastikemballage i fremtiden.

[Lovende forsøg: Forskere vil erstatte plastikemballage med rejer | illvid.dk](https://illvid.dk/teknologi/lovende-forsoeg-forskere-vil-erstatte-plastikemballage-med-rejer)

Miljøstyrelsen: <https://plastikviden.dk>

Plastindustrien: <https://plast.dk>

**Nyttige links til indkøb af materiale**

Chitosan fra rejer kan købes her: <https://www.sigmaaldrich.com/DK/en/product/aldrich417963?utm_source=google%2Cgoogle&utm_medium=organicshopping%2Ccpc&utm_campaign=21811866450&utm_content=174236308452&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiA4-y8BhC3ARIsAHmjC_HOpRsq8YlKxKFWAw4sYzYsalFFf52urcZ8kpYTO4L4II0lq-KErz4aAinLEALw_wcB>



Et billede, der indeholder Font/skrifttype, Grafik, grafisk design, design

Automatisk genereret beskrivelseEt billede, der indeholder tekst, Font/skrifttype, skærmbillede, logo

Automatisk genereret beskrivelse

Forløbet er udviklet af undervisningskonsulent og gymnasielærer Mie Ljungberg Kristensen i

samarbejde med Engineer the Future og LEGO Group og med støtte fra Villum Fonden, Novo Nordisk Fonden og Lundbeckfonden.