

ECODESIGN, PLAST OG INNOVATION

EN MANUAL FOR PRODUKTUDVIKLERE OG DESIGNERE
MED INTERESSE FOR PLAST



Ecodesign, Plast og Innovation

November 2003

Niki Bey, Torben Lenau og Ole Willum
Institutet for Produktudvikling

Birgit Storm
Aalborg Universitet i Esbjerg

Kristina Elvebakken
Plastindustrien i Danmark

Indhold

Forord og læsevejledning	9
DEL I: Kapitel 1 Baggrund & introduktion	11
1.1 Hvad er ecodesign?	11
1.1.1 Ecodesign og traditionel design	12
1.1.2 Anvendelse af ecodesign	12
1.2 Hvorfor ecodesign?	15
1.2.1 Den miljømæssige synsvinkel	15
1.2.2 Den forretningsmæssige synsvinkel	16
1.3 Ecodesign i plastforarbejdende virksomheder	19
1.4 Ecodesign og andre miljø- og styringsværktøjer	20
1.5 Miljøkrav til fremtidens produkter	21
1.5.1 Virksomhedens interesser	21
1.5.2 Trends i lovgivningen	23
DEL II: Kapitel 2 Generelle ideer og retningslinjer	25
2.1 Ideer og retningslinjer	26
DEL III: Kapitel 3 Ecodesign – trin for trin	31
DEL III: Kapitel 4 Informationssøgning – kend dit udgangspunkt	33
4.1 Innovationsfremmende projektarbejde	34
4.1.1 Nytænkning og innovation i projektarbejdet	35
4.1.2 Ansvarsfordeling i projektgruppen	35
4.2 Plastmaterialers egenskaber	36
4.2.1 Introduktion til polymere	37
4.2.2 Plastmaterialers miljømæssige egenskaber	38
4.3 Værktøjer til at analysere dit produkt	42
4.3.1 Produktkædeanalyse og afgrænsning	42
4.3.2 SWOT-analyse	44
4.3.3 Screening ved hjælp af MEKA-princippet	45
4.3.4 Andre værktøjer	51
Del III: Kapitel 5 Strategi – vælg fokusområder	53
5.1 Valg af fokusområder	54
5.2 Vælg strategier	57
5.2.1 Ecodesignstrategihjulet	57
5.3 Vurdering af forbedringspotential	59
DEL III: Kapitel 6 Idé-fase – tænk nyt og stort	61
6.1 Kreative teknikker og værktøjer	62
6.1.1 Grundprincipper for kreativitet	62
6.1.2 Kreativitetsteknikker på konceptniveau	63
6.1.3 Morfologiskema	63
DEL III: Kapitel 7 Detaljering – fra koncept til virkelighed	67
7.1 Systematisk detaljering af koncepterne	67
7.2 Vurdering af gennemførligheden	68
7.2.1 Teknisk, økonomisk og markedsmæssig vurdering	68
7.2.2 Miljømæssig vurdering	68
7.2.3 Samlet vurdering	72

DEL III: Kapitel 8 Overlevering og markedsføring – ”sælg” med succes.....	73
8.1 Intern overlevering af produktet	74
8.2 Indsamling af argumenter til markedsføring	74
8.3 Opfølgning på produkt- og projektresultater	77
Referencer (DEL I-III)	79
Yderligere referencer	81
DEL IV: Introduktion og indhold.....	83
DEL IV: Kapitel 9 Polymere materialer og deres egenskaber.....	85
9.1 Polymere materialer	85
9.1.1 Polymerisation	86
9.1.2 Materiale kategorier og -bindinger	86
9.1.3 Struktur	87
9.1.4 Homo- og copolymere	88
9.1.5 Kædelængde, molekylvægt og viskositet	88
9.1.6 Polymeres egenskaber	89
9.1.7 Grundstoffer i polymere	93
9.2 Plast og energiforbrug	95
9.2.1 Energiforbrug ved forarbejdning	96
9.3 Plast og genanvendelse.....	97
9.3.1 Indsamling, sortering og oprensning	98
9.4 Plast og kemiske stoffer	101
DEL IV: Kapitel 10 Plastdatablade	105
10.1 Polyethylen, PE	107
10.2 Polypropylen, PP	109
10.3 Polyvinylchlorid, PVC	111
10.4 Polystyren, PS	113
10.5 ABS-plast (Acrylonitrilbutadienstyrenplast)	115
10.6 Acrylplast, PMMA	117
10.7 Termoplastik polyester, PET og PBT	119
10.8 Polycarbonat, PC	121
10.9 Polyamid, PA6 og PA6.6 (Nylon 6 og Nylon 6.6)	123
10.10 Acetalplast, POM	125
10.11 Biopolymere	127
10.12 Fluorplast (PTFE, PVDF, PCTFE, FEP)	129
10.13 Polysulfon, PSU	131
10.14 Engineering plast (konstruktionsplast)	133
10.15 Phenolplast, PF	135
10.16 Melaminplast, MF, og carbamidplast, UF	137
10.17 Umættet polyester, UP	139
10.18 Epoxy, EP	141
10.19 Polyurethan, PUR	143
10.20 Gummi	145
10.21 Termoplastiske elastomere, TPE	147
DEL IV: Kapitel 11 Additiver og andre hjælpestoffer.....	149
11.1 Generelt om additiver	149
11.2 Funktionsadditiver	150
11.2.1 Antioxidanter og UV-absorbere	150
11.2.2 Varmestabilisatorer	152

11.2.3 Blødgørere	153
11.2.4 Brandhæmmere	154
11.2.5 Pigmenter og farvestoffer.....	156
11.3 Proceshjælpemidler	158
11.3.1 Smøremidler	158
11.3.2 Slipmidler	159
11.4 Armerings- og fyldstoffer	159
11.4.1 Fibre	159
11.4.2 Fyldstoffer	161
Referencer (DEL IV)	163

Forord og læsevejledning

Nærværende manual

Nærværende manual er udarbejdet i projektet "Ecodesign af plastprodukter" som er gennemført af Plastindustrien i Danmark (PD) i samarbejde med Institut for Produktudvikling (IPU). Aalborg Universitet Esbjerg (AUE) har medvirket til at udarbejde den plastrelaterede del (DEL IV). Desuden har flere af råvaresektionens medlemmer under PD samt andre plastleverandører og -specialister hjulpet med at kvalitetssikre indholdet i plastdatabladene i kapitel 10.

Projektet er støttet af Miljøstyrelsen i forbindelse med en brancheindsats i plastindustrien under Programmet for Renere Produkter i 2002.

Denne manual beskriver en ecodesignmetode, som omfatter seks trin. Med udgangspunkt i et eksisterende produkt leder metoden designeren/produktudvikleren igennem et ecodesignforløb, der munder ud i et redesignet produkt. Metoden er udviklet i overensstemmelse med DS ISO 14062 "Integrering af miljøaspekter i produkt design og -udvikling" [2]. En væsentlig inspirationskilde har været manualen "Ecodesign – a promising approach to sustainable production and consumption", som er udgivet af FN's Miljøprogram (forkortet navn: UNEP-manual) [1].

Supplerende Internetportal

Som supplement til manuel er desuden oprettet en mindre Internetportal på PD's hjemmeside www.plast.dk under "Miljø" og dernæst "Ecodesign". Her findes bl.a. 3 mindre PC-værktøjer, som kan downloades og benyttes til støtte for ecodesignprocessen.

Formål

Nærværende manual er et værktøj for designere, produktudviklere, konstruktører og studerende med interesse for plast, og som ønsker at arbejde med ecodesign. For nemheds skyld vil fællesbetegnelsen "designere" fremover blive benyttet i manualen for målgruppen.

Manualen er udviklet til brug for selvstudie, men det er forfatterens håb, at den også vil kunne finde anvendelse som undervisningsmateriale.

Forudsætninger

Manualen kræver ingen specialviden om plast eller produkters miljøforhold. I manualens sidste del, DEL IV, gives en generel introduktion til plastmaterialer, og der findes også nogle datablade for de mest almindelige basisplastmaterialer.

Det kan være en fordel at have et vist kendskab til produktudvikling under brug af manualen, men læsere uden et sådant kendskab vil også kunne drage nytte af manualen.

Læsevejledning

Manualens opbygning

Manualen er opbygget i 4 selvstændige dele:

- **DEL I, Kapitel 1: Indledning og baggrund**
- **DEL II, Kapitel 2: Generelle ideer og retningslinjer**
- **DEL III, Kapitel 3-8: Selve ecodesignmetoden baseret på 6 separate trin**
- **DEL IV, Kapitel 9-11: Introduktion til plast samt plastdatablade.**

Denne opdeling er valgt for at læseren afhængig af tid og ressourcer kan tilegne sig ecodesigntankegangen og –metoden. DEL I og II giver en generel introduktion til ecodesign og nogle ideer og retningslinjer, som forhåbentlig kan spore den interesserede designer ind på ecodesigntankegangen og hjælpe ham/hende i gang med ecodesign. DEL III gennemgår en detaljeret ecodesignmetode som trin og trin hjælper designeren på vej men som også kræver mere tid og ressourcer. DEL IV omhandler polymere materialer og deres egenskaber og kan med fordel bruges som opslagsværk evt. helt separat fra den øvrige del af manualen.

Tid og ressourcer er ofte en begrænsende faktor i vores travle hverdag. Tanken med ecodesign er netop, at man *uden* ressourcekrævende undersøgelser men ved brug af simple overvejelser og retningslinjer ofte kan identificere mange muligheder for miljømæssige og økonomiske produktforbedringer. Dette er styrken ved ecodesign i forhold til andre og mere tunge metoder som f.eks. livscyklusanalyser.

Mottoet for ecodesign er således "quick and dirty"; frem for at bruge sin energi på omfattende dataindsamling kan man med fordel bruge den målrettet på produktforbedringer.

Den supplerende Internetportal indeholder bl.a. 3 mindre PC-værktøjer:

Værktøjsportal

- **Beslutningsværktøj til valg af plastmateriale**
- **Værktøj til MEKA-screening**
- **Værktøj til simpel kemikalievurdering.**

Værktøjerne er tænkt som en støtte til designeren i ecodesignprocessen men kan også med fordel benyttes i forbindelse med DEL I og DEL II eller i anden sammenhæng.

DEL I: Kapitel 1

Baggrund & introduktion

1.1 Hvad er ecodesign?

Indarbejde miljøforhold

Ecodesign er en metode til at indarbejde miljøforhold i udviklingen af nye produkter eller ved forbedring af eksisterende produkter. I et ecodesignforløb skaber man sig først et overblik over produktets miljøpåvirkninger i hele dets livsforløb og bruger derefter dette overblik som støtte for at tage beslutninger i designprocessen.

Den miljøpåvirkning et givet produkt udløser i hele dets livsforløb er i høj grad disponeret i design- og udviklingsfasen. Derfor ligger der stort potentiale for miljøforbedringer i denne fase.

Ikke kun miljø

Ecodesign betyder *ikke*, at der i designforløbet kun tages hensyn til produktets miljø- og arbejdsmiljømæssige egenskaber, eller at produktets miljø- og arbejdsmiljømæssige aspekter går forud for de klassiske parametre som funktion, kvalitet og pris mv.

"Totaldesign"

Ordet "ecodesign" kan siges at være uhensigtsmæssigt, idet det netop kan lede en til at tro, at der isoleret set skal tages hensyn til de miljømæssige aspekter i design- og produktudviklingsprocessen. Dette er ikke tilfældet. En bedre beskrivende term kunne være "totaldesign" (som pendant til "Total Quality Management"), men i denne manual vil blive benyttet den generelt accepterede term "ecodesign" for ikke at skabe unødigt forvirring.

Synonymer

Begrebet "ecodesign" bruges ofte synonymt med "Design for Environment", "Sustainable Product Design", "Environmentally Conscious Design" eller "Green Design", som alle har det samme formål som ecodesign: At inddrage miljøaspekter i produktudviklingen på lige fod med klassiske aspekter som økonomi, fremstillingsteknologi osv.

Analogi til renere teknologi

Ecodesign kan forstås som en analogi til renere teknologi. Renere teknologi fokuserer på at reducere miljø- og arbejdsmiljøpåvirkninger i hovedsageligt produktionsprocessen. Ecodesign har et bredere sigte, idet her fokuseres på at reducere miljø- og arbejdsmiljøpåvirkninger ikke kun i produktionsfasen men i hele produktets livsforløb dvs. i alle de livsfaser, som produktet gennemlever.

DS ISO 14062

Den internationale standardiseringsorganisation ISO har udgivet en teknisk rapport af som beskriver en internationalt anerkendt metode til ecodesign. Rapporten hedder TR 14062 "Integrering af miljøforhold i produkt design og -udvikling" og udkom i 2002 [2]. Nærværende manual er udarbejdet i overensstemmelse med ISO's retningslinjer for ecodesign.

1.1.1 Ecodesign og traditionel design

Design- og produktudvikling er en kompleks proces, hvor fordele og ulemper må afvejes imod hinanden i designforløbet, og hvor designeren typisk må søge det bedste kompromis mellem funktion, kvalitet, miljømæssige egenskaber og pris mv. for at sikre et kundedække for det konkrete produkt.

Miljømæssige forhold "overses" ofte

I denne komplekse proces, hvor virksomheden og dermed designeren typisk er økonomisk og tidsmæssigt presset, sker det ofte, at produktets miljømæssige egenskaber bliver "overset" eller "glemt", idet der er så mange andre forhold at tage hensyn til. Dette er selvfølgelig ikke hensigtsmæssigt særlig ikke i en tid, hvor produkter mødes med stigende miljøkrav fra myndigheder og kunder, herunder især industrielle kunder.

Ecodesign er traditionel design, hvor miljøforhold indgår som en integreret del af design- og produktudviklingen, således at der tages højde for produktets miljøforhold i hele dets livsforløb under design- og produktudviklingen.

Ekstra elementer i ecodesign

I praksis betyder det, at designeren i ecodesignforløbet gennemgår de samme faser eller trin som ved et traditionelt designforløb, men at der under nogle af trinene tilføjes ekstra elementer, som designeren skal tage højde for.

Strategisk udgangspunkt

De ekstra elementer forekommer særligt i de indledende trin i ecodesignprocessen, hvor det strategiske udgangspunkt for processen baseres på overvejelser vedr. produktets miljø- og arbejdsmiljømæssige forhold i hele dets livsforløb. Designeren skal være i stand til at omsætte disse overvejelser i udformningen af det konkrete produkt.

Dokumenter forbedringer

Desuden er det også vigtigt, at designeren i forløbet sikrer sig, at der vitterlig er opnået en miljø- og arbejdsmiljømæssig gevinst ved det påtænkte reviderede design, og at denne gevinst viderekommunikeres internt i virksomheden samt evt. eksternt til f.eks. virksomhedens kunder.

Den ecodesignmetode, som gennemgås i nærværende manual, fokuserer på produktets miljømæssige forhold netop for at sikre, at der bliver taget hensyn til disse forhold i design- og udviklingsfasen. I princippet bør metoden således benyttes som supplement til den klassiske design- og produktudviklingsproces (se bl.a. [3]), som forudsættes kendt ved brug af manualen.

1.1.2 Anvendelse af ecodesign

Original- og redesign

Ecodesign kan anvendes både ved design/udvikling af et helt nyt produkt, dvs. ved originaldesign, eller når et allerede eksisterende produkt skal forbedres miljømæssigt i forhold til sig selv eller tilpasses f.eks. kommende, nye miljøkrav. Ved de sidstnævnte anvendelser kaldes ecodesign også for "ecoredesign".

Adskillelsen mellem originaldesign og redesign kan ikke altid foretages strikt, idet f.eks. redesign i praksis ofte indebærer at udvikle originaldesign af bestemte komponenter eller undersamlinger. Adskillelsen kan dog være praktisk for bedre at forstå de muligheder og begrænsninger, som designeren typisk har i forbindelse med redesign hhv. originaldesign.

Originaldesign Designeren har således "friere hænder" ved originaldesign end ved redesign, og det betyder typisk, at han/ hun har større muligheder for at integrere effektive og vidtrækkende (miljø)ændringer ved originaldesign, end ved redesign. Men originaldesign er ofte meget dyrere og kan være sværere at gennemføre end redesign. Desuden indebærer originaldesign også typisk en større økonomisk risiko end redesign.

Redesign Omvendt kan det være nemmere at identificere forbedringsmuligheder ved redesign, fordi det kan være lettere at tage udgangspunkt i et eksisterende produkt og forbedre/ redesigne dette produkt frem for at konstruere/ designe et helt nyt produkt. Og ved at gennemføre mange mindre miljømæssige forbedringer, som f.eks. at reducere et produkts vægt (= mindre materialeforbrug samt mindre energiforbrug til transport) og øge dets muligheder for at blive repareret (= øge reparationsvenligheden), kan der samlet set ofte opnås store miljømæssige forbedringer.

Redesign, hvorunder bl.a. almindelige fortløbende produktforbedringer henhører, er desuden den mest udbredte form for design i industrien.

Eksempler: Original- og redesign

Et eksempel på originaldesign er compact discen. Den repræsenterer helt nye løsningsprincipper for lagring af musik og data i forhold til tidligere produkter som f.eks. båndoptageren, gramfonplade-spilleren eller traditionelle papirarkiver.

Et eksempel på redesign er, når trærammen i en tennisketsjer eller andet sportsudstyr erstattes med kulfiber-kompositter.



Forskellige niveauer

Ecodesign kan desuden anvendes på forskellige niveauer [1]:

- Produkt komponent niveau
- Produkt struktur niveau
- Produkt system niveau
- Udvikling af et nyt koncept.

Dette vil blive nærmere behandlet i afsnit 3.2.1.

Der kan i princippet opnås flere miljø- og arbejdsmiljømæssige forbedringer ved ecodesign på produkt system niveau end ved anvendelse af ecodesign på produkt komponent niveau. Til gengæld er det i praksis langt sværere at arbejde med førstnævnte, ikke mindst fordi det involverer flere parter som skal være tilfredse med resultatet.

*Større spillerum
større potentiale*

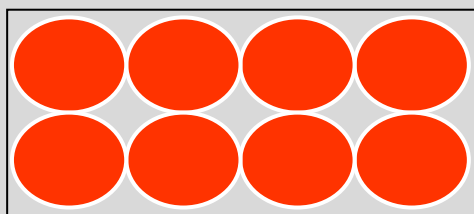
Generelt gælder det, at jo større spillerum designeren får for at udvikle nye forbedringer, jo større er det samlede potentiale for miljømæssige forbedringer.

*Fokus på
produktniveau*

I denne manual fokuseres der som udgangspunkt på at redesigne et eksisterende produkt frem for at designe et nyt produkt, idet det bl.a. kan være nemmere at dokumentere, at der er opnået miljøforbedringer ved redesign end ved originaldesign. Desuden omhandler manualen kun ecodesign på produkt komponent niveau, idet plastforarbejdende virksomheder typisk ikke udvikler komplette systemer. Designeren bør dog i princippet altid have tankegangen om de øvrige niveauer i baghovedet, så der ikke gennemføres produktændringer som kan begrænse eller decideret modarbejde mulighederne for forbedringer på et højere niveau.

Eksempler: Ecodesign på produkt system niveau

For (transport)emballager f. eks. sodavandsflasker og yoghurtbægre kan optimering af emballagen i systemsammenhænge være afgørende for miljøoptimeringen. Hvis designet af sodavandskasserne ændres kan der spares materiale og dermed vægt samtidig med at produktet får en bedre præsentation i forretningen. Eller hvis yoghurtbægret eksempelvis udformes ovalt i stedet for rundt, kan der spares transportplads, hvilket bidrager til optimering af det samlede system.



1.2 Hvorfor ecodesign?

Dette afsnit beskriver argumenter for at arbejde med ecodesign. Svaret kan gives ud fra to synsvinkler:

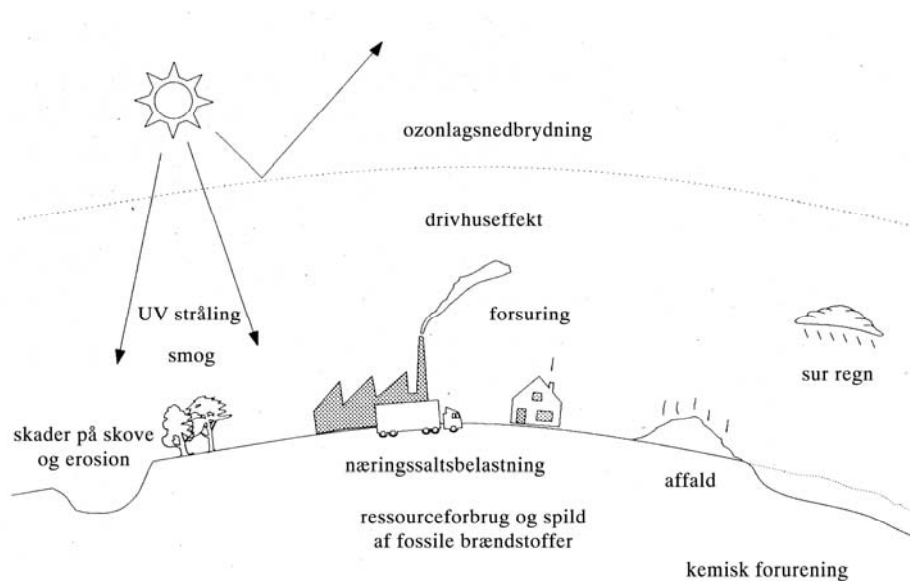
- Den miljømæssige synsvinkel
- Den forretningsmæssige synsvinkel.

Der er ikke nødvendigvis modstrid i mellem de to synsvinkler. Ecodesign kan føre til en række fordele både for miljøet og for forretningen.

1.2.1 Den miljømæssige synsvinkel

*Bæredygtig
udvikling*

Der hersker global enighed om, at nutidens miljøpåvirkninger, se figur 1.1, repræsenterer en udfordring for menneskeheden. For at sikre en bæredygtig udvikling (engl.: Sustainable development) må de menneskeskabte påvirkninger reduceres – nu og i tiden fremover.



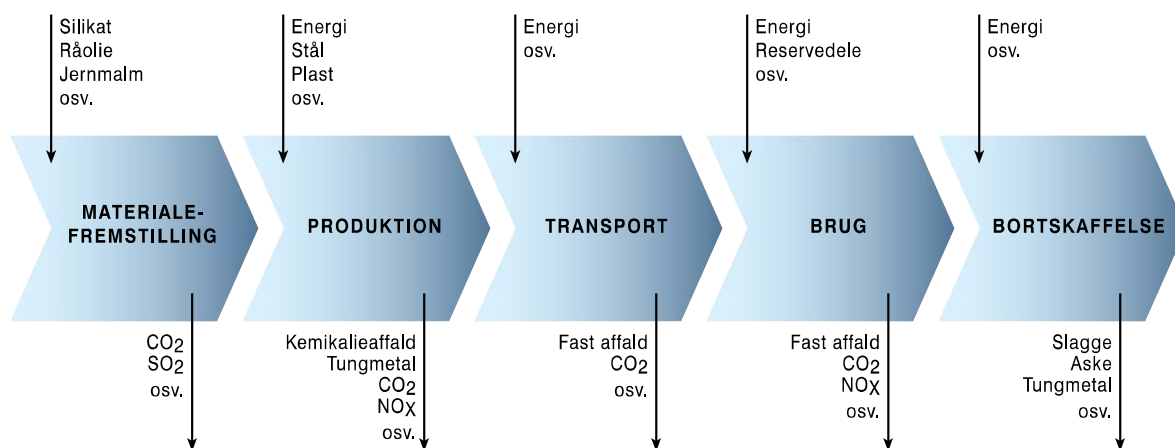
Figur 1.1 Overblik over miljømæssige problemer [1].

I den internationale miljødebat har det været foreslået, at de menneskeskabte miljøpåvirkninger skal reduceres med en faktor 4 eller helt op til en faktor 20. Hvilken faktor man anser for nødvendig, afhænger af temperament og fra hvilken vinkel man anskuer problemstillingen f.eks. om man anskuer den på globalt plan eller måske på mere regionalt plan ved kun at beskæftige sig med den industrialiserede del af verdenen.

Tænkning i produkternes livscyklus

Mange af de menneskeskabte miljøpåvirkninger hænger direkte eller indirekte sammen med samfundets forbrug af produkter, idet påvirkningerne opstår i de forskellige faser, som produkterne løber igennem: Under udvinding af råvarerne forbruges ressourcer i form af råvarer og energi og i fremstillingsprocessen forbruges el og varme og omgivelserne påvirkes som en følge af udledninger og emissioner fra processerne. Det samme gælder, når råvarerne og de færdige produkter skal transporteres, når de benyttes og vedligeholdes af forbrugeren, og når de i sidste ende skal bortskaffes.

Samlet set kan man betragte faserne som et livsforløb for produkterne - "fra vugge til grav". Derfor kaldes faserne, som produkterne gennemløber i hele deres livsforløb for deres "livscyklus", se figur 1.2.



Figur 1.2 Livscyklusperspektivet [4].

At optimere livscyklus

Designeren sidder således med et stort ansvar, når han/hun udvikler et nyt produkt og har mange muligheder for at ændre på produktets udformning og dermed på dets miljøegenskaber.

Ved at tænke produktets livscyklus igennem fra starten af, dvs. fra den tidlige udvikling af produktet, kan designeren tilpasse produktet således, at det opfylder funktionskravene på den miljømæssigt bedste måde. Designeren kan minimere eller helt eliminere miljøpåvirkningerne allerede inden, de når at finde sted, og dermed optimere produktets miljøegenskaber. Værktøjer hertil gennemgås i denne manual.

1.2.2 Den forretningsmæssige synsvinkel

Der kan ofte være mange forretningsmæssige fordele ved at arbejde med ecodesign. Karakteren af fordelene kan variere fra virksomhed til virksomhed og vil næppe alle kunne "høstes" på en gang i forbindelse med et enkelt produkt. Fordelene vil typisk være de samme, som kan opnås ved at arbejde med bl.a. miljøstyring/-ledelse, men der er også andre, nye fordele at hente. Dette skyldes bl.a., at ecodesign er langt

breder i sit virke end miljøstyring/ -ledelse. Af disse nye fordele kan bl.a. nævnes en bedre kunde/leverandør-forhold (dialog og samarbejde mv.) eller forbedrede produkttegenskaber for det codesignede produkt.

Eksempel: Fjernsyn og energiforbrug i stand by

I udviklingen af et fjernsyn med fjernbetjening kan designeren tage højde for, at forbrugeren i produktets brugsfase som regel slukker for fjernsynet ved hjælp af fjernbetjeningen frem for på selve apparatet, dvs. at apparatet kun er i stand by og dermed fortsat bruger strøm f.eks. om natten, selvom det ikke er i brug. Idet energiforbruget i brugsfasen af et fjernsyn forårsager langt den største del af apparatets miljøpåvirkninger i hele dets livsforløb, er reduktion af el-forbruget i både drift og stand by et område, hvor der kan hentes store miljømæssige gevinster.



Designeren bør således som en væsentlig forbedringsmulighed søge at begrænse energiforbruget under brug og stand by af apparatet, idet det vil reducere fjernsynets miljøpåvirkninger betragteligt i hele dets livsforløb.

Generelt gælder, at de forretningsmæssige fordele ved codesign ofte ikke bliver udnyttet tilstrækkeligt eller bliver overset, fordi de kan være svære eller umulige at omsætte i "kroner og ører". Desuden vil mange af fordelene først kunne registreres efter flere års indsats.

**Øget
konkurrenceevne**

På sigt vil de mange og ofte forskelligartede fordele bevirke, at virksomheden samlet set vil være mere konkurrencedygtig end andre virksomheder overfor evt. ændringer i markedet og omverdenen. Dvs. at virksomheden i mange sammenhænge ofte vil kunne sikre sig en vis forretningsmæssig stabilitet ved at arbejde struktureret med codesign igennem længere tid.

Eksempler på hvilke mulige forretningsmæssige fordele som typisk kan opnås med codesign (igennem længere tid) er nævnt neden for.

**Kunde/-
leverandørforhold**

En underleverandør, der udover sin faglige viden har et godt kendskab til codesign, kan tilbyde sine kunder en bedre service og kan således forbedre sit forhold til kunden. Evt. kan virksomheden med udgangspunkt i denne service søge at indgå et tættere samarbejde med sine kunder inden for miljøvenlig produktudvikling. Dette vil være til begge parter fordel, og kunden vil selv på sigt få mere tilfredse kunder, idet der typisk vil være færre miljøomkostninger forbundet med det redesignede produkt.

Mange virksomheder arbejder med at forbedre deres produkters miljømæssige egenskaber, og de vil på sigt have behov for miljømæssig information fra deres underleverandører. Den underleverandør som er i stand til at give kunden denne information og som måske oven i købet kan hjælpe ham/ hende med sit miljøarbejde vil være bedre stillet end en underleverandør, som ikke er forberedt herpå.

<i>Nye produkt-egenskaber</i>	Arbejdet med ecodesign kan føre til nye og forbedrede produkter med egenskaber som forbrugerne vil foretrække frem for de oprindelige produkter. Hermed kan virksomheden opnå en bedre position på nye – eller eksisterende markeder, og måske i nogle tilfælde ligefrem være ophavsmand til nye produktfunktioner mv.
<i>Direkte besparelser</i>	Desuden kan ecodesign hjælpe med til at finde muligheder for besparelser i produktionen og forbedringer i arbejdsmiljøet. Ved at identificere fordelagtige løsninger med hensyn til materialer og produktionsprocesser vil virksomheden kunne reducere sine faste og variable omkostninger i relation til det aktuelle produkt.
<i>Mindre risiko i værdikæden</i>	Hvis man gennem ecodesign kan reducere de risici der er forbundet med produktion og brug af virksomhedens produkter kan omkostninger til forsikringer mv. typisk reduceres på sigt.
<i>Øget innovationsevne</i>	Ecodesign betyder øget fokus på nytænkning og innovation. Radikalt anderledes løsninger bliver overvejet, og der er således gode muligheder for at opdage nye og forbedrede produkt- eller servicemuligheder. Ambitiøse miljømæssige udviklingsmål vil det typisk sætte gang i nytænkningen og engagementet blandt medarbejderne.
<i>På forkant</i>	At arbejde struktureret med ecodesign betyder, at virksomheden er nødt til at følge den miljø- og samfundsmæssige udvikling tæt. Udviklingen går hurtigt, og virksomheden skal være beredt på at forudse nye tendenser, behov og krav. Således kan ecodesignarbejdet betyde, at virksomheden hele tiden må være på forkant med udviklingen og være klar med nye produkter, der efterkommer markedets behov og krav.
<i>Positivt omdømme</i>	Virksomheder der respekterer miljømæssige- og etiske principper og integrerer dem i deres daglige virke vil typisk kunne opnå et positivt omdømme i det omgivende samfund. Det kan være svært at sætte tal på effekten af et godt omdømme, men det kan have en væsentlig positiv effekt f.eks. med hensyn til at tiltrække de rette medarbejdere til virksomheden. Eksempler som Brent Spar-sagen i 1995, hvor oliekoncernen Shell ville sænke en olielagertank på havets bund, eller diskussioner om børnearbejde i Fjernøsten i forbindelse med bl.a. genanvendelse af plast, har vist, hvilke alvorlige konsekvenser negativ omtale og dårlig image kan føre med sig.

1.3 Ecodesign i plastforarbejdende virksomheder

Plastforarbejdende virksomheder kan inddeles i 2 kategorier:

- Ordreproducerende virksomheder, der producerer på baggrund af fastlagte kravspecifikationer fra industrielle kunder
- Virksomheder, som producerer egne plastprodukter til direkte salg til f.eks. detailhandlen.

I første nævnte tilfælde vil der ofte være tale om produktion af halvfabrikata eller komponenter, som udgør en mindre del af et endeligt og typisk mere komplekst produkt f.eks. en opvaskemaskine. I sidst nævnte tilfælde vil der typisk være tale om produkter, hvor plast udgør hele produktet eller en væsentlig del heraf.

Grænsen imellem de to kategorier er ikke skarp, idet nogle plastforarbejdende virksomheder både er ordreproducerende og har en sideløbende produktion af egne produkter. Størstedelen af produktionen af plastprodukter i Danmark sælges dog typisk som underleverancer til andre industrier.

Underleverandørrollen

Plastproducenter er således ofte underleverandører til andre producenter, der i sidste ende lægger navn til de produkter, som indeholder plastkomponenter. Det betyder samtidig, at plastproducenter sjældent er kendt af offentligheden og typisk lever en "diskret" tilværelse på nær visse store og markante producenter som f.eks. LEGO System A/S.

Rollen som underleverandør betyder også, at plastproducenter i mange tilfælde ikke har så megen indflydelse på de plastkomponenter, som de producerer. Kunderne henvender sig ofte meget sent i udviklingsforløbet få produceret forskellige plastkomponenter mv. På det tidspunkt er kravspecifikationerne for den ønskede komponent som oftest allerede fastlagte, og plastproducentens muligheder for evt. at komme med (miljømæssige) forbedringsforslag til komponenten er begrænsede. I nogle tilfælde har kunderne endda allerede forhandlet sig til råvareaftaler med råvareleverandørerne, som de plastforarbejdende virksomheder efterfølgende kan aftage fra.

Bedre service vha. viden om eco-design

Hvis en plastvirksomhed derimod – udover sin produktionstekniske knowhow – besidder en solid viden om eco-design, vil den kunne yde sine kunder en ekstra service, der på sigt f.eks. kan betyde reducerede (miljø)omkostninger for kunderne. Det kan f.eks. være, at plastvirksomheden kan rådgive om en anden formgivning af en aktuel plastkomponent, som kræver et mindre råvareforbrug, eller kan foreslå en ny lukkemekanisme for en emballage, som slutbrugeren opfatter som mere brugervenlig, og som derfor hurtigt opnår en større efterspørgsel. Hvis sådanne fordele kan opnås vil kunden vil have en større interesse i at bibeholde den aktuelle plastvirksomhed som underleverandør.

*Tættere
samarbejde med
kunderne*

Ecodesign kan således benyttes som et middel, blandt flere andre, til at skabe et bedre og tættere forhold til kunderne og til evt. på sigt at blive inddraget tidligere i udviklingsforløbet af kundernes produkter. Herved kan plastvirksomheden med tiden muligvis skifte status fra hovedsageligt at være en underleverandør til at blive en aktiv sparringspartner for kunden. Dette kan være af afgørende betydning for plastvirksomheden i en verden, hvor den globale konkurrence er hård, og hvor den fysiske produktion af forskellige delkomponenter stort set kan foregå overalt i verden.

I det tilfælde hvor den plastforarbejdende virksomhed producerer sine egen produkter, vil virksomheden selv direkte kunne drage nytte af de fordele, som typisk kan opnås ved ecodesign, se afsnit 1.2.

1.4 Ecodesign og andre miljø- og styringsværktøjer

Ecodesign kan med fordel anvendes sammen med andre miljø- og styringsværktøjer, idet ecodesign understøtter 2 grundtendenser i fremtidens miljøarbejde, nemlig kravet om kontinuerlig forbedring og produktorientering.

LCA

Livscyklusvurdering (på engl.: Life Cycle Assessment), LCA, er en mere omfattende metode til at vurdere et produkts totale miljøpåvirkning i hele dets livsforløb. Hvis virksomheden ønsker mere detaljerede og gennemarbejdede vurderinger af et produkts miljømæssige egenskaber kan det være en mulighed at udarbejde eller få udarbejdet en fuld LCA for ens produkt. Det er dog et meget omfattende arbejde som i mange tilfælde kræver specialviden.

*ISO-standarder
og EMAS*

Ecodesign er kompatibel med både miljøledelse/ -styring (standardiseret i ISO 14000-serien), kvalitetsstyring (standardiseret i ISO 9000-serien) og den europæiske EMAS-ordning. Miljøstyring efter ISO 14001 strukturerer interne procedurer i forbindelse med virksomhedens miljøarbejde, ISO 9000-serien gør det samme i forbindelse med kvalitetsarbejde. Standarderne og EMAS-ordningen giver virksomheden mulighed for at dokumentere sin miljøindsats.

ISO 14001 og EMAS-ordningen stiller krav om løbende miljøforbedringer. Dette kan være svært at leve op til, efterhånden som en virksomhed har gennemført adskillige forbedringer indenfor sin egen produktion. Her kan forbedringspotentialet for virksomhedens produkter være større og således gøre det nemmere for virksomhederne at fortløbende at dokumentere miljøforbedringer.

1.5 Miljøkrav til fremtidens produkter

I Danmark og en stor del af den vestlige verden har indsatsen på miljøområdet efterhånden betydet, at udledningen fra industri, kraftværker og rensningsanlæg - de såkaldte punktkilder - i vidt omfang er under kontrol. Fokus for fremtidens miljøindsats er således i højere grad knyttet til samfundets generelle ressourceforbrug og anvendelse af produkter frem for til punktkilderne.

På lignende vis var det tidligere hovedsageligt myndighederne, de nationale og EU, som stillede miljøkrav til virksomhederne men i dag er der langt flere aktører eller interessenter, som er interesseret i virksomhedernes miljøindsats, og som stiller krav til virksomheder. Dette gør at virksomhederne skal tage højde for langt flere interessenter end tidligere, når de planlægger deres miljøarbejde.

I det følgende vil blive gennemgået de væsentligste interessenter, som stiller miljøkrav til virksomhedens produkter. Desuden vil de fremtidige trends i lovgivningen inden for miljøområdet blive skitseret.

1.5.1 Virksomhedens interessenter

Virksomhederne har en række interessenter, se figur 1.3, som på hver sin måde stiller krav til virksomhederne og herigennem influerer på dem og deres produkters succes.

Myndigheder

Myndighederne kan være både nationale, regionale (f.eks. EU) eller overnationale i form af forskellige internationale konventioner. Disse øver først og fremmest indflydelse i form af den lovgivning, der udarbejdes.

Offentlige indkøb

På mere lokalt niveau (i Danmark kommuner og amter) øves indflydelse i form af tilsyn med gældende love og regler.

De offentlige myndigheder optræder også i en anden rolle, nemlig som kunde. Stat, amter og kommuner er storforbrugere, når det gælder indkøb. Miljøbeskyttelseslovens § 6, pålægger offentlige myndigheder at gennemføre en offentlig miljøbevidst indkøbspolitik. Det offentlige skal ved indkøb og produktion stille miljø- og energikrav til produkter og produktionsmetoder på lige fod med krav til kvalitet, funktion, pris og leveringssikkerhed mv.

Som en konsekvens heraf er der udarbejdet en serie af miljøvejledninger, der skal gøre det nemmere for offentlige indkøbere at gennemføre miljøvenlige indkøb af forskellige produkter i forskellige produktkategorier.

Kunder

Mange virksomheder har indført eller arbejder på at indføre miljøledelsessystemer for at systematisere deres miljøarbejde. Disse virksomheder har brug for at kunne dokumentere omfanget og arten af de miljøpåvirkninger, der knytter sig til deres produktion og produkter. For at kunne gøre dette har de behov for veldokumenterede miljøoplysninger fra

deres leverandører, og kunderne vil således i stigende grad efterspørge sådanne oplysninger hos leverandørerne, herunder plastproducenter.

I visse situationer kan plastproducenterne også komme ud for, at leverandøren stiller krav til dem førend han/ hun vil bekræfte en given leverance. Dette er dog endnu ikke så udbredt.

Medarbejdere

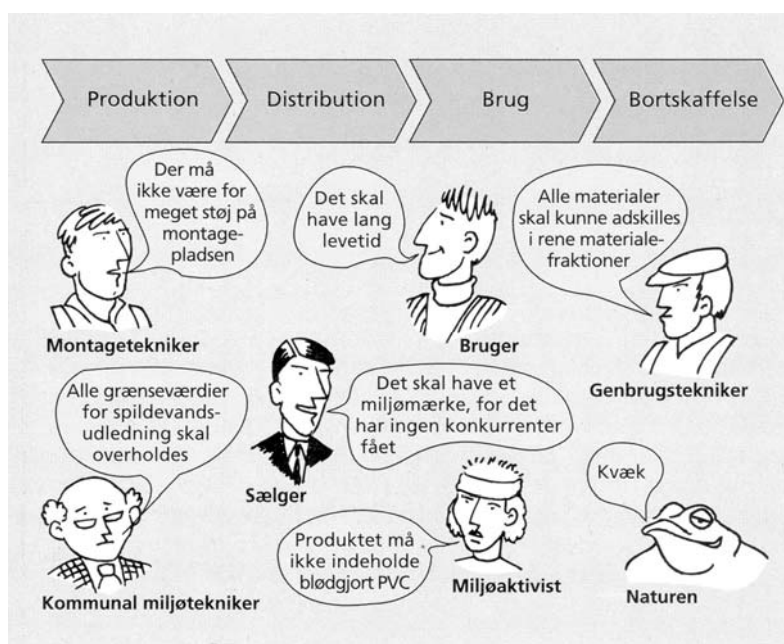
Medarbejdere er en meget vigtig (måske den vigtigste) ressource for en virksomhed. I følge mange prognoser, vil der i fremtiden blive mangel på kvalificeret arbejdskraft. Det er derfor vigtigt, at virksomheden har et godt image og kan tilbyde arbejdsopgaver, der kan tiltrække og fastholde de rigtige medarbejdere.

Investorer

Når private - og institutionelle investorer investerer deres midler, indgår vurdering af en virksomheds "miljø-præstationer" i stigende grad som en parameter.

Det offentliges "søgelys"

Denne lidt diffuse interesse er meget vanskelig at have under kontrol; men det er væsentligt at have sig for øje, at man udmærket kan komme i det offentliges "søgelys" uden at have gjort noget alvorligt forkert eller direkte ulovligt.



Figur 1.3 Interessenterne i et produkts livsforløb har alle deres særlige krav og ønsker til produktet [4].

1.5.2 Trends i lovgivningen

Inden for lovgivning om produkters miljøforhold er der i de senere år set et skift fra oprindeligt nationale tendenser eller direkte tiltag til hovedsagelig europæiske/ EU-tiltag.

Disse tiltag består bl.a. i introduktion af en "produktorienteret miljøpolitik", større producentansvar for produkter i hele deres livsforløb og generelt stigende krav om miljøinformation.

Produktorienteret miljøpolitik

EU-Kommissionen har udviklet en "integreret produktpolitik" (IPP) [5] eller "produktorienteret miljøpolitik" [6], som den nye politik tidligere har været kaldt i Danmark. Hovedtanken i denne politik er at motivere virksomhederne til at vurdere og reducere miljøpåvirkningerne af deres produkter i hele deres livsforløb.

Den integrerede produktpolitik skal bl.a. gennemføres ved følgende strategier [5]:

- Økonomiske incitamenter (f.eks. differentieret moms til grønne produkter)
- Incitamenter til at fremme livscyklustankegangen og fremstilling af mere miljøvenlige produkter (f.eks. ved lettere adgang til databaser med livscyklus- /produktinformation)
- Generelle krav til eller retningslinjer for design af visse produkter og indarbejdelse af miljøkrav i standarder
- Incitamenter til at øge efterspørgslen efter grønne produkter (f.eks. miljømærker / -varedeklarerationer og offentlige grønne indkøb).

Produktpolitikken forventes at blive konkretiseret i 2003 bl.a. på baggrund af frivillige praktiske pilotprojekter for udvalgte produkter.

På et lidt mere konkret plan arbejder EU-Kommissionen på et direktiv, der har til formål at harmonisere (miljø)krav til elektriske – og elektroniske produkters design [7]. Det er endnu uklart, hvordan harmoniseringen vil blive udmøntet i praksis, men det kan forventes at for betydning tilsvarende harmoniseringer rettet mod andre produktkategorier.

Producentansvar

En anden udvikling i miljølovgivningen er at pålægge producenter og importører et større ansvar for deres produkter i hele livsforløbet, herunder en miljømæssig forsvarlig bortskaffelse af de produkter.

Elektrisk og elektronisk udstyr

EU parlamentet har således nyligt vedtaget et direktiv om affald fra elektrisk – og elektronisk udstyr der pålægger producenter og importører af elektriske og elektroniske produkter ansvaret for indsamling og bortskaffelse af affaldet [8]. I direktivet stilles desuden krav om genvinding af materialer i de skrottede produkter, hvor kravene om genvinding (genvindingsprocenter) varierer for forskellige typer af produkter.

Køretøjer

Et andet væsentligt og allerede gældende direktiv er direktivet om udrangerede køretøjer - kaldet ELV-direktivet [9]. Det stiller skærpede kvantitative krav om genbrug og nyttiggørelse af skrottede køretøjer. F.eks. skal senest den 1. januar 2006 min. 85 % af en gennemsnitsvægt pr. køretøj kunne genbruges eller nyttiggøres, hvoraf genbrug og genvinding skal udgøre min. 80 %. Dette har stor betydning for underleverandører, herunder plastforarbejdende virksomheder, til automobilindustrien.

Kemiske stoffer

På kemikaliesiden arbejder EU-Kommissionen med en helt ny kemikaliepolitik, hvor industrien gøres ansvarlig for at fremskaffe nødvendige data til registrering, vurdering og godkendelse af kemikalier til oprettelse af et nyt kemikaliesystem, kaldet REACH-systemet [10]. Den nye kemikaliepolitik vil kræve, at de enkelte led i værdikæderne, dvs. leverandører og fremstillingsvirksomheder mv. bliver ansvarlige for at videregive information til de efterfølgende led i produktkæderne.

Direktivforslag for en ny kemikaliestrategi forventes udarbejdet i 2003.

DEL II: Kapitel 2

Generelle ideer og retningslinjer

Ligesom det er tilfældet med ethvert andet nyt værktøj, kan det være svært at komme i gang med ecodesign. Det kræver tid og ressourcer, og ofte er man tilbøjelig til at udsætte sådanne nye tiltag til et senere tidspunkt, som bare aldrig viser sig. Det er synd for i mange tilfælde kan der være flere forholdsvis nemme gevinster at hente ved en begrænset indsats.

Arbejdet med ecodesign behøver ikke nødvendigvis at gennemføres via store forkromede projekter – i mange tilfælde kan man fordel starte ”langsomt” op og i første omgang tilegne sig livscyklustankegangen og - ganske umiddelbart – forsøge at skitsere forskellige forbedringsmuligheder for ens produkt. Der kan ofte identificeres mange muligheder for miljømæssige produktforbedringer (samt evt. økonomiske fordele) på baggrund af relativt simple overvejelser og retningslinjer *uden* at man behøver at gennemføre ressourcekrævende undersøgelser – det er netop tanken med ecodesign!

Let opstart

Det vil som oftest være nemmere at komme i gang med ecodesign, hvis man allerede har nogle ideer at arbejde ud fra. Sådanne ideer kan drive processen ved at skabe engagement og lyst blandt de medarbejdere, som typisk skal involveres i arbejdet.

Ideer og retningslinjer

I denne del af manualen vil blive givet nogle generelle ideer og retningslinjer til miljømæssige forbedringer af (plast)produkter. Det kan være svært at give generelle ideer og retningslinjer, som er meningsfulde og samtidig ikke virker alt for banale eller generelle. Nedenfor er alligevel gjort et forsøg, som evt. kan ”spore” designeren ind på en ”ecodesigntankegang”, men som ikke nødvendigvis dække alle typer af produkter.

Eksempler

Desuden vil blive givet nogle eksempler på ecodesign af plastprodukter, som forhåbentlig kan inspirere til yderligere ideer til miljørigtigt design. Flere af eksemplerne kan virke naive eller urealistiske men her er det væsentligt at lade sig inspirere af princippet bag eksemplerne frem for kritisk at vurdere den praktiske gennemførlighed.

Internetportal

Tilslut kan det også anbefales at logge ind på den Internetportal om ecodesign, som er oprettet som supplement til nærværende manual. Du kan komme ind på portalen via PD’s hjemmeside www.plast.dk [17]. Her findes der 3 mindre PC-værktøjer som bl.a. kan være en støtte til at:

Valg af plastmateriale

- Vælge relevante plastmaterialer til et givet plastprodukt på baggrund af hovedsagelig mekaniske og kemiske krav til materialet (Beslutningsværktøj til valg af plastmateriale)

*Energi- og
ressourceforbrug*

- Beregne det samlede energi- og ressourceforbrug for et givet (plast)produkt på baggrund kvantitative data om hvilke materialer, som indgår i produktet (Værktøj til MEKA-screening)

*Kemiske stoffer
og "lister"*

- Få oplysning om hvorvidt et kemisk stof forekommer på forskellige "lister" over miljø- og arbejdsmiljømæssige forhold ("Listen over farlige stoffer", "Listen over uønskede stoffer", "Effektlisten" mv.) på baggrund af stoffets navn eller CAS-nummer (Værktøj til kemikalievurdering).

Værktøjerne er tænkt som en støtte til designeren under ecodesignprocessen men kan også benyttes i forbindelse med DEL I og DEL II eller i anden sammenhæng.

2.1 Ideer og retningslinjer

Energiforbrug

For produkter der bruger energi i brugsfasen, vil dette næsten altid være en meget væsentlig del af produktets samlede miljøbelastning, og dermed et vigtigt fokusområde.

*Reducer
materiale-
forbruget*

Reducer mængden af det/de materiale/-r, der medgår til produktet. Det vil betyde en reduktion af miljøbelastningerne i råvarefasen (mindre ressourcetræk og miljøbelastning som følge heraf), brugsfasen (f.eks. mindre energi til transport eller lettere håndterbarhed/ montage), transportfasen (mindre energi til transport) og i bortskaffelsesfasen (mindre affald, når produktet skal bortskaffes).

Desuden vil det automatisk føre til reduktion af omkostningerne, ikke blot for den plastforarbejdende virksomhed men typisk også for kunden og i hele værdikæden pga. mindre energiforbrug til transport.

Kun efter behov

Konstruér og dimensionér efter behov – i mange tilfælde konstrueres og dimensioneres der med "ekstra-ekstra" godstykker og sikkerhedsfaktorer, fordi det skal være "rigtig godt"; det er ofte ikke nødvendigt.

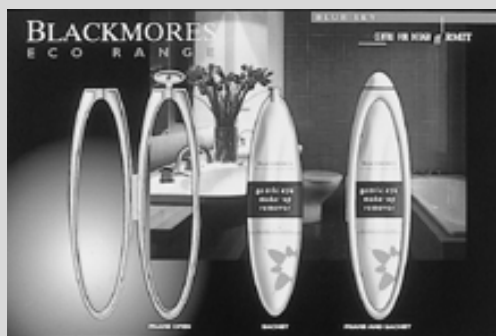
Forenkling

Prøv at undgå unødigt komplicerede sammensætninger eller prøv om det er muligt at forenkle produktet, f.eks. mht. antallet af råvarer/materialer, hjælpestoffer, samlinger, limninger osv. eller benyt evt. en mere simpel formgivning, som ikke er så kompleks at fremstille, og dermed ikke medfører så mange kassationer.

Udskift indstøbte skruer med systemer, der kan let "klikkes" sammen eller samles på anvende vis. Prøv at tænke i nye måder eller løsninger til at samle delkomponenter og gerne således, at alle og enhver kan samle - eller adskille - komponenterne uden særlig specialviden- eller værktøjer. Overvej om det er muligt at undgå blandinger af materialer eller så vidt muligt prøv at sikre, at materialerne, når produktet er udtjent, på forholdsvis let vis kan adskilles.

Eksempler: Materialereduktion er typisk en "nem" start

Det kan være forholdsvist let at reducere forbrug af materiale (og vægt) ved fremstilling af diverse plastprodukter, hvilket da også i mange år har været praktiseret i plastindustrien – ikke mindst fordi det også medfører økonomiske fordele for producenten. Vægten kan bl.a. reduceres ved at ændre designet til mekanisk stærkere konstruktioner, ved at benytte laminater, ved at benytte luftpuder og oppustelige dele, ved at introducere modulsystemer, hvor kun visse dele udskiftes eller ved at benytte genvundet plast – kun fantasien sætter grænser.....



Nyt emballage-koncept: Engangsdel kombineret med stærk genbrugs-”ramme”



Oppustelige møbler, folieluftpuder og køkkenudstyr reducerer materialeforbrug

Dilemma

Den generelle tendens går i den modsatte retning, idet vores materialer og produkter bliver mere komplekse og sammensatte. Dette skyldes, at den teknologiske udvikling stiller stadigvæk stigende krav til materialernes og produkternes egenskaber, hvilket i mange tilfælde nødvendiggør sammensatte materialer for at kunne indfries.

Denne udvikling er ikke nødvendigvis uheldig for miljøet. F.eks. har opdagelsen af plastfolielaminater betyder, at det er muligt at bruge langt færre ressourcer for at sikre den samme styrke i laminatet i forhold til folier af et enkelt materiale, hvilket igen har ført til et mindre materialeforbrug og heraf følgende mindre energiforbrug til f.eks. transport af materialerne.

Under alle omstændigheder kan udviklingen være en nødvendighed for at sikre, at der på sigt kan udvikles nye og i miljømæssig henseende mere fordelagtige teknologier. Dette udelukker dog ikke, at man altid bør overveje evt. konsekvenser af f.eks. meget sammensatte materialeblandinger, særligt hvis materialerne ikke kan adskilles efter endt brug.

Eksempel: Lettere montage og simpel samling

Smedegaard & Weis Industriel Design har redesignet en forforstærker til en TV-antenne. Det redesignede produkt, "Blue Box", monteres nu vha. et "bælte" af PE-plast, hvor forforstærkeren "klikkes" fast på bæltet; nemt og hurtigt og uden behov for skruetrækker eller andre redskaber ved hånden!



Integration af flere funktioner

Der kan ofte være miljømæssige fordele at hente ved at integrere flere funktioner i et og samme produkt. Det klassiske eksempel er vaskemaskinen, der også kan bruges som tørretumbler. En sådan løsning sparer både materialer og plads hos brugeren.

Nye eller forbedrede funktioner

Man kan typisk integrere allerede kendte funktioner i et produkt, men det bør også overvejes, om det er muligt at tilføje nye funktioner til et eksisterende produkt eller selvfølgelig at forbedre den/de eksisterende funktioner for ens produkt.

F.eks. kan det æstetiske eller funktionelle design af ens produkt forbedres, således at brugeren i højere grad knyttes til produktet og dermed er mindre tilbøjelig til at skille sig af med det. Hvis produktet udformes så det er mere ergonomisk, nemmere at bruge eller installere mv. vil brugeren ligeledes være mindre tilbøjelig til at skille sig af med det.

Den miljømæssige fordel af at brugeren er mindre tilbøjelig til at udskifte produktet afhænger meget af produktets karakter. Hvis der er tale om elektriske og elektroniske produkter, vil den teknologiske udvikling og dermed typisk energieffektiviseringen i mange tilfælde betyde, at det kan være en fordel at udskifte produkterne indenfor en kortere tidsramme (f.eks. 3-10 år). Er der derimod tale om produkter til f.eks. bygge- eller møbelbranchen kan der være store miljømæssige fordele at hente ved at brugerne benytter produkterne i længere tid.

Afstand m/m. varmelegemer og plast

I forbindelse med varme legemer (f.eks. plastkomponenter til elektroniske produkter), overvej om det er muligt øge afstanden mellem plastkomponenterne og det varme legeme, således at behovet for brandhæmmere reduceres eller helt undgås.

Eksempel: Fjernsyn uden brandhæmmere

B&O har designet et fjernsyn uden brug af brandhæmmere. Dette har været muligt ved at designet fjernsynet således, at afstanden fra printkortene inden i fjernsynet til bagparten i ABS-plast er ≥ 20 mm – dvs. man har "designet" sig ud af behovet for brandhæmmere.



**Vælg rigtig
materiale**

Vælg det mindst miljøbelastende materiale. Prøv at begrænse brugen af tilsætnings- og hjælpestoffer til det nødvendige og prøv evt. at benytte plastmaterialer og/ eller processer, som ikke forudsætter for mange tilsætnings- og hjælpestoffer.

Overvej evt. muligheden for brug eller tilsætning af regenereret plast. Undgå/ reducer brug af materialer, som indeholder sparsomme ressourcer.

Eksempel: Todelt opvaskebørste i genvundet plast

Firmaet Kron AB i Sverige har udviklet en todelt opvaskebørste af genvundet plast. Opvaskebørsten består af 2 dele: Selve børstehovedet og et skaft. Når børstehovedet er slidt op udskiftes det med et nyt på skaftet – et enkelt system, som let kan overføres til andre produkter.



**Optimer
produktets levetid**

Optimer produktet så det holder længere eller så dets levetid er optimeret i forhold til produktets funktion. F.eks. er der ingen grund til at en folieemballage holder i uendelig mange år, hvis det emballerede produkt har en meget kort levetid. Overvej muligheder for opgradering og/eller genanvendelse.

En måde at forlængere produktets levetid på kan være ved at gøre produkterne nemmere at reparere ved f.eks. at udvikle en form for modulsystem, hvor de dele der trænger til at repareres eller udskiftes let kan erstattes med nye dele.

Som tidligere nævnt skal man være opmærksomhed på, at en forlænget levetid ikke altid fører til miljømæssige fordele, men at det for mange tekniske produkter (energiforbrugende produkter) endda kan være en miljømæssig ulempe set i et større perspektiv.

**Lette
bortskaffelse**

Prøv at undgå at blande for mange plastmaterialer og at sikre, at de forskellige materialer let kan identificeres og adskilles i rene fraktioner. F.eks. kan det overvejes om evt. limninger kan erstattes af andre sammenføjningsmekanismer, idet det kan være besværligt at adskille sammenlignede dele, mens det er nemt f.eks. løsne skruer eller andre lignende mekanismer.

Eksempel: Stol, der let kan adskilles og materialegenvindes

Designeren Philippe Starck har designet en stol, som består af 2 materialer, PE-plast (99 %) og aluminium, og som kun er sat sammen af 5 skruer. Når stolen en gang med tiden skal bortskaffes, er det nemt at skille materialerne fra hinanden og genvinde dem.



Undersøg hvordan produktet bortskaffes i dag, og brug den viden, som affaldsbehandlerne sidder inde med til at forbedre produktet.

*Overflade-
behandling
limning*

Overfladebehandling omfatter ofte brug af sundheds- og miljøskadelige stoffer. Til gengæld er brugen af overfladebehandlinger ofte af vital betydning for produkternes funktion og medvirkende til at begrænse produktets vedligehold og forlænge dets levetid.

*Undgå sub-
optimering*

Overfladebehandling har således både miljømæssige fordele og ulemper og disse må nøje afvejes mod hinanden i det konkrete tilfælde. Det er vigtigt at sikre sig, at de ændringer man i miljøets navn foretager på sit produkt ikke udløser nye miljøbelastninger andet steds i produktkæden.

Eksempel: Kendte materialer til nye anvendelser

EM Fiberglas A/S har udviklet en lastbilsfjeder, der er fremstillet i kompositmaterialer (fiberglas og polyester) i stedet for i stål. Fordelene ligger i den kraftige vægtreduktion og en bedre elasticitet i fjederen, der medfører store energibesparelser i hele lastbilens levetid samt en bedre affjedring og mindre slitage på vejene.



DEL III: Kapitel 3

Ecodesign – trin for trin

I denne del af manualen vil den detaljerede ecodesignmetode blive gennemgået trin for trin. Metoden består af 6 trin, som for overblikkets skyld kort er beskrevet neden for. Med udgangspunkt i et eksisterende produkt leder de 6 trin designeren igennem et ecodesignforløb, der ender med et redesignet produkt.

Metoden er udviklet i overensstemmelse med den DS ISO 14062 "Integrering af miljøaspekter i produkt design og -udvikling" [2].

De enkelte trin vil blive eksemplificeret ved et gennemgående case eksempel om en el-kedel.

Virksomheden som udgangspunkt

I denne del af manualen antages designeren, enten som konsulent eller som ansat i en virksomhed, at arbejde i en projektgruppe for en virksomhed med deltagelse af forskellige medarbejdere fra virksomheden og evt. andre interessenter for produktet, se afsnit 4.1. Metoden er således beskrevet med udgangspunkt i virksomheden og dens interesser samt under hensyntagen til de interne arbejds- og beslutningsprocedurer, som typisk gælder på mange virksomheder, og som designeren derfor skal være opmærksom på.

I tilfælde af at designeren arbejder alene eller uafhængigt af en virksomhed, kan han eller hun søge den "sparring", som virksomhedsprojektgruppen normalt vil give, i uformelle diskussioner eller mere struktureret samarbejde med andre kollegaer i branchen mv.

Oversigt over metodens 6 trin

Ecodesignmetodens 6 trin er som følgende:

• Trin 1: Ledelsens tilsagn

Ledelsens tilsagn

Ligesom for mange andres værktøjs vedkommende er det væsentligt, at der ligger en overordnet strategi for brugen af ecodesign i virksomheden. Desuden bør virksomhedsledelsen klart melde ud at den prioriterer ecodesign højt, og at der i ledelsen og blandt virksomhedens medarbejdere er en forståelse for, hvad dette tilsagn indebærer i form af handlinger og tildeling af ressourcer mv.

I praksis vil ledelsens tilsagn om at prioritere ecodesign højt ofte fremgå som en integreret del af virksomhedens overordnede strategi eller (miljø)politik.

Forudsætning

I denne manual forudsættes det, at der allerede foreligger en overordnet strategi indenfor miljøområdet. Er dette ikke tilfældet, bør det være en væsentlig prioritet for ledelsen i den nærmeste fremtid. Her kan henvises til Plastindustriens "ERFA-håndbog om miljøledelse" [11] og

”Plastindustriens Miljøpolitik” [12], der kan benyttes som hjælp og inspiration til at udarbejde en overordnet miljøstrategi.

- **Trin 2: Informationsøgning – kend dit udgangspunkt** (se kapitel 4)

I dette trin fastlægges først et overordnet mål for ecodesignprojektet, og projektarbejdet organiseres. Bagefter analyseres det eksisterende produkt med hensyn til markedsmæssige og miljømæssige forhold m.v.

- **Trin 3: Strategi – vælg fokusområder** (se kapitel 5)

På basis af analyserne i Trin 2 vælges 2-3 ecodesignstrategier, der hver anses for at have potentiale til at opfylde det overordnede mål.

- **Trin 4: Idé-fase – tænk nyt og stort** (se kapitel 6)

Ved hjælp af forskellige kreativitetsteknikker udvikles i dette trin en række mulige konceptløsninger for at realisere de prioriterede strategier. Hvert koncept er principielt en mulig forbedring af produktet.

- **Trin 5: Detaljering – fra idé til virkelighed** (se kapitel 7)

I dette trin udvælges det koncept (eller de koncepter), for hvilket man vil udarbejde en eller flere detaljerede versioner i form af konstruktionstegninger og tekstbeskrivelser. Valget træffes, efter den miljømæssige, tekniske og økonomiske gennemførlighed er vurderet.

- **Trin 6: Overlevering og markedsføring – ”sælg” med succes** (se kapitel 8)

Dette sidste trin består i tilrettelæggelse af den interne overlevering i virksomheden, den eksterne markedsføring samt forberedelse af produktionen af det ecodesignede produkt.

DEL III: Kapitel 4

Informationssøgning – kend dit udgangspunkt

Før man går i gang med et ecodesignforløb bør man kende sit udgangspunkt godt dvs. i detaljer kende:

- Det produkt som skal ecodesignes
- De organisatoriske rammer for ecodesignforløbet.

I mere konkrete vendinger kan dette formuleres som at man f.eks. skal kende svarene på følgende spørgsmål:

- Hvilke organisatoriske rammer skal ecodesignforløbet gennemføres under? Hvilke ressourcer haves?
- Hvilket plastmateriale/-r består produktet af?
- Hvad er egenskaberne, herunder miljø- og markedsmæssige styrker og svagheder, for det/de konkrete plastmateriale/-r?
- Hvad er egenskaberne, herunder miljø- og markedsmæssige styrker og svagheder, for det konkrete produkt, som skal ecodesignes?
- Hvordan ser produktets livsforløb og værdikæde ud?

I langt de fleste tilfælde har designeren og de øvrige deltagende i ecodesignprojektet allerede et godt kendskab til det produkt, som skal redesignes. De har måske allerede ideer til, hvordan det ud fra en miljømæssig betragtning kan forbedres.

Kontrollér viden!

Dette er selvfølgelig nyttigt og brugbart, men det er nødvendigt at sikre sig, at den viden, man har om det pågældende produkt, er rigtig og ikke blot er ens egne forudindtagne ideer, som i tidens løb har stadfæstet sig som "viden".

Det er desuden vigtigt at sikre sig viden om produktet i de livsfaser, som går ud over selve produktionsfasen, idet ecodesign netop drejer sig om at forbedre produktet ud fra en helhedsbetragtning og ikke kun ud fra produktionsfasen. Det er således væsentligt f.eks. at undersøge, hvordan kunderne og forbrugerne bruger produktet, og hvordan de bortskaffer det, når det har udtjent sin funktion.

Formål

Formålet med dette trin i ecodesignmetoden er at indsamle så megen information som muligt om det produkt, der skal ecodesignes og at sikre sig at alle i projektgruppen har et fælles minimumskendskab til produktet. Et andet formål er også at "dvæle" lidt ved den informationssøgning for at evt. ny viden kan komme for dagen for de enkelte medlemmer eller projektgruppen som helhed.

*Viden,
nytænkning og
innovation*

Denne nye viden skal om muligt danne basis for at der kan opstå nye ideer til forbedringsmuligheder for produktet. Hvis man f.eks. ikke ved, at det kan være et problem at åbne en emballage med gigtsvage fingre, så kan man heller ikke tage højde herfor i designet af emballagen! Viden kan således ofte være forudsætning for nytænkning og innovation.

Dette kapitel

I dette kapitel vil blive gennemgået:

- Generelle forhold vedr. innovationsfremmende projektarbejde
- Generelle forhold vedr. plastmaterialers (miljømæssige) egenskaber
- Værktøjer til at vurdere produkters miljøbelastning.

4.1 Innovationsfremmende projektarbejde

En projektgruppe for ecodesign bør som udgangspunkt dække flere forskellige fagområder (f.eks. produktion, marketing og design/udvikling) og gerne have medlemmer, som hver for sig har et godt kendskab til produktet i dets forskellige livsfaser f.eks. brugsfasen og bortskaffelsesfasen. Projektgruppens sammensætning kan ændre sig i forløbet afhængig af behovet.

Det er centralt for ecodesignarbejdet, at der skabes de bedste rammer for nytænkning og nyskabelse, dvs. innovation, i projektgruppen.

Overordnet mål

Det kan være en fordel, at projektgruppen starter med at sætte sig et overordnet mål for ecodesignforløbet, selvom man på det tidspunkt ikke har så detaljeret et kendskab til det produkt, som skal ecodesignes. Ideen med at sætte sig et mål tidligt i forløbet er, at medlemmerne i projektgruppen har et fælles mål at arbejde hen imod. Målet bør formuleres så åbent, at det giver "plads" til gruppens arbejde, og det bør være ambitiøst uden dog at være fuldstændigt urealistisk.

Projektgruppen bør i forløbet revurdere og om muligt konkretisere det overordnede mål og justere det i forhold til de resultater, som synes mulige længere fremme i forløbet.

Eksempler på overordnede målsætninger er givet nedenfor.

I det følgende beskrives hvordan projektarbejdet kan organiseres for at give de bedste betingelser for nytænkning og innovation.

Gennemgående eksempel: Mål for ecodesign af en el-kedel

Målet kunne eksempelvis formuleres som:

- *"Design en mindre miljøbelastende el-kedel!"*
- *"Design en el-kedel, der er halvt så miljøbelastende, som den nuværende model".*

Det overordnede mål, der vælges for el-kedlen, er "Design en el-kedel, der er 20 % mindre miljøbelastende end den bedste konkurrerende el-kedel på markedet!"

4.1.1 Nytænkning og innovation i projektarbejdet

Nytænkning og innovation kommer sjældent tilfældigt men er snarere resultatet af hårdt arbejde, der består i bevidst at skabe sig så mange forskellige løsninger som muligt på en given opgave og efterfølgende prioritere og forfine de identificerede løsninger en efter en.

Forudsætningen for at identificere så mange løsninger som muligt er bl.a. at sikre sig, at der findes en bred faglig viden i projektgruppen (dvs. at flere "fagkulturer" er repræsenteret), og at gruppen dækker over mange forskellige persontyper som f.eks. idémagere, organisatorer mv. [13]

*Positiv energi,
"gnister"*

Nytænkning og innovation opstår ofte når ny viden kommer for dagen mellem to eller flere "fagkulturer" eller persontyper. Det er ofte på grænsefladen mellem forskellige kulturer (i ordets bredeste forstand), persontyper eller tænkemåder mv., at der kan opstå ny energi, "gnister", som under den rette ledelse kan skabe nytænkning og innovation, der kan kanaliseres ind i produktudviklingen.

*Risiko for
konflikter*

Omvendt kan "gnister" som bekendt også udvikle sig til "brand", hvis de ikke bliver håndteret og styret på rette vis. "Gnisterne" eller energien kan således udgøre en risiko for konflikter i form misforståelser, sårede følelser eller direkte skænderier mv. For at undgå dette kan projektgruppen tidligt i forløbet formulere nogle regler for god omgang og tone i gruppen.

4.1.2 Ansvarsfordeling i projektgruppen

Når ecodesignprocessen er sat i gang, skal den holdes ved lige i hele forløbet. En måde til at sikre det på kan være ved at definere nogle rolle- og ansvarsfordelinger i gruppen. Der vil der typisk være 1-2 personer, som har det overordnede ansvar for selve ecodesignprojektet, men ved ind i mellem at uddele ansvaret de andre personer i projektgruppen vil der hos de overordnede ansvarlige kunne frigives en energi til selve resultatfrembringelsen i projektet.

Rollefordeling

Således kan et medlem f.eks. gøres ansvarlig for *processen* (Er alle blevet hørt? Blev der samlet op på alle kommentarerne? Var konklusionen klar og tydelig? etc.). Noget af det væsentligste for den procesansvarlige er at skabe og fastholde en positiv stemning i forløbet, hvorved projektgruppen kreativitet kan stimuleres. Et andet medlem kan gøres ansvarlig for *resultaterne* (Nåede gruppen de punkter, som skulle nås? Er alle klar over hvad der skal laves til næste møde, og hvem som er ansvarlig for det? etc.).

Ansvarsrollerne kan skiftes fra gang til gang, således at de samme personer ikke har ansvaret på sig til hvert projektgruppemøde. Herved opnås også en vis dynamik i forløbet. Desuden vil de forskellige ansvarlige hele tiden kunne yde deres bedste uden evt. at køre træt i det. På den måde sikres det, at der i gruppen hele tiden er effektive drivkræfter, som kan skabe fremdrift og resultatorientering i projektet.

4.2 Plastmaterialers egenskaber

Det plastprodukt, som skal ecodesignes, vil bestå af 1 eller flere plastmateriale/-r blandt de mange hundrede plastmaterialer som findes. Plast er fællesbetegnelsen for en meget bred gruppe af organiske materialer, der er højpolymere og formbare.

Plast er et forholdsvis nyt materiale, som først for alvor har fået en betydning for vores hverdag efter 2. verdenskrig. Plast er et menneskeskabt materiale, og mange forbinder derfor plast med noget "unaturligt" og dermed nærmest pr. definition med noget, der er "ikke-miljøvenligt". Dette er dog langt fra sandheden.

Plast versus andre materialer

I dette afsnit vil blive søgt skabt et overblik over plastmaterialers generelle miljøegenskaber, både styrker og svagheder. Beskrivelsen vil blive holdt på det overordnede niveau og vil i første omgang gå på plastmaterialers typiske miljømæssige egenskaber i forhold til andre materialer, dog uden at der vil blive foretaget direkte sammenligninger med andre materialer.

Et plastmateriale versus et andet

En anden og kompleks problemstilling fremkommer, når de enkelte plastmaterialers miljømæssige egenskaber skal sammenlignes med hinanden, dvs. når det skal vurderes om et plastmateriale i miljømæssig henseende vil være mere velegnet end et andet plastmateriale til fremstilling af et givent produkt. Til afklaring af dette spørgsmål bør der foretages en konkret vurdering og sammenligning, som beskrevet i denne manual, af produktet fremstillet i det ene hhv. det andet plastmateriale.

Det skal dog påpeges, at det ofte er meget svært, eller umuligt, med en vis sandsynlighed at vurdere, om hvorvidt et plastmateriale er bedre end et andet (plast)materiale til fremstilling af et konkret produkt. Dette skyldes at den miljømæssige forskel i mellem materialerne ofte er så lille, at den vil kunne henregnes under datausikkerheden.

Generelt kan det siges, at ressourceforbruget (energi og materialer) til fremstilling af de forskellige plastmaterialer typisk er nogenlunde på samme niveau (fremstillingen af PVC er dog mindre energikrævende), men at den miljømæssige forskel imellem de forskellige materialer ofte ligger i de kemiske stoffer, som indgår i fremstillingen og bearbejdningen af plastmaterialerne. Disse forskelle skal vejes op imod de specifikke egenskaber, som de forskellige plastmaterialer besidder.

Forståelsesramme, ikke "endegyldig" sandhed

Formålet med dette underkapitel er at give en bred *forståelsesramme* for plastmaterialers generelle miljøegenskaber. Indholdet må *ikke* tages som den "endegyldige" sandhed, dertil er beskrivelserne alt for generelle. I et konkret tilfælde vil de generelle miljøegenskaber således skulle *verificeres* i den konkrete sammenhæng, inden de evt. kan bruges som grundlag for væsentlige beslutninger. Dvs. at det vil være nødvendigt nærmere at analysere det konkrete plastmateriale i sammenhæng med det konkrete produkt, inden der evt. kan foretages en endelig beslutning om materialevalg.

*DEL IV,
plastdatablade*

I DEL IV findes mere information om plastmaterialer og de mest almindelige additiver og andre hjælpestoffer i forbindelse med fremstilling af plastprodukter. Desuden findes nogle plastdatablade for de i dag mest anvendte plastmaterialer med mere detaljeret information om materialernes mekaniske, kemiske og miljømæssige egenskaber mv.

4.2.1 Introduktion til polymere

En polymer er defineret som et stof, der har en høj molekylvægt (over 2000 g/mol) og består af gentagende enheder. Polymere er opbygget af monomere, der er de kemiske stoffer, der går sammen og danner polymeren.

*Polymer eller
plast*

Begrebet polymer hentyder til det højmolekylære kemiske stof i sig selv, mens betegnelsen "plast" bruges om den tekniske anvendelse af en polymer tilsat forskellige additiver. Nogle plastprodukter består af næsten kemisk rene polymere, mens andre plastprodukter har et indhold af andre stoffer på mere end 50 %. I praksis er det svært at adskille begreberne polymer og plast, og i dette materiale vil der heller ikke være en fuldstændig adskillelse mellem de to begreber.

*Polymere er
syntetiske*

Polymere materialer er næsten alle syntetiske stoffer, hvortil råstofferne er gas og olie. Derudover anvendes andre råstoffer bl.a. salt for at kunne fremstille plast med netop de egenskaber, der søges efter. Polymere er typisk syntetiske men kan også være naturlige eller halvsyntetiske.

Hovedgrupper

Polymere materialer og plastmaterialer kan opdeles i 3 hovedgrupper afhængig af deres måde at reagere og forarbejdes på. De 3 grupper er:

- Termoplast (engl.: Thermoplastic)
- Hærdeplast (engl.: Thermoset plastic)
- Gummi og elastomere (engl.: Rubber and elastomers).

Termoplast

Termoplastiske materialer kan smeltes og kan derfor forarbejdes gennem smeltning ved sprøjtestøbning, ekstrudering, blæsestøbning og termoformning. Termoplaster kan direkte genanvendes, netop fordi de nemt kan omsmeltes.

Hærdeplast

Under formnings- og bearbejdningsprocessen for hærdeplaster ændres (tværbindes) den kemiske sammensætning af hærdeplasten irreversibelt. Det betyder, at hærdeplast ikke kan omsmeltes ved opvarmning, og den kan således ikke genanvendes i sin foreliggende form. Mange hærdeplaster kan dog genanvendes på anden vis f.eks. ved kemisk at ændre de kemiske bindinger i plasten eller ved at nedknuse materialerne og tilsætte det nedknuste materiale som funktionelt materiale i fremstillingen af flere forskellige produkter. De praktiske erfaringer med genanvendelse af hærdeplaster er dog typisk begrænsede.

*Gummi og
elastomere*

Gummi og elastomere formes og tværbindes under forarbejdningsprocessen. Derfor kan de som hærdeplast ikke direkte genanvendes i deres foreliggende kemiske form.

<i>Egenskaber</i>	Plastmaterialers egenskaber kan være meget varierende, ikke blot for de tre forskellige hovedgrupper af plastmaterialer, men også for det enkelte plastmateriale. Egenskaber afhænger af materialers kemiske opbygning samt af andre faktorer som temperatur, mekanisk belastning, omgivende miljø, forarbejdningsprocessen samt af tilsætning af additiver og forstærkningsmaterialer.
<i>Mekaniske egenskaber</i>	De mekaniske egenskaber strækker sig vidt, idet nogle plastmaterialer er bløde og seje, mens andre er hårde og stærke. Det, at man kan finde et plastmateriale, der netop har de mekaniske egenskaber, man til en given anvendelse har brug for, betyder, at plast bliver meget anvendt.
<i>Kemiske egenskaber</i>	Plastmaterialer har gennemgående gode kemiske egenskaber og kan derfor anvendes i mange forskellige miljøer. Mange plastmaterialer er modstandsdygtige overfor syrer, baser og salte, og flere plast tåler også olier og organiske opløsningsmidler. Desuden har nogle plastmaterialer gode barriereegenskaber, hvilket gør dem egnede til at beskytte madvarer. Plastmaterialer kan gennemfarves i produktionsprocessen, hvorved man i mange tilfælde kan spare et procestrin. Plastmaterialer kan også indfarves og overfladebehandles. Det er blandt andet nyttigt, hvis man anvender genbrugsplast af forskellige farver.
<i>Forbrænding</i>	Ved forbrænding af plast frigives fossilt kulstof, som danner CO ₂ , der udgør et nettobidrag til drivhuseffekten. Dette og andre forbrændingsprodukter kan mindskes ved at genanvende plastmaterialerne, hvor det kan lade sig gøre. Hvis plastmaterialerne desuden indeholder kvælstof (nitrogen), svovl eller halogener (f.eks. chlor og fluor), vil der ved forbrænding også dannes gasser og oxider med disse grundstoffer.

4.2.2 Plastmaterialers miljømæssige egenskaber

Plastmaterialer har en række egenskaber, som ud fra miljømæssige betragtninger kan være mere eller mindre fordelagtige sammenlignet med andre materialer.

<i>Miljømæssige egenskaber</i>	I miljømæssig sammenhæng kan plastmaterialers egenskaber groft beskrives ved følgende forhold: • Styrke-vægtforhold • Korrosionsbestandighed • Fleksibilitet og formbarhed • Overflade- og farveegenskaber • Energiforhold • Genanvendelse • Indhold af kemiske stoffer • Særlige egenskaber, som f.eks. muliggør fremstilling af produkter, der ikke kan fremstilles af andre materialetyper.
--------------------------------	--

Styrke-vægt-forholdet Styrke-vægtforholdet for plastprodukter er ofte fordelagtigt, idet plast har lave densiteter, og fordi plast bl.a. ved fiberforstærkning kan opnå meget høje styrker sammenlignet med f.eks. stål. I mange tilfælde er lav vægt i sig selv en god egenskab i miljømæssig sammenhæng. Det gør sig specielt gældende for emballager, men også for mange andre produkter der f.eks. benyttes i transportsektoren, eller som af anden årsag skal transporteres meget rundt. Hvis sådanne produkter fremstilles af plast frem for af andre, tungere materialer, vil man typisk kunne en væsentlig reduktion af energiforbruget til især transport i hele produktets livsforløb.

Korrosionsbestandighed Korrosionsbestandighed betyder for plast, at materialerne kan anvendes i mange sammenhænge, hvor der er en kemikalie- eller vind- og vejrpåvirkning. Alle plasttyper har ikke samme bestandighed, men der kan typisk findes en plasttype til brug for næsten enhver kemisk eller vejrmæssig påvirkning. Tilsætning af additiver kan ændre den kemiske bestandighed i såvel positiv som i negativ retning. Plastmaterialers bestandighed giver mulighed for lang levetid, lav vedligeholdelse og for genbrug.

Bestandighed kan dog også være en negativ egenskab, idet det også betyder, at plast forbliver bestandig, den dag vi gerne vil af med det.

Fleksibilitet og formbarhed Fleksibilitet og formbarhed er egenskaber ved plast, der giver mulighed for at fremstille produkter i næsten alle udformninger. Der findes mange forskellige forarbejdningsmetoder til fremstilling af plastprodukter, og den store variation heri giver mulighed for valg af mange forskellige udformninger.

Samtidig har mange plasttyper en stor fleksibilitet i sig selv, hvilket giver mulighed for fremstilling af emner, hvor fleksibilitet er en nødvendighed, blandt andet til emballager og medicinske formål.

Overflade- og farveregenskaber Overflader og farver kan ændres i det næsten uendelige for plastmaterialers vedkommende. Overfladen kan fremstilles med høj glans eller med lav glans efter ønske. Overfladen kan fremstå glat eller ru afhængig af, hvordan formens overflade er forarbejdet. Samtidig kan de fleste plasttyper indfarves i næsten alle tænkelige farver. Dog kan farvetilsætning og farveskift ændre forarbejdningsegenskaberne og de mekaniske egenskaber er del. De fleste plastmaterialer kan gennemfarves i selve forarbejdningsprocessen eller der kan i forarbejdningsprocessen påføres en gelcoat. Derved spares en ekstra operation til maling/overfladebearbejdning af emnet.

Energiforbrug Ofte bruges energiforbrug i et produkts livscyklusforløb som en indikator for produktets miljøpræstation. Dette kan som tidligere nævnt være en fordel for (plast-)produkter, som transporteres meget rundt.

For andre produkttyper kan plastprodukterne dog ofte falde ufordelagtigt ud ved sådanne "snævre" energibetragtninger, idet der typisk forbruges en del energi under fremstillingen af plastmaterialerne samt til forarbejdning af produkterne. Derimod tages der ved sådanne betragtninger typisk ikke højde for de andre miljømæssige fortrin (f.eks. mindre behov for vedligehold eller plastens barriereegenskaber for

forskellige luftarter), som plastprodukter kan have, og som der ikke er tradition for at fokusere på pga. mangel af kvantificerbare indikatorer herfor.

<i>Genanvendelse</i>	Ordet genanvendelse er en overordnet betegnelse for alle former for genbrug og (materiale)genvinding. Med genbrug menes, at et produkt eller dele heraf direkte bruges igen, mens materialegenvinding kan underdeles i mekanisk, kemisk og "feedstock" genvinding. Desuden benyttes betegnelsen "termisk genvinding", hvor f.eks. plasten forbrændes og den herved fremkomne energi genvindes. Generelt gælder, at termoplaster lettere kan materialegenvindes end hærdeplaster, gummi og elastomere.
<i>Termoplast</i>	Termoplaster kan omsmeltes, hvorefter plastmaterialet kan benyttes til fremstilling af nye plastprodukter. Dette gøres i vid udstrækning, når man kender oprindelsen og dermed sammensætningen af det omsmeltede plastmateriale f.eks. i forbindelse med eget procesmateriale. Der er dog begrænsninger for hvor meget genvundet plastmateriale, der kan tilsættes virgint plastmateriale, hvis plasten skal beholde sine egenskaber.
<i>Hærdeplast, gummi og elastomere</i>	For hærdeplast, gummi og elastomere gælder som tidligere nævnt, at materialerne ikke kan omsmeltes, hvilket begrænser mulighederne for genvinding. Mange af disse plastmaterialer kan dog materialegenvindes, men de praktiske erfaringer hermed er begrænsede. Der investeres pt. mange penge i at udvikle økonomisk bæredygtige genanvendelsesmetoder for disse materialer.
<i>Indsamling, sortering og oprensning/-rengøring</i>	De største problemer med genanvendelse af udtjente plastmaterialer skyldes praktiske og logistiske problemer med at indsamle, sortere og oprense eller rengøre de forskellige plastmaterialer. Samtidig indeholder de forskellige plastmaterialer typisk forskellige (rester af) ukendte hjælpe- og tilsætningsstoffer, og det kan derfor være svært at sige noget om sammensætningen og dermed kvaliteten af de genvundne plastmaterialer. Således indebærer anvendelse af genvundne plastmaterialer altid en vis risiko for f.eks. produktionsstop og mulige kvalitetsproblemer, og dette kombineret med den relativt høje pris for genvundne plastmaterialer i forhold til virgine plastmaterialer, gør at mekanisk genvinding af plastmaterialer i praksis er begrænset og ikke altid er den miljømæssige mest fordelagtige løsning.
<i>Kemiske stoffer</i>	Plast består ligesom alt andet af kemiske stoffer, og der vil ved produktion, forarbejdning, brug og bortskaffelse af plastmaterialer kunne udvikles forskellige kemiske stoffer. Selve plastmaterialerne dvs. polymererne er store molekyler, der pga. deres størrelse ikke er biologisk reaktive. Derimod vil der typisk kunne afdampe eller udvikles små mængder af flygtige gasser under forarbejdningsprocesserne i

form af f.eks. restmonomere eller nedbrydningsprodukter. Ved generel ventilation af lokalerne vil koncentrationerne af disse stoffer dog ligge langt under grænseværdierne.

Monomerrester og forureninger

Der kan i plastmaterialerne forekomme monomerrester eller andre rester eller forureninger fra f.eks. polymerisationsprocesserne, som kan have betydning for plastmaterialernes miljømæssige egenskaber. Restmængden af monomere og forureningsstoffer i plastråmaterialerne afhænger af plastmaterialets kvalitet – jo højere kvalitet, jo renere plastråmateriale.

Restmonomerene og forureningerne vil som nævnt typisk fordampe under forarbejdningen af plastmaterialerne. Ved særligt høje forarbejdningstemperaturer eller overophedning kan der dannes andre forskellige organiske stoffer som f.eks. aldehyder, syrer og ketoner. Under normale og kontrollerede produktionsforhold opnås ikke koncentrationer af sundhedsskadelig virkning, men det kan for nogle materialers vedkommende give en karakteristisk lugt af "plast".

Additiver og hjælpestoffer

Plastmaterialerne tilsættes som oftest forskellige additiver f.eks. UV-stabilisatorer, brandhæmmere og blødgørere for at give materialerne de ønskede egenskaber. Under forarbejdningen benyttes desuden andre additiver og hjælpestoffer f.eks. opløsningsmidler, som typisk er flygtige og dermed afdamper under forarbejdningen eller kort tid efter.

Nogle af disse additiver og hjælpestoffer kan i miljø- og arbejds-miljømæssige sammenhænge have uheldige egenskaber, og derfor findes der for disse stoffer særlige forskrifter og grænseværdier mv., som skal overholdes. For andre af især additiverne vides der ikke så meget om deres miljø- og arbejdsmiljømæssige egenskaber, selvom de har været benyttet i mange år. Generelt er det derfor en god idé at begrænse brugen af additiver og hjælpestoffer til det mindst mulige. Dette tilstræbes også i praksis – ikke mindst fordi stofferne ofte er dyre at indkøbe.

I DEL IV findes et generelt kapitel om additiver og andre hjælpestoffer (kapitel 11), og i databladene for de enkelte plastmaterialer (kapitel 10) findes yderligere information om evt. problematiske kemiske stoffer med tilknytning til de enkelte plastmaterialer.

Særlige egenskaber

Særlige egenskaber, der kun kan opnås ved brug af plastmaterialer, er mange. Her skal kun nævnes nogle få eksempler. Ved brug af plast kan man opnå en fleksibilitet og brugervenlighed til mange type produkter, der er med til at forhøje den enkelte persons livskvalitet. Ved fremstilling af stomiposer, katetre, kanyler og andre typer medicinske produkter får mange mennesker et betydeligt løft i livskvalitet. Mange af den type produkter kan ikke fremstilles uden brug af plast.

Brug af plast som barriermateriale er et andet eksempel. Andre typer materialer f.eks. metaller har bedre barriereegenskaber end plast, men de produkter, det er muligt at fremstille af plast giver bedre udnyttelse af andre egenskaber, og der kan næsten altid findes en plasttype med den ønskede barriereegenskab.

4.3 Værktøjer til at analysere dit produkt

Der findes mange værktøjer til at analysere de forskellige miljømæssige egenskaber mv. for et givet produkt i hele dets livsforløb. Fælles for dem alle er, at der ikke er nogen entydig måde at benytte værktøjerne på, og at der dermed ikke er nogen "rigtig" eller "forkert" måde at udfylde de forskellige hjælpeskemaer på.

Væsentlige diskussioner

En væsentlig pointe ved at benytte værktøjerne er de diskussioner, der kan opstå under brugen af værktøjerne, og som ofte kan belyse forskellige og nye indfaldsvinkler til det aktuelle produkt.

Fælles forståelsesramme

En anden væsentlig pointe er, at værktøjerne kan bruges til at skabe og dokumentere en fælles forståelsesramme for projektgruppen om det aktuelle produkt.

Overblik

Sidst men ikke mindst kan værktøjerne bruges til at skabe et godt overblik over det aktuelle produkts miljømæssige egenskaber og positionering på markedet mv.

I dette underkapitel vil blive gennemgået brug af 3 forskellige værktøjer:

- Produktkædeanalyse
- SWOT-analysen
- Værktøj til MEKA-screening.

Ved hjælp af disse 3 værktøjer kan projektgruppen skabe sig et detaljeret og samtidig helhedsorienteret kendskab til det aktuelle produkt i hele dets livsforløb.

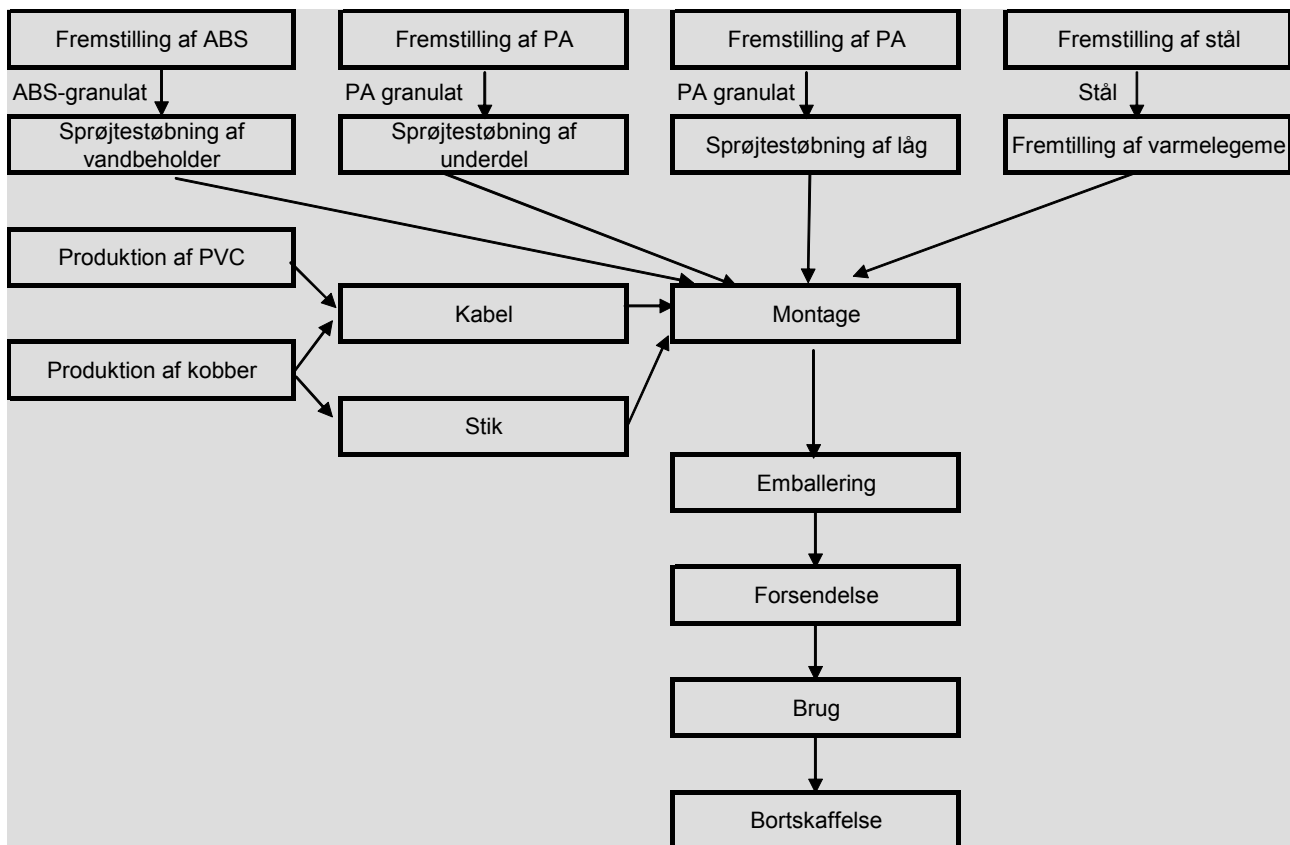
4.3.1 Produktkædeanalyse og afgrænsning

En produktkædeanalyse belyser de sammenhænge, der er mellem de enkelte elementer i et produkts livsforløb. Formålet er at få overblik over det system som omfatter produktets livscyklus.

Analysen kan typisk bestå af en række flowcharts med tilhørende beskrivelser. Det bør også klarlægges, hvor virksomheden får sine råvarer fra, og hvad der sker med det færdige produkt. Der indgår normalt ikke tal i en produktkædeanalyse.

På figur 4.1 er vist en produktkædeanalyse for det gennemgående eksempel (el-kedlen).

Ved at følge råvarer og komponenter tilbage i kæderne kan man kaste lys over de aktiviteter, der ligger uden for virksomheden. Som regel kan man ikke optegne det hele på én gang men må afdække livsforløbet lag for lag. Ud over de strengt teknologiske "kasser" for selve fremstillingsforløbet er det også vigtigt at fokusere på livsfasen "Brug" og finde ud af, hvordan brugeren rent faktisk benytter produktet.



Figur 4.1 Gennemgående eksempel: Produktkædeanalyse for el-kedlen.

Projektgruppen bør hovedsageligt koncentrere sig om produkt-kædeforløbet nedenfor forarbejdningen af plastproduktet dvs. kunder, grossistled, transportled, detailhandlen, forbrugere mv. og den endelige bortskaffelse af produktet. Dernæst kan man kigge på produktkædeforløbet forud for forarbejdningen af produktet dvs. på råvareleverandørerne og fremstillingen af råvarerne. Disse led i produktkæden vil typisk blot skulle medtages som "kasser" og vurderes på et overordnet niveau i produktkædeanalysen.

Projektgruppen vil formentlig kun kunne skaffe begrænset information om miljøpåvirkningerne under produktionen af råvarerne og har desuden meget ringe indflydelse herpå. Uafhængig heraf bør man dog gøre sig klart, at plastmaterialet allerede på dette stadie er behæftet med en del miljøpåvirkninger, som man så vidt muligt bør tage højde for og søge at kvantificere i den videre forløb.

På grundlag af den gennemførte analyse kan projektgruppen nu:

- Skabe sig et overblik over hvilke produktkæder og sammenhænge produktet indgår i
- Foretage en begrundet afgrænsning af hvad der skal fokuseres på i det videre ecodesignforløb, og hvad det er acceptabelt at vælge fra

- Benytte produktkædeanalysen som en "checkliste" for om man har været hele vejen rundt og fået belyst alle de forhold som er relevante for produktets miljømæssige præstation i hele dets livsforløb.

Gennemgående eksempel: En SWOT-analyse af el-kedlen

Styrker	Svagheder
• Mest effektive/hurtige princip til opvarmning af vand, • Veletableret produkt på markedet.	• "Low interest"-produkt med pris som vigtigste købsparameter • Behøver energi (el) for at virke • PVC-ledning • Bortskaffelse af blandede materialer.
Muligheder	Trusler
• Effektivisering af energiforbruget kan opnås • Stor styktal og dermed store mulige besparelser. • Nye salgsargumenter kan benyttes til genopfriskning af salg af modent produkt.	• Andre vaner (kaffemaskine, kolde drinks vs. kaffe) • Andre opvarmningsprincipper (mikrobølgeovn).

4.3.2 SWOT-analyse

SWOT

SWOT står for:

- "Strengths", dvs. styrker
- "Weaknesses", dvs. svagheder
- "Opportunities", dvs. muligheder
- "Threats", dvs. trusler.

SWOT-analysen er et værktøj til at skabe et overblik over f.eks. et produkts styrker, svagheder, trusler og muligheder i forhold til en given situation. Det kan være generelt i forhold til f.eks. den givne markedssituation eller mere snævert i forhold til f.eks. fremtidens forventede miljøkrav til produktet.

SWOT-analysen kan gennemføres ved at udfylde et SWOT-skema f.eks. i forbindelse med en brainstorming i projektgruppen. Skemaet kan udfyldes på mange forskellige måder, idet f.eks. en trussel også kan opfattes som en mulighed, hvis den formuleres på en anden måde.

I ovennævnte eksempel på SWOT-analysen er fokus for overskuelighedens skyld lagt på at sammenligne el-kedlen med andre måder at koge vand på; men det er selvfølgelig lige så relevant at forholde sig til andre el-kedler på markedet.

4.3.3 Screening ved hjælp af MEKA-princippet

*MEKA =
materialer,
energi, kemikalier
og andet*

MEKA er en forkortelse for materialer, energi, kemikalier og andet og er en metode som er udviklet i forbindelse med UMIP-projektet [23, 24]. Metoden kan skabe et forenklet overblik over et produkts miljøpåvirkninger i hele dets livsforløb.

Metoden består i, at man inddeler miljøpåvirkninger og ressourceforbrug i hele et produkts levetid efter de kilder de stammer fra:

- Materialer, udtrykker produktets ressourceforbrug (forbrug af materialer og det deraf følgende forbrug af råstoffer og generering af affald)
- Energi, repræsenterer flere væsentlige forureningsbidrag (bidrag til drivhuseffekten, "smog", forsuring samt næringssaltsbelastning i form af kvælstofoxider)
- Kemikalier, med fokus på selve kemikalierne og deres miljøbelastende egenskaber (anvendelse af kemikalier der potentielt kan have giftige virkninger på miljø og mennesker)
- Andet medtager væsentlige forhold, der ikke indgår i ovenstående (f.eks. støj og ikke-kemikalierrelateret arbejdsmiljø).

Belastningerne fra disse fire kilder fordeles ud på de enkelte faser i produktets livscyklus.

Fordelen ved denne inddeling er, at den stort set er dækkende for den samlede miljøpåvirkning fra et produkt. Samtidig kan man med nogle få præciseringer opdele de potentielle ressource- og miljøpåvirkninger i kategorier uden væsentlige overlap, hvorved de kan beskrives på en overskuelig måde.

MEKA-skema

Ved gennemførelsen af den praktiske screening efter MEKA-princippet benyttes et såkaldt MEKA-skema, se tabel 4.1. I MEKA-skemaet optræder livscyklusfaserne som kolonner, og de fire kilder til miljøpåvirkninger (materialer, energi, kemikalier og andet) som rækker.

Screeningen udføres ved, at man for hvert enkelt felt i skemaet indfører data for de miljøpåvirkninger, som er relevante for den pågældende livsfase hhv. kilde til miljøpåvirkningerne. Disse data kan være kvantitative eller kvalitative afhængig af de data man umiddelbart har. På sigt bør man søge at kvantificere alle oplysningerne i skemaet, men i første omgang er det vigtigt at få nedskrevet den - evt. begrænsede - information, som man måtte have.

I princippet bør data for alle de råmaterialer, hjælpestoffer, processer og aktiviteter mv., som indgår i produktets livsforløb medtages i MEKA-skemaet. I praksis vil man dog ved en MEKA-screening kun medtage data for de væsentlige råmaterialer og processer og se bort fra f.eks. energi- og ressourceforbrug til fremstilling af hjælpestoffer og kemikalier.

	Materialefase	Produktionsfase	Transportfase	Brugsfase	Bortskaffelsesfase
Materialer	Her anføres de materialer der indgår i produktet. F.eks.: 250 g ABS 162 g Kobber	Her anføres et evt. forbrug af materialer i produktionsfasen. F.eks.: Forbrug af støbesand	Her anføres et evt. materialeforbrug, som er forbundet med transport mellem de enkelte faser. F.eks.: Transportemballage	Her anføres et evt. materialeforbrug i brugsfasen. F.eks.: Forbrug af filtre	Her anføres de materialer fra produktet, som forventes genvundet. F.eks.: 200 g ABS genvindes 130 g Kobber genvindes
Energi	Her anføres energiforbruget til fremstilling af de materialer der indgår i produktet. F.eks.: 250 g ABS: 23,75 MJ 162 g Kobber: 14,58 MJ	Her anføres det energiforbrug der finder sted i produktionsfasen. F.eks.: Støbning af ABS Svejsning	Her anføres energiforbruget, som er forbundet med transport mellem de enkelte faser. F.eks.: Energiforbrug ved transport mellem produktionssteder	Her anføres et evt. energiforbrug i brugsfasen. F.eks.: Drift af blandemaskine Energiforbrug i stand by	Her anføres energiforbruget for de materialer fra produktet, som forventes genvundet eller forbrændt med energigenvinding. F.eks.: 200 g ABS: -17,84 MJ 130 g Kobber: -4,95 MJ
Kemikalier	Her anføres de kemiske stoffer, som bruges til at fremstille de materialer, der indgår i produktet. F.eks.: Til fremstilling af ABS: Styren Acrylonitril	Her anføres de kemiske stoffer der anvendes i produktionsfasen. F.eks.: Organiske opløsningsmidler Overfladebelægning	Her anføres et evt. forbrug af kemikalier i transportfasen. F.eks.: Kemikalier til afisning	Her anføres et evt. forbrug af kemikalier i brugsfasen. F.eks.: Syre til afkalkning	Her anføres de kemiske stoffer der kunne være problematiske i forhold til bortskaffelse og genvinding. F.eks.: Bromerede flammehæmmere
Andet	Her anføres andet relevant i forbindelse med materialefremstillingen. F.eks.: Arbejdsulykker ved råvareudvinding	Her anføres andet relevant fra produktionsfasen. F.eks.: Særlige arbejdsmiljøforhold	Her anføres særlige problemer forbundet med transport. F.eks.: Tunge og "skæve" løft	Her anføres andet relevant for brugsfasen. F.eks.: Forebyggelse af ulykker ved forkert brug af produktet	Her anføres andet relevant i forhold til bortskaffelsen. F.eks.: Arbejdshygieniske problemer

Tabel 4.1 Eksempler (uden sammenhæng) på hvilke oplysninger, som kan anføres i et MEKA-skema.

"Energi- og ressourceforbrug"

På baggrund af ovennævnte data for miljøpåvirkninger kan man for energi- og ressourceforbrug beregne forenklede indikatorer, E- og R-parametre, for produktets livsforløb eller enkelte faser som følgende:

E-parameter

- Det totale primære energiforbrug, som er forbundet med forbrug af energi af en enhed af materialet eller processen. Denne værdi måles i MJ, og kaldes E-parameteren.

R-parameter

- Det samlede forbrug af jordens ressourcer, som en enhed af materialet eller processen er årsag til. Denne værdi måles i enheden mPR (milli Person Reserve), og kaldes R-parameteren. Værdien er beregnet under hensyntagen til, at der er rigelige reserver af nogle ressourcer, mens reserverne af andre ressourcer er mere sparsomme.

Værktøj til beregning af E- og R-parametre

Du kan beregne E- og R- parametrene for et produkt i hele dets livsforløb eller i enkelte faser ved at benytte værktøjet "Værktøj til MEKA-screening", som er udviklet som supplement til denne manual. Beregningsværktøjet kan downloades fra Internetportalen om ecodesign på www.plast.dk [17].

De beregnede E- og R-parametre vil som selvstændige data ikke give nogen mening, men de er anvendelige til at sammenligne med andre lignende data fra f.eks. forskellige designalternativer af samme produkt. Generelt gælder, at jo mindre en E- hhv. R-parameter er for et designalternativ i forhold til et andet, jo mindre er energi- hhv. ressourceforbruget, og dermed jo bedre er alternativet. I miljømæssig henseende er det altså en fordel med lave E- og/ eller R-parametre.

Ved brug af E- og R-parametre kan du sammenligne miljøpåvirkningerne i form af energi- og ressourceforbrug mellem f.eks.:

- De enkelte faser i et produkts livscyklus
- Forskellige produktkoncepter/ -alternativer
- Den kommende eller forrige generation(-er) af et produkt
- Et konkret produkt og andre konkurrerende produkter på markedet.

I kapitel 7 vil energi- og ressourceforbrug for tre detaljeringsforslag til redesign af el-kedlen i det gennemgående eksempel blive sammenlignet med den oprindelige el-kedel.

“Kemikalier”, giftighed

Som en del af MEKA-screeningen indgår også en umiddelbar vurdering af giftigheden overfor mennesker og miljø af de kemikalier, som indgår i produktet og dets livsforløb. Således kan man i MEKA-screeningen anføre de kemiske stoffer, der anvendes i produktet, og som vurderes som væsentlige i forhold til de enkelte faser i produktets livscyklus.

De anvendte kemiske stoffer og produkter kan screenes med udgangspunkt i EU's fælles mærkningsregler [15, 16]. Alle kemiske stoffer og produkter, der markedsføres i EU, og som falder ind under definitionen ”farlige stoffer” skal mærkes efter disse regler. Mærkningen for kemiske stoffer og produkter fremgår af de arbejds-hygieniske brugsanvisninger, der normalt vil være let tilgængelige i virksomheden eller hos dens råvareleverandører.

Kemikalieværktøj på Internetportal

På Internetportalen om ecodesign på www.plast.dk [17] kan du downloade et PC-værktøj til at gennemføre en simpel kemikalievurdering, hvor du kan checke om relevante stoffer er påført følgende lister:

- Listen over uønskede stoffer 2000 [25]
- Effektlister 2000 [26]
- Listen over farlige stoffer 2002 [27]
- Vejledende liste til selvklassificering af farlige stoffer 2001 [28].

”Andet”

Under ”Andet” kan tilføjes andre relevante forhold, som ikke falder ind under de 3 øvrige nævnte kilder til miljøpåvirkninger (materialer, energi og kemikalier). Det kan typisk være forhold om arbejdsmiljø, produktets levetid, sikkerhed ved brug af produktet mv.

Samlet overblik

På grundlag af resultaterne fra produktkædeanalysen, SWOT-analysen og MEKA-screeningen, har projektgruppen et godt overblik over produktets miljøegenskaber i hele dets livsforløb og kan herved lettere danne sig et indtryk af hvad, der er betydende, og hvad der evt. kan ses

bort fra. Denne viden kan nu bruges til at udpege produktets miljømæssige fokusområder, som gennemgås i næste kapitel.

Gennemgående eksempel: MEKA-screening af el-kedlen

På de efterfølgende sider i tabel 4.2-4.5 er gennemgået en MEKA-screening for manualens gennemgående eksempel dvs. el-kedlen.

For at kunne gennemføre screeningen er det nødvendigt at vide noget om de materialer el-kedlen er sammensat af, hvordan den produceres, og hvordan den bruges mv. Dette fremgår af tabel 4.2. Desuden er det nødvendigt med data om primært energi- og materialeforbrug for de materialer og processer, der indgår i fremstillingen af el-kedlen. Sådanne data fremgår af "Værktøj til MEKA-screening" [17].

"Materialer og energi"

Ved at bruge dataene i tabel 4.2 og ovennævnte værktøj kan miljøpåvirkningerne for el-kedlens livscyklus kvantificeres i form af primært energiforbrug og ressourcetræk (E- og R-parametre). Resultaterne er gengivet i tabel 4.3. For ikke at komplicere eksemplet unødigt er kun medtaget data for faserne "materialefremstilling", "produktion", "brug" og "bortskaffelse", mens fasen "transport" er udeladt. Ved beregningen er anvendt et standardbortskaffelsesscenario, som er defineret i værktøjet.

"Kemikalier"

De væsentlige kemiske stoffer og produkter, der anvendes i el-kedlens livscyklus, vurderes ved hjælp af "Værktøj til simpel kemikalievurdering". Resultatet fremgår tabel 4.4. At stoffet chromtrioxid står på "Listen over uønskede stoffer" [25] noteres til yderligere vurdering.

"Andet"

Under kategorien "Andet" kan det være relevant at anføre, at el-kedlen er forsynet med en børnesikringsfunktion (sikring mod skoldning).

MEKA-screeningen, et samlet overblik

Ovennævnte data kan nu samles i MEKA-skemaet og giver et godt overblik over el-kedlens miljømæssige egenskaber i hele dets livsforløb, se tabel 4.5. Det færdige MEKA-skema udgør et godt udgangspunkt for det videre ecodesignforløb.

Tabel 4.2-4.5 følger på de efterfølgende sider.

Del	Navn	Værdi	Enhed
Materialer			
Beholder inkl. Håndtag	ABS	250	g
Varmelegeme	Kobber	155	g
Underdel, løs	PP	75	g
Låg	PA	30	g
Stik, hus	PA	15	g
Kabel, isolering ½ m	PVC	11	g
Kabel, leder ½ m	Kobber	7	g
Stik, ben	Messing	5	g
Overfladebelægning på varmelegeme, chrom	Chrom	0,02	g
Total masse		548	g
Processer			
Sprøjtstøbning af beholder	Sprøjtstøbning af ABS	250	g emne støbt
Sprøjtstøbning af underdel og låg	Sprøjtstøbning af PP	105	g emne støbt
Sprøjtstøbning af stik	Sprøjtstøbning af PA	15	g emne støbt
Svejsning af varmelegeme	Svejsning	0,100	m svejsesøm
Støbning af varmelegeme	Støbning af varmelegeme	0,155	kg emne støbt
Brug			
Energiforbrug i hele produktets levetid	EU gennemsnits el	361	kWh
Specifikation af brugsfasen			
Levetid, år		3	
Antal gange brug pr. dag		2	
Energiforbrug til at omvarme 1 liter vand, Wh		110	
Vandmængde, som koges pr. gang, liter		1,5	
Antal dage pr. år		365	
Brug af væsentlige kemiske stoffer			
Eddikesyre til afkalkning	CAS-nr 64-19-7		
Chromtrioxid til overfladebehandling	1333-82-0		

Tabel 4.2 Basisdata for el-kedlen.

Fase	E-parameter [MJ]	R-parameter [mPR]
Plastmaterialer	36,77	0,02
Andre materialer	14,98	2,87
Produktionsprocesser	8,56	0,00
Transport	- ikke vurderet -	- ikke vurderet -
Energiforbrug	4259,80	0,00
Bortskaffelse og genvinding	-16,68	-2,24
Total for alle faser	4303,66	0,64

Tabel 4.3 Sammenfatning af resultater fra screening af el-kedel med hensyn til primært energiforbrug (E-parameter) og ressourcetræk (R-parameter).

Stoffets navn	Relevant liste	CAS Nr fra relevant liste	Klassificering
Eddikesyre	EU Listen over farlige stoffer 2002	64-19-7	R10 C;R35
Chromiumtrioxid	Listen over uønskede stoffer	1333-82-0	
Chromtrioxid	Effekt listen	1333-82-0	
Chromtrioxid	EU Listen over farlige stoffer 2002	1333-82-0	CARC1;R49 O;R8 T;R25 C;R35 R43 N;R50/53

Tabel 4.4 Resultat fra screening af de væsentligste kemikalier i el-kedlens livscyklus.

	Materialefase	Produktionsfase	Transportfase	Brugsfase	Bortskaffelsesfase
Materialer	Plast, ABS 0,01 mPR Plast, PP 0,003 mPR Plast, PA 0,0018 mPR Plast, PVC 0,00022 mPR Messing 0,115 mPR Kobber 2,754 mPR Total 2,88402 mPR	Chrom (Cr) 0,00028 mPR	Ikke vurderet	Intet	Krediteret for genvundne materialer (plast og metal): Total -2,24 mPR
Energi	Plast, ABS 23,75 MJ Plast, PP 6 MJ Plast, PA 6,3 MJ Plast, PVC 0,715 MJ Kobber 14,58 MJ Messing 0,4 MJ Total 51,745 MJ	Chrom (Cr) 0,004 MJ Sprøjte- støbning 5,7 MJ Svejsning 0,07 MJ Støbning af varmelegeme 2,79 MJ Total 8,56 MJ	Ikke vurderet	EU el 4260 MJ	Krediteret for sparet energiforbrug pga. genvinding af materialer (plast og metal): Total -16,68 MJ
Kemikalier	Ikke vurderet	Chromtrioxid anvendes til overfladebehandling	Ikke vurderet	Syre til afkalkning	Ikke vurderet
Andet	Ikke vurderet	Arbejdsmiljø forhold?	Ikke vurderet	Børnesikring (sikring mod skoldning)	Ikke vurderet

Tabel 4.5 Resultater fra MEKA-screening af el-kedlens livscyklus.

4.3.4 Andre værktøjer

Udover oven for nævnte metoder findes der som nævnt en række andre værktøjer, man kan benytte sig af. Neden for er kort nævnt 3 andre metoder, som dog ikke vil blive yderligere uddybet.

Oliepoints-metoden Oliepointsmetoden understøtter grove miljøanalyser på basis af primærenergiforbruget. Forhold vedr. kemiske stoffer er inkluderet i form af Miljøstyrelsens "Liste af uønskede stoffer". Værktøjet er udviklet på Danmarks Tekniske Universitet og kan downloades fra Internettet [29].

Ecodesign PILOT Ecodesign PILOT er udviklet på Technische Universität Wien, Østrig og findes i en dansk version gratis på Internettet [30].

EEE-Design Guiden EEE-Design Guiden er udviklet til ecodesign af elektrisk og elektronisk udstyr (EEE) og indeholder både guidelines og beregningsmuligheder for forskellige materialer, heriblandt plastmaterialer. Værktøjet er udviklet i et samarbejde mellem GN-teknik, Institutet for Produktudvikling og Dansk Toksikologi Center samt en række danske elektronikvirksomheder [14].

Del III: Kapitel 5

Strategi – vælg fokusområder

Dette trin handler om at vælge fokusområder for det fremtidige ecodesignforløb og formulere strategier for hvorledes projektgruppen inden for hvert enkelt fokusområde kan forbedre produktet.

Valg af fokusområder

Med fokusområde menes det eller de områder, hvor der er størst potentiale for miljømæssige produktforbedringer eller hvor der er mest behov for produktforbedringer mv. Valget af fokusområder dvs. prioriteringen bør foretages ud fra en samlet vurdering og afvejning af miljømæssige, markedsmæssige, tekniske og økonomiske forhold for det produkt, der skal ecodesignes.

Udgangspunktet for prioriteringen bør være de analyser (produktkæde-analyse, SWOT-analyse og MEKA-screening), som er gennemført under informationssøgningen, som beskrevet i kapitel 4. Herved sikres det, at prioriteringen foretages ud fra en samlet vurdering af produktet og den omverden, som det indgår i.

Strategivalg

Når projektgruppen har foretaget et begrundet af valg 1-2 fokusområder, skal den for hvert område formulere en strategi, som skal kunne føre til opfyldelsen af det overordnede mål for ecodesignprojektet. I praksis vil der for hvert fokusområde evt. skulle formuleres flere delmål og dermed delstrategier, som sammen skal føre til opfyldelsen af det overordnede mål.

Den strategi eller de strategier som skal formuleres gælder for ecodesignforløbet men forudsætter, at virksomheden har en overordnet strategi eller politik inden for miljøområdet.

Ecodesign-strategihjulet

Til brug for valg af strategier, evt. delstrategier, kan projektgruppen benytte ecodesignstrategihjulet, se figur 5.1. Det angiver 8 mulige strategier for i miljømæssig sammenhæng at forbedre/ ændre på det produkt, der skal ecodesignes.

Typisk vil der være mere end én strategi, der er egnet til at forbedre produktet. Gruppen må derfor prioritere de strategier, den vil forfølge, for at opnå de ønskede forbedringer. Det væsentlige er her, at projektgruppen kan begrunde sin prioritering, dvs. at den er bevidst om sine valg og - herunder indirekte - fravalg af fokusområder.

Iterativ proces

Valg af fokusområder og strategier foregår ofte ved en iterativ proces, hvor projektgruppen måske i første omgang vælger at fokusere på 3-4 områder og derefter prøver at vurdere det miljømæssige forbedringspotentiale og/ eller formulere strategier inden for disse områder. På baggrund heraf revurderes fokusområderne, og det vil således ofte være muligt at begrænse antallet af fokusområder til 1-2 områder.

Formål Formålet med dette trin er således under hensyntagen til det miljømæssige forbedringspotentiale at prioritere 1-2 fokusområder for det videre ecodesignforløb og at vælge en strategi for hvert enkelt disse områder til hvorledes det overordnede mål, herunder evt. delmål, for ecodesignprojektet skal indfries.

Dette kapitel I dette kapitel vil blive gennemgået:

- Valg af miljømæssige fokusområder
- Valg af strategier for hvert fokusområde
- Vurdering af det miljømæssige forbedringspotentiale.

5.1 Valg af fokusområder

Udgangspunktet for valg af fokusområder er som nævnt være den information og de analyser (produktkædeanalyse, SWOT-analyse og MEKA-screening), som er udarbejdet under informationssøgningen. Disse analyseresultater supplerer hinanden godt, således at de giver et dækkende og helhedsorienteret billede af produktet og den sammenhæng, som det indgår i.

Ved en gennemgang af analyseresultaterne vil der typisk "dukke" nogle områder op, som synes logiske for miljømæssige forbedringer eller som projektgruppen kan have behov for yderligere at belyse, fordi de kan "dække over" et potentiale for miljømæssige forbedringer mv.

Brug af produktkædeanalyse Produktkædeanalysen kan særligt bruges til at belyse de forskellige led dvs. interessenter i produktkæden, som har betydning for produktet, og som evt. kan have nogle værdifulde ideer til eller meninger om hvordan produktet kan forbedres.

Eksempler: Brug af interessenters viden til valg af fokusområde

Medikovirksomheder i tæt kontakt med brugere og patienter

Mange medikovirksomheder opbygger i dag meget bevidst en tæt kontakt til hospitalssektoren og patientforeninger mv. for herigennem at få "friske" bruger- og patientoplysninger om deres produkter – f.eks. om produkterne fungerer efter hensigten, om hvad der evt. kan give problemer ved brug af dem, og om patienterne bruger dem efter hensigten (hvilket ofte viser sig ikke at være tilfældet – patienterne udvikler deres egne "metoder").

Coloplast A/S har således meget bevidst organiseret et helt netværk til at "opfange" denne værdifulde viden og senere gøre brug af den i produktudviklingen.

- fortsættes

Værdifuld viden om bortskaffelse af elektriske og elektroniske produkter

Hvis der er tale om f.eks. komplekse elektriske og elektroniske produkter kunne det være relevant sammen med selve producenten af produktet (dvs. virksomhedens kunde) at tage kontakt med et firma, som bortskaffer udtjente elektroniske produkter. De vil ofte kunne oplyse, hvad der evt. skal ændres i produktets konstruktion, hvis det hurtigt og effektivt skal kunne adskilles således at de enkelte materialer kan genvindes evt. bortskaffes på anden hensigtsmæssig vis. På denne måde kan opnås god inspiration til evt. fokusområder for produktforbedringer.

Forbrugeradfærd giver idé til fokusområde for el-kedel

En producent af el-kedler fandt på at undersøge, om forbrugerne bruger el-kedlen efter producentens oprindelige hensigt, dvs. straks at benytte vandet til f.eks. kaffe, når vandet koger og kedlen slår fra. Det viste sig ikke at være tilfældet. De fleste forbrugere kommer vand i kedlen, tænder for den og glemmer derefter alt om det, fordi de bliver forstyrret af f.eks. telefonen. Når de bagefter kommer tilbage, tilslutter de el-kedlen igen (som i mellemtiden er slået fra), fordi de vil sikre sig, at vandet er "rigtig" varmt. Dette er derimod sjældent nødvendigt, idet vandet ofte endnu er varmt nok til at lave kaffe.

På baggrund heraf installerede producenten en temperaturindikator i el-kedlen; når temperaturindikatoren lyser, er vandet i el-kedlen endnu varmt nok til at lave kaffe, og forbrugeren behøver ikke at tilslutte el-kedlen en gang til med deraf følgende unødvendigt forbrug af energi. El-kedler har et meget højt energiforbrug i brugsfasen, og derfor er det af stor betydning for el-kedlens samlede miljøpåvirkning i hele dets livsforløb, hvis man kan reducere energiforbruget i brugsfasen.

Den ecodesignede el-kedel med temperaturindikator er efterfølgende blevet en stor salgssucces!

Brug af SWOT-skema

I SWOT-skemaet kan det bl.a. være relevant at se på, om nogle af de "trusler", som en medtaget i skemaet, evt. kan imødekommes ved at ændre på produktet.

F.eks. kan fremtidige krav om (øget) genanvendelse være en trussel for underleverandører til automobilindustrien eller for producenter af (transport)emballage. Denne trussel vil delvis kunne imødekommes ved at sikre sig, at materialerne lettere kan genanvendes ved f.eks. at undgå at blande (plast-)materialer, så de ikke senere kan adskilles, eller ved at udvikle metoder til direkte at genanvende materialerne i en blandet form.

Projektgruppen kan også kigge på, om der er nogle af de anførte "muligheder" i SWOT-skemaet, som kan udnyttes – er der f.eks. en mulighed for at tilføje nogle nye funktioner til produktet.

Brug af MEKA-skema

I MEKA-skemaet kan opmærksomheden rettes mod høje E- og/eller R-parametre, som udover at have en miljømæssig betydning ofte også har økonomisk betydning. Hvis man f.eks. kan reducere vægten af et plastmateriale med høj E-parameter vil det samtidig medføre en økonomisk fordel, da plastråvarernes pris udgår en væsentlig del af plastproduktets omkostninger.

I MEKA-skemaet vil det evt. også kunne ses, om der i produktets livsforløb indgår nogle kemikalier f.eks. hjælpestoffer, som på sigt kan skabe problemer, eller som kræver særlig arbejdsmiljømæssige foranstaltninger i produktionsfasen, og som virksomheden derfor kan have en fordel af at substituere med andre stoffer.

2-4 fokusområder Som det fremgår af ovenstående vil projektgruppen på baggrund af produktkædeanalysen, SWOT-analysen og MEKA-screeningen typisk let kunne identificere flere relevante fokusområder for produktet. Antallet af fokusområder begrænses til maksimalt 2-4 områder.

**Kriterier
prioritering** Hvis der ikke umiddelbart fremkommer et begrænset antal fokusområder, som "springer i øjnene", kan det være nødvendigt at benytte prioriteringskriterier for at identificere relevante fokusområder eller evt. for at begrænse antallet af fokusområder. Af relevante kriterier at prioritere efter kan nævnes (ikke prioriteret):

- Kunders ønsker og (miljømæssige/ økonomiske) interesser og fordele
- Myndighedskrav i form af f.eks. kommende miljøkrav
- Miljømæssigt potentiale (lokalt, regionalt eller globalt)
- Virksomhedens miljøpolitik
- Medarbejderes ønsker og interesser
- Trends i branchen, blandt forbruger osv.

Antallet af fokusområder vil under alle omstændigheder blive begrænset, når projektgruppen skal udarbejde strategier inden for de enkelte fokusområder og herunder bl.a. vurdere mulighederne for forbedringer inden for fokusområderne.

Gennemgående eksempel: Fokusområder for el-kedlen

Produktkædeanalysen peger på, at brugsfasen har stor betydning for el-kedlens miljøpåvirkninger i hele dets livsforløb. Derfor må mulige produktforbedringer afstemmes med forbrugernes ønsker og krav til el-kedlen, samt hvordan de bruger den i deres daglig.

SWOT-analysen peger på muligheder i forbindelse med energibesparelser og nye salgsargumenter, og den viser at de blandede materialer er en svaghed ved bortskaffelsen.

MEKA-analysen signalerer, at der er et forbedringspotentiale mht. hvilke materialer som er anvendt til el-kedlen, at kedlen har et højt energiforbrug i brugsfasen, og at de sammenblandede materialer kan være et problem ved genvinding af el-kedlen.

5.2 Vælg strategier

Når projektgruppen har identificeret 2-4 relevante fokusområder for det produkt, som skal ecodesignes, gælder det om at vælge strategier til at realisere forbedringerne.

5.2.1 Ecodesignstrategihjulet

Ecodesignstrategihjulet, se figur 5.1, er det centrale værktøj for valg af strategier. Strategihjulet kan bruges til at:

- Give et overblik over de 8 mulige ecodesignstrategier for produktet
- Angive konkrete forbedringsmuligheder for hver strategi
- Understøtte en visuel sammenligning af to produktversioner.

For hver strategi i strategihjulet beskrives en række mulige forbedringstiltag, som kan benyttes som inspiration til, hvordan strategien kan omsættes til konkrete løsningsforslag for produktet. For strategien "reduktion af materialeforbrug" er et forbedringstiltag eksempelvis "reduktion af vægt".

4 niveauer for strategivalg

De 8 forskellige ecodesignstrategier er opdelt i 4 niveauer:

- Produkt komponent niveau
- Produkt struktur niveau
- Produkt system niveau
- Udvikling af et nyt koncept.

Styring og indflydelse

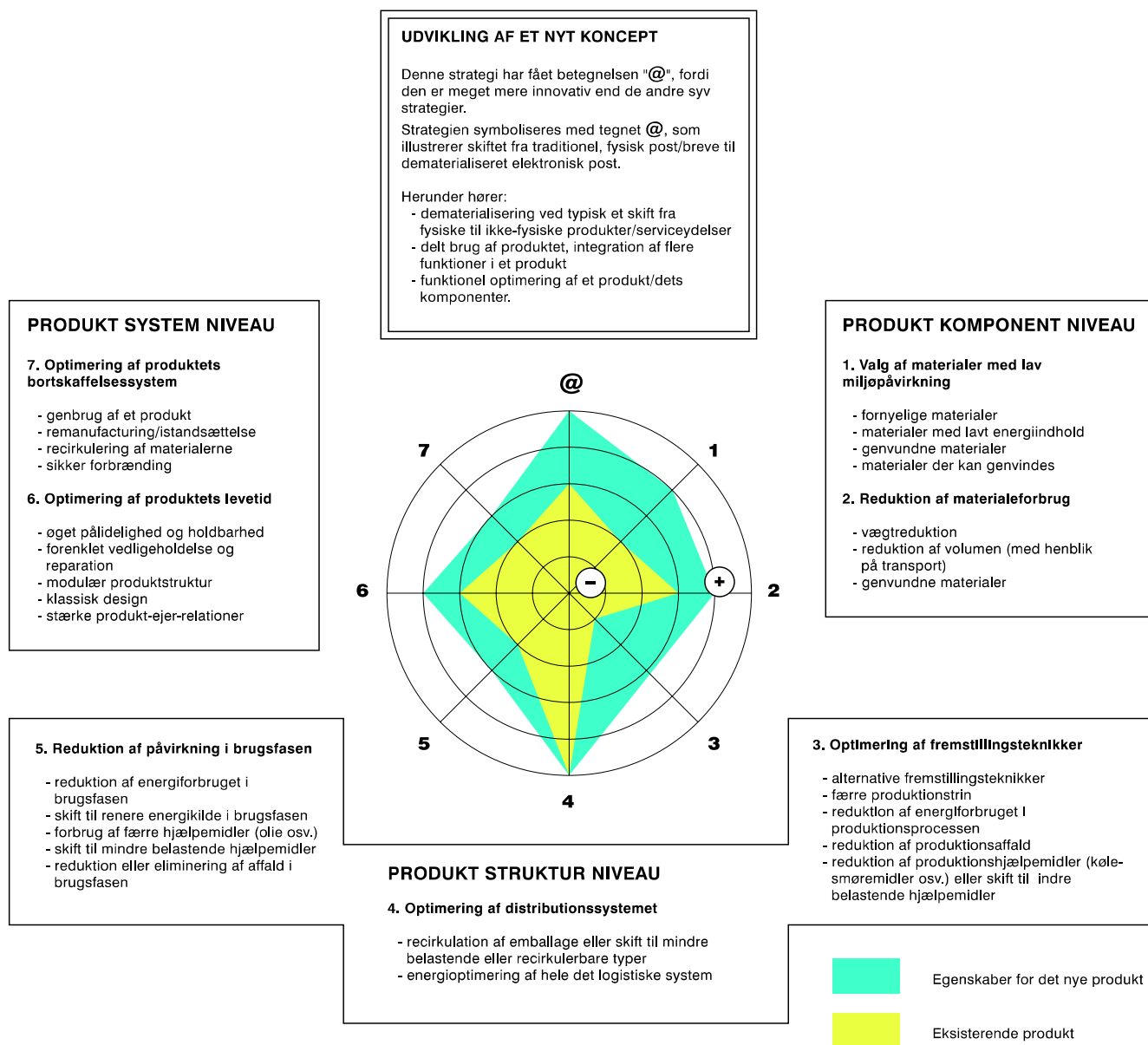
Forskellen imellem niveauerne afhænger af hvor vidtrækkende produktændringer, som de enkelte strategier typisk vil betyde for produktet, og af projektgruppens og dermed virksomhedens mulighed for at styre og influere opfyldelsen af strategierne. Som hovedregel gælder, at jo højere et niveau en strategi er på, jo mindre indflydelse har projektgruppen/ virksomheden på, om strategien rent faktisk vil føre til de ønskede miljømæssige forbedringer.

Projektgruppen bør være opmærksom på, at jo mindre indflydelse eller kontrol den har over mulighederne for at gennemføre de enkelte strategier, jo større er usikkerhedsmomentet mht. om den valgte strategi rent faktisk vil føre til det planlagte mål.

Eksempel: Strategivalg skal afstemmes efter virksomhedens indflydelsesområde

I forbindelse med ecodesignstrategien "Optimering af produktets levetid", som falder ind under produkt system niveau, beslutter en projektgruppe at udvikle en kraftigere plastpose, som har en længere levetid, og som dermed i princippet kan genbruges flere gange. Projektgruppen har dog ingen indflydelse på, om hvorvidt forbrugeren vitterlig også genbruger plastposen flere gange end normalt, eller om den bare bortskaffes efter en enkelt gangs brug.

I sidstnævnte tilfælde vil der ikke være opnået nogen miljømæssig forbedring, snarere tværtimod, idet ressourceforbruget i så fald øges uden nogen grund.



Figur 5.1 Ecodesignstrategihjulet [1].

Fremgangsmåde

Ecodesignstrategihjulet kan benyttes ved at man med udgangspunkt i de valgte fokusområder går de 8 strategier igennem en efter en og checker, om den pågældende strategi har relevans i forbindelse med de valgte fokusområder, og om de anførte forbedringsmuligheder evt. kan benyttes for det konkrete produkt. Hvis den pågældende strategi er relevant, markeres den som en mulighed, og således fortsættes indtil hele hjulet har været gennemløbet.

Tilslut vil projektgruppen for hvert enkelt fokusområde skulle prioritere 1-2 af de relevante strategier som med størst sandsynlighed vurderes at kunne indfri de tidligere formulerede mål, og samtidig vurderes til at have et stort miljømæssigt forbedringspotentiale, se neden for.

Gennemgående eksempel: Valg af ecodesign strategier for el-kedlen

Fokusområder for el-kedlen var de blandede materialer, energiforbrug i brugsfasen og bortskaffelsen.

Relevante ecodesign strategier for disse fokusområder er:

- **Strategi 1: Valg af materialer med lav miljøpåvirkning**
- **Strategi 5: Reduktion af påvirkning i brugsfasen**
- **Strategi 7: Optimering af produktets bortskaffelsessystem.**

Der arbejdes derfor videre med disse 3 strategier.

5.3 Vurdering af forbedringspotentialiet

Som en integreret del af valg af fokusområder og ecodesignstrategier bør projektgruppen vurdere det umiddelbare miljømæssige forbedringspotentialer i forbindelse med de enkelte fokusområder og vurdere sandsynligheden for, at de forskellige strategier vil føre til det søgte forbedringspotentialer.

Målet er selvsagt at koncentrere sig om de fokusområder og ecodesignstrategier for hvilke det miljømæssige forbedringspotentialer er stort, og hvor sandsynligheden for at kunne indfri potentialer ligeledes er stort. Sidstnævnte kan være svært at vurdere, idet det bl.a. forudsætter tekniske, økonomiske og markeds-mæssige overvejelser, som det kan være svært at forudsige noget om.

Gå efter "sikre" resultater

I første omgang er det vigtigt, at projektgruppen vælger 1-2 fokusområder med tilhørende ecodesign strategier og forbedringsmuligheder, der er forholdsvis "lette" at arbejde med dvs. at projektgruppen går efter "sikre" resultater snarere end at sigte alt for højt og måske ikke nå frem til nogen resultater overhovedet. Ambitionsniveauet kan altid hæves senere. Omvendt kan ledelsen miste tilliden til ecodesigntankegangen og -metoden, hvis projektgruppen ikke kan fremvise brugbare resultater inden for en rimelig tidsramme.

Vurdering af potentialer vha. strategihjulet

Projektgruppen kan ved brug af ecodesignstrategihjulet prøve kvalitativt at vurdere det miljømæssige potentialer ved flere forskellige strategier og tilhørende forslag til mulige produktforbedringer. Med miljømæssigt potentialer menes den maksimalt mulige forbedring af miljøpræstationen, som vil kunne opnås for det ecodesignede produkt, hvis strategien og produktforbedringen indfrier målet efter hensigten.

Metoden går ud på – på en relativ skala – at vurdere den relative miljøpræstation af det mulige ecodesignede produkt inden for hver af de mulige 8 strategier. Miljøpræstationen kan f.eks. skønnes ud fra en relativ skala fra 1 til 5, hvor 5 angiver den højest mulige miljøpræstation. Ved herefter for hver enkel strategi at indtegne de skønnede miljøpræstationer som punkter på egerne i ecodesignstrategihjulet, se figur 5.1, og tilslut forbinde punkterne med hinanden inden i hjulet fås et

visuelt billede af den forbedrede miljøpræstationen for det mulige ecodesignede produkt.

Bagefter kan miljøpræstationen for det oprindelige produkt vurderes på samme vis, og arealerne af de indtegnede områder for det oprindelige og det ecodesignede produkt kan herved sammenlignes. Jo større arealet er i forhold til det oprindelige produkt, jo større er potentialet for miljøforbedringer for den givne strategi og produktforbedringsmulighed.

Metoden er selvfølgelig meget subjektiv, men hvis man er rimelig objektiv og realistisk i vurderingen af den mulige forbedring af miljøpræstationen for de forskellige strategier og produktforbedringer, vil metoden kunne give et rimeligt indtryk af, hvor det miljømæssige potentiale er størst.

Senere, når gruppen har detaljeret sine forslag til produktforbedringer, kan de miljømæssige gevinster for de enkelte forbedringsforslag vurderes på mere saglig og kvantitativ vis ved at sammenligne med miljøpræstationen for det oprindelige produkt. Dette kan gøres ved brug af MEKA-skemaet og vil blive gennemgået senere i kapitel 7 under detaljeringsfasen.

DEL III: Kapitel 6

Idé-fase – tænk nyt og stort

Dette trin i ecodesignmetoden svarer til den "almindelige" idé-fase eller konceptualiseringsfase som kendes fra et traditionelt produktudviklingsforløb. Her udvikles idé-forslag eller koncepter til hvordan de valgte strategier kan gennemføres på det mere praktiske plan dvs. i form af praktiske produktforbedringer.

Med koncept menes her udkast, skitse eller idé-forslag til forbedring af det produkt, som skal ecodesignes.

Designeren har som regel kun begrænset tid til at udvikle nye koncepter for produktforbedringer. Samtidig gælder det om at frembringe så mange forskellige forbedringsforslag som muligt, idet forudsætningen for at generere 1-2 rigtig gode konceptforslag baseret på nytænkning og innovation er, at man som udgangspunkt har mange ideer at arbejde ud fra.

Brug tid på ide-fasen!

Derfor kan det som regel godt betale sig, at projektgruppen giver sig god tid til at genere forskellige konceptforslag til produktforbedringer. Ofte er man tilbøjelig til at gribe fat i det første og bedste forbedringsforslag, som identificeres, frem for bevidst at prøve at forbedre forslaget eller endnu bedre søge efter endnu flere konceptforslag.

Kreativitets-teknikker

En måde at sikre sig mange forskellige konceptforslag på kan være at benytte sig af forskellige teknikker eller værktøjer til kreativitet (se afsnit 6.1). Derved "tvinges" projektgruppen til at udvikle mange forskellige konceptforslag, hvilket i sidste ende øger sandsynligheden for at identificere nogle gode og brugbare forbedringsforslag til produktet.

De bedste konceptforslag bør dokumenteres i form af f.eks. korte beskrivelser og/ eller håndskitser, som dog skal være så detaljerede, at man kan foretage en grov vurdering af dem.

Andre ideer og retningslinjer

Projektgruppen kan desuden lade sig inspirere af de generelle ideer og retningslinjer for ecodesign, som er gennemgået kapitel 2 i DEL II.

Konceptualisering vs. detaljering

Idé-fasen eller konceptualiseringen hænger tæt sammen med detaljeringen, som beskrives i næste kapitel.

Således følger konceptualisering og detaljering altid efter hinanden, men gennemføres typisk af flere gange i en iterativ proces. Hermed menes, at man efter at have lavet et første koncept og en detaljering heraf, måske finder ud af, at der igen må ændres lidt på konceptet for at tilgodese f.eks. nogle produktionsmæssige forhold. Disse ændringer vil så igen have betydning for produkt detaljeringen, der tilsvarende også må ændres lidt osv.

Et tilfredsstillende resultat kræver således ofte flere "omgange" af konceptualisering og detaljering.

Formål Formålet med dette trin er på grundlag af de valgte strategier at beskrive så mange konceptforslag som muligt og derefter at udvælge og skitsere 1-2 af de bedste forslag til at redesigne produktet.

Dette kapitel I dette kapitel vil blive gennemgået:

- Kreative teknikker og værktøjer til at generere ideer med.

6.1 Kreative teknikker og værktøjer

Hvordan genererer man mange nye produktkoncepter? Generelt kan man skabe nye, innovative koncepter vha.:

- Intuition
- Kreativitet
- Systematisk søgning.

Af ovennævnte metoder er intuition nok den mest upålidelige og usikre metode til at frembringe mange konceptforslag indenfor relativ kort tid. I det følgende gennemgås derfor nogle systematiske teknikker eller værktøjer til hurtigt at frembringe mange konceptforslag på.

Individuel og gruppe-anvendelse Generelt gælder det for brugen af forskellige kreativitetsteknikker, at de kan anvendes både individuelt eller gruppevis. Typisk opnås flest brugbare konceptforslag ved en kombination af individuel og gruppevis anvendelse af teknikkerne.

6.1.1 Grundprincipper for kreativitet

Udnyt alle ressourcer Et vigtigt element i det kreative udviklingsarbejde, er at man sørger for at udnytte alle de ressourcer, som de enkelte deltagere i projektgruppen besidder. Det gælder såvel de faglige som de personlige ressourcer. Det gælder desuden om at skabe en god stemning i projektgruppen som gør, at alle føler sig trygge til at fremføre deres ideer og synspunkter.

Tænk først, vurder senere Der er ikke nogle "dårlige" ideer i kreativitetsfasen. Alt er tilladt, f.eks. i en brainstorming, fordi helt "vilde" og ganske upraktiske ideer ofte kan inspirere til mere anvendelige ideer. Det gælder således om at lade hjernen løbe løbsk og ikke straks vurdere de fremkomne idé-forslag. Ingen ideer bør tilbageholdes i kreativitetsfasen!

Arbejdet med kreativitetsteknikker i forbindelse med ecodesign er i øvrigt ikke forskelligt fra hvordan der genereres ideer i forbindelse med traditionelt design.

Eksempel: Kritiske vurderinger er bandlyst i kreativitetsfasen!

I kreativitetsfasen er kritiske vurderinger som nedenstående bandlyst:

- "Det har vi prøvet før..."
- "Det bliver alt for dyrt..."
- "Det kan slet ikke lade sig gøre..."
- "Den går aldrig igennem..."
- "Det plejer vi ikke her..."
- "Det virker alligevel ikke..."
- "Det må vi ikke..." osv.

6.1.2 Kreativitetsteknikker på konceptniveau

Der findes en række forskellige kreativitetsteknikker til at generere konceptforslag. Nedenfor er nævnt nogle få.

Brainstorming Ideen med brainstorming er, at man - enten alene eller helst sammen med andre - tager udgangspunkt i et givet emne for at fremsætte så mange ideer omkring emnet som muligt. Ideerne, både de "vilde" og de mere realistiske, nedskrives *uden* at underkastes nogen form for vurdering. De mange ideer, herunder ikke mindst de "vilde", kan inspirere til en række nye ideer, som måske senere kan vise sig mere anvendelige end de oprindelige "vilde" ideer.

Analogier At lave analogier, dvs. sammenligninger, er en anden måde at få nye ideer på. Man kan således sammenligne en given problemstilling med analoge problemstillinger inden for andre brancher eller sektorer og efterfølgende lade sig inspirere af teknikker eller principper som benyttes her for at løse problemstillingen.

Et velkendt eksempel er at lade sig inspirere af de løsningsprincipper som benyttes i naturen: Princippet bag mikrofoner blev således fundet ved at studere det menneskelige øre. Der findes en hel videnskab ved navn *bionik*, der beskæftiger sig med teknisk genskabelse af biologiske funktioner.

Øvrige teknikker Af andre relevante kreativitetsteknikker kan nævnes, at man forestiller sig forskellige scenarier, f.eks. hvordan et idealiseret produkt ville se ud, eller hvordan forskellige kundetyper vil bruge produktet osv., og på baggrund heraf lade sig inspirere til brugbare ideer til at løse ens problemstilling.

For flere kreativitetsteknikker henvises til [13].

6.1.3 Morfologiskema

Morfologi Morfologi er læren om udformninger, strukturer og forme og kan bl.a. benyttes til på systematisk vis at genere mange ideer på. Morfologiteknikken består i, at man splitter det produkt eller den hovedfunktion, som man ønsker at forbedre, op i mindre enheder eller delfunktioner, der kan være lettere at overskue, og som man derfor lettere kan identificere

forbedringsforslag til. Opdelingen kan f.eks. foretages ved hjælp af brainstorming.

Morfologiskema De mindre enheder eller delfunktioner skrives ned i en kolonne, hvorefter der søges efter løsningsmuligheder for hver enhed eller delfunktion. Derved fremkommer et skema – et morfologisk skema, se tabel 6.1 – hvor man kan kombinere de forskellige løsningsmuligheder for hver mindre enhed eller delfunktion i flere forskellige konceptforslag til forbedring af det produkt eller den hovedfunktion, som man arbejder med.

Projektgruppen kan efterfølgende vælge at skitsere og evt. forfine de bedste af disse konceptforslag.

Gennemgående eksempel: Morfologiskema for el-kedlen

I tabel 6.1 er angivet et morfologiskema for den undersøgte el-kedel.

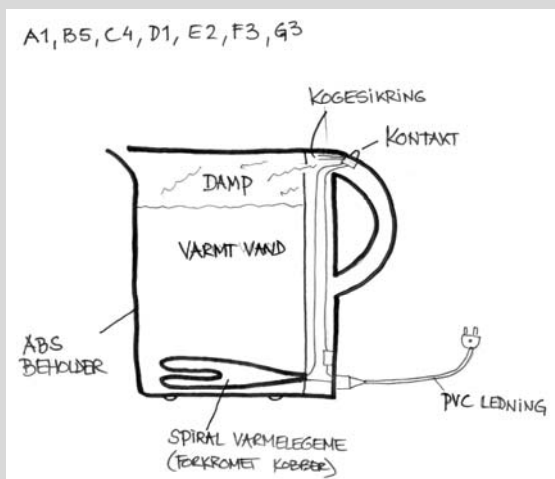
El-kedlens hovedfunktion er at opvarme vand til kogepunktet. Lodret i skemaet er anført forskellige delfunktioner for el-kedlen, som enten allerede forefindes på el-kedlen eller som ønskes tilføjet. Vandret i skemaet er anført forskellige løsningsmuligheder for de enkelte delfunktioner.

For at fremkomme med forskellige konceptforslag til el-kedlen kombineres forskellige "par" af delfunktioner og løsningsforslag (f.eks. A1, B2 osv.) i skemaet. I figur 6.1 og 6.2 er skitseret 2 af konceptforslagene fra morfologiskemaet: En traditionel el-kedel og en mere miljøvenlig el-kedel.

	Løsningsmuligheder				
Funktioner	1	2	3	4	5
A. Opvarmning	Metalspiral	Metalplade	Mikrobølge	Induktion	
B. Termisk isolering	Tyk væg (kapacitet)	Opskummet materiale (varmeledning)	Luftmellemrum (varmeledning)	Spejl (varme-stråling)	Almindelig væg
C. Varmeindikator	Termometer	Termokrom plast "farve-ændrende"	Elektronisk display	Ingen	
D. Energิตilslutning	Ledning	Separat bordsokkel			
E. Kogesikring	Trykmåler	Bimetal termostat	Flyder		
F. Demontage	"Kun en skrue"	Let non-destruktiv adskillelse	Intet særligt		
G. Bortskaffelse	Kun få materialer	Bionedbrydelig	Brandbar	Recirkulerbar	

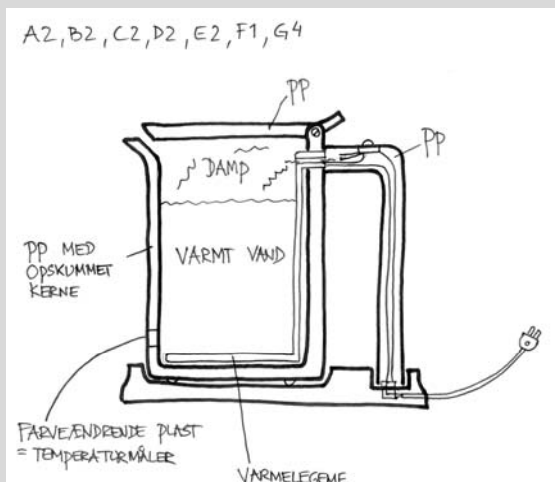
Tabel 6.1 Morfologi for el-kedlen og alternative løsningsmuligheder.

Skitse af traditionel el-kedel, hvor løsningsmulighederne A1, B5, C4, D1, E2, F3 og G3 er anvendt.



Figur 6.1 Skitse af el-kedlen i det oprindelige design.

Skitse af mere miljøvenlig el-kedel, hvor løsningsmulighederne A2, B2, C2, D2, E2, F1 og G4 er anvendt.



Figur 6.2 Skitse over et alternativt og mere miljøvenligt design af el-kedlen.

Gennemgående eksempel: Konceptualisering af el-kedlen

Ved hjælp af brainstorming og morfologiskemaet fandtes 3 realistiske koncepter:

- *Koncept 1: Øge varmeisolering + inkludere temperaturindikator*
- *Koncept 2: Optimere varmeoverførsel fra metal til vand*
- *Koncept 3: Fremstille el-kedlen i et mere bortskaffelsesvenligt design med fokus på adskillelse.*

Det første koncept er skitseret i figur 6.2.

DEL III: Kapitel 7

Detaljerings – fra koncept til virkelighed

I detaljeringsfasen arbejdes der videre med de konceptforslag, som blev udviklet i kapitel 6, og detaljerne for de enkelte forslag skal specificeres. Således specificeres mål, materialer, form, sammenføjninger og efterbehandling mv. indtil de endelige specifikationer for foreslåede produktforbedringer foreligger.

Samtidig skal den tekniske, økonomiske og miljø- og markeds-mæssige gennemførlighed af de fremkomne forslag undersøges, og de mest lovende ecodesignforslag skal om nødvendigt prioriteres.

Meget af arbejdet i detaljeringsfasen kendes allerede fra det "traditionelle" designforløb og vil derfor ikke blive gennemgået i detaljer. Derimod vil der i dette kapitel blive lagt vægt på den miljømæssige vurdering af de konkrete forslag til produktforbedringer, idet denne vurdering er hel central for ecodesignforløbet.

Glidende overgang fra idé-fase

Detaljeringsfasen af de mere diffuse konceptforslag er som tidligere nævnt ofte en iterativ proces, hvor det kan være nødvendigt at gå tilbage og ændre lidt på konceptet for så igen at detaljere forslaget yderligere mv. Der er således ingen skarp afgrænsning mellem idé-fasen og detaljeringsfasen, og en stor del af arbejdet i detaljeringsfasen ligner således arbejdet i idé-fasen dog med den forskel, at de forskellige produktspecifikationer efterhånden fastlægges med deraf følgende mindre frihedsgrader.

Formål

Formålet med dette trin er således at detaljere de udvalgte konceptforslag samt at undersøge og vurdere de fremkomne forslag mht. økonomiske, tekniske, markeds-mæssige og specielt miljømæssige konsekvenser.

Dette kapitel

I dette kapitel vil blive gennemgået:

- Systematisk detaljering af koncepterne
- Vurdering af gennemførligheden.

7.1 Systematisk detaljering af koncepterne

Den systematiske detaljering foregår ved at de forskellige parametre (f.eks. materialer, udformning, produktionsprocesser og mål) for koncept-forslagene konkretiseres en efter en. Dette kan gøres med almindelig skitsering gerne suppleret med udarbejdelse af en prototype. I det omfang der evt. er uløste delproblemer eller der dukker uhensigtsmæs-

sigheder op ved de detaljerede forslag, kan projektgruppen gå tilbage og benytte nogle af de teknikker, der er beskrevet i kapitel 6, til at foretage ændringer.

Resultatet vil være et antal detaljerede produktforslag, hvor produktspecifikationerne er beskrevet på et tilfredsstillende detailniveau.

7.2 Vurdering af gennemførligheden

I dette afsnit skal der foretages en overordnet vurdering af, om produktforbedringsforslagene rent faktisk kan gennemføres – både med hensyn til tekniske, økonomiske og markedsmæssige forhold. Desuden skal det undersøges, om detaljeringsforslagene rent faktisk medfører de forventede miljøforbedringer.

Gennemførligheden af de fremkomne forslag til produktforbedringer kan variere meget i karakter. Hvor nogle kan være vanskelige om ikke umulige at gennemføre i praksis, kan andre forslag måske relativt nemt gennemføres.

For en underleverandør vil forslagene typisk kræve dialog og samarbejde med kunderne, og forbedringerne kan således ikke gennemføres, uden at de er indforstået med de pågældende ændringer og evt. har fået tilpasset deres produkter tilsvarende.

Hvis virksomheden fremstiller sine egne produkter, er det ofte lettere at gennemføre produktforbedringerne alt afhængig af behovet for planlægning, investeringer og uddannelse af medarbejdere mv.

7.2.1 Teknisk, økonomisk og markedsmæssig vurdering

Det er naturligvis vigtigt at foretage en vurdering af den tekniske gennemførlighed og de økonomiske og markedsmæssige konsekvenser af de detailforslag til forbedringer, projektgruppen er kommet frem til. Dette arbejde omfatter bl.a. indhentning af priser, vurdering af teknikker og beregning af kostpriser.

Det kan evt. også være relevant at gennemføre en hel eller delvis SWOT-analyse på nogle af forslagene til produktforbedringer for at sikre, at man har været hele vejen rundt, og at de udviklede produktforslag ikke har f.eks. nogle markedsmæssige "svagheder" eller "trusler".

7.2.2 Miljømæssig vurdering

Den miljømæssige vurdering af de forskellige detaljeringsforslag har til formål at vurdere, hvor stor den miljømæssige gevinst er for de enkelte forslag. Projektgruppen skal også sikre sig, at der vitterlig er tale om miljømæssige forbedringer, og at der ikke "popper" nogle andre miljøforhold op et andet sted i produktets livsforløb.

<i>Vurdering vha. MEKA-skema</i>	Udgangspunkt for den miljømæssige vurdering er at udarbejde MEKA-skemaer for de forskellige forslag til produktforbedringer og at sammenligne de hermed fremkomne skemaer med MEKA-skemaet for det oprindelige produkt, som er udarbejdet i afsnit 4.3.3. Afhængig af karakteren af de forskellige forbedringsforslag vil det ofte kun være nødvendigt at udarbejde begrænsede MEKA-skemaer for at kunne foretage en sammenligning med det oprindelige produkt. Der behøver således kun at udarbejdes MEKA-skemaer for de ændringer, inklusive de heraf følgende konsekvensændringer, som de enkelte forslag medfører.
<i>Ecoredesign versus ecodesign</i>	Dette er netop en af fordelene ved ecoredesign i forhold til ecodesign af et helt nyt produkt: Det er langt lettere at vurdere de miljømæssige gevinster ved det ecoredesignede produkt, fordi man har det oprindelige produkt at sammenligne miljøpræstationen op imod. Ecodesigner man derimod et helt nyt produkt, kan man kun sammenligne miljøpræstationen af dette produkt med præstationerne af andre tilsvarende produkter på markedet, hvorom det kan være svært at skaffe sig data. Desuden vil den metodemæssige usikkerhed ved at blande og sammenligne data fra mange forskellige kilder mv. få langt større betydning, hvilket kan betyde, at det i mange tilfælde kan være tvivlsomt at konkludere noget som helst om det ecodesignede produkt i forhold til andre tilsvarende produkter på markedet.
<i>Usikkerhed</i>	Generelt gælder, at jo mere vidtrækkende ændringer de enkelte produktforbedringsforslag medfører, jo sværere vil det typisk også være at vurdere betydningen af den miljømæssige gevinst ved produktforslagene i forhold til det oprindelige produkt, idet usikkerheden på sammenligningsgrundlaget, dvs. på udarbejdelsen af MEKA-skemaerne, stiger.

Gennemgående eksempel: Miljøvurdering af 3 forbedringsforslag til el-kedlen

Under detaljeringen af de 3 konceptforslag til produktforbedringer er følgende detailforslag blevet udviklet:

- *Forslag 1: Vandbeholderen varmeisoleres med opskummet polypropylen (PP), hvilket betyder mindre varmetab*
- *Forslag 2: Varmelegemet belægges med et lag guld for at forbedre varmeoverførslen. Dette betyder mindre varmetab*
- *Forslag 3: Et mere bortskaffelsesvenligt design realiseret, således at plast og metaldele lettere kan adskilles og mulighed for genvinding øges.*

Specifikationer, f.eks. materialeindhold og energiforbrug, for de enkelte forslag fremgår af tabel 7.1

- fortsættes -

På baggrund af specifikationerne i tabel 7.1 kan MEKA-skemaer for de enkelte forbedringsforslag sammenlignes med miljøpræstationen for den oprindelige el-kedel, se tabel 7.2. For ikke at forøge kompleksiteten af eksemplet er der set bort fra bortskaffelsen, og der er ikke foretaget nogen vurdering af kemikalier, selv om det bl.a. ville være relevant at vurdere opskumningsmiddel i Forslag 1 og kemikalier til overfladebehandling i Forslag 2. Det er desuden antaget, at der ikke er forskel i miljøpåvirkningerne fra produktionsprocesserne i forhold til det oprindelige produkt.

Miljømæssig vurdering af forbedringsforslagene

Ud fra en ren miljømæssig vurdering ser det ud til at Forslag 1 om at varmeisolere el-kedlens vandbeholder er det bedste. I dette forslag opnås en lavere E-parameter, dvs. der forbruges mindre energi i hele produktets levetid i forhold til den oprindelige el-kedel samt i forhold til de 2 øvrige forslag. Derimod er ressourceforbruget (R-parameteren) den samme som for den oprindelige el-kedel, mens det også her er lidt bedre i forhold til de 2 øvrige forslag.

Del	Materiale	Forslag 0 Oprindelige produkt	Forslag 1 Varmeisolering af beholderen	Forslag 2 Guldbelægning på varmelegeme	Forslag 3 Bortskaffelses- venligt design	Enhed
Specifikation af materialeforbrug						
Beholder inkl. håndtag	ABS	250	0	250	0	g
Beholder, kerne af opskummet PP	PP	0	200	0	150	g
Håndtag	ABS	0	0	0	30	g
Låg	PA	30	30	30	30	g
Varmelegeme	Kobber	155	155	155	155	g
Overfladebelægning på varmelegeme, chrom	Chrom	0,02	0,02	0,02	0,02	g
Overfladebelægning på varmelegeme, guld	Guld	0	0	0,02	0	g
Underdel, løs	PP	75	75	75	75	g
Kabel, isolering ½ m	PVC	11	11	11	11	g
Kabel, leder ½ m	Kobber	7	7	7	7	g
Skrue	Rustfrit stål	0	0	0	2	g
Stik, hus	PA	15	15	15	15	g
Stik, ben	Messing	5	5	5	5	g
<i>Total masse</i>		548	498	548	480	g
Specifikation af brugsfase						
Levetid, år		3	3	3	3	
Antal gange brug pr. dag		2	2	2	2	
Energiforbrug til at omvarme 1 liter vand		110	99	104,5	110	Wh
Vandmængde, som koges pr. gang		1,5	1,5	1,5	1,5	liter
Antal dage pr. år		365	365	365	365	
<i>Energiforbrug i hele produktets levetid</i>	EU gennemsnits el	361	325	343	361	kWh

Tabel 7.1 Oversigt over specifikationerne for de 3 alternative forslag til produktforbedringer sammenlignet med det oprindelige produkt (Forslag 0). Produktionsprocesserne antages for nemheds skyld uændret og indgår ikke i de senere beregninger.

	Forslag 0		Forslag 1		Forslag 2		Forslag 3	
Del	E-parameter i MJ	R-parameter i mPR	E-parameter i MJ	R-parameter i mPR	E-parameter i MJ	R-parameter i mPR	E-parameter i MJ	R-parameter i mPR
Beholder inkl. håndtag	23,75	0,01	-	-	23,75	0,01	-	-
Beholder med kerne af opskummet PP	-	-	16	0,008	-	-	12	0,006
Håndtag, separat	-	-	-	-	-	-	2,85	0,0012
Kabel, isolering ½ m	0,715	0,00022	0,715	0,00022	0,715	0,00022	0,715	0,00022
Kabel, leder ½ m	0,63	0,119	0,63	0,119	0,63	0,119	0,63	0,119
Låg	4,2	0,0012	4,2	0,0012	4,2	0,0012	4,2	0,0012
Overfladebelægning på varmelegeme, chrom	0,004	0,00028	0,004	0,00028	0,004	0,00028	0,004	0,00028
Overfladebelægning på varmelegeme, guld	-	-	-	-	1,32	1,8	-	-
Skrue	-	-	-	-	-	-	0,092	0,024
Stik, ben	0,4	0,115	0,4	0,115	0,4	0,115	0,4	0,115
Stik, hus	2,1	0,0006	2,1	0,0006	2,1	0,0006	2,1	0,0006
Underdel, løs	6	0,003	6	0,003	6	0,003	6	0,003
Varmelegeme	13,95	2,635	13,95	2,635	13,95	2,635	13,95	2,635
Energiforbrug i hele produktets levetid	4259,8	-	3833,82	-	4046,81	-	4259,8	-
Sum	4311,549	2,8843	3877,819	2,8823	4099,879	4,6843	4302,741	2,9055

Tabel 7.2 Sammenfatning af resultaterne af MEKA-beregningerne for de alternative produktforbedringsforslag sammenlignet med det oprindelige produkt (Forslag 0). Produktionsprocesserne antages for nemheds skyld uændret og indgår ikke i beregningerne.

Ikke entydige resultater

Det er ikke altid, at man ved sammenligning af MEKA-skemaer for forskellige designforslag kan vurdere om miljøpræstationen af et forslag er bedre end miljøpræstationen af et andet forslag eller af det oprindelige produkt. I mange tilfælde kan parameteren for ressourceforbruget (R-parameter) være forbedret, mens f.eks. parameteren for energiforbruget i hele livsforløbet (E-parameteren) er dårligere i de udviklede designforslag i forhold til det oprindelige produkt, og så kan det være svært - om ikke umuligt - at vurdere, hvad der miljømæssigt set er bedst.

Alt afhængig af hvor store forskellene er på forbedringerne eller forværringerne (dvs. hvor "signifikante" forskellene er), må projektgruppen vurdere, om der overhovedet er opnået nogle miljømæssige eller andre fordele ved forslagene, eller om det oprindelige produkt faktisk var bedre i miljømæssig henseende.

Hvis de miljømæssige vurderinger af detailforslagene er meget usikre, må projektgruppen læne sig mere op af resultaterne af de tekniske, økonomiske eller markeds-mæssige undersøgelser til at vurdere, om der kan være nogle fordele at hente ved at implementere de foreslåede produktforbedringer.

7.2.3 Samlet vurdering

Samlet vurdering De resultater projektgruppen nu er nået frem til mht. vurdering af miljø, teknik, økonomi, kvalitet, produktion, marketing mv. for produktforslagene bør nu indgå i en samlet vurdering. På baggrund heraf kan projektgruppen vælge det eller de bedst egnede forslag til produktforbedringer.

DEL III: Kapitel 8

Overlevering og markedsføring – ”sælg” med succes

Det sidste trin i ecodesignmetoden har til formål at overlevere og kommunikere budskabet om det miljøforbedrede produkt ud, såvel internt i virksomheden som til de kunder, der gerne skal overbevises om at investere i det ecoredesignede produkt.

Mange af projektgruppemedlemmerne vil sikkert føle, at de største kvaler i ecodesignforløbet nu er løst, og at projektgruppen kan tage den lidt med ro. Der ligger dog endnu et væsentligt stykke arbejde vedrørende kommunikation af resultaterne inden succes er hjemme.

Intern overlevering

De ecoredesignede produktforslag blev i detailfasen dokumenteret i form af tekstbeskrivelser, plancher, konsekvensvurderinger samt evt. modeller. Denne dokumentation kan bruges til den interne overlevering af projektet. Herudover kan det være en god idé at afholde mere formelle overleveringsmøder, så man er sikker på, at de miljømæssige overvejelser, der nu er bygget ind i det ecoredesignede produkt, er forstået af alle relevante medarbejdere i virksomheden.

Argumenter for markedsføring

For at give marketingafdelingen, eller den som er ansvarlig for marketing, et solidt arbejdsgrundlag, samles de argumenter, der taler for det ecoredesignede produkt. Dette kunne f.eks. være undladte farlige stoffer i produktet (som måske stadig er i konkurrenternes produkter) eller særligt gode muligheder for let montering af produktet el.lign. Disse egenskaber skal nu oversættes i konkrete fordele for kunden, ellers er det ikke sikkert, at kunden er interesseret heri.

Formål

Formålet med dette trin er således at forberede den nødvendige kommunikation i forbindelse med overlevering og markedsføring af det nye ecoredesignede produkt. Dvs. projektgruppen skal samle alle de væsentlige argumenter for det redesignede produkt og målrette argumenterne alt efter, om de skal bruges til at ”sælg” produktet internt i virksomheden eller eksternt til virksomhedens kunder.

Dette kapitel

I dette kapitel vil blive gennemgået:

- Intern overlevering af produktet
- Indsamling af argumenter til markedsføring
- Opfølgning på produkt- og projektræsultater.

8.1 Intern overlevering af produktet

Underret alle interessenter

Alle involverede parter og projektets interessenter bør informeres om fordelene ved de udviklede produktforbedringer. Projektgruppen må desuden sikre sig, at beslutninger, der er truffet undervejs i forløbet, ikke omgøres om senere af f.eks. medarbejdere, der ikke havde været direkte involveret i projektet.

Det gælder for projektgruppen om at "sælge" projektsresultaterne til ledelsen og andre kollegaer. Hvis der ikke har været nogle produktions- og markedsføringsansvarlige involveret i projektet undervejs, bør man være særlig opmærksom på at informere disse kollegaer om fordelene ved det forbedrede design.

Hjælpemidler

Hjælpemidler til overlevering kan være:

- Præsenterer det nye design på et stormøde el.lign.
- Offentliggør projektets resultater på opslagstavler, i virksomhedens nyhedsbrev mv.
- Informere alle i virksomheden om fordelene for virksomhedens kunder og dermed for virksomheden selv ved det redesignede produkt
- Gøre ecodesignresultaterne tilgængelige for alle, f.eks. i en lille brochure
- Tydeliggøre sammenhængen mellem de fremkomne ecodesignresultater og virksomhedens miljøpolitik og indsats generelt på miljøområdet
- Tilbyde interne kurser i ecodesign for medarbejderne mv.

For at øge interessen for ecoresignede produkter kan man invitere medarbejderne til at komme med forslag til at forbedre miljøpræstationen af virksomhedens produkter.

8.2 Indsamling af argumenter til markedsføring

Fremfør gevinsten ved det nye produkt

Reklame for ecoresignede produkter kræver særlig opmærksomhed, fordi det er svært at kommunikere miljøaspekter til kunderne. Risikoen for ikke at blive ordentlig forstået er relativ høj.

For ikke at forvirre kunden, er det vigtigt, at den information man giver kunden, er klar, enkel og pålidelig. Så vidt muligt bør de miljømæssige fordele ved det ecoresignede produkt oversættes til gevinster for kunden, gerne økonomiske gevinster! Disse gevinster kan med fordel bruges til grøn markedsføring af produktet.

Omvendt kan det også være, at det nye ecoresignede produkt slet ikke skal markedsføres ud fra de miljømæssige argumenter, men at markedsføringen skal have en helt anden vinkel. Der kan f.eks. lægges vægt på, at der er tale om et lettere (og billigere) produkt, fordi projektgruppen har formået at reducere materialeforbruget til fremstillingen af produktet. Hvilke argumenter der skal slås på i

markedsføringen afhænger fuldstændig af, hvad virksomheden mener, har størst gennemslagskraft overfor kunderne.

Hvem er kunden? Et vigtigt aspekt i enhver kommunikation er at gøre sig klart, hvem man kommunikerer til. For plastforarbejdende virksomheder vil kunden i langt de fleste tilfælde være en industriel kunde, som køber plastproduktet som halvfabrikata. Er kunden derimod detailhandlen eller den offentlige sektor el.lign. skal markedsføringsargumenterne sandsynligvis præsenteres på anden vis.

Miljøinformation Mange af de industrielle kunder kan være interesseret i at få miljømæssige informationer om deres forskellige leverancer, idet de skal bruge informationen til at vurdere miljøpræstationen for deres eget produkt. Der er desuden mange virksomheder, som i henhold til de krav, de selv har formuleret for deres miljøpolitik, er forpligtiget til at indhente forskellige miljømæssige informationer hos deres underleverandører.

Det kan dreje sig om mere generelle miljøspørgsmål til underleverandørerne (Har virksomheden en miljøpolitik? Har den indført miljøledelse? osv.) eller mere konkrete og evt. produktspecifikke spørgsmål (Hvad gør virksomheden for at forbedre sine produkters miljøpræstation? Indeholder produktet giftige kemiske stoffer i henhold til EU's mærkningskrav? osv.). Her er det væsentligt, at man har den nødvendige dokumentation klar, til når det bliver relevant. Dokumentation kan videregives i form af egne sammenfattede tabeller el.lign. men på sigt kan det være relevant at følge mere generelle regler eller standarder for miljøinformation.

Gennemgående eksempel: Salgsargumenter for el-kedlen

Forud for markedsføringen af el-kedlen skal miljøfordelene ved den ecoredesignede el-kedel (Forslag 1: Varmeisolering af vandbeholderen) beskrives og videregives til den marketing-ansvarlige/ marketingafdelingen.

Alle miljøfordelene, inklusive de umiddelbart mindre betydningsfulde fordele, bør nedskrives i et enkelt og letforståeligt sprog, og der bør vedlægges kvantitativ dokumentation for miljøfordelene. Det vil være en hjælp, hvis det anføres, hvilke fordele som specielt har interesse for den enkelte interessent, eller hvis fordelene direkte grupperes efter i hvilken fase, de har betydning for. Derved vil det være nemmere for den marketingansvarlige/ marketingafdelingen at beslutte, hvad der skal fokuseres på i markedsføringen af den ecoredesignede el-kedel.

(Miljø)fordele ved den ecoredesignede el-kedel (Forslag 1: Varmeisolering af vandbeholderen):

- Distributører: 1) Lettere vægt/ bedre håndterbarhed
- Detailhandlen: 1) Flere salgsargumenter (se under Forbruger), 2) Lettere vægt/ bedre håndterbarhed, 3) Tidssvarende design/ tidssvarende produktsortiment
- Forbruger: 1) Energibesparelser i brugsfase, 2) Større brugervenlighed, 3) Lettere vægt/ bedre håndterbarhed og 4) Tidssvarende design
- Affaldsbehandlere: 1) Lettere vægt/ mindre affald.

Miljøvaredeklaration

En standardiseret og anerkendt måde at kommunikere og dokumentere sit produkts miljøegenskaber på er at udarbejde en miljøvaredeklaration i henhold til en af de gældende internationale standarder. Der findes tre typer af miljøvaredeklarationer, se tabel 8.1.

	Type I: Miljømærke ISO 14024	Type II: Miljødeklaration ISO 14021	Type III: Miljødeklaration ISO/TR 14025
Målgruppe	Forbrugere (miljømærke)	Forbrugere / professionelle	Professionelle / (forbrugere)
Grundlag	LCA perspektiv	LCA perspektiv	LCA (fuld)
Omfang	Visse udvalgte produktgrupper, som der er udarbejdet kriteriedokumenter for	Alle varer og tjenesteydelser	Alle varer og tjenesteydelser
Sammenlignelighed	Ingen	Begrænset ("self-declared environmental claims")	Stor (produktspecifikke regler)
Kvalitetssikring	Miljømærkesekretariater i de respektive lande	Ingen	Uafhængig akkrediteret 3. part

Tabel 8.1 Internationale standarder for miljøvaredeklarationer.

Miljømærker er målrettet forbrugere

Miljømærket (type I) er målrettet slutforbrugere og benyttes på forbrugerprodukter. Miljømærker angiver, at der er tale om et "miljøvenligt" produkt. De vigtigste miljømærker herhjemme er EU's Miljøblomst og den Nordiske Svane.



Miljømærker garanterer, at et produkt har færre miljøpåvirkninger sammenlignet andre produkter i samme produktkategori – uden at kvalitet eller funktion forringes. For at opnå et miljømærke skal produktet opfylde en række kriterier, som er fastlagt i kriteriedokumenterne for de forskellige produktkategorier.

Miljømærker gives kun til produkter

Miljømærker kan som hovedregel kun gives til produkter og ikke til materialer. Dog indeholder blandt andet det tyske miljømærke "Blå Engel" og det japanske "Ecomark" kriterier for genanvendt plastmateriale.

Læs mere om miljømærker på de respektive sekretariats hjemmesider [18, 19, 20, 21].

Miljøvare-deklaration efter type II og III

Miljøvaredeklarationer af type II og type III er mere komplicerede og indeholder mange tal og begreber, som umiddelbart kræver en vis faglig viden for at kunne forstås. Den primære målgruppe for disse deklarationer er professionelle indkøbere fra den private eller offentlige sektor.

Kunderne fra den private sektor kan som tidligere nævnt være interesseret i miljøvaredeklarationerne, fordi de skal bruge den information, deklarationerne indeholder, til deres eget arbejde til f.eks. at opnå et miljømærke, udarbejde egne miljøvaredeklarationer eller gennemføre egne ecodesignprojekter. Indkøberne fra den offentlige sektor er ifølge loven forpligtet til at udarbejde en offentlig grøn indkøbspolitik og dermed tage højde for miljømæssige overvejelser i deres indkøb.

Forskel på type II og III

Den væsentligste forskel på de sidste 2 typer miljøvaredeklarationer er, at rammerne for type II deklarationer er mere løse end for type III deklarationer. I førstnævnte er indholdet baseret på virksomhedens egne oplysninger uden krav om uafhængig kvalitetssikring, mens informationen i type III deklarationer er baseret på produktspecifikke regler og skal kvalitetssikres af en uafhængig 3. part

Produktkrav

Det skal bemærkes, at miljømærker (type I deklarationer) indeholder krav om, at produktet skal leve op til nogle fastsatte kriterier som anført i kriteriedokumenterne, mens miljøvaredeklarationer iht. type II og III udelukkende siger noget om kvaliteten af den information, som deklarationer indeholder og altså ikke om selve produktets funktion.

Læs mere om miljøvaredeklarationer på det svenske *Miljöstyvningsrådets* hjemmeside [22].

8.3 Opfølgning på produkt- og projektresultater

Projekt-dokumentation og opfølgning

For at sikre at erfaringerne fra ecodesignforløbet kan overføres til efterfølgende projekter, er det vigtigt at dokumentere selve udviklingsarbejdet samt de overvejelser, der er gjort i forløbet. Desuden er det vigtigt, at projektgruppen kan dokumentere, at den har frembragt nogle væsentlige resultater til fordel for virksomheden og for miljøet – ellers vil virksomheden næppe bruge tid og ressourcer på ecodesign fremover.

Hvis virksomheden derimod får samlet op på de indvundne erfaringer og opbygger et internt system, der gør denne viden tilgængelig for andre relevante medarbejdere, vil virksomheden været langt bedre rustet til fortløbende at tilpasse sine produkter til nye krav fra omgivelserne. På den måde kan virksomhedens ecodesignaktiviteter på sigt udvikle sig til et aktiv, der sætter den i stand til på systematisk vis at udvikle nye ideer

til produktforbedringer, som hurtigt og effektivt implementeres i virksomhedens produkter.

Det er også vigtigt at følge op på produkterne, når de er kommet i produktion og efterfølgende sælges for at sikre, at de ønskede miljøfordele stadig gør sig gældende og bliver kommunikeret til omverdenen.

Referencer (DEL I-III)

- 1 *UNEP 97 United Nations Environment Programme (UNEP): "Ecodesign – A promising approach to sustainable production and consumption", United Nations Publication, Paris (Frankrig), 1997*
- 2 *ISO/PDTR 14062 Environmental Management - Integrating environmental aspects into product design and development*
- 3 *Tjalve 83 Eskild Tjalve: "Systematisk udformning af industriprodukter - værktøjer for konstruktøren", Akademisk Forlag, København (Danmark), 2. udg., 1983, ISBN 87-500-1697-0*
- 4 *Olesen et al. 96 Olesen, J.; Wenzel, H.; Hein, L.; Andreasen, M.M., "Miljørigtig konstruktion", Institut for Produktudvikling, Danmarks Tekniske Universitet, Miljøstyrelsen, Dansk Industri, København, 1996*
- 5 <http://europa.eu.int/comm/environment/ipp/home.htm>
- 6 <http://www.mst.dk/produkt/06010000.htm>
- 7 http://europa.eu.int/comm/enterprise/eco_design/index.htm
- 8 *Direktiv 2002/96/EF af 27. januar 2003 om affald fra elektrisk og elektronisk udstyr (WEEE)", kan findes på: http://europa.eu.int/eur-lex/da/dat/2003/l_037/l_03720030213da00240038.pdf*
- 9 *Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/53/EF af 18. september 2000 om udrangerede køretøjer [De Europæiske Fællesskabers Tidende L 269 af 21.10.2000].
(<http://europa.eu.int/scadplus/leg/da/lvb/l21225.htm>)*
- 10 *Hvidbog: Strategi for en ny kemikaliepolitik, KOM (2001)88, februar 2001, kan hentes fra: http://europa.eu.int/comm/off/white/index_da.htm*
- 11 *Plastindustrien i Danmark, Miljøledelseshåndbog. <http://www.plast.dk>, Miljø*
- 12 *Plastindustrien i Danmark, Miljøpolitik. <http://www.plast.dk>, Miljø*
- 13 *West, M. C. Teamwork – metoder til effektivt samarbejde, Psykologisk Forlag A/S, 2001*
- 14 *A Designer's Guide to Eco-Conscious Design of Electrical & Electronic Equipment. Web-adresse: www.ecodesignguide.dk*
- 15 *Bekendtgørelse Nr. 329 af 16/05/2002 om klassificering, emballering, mærkning, salg og opbevaring af kemiske stoffer og produkter.*

- 16 *Rådets direktiv 67/548/EOEF af 27. juni 1967 om tilnærmelse af lovgivning om klassificering, emballering og etikettering af farlige stoffer, med senere ændringer*
- 17 *Interaktive værktøjer til ecodesign findes på www.plast.dk under "Miljø" og dernæst "Ecodesign"*
- 18 *Miljømærkesekretariatet: www.ecolabel.dk*
- 19 *Den Blå Engel: www.blauer-engel.de*
- 20 *EUs officielle hjemmeside om Blomsten
<http://europa.eu.int/comm/environment/ecolabel/index.htm>*
- 21 *Global Ecolabelling Network: www.gen.gr.jp*
- 22 *Det svenske Miljöstyvningsrådet: <http://www.environdec.com/>*
- 23 *Wenzel H., Hauschild, M.; og Rasmussen, E. (1996): Miljøvurdering af produkter. Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen, Dansk Industri.*
- 24 *Wenzel, H.; Caspersen, N.; Schmidt, A.: Livscykluscheck, en vejledning til TIC-konsulenter, dk-TEKNIK & Instituttet for Produktudvikling, 1999.*
- 25 *Listen over uønskede stoffer 2000,
Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9, 2000,
En liste over kemikalier for hvilke Miljøstyrelsen anbefaler, at brugen heraf på sigt bør reduceres eller stoppes
(Kan læses/ downloades fra www.mst.dk)*
- 26 *Effektlisten 2000
Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 6/2000
(Kan læses/ downloades fra www.mst.dk)*
- 27 *Listen over farlige stoffer 2002
Bekendtgørelse nr. 439 af 3. juni 2002 om listen over farlige stoffer.
Listen over farlige stoffer indeholder de klassificeringer af kemiske stoffer, der er vedtaget i EF, til og med Kommissionens direktiv 2001/59/EF af 6. august 2001 om 28. tilpasning til den tekniske udvikling af Rådets direktiv 67/548/EØF.
(Kan læses/ downloades fra www.mst.dk)*
- 28 *Vejledende liste til selvklassificering af farlige stoffer 2001
Miljøprojekt nr. 635, 2001
Rapport om vejledende liste til selvklassificering af farlige stoffer.
(Kan læses/ downloades fra www.mst.dk)*
- 29 *DesigninSite: www.designinsite.dk.*
- 30 *Ecodesign PILOT: www.ecodesign.at*

Yderligere referencer

- 31 *Dahlström et al. 2001 Dahlström, H.; Jönbrink, A. K.; Brohammer, G.: "Handbok i miljöanpassat materialval" (på svensk), IVF Mölndal, 2001, ISBN 91-89158-35-0*
- 32 *ISO 14000: www.tc207.org, www.iso14000.org*
- 33 *Wenzel et al. 1996 H. Wenzel, M. Hauschild, E. Rasmussen: "Miljøvurdering af produkter", Institut for Produktudvikling, Danmarks Tekniske Universitet, Miljø- og energiministeriet, Dansk Industri, København, Danmark, 1996*
- 34 *"Miljøvurdering i Produktudviklingen - 5 eksempler", Wenzel (red.), Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen, København, 1996*
- 35 *Miljøprojekt nr. 381 / 1998 (Kan downloades fra www.mst.dk)*
- 36 *Norrbloom, H.L. et. al, Ekodesign – praktisk vägledning, IVF, 2000*
- 37 *Dahlström, H., Handbok i miljöanpassat materialval, IVF, 2000*
- 38 *"Miljøhensyn i produktudvikling", Olesen/Hauschild, Institut for Produktudvikling, Danmarks Tekniske Universitet, 1998*
- 39 *"Produktudvikling", Forelæsningsmateriale, MEK/IPL, Danmarks Tekniske Universitet, 2001*
- 40 *Association of Plastics Manufacturers in Europe (APME): www.apme.org*
- 41 *Bobrow/Schafer: "Pioneering New Products, A Market Survival Guide", Homewood, Doe Jones-Irwin, 1987, ISBN 0-87094-621-8*
- 42 *Dansk Standard: www.ds.dk*
- 43 *EMAS (Environmental Management and Audit Scheme):(EU-website), www.mst.dk (<http://www.mst.dk/produkt/04000000.htm>)*
- 44 *Hanks et al. 1992 "Design selv", Borgens Forlag, 1992*
- 45 *Johansen: L.K. Johansen: "En brainstorm er dumhedens tale" (Artikel om Henrik Herlau's arbejde med innovation)*
- 46 *Menges et al. 1992 Menges, G.; Michaeli, W.; Bittner, M. (red.): "Recycling von Kunststoffen" (på tysk), Hanser Verlag, München/Wien, 1992, ISBN 3-446-16437-5*
- 47 *Pearce/Robinson: "Strategic management, strategy formulation and implementation", Homewood, R.D. Irwin, 1985*

- 48 *Pedersen 2001 Pedersen, L.B.: "Plast og Miljø", Ingeniøren-bøger, 2. udg., København, 2001, ISBN 87-571-2396-9*
- 49 *Plastics in End-of-Life Vehicles is a network of excellence, bringing together a wide range of stakeholders who have an interest in the recovery and recycling of ELVs. <http://www.plastics-in-elv.org/>*
- 50 *Plastindustrien i Danmark 1999: Plastindustrien i Danmark, "Plastens ABZ – En verden i plast", København, 1999*
- 51 *Polonsky/Mintu-Wimsatt (eds.): "Environmental marketing – Strategies, practice, theory and research", The Haworth Press, Binghampton, New York, 1995, ISBN 1-56024-927-7*
- 52 *Rodrigo/Castells 2002 Rodrigo, J; Castells, F: "Electrical and electronic practical ecodesign guide", University Rovira i Virgili, Tarragona (Spanien) 2002, ISBN 84-8424-010-X*
- 53 *Urban/Hauser: "Design and Marketing of New Products", 2nd ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York, 1993*
- 54 *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD): www.wbcsd.org*

DEL IV: Introduktion og indhold

Introduktion

Denne del af manualen, DEL IV, giver en introduktion til polymere materialer og deres egenskaber. DEL IV er særligt målrettet læsere, som ikke har det store kendskab til polymere materialer, og som ønsker at udvide deres kendskab hertil.

DEL IV er opdelt i 3 kapitler, hvor kapitel 9 giver en generel introduktion til polymere materialer og deres egenskaber, kapitel 10 omhandler de mest anvendte basispolymere i form af datablade for de enkelte typer basispolymere, og kapitel 11 giver en generel introduktion til plastadditiver og andre hjælpestoffer. Indholdet er holdt på det generelle niveau i forsøget på at give et overblik over den store variation af egenskaber, som polymere materialer dækker over. Inden for hver type basispolymer findes der mange varianter. Egenskaberne for sådanne varianter må søges andetsteds i litteraturen eller hos de enkelte råvareleverandører mv.

DEL IV kan anvendes uafhængig af de øvrige kapitler og dele i manualen, f.eks. som opslagsværk eller evt. som undervisningsmateriale til brug for en første introduktion til polymere materialer.

Indhold

DEL IV: Introduktion og indhold.....	83
DEL IV: Kapitel 9 Polymere materialer og deres egenskaber.....	85
9.1 Polymere materialer.....	85
9.1.1 Polymerisation	86
9.1.2 Materiale kategorier og -bindinger	86
9.1.3 Struktur	87
9.1.4 Homo- og copolymere	88
9.1.5 Kædelængde, molekylvægt og viskositet	88
9.1.6 Polymeres egenskaber	89
9.1.7 Grundstoffer i polymere	93
9.2 Plast og energiforbrug	95
9.2.1 Energiforbrug ved forarbejdning	96
9.3 Plast og genanvendelse	97
9.3.1 Indsamling, sortering og oprensning	98
9.4 Plast og kemiske stoffer.....	101
DEL IV: Kapitel 10 Plastdatablade.....	105
10.1 Polyethylen, PE	107
10.2 Polypropylen, PP	109
10.3 Polyvinylchlorid, PVC.....	111
10.4 Polystyren, PS	113
10.5 ABS-plast (Acrylonitrilbutadienstyrenplast).....	115
10.6 Acrylplast, PMMA	117
10.7 Termoplastik polyester, PET og PBT.....	119
10.8 Polycarbonat, PC	121

10.9 Polyamid, PA6 og PA6.6 (Nylon 6 og Nylon 6.6).....	123
10.10 Acetalplast, POM.....	125
10.11 Biopolymere.....	127
10.12 Fluorplast (PTFE, PVDF, PCTFE, FEP).....	129
10.13 Polysulfon, PSU.....	131
10.14 Engineering plast (konstruktionsplast).....	133
10.15 Phenolplast, PF.....	135
10.16 Melaminplast, MF, og carbamidplast, UF.....	137
10.17 Umættet polyester, UP.....	139
10.18 Epoxy, EP.....	141
10.19 Polyurethan, PUR.....	143
10.20 Gummi.....	145
10.21 Termoplastiske elastomere, TPE.....	147
DEL IV: Kapitel 11 Additiver og andre hjælpestoffer	149
11.1 Generelt om additiver	149
11.2 Funktionsadditiver.....	150
11.2.1 Antioxidanter og UV-absorbere	150
11.2.2 Varmestabilisatorer.....	152
11.2.3 Blødgørere.....	153
11.2.4 Brandhæmmere.....	154
11.2.5 Pigmenter og farvestoffer	156
11.3 Proceshjælpe midler	158
11.3.1 Smøremidler	158
11.3.2 Slipmidler.....	159
11.4 Armerings- og fyldstoffer.....	159
11.4.1 Fibre.....	159
11.4.2 Fyldstoffer.....	161
Referencer (DEL IV).....	163

DEL IV: Kapitel 9

Polymere materialer og deres egenskaber

9.1 Polymere materialer

Polymere

En polymer er defineret som et stof, der har en høj molekylvægt (over 2000 g/mol) og består af gentagende enheder. Polymere er opbygget af monomere, der er de kemiske stoffer, der går sammen og danner polymeren.

Den gentagende enhed kaldes mesomeren. Polymerens kemiske formel skrives med mesomeren gengivet i en kantet parentes. Den kemiske formel for PVC kan f.eks. angives som følgende: $\cdots[\text{CH}_2\text{CHCl}]_n\cdots$ hvor n er et stort tal, der angiver antallet af mesomere i kæden. Polymere opbygges ofte som kædemolekyler.

Polymerisationsgrad

Polymerisationsgraden for en polymer angiver det antal gange mesomeren gentages i polymeren. I formler for polymere angiver indekset efter den kantede parentes polymerisationsgraden.

Der findes mange forskellige typer polymere, og de fleste af dem har flere anvendelser, f.eks. anvendes samme polymer (polyester) som plast til sodavandsflasker og som tekstilfiber. Polymere kan anvendes til plastprodukter, tekstilfibre, maling og lime mv.

Polymere/ plast

Begrebet polymer hentyder til det højmolekylære kemiske stof i sig selv, mens betegnelsen "plast" bruges om den tekniske anvendelse af en polymer tilsat forskellige additiver. Nogle plastprodukter består af næsten kemisk rene polymere, mens andre plastprodukter har et indhold af andre stoffer på mere end 50 %. I praksis er det svært at adskille begreberne polymer og plast fuldstændigt, og i dette materiale vil der heller ikke være en fuldstændig adskillelse mellem de to begreber.

Polymere inddeles i 3 hovedgrupper:

- Naturlige polymere
- Halvsyntetiske polymere og
- Syntetiske polymere.

De syntetiske polymere udgør den overvejende del af de i praksis anvendte plastprodukter og er, som navnet antyder, syntetisk fremstillede polymere.

9.1.1 Polymerisation

Polymerisation er den kemiske reaktion, hvorved monomere omdannes til polymere. Ved polymerisationsprocessen udvikles der varme, fordi der frigøres energi ved reaktionen (processen er exoterm).

De monomere, som benyttes i polymerisationsprocesser, er oftest fremstillet af råolie og naturgas samt chlor, nitrogen, fluor og svovl.

Ved polymerisation benyttes to forskellige metoder:

- Kædepolymerisation
- Trinvis polymerisation.

Polymerisationsprocessen er afgørende for hvilken type polymer man vil fremstille. Polymere med en -C-C- hovedkæde er som hovedregel kædepolymeriserede, og polymere med andre molekyler såsom nitrogen og ilt i hovedkæden er som hovedregel trinvis polymeriserede.

Bindinger

Polymere materialer er sammenbundet kemisk ved hjælp af covalente bindinger, der kan nedbrydes, når de f.eks. påvirkes af forskellige kemiske stoffer. Udover covalente bindinger er polymere materialer opbygget af sekundære bindinger. De sekundære bindinger holder de enkelte molekæder og er betydelig svagere end de covalente bindinger.

9.1.2 Materialekategorier og -bindinger

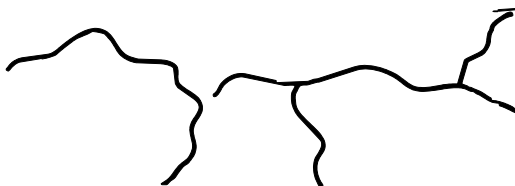
Plast kan opdeles i 3 grupper:

- Termoplast
- Hærdeplast
- Gummi og elastomere.

Termoplast

Termoplast er opbygget af kædemolekyler, der er lineære eller forgrenede.

Termoplastiske materialer er karakteristiske ved, at de kan smeltes og opløses. Ved opvarmning sker der en vis nedbrydning af kædemolekylet. Hvor meget nedbrydning, der sker ved opvarmningen, afhænger af opvarmningstiden og -temperaturen. Det kan man også lugte under forarbejdningsprocessen, da der ved nedbrydning frigives små molekyler.



Figur 9.1 Skitse af lineær og forgrenet termoplast.

Det, at et plast kan smeltes, betyder, at det i princippet let kan genanvendes ved omsmeltning. De plasttyper, der forarbejdes ved sprøjtstøbning, ekstrudering og termoformning, er termoplaste.

Hærdeplast

Hærdeplast er opbygget af kædemolekyler, der er bundet sammen med covalente bindinger i 3 dimensioner.



Figur 9.2 Skitse af hærdeplast.

Hærdeplast er ikke smeltbar, da der ved opvarmning i stedet sker en nedbrydning. Hvor høj temperatur, der skal opvarmes til, før der sker en væsentlig nedbrydning, afhænger af det enkelte materials kemiske opbygning.

Hærdeplastiske materialer er ikke opløselige, men kan påvirkes af kemikalier, så de nedbrydes.

Gummi/ elastomere

De meget stive og stærke plasttyper findes i gruppen af hærdeplast.

Elastomere er fælles betegnelse for polymere, der ved en lille kraftpåvirkning kan strækkes langt ud over deres egen længde og ved ophør af kraftpåvirkningen igen vender tilbage til deres egen størrelse.

Elastomere er opbygget af kædemolekyler, der er svagt tværbundne, det vil sige kædemolekyler, der er bundet sammen med få primære tværbindinger.

Bindingerne i elastomere kan gøres højelastiske ved reaktion med svovl. Dermed dannes gummi, som er kendetegnet ved sine højelastiske egenskaber.



Figur 9.3 Skitse af elastomer

9.1.3 Struktur

Polymere med en ordnet struktur kaldes krystallinske polymere, og polymere med en uordnet struktur kaldes amorf polymere.

Krystallinitet

Mange såvel naturlige som syntetiske polymere er i stand til at ordne sig i en krystallinsk struktur.

Alle polymere, der er i stand til at krystallisere, vil arbejde sig hen imod en krystallinsk struktur. Derved vil de ikke nødvendigvis være formstabile over lang tids brug.

Krystallinitet og graden af krystallinitet har betydning for plastmaterialernes egenskaber. I den krystallinske struktur er kædetætheden større end i den amorfe struktur. Det betyder, at jo større krystallinitetsgraden er, jo højere bliver materialets densitet. Termoplastiske polymere og elastomere kan have en vis grad af krystallinitet. Elastomere og gummier er lavkrystallinske. Hærdeplastiske materialer er altid amorfe.

Amorfe materialer Amorfe materialer er formstabile. Amorfe materialer kan være transparente, da der ikke er krystaller i dem, som hindrer lysets gennemtrængning. Nogle krystallinske materialer kan dog også blive transparente.

Polykarbonat (PC) og polymethylmethacrylat (PMMA eller plexiglas) er eksempler på amorfe plastmaterialer. Polyethylen (PE) og polyamid (PA eller nylon) er eksempler på delkrystallinske plasttyper. Polypropylen (PP) er et eksempel på et plastmateriale, der er krystallinsk, men som ved tilsætning af et additiv kan blive transparent.

9.1.4 Homo- og copolymere

Homopolymer En polymer, hvori alle de indgående gentagende enheder, dvs. mesomerene, er ens, kaldes en homopolymer.

Copolymer En polymer, hvori de indgående mesomere ikke alle er ens, kaldes en copolymer. En copolymer består oftest af to eller tre forskellige mesomere.

Copolymerisation er en almindelig anvendt metode til at ændre egenskabsprofilen af et plastmateriale.

ABS-plast er en copolymer med tre indgående mesomere. SAN-plast og SB-plast er copolymere med hver to indgående mesomere. Alle tre copolymere har polystyren (PS) som hovedkomponent.

9.1.5 Kædelængde, molekylvægt og viskositet

Når en mængde monomere blandes sammen og polymeriseres, får man en blanding af molekyler med forskellig kædelængde afhængig af betingelserne under processen.

Viskositet Jo højere molekylvægt et materiale har, des større kædelængde og des dårligere flydeegenskaber for materialet i smeltet eller opløst tilstand. Flydeegenskaberne kaldes også viskositeten, hvor en lav viskositet er udtryk for gode flydeegenskaber.

Molekylvægt

Molekylvægten har stor indflydelse på formgivningen af emner, idet den som nævnt influerer på materialets viskositet. Materialer med lav molekylvægt flyder lettere end materialer med høj molekylvægt. Derfor bliver det lettere at lave fine detaljer af materialer med lav molekylvægt end af materialer med høj molekylvægt.

Den rummelige udformning af et molekyle er også afgørende for et materiales viskositet. Et lineært materiale som PA har lavere viskositet (flyder lettere) end et forgrenet materiale som f.eks. PC.

Molekylvægten har betydning for polymerens egenskaber. Et materiale med høj molekylvægt har større styrke end et materiale med lav molekylvægt.

9.1.6 Polymeres egenskaber

Ved valg af polymer er det væsentligt at vide hvilke egenskaber, den pågældende polymer besidder. I det følgende defineres de forskellige materialeegenskaber såsom:

- Mekaniske egenskaber
- Termiske egenskaber
- Elektriske egenskaber
- Brandtekniske egenskaber
- Kemiske egenskaber.

Mekaniske egenskaber

Et materiales mekaniske egenskaber kan bestemmes ved, at en prøvestang af materialet spændes op i en trækprøvebænk og derefter belastes med stadig større kraft, indtil stangen brydes. Som følge af belastningen opstår der en spænding i materialet samtidig med at prøvestangen forlænges.

Spænding og tøjning

Den kraft der anvendes per fladeenhed (arealet af prøvestangen) benævnes spændingen. Ud fra forlængelsen beregnes tøjningen, der er den faktiske forlængelse divideret med den oprindelige længde. Ved trækprøvningen optegnes et spændings-tøjningsdiagram, hvoraf man kan aflæse den maksimale spænding, brudspændingen, tøjningen ved brud og materialets stivhed.

Elasticitetsmodul

Stivheden aflæses som materialets elasticitetsmodul (E-modul), der er hældningen af den rette linie, arbejdslinjen, i et spændings-tøjningsdiagram. Et stift materiale er karakteriseret ved at have et højt E-modul, mens et blødt materiale har et lavt E-modul.

Et materiale siges at være stærkt, når det har en stor maksimal styrke (spænding). Et materiale er fleksibelt, hvis det har et lille E-modul og en stor brudtøjning. Et materiale er hårdt, hvis der skal en stor kraft til at give en blivende indtrængning i materialet. Et materiale er sejt, hvis det har en stor tøjning.

<i>Trykstyrke</i>	Andre mekaniske egenskaber er trykstyrke, der måles ved en påvirke platen med et stadig stigende tryk.
<i>Krybning</i>	Krybning er et vigtigt - om end ofte uønsket - begreb for plastemner, da plast under belastning og specielt ved forhøjet temperatur kryber. Krybning er en deformation, en forlængelse, af materialet. Det er en tidsafhængig forlængelse, dvs. at krybningen først ses efter en vis tids påvirkning af belastningen. Krybningen er stærk temperaturafhængig og foregår hurtigere ved forøget temperatur.
<i>Gennemstikningskraft</i>	Gennemstikningskraft er en anden vigtig mekanisk egenskab for et plastmateriale. Gennemstikningskraften måles som den kraft, der skal anvendes, for at stikke en spids genstand (standardiseret måling) gennem et nærmere defineret plastmateriale.
<i>Termiske egenskaber</i>	Temperaturen har stor indflydelse på et plastmateriales mekaniske egenskaber, da styrke og stivhed falder med stigende temperatur, mens fleksibiliteten (sejheden og tøjningen) oftest forøges med stigende temperatur. Vigtige termiske egenskaber er: • Smeltetemperatur • Glasovergangstemperatur • Øverste og nederste anvendelsestemperaturer • Varmeudvidelseskoefficient.
<i>Smeltetemperaturen</i>	Smeltetemperaturen, T_m, defineres som den temperatur, hvor alle krystaller i et delkrystallinsk materiale er smeltede. T_m er absolut øverste anvendelsestemperatur for delkrystallinske plastmaterialer. Smeltepunktet for termoplastiske materialer kan ændres ved copolymerisation. Amorfe materialer har intet smeltepunkt.
<i>Glasovergangstemp.</i>	Glasovergangstemperaturen, T_g, er defineret som den temperatur, hvorunder al bevægelighed i molekyldene er ophørt. Glasovergangstemperaturen kan ændres ved tilsætning af additiver f.eks. blødgørere. For amorfe plastmaterialer er glasovergangstemperaturen øverste anvendelsestemperatur. For delkrystallinske plastmaterialer indikerer glasovergangstemperaturen ikke øverste anvendelsestemperatur. For visse gummityper og nogle delkrystallinske plasttyper er T_g nederste anvendelsestemperatur, idet nogle materialer f.eks. PE og PP bliver sprøde under glasovergangstemperaturen.
<i>Anvendelsestemp.</i>	Øverste og nederste anvendelsestemperatur angiver som navnene antyder den maksimale hhv. minimale temperatur, hvorved et plastmateriales mekaniske egenskaber er sådanne, at materialet kan anvendes. Øverste anvendelsestemperatur kan for nogle polymere ændres en del afhængig af det medie, som polymeren befinder sig i. For PC (polycarbonat) er øverste anvendelsestemperatur i luft f.eks. betydelig højere end den i vand.

	Nederste anvendelsestemperatur er den temperatur, hvorunder materialet er blevet sprødt.
<i>Varmeudvidelse-koef.</i>	Varmeudvidelsekoefficienten er høj for de fleste polymere materialer. Det skal der tages højde for ved formbygning og ved anvendelsen, specielt hvis det fremstillede produkt skal anvendes i forbindelse med andre materialer eller hvis det skal anvendes ved forhøjet temperatur. Varmeudvidelses-koefficienten for polymere er ofte en 10-faktor højere end for metaller.
<i>Kemiske egenskaber</i>	Kemiske egenskaber for polymere materialer dækker over mange fænomener. De kemiske egenskaber, der her vil blive nævnt kort, er: • Kemikaliepåvirkning • Opløselighed • Permeabilitet • Kemisk nedbrydning • Brandbarhed.
<i>Opløselighed</i>	Kemikaliepåvirkelighed og opløselighed for et polymert materiale afhænger af polymerens sekundære bindinger. Ved en opløsning trænger opløsningsmidlet ind mellem molekyllæderne og bringer derved de enkelte polymerkæder på opløst form. Det er kun termoplastiske materialer, der kan opløses. Gummier og hærdeplastiske materialer kan kvældes op (dvs. de kan optage et opløsningsmiddel i strukturen, hvorved materialets rumfang forøges) under påvirkning af opløsningsmidler. En tommelfingerregel for opløselighed siger, at polære stoffer kan opløses af polære opløsningsmidler, og at upolære stoffer kan opløses af upolære opløsningsmidler. Polymere, der udelukkende består af kulstof og hydrogen og derfor er helt upolære (f.eks. PE, PP og PS), kan således opløses af upolære opløsningsmidler som rensebenzin (hexan), benzin, cellulosefortynder og terpentin. PA (nylon), derimod, er polært, og påvirkes af polære stoffer som syrer og baser og optager vand i sin struktur.
<i>Permeabilitet</i>	Permeabilitet (gennemtrængelighed) af et polymert materiale er en vigtig egenskab, der hænger sammen med såvel polymerens som med den indtrængende stofs kemiske egenskaber. Hvis det indtrængende stof (gas) ligner polymeren, er der mulighed for permeabilitet for det pågældende stof. Permeabiliteten for en polymer afhænger ud over materialerne også af godstykkelsen. En del polymere anvendes som barriermaterialer for at hindre indtrængen af diverse kemiske stoffer. Polymeres barriereegenskaber anvendes især i emballagematerialer. PE og PP er gode vanddampbarrierer. PA er ligesom EVOH en god iltbarriere.
<i>Kemisk nedbrydning</i>	Kemisk nedbrydning er en ødelæggelse af materialet. Nedbrydningen er temperatur- og tidsafhængig.

Kemisk nedbrydning kan være spændingsrevnedannelse eller det kan være mere eller mindre opløsning/ opkvældning af polymeren.

Brandbarheden

Brandbarheden af plast afhænger af polymeren, de tilsatte tilsætningsstoffer og af emnets fysiske form. Forbrændingsprocessen er en oxidationsproces (en iltningsproces), og de fleste polymere brænder godt og afgiver en del energi ved forbrænding.

Ved forbrændingsprocessen reagerer luftens ilt med polymeren, og der udvikles altid vand og kuldioxid (carbondioxid). Afhængig af om der er flere grundstoffer til stede i polymeren udvikles andre forbindelser med ilt. Det kan være nitrogenholdige forbindelser, hvis polymeren indeholder nitrogen (f.eks. ABS-plast og nylon). Halogenholdige polymere, dvs. chlor- og fluorholdige polymere, brænder dårligere, fordi halogenerne virker brandhæmmende. Polymere tilsat brandhæmmere brænder ligeledes dårligt.

Den fysiske udformning af et emne har desuden stor indflydelse på materialets antændelsesmulighed og brandbarhed. Folier og film og andre emner med en stor overflade i forhold til volumen er mere brandbare end emner med lille overflade i forhold til emnets volumen.

Nogle plasttyper brænder ikke direkte, men smelter først. Derved kan der opstå en slags dryppeeffekt, hvor brændende dråber af plast spredes, og derved kan det pågældende materiale virke brandspredende.

Ældning

Ældning er en uønsket nedbrydning/ ændring af en polymer over en vis tid. Ældningshastigheden er temperaturafhængig. Ældningen kan være fysisk eller kemisk.

Fysisk ældning

Den fysiske ældning forårsages af langsom ændring i molekylkædernes orientering, idet kædemolekylerne vil forsøge at lægge sig på en måde, så de får en så krystallinsk struktur som muligt. Den fysiske ældning betyder, at emnet krymper eller slår sig.

Kemisk ældning

Den kemiske ældning kan bestå af mange forskellige faktorer og er ofte en kombination af varme, UV-stråling, iltpåvirkning og/ eller kemikaliepåvirkning. Mellem de forskellige påvirkninger kan der være en vis synergieffekt.

Den kemiske ældning kan foregå på flere måder. Ældningen kan ske som en nedbrydning af molekylkæden, hvorved plastens egenskaber ændres.

UV-påvirkning

UV-påvirkningen er af betydning for alle plastmaterialer, der skal anvendes udendørs eller som påvirkes af sollys indendørs. UV-påvirkning er ofte årsagen til at polymere gulner eller på anden måde får en farveændring.

Levetid

Det vil altid være interessant at kunne forudbestemme et materiales levetid under bestemte forudsætninger. Det er muligt at opstille forsøg, så en nogenlunde bestemmelse af levetiden kan forudsiges.

9.1.7 Grundstoffer i polymere

Som tidligere nævnt tidligere indeholder organiske polymere grundstofferne C (kulstof, carbon) og H (brint, hydrogen). Der kan også være andre grundstoffer, men generelt er polymere opbygget af et ret begrænset antal grundstoffer.

Polymerenes indhold af de forskellige grundstoffer er afgørende for deres egenskaber, herunder deres miljømæssige egenskaber.

Nogle af de indgående grundstoffer er tungere end C og H, hvorved de, selvom de kun indgår som få atomer i et molekyle, udgør en ret stor andel af polymerens samlede vægt.

De grundstoffer, der indgår i polymere, er:

- C - kulstof
- H - hydrogen
- O - ilt, oxygen
- N - nitrogen
- Cl - chlor, klor
- F - fluor
- S - svovl
- Si - silicium.

C, kulstof

C indgår helt eller delvist som hovedkæde i langt de fleste polymere. Sådanne forbindelser kaldes alifatiske forbindelser. En alifatisk del af en polymer vil udgøre et fleksibelt element. C kan også bygges sammen i ringformede forbindelser, herunder cycloalifatiske eller aromatiske forbindelser. Aromatiske forbindelser indeholder en ring med 6 C-atomer, som danner et meget stabilt og stift element.

PE og PP er alifatiske polymere med en fleksibel hovedkæde og disse plastmaterialer er således meget fleksible. PS har som sidegruppe til den alifatiske hovedkæde en aromatisk ring.

Den aromatiske sidegruppe er stiv og ufleksibel og stor i forhold til kæden. Derved bliver polymeren stiv i det. PET har en aromatisk ring i hovedkæden, hvorved materialet opnår en betydelig større styrke, end hvis det kun bestod af alifatiske elementer. PC har to aromatiske ringe tæt efter hinanden i hovedkæden og bliver derfor meget stiv i det.

H, hydrogen

H indgår som "sidegruppe" til C i de fleste polymere. H fylder meget lidt og er det letteste element, der kan bygges på et andet atom. H sammen med et O-atom udgør en alkoholgruppe eller en del af en syregruppe. I begge tilfælde opstår der polære forbindelser. H alene sammen med C danner kun upolære forbindelser.

Polymere med kun H som sidegrupper er upolære og har af samme årsag lav overfladespænding. PE er et sådant materiale.

O, ilt/ oxygen

O indgår i alle alkoholer, syrer, estere, amider, epoxyer, urethaner, ethere og flere andre organiske forbindelser.

En forbindelse med ilt giver en anden form for nedbrydelighed og kemisk påvirkelighed end en ren kulstofkæde gør.

Ved at O indgår i en forbindelse, bliver forbindelsen ofte polær og kan danne stærke sekundære bindinger over til andre kæder. Derved stiger polymerens smeltepunkt og dens styrke. Ved stigende indhold af polære grupper som amidgrupper stiger materialets vandoptag. PVOH, polyvinylalkohol, kan opløses i vand pga. det store indhold af polære alkoholgrupper.

N, nitrogen

N indgår i amider, nitrilforbindelser, melaminforbindelser og urethaner. N kan indgå i såvel hovedkæden som i sidegrupper. Nitrogen giver ligesom O mulighed for dannelse af polære grupper. Såvel polyamider som polyurethaner er polære stoffer med mulighed for vandoptag.

ABS-plast indeholder en acrylonitrilgruppe i den ene af de indgående monomere i copolymeren. Det betyder at ABS-plast kan optage vand i modsætning til PS, der næsten ikke har noget vandoptag. Polymere, der kan optage vand, indeholder som hovedregel O og/ eller N.

Halogener

Cl og F er begge halogener. Chlor og fluor indgår kun i sidegrupper på polymere materialer. Cl er sidegruppen i PVC, PVDC og neoprengummi. Cl-atomet er stort og tungt i forhold til et H-atom, hvorfor ca. 57 % af PVC's vægt udgøres af Cl.

Fluor er et ret lille og let atom sammenlignet med Cl. Bindingsenergien mellem C og F er stor, hvorfor molekylet bliver meget stabilt. På grund af det lette F-atom bevarer kæden sin fleksibilitet, og styrken af fluorpolymerene er derfor lav.

Halogenerne kan ikke brænde, hvorfor de halogenholdige polymere er naturligt brandhæmmende. Derimod vil de ved høje temperaturer smelte, og de brændende plastdråber kan i nogle tilfælde virke brandspredende.

Svovl

S indgår i hovedkæden i nogle polymere, såsom i polysulfoner og polyphenylensulfid. Desuden anvendes S og svovlholdige produkter som vulkaniseringsmiddel i gummier.

S i gummier kan give afsmag til levnedsmidler, hvorfor gummipakninger etc. til brug i forbindelse med levnedsmidler og drikkevand ikke laves med svovl.

Silicium

Si indgår sammen med O i siliconeforbindelser. Siliconegummier har en hovedkæde bestående af -O-Si-O-Si- forbindelser med C-forbindelser som sidegrupper.

9.2 Plast og energiforbrug

Energiforbrug i forbindelse med fremstilling af plastmaterialer og -produkter kan opdeles i 5 aktiviteter:

- Fremstilling af udgangsmonomere mv. fra gas og olie
- Polymerisationsprocesser
- Oprensning af det færdigpolymeriserede materiale for forureninger og oparbejdning af polymere til pulver, granulater eller resin
- Transport af (plast)materialer til fremstillings- og forarbejdningsprocesserne
- Forarbejdning af plastmaterialer til fremstilling af plastprodukter.

Af disse energiforbrugende aktiviteter er det særligt fremstillingen af plastråvarerne (fremstilling af monomere mv., polymerisationsprocesser og oprensning og oparbejdning af materialerne) samt forarbejdningen heraf, som er af størst betydning for materialernes energiforbrug.

Hvis plastmaterialerne/ -produkterne efter udtjent brug afbrændes under energigenvinding, hvilket er tilfældet i Danmark, vil en del af den kemisk bundne energi i plastmaterialerne kunne genvindes og kan således "godskrives" i det samlede energiregnskab for plastmaterialerne/-produkterne i hele deres livsforløb.

Monomere

Fremstilling og oparbejdning af monomere fra olie og gas forbruger typisk en del energi, men energiforbruget afhænger af hvilke monomere, der er tale om.

Polymerisation

Den energimængde, der forbruges ved polymerisationsprocesser, er meget forskellig og afhænger af, hvilken polymer der fremstilles, og hvordan processen foregår.

Polymerisationsprocesser er i de fleste tilfælde energiudviklende i stedet for energiforbrugende. Den producerede energi kan ikke i alle tilfælde bruges, men kan i visse processer anvendes gennem varmeveksling til opvarmning af råmaterialer f.eks. monomere og til opvarmning af opløsningsmidler.

Mange polymerisationsprocesser kan forløbe uden forbrug af energi til selve processen, men der skal bruges energi til opvarmning eller afkøling af råmaterialer og hjælpestoffer mv.

Oprensning og oparbejdning

Oprensningsprocesser for polymere til at fjerne overskydende monomere, katalysatorrester og hjælpestoffer mv. er energiforbrugende.

Oparbejdning af polymere til granulat er energiforbrugende, da den dannede polymer oftest enten er på pulverform eller som resin. Pulverformede materialer kan opsmeltes og ekstruderes ud til granulater. Resiner opløses i et opløsningsmiddel.

Transport

Transport betyder altid energiforbrug. Hvis polymeren f.eks. fremstilles i et fjernliggende land, vil der forbruges mere energi ved transport til den forarbejdende virksomhed, end hvis polymeren forarbejdes nær fremstillingsstedet.

Omvendt er plast et forholdsvis let materiale, så i forhold transport af så mange andre materialer, som f.eks. stål og træ, er energiforbrug til transport af polymere råmaterialer forholdsvis lavt.

Plastmaterialers fordelagtige styrke/ vægt forhold betyder også, at der kan spares megen energi ved at anvende plastmaterialer i produkter, der skal transporteres meget som f.eks. emballager og komponenter til transportsektoren mv.

Energiforbrug til transport er ikke inkluderet i data for plastmaterialers energiforbrug ved fremstilling, men bør ved analyse af hele energiforbruget under polymeres levetid indgå i det samlede forbrug. For de fleste plastmaterialers vedkommende vil energiforbruget til transport dog være uden betydning i forhold til energiforbruget til fremstilling af plastmaterialerne og til forarbejdningen.

9.2.1 Energiforbrug ved forarbejdning

Ved forarbejdningsprocesserne er energiforbruget meget forskelligt afhængig af, hvilket plastmateriale der forarbejdes og hvilken forarbejdningsproces, der benyttes.

Tørring

Nogle plastmaterialer behøver tørring før forarbejdning. Tørringsprocessen er energiforbrugende. I nogle processer foregår tørringen kontinuert i forbindelse med materialetilførsel til ekstruder, sprøjtestøber eller anden enhed. I andre processer tørres materialerne i en fortørrer. Energiforbruget ved tørring afhænger af muligt vandindhold i materialet. Materialer, der indeholder oxygen og/ eller nitrogen dvs. hydrofile grupper skal tørres før forarbejdning. Det drejer sig blandt andet om materialer som SAN-plast, ABS, PET, PBT, PA og PC.

Opsmeltnings

Termoplastiske materialer forarbejdes alle ved opsmeltning og formning ud fra smelten. Ved opsmeltningen er det især af betydning for energiforbruget ved hvilken temperatur, plasten er flydende. Energien, der skal anvendes til opsmeltning af plasten, tilføres processen, og dermed bliver plastforarbejdningsprocesser forholdsvis energiforbrugende.

Plastmaterialer er dårlige varmeledere, hvorfor det tager tid at få plasten gennemvarmet. Nogle materialer, f.eks. PVC, PE og PP, kan forarbejdes ved temperaturer mellem 170 og 220 °C, mens andre plasttyper, f.eks. PC og PET, kræver temperaturer omkring 300 °C for at kunne forarbejdes gennem opsmeltning. I databladene for de enkelte plasttyper er omtrentlige forarbejdningstemperaturer angivet (kapitel 10).

Nogle termoplastiske emner er færdigformede efter opsmeltning-processen. Det gælder for sprøjtestøbte, rotationsstøbte, blæsestøbte og visse ekstruderede emner.

Andre ekstruderede emner f.eks. plader skal oftest termoformes efter udekstrudering. Ved denne proces forbruges der igen energi. Her opvarmes plastpladen til en temperatur mellem glasovergangstemperaturen og smeltetemperaturen for omformning, og igen er det plastmaterialet, der er afgørende for temperaturen og dermed energiforbruget.

Hærdeplaster

Hærdeplastiske materialer forarbejdes ved andre processer end de termoplastiske materialer. De fleste hærdeplastiske processer udvikler varme, men der behøves typisk energi for at igangsætte reaktionen. I disse processer er det procestypen og de anvendte initiatorer, der er bestemmende for energiforbruget, idet procestemperaturen afgøres heraf. Den udviklede energi ved ophædningsprocessen opsamles ikke til genvinding.

9.3 Plast og genanvendelse

Ordet "genanvendelse" er en bred betegnelse som dækker alle former for genbrug og genvinding. I EU sammenhæng kan genanvendelse inddeles i følgende kategorier:

- Genbrug, dvs. produktet eller dele heraf (reservedele) genanvendes/ bruges direkte til det oprindelige formål
- Genvinding, der kan opdeles i:
 - Materialelegenvinding
 - Termisk genvinding dvs. afbrænding under energigenvinding
 - Kompostering for bionedbrydelige produkter.

Der findes flere former for materialelegenvinding af plastmaterialer:

- Mekanisk genvinding dvs. plastmaterialerne genanvendes direkte uden at ændre deres kemiske struktur. Materialelegenvinding kan forekomme uden kvalitetsforringelse (recycling) eller med kvalitetsforringelse (downcycling, specielt ved blandet plast)
- Kemisk genvinding dvs. hvor plastmaterialerne omdannes til monomere eller andre kemiske stoffer, og hvor de herved genvundne monomere og kemiske stoffer genanvendes til fremstilling af de oprindelige plastmaterialer
- Feedstock genvinding dvs. hvor plastmaterialerne omdannes til andre kemiske stoffer, og hvor de herved genvundne kemiske stoffer genanvendes til fremstilling af andre produkter end de oprindelige plastmaterialer.

Et eksempel på mekanisk genvinding af procesmaterialer er den, der sker på f.eks. sprøjtestøbevirksomheder, hvor indløb og kasserede emner kværnes til småstumper og genanvendes direkte i processen. Et andet eksempel er, når sodavandflasker af PET omsmeltes og genanvendes til fleece, eller når kapsler på sodavandsflasker omsmeltes og genanvendes til urtepotter. Mulighederne for genanvendelse er afhængig af hvilken type plast, man har med at gøre.

Typisk er det lettere at genanvende termoplaster end hærdeplaster, gummier og elastomere.

Termoplaster

Termoplaster kan omsmeltes, hvorefter plastmaterialet kan benyttes til fremstilling af nye plastprodukter. Dette gøres i vid udstrækning, når man kender oprindelsen og dermed sammensætningen af det omsmeltede plastmateriale f.eks. i forbindelse med eget proces-materiale. Der er begrænsninger for hvor meget genvundet plastmateriale, der kan tilsættes virgint plastmateriale, hvis den fremkomne plastblanding skal beholde sine egenskaber. Dette skyldes bl.a. at en del af additiverne nedbrydes eller afdamper under genopvarmningen.

Hærdeplast

For hærdeplaster, gummi og elastomere gælder, at materialerne ikke kan omsmeltes, hvilket begrænser mulighederne for materiale-genvinding. Mange af disse materialer kan dog materiale-genvindes, men det vil typisk være ved neddeling og efterfølgende tilsætning af det neddelte materiale som funktionelt fyld i nye produkter, eller ved neddeling og efterfølgende kemisk genvinding af det neddelte materiale.

For nogle hærdeplaster f.eks. polyurethan er materiale-genvinding dog forholdsvis udbredt, mens genvinding af f.eks. polyester- og epoxyplast er meget begrænset. Generelt gælder det dog, at genvinding af hærdeplaster er begrænset, og at det – udover de ”traditionelle” genanvendelsesproblemer i form af indsamling, sortering og oprensning og økonomi – i mange tilfælde også skyldes tekniske problemer.

9.3.1 Indsamling, sortering og oprensning

For alle typer plastmaterialer gælder det, at de største praktiske problemer ved mekanisk genvinding er forbundet med indsamling, sortering og oprensning af materialerne. Dette hænger sammen med, at der findes så mange forskellige typer plastmaterialer, som det er svært at se forskel på, og som det i mange tilfælde - også rent teknisk - kan være svært at adskille fra hinanden til en økonomisk overkommelig pris.

Desuden indeholder de forskellige plastmaterialer mange forskellige additiver og andre hjælpestoffer, og det kan derfor være svært at sige noget om sammensætningen og dermed egenskaberne for de genvundne plastmaterialer. Specielt når det drejer sig om plastmaterialer fra udtjente plastprodukter af ukendt oprindelse fremstår det genvundne plastmateriale ofte som en uensartet ”grå” blanding med meget begrænset anvendelsesmuligheder (andet end til downcycling).

Kendt oprindelse

Er det genvundne plastmateriale af kendt oprindelse og af ensartet kvalitet er behovet for sortering og oprensning begrænset, og det vil ofte kun være nødvendigt at gennemføre nogle få undersøgelser til at vurdere evt. behov for procesjusteringer for at sikre den nødvendige produktkvalitet. Således genvindes f.eks. egne procesmaterialer allerede i vid udstrækning i dag ved at materialet nedkværnes og omsmeltes.

*"Ukendt"
oprindelse*

Er der derimod tale om et genvundet plastmateriale af ukendt oprindelse f.eks. fra forskellige indsamlingsordninger, er det langt mere kompliceret at benytte materialet til fremstilling af nye kvalitetsprodukter.

Sammensætningen af det genvundne materiale kan være meget varierende, og materialet kan være forurenet med andre plastmaterialer, rester af ukendte additiver og hjælpestoffer samt andre forureninger mv.

I sådanne tilfælde er det nødvendigt at stille strenge krav til minimumskvaliteten af det genvundne plastmateriale og fortløbende sikre sig at materialet lever op til kravene. Den strenge kvalitetskontrol er typisk dyr og besværlig, hvilket selvsagt virker begrænsende for udbredelsen af genanvendelsen.

Uafhængig af kontrollen vil der altid være en vis risiko for produktions-stop, kvalitetsproblemer etc. i forbindelse hermed, og det kan derfor være svært at garantere "minimumskvalitet" for de endelige slutprodukter. Dette, kombineret med den relativt høje pris for genvundet plast i forhold til prisen for virgint materiale, fører til, at det som hovedregel ikke er økonomisk rentabelt at benytte genvundet plast fra ukendte eller eksterne kilder. I visse tilfælde kan plasten dog benyttes til "lavkvalitetsprodukter" med en begrænset efterspørgsel.

*Indsamlings-
ordninger*

Kvaliteten af genvundne plastmaterialer kan forbedres ved at forbedre indsamlingen, sorteringen og oprensningen af de genvundne materialer. Dette kan f.eks. gøres ved at oprette separate indsamlingsordninger for de enkelte plastmaterialer/-produkter (som f.eks. WUPPI-ordningen, der står for indsamling af byggematerialer af hård PVC i Danmark). Det vil dog næppe være hverken økonomisk eller miljømæssigt hensigtsmæssigt at oprette alt for mange af sådanne separate ordninger.

Mærkning

En anden måde at lette problemerne ved indsamling, sortering og oprensning af plastmaterialer på er at mærke sine plastprodukter/-komponenter med anerkendte identifikationssymboler, se tabel 9.1 og 9.2. Herved kan der første grovsortering af plastmaterialerne lettere gennemføres. Dette vil dog næppe løse alle problemerne med det varierende og ukendte indhold af diverse additiver og hjælpestoffer i plastmaterialerne, men det vil formentlig på sigt kunne gøre det fordelagtigt med f.eks. direkte aftagningsaftaler imellem forskellige virksomheder og affaldsaktører mv.

*Forbrænding under
energigenvinding*

Energigenvinding eller termisk genvinding foregår som forbrænding af udtjente plastmaterialer og- produkter under genvinding af energien til f.eks. opvarmning eller el-produktion.

Energigenvinding er fordelagtig, da mange plastmaterialer giver meget energi ved forbrænding. Især forbrænder de plastmaterialer, der kun indeholder C og H, under stor energiudvikling. Indeholder plastmaterialerne fyld- og/ eller armeringsstoffer som f.eks. glas, kalk eller andre lignende uorganiske stoffer, formindskes energiudviklingen, idet de uorganiske stoffer forbruger energi til opvarmning men frigør derimod ingen energi ved forbrænding.

I mange tilfælde er energigenvinding den foretrukne genanvendelsesform for udtjente plastmaterialer- og produkter, da man hermed undgår problemerne med sortering og oprensning. Desuden ender man hermed ikke op med store mængder af plastmaterialer i en dårlig kvalitet, som der ikke er efterspørgsel efter.

Ved forbrænding af levnedsmiddelemballager undgås rengøring af beskidte plastemner til genanvendelse, hvorved der spares energi, vand og rengøringsmidler til rengøring, og man undgår problemer med et dårligt arbejdsmiljø og hygiejniske smittefarer for de personer, der skal arbejde med at rengøre emnerne.

ISO Standard	Navn / Titel
ISO 11469	Plast – Generisk identifikation og mærkning af plastprodukter
ISO 1043-1	Plast – Symboler og forkortelser, Del 1: Rene polymerer
ISO 1043-2	Plast – Symboler og forkortelser, Del 2: Fyldstoffer og armeringsstoffer
ISO 1043-3	Plast – Symboler og forkortelser, Del 3: Blødgørere
ISO 1043-4	Plast – Symboler og forkortelser, Del 4: Brand-hæmmere
ISO 8604: 1988	Plast – Definitioner og symboler: Prepregs
ISO 1629-1	Gummi – Betegnelser, Del 1: Tør gummi og latex
ISO 1629-2	Gummi – betegnelser, Del 2: Termoplastiske elastomere

Tabel 9.1 ISO identifikationssymboler mv. for plastmaterialer.

Polymer Type	CEN Recommendation CEN WI 261 070	EU Commission Decision 97/129/EC	APME Position
Polyethylene Terephthalate	 01 PET	1 PET	 1 PET
High Density Polyethylene	 02 PE-HD	2 HDPE	 2 HDPE
Polyvinyl Chloride	 03 PVC	3 PVC	 3 PVC
Low density Polyethylene	 04 PE-LD	4 LDPE	 4 LDPE
Polypropylene	 05 PP	5 PP	 5 PP
Polystyrene	 06 PS	6 PS	 6 PS
Unallocated references	 07-20	7-19	 7-19

Tabel 9.2 Polymer identifikationssymboler for plastemballage.

9.4 Plast og kemiske stoffer

Plast består ligesom alt andet af kemiske stoffer, og derfor vil der ved produktion, forarbejdning, brug og bortskaffelse af plastmaterialer kunne emitteres kemiske stoffer. Selve plastmaterialerne dvs. polymerene vil ikke påvirke miljøet, da det er store molekyler, som ikke er reaktive. Derimod vil udvikling og emission af lette og ofte flygtige stoffer fra plasten, f.eks. restmonomere eller nedbrydningsprodukter, kunne have en miljømæssig betydning, idet sådanne lette stoffer kan være reaktive.

Om der udvikles og emitteres diverse stoffer fra plasten og/ eller de processer som plasten indgår i afhænger af:

- Polymeren inkl. restmonomere og forureninger i plastmaterialet
- Additiver i plastmaterialet
- Evt. opløsningsmidler i plastmaterialet
- Forarbejdningstemperaturen
- Forarbejdningsprocessen
- Brugen af plastemnet.

<i>Polymeren</i>	Polymeren har betydning for, hvilke stoffer der kan emitteres ved forarbejdning og brug. Rester af monomere og andre forureninger afhænger af monomertypen og af polymeroparbejdningen. Nogle monomere og forureninger er gasformige stoffer og vil let kunne fordampe fra råpolymeren, hvilket de ofte gør, før plastmaterialet transporteres til den plastforarbejdende virksomhed og/ eller forbrugeren. Andre plasttyper er fremstillet ud fra væsker eller opløste faste stoffer, der skal fjernes på anden vis fra råpolymeren. For levnedsmiddelgodkendte polymere materialer er der krav til maksimalt indhold af restmonomermængde og andre rester fra polymerisations-processerne. Ved forarbejdning og brug kan polymere materialer nedbrydes. Nedbrydningen, og hvilke kemiske stoffer der kan udvikles, afhænger af den enkelte polymer. I databladene over de enkelte plasttyper (kapitel 10) er angivet, hvilke typer af kemiske stoffer der kan forekomme under forarbejdning og senere brug af de polymere materialer.
<i>Additiver</i>	Additiver kan være mange forskellige kemiske stoffer. De fleste additiver tilsættes i små mængder, i mange tilfælde under 1 % (w/w). Nogle additiver er beregnede til at skulle nedbrydes under forarbejdningsprocessen og vil under forarbejdningen ende på produktets overflade, hvorfra de typisk vil fordampe. Der er regler for, hvilke additiver levnedsmiddelgodkendte plastmaterialer må indeholde.
<i>Opløsningsmidler</i>	Opløsningsmidler i plastmaterialer er i de fleste tilfælde blødgørere til plast eller opløsningsmidler, der skal forbruges eller fordampe under forarbejdningsprocessen. Til den sidste type af opløsningsmidler hører f.eks. styren i hærdeplastisk polyester. Styrenen vil under normale forhold være forbrugt og/ eller fordampet fra overfladen, før produktet sendes ud til kunden. Blødgørere tilsættes plastmaterialer for at nedsætte stivheden og øge fleksibiliteten. Blødgørere er forskellige kemiske stoffer afhængig af det plastmateriale, de skal tilsættes. De fleste blødgørere tilsættes PVC. Blandt dem er phthalaterne, sebacaterne og adipaterne. Især phthalaterne kan give miljømæssige problemer, idet visse phthalater er mistænkt for at have østrogenlignende virkninger. I kapitel 11 om additiver og andre hjælpestoffer kan der læses yderligere om blødgørere i plast.
<i>Forarbejdningstemp.</i>	Forarbejdningstemperaturen har betydning for nedbrydningen af plastmaterialet under forarbejdningen, hvorved der dannes små mængder af diverse nedbrydningsprodukter. Generelt er det sådan, at jo højere forarbejdningstemperaturen er, jo mere nedbrydes plastmaterialet og dermed jo flere nedbrydningsprodukter dannes. Kvaliteten af emnet forringes ved for en høj forarbejdningstemperatur, så plastproducenten har derfor en interesse i at holde forarbejdningstemperaturen så lav som mulig – dette sparer også på energien.

Forarbejdning

Forarbejdningsprocessen har betydning for udviklingen af lette, flygtige kemiske stoffer i plasten. Processer, hvor der sker en opvarmning, kan som nævnt forårsage frigivelse af diverse nedbrydningsprodukter i form af organiske aldehyder, syrer og ketoner mv. Disse nedbrydningsprodukter vil typisk fordampe fra emnets overflade under forarbejdningen, særlig hvis processen forløber ved høje temperaturer.

Under normale og kontrollerede produktionsforhold opnås ikke koncentrationer af sundhedsskadelig virkning, men det kan for nogle materialers vedkommende give en karakteristisk lugt af "plast". Nye plastemner kan således lugte af "plast", men lugten forsvinder hurtigt, når molekylerne fordampes.

Brug

Brugen af et plastprodukt har betydning for, om der vil afgives forskellige kemiske stoffer fra materialet. Det kan være additiver, blødgørere eller kemiske stoffer, der udvikles på grund af nedbrydning af materialet.

Når et plastemne kommer i forbindelse med andre kemiske stoffer, kan der evt. ske migration af additiver, monomerrester eller blødgørere fra plasten over i det stof, som plasten er i berøring af. Det kan ske, hvis f.eks. et additiv har større affinitet dvs. tiltrækning til det pågældende kemiske stof end til plastmaterialet. Koncentrationen af additivet eller af andre nedbrydningsrester og/eller forureninger har også betydning for risikoen for migration. Under normale brugssituationer vil migrationen dog ikke have sundhedsmæssig betydning.

Opløsningsmidler kan ligeledes forårsage frigivelse af kemiske stoffer fra plastmaterialet, ligesom visse typer opløsningsmidler kan trænge ind i plastmaterialet og evt. på et senere tidspunkt blive frigivet fra materialet.

Plastemner, der anvendes ved høje temperaturer, har større risiko for at afgive eller udvikle nedbrydningsprodukter end plastemner, der anvendes ved lave temperaturer, idet temperaturen har betydning for plastmateriale's nedbrydningshastighed.

Tiden har også betydning for udviklingen af nedbrydningsprodukter. Som nævnt kan nye produkter i kort tid efter fremstillingen "lugte" af de kemiske stoffer, der afdampes fra emnets overflade. På lignende vis kan ældre plastemner også udvikle og frigive nedbrydningsprodukter.

I plastdatabladene i kapitel 10 er visse typer normalt forekommende nedbrydningsprodukter angivet for de forskellige plastmaterialer.

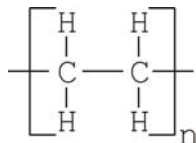
DEL IV: Kapitel 10

Plastdatablade

DEL IV: Kapitel 10 Plastdatablade.....	105
10.1 Polyethylen, PE	107
10.2 Polypropylen, PP	109
10.3 Polyvinylchlorid, PVC.....	111
10.4 Polystyren, PS	113
10.5 ABS-plast (Acrylonitrilbutadienstyrenplast).....	115
10.6 Acrylplast, PMMA	117
10.7 Termoplastik polyester, PET og PBT.....	119
10.8 Polycarbonat, PC.....	121
10.9 Polyamid, PA6 og PA6.6 (Nylon 6 og Nylon 6.6).....	123
10.10 Acetalplast, POM.....	125
10.11 Biopolymere.....	127
10.12 Fluorplast (PTFE, PVDF, PCTFE, FEP)	129
10.13 Polysulfon, PSU	131
10.14 Engineering plast (konstruktionsplast).....	133
10.15 Phenolplast, PF	135
10.16 Melaminplast, MF, og carbamidplast, UF	137
10.17 Umættet polyester, UP	139
10.18 Epoxy, EP	141
10.19 Polyurethan, PUR.....	143
10.20 Gummi	145
10.21 Termoplastiske elastomere, TPE.....	147

10.1 Polyethylen, PE

Strukturformel:



PE forekommer i to hovedvariationer, nemlig LDPE (Low Density PolyEthylen) og HDPE (High Density PolyEthylen). PE forekommer også i andre variationer f.eks. MDPE (Medium Density PolyEthylen), Lineær Low Density PolyEthylen (LLDPE) og UHMWPE (Ultra High Molecular Weight PolyEthylen). Den sidst tilkomne variation af PE-typerne er de såkaldte metallocene polythylener, som ofte bruges i blandinger med andre PE-typer.

PE er et kædepolymeriseret materiale. HDPE er polymeriseret, så den består af lineære molekyll kæder og har en høj densitet. HDPE fås med meget høj molekyelvægt og kaldes så UHMWPE. Denne forarbejdes udelukkende ved mekanisk bearbejdning. LDPE er polymeriseret, så den er forgrenet og får dermed en lav molekyelvægt.

PE er delkrystallinsk termoplast. HDPE er op til 90 % krystallinsk. LDPE er 50 - 60 % krystallinsk. Krystalliniteten afhænger af forarbejdningsparametrene.

Egenskaber:

Generelt gælder, at jo lavere vægtfylde jo mere blød og fleksibel er PE'en (f.eks. LDPE til fryseposer). Omvendt, jo højere vægtfylde jo mere "robust" og ikke-bøjelig er PE'en (f.eks. HDPE til rør). Ofte blandes de forskellige PE-typer med hinanden (f.eks. blandinger af LDPE, HDPE og LLDPE) for at opnå præcis de egenskaber, som man søger efter til en specifik anvendelse.

PE er hvide til farveløse. Ved meget tynde godstykker (poser) kan man se gennem materialet. Dette fænomen kaldes kontakt-transperens.
PE kan indfarves i næsten alle farver.
PE er permeabel for oxygen, CO₂ og aromastoffer.
PE har lav permeabilitet for vanddamp.

Egenskaber for HDPE:

T_g ca. -120 °C.

T_m ca. 135 °C.

Forarbejdningstemperatur v. sprøjtestøbning og ekstrudering ca. 180 °C.

Densitet: 0,95 - 0,97 g/cm³.

Fordele:

PE kan forarbejdes ved sprøjtestøbning, ekstrudering, blæsestøbning, rotationsstøbning og termoformning.
PE kan svejdes.
PE kan anvendes i forbindelse med levnedsmidler.
PE er resistent overfor syrer og baser og mange organiske opløsningsmidler.

PE har en god slagsejhed.
De mekaniske egenskaber kan varieres med molekyelvægten og polymerisationsmetoden.
PE er fleksibelt
PE absorberer kun lidt vand.
PE er elektrisk isolerende.
PE er billig.

Egenskaber for LDPE:

T_g ca. -120 °C.

T_m ca. 115 °C.

Forarbejdningstemperatur v. sprøjtestøbning og ekstrudering ca. 200 °C.

Densitet: 0,91 - 0,94 g/cm³.

Begrænsninger:

PE's mekaniske egenskaber (styrke og stivhed) er ikke så høje.

PE har en høj varmeudvidelseskoefficient.
PE har lavt smeltepunkt.

PE har en lav overfladespænding og kan derfor kun påtrykkes tekst og limes efter behandling af overfladen.

PE kryber forholdsvis meget ved belastning.
De mekaniske egenskaber er temperaturafhængige.

PE brænder godt og hurtigt.

PE kan copolymeriseres med andre stoffer, hvorved egenskaberne kan forbedres.

Eksempler på copolymeriserede PE'er er ionomer, hvor PE er copolymeriseret med acrylonitril for at opnå bedre barriere over for oxygen.

PE kan tilsættes additiver, hvorved egenskaberne kan forbedres.

En type PE kan tværbindes til PEX (f.eks. elektriskerrør).

Anvendelsesområder:

PE er det mest anvendte plastmateriale i verden (i ton) og hører til de billigste og mest alsidige typer af plastmaterialer.

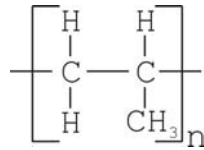
PE anvendes bl.a. til emballagemateriale (fryseposer, film), affaldsposer, kasser (mælkekasser, ølkasser), rør, benzintanke, legetøj, husholdningsartikler og mange andre ting. PE kan lamineres med andre materialer til flerlagsfolier.

Miljøoplysninger om polyethylen

		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	PE	Energiforbrug til fremstilling er 82,0 MJ/kg PE		
	Additiver	Afhængig af typen	Der anvendes kun få additiver til PE	Katalysatorrester kan forekomme
Forarbejdning	Processer	Forarbejdes ved temperaturer omkring 180 – 200 °C.		
	Arbejds miljø	Der kan ved overophedning udvikles forskellige gasser såsom formaldehyd, acetaldehyd og flere organiske syrer såsom eddikesyre og myresyre.	Risiko for overophedning er ringe. Ved normal forarbejdning vil der kun i ringe grad udvikles nogen af de nævnte stoffer	Der udvikles flygtige gasser i mængder under de hygiejniske grænseværdier.
Brug	Miljø		PE giver ingen problemer ved normal brug.	
	Sundhed	PE kan levnedsmiddelgodkendes.	PE anvendes meget i forbindelse med levnedsmidler.	
Bortskaffelse	Afbrænding	Der indvindes 42,3 MJ/kg PE ved fuldtændig forbrænding. Der udvikles ca. 2000 g CO ₂ / kg PE, der forbrændes	PE forbrænder til CO ₂ og vand.	
	Genanvendelse		PE kan materialegenvindes	

10.2 Polypropylen, PP

Strukturformel:



PP er et delkrystallinsk termoplast.

Egenskaber:

T_g ca. $-10\text{ }^\circ\text{C}$.

T_m er ca. $165\text{ }^\circ\text{C}$.

Forarbejdningstemperatur v. sprøjtestøbning og ekstrudering ca. $200 - 300\text{ }^\circ\text{C}$.

Densitet: $0,90\text{ g/cm}^3$.

PP er hvid til farveløs men kan også fås i transparent udgave.

PP kan indfarves i alle farver.

PP har en høj oxygenpermeabilitet og høj permeabilitet overfor aromastoffer (dog lavere end PE)

PP har lav permeabilitet for vanddamp.

Fordele:

PP kan forarbejdes ved sprøjtestøbning, ekstrudering, blæsestøbning, rotationsstøbning og termoformning.

PP kan svejdes.

PP kan anvendes i forbindelse med levnedsmidler.

PP er resistent overfor syrer og baser samt overfor de organiske forbindelser.

PP har sammenlignet med PEH gode mekaniske egenskaber.

PP kan armeres med glas og andre armeringsmaterialer.

PP er elektrisk isolerende.

PP er billig.

Begrænsninger:

PP er følsom over for UV-nedbrydning. PP bliver sprød ved frostgrader.

PP angribes af varme oxiderende syrer.

PP har en lav overfladespænding, der gør den svær at lime.

PP kan ikke påtrykkes tekst eller lignende uden forudgående overfladebehandling.

PP findes som homopolymer og som copolymer. Copolymerene har ofte lavere anvendelsestemperaturer end homopolymerne.

PP er oftest isotaktisk, men fremstilles nu også i en syndiotaktisk form.

Anvendelsesområder:

PP anvendes til levnedsmiddelemballage af enhver art, til teknisk plast såsom instrumentpaneler, rat, kabinetter, dørgreb etc.

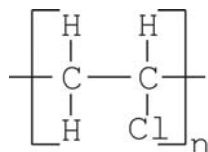
PP kan lamineres med andre materialer til flerlagsfolier.

Miljøoplysninger om polypropylen

		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	PP	80,0 MJ/kg PP.		
	Additiver		Der anvendes næsten altid antioxidant til PP.	Katalysatorrester kan forekomme.
Forarbejdning	Processer	Forarbejdes ved temperaturer omkring 200 – 300 °C.		
	Arbejds miljø	Der kan ved overophedning og brand udvikles forskellige stoffer såsom formaldehyd, acetaldehyd samt flere syrer og ketoner.	Risiko for overophedning er ringe, men kan ske, da PP ofte forarbejdes ved høje temperaturer. Ved normal forarbejdning vil der kun i ringe grad udvikles nogen af de nævnte stoffer.	Der udvikles flygtige gasser i mængder under de hygiejniske grænseværdier. Forarbejdningen kan lugtes.
Brug	Miljø		PP giver ingen problemer ved normal brug.	
	Sundhed	PP kan levnedsmiddelgodkendes og kan FDA godkendes.		
Bortskaffelse	Afbrænding	Der indvindes 43,5 MJ/kg PP ved fuldstændig forbrænding. Der udvikles ca. 3000 g CO ₂ /kg PP, der forbrændes.	PP forbrænder til CO ₂ og vand ved fuldstændig forbrænding.	
	Genanvendelse		PP kan materiale-genvindes.	

10.3 Polyvinylchlorid, PVC

Strukturformel:



PVC forekommer i to variationer, nemlig blød PVC og hård PVC.

PVC er et kædepolymeriseret materiale.

PVC er amorf termoplast.

Blød PVC er tilsat blødgørere, som er et opløsningsmiddel, der gør materialet blød og fleksibelt.

Hård PVC er ofte copolymeriseret med andre stoffer for at opnå gode egenskaber.

Egenskaber for blød PVC:

T_g afhænger mængden af blødgørere.

Forarbejdningstemperatur ved sprøjtestøbning og ekstrudering ca. 170 °C.

Densitet: 1,16 - 1,35 g/cm³.

Egenskaber for hård PVC:

T_g ca. 80 °C.

Forarbejdningstemperatur ved sprøjtestøbning og ekstrudering ca. 180 °C.

Densitet: 1,38 - 1,55 g/cm³.

PVC kan være transparente (gennemsigtige) eller mælkehvide.

PVC kan indfarves i alle farver.

PVC hører til blandt de billigste typer af plastmaterialer.

PVC har gode barriereegenskaber overfor vanddamp, oxygen, CO₂ og aromastoffer.

Fordele:

PVC kan forarbejdes ved sprøjtestøbning, ekstrudering, blæsestøbning, rotationsstøbning, termoformning og dypning (handsker).

PVC kan limes.

PVC kan let svejses.

PVC er resistent overfor syrer og baser og mange organiske opløsningsmidler

Blød PVC har en god slagsejhed

Hård PVC har stor styrke og stivhed.

Hård PVC er dimensionsstabil

Blød PVC er fleksibelt

De mekaniske egenskaber kan varieres med mængden og arten af blødgørere eller copolymeriseringsmiddel.

PVC absorberer kun lidt vand.

PVC er elektrisk isolerende.

PVC er brandhæmmende.

PVC er billigt.

Begrænsninger:

PVC indeholder chlor, der afgives som saltsyre ved forbrænding.

Blød PVC kan indeholde uønskede phthalater.

PVC er ikke særlig varmefast og bliver derfor blød ved høje temperaturer.

Blød PVC bliver hård og sprød i kulde.

PVC har en høj densitet sammenlignet med andre plasttyper

PVC angribes af ketoner, chlorerede opløsningsmidler og aromatiske kulbrinter samt en række andre organiske opløsningsmidler, men er derudover meget kemikaliebestandigt.

PVC er altid tilsat additiver bl.a. varmestabilisatorer.

PVC kan opskummes.

Anvendelsesområder:

Blød PVC anvendes til kabelisolering, slanger, læderimitation, legetøj (begrænsninger i brug af blødgørere), folie, gulvbelægningsmateriale (vinylgulve), tapet, vægbeklædning og medicinsk udstyr.

Hård PVC anvendes til rør, tagrender, vinduesprofiler, opskummet isoleringsmateriale, beslag, flasker, legetøj.

Miljøoplysninger om polyvinylchlorid

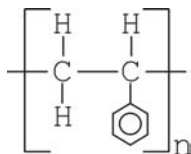
		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	Polyvinylchlorid, PVC	Energiforbrug ved fremstilling af PVC er 66,8 MJ/kg PVC. PVC indeholder 57 % chlor (w/w).	PVC er typisk mindre energi-krævende at fremstille end andre plastmaterialer.	Der anvendes monomeren vinylchlorid til fremstilling af PVC. Vinylchlorid er kræftfremkaldende men forefindes kun i lukkede anlæg.
	Additiver	Der anvendes mange forskellige additiver i PVC, herunder blødgørere f.eks. phthalater i blød PVC.		Miljøproblematiske additiver kan forekomme som blødgørere og som forarbejdningsadditiver.
Forarbejdning	Processer	Forarbejdes ved temperaturer omkring 160- 80 °C.		
	Arbejds miljø	Der kan ved overophedning udvikles forskellige gasser, såsom HCl og chlorerede organiske forbindelser.	Ved overholdelse af gældende regler for forarbejdning af PVC vil der kun i ringe grad udvikles nogen af de nævnte stoffer.	Der udvikles flygtige gasser i mængder under de hygiejniske grænseværdier.
Brug	Miljø			Blød PVC kan indeholde visse uønskede phthalater. Blødgørere som f.eks. DEHP og andre phthalater kan migrere fra blød PVC.
	Sundhed	PVC kan levnedsmiddelgodkendes.	PVC anvendes meget i medicinske artikler.	
Bortskaffelse	Afbrænding	Der indvindes 17,8 MJ/kg PVC ved afbrænding.	PVC udvikler mindre fossilt CO ₂ end traditionelt brændsel.	PVC udvikler HCl ved forbrænding. Der kan udvikles dioxiner ved afbrænding af chlorholdigt materiale. Tungmetalholdige restprodukter kan forekomme efter forbrænding.
	Genanvendelse		PVC kan genvindes, både direkte og kemisk. Ved kemisk genvinding kan PVC bl.a. omdannes til sine udgangsstoffer og andre anvendelige kemikalier.	Tungmetalholdige additiver kan forekomme i ældre og udenlandske PVC-produkter.

Supplerende miljøoplysninger:

Vinylchlorid anses for at være giftig og kræftfremkaldende iht. EU's liste over farlige stoffer
DEHP og andre phthalater står på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer.

10.4 Polystyren, PS

Strukturformel:



PS er et amorft termoplast.

Egenskaber:

T_g ca. 95 °C

Forarbejdningstemperatur v. sprøjtestøbning og ekstrudering ca. 220 - 240°C

Densitet: 1,05 g/cm³

PS er transparent og kan indfarves i alle farver.

Lysgennemtrængelighed for PS er 87 – 92 %

PS har en høj oxygenpermeabilitet og høj permeabilitet overfor aromastoffer

PS har lav permeabilitet for vanddamp, men højere end PE og PVC).

Fordele:

PS kan forarbejdes ved sprøjtestøbning, ekstrudering, blæsestøbning, rotationsstøbning og termoformning.

PS kan limes og svejdes.

PS kan anvendes i forbindelse med levnedsmidler.

Visse typer PS er resistente overfor syrer, baser, salte og vand og visse organiske forbindelser.

PS har gode mekaniske egenskaber.

PS er hårdt og stift.

PS er elektrisk isolerende.

PS kan levnedsmiddelgodkendes.

PS er billigt.

Begrænsninger:

PS er følsom over for UV-nedbrydning og gulner let ved udendørs brug.

Visse typer PS angribes af olier og mange organiske opløsningsmidler.

Visse typer PS er følsomme overfor spændingsrevnedannelse.

PS er sprødt og har derfor lav slagsejhed.

PS (også kaldet GPPS) copolymeriseres med mange stoffer. Copolymere med PS er SB-plast (også kaldet HIPS), SAN-plast og ABS-plast (se denne).

Polystyren copolymeriseres med butadien til SB-plast for at opnå bedre slagsejhed, og med acrylonitril til SAN-plast for at opnå bedre varmemestabilitet og kemikaliebestandighed samt få en mere glansfyldt overflade.

PS iblandes op til 50 % SB for at opnå bedre stivhed.

PS kan ekspanderes til EPS, der blandt andet sælges under handelsnavnet Flamingo.

Anvendelsesområder:

PS anvendes til levnedsmiddelemballage, linealer og engangsglas osv.

SB anvendes til emballage og slagfaste emner f.eks. kabinetter i køleskabe og tekniske artikler.

SAN-plast anvendes, hvor overfladefinish, transparens, kemikaliebestandighed og glans er væsentlige indenfor PS's anvendelsesområde f.eks. til klart køkkenudstyr, der kan tåle opvaskemaskine.

EPS anvendes til termokasser, emballage og isoleringsmateriale.

Miljøoplysninger polystyren

		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	Polystyren, PS	101,4 MJ/kg PS.		Ved fremstilling af PS anvendes monomeren styren, som anses for at være kræftfremkaldende iht. Arbejdstilsynet. Desuden anvendes benzoylperoxid.
	Additiver	Afhængig af typen.	Der anvendes ofte UV-absorbere til PS, hvis emnet skal anvendes uden-dørs.	
Forarbejdning	Processer	Forarbejdes ved temperaturer omkring 220 - 240°C.		
	Arbejdsmiljø	Der kan ved overophedning og brand udvikles forskellige gasser såsom styren, styrenoxid og ethylbenzen.	Risiko for overophedning er ringe, men kan ske, da PS ofte forarbejdes ved høje temperaturer. Ved normal forarbejdning vil der kun i ringe grad udvikles nogen af de nævnte stoffer.	Der udvikles flygtige gasser som f.eks. styren i mængder under de hygiejniske grænseværdier. Forarbejdningen kan lugtes.
Brug	Miljø		PS, SAN, EPS og SB giver ingen problemer ved normal brug.	
	Sundhed	PS og andre styrenholdige plasttyper kan levnedsmiddel-godkendes og FDA-godkendes.		
Bortskaffelse	Afbrænding		PS forbrænder til CO ₂ og vanddamp ved fuldstændig forbrænding.	
	Genanvendelse		PS kan materiale-genvindes.	

Supplerende miljøinformation:

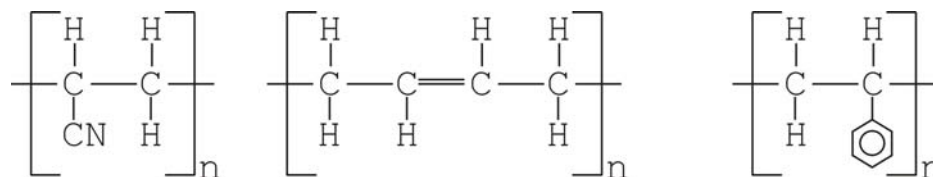
Styren anses for at være kræftfremkaldende iht. Arbejdstilsynet.

Styrenoxid anses for at være kræftfremkaldende og er klassificeret som giftigt iht. EU's liste over farlige stoffer.

Benzoylperoxid står på Miljøstyrelsens effektliste.

10.5 ABS-plast (Acrylonitrilbutadienstyrenplast)

Strukturformel:



ABS-plast er en copolymer af de ovennævnte stoffer.

ABS-plast er et amorf termoplast.

Egenskaber:

T_g ca. 105° C

Forarbejdningstemperatur v. sprøjtestøbning og ekstrudering ca. 230 -240°C.

Densitet: 1,05 g/cm³.

ABS-plast er et hvidt/gulligt materiale.

ABS-plast kan indfarves i alle farver.

Fordele:

ABS-plast-plast kan forarbejdes ved sprøjtestøbning, ekstrudering, blæsestøbning, rotationsstøbning og termoformning.

ABS-plast har en flot overfladefinish.

ABS-plast kan limes og svejdes.

Visse typer ABS-plast kan anvendes i forbindelse med levnedsmidler.

ABS-plast er resistent overfor baser, vand, salte og nogle organiske opløsningsmidler.

ABS-plast har gode mekaniske egenskaber.

ABS-plast er slagfast.

ABS-plast er dimensionsstabilt.

ABS-plast er elektrisk isolerende.

ABS-plast har en relativ lav pris.

Begrænsninger:

ABS-plast gulner under påvirkning af sollys.

ABS-plasts mekaniske egenskaber nedsættes ved påvirkning af sollys.

ABS-plast angribes af mange organiske opløsningsmidler.

ABS-plast optager fugt og skal fortørres.

ABS-plast blandes med PC (f.eks. Bay-blend) til en polymerlegering, hvorved flere egenskaber kan forbedres.

ABS-plast kan metalliseres.

Anvendelsesområder:

ABS-plast anvendes til legetøj (f.eks. LEGO-klodser), til kabinetter i blandt andet køleskabe og frysebokse, til mobiltelefoner, til kufferter, til armaturer til vandforsyning samt indenfor automobilindustrien. Over halvdelen af det samlede forbrug af ABS-plast anvendes således til paneler og komponenter mv. inden for automobilindustrien.

Miljøoplysninger om ABS

		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	ABS-plast	84,0 MJ/kg ABS-plast		Der anvendes styren, acrylonitril og butadien ved fremstillingen af ABS. Styren anses for at være kræftfremkaldende iht. Arbejdstilsynet. Acrylonitril og butadien anses for at være kræftfremkaldende iht. EU's liste over farlige stoffer.
	Additiver	Der anvendes UV-stabilisatorer til ABS-plast, hvor UV-bestandigheden er væsentlig.		Katalysatorrester kan forekomme.
Forarbejdning	Processer	Forarbejdes ved temperaturer omkring 230 – 240 °C		
	Arbejds miljø	Der kan ved overophedning og brand udvikles forskellige dampe såsom styren, acrylonitril og andre organiske stoffer.	Risiko for overophedning er ringe. Ved normal forarbejdning vil der kun i ringe grad udvikles nogen af de nævnte stoffer.	Der udvikles flygtige gasser i mængder under de hygiejniske grænseværdier. Forarbejdningen kan lugtes.
Brug	Miljø		ABS-plast giver ingen problemer ved normal brug.	
	Sundhed	ABS-plast kan levnedsmiddelgodkendes.		
Bortskaffelse	Afbrænding	Der udvindes 37,0 MJ/kg ved afbrænding af ABS-plast.		ABS-plast indeholder nitril bundet som en cyanid-forbindelse, hvorfor der ved forbrænding med for ringe ilttilførsel kan udvikles cyanbrinte.
	Genanvendelse		ABS-plast kan genvindes.	

Supplerende miljøinformation:

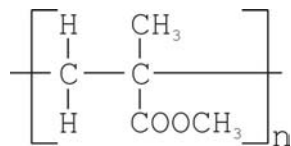
Styren anses for at være kræftfremkaldende iht. Arbejdstilsynet

Butadien anses for at være kræftfremkaldende og giftig iht. EU's liste over farlige stoffer

Acrylonitril anses for at være kræftfremkaldende iht. EU's liste over farlige stoffer.

10.6 Acrylplast, PMMA

Strukturformel:



PMMA er et amorft termoplast.

Egenskaber:

T_g ca. 105°C

Forarbejdningstemperatur v. sprøjtestøbning og ekstrudering ca. 260°C

Densitet: 1,18 g/cm³

PMMA er transparente med en transmissionsevne på 92%.

PMMA kan indfarves i alle farver.

Fordele:

PMMA kan forarbejdes ved sprøjtestøbning, ekstrudering, blæsestøbning, rotationsstøbning og termoformning.

PMMA har høj overfladeglans.

PMMA kan limes og svejses.

PMMA kan anvendes i forbindelse med levnedsmidler.

PMMA er resistent overfor fortyndede syrer, alkaliske opløsninger, animalske og vegetabiliske fedtstoffer og olier.

PMMA er dimensionsstabil.

PMMA har god udendørsbestandighed.

PMMA er elektrisk isolerende.

PMMA kan støbes fra monomeren til spændingsfrie plader og færdige emner.

Begrænsninger:

PMMA angribes af stærke syrer, alkoholer, acetone, syreanhydrider, chlorholdige organiske opløsningsmidler og mange andre organiske opløsningsmidler.

PMMA kan være svær at forarbejde på grund af høj molekylvægt.

PMMA er et sprødt materiale og bør derfor ikke anvendes til mekanisk belastede konstruktioner.

Akrylplast, PMMA, kaldes ofte for plexiglas, der er et handelsnavn for det.

Anvendelsesområder:

PMMA anvendes til tv-skærme, ovenlysruder, lampeglasser, urglas, badekar, vaskekummer, spa-badekar, billygter og andre steder, hvor transparens og udendørsbestandighed er ønskelige.

I den optiske og medicinske industri til brilleglas, linser og diagnostiseringsudstyr.

PMMA kan lamineres med andre materialer til flerslagsfolier.

Miljøoplysninger om acrylplast

		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	Akrylplast, PMMA			Svovlsyre anvendes som katalysator.
	Additiver		Der anvendes kun få additiver til PMMA, idet PMMA er UV-beständig i sig selv.	Katalysatorrester kan forekomme.
Forarbejdning	Processer	Forarbejdes ved temperaturer omkring 140 -280 °C. Termoformning sker ved de laveste temperaturer og sprøjtestøbning/ekstrudering ved de højeste temperaturer.		
	Arbejds miljø	Der kan ved overophedning og brand udvikles methylnmethacrylat og CO. Der kan udvikles monomere (bl.a. methylnmethacrylat) ved opvarmning.	Risiko for overophedning er ringe. Ved normal forarbejdning vil der kun i ringe grad udvikles nogen af de nævnte stoffer.	Der afgives flygtige gasser i små mængder under de hygiejniske grænseværdier. Methylnmethacrylat optages gennem huden. Forarbejdningen kan lugtes.
Brug	Miljø		PMMA giver ingen problemer ved normal brug.	
	Sundhed	PMMA kan levnedsmiddel-godkendes.		
Bortskaffelse	Afbrænding		PMMA forbrænder til CO ₂ og vand ved fuldstændig forbrænding.	
	Genanvendelse		PMMA kan genvindes.	

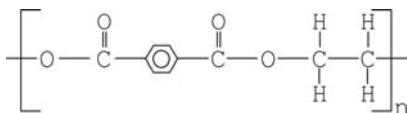
Supplerende miljøoplysninger:

Methylnmethachrylat står på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer.

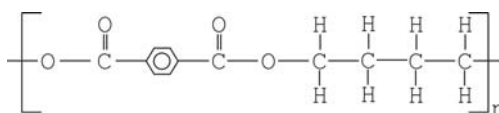
10.7 Termoplastisk polyester, PET og PBT

Strukturformel:

PET er polyethylenterephthalat



PBT er polybutylenterephthalat



PET og PBT er delkrystallinske termoplast. PET kan afkøles, så den forbliver amorph og fremstår transparent, men der findes en amorf PET (PETG eller PETA), der ikke kan udkrystallisere. PET og PBT benyttes meget som glasfiberforstærket.

Egenskaber:

PET og PBT ligner hinanden en del i egenskaber. Dog er PET stivere og stærkere end PBT. PET har både højere og lavere anvendelsestemperaturer end PBT.

Smeltetemperaturen er 260 °C for PET og 225 °C for PBT.

Glasovergangstemperaturen er ca. 70 °C for PET og ca. 40 °C for PBT.

Forarbejdningstemperaturer v. sprøjtestøbning og ekstrudering ca. 300 °C for PET og ca. 260 °C for PBT.

Densitet i uforstærket form: 1,37 g/cm³ for PET og 1,31 g/cm³ for PBT.

PET og PBT er mælkehvide materialer, der nemt kan indfarves.

Fordele:

PET og PBT kan forarbejdes ved sprøjtestøbning, ekstrudering, blæsestøbning, rotationsstøbning og termoformning.

PET og PBT har stor stivhed og hårdhed. PET og PBT kan anvendes ved forhøjede temperaturer og kan anvendes ved temperaturer under frysepunktet.

PET og PBT er resistente over for de fleste kemiske stoffer ved stuetemperatur. PET og PBT kan levnedsmiddelgodkendes.

PET og PBT er resistente mod UV-stråling. PET og PBT er gode til udendørsbrug.

PET og PBT har lavt vandoptag. PET og PBT har lave friktionskoefficienter og slid. PET og PBT har god elektrisk isoleringsevne, der bevares ved høj temperatur og høj luftfugtighed.

Begrænsninger:

PET og PBT er hydrolysefølsomme.

PET og PBT skal tørres før forarbejdning.

PET og PBT er kærnfølsomme.

PET og PBT har stor formkrymp, hvis de ikke er glasfyldte.

Anvendelsesområde for amorf PET:

PET anvendes til sodavandsflasker og talrige emballager.

PET anvendes som tekstilfiber.

Som krystallinsk materiale:

PET og PBT anvendes især til elektriske artikler såsom kontakter og til mange sliddele.

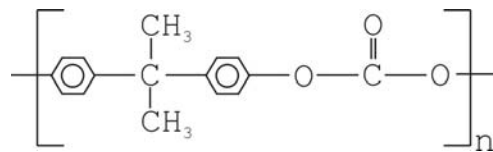
PET anvendes som emballagemateriale, i såvel ovn som i mikrobølgeovn.

Miljøoplysninger om termoplastisk polyester

		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	PET og PBT	Energiforbrug ved fremstilling af PET er 83,8 MJ/kg PET.		Der kan forekomme emission af stofferne DMT, ethylenglycol og butylenglycol, som benyttes i fremstillingen af PET og PBT. Der kan forekomme tungmetallholdige katalysatorrester (antimonholdige).
	Additiver		Der anvendes forholdsvis få additiver til PET og PBT.	
Forarbejdning	Processer	Forarbejdes ved temperaturer omkring 260 – 320 ° C.	PET og PBT armeres ofte med glasfibre.	Armeringsmateriale kan give støv-problemer ved forarbejdning.
	Arbejds miljø	Der kan ved brand ske eksplosioner. Ved uhensigtsmæssig opvarmning kan der udvikles alkoholer og aldehyder.	Risiko for overophedning er ringe. Ved normal forarbejdning vil der kun i ringe grad udvikles nogen af de nævnte stoffer.	Der udvikles flygtige gasser i små mængder under de hygiejniske grænseværdier. Forarbejdningen kan lugtes.
Brug	Miljø			
	Sundhed	PET og PBT kan levnedsmiddel-godkendes.		
Bortskaffelse	Afbrænding		PET og PBT nedbrydes ved fuldstændig forbrænding til CO ₂ og vanddamp.	
	Genanvendelse		PET og PBT kan genvindes. PET-flasker genvindes f.eks. til fleece.	

10.8 Polycarbonat, PC

Strukturformel:



PC er et amorph termoplast.

Egenskaber:

T_g ca. 145 °C

Forarbejdningstemperatur ved sprøjtstøbning og ekstrudering ca. 300°C.

Densitet: 1,2 g/cm³.

PC er transparente med en transmissionsevne på 85 - 91%.

PC kan indfarves i mange farver.

PC optager vand og har høj permeabilitet for vanddamp.

Fordele:

PC kan forarbejdes ved sprøjtstøbning, ekstrudering, blæsestøbning, rotationsstøbning og termoformning.

PC kan limes og svejses.

PC kan anvendes i forbindelse med levnedsmidler.

PC er resistent overfor svage syrer, alifatiske kulbrinter og nogle alkoholer .

PC har gode mekaniske egenskaber.

PC har med de rette stabilisatorer god udendørsbestandighed.

PC er dimensionsstabilt.

PC kan anvendes ned til -100° C

PC er elektrisk isolerende.

Begrænsninger:

PC kan under stress udvise mikrorevnedannelse.

PC kan ikke anvendes i forbindelse med vand over 60°C.

PC angribes af mange kemikalier såsom syrer, baser, aromatiske kulbrinter, methanol og ammoniak.

Nogle animalske og vegetabiliske fedtstoffer og olier kan forårsage spændingsrevner i PC'en.

PC blandes med ABS-plast (f.eks. Bayblend og Cycloy), hvorved flere egenskaber kan forbedres.

Anvendelsesområder:

PC anvendes til beskyttelseshjelme, bilruder, skudsikkert glas, lygteglas, kabinetter og armaturer; kort sagt mange områder, hvor høj slagstyrke og transparens er nødvendig.

PC kan lamineres med andre materialer til flerlagsfolier.

Miljøoplysninger om polycarbonat

		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	Polycarbonat, PC	Energiforbrug ved fremstilling af PC er 107 MJ/kg PC		Ved fremstilling af PC anvendes bisphenol A og fosgen. Bisphenol A er under mistanke for østro-genlignende effekt. Fosgen er giftig.
	Additiver	Afhængig af typen	Der anvendes kun få additiver i PC.	Katalysatorrester kan forekomme.
Forarbejdning	Processer	Forarbejdes ved temperaturer mellem 180 – 320 °C. Laveste temperaturer anvendes ved termoformning og højeste ved sprøjttestøbning.		
	Arbejds miljø	Der kan ved overophedning og brand udvikles forskellige stoffer såsom formaldehyd, fosgen, bisphenol A og andre organiske stoffer.	Risiko for overophedning er ringe. Ved normal forarbejdning vil der kun i ringe grad udvikles nogen af de nævnte stoffer.	Der udvikles flygtige gasser i små mængder under de hygiejniske grænseværdier. Forarbejdningen kan lugtes.
Brug	Miljø		PC giver ingen problemer ved normal brug.	
	Sundhed	PC kan levnedsmiddelgodkendes.		
Bortskaffelse	Afbrænding	Der indvindes 27,8 MJ/kg PC ved fuldstændig forbrænding. Der udvikles ca. 2700 g CO ₂ /kg PC, der forbrændes.	PC forbrænder til CO ₂ og vand ved fuldstændig forbrænding.	
	Genanvendelse		PC kan materiale-genvindes.	

Supplerende miljøinformation:

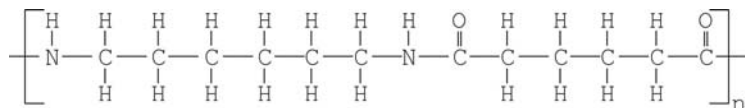
Bisphenol A står på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer

Fosgen er klassificeret som giftigt iht. EU's liste over farlige stoffer og står på Miljøstyrelsens effektliste.

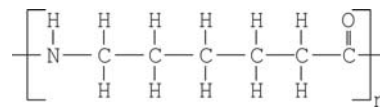
10.9 Polyamid, PA6 og PA6.6 (Nylon 6 og Nylon 6.6)

Strukturformel:

PA6.6



PA6



Polyamiderne er delkrystallinske termoplast.

Polyamider er trinvis polymeriserede plast.

Der findes flere andre typer polyamider, end de to her nævnte.

Der findes aromatiske, amorf polyamider.

Egenskaber:

Smeltetemperaturen er 265 °C for PA6.6 og 225 °C for PA6

Glasovergangstemperaturen er ca. 50 °C for PA6.6 og ca. 50 °C for PA6. Glasovergangstemperaturen afhænger af fugtindholdet i materialerne.

Forarbejdningstemperaturer v. sprøjtestøbning og ekstrudering ca. 280 °C for PA6.6 og ca. 240 °C for PA6.

Densitet: 1,14 g/cm³ for PA6.6 og 1,13 g/cm³ for PA6.

PA6.6 og PA6 er mælkehvide materialer. PA6.6 og PA6 kan indfarves i næsten alle farver.

Fordele:

Polyamider kan forarbejdes ved sprøjtestøbning, ekstrudering, blæsestøbning, rotationsstøbning og termoformning.

Polyamiders mekaniske egenskaber er gode.

De har god styrke og fleksibilitet.

Polyamider kan anvendes ved forhøjede temperaturer og kan anvendes ved temperaturer under frysepunktet.

Polyamider er resistente over for de fleste organiske opløsningsmidler.

Polyamider er resistente over for basiske stoffer.

Polyamider kan levnedsmiddelgodkendes.

Polyamider kan dampsteriliseres.

Polyamider har lave friktionskoefficienter.

Polyamider har lav permeabilitet for oxygen.

Polyamider er letflydende og kan derfor anvendes, hvor fine detaljer skal opnås.

Polyamider kan metalliseres.

Polyamider kan påtrykkes tekst etc.

Begrænsninger:

De fleste polyamider optager eller afgiver fugt.

Fugtoptag er forskellig afhængig af type.

Polyamider skal tørres før forarbejdning

Polyamiders elektriske egenskaber afhænger af fugtindholdet.

Polyamiders volumen forøges i fugtigt miljø.

Polyamiders udvidelse varierer med fugtindholdet.

UV-stråling (sollys) gør polyamider sprøde, men det kan afhjælpes ved farvetilsætning.

Polyamider angribes af stærke, uorganiske syrer, af eddikesyre og af phenol.

Polyamider kan tilsættes glas, hvorved formstabiliteten forøges og vandoptaget formindskes.

Polyamider skal behandles i vand efter formgivning for at opnå deres maksimale egenskaber. Vand virker som blødgøringsmiddel på polyamiderne.

Anvendelsesområde:

Polyamider anvendes til mange tekniske artikler såsom kuglelejer, skruer, taljer, tandhjul, håndtag.

Polyamider anvendes som emballagemateriale i folier.

Polyamider anvendes som tekstilfibre.

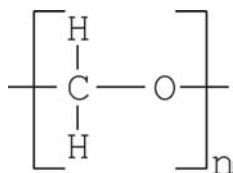
Polyamider anvendes som belægninger på metal (PA11/12).

Miljøoplysninger om polyamider

		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	PA	Energiforbrug ved fremstilling af PA er 156 MJ/kg PA. Der anvendes energi og råvarer svarende til 3 kg olie til fremstilling af 1 kg PA.		Polyamider fremstilles ud fra syrer og aminer eller ud fra aminosyrer.
	Additiver		Der anvendes forholdsvis få additiver til polyamider.	
Forarbejdning	Processer	Forarbejdes ved temperaturer omkring 240 - 280° C	Polyamider armeres ofte med glasfibre.	
	Arbejds miljø	Der kan ved uhensigtsmæssig opvarmning udvikles NO _x 'er, idet polyamider indeholder nitrogen.	Risiko for overophedning er ringe. Ved normal forarbejdning vil der kun i ringe grad udvikles nogen af de nævnte stoffer.	Der udvikles flygtige gasser i små mængder under de hygiejniske grænseværdier. Armeringsmateriale kan give støvproblemer ved forarbejdning af armerer polyamid.
Brug	Miljø			
	Sundhed	Polyamider kan levnedsmiddelgodkendes.		
Bortskaffelse	Afbrænding		Polyamider nedbrydes ved fuldstændig forbrænding til CO ₂ , nitrogenholdige forbindelser og vanddamp.	
	Genanvendelse		Polyamider kan genvindes.	

10.10 Acetalplast, POM

Strukturformel:



POM er et delkrystallinsk termoplast.

Egenskaber:

T_g ca. -75°C

T_m er ca. 165°C

Forarbejdningstemperatur v. sprøjttestøbning og ekstrudering ca. 200°C

Densitet: Homopolymer $1,42\text{ g/cm}^3$, copolymer $1,41\text{ g/cm}^3$

POM er opalhvid.

POM kan indfarves i alle farver.

POM har lav permeabilitet for vanddamp og gasser

Fordele:

POM kan forarbejdes ved sprøjttestøbning, ekstrudering, blæsestøbning, rotationsstøbning og termoformning.

POM kan svejses.

POM kan anvendes over et bredt temperatur-område.

POM har en lav friktion.

POM er resistent overfor fugt, baser samt overfor mange organiske forbindelser.

POM har særdeles gode mekaniske egenskaber.

POM kan armeres med glas og andre armeringsstoffer.

Begrænsninger:

POM er følsom over for UV-nedbrydning, men kan stabiliseres til udendørs anvendelse.

POM angribes af syrer ved pH under 4

POM er svær at lime.

POM-homopolymer bør ikke anvendes i stærke baser og varmt vand.

POM kan ikke gøres selvslukkende vha. brandhæmmere.

POM findes som homopolymer og som copolymer.

Copolymeren indeholder mindre mængder af $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-$ grupper.

Copolymeren har bedre kemiske og termiske egenskaber (langtidsegenskaber) men lidt dårligere mekaniske egenskaber (korttidsegenskaber) end homopolymeren.

Anvendelsesområder:

POM anvendes til tekniske emner såsom pumpehjul, pumpehuse, kuglelejer, remskiver, glidelejer, benzinpumper, skruer, håndtag, vandmålere, vandhaner (drikkevandskontakt), legetøj, medicinsk udstyr og andre tekniske emner, hvor POMs gode mekaniske og termiske egenskaber samt POMs kemikaliebestandighed kommer til sin ret.

Miljøoplysninger om acetalplast

		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	POM	115,0 MJ/kg POM.		Formaldehyd anses for at være kræftfremkaldende og giver irritation i luftveje.
	Additiver	Afhængig af typen, dog anvendes der altid antioxidant til POM.		
Forarbejdning	Processer	Forarbejdes ved temperaturer omkring 200 °C.		
	Arbejds miljø	Der kan ved overophedning udvikles forskellige stoffer såsom formaldehyd.	Risiko for overophedning er ringe, men kan ske, da POM ofte forarbejdes ved høje temperaturer. Ved normal forarbejdning vil der kun i ringe grad udvikles nogen af de nævnte stoffer.	Ved opvarmning til over 240°C kan POM dekomponere, hvorved der frigives formaldehyd i gasform. Sker dette, er der fare for eksplosion. Forarbejdningen kan lugtes.
Brug	Miljø		POM giver ikke problemer ved normal brug.	
	Sundhed	POM kan anvendes til kontakt med levnedsmidler og drikkevand og til medicinsk brug.		
Bortskaffelse	Afbrænding		POM forbrænder til CO ₂ og vand ved fuldstændig forbrænding.	
	Genanvendelse		POM kan materialegenvindes. Der forefindes pilotanlæg til kemisk genvinding af POM.	

Supplerende miljøoplysninger:

Formaldehyd er klassificeret som giftig iht. EU's liste over farlige stoffer og står på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer.

10.11 Biopolymere

Biopolymere er mange forskellige polymere, der har det tilfælles, at de er fremstillet af fornybare råvarer som f.eks. majsstivelse, korn og mælkeprotein. Der kan ikke anføres en generel strukturformel for biopolymere.

Biopolymere er ofte, men ikke nødvendigvis, bionedbrydelige.

Nogle af de allerførst fremstillede polymere var bionedbrydelige materialer fremstillet som derivater af cellulose og casein.

Biopolymere fremstilles i dag som cellulosebaserede materialer, cellulosederivater, som stivelsesbaserede materialer eller som fermenterede materialer. Andre typer forekommer også.

Biopolymer kan være:

- Celluloseacetat, CA
- Celluloseacetatbutyrat, CAB
- Polyhydroxybutyrat, PHB
- Polyhydroxyvalerat, PHV og copolymere af PHV/PHB
- Polycaprolacton, PCL
- Stivelsesbaserede polymerte
- Polyvinylalkohol, der er syntetisk fremstillet
- Og flere andre typer.

Biopolymere er termoplastiske materialer. De er oftest amorf.

Egenskaber:

T_g er 120°C for CA.

Forarbejdningen sker efter samme princip som for andre termoplastiske materialer. De kan termoformes, sprøjtestøbes og ekstruderes.

Densitet: 1,32 g/cm³ for CA, 1,22 g/cm³ for CAB og af samme størrelsesorden for de fleste andre biopolymere, da de fleste er estere.

Biopolymere kan have mange forskellige farver. Nogle kan indfarves i alle farver, andre er stærkt begrænsede i indfarvningsmulighederne.

Fordele:

Biopolymere er biologisk nedbrydelige.

Biopolymere kan forarbejdes til næsten alle forme. Af de fleste biopolymere kan der fremstilles folie. Biopolymere kan sprøjtestøbes, ekstruderes og termoformes.

Biopolymere kan godkendes til levnedsmiddelbrug og til drikkevand.

Mange biopolymere har udmærkede UV-bestandigheder.

Mange biopolymere har flot overfladeglans

Begrænsninger:

Biopolymere er biologisk nedbrydelige
Biopolymere absorberer vand.

Spredningen på de mekaniske egenskaber er generelt større for halvsyntetiske og fermenterede produkter end for de helsyntetiske polymere.

Kemikaliebestandigheden er beskeden for de fleste biopolymere.

Biopolymere er dyre. Priserne er generelt 5 - 30 gange højere end for PE.

Eksempler på handelsnavne er Biopol (PHB/PHBV), Mater-Bi (stivelse-PCL/PVA-blanding), Novon (stivelse-syntetisk-blanding).

Anvendelsesområde:

Biopolymere anvendes generelt, hvor bionedbrydelighed er ønskeligt. Biopolymere anvendes til emballageformål. Cigaretfilter er oftest af cellulosederivater.

Biopolymere kan anvendes som alle andre termoplastiske materialer. Anvendelsen begrænses af prisen og af leveringsmulighederne.

Miljøoplysninger om biopolymere

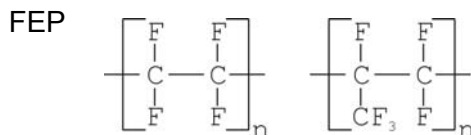
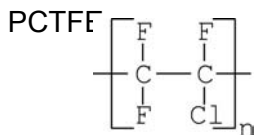
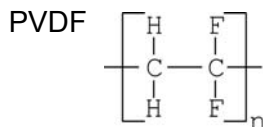
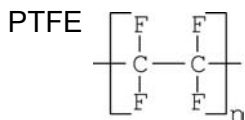
Generelt er miljøoplysningerne sparsomme om biopolymere, da brugen af dem indtil videre har været begrænset.

Desuden er biopolymere en meget blandet gruppe stoffer, hvorfor det er svært at generalisere over hele gruppen på én gang.

		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	Biopolymere		Råstofferne er fornybare ressourcer og biopolymere betragtes derfor per definition som CO ₂ -neutrale.	Oprensning af biopolymere kræver ofte store mængder organiske opløsningsmidler. Ved de bakterielt fremstillede biopolymere er udbyttet ofte uensartet og begrænset.
	Additiver		Der anvendes få additiver til biopolymerene, da det oftest ikke er aktuelt at forbedre deres egenskaber.	
Forarbejdning	Processer	Forarbejdes ved temperaturer omkring 160-260 °C.		
	Arbejds miljø			
Brug	Miljø			
	Sundhed	Biopolymere kan levnedsmiddel-godkendes.		
Bortskaffelse	Afbrænding		Biopolymere kan afbrændes. Ved forbrænding udvikles CO ₂ og vanddamp. Biopolymere er pr. definition CO ₂ -neutrale.	
	Genanvendelse		Biopolymere kan genvindes. Biopolymere kan dog ofte komposteres, hvorfor mekanisk genvinding ofte ikke er aktuel.	

10.12 Fluorplast (PTFE, PVDF, PCTFE, FEP)

Strukturformel:



Fluorplast er alle højkrySTALLINSKE termoplast.

Fluorplast er kædepolymeriserede plast.

Der findes flere andre typer fluorplast end de her nævnte.

Egenskaber:

Smelte temperaturen er 325 °C for PTFE, 170 °C for PVDF, 215 °C for PCTFE og 280 °C for FEP.

Glasovergangstemperaturen for PTFE er ca. 127 °C.

Forarbejdningstemperaturer er høje for de fleste fluorplast. PTFE kan formpresses og påsintres. De øvrige fluorplast kan desuden sprøjtestøbes.

Densitet: 2,15 g/cm³ for PTFE og 1,78 g/cm³ for PVDF.

Fluorplast er mælkehvide materialer.

Fluorplast kan indfarves, men vil ofte fremstå i deres egenfarve.

Fordele:

Fluorplast er højtemperaturbestandige.

Fluorplast kan anvendes ved temperaturer under frysepunktet (ned til -160°C for PTFE).

Fluorplast er resistent over for stort set alle organiske opløsningsmidler; jo større fluorindhold bedre resistens.

Fluorplast er resistente over for basiske stoffer, på nær de helt stærke baser (pH > 12).

Fluorplast er resistent over for syrer.

Fluorplast kan levnedsmiddelgodkendes.

Fluorplast kan dampsteriliseres.

Fluorplast har lav vandabsorption.

Fluorplast har lave friktionskoefficienter (lavest friktion af alle plastmaterialer).

Fluorplast nedbrydes ikke af UV-lys.

Fluorplast angribes ikke af mikroorganismer.

Fluorplast er meget brandresistent.

Begrænsninger:

Fluorplast er dyre.

Fluorplast angribes af smeltede alkalimetaller, fluorgasser og få andre kemiske stoffer.

Fluorplast har høje densiteter sammenlignet med andre plasttyper.

Visse fluorplasttyper har generelt dårlige mekaniske egenskaber (de kryber, de koldflyder, de har ringe styrke).

Nogle fluorplasttyper har høj smelteviskositet, der kan gøre forarbejdning vanskelig.

Anvendelsesområde:

Fluorplast anvendes til belægninger på produktionsudstyr, hvor kemikalieresistens, brandresistens og/eller lav friktion er påkrævet.

Fluorplast anvendes til bl.a. pakninger, selvsmonterende lejer, elektrisk isoleringsmateriale, belægninger, folie, rør og membraner i mange industrisektorer, f.eks. den kemiske- og farmaceutiske industri, automobilindustrien, elektronikindustrien, offshoreindustrien og medicoindustrien.

Gortex® er fluorplast. Fluorplast kendes fra bl.a. teflonstegepander.

Miljøoplysninger om fluorplast

		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	Fluorplast	Data for fremstilling af fluorplast er generelt begrænsede.		Ved fremstilling af fluorplast anvendes hydrogenfluorid og for visse fluorplasttyper (PCTFE) anvendes chloroform.
	Additiver		Der anvendes forholdsvis få additiver til fluorplast.	
Forarbejdning	Processer	Forarbejdes ved temperaturer op til 370 °C.		
	Arbejds miljø	Der kan ved uhensigtsmæssig opvarmning udvikles HF og andre fluorholdige produkter.	Risiko for overophedning er ringe. Risiko er størst ved sintring og ved skærende bearbejdning. Ved normal forarbejdning vil der kun i ringe grad udvikles nogen af de nævnte stoffer.	Der udvikles flygtige gasser små i mængder under de hygiejniske grænseværdier. Forarbejdningen kan lugtes. Der må ikke ryges i forbindelse med skærende bearbejdning af fluorplast.
Brug	Miljø			
	Sundhed	Fluorplast kan levnedsmiddelgodkendes.		
Bortskaffelse	Afbrænding		Fluorplast nedbrydes ved fuldstændig forbrænding til CO ₂ , HF (flussyre) og vanddamp.	
	Genanvendelse		Fluorplast kan genvindes.	

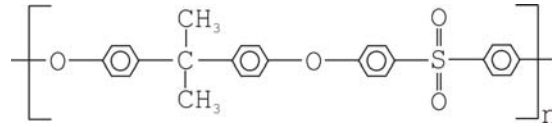
Supplerende miljøinformation:

Hydrogenfluorid er klassificeret som iht. EU's liste over farlige stoffer og står på Miljøstyrelsens effektlister

Chloroform som står på Miljøstyrelsens effektlister.

10.13 Polysulfon, PSU

Strukturformel:



PSU er et hårdt, stift og slidstærkt amorph termoplast.

Egenskaber:

T_g ca. 195°C

Densitet: 1,24 g/cm³

PSU er transparent, ravfarvet.

PSU kan indfarves.

Fordele:

PSU kan forarbejdes ved sprøjtstøbning, ekstrudering, blæsestøbning, rotationsstøbning og termoformning. PSU kan bearbejdes skærende.

PSU kan anvendes ned til ca. -100 °C og op til 150 °C uden at nedbrydes eller misfarves (Heat Deflection Temperature, HDT, 174 °C).

PSU kan tåle gentagen sterilisation, både med damp og ved bestråling.

PSU er resistent overfor fugt, syrer, baser, salte, tensider, olier og alkoholer.

PSU har høj dimensionsstabilitet.

PSU har gode mekaniske egenskaber og en høj kryberesistens.

PSU har gode elektriske egenskaber over et bredt temperaturinterval, også i fugtigt miljø.

PSU antændes dårligt.

PSU kan armeres.

PSU er godkendt til kontakt med drikkevand, fødevarer og til medicinsk brug.

Begrænsninger:

PSU angribes af de fleste polære organiske opløsningsmidler, såsom acetone, chlorerede opløsningsmidler og acetater. De forårsager spændingsrevnedannelse i PSU.

PSU er dyr (prisindex ca. 11 gange PE).

Anvendelsesområder:

PSU anvendes til tekniske emner såsom elektriske kontakter, datamaskindele, motorrumsdetaljer, komponenter til opvaskemaskiner og vaskemaskiner, komponenter til malkeanlæg, rør til højtemperaturanvendelse i den kemiske industri, filterplader, skruer og andre tekniske emner, hvor PSUs gode mekaniske egenskaber og dimensionsstabilitet kommer til deres ret.

Miljøoplysninger om polysulfon

Miljø- og arbejdsmiljøoplysninger om PSU er ikke let tilgængelige, da der for PSU gælder det samme som for andre plasttyper, der kun anvendes i begrænsede mængder, at der ikke registreres oplysninger om dem.

		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	Polysulfon, PSU			Ved fremstilling af PSU anvendes bisphenol A.
	Additiver		PSU indeholder normalt kun få additiver.	Katalysatorrester kan forekomme.
Forarbejdning	Processer	Forarbejdes ved temperaturer omkring 300 °C. Skal altid tørres inden støbning (4 timer ved 166 °C).	PSU kan glasarmes.	Der udvikles flygtige gasser små i mængder under de hygiejniske grænseværdier.
	Arbejdsmiljø			Forarbejdning kan lugtes.
Brug	Miljø		PSU giver ikke problemer ved normal brug.	
	Sundhed			
Bortskaffelse	Afbrænding		PSU udvikler under forbrænding CO ₂ og vand samt svovlholdige forbindelser.	
	Genanvendelse		PSU kan materiale-genvindes.	

Supplerende miljøinformation:

Bisphenol A står på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer.

10.14 Engineering plast (konstruktionsplast)

Engineering plast (konstruktionsplast) er mange forskellige polymere, der har det tilfælles, at de er stærke polymere med en generel god kemikaliebestandighed og kan anvendes over store temperaturinterval. Egenskaberne varierer meget fra polymer til polymer og flere af engineering plasttyperne har metallignende egenskaber.

Engineering plast kan f.eks. være:

- Polyetheretherketon, PEEK (krystallinsk)
- Polyamidimid, PAI (amorf)
- Polyphenylsulfid, PPS (krystallinsk)
- Polyethersulfon, PES (amorf)
- Polyphenyloxid, PPO (amorf)
- Polyimid, PI (amorf).

Desuden betragtes polymerne PC, PA, PET/PBT og POM som engineering plastics.

Engineering plast er oftest termoplastiske materialer, men PI er hærdeplastisk.

Egenskaber:

T_g varierer fra 90°C for PPS til 280°C for PAI.

T_m varierer fra ikke værende aktuel for de amorfe plast til 335°C for PEEK.

Forarbejdningen sker efter samme princip som for andre termoplastiske materialer. De kan termoformes, sprøjtestøbes og ekstruderes.

Densitet: 1,32 g/cm³ for PEEK, 1,64 g/cm³ for PPS, 1,06 g/cm³ for PPO, 1,37 g/cm³ for PES, 1,45 g/cm³ for PAI og 1,9 g/cm³ for PI.

Engineering plast kan have mange forskellige farver. PPO er gullig, PES er transparent, PPS er brun, PEEK er hvidlig, PAI er mørkebrun. De lyse kan indfarves i næsten alle farver, mens indfarvningsmulighederne for de mørke stærkt begrænsede. Ved mange anvendelser er indfarvning ikke aktuelt.

Fordele:

Engineering plast har generelt stor styrke og stivhed.

Engineering plast kan forarbejdes til næsten alle forme.

Engineering plast kan sprøjtestøbes, ekstruderes og termoformes.

Nogle engineering plast kan godkendes til levnedsmiddelbrug.

De fleste Engineering plast har udmærkede UV-bestandigheder.

Kemikaliebestandigheden er god.

Temperaturbestandigheden er god.

Begrænsninger:

Engineering plast er dyre. Priserne er generelt 20 - 100 gange højere end for PE.

Nogle er svære at forarbejde på grund af høje forarbejdningstemperaturer.

Anvendelsesområder:

Engineering plast anvendes generelt, hvor styrke, stivhed, temperaturbestandighed og kemikaliebestandighed er ønskeligt.

Engineering plast kan anvendes som alle andre termoplastiske materialer. Anvendelsen begrænses af prisen og af leveringsmulighederne.
Engineering plast anvendes til tekniske formål som metallerstatninger og oftest til emner i begrænsede størrelser.

Miljøoplysninger om engineering plast

Generelt er miljøoplysningerne sparsomme om engineering plast, da brugen af dem indtil nu har været begrænsede.

Desuden er engineering plast en meget blandet gruppe stoffer, hvorfor det er svært at generalisere for hele gruppen på én gang.

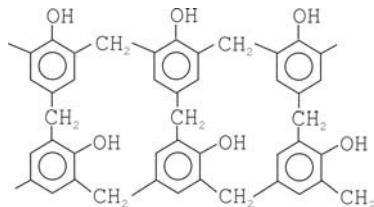
Derfor er skemaet ikke udfyldt for engineering plast.

Anvendelsen af dem er ofte sådan, at man ikke vil spekulere på miljøegenskaber i forbindelse med brugen. De anvendes alle til emner, som der stilles høje tekniske krav til, og som skal holde over lang tid.

10.15 Phenolplast, PF

Strukturformel:

Tredimensionalt netværk fremstillet af phenol og formaldehyd.



Phenolplast er hærdeplast.

Phenolplast er amorfe plast.

Phenolplast er kondensations polymeriserede plast.

Egenskaber:

Densitet: 1,45 g/cm³.

Phenolplast er ofte armeret med papir, bomuld, glas el. lign. i form af væv eller fibre.

Phenolplast er gyldne til mørkebrunt farvede materialer.

Phenolplast indfarves lettest med mørke farver men kan godt bruges til f.eks. beige og røde produkter.

Fordele:

Phenolplast kan formes ved formpresning, laminering, ekstrudering og kan bearbejdes med skærende værktøj.

Phenolplast har gode all-round mekaniske egenskaber.

Phenolplast kan anvendes ved forhøjede temperaturer (for glasfyldte materialer op til 250 °C) og kan anvendes ved temperaturer under frysepunktet.

Anvendelsestemperaturområdet afhænger af armeringsmaterialet.

Phenolplast er resistente over for de fleste organiske opløsningsmidler, tensider og svage syrer.

Phenolplast virker stød- og støjdæmpende.

Phenolplast er ikke brandspredende.

Phenolplast er forholdsvis billig.

Begrænsninger:

Phenolplast nedbrydes af stærke, oxiderende syrer og af baser.

Phenolplast nedbrydes af UV-lys og er derfor ikke velegnet til udendørsbrug.

Phenolplast indfarves lettest med mørke farver.

Phenolplast er kendt under det oprindelige handelsnavn Bakelit.

Anvendelsesområde:

Phenolplast anvendes til mange tekniske artikler såsom, kabinetter, håndtag, elektriske isolatorer, glidelejer, kuglelejeholdere, taljerdele, kontakter, pumpedelev etc.

Phenolplast kan anvendes til imprægnering, som støbe-/pressemasse, lim og belægning.

Phenolplast anvendes i glasuld, plywood, og laminater til borde og gulve etc.

Miljøoplysninger om phenolplast

		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	Phenolplast, PF			Ved fremstillingen af phenolplast anvendes formaldehyd og phenol. Formaldehyd anses for kræftfremkaldende. Phenol kan optages gennem huden.
	Additiver			
Forarbejdning	Processer	Forarbejdningstemperaturer afhænger af forarbejdningsformen.	Phenolplast armeres ofte med f.eks. glas eller papir.	
	Arbejds miljø	Der kan ved uhensigtsmæssig opvarmning udvikles formaldehyd og phenol.		Der udvikles flygtige gasser i små mængder under de hygiejniske grænseværdier. Forarbejdningen kan lugtes. Armeringsmateriale og fyldstoffer kan give støvproblemer ved forarbejdning af armeret phenolplast.
Brug	Miljø			
	Sundhed			
Bortskaffelse	Afbrænding		Phenolplast nedbrydes ved fuldstændig forbrænding til CO ₂ , nitrogenholdige forbindelser (katalysatorrester) og vanddamp.	
	Genanvendelse		Nedknuet phenolplast (evt. med armering) kan genvindes, men de praktiske erfaringer er begrænsede.	Phenolplast kan ikke genvindes-/omsmeltes i sin foreliggende form.

Supplerende miljøoplysninger:

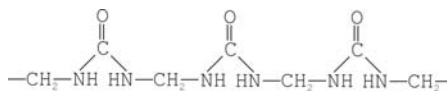
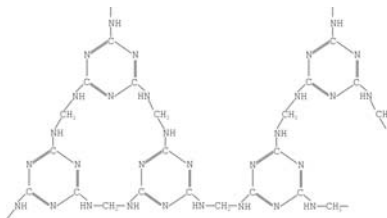
Formaldehyd er klassificeret som giftig iht. EU's liste over farlige stoffer og står på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer.

Phenol er klassificeret som giftig iht. EU's liste over farlige stoffer og står på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer.

10.16 Melaminplast, MF, og carbamidplast, UF

Strukturformel:

Tredimensionalt netværk fremstillet af henholdsvis melamin og formaldehyd og urea og formaldehyd.



Melaminplast og carbamidplast er hærdeplast.

Melaminplast og carbamidplast er amorfe plast.

Melaminplast og carbamidplast er trinvis polymeriserede plast.

Egenskaber:

Densitet: 1,4 g/cm³ for melaminplast og 1,5 g/cm³ for carbamidplast.

Melaminplast er gullig, transparent. Carbamidplast er ufarvet, transparent.

Indfarvningsmulighederne for melaminplast og carbamidplast er store.

Fordele:

Melaminplast og carbamidplast kan forarbejdes ved formpresning, laminering, ekstrudering og ved skærende bearbejdning.

Melaminplast og carbamidplast har gode all-round mekaniske egenskaber.

Melaminplast kan anvendes ved forhøjede temperaturer (for glasfyldte materialer op til 160 °C) og kan anvendes ved temperaturer under frysepunktet.

Anvendelsestemperaturområdet afhænger af armeringsmateriale.

Melaminplast og carbamidplast er resistente over for de fleste organiske opløsningsmidler, tensider og svage syrer.

Melaminplast er bestandig mod UV-lys.

Melaminplast og carbamidplast er ikke brandspredende.

Carbamidplast er forholdsvis billig.

Begrænsninger:

Carbamidplast nedbrydes af stærke, oxiderende syrer og af baser. Melaminplast nedbrydes af stærke, oxiderende syrer.

Carbamidplast nedbrydes af UV-lys og er derfor ikke velegnet til udendørsbrug.

Carbamidplast bør ikke anvendes i kontinuerlig brug over 65 °C og ikke under -55 °C.

Carbamidplast er ikke bestandig overfor ældning.

Melaminplast og carbamidplast er sprøde.

Melaminplast og carbamidplast er ofte armeret med enten glas, papir, væv eller anden fyldmateriale. Melaminplast anvendes ofte med cellulosefibre som armeringsmateriale.

Anvendelsesområde:

Melaminplast anvendes til mange tekniske artikler såsom campingvogne, bordplader, skabslåger, kabinetter, håndtag, elektriske isolatorer, kuglelejer, skruer, taljer, kontakter, skåle, krus, pumpelede etc. Anvendes som lim, maling og belægninger.

Carbamidplast anvendes som elektriske dele, rat, håndtag, som lim og bindemiddel.

Miljøoplysninger om melaminplast og carbamidplast

		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	MF og UF			Ved fremstillingen af melamin- og carbamidplast anvendes formaldehyd. Formaldehyd anses for kræftfremkaldende.
	Additiver			
Forarbejdning	Processer	Forarbejdningstemperaturer afhænger af forarbejdningsformen.	Melamin- og carbamidplast armeres ofte.	
	Arbejds miljø	Der kan ved uhensigtsmæssig opvarmning udvikles formaldehyd.		Der udvikles flygtige gasser i små mængder under de hygiejniske grænseværdier. Forarbejdningen kan lugtes. Armeringsmateriale og fyldstoffer kan give støvproblemer ved forarbejdning af armeret melamin- eller carbamidplast.
Brug	Miljø			
	Sundhed	Melaminplast kan levnedsmiddelgodkendes.		
Bortskaffelse	Afbrænding		Melamin- og carbamidplast nedbrydes ved fuldstændig forbrænding til CO ₂ , nitrogenholdige forbindelser og vanddamp.	Ved brand kan der for lav oxygenkoncentration kan der udvikles cyanider.
	Genanvendelse		Materialerne kan sandsynligvis genanvendes til andre produkter i nedknust form.	Melamin- og carbamidplast kan ikke genvindes-/omsmeltes i sin foreliggende form.

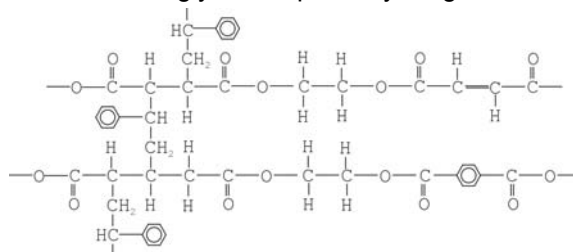
Supplerende miljøoplysninger:

Formaldehyd er klassificeret som giftig iht. EU's liste over farlige stoffer og står på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer.

10.17 Umættet polyester, UP

Strukturformel:

Tredimensionalt netværk fremstillet af polyesterharpiks og en monomer – som regel styren. Polyesteren er oftest fremstillet af glykol, en phthalsyre og en umættet syre f.eks. maleinsyre.



Umættet polyester er hærdeplast.

Umættet polyester er amorf.

Umættet polyester er trinvis polymeriserende plast, der hærdes ved en kædepolymerisation.

Egenskaber:

Densitet: 1,7 - 2,4 g/cm³ afhængig af glasmængde.

Umættet polyester armeres typisk med glas.

Umættet polyester er beige farvet.

Umættet polyesters indfarvningsmuligheder er store.

Fordele:

Umættet polyester kan forarbejdes ved formpresning, laminering, pultrusion, vacuum-injektionsstøbning og ved skærende bearbejdning.

Umættet polyester har gode all-round mekaniske egenskaber. Med glasarmering kan styrken sammenlignes med visse metaller mekaniske egenskaber.

Umættet polyester kan anvendes ved forhøjede temperaturer (for armerede laminater op til 160 °C) og temperaturer under frysepunktet.

Umættet polyester kan fremstilles, så de er resistente over for svage koncentrationer af organiske opløsningsmidler, tensider, syrer og baser. Vinylestre har fremragende derimod kemikalieresistens.

Umættet polyester er bestandig mod UV-lys og kan anvendes udendørs.

Umættet polyester er ikke brandspredende.

Begrænsninger:

Kemikaliebestandigheden falder stigende mængder armeringsmateriale.

Kan misfarves i sollys.

Umættet polyester anvendes næsten altid med glasfibre som armeringsmateriale. I polymerbeton og kunstmarmor anvendes kvartssand mv. som armeringsmateriale.

Anvendelsesområde:

Umættet polyester anvendes til vindmøllevinger, både, togvogne, campingvogne, kabinetter, håndtag, elektriske isolatorer, kuglelejer, skruer, taljer, kontakter, tanke, rør, profiler, styrthjelme, sportsudstyr, flagstænger, læskure, sanitetsartikler, afvandingskanaler, og fodertrug mv.

Umættet polyester anvendes til sportsudstyr, flagstænger, læskure etc.

Anvendes desuden som bindemiddel i lim, maling og belægninger.

Miljøoplysninger om umættet polyester

		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	Umættet polyester, UP			
	Additiver			Der anvendes mange tilsætningsstoffer i form af accelerators, tiksotropmidler mv.
Forarbejdning	Processer	Forarbejdningstemperaturer afhænger af forarbejdningsformen og kan variere fra 5 - 165°C.	UP armeres typisk med glas eller andre armeringsmaterialer.	Methylmethacrylat kan evt. anvendes i gelcoat. Som katalysator (initiator) anvendes organiske peroxider. Processen er eksoterm og bør nøje styres.
	Arbejdsmiljø		Styren kan lugtes langt under grænseværdien.	Styren anvendes som tværbinder og anses for at være kræftfremkaldende iht. Arbejdstilsynet. Der vil altid være styrendampe i luften ved ophærdning af umættet polyester. Personlige værnemidler er påkrævet ved lov. Styren kan lugtes. Armeringsmateriale og fyldstoffer kan give støvproblemer ved forarbejdning af armeret umættet polyester.
Brug	Miljø			
	Sundhed			
Bortskaffelse	Afbrænding		Umættet polyester nedbrydes ved fuldstændig forbrænding til CO ₂ og vanddamp.	
	Genanvendelse		Nedknust umættet polyester (evt. med armering) kan genvindes, men de praktiske erfaringer er begrænsede.	Umættet polyester kan ikke genvindes-/omsmeltes i sin foreliggende form.

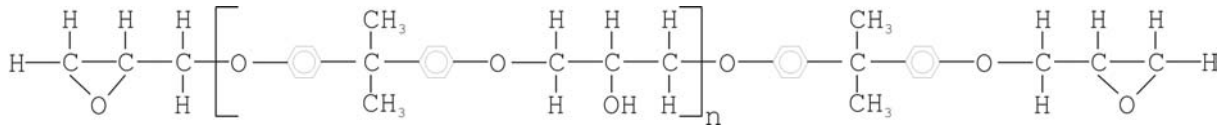
Supplerende miljøinformation:

Methylmethacrylat står på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer.

10.18 Epoxy, EP

Strukturformel:

Tredimensionalt netværk fremstillet af epoxyresin, der tværbindes med aminer eller andre hærdere. Epoxyresinet er ofte fremstillet af epichlorhydrin og bisphenol A.



Epoxy er hærdeplast.

Epoxy er amorf plast.

Epoxy er trinvis polymeriserede plast.

Epoxy anvendes ofte med glas-, aramid- eller kulfibre som armeringsmateriale.

Egenskaber:

Densitet: Uden armering 1,11 - 1,40 g/cm³ og 1,6 - 2,1 g/cm³ med glas-, aramid- eller kulfiberarmering.

Epoxy er ufarvet og transparent.

Epoxy's indfarvningsmuligheder er store.

Fordele:

Epoxy kan forarbejdes ved formpresning, laminering, vikling, pultrudering, vakuuminjektionsstøbning og ved skærende bearbejdning.

Epoxy fås som prepreg.

Epoxy har god vedhæftning til andre materialer.

Epoxy har gode all-round mekaniske egenskaber. Med glasarmering kan styrken sammenlignes med visse metaller's mekaniske egenskaber.

Epoxy er dimensionstabil.

Epoxy har lav formkræmp.

Epoxy har lav varmeudvidelseskoefficient.

Epoxy kan anvendes ved forhøjede temperaturer (for glasfyldte materialer op til 160 °C) og kan anvendes ved temperaturer under frysepunktet.

Epoxy kan fremstilles, så de er resistente over for de fleste organiske opløsningsmidler, tensider, syrer og baser.

Epoxy er ikke brandspredende.

Begrænsninger:

Kemikaliebestandigheden falder med stigende indhold af glas.

Epoxy er ikke resistent over for alkohol og visse andre opløsningsmidler.

Hærdningen sker ofte ved forhøjet temperatur.

Uhærdet epoxy er allergifremkaldende.

Epoxy er normalt ikke bestandig mod UV-lys.

Anvendelsesområde:

Epoxy anvendes til vindmøllevinger, både, biler, togvogne, broer, kabinetter, elektriske isolatorer, kuglelejer, taljer, kontakter, tanke, rør, profiler, styrthjelme, møbler og handicapudstyr.

Epoxy anvendes desuden til sportsudstyr, cykelstel, fiskestænger etc.

Anvendes som lim, maling og belægninger.

Miljøoplysninger om epoxy

		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	Epoxy, EP			Ved fremstillingen af epoxy anvendes bisphenol A og epichlorhydrin.
	Additiver			
Forarbejdning	Processer	Forarbejdnings-temperaturer afhænger af forarbejdnings-formen og kan variere fra 5 – 165 °C.	Ved anvendelse af prepreg opnås meget ensartede emner og lavere kassationsmængder. Epoxy armeres ofte med glas eller andre armerings-materialer.	
	Arbejdsmiljø		Epoxy er i mange tilfælde formuleret uden brug af organiske opløsningsmidler, hvorved diffus afdampning heraf under forarbejdning kan undgås.	Den udhærdede epoxyresin er allergifremkaldende og brug af personlige værnemidler under forarbejdning er påkrævet ved lov. Armerings-materialerne kan give støvproblemer ved forarbejdning af armeret epoxy.
Brug	Miljø			
	Sundhed			
Bortskaffelse	Afbrænding		Epoxy nedbrydes ved fuldstændig forbrænding til CO ₂ og vanddamp. Nitrogener kan forekomme i forbrændingsgassen.	
	Genanvendelse		Nedknust epoxy (evt. med armering) kan genvindes, men de praktiske erfaringer er begrænsede.	Epoxy kan ikke genvindes-/omsmeltes i sin foreliggende form.

Supplerende miljøinformation:

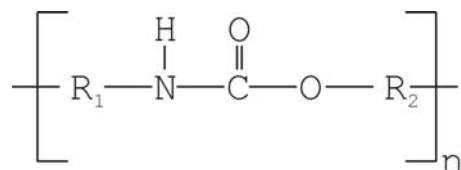
Epichlorhydrin anses for at være kræftfremkaldende og er klassificeret som giftig iht. EU's liste over farlige stoffer

Bisphenol A står på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer

Uhærdet epoxy står på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer.

10.19 Polyurethan, PUR

Strukturformel:



Polyurethan er fællesnavnet for en omfattende materialegruppe, der strækker sig fra lette isoleringsskum til massive bløde elastomere. PUR opdeles i fem hovedtyper: stift skum, blødt skum, integralskum, stive massive typer og elastomere.

Polyurethaner er fremstillet ved reaktion af isocyanater med dioler eller polyoler. Egenskaberne varierer afhængig af typerne af isocyanat og diol eller polyol.

PUR fremstilles som estertyper eller som ethertyper.

PUR-skum er hærdeplast mens elastomere kan være termoplastiske.

PUR er trinvis polymeriserede plast.

Egenskaber:

Densitet: 0,01-1,20 g/cm³ afhængig af mængden af drivmiddel.

PUR er hvid, lysegul til brun. Visse typer er ufarvede.

PUR kan indfarves, men med visse forbehold.

Fordele:

PUR kan forarbejdes ved lave tryk og temperaturer.

PUR har god vedhæftning til andre materialer.

Stift PUR har et højt styrke/vægtforhold.

PUR kan kombineres med andre materialer.

PUR er isolerende på grund af opskumningen.

PUR er flexibelt og holdbart.

PUR er slidstærkt.

Begrænsninger:

Estertyper er mindre bestandige overfor vandoptag.

Ethertyper gulner mere i lys.

PUR udvikler røg og giftige gasser ved brand.

Produktionen kræver ofte maskinelt blandingsudstyr.

Overfladen kan nedbrydes i direkte sollys.

Anvendelsesområder:

PUR anvendes til skosåler, madrasser og polstring af møbler, vaskesvampe, transportruller, transportbånd, isolering af køle og fryseskabe, isolering af fjernvarmerør, støbemasse, tætningsmasse, sportsartikler, kabinetter, sikkerhedspolstring i automobilindustrien, karosseridele i transportindustri, slidemner i pumper, tætninger, tekstiler.

PUR anvendes som lim og maling.

Bemærkninger:

Da PUR-typerne er meget forskellige i deres opbygning, er det svært at generalisere om anvendelserne.

PUR opbygges i praksis af di-isocyanaterne TDI og MDI. MDI har et betydeligt lavere damptryk end TDI. I arbejdsmiljømæssig henseende er MDI at foretrække frem for TDI, men valget af isocyanattype er sjældent betinget af arbejdsmiljømæssige forhold men i højere grad af ønsket om produkttype.

Til fremstilling af bløde og stive PUR-typer anvendes et opskumningsmiddel (drivmiddel) for at opnå den rette densitet. Drivmidler kan være vand, CO₂, pentanisomere eller hydrofluorcarboner.

Miljøoplysninger om polyurethan

Miljø- og arbejdsmiljøegenskaberne afhænger dels af isocyanattype og polyol/dioltype og dels af opskumningsmiddel.

		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	PUR	Der anvendes 89 MJ/kg PUR til fremstilling.		Ved fremstilling af PUR anvendes MDI og TDI. TDI anses for at være kræftfremkaldende. MDI er sundheds-skadelig.
	Additiver			Drivgasser kan have grænse-værdier.
Forarbejdning	Processer	Forarbejdning-temperaturer afhænger af forarbejdningsform-en og kan variere fra stuetemperatur til ca. 100° C.		
	Arbejdsmiljø			Der er risiko for eksponering af MDI og TDI i arbejdsmiljøet. Gentagen kontakt med di-isocyanater kan føre til overfølsomhed, astma og eksem.
Brug	Miljø			
	Sundhed			
Bortskaffelse	Afbrænding	PUR nedbrydes ved fuldstændig for-brænding til CO ₂ , NO _x og vanddamp. Der indvindes 27 MJ/kg PUR ved forbrænding.		PUR udvikler ved brand meget røg og giftige gasser.
	Genanvendelse		Produktionsspild fra fleksibelt skum kan genanvendes til f.eks. polstring (re-bonded foam). PUR kan ved glycolyse gen-vindes til polyoler, hvorudfra der kan fremstilles nyt PUR.	PUR kan ikke direkte genvindes-/omsmeltes i sin foreliggende form.

Supplerende miljøinformation:

MDI dækker over blandinger af 3 MDI-monomere (4,4'-, 2,2'- og 2,4'-methyldiphenyldiisocyanat) og blandinger af polymere MDI (PMDI). MDI står på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer

TDI dækker over 2 TDI-monomere (2,4'- og 2,6'-toluendiisocyanat), som iht. Arbejdstilsynet anses for at være kræftfremkaldende, og som står på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer.

10.20 Gummi

Gummi er en gruppe af materialer, der villigt lader sig strække til ca. den dobbelte længde eller mere, og som ved aflastning hurtigt trækker sig sammen igen. Gummi er således en fællesbetegnelse for alle udpræget elastiske eller højelastiske stoffer.

De forskellige gummityper kan inddeles i:

- Naturgummi, der udvindes af gummitræets mælkesaft (latex)
- Syntetisk gummi, der igen kan inddeles i normal- og specialgummityper.

Naturgummi udgør ca. 40 % af verdensforbruget af gummi.

De vigtigste typer normalgummi er: Styren-butadiengummi (SBR), butadiengummi (BR), isoprengummi (IR), butylgummi (IIR) og ethylen-propylen-gummi (EPM og EPDM). De vigtigste specialtyper er: Chloroprengummi (CR), nitril-butadien (NBR), siliconegummi (Q), urethangummi (AU og EU) og fluorgummi (FKM). Specialgummityperne har typisk forbedrede egenskaber i forhold til normaltyperne.

For at gummiprodukter skal blive formstabile skal gummi vulkaniseres. Det sker ved at tilsætte vulkaniseringsmidler til gummi, hvorved der ved en kompliceret kemisk reaktion dannes tværbindinger mellem gummimolekylerne, så de ikke kan glide frit mellem hinanden.

Forarbejdning af gummi sker i mindst to trin. I første trin fremstilles gummiblandingen (compounden) efter en recept og i andet trin sker formgivningen. Formgivningen kan ske i flere trin ved kompressionsformning, transferformning, injektionsformning, ekstrudering, kalandrering, dypning eller spredning.

Egenskaber:

Gummiets egenskaber afhænger af gummimolekylernes kemiske sammensætning og af den recept man anvender.

Glasovergangstemperaturen varierer fra -120 °C til ca. 0 °C for de rene gummipolymerer.

Mange gummiprodukter er forstærket med tekstil- eller andre indlæg for at opnå de rigtige egenskaber for det færdige produkt.

Gummier kan have mange forskellige farver, idet nogle gummityper kan indfarves i alle farver. Mange typer gummi fremstår som sort på grund af indhold af carbon black.

Fordele:

Gummi kan forarbejdes til næsten alle forme.
Gummi kan støbes uden om andre emner, f.eks. stålemner.
Gummi er velegnet sammen med mange tekstiler.

Gummi har stor elasticitet også ved lave temperaturer.
Gummier kan tværbindes, hvorved der kan fremstilles produkter med forskellige mekaniske egenskaber ud fra den samme recept.
Nogle gummityper kan godkendes til levnedsmiddel- og drikkevandskontakt eller til farmaceutiske formål.

Normalgummityperne er relativt billige.

Begrænsninger:

Gummi nedbrydes af UV-lys.
Nogle typer gummi angribes af selv meget lave ozonkoncentrationer.

Normalgummityperne kvælder i benzin og olie (dvs. de ændrer dimension).

Nogle af specialgummityperne kan nedbrydes af vand eller damp på grund af hydrolyse.
Gummier skal tværbindes med kemikalier, der ofte kan være allergiproblematisk.

Specialgummityperne er dyre (specielt de fluorholdige kan have høj pris og er desuden vanskelige at forarbejde).

Anvendelsesområde:

Gummi anvendes først og fremmest på grund af sin elasticitet, en lav hårdhed, god slidbestandighed, gode flekseegenskaber og god vejrbestandighed, hvis man har receptueret korrekt.

Gummi anvendes til dæk, transportbånd, kileremme, slanger, beskyttelsesdragter, støttebind, handsker, pakninger etc., stød- og støjdæmpende emner, belægninger f.eks. i skorstene og til bagsider på måtter og tæpper.

Miljøoplysninger om gummi

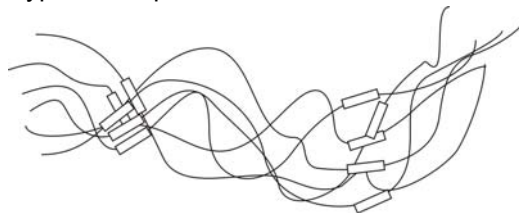
		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	Gummi	Energiforbrug til vulkanisering (tværbinding) 85 MJ/kg gummi.		Afhængig af gummitype kan der anvendes mange forskellige kemiske stoffer. Carbon black indgår i mange recepter og anses for at være kræftfremkaldende iht. Arbejdstilsynet.
	Additiver			Der anvendes mange tilsætningsstoffer til gummi. Til nogle syntetiske gummityper anvendes blødgørere (bl.a. phthalaterne DOP og DINP).
Forarbejdning	Processer	Forarbejdes ved temperaturer omkring 100–200 °C.		Der kan være lugtgener under forarbejdning.
	Arbejds miljø			Carbon black kan være støvende.
Brug	Miljø			Blødgørere som f.eks. phthalater kan migrere under brug.
	Sundhed	Nogle typer gummi kan godkendes til levnedsmidler og drikkevand.		Vulkaniseringsmidlerne og latex (både naturlig og syntetisk) kan give allergi ved brug.
Bortskaffelse	Afbrænding		Naturgummi anses for CO ₂ -neutral. Gummier, der udelukkende består af kulbrinter, forbrændes til kuldioxid og vanddamp.	Gummier kan indeholde halogener, der kan give halogenbrinter i forbrændingsgassen. Afbrænding af gummier lugter ofte af svovlbrinte (H ₂ S), da der ofte er svovl i vulkaniseringsmidlerne.
	Genanvendelse		Gummi kan skæres i små stykker og genvindes som fyldmiddel. Bildæk kan påsættes ny slidbane.	

Supplerende miljøinformation:

Phthalater står på Miljøstyrelsens liste over uønsker stoffer.

10.21 Termoplastiske elastomere, TPE

TPE er mange forskellige stoffer, der er blokcopolymeriseret. De er bundet sammen af broer til et tredimensionalt netværk. Flere typer termoplastiske elastomere kan erstatte gummi.



TPE kan være ren kulstof-brintbaseret eller andre stoffer kan være deri.

TPE kan være:

- Styrenbaserede (TPE-S)
- Olefinbaserede (TPE-O)
- Uretanbaserede (TPU-U)
- Esterbaserede (TPE-E)
- Amidbaserede (TPE-A).

TPE-O er en polyblend, de øvrige er block-copolymere.

Egenskaber:

Glasovergangstemperaturen varierer fra ca. -55°C til ca. -40°C afhængig af TPE-typen.

Forarbejdningen sker efter samme princip som for termoplastiske materialer. De kan sprøjtestøbes og ekstruderes i standard værktøjer.

Densitet: varierer fra $0,84 \text{ g/cm}^3$ for de olefinbaserede TPE'er til $1,25 \text{ g/cm}^3$ for esterbaserede TPE'er.

TPE'er kan have mange forskellige farver. Nogle kan indfarves i alle farver, andre er stærkt begrænsede i indfarvningsmulighederne. Transparente kvaliteter kan også opnås (TPE-S).

Fordele:

TPE'er kan forarbejdes til næsten alle forme.
TPE'er kan forarbejdes på alm. standard procesmaskiner.
TPE'er har stor fleksibilitet også ved lave temperaturer.

Nogle TPE'er kan godkendes til levnedsmiddelbrug, medicobrug og til drikkevand (både varmt og koldt).

Flere TPE-kvaliteter giver mulighed for fler-komponent støbning/ekstrudering.

Mange TPE-typer kan skræddersyes til individuelle applikationer.

Begrænsninger:

TPE'er (afhængig af type og påvirkning) skal beskyttes mod nedbrydning i sollys.

TPE'er har generelt dårligere kemikalie- og varmebestandighed end gummier.

TPE har dårligere elastiske egenskaber (højere CS-værdi, Compression Set) end vulkaniseret gummi.

Nogle TPE'er er dyre.

Anvendelsesområde:

TPE'er anvendes generelt på grund af deres formbarhed og fleksibilitet samt pris (i forhold til vulkaniseret gummi). TPE'er anvendes ofte som erstatning for gummi.

TPE'er anvendes inden for alle industrigrene (automobil, medico, byggebranchen, sport, legetøj, elektronik, personlig pleje mv.) til f.eks. skosåler, pakninger, håndtag på knive etc., belægninger, til spoilere og lister i bilindustrien og til spænder, håndtag og bolde i sportsindustrien.

Miljøoplysninger om termoplastiske elastomere

Generelt er miljøoplysningerne sparsomme om TPE'er, da brugen af dem indtil nu har været begrænset.

Desuden er TPE'er en meget blandet gruppe stoffer, hvorfor det er svært at generalisere over hele gruppen på én gang.

		Kvantitative miljøoplysninger	Kvalitative miljøoplysninger	
			Fordele	Ulemper
Råvarefremstilling	TPE			
	Additiver			Der anvendes mange forskellige tilsætningsstoffer til TPE'er. Katalysatorrester kan forekomme.
Forarbejdning	Processer	Forarbejdes ved temperaturer omkring 100 – 200 °C.		
	Arbejdsmiljø			
Brug	Miljø			
	Sundhed	Nogle TPE'er kan levnedsmiddelgodkendes.		
Bortskaffelse	Afbrænding		Ved forbrænding udvikles CO ₂ og vanddamp for de typer, der kun indeholder kulstof og brint. Nitrogenholdige TPE'er vil ved brand udvikle NO _x 'er.	
	Genanvendelse		TPE'er kan materialebevares.	Tungmetaller i pladen fra katalysatorrester kan forekomme.

DEL IV: Kapitel 11

Additiver og andre hjælpestoffer

11.1 Generelt om additiver

Næsten alle emner af plast indeholder additiver. Additiver tilsættes bl.a. for at ændre på nogle polymerenes egenskaber. Polymere er lange kæder, der i de fleste tilfælde er svært nedbrydelige. Men de påvirkes af varme, lys og ilt i større eller mindre grad. Vi ønsker generelt at bevare materialerne og beskytte dem mod nedbrydning så længe som muligt i hvert fald i hele deres brugsperiode. Omvendt vil vi gerne vil se materialerne nedbrudt så snart vi er færdige med at bruge dem.

Nogle af disse modsætninger kan afhjælpes med additiver.

Hovedkategorier

Additiver kan inddeles i 3 hovedkategorier afhængig af deres funktion:

- Additiver, der forbedrer polymerens egenskaber også kaldet funktionsadditiver
- Additiver, der tilsættes som proceshjælpemiddel
- Additiver, der tilsættes for at rette på problemer opstået ved tilsætning af andre additiver.

Opdelingen er foretaget efter forfatterens skøn, men kan sagtens gøres på andre måder.

Nogle additiver tilsættes i små mængder. Det gælder f.eks. antioxidant og UV-stabilisatorer, mens andre tilsættes i meget store mængder såsom f.eks. brandhæmmere.

Krav til additiver

Generelt er det et ønske, at additiver er ikke-giftige, farveløse, lugtfri, nemme at håndtere, nemme at indarbejde i plasten, ikke-flygtige, fuldstændig stabile, effektive i små mængder og billige. Disse ønsker kan desværre ikke altid opfyldes. Derfor vil valget af additiver ofte være bestemt af hvilken proces- og brugsanvendelse additiverne skal indgå i.

Der udover kommer det problem, at det i mange tilfælde er uigennemskueligt at se, hvilke additiver, der er tilsat de forskellige plastmaterialer. I nogle tilfælde er additiverne allerede tilsat plastråvarerne, når man køber dem. I andre tilfælde vælges en funktion af additiver og de tilsættes derefter gennem compounding. Farve tilsættes ofte ved tilsætning af masterbatches til naturfarvet granulat.

Mange additiver

Som det vil fremgå af dette kapitel kan der tilsættes mange forskellige kemiske stoffer under de forskellige kategorier af additiver. Desuden afhænger anvendelsen af additiver af hvilken type plastmateriale, man arbejder med. Mængden af additiver er således ret

uoverskuelig, og det er derfor vanskeligt at sige noget generelt om additivernes miljømæssige egenskaber, da de kan variere meget. I nogle tilfælde tilsættes additiver endda for at afhjælpe et andet miljøproblem.

Nogle additiver kan have egenskaber der i miljø- og arbejdsmiljømæssig sammenhæng er u hensigtsmæssige, og derfor findes der for disse stoffer særlige forskrifter og grænseværdier mv., som skal overholdes. For andre additiver vides der ikke så meget om deres miljø- og arbejdsmiljømæssige egenskaber, selvom de har været benyttet i mange år. Generelt er det derfor en god idé at begrænse brugen af additiver til det mindst mulige. Dette tilstræbes også i praksis – ikke mindst fordi de ofte er dyre at indkøbe.

Handelsnavne

Mange af de forskellige additiver sælges ofte under beskyttede handelsnavne, så det kan være svært at finde frem til de aktive kemiske stoffer i additiverne. De sælges i blandinger, hvor der bag handelsnavnet for et additiv kan være flere stoffer, der tilsammen giver den ønskede effekt.

Under de forskellige grupper af additiver vil der – så vidt muligt - neden for i afsnit 11.2-11.3 blive givet et skøn over de forskellige additivs og proceshjælpemidlers miljømæssige egenskaber. I mange tilfælde har det dog ikke været muligt.

11.2 Funktionsadditiver

Funktionsadditiver kan opdeles i 4 underkategorier som følgende:

- Stabilisatorer
 - Antioxidanter og UV-stabilisatorer
 - Varmestabilisatorer
- Blødgørere
- Brandhæmmere
- Pigmenter og farvestoffer.

11.2.1. Antioxidanter og UV-absorbere

Funktion

Stabilisatorer som antioxidant og UV-absorbere tilsættes for at modvirke nedbrydning som følge af energien i solens stråling (UV-lys). Nedbrydningen kan være enten ren termisk fra UV-lyset eller kemisk under indvirkning af luftens ilt.

Specielt dobbeltbindinger, der findes i gummier, og rene C-C-bindinger, der findes i plasttyper som f.eks. PE, PP og ABS-plast, er udsatte for nedbrydning af UV-lys.

UV-absorbere anvendes for fysisk at forhindre nedbrydning (den termiske nedbrydning er en fysisk reaktion), og antioxidant anvendes for at forsinke en kemisk reaktion mellem luftens ilt og plastmaterialet.

	Selvom UV-absorbere og antioxidanter primært tilsættes for at forlænge plastmaterialernes levetid ved udendørs brug, forbedres materialernes termiske egenskaber generelt gennem tilsætningen.
<i>Nedbrydning selvkatalyserende</i>	Når nedbrydningen er startet, kan de herved dannede stoffer - ofte frie radikaler - reagere med luftens ilt, hvorved nedbrydningsprocessen katalyserer sig selv. Når reaktion med luftens ilt er sket, er plastmaterialet forandret i forhold til det oprindelige materiale. Nedbrydning ses ofte som en mørkfarvning - en gulning - af emnet.
<i>Tilsætning</i>	I mange tilfælde købes plastgranulat stabiliseret. Tilsætning af såvel UV-absorbere som antioxidanter kan også ske ved compounding eller i enkelte tilfælde under selve forarbejdningsprocessen. Tilsætningen sker normalt i små mængder af størrelsesordenen 0,05 % til 1 % af råmaterialet.
<i>UV-absorbere</i>	Den mest effektive UV-absorber er carbon black, der virker ved at give skyggeeffekt og dermed forhindrer at solens energi afsættes i plastmaterialet. Carbon black har den ulempe, at den farver materialet gråt eller sort. Store mængder hvid pigment, titaniumdioxid, kan også anvendes som UV-absorber ligesom andre typer metaloxider. Flere af disse andre typer metaloxider med god effekt er dog i miljømæssig sammenhæng uønskede, idet de indeholder tungmetalioner. Disse anvendes ikke længere i Vesteuropa. Nogle UV-stabilisatorer absorberer energien fra lyset og forhindrer dannelse af frie radikaler. Stoffer med disse egenskaber er af typen benzophenoner. De virker ved at fratage energien fra de dannede frie radikaler, således at radikalerne ikke så let kan reagere med andre stoffer og forværre nedbrydningen. UV-absorbere kan i tynde emner og i overfladelag ikke tilsættes i tilstrækkelig mængde til at forhindre nedbrydning. Derfor tilsættes sådanne emner ofte en anden type stoffer, de såkaldte quenchers. Quenchers er ofte opbygget omkring metalioner som nikkel, kobber, jern, cobalt, titan. Nogle UV-absorbere kan levnedsmiddelgodkendes.
<i>Antioxidanter</i>	Der findes mange typer antioxidanter. De kan deles op i flere grupper, primære antioxidanter, sekundære antioxidanter, aminholdige antioxidanter og metallerivater. Såvel aminholdige antioxidanter og metallerivater kan betragtes som sekundære antioxidanter. Forskellen mellem en primær og en sekundær antioxidant kan noget forenklet beskrives som, at den primære antioxidant reagerer med den dannede frie radikal fra den begyndende nedbrydning, mens den sekundære antioxidant danner et mellemprodukt, der forhindrer den videre nedbrydning.

Miljømæssige egenskaber

Hvilken type antioxidant, der foretrakkes, afhænger af mange ting, og tilsætningen vil ofte blive vurderet ud fra en generel betragtning af ønskede egenskaber for det pågældende plastemne.

De primære og sekundære antioxidant indeholder ofte phenolgrupper, der kan fratage energien fra de frie radikaler og dermed hindrer nedbrydningen. De aminholdige antioxidant indeholder en amingruppe, der virker på lignende vis.

Nogle antioxidant kan levnedsmiddelgodkendes.

Det er svært at generalisere om de miljømæssige egenskaber for UV-absorbere og antioxidant, idet det drejer sig om en meget stor og meget forskelligartet gruppe af kemiske stoffer. Generelt kan dog siges, at stoffer indeholdende tungmetaller skal undgås.

Carbon black giver ikke miljømæssige problemer, men kan hos råvareproducenterne give arbejdsmiljømæssige problemer i form af kulstøv. Desuden anses carbon black (respirabelt og ekstrakter) for at være kræftfremkaldende iht. Arbejdstilsynet.

Stofferne tilsættes i små mængder, hvorfor de let overses i en samlet miljømæssig vurdering.

11.2.2 Varmestabilisatorer

De fleste plastmaterialer er termisk nedbrydelige, hvilket betyder, at de nedbrydes ved opvarmning. Hvis den termiske stabilitet er dårlig, påbegynder nedbrydningen allerede under forarbejdningen, hvilket giver et plastmateriale/ -emne, der allerede fra starten har nedsatte egenskaber i forhold til, hvad det kunne have.

For at forhindre termisk nedbrydning kan der tilsættes varmostabilisatorer. Chlorholdige plastmaterialer er specielt udsatte for termisk nedbrydning, da C-Cl-bindingen er en svag binding. Ved nedbrydningen af chlorholdige plast dannes HCl, der katalyserer den videre nedbrydning. Udviklingen af HCl er desuden arbejdsmiljømæssig såvel som maskinteknisk problematisk, idet den ætser og forårsager rustdannelse på forme af stål.

Af chlorholdige plastmaterialer er PVC den mest anvendte. PVC varmostabiliseres, så den kan tåle opvarmning til en temperatur på 180°C i 10 minutter eller efter behov.

Varmestabilisatorer til PVC indeholder i de fleste tilfælde metalioner. Indtil for få år siden indeholdt næsten alle PVC-varmostabilisatorer bly, idet bly ud over at stabilisere produktet også virkede som smøremiddel i forarbejdningsprocessen. I dag er det i Danmark forbudt at anvende blyholdige stabilisatorer i plast.

Miljømæssige egenskaber

Varmestabilisatorer til PVC består i dag fortrinsvis af barium/zink-, calcium/zink- eller tinholdige produkter. Sidstnævnte bruges hovedsageligt i transparente produkter som f.eks. tagplader.

De største problemer med varmemestabilisatorer er i genbrugsleddet, idet det ikke umiddelbart kan ses på emner, om de indeholder bly eller andre metalioner. Derfor skal emnerne analyseres for metalionerne, før de kan blandes til genbrug.

11.2.3 Blødgørere

Plastmaterialer tilsættes blødgørere for at få et mere fleksibelt materiale. Blødgørere kan tilsættes til plast findes på 2 forskellige måder, nemlig som:

- Indre blødgørere
- Ydre blødgørere.

Indre blødgørere

De indre blødgørere er copolymeriseret ind i materialet og vil derfor ikke migrere ud af materialet. Eksempler på indre blødgørere i plast er butadiendelen i ABS-plast og SB-plast. De indre blødgørere vil ikke blive behandlet i dette afsnit.

Ydre blødgørere

Ydre blødgørere er i princippet opløsningsmidler, der tilsættes et polymersystem for at gøre materialet fleksibelt, og som ofte virker ved at nedsætte materialets glasovergangstemperatur. Ydre blødgørere skal derfor kunne opløse polymeren. Mængden af blødgørere, der tilsættes et enkelt system afhænger af polymeren, opløsningsmidlet og af, hvor fleksibelt materialet ønskes.

Mange plastmaterialer kan i princippet blødgøres ved at tilsætte et opløsningsmiddel.

Mængden af blødgørere til plast er normalt mellem 10-60 %, dog tilsættes normalt kun op til 40 % til tekniske formål.

Migration

De ydre blødgørere kan migrere ud af materialet, hvis de kommer i kontakt med emner, der kan optage blødgøringsmidlet. Hvis temperaturen ændres, vil blødgørere eventuelt også kunne afgives fra overfladen, idet mængden af blødgørere, der kan optages i et (andet) materiale afhænger af temperaturen. Oftest er forholdet sådant, at jo højere temperatur des større mængde blødgørere kan der optages i et materiale.

PVC

I praksis er det mest PVC, der tilsættes ydre blødgørere og derved fremkommer materialet blødt PVC.

PVC blødgøres med mange forskellige opløsningsmidler. De mest anvendte er phthalaterne, der er estere af phthalsyrerne (dicarboxylsyrer med en aromatisk ring). Blandt disse er DEHP den mest anvendte.

Phthalater optages let i PVC, men har også tendens til at migrere ud igen, specielt hvis de har mulighed for at optages i fedtholdige materialer.

Andre blødgørere til PVC er på vej ind på markedet og anvendes allerede i mange tilfælde. Men de fleste af alternativerne til phthalaterne er væsentlig dyrere end phthalaterne og vil også migrere ud af materialet.

Alternativerne til phthalaterne er adipater, hvilket betyder, at det er estere af alifatiske dicarboxylsyre.

Adipater og sebacater er blandt de mest anvendte alternativer til phthalaterne. Blandt dem findes stoffer som DOA, SOA og DEHA. Epoxyderet sojaolie kan ligeledes tilsættes PVC som blødgørere. Epoxyderet sojaolie har stor resistens mod migration og er derfor anvendelig i mange applikationer.

Miljømæssige egenskaber

Nogle phthalater er mistænkt for at have østrogenlignende effekt på såvel mennesker som dyr. Disse phthalater ønskes derfor erstattet af andre blødgørere. Der er desuden hygiejniske grænseværdier for de fleste af de anvendte phthalater.

For nærværende er phthalater, adipater og sebacater de absolut mest anvendte blødgørere. Der eksperimenteres med og forskes dog meget i at finde andre gode alternativer, som også er pris- og forarbejdningmæssige fordelagtige. Blandt disse er forskellige vegetabiliske olier og estere heraf samt epoxiderede forbindelser heraf.

11.2.4 Brandhæmmere

Brandhæmmere tilsættes plastmaterialer, fordi mange plasttyper brænder godt. Plast nedsmelter eller nedbrydes desuden ved relativt lave temperaturer sammenlignet med de øvrige materialegrupper.

Plastmaterialer med halogener (Cl og F) brænder dårligere, da halogenerne virker brandhæmmende.

Brand og plast er på flere måder problematisk, idet brand i plast kan føre til flere forskellige påvirkninger af miljøet afhængig af plasttype og mængde og selve omstændighederne under branden f.eks. iltforhold eller tilstedeværelse af andre materialer.

Oxygenindeks

Plasts brandbarhed måles på flere måder. Oxygenindekset er et vigtigt mål for vurdering af plastics mulighed for at brænde. Oxygenindekset (LOI) er det laveste oxygenindhold i en oxygen-nitrogen-blanding i hvilken en prøvestang under givne betingelser brænder. Oxygenindekset varierer fra 16-17 % for PE, PP og PS over ca. 50 % for PVC til mere end 95 % for PTFE. Glasfiber og andre uorganiske fyldstoffer forøger oxygenindekset lidt. Oxygenindeks på under 21 % betyder særdeles høj brandbarhed for materialet.

Standard UL 94 De amerikanske standarder UL 94 (Underwriters Laboratories) anvendes ofte som udtryk for materialets brandbarhed. Der er flere klassificeringer under UL 94 afhængig af, hvilken metode der er anvendt ved prøvningen.

PVC PVC er forholdsvis svær at antænde, specielt hvis det er hård PVC, men når PVC-plasten nedbrydes (ved ca. 200°C), udvikles der Cl-gasser, som omdannes til saltsyre på grund af fugt i luften. Cl-gasser og især saltsyre er stærkt korroderende. Det har betydning ved mange brande, da kabler ofte er isolerede med PVC. Andre plasttyper, blandt andet PE, drypper brændende materiale-dråber, der kan forårsage yderligere spredning af en brand.

Brandhæmning og hæmning af risikoen for antændelse kan ske ved:

- Tilsætning af brandhæmmende midler/ systemer til plasten
- Lakering af emner med brandbeskyttende lak.

Halogenerede brandhæmmere

Brandhæmmere kan være mange forskellige materialer. Halogenerede brandhæmmere, især bromerede brandhæmmere, har været og er stadig meget anvendte, idet halogener giver en fortrinlig brandbeskyttelse. Jod er bedre end brom, der igen er bedre end chlor og Fluor. Jod anvendes ikke, da jod-forbindelserne nedbrydes ved for lave temperaturer. Fluor er en god brandhæmmer, men kun i forbindelser hvor der findes en C-F-binding og anvendes derfor hovedsagelig kun i Fluorplasterne.

Nogle bromerede brandhæmmere er under udfasning (se neden for).

Antimonoxid

Antimonoxid er en god synergist til de halogenerede brandhæmmere. Ved brand omdannes antimonoxid til gasser, der virker som beskyttelsesgasser for videre brand.

Phosphorholdige brandhæmmere

Phosphorholdige brandhæmmere er specielt rød phosphor og phosphatestere. Rød phosphor kan kun anvendes til mørkfarvede emner, da den giver brun-rød farvning.

Aluminiumtrihydrat

Aluminiumtrihydrat har et højt indhold af vand, der frigives under brand og derved nedsætter brandbarheden af emnet. Dekomponeringen af aluminiumtrihydrat starter ved 205°C.

Magnesiumholdige brandhæmmere

Magnesiumhydroxid og magnesiumcarbonat dekomponerer og frigiver henholdsvis vand og kuldioxid under brand. Dekomponeringstemperaturen er her ca. 320°C.

Udover de her nævnte findes der flere andre brandhæmmere. Ofte er der blandet flere stoffer i de forskellige brandhæmmende midler eller systemer for at give den rette effekt for det enkelte emne. De enkelte brandhæmmende systemer sælges derefter som et samlet middel, der kan iblandes plastmaterialet. Valg af brandhæmmer afhænger bl.a. af plastmaterialet, idet ikke alle typer brandhæmmere lige godt indarbejdes i de enkelte plasttyper.

Miljømæssige egenskaber

Brandhæmmere tilsættes i forholdsvis store mængder, i flere tilfælde i mere end 20 %. Derved medfører indhold af brandhæmmere ofte ændringer af plastmaterialernes egenskaber, heriblandt ændring af de mekaniske egenskaber. Tilsætning af store mængder af uorganisk brandhæmmer nedsætter materialets fleksibilitet.

Bromerede brandhæmmere er effektive, men nogle af dem har betydelige miljømæssige konsekvenser og er under udfasning. Således er der fra medio 2004 EU-forbud mod brug af 2 af de mest problematiske bromerede brandhæmmere, penta-BDE og octa-BDE. Der forventes på lignende vis international regulering af andre bromerede brandhæmmere f.eks. PBB og PBDE.

De uorganiske brandhæmmere udvikler først og fremmest vand og kuldioxid ved brand og må derfor anses for at være ret uproblematisk. Men de skal tilsættes i store mængder, hvilket som nævnt kan give produktionstekniske problemer.

Ved vurdering af brandhæmmere bør der tages hensyn til, hvad der vil give mest skade; effekten af at et emne brænder eller effekten af tilsætning af brandhæmmerne. For mange materialeanvendelser er der myndighedskrav om lav brandbarhed, blandt andet til elektrisk materiel.

11.2.5 Pigmenter og farvestoffer

Pigmenter og farvestoffer tilsættes plastemner for at give dem den ønskede farve. De fleste pigmenter og farvestoffer tilsættes således udelukkende af æstetiske grunde og ikke af egentlige funktionsmæssige årsager.

Pigmenter versus farvestoffer

Plastemner kan farves enten ved indfarvning af hele emnet eller ved at coate overfladen enten gennem maling eller laminering.

Farvestoffer er opløselige stoffer. Det betyder, at de kan opløses i plastmaterialet. Pigmenter er uopløselige stoffer. Til plast tilsættes oftere pigmenter end farvestoffer, idet farvestoffer har større tendens til migration og reaktivitet med plastmaterialet og andre additiver, hvorved der kan påbegynde en nedbrydning af plastmaterialet. Farvestoffer har desuden ringe lysægtighed og ringe varmestabilitet. Derfor vil kun pigmenter blive omtalt i det følgende.

Pigmenter

Farve i et plastemne opnås enten ved at købe indfarvet materiale eller ved at tilsætte pigmenter med den ønskede farve til masterbatch. Mængden af tilsatte pigmenter er lille dvs. af størrelsesordenen 0,01 til 2 % afhængig af farve og farveintensitet.

Pigmenter kan give transparente farver eller dækkende farver. Pigmenter opdeles generelt i uorganiske, metalsalte og organiske pigmenter samt carbon black. Langt de fleste pigmenter er organiske stoffer. De uorganiske pigmenter tilsættes ofte af specielle årsager og

udgøres først og fremmest af titaniumdioxid, TiO_2 . Titaniumoxid er tungt og giver ofte en væsentlig forøgelse af emnets densitet. Det tilsættes desuden i store mængder - op til 2 %.

Metalsalte anvendes på grund af deres gode varmestabilitet og lysægtighed samt ringe tendens til migration. Metalsalte giver ligeledes ofte øget densitet.

Organiske pigmenter er mangfoldige, hvad angår såvel mulige farver som mulige kemiske sammensætninger. Alle organiske pigmenter er store komplicerede molekyler oftest indeholdende ringformede forbindelser.

Pigmenternes størrelse har stor betydning for egenskaberne af det færdige emne. Selvom pigmenter tilsættes i små mængder, er de i stand til at ændre hele emnets egenskaber væsentligt. De er i stand til at forskyde molekylkæderne i forhold til hinanden, hvorved styrken og brudforlængelsen af emnet ændres. De kan ændre emnets densitet, og de kan ændre materialets flydeegenskaber.

Det betyder, at egenskaberne for et emne kan variere, hvis emnets farve skiftes. Det hvide pigment er et stort molekyle og ændrer derfor ofte egenskaberne. Det samme gør røde pigmenter.

Specielle egenskaber af pigmenter kan bruges i funktionsmæssig øjemed. F.eks. findes der pigmenter med elektriske egenskaber, og sorte emner er oftest tilsat carbon black, der også virker UV-stabiliserende. Pigmenter kan også tilsættes for at opnå bedre udendørsstabilitet.

Indarbejdning

Indarbejdning af pigmenter i et emne afhænger af pigmentets forenelighed med plastmaterialet. Nogle pigmenter er således nemmere at indarbejde i et materiale end i et andet. Derfor kan man ikke generelt sige, at et bestemt pigment er et godt og nemt at arbejde med. Det vil helt afhænge af, hvilket plastmateriale, pigmentet skal indarbejdes i.

Miljømæssige egenskaber

Miljømæssige egenskaber for pigmenter er svære at generalisere, idet mangfoldigheden er så stor. Brug af uorganiske pigmenter og metalsalte i plastmaterialer baseret på cadmium, kviksølv og andre uønskede metaller er forbudt i Danmark. Der findes andre organiske og mindre miljøproblematisk pigmenter, som kan erstatte de tungmetalholdige pigmenters gule, røde og orange farver. Dog skal erstatningspigmenterne ofte tilsættes i større mængder og kan som en følge heraf give andre uønskede ændringer i plastmaterialets egenskaber.

I visse plastemner er det særligt væsentligt, at det tilsatte pigment ikke er toksisk. Det gælder specielt emner, der anvendes i forbindelse med fødevarer og legetøj. Her bør kun anvendes pigmenter, der er godkendte til at komme i kontakt med fødevarer.

11.3 Proceshjælpemidler

De additiver, der tilsættes som proceshjælpemidler, kan typisk inddeles i 2 kategorier:

- Smøremidler
- Slipmidler.

Der kan forekomme andre proceshjælpemidler end ovennævnte.

11.3.1 Smøremidler

Funktion

Smøremidler eller lubricanter tilsættes til et polymersystem for at mindske friktionen mellem støbeformen og den flydende plast og for at nedsætte viskositeten mellem de enkelte molekyler.

Molekyler med lange kæder skal tilsættes meget energi for at kunne flyde let og ubesværet. Det kan afhjælpes ved tilsætning af smøremidler. Derved kan procestemperaturen formindskes og nedbrydning af materialet undgås.

Som smøremiddel anvendes molekyler, der flyder nemt.

Voks mv.

Voks og kortkædede polymermolekyler af næsten enhver slags anvendes ofte som smøremiddel. Voks er egentlig det samme som polymere med meget korte molekyllkæder, hvorfor voks ofte er blandbar med plastsystemer.

Når kortkædede polymermolekyler anvendes, kan man enten benytte kortkædede molekyler af den type, der er hovedpolymeren i det anvendte plastsystem, eller man kan anvende kortkædede hydrocarboner, i praksis ofte kortkædede polyethylenere.

Stearinsyre- og montanasyrevoks er ofte anvendte vokstyper som smøremiddel. Der findes andre typer voks, som anvendes, men de 2 nævnte er de billigste og mest anvendte typer.

Miljømæssige egenskaber

Stearinsyre er fremstillet af animalske eller vegetabiliske fedtstoffer og er nedbrydelig i naturen. Montanasyre er udvundet ud fra fossile materialer og fås ofte som et biprodukt ved udvinding af brunkul og andre kul. Montanasyre er nedbrydelig i naturen.

De kortkædede polymeres nedbrydelighed er som de tilsvarende polymeres, blot vil nedbrydningstiden være kortere, da kæderne er kortere.

Smøremidler forventes at skulle nedbrydes i processen på grund af temperaturen. Det er ønskeligt, at smøremidler nedbrydes i stedet for, at polymeren nedbrydes. På grund af smøremidlers nedbrydning vil materialet have ændret sig fra første gennemkørsel til senere gennemkørsler. Det har betydning ved genanvendelse af materialerne.

11.3.2 Slipmidler

<i>Funktion</i>	Slipmidler anvendes for at få det færdige emne til at slippe formen efter endt formgivning. Slipmidler kan enten tilføres formen særskilt eller kan tilsættes polymersystemet.
<i>Typer</i>	Når slipmidler tilføres formen særskilt, er slipmidlet ofte voksarter som stearinsyrevoks eller montanavoks. Andre systemer kan også bruges, idet grafit, Fluorcarboner, silikonevoks og molybdænsulfid er anvendte slipmidler. Hvilken type slipmiddel, der anvendes, afhænger af polymertypen, af temperaturen og af formens størrelse, Stearinvoks og montanavoks er de billigste slipmidler. Grafit, molybdænsulfid og Fluorcarboner er dyrere. Når slipmidlerne tilsættes polymersystemet er det væsentligt, at de er afstemt efter polymeren, således at de i processen afstødes fra polymeren og arbejder sig ud til overfladen. Derved vil slipmidlerne give den ønskede slipeffekt på overfladen under afformningen. I flere systemer anvendes smøremidler også som slipmidler.

11.4 Armerings- og fyldstoffer

11.4.1 Fibre

<i>Funktion</i>	Fibre tilsættes plastmaterialer for at give en styrkeøgende effekt. Fibre tilsættes såvel termoplastiske materialer som hærdeplastiske materialer, men det største forbrug af fibre forekommer inden for hærdeplastiske materialer. Fibre kan opdeles i 4 hovedgrupper: • Glasfibre • Kulfibre • Kevlar eller aramidfibre • Naturfibre. Her betragtes såvel korte som lange fibre. Glas i kugleform behandles sammen med fibrene.
<i>Glasfibre</i>	Glasfibre er det mest anvendte forstærkningsmateriale til plastemner. Glas anvendes på grund af stor styrke og stivhed kombineret med en lav pris. Glas anvendes som lange, korte eller kugleformede fibre. Glas anvendes i mange udformninger, idet det kan være vævet eller oplagt på mange forskellige måder. Glasfibre er klare og svagt grønne. Glas er et uorganisk materiale, der findes i mange kvaliteter. E-glas er et bor-silikatglas og er i dag det mest anvendte glas til fiberglas. A-glas er et næsten rent natrium-silikatglas med gode almene egenskaber. C-glas

er et kemisk resistent glas, der anvendes til produkter, der kræver stor holdbarhed overfor sure og basiske stoffer.

Glas anvendes i termoplastiske emner med 20-40 % indhold. I hærdeplastiske emner anvendes typisk mellem 35-75 % glas. En glasprocent på omkring 50 % glas er almindeligt.

Coupling agents

Glasfibre er behandlet på overfladen med coupling agents for at kunne befugtes med og vedhæftes til polymeren. De anvendte coupling agents er forskellige afhængig af, hvilken polymer de skal anvendes til. Det betyder, at et glasvæv, der er behandlet til brug sammen med umættet polyester ikke nødvendigvis kan anvendes til epoxy og omvendt.

Nogle typer glasmåtter er desuden behandlet med phenolholdigt lim for at kunne holdes sammen.

Glasfibre kan ikke brænde og giver derfor ikke bidrag til energi ved afbrænding af glasholdige plastprodukter.

Kulfibre

Kulfibre er fibre fremstillet af acrylonitril afbrændt for hydrogen og nitrogen til rene kulfibre. Kulfibre udmærker sig ved at have stor stivhed og stor styrke sammen med god bøjelighed. Kulfibre er stærkere, stivere og dyrere end glasfibre. Kulfibre er sorte og anvendes som lange fibre. Kulfibre er gode at binde med epoxy og anvendes derfor fortrinsvis sammen med det.

Kulfibre brænder ikke og giver derfor ikke bidrag til energi ved afbrænding af kulfiberholdige materialer. Kulfibrene besidder en sådan værdi, at det i princippet kan være fordelagtigt at genindvinde dem, men erfaringerne hermed er begrænsede.

Kevlar

Kevlar er et aramidfiber. Kevlar besidder god fleksibilitet forbundet med stor styrke. Desuden har Kevlar gode balistiske egenskaber, hvilket vil sige, at Kevlar forøger et materials gennemstikningskraft væsentligt. Derfor bruges Kevlar meget til dækforstærkning, hvor Kevlaren forhindrer punktering af dækket. Kevlar er gulfarvet.

Kevlar anvendes såvel til hærdeplast som til termoplast. Kevlar er dyr.

Naturfibre

Naturfibre som hør og hamp anvendes som fiberforstærkning i polymere materialer. Naturfibrene er alle cellulosefibre, der er udvundet af fornybare ressourcer. Naturfibre er grå til gullige i farven, hvilket giver visse begrænsninger i brug.

Gode styrker og stivheder kan opnås ved at anvende naturfibrene som forstærkningsmateriale.

Naturfibre vil kunne optage fugt. Ved fugtoptag kan fibrenes styrke og deres vedhæftning til plast ændres. Desuden kan en forrådnings finde sted. Derfor skal det ved forarbejdningen sikres, at fibre ikke ved senere brug vil kunne optage fugt.

Miljømæssige egenskaber

Fibrene er som nævnt udvundet af en fornybar ressource, hvorfor de per definition ikke giver bidrag til CO₂-udledningen, når de forbrændes. Materialerne er naturligt nedbrydelige.

Naturfibre vil formentlig blive mere udbredt i fremtiden, og der forskes pt. meget i brug af naturfibre.

11.4.2 Fyldstoffer

Fyldstoffer kaldes også "fillers". Der anvendes store mængder fyldstoffer til plastemner.

Funktion

Fyldstoffer kan tilsættes for at forbedre materialets styrke eller for at give en bestemt effekt f.eks. en bestemt overfladeeffekt. Men oftest tilsættes fyldstoffer for at nedsætte prisen på slutproduktet.

Kridt og kalk

Anvendte fyldstoffer er kridt, kalk, sand, carbon black, savsmuld, træmel, bomuldstaver, aluminiumhydroxid, bariumsulfat og mange andre stoffer. Kun fantasien og mulighederne for at indarbejde fyldstoffer i plastmaterialet sætter grænser for, hvilke stoffer der kan anvendes. Kridt og kalk kan forøge plastens mekaniske styrkeegenskaber. Samtidig med at styrken stiger, formindskes brudforlængelsen. Kridt og kalk skal overfladebehandles med stearinsyre eller en anden voksart for at kunne indarbejdes i plast. Kridt og kalk anvendes blandt andet i PVC og PP og er ofte indeholdt i gummicompounds.

Sand mv.

Sand og andre silikater samt aluminiumhydroxid forøger ligeledes plastens mekaniske styrke og nedsætter brudforlængelsen. Tilsætning af disse stoffer forøger desuden plastens slidstyrke.

Cellulosefibre

Savsmuld, bomuldstaver og træmel forøger den akustiske dæmpning på plastemner.

Carbon black

Carbon black farver plastemner sorte. Carbon black forøger desuden emnernes UV-stabilitet og anvendes en del til dette formål. Carbon black tilsættes i store mængder i gummicompounds, hvor det virker dels som UV-stabilisator og dels som slidforstærkende materiale, idet carbon black sammen med gummi giver en synergistisk effekt på sliddet.

Miljømæssige egenskaber

Blypulver tilsættes som fyld- og forstærkningsstof i specialprodukter, der skal anvendes til særlig beskyttelse mod radioaktiv stråling fra f.eks. røntgenkilder på hospitaler og laboratorier.

Fyldstoffer giver i almindelighed ikke miljømæssige problemer. Størstedelen af dem er enten uorganiske stoffer (kridt, sand etc.) eller stoffer af vegetabilsk oprindelse (savsmuld, bomuldstaver).

Blyholdige produkter anvendes kun i meget begrænset omfang til specialprodukter. Generelt er der i Danmark forbud mod blyholdige produkter.

Referencer (DEL IV)

- 1 *F. Rodriguez: Principles of Polymer Systems, Wiley 1998, ISBN 1-560-32939-4*
- 2 *C. Karlsson og Josef Kubat: Materialval och materialdata, Mekanförbundets Forlag, 1987, ISBN 91-524-0915-5*
- 3 *L. Borch Pedersen: Plast og miljø, Teknisk Forlag, 1999, ISBN 87-571-2197-4*
- 4 *K. Hastrup, Plast og gummiståbi, Teknisk Forlag, 1992, ISBN 87-571-1380-7*
- 5 *K. Skaarup: Polymerkemi og –teknologi, DIA-K 1990*