

504.064.43

B92-5

Wenzel

redaktør

Miljøvurdering i produktudviklingen

- 5 eksempler



UMIP

Udvikling af miljøvenlige industriprodukter

Instituttet for Produktudvikling, Danmarks Tekniske Universitet
Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen
Dansk Industri

**Publikationer og støtteværktøjer
fra UMIP-programmet:**

Ledelsen



**Miljødimensionen i produktet
- en introduktion til virksomhedens ledelse**

Miljøspecialisten



Miljøvurdering af produkter



Baggrund for miljøvurdering af produkter

Produktudvikleren



Miljørigtig konstruktion

Støtteværktøjer



PC-Software



**UMIP
enhedsprocesdatabase**

**Miljøspecialisten og
produktudvikleren**



**Miljøvurdering i produktudviklingen
- 5 eksempler**

Henrik Wenzel
redaktør

Miljøvurdering i produktudviklingen

- 5 eksempler

MILJØSTYRELSEN
BIBLIOTEK
STRANDGADE 56
1401 KØBENHAVN K.

UMIP

Udvikling af miljøvenlige industriprodukter

Instituttet for Produktudvikling, Danmarks Tekniske Universitet
Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen
Dansk Industri



Miljøvurdering i produktudviklingen

- 5 eksempler

Redaktør:

Henrik Wenzel, Institutet for Produktudvikling, Danmarks Tekniske Universitet

Udgivelse: Marts 1996

Redaktionen afsluttet december 1995

Sidetæl: 218

Oplag: 650

Udgivere:

Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen

ISBN 87-7810-535-8

Dansk Industri

ISBN 87-7353-200-2

Grafisk tilrettelæggelse: Ipsen & Parmo, København

Udarbejdelse af vignetter: Flemming Vestergaard,
Institutet for Grafisk Kommunikation, DTU

Fotos er venligst udlånt af Bang & Olufsen A/S, Danfoss A/S, Gram A/S, Grundfos A/S og KEW Industri A/S.

Tryk: Nørhaven A/S, Viborg

Bogen kan købes hos:

Dansk Industri, DI Bøger & Pjecer: Tlf.: 33 77 33 77 / Fax: 33 77 33 00

Miljøbutikken: Tlf.: 33 37 92 92 / Fax: 33 92 76 90

Statens Information: Tlf.: 33 37 92 28 / Fax: 33 37 92 99

Pris: Kr. 495,00 ekskl. moms. / kr. 618,75 inkl. moms.

Dansk Industri yder rabat til medlemmer af Dansk Industri på 50% (før forsendelse og moms).

| | |
|---|-----|
| Formandskabets forord | 4 |
| Redaktørens forord | 6 |
| Indledning | 7 |
| ■ Bogens indhold | 7 |
| ■ Læsevejledning | 8 |
| ■ Vejledning i brug af resultaterne | 9 |
| ■ Database | 9 |
| ■ Metodegrundlag | 10 |
| | |
| Miljøvurdering i produktudviklingen - 5 eksempler | 11 |
| ■ Gram A/S: Køleskab Anne-Marie Mose, Henrik Wenzel og Michael Hauschild | 13 |
| ■ Bang & Olufsen A/S: Fjernsyn Rikke Nedermark, Marianne Wesnæs og Henrik Wenzel | 63 |
| ■ KEW Industri A/S: Højtryksrenser Allan Sand, Anton Sørensen og Nina Caspersen | 109 |
| ■ Grundfos A/S: Pumpe Nils Thorup, Nina Caspersen og Elisabeth Rasmussen | 145 |
| ■ Danfoss A/S: Elektrohydraulisk aktiveringsenhed Kirsten Stentoft, Hanne Erichsen og Michael Hauschild | 175 |
| | |
| Referencer | 210 |
| Ordliste | 212 |
| Forarbejde til bogen | 218 |

Formandskabets forord

For få år siden opstod der en erkendelse af, at en løsning af miljøproblemerne ved industrielle produkter ikke kan ske alene ved at fokusere på industriens produktionsprocesser. Man må fokusere på produkterne i hele deres livsforløb, og miljøforholdene skal inddrages allerede i produktudviklingen.

I sommeren 1990 drøftede professor Leo Alting med direktør Hans Kirk, Danfoss A/S, anvendelsen af livscyklustankegangen som grundlag for udvikling af miljøvenlige industriprodukter, og Leo Alting udarbejdede et programforslag. Miljøstyrelsen havde lignende visioner og indstillede programmet til godkendelse i Rådet vedrørende genanvendelse og mindre forurenende teknologi. Rådet bevilgede i foråret 1991 tilskud til programmet, som fik navnet "Metoder og Værktøjer til Udvikling af Miljøvenlige Industriprodukter" forkortet til UMIP.

Programmets formål var:

- at udvikle metoder til miljøvurdering af komplekse industriprodukter
- at udvikle retningslinier for udviklingsfunktionen til konstruktion af miljøvenlige industriprodukter
- at udvikle en database og et PC-værktøj til støtte for miljøvurdering
- at implementere metoder og værktøjer i partnervirksomhederne

Programmet har været et samarbejde mellem Institut for Produktudvikling, Institut for Arbejdsmiljø, Laboratoriet for Økologi og Miljølære og de fem danske virksomheder: Bang & Olufsen A/S, Danfoss A/S, Gram A/S, Grundfos A/S og KEW Industri A/S samt Dansk Industri.

UMIP-programmet er nu afsluttet, og resultaterne foreligger, som vist i figur 1, i form af bøgerne: "Miljødimensionen i produktet", "Miljøvurdering af produkter", "Baggrund for miljøvurdering af produkter", "Miljørigtig konstruktion" og "Miljøvurdering i produktudviklingen - 5 eksempler" samt et PC-baseret værktøj med database til støtte for miljøvurderingen.

Resultaterne har tiltrukket sig både national og international opmærksomhed og udgør betydningsfulde byggesten på vejen mod en produktorienteret miljøpolitik, som Miljø- og Energiministeriet arbejder på.

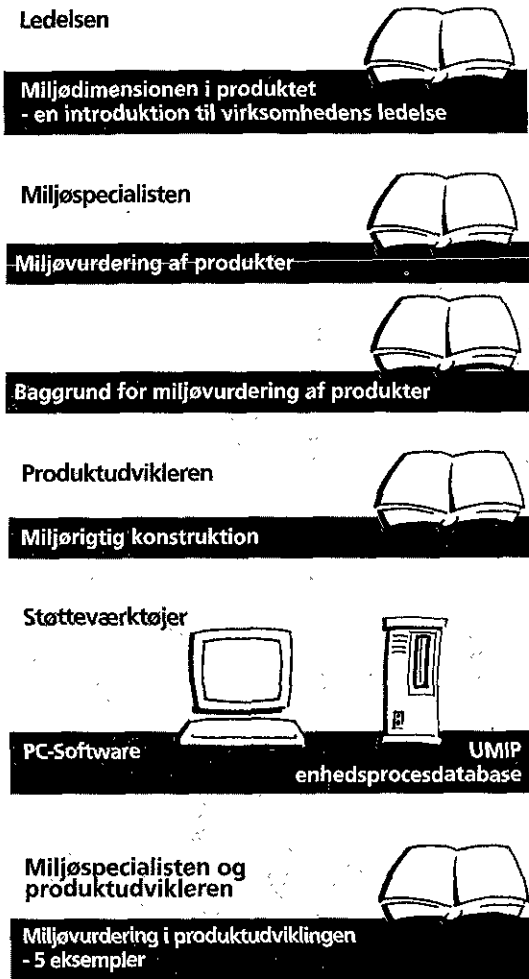
Vi vil derfor opfordre industrien til at lade sig inspirere af og til at anvende UMIP-værktøjerne som et væsentligt element i varetagelsen af virksomhedernes miljømæssige ansvar.

Gennem programmets afvikling har et stort antal personer bidraget konstruktivt og engageret til resultatskabelsen, og Formandskabet vil gerne udtrykke en dybtfølt tak til alle medvirkende ledere og medarbejdere i samarbejdende virksomheder og institutioner.

Endvidere vil Formandskabet også udtrykke en tak til den af Miljøstyrelsen nedsatte følgegruppe.

UMIP-formandskabet

| | | |
|----------------|-------------------|-----------------------------------|
| Søren Dalby | Hans Jürgen Stehr | Leo Alting |
| Grundfos A/S | Miljøstyrelsen | Instituttet for Produktudvikling, |
| Underdirektør, | Kontorchef | Danmarks Tekniske Universitet |
| UMIP-formand | | Professor, programleder for UMIP |



Figur 1. UMIP-værktøjerne

UMIP-organisation

Programledelse: Institutet for Produktudvikling

Formandskab: Grundfos A/S, Miljøstyrelsen og Institutet for Produktudvikling.

Partnere

Grundfos A/S, Danfoss A/S, Gram A/S, KEW Industri A/S, Bang & Olufsen A/S, Laboratoriet for Økologi og Miljølære, Institut for Arbejdsmiljø, Institutet for Produktudvikling, Området for Almen Procesteknik, Dansk Industri samt Miljøstyrelsen.

Følgegruppe

LO, Kvindeligt Arbejderforbund, Rådet for Renere Teknologi og Genanvendelse, Danmarks Naturfredningsforening, Direktoratet for Arbejdstilsynet, Energistyrelsen samt Dansk Design Center.

Den samlede UMIP-organisation er præsenteret i "Miljødimensionen i produkter".

Redaktørens forord

Denne bog indeholder fem eksempler på miljøvurderinger af industriprodukter på virksomhederne Gram A/S, Bang & Olufsen A/S, KEW Industri A/S, Grundfos A/S og Danfoss A/S.

Bogen viser resultater af miljøvurderingerne, og den viser, hvordan de er brugt i produktudviklingen og som grundlag for en produktorienteret miljøpolitik på virksomhederne. Der er lagt vægt på at dokumentere miljøvurderingsmetoden og at vise, hvilke typer af resultater metoden kan give. Bogen skal derfor ses som et bibliotek af eksempler på løsning af de miljøopgaver, som miljøspecialisten og produktudvikleren står over for i arbejdet med miljø i produktudviklingen.

Bogens vigtigste budskab er, at "det kan lade sig gøre". Eksemplerne fra de fem danske virksomheder viser, at miljøvurderinger kan udføres, og at resultaterne er meget brugbare i arbejdet med at indbygge miljøhensyn i nye produkter. Virksomhedernes erfaring er, at miljøhensyn kan indgå i produktudviklingen på lige fod med alle andre hensyn, og alle virksomheder har haft succes med at udvikle mere miljøvenlige produkter.

Bogens primære målgruppe er miljøspecialisten, dvs. den person, der har ansvaret for miljøvurdering af virksomhedens produkter. Miljøspecialisten kan enten være en medarbejder på virksomheden eller en konsulent, som virksomheden bruger til opgaven. Den sekundære målgruppe er produktudvikleren, som især har glæde af kapitel 2, 3 og 4 i hvert eksempel, hvor miljøvurderingen omsættes til brugbar viden for produktudviklingen.

En målgruppe er desuden studerende, der på universiteter og højere læreanstalter beskæftiger sig med produkters miljøforhold.

Eksemplet for Gram A/S er gennemlæst og review'et fagligt af Tomas Ekvall, Chalmers Industriteknik, og kommentarerne fra dette review er i vid udstrækning indarbejdet i alle eksemplerne. Det bemærkes dog, at ansvaret for resultater og vurderinger alene er forfatterens.

Det er forfatterens og redaktørens håb, at bogen kan give inspiration til andre virksomheder i arbejdet med vurdering og forbedring af produkters miljøegenskaber.

Henrik Wenzel

Instituttet for Produktudvikling

Bogens indhold

Bogen indeholder 5 produktseksempler, ét for hver virksomhed: et køleskab, et fjernsyn, en højtryksrenser, en pumpe og en elektrohydraulisk aktiveringsenhed til en hydraulisk ventil. Hvert produkt er miljøvurderet og erfaringerne fra miljøvurderingen er brugt på virksomheden på forskellige måder, dels i produktudviklingen, dels i målsætninger, strategier og miljøpolitikker.

Hvert eksempel er inddelt i fire kapitler:

1. **Miljøvurdering:** udpeger produktets væsentligste ressourceforbrug og potentialer for miljøeffekter og arbejdsmiljøeffekter. Udpeger samtidig, hvilke komponenter og hvilke faser i produktets livsforløb der bidrager mest.
2. **Miljødiagnose:** gennemgår miljømæssige forbedringsmuligheder for produktet og udpeger, hvor i produktet de sidder.
3. **Miljømålsætning:** analyserer konkurrencerammerne på markedet, dvs. kundernes miljøopfattelse af produktet og konkurrenternes miljømæssige placering. Viser derefter, hvilke miljømålsætninger for produkttypen som denne analyse sammen med miljøvurderingen og miljødiagnosen giver anledning til.
4. **Miljøhensyn i nye produkter:** viser de miljøhensyn, som virksomheden har indbygget i nye produkter, og beskriver virksomhedens erfaringer med miljøarbejdet i produktudviklingen.

Figur 2 viser opbygningen af det enkelte eksempel.

Figur 2. Opbygningen af hvert eksempel



Læsevejledning

I tabel 1 er der givet en oversigt over, hvor i bogen de forskellige emner gennemgås i hvert af de fem eksempler.

Hvis man som læser har særlig interesse i en bestemt produkttype eller i at se metoden brugt i sin helhed, kan ét eksempel læses fra ende til anden. Hvis man derimod har særlig interesse i et bestemt emne og ønsker at se erfaringer fra flere produkter samtidig, kan man læse om dette emne på tværs af eksemplerne.

Følgende bemærkninger kan være en hjælp til at disponere læsningen: Selve miljøvurderingen i eksemplernes kapitel 1 er nogenlunde ensartet beskrevet for de fem eksempler, og tilsvarende gælder miljømålsætningen i kapitel 3. Miljødiagnosen (kapitel 2) er derimod mest detaljeret beskrevet i eksemplet for Gram A/S, og arbejdet med miljøhensyn i produkterne (kapitel 4) er mest detaljeret beskrevet i eksemplet for Bang & Olufsen A/S. I dokumentationen af metoden som helhed er den største detaljeringsgrad vist i eksemplerne fra Gram A/S og Bang & Olufsen A/S.

Figur 1. Udvidet indholdsfortegnelse

| | Gram | B&O | KEW | Grundfos | Danfoss |
|---|----------|----------|-----------------|----------|-------------------------|
| | Køleskab | Fjernsyn | Højtryksrensere | Pumpe | El.hydraktiveringsenhed |
| Miljøvurdering af produktet | 14 | 64 | 110 | 146 | 176 |
| Afgrænsning af livsforløbet | 14 | 65 | 110 | 146 | 177 |
| Udveksling med miljøet | 24 | 75 | 119 | 153 | 185 |
| Vurdering | 29 | 80 | 123 | 157 | 190 |
| Miljødiagnose for produktet | 41 | 90 | 132 | 164 | 199 |
| Simulering af ændringer | 41 | 90 | 132 | 164 | 199 |
| Hvor i produktet sidder forbedringspotentialerne? | 50 | 95 | 135 | 166 | 204 |
| Hvor i omgivelserne findes forbedringspotentialerne? | 54 | 98 | 136 | 168 | 204 |
| Miljømålsætning for produkttypen | 56 | 99 | 137 | 169 | 205 |
| Konkurrencerammer | 56 | 99 | 137 | 169 | 205 |
| Langsigtede målsætninger | 56 | 100 | 138 | 169 | 205 |
| Grundspecifikation for nye produkter | 57 | 101 | 138 | 170 | 205 |
| Miljøhensyn i nye produkter | 58 | 102 | 139 | 171 | 207 |
| Produktudvikling i virksomheden | 58 | 102 | 139 | 171 | 207 |
| Eksempler på miljøhensyn i nye produkter | 59 | 103 | 139 | 172 | 207 |
| Virksomhedens erfaringer med at inddrage miljø i produktudviklingen | 61 | 108 | 143 | 174 | - |

Vejledning i brug af resultaterne

Formålet med miljøvurderingerne i UMIP-programmet har været at skabe et videngrundlag til brug ved udvikling af nye produkter. Resultaterne i de forskellige figurer og tabeller repræsenterer derfor svar på de spørgsmål, som stilles fra produktudviklingens side, når produktets miljøforhold skal afklares, f.eks.:

- Hvilke ressourceforbrug og effektpotentialer har produktet?
- Hvor store er de?
- Hvilke effektpotentialer er de væsentligste?
- Hvor i produktets livsforløb opstår de?
- Hvilke undersøgelser i produktet er mest belastende?
- Hvor i produktet sidder de miljømæssige forbedringspotentialer?
- Hvor stærk en konkurrenceparameter er produktets miljøegenskaber?
- Hvilke parametre skal der målsættes på, og hvad bliver miljømålsætningen for produktet?

Der er lagt vægt på at præsentere resultaterne på en måde, der gør dem bedst egnede til at drage konklusioner i produktudviklingen. Sigtet med præsentationen er at vise, dels *at* det kan lade sig gøre at svare på de relevante spørgsmål, dels *hvordan* der kan svares på dem. Resultaterne kan derfor bruges som eksempler på løsninger af de miljøvurderingsopgaver, der opstår i forbindelse med produktudvikling.

Der er *ikke* lagt vægt på at *dokumentere* resultaterne ved at inkludere samtlige baggrundsdata i denne præsentation. Det ville blive for omfangsrigt, og det ligger uden for bogens formål. Datagrundlaget for hvert produkt findes på den enkelte virksomhed. Præsentationen af miljøvurderingerne er ikke tænkt som ekstern dokumentation af produktet og altså ikke rettet mod markedsføring og sammenligning med konkurrerende produkter i en salgssituation. Hvis det var formålet, ville der være lagt større vægt på dokumentationen af datagrundlaget. Resultaterne bør, som præsenteret her, derfor ikke bruges i forbindelse med markedsføring og salg.

Database

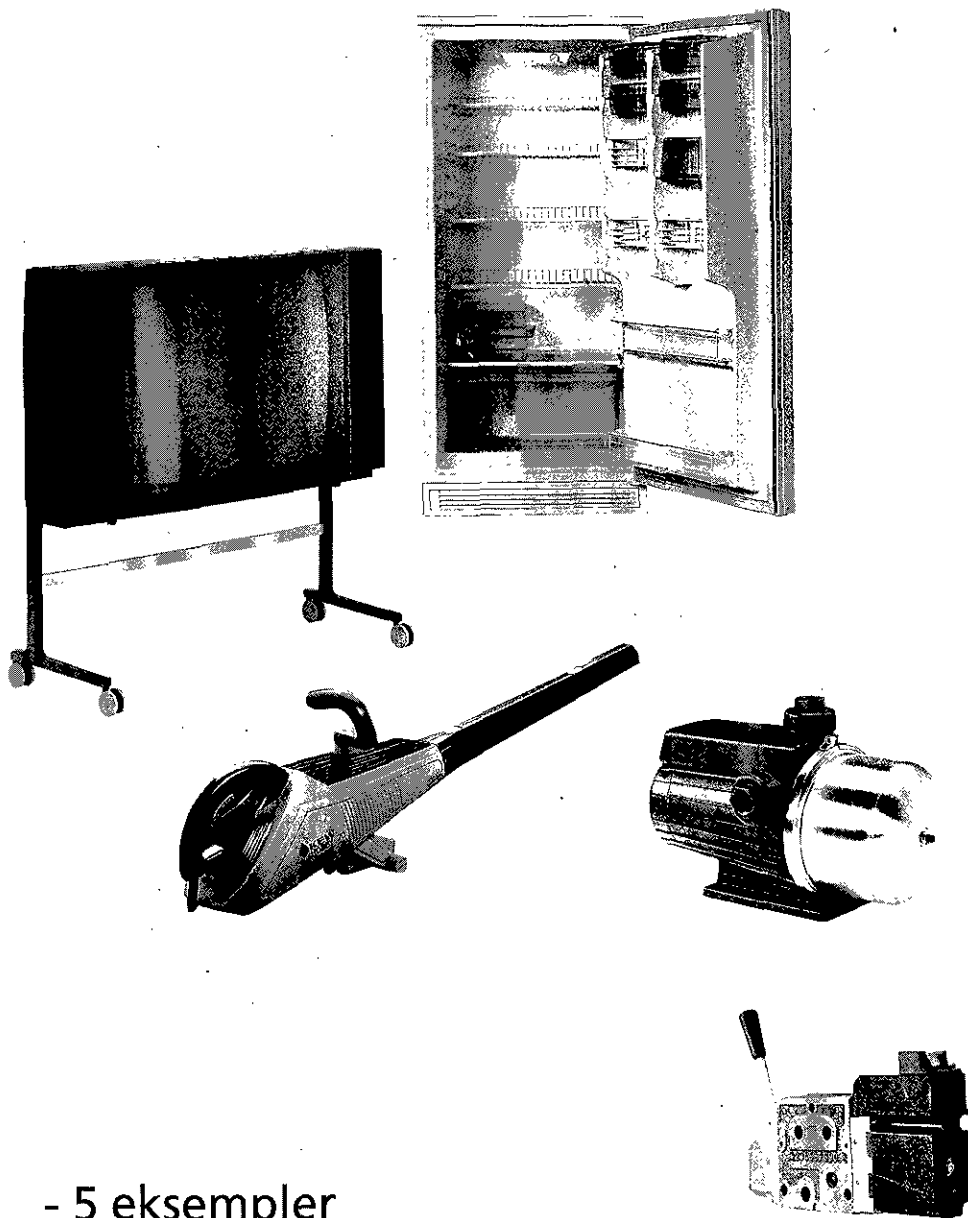
Datagrundlaget er lagret som såkaldte "enhedsprocesser" i UMIP's database (Frees, 1996), dvs. på en form, der gør dem tilgængelige og brugbare for tredjepart ved modellering og vurdering af andre industrielle produkter. En stor del af data omfatter almene processer for f.eks. materialefremstilling, energiproduktion, transport og bortskaffelse, dvs. data, som har almen interesse for miljøvurdering af produkter.

Metodegrundlag

Miljøvurderingerne er udført efter UMIP's metode, som den er beskrevet i bogen "Miljøvurdering af produkter" (Wenzel et al., 1996). Metoden forudsættes bekendt og er ikke beskrevet i denne eksempelsamling. Men resultaterne i eksempelsamlingen er så vidt muligt forklaret i teksten, og det er derfor muligt at få udbytte af at læse eksemplerne, også selv om miljøvurderingsmetoden ikke kendes i detaljer. Endvidere er begreber og enheder forklaret i ordlisten bagerst i bogen.

En forudsætning for at forstå baggrunden for resultater og figurer fuldt ud er imidlertid, at metodebeskrivelsen i "Miljøvurdering af produkter" er kendt. For den, der skal drage konklusioner ud fra resultaterne af de viste miljøvurderinger, er det en forudsætning at kende metodebaggrunden.

Miljøvurdering i produktudviklingen



- 5 eksempler

Gram A/S

Anne-Marie Mose, Gram A/S
Henrik Wenzel, Instituttet for Produktudvikling
Michael Hauschild, Instituttet for Produktudvikling



| | Side |
|--|------|
| 1. Miljøvurdering af et køleskab - LER200 | 14 |
| Afgrensning af livsforløbet | 14 |
| Udveksling med miljøet | 24 |
| Vurdering | 29 |
| 2. Miljødiagnose for et køleskab - LER200 | 41 |
| Simulering af ændringer i køleskabet eller dets livsforløb | 41 |
| Hvor i køleskabet sidder forbedringspotentialerne | 50 |
| Hvor i omgivelserne findes forbedringspotentialerne | 54 |
| 3. Miljømålsætning for køleskabe | 56 |
| Konkurrencerammer | 56 |
| Langsigtede målsætninger | 56 |
| Grundspecifikation for køleskabe | 57 |
| 4. Miljøhensyn i nye køleskabe | 58 |
| Produktudvikling hos Gram A/S | 58 |
| Eksempler på miljøhensyn i nye køleskabe | 59 |
| Grams erfaringer med at inddrage miljø i produktudviklingen | 61 |

1. Miljøvurdering af et køleskab - LER200

Køleskabet LER200 er et lavenergiskab med et indvendigt volumen på 200 l. Navnet "LER" står for det engelske "Low Energy Refrigerator" og "200" for volumenet.

Valg af referenceprodukt

Gram A/S har valgt et LER200 som referenceprodukt for miljømæssigt at sætte udviklingen af nye produkter på højeste niveau. Det er virksomhedens mest energioptimerede skab, og det er blandt de absolut mindst energiforbrugende køleskabe på markedet. Det er placeret i bedste kategori i EU's energimærkeordning, hvor kun 10% af alle de køleskabe, der indgår i mærkeordningen, findes.

Den funktionelle enhed

Køleskabets primære funktion er køling af fødevarer. Et mål for denne funktion er normalt rumindholdet og skabets temperaturklasse, dvs. det temperaturinterval, som skabet kan holde indvendigt ved en given temperatur i omgivelserne.

LER200 kan holde en konstant temperatur i intervallet 2-8°C ved en temperatur uden for skabet på 16-32°C. Som standard sættes indetemperaturen til 5°C og omgivelsestemperaturen til 25°C. Levetiden for et LER200 er sat

til at være 13 år i gennemsnit. Den primære funktionelle enhed for et LER200 defineres derfor som:

200 liter volumen afkølet i 13 år til 5°C ved en omgivelsestemperatur på 25°C.

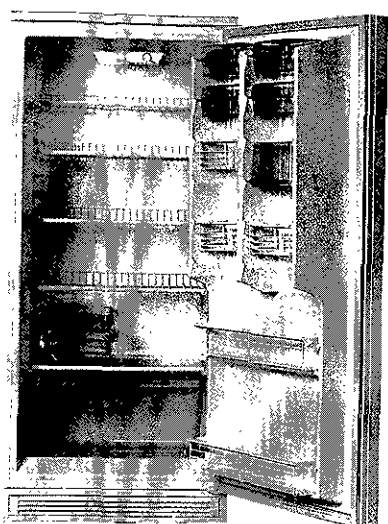
Køleskabet er endvidere karakteriseret ved nogle sekundære kvaliteter:

Det er selvafrimende, det har fordampning af smeltevand fra afrimningen, og det har en dør og et antal hylder, kurve og bokse, som vist på tegningen overfor. Disse funktioner har en holdbarhed, der svarer til levetiden.

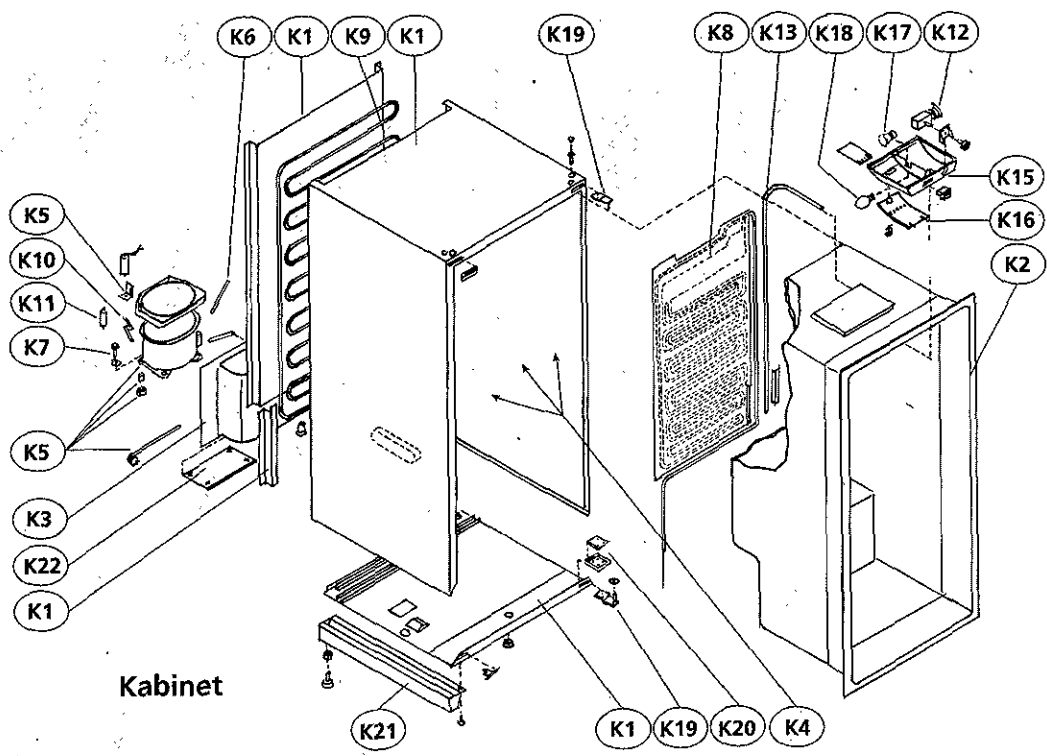
Ved sammenligning med alternativer skal det sikres, at sammenligningen sker for samme primære funktionelle enhed og for samme niveau for de sekundære kvaliteter.

Afgrænsning af livsforløbet

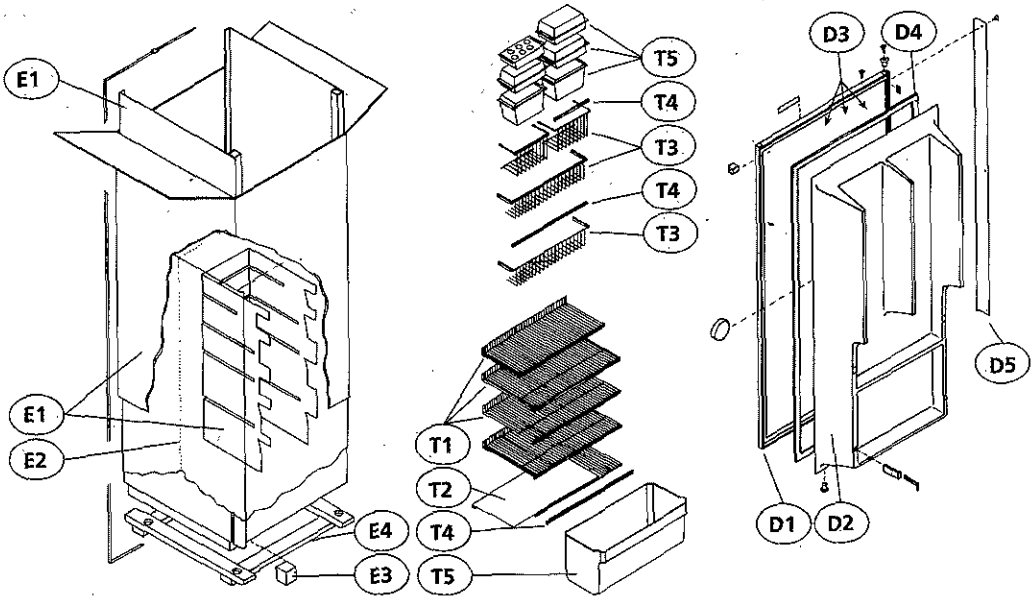
Ekspløsningstegningen i figur 2 viser et LER200 opdelt på komponenter. De er angivet med positionsnummer og beskrevet i tabel 1 i produktets stykliste på de næste sider. Her er der vist komponenternes vægt og materialeindhold samt de produktionsprocesser og hjælpstoffer, der er brugt i fremstillingen. Styklisten i tabel 1 er en forenklet udgave af den oprindelige stykliste for produktet, idet en del småemner for overblikkets skyld er slået sammen i grupper af samme materiale. Men der er ikke udeladt noget i styklisten, den dækker hele produktet.



Figur 1. Referenceproduktet LER200-skabet



Kabinet



Emballage

Tilbehør

Dør

Figur 2. Eksplosionstegning af LER200-skabet

| Pos. | An-tal | Emne | Materiale | Vægt ialt (g) | ≡ | Fremstillingsprocesser | * Med i model | Hjælpe stoffer | Vægt (g) | ≡ |
|----------------|--------|----------------------------|--|---------------|-----------------|--|-----------------|---|---------------------------|------------------|
| Kabinet | | | | | | | | | | |
| K1 | 1 | Stålkabinet | Stålblade | 17.587 | ✓ | Stanseoperationer, svejseoperationer, m.v. ialt 9 processer | ✓✓✓ | Elektroder Vand | 50 | ÷ |
| | | | Epoxy pulver | 494 | ÷ | Overfladebehandle ialt 2 processer | ✓✓ | Salt Detergent Fosforsyre Vand | 18,5 38 3 20.000 | ÷ ÷ ÷ ÷ |
| K2 | 1 | Inderboks | ABS-plade | 3.320 | ✓ | Vacuumforme, efterbehandle | ✓✓ | | | |
| K3 | 1 | Kompressorboks | ABS-plade | 419 | ✓ | Vacuumforme, efterbehandle | ✓✓ | | | |
| K4 | 1 | PUR-skum | Isocyanat | 2.790 | ÷ | Opskumme | ✓ | CFC 11 | 340 | ÷ |
| | | | Polyol | 1.886 | ÷ | | | | | |
| K5 | 1 | Kompressor m. udstyr | Stål, kobber, PVC, messing, gummi, aluminium | 6.825 | ✓ ¹⁾ | Standardkomponent ¹⁾ | ✓ ¹⁾ | ¹⁾ | ¹⁾ | ¹⁾ |
| K6 | 1 | Rør for kompressor | Kobberrør | 10 | ✓ | Gennemblæse, klippe | ✓✓ | Nitrogen | | ÷ |
| K7 | 1 | Kølemedie | | | ✓ | Påfyld | | CFC 12 | 100 | ÷ |
| K8 | 1 | Fordamper | Aluminium | 1.340 | ✓ | Underleverandør | ÷ | | | |
| K9 | 1 | Kondensator | Stålrør | 363 | ✓ | Vikle & proppe, bukke | ✓✓ | | | |
| K10 | 1 | Rør for kondensator | Kobberrør | 20 | ✓ | Gennemblæse, skære opdørne, bukke | ✓✓ ✓✓ | Nitrogen | | ÷ |
| K11 | 1 | Tørrefilter | Kobber/synt. zeolith | 31 | ✓ | Underleverandør | ÷ | | | |
| K12 | 1 | Termostat | Stål, plast | 85 | ✓ ¹⁾ | Standardkomponent ¹⁾ | ✓ ¹⁾ | ¹⁾ | ¹⁾ | ¹⁾ |
| K13 | 1 | Følerør/termostat | PVC-rør | 25 | ✓ | Skære | ✓ | | | |
| K14 | 3 | Ledningssæt | Kobber, PVC, stål, messing | 281 | ✓ | Underleverandør | ÷ | | | |
| K15 | 1 | Lyspanel | ABS-granulat | 95 | ✓ | Sprøjtstøbe | ✓ | Vand | 560 | |
| K16 | 1 | Lyskærm | Luran | 22 | ✓ | Sprøjtstøbe | ✓ | Vand | 170 | |
| K17 | 1 | Lampfatning | Stål, "plast" | 18 | ✓ | Standardkomponent | ÷ | | | |
| K18 | 1 | Glødelampe | Glas, messing | 13 | ✓ | Standardkomponent | ÷ | | | |
| K19 | 2 | Hængsel beslag | Rustfri stålblade | 130 | ✓ | Stanse, tromlepolere m.v. ialt 6 processer | ✓✓✓ ✓✓✓ | Vand Poleremidler | 80 2 | ÷ ÷ |
| K20 | 4 | Gevindstykke Hængselbeslag | Stålblade | 204 | ✓ | Stanse, tromleafgrate m.v. ialt 4 processer | ✓✓ ✓✓ | Poleremidler | 1 | ÷ |
| K21 | 2 | Bæreskinne | Stål | 1.220 | ✓ | Underleverandør + egne processer, ialt 2 | ÷ ✓✓ | Vand | 2.500 | |
| K22 | 1 | Fundamentsplade | Galvaniseret stål | 178 | ✓ | Underleverandør + egne processer, klippe, stanse m.v. ialt 5 | ÷ ✓✓ ✓✓✓ | | | |
| Dør | | | | | | | | | | |
| D1 | 1 | Dørbeklædning | Stålblade | 4.250 | ✓ | Stanseoperationer, svejseoperationer m.v. ialt 7 processer | ✓✓✓ ✓✓✓✓ | Acetylen, ilt | | ÷ |
| | | | Epoxy pulver | 157 | ÷ | Overfladebehandle ialt 2 processer | ✓✓ | Salt Detergent Fosforsyre Vand | 6 12 0,2 8.000 | ÷ ÷ ÷ ÷ |
| D2 | 1 | Dørforing | ABS-plade | 1.800 | ✓ | Vacuumforme, afgrate | ✓✓ | | | |
| D3 | 1 | PUR-skum | Isocyanat | 860 | ÷ | Opskumme | ✓ | CFC 11 | 215 | ÷ |
| | | | Polyol | 615 | ÷ | | | | | |
| D4 | 1 | Tætningsramme | PVC | 330 | ✓ | Underleverandør | ÷ | | | |
| D5 | 1 | Håndtag | Aluminium | 260 | ✓ | Ekstrudering | ✓ | | | |

Tabel 1. Forenklet stykliste for LER200-skabet

| Pos. | An-tal | Emne | Materiale | Vægt ialt (g) | ≡ | Fremstillingsprocesser | * Med i model | Hjælpe stoffer | Vægt (g) | ≡ |
|------------------|--------|--------------------|----------------|---------------|---|---|---------------|---|-------------------------------|------------------|
| Tilbehør | | | | | | | | | | |
| T1 | 5 | Trådhylde | Ståltråd | 2.400 | ✓ | Klippe, punktsvejse m.v. ialt 6 processer | ✓✓✓ | | | |
| | | | Epoxypulver | 80 | + | Overfladebehandle ialt 2 processer | ✓✓ | Salt Detergent Fosforsyre Vand | 3,75 6,30 0,65 6.250 | + + + + |
| T2 | 1 | Dækplade for hylde | PVC | 93,4 | ✓ | Klippe, stanse, bukke | ✓✓✓ | | | |
| T3 | 4 | Trådkurve | Ståltråd | 580 | ✓ | Klippe, punktsvejse m.v. ialt 7 processer | ✓✓✓ | Poleremiddel | 0,1 | + |
| | | | Stålplade | 140 | ✓ | | ✓✓✓✓ | | | |
| | | | Epoxypulver | 73,4 | + | Overfladebehandle ialt 2 processer | ✓✓ | Salt Detergent Fosforsyre Vand | 0,8 1,35 0,14 2.400 | + + + + |
| T4 | 7 | Forkanter | PVC/Aluminium | 137 | ✓ | Underleverandør | + | | | |
| T5 | 9 | Diverse plastbokse | Luran | 2.213 | ✓ | Sprøjttestøbe | ✓ | | | |
| Emballage | | | | | | | | | | |
| E1 | - | Pap emballage | Bølgepap | 3.650 | ✓ | | | | | |
| E2 | 1 | Plastpose | Polyethylen | 105 | | Underleverandør | | | | |
| E3 | 1 | Dørunderstøtning | Ekspanderet PS | 14 | ✓ | Skære | ✓ | | | |
| E4 | 1 | Bundramme | Træ | 1.600 | ✓ | Manuel samling | ✓ | | | |
| Diverse | | | | | | | | | | |
| 1 | | Fugemasse | Termogrip | 45 | + | Fugning | ✓ | | | |
| | | | Kontaktmasse | 117 | + | | | | | |
| | | | Hvid | 100 | + | | | | | |
| 10 | | Øvrige stålemner | Stål | 20 | ✓ | Mest standardkomponenter | + | | | |
| 5 | | Gummiemner | Gummi | 15 | ✓ | Mest standardkomponenter | + | | | |
| 5 | | Øvrige ABS emner | ABS regranulat | 47 | ✓ | Sprøjttestøbe | ✓ | Vand | 280 | |
| 6 | | Nylon emner | Polyamid | 6 | ✓ | Mest standardkomponenter | + | Vand | 40 | |
| 7 | | Tape stykker | Tape | 14 | + | Standardkomponenter | + | | | |
| 4 | | Lupolen emner | Lupolen | 4 | ✓ | Sprøjttestøbe | ✓ | Vand | 30 | |
| 4 | | Acetal emner | Acetal | 40 | ✓ | Sprøjttestøbe | ✓ | Vand | 300 | |
| 28 | | Andre små emner | Forskellige | 174 | + | Forskellige | + | | | |
| | | Loddetin | Loddetin | ca. 10 | + | Lodning | + | | | |

Noter

- 1) Data for alle processer fra råstofudvinding til og med fremstilling af komponenten er modtaget fra underleverandøren og medregnet.
- ≡ Kolonnen angiver om materialet eller hjælpestoffet er "ført tilbage til jord", dvs. om processerne fra og med råstofudvinding til og med den sidste transport op til de nævnte fremstillingsprocesser er medregnet.
- ✓ Betyder at materialet/hjælpestoffet er ført tilbage til jord.
- ÷ Betyder at materialet/hjælpestoffet ikke er ført tilbage til jord.
- * I kolonnen "Med i model" angives tilsvarende om selve fremstillingsprocesserne for komponenten er medregnet. Når der er angivet et ✓ betyder det, at processens energi og hjælpestofforbrug er målt, at udledninger og affald enten er målt eller beregnet, og at arbejdsmiljøpåvirkninger er målt eller vurderet. Antallet af ✓ angiver hvor mange af processerne, der er med.

Tabel 1.

Styklisten viser, hvad køleskabet består af. Den viser også, hvor stor en del af livsforløbet fra råstofudvindingen til og med produktionen, der er med i vurderingen. Ved hjælp af ✓ og ÷ er der for hver komponent vist, om materialets og hjælpestoffernes livsforløb tilbage til råstofudvindingen er medregnet. Samtidig er der vist om produktionsprocesserne er med.

Afgrænsningen af livsforløbet har fulgt MEKA-princippet beskrevet i Wenzel et al., 1996. Dvs. hvert af områderne materialer, energi, kemikalier og "andet" er vurderet for sig, og ud fra denne vurdering er det besluttet, hvor stor en del af køleskabets livsforløb, der skulle medtages i opgørelsen.

Materialer

Det er forsøgt at medtage alle materialer i opgørelsen, og det er stort set lykkedes. Kun meget små emner er ikke inkluderet, se gruppen på 28 emner i "forskellige" materialer under diverse i styklisten. Der er hovedsageligt tale om små plastemner af forskellig art.

For de emner, der ikke er inkluderet, er det vurderet om de indeholder sjældne ressourcer, der ikke på anden måde er repræsenteret. Det vurderes ikke at være tilfældet.

Energi

Energiindholdet i materialerne er dækket ind ud fra ovennævnte afgrænsning. Desuden er alle energimæssigt væsentlige produktionsprocesser medtaget, og brugsfasen og bortskaffelsen er medtaget 100%. Det er i første omgang antaget, at disse faser foregår i Danmark, og senere i kapitel 2 vises konsekvensen af, at de foregår i andre lande.

Kemikalier

Alle produktionsprocesser, der inkluderer kemikalier, er taget med i opgørelsen, og det betyder, at alle kemikaliuedledninger fra produktionsprocesserne er medtaget. Det er forsøgt at få oplysninger om fremstillingen af kemikalierne og at følge dem helt "tilbage til jord", men det er ikke lykkedes, som det fremgår af styklisten. Det er også forsøgt at få oplysninger om, hvilke additiver der er tilsat materialerne, især plasten, men det har ikke været muligt.

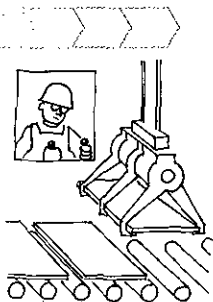
Andet

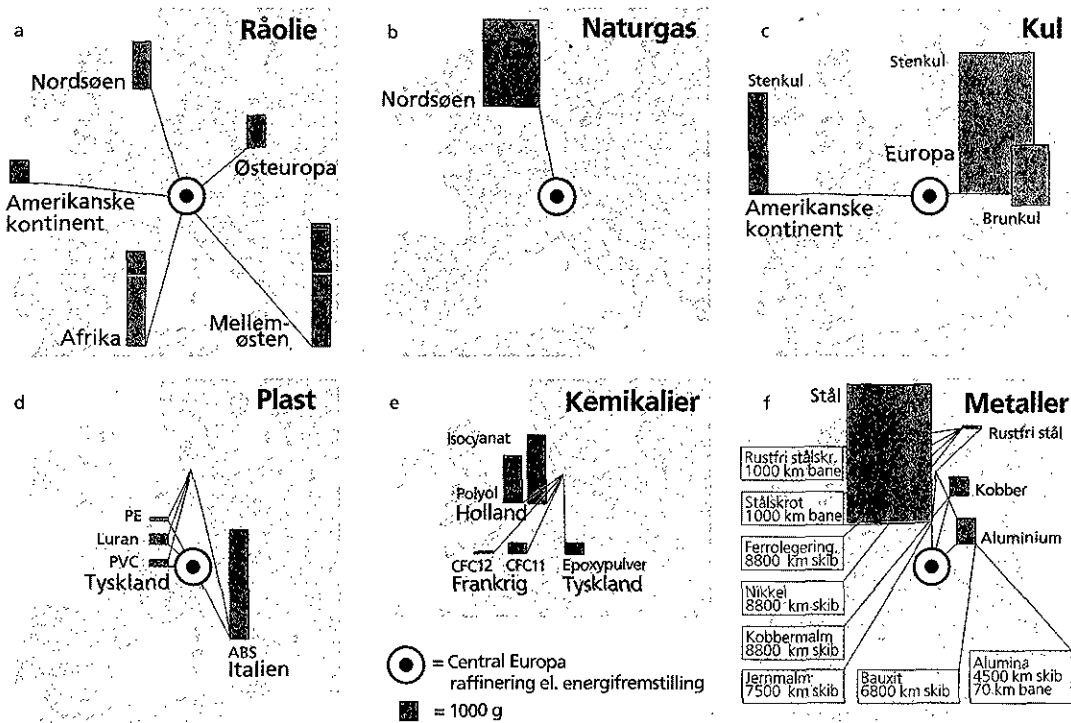
Kategorien "Andet" dækker især arbejdsmiljø, der for visse påvirkninger ikke knytter sig til de tre ovenstående kategorier. Arbejdsmiljøpåvirkninger er medtaget for alle processer i produktionen på Gram A/S, hvilket dækker over 80% af produktionen. Arbejdsmiljø er endvidere inkluderet for stålproduktionen, for el-fremstilling og for transport.

Materialefremstilling

Køleskabets livsforløb begynder i jorden og på bunden af havet. Her findes de råstoffer, der bruges i energifremstillingen, og som indgår i materialerne. De er fordelt over hele Jorden, og selv om de udvindes tættest muligt på produktionsstederne i Europa, indgår råstoffer fra alle verdensdele i køleskabet.

Råstofferne til den energi, der indgår i materialefremstillingen, er fastlagt af energisystemerne i de lande, som materialefremstillingen foregår i. Det er hovedsageligt Tyskland, Frankrig, Holland, Italien og Sverige. De vigtigste energikilder i disse lande er olie, gas, kul, uranmalm og opdæmmet vand. Olie og gas er samtidig råstoffer til fremstillingen af plast og kemikalier, og de er sammen med metalmalme de vigtigste ressourcer for materialefremstillingen.





Figur 3. Energiudvinding og materialefremstilling

Figur 3 viser mængderne og udvindingsstederne for de vigtigste råstoffer, og både råstofferne til materialerne og til fremstillingsprocessernes energiforbrug er vist.

Råolie, naturgas og kul transporteres først til Centraleuropa, hvor de enten raffineres eller bruges i energiforsyning, se figur 3a, b og c. Fra raffinering transporteres de via rørledning, lastbil eller bane frem til produktionsstederne for plast og kemikalier og herfra videre til produktionen på Gram A/S i Vojens som vist i figur 3d og e. Bemærk i figur 3e, som det også fremgår af tabel 1, at livsforløbet forud for fremstillingen af kemikalierne ikke har kunnet inkluderes. Det har ikke været muligt at få oplysninger fra leverandørerne. Betydningen af dette diskuteres senere under følsomhedsvurderingen.

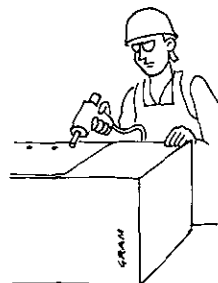
Metalmalme transporteres fra alle verdensdele til oparbejdning i Europa og herfra videre til Gram A/S i Vojens eller til underleverandører, se figur 3f.

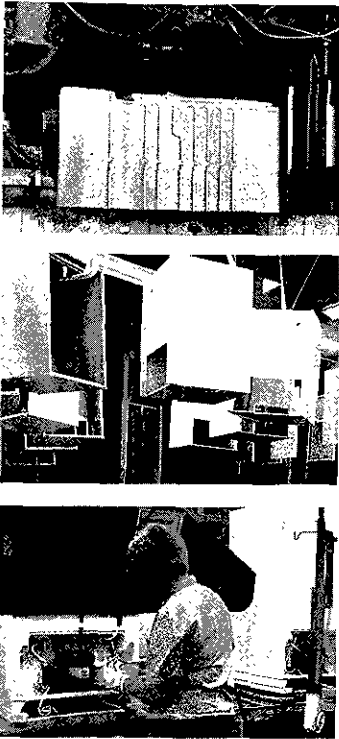
Al transport er medregnet for alle de komponenter, der vejer mere end 100 g. Dermed er mere end 90% af transporten for materialerne medregnet.

Produktion

Køleskabet produceres hos Gram A/S på fabrikken i Vojens undtagen ganske få emner, der fremstilles hos underleverandører. Alle processer på fabrikken er opgjort, og det betyder, at næsten hele produktionsfasen er medregnet.

Processerne består hovedsageligt af forarbejdning af metal og plast, både formgivning, spåntagning, sammensøjning og overfladebehandling. Figur 4 viser nogle af dem. Sprøjtetøbning og vacuumformning af plastemner er meget brugt ligesom klippe-, bukke-, stanse- og svejseprocesser i stål.





Figur 4. Produktionsprocesser på Gram A/S, vacuumformning, overfladebehandling, montage af kompressor

De fleste processer bruger elektricitet. Kun visse montageprocesser er helt manuelle og derfor ikke energiforbrugende. Energiforbruget er målt af både Midt-Sønderjyllands El-selskab og Gram A/S for de mest energiforbrugende processer og af Gram A/S for resten.

En del af processerne bruger hjælpestoffer. Dette forbrug er opgjort ud fra styklisten, og for alle de processer, hvor der indgår miljømæssigt væsentlige stoffer, er udledningerne enten målt eller beregnet. For de vigtigste procesmissioner til luft og vand er målinger udført af et autoriseret laboratorium ligesom luftmålinger i arbejdsmiljøet. Det drejer sig i begge tilfælde om overfladebehandling og vacuumformning. For andre processer er emissioner enten beregnet ud fra hjælpestofforbruget, eller data er ekstrapoleret ud fra målinger på tilsvarende processer. Affaldsmængder er vejjet.

Støj i arbejdsmiljøet er målt ved processen. Desuden er alle processer gennemgået og vurderet af en arbejdsmiljøekspert fra Bedriftsundhedstjenesten, og medarbejderne er blevet interviewet. Statistikker over arbejdsulykker er inkluderet, og arbejdstiden pr. produkt er opgjort for hver proces.

Kassationsgrad

Kassationsgraden for emnerne til køleskabet er sat til at være 2% i gennemsnit. Herved forstås alt spild, inkl. det der kan skyldes styklistefejl, indkøbsfejl, lagerdifferencer og fejlproduktion af forskellige emner til skabet. Det vil med andre ord sige, at der i

gennemsnit produceres ca. 1,02 skab for hvert skab, der sælges. Den samlede opgørelse af både produktionsfasen og materialefaser er derfor ganget med 1,02.

Overhead

Energiforbruget til opvarmning, belysning, central ventilation, og andre fællesfaciliteter i både produktion og administration er målt og en andel heraf er tilskrevet køleskabet. Tilskrivningen er gjort ved at dele det årlige overhead energiforbrug med antallet af køleskabe produceret pr. år og på den måde dele køleskabsfabrikens forbrug ud pr. produceret skab. Denne fremgangsmåde vurderes at være rimelig, fordi produktionen er så ensartet, som den er.

Brug

LER200 sælges i mange forskellige lande, men det største marked findes i nogle få lande tæt på Danmark. Figur 5 viser fordelingen af solget. I miljøvurderingen er det som nævnt i første omgang antaget, at skabet bruges i Danmark, og i kapitel 2 er der derefter også simuleret brug i andre lande.

I Danmark transporteres køleskabet (i opgørelsesåret 1993) med bane ud til centrallagre (i 1995 med lastbil) og derfra videre til forhandlerne med lastbil. Det installeres primært i private husholdninger, og her bruges det i gennemsnit i 13 år, hvorefter det kasseres. Mens køleskabet bruges, bidrager det til opvarmning af boligen. I vintermånederne betyder det, at der spares tilsvarende på anden opvarmning, og den mængde energi, som køleskabet hermed erstatter, regnes derfor med. Dvs. den erstattede energimængde trækkes fra køleskabets ener-



giforbrug. Der tages højde for, at nyttevirkningsgraden ved el-produktion ikke er så høj som ved fjernvarme eller ved et olie- eller gas-fyr, og der kompenseres for det i beregningen.

Der regnes med dansk produceret el til køleskabets drift, og der tages i første omgang ikke højde for import og eksport af el mellem Danmark og nabolandene. I kapitel 2 simuleres tysk og hollandsk produceret el til driften.

Køleskabet lækker CFC-forbindelser under brugsfasen, både kølemiddel og blæsemiddel fra skummet. Det er vurderet, at der er en lækage på 1-2 g CFC12 om året fra kølesystemet og ca. 14 g CFC11 om året fra skummet. Især sidstnævnte tal er usikkert; det stammer fra en måling af restindholdet af CFC i 4 skabe ved bortskaffelsen, men det er det bedste estimat, der kan gives.

Service

Serviceprocenten for et LER200 er sat til 4%, dvs. omkring 4% af køleskabene får et servicebesøg i løbet af de 13 års levetid. Reparationer foretages i langt de fleste tilfælde direkte hos brugeren. Der regnes med en gennemsnitlig transport på 50 km pr. servicebesøg, dvs. 2 km pr. skab. Lækager fra kølesystemet ved service er medregnet i ovenstående estimater af CFC-udslippet under brug.

Levetiden

Levetiden på 13 år er et konservativt skøn. Den bestemmes ikke kun af den tekniske funktion af skabet; omkring halvdelen af køleskabene bortskaffes på grund af køkkenmodernisering eller flytning. For de resterende skabe er det oftest problemer med kompressoren eller utætheder i kølesystemet, der medfører, at skabet skiftes ud.

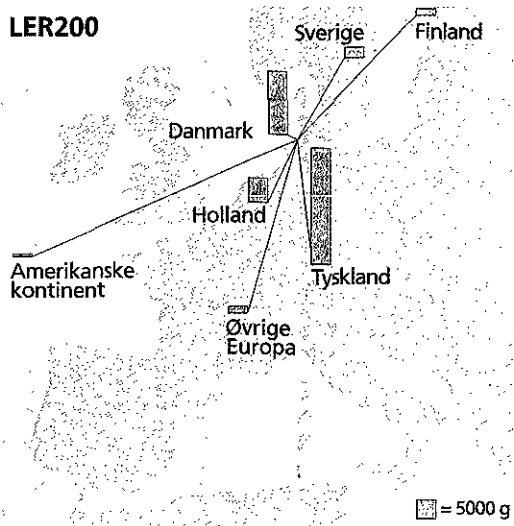
Bortskaffelse

Efter brugen følger køleskabet forskellige veje til en skrothandler, hvor det slutter sit liv i en shredder. Her bliver det knust, og materialerne adskilles. Plasten og skummet ender på en losseplads og størstedelen af CFC'erne udledes til atmosfæren. Metallerne sendes til omsmelting, og herefter indgår de i livsforløbet for nye produkter. De forskellige bortskaffelsesveje er vist i figur 6.

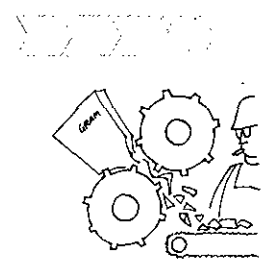
Dette bortskaffelsesscenario gælder i store træk for de vigtigste markeder, nemlig Danmark, Tyskland og Holland. I beregningerne er i første omgang regnet med situationen, som den var i Danmark i 1992 (Thorsen, 1993). På det tidspunkt var der fire forskellige måder for brugeren at skaffe sig af med køleskabet på, som vist på figur 6.

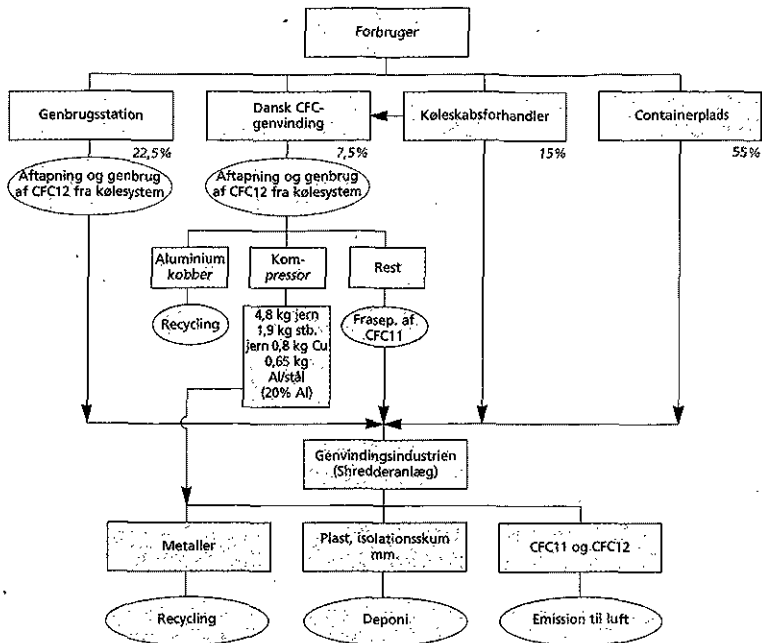
Omkring 25 kommuner havde ordninger for aftapning af CFC12 fra kølesystemet, og kun nogle af disse kunne aflevere skabet til Dansk CFC-genvinding i Århus, hvor CFC11 i skummet trækkes ud og destrueres.

Samlet fik ca. 30% af skabene aftappet kølemiddel fra kølesystemet, og ca. 7% blev afleveret til Dansk CFC-genvinding. En ny central for CFC-genvinding blev åbnet i København i 1995. Det har hævet ande-



Figur 5. Salgsfordeling for LER200-skabet





Figur 6. Bortskaffelsesfordeling for køleskabe i 1992

len af køleskabe, der får udtrukket CFC fra skummet til ca. 15% og andelen, der får kølemidlet tappet, til lidt mere end 30% (Grau, 1995). Når plasten og skummet har været igennem shredderen er det forurenset, og affaldsforbrændingsanlæg ønsker ikke at modtage det. Derfor deponeres disse materialefraktioner i dag. Det kræver plads, og energiindholdet nyttiggøres ikke.



Figur 7. Bortskaffelse af køleskabe hos Dansk CFC-genvinding. (Foto: Dansk CFC-genvinding)

Det er i beregningerne antaget, at alt jern, aluminium og kobber sendes til genbrug. Denne antagelse er opfyldt ved en optimal drift af shredderen og det efterfølgende separationsanlæg, men den holder givetvis ikke helt i praksis. Derfor er der også i næste kapitel simuleret andre bortskaffelsesveje, så konsekvenserne heraf kan vurderes. De små emner i rustfrit stål følger sandsynligvis jernet i sorteringen efter shreddingen og sendes ikke retur til produktion af ny rustfrit stål. I genbrugsjern har nikkellindholdet ingen værdi, og nikkeldelen i det rustfrie stål regnes derfor ikke som genbrug i bortskaffelsesfasen.

Datagrundlag

Det har været en stor opgave at samle oplysninger om de mange processer i livsforløbet, og det har taget lang tid.

Nu er der imidlertid etableret et datagrundlag, der også dækker hovedparten af livsforløbet for Grams øvrige produkter. Størstedelen af processerne i livsforløbet er nemlig ikke specifikke for LER200-skabet, men gælder generelt råstofudvinding, materialefremstilling, transport, energisystemer og bortskaffelsessystemer. Data for disse processer udgør hovedparten af datagrundlaget for køleskabets livsforløb. De produktionsprocesser, der er målt på fabrikken i Vojens, udgør over 50% af fabrikkens produktion. Det betyder, at over 80% af datagrundlaget allerede er tilgængeligt næste gang et nyt køle- eller fryseskab skal vurderes. Opgaven bliver derfor fremover hovedsageligt at vedligeholde datagrundlaget.

Referencegrundlaget for data

| Livsforløb & procestype | Produkt-specifikke | Datatype | | Datakilde | | | | | Kommentarer | |
|--|--|-----------------|-----------|-----------|---|---|---|---|-------------|--|
| | | Sted-specifikke | Generelle | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| Råvareudvinding | | | | | | | | | | |
| Råvareudvinding | | | x | | | x | | | | Litteratur Brancheorganisationer |
| Materialefremstilling | | | | | | | | | | |
| Ståi | | x | | x | | | | | | Leverandør til Gram A/S |
| Primær aluminium | | | x | | | x | | | | Brancheorganisation |
| Plast | | | x | | | | x | | | Brancheorganisation |
| Øvrige materialer | | | x | | | x | | | | Litteratur |
| Produktion | | | | | | | | | | |
| Plast formgivning | x | | | x | | x | | | | Gram A/S: Energimålinger ^{a)} og emissionsmålinger ^{b)} udført af autoriseret laboratorium. Arbejdsmiljøvurderinger udført af BST. Emission af CFC'er fra opskumning er Grams bedste skøn. |
| Ståi bearbejdning | x | | | x | | | | | | |
| Ståi overfladebeh. | x | | | x | | | | | | |
| Opskumning | x | | | | | | x | | | |
| Montage | x | x | | x | | x | | | | |
| Andre processer | x | x | | x | x | x | | | | |
| Brug | | | | | | | | | | |
| Energiforbrug | x | | | x | | | | | | Fysisk lab. III, DTU, kontinuerede målinger på 120 skabe over 1 år. |
| Levetid | | | x | | | | x | | | Ekstrapoleret fra andre skabe. Konservativt estimat. |
| Freon emission | | | x | | | x | | | | Beregnet for 4 køleskabe ud fra indholdet ved bortskaffelsen. |
| Bortskaffelse | | | | | | | | | | |
| Bortskaffelsesvej | | x | | | | | x | | | Dansk Bortskaffelse (Thorsen, 1993) |
| Shredding | | x | | x | x | | | | | Største skrothandel i Danmark. |
| Ståi | | x | | x | x | | | | | Dansk Genbrugsværk |
| Aluminium | | x | | x | x | | | | | Dansk Genbrugsværk |
| Andet | | | | x | | | x | | | Litteratur |
| Transport | | | | | | | | | | |
| Afstande og transportmiddel | x | | | x | | x | x | | | Gram A/S |
| Energiforbrug og emissioner | | | | x | | | x | | | Fælleseuropæisk transportdatabase Copert 1990. Litteratur |
| Energisystemer | | | | | | | | | | |
| Energisystemer | | | | x | | | x | | | Risø system Analysis Dept. Litteratur |
| Noter | | | | | | | | | | |
| 1) Målinger | | | | | | | a) Gram A/S samt Midt-Sønderjyllands El-selskab | | | |
| 2) Beregning (ud fra massebalance betragtninger og input data for den aktuelle proces) | | | | | | | b) Miljøkemi A/S | | | |
| 3) Ekstrapolation fra data for samme procestype eller teknologi | | | | | | | | | | |
| 4) Ekstrapolation fra data for andre procestype eller teknologier | | | | | | | | | | |
| 5) Ukendt kilde eller ikke-kvalificeret estimat | | | | | | | | | | |
| Produktspecifikke data: | gælder processer, hvor LER200 specifikt indgår | | | | | | | | | |
| Stedspecifikke data: | gælder data fra aktuelle lokaliteter i produktets livsforløb, men processen er ikke opgjort specifikt for LER200 | | | | | | | | | |
| Generelle data: | er alle andre. | | | | | | | | | |

Tabel 2 viser en oversigt over hvilke datatyper, der indgår i miljøvurderingen, og hvilken type kilde, der ligger til grund. Datagrundlaget er nærmere beskrevet i UMIP-projektets database, "UMIP enhedsprocesdatabase" (Frees, 1996).

Tabel 2. Datakilder

Udveksling med miljøet

Processernes udveksling af stoffer med omgivelserne og påvirkninger i arbejdsmiljøet er opgjort proces for proces. De miljømæssigt væsentligste resultater er valgt ud og præsenteret i tabel 3.

Tabel 3. Udveksling med miljøet i køleskabets livsforløb

| Ressourceforbrug | | Materiale- fremstilling | Produktion | Brug | Bort- skaffelse | Transport | I alt |
|---|---------------------|----------------------------|------------|---------|--------------------|-----------|---------|
| Råolie | g | 17.000 | 5.500 | 13.300 | -900 | 1.600 | 36.500 |
| Naturgas | g | 14.000 | 900 | 8.700 | -80 | 90 | 23.600 |
| Stenkul | g | 36.000 | 11.000 | 265.000 | -90 | 10 | 311.900 |
| Brunkul | g | 6.400 | - | - | -50 | - | 6.400 |
| Uranmalm | g | 0,45 | - | - | -0,01 | - | 0,44 |
| Opdæmmet vand til el | liter | 12.000 | 550 | 12.000 | -40 | - | 25.000 |
| Aluminium | Al g | 1.900 | - | - | -1.430 | - | 470 |
| Jern | Fe g | 38.500 | -500 | - | -28.500 | - | 9.500 |
| Kobber | Cu g | 1.040 | - | - | -940 | - | 100 |
| Mangan | Mn g | 230 | -2 | - | -170 | - | 60 |
| Nikkel | Ni g | 14 | -3 | - | - | - | 11 |
| Zink | Zn g | 17 | - | - | - | - | 17 |
| Calciumcarbonat | CaCO ₃ g | 6.600 | - | - | - | - | 6.600 |
| Kvarts | SiO ₂ g | 150 | - | - | - | - | 150 |
| Natriumchlorid | NaCl g | 970 | 20 | - | - | - | 990 |
| Træ (blødt) | g | 9.880 | 40 | 940 | -2.500 | - | 8.400 |
| Grundvand | liter | 2,1 | 51 | - | - | - | 53 |
| Uspec. vand | liter | 265 | 1,2 | 2,0 | -0,5 | 0,3 | 268 |
| Uspec. brændsel (olie-ækv) | g | 900 | - | - | - | - | 900 |
| Uspec. ressourcer | g | 210 | - | - | - | - | 210 |
| Materialer og hjælpestoffer, for hvilke ressourceforbruget ikke er opgjort | | | | | | | |
| Epoxyulver | g | 810 | - | - | - | - | 810 |
| Isocyanat | g | 3.650 | - | - | - | - | 3.650 |
| Trichlorflourmethan | CFC11 g | 555 | - | - | - | - | 555 |
| Dichlordiflourmethan | CFC12 g | 100 | - | - | - | - | 100 |
| Polyol | g | 2.500 | - | - | - | - | 2.500 |
| Fugemasse | g | 220 | - | - | - | - | 220 |
| Luftemissioner | | | | | | | |
| Kuldioxid | CO ₂ g | 168.000 | 50.300 | 779.000 | -3.400 | 4.100 | 998.000 |
| Kulmonoxid | CO g | 840 | 10 | 130 | -20 | 60 | 1.020 |
| Kvælstofoxider | NO _x g | 510 | 200 | 2.900 | -40 | 60 | 3.630 |
| Svovldioxid | SO ₂ g | 780 | 440 | 4.140 | -10 | 10 | 5.360 |
| Dinitrogenoxid | N ₂ O g | 6 | 2 | 50 | 0 | 0 | 58 |
| Uspec. partikler (støv) | g | 120 | 20 | 380 | -70 | 5 | 455 |
| Trichlorflourmethan | CFC11 g | - | 30 | 180 | 320 | - | 530 |
| Dichlordiflourmethan | CFC12 g | - | 0 | 20 | 60 | - | 80 |
| Kulbrinter | HC g | 550 | 260 | 5.990 | 0 | - | 6.800 |
| Flygt. org. kulstofforb. | VOC g | 20 | 5 | 15 | 0 | 15 | 55 |
| Uspec. aldehyd | g | 0,2 | 0,1 | 2,7 | 0 | - | 3,0 |
| Dioxin | mg | 0,0007 | 0 | - | - | - | 0,0007 |
| Epichlorhydrin | mg | 5 | - | - | - | - | 5 |
| Arsen | As mg | 4 | 0 | 7 | 0 | - | 11 |
| Bly | Pb mg | 8 | 6 | 30 | 0 | - | 44 |
| Cadmium | Cd mg | 0,6 | 0,2 | 0,7 | 0 | - | 1,5 |
| Kobber | Cu mg | 6 | 4 | 60 | 0 | - | 70 |
| Kviksølv | Hg mg | 1 | 0 | 10 | 0 | - | 11 |
| Mangan | Mn mg | 5.000 | - | - | - | - | 5.000 |
| Vanadium | V mg | 230 | 280 | 550 | 0 | - | 1.060 |

| | | | Materiale- fremstilling | Produktion | Brug | Bort- skaffelse | Transport | I alt |
|-------------------------------|-------|-------|----------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|
| Vandige emissioner | | | | | | | | |
| Kemisk iltforbrug | COD | g | 40 | 1 | 0 | 0 | 0 | 41 |
| Total kvælstof | tot-N | g | 0,03 | 0,007 | - | - | - | ~ 0 |
| Total fosfor | tot-P | g | 1 | 1 | - | - | - | 2 |
| Kulbrinter | | g | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Uspec. olie | | g | 1,4 | 0,5 | 0,3 | 0 | 0 | 2,2 |
| Uspec. aniondetergent | | g | - | 0,5 | - | - | - | 0,5 |
| Uspec. noniondetergent | | g | - | 1,1 | - | - | - | 1,1 |
| Bly | Pb | mg | 20 | 0 | - | - | - | 20 |
| Cadmium | Cd | mg | 10 | 0 | - | - | - | 10 |
| Chrom | Cr | mg | 650 | - | - | - | - | 650 |
| Kobber | Cu | mg | 100 | 10 | - | - | - | 110 |
| Nikkel | Ni | mg | 690 | 2 | - | - | - | 692 |
| Zink | Zn | mg | 180 | - | - | - | - | 180 |
| Affald | | | | | | | | |
| Uspec. farligt affald | | g | 125 | 3 | - | - | - | 128 |
| Uspec. støv m. tungmetal | | g | 5 | - | - | - | - | 5 |
| Uspec. industriaffald | | g | 180 | - | - | - | - | 180 |
| Uspec. radioaktivt affald | | g | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,05 |
| Uspec. slagge og aske | | g | 2.200 | 890 | 21.000 | -20 | 0 | 24.000 |
| Chromholdig slagge | | g | 50 | - | - | - | - | 50 |
| Polyvinylchlorid | PVC | g | - | 20 | - | 540 | - | 560 |
| Epoxyulver | | g | - | 20 | - | - | - | 20 |
| Uspec. plast | | g | - | - | - | 9.280 | - | 9.280 |
| Polyurethan skum | PUR | g | - | - | - | 6.200 | - | 6.200 |
| Stål | | g | - | - | - | 8.500 | - | 8.500 |
| Aluminium | | g | - | - | - | 440 | - | 440 |
| Kobber | | g | - | - | - | 100 | - | 100 |
| Uspec. volumenaffald | | g | 20.700 | 6.400 | 154.000 | -50 | 0 | 181.000 |
| Arbejds miljø | | | | | | | | |
| Ensidigt gentaget arbejde | | timer | 0,001 | 0,080 | 0,003 | - | 0,006 | 0,091 |
| Høreskade støj | | timer | 0,050 | 0,790 | 0,427 | - | 0,009 | 1,276 |
| Nervesystemskadende stoffer | | timer | 0,004 | 0,051 | 0,014 | - | - | 0,069 |
| Allergifremkaldende stoffer | | timer | 0,008 | 0,413 | 0,071 | - | 0,007 | 0,492 |
| Reproduktionskaldende stoffer | | timer | 0,002 | 0,050 | - | - | - | 0,052 |
| Kræftfremkaldende stoffer | | timer | 0,005 | 0,052 | 0,051 | - | - | 0,108 |
| Ulykker | | antal | 5,6x10 ⁻⁶ | 113x10 ⁻⁶ | 17,2x10 ⁻⁶ | - | 0,25x10 ⁻⁶ | 136x10 ⁻⁶ |

Noter

- betyder, at der ikke er oplysninger for den pågældende livsforløbsfase
- 0 betyder, at værdien er meget lille i forhold til de øvrige faser.

Tabel 3.

Tabellen viser, hvilke stoffer processerne i kølskabets livsforløb udveksler med omgivelserne, og den giver et overblik over, hvor de store mængder forekommer. Udvekslingerne opgøres i ressourceforbrug og udledninger til luft, vand og som affald samt i arbejdsmiljøpåvirkninger, der er kvantificeret som den tid pr. produkt, som påvirkningen er vurderet at være.

Det er ikke givet, at udvekslingerne resulterer i effekter i miljøet eller arbejdsmiljøet. Store mængder er ikke nødvendigvis det samme som store miljøeffekter, for stofferne har forskellig miljøfarlighed. Det kræver derfor en miljøvurdering af de enkelte udvekslinger for at forstå, hvor i livsforløbet de miljømæssigt største påvirkninger finder sted. Den præ-senteres i næste afsnit, men inden da kommenteres opgørelsen i tabellen.

Der ligger et stort talmateriale bag det overblik, der er vist i tabel 3, og dette findes på Gram A/S.

Ressourceforbruget

Køleskabet vejer godt 54 kg + 6 kg emballage. Men som tabellen viser, udvindes der meget større mængder ressourcer i materialefasen for at producere disse 60 kg. Ressourceforbruget er vist som de lødige varer, dvs. kun det rene metalindhold i malmene og ikke selve malmen. Lægges ressourceforbrugene til materialefremstilling sammen, ses det, at der indgår mere end 140 kg lødige ressourcer for at producere de 60 kg produkt, dvs. 80 kg indgår ikke i produktet. Omkring 50 kg af de ressourcer, der ikke indgår i skabet, er brændsler til energiforbruget i materialefremstillingen, og 30 kg eller ca. 20% af ressourceforbruget i materialefasen er altså spild.

Produktionsfasen bruger ca. 17 kg brændsler, mens brugsfasen bruger næsten 300 kg gennem køleskabets levetid.

Det er bemærkelsesværdigt, hvor få ressourcer transporten bruger. Fra råstofudvinding og hen til materialefremstillingen er transportdata inkluderet i data for materialefremstillingen, men af transport fra materialefremstillingen til produktionen i Vojens og videre i resten af livsforløbet til og med bortskaffelsen er samlet i transportfasen vist i tabellen. Denne transport bruger kun 1,7 kg brændsel. Det viser dels, hvor rationaliseret transporten er, dels hvor lidt den betyder i det samlede billede.

Både for bortskaffelsesfasen og i produktionsfasen fremkommer negative tal i tabel 3. Det skyldes, at metaller og bølgepap sendes til genbrug, og en del af ressourceforbruget og udledningerne fra råstofudvindingen følger derfor med dem til næste produkts livsforløb. I det samlede regnskab trækkes en del af ressourcerne derfor fra igen i den fase, hvor genbruget finder sted. En vejledning i, hvordan det gøres, er givet i Wenzel et al., 1996.

Luftemissioner

Luftemissionerne stammer overvejende fra energisystemerne. Læg dog også mærke til udledningen af CFC11 og CFC12 både i produktionen, brugsfasen og bortskaffelsesfasen. Som det senere vises, har de miljømæssigt set en meget afgørende betydning.

Vandige emissioner

Udledningen af organiske stoffer er meget lille, som totaludledningen af både kemisk iltforbrug (COD), kvælstof og fosfor viser. I produktionsfasen findes vandige vaskeprocesser af olieholdigt stål, men der sker en effektiv kemisk fældning af spildevandet, og udledningen af både detergenter, olie og tungmetaller er meget lille. Slammet fra fældningen er medtaget som "uspecificeret farligt affald" under produktionen. Tungmetaludledningerne er væsentlig større i materialefasen, hvor det er stålproduktionen, der bidrager mest.

Affald

Den største affaldsmængde opstår i brugsfasen, nemlig 154 kg. Den stammer fra udvinding af de kul, som benyttes til den elektricitet, der bruges i driften af køleskabet. Ved kulminedriften renses kullene, og affaldet herfra hobes op i dynger, der med årene bliver bearbejdet til at indgå som en "naturlig del" i landskabet. Men det tager mange år, og derfor er det reelt at medtage mængderne som affald.

Bortskaffelsen af selve skabet medfører en del affald, der ender på deponi.

Arbejds miljø

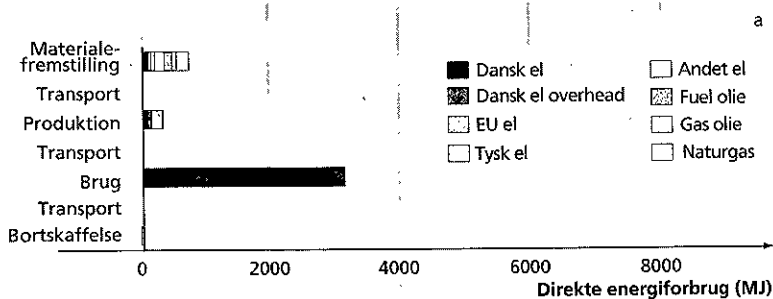
Arbejds miljømålingerne i materialefasen dækker kun stålproduktionen, og data er ikke fra den specifikke leverandør til Gram A/S, men er ekstrapoleret fra data for et andet stålværk. Stål udgør over halvdelen af køleskabets vægt. I produktionsfasen er arbejds miljøet som nævnt kortlagt meget grundigt, og fasen er stort set dækket fuldstændigt. Data for brugsfasen er et gennemsnit for danske kraftværker, og for transportfasen er data et gennemsnit for godstransport på danske lastbiler.

Energi profiler

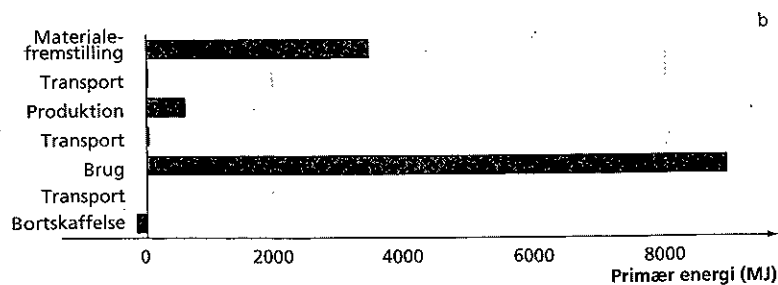
Energiforbruget gennem livsforløbet er en væsentlig kilde til både ressourceforbrug og emissioner, affald og arbejds miljøpåvirkninger. Det er derfor væsentligt at se nærmere på dette. En profil over energiforbruget fordelt på faserne i livsforløbet viser nogle enkle erkendelser, som det er værd at trække frem.

I figur 8a er først vist det direkte energiforbrug, dvs. den energi, der indgår direkte i processerne i livsforløbet. Det er det energiforbrug, produktudvikleren har direkte indflydelse på i sit valg af løsninger for nye produkter. I figuren for det direkte energiforbrug indgår imidlertid ikke den energinyttevirkning, hvormed brændsler omdannes til elektricitet eller varme i de forskellige energisystemer, der ligger bag processerne, og heller ikke selve brændværdien i materialerne. Figur 8b viser energiforbruget efter, at nyttevirkningerne og brændværdien er inkluderet. Det kaldes også forbruget af primær energi, dvs. energiindholdet i det resulterende forbrug af brændsler i energisystemerne og i materialet selv som brændværdi. I figur 8b er energiindholdet i polyol og isocyanat i øvrigt inkluderet ud fra et estimat fra en litteraturkilde.

Produktudvikleren kan indirekte påvirke forbruget af primærenergi ved at tage det i betragtning, når de enkelte processer, komponenter og livsforløbsfaser prioriteres i forhold til hinanden. Det er derfor vigtigt at præsentere forbruget af primærenergi, og det er dette, der indgår i miljøvurderingen.



Figur 8a. Energi profil.
Direkte energiforbrug



Figur 8b. Energi profil.
Primær energiforbrug

Materialer kontra produktion

Som det ses af figur 8a, er det direkte energiforbrug til processerne i materialefremstillingen dobbelt så stort som til produktionen. Inklusiv deres energinyttevirkningen og materialernes brændværdi, fås det forhold, som er vist i figur 8b, at forbruget af primærenergi til materialerne er over 5 gange større end forbruget i produktionsfasen. At forskellen mellem forbruget af primærenergi til materialerne og til produktionen er så stor, er vigtigt for en prioritering mellem materialebesparelser og -genbrug kontra procesoptimeringer. Processernes påvirkning af materialernes livsforløb er derfor vigtig; f.eks. overfladebehandlingernes betydning for materialernes genbrugsegenskaber.

Overhead

Ovenstående erkendelse forstærkes yderligere, idet det for produktionsfasen fremgår, at el-forbruget til overhead og fuelolieforbruget, som også er til overhead, udgør over halvdelen af energiforbruget. Dvs. at produktionsprocessernes egetforbrug af energi er mindre end 10% af det samlede energiforbrug til materialerne.

Brugsfasen

Brugsfasen er stadig meget dominerende selv for LER200, som er et af de mindst energiforbrugende skabe på markedet. Normalt har køleskabe et energiforbrug, der er 2-4 gange højere, så for andre køleskabe er brugsfasen normalt endnu mere dominerende, end det fremgår af figur 8b. Forbruget af primærenergi, inkl. brændværdien til skummet, er ca. 600 MJ eller kun ca. 7% af forbruget af primærenergi i brugsfasen, så der er langt endnu, før den energioptimale isoleringstykkelse er nået, selv for LER200.

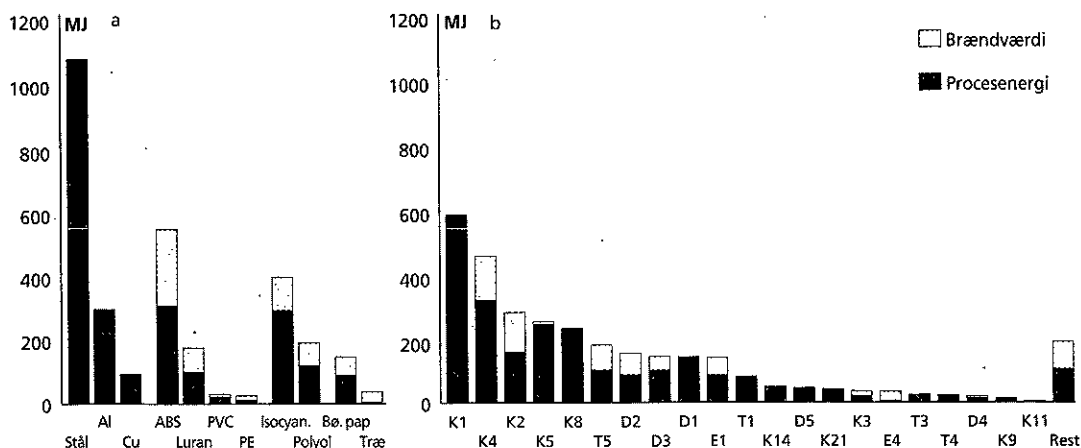
Bortskaffelsen

Ved genbrug af metallerne godskrives en del af energiforbruget til råstofudvindingen, men i det samlede billede betyder det ikke meget. Plasten og skummet deponeres, så kun for træ og bølgepap nyttiggøres materialernes brændværdi efter brugen.

Materialernes energiindhold

Materialernes energiindhold betyder altså meget, og derfor er det værd at se nærmere på, hvordan det fordeler sig. Figur 9 giver et overblik, hvor det først fordeles på de enkelte materialer i de mængder, der er tilstede i selve køleskabet, og dernæst fordeles det på de enkelte komponenter. Ved forbrænding i affaldsforbrændingsanlæg nyttiggøres en del af brændværdien (ca. 75%), og ved genbrug nyttiggøres både brændværdien og en del af procesenergien. Det fremgår, at over 80% af energiindholdet findes i de 10 største komponenter, så evt. genbrug kan ud fra et energisynspunkt koncentrere sig om disse.

Brændværdien udgør kun 20% af energiindholdet i skabet, så det er ikke en type produkt, der bør bortskaffes ved en forbrænding af det samlede produkt. Adskillelse og materiale-genbrug er energimæssigt at foretrække.



Figur 9. Indholdet af primær-energi i de materialer, der findes i det færdige køleskab (a) og i materialerne fordelt på komponenter (b)

Vurdering

Udvekslingerne med miljøet fra de forskellige processer i livsforløbet er vurderet, og ud fra UMIP-metodens vægtningskriterier er der udpeget hvilke ressourceforbrug og potentielle miljøeffekter og arbejdsmiljøeffekter, der er de væsentligste. Samtidig er de vigtigste kilder til ressourceforbrug og potentielle effekter fundet, og det er udpeget, hvor i livsforløbet de største bidrag opstår, og hvilke komponenter i produktet der bidrager mest.

Miljøeffektpotentialer

De miljøeffekter, der kan opstå fra produktet gennem livsforløbet, vil stamme fra udledningerne til luft og vand og deponeringen af affald. Det kan som nævnt ikke afgøres, hvorvidt der opstår *reelle* effekter, men det kan vurderes, hvor stort *potentialet* for miljøeffekter er. Et væsentligt led i miljøvurderingen er at omsætte data for udledningerne til effektækvivalenter, der er et udtryk for, hvor store disse miljøeffektpotentialer er.

Resultatet af denne omsætning af udledningerne i livsforløbet for et LER200 er vist i tabel 4. Det pointeres, at selv om alle opgjorte udledninger af hensyn til overblikket ikke er gengivet i tabel 3, er de inkluderet i miljøeffektpotentialerne i tabel 4, hvis de vides at bidrage til nogen af effekttyperne.

De fleste af stofferne i luftemissioner og vandige udledninger giver et bidrag til toksicitet, dvs. giftighed over for mennesker og økosystemer. Kvantificeringen af disse bidrag er gjort efter metoden beskrevet i Hauschild, 1996, og data for toksicitet er fundet for alle relevante stoffer i udledningerne. Der er imidlertid grund til at bemærke, at usikkerheden på sådanne giftighedsvurderinger er meget store, så fortolkninger af giftighed skal ske med omtanke. Et eksempel herpå illustreres senere.

Tabel 4. Omregning af udvekslingerne til miljøeffektpotentialer

| Effekttype | Effektpotentiale | |
|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| | Enhed | Pr. produkt pr. levetid |
| Globale effekter | | |
| Drivhuseffekt | g CO ₂ -ækv | 3.722.000 |
| Ozonlagsnedbrydning | g CFC11-ækv | 600 |
| Regionale effekter | | |
| Forsuring | g SO ₂ -ækv | 8.000 |
| Næringssaltbelastning | g NO ₃ -ækv | 5.200 |
| Fotosmog | g C ₂ H ₄ -ækv | 60 |
| Human toksicitet (vand) | m ³ vand | 1.600 |
| Økotoxicitet (vand, kronisk) | m ³ vand | 44.000 |
| Lokale effekter | | |
| Human toksicitet (luft) | m ³ luft | 628.000.000 |
| Økotoxicitet (vand, akut) | m ³ vand | 2.200 |
| Farligt affald | g | 750 |
| Radioaktivt affald | g | 0,05 |
| Slagge og aske | g | 24.300 |
| Volumenaffald | g | 220.000 |

Kategorien "farligt affald" indeholder i dette eksempel PVC med blodgørere. Det er ikke en officiel klassificering af PVC, men det er gjort i dette tilfælde for at fokusere på blodgørerne i bortskaffelsen, hvor de ender på deponi.

Ressourceforbrug og potentialer for arbejdsmiljøeffekt

Ressourceforbruget er udtrykt i gram og arbejdsmiljøpåvirkningerne i timer fra opførelsen i tabel 3 indgår direkte i den videre vurdering.

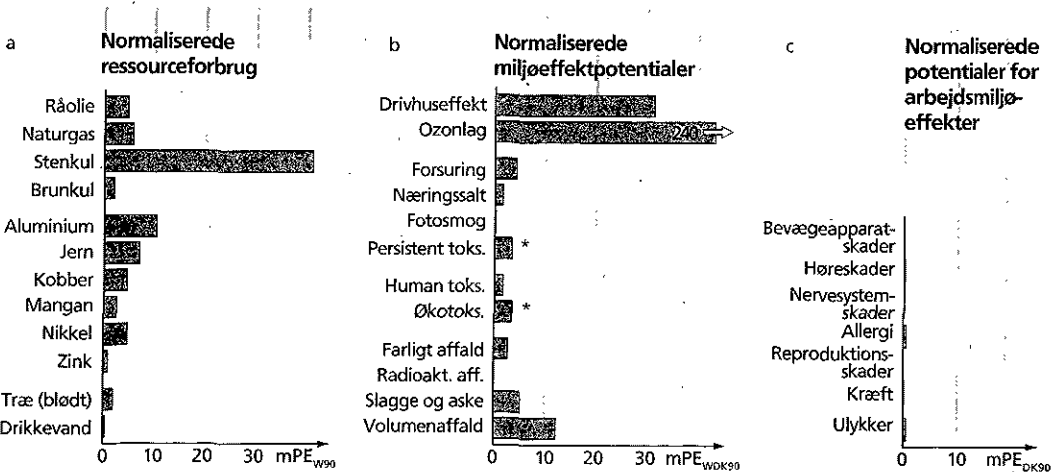
Størrelsen af produktets bidrag

Køleskabets bidrag til de forskellige effekttyper er sat i forhold til en persons gennemsnitlige bidrag i figur 10. Størrelsen af køleskabets bidrag er dermed udtrykt i personækvivalenter, eller rettere millipersonækvivalenter (mPE), som er produktets bidrag i promille af en gennemsnitspersons bidrag. Det gør størrelsen umiddelbart forståelig, og det bliver muligt at sammenligne bidragene til de forskelligeartede effekttyper. Det kaldes en *normalisering*.

Figur 10 viser en normaliseret profil af et LER200, både en ressourceprofil, en miljøprofil og en arbejdsmiljøprofil. Det ses, at to af effektkategoriene, nemlig ressourceforbrug og miljøeffekter, er indbyrdes på niveau. Hermed menes, at niveauet er ensartet omkring 5-10 mPE svarende til 0,5-1% af bidragene for en gennemsnitsperson i 1990 for hovedparten af effekttyperne. Potentialerne for arbejdsmiljøeffekter ligger lavere end ressource- og miljøeffektpotentialerne. Det skyldes, at brugsfasen ikke bidrager med nogen nævneværdig arbejdsmiljøpåvirkning, idet kun påvirkningen af kraftværksarbejderne indgår. Normaliseringen over levetiden betyder derfor en fortynding af arbejdsmiljøbelastningerne set pr. år i forhold til miljøeffekterne og ressourceforbruget, hvor brugsfasen er betydningsfuld. En anden del af forklaringen er, at arbejdsmiljøopførelsen ikke dækker hele livsforløbet, men kun skønsmæssigt 3/4 af dette.

Ressourceprofilen viser, at et LER200 brugt i Danmark er karakteriseret ved et relativt højt forbrug af stenkul i forhold til de øvrige

Figur 10. Normalisering af ressourceforbrug og effekt-potentialer for køleskabet * se forklaring til persistent toksicitet og økotoksicitet i teksten ved figur 12



ressourcer. LER200 disponerer godt 4% af en gennemsnitspersons forbrug af stenkul på verdensplan i 1990, som er referenceåret. For aluminium og jern disponerer skabet omkring 1% af normalforbruget, og for de øvrige metaller 0,5% og derunder, og tilsvarende størrelser ses for råolie og naturgas. Profilen viser, hvad der er karakteristisk for et LER200 brugt i Danmark, men den viser dermed ikke, hvad der er mest kritisk. Det kræver, at de forskellige ressourcetyper vægtes over for hinanden, se næste afsnit.

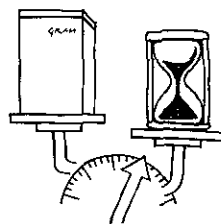
Miljøprofilen viser, at LER200 er kendetegnet ved et særdeles stort bidrag til ozonlagsnedbrydning med det indhold af CFC, der var i skabet, da det blev valgt som reference. Det pointeres, at skabene produceres uden CFC i dag. Et CFC-holdigt LER200 bidrager med ca. 240 mPE eller ca. 24% af bidraget til ozonlagsnedbrydningen fra en gennemsnitsperson i verden i 1990. Det er måske overraskende for de fleste, at det ikke er mere, for ud over køleskabet og fryseren har man normalt ikke andre CFC-holdige produkter i husholdningen herhjemme. Hvis man antager, at der i gennemsnit er 2 personer om at dele disse produkter, bliver køleskabets bidrag kun ca. 12% pr. person. Men i personækvivalenten indgår også erhvervslivets forbrug af CFC'er, og det er et væsentligt større bidrag. Samtidig indgår også forbruget i CFC-baserede aircondition-anlæg, fordi referencen for personækvivalenten er global og dermed inkluderer alle CFC-anvendelser i verden. For drivhuseffekten er bidraget godt 3%, og hoveddelen heraf kommer også fra CFC-forbindelserne. Derudover hæver volumenaffald sig over de andre effekttyper, på grund af det store stenkulsforbrug til el, idet volumenaffaldet som før omtalt overvejende stammer fra kulminedriften. De øvrige effekttyper ligger omkring 0,5% og derunder.

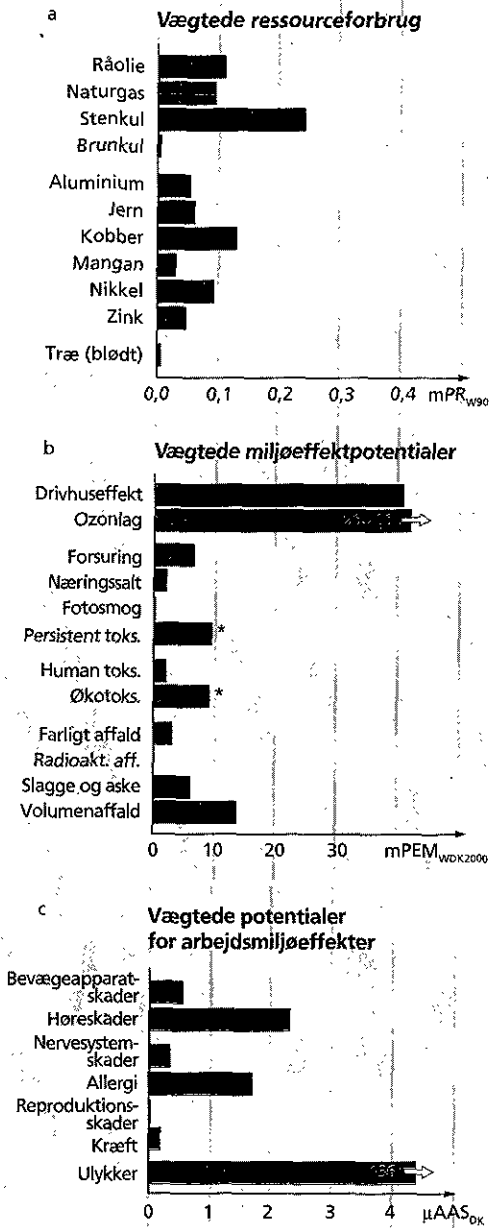
Arbejdsmiljøprofilen viser særlige karakteristika for allergi og arbejdsulykker, hvor et skab bidrager med godt 0,05% af den gennemsnitlige belastningen af arbejdere i Danmark. Desuden er LER200 kendetegnet ved potentialer for høreskader og kræft af størrelsen 0,02% af belastningen på en dansk arbejder i gennemsnit.

Væsentligste effektpotentialer

De forskellige effekttyper er imidlertid ikke lige kritiske, og derfor skal de vægtes indbyrdes før de væsentligste effektpotentialer kan udpeges. Denne vægtning følger UMIP-metoden og er forklaret i Wenzel et al., 1996. Den er vist i figur 11.

Ressourceforbruget er i figur 11a vægтет i forhold til de kendte reservers størrelse. Denne vægtning prioriterer ressourceforbruget ud fra et "sjældne ressourcer"-kriterium, dvs. hvilke ressourcer der er mest truet af udtømming. Ud fra dette kriterium er stenkul stadig den højeste prioritet, derefter kommer kobber, råolie, naturgas og nikkel. For metallerne bliver kobber og nikkel de væsentligste på grund af de meget begrænsede reserver, der var kendt at være tilbage i 1990. Med det nuværende forbrug på verdensplan vil de sandsynligvis være brugt op om kun godt 20 år. Aluminium og jern nedprioriteres i vægtningen, fordi de begge er jordskorpemetaller, og horisonten for, hvor længe de kendte reserver strækker, er væsentligt større. Talværdien udtrykker, hvor stor en del af de kendte tilbageværende reserver pr. person, som køleskabet lægger beslag på. Det ses, at ét LER200 bruger 0,25 mPR (**milli Person-Reserve**) stenkul,





Figur 11. Vægtede ressourcforbrug og effektpotentialer for køleskabet

Talværdierne i figur 11 er kun vægtet indbyrdes mellem ressource typerne, miljøeffekttyperne og arbejdsmiljøeffekttyperne. På dette niveau kan tallene derfor ikke sammenlignes på tværs mellem ressourcer, miljø og arbejdsmiljø, som de i princippet kunne på normaliseringsstrinnet i figur 10. Hvor normaliseringen giver en samlet fælles størrelsesorden i forhold til "normalen", giver vægtningen støtte til den indbyrdes prioritering inden for hver af de tre hovedkategorier af effekter.

dvs. 0,25 % af den mængde stenkul, der i 1990 var kendt at være tilbage til én person og alle dennes efterkommere i al fremtid. Ved nærmere eftertanke er det temmelig meget. Bemærk, at der i denne vægtning ikke er taget stilling til værdien af de forskellige ressourcer og heller ikke til, om forbruget er irreversibelt som for forbrænding af fossile brændsler, eller i princippet reversibelt som for deponi af metaller.

Miljøprofilen i figur 11b er vægtet med de internationale politiske reduktionsmål for de globale effekttyper og de nationale reduktionsmål for de regionale og lokale effekttyper. Ud fra dette kriterium har bidraget til ozonlagsnedbrydningen ikke overraskende den højeste prioritet. Derefter følger drivhuseffekten og derefter volumenaffald. Det var overraskende, at persistent toksicitet og økotoksicitet kom ud som høje prioriteter. Det var ikke ventet for de typer udledninger, der er i køleskabets livsforløb. Årsagen blev undersøgt nærmere, og resultatet heraf er beskrevet i næste afsnit. Talværdien udtrykker produktets bidrag i forhold til det målsatte bidrag pr. person i år 2000. Det ses f.eks., at et CFC-holdigt LER200 bidrager med ca. 2600% af det bidrag til ozonlagsnedbrydningen, der er målsat for en person i år 2000, og 4% af det målsatte drivhuseffektpotentiale.

Arbejdsmiljøprofilen er vægtet efter antallet af anmeldte arbejdsskader pr. belastningstime, og talværdien udtrykker dermed antallet af forventede anmeldelser pr. LER200, se figur 11c. Ud fra denne vægtning har ulykker absolut højeste prioritet, og derefter vægtes høreskader og allergi højt.

Der ligger ingen betragtning om alvorligheden af de anmeldte effekter i denne vægtning. Vægtningen er imidlertid det bedste grundlag for at vurdere alvorligheden. Ved en sammenligning mellem alternativer kan man ud fra figur 11c spørge: Hvad vægtes højest, x færre arbejdsulykker eller y færre kræfttilfælde?

Væsentligste kilder til effektpotentialerne

For at produktudviklerne kan se, hvor bidragene til de forskellige effekttyper kommer fra, er de grupperet i bidrag fra "materialer" og "processer", der igen efter MEKA-princippet (Wenzel et al., 1996) opdeles som vist i tabel 5.

Opdelingen giver i alt 6 typer "kilder" til potentielle effekter, og deres bidrag er vist i figur 12 som vægtede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer. Af opdelingen fremgår det, hvor meget materialevalget og -håndteringen under bortskaffelsen betyder for de enkelte effekttyper, og hvor meget processernes energiforbrug og hjælpestofforbrug betyder. På den måde kan produktudviklerne på et aggregeret niveau se konsekvenserne af de valgte løsninger i produktet.

Materialeforbruget er i sagens natur afgørende for ressourceforbruget. For olie og naturgas er el-forbruget imidlertid lige så vigtigt, og for kul står el-forbruget for 90%.

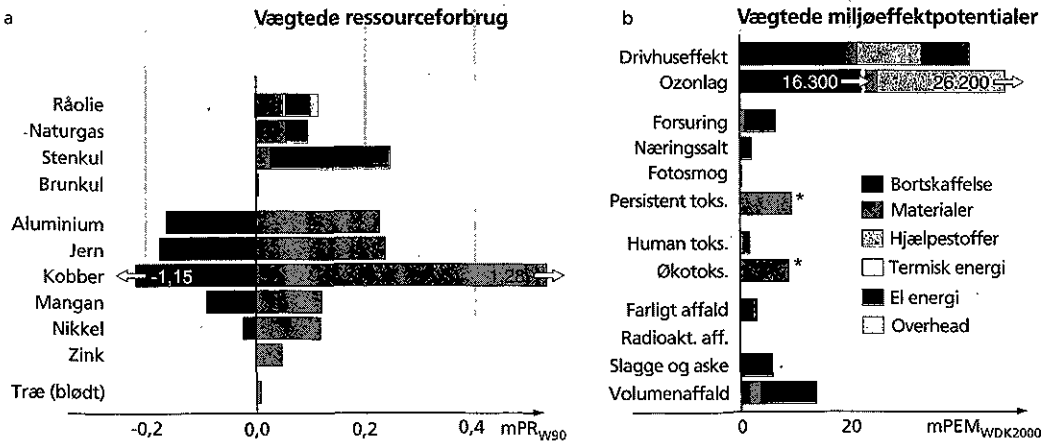
For metallerne fremstår betydningen af genbruget i bortskaffelsen tydeligt, idet en stor del af forbruget godskrives igen ved bortskaffelsen. Selv om der er antaget 100% genbrug af køleskabets indhold af aluminium, jern, kobber og mangan, godskrives der imidlertid ikke lige så meget ved bortskaffelsen, som der indgår ved materialeforbruget. Det skyldes to ting. For det første at der er spild under selve materialefremstillingen, som ikke indgår i køleskabet, og som derfor ikke genbruges under bortskaffelsen. For det andet at materialerne taber lødighed, når de omdannes til genbrugsmaterialer, og selv for genbrugte materialer tilskrives der derfor et ressourceforbrug, der svarer til lødighedstab.

Figur 12 viser, at hjælpestofforbruget i processerne er meget afgørende for ozonlagsnedbrydning og drivhuseffekt.

Det er CFC'ernes bidrag, der slår igennem. Også bortskaffelsen er afgørende for ozonlagsnedbrydning, og igen er det CFC'erne i skummet og kølesystemet, der giver bidraget. I alt står CFC for 100% af bidraget til ozonlagsnedbrydning og 75% af bidraget til drivhuseffekten. Det lille bidrag til ozonlagsnedbrydningen fra materialerne stammer fra CFC-indholdet i termostaten. Den indkøbes som standardkomponent og er derfor grupperet under materialer. Bortskaffelsen er også væsentlig for farligt affald, hvor det er depouren af PVC med indhold af blødgørere, der fremgår.

| | |
|------------|-----------------|
| Materialer | |
| Materiale | - forbrug |
| | - bortskaffelse |
| Processer | |
| Energi | - termisk |
| | - el |
| Kemikalier | - hjælpestoffer |
| Andet | - overhead |

Tabel 5. Kilder til ressourceforbrug og effektpotentialer opdelt efter MEKA-princippet



Figur 12. Vægtede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer opdelt på kildetyper

Forbruget af termisk energi er meget lille. Der er ikke mange processer i livsforløbet, der anvender brændsler direkte, og f.eks. er de meget energikrævende tørre- og hærdeprocesser også el-baserede. Kun forbruget af olie i transportprocesserne er kategoriseret som termisk energi, og det eneste sted dette bidrag ses er på ressourcen råolie.

El-energiforbruget giver det væsentligste bidrag til mange af effekttyperne, det gælder for både forsuring, næringssaltbelastning, slagge og aske og volumenaffald. For drivhuseffekten bidrager elforbruget med 25%.

Persistent toksicitet og økotoksicitet

Det fremgår af figur 12, at potentialerne for persistent toksicitet og økotoksicitet stammer fra materialeforbruget. Det var som nævnt uventet, og det blev derfor undersøgt nærmere. Beregningen viste, at det stammede fra stålproduktionen. Ved at gå endnu et skridt ned i beregningen viste det sig, at de to toksicitetsbidrag kom næsten 100% fra indhold af jern i udledningen fra det pågældende stålværk. Data fra værket oplyste blot om "jern" i udledningen i den aktuelle mængde, ikke om jernets tilstandsform. I beregningerne af toksicitetsbidragene var der regnet med jern på ionisk form, der er ret giftig. En efterkontrol viste imidlertid hurtigt, at det ikke var sandsynligt med den aktuelle mængde jern på ionisk form, fordi jern hurtigt oxideres i vand og danner jernoxider, der ikke er nær så giftige. En henvendelse til stålværket bekræftede, at "jern" i spildevandet betød "jernoxider". De her viste effektpotentialer for de to toksicitetstyper var altså udtryk for en fejl, og toksicitetspotentialerne er reelt væsentligt mindre. Derfor er de mærket med en * i figurene.

Eksemplet er medtaget for at vise, at toksicitetsvurderinger skal håndteres varsomt i miljøvurderingen. Når en høj prioritet dukker op, bør man gå den efter og undersøge nærmere, hvad der ligger bag. Toksicitetsvurderingerne er behæftet med større usikkerhed end vurderingerne af de øvrige miljøeffektpotentialer. Men de er imidlertid værdifulde at have med, fordi de giver en indledende orientering om, hvordan toksiciteten fra de kendte udledninger vægtes i forhold til de øvrige miljøeffektpotentialer.

Forenkling af miljøvurderingen

Erkendelserne fra de kildeopdelte profiler som vist i figur 12 giver mulighed for at forenkle præsentationen af miljøvurderingen i de videre undersøgelser og undgå for meget overflødig information. Først sorteres de effekttyper fra, der er vægtes meget lavt i forhold til de øvrige. Ud fra dette kriterium sorteres fotosmog, persistent toksicitet, økotoksicitet og radioaktivt affald fra ligesom brunkul, zink og træ. Dernæst udelukkes effekttyper, der kan repræsenteres af andre, fordi de stammer fra de samme kilder. Ud fra dette kriterium udelukkes næringssaltbelastning og human toksicitet, der kan repræsenteres af forsuring, fordi kilderne er materialer og el i samme forhold, samt slagge og aske, der kan repræsenteres af volumenaffald. Endvidere udelukkes mangan, der indgår i stålet og kan repræsenteres af jern. Nikkel er udeladt af de næste præsentationer, fordi den kun indgår i en enkelt komponent, men nikkelforbruget i denne komponent vises igen senere som et fokuspunkt.

Væsentligste faser i livsforløbet

I figur 13 er miljøvurderingen opdelt på de forskellige faser i livsforløbet. Det giver et billede af, hvor i livsforløbet de største ressourceforbrug og potentielle effekter opstår.

Figur 13a viser den faseopdelte ressourceprofil. Som det fremgår, betyder produktionsfasen og transportfasen meget lidt for ressourceforbruget. Kun små mængder brændsel indgår i disse faser. Brugsfasen betyder meget for stenkulsforbruget på grund af det store forbrug af dansk el.

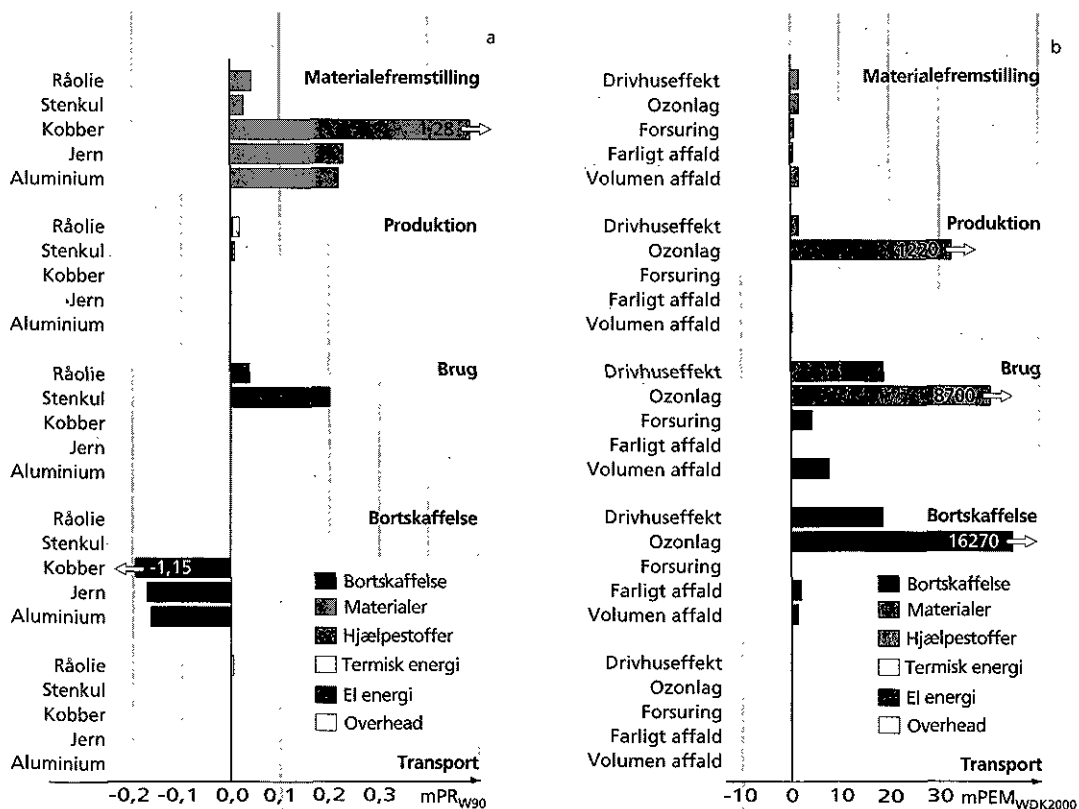
Et LER200 indeholder 1000 g kobber og har altså beslaglagt 1,3 % af personreserven i 1990, dvs. 1,3 % af den "ration", der med de kendte reserver var tilbage i 1990 til én person og dennes slægt i al fremtid. Det viser, hvor vigtigt det er at genbruge kobberet i bortskaffelsesfasen, som det er forudsat gjort her.

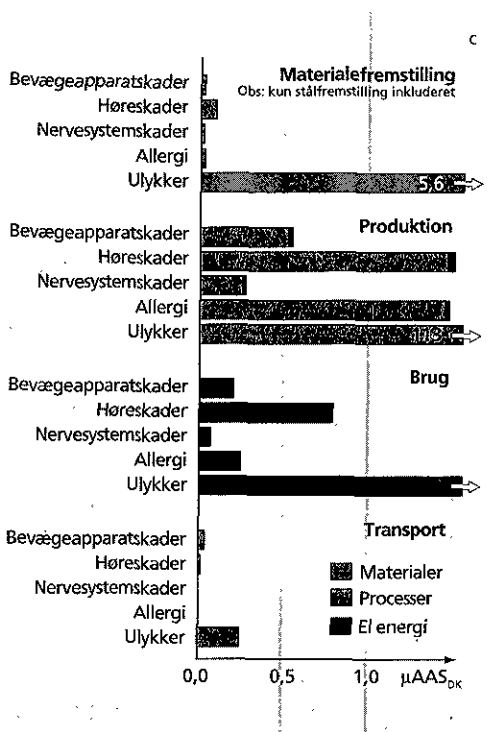
Figur 13b viser den vægtede miljøprofil opdelt på faser, hvor potentialerne for driv-huseffekt og ozonlagsnedbrydning er dominerende. Bortskaffelsesfasen er den væsentligste, og CFC-udslippet står her for hele bidraget. I brugsfasen er potentialerne for drivhuseffekt lige store for CFC-udslippet og el-forbruget. Figuren viser, at brugsfasen på grund af energiforbruget vil være meget dominerende, når der er fundet alternativer til CFC, som hverken kan bidrage til ozonlagsnedbrydning eller drivhuseffekt.

Det fremgår, at bidraget til volumenaffald er meget større i brugsfasen end i bortskaffelsesfasen. Det skyldes, at affaldsmængderne fra kulminedriften væsentligt overstiger mængden af materialer, der ender på deponi efter bortskaffelsen. Indholdet af blødgørere

Figur 13a. Vægtet ressourceforbrug opdelt på faser i livsforløbet

Figur 13b. Vægtede potentialer for miljøeffekter opdelt på faser i livsforløbet





Figur 13c. Vægtede potentia-
ler for arbejdsmiljøeffekter
opdelt på faser i livsforløbet

i PVC'en medfører, at PVC-affaldet i bortskaffelsesfasen bliver dominerende for farligt affald.

Figur 13c viser den vægtede arbejdsmiljøprofil opdelt på faser. For materialefasen er kun stålproduktionen inkluderet, men stålet udgør over 50% af skabets vægt, så figuren giver alligevel et vist indtryk af materialefasens bidrag.

Bemærk, hvor lille bidraget til arbejdsmiljøpåvirkninger fra stålproduktionen er i forhold til produktionsfasen. Det skyldes, at tidsforbruget pr. skab til fremstilling af stålet er væsentligt mindre end for produktionsfasen, fordi der fremstilles væsentligt større tonnage pr. tidsenhed under stålproduktion end under de forfinende processer i produktionsfasen. Da målet for arbejdsmiljøpåvirkning er påvirkningstiden, bliver produktionsfasen derfor væsentligst, når arbejdsmiljøpåvirkninger opgøres pr. produkt.

Der er forholdsvis mange anmeldelser af især arbejdsbetingede høreskader fra kraftværkerne, og dermed får brugsfasen en vis betydning.

Væsentligste komponenter

Et LER200 er en ud af mange mulige løsninger på opgaven: At levere den primære funktionelle enhed og de sekundære funktioner. Hver komponent er en løsning på en del af opgaven. De løsninger, der er valgt, er udtryk for en lang tradition for køleskabsteknologi generelt og hos Gram A/S specifikt. Miljøhensyn har ikke hidtil haft stor indflydelse på denne tradition, og løsningerne har ikke før været miljøvurderet systematisk.

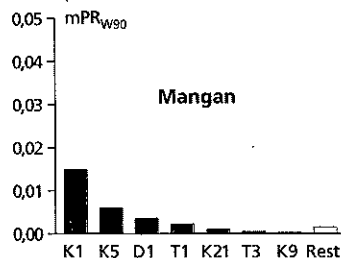
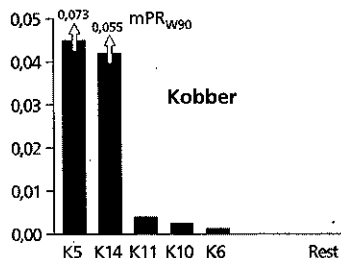
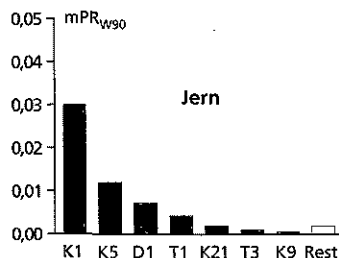
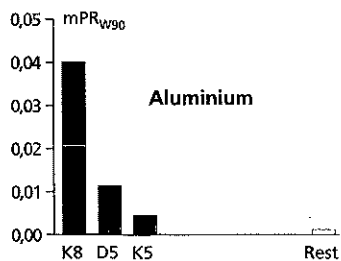
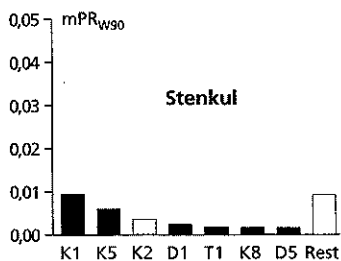
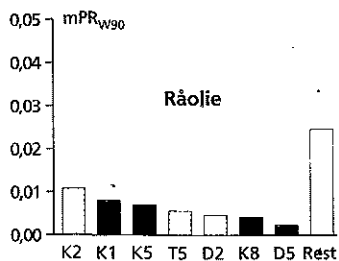
Figur 14 er et forsøg på at gøre dette. Alle komponenter i skabet er miljøvurderet for sig, og topscorerlister for hver effekttype er opstillet. De er vist i figuren for de udvalgte effekttyper.

For langt de fleste processer i livsforløbet kan udvekslingerne med miljøet tilskrives en enkelt komponent. Det gælder alle processer i materialefasen og næsten alle i produktionsfasen. Visse produktionsprocesser berører flere komponenter samtidig, især montageprocesserne.

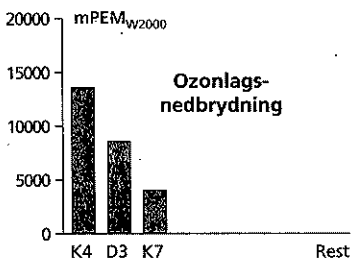
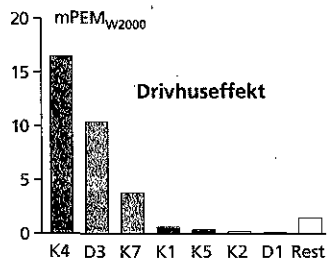
Men specielt for energiforbruget i brugsfasen gælder det, at det er en funktion af samspillet mellem mange komponenter, især kompressor, fordamper, kondensator, styring (termostat) og isolering. I mange tilfælde vil også udvekslingerne i bortskaffelsesfasen være en funktion af samspillet mellem komponenter, men for LER200 med den forudsatte bortskaffelse i shredder vil de i praksis kunne føres tilbage til en enkelt komponent.

Figur 14 viser vægtede potentialer for forskellige effekter for hele livsforløbet undtagen energiforbruget i brugsfasen. Materialefasen, produktionsfasen, brugsfasens CFC-udslivning, bortskaffelsesfasen og transportfasen er med. Figuren giver derfor et helhedsbillede af,

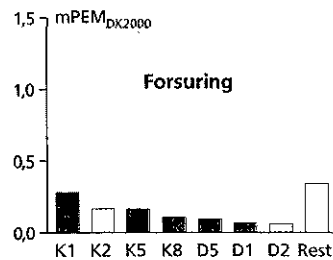
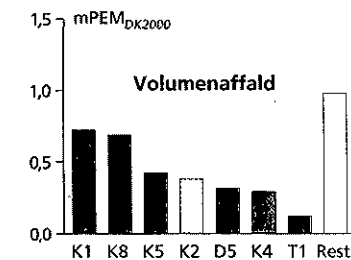
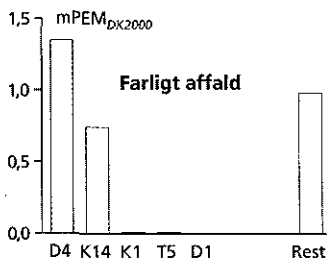
Vægtede ressourcerforbrug



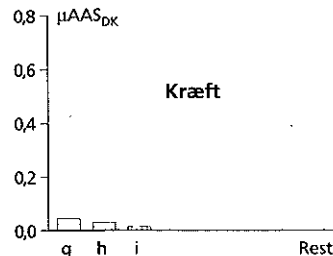
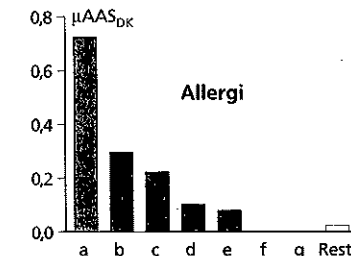
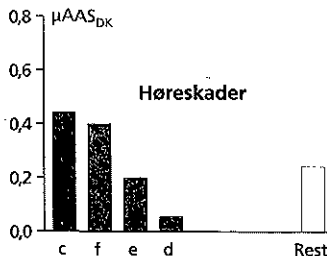
Vægtede miljøeffektpotentialer



Signaturer:
 ■ CFC - holdig
 □ Plast
 ■ Metal
 □ Rest



Vægtede potentialer for arbejdsmiljøeffekter



Figur 14. Topscorere blandt køleskabets komponenter

hvilke valg af løsninger i LER200, der har de største potentielle konsekvenser for miljøet. Komponentnumrene i figuren henviser til styklisten i tabel 1.

Ud over at vise, hvilke komponenter der bidrager mest, viser figuren også restbidraget fra alle andre komponenter tilsammen. Figuren viser på den måde, hvor bredt den pågældende effekttype er fordelt i produktet, og dermed hvor mange eller hvor få komponenter en indsats vil berøre, hvis der skal eller kan gøres noget ved problemet. Bemærk, at disse topscorerlister ikke skal ses som en udpegning af miljømæssige fokuspunkter. Det kan være, at en given komponent allerede er den miljømæssigt bedste løsning, selv om den er topscorer. Det kommer an på, hvilke alternativer, der findes. Figur 14 er derfor blot en neutral oversigt og et godt grundlag for en diskussion mellem miljøspecialisten og produktudvikleren. Under miljødiagnosen i næste kapitel diskuteres alternativer, og fokuspunkter udpeges.

Topscorerlisterne viser kun et overblik på komponentniveau. Årsagerne til miljøproblemer ligger også i valg af produktstruktur og i konceptvalg. Men en udpegning af problemer eller "topscorere" på struktur og konceptniveau kræver også en diskussion af alternativer på disse niveauer, og den tages også under miljødiagnosen i næste kapitel.

Idet bortskaffelsen er medregnet, er der regnet med, at de viste metaller er 100% genbrugt. Forbruget af metalressourcer på figuren afspejler derfor det forbrug, der tilskrives på grund af det tidligere omtalte lødighedstab. Hvis der ikke var antaget 100% genbrug ville søjlerne være højere, men forholdet imellem dem ville være det samme.

Bidragene til volumenaffald er større for visse af metalkomponenterne end for plastkomponenterne. Det kan undre, når de sendes 100% til genbrug. Grunden er imidlertid den samme som før, nemlig lødighedstab. For stål er der f.eks. antaget et lødighedstab på 25% i hver brugsfase under genbrug, dvs. stålet kan kun bruges i gennemsnit fire gange i alt, derefter må det deponeres. Hver brugsfase, dvs. hvert produkt stålet indgår i, tilskrives derfor 25% af det resulterende volumenaffald efter endt brug af stålet.

Videnmangel, usikkerheder og følsomhedsvurderinger

Som nævnt under afgrænsningen mangler der for visse dele af livsforløbet viden om processerne, som det havde været ønskeligt at få med. Hvor meget denne videnmangel betyder, og hvor store usikkerhederne i øvrigt er, belyses her for at give et indtryk af, hvor holdbare konklusionerne er.

Materialefasen

Den største mangel på viden er livsforløbet for kemikalierne fra råstofudvinding frem til produktionen. Det drejer sig især om polyol, isocyanat, CFC, fugemasse og epoxy pulver i de mængder, der fremgår af opgørelsen i tabel 3, og om detergenter og fosforsyre i mindre mængder.

Energiforbruget til fremstilling af disse er estimeret, og for polyol og isocyanat, som indgår i skummet, udgør det ca. 600 MJ. Dette

energiforbrug er som tidligere nævnt inkluderet i figur 8b af hensyn til pointen i denne figur. For de øvrige kemikalier skønnes det samlede energiindhold inkl. både procesenergi og brændværdi at være mindre end 200 MJ. I opgørelsen i tabel 3 og i de miljøvurderinger, der følger efter, mangler materialefase såvel som ressourcetilførelse og udledninger fra energiproduktionen svarende til ca. 800 MJ.

Emissionerne fra fremstillingsprocesserne for disse kemikalier mangler også, men udledningen af kemikalierne er som før nævnt medregnet i de processer i produktionsfasen, hvor de bruges. For f.eks. CFC og detergenter vil emissionerne i produktionsfasen sandsynligvis være mindst en 10-faktor større, idet spildprocenten i den kemiske industri under fremstilling af disse stoffer skønnes at være væsentligt lavere end 10%. Generelt er emissionen af kemikalier under deres produktion ikke væsentlig i forhold til deres brug, men der kan være undtagelser, som ikke er kendt her. F.eks. kan der være særlige eksponeringer i arbejdsmiljøet.

Arbejdsmiljøpåvirkninger i materialefase er kun vurderet for stålproduktionen. Arbejdstiden pr. kg materiale er sandsynligvis større for plast og kemikalier, men hvor meget vides ikke. Der kan være eksponeringer for allergifremkaldende stoffer (epoxypulver) og reproduktionsskadelige stoffer (bisphenol-A) under fremstillingen af epoxypulver, som ikke er kendt. Der kan desuden være eksponering for kræftfremkaldende stoffer (acrylonitril og styren) under fremstillingen af ABS, som ikke er kendt.

Usikkerhederne på data fra stålproduktionen er små, de kommer fra et enkelt stålværk, der er enleverandør til Gram A/S. For plasttyperne er usikkerheden større, idet data er gennemsnitsdata fra den europæiske sammenslutning af plastproducenter. Valget af plastleverandører er imidlertid også mere varierende, og derfor er det hensigtsmæssigt at bruge gennemsnitsdata.

Produktionsfasen

For produktionsfasen er stort set alle processer målt og/eller vurderet. Energimålingerne vurderes at være meget pålidelige, og usikkerheden lille. For emissionsmålingerne er det sikret, at driftssituationen under målingerne var normal, men der er kun målt én gang over nogle timer. Der kan derfor være store usikkerheder på emissionsmålingerne, skønsmæssigt op til 50%. Imidlertid betyder usikkerheder på 50% for de målte produktionsprocesser ikke noget i det samlede billede. Fordelingen af overheadbidraget pr. produceret enhed, som det er gjort i dette tilfælde, kunne være gjort anderledes. F.eks. kunne en økonomisk fordelingsnøgle være brugt, dvs. fordeling af overheadforbruget pr. krone solgte skabe i stedet for pr. styk. Tildelingen af overheadbidrag til et LER200 vil imidlertid højst variere 10-20%, alt efter hvilken fordelingsnøgle der bruges, og i det samlede billede betyder det kun lidt.

Brugsfasen

Data for brugsfasen er meget pålidelige. Driften af LER200-skabet er målt kontinuert på 120 skabe over et år (Pedersen og Lawætz, 1989), og usikkerheden på bestemmelsen af deres energiforbrug vurderes at være under 10%. Endvidere vurderes data for emissionsmålinger for danske kraftværker at være meget pålidelige. Ved forde-

lingen af ressourceforbrug og emissioner på el og varme for kraft/varmeværkerne er der anvendt el-selskabernes egen interne fordelingsnøgle. Det er oplyst, at 90% ifølge denne nøgle tilskrives elektriciteten. Denne fordeling kunne følge andre nøgler, og det har betydning for både produktionsfasen og brugsfasen. Figur 12 og 13 viser, hvor meget el-forbruget bidrager til ressourceforbrug og potentielle miljø- og arbejdsmiljøeffekter, og heraf kan konsekvensen af en ændret fordelingsnøgle umiddelbart ses, da el-bidraget i de to faser vil ændres proportionalt med den procent-del, der tilskrives elektriciteten. El-bidraget vurderes maksimalt at kunne ændre sig 15% som funktion af den anvendte fordelingsnøgle mellem el og varme.

I vurderingen er det antaget, at køleskabet bruges i Danmark, ligesom der er antaget et brugsmønster for en gennemsnitsfamilie. Betydningen af brugsfasen afhænger imidlertid af disse antagelser, og derfor simuleres både alternative brugssteder og brugsmønstre. Dette er gjort sammen med de øvrige simuleringer i kapitel 2, se figur 15g og 15h.

Usikkerheden på emissionen af CFC fra skummet i brugsfasen er som tidligere nævnt stor, da der ligger et estimat for kun fire skabe til grund for data. Det kan betyde noget for vurderingen af størrelsen af bidraget fra brugsfasen, men ikke meget i det samlede billede, da kun 7,5% opsamles i bortskaffelsesfasen. Det, der ikke slipper ud i brugsfasen, undslipper under bortskaffelsen og omvendt.

En undersøgelse af levetiden for køleskabe på markedet generelt har vist, at den sandsynligvis er omkring 17 år (Thorsen, 1993). Da LER200-skabet er udviklet i 1988, er der ikke erfaringer med dette skab, og Gram A/S har ønsket at estimere levetiden konservativt, derfor er de 13 år valgt. Rent teknisk er gennemsnitslevetiden sandsynligvis væsentligt længere. En længere levetid betyder, at brugsfasen får større betydning, end vurderingerne her har vist, idet betydningen af de øvrige faser mindskes med øget levetid.

Bortskaffelsesfasen

De enkelte processer i bortskaffelsesfasen er vurderet med relativt stor sikkerhed, idet data er fra specifikke aftagere af køleskabe og fra metaller. Antagelsen om, at 30% af skabene fik aftappet CFC fra kølesystemet og 7,5% fra skummet, er meget pålidelig, da det var de aktuelle gennemsnitstal for køleskabe i Danmark i 1992. Mere usikker er imidlertid antagelsen om, at 100% af metallerne går til genbrug. Endvidere er det et generelt usikkerhedsmoment i datagrundlaget, at processerne i deponiet ikke indgår, og at miljøproblemer fra deponi i stedet blot indikeres ved den aktuelle affaldsmængde.

Simulering af ændringer

I miljødiagnosen i kapitel 2 simuleres andre bortskaffelsesveje, ændrede levetider, andre elsystemer under brugen og en del andre ændringer i forhold til det forudsatte for referenceproduktet. Det viser følsomheden af de væsentligste antagelser, der er gjort for livsførelset af LER200-skabet.

2. Miljødiagnose for et køleskab - LER200

Formålet med miljødiagnosen er at udpege miljømæssige fokuspunkter i produktet. Dvs. udpege hvilke af de ressourceforbrug og effektpotentialer, miljøvurderingen har vist, der anses for at være problematiske og at identificere, hvor i produktet de sidder.

Som før nævnt, er det ikke nødvendigvis de højest vægtede effektpotentialer, der er de mest problematiske for produktet, men i vid udstrækning dem, der er større end nødvendigt. Derfor er formålet med miljødiagnosen at identificere forbedringspotentialerne i produktet, så disse sammen med miljøvurderingen kan udgøre grundlaget for at udpege fokuspunkterne.

Den ene del af opgaven er at simulere forskellige ændringer i produktet eller dets livsforløb, både teoretiske ændringer og konkrete alternativer, og miljøvurdere disse ændringer. Den anden del af opgaven er at skaffe viden om kendte alternativer eller teknologier, der vurderes at være på vej, for kun i kraft af viden om alternativer kan forbedringspotentialer udpeges.

Simulering af ændringer i køleskabet eller dets livsforløb

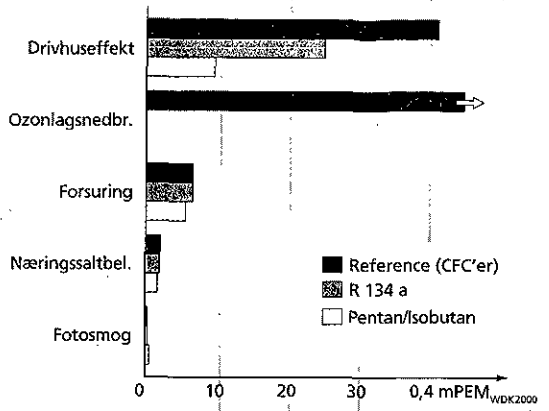
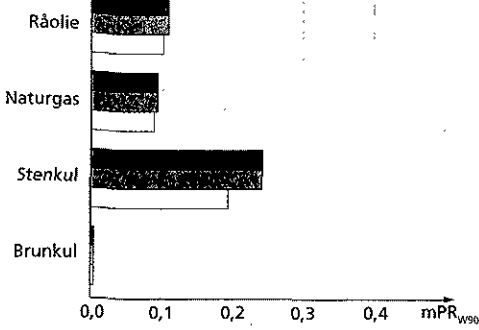
Simuleringen af ændringer i produktet og dets livsforløb følger det før nævnte MEKA-princip, dvs. ændringer i materialevalg og materialebortskaffelse, ændringer i processernes forbrug af energi og kemikalier (hjelpestoffer), samt "andre" ændringer som f.eks. ændringer i levetid og brugsmønster. Simuleringerne går ud fra referenceproduktets aktuelle sammensætning og livsforløb, og de miljømæssige konsekvenser af de simulerede ændringer sammenlignes med referencen. Se tabel 6.

Tabel 6. De udførte simuleringer af ændringer i produktet og dets livsforløb

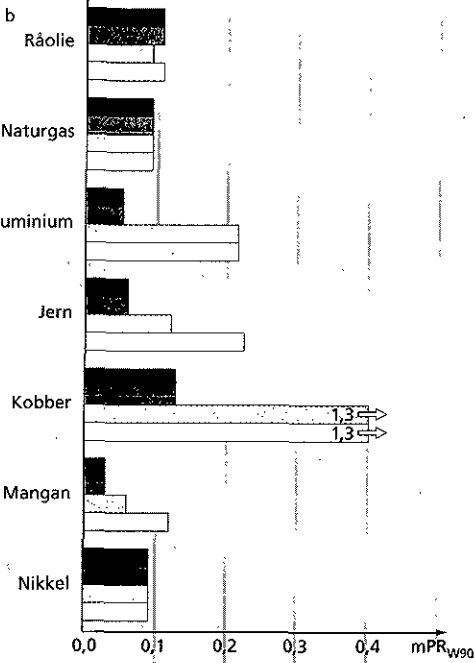
| M | E | K | A |
|--|--|--|---|
| Bortskaffelse | El-forbrug | Kemikalieforbrug | Andet |
| <ul style="list-style-type: none">• Deponér 100% i stedet for nuværende scenario.• Forbrænd 100% i stedet for nuværende scenario.• Genbrug 100% af materialet i stedet for nuværende scenario. | <ul style="list-style-type: none">• Optimér kompressor til 100% nyttevirkning.• Optimér fordampere til 100% nyttevirkning.• Optimér hele kølesystemet til 100% nyttevirkning.• Optimér hele køleskabet til 100% nyttevirkning med teoretisk optimal vacuumisolering.• Øg isoleringen med PUR-skum med 50% for både R134a-skab og pentan/isobutan-skab.• Øg isoleringen med PUR-skum med 100% for både R134a-skab og pentan/isobutan-skab. | <ul style="list-style-type: none">• Substituéér CFC med R134a i både skum og kølemiddel.• Substituéér CFC med pentan i skum og isobutan som kølemiddel. | <ul style="list-style-type: none">• Reducér levetiden til 10 år• Øg levetiden til 20 år.• Forskelligt antal brugere (én simulering ad gangen)• Forskellige brugssteder (én simulering ad gangen) |

Kemikalier

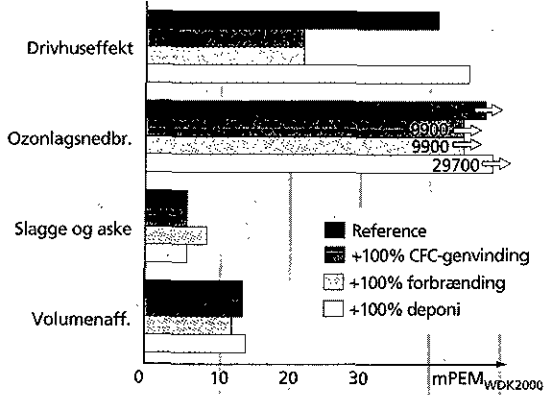
a Kemikaliesubstitusjon – alternative køle- og bløsemidler



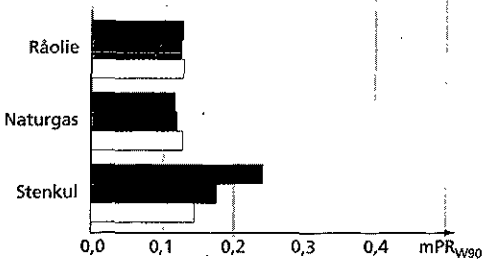
Materialer



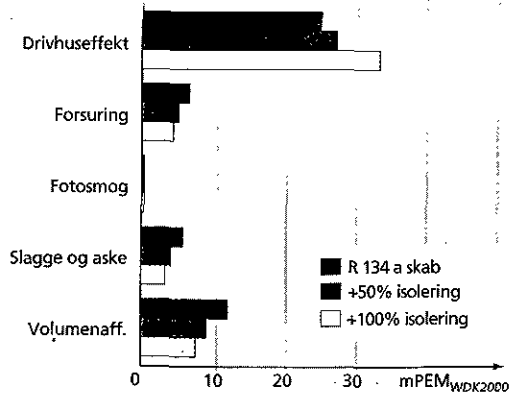
Bortskaffelse – LER200

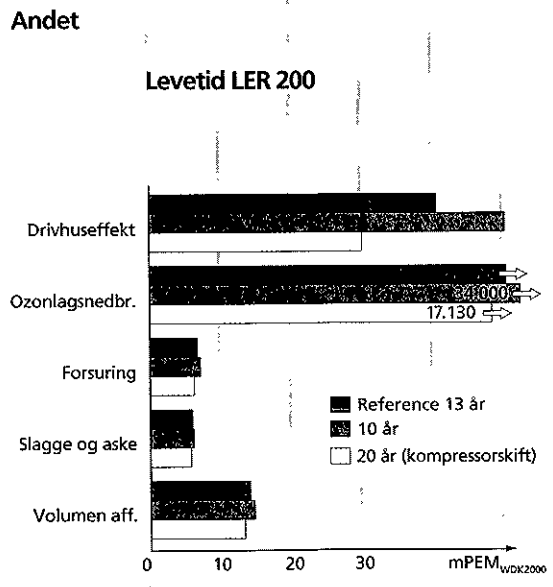
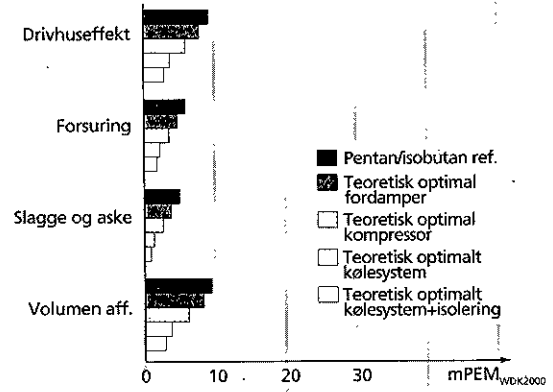
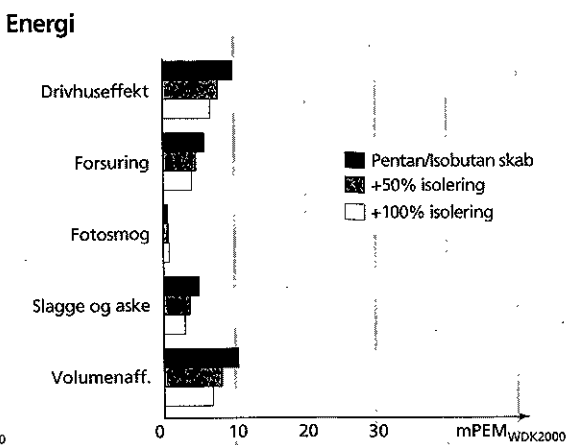
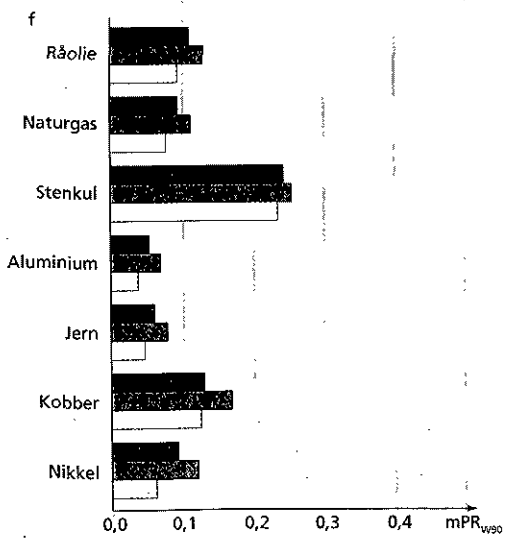
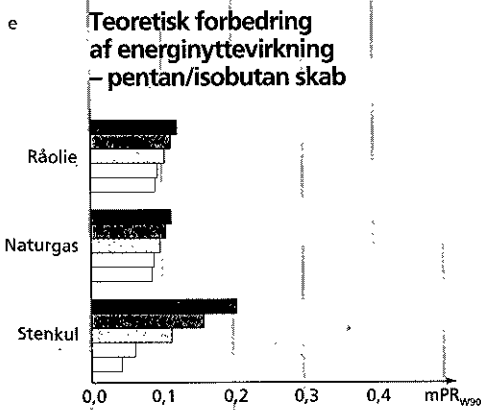
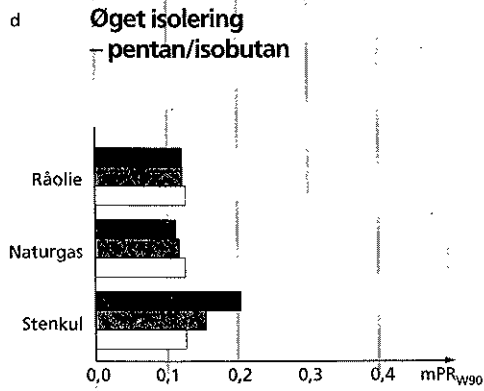


c Øget isolering – R 134a



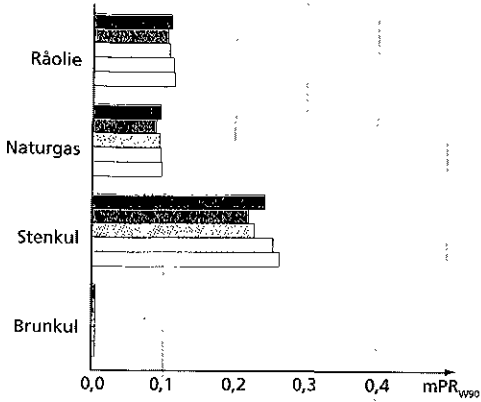
Energi



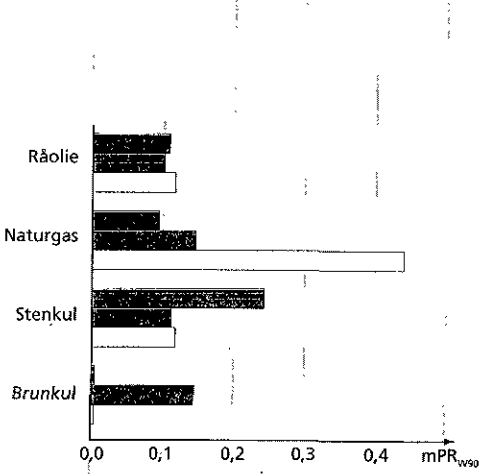


Figur 15. Simulering af miljømæssige konsekvenser af ændringer i produktet og dets livsforløb

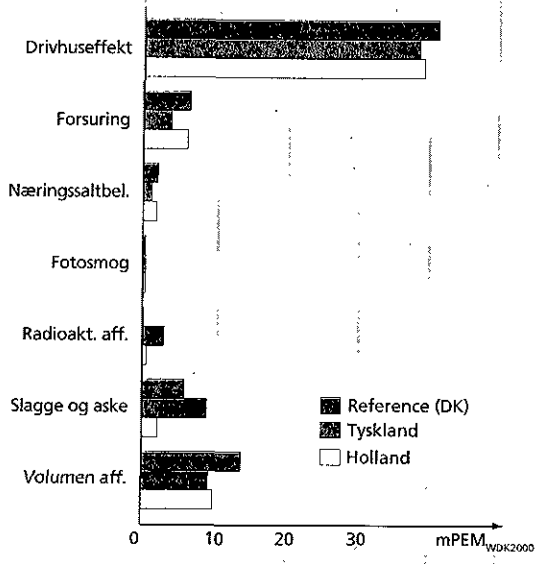
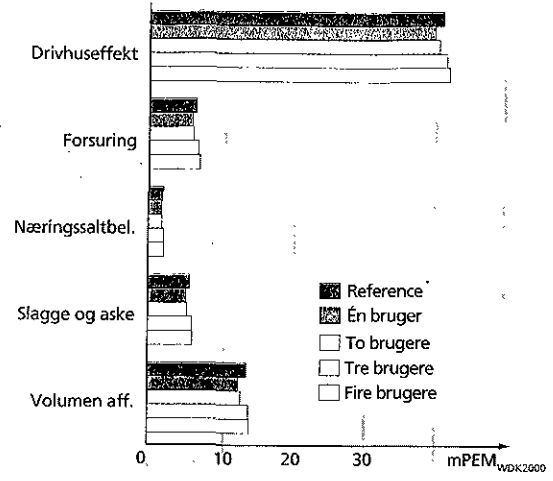
9 **Brugsmønster LER200**
– antal brugere



h **Brugssted LER200**
– elsystemets betydning



Andet



Figur 15.

Kemikaliesubstitution. Alternative køle- og blæsemidler

Der er analyseret to alternativer til CFC, nemlig: R134a, der er en HFC, dvs. en fluorholdig hydrocarbon uden chlor eller brom, og pentan/ isobutan, der er alkaner.

For første alternativ bruges R134a både som køle- og blæsemiddel, og for andet alternativ bruges pentan som blæsemiddel, mens isobutan bruges som kølemiddel. Figur 15a viser de miljømæssige konsekvenser af alternativerne. Det bemærkes i øvrigt, at tallene for R134a-skabet viser situationen fra 1994 og frem, hvor CFC er erstattet med R134a i alle skabe.

Substitutionen med R134a vil fjerne bidraget til ozonlagsnedbrydning helt og halvere bidraget til drivhuseffekten. R134a er imidlertid også en drivhusgas omend svagere end CFC'erne, så der vil fortsat restere et bidrag, og det vil være lige så stort som bidraget fra el-forbruget, som det fremgår. De øvrige effektpotentialer er upåvirkede af substitutionen. Pentan/isobutan-løsningen vil også eliminere bidraget til ozonlagsnedbrydning, og det vil reducere bidraget til drivhuseffekten med 75%, så der kun er bidraget fra energiforbruget tilbage. Pentan/isobutan-skabet er samtidig vurderet at være 20% mere energiøkonomisk i brugsfasen, og det afspejles i en reduktion for de energirelaterede effekttyper generelt. Potentialet for fotosmogdannelse øges ved dette alternativ. Forøgelsen er 60% i forhold til referencen og R134a-skabet, men i det vægtede billede er betydningen af denne forøgelse ikke så stor.

Simuleringen viser, at pentan/isobutan-løsningen miljømæssigt er at foretrække frem for R134a-skabet. Denne konklusion bekræftes yderligere af figur 15c og 15d, der viser mulighederne for energibesparelser ved øget isolering for de to løsninger.

Bortskaffelse af et LER200

Betydningen af bortskaffelsesvejen er meget stor, som vist i figur 15b. Tre alternative bortskaffelsscenarioer er simuleret for LER200-skabet, nemlig:

- at det afleveres 100% til CFC-genvinding for både skum og kølesystem
- at det sendes 100% til forbrænding
- at det sendes 100% til deponi

Ved 100% CFC-genvinding opnås 50% reduktion af bidraget til drivhuseffekten, nemlig den del som CFC-udledningerne i bortskaffelsen stod for. For bidraget til ozonlagsnedbrydning nås tilsvarende en reduktion på 60%, de resterende 40% stammer fra produktions- og brugsfasen. For øvrige miljøeffekttyper og ressourceforbrug er der ingen ændringer. Det pointeres, at arbejdsmiljøforhold ikke er vurderet, og at de kan være væsentlige ved manuel håndtering i forbindelse med aftapning af CFC.

Ved 100% forbrænding opnås tilsvarende reduktioner for bidragene til drivhuseffekt og ozonlagsnedbrydning. Forbrændingen af plast og skum emitterer CO₂, som bidrager til drivhuseffekt, men samtidig fortrænges anden brændsel, fordi varmen fra affaldsforbrændingsanlægene udnyttes. Det giver alt i alt et lille nettobidrag ekstra til drivhuseffekten, fordi nyttevirkningen for affaldsforbrændingsanlæg er lidt ringere end for konventionelle varmekilder, men det er så lille, at det ikke ses af figuren. Derimod ses effekten af, at anden brændsel fortrænges; her er det antaget, at dette brændsel er olie, og effekten ses i form af en reduktion af olieforbruget på ca. 10%. Forbrændingen mindsker bidraget til volumenaffald, men den giver et forholdsvist større bidrag til slagge og aske på grund af det store metalindhold. Forbrænding af køleskabet uden at metallerne først sorteres fra vil have en meget uheldig effekt på ressourceforbruget. Især for kobber, hvor det vil medføre et forbrug på 1,3 % af personreserven. For jern og mangan vil konsekvensen være mindre, fordi stålet efter forbrændingen sorteres fra magnetisk på visse forbrændingsanlæg, her antaget 50%.

100% deponi af køleskabet har de samme uheldige effekter som forbrændingen, dog værre for jern og mangan og endnu værre for drivhuseffekt og ozonlagsnedbrydning.

Simuleringerne viser, at bortskaffelsesvejen betyder meget både for ressourceforbruget og miljøeffektpotentialerne fra køleskabet. Den rette bortskaffelsesvej for et LER200 er:

- at tappe CFC af kølesystemet, opsamle CFC fra skummet og destruere CFC'erne
- at adskille metaller, plast og skum
- at genbruge metallerne, inkl. rustfrit stål
- at brænde plast og skum i affaldsforbrændingsanlæg med energiudnyttelse - helst kraft/varmeproduktion
- evt. at regranulere og genbruge de store plastemner i ABS og luran

Det mest optimale er at indsamle alle CFC-baserede køleskabe, der er i brug, og erstatte dem med ikke CFC-holdige og derefter følge ovennævnte bortskaffelsesvej for også at undgå den betydende emission af CFC i brugsfasen.

Øget isolering. R134a- og pentan/isobutan-skabe

Figur 15c og 15d viser effekten af øget isolering, nemlig: 50% øget isolering og 100% øget isolering for både R134a- og pentan/isobutan-skabet. Isoleringen er antaget at øges udadtil for at opretholde volumenet på 200 liter som forudsat i den funktionelle enhed.

For R134a-skabet reduceres bidragene til de effekttyper, der kun er energirelaterede. For drivhuseffektpotentialet derimod, øges bidraget med isoleringstykkelsen på grund af R134a-skabets virkning som drivhusgas. Som det fremgår, er forøgelsen størst for den sidste del af isoleringslaget, fordi energibesparelsen pr. R134a-mængde er faldende med tykkelsen af laget. Olie- og naturgasforbruget øges med stigende isoleringstykkelse, fordi de indgår i isoleringsmaterialet, men ikke i væsentlig grad i dansk el-produktion, der indgår i brugsfasen. For disse ressourcers vedkommende ligger optimumspunktet for isoleringen under en 50% forøgelse.

For pentan/isobutan-skabet ses ikke det samme afvejningsproblem som for R134a med hensyn til drivhuseffektbidraget. Øget isoleringstykkelse giver en forbedring på alle energirelaterede effekter. Dog ses en forøgelse af potentialet for fotosmogdannelse, men i det vægtede billede er forøgelsen igen ikke så betydningsfuld som forbedringerne på de andre effekttyper. Olie- og gasforbruget øges som funktion af øget isolering af samme årsag som før, blot er det mere udtalt, fordi energiforbruget for dette skab i brugsfasen er mindre end for R134a-skabet. Det samlede ressourcetræk mindskes ved øget isolering på grund af forbedringen på stenkulforbruget. Det ses, at optimumspunktet for energiforbruget (se drivhuseffektpotentialet) ikke er nået ved 100% forøgelse af isoleringstykkelsen, men forbedringen er dog aftagende fra 50-100%.

Forbruget af ekstra materialer, også ekstra stål, for at øge isoleringen er inkluderet i de beregninger, figurerne illustrerer.

Teoretisk forbedring af energinyttevirkningen

Energinyttevirkningen for LER200-skabet er 3-4%, og det er et af de mindst energiforbrugende køleskabe i verden. Energinyttevirkningen defineres som kølebehovet til at nedkøle varerne og til at kompensere for døråbninger divideret med køleskabets energiforbrug. Kølebehovet til varer og døråbninger er som nævnt 25% af den samlede køling i praksis, dvs. $1/4$, resten tabes gennem isoleringen. Samtidig er effektiviteten af kølesystemet, dvs. kompressor, fordampere og kondensator omkring 14%, dvs. ca. $1/7$. Samlet er energieffektiviteten af skabet altså $1/4 \times 1/7 = 1/28$, eller ca. 3,5%, af det teoretisk maksimale for et fuldstændigt optimeret system (Jakobsen, 1995a).

Det giver et stort spillerum for teknologiudvikling i årene fremover, og væsentlige forbedringer er allerede opnåelige med kendt teknologi. Figur 18e viser de teoretisk opnåelige forbedringer ved:

- at optimere fordampere til 100% nyttevirkning
- at optimere kompressor til 100% nyttevirkning
- at optimere det samlede kølesystem til 100% nyttevirkning
- at optimere kølesystemet + isoleringen til 100% effektivitet

Forbedringerne er vist på pentan/isobutan-skabet, for at bidragene fra CFC henholdsvis R134a ikke skal forstyrre pointen ved energireduktionerne.

En teoretisk optimal fordampere kan øge effektiviteten af kølesystemet med omkring 50% og vil kunne sænke energiforbruget over levetiden på 13 år fra ca. 700 kWh til ca. 500 kWh. En optimal kompressor kan tilsvarende øge effektiviteten med ca. 100% og sænke energiforbruget til omkring 320 kWh. Optimeres det samlede kølesystem, sænkes energiforbruget med den omtalte faktor 7 til ca. 100 kWh. Isoleres der optimalt, sænkes det derefter yderligere med en faktor 4 til ca. 25 kWh. Her er *ikke* taget energiforbrug til isoleringsmateriale i betragtning, men en teoretisk optimal vacuum-isolering af en eller anden art er antaget.

Figur 15e afspejler konsekvenserne af disse reduktioner i el-forbruget i brugsfasen. Ud over disse forbedringer kan en forbedring i el-systemets nyttevirkningsgrad give yderligere reduktioner af forbruget af primærenergi i brugsfasen med omkring en faktor 2.

Det er altså teoretisk muligt at bringe energiforbruget meget langt ned i forhold til referenceproduktet, som det er i dag. Det har været et anerkendt faktum i mange år (Nørgård, 1979), (Guldbrandsen et al., 1986), og teknologiudviklingen har gennem de sidste 20 år ført til, at køleskabenes nyttevirkning bliver stadigt bedre.

I forhold til referenceproduktet LER200 vurderes det i praksis muligt at nå en forbedring af energinyttevirkningen på en faktor 5 inden for de næste 5-10 år: En faktor 2,5 ved en kombination af optimeret fordampere og kompressor og en faktor 2 ved bedre isolering, f.eks. med vacuumpaneler (Jakobsen, 1995b).

Levetiden for et LER200

Levetiden betyder meget for den relative vægt af alle andre faser end brugsfasen, dvs. materiale-, produktions-, transport- og bortskaffelsesfaserne. Det skyldes, at miljøvurderingerne er udtrykt pr. tidsenhed, og bidragene normaliseres derfor med levetiden. Figur 15f viser betydningen af to teoretiske ændringer i levetiden, nemlig:

- en levetid på 10 år
- en levetid på 20 år

Det fremgår, at levetidens betydning er størst for bidrag til drivhus-effekt og ozonlagsnedbrydning, fordi de er væsentligst under bortskaffelsen. Der er inkluderet et kompressorskift ved de 20 års levetid for at regne lidt konservativt, og det betyder, at kobberforbruget ikke mindskes væsentligt ved 20 års levetid i forhold til de 13 år.

Figur 15f viser, at øget levetid giver en miljømæssig forbedring. Det er imidlertid ikke sikkert, at det er tilfældet, fordi teknologien udvikler sig hurtigt. F.eks. forventes det, at køleskabe i år 2000 bliver meget mindre miljøbelastende end i 1996. Da brugsfasen fremover sandsynligvis vil være afgørende, kan korte levetider af skabe med dagens teknologi måske miljømæssigt være at foretrække.

Brugsmønstret for et LER200

Det er interessant at vide, hvor meget brugerens vaner betyder for køleskabets energiforbrug. På forhånd vurderedes det, at ca. 10% af kølingen går til nedkøling af varerne, ca. 15% til at kompensere åbning af døren og ca. 75% til at kompensere for varmetab gennem skabet. Brugsmønstrets betydning ligger altså inden for 25% af brugsfasens bidrag. De grundige energimålinger på 120 skabe er grupperet efter antallet af brugere, og opdelingen giver et vist indtryk af brugsmønstrets betydning (Pedersen og Lawætz, 1989). Figur 15g viser denne, idet der er udført fire simuleringer:

- en bruger
- to brugere
- tre brugere
- fire brugere

Brugerantallets betydning er størst for de rent energirelaterede effekter, og især for stenkulsforbruget, der overvejende stammer fra brugsfasens el-forbrug, er betydningen stor, nemlig $\pm 10\%$ i forhold til referencen. Dvs. en variation på 20% mellem en bruger og fire brugere, hvilket stemmer godt med forhåndsvurderingen. For de øvrige effekttyper spiller bidrag fra andre kilder end el i brugsfasen en større rolle, og derfor er variationen mindre for disse. Formålet med figuren er at vise den betydning åbne/lukkemønstret og varemængden har. Den skal selvfølgelig ikke vise, at det er en fordel kun at være én person om skabet. Hvis effektpotentialerne udtrykkes *pr. person* ses det selvfølgelig, at det er en fordel at være flere personer om et skab.

Brugsstedet for et LER200

Miljøvurderingen omhandler et skab brugt i Danmark og kun med dansk produceret el til driften. Derfor fremgår f.eks. radioaktivt affald ikke, selv om der i livsforløbet for et LER200 reelt indgår kernekraft. I figur 15h er vist konsekvensen af, at LER200 i stedet bruges i andre lande, nemlig:

- Tyskland eller
- Holland

som er de vigtigste markeder for LER200-skabet ud over Danmark. I Tyskland indgår kernekraft, brunkul og større mængder naturgas. Det medfører radioaktivt affald og mere slagge og aske (fra afbrænding af brunkul), men mindre bidrag til drivhuseffekt, forsuring, næringssaltbelastning og volumenaffald. I Holland bruges meget store mængder naturgas som alternativ til det danske forbrug af stenkul, og det medfører lidt mindre bidrag til især drivhuseffekt, slagge og aske og volumenaffald.

Usikkerheder på de viste simuleringer

Formålet med figur 15 er at vise forskellene mellem alternativerne. I en usikkerhedsvurdering er det derfor også usikkerheden på forskellen, der har størst interesse, og den er ofte mindre end usikkerheden på effektvurderingen udtrykt i mPR ressourceforbrug og mPEM miljøeffektpotentiale. Forskellene i de viste effektpotentialer afspejler reelle forskelle i udvekslingerne fra processerne i de livsforløb, der sammenlignes, f.eks. energiforbrug, CO₂-udledning, affaldsmængder osv. Heri indgår usikkerheden på effektvurderingen ikke.

Grunden til, at forskellene ikke udtrykkes direkte i energiforbrug mv., men alligevel som effektpotentialer, er, at der for mange af alternativerne kan være afvejningssituationer, dvs. forbedringer på nogle effektpotentialer og forværringer på andre. I sådanne afvejningssituationer mellem forskellige effekttyper er usikkerhederne større, for heri indgår usikkerheden på effektvurderingen.

Det bemærkes derfor, at usikkerheden ikke er så stor, når alle forskelle peger i samme retning, mens den er større, når der skal foretages afvejninger. Et af de væsentlige formål med vurderingsmetoden er at give støtte til afvejningen.

Opsamling på simuleringerne

Simuleringerne viser, at substitutionen af CFC har absolut højeste prioritet, og det vurderes, at pentan/butan-løsningen miljømæssigt er at foretrække på grund af R134a's virkning som drivhusgas. R134a-løsningen gør det svært at optimere mere på isoleringen, fordi yderligere isolering giver øget drivhuseffekt fra opskumningsmidlet, og løsningen kommer på den måde til at stå i vejen for videre udvikling.

Dernæst har energioptimeringerne meget høj prioritet, og både øget isolering og forbedring af nyttevirkningen af kølesystemet er væsentlige.

Det ses også, at en forsvarlig bortskaffelse er meget vigtig, både for de CFC-relaterede miljøeffekter og for ressourceforbruget for mange af metallerne.

Endelig er levetiden betydningsfuld, men ikke entydig. Forbedret levetid kan reducere visse af ressourceforbrugene og miljøeffektpotentialerne med 10-20%, men med den forventede teknologiudvikling for køleskabe fremover kan det argumenteres, at køleskabe med de nuværende energiforbrug ikke bør have alt for lang levetid, idet brugsfasen betyder så meget, som den gør.

Simuleringerne supplerer miljøvurderingen og sammen udgør de et grundlag for at udpege de miljømæssige fokuspunkter i produktet, som det beskrives i næste afsnit.

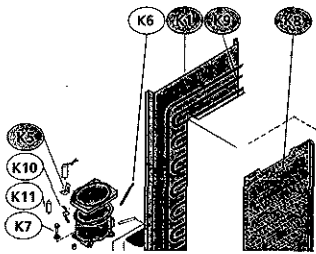
Hvor i køleskabet sidder forbedringspotentialerne

Miljøvurderingen har vist, hvilke effektpotentialer der vægtes højest, hvor i livsforløbet de forekommer, og hvilke komponenter der står for de største bidrag. Simuleringen af ændringer i produktet og dets livsforløb har vist, hvilke forbedringsmuligheder der kan opnås for forskellige teoretiske ændringer, og de er kvantificeret i forhold til hinanden. I hvor høj grad forbedringer reelt kan nås afhænger imidlertid af, hvilke løsninger der kan findes i praksis.

Miljøvurderingen og simuleringerne viser tilsammen, i hvilke retninger det miljømæssigt kan være interessant at søge efter alternativer. Og de udgør sammen med et vist forhåndskendskab til alternative løsninger et grundlag for at udpege miljømæssige fokuspunkter i produktet, dvs. udpege hvor i produktet de miljømæssige forbedringsmuligheder sidder.

Hvor miljøvurderingen af LER200-skabet er en vurdering af en enkelt løsning på det at levere den funktionelle enhed, åbner miljødiagnosen for at se på helt andre koncepter eller andre strukturelle løsninger end dem, der repræsenteres af LER200-skabet. Alternative løsninger og fokuspunkter diskuteres derfor på både koncept-, struktur- og komponentniveau som vist i tabel 7-11.

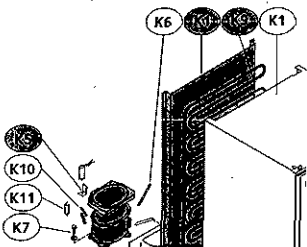
Tabel 7 Eksempler på fokuspunkter på konceptniveau



Køling: Fordamper/kondensator. Et meget grundlæggende konceptvalg i LER200-skabet er at basere kølingen på varmepumpeprincippet, dvs. fordampning/kondensering af et kølemedie og brug af en kompressor, som det kendes fra næsten alle køleskabe. Energinyttevirkningen af dette system er som nævnt kun 3-4% for de bedste skabe i 1996.

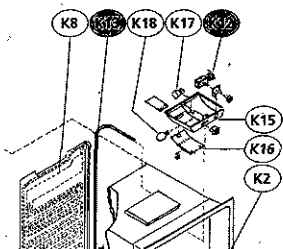
Alternativer: 1) Når udendørstemperaturen falder til et bestemt niveau, kan kølingen leveres af udeluften - termostatreguleret og som supplement til det eksisterende koncept. Besparelspotentialet i Danmark er omkring 50% af brugsfasens energiforbrug.

2) Kølingen kan leveres af kulden i jorden, temperaturen overstiger sjældent 8 °C i 1 m's dybde i Danmark. Et skakt/varelevatorprincip. Besparelspotentialet er 100% af brugsfasens energiforbrug, men det sker givetvis på bekostning af større materialeforbrug.



Varmeveksling af kompressor og kondensator. Varmen fra kompressor og kondensator fjernes ved varmeveksling med luften. Oftest har varmevekslingen dårlige betingelser på grund af ringe luftudskiftning omkring skabet.

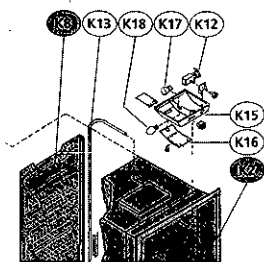
Alternativ: Kondensator og kompressor kunne vandkøles, og vandet bruges som forvarmning til boligens brugsvand. Det vil hæve nyttevirkningen af kølesystemet, og spildvarmen ville være nyttiggjort om sommeren, hvor den ellers ingen nytte gør som bolig-opvarmning.



Styring: Relæstyring. Temperaturstyringen i LER200-skabet er en on-off relæstyring af kompressoren. Det medfører et stort energiforbrug ved hver start af kompressoren, og energiforbruget i brugsfasen kan sandsynligvis reduceres med 30%, hvis kompressoren kører kontinuerligt.

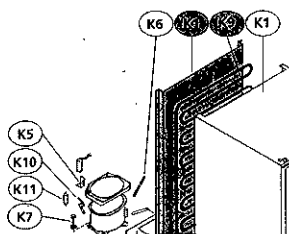
Alternativ: Temperaturen kan reguleres ved en kontinuert styring af kompressoren via en frekvensomformer, så kompressoren kan køre hele tiden.

Tabel 8 Eksempler på fokuspunkter på strukturniveau



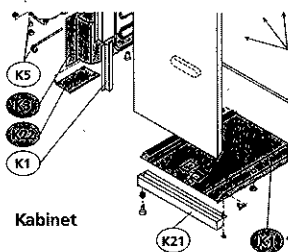
Fordamper: Placering og størrelse. Fordamperen er i LER200-skabet placeret på bagsiden af inderboksen af hensyn til rengøringsvenligheden. Den har en størrelse som vist på eksplosionstegningen, se figur 2.

Alternativer: Fordamperen kan placeres på indersiden af boksen, som den er i mange skabe, hvilket vil øge nyttevirkningen med mindst 10%. Et større fordamperareal vil også kunne øge nyttevirkningen med mindst 10%. En fordamper kunne evt. placeres i toppen af skabet, hvilket samtidig vil give en bedre temperaturfordeling i skabet: den afkølede luft vil falde ned, og en vis luftcirkulation vil opnås. Nyttevirkningen kan evt. bedres med en lille ventilator (1 W) til at cirkulere luften forbi fordamperen.

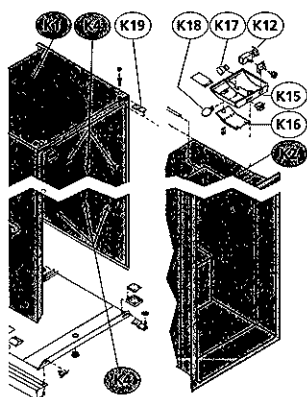


Kondensator: Montage på bagplade. Kondensatoren i LER200-skabet er monteret på bagpladen med tape og termokit for at sikre varmeledningen. Bagpladen er forholdsvis tyk. Varmeledningen er ikke optimal, og montagen kunne være enklere.

Alternativer: Gram A/S har arbejdet på alternativer, men af fortrolighedshensyn oplyses de ikke.



Kompressorrum og bundplade. Bundpladen kunne konstrueres på en måde, der tillader, at kompressoren monteres direkte på den, den kan eventuelt clipses på. Herved kan der spares en del punktsvejsning, og hele den galvaniserede fundamentsplade i stål kan undværes. Den vejer 178 g. Det giver en materialebesparelse og eliminerer brugen af galvaniseringsprocessen. Montagen af kompressoren bliver nemmere og demontagen ved bortskaffelsen enklere og hurtigere, fordi der blot kan anvendes et brækjern til clipsene i stedet for skrueøglar. Kompressorrummet kan dermed samtidig forenkles, så der bliver mere plads til montage, og der spares isoleringsmateriale uden tab af isoleringsevne.

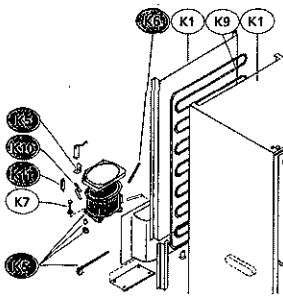


Sandwichkonstruktion. Styrken og stivheden i LER200-skabet er baseret på en sandwich-konstruktionen, hvor inderboksen i ABS og yderboksen i stål er "limet" sammen af skummet. Det er med til at spare materialer, men det besværliggør en adskillelse under bortskaffelsen, og hvis manuel demontage bliver en vigtig bortskaffelsesvej fremover, udgør konstruktionen et problem.

Alternativer: Kendes aktuelt ikke.

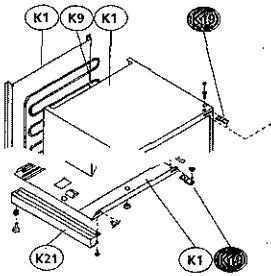
Antal materialer. Et LER200 indeholder generelt et relativt stort antal materialer. Det besværliggør også en manuel demontage, og det er muligt at gå konstruktionen igennem og rationalisere materialevalg med henblik på at reducere antallet.

Tabel 9 Eksempler på fokuspunkter på komponentniveau. Materialer



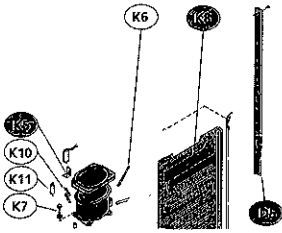
Kobber. Der er brugt kobber i vindingerne i kompressoren, i ledningerne, i diverse smårør og i tørrefiltret. Næsten uanset hvor godt det søges sikret, at kobberet tages ud og sendes til genbrug i bortskaffelsesfasen, vil kobberforbruget udgøre et ressourceproblem.

Alternativer: Kobberrøret til kompressoren kan muligvis laves i blødt stål. Nye kompressorer, som indholder mindre kobber, kan fås. Der kan bruges genbrugskobber, og i ledningerne kan der muligvis bruges aluminium, der ikke er en sparsom ressource.



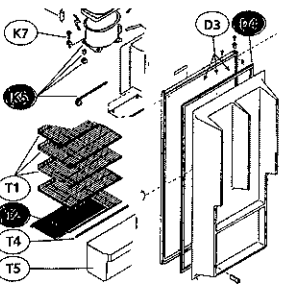
Rustfrit stål. De to hængsler til døren er udført i rustfrit stål. Med den nuværende shredderteknologi sorteres de i bortskaffelsen magnetisk fra og går til genbrugsværk for almindeligt stål. Det medfører, at nikkelindholdet går tabt og at nikkel dermed bliver et af de højest vægtede ressourceforbrug i skabet.

Alternativer: Det er muligt at undgå rustfrit stål. Lakerede hængsler kan anvendes i stedet.



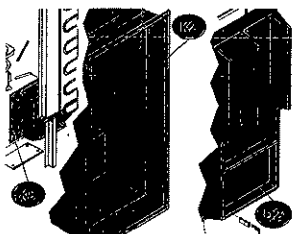
Primær aluminium. I alle de tre vigtige aluminiumskomponenter er der brugt primær aluminium: Fordamper, dørhåndtag og kompressor. Fremstilling af primær aluminium er fem gange mere energiforbrugende end genvinning af aluminium, så det ville reducere energiforbruget i materialefasen, hvis det var muligt at anvende genbrugsaluminium.

Alternativer: Eventuelt kan der anvendes et lakeret stålhåndtag eller et lakeret håndtag i genbrugsaluminium.



PVC. Brugen af blødgjort PVC til tætningsrammen og som isolering på ledningerne er et miljøproblem på grund af blødgørernes sandsynlige reproduktionsskadelige effekter. Da PVC'en ender på deponi (1996), er indholdet af blødgørere et reelt problem.

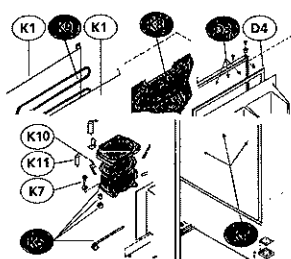
Alternativer: Der ses ikke umiddelbart alternativer til blødgjort PVC for tætningsrammen. PVC-dækpladen til den nederste hyld kan imidlertid umiddelbart udskiftes med en anden plasttype. For ledningerne vurderes der på nuværende tidspunkt ikke at være alternativer.



ABS. Fremstilling og termisk bearbejdning af ABS indebærer en mulighed for eksponering af arbejderne for styren og acrylonitril, der begge er mistænkt for at være kræftfremkaldende.

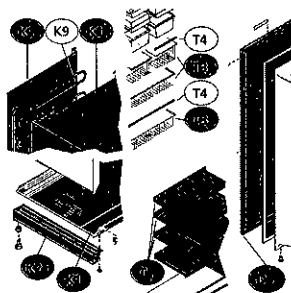
Alternativer: Det er svært at se lige så gode alternativer. Temperaturen i vacuumformeprocesserne hos Gram A/S holdes i området 180-200 °C, og i dette område menes kræftfremkaldende stoffer ikke at blive frigivet.

Tabel 10 Eksempler på fokuspunkter på komponentniveau. Processer



Køle- og blæsemidler. CFC-forbruget i et LER200 er det væsentligste fokuspunkt. Det pointeres med det samme, at CFC ikke længere indgår i Grams køleskabe. Forbedringspotentialerne ved at substituere CFC er gennemgået.

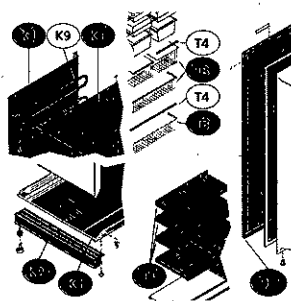
Alternativer: Der er primært fokuseret på to tidligere omtalte alternativer: R134a og pentan/isobutan. R134a løsningen er indført og afføder ikke konstruktionsmæssige problemer. For pentan/isobutan-løsningen har det været diskuteret, om eksplosionsrisikoen var af betydning, både i produktionsfasen, transportfasen, brugsfasen og bortskaffelsesfasen. Forsøg og praktisk brug har givet en vis erfaring, og alt tyder på, at risikoen i praksis er meget lille.



Epoxyulver. Gram A/S har erstattet al opløsningsmiddelbaseret lakering med pulverlakering og har dermed fået opløsningsmidlerne ud af fabrikken. Førhen foregik lakering manuelt med opløsningsmiddelbaserede lakker. Det har været en stor miljø- og arbejdsmiljøforbedring på virksomheden, at erstatte dette med en automatisk pulverlakering. Pulverlakeringen indebærer imidlertid også en vis påvirkning både i produktionen og ved fremstillingen af epoxyulveret. Epoxyulver er allergifremkaldende, og der er en eksponering af medarbejderne. En af råvarerne til epoxyulveret er bisphenol-A, der har østrogen lignende virkning og dermed potentielt en reproduktionsskade effekt.

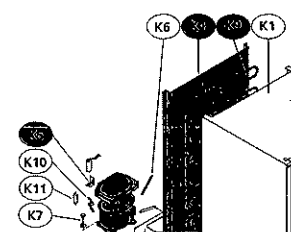
Alternativer: Der vurderes ikke på nuværende tidspunkt (1996) at findes bedre alternativer.

Støj og belastninger af bevægeapparatet



Stanse-, bukke- og boreprocesser. Metalemnerne er de væsentligste komponenter hvad angår støjpåvirkning af medarbejdere, og støjen skyldes primært stanse- og bukkeprocesserne. For dørforingen er der et meget højt støjniveau ved boreprocessen.

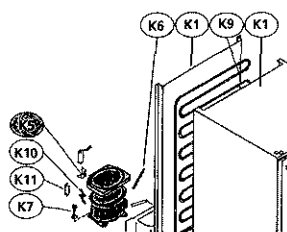
Alternativer: Det er en mulighed at støjisolere processerne eller eventuelt at skifte materialetype.



Manuel montage: Ledninger, kondensator og kompressor. Den manuelle montage for disse emner er noget besværlig og giver en arbejdsmiljøpåvirkning i form af ensidigt gentaget arbejde.

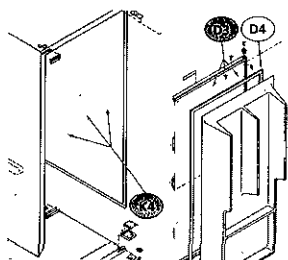
Alternativer: Der er imidlertid fundet konstruktionsmæssige alternativer til montagen for alle tre emner, og disse er indført. Se næste kapitel.

Tabel 11 Eksempler på fokuspunkter på komponentniveau. Andet



Kompressor. Motoren i den kompressor, der indgik i LER200-skabet, havde en virkningsgrad på ca. 0,6.

Alternativer: En kompressor med permanent magnetmotor har en virkningsgrad på ca. 0,8, og sådan en kan købes på markedet. Der er potentielt ca. 25% at spare på energiforbruget i brugsfasen.



Isolering. Isoleringen af LER200-skabet er væsentligt bedre end for andre køleskabe. Det medfører også, at de 200 l indvendigt volumen ikke kan leveres, uden at de ydre mål bliver for store til indbygning i 55 x 55 cm køkkenskabe. Det er en af de væsentligste hindringer for salget af LER200-skabet.

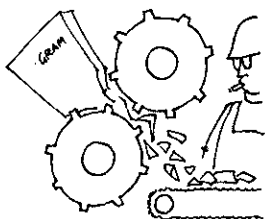
Alternativer: Isoleringstykkelsen kan øges, men det vil afføde problemer med indbygning i køkkenerne, så længe den nuværende køkkenarkitektur stiller de aktuelle krav til skabets ydre mål. Et andet alternativ er at bruge vacuumpaneler. Det vil potentielt kunne øge isoleringsevnen med en faktor 2.

Oversigten i tabellerne er ikke prioriteret og ikke vurderet forretningsmæssigt. For nogle er alternativer til den valgte løsning i LER200-skabet kendt, for andre er de mere usikre. Tabellerne giver sig ikke ud for at give et fuldstændigt billede, men dog for at indeholde nogle af de væsentligste fokuseringer. Alternativerne er ikke aktuelle konstruktionsmæssige overvejelser, men de er ment som eksempler og som inspiration. Efterfølgende gennemgås i kapitel 4 nogle af de emner, Gram A/S har taget fat på og ser som muligheder fremover.

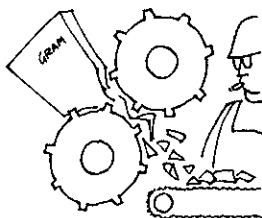
Hvor i omgivelserne findes forbedringspotentialerne

Miljøproblemerne og forbedringspotentialerne i livsforløbet for et LER200 sidder imidlertid ikke kun i LER200-skabet selv. Omgivelserne, dvs. de systemer, LER200-skabet indgår i, bærer en del af ansvaret. De største hindringer, omgivelserne sætter for at opnå forbedringer i LER200-skabets livsforløb, gennemgås i tabel 12.

Tabel 12. Eksempler på fokuspunkter i omgivelserne.



kel", når tiden kommer. Man skal blot drive anlægget nogle år længere, og når alle CFC-skabe er bortskaffet, skal anlæggene alligevel fjernes igen. Den samlede ekstraudgift ved at samle skabene til lager straks er derfor kun de driftsår mere, som den opsamlede mængde skabe medfører. I betragtning af, hvad industrien investerer for at finde alternativer, og hvilke miljøhandlingsplaner der ellers investeres i, vil det være et sted, hvor der kan opnås store miljøgevinster for pengene.



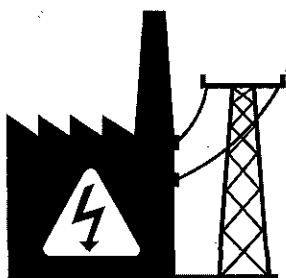
Shredding. CFC-holdige køleskabe shredsdes som nævnt før stadig. Der er ikke på nuværende tidspunkt, foråret 1996, planer om at opbevare disse køleskabe indtil CFC-indholdet kan opsamles og destrueres. Indtil kommunerne får påbud om at etablere anlæg og indtil disse kommer i fuld drift, vil CFC-holdige køleskabe derfor efter al sandsynlighed fortsat blive shredsset med frigivelse af CFC til følge.

Alternativer: Køleskabene kunne samles til lager. Med en bortskaffelse på 200.000-250.000 skabe om året vil det kræve et areal på gennemsnitligt 10 m x 10 m om året pr. kommune, hvis skabene stables i 2 lag. Sådanne arealer findes, og det vil ikke være en ekstraudgift.

Kommunerne skal under alle omstændigheder etablere bortskaffelsesanlæg, og kapaciteten behøver ikke at være større for at håndtere en "puk-

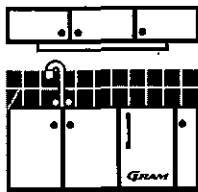
Shredding. Plast og skum deponeres i dag, med indhold af både blødgørere og restindhold af CFC efter shreddingen. Grunden er, at shredderaffald er for forurenat til, at affaldforbrændingsanlæggene vil modtage det.

Alternativer: 1) Manuel demontage vil kunne sortere plast og skum fra til forbrænding. Der ville være meget store forbedringspotentialer at hente, både for CFC-udslippet og for affaldsmængderne. 2) En bedre planlagt shredding, f.eks. ved at køre kampagner med kun køleskabe i shredderen, vil sandsynligvis kunne give tilstrækkeligt rene fraktioner til, at affaldsforbrændingsanlæggene kan modtage affaldet. Forbedringspotentialerne vil ligeledes være meget store for både CFC-udslippet og affaldsmængderne. Den manuelle demontage vil give de største forbedringer, da CFC-udslippet i shredderen undgås.



El-systemet. De fleste el-systemer, herunder det danske, er baseret på nogle få store kraftværker. Ofte ligger de afsides, og det betyder, at spildvarmen fra el-produktionen er svær at nyttiggøre til boligopvarmning. Den samlede energinyttevirkning af el-systemet er derfor relativt lav, i Danmark omkring 50%. Samtidig bruges kul som brændsel, og drivhuseffektbidraget fra kul er stort, f.eks. knap det dobbelte pr. MJ i forhold til naturgas. Der er store forbedringspotentialer i at øge denne nyttevirkning, omkring 70% reduktion af primærenergiforbruget i brugsfasen, og drivhuseffektbidraget fra brugsfasen kan helt elimineres ved brug af vedvarende energi.

Alternativer: 1) Decentrale kraft/varmeværker, der placeres dér, hvor varmen kan nyttiggøres. 2) Vedvarende energikilder som brændsel, f.eks. flisforgasning med efterfølgende kraft/varmeproduktion.



Køkkenarkitektur. Modulkøkkener med standardmål på 55cm x 55cm for skabene dominerer markedet meget, og det er praksis at indbygge køleskabet i et skabsmodul. Det sætter nogle klare grænser for, hvor stor isoleringstykkelsen kan blive.

Alternativer: Det må være muligt at finde løsninger, hvor større moduler til køleskabene indpasses i den øvrige arkitektur, og der burde vedtages internationale normer herfor.

3. Miljømålsætning for køleskabe

Miljøvurderingen og miljødiagnosen har givet en del af grundlaget for at kunne fastlægge miljømålsætninger for køleskabe og for produktudviklingen på længere sigt. Dette grundlag suppleres nu med en forretningsmæssig vurdering af de miljømæssige fokuspunkter, der er udpeget.

Konkurrencerammer

Der er udført en analyse af konkurrerende produkters miljøegenskaber og af miljøholdninger og prioriteringer hos kunderne. De er med til at sætte de krav, som køleskabe skal leve op til fremover. Udpegningen af de miljømæssige fokuspunkter for udvikling af køleskabe, sker både ud fra den miljøfaglige prioritering og ud fra de konkurrencerammer, som kunderne og konkurrenterne afstikker.

Køleskabenes indhold af køle- og blæsemidler er (1995) en meget vigtig konkurrenceparameter, og konkurrencen om at finde alternativer til CFC har været stærk blandt producenterne. Allerede i september 1993 erstattede Gram A/S CFC i skummet med R134a, og fra januar 1994 blev R134a også anvendt som kølemiddel. Især på det tyske marked har kundernes fokus på ozonlagsnedbrydningen været stor, men også drivhuseffekten har opmærksomhed fra de tyske kunder. Derfor er valget mellem R134a og andre løsninger som f.eks. pentan/isobutan blevet en vigtig konkurrenceparameter i Tyskland, og Gram A/S' største konkurrenter i Tyskland markedsfører overvejende pentan/isobutan modeller.

I Danmark er kundernes fokus på CFC ikke nær så stor, men her er energiforbruget blevet en meget afgørende parameter. Fra 1. januar 1995 er der indført et energimærkesystem i EU, hvor køleskabene inddeles i kategorier fra A til G efter relativt energiforbrug (Energistyrelsen, 1994). A repræsenterer det laveste energiforbrug og G det højeste. LER200-skabet tilhører klasse A, og for LER200-skabet er det en af de mest afgørende salgsparetre.

Det er svært at pege på nævneværdige forskelle på de konkurrerende produkter for andre miljøparametre end de her nævnte. Den næste parameter, der viser sig i fremtiden, vurderes at være muligheden for adskillelse, når alternativer til shredderteknologien er etableret på samfundsplan.

Langsigtede målsætninger

Generelt vil Gram A/S arbejde på at øge implementeringen af livscyklusvurderinger i produktudviklingen. Som konsekvens af de fokuspunkter de hidtidige miljøvurderinger har udpeget, vil der specielt blive arbejdet med følgende:

- **Energinyttevirkningen:** Energiforbruget forventes også fremover at være en vigtig konkurrenceparameter, og der vil blive fokuseret på både kølesystemets ydelse og isoleringen.

- Arbejdsmiljø: Produktionsprocessernes arbejdsmiljøpåvirkning vil fortsat være i fokus.
- Materialevalg og bortskaffelse: Erkendelsen af, hvor meget materialevalg og -bortskaffelse betyder ressourcemæssigt og miljømæssigt i forhold til produktionsprocessernes egen påvirkning, vil blive indarbejdet hos konstruktørerne. Dvs. materialevalg og materialets skæbne i livsforløbet vil blive sat i centrum.
- Sparsomme ressourcer: På længere sigt arbejdes der mod at reducere kobberforbruget og om muligt helt at erstatte det med andre materialer. Alternativt skal kobberet placeres på en måde i konstruktionen, så det er meget enkelt at adskille fra de øvrige materialer i produktet. Endvidere søges det at undgå brug af rustfrit stål eller alternativt at placere det og mærke det på en måde, der sikrer, at det recirkuleres til værk for rustfrit stål.
- Plast: Blødgjort PVC søges erstattet af andre materialetyper. Forholdene for fremstillingen af ABS skal undersøges nærmere, og det skal afklares, hvilke problemer der er.
- Kemikalier: Der fokuseres på substitution af R134a, fordi den er en drivhusgas, og alternativer vil blive indført, når det vurderes forsvarligt i forhold til andre problemer, som alternativerne kan medføre.

Grundspecifikation for køleskabe

Erfaringerne fra miljøvurderingen, -diagnosen og -overvejelserne omkring konkurrenterne og markedets miljøopfattelse betyder, at grundspecifikationen for et køleskab i dag (1996) indeholder miljøhensyn som skitseret i tabel 13:

Tabel 13. Eksempel på den miljømæssige del af en grundspecifikation for køleskabe i 1996

Miljøspecifikation for køleskabe

Materialer

Kobber: Vælg kompressorer med mindst muligt kobberindhold. Undgå så vidt muligt kobber i øvrige komponenter.

Rustfrit stål: Bør kun anvendes, hvor det er strengt nødvendigt. Det skal i givet fald søges sikret gennem mærkning og strukturering af produktet, at det rustfrie stål sendes til genbrug.

Primær aluminium: Bør substitueres med genbrugsaluminium eller eventuelt stål, hvor det kan lade sig gøre.

Blødgjort PVC: Undgå at bruge blødgjort PVC, med mindre det er strengt nødvendigt.

Energi

Produktet skal opfylde kravene til kategori A i henhold til EU's energimærkeordning.

Kemikalier

Der må ikke anvendes CFC.

4. Miljøhensyn i nye køleskabe

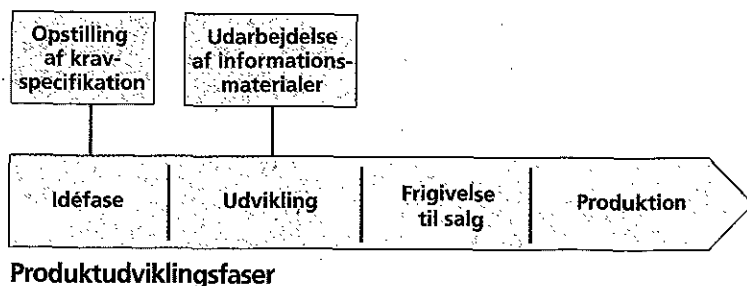
Siden UMIP-projektets start i 1991 har Gram A/S arbejdet med produkternes miljøegenskaber ud fra livscykluskonceptet. De erfaringer, der er præsenteret i dette eksempel, er opstået af dette arbejde gennem de år, projektet har varet. Mange af erkendelserne er taget ind i produktudviklingen og er indbygget i nye produkter undervejs, herunder nye varianter af LER200-skabet.

Produktudvikling hos Gram A/S

Nye ideer til produktudviklingen kommer fra mange forskellige kilder: kunderne, salg og marketing, designere, medarbejdere i produktionen, udviklingsafdelingen, miljøafdelingen. Ideerne analyseres, og hvis de vurderes levedygtige, udfyldes en kravspecifikation. Det er en kortfattet beskrivelse af det konstaterede behov eller ønskede produkt samt en foreløbig vurdering af forventet prisniveau, forventet salg, salgsområder m.m. Endvidere opstilles de vigtigste krav f.eks. til udstyr, mål, kapacitet, betjening, varianter og godkendelser. Hvis der eksisterer miljøkrav, som skal være opfyldt, sandsynliggøres det på dette tidspunkt, at det kan lade sig gøre. Det kan være krav til energiforbrug, krav om at bruge bestemte materialer eller modsat krav om at undgå bestemte materialer.

Herefter foretager udviklingsafdelingen en produktvurdering. Den omfatter korte forslag til løsninger og indeholder oplysninger, der er nødvendige for at afgøre, om udviklingsarbejdet skal sættes i gang; herunder tidsforbrug, investeringsbehov m.m. På baggrund af den besluttet det, om produktudviklingen skal sættes i gang. Under produktudviklingen inddrages de øvrige afdelinger i organisationen som produktion, værktøjsteknik, indkøb, miljø m.fl. Under forløbet sammenholdes de fremkomne løsninger hele tiden med de opstillede krav. Produktudviklingen afsluttes med en endelig produktokumentation såvel teknisk som kommerciel. Udfra produktokumentationen kan marketinginformationen for produktet udarbejdes. Marketinginformationen har til formål at informere berørte medarbejdere om det nye produkt, og med baggrund i den kan det interne og eksterne informationsmateriale udarbejdes. Alt er nu klar til, at produktionen af det nye produkt kan igangsættes, og der udarbejdes nu operationsplaner, produktionsoplæg osv. Forløbet kan groft skitseres som vist i figur 16.

Figur 16. Produktudvikling hos Gram A/S



Eksempler på miljøhensyn i nye køleskabe

I løbet af UMIP-projektet har Gram A/S udført et stort antal produktudviklingsprojekter, der har indbygget miljøhensyn i nye køleskabe. Resultaterne er implementeret bredt i Grams produktprogram. Projekterne har omhandlet alle niveauer, både konceptuelle ændringer, strukturændringer og ændringer af enkeltkomponenter, og de har haft indflydelse på både materialebesparelser, energibesparelser, kemikaliesubstitutioner og arbejdsmiljøpåvirkninger. En ikon ud for beskrivelsen af hvert projekt viser, på hvilke områder projektet har haft indflydelse, og for hvert projekt kvantificeres kort, hvor store besparelser der har været på materialer, energi, kemikalier eller andet. For at se hvor meget disse besparelser miljømæssigt betyder i helheden, kan de sammenholdes med præsentationerne i miljødiagnosen i figur 15.

Projekt 1. Styring

På alle modeller med målene 60 cm x 60 cm er der indført en elektronisk styring, som har optimeret kølesystemet. Styringen sikrer, at der hele tiden er den temperatur i skabet, som brugeren har indstillet. Samtidig sikrer den, at der sker en mindre hyppig men bedre styret afrimning.

Energi: Det har samlet medført en energibesparelse på ca. 5-10%.

| | M | E | K | A |
|-----------|---|---|---|---|
| Koncept | | ⊙ | | |
| Struktur | | | | |
| Komponent | | | | |

Projekt 2. Fordamperens placering

For at reducere energiforbruget er Gram A/S for en meget stor del af skabene holdt op med at producere skabe med indskummet fordampere, dvs. med fordamperen placeret på bagsiden af inderboksen i ABS. Fordamperen er i mange modeller flyttet ind i selve køleskabet.

Energi: Det har øget energinyttevirkningen med ca. 10%.

| | M | E | K | A |
|-----------|---|---|---|---|
| Koncept | | | | |
| Struktur | | ⊙ | | |
| Komponent | | | | |

Projekt 3. Kondensator

Der er udviklet en ny konstruktion af kondensator og bagplade, som dels medfører materialebesparelser dels øger varmeledningen og dermed virkningsgraden af kondensatoren. Bagpladens tykkelse er hermed reduceret fra 1,5 til 0,6 mm, og varmeledningen er forøget.

Materialer: Materialebesparelser på ca. 5 kg stål er opnået, det svarer til 15% af stålmængden i køleskabet

Energi: Bedre varmeledning og dermed nyttevirkning er opnået, men det kan ikke kvantificeres på nuværende tidspunkt.

| | M | E | K | A |
|-----------|---|---|---|---|
| Koncept | | | | |
| Struktur | ⊙ | ⊙ | | |
| Komponent | | | | |

Projekt 4. Kompressorrum

Der er udviklet og indført et nyt kompressorrum. Det er blevet bredere og har givet mere plads ved montage af kompressoren og samtidig en væsentlig reduktion af mængden af isoleringsmateriale uden at tabe isoleringsværdi.

| | M | E | K | A |
|-----------|---|---|---|---|
| Koncept | | | | |
| Struktur | ⊙ | | | ⊙ |
| Komponent | | | | |

Materialer: Besparelse på 1 liter skum svarende til ca. 40 g til isolering af kompressorummet. Det svarer til ca. 0,5% af skummængden i skabet.

Andet: Bedre plads og dermed bedre ergonomiske forhold under montagen.

Projekt 5. Bundplade

| | | | | |
|-----------|---|---|---|---|
| | M | E | K | A |
| Koncept | | | | |
| Struktur | ● | ● | ● | |
| Komponent | | | | |

Der er konstrueret en ny bundplade, som laves i ét stykke i stedet for fire. Herved spares materialer og kemikalier, nemlig hele den galvaniserede fundamentsplade i stål, lidt tape samt energi (32 stk. punktsvejsninger undgås). Samtidig lettes montering og demontage af kompressoren, idet kompressoren ikke længere skrues, men clipses fast. Samlingen med clips gør det også lettere i bortskaffelsesfasen, idet bortskafferer ikke behøver arbejde med forskellige skrue-nøgler, men kan bruge et brækjern.

Materialer: Besparelse på 178 g stål svarende til ca. 0,5% af stålmængden i skabet. Lettere adskillelse kan give større grad af materialelegenbrug, men det kan ikke kvantificeres.

Energi: Procesenergi svarende til 32 punktsvejsninger undgås. Det betyder mindre end 1% af skabets samlede energiforbrug i livsforløbet.

Kemikalier: Galvaniseringen og de dermed forbundne kemikalier undgås.

Projekt 6. Lyspanelets placering

| | | | | |
|-----------|---|---|---|---|
| | M | E | K | A |
| Koncept | | | | |
| Struktur | ● | | ● | |
| Komponent | | | | |

Lyspanelets placering er ændret, idet det på skabe med målene 60 cm x 60 cm er integreret i køleskabets top. Der er hermed opnået en mindre materialebesparelse og en lettere montage; ledningerne føres udvendigt og ikke som før inde i skummet. Det betyder samtidig, at det er lettere at få fat i ledningerne ved en manuel demontage af skabet. Det kræver blot, at man skal demontere afdækningspladen, og derved er der fri adgang til ledningerne. Der går dog stadig en ledning inde i skabet, nemlig følerledningen til termostaten, men den er ikke indskummet.

Materiale: En mindre besparelse, ikke kvantificeret.

Andet: Lettere montage og dermed bedre ergonomiske forhold.

Projekt 7. Alternativer til CFC

| | | | | |
|-----------|---|---|---|---|
| | M | E | K | A |
| Koncept | | | | |
| Struktur | | | | |
| Komponent | | | ● | |

Der er fra 1. januar 1994 indført R134a-køle- og skumssystemer på samtlige modeller.

Kemikalier: CFC er substitueret 100% og dermed er hele bidraget til ozonlagnedbrydning fjernet sammen med 75% af potentialet for drivhuseffekt.

Projekt 8. Nyt opskunningsmiddel

Der er udført forsøg med alternative skummidler til erstatning for R134a-skummet. Der er taget beslutning om indførelse af alternativet, når andre problemer, der kan være forbundet med disse, er løst.

Kemikalier: En fremtidig 100% substitution af R134a vil eliminere kemikaliebidraget til drivhuseffektpotentialet helt.

| | M | E | K | A |
|-----------|---|---|---|---|
| Koncept | | | | |
| Struktur | | | | |
| Komponent | | | ⊙ | |

Projekt 9. Kompressor

Der er indført energioptimerede kompressorer på mange modeller samtidig med, at fordampere og kondensatorerne er optimeret. De nye kompressorer har motorer med bedre nyttevirkning og har såkaldt semihermetisk indsprøjtning af kølemiddel.

Energi: Samlet mindskes energiforbruget 10-15%.

| | M | E | K | A |
|-----------|---|---|---|---|
| Koncept | | | | |
| Struktur | | | | |
| Komponent | | | ⊙ | |

Projekt 10. Hængsler

Til de fleste skabe er der udviklet en såkaldt table-top, som er en plaststøbt ramme, der afdækkes med en lakeret stålplade og monteres ovenpå skabet. Ved dette design er det ene rustfrie hængselbeslag fjernet og erstattet af en enkel tap i sintret stål. Det sidste rustfrie hængselbeslag, der sidder i bunden, vil blive erstattet af et stålbeslag, der hvidlakeres.

Materialer: Rustfrit stål elimineret og med dette nikkelforbruget.

Kemikalier: Et mindre ekstraforbrug af pulverlak. Fordelen ved at eliminere nikkel vurderes at veje væsentligt tungere.

| | M | E | K | A |
|-----------|---|---|---|---|
| Koncept | | | | |
| Struktur | | | | |
| Komponent | ⊙ | | ⊙ | |

Det bør bemærkes til de anførte forbedringer i energinyttevirkningen i de forskellige projekter, at de procentvise forbedringer ikke umiddelbart kan adderes.

Grams erfaringer med at inddrage miljø i produktudviklingen

Det er Grams konklusion, at det er muligt at inddrage hensynet til miljøet under konstruktion af køle/fryseskabe.

De enkelte konstruktører behøver ikke nødvendigvis at have en stor miljøviden eller et beregningsværktøj til at støtte deres beslutninger i produktudviklingen. Grams erfaring er derimod, at det er fornuftigt, at én person er ansvarlig for miljøvurderingerne, nemlig miljøspecialisten. På baggrund af miljøvurderinger foretaget af miljøspecialisten kan der udtrækkes nogle enkle retningslinier, som hjælper konstruktørerne til at tænke og konstruere mere miljøvenligt.

Det har ikke vist sig at være mere kompliceret at indbygge miljøhensyn i produkterne end at indbygge økonomiske eller andre hensyn, som Gram A/S i forvejen er vant til at arbejde med. Den største opgave er at udpege de rette miljømæssige fokuspunkter i produktet, og til det formål er livscyklusvurderingen et glimrende værktøj. Når først fokuspunkterne er udpeget, kan konstruktørerne håndtere miljøhensynet på helt samme måde som alle andre hensyn.

UMIP's miljøvurderingsmetode giver en god og pædagogisk måde at præsentere produktets miljøbelastninger på. Gennem projektperioden er der præsenteret data og figurer for ressourcer, miljø og arbejdsmiljø for en lang række interne og eksterne personer, og indtrykket er kun positivt, idet de fleste hurtigt forstår budskaberne.

Internt har der været afholdt kursus for sikkerhedsorganisationen, og der er udarbejdet internt informationsmateriale, som bl.a. også bruges af det hollandske datterselskab. I forbindelse med et tilbud til en boligforening er der udarbejdet miljødokumentation for et køleskab, og det var medvirkende årsag til en ordre på 2300 køleskabe.

Ved en klagesag over en miljømæssig markedsføring er resultaterne af miljøvurderingerne fra UMIP-projektet anvendt som dokumentation over for forbrugerombudsmanden, og dokumentationen medførte, at sagen fik et positivt udfald for Gram A/S.

Rikke Nedermark, Bang & Olufsen A/S
Marianne Wesnæs, Institutet for Produktudvikling
Henrik Wenzel, Institutet for Produktudvikling



| | Side |
|--|------|
| 1. Miljøvurdering af et fjernsyn - Beovision LX 5500 | 64 |
| Afgrensning af livsforløbet | 65 |
| Udveksling med miljøet | 75 |
| Vurdering | 80 |
| 2. Miljødiagnose for et fjernsyn - Beovision LX 5500 | 90 |
| Simuleringer af ændringer i fjernsynet eller dets livsforløb | 90 |
| Hvor i fjernsynet sidder forbedringspotentialerne | 95 |
| Hvor i omgivelserne findes forbedringspotentialerne | 98 |
| 3. Miljømålsætning for fjernsyn | 99 |
| Konkurrencerammer | 99 |
| Langsigtede målsætninger | 100 |
| Grundsænkning for nye produkter | 101 |
| 4. Miljøhensyn i nye produkter | 102 |
| Produktudvikling hos Bang & Olufsen | 102 |
| Eksempler på miljøhensyn i nye produkter | 103 |
| Bang & Olufsens erfaringer med at inddrage miljø i produktudviklingen | 108 |

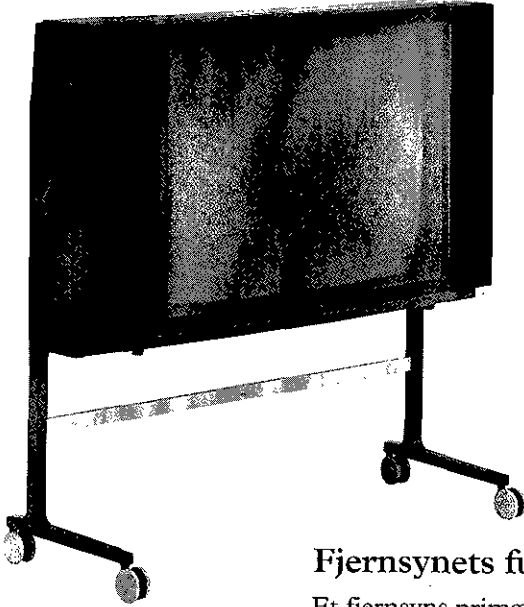
1. Miljøvurdering af et fjernsyn - Beovision LX 5500

Bang og Olufsens valg af referenceprodukt

Beovision LX 5500 er et 28" farvefjernsyn med to bas- og to diskant-højttalere. Fjernsynet har tekst-TV og fjernbetjening, og der er mulighed for at vælge 50 programmer.

Bang & Olufsen har valgt fjernsynet Beovision LX 5500 som referenceprodukt fordi:

- Bang & Olufsen formoder, at et fjernsyn er det mest miljøbelastende af Bang & Olufsens produkter.
- Der blandt Bang & Olufsens produkter er størst miljømæssig fokus på netop fjernsyn.
- Beovision LX 5500 repræsenterer en serie af produkter, der har været Bang & Olufsens flagskip gennem en årrække, og det har derfor været interessant at uddybe kendskabet til netop dette produkt.
- Beovision LX 5500 er et komplekst produkt, og ved at afprøve miljøvurderingsmetoden på dette produkt forventes det, at erfaringer med brug af metoden kan overføres til udvikling af alle typer nye produkter på virksomheden.



Figur 1. Referenceproduktet Beovision LX 5500

Fjernsynets funktionelle enhed

Et fjernsyns primære funktion er modtagelse af TV-programmer. Denne funktion kan defineres både kvantitativt og kvalitativt samt ved den tid, funktionen leveres i.

Skærmens størrelse på 28" er en kvantitativ beskrivelse af Beovision LX 5500. Som mål for den tid, funktionen leveres i, er driftstiden i fjernsynets samlede levetid valgt. Driftstiden opgøres som det antal timer, et fjernsyn i gennemsnit er tændt ved normalt brug. Driftstiden vil ofte være større end "seer-tiden", da nogle bruger fjernsynet som baggrundsunderholdning, og andre blot glemmer at slukke det. For Beovision LX 5500 er driftstiden beregnet ud fra Bang & Olufsens dimensioneringskriterium: 6 timer dagligt med en levetid på mindst 10 år, hvilket giver i alt 21.900 timers drift. Den funktionelle enhed for Beovision LX 5500 kan derfor beskrives som:

Modtagelse af TV-programmer 6 timer dagligt samt 18 timers standby i 10 år for et 28" farvefjernsyn.

Når nye løsninger i produktudviklingen sammenlignes, skal man ud over at have samme funktionelle enhed også tage hensyn til fjernsynets kvalitet og sekundære funktioner som billedkvalitet (farver og skarphed), lyd kvalitet, antal kanaler og om der f.eks. er fjernbetjening, tekst-TV, dekodere eller mulighed for at sende lyden ud over stuens højttalere.

Afgrænsning af livsforløbet

Fjernsynet består i store træk af billedrør, elektronik, frontramme, hovedramme, bagpart og højttalere. TV-bordet og fjernbetjeningen er ikke medregnet.

Et Beovision LX 5500 vejer i alt 42,7 kg. Billedrøret alene vejer 24,5 kg og udgør dermed mere end halvdelen af fjernsynets vægt. Materialerne kan groft opdeles i:

- 24,5 kg billedrør, heraf
 - 21,9 kg glas
 - 1,5 kg jern
 - 0,4 kg kobber
 - 0,7 kg diverse materialer
- 2,9 kg kontrastskærm, heraf
 - 2,75 kg glas
 - 0,15 kg jern
- 0,96 kg højttalere, heraf
 - 0,43 kg jern
 - 0,53 kg magnet
- 11 kg plast, der især bruges til hovedramme, bagpart, frontramme og højttalerbokse
- 0,23 kg aluminium, der bruges til pyntelister
- 3,15 kg elektronik, heraf:
 - 2 kg plast
 - 0,5 kg jern
 - 0,42 kg kobber
 - 0,10 kg aluminium
 - 0,12 kg bly

Opdeling af fjernsynet i komponenter - stykliste og eksplosionstegning

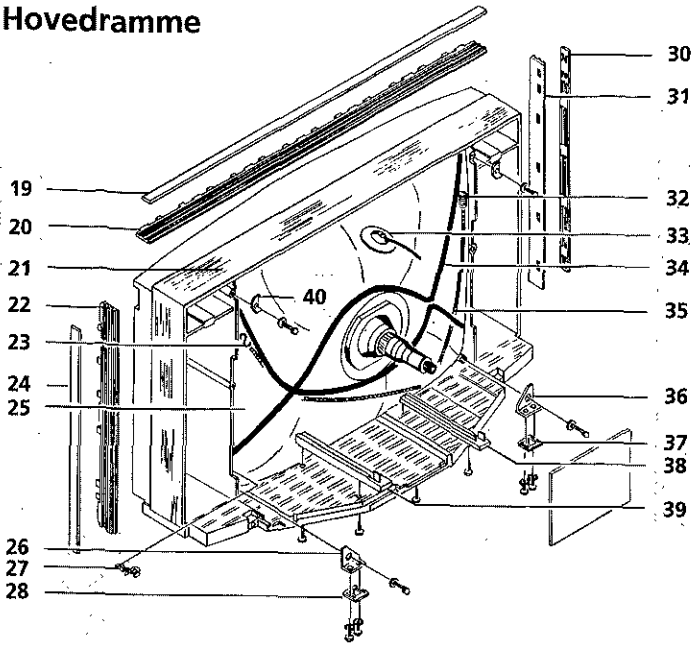
Miljøvurderingen er startet med at opgøre de komponenter, fjernsynet består af. Komponenternes livsforløb følges fra råstofudviklingen til produktionsprocesserne. Endvidere er brugen og bortskaffelsen af fjernsynet og transport opgjort.

Komponenterne fremgår af styklisten i tabel 1 og eksplosionstegningen i figur 2. Komponenterne er forsynet med positionsnumre på eksplosionstegningen, og de tilsvarende numre findes i tabel 1 på de efterfølgende sider. Disse numre går igen i resten af figurerne.

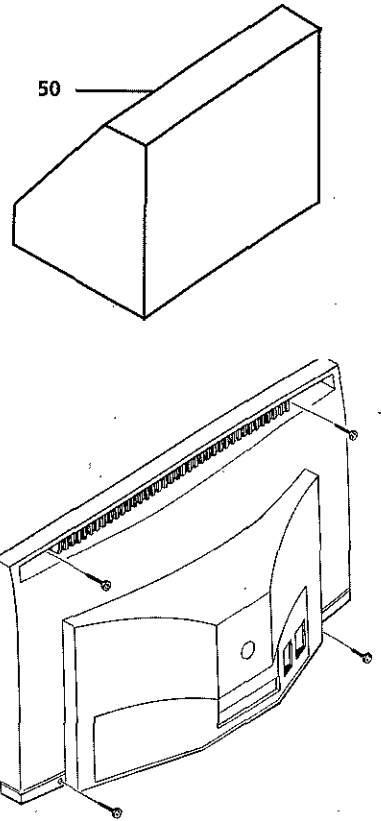
Tabel 1 er forenklet ud fra styklisten for Beovision LX 5500. Komponenternes vægt og materialeindhold vises sammen med de fremstillingsprocesser og hjælpestoffer, der bruges under fremstilling af komponenterne. I tabel 1 angives med ✓ og ÷, hvilke processer, materialer og hjælpestoffer, der er inkluderet i miljøvurderingen, og hvilke der ikke er inkluderet.

Materialeopgørelsen omfatter de fleste dele af fjernsynet. For langt de fleste komponenter er fremstillingsprocesser til komponenter og materialer fulgt tilbage til udvindingen af råstoffer. Det har ikke været muligt at opgøre hjælpestoffer, som f.eks. maling, lim og sæbe, tilbage til udvindingen af råstoffer.

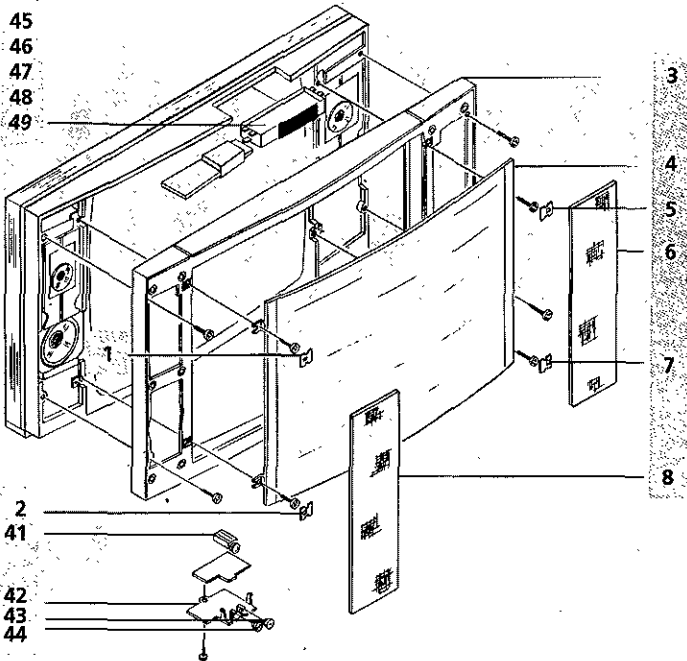
Hovedramme



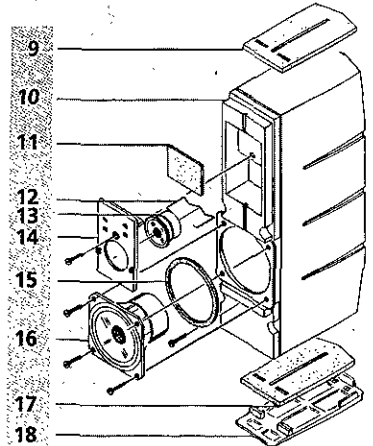
Elektronik



Frontramme



Højtalere



Figur 2. Eksplosionstegning af et Beovision LX 5500 opdelt på frontramme, hovedramme, højttalere og elektronik. Komponentnumrene fremgår af styklisten i tabel 1

| Pos. | An-tal | Emne | Materiale | Vægt ialt (g) | ± | Fremstillingsprocesser | *Med i model | Hjælpe-stoffer | ± |
|--|--------|--|--|---------------|------------------------|--|-----------------------------|--|------------------------|
| Komponentoversigt for hovedrammen | | | | | | | | | |
| 19,24, 30 | 1+2 | Topprofil og 2 sideprofiler | Aluminium | 170,32 | ✓ | Klippe, CNC-fræse, slibe, affedte, polere, anodisere, aftørre, oplægge, valse-lakere, kontrol, oplægge, serigrafi, pakke | ✓✓✓ ✓✓ ✓✓ ✓✓ ✓✓ | Olie, slibepasta shop primer fortynder rensfortynder silketryksfarve | ++ + ÷ ÷ ÷ |
| 20,22, 31 | 1+2 | Holdere til topprofil og sideprofiler | ABS-plast | 52 | ✓ | Støbe, rense, pakke | ✓✓✓ | | |
| 21 | 1 | Hovedramme | PS-plast, forskummet | 5.260 | ✓ | Støbe, male | ✓✓ | | |
| 23 | 1 | Bøjle for stempelstrømpe | Fosforbrønse | 1 | ± | Underleverandør | ± | | |
| 25 a | 1 | Billedrør | Glas | 21.900 | ✓ | Underleverandør | ✓ | | |
| | | | Jern | 1.500 | | | | | |
| 25 b | | Afbøjningsspole | Kobber | 400 | | | | | |
| 26,36 | 1+1 | Holder, billedrør | Båndjern | 58,64 | ✓ | Stanse, bukke, presse gevind, alkalisk affedtn. Sprøjtestøbning. | ✓✓ ✓✓ | Smøreolie, sprit, skæreolie | ÷ ÷÷ |
| 27 | 8 | Holder degaus | POM-plast, farvestof | 1,64 | ± | Underleverandør | ✓ | | |
| 28,37 | 2 | Afstandsstykke, billedrør | Zink | 33 | ✓ | Zinkstøbe. Underlev. | ✓ | | |
| 29 | 1 | Bagpart | PS-plast | 2.100 | ✓ | Støbe, male. Underlev. | ✓✓ | | |
| 32 | 1 | Trækfjeder for stelstrømpe | Fjederstål | 5,5 | ✓ | Underleverandør | ± | | |
| 33,34 | 1+1 | Kabel og afmagnetiseringsspole | Kobber og PVC-plast | ikke opgjort | ± | Underleverandør | ± | | |
| 38,39 | 1+1 | Holder, styreskinne | PC-plast, 10% glas | 33,52 | ✓ | Støbe | ✓ | | |
| 40 | 2 | Afstandsstykke, billedrør | PPO/SB-plast, 20% glas | 7,1 | ✓ | Støbe | ✓ | | |
| 50 | 1 | Elektronik | Cu, Al, Fe, Plast, Ni, Pb, Sn, Ag, Au, Be, Cd, Cr, Pd, Keramik | 2.646 | ✓✓✓✓ ±±±±± ±±±±± | B&Os printfabrik i Skive og underleverandører | ✓ ± | | |
| Komponentoversigt for frontrammen | | | | | | | | | |
| 1,2, 5,7 | 4 | Dæksel frontbeslag | ABS-plast | 0,8 | ✓ | Støbe | ✓ | | |
| 3 | 1 | Frontramme | ABS-plast | 670 | ✓ | Støbe, rense, male. Underleverandør | ✓✓✓ | Fortynder, topcoat | ÷ ± |
| 4 | 1 | Tætningsprofil | Silikonegummi | 17 | ± | Underleverandør | ± | | |
| 4 | 1 | Frontglas 28" | Båndjern | 76,9 | ✓ | Klippe, stanse, bukke, afgrate kanter, rense, male, kontrol, slibe | ✓✓✓ ✓✓ ✓✓✓ | Polyesterlak, akryl lim, aktivator, isopropanol | ± ± ± ± |
| | | | Frontglas | 2.756 | ✓ | Montere glas, montere tape, omstilling. Trykning | ✓ ✓✓ | | |
| 6,8 | 2 | Forstykke højttalere | Etiket PS-plast, slagfast Højttalerstof | 148 | ✓ ± | PS-støbe, rense, pakke Montere stof | ✓✓✓ ✓ | | |
| 41 | 1 | Stikdåse jack afbryder | | ikke opgjort | ± | Underleverandør | ± | | |
| 42 | 1 | Hus for stand-by | ABS-plast, slagfast | 21,3 | ✓ | Støbe, kontrol og pakke | ✓✓✓ | | |
| 43,44 | 1+1 | Knap, netafbryder + knap, programstep | PC-ABS-plast blanding | 1,04 | ✓ | Støbe, kontrol, klippe, tryk, klippe | ✓✓✓ ✓✓ | Silketryksfarve | ± |
| 45,46 | 1+1 | Skærm, ramme, top og skærmdæksel, bund | Båndjern | 4,46 | ✓ | Stanse | ✓ | Smøreolie | ± |
| | | | | 3,72 | ✓ | | | | |
| 47 | 1 | Holder f. dioder | PBT-plast | 1,44 | ± | Støbe | ✓ | | |
| 48 | 1 | Linse f. infrarødt lys | Akryl, slagfast | 1,44 | ✓ | Støbe, klippe, kontrol | ✓✓✓ | | |
| 49 | 1 | Hus f. infrarødt lys | PC-plast | 8,73 | ✓ | Støbe, rense, pakke | ✓✓✓ | | |

Tabel 1. Forenklet styklister for LX 5500-fjernsynet

| Pos. | An-tal | Emne | Materiale | Vægt ialt (g) | ≡ | Fremstillingsprocesser | *Med i model | Hjælpe-stoffer | ≡ |
|--|--------|---|--------------------|---------------|--------|--------------------------------------|--------------|------------------|----|
| Komponentoversigt for højttalerne | | | | | | | | | |
| 9,17 | 2 | Holdere f. højttalerboks | Polyetherskum | 45 | + | Vandstråleskæring Underleverandør | ÷ | | |
| 10 a | 2 | Højttalerboks, a: bagpart b: forpart. | PS-plast, slagfast | 1.894,3 | ✓ | Støbe, rense, pakke | ✓✓✓ | Slipmiddel, Ajax | ÷÷ |
| 10 b | | | Polyester | 106 | ✓ | | | | |
| 11 | 2 | Gummipude f. filter | PUR-skum | 1 | ÷ | Underleverandør | ÷ | | |
| 12 | 2 | Fjederbøjle, diskant | Fjederstål | 1 | ✓ | Underleverandør | ÷ | | |
| 13 | 2 | Diskantenhed | Ikke angivet | Ikke opgjort | ÷ | Underleverandør | ÷ | | |
| 16 | 2+2 | Basenhed | Jern Magnet | 215 265 | ✓ ÷ | Underleverandør | ÷ | | |
| 14 | 2 | Holder f. diskant | PS-plast, slagfast | 20 | ✓ | Støbe. Underlev. | ÷ | | |
| 15 | 2 | Pakning | ikke angivet | 0,26 | + | Underleverandør | ÷ | | |
| 18 | 2 | Glidesko f. højt. | ABS-plast | 16,5 | ✓ | Støbe. Underlev. | ✓ | | |

Noter

≡ Kolonnen angiver om materialet eller hjælpestoffet er "ført tilbage til jord", dvs. om processerne fra og med råstofudvinding til og med den sidste transport op til de nævnte fremstillingsprocesser er medregnet.

✓ Betyder at materialet/hjælpestoffet er ført tilbage til jord.

÷ Betyder at materialet/hjælpestoffet ikke er ført tilbage til jord, men kun er opgjort som forbrugt mængde.

* I kolonnen "Med i model" angives tilsvarende om selve fremstillingsprocesserne for komponenten er medregnet. Når der er angivet et ✓ betyder det, at processens energi og hjælpestofforbrug er målt, at udledninger og affald enten er målt eller beregnet, og at arbejdsmiljøpåvirkninger er målt eller vurderet. Antallet af ✓'er angiver hvor mange af processerne, der er med.

Tabel 1.

Systemgrænsen for fjernsynets livsforløb - hvad er med

Principperne bag fastlæggelse af systemgrænserne er uddybet i Wenzel et al., 1996. For Beovision LX 5500 er der lagt nogle generelle systemgrænser:

- Med ganske få undtagelser er alle komponenter i Beovision LX 5500 opgjort i miljøvurderingen som vist i tabel 1.
- Produktionsprocesser, der foregår hos Bang & Olufsen og underleverandører, er inkluderet i vurderingen for alle emner eller komponenter, der vejer mere end 100 gram. Desuden er der medtaget en række produktionsprocesser for emner, der vejer mindre end 100 gram, som det fremgår af tabel 1. Samlet betyder det, at produktionsprocesserne er medtaget for mere end 90% af fjernsynets vægt. Dette dækker i væsentlig grad miljøproblemerne, hvad angår de energirelaterede miljøeffekter og ikke-sparsomme ressourcer.
- For de sidste 10% er det skønnet, hvor der forekommer forbrug af sparsomme ressourcer, og forbrug af disse er søgt inkluderet i det omfang, data har været til rådighed.
- Det er endvidere skønnet, hvor der kan forekomme processer med væsentligt forbrug af kemikalier med specielle miljøeffekter, især toksicitet, og disse er søgt medtaget.

På Bang & Olufsen er arbejdsmiljø beskrevet for de interne produktionsprocesser. En væsentlig del af underleverandørerne er uden-

landske, se figur 3, og det har derfor ikke været muligt at opgøre arbejdsmiljøet for disse. Da en væsentlig del af arbejdsmiljøbelastningen i produktionsfasen ikke har kunnet opgøres, er det valgt ikke at inddrage arbejdsmiljø i miljøvurderingen.

Ud over disse principper gælder specielt:

- Elektronikken er opgjort som materialeforbrug, dvs. som forbrugte mængder kobber, aluminium, bly, jern, plast og diverse andre metaller. Endvidere er produktionsenergien på Bang & Olufsens printfabrik i Skive medregnet. Underleverandørernes fremstillingsprocesser for el-komponenter og elektronik er ikke opgjort, da det ikke har været muligt at fremskaffe tilstrækkelige oplysninger. Imidlertid er fremstillingen af materialerne så vidt muligt fulgt tilbage til udvinding af råstoffer.
- Der anvendes mindre mængder kobber i afmagnetiseringsspolen og de øvrige ledninger. Det har ikke været muligt at opgøre disse mængder kobber, men det vurderes, at de udgør mindre end 10% af de samlede mængder kobber i fjernsynet.
- Hovedparten af de anvendte data inkluderer overhead-energi, dvs. det energiforbrug, der bruges til belysning, opvarmning, kantine, administration mv. Overhead-energi er således inkluderet i hovedparten af processerne for materialefremstilling for Bang & Olufsens egen produktion og for alle underleverandører, undtagen for leverandøren af billedrøret. Typisk er kun energiforbrug opgjort på overhead-niveau. Forbrug af ressourcer, emissioner og affaldsmængder er ikke opgjort på overhead-niveau. For Bang & Olufsen fordeles overhead-energien mellem produkter efter vægt baseret på et års salg.
- Hjælpestoffer til drift og produktion, f.eks. smøremidler og rensningsmidler, er opgjort som forbrugte mængder fra produktionen på Bang & Olufsen. Fremstilling af hjælpestofferne er ikke inkluderet, da det ikke har været muligt at få data fra leverandørerne.
- Ikke alle de materialer, der er anvendt i Beovision LX 5500, er kortlagt lige langt tilbage til råstofudvindingen, da det ikke har været muligt at fremskaffe data for alle de forudliggende trin i livsforløbet. Dette gælder f.eks. bly, tin, sølv og guld. Hvordan materialerne opgøres, er dokumenteret i Frees, 1996.
- Service og reparationer er ikke inkluderet.

Inddeling af fjernsynets livsforløb i faser

Fjernsynets livsforløb er inddelt i faser:

- Materialefremstilling: Udvinding af råstoffer, bearbejdning af råstoffer og fremstilling af materialer.
- Produktion: Processer hos Bang & Olufsen og underleverandører.
- Brug: Forbrugers el-forbrug i den tid, fjernsynet anvendes.
- Bortskaffelse.

Transport beskrives under hver fase.

Materialefremstilling

Materialefremstilling dækker både udvinding af råstoffer, bearbejdning af disse, fremstilling af materialer og transport mellem disse trin.

Den geografiske placering af udvinding af råstoffer og fremstilling af materialer er vist i detaljer i miljøvurderingen af køleskabet, se eksemplet fra Gram A/S, da det samme billede gør sig gældende her.

Transport af råstoffer under bearbejdning frem til og med fremstilling af materialer er inkluderet som gennemsnitlige transportere for hvert materiale. Materialerne købes på internationale markeder, og deres vej tilbage til udvindingsstedet er ikke mulig at spore og vil endvidere variere væsentligt fra sending til sending. Det vurderes derfor, at det er det rigtige at tage udgangspunkt i gennemsnitlige betragtninger.

Transport af de færdige materialer frem til Bang & Olufsens underleverandører er ikke inkluderet, da det ikke har været muligt.

Produktion

Produktionen hos Bang & Olufsen og underleverandører er grundigt kortlagt med oplysninger om råvareforbrug, energiforbrug, emissioner til luft og vand samt affaldsmængder.

Figur 3 viser, hvor de forskellige komponenter og halvfabrikata til Beovision LX 5500 kommer fra. Figuren skal ses som et udtryk for, hvor leverancerne kom fra på opgørelsestidspunktet, og billedet vil ændre sig, da Bang & Olufsen ind imellem skifter leverandører. Som det fremgår af figuren, kommer hovedparten af komponenterne fra Tyskland og Frankrig. Al transport foregår med lastbiler dog undtaget basenhederne til højtalerne, der transporteres med skib fra Korea. Figuren viser ikke alle inkluderede komponenter, men kun de største, hvor den væsentligste del af transporten ligger.

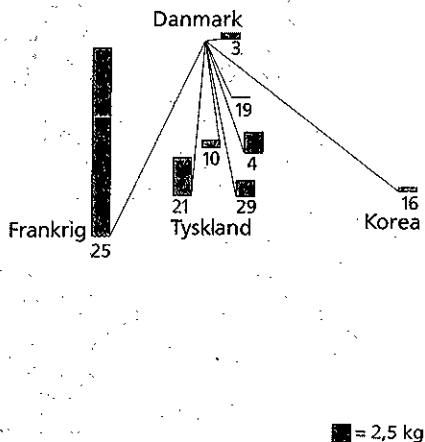
Oprindelseslandet har indflydelse på, hvor langt komponenten skal transporteres og dermed de miljøpåvirkninger, denne transport medfører. Desuden afhænger el-fremstillingen af produktionslandet, hvilket har betydning for forbruget af brændsler (kul, råolie, naturgas og uran) til fremstilling af el.

Transporten af materialer, komponenter og halvfabrikata fra leverandør til Bang & Olufsen er opgjort for alle emner, der vejer mere end 100 gram. Det betyder, at transporten er opgjort for 90% af fjernsynets vægt.

Figur 4 viser hvordan produktionen på Bang & Olufsen foregår. Selve produktionen foregår i fabrik 4, fabrik 5 og fabrikken i Skive. I fabrik 5 produceres emnerne, i fabrikken i Skive monteres elektronikken, dvs. printpladerne, og i fabrik 4 samles apparaterne.

For alle de processer, der bruges i forbindelse med fremstillingen af fjernsyn i fabrik 5, er der målt eller beregnet: Energiforbrug, forbrug af materialer og hjælpstoffer, emissioner til luft og vand samt affald. Der er foretaget aerosolmålinger og måling af andre luftemissioner på maleanlægget.

Beovision LX 5500



Figur 3. Komponenter og halvfabrikata i Beovision LX 5500 og deres geografiske oprindelse på opgørelsestidspunktet. Numrene henviser til komponentnumrene i tabel 1

Fabrik 1
Produktudvikling, højttalermålerum, miljøafprøvning, postafd., instrumentafd., central kvalitetsstyring, torvet.

Fabrik 2
Produktionsledelse, værktøjsfremstilling, prototype værksted, metodeafdeling.

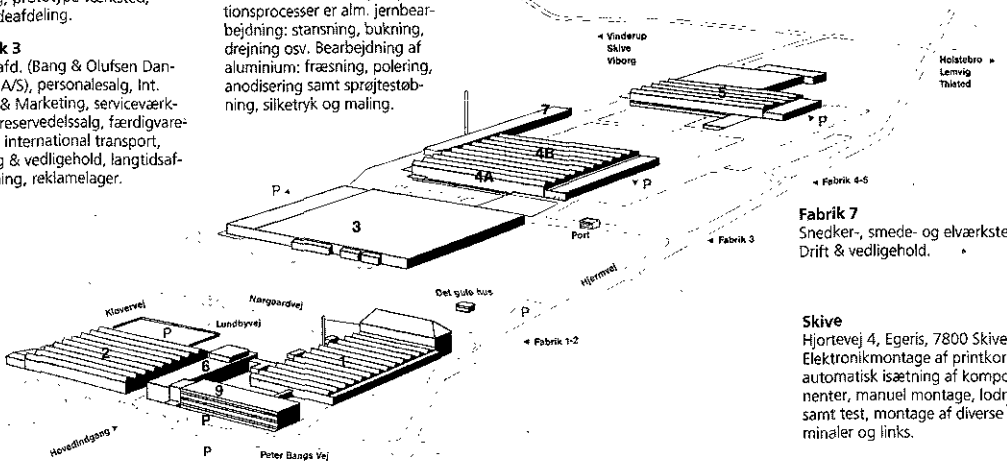
Fabrik 3
Salgsafd. (Bang & Olufsen Danmark A/S), personalesalg, Int. Sales & Marketing, serviceværksted, reservedelssalg, færdigvarelager, international transport, anlæg & vedligehold, langtidsafprøvning, reklamelager.

Fabrik 4
Montage af: CTV, højttalere og musikcentre, fællesvarelager, varemodtagelse, Operations Center.

Fabrik 5
Fremstilling af plast- og mekaniske dele. De væsentligste produktionsprocesser er alm. jernbearbejdning: stansning, bukning, drejning osv. Bearbejdning af aluminium: fræsning, polering, anodisering samt sprøjtstøbning, silketryk og maling.

Fabrik 6
Direktion, informationsafd., Show-room, kantine, gæstestue.

Fabrik 9
Reception og kasse, personale & arbejdsmiljø, BST, organisationsafd., EDB- og systemafd., indkøbsafd., økonomiafd., administrationsafd., finansafd., juridisk afd., dataværksted, medarbejderudvikling.



Fabrik 7
Snedker-, smede- og elværksted. Drift & vedligehold.

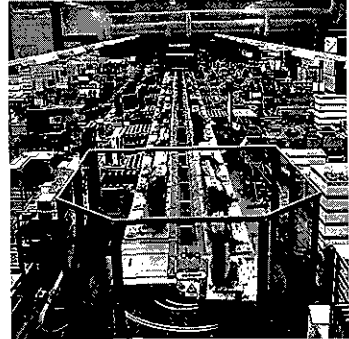
Skive
Hjortervej 4, Egeris, 7800 Skive. Elektronikmontage af printkort, automatisk isætning af komponenter, manuel montage, lodning samt test, montage af diverse terminaler og links.

I forbindelse med montagen af fjernsynet i fabrik 4 er emissioner til luft fra forskellige processer beregnet ud fra massebalancer. De øvrige produktionsprocesser (skrining, tapning, klipsning osv.) i montagefabrikken giver ingen væsentlig miljøpåvirkning.

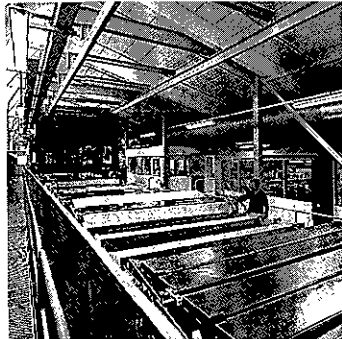
For fabrikken i Skive, hvor elektronikken produceres, er der ikke beregnet eller målt på de enkelte processer. Printproduktionen er meget ensartet - alle print gennemgår de samme processer - og det er derfor tilstrækkeligt at tage de totale forbrug, emissioner og det totale affald fra fabrikken og sætte det i forhold til den producerede mængde.

Spildevandet fra Bang & Olufsens renselanlæg kontrolleres ca. ni gange om året. Der måles på indholdet af chrom, nikkel, zink, bly, kobber, kviksølv, kobolt, olie, anioniske detergenter, kvælstof og fosfor. Disse emissioner kommer hovedsageligt fra anodiseringen og er derfor fordelt på produktionen af Beovision LX 5500 i forhold til arealet af anodiseret overflade. Spildevandet fra printfabrikken i Skive er ikke medtaget.

Figur 4. Plan over Bang & Olufsens fabrikker i Struer



Figur 5a. Montagehal i fabrik 4



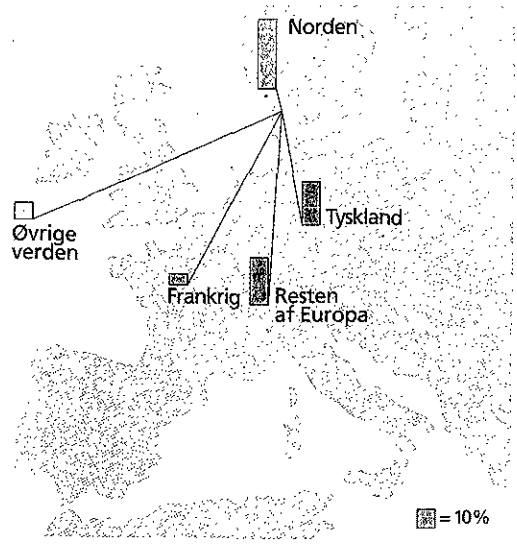
Figur 5b. Anodisering af aluminiumsemner i fabrik 5



Figur 5c. Montage af printplader i fabrikken i Skive



Figur 5d. Montage af fjernsyn i fabrik 4



Figur 6. Salgsordeling af B&O fjernsyn i verden

Under produktionen kasseres komponenter og emner med fejl. Kassationsgraden varierer fra proces til proces og er indregnet i opgørelsen, således at råvareforbruget er større end den mængde råvarer, der indgår i det færdige fjernsyn.

Energiforbruget til lys, opvarmning, varmt vand og administration er fundet ved at tage Bang & Olufsens totale forbrug og fratække det, der går til selve produktionsprocesserne. På fabrikkerne i Struer fandt man, at overhead-energien udgør ca. 75% af det samlede energiforbrug. Energiforbruget til fremstillingsprocesserne udgør således kun ca. 25%.

Brug

Beovision LX 5500 bruger ca. 81 W, når det er tændt, og ca. 3 W, når det står standby.

Bang & Olufsen konstruerer fjernsyn efter, at fjernsynet skal kunne holde til mindst seks timers daglig drift i ti år.

Bang & Olufsen eksporterer størstedelen af de producerede fjernsyn, hovedsageligt til Europa, som det fremgår af figur 6. De fleste fjernsyn sælges til Tyskland og Norden.

Det land, fjernsynet anvendes i, har betydning for:

- Transport fra Bang & Olufsen til kunden og de miljøeffekter, transporten bidrager med.
- Kundernes brugsmønstre - en englænder ser i gennemsnit mere fjernsyn end en dansker.
- El-forbrugets miljøpåvirkninger. Der er forskel på, hvordan den el, fjernsynet anvender i brugstiden, fremstilles - danske kulfyrede kraftvarmeværker giver andre miljøpåvirkninger end franske A-kraftværker.
- Bortskaffelsen af fjernsyn foregår ikke ens i de forskellige lande, og dermed er miljøpåvirkningen fra bortskaffelsen også forskellig.

Figur 7. Brugsfasen - Børn i Hong Kong ser "Radiserne"



Energiforbruget under fjernsynets drift og standby giver varme, som i Danmark om vinteren til en vis grad erstatter den opvarmning af boligen, der ellers skulle have været brugt. Da Bang & Olufsens fjernsyn i høj grad eksporteres til lande, der ikke opvarmer boligerne, og som i nogle tilfælde i stedet for har air-condition for at nedkøle boligen, er der ikke taget hensyn til dette.

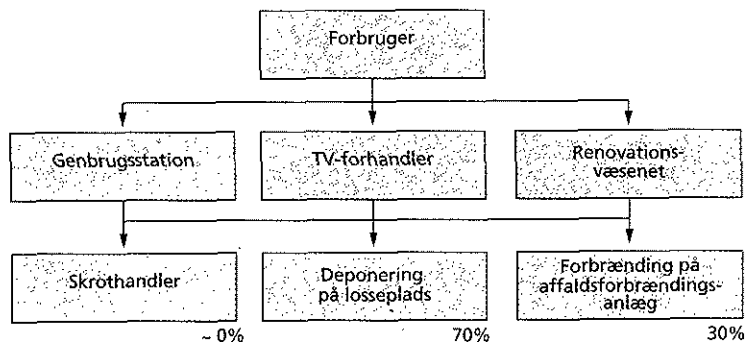
Transport fra Bang & Olufsen til forhandler foregår dels med store lastvogne (38 ton) til en central i Tyskland, og dels med små lastvogne (5 ton). Transport mellem tv-forhandler og kunde er ikke inkluderet.

Bortskaffelse

En forbruger afhænder typisk et udtjent fjernsyn til renovationsvæsenet, en genbrugsstation eller en fjernsynsforhandler. Fjernsynsforhandleren får fjernsynet i forbindelse med en vurdering af, om det kan betale sig at reparere det gamle fjernsyn. Det forudsættes, at 70% af fjernsynene går herfra til deponi, mens 30% forbrændes på affaldsforbrændingsanlæg. Det vurderes, at der i dag ikke genbruges materialer fra fjernsynet, og alt materialeforbruget er dermed spildt for eftertiden.

Transport i forbindelse med bortskaffelse af fjernsyn antages at foregå med 5 ton lastbiler. Der antages at være 30 km til et forbrændingsanlæg og 15 km til en deponeringsplads. Forbrugerens (kundens) transport i forbindelse med bortskaffelsen er ikke medtaget.

Figur 8. Bortskaffelsesveje for Beovision LX 5500



Data - hvor stammer oplysningerne fra

Informationer om livsforløbet for Beovision LX 5500 er baseret på specifikke data for produktionen af Beovision LX 5500 i det omfang, det har været muligt. Tabel 2 viser, hvilken slags data, der anvendes i de forskellige faser i fjernsynets livsforløb.

Oplysninger om processer til fremstilling af komponenter og montage af fjernsynet er fremskaffet fra B&O's fabrikker og underleverandører. Det har været et stort arbejde: Der er taget kontakt til 12 underleverandører, der har bidraget under produktion af emner til Beovision LX 5500. B&O og underleverandører har opgjort ca. 45 forskellige processer. De væsentligste af disse fremgår af styklisten i tabel 1. B&O har specifikt opgjort ca. 25 forskellige typer resourceforbrug, ca. 80 typer emissioner til luft og ca. 40 forskellige typer emissioner til vand for B&O's processer. Affaldet er opgjort i ca. 30 kategorier.

74

Det antages, at fjernsyn bortskaffes som dagrenovation i EU. Dette underbygges af oplysninger om bortskaffelsesvejen for fjernsyn er fundet ved at kontakte forhandlere og genbrugscentre samt gennem en EU-rapport om bortskaffelse af affald i EU (Kommissionen for de Europæiske Fællesskaber, 1992).

Beovision LX 5500

Referencegrundlaget for data

| Livsførløb & procestype | Produkt-specifikke | Sted-specifikke | Generelle | Datatype | | | | | Datakilde | Kommentarer |
|--|--------------------|-----------------|-----------|----------|---|---|---|---|-----------|--|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| Råvareudvinding og materialefremstilling | | | | | | | | | | |
| Glas | | | x | | | x | | | | Litteratur |
| Plast | | | x | | | x | x | | | Brancheorganisationer |
| Aluminium | | | x | | | x | | | | Brancheorganisationer |
| Stål | | | x | | | x | | | | Litteratur og leverandører |
| Kobber | | | x | | | x | | | | Litteratur |
| Produktion hos B&O og hos underleverandører | | | | | | | | | | |
| Plastformgivning | | | x | | | x | | | | Energimålinger er foretaget af B&O |
| Metalbearbejdning | x | | | x | | | | | | Emissionsmålinger er foretaget af autoriseret laboratorium |
| Overfladebehandling | x | | | x | | | | | | |
| Montage | x | | | x | | | | | | |
| Andre processer | x | x | | x | x | x | | | | |
| Brug | | | | | | | | | | |
| Energiforbrug | x | | | x | | | | | | |
| Levetid | x | | | | | | | x | | B&Os dimensioneringskriterium for Beovision LX 5500 |
| Bortskaffelse | | | | | | | | | | |
| Beovision LX 5500 | | | | | | | | | | |
| Bortskaffelsesvej | | | x | | | | | | x | TV-forhandlere, genbrugscentre og EU-rapport |
| Forbrænding | | | x | | | | | x | | Litteratur |
| Transport | | | | | | | | | | |
| Afstande og transportmiddel | x | | x | x | x | x | | | | Råvarer og materialer: litteratur Komponenter til B&O: B&O Fra B&O til forhandler: B&O Bortskaffelse: Estimat Fælleseuropæisk transportdatabase, Copert 1990. Litteratur |
| Energiforbrug og emissioner | | | x | | | | | x | | |
| Energisystemer | | | | | | | | | | |
| Energifremstilling | | | x | | | | | x | | RISØ System Analysis Dept. Litteratur, se Frees 1996. Antaget EU-gennemsnit overalt |

Noter

- 1) Målinger
- 2) Beregninger (ud fra massebalance betragtninger og input data for den aktuelle proces)
- 3) Ekstrapolation fra data for samme procestype eller teknologi
- 4) Ekstrapolation fra data for andre procestyper eller teknologier
- 5) Ukendt kilde eller ikke-kvalificeret estimat

Produktspecifikke data: gælder processer, hvor Beovision LX 5500 specifikt indgår

Stedspecifikke data: gælder data fra aktuelle lokaliteter i produktets livsførløb, men processen er ikke opgjort specifikt for Beovision LX 5500

Generelle data: er alle andre.

Tabel 2. Datakilder for miljøvurderingen af Beovision LX 5500

I tabel 3 vises en sammenfatning af opgørelsen over ressourceforbrug, fremkomne emissioner til luft og vand og opstået affald.

Opgørelsen er inddelt efter faserne i livsforløbet, og al transport er her samlet for at illustrere den samlede betydning. Det er vigtigt at huske, at fasen "Produktion" både omfatter produktion hos Bang & Olufsen og underleverandører. De angivne emissioner er således summerede tal for alle virksomhederne.

De ressourcer, emissioner og affaldsmængder, der er præsenteret i tabel 3, er valgt ud fra en ekspertbaseret vurdering af de miljøeffektpotentialer, de bidrager med. Det er derfor kun de mest relevante bidrag, der er præsenteret.

| | | Materiale- | Produktion | Brug | Bort- | Transport | I alt |
|---|-----------------------------------|--------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | fremstilling | | | skaffelse | | |
| Ressourceforbrug | | | | | | | |
| Råolie | g | 15.100 | 2.300 | 59.700 | 10 | 3.300 | 80.000 |
| Naturgas | g | 59.800 | 6.200 | 43.000 | 6 | 200 | 109.000 |
| Stenkul | g | 4.500 | 14.300 | 215.000 | 200 | 16 | 234.000 |
| Brunkul | g | 1.030 | 610 | 160.000 | - | - | 162.000 |
| Uranmalm | g | 0,05 | 0,06 | 22 | - | - | 22 |
| Opdæmmet vand til el | liter | 3.900 | 870 | 88.000 | 9 | ~ 0 | 92.800 |
| Aluminium | Al g | 710 | -23 | 11 | ~ 0 | ~ 0 | 700 |
| Jern | Fe g | 3.200 | -200 | 4 | ~ 0 | ~ 0 | 3.000 |
| Kobber | Cu g | 800 | - | - | - | - | 800 |
| Mangan | Mn g | 23 | -1 | - | - | - | 22 |
| Nikkel | Ni g | 5 | - | - | - | - | 5 |
| Zink | Zn g | 46 | - | - | - | - | 46 |
| Bariumcarbonat | BaCO ₃ g | 3.100 | - | - | - | - | 3.100 |
| Blyoxid | Pb ₃ O ₄ g | 1.700 | - | - | - | - | 1.700 |
| Calciumcarbonat | CaCO ₃ g | 1.950 | -160 | 7 | ~ 0 | ~ 0 | 1.800 |
| Kvarts | SiO ₂ g | 15.400 | -290 | - | - | - | 15.000 |
| Natriumcarbonat | Na ₂ CO ₃ g | 3.800 | - | - | - | - | 3.800 |
| Natriumchlorid | NaCl g | 615 | 12 | 18 | ~ 0 | ~ 0 | 650 |
| Træ (blødt) | g | 530 | 80 | 10.200 | 1 | ~ 0 | 10.800 |
| Grundvand | liter | - | 44 | - | 3 | ~ 0 | 47 |
| Overfladevand | liter | ~ 0 | 1 | ~ 0 | ~ 0 | ~ 0 | 1 |
| Uspecificeret vand | liter | 180 | 280 | 33 | ~ 0 | 1 | 500 |
| Materialer og hjælpestoffer, for hvilke ressourceforbruget ikke er opgjort | | | | | | | |
| Maling | g | - | 319 | - | - | - | 319 |
| Diverse materialer* | g | - | 2.160 | - | - | - | 2.160 |
| Diverse hjælpestoffer* | ml | - | 6.000 | - | - | - | 6.000 |
| Luftemissioner | | | | | | | |
| Kuldioxid | CO ₂ g | 166.000 | 62.000 | 1.051.000 | 13.000 | 6.400 | 1.300.000 |
| Kulmonoxid | CO g | 200 | 22 | 680 | 43 | 750 | 1.700 |
| Kvælstofoxider | NO _x g | 1.000 | 210 | 4.200 | 17 | 170 | 5.600 |
| Svovldioxid | SO ₂ g | 550 | 260 | 9.300 | 3 | 18 | 10.100 |
| Dinitrogenoxid | N ₂ O g | 18,1 | 5,2 | 84,8 | ~ 0 | 0,2 | 108 |
| Uspec. partikler (støv) | g | 76 | 87 | 500 | ~ 0 | 5 | 670 |
| Kulbrinter | HC g | 470 | 350 | 5.050 | 4 | 9 | 5.900 |
| Flygt. org. kulstofforb | VOC g | 1,6 | 38 | 1,1 | ~ 0 | 0,4 | 41 |
| Uspec. aldehyder | g | ~ 0 | 0,16 | 3,75 | ~ 0 | ~ 0 | 3,9 |

Tabel 3. Udveksling med miljøet i fjernsynets livsforløb

| | | | Materiale- fremstilling | Produktion | Brug | Bort- skaffelse | Transport | I alt |
|---------------------------|-------|----|----------------------------|------------|---------|--------------------|-----------|----------|
| 2-propanol, isopropanol | | g | - | 1,8 | - | - | - | 1,8 |
| Benzen | | g | 0,032 | - | - | - | - | 0,032 |
| Butylacetat | | g | - | 10 | - | - | - | 10 |
| Butyldiglycolacetat | | g | - | 15 | - | - | - | 15 |
| Ethylacetat | | g | - | 88 | - | - | - | 88 |
| Phenol | | g | - | 0,25 | - | - | - | 0,25 |
| Toluen | | g | - | 4 | - | - | - | 4 |
| Trichlorethylen | | g | - | 1,1 | - | - | - | 1,1 |
| Uspec. xylene | | g | - | 51 | - | - | - | 51 |
| Dioxin | | mg | - | 1 E-06 | - | 128 E-06 | ~ 0 | 130 E-06 |
| Epichlorhydrin | | mg | 37 | - | - | - | - | 37 |
| Arsen | As | mg | ~ 0 | 1 | 99 | ~ 0 | ~ 0 | 100 |
| Bly | Pb | mg | 990 | 1 | 140 | ~ 0 | 1.330 | 2.460 |
| Cadmium | Cd | mg | ~ 0 | ~ 0 | 12 | ~ 0 | ~ 0 | 12 |
| Luftemissioner | | | | | | | | |
| Kobber | Cu | mg | 1 | 4 | 99 | 140 | ~ 0 | 240 |
| Kviksølv | Hg | mg | ~ 0 | 1 | 18 | ~ 0 | ~ 0 | 19 |
| Mangan | Mn | mg | 410 | 260 | - | - | - | 670 |
| Vanadium | V | mg | 28 | 39 | 2.770 | ~ 0 | ~ 0 | 2.800 |
| Vandige emissioner | | | | | | | | |
| Kemisk iltforbrug | COD | g | 18 | ~ 0 | 1 | ~ 0 | ~ 0 | 19 |
| Total kvælstof | tot-N | g | 1 | 8 | 2 | ~ 0 | - | 11 |
| Total fosfor | tot-P | g | - | 0,15 | - | - | - | 0,15 |
| Kulbrinter | HC | g | 6,7 | 0,06 | 1,4 | ~ 0 | 0,06 | 8,2 |
| Uspecificeret olie | | g | 5,9 | 0,3 | 2,4 | ~ 0 | ~ 0 | 8,6 |
| Phenol | | g | 0,04 | ~ 0 | 0,035 | ~ 0 | ~ 0 | 0,08 |
| Arsen | As | mg | 15 | - | - | - | - | 15 |
| Bly | Pb | mg | 2 | - | - | - | - | 2 |
| Cadmium | Cd | mg | 8 | - | - | - | - | 8 |
| Chrom(VI) | Cr | mg | - | 9 | - | - | - | 9 |
| Kobber | Cu | mg | 55 | 3 | - | - | - | 58 |
| Kviksølv | Hg | mg | 0,003 | 0,033 | - | - | - | 0,036 |
| Mangan | Mn | mg | - | 0,2 | - | - | - | 0,2 |
| Nikkel | Ni | mg | 52 | 28 | - | - | - | 80 |
| Zink | Zn | mg | 48 | 35 | - | - | - | 83 |
| Affald | | | | | | | | |
| Uspec. farligt affald | | g | 0,03 | 0,001 | - | - | - | 0,03 |
| Uspec. støv m. tungmetal | | g | - | 2 | - | - | - | 2 |
| Uspec. industriaffald | | g | 64 | 1 | - | - | - | 65 |
| Uspec. radioaktivt affald | | g | 0,004 | 0,01 | 3 | - | - | 3 |
| Uspec. slagge og aske | | g | 330 | 1.220 | 41.000 | 8.200 | 8 | 50.800 |
| Uspec. volumenaffald | | g | 5.600 | 33.600 | 125.000 | 30.000 | 9 | 194.000 |

Noter

Værdierne for hver livsforløbsfase og summen er afrundede. Usikkerheden på ovennævnte data er ikke vurderet, og afrundingerne skal ikke tages som udtryk for dette.

- betyder, at der ikke er oplysninger for den pågældende livsforløbsfase.

~ 0 betyder, at værdien er meget lille i forhold til de øvrige faser.

* Kun mængder over 100 gram er medtaget. B&O har opgjort forbruget af en lang række materialer og hjælpestoffer, som her er vist samlet under betegnelserne "diverse materialer" og "diverse hjælpestoffer" for overskuelighedens skyld.

Fasen "Produktion" omfatter både produktion hos Bang & Olufsen og hos underleverandører. De angivne ressourcerforbrug og emissioner er således summerede tal for alle virksomhederne.

Opgørelsen i tabel 3 giver et overblik over, hvilke stoffer, der indgår i Beovision LX 5500's livsforløb. Stofferne og mængderne alene siger intet om, hvor meget de betyder for miljøet, men man kan danne sig et indtryk af stofkategorierne, og af hvor i livsforløbet de forekommer.

Uddybende detaljer og dokumentation af opgørelsen findes hos Bang & Olufsen.

I det følgende uddybes tabel 3 ud fra en baggrundsviden om, hvordan tallene er fremkommet.

Forbrug af energiresourcer

Man ser straks, at forbruget af energiresourcer er størst i brugsfasen både for råolie, naturgas, stenkul, brunkul og uranmalm. Forbruget af stenkul i denne fase udgør 92% af totalforbruget, for brunkul og uranmalm udgør brugsfasen mere end 99% af forbruget i hele fjernsynets livsforløb.

Forbruget af uranmalm skyldes udelukkende produktion på A-kraftværker til den el, der forbruges i udlandet. El-forbruget i udlandet skyldes hovedsageligt, at en væsentlig andel af fjernsynene eksporteres og derfor er i drift i udlandet.

Forbruget af opdæmmet vand skyldes el-fremstilling ved vandkraft, der ligesom A-kraft kun er aktuelt for el-forbrug uden for Danmark.

Råolie og naturgas anvendes både som ressource til energifremstilling og til fremstilling af plastmaterialer. Langt den største del bruges dog til energifremstilling.

Det fremgår af tabellen, at den samlede transport ikke anvender særligt store mængder energiresourcer i forhold til fjernsynets samlede livsforløb. Dette forhold diskuteres nærmere i eksemplet med et køleskab fra Gram A/S.

Forbrug af ressourcer til materialefremstilling

Når man betragter de ressourcer, der anvendes til fremstilling af materialer (aluminium, jern, kobber osv.), lægger man især mærke til, at der anvendes 15,4 kg kvarts. Dette bruges til fremstilling af billedrøret i fjernsynet sammen med bl.a. 1,7 kg blyoxid. Bly tilsættes for at skærme mod røntgenstråling.

Under produktionen er der opgjort en række negative værdier for bl.a. aluminium og jern. Det skyldes, at det spild, der kommer ved bearbejdning og udskæring af materialerne, indsamles og genbruges til andre produkter, og det materiale, der herved nyttiggøres i nye produkter, godskrives derfor, dvs. det registreres som "negativt forbrug".

Det er i øvrigt bemærkelsesværdigt, at fjernsynet i dets livsforløb bruger ca. 630 kg materialer (opdæmmet vand til el-fremstilling ved vandkraft er ikke iberegnet), når det selv kun vejer 42,7 kg - de største mængder ressourcer går til energifremstilling.

Luftemissioner

Blandt luftemissionerne udgør kuldioxid klart den største mængde. Et Beovision LX 5500 bidrager i hele dets livsforløb med 1,3 ton kuldioxidemission - heraf stammer 1 ton eller 81% fra brugsfasen. Ligeledes stammer de andre typiske energirelaterede emissioner i høj grad fra brugen af fjernsynet, nemlig 75% for kvælstofoxider, 92% for svovldioxid, 79% for dinitrogenoxid og 40% for kulmono-

xid. En stor del af emissionerne af tungmetaller skyldes også energifremstilling og fremkommer derfor i størst mængde i brugsfasen. Alle emissionerne i brugsfasen stammer fra el-forbruget.

I produktionsfasen udsendes en del forskellige opløsningsmidler. Disse skyldes især overfladebehandling af materialer (rensning og maling) hos Bang & Olufsen og underleverandører.

Bemærk, at transporten bidrager væsentligt til to emissioner: kulmonoxid (44% af de samlede mængder) og bly (54% af de samlede mængder).

Affaldsforbrænding under bortskaffelsen er den væsentligste kilde til udslip af dioxin. Der er også små mængder dioxin fra produktionsfasen, hvilket skyldes forbrænding af affald fra produktionen.

Vandige emissioner

For de vandige emissioner bemærker man især tungmetallerne, der hovedsageligt udsendes under materialefremstilling og udvinding af råvarer.

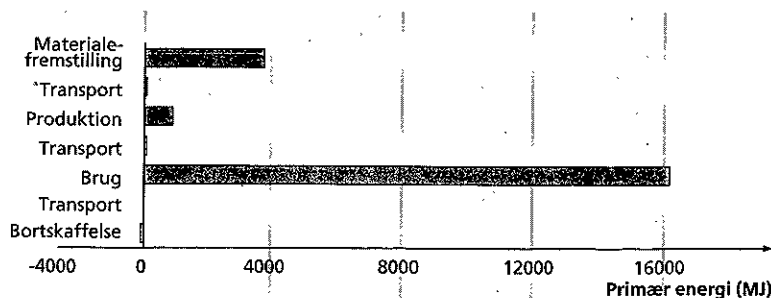
Affald

De største mængder affald er uspecificeret volumenaffald og slagge og aske. Hovedparten af dette skyldes el-produktionen i brugsfasen. Kulminedrift giver anledning til volumenaffald og forbrænding af kul giver slagge og aske. En del stammer også fra bortskaffelsen af fjernsynet.

Energiprofiler

Som det fremgår af diskussionen af tabel 3, har energiforbruget væsentlig betydning for de samlede ressourceforbrug, luftemissioner og affaldsmængder. Det er derfor interessant at se nærmere på energiforbruget. I figur 8 vises det samlede energiforbrug i løbet af hele livsforløbet for LX 5500. Energiforbruget er opgivet som "primær energi", dvs. den mængde energi, der udvindes fra jorden til hele fjernsynets livsforløb.

Den største del af energiforbruget i fjernsynets livsforløb skyldes den el, der forbruges, når fjernsynet er tændt og når det står standby - ca. 78% af det samlede energiforbrug ligger i brugsfasen. Dette er ikke overraskende efter at have set, at den største del af energiresourcerne råolie, gas og kul forbruges i netop denne fase. Drift af fjernsynet udgør ca. 70%, og standby ca. 8% af det samlede energiforbrug. Som det fremgår af figur 9, har transport stort set ingen betydning for det samlede energiforbrug.



Figur 9. Energiforbrug i hele Beovision LX 5500's livsforløb udtrykt i primær energi

Under produktudvikling er energiforbruget velegnet som indikator for relevante ressourceforbrug og potentialer for miljøeffekter for produkter, der bruger energi i brugsfasen. En oversigt over energiforbruget giver produktudvikleren et hurtigt fingerpeg om produktets miljøpåvirkning og om nye løsningers miljømæssige påvirkninger. Figur 9 viser, at noget af det vigtigste ved udvikling af nye fjernsyn er at konstruere et fjernsyn, der bruger mindre strøm under drift, og når det står standby.

Procesenergi og brændværdi for materialer og komponenter

Produktudviklerens mulighed for at spare energi ved valg af materialer og ved at muliggøre genbrug fremgår af figur 10a og 10b. Her præsenteres den primære energi til første fase i fjernsynets livsforløb: udvinding af råstoffer og fremstilling af materialer. Denne livsforløbsfase udgør i alt 22% af det samlede energiforbrug i hele fjernsynets livsforløb.

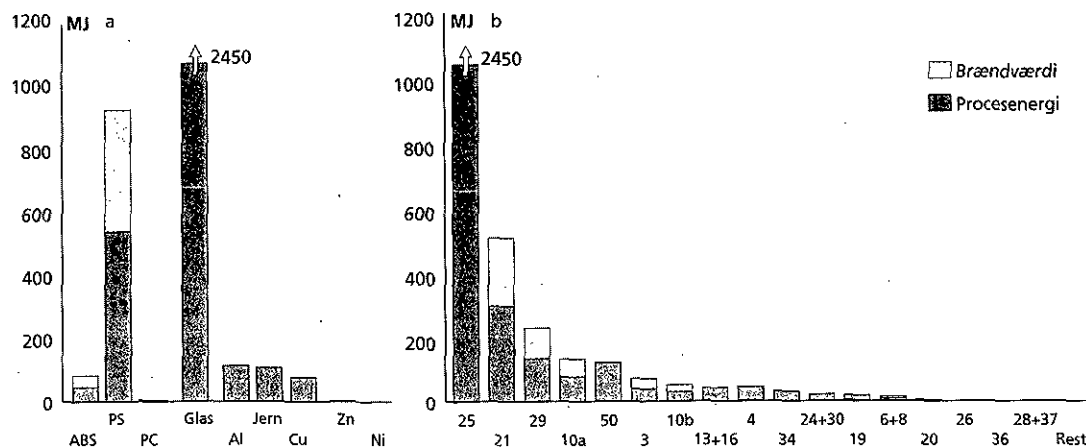
Energien er inddelt i:

- procesenergi, dvs. den energi, der anvendes til udvinding og bearbejdning samt
- brændværdi, dvs. den energi, som er bundet i materialerne, og som senere kan udnyttes ved forbrænding med energiuudnyttelse (som ved forbrænding af f.eks. plastik, træ og papir).

Som figurene 10a og 10b viser, er den største del af primærenergien tilknyttet billedrøret og det glas, billedrøret indeholder. Men også plastemnerne, hovedrammen og bagparten indeholder en del energi. Der er ikke meget energi at hente ved affaldsforbrænding af et Beovision LX 5500 - kun 420 MJ er brændværdi svarende til 11 % af den samlede energi til udvinding og fremstilling. Når man betragter mulighederne for energigevinst ved bortskaffelsen, kan det derfor bedre betale sig at genvinde materialerne end at forbrænde fjernsynet.

Figur 10a. Materialernes primærenergi fordelt på de mest anvendte materialer i et Beovision LX 5500

Figur 10b. Materialernes primærenergi fordelt på komponenter i et Beovision LX 5500. Numrene henviser til komponentnumrene i tabel 1



Vurdering

I miljøvurderingen indgår principielt både ressourceforbrug, miljø og arbejdsmiljø. Miljøeffekterne og måden, hvorpå de opgøres, er beskrevet i Wenzel et al., 1996.

Miljøeffektpotentialer

Emissioner til luft og vand samt affald kan give anledning til effekter i miljøet. Hvorvidt det reelt vil ske, vides ikke, og derfor opgøres effekterne som potentialer for miljøeffekter. Bidragene til miljøeffektpotentialerne er opstillet i tabel 4.

Tabellen viser emissioner fra fjernsynets samlede livsforløb omsat til effektækvivalenter. Effekterne er ikke sat i relation til nogen størrelsesorden, og potentialerne for miljøeffekter er ikke vægtet indbyrdes efter, hvor kritiske de er. Dette er derfor udelukkende en opgørelse, der viser de enkelte bidrag hver for sig.

Affaldet i tabel 4 er fremstillet i fire samlekategorier. Mængderne i tabel 4 er større end i tabel 3, da tabel 3 kun udgør et udsnit af de i alt 30 opgjorte affaldstyper.

Affald omregnes ikke til de effekter, det har på miljøet (som f. eks. grundvandsforurening, forurening af drikkevand eller forbrug af arealer), da det ikke endnu har været muligt at inkludere affaldsdeponering som en proces og forudsige sammenhængen mellem affaldsmængde og miljøeffekt. Affaldsmængderne

anvendes derfor som indikator for miljøeffektpotentialerne. For ressourceforbrugene regnes der videre på mængderne direkte fra tabel 3.

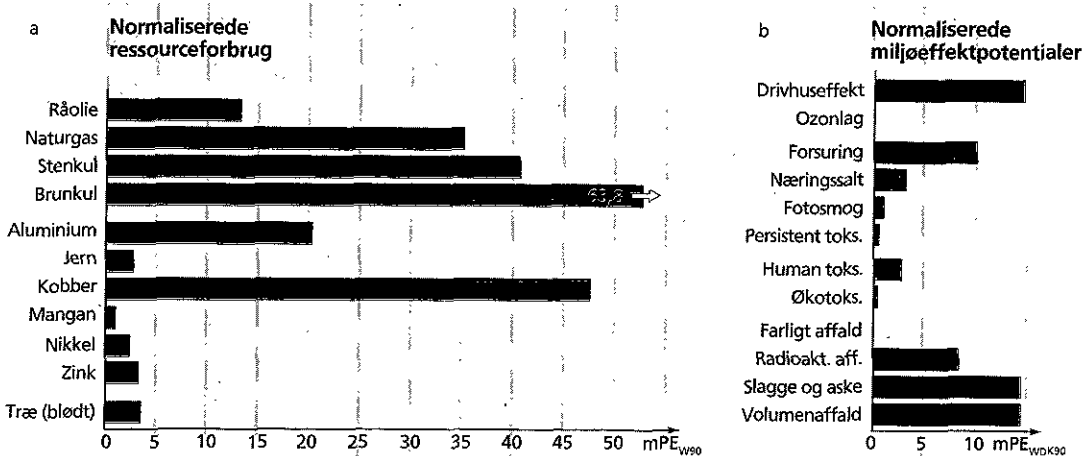
Størrelsen af produktets bidrag

For at få et forhold til, om Beovision LX 5500 bidrager meget eller lidt til miljøeffektpotentialerne, er bidragene sat i forhold til et menneskes gennemsnitlige årlige bidrag normaliseret i forhold til år 1990.

| Effekttype | Effektpotentiale | |
|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| | Enhed | Pr. produkt pr. levetid |
| Globale effekter | | |
| Drivhuseffekt | g CO ₂ -ækv | 1.340.000 |
| Ozonlagsnedbrydning | g CFC11-ækv | 0 |
| Regionale effekter | | |
| Forsuring | g SO ₂ -ækv | 14.000 |
| Næringsaltbelastning | g NO ₃ -ækv | 7.900 |
| Fotosmog | g C ₂ H ₄ -ækv | 190 |
| Human toksicitet (vand) | m ³ vand | 8.300 |
| Økotoksicitet (vand,kronisk) | m ³ vand | 3.700 |
| Lokale effekter | | |
| Human toksicitet (luft) | m ³ luft | 806.000.000 |
| Økotoksicitet (vand, akut) | m ³ vand | 200 |
| Farligt affald | g | 2,8 |
| Radioaktivt affald | g | 3,0 |
| Slagge og aske | g | 50.800 |
| Volumenaffald | g | 197.000 |

Tabel 4. Omregning af udvekslingerne til miljøeffektpotentialer

Figur 11. Normalisering af ressourceforbrug og effektpotentialer for fjernsynet



I figur 11a og 11b er de normaliserede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer vist. Det fremgår af figurerne, at forbruget af energiressourcer (råolie, naturgas, stenkul og brunkul) svarer til mellem 10 og 65 millipersonækvivalenter eller 1 - 6,5% af et menneskes gennemsnitlige årlige forbrug i 1990. Ligeledes svarer brugen af et fjernsyn til ca. 1,4% af et menneskes årlige bidrag til drivhuseffekten i 1990 og 1,4% af det årlige bidrag til volumenaffald og slagge og aske.

Væsentligste effektpotentialer

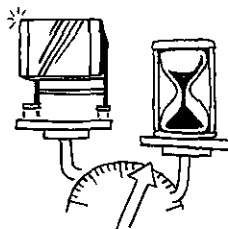
Det er ikke alle miljøeffekter, der er lige kritiske. For at kunne vurdere, hvilke ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer i figur 11a og 11b, der anses for at være værste, er man nødt til at vægte.

Resultatet af disse vægtninger er vist i figur 12a og 12b. De vægtede profiler kan ikke sammenlignes på tværs mellem ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer.

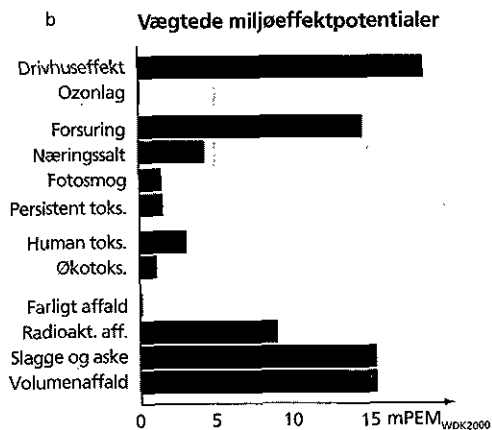
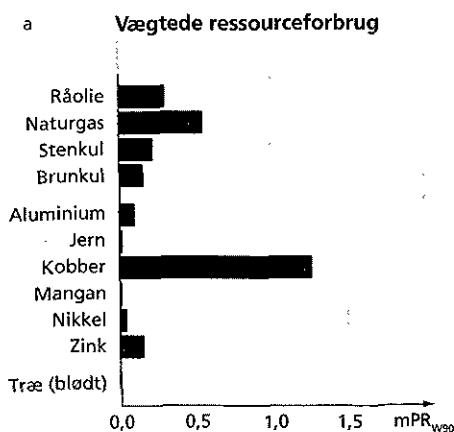
Ressourceforbruget vægtes i forhold til de kendte reservers størrelse for hver ressource. Det betyder, at knappe ressourcer vægtes højt, mens ressourcer, der findes på jorden i rigelige mængder, vægtes lavt. Med denne vægtning er det væsentligste ressourceforbrug for et Beovision LX 5500 forbruget af kobber og de energirelaterede ressourceforbrug, især naturgas. Forbruget af kobber i et Beovision LX 5500 svarer til 1,3 millipersonreserver, og det betyder, at fjernsynet har forbrugt 1,3 promille af hele den mængde kobber, der er til rådighed for én person og alle dennes efterkommere i al fremtid. Man kan se, at genanvendelse af kobber vil betyde meget for fjernsynets samlede ressourceprofil.

Potentialerne for miljøeffekter er vægtet ud fra danske og internationale politiske reduktionsmål - dvs. efter, hvor meget miljøeffekten er fastlagt at skulle reduceres inden et fastlagt referenceår. Med denne vægtning er de væsentligste potentialer for miljøeffekter for et Beovision LX 5500: Drivhuseffekt og forsurening, affaldskategoriene radioaktivt affald, slagge og aske samt volumenaffald.

Talværdien udtrykker fjernsynets del af det acceptable bidrag til en effekttype for en person i år 2000. Det ses, at de højest vægtede effekttyper udgør omkring 1,5-2% af det bidrag, der er målsat for en person i år 2000.



Figur 12. Vægtede ressourceforbrug og effektpotentialer for fjernsynet



Væsentligste kilder til effektpotentialerne

For at se, hvor årsagerne til ressourceforbrugene og miljøeffektpotentialerne skal findes, er det en fordel at opdele på forskellige kategorier:

- Materialer
 - Materialer - forbrug
 - Materialer - bortskaffelse
- Processer
- Energi
 - termisk
 - el
- Kemikalier
 - hjelpestoffer
- Andet
 - overhead

Tabel 5. Kilder til ressourceforbrug og effektpotentialer.

- Forbrug af materialer, og det deraf følgende ressourceforbrug samt miljøeffektpotentialer fra udvinding, bearbejdning, transport og energifremstilling til energiforbruget i denne fase.
- Bortskaffelse af materialer og deraf følgende miljøeffektpotentialer fra bortskaffelsen samt energifremstilling til energiforbruget i denne fase.
- Forbrug af el under produktion og brug. Dette omfatter ressourceforbrug og miljøeffekter til fremstilling af el samt udvinding af råstoffer til dette.
- Forbrug af termisk energi (olie, naturgas og kul) under fremstilling, brug og transport. Dette omfatter både emissioner fra forbrænding af fossile brændstoffer i produktionsprocesserne og fra udvinding af råstofferne til de fossile brændstoffer.
- Forbrug af hjelpestoffer og deraf følgende emissioner fra anvendelse af hjelpestofferne i produktionen (f.eks. fordampning af opløsningsmidler og rensmidler).
- "Overhead", det vil sige effekter som følge af energiforbrug til belysning, opvarmning af rum, kantine, administration osv.

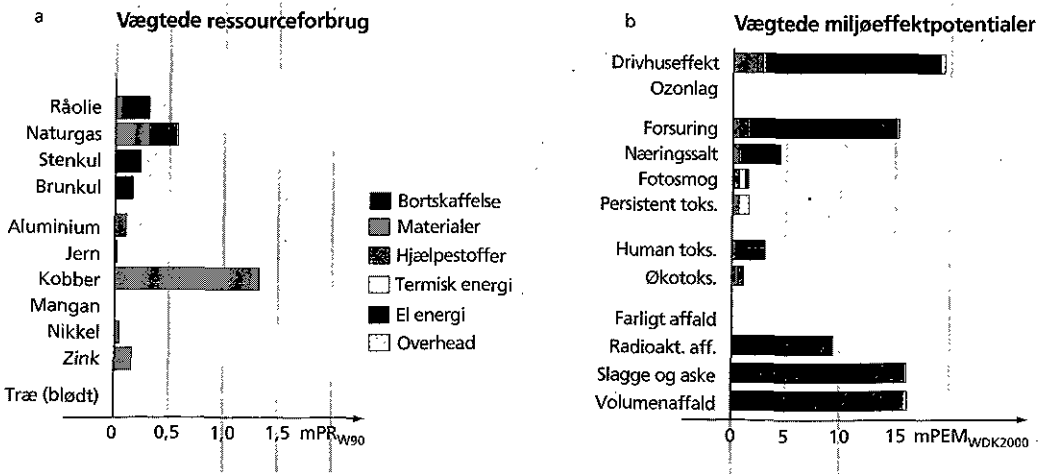
Gennem sine valg disponerer produktudvikleren direkte og indirekte materialer, hjelpestoffer, energiforbrug og processer. Ved at opdele ressource- og miljøprofilerne, fremkommer konsekvenserne af de trufne dispositioner.

I figur 13a og 13b er de vægtede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer for et Beovision LX 5500 inddelt efter kilder.

Ressourceforbruget skyldes hovedsageligt de materialer, som indgår i fjernsynet og forbruget af el.

Naturgas og råolie bruges både til fremstilling af materialer og el. Omkring 20% af olieforbruget og mere end halvdelen af naturgassen bruges til fremstilling af materialer. Der medgår meget naturgas til frem-

Figur 13. Vægtede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer opdelt på kildetyper



stilling af billedrøret samt en del til den plast, fjernsynet er bygget af. Metallerne indgår som materialer i fjernsynet.

Forbruget af el giver anledning til den største del af mange af miljøeffektpotentialerne: Drivhuseffekt, forsuring, næringssaltsbelastning og humantoksiske effekter. Forbruget af el er skyld i 83% af det samlede bidrag til drivhuseffekten.

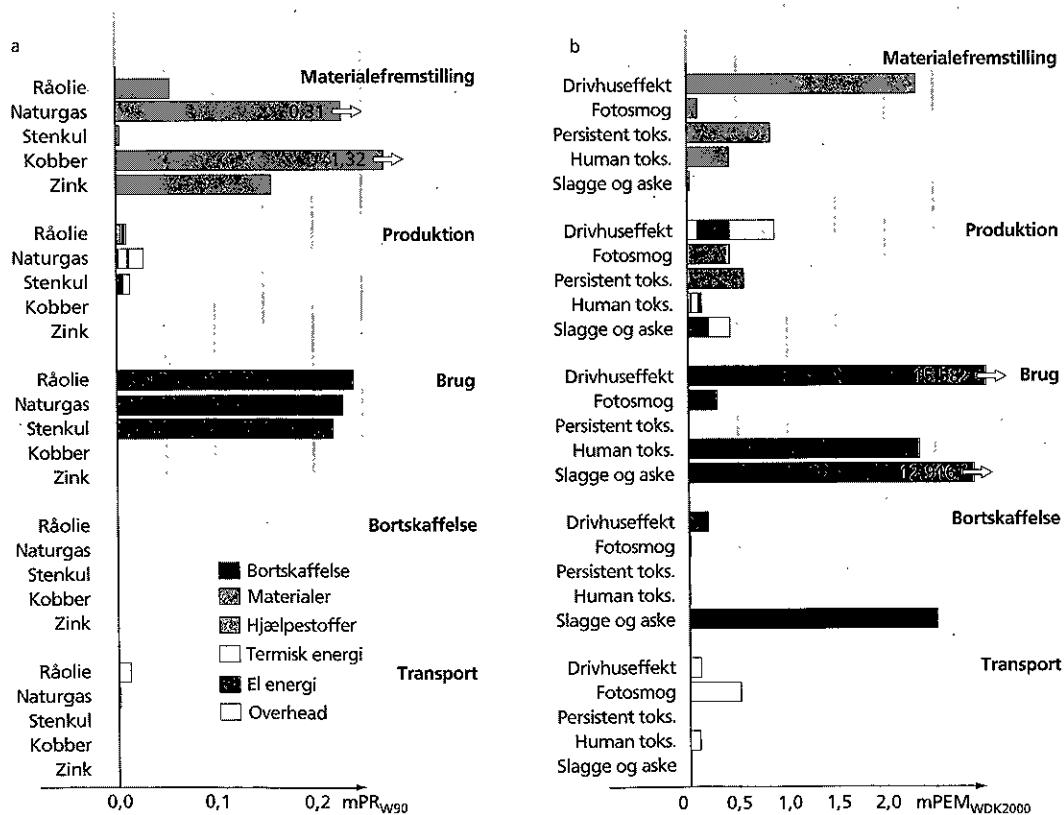
En del af bidragene til fotosmog, persistent toksicitet og økotoxicitet skyldes kemikalier anvendt i produktionen hos Bang & Olufsen og underleverandører.

Bortskaffelsen betyder en del for mængderne af slagge og aske og volumenaffald, hvor især billedrørets glas udgør væsentlige mængder. Bortskaffelsen af materialer er dog ikke dominerende; el-produktionen bidrager med 82% af mængderne af slagge og aske, og 68% af volumenaffaldet.

Væsentligste faser i livsforløbet

Ressourceforbruget er inddelt i faserne i Beovision LX 5500's livsforløb i figur 14a. Her ses det meget tydeligt, at de væsentligste forbrug af de energirelaterede ressourcer (olie og stenkul) ligger i brugsfasen ved anvendelse af fjernsynet, da langt den overvejende del af energiforbruget ligger her. De energirelaterede ressourcer (naturgas, råolie, stenkul, brunkul og uran) er repræsenteret af råolie, naturgas og stenkul i figur 14a.

Figur 14a og 14b. Vægtede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer for et Beovision LX 5500 fordelt på faserne i fjernsynets livsforløb



Forbruget af de materialerelaterede ressourcer ligger i materialefremstillingsfasen; dette vises i figur 14a ved forbruget af kobber, zink, naturgas og olie.

En inddeling af miljøeffektpotentialerne i faserne i fjernsynets livsforløb viser, at brugsfasen er meget dominerende, se figur 14b. Brugsfasen står for hovedparten af bidraget til drivhuseffekten, humantoksiciteten og slagge og aske, hvilket skyldes, at de er energi-relaterede. Disse miljøeffekter repræsenterer desuden forsurening, nærings saltsbelastning og de øvrige affaldskategorier, som også er stærkt relaterede til el-forbruget.

Der kommer bidrag til fotosmog og persistent toksicitet under materialefremstilling og produktion. Bidraget til fotosmog stammer hovedsageligt fra fremstilling og brug af termisk energi (38%), fremstilling af el-energi (22%) og endvidere stammer en væsentlig del (27%) fra hjælpe-stoffer, nemlig til maling af bagpart og hovedramme.

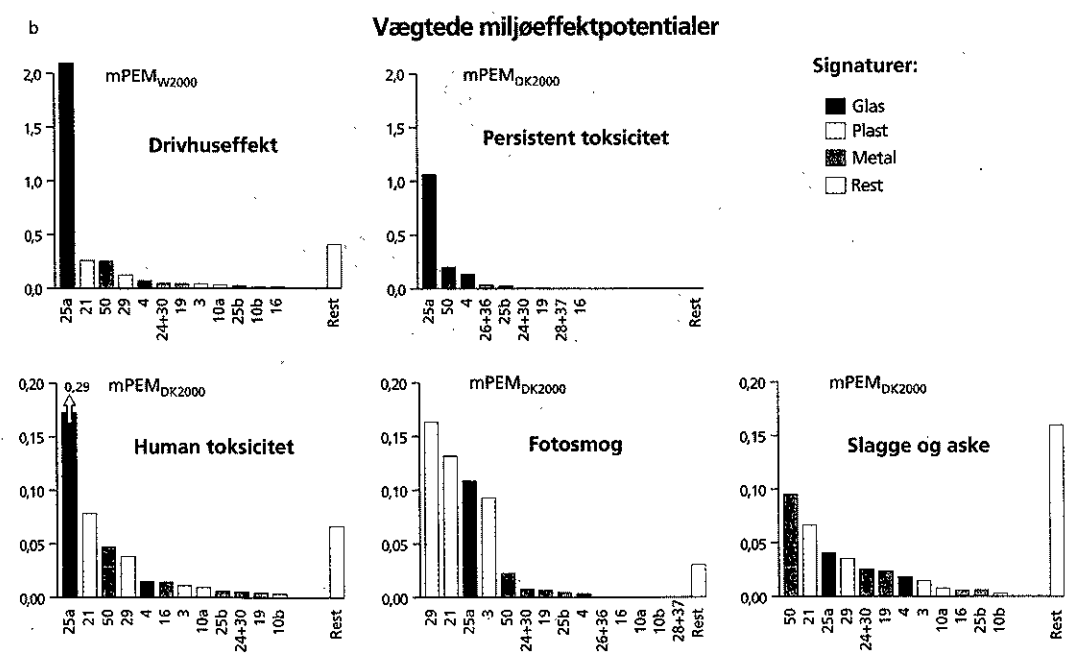
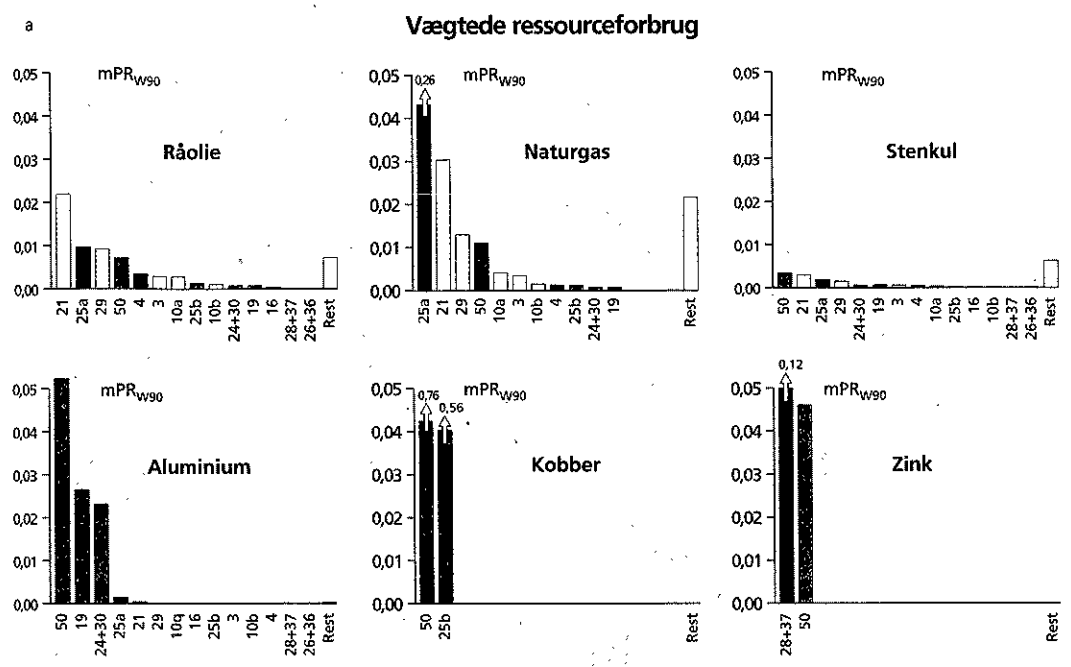
Væsentligste komponenter

For at få et indtryk af, hvilke komponenter, der bidrager til udvalgte ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer, er de komponenter, der bidrager mest, opstillet i figur 15a og 15b. Figurerne repræsenterer kun faserne materialefremstilling, råstofudvinding og produktion, der er de væsentlige for ressourceforbruget. For miljøeffektpotentialerne skal det tages i betragtning, at der ligger et væsentligt bidrag i de resterende faser i livsforløbet: brugsfasen og bortskaffelsen.

Figur 15 viser, hvilke komponenter i Beovision LX 5500 der skal tages fat på, hvis man gerne vil fokusere på bestemte ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer. De komponenter, der bidrager mest til forbruget af råolie og stenkul, er hovedramme, billedrør, bagpart og elektronik. Forbruget af naturgas skyldes i høj grad fremstilling af billedrøret, og som det ses, bruges en langt mindre del af naturgasen til fremstilling af plast til hovedramme og bagpart.

Aluminium forbruges hovedsageligt i elektronik og i profiler på top og side af fjernsynet. Kobber anvendes i elektronik og i afbøjningsspole. Zink anvendes i afstandsstykker og elektronik.

Processer til fremstilling af billedrøret bidrager væsentligt til persistent toksicitet og human toksicitet. De øvrige potentialer for miljøeffekter er i væsentlig grad energi-relaterede og afspejler derfor energiforbrug under fremstillingsprocesserne, som under alle omstændigheder er af væsentligt mindre størrelse end el-forbruget i brugsfasen.



Figur 15a og 15b. Topscoreliste over de komponenter i Beovision LX 5500, der bidrager mest til ressourcforbruget og miljøeffektpotentialerne. Numrene henviser til komponentnumrene i tabel 1

Videnmangel, usikkerheder og følsomheds-vurderinger

På trods af et stort arbejde med at indsamle data er der stadig områder af miljøvurderingen, hvor man kunne ønske en større viden. Det har ikke været muligt at indsamle alle de ønskede data på nuværende tidspunkt - når livscyklusvurderinger er blevet mere udbredt i industrien, vil de ønskede data blive mere tilgængelige.

Udvinding af råstoffer og materialefremstilling er baseret på generelle data fra UMIP-enhedsprocesdatabasen, der for de fleste materialer er baseret på litteraturdata. Nogle af disse data er af høj kvalitet (f.eks. stål og aluminium), mens det for andre materialer ikke har været muligt at indsamle lige så gode data. Dette uddybes i Frees, 1996. For de fleste materialer er det rimeligt, at Bang & Olufsen har brugt gennemsnitsdata i stedet for selv at indsamle oplysninger om, hvordan materialerne fremstilles. Da materialerne ofte købes "på markedet", kan materialernes oprindelse variere fra sending til sending.

Det har ikke været muligt at inddrage forhold om fysiske landskabsødelæggelser eller ødelæggelser af områder med specielle dyrearter i UMIP-metoden. Dette vil især være relevant for udvinding af råstoffer.

Hjælpestoffer og kemikalier er ikke opgjort tilbage til jord - hverken fremstilling eller udvinding af råstoffer er kortlagt. Hjælpestofferne til produktionen hos Bang & Olufsen og underleverandører er hovedsageligt opløsningsmidler og rensningsmidler, og de er medregnet i de processer, hvor de indgår, som nævnt. For fremstillingen af disse stoffer i den kemiske industri, skønnes spildprocenten at være mindre end 10%, og da hovedparten af stofferne ender som emissioner, når de anvendes hos Bang & Olufsen og underleverandører, skønnes det, at denne udeladelse ikke er væsentlig, men der kan dog være undtagelser.

Metalindholdet i elektronik og billedrør er af væsentlig betydning for ressourceforbruget. Materialeindholdet i elektronikken er bestemt på basis af en kemisk analyse, men fremstillingsprocesserne til elektronikken er ikke fulgt tilbage gennem underleverandørerne, og der forekommer muligvis væsentlige miljøbelastninger her. Nogle af metallerne er sparsomme ressourcer (f.eks. kobber, tin, bly, sølv og guld), mens andre er toksiske og derfor kan udgøre et problem under fremstillingsprocesserne og ved bortskaffelse.

Produktionen hos Bang & Olufsen og hos underleverandører er grundigt kortlagt, og der er ingen væsentlige mangler i videngrundlaget her, dog med undtagelse af produktionen af højttalerbasenhederne fra Korea.

Brugsfasen medfører det væsentligste energiforbrug og deraf følgende energirelaterede miljøeffekter og ressourceforbrug i livsforløbet. Det betyder, at fastsættelse af det daglige forbrug af fjernsynet og fjernsynets levetid er vigtig. I referencescenariet indgår Bang & Olufsens dimensioneringskriterium for driftstiden, nemlig seks timer om dagen i ti år, svarende til 21.900 timers drift. Betydningen af dette valg er stor, som det fremgår af figur 16, hvor alternative valg er belyst. Der er opstillet 2 alternative scenarier:

- Dansk gennemsnit: Bang & Olufsen har siden 1988 monteret tællere i nogle fjernsyn. Tælleren aflæses, når fjernsynet kommer

retur til reparation, og det har vist sig, at danske fjernsyn i gennemsnit er tændt fire timer dagligt. Undersøgelsen dækker ca. 800 fjernsyn fra Danmark. For at vurdere fjernsynets levetid er 20 tilfældigt udvalgte danske forhandlere af Bang & Olufsens produkter blevet spurgt om deres vurdering af forskellige fjernsynsmærkers levetid. Forhandlere modtager ofte fjernsyn til vurdering af, om apparatet skal repareres eller udskiftes med et nyt. Undersøgelsen blev udført i 1992 og gentaget i 1994. På baggrund af denne undersøgelse anvendes en gennemsnitlig levetid for et Beovision LX 5500 på 12,8 år.

- **Engelsk gennemsnit:** Ovennævnte tællerundersøgelse er også foretaget for apparater i udlandet. Tællerne i England viste, at engelske fjernsyn er tændt i gennemsnit 5,3 timer dagligt. Undersøgelsen dækker 94 fjernsyn fra England. I England modtager Bang & Olufsens datterselskab kasserede apparater fra det engelske marked. På denne baggrund vurderer de en gennemsnitlig levetid på 8,5 år.

| Brugsscenario | Daglig driftstid [timer pr. dag] | Fjernsynets levetid [år] | Driftstid ialt i levetiden [timer] | Standbytid i levetiden [timer] |
|---|-------------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------------|
| Bang&Olufsens dimensioneringskriterium | 6 timer | 10 år | 21.900 | 65.700 |
| Dansk gennemsnit | 4 timer | 12,8 år | 18.688 | 93.440 |
| Engelsk gennemsnit | 5,3 timer | 8,5 år | 16.443 | 58.017 |

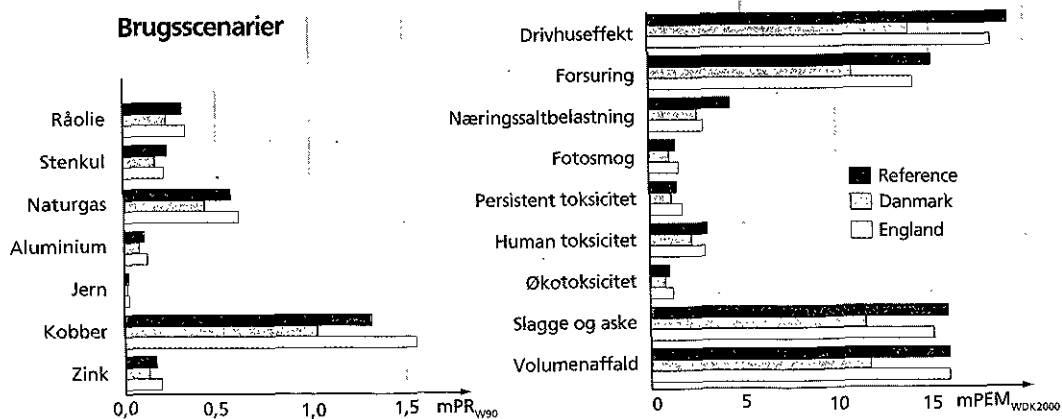
Tabel 6. De tre brugsscenerier, der er vurderet for Beovision LX 5500

De to scenarier er vist i tabel 6 sammen med reference-scenariet. I tabellen opgøres driftstiden som det antal timer, fjernsynet er tændt i hele dets livsforløb - opdelt i "driftstid" og "standby tid".

I begge scenarier anvendes en gennemsnitlig el-fremstilling i EU, som i referencescenariet. Konsekvensen af forskellig el-fremstilling diskuteres efterfølgende og er vist i figur 17.

Det ses af figur 16, at de alternative brugsscenerier har væsentlig betydning for samtlige ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer. Det er klart, at et fjernsyn, der anvendes fire timer om dagen, bruger mindre el end et, der er i drift seks timer om dagen. Dermed mind-

Figur 16. Tre brugsscenerier for Beovision LX 5500. Referencen: Bang & Olufsens dimensioneringskriterie samt dansk og engelsk gennemsnit. Vægtede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer



skes de energirelaterede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer. Desuden vil et fjernsyn, der kun anvendes fire timer om dagen have en længere levetid. Det betyder, at forbrugeren sjældnere skal udskifte sit fjernsyn, hvilket samlet set betyder færre produktions- og fremstillingsprocesser. Når man tager eksporten af Beovision LX 5500 i betragtning og sammenholder det med, at der er stor forskel på, hvor meget man ser fjernsyn i de forskellige lande, vurderes det, at betydningen af valget er stor. Energiforbruget i brugsfasen i hele fjernsynets levetid er ca. 24% lavere for det engelske scenario, end for referenceopgørelsen. Samtidigt er levetiden kun 8,5 år, hvilket giver et højere energiforbrug til udvinding af råstoffer og fremstilling af fjernsynet. For fjernsyn solgt i England betyder brugsfasen derfor ikke nær så meget for det samlede energiforbrug. Brugsfasens betydning er sandsynligvis en del overvurderet med den valgte driftstid.

Bortskaffelsen af fjernsynet vurderes af være forholdsvis godt bestemt for danske forhold, men for europæiske forhold anvendes scenariet for, hvordan husholdningsaffald bortskaffes, da bedre oplysninger ikke kunne frembringes. Der kan være stor forskel på, hvordan bortskaffelse af husholdningsaffald og elektroniske produkter foregår - og det har ikke været muligt at inddrage lokale data for bortskaffelsen i de lande, Bang & Olufsen eksporterer til. Bortskaffelsen kan derfor foregå væsentligt anderledes, end opstillet i beregningerne. Alternative bortskaffelsesscenarier er opstillet under simuleringerne i næste kapitel, hvor betydningen diskuteres.

Printpladerne kan, i lighed med printplader fra andre elektroniske produkter, indeholde brandhæmmere, som kan være toksiske ved bortskaffelsen - ved forbrænding kan dannes forbindelser, der er kræftfremkaldende. Dette er ikke nærmere analyseret i miljøvurderingen, og betydningen kan derfor ikke vurderes.

Tungmetaller i fjernsynet kan under bortskaffelsen give toksiske effekter. Deponering kan give nedsvivning til grundvand, og forbrænding kan give emissioner til luft og tungmetaller i slagger. Betydningen af dette er ikke vurderet.

Transport af råstoffer og oparbejdede råstoffer frem til fremstilling af materialer er inkluderet som gennemsnitlige transportfor hver materiale, hvilket vurderes at være bedre end specifikke oplysninger om transport for en enkelt leverance, som tidligere nævnt. Transport af materialer frem til Bang & Olufsens underleverandører er ikke inkluderet, men da det har vist sig, at transport kun betyder meget lidt for de samlede resultater, vurderes det, at denne udeldelse er uden betydning.

El-fremstilling

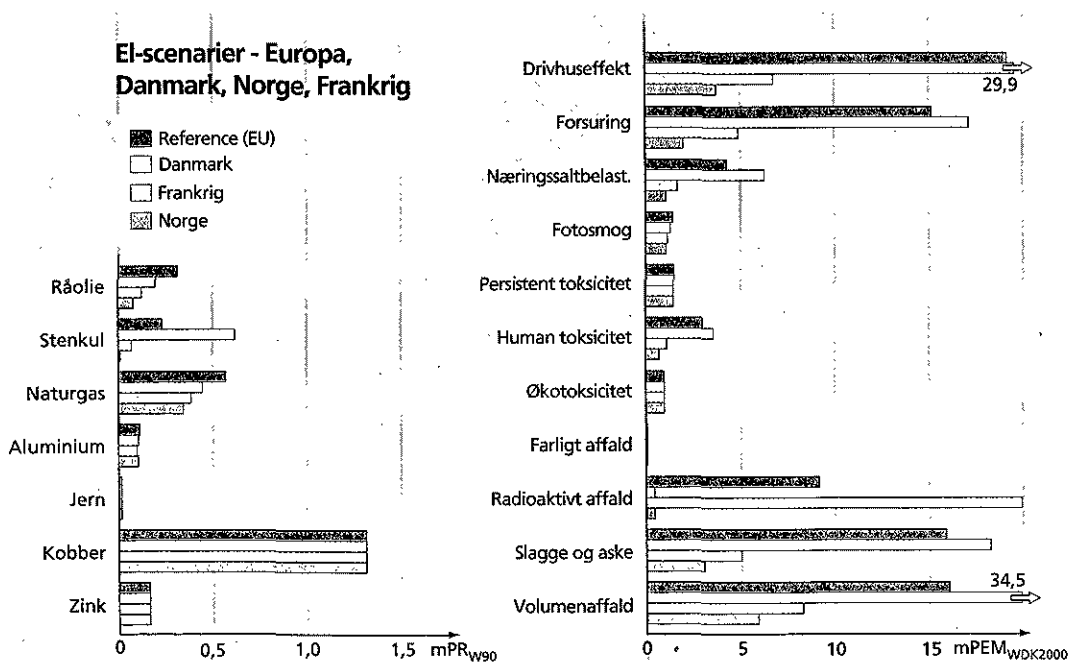
Fjernsynets samlede ressource- og miljøprofil afhænger i høj grad af, hvor det bliver anvendt - og dermed hvor el bliver fremstillet. Figur 17 viser, hvordan ressourceforbrug og potentialer for miljøeffekter ser ud for hele fjernsynets livsforløb i forskellige lande med forskellig el-produktion:

- Et gennemsnit for EU (reference-scenariet)
- Danmark (hovedsageligt kulfyrede kraftvarmeværker)
- Frankrig (i høj grad A-kraft)
- Norge (næsten udelukkende vandkraft)

Som det fremgår af figur 17, har landets el-produktion meget stor betydning for de energirelaterede ressourcer: råolie, stenkul og naturgas, mens der ingen ændring er at se for de ressourcer, der indgår som materialer i fjernsynet. Det samme gælder for de energirelaterede miljøeffektpotentialer: drivhuseffekt, forsurening, næringssaltbelastning og affaldskategorierne radioaktivt affald, slagge og aske samt volumenaffald, der er meget påvirkede af, hvordan el fremstilles.

I Danmark foregår fremstilling af el mange steder sammen med fremstilling af varme på kraft/varmeværker. Emissionerne fra kraft/varmeproduktionen er fordelt mellem el og varme - men den måde, fordelingen er foretaget på, kan gøres på flere forskellige måder. Metoden beskrives i Wenzel et al., 1996 i afsnittet om allokering. Da fremstillingen af el er af afgørende betydning for miljøvurderingen af et Beovision LX 5500, er allokeringsmetoden afgørende for resultatet. Det vurderes, at valg af allokeringsmetode medfører en variation i størrelsesordenen 15% som et bredt gennemsnit for alle effekttyper.

Figur 17. Beovision LX 5500 ved brug i lande med forskellig el-fremstilling. Vægtede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer



2. Miljødiagnose for et fjernsyn - Beovision LX 5500

Miljødiagnosen er en omsætning af miljøvurderingen til en form, som produktudvikleren kan anvende i udvikling af nye produkter. Den omfatter simulering af forskellige ændringer i produktet eller dets livsforløb. Resultatet af simuleringerne viser konsekvenserne af ændringerne. Gennemgangen af alternativer viser, om der er miljømæssige forbedringspotentialer og hvor i produktet, de sidder.

Simuleringer af ændringer i fjernsynet eller dets livsforløb

Simuleringerne af de forskellige miljømæssige strategier viser, hvad der kan vindes *miljømæssigt*, dvs. *forbedringspotentialet*, hvis de forskellige strategier implementeres. De her viste simuleringer besvarer spørgsmål som:

- Hvad sker der, hvis alle metaller blev genbrugt 100%?
- Hvad sker der, hvis standby energien halveres?
- Hvad sker der, hvis hovedrammen ikke males?
- Hvad sker der, hvis levetiden forøges?

Simuleringerne er gennemført ved at ændre på forskellige dele af produktet og dets livsforløb. Nogle af forslagene til forbedringer har Bang & Olufsen gennemført i praksis, og disse er beskrevet i sidste kapitel.

Simuleringerne foretages i forhold til et referencescenarium, der er det system, der har været omtalt i det foregående kapitel.

Forbedringspotentialerne skal findes på ét af de fire områder ifølge MEKA-princippet:

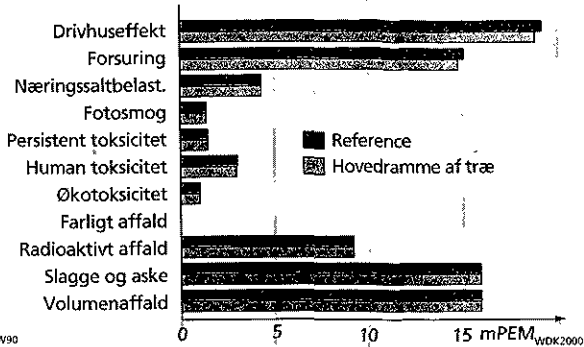
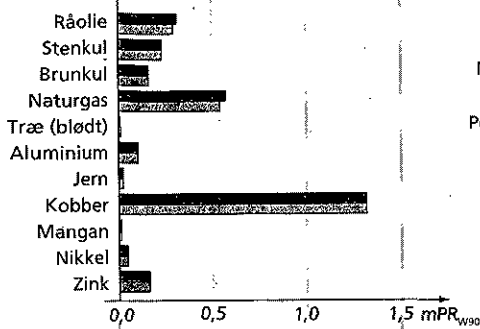
- Materialeforbrug og -bortskaffelse
- Energiforbrug
- Kemikalieforbrug
- Andet, især levetiden

Alle figurerne i dette kapitel viser vægtede ressourceforbrug og effektpotentialer for hele fjernsynets livsforløb.

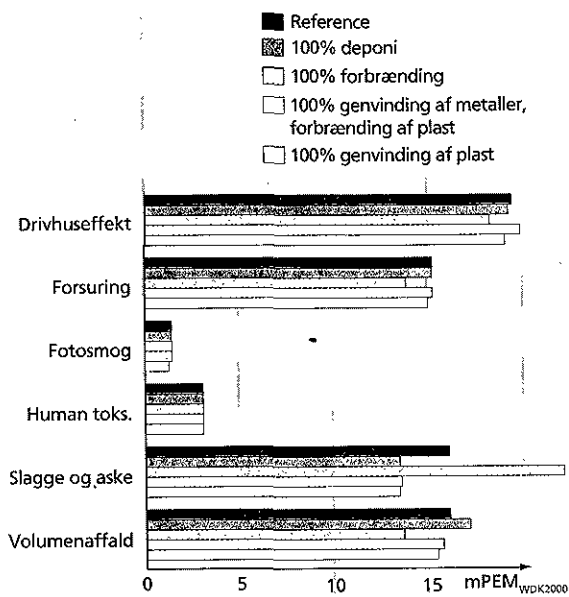
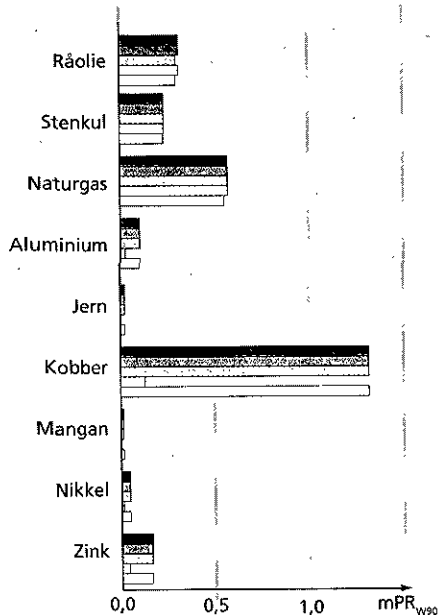
Materialeforbrug og -bortskaffelse

Mange af materialerne til fjernsynet kan erstattes. Der kan f.eks. bruges genbrugsmaterialer i stedet for nye materialer, eller der kan bruges træ i stedet for plast eller metal.

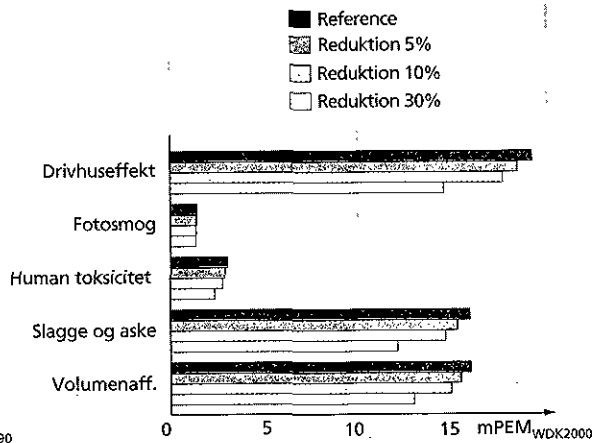
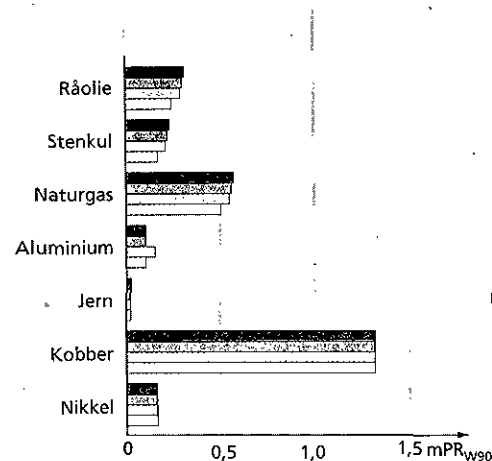
Et eksempel kan være at ændre materialet til fjernsynets hovedramme. I figur 18 er der vist en hovedramme af træ i stedet for plast. Som det ses af figuren, har alternativet en mindre betydning for de samlede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer for hele Beovision LX 5500. Der anvendes ca. 5% mindre råolie og naturgas, og bidraget til drivhuseffekten er ca. 2% mindre for et fjernsyn med træramme.



Figur 18. Simulering af forskellige hoveddrømmer (træ og plast).
 Figuren viser vægtede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer



Figur 19. Simulering af forskellige bortskaffelsesveje.
 Figuren viser vægtede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer



Figur 20. Simulering af forskellige effektforbrug ved drift (referencen på 81 W samt alternativer med reduktion på 5%, 10% og 30%). Figuren viser vægtede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer

Bortskaffelsen af Beovision LX 5500 kan foregå på flere måder. I miljøvurderingen deponeres 70% af fjernsynene, mens de resterende 30% forbrændes i affaldsforbrændingsanlæg. Her er opstillet fire alternative scenarier:

- 100% deponering
- 100% forbrænding
- Genbrug af metaller og 100% forbrænding af plast. Det er forudsat, at for de mængder, der bliver genvundet, godskrives 75% for aluminium, jern, mangan, nikkel og zink og 90% for kobber. Alt andet, inkl. billedrøret, bortskaffes som i referencescenariet.
- Genbrug af plast. Det er forudsat, at der godskrives 80% af den plast, der genvindes. Alt andet, inkl. billedrøret, bortskaffes som i referencescenariet.

Figur 19 viser, at de forskellige scenarier ikke ændrer væsentligt på de energirelaterede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer. Der er dog en væsentlig besparelse at hente ved genvinding: Ressourceforbrug af kobber kan reduceres med ca. 90% og forbruget af aluminium med ca. 75%. Forbrænding giver væsentligt større bidrag til slagge og aske end de øvrige scenarier på grund af billedrøret, der ender i slaggefraktionen.

Energiforbrug

El-forbruget i brugsfasen er af meget stor betydning for mange miljøeffektpotentialer og ressourceforbrug fra et Beovision LX 5500. El-forbruget kan reduceres dels ved drift og dels ved standby.

En formindskelse af energiforbruget under drift giver en reduktion af energirelaterede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer. I figur 20 er energiforbruget under drift af Beovision LX 5500 reduceret med hhv. 5%, 10% og 30%. Drivhuseffekten repræsenterer de energirelaterede miljøeffektpotentialer, og den mindskes med ca. 8% når energiforbruget reduceres med 10%.

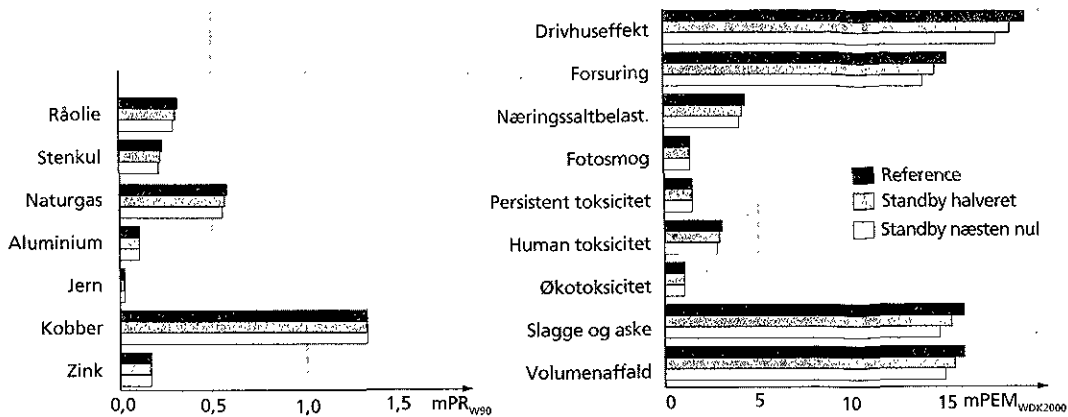
Bang & Olufsen har opnået en energibesparelse på 7% under drift for fjernsynet Beovision Avant, men det skal understreges, at store reduktioner i el-forbruget som 30% vil kræve et teknologispring. Figur 20 viser effekten af at spare på energien ved fjernsynets drift.

En realistisk mulighed for at reducere el-forbruget vil være at halvere el-forbruget under standby. Det ses af figur 21, at en halvering af el-forbruget giver en reduktion på ca. 4% af de energirelaterede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer: Forbruget af råolie, naturgas, stenkul, brunkul, drivhuseffekt, forsuring, nærings saltsbelastning og alle affaldskategorierne.

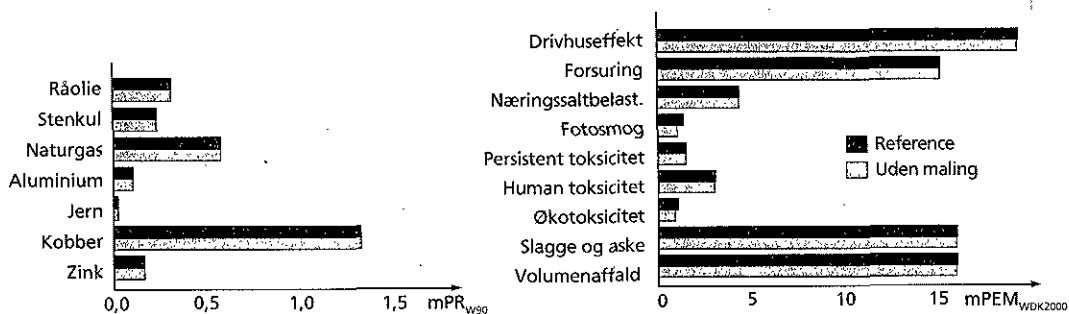
Kemikalieforbrug

Kemikalieforbruget kan måske nedsættes. Der er oplagt at se på kemikalierne til overfladebehandling. Der er opstillet et alternativt scenario:

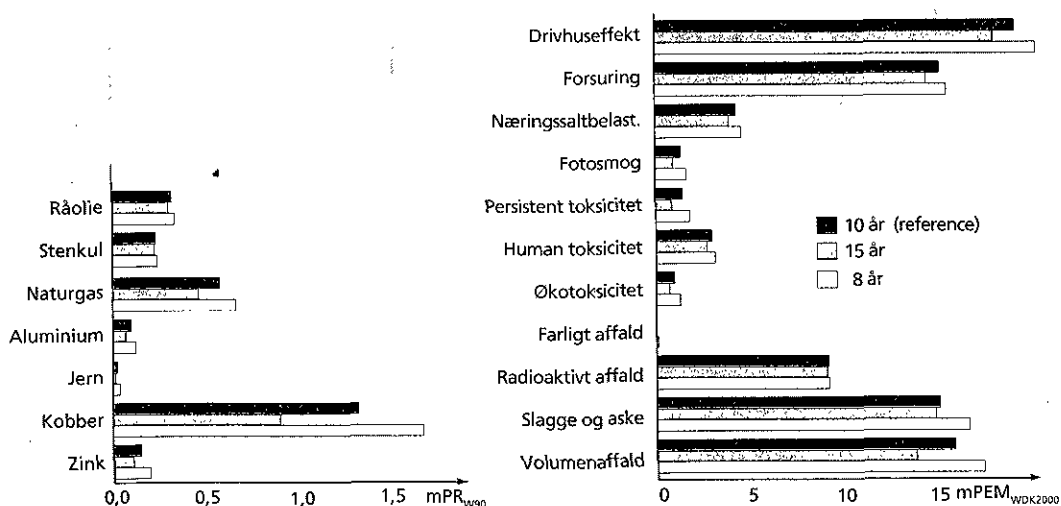
- Undlad maling af hovedramme, bagpart, frontramme samt beslag til frontglas (hovedrammen med maling er fremstillet af PS-plast, mens det skal være ABS-plast, når det ikke er malet)



Figur 21. Simulering af forskellige effektforbrug ved standby (referencen på 3 W samt alternativer på 1,5 W og nær 0 W). Figuren viser vægtede ressourcforbrug og miljøeffektpotentialer



Figur 22. Simulering af hovedramme, bagpart, frontramme og beslag til frontglas hhv. med maling og uden maling. Figuren viser vægtede ressourcforbrug og miljøeffektpotentialer



Figur 23. Simulering af forskellige levetider (referencen på 10 år samt alternativer på 8 år og 15 år). Figuren viser vægtede ressourcforbrug og miljøeffektpotentialer

Som det ses af figur 22, er der for enkelte miljøeffekter forskel på, om der males eller ej, nemlig omkring 27% reduktion af bidraget til fotosmog og en mindre reduktion for økotoksicitet for ikke-malede alternativer. Man skal være opmærksom på, at også det lokale miljø omkring selve maleprocessen kan forbedres væsentligt ved at undgå at male. Når hovedrammen ikke er malet, kan platen genbruges, og effekten af dette er allerede vist i figur 19.

Andet - levetid

En højere levetid vil reducere stort set samtlige ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer - se figur 23. Længere levetid betyder, at forbrugeren ikke køber lige så mange nye fjernsyn i sit liv, og derfor spares der energi og ressourcer til udvinding af råstoffer, fremstilling af materialer og produktion af fjernsynet. En forøgelse af levetiden fra 10 år til 15 år giver besparelser på ca. 33% som et bredt gennemsnit for alle effekttyper, under forudsætning af, at elforbruget under drift ikke ændres i nye fjernsyn. Se eventuelt i Wenzel et al., 1996.

Opsamling på simuleringerne

Forbedringspotentialerne fra simuleringerne fremgår af tabel 7.

Tabel 7. Konklusion af simuleringerne

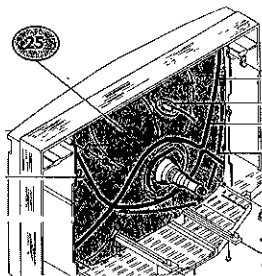
| Kilde jf. MEKA-princippet | Forbedringspotentialer |
|---------------------------|---|
| Materialer | Materialevalg har betydning for ressourceforbrugene. Der kan eksempelvis anvendes træ i stedet for plast til hovedrammen, hvilket kan reducere forbruget af råolie og naturgas med ca. 5% og bidraget til drivhuseffekten med ca. 2%. Genvinding af materialerne har væsentlig betydning for de ressourceforbrug, der bruges til materialer i fjernsynet: Ressourceforbrug af kobber kan reduceres med ca. 90% og forbruget af aluminium med ca. 75%. |
| Energi | Reduktion af energiforbruget i brugsfasen betyder meget, både for ressourceforbruget og miljøeffekter. Bidraget til drivhuseffekten mindskes med ca. 8% når energiforbruget reduceres med 10%. |
| Kemikalier | Kemikalierne til overfladebehandling kan muligvis substitueres eller undværes. Ved at undlade at male hovedramme, bagpart og frontramme, kan bidraget til foto-smog og økotoksicitet reduceres. Bidraget til fotosmog kan reduceres med omkring 27%, hvis der ikke males. |
| Andet | Levetiden har væsentlig betydning for de samlede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer. En forøgelse af levetiden fra 10 til 15 år giver besparelser på ca. 33%. |

Hvor i fjernsynet sidder forbedringspotentialerne

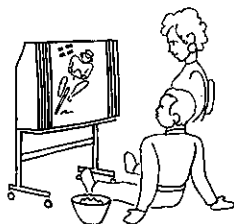
Resultaterne af simuleringerne og af miljøvurderingen er brugt til at udpege, hvor enkeltdele af fjernsynet kan ændres, så der opnås en miljøforbedring. Alternativerne skal opfattes som forslag eller eksempler. De skal ikke give sig ud for at være udtømmende og er ikke afvejede mod andre hensyn. For nogle af forslagene er det ikke nøje vurderet, hvordan en teknisk løsning kunne se ud. Alternativerne opstilles på koncept-, struktur- og komponentniveau i tabel 8, 9 og 10.

De konkrete tiltag, Bang & Olufsen har anvendt i produktudviklingen, gennemgås i sidste kapitel: "Miljøhensyn i nye produkter".

Tabel 8. Alternative løsninger - konceptvalg



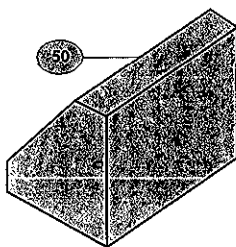
forbindelse med flydende krystaller, så det vil muligvis kræve særlige forholdsregler ved produktion og bortskaffelse. Der er nogle nye teknologier under udvikling, der kaldes laserscanning og plasmadisplay, men deres miljøpåvirkninger kendes endnu ikke.



Energiforbrug i brugsfasen: En del af energiforbruget i brugsfasen skyldes, at brugeren glemmer at slukke for fjernsynet eller bruger det som baggrundsunderholdning.

Alternativ 1: Man kan muligvis installere en føler, der registrerer, om der er eller har været nogen i rummet de sidste 15 minutter - svarende til følere til tyverialarmer - så fjernsynet slukkes, hvis ingen ser fjernsyn.

Alternativ 2: Man kan registrere aktivitet fra fjernbetjeningen og advare om slukning, hvis der ikke har været aktivitet en vis tid.



Elektronik: Elektronikken indeholder mange metaller, der er sparsomme ressourcer, f.eks. kobber, tin, bly, sølv og guld. Metaller kan give toksiske effekter under fremstillingen og ved bortskaffelse. Printpladerne indeholder ofte brandhæmmere af sikkerhedsmæssige grunde. Brandhæmmere kan give toksiske effekter ved bortskaffelsen.

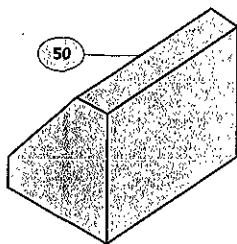
Alternativ: Et fremtidigt alternativ til den traditionelle printplade er tykfilm, som omtales nærmere i eksemplet for Danfoss. Anvendelsen af tykfilm vil mindske antallet af lodninger og dermed øge den gennemsnitlige levetid af elektronikken, og samtidigt vil forbruget af sparsomme metaller reduceres væsentligt. I Danfoss-eksemplet giver en udskiftning af traditionelle print med tykfilm en ressourcebesparelse på ca. 70% for tin, ca. 65% for bly og ca. 25% for kobber. De nøjagtige besparelser

afhænger dog meget af opbygningen af de print, man udskifter, og konstruktionen af den nye tykfilm.

Standby funktion: Standbyfunktionen bruger 10% af den energi, der bliver brugt i fjernsynets brugsfase.

Alternativ: Standbyforbruget reduceres ved f.eks. at sammenbygge fjernsyn og video og lade disse køre på samme standbyfunktion. Standby forbruget vil kunne blive mere end halveret for fjernsyn og video tilsammen.

Tabel 9. Alternative løsninger - strukturvalg



Lodninger: Temperatursvingninger kan give spændinger i lodningerne på grund af forskellige udvidelseskoefficienter, hvilket kan forårsage revner, der kan give fejlfunktioner eller forårsage, at fjernsynet *ikke virker*.

Alternativ 1: Elektronikkens opbygning kan ændres med bedre ventilation til komponenter med lodninger, hvilket vil nedsætte opvarmning af lodningerne under brug og dermed øge deres levetid.

Alternativ 2: Ændring af loddebund og bearbejdning kan give stærkere lodninger, men det kræver mere tin.



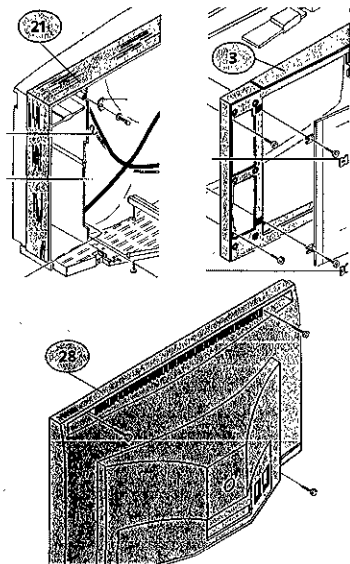
Antal materialer: Genvinding vanskeliggøres, hvis der er mange forskellige materialetyper i et apparat, da det så bliver vanskeligere at opdele i materialegrupper til genanvendelse. Hovedrammen og bagparten er fremstillet af PS-plast, mens frontrammen er lavet af ABS-plast.

Genvinding vil kunne spare op til 75% af ressourceforbruget af aluminium, jern og zink og 90% af kobberforbruget.

Alternativ 1: Man kan forsøge at begrænse mængden af materialer ved f.eks. kun at anvende meget få plasttyper.

Alternativ 2: Man kan overveje, om nogle emner helt kan undværes, f.eks. pyntemner.

Tabel 10. Alternative løsninger - komponentvalg



Hovedramme, bagpart og frontrammen

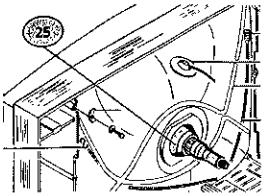
er fremstillet af malet plast. Malingen på plasten *forringer genbrugsplastens egenskaber*, specielt reduceres plastens slagstyrke væsentligt. Dermed begrænses mulighederne for at genbruge plasten betydeligt.

Alternativ 1: Ved at undlade at male plasten og i stedet fremstille den direkte med en acceptabel overfladestruktur (f.eks. ætset værktøjsoverflade) kan plasten genbruges. Herved spares ressourcer til plasten (råolie og naturgas) og energi til fremstilling af plastmaterialet. Desuden undgås emissioner fra maleprocessen. Det vil gøre det nemmere at genbruge plasten, hvis alle delene var fremstillet af samme plasttype. Bang & Olufsen har gennemført miljøvurderinger af bagparten med og uden maling, se kapitlet "Miljøhensyn i nye produkter".

Alternativ 2: Man kan fremstille hovedrammen af helt andre materialer, f.eks. træ eller metal. Bang & Olufsen har gennemført miljøvurderinger af alternative materialer til hovedrammen, se kapitlet "Miljøhensyn i nye produkter".

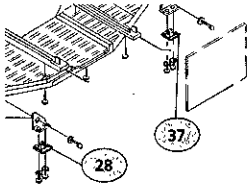
Alternativ 3: Udvikle malinger, der ikke forringer genbrugsplastens egenskaber, f.eks. visse vandbaserede malinger.

Tabel 10 fortsat



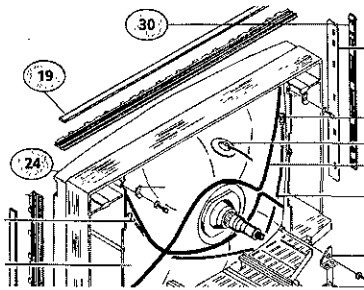
Afbøjningsspolen er den enkeltkomponent, der er den væsentligste årsag til forbruget af *kobber* i Beovision LX 5500.

Alternativ: Enten vælge et andet materiale, hvis der findes noget egnet, eller konstruere fjernsynet, så det er lettere at skille ad, og kobberdelen herefter bliver let at tage ud og genbruge.



Afstandsstykker til billedrør er fremstillet af *zink*. Mængderne er ikke store, men forsyningshorisonten for *zink* er kun 20 år, og man kan derfor overveje, om stykkerne kan fremstilles af et andet materiale.

Alternativ: Afstandsstykkerne kan muligvis fremstilles af stål, støbejern eller genbrugsaluminium.

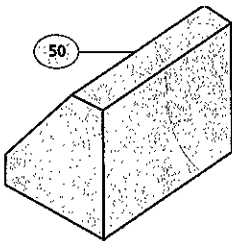


Profiler til hovedrammen er fremstillet af *aluminium*. Aluminium kræver meget energi at udvinde.

Alternativ 1: Man kan overveje at bruge et andet materiale, f.eks. lakeret genbrugsaluminium eller lakeret stål, der dog kan give problemer med magnetisk påvirkning af billedrøret. Fremstilling af nyt aluminium bruger fem gange så meget energi som genvinding af aluminium, så anvendelse af lakeret genbrugsaluminium vil give energibesparelser.

Alternativ 2: Muligvis kan rammerne konstrueres, så profiler ikke er nødvendige.

Alternativ 3: Igen vil det være en forbedring, at fjernsynet nemt kan skilles ad, så delene kan genvindes.



Elektronik: Som omtalt under konceptvalg, kan elektronikken indeholde brandhæmmere og andre stoffer, der kan være *toksiske ved bortskaffelsen*.

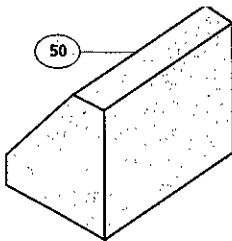
Alternativ 1: Der findes flere typer brandhæmmere på markedet, og man kan ved valget vurdere de forskellige typers toksiske egenskaber.

Alternativ 2: Der kan vælges keramiske print. I så fald kan de blot varmes op for demontage af el-komponenterne i forbindelse med bortskaffelse.

Elektronik: Ca. 25% af *energiforbruget* i driftsfasen sker i elektronikken.

Alternativ: Ved at vælge delkredsløb, der bruger mindre effekt ved at nedsætte forsyningspændingen og ved at skifte til mindre strømforbrugende komponenttyper,

kan man nedsætte dette energiforbrug. Bang & Olufsen har gennemført dette i Beovision Avant, og opnåede en besparelse i effektforbruget under drift på 7%, se sidste kapitel. En reduktion af effektforbruget (og dermed varmeafgivelsen i komponenterne) vil tilmed kunne øge lodningernes levetid.



Standbyfunktion: Standbyfunktionen bruger 10% af den *energi*, der bliver brugt i fjernsynets brugsfase.

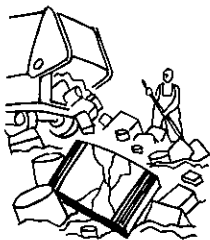
Alternativ: Standbyfunktionens effektforbrug kan nedsættes efter samme principper som nævnt ovenfor, og man kan desuden overveje at bruge komponenter, der er specielt designet til standbymode, f.eks. en separat strømforsyning (strømforsyningen i et fjernsyn vil være dimensioneret til at kunne klare maksimalt effektbehov ved brug).

Lodninger: Loddetin består typisk af 63% tin og 37% bly, der begge er *sparsomme ressourcer og toksiske*.

Alternativ: Loddetin kan erstattes af lim (oftest epoxy) i nogle tilfælde. Der er dog problemer med dårlig mekanisk styrke, dårlig ledningsevne, vanskeligheder ved reparation og muligvis sikkerhedsmæssige problemer. Ifølge "Kamille-projektet" (Westphal, 1995) er det miljømæssigt bedre at lime end at lodde på trods af, at der i lim med god ledningsevne ofte er brugt sølv som leder, og at dette kan give problemer i forbindelse med bortskaffelse, da sølv er toksisk. Selve epoxyen kan give arbejdsmiljøproblemer.

Hvor i omgivelserne findes forbedringspotentialerne

Tabel 11: Alternative løsninger - omgivelserne



Bortskaffelse: De lokale forhold har en stor betydning for, hvordan bortskaffelsen foregår, hvad enten det er deponi eller forbrænding eller i fremtiden genvinding. Dette skyldes forskellige tekniske muligheder, befolkningstæthed, tradition og lovgivning.

Lave råvarepriser og høje lønninger betyder, at der i dag ikke er et økonomisk incitament for at *genvinde* materialerne i et fjernsyn.

Alternativ: Der kunne laves en samlet, dansk ordning for indsamling, genvinding og bortskaffelse af elektronikprodukter, herunder fjernsyn. En europæisk ordning vil gøre endnu større gavn. Ændring af de økonomiske forhold for genvinding ville øge genvindingen. I øjeblikket findes der ikke tilfredsstillende faciliteter til genvinding af elektronik - genvindingsgraden er generelt for lav.



Energiforbrug i brugsfasen

Alternativ: Den væsentligste årsag til, at brugsfasen betyder meget for fjernsynets bidrag til *energi*relaterede ressourcer og miljøeffektpotentialer, er samfundets valg af el-produktion uden nyttiggørelse af spildvarmen. Fremtidig bedre energiudnyttelse og mere miljøvenlige el-produktioner vil reducere betydningen væsentligt.

3. Miljømålsætning for fjernsyn

Når en producent produktudvikler, arbejdes der blandt andet ud fra kundeønsker, konkurrencerammer og lovgivningsmæssige krav. Disse forskellige parametre samt resultater fra miljøvurderingen og -diagnosen har bidraget til langsigtede miljømæssige målsætninger hos Bang & Olufsen og til grundspecifikationen for en række nye produkter.

Konkurrencerammer

På Bang & Olufsen arbejdes med tre typer af egenskaber i et produkt: Positionerings-, forventnings- og pligttegenskaber.

Positioneringsegenskaber er grundlaget for forretningen og produktets konkurrenceevne. Det er de egenskaber, der i særlig grad karakteriserer og differentierer produktet i forhold til markedet og over for kunden.

Forventningsegenskaber er de egenskaber, målgruppen og markedet opfatter som en naturlig forudsætning for et Bang & Olufsen produkt, og som ikke er positioneringsegenskaber. Herunder ligger f.eks. at produktet har et lavt energiforbrug i drift, at det ikke indeholder giftige stoffer, og at det har en lang levetid.

Pligttegenskaberne skal sikre kunden en sikker og fejlfri brug af produktet i hele dets levetid samt sikre markedsadgang for Bang & Olufsens produkter. Pligttegenskaberne er defineret i internationale standarder samt i interne Bang & Olufsen standarder, som produkterne skal leve op til, f.eks. sikkerhed, mulighed for materialelegenbrug og energiforbrug under standby.

Bang & Olufsens markedsundersøgelser viser, at Bang & Olufsens kunder prioriterer miljø højt i deres valg af produkt, men produktets miljøegenskaber hører ikke til blandt de allervæsentligste. Miljøegenskaberne hører hjemme under forventnings- og pligttegenskaber.

Konkurrentsammenligning for nogle vigtige produkttegenskaber

For nogle af de miljømæssigt væsentlige produkttegenskaber nævnt ovenfor, er det muligt at vurdere, hvor Beovision LX 5500 ligger i forhold til konkurrenterne. Det drejer sig om:

- Energiforbruget
- Muligheden for materialelegenbrug
- Levetiden

Det er vurderet, hvordan Beovision LX 5500 ligger i forhold til andre fjernsyn på markedet på alle tre egenskaber:

Energiforbrug

Tidsskriftet Råd & Resultater, 1993, har foretaget en sammenligning af almindelige 28" fjernsyn, herunder energiforbruget. Her er målt effektforbrug fra 2-18 W i standby og fra 75-107 W i drift. Det forholder sig dog sådan, at hverken den værste eller den bedste kombination mellem standby og drift forekommer. Yderligere er der senere

registreret, at en enkelt model fremstilles med et standbyforbrug på 0,1 W. Beovision LX 5500 har et effektforbrug på 81 W i drift og 3 W ved standby, og det nye fjernsyn, Beovision Avant, bruger 75 W ved drift og 3 W ved standby. Bang & Olufsen ligger derfor i den gode ende af skalaen, og der arbejdes fortsat med at mindske effektforbruget både under drift og standby.

Genbrug

For den mest kritiske ressource, kobber, vurderes forbruget at være af samme størrelse for alle fjernsyn. Forskellene mellem fjernsyn ligger derfor i demonteringsmulighederne, altså hvor besværligt det er at demontere bagparten. Umiddelbart vurderes det, at der ikke er nogen nævneværdig forskel på de enkelte produkter. Bang & Olufsen arbejder med at forbedre demonteringsmulighederne for produkterne.

Levetid

Når kunden vælger at bortskaffe fjernsynet, skyldes det oftest, at det er for dyrt at reparere det i forhold til at købe et nyt. Reparationer koster stort set det samme, hvad enten fjernsynet er billigt eller dyrt, stort eller lille. Derfor vil billige fjernsyn ofte blive bortskaffet tidligere end dyre fjernsyn og derved have en kortere levetid. B&O tilbyder en del reservedele og udskiftningsmoduler, hvilket muliggør flere reparationer/udskiftninger, hvorved fjernsynets samlede levetid øges.

Lovmæssige reguleringer

Der arbejdes i dag med frivillige miljømæssige ordninger, som blandt andet omfatter tilbagetagningsordninger for elektronik og maximumsgrænser for standbyforbrug, og for eksempel er Tyskland, Sverige, Holland og Danmark nået relativt langt i overvejelserne om tilbagetagningsordninger. Schweiz har allerede indført frivillige maximumsgrænser for standbyforbrug på en lang række elektronikprodukter, og EU arbejder også på at indføre det.

Langsigtede målsætninger

Markedets prioritering af fjernsynets miljøegenskaber er vægtet mod erfaringerne fra miljøvurderingen og -diagnosen. Ud fra en samlet vurdering har Bang & Olufsen valgt at lægge følgende prioritering i det langsigtede arbejde:

- At udvide implementeringen af konklusionerne fra livscyklusvurderinger og miljødiagnoser i udviklingsprocessen.
- At gennemføre teknologiprojekter med det formål at reducere produkternes energiforbrug i drift og standby.
- At gennemføre teknologiprojekter med det formål at øge muligheden for miljøvenlig bortskaffelse, f.eks. ved at undgå lakerede overflader eller at anvende lak, der ikke skader plastens genbrug eller ved at muliggøre, at produktet kan adskilles med kun ét værktøj og minimere tidsforbruget til adskillelse.
- At etablere et formaliseret samarbejde med leverandørerne om reduktion af miljøbelastningen for deres leverancer, med specifikationer for leverancerne.

- At undersøge hvad der er relevante miljøinformationer for aktørerne i livsforløbet efter produktionen, f.eks. vejledning i adskillelse, mulig genbrugsgrad, placering og håndtering af kritiske komponenter og effektforbrug i drift og standby, og lade produkterne ledsage af informationer herom.

Grundspecifikation for nye produkter

I grundspecifikationen for det enkelte produkt lægger Bang & Olufsen vægt på følgende:

- At undgå giftige stoffer eller stoffer, som ved f.eks. bortskaffelse vil danne giftige stoffer.
- At reducere effektforbrug i drift.
- At reducere effektforbrug i standby.
- At designe produktet, så det er let at skille det ad (mekanisk og manuelt).
- At vælge materialer og processer, der muliggør genbrug, f.eks. ved at undgå at lakere overflader eller anvende lakker, der ikke skader genbrug af plast.

Disse elementer indgår i grundspecifikationen efter en skabelon som vist i tabel 12.

Tabel 12. Skabelon for en miljømæssig grundspecifikation for et nyt produkt i 1996

Miljøspecifikation for produkt NN

Manuel demontage af produktet ved bortskaffelse foretaget af personer uden kendskab til produktet må højst tage ____ min.

Produktet skal kunne recykles i en sådan grad, at det er muligt at genbruge ____ % kobber,
 ____ % jern,
 ____ % aluminium og
 ____ % plast.

Effektforbruget i standby må ikke overstige ____ W.

Effektforbruget i drift må ikke overstige ____W.

FR2-print fremstilles i laminat, der ikke indeholder: _____

Kondensatorer og andre el-komponenter må ikke indeholde: _____

Mht. opfyldelse af specifikationerne i de to første punkter anbefales det at anvende Bang & Olufsens interne retningslinier, kaldet "Design for recykling".

Det anbefales, at der foretages et eller flere reviews for at undersøge om _____ opfylder miljøspecifikationen.

4. Miljøhensyn i nye produkter

Produktudvikling hos Bang & Olufsen

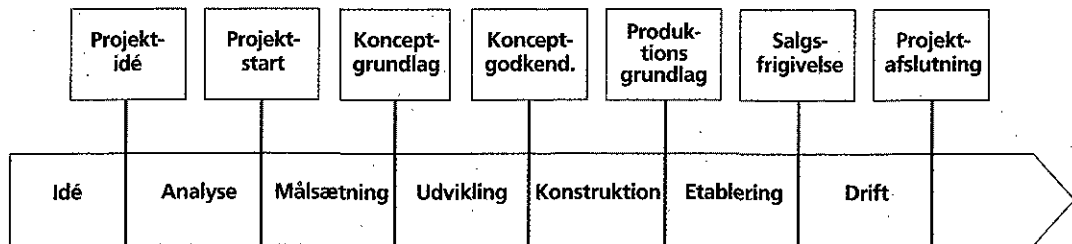
Hensynet til produkternes miljøegenskaber skal integreres i den almindelige produktudvikling og håndteres på samme måde som de øvrige hensyn.

Hos Bang & Olufsen foregår udviklingsarbejdet som integreret produktudvikling, dvs. at indkøb, service og produktion inddrages tidligt i projektførelsen. Udviklingsplanen og de metoder og værktøjer, som Bang & Olufsen anvender, er vist i figur 24. Produktudviklingen starter med konceptfasen, hvor de overordnede principper fastlægges. Herefter følger strukturfasen, hvor principperne konkretiseres, og i detailfasen findes løsninger på komponentniveau. De metoder og værktøjer, Bang & Olufsen i dag anvender til miljømæssig produktudvikling, er beskrevet nedenfor.

- En forenklet form af miljøvurdering og -diagnose. Ud fra eksisterende data fra referenceproduktopførelsen i UMIP-projektet udbygges datagrundlaget løbende med vurderinger fra nye produkter. Miljøvurdering og -diagnose udføres på det grundlag i en forenklet form som oplæg til målsætning for nye produkter.
- Miljøspecifikation. Den opstilles i et samarbejde mellem en miljømedarbejder og projektgruppen, og den indeholder projektets mål som vist i skabelonen i tabel 12.
- DFR (Design For Recykling). Omfatter konstruktionsanvisninger for hvilke forhold, der skal tages i betragtning for at gøre det muligt at genbruge mest muligt, når produktet bortskaffes. Retningslinierne er udarbejdet under hensyntagen til, hvordan det forventes, at produktet skal bortskaffes.

Figur 24. Plan for produktfremtagning hos B&O og integration af miljøvurderingsmetoder af værktøjer

Nøglepunkter



Produktudviklingsfaser

Værktøjer og metoder

Forenklet miljøvurdering - referenceprodukter

DFR

Eksempelsamling

Renere teknologi

Miljøvurdering - nyt produkt

- En eksempelsamling. Den udbygges løbende og omhandler forskellige konstruktioner, hvor miljø er blevet overvejet under udviklingen. Den er skrevet af konstruktører og henvender sig primært til konstruktører. Dette kapitel beskriver de væsentligste dele af eksempelsamlingens indhold pr. 1995.
- Renere teknologi. Dækkes hos Bang & Olufsen af produktionsteknikerne. Da arbejdet foregår som integreret produktudvikling, kan renere teknologi anvendes allerede i konstruktionsfasen.
- Miljøvurdering. Foretages på nye løsninger ud fra vurdering af indgående materialer, specielt energitunge eller forurenende produktionsprocesser, Bang & Olufsens dimensioneringskriterier mht. brug samt bortskaffelse, som den skønnes at ville ske.

Eksempler på miljøhensyn i nye produkter

Bang & Olufsen har indbygget miljøhensyn i flere nye produkter. De vigtigste eksempler gennemgås her.

Nogle af eksemplerne har taget udgangspunkt i, at en mere miljøvenlig konstruktion var ønskelig. I andre tilfælde er der opnået en mere miljøvenlig konstruktion som en sidegevinst til andre krav til konstruktionen.

Eksemplerne kan struktureres efter MEKA-princippet, der også er anvendt ved simuleringerne af forbedringspotentialer. Dette er vist i tabel 13.

Kilde jf MEKA-princippet
Materialer

Energi

Kemikalier

Andet

Eksempel fra Bang & Olufsens produktudvikling

- Bærende hovedramme til Beovision Avant
- Driftseffektforbrug i Beovision Avant
- Strømforsyning i BeoSound Century
- Klasse G-forstærker
- Bagparten uden maling til Beovision Avant og BeoSound Century
- Forøget levetid af Beovision Avant (omtales under driftseffektforbrug i Beovision Avant).

Bærende hovedramme til Beovision Avant

Beovision Avant er et videosystem, der indeholder fjernsyn, video og drejefod. Billedet er bredformat, som automatisk finder den ideelle billedskæring, men det kan også reguleres manuelt. Man kan således "regulere op og ned for billedbredden". I dag produceres 20% af alle udsendelser i bredformat, der er den almindeligt accepterede standard for fremtidens fjernsyn.

Under produktudviklingen af Beovision Avant er miljøhensyn inddraget allerede i konceptfasen, da hovedrammen til fjernsynet skulle vælges. Hovedrammen er den bærende ramme i et fjernsyn, hvorpå stort set alle øvrige komponenter, bagpart mv. er fastgjort.

I årenes løb har den bærende ramme i Bang & Olufsens fjernsyn skiftet både form og materialer. Oprindeligt var det en regulær kasse af finérbelagt spånplade, senere forskummet plast.

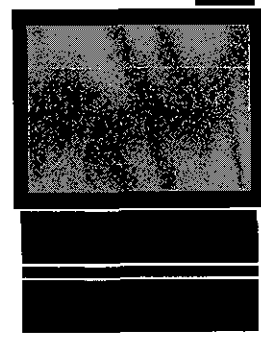
Der er arbejdet med flere forskellige løsningsmuligheder for hovedrammen til dette nye fjernsyn. Rammen skulle opfylde krav om f.eks. lave omkostninger, få ændringer i forhold til det oprindelige design, få emner, hurtigt og nem montage og miljørigtig konstruktion.

Der blev gennemført miljøvurdering for hovedrammer af følgende materialer:

Tabel 13. Eksempler fra Bang & Olufsens produktudvikling

M E K A

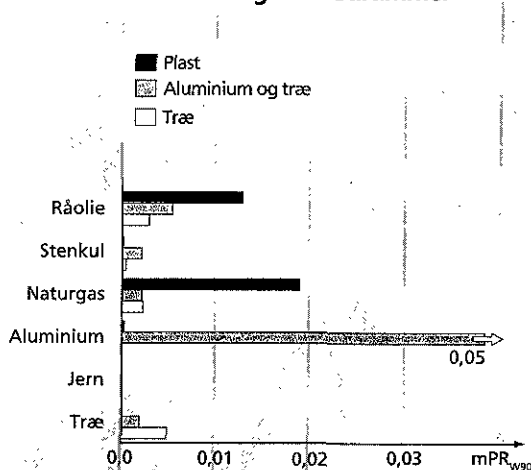
Koncept
Struktur
Komponent ○



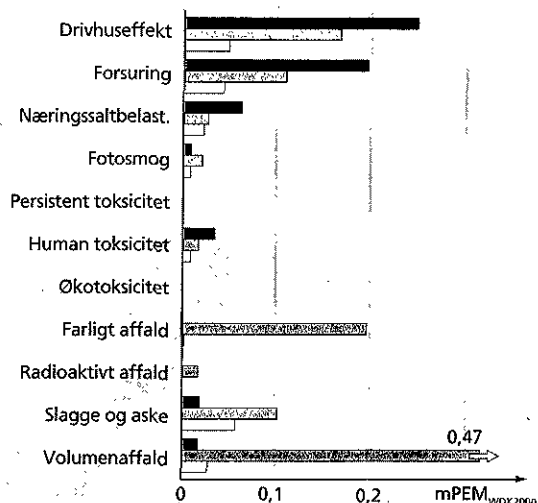
- Støbt polystyren. Materialeforbrug: 3,30 kg PS, heraf 0,05 kg spild.
- Træ (MDF-plade). MDF (Medium Density Fiberboard) fremstilles af fint formalet træflis iblandet lim og tilsætningsstoffer. Forbruget af lim er medtaget som plast. Materialeforbrug: 7,2 kg, heraf 3,7 kg spild.
- Aluminiumsramme beklædt med træ. Forbrug af MDF: 3,1 kg, heraf 1,0 kg spild. Aluminiumsforbrug: 2,9 kg, heraf 0,3 kg spild. (Antagelse: 80% genbrugsaluminium og 20% nyt aluminium).

Ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer for de tre løsningsforslag er vist i figur 25. Bemærk, at profilerne kun er vist for selve hovedrammen - resten af fjernsynet og anvendelse af fjernsynet er ikke med, da det vil være upåvirket af valget. I miljøvurderingen er der ikke taget hensyn til malingen, da det er den samme mængde og type maling, der bruges til alle tre løsninger. Det antages, at plastrammen og trærammen bortskaffes ved forbrænding, mens aluminiumsrammen genbruges.

Tre forskellige hoveddrammer



Figur 25. Ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer fra tre forslag til hovedrammen til Beovision Avant: En ramme af plast, en ramme af aluminium beklædt med træ samt en ramme af træ



Figur 25 viser at:

- Aluminiumsrammen forbruger, ikke uventet, mest aluminium, og plastrammen forbruger mest olie og naturgas. Disse forbrug er væsentlige i forhold til de øvrige ressourceforbrug.
- Trærammens forbrug af træ er uvæsentligt i forhold til de øvrige rammers ressourceforbrug, og i en samlet vægtning bruger trærammen færrest ressourcer.
- Aluminiumsrammen bidrager mere til radioaktivt affald, slagge og aske samt volumenaffald end de øvrige rammer på grund af aluminiumsfremstillingen.
- Plastrammen bidrager mere til drivhuseffekt, forsuring og human toksicitet end de andre rammer.
- Trærammen bidrager ikke mest til nogle af potentialerne for miljøeffekter - men bidrager tværtimod mindst til alle kategorier undtagen til produktionen af slagge og aske.

Ud fra dette har Bang & Olufsen vurderet, at en hovedramme af træ er den mest miljøvenlige løsning. Produktionen af MDF-træ medfører formaldehydemissioner og kan give arbejdsmiljøproblemer, hvilket har været drøftet i forbindelse med valget af MDF-træ. Det er vurderet, at dette forhold ikke ændrer billedet. Løsningen med en træramme blev undersøgt yderligere for andre krav, blandt andet lave omkostninger og holdbarhed i forskellige klimatiske forhold. Da trærammen levede op til disse krav, valgte Bang & Olufsen denne.

Driftseffektforbrug i Beovision Avant og forøget levetid

Under produktudviklingen af Beovision Avant blev elektronikkens placering overvejet i konceptfasen. Formålet var at øge pålideligheden af fjernsynets elektronik, og løsningen af dette indebar, at det totale effektforbrug ved drift af fjernsynet blev reduceret med ca. 7% (6 W). Energibesparelsen betød væsentlige miljømæssige forbedringer.

Øget pålidelighed er opnået ved:

- At opbygge el-chassiset med øget udluftning i apparatet. Dette blev valgt allerede i projektets konceptfase.
- At der blev valgt delkredsløb, der brugte mindre effekt.
- At nedsætte alle forsyningsspændinger med ca. 6%, hermed sænkede man også el-forbruget i dem med ca. 6%.
- At der blev lavet en lille SMPS (Switch Mode Power Supply), der kan konvertere en spænding til en anden med en meget stor virkningsgrad og derved ikke afsætte effekt i reguleringen.
- At der blev sparet 3 W i tomgangsforbrug ved at skifte til en anden transistorstype.

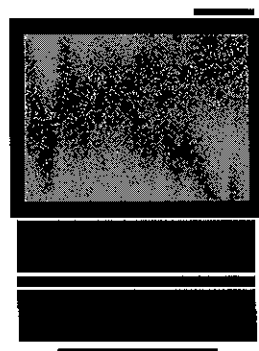
På forbrugssiden blev der sparet 3 W i netdelen, 1 W til reguleringen og 1,25 W i kredsløbet i alt 5,25 W. Der er en virkningsgrad i netdelen på ca. 90%, hvilket medfører, at besparelsen på netsiden bliver 5,8 W. Effektbesparelsen i diverse kredsløb er opnået selvom fjernsynet har fået flere funktioner i form af: Et ekstra scartstik, et display der lyser, stik til phono og camcorder samt styring til videoen. Desuden betyder den sænkede temperatur, at der er et større udvalg af el-komponenter at vælge imellem.

Den øgede levetid af elektronikken medfører, at fjernsynets samlede levetid øges. Konsekvenserne af en øget levetid fremgår af figur 23 i afsnittet "Simulering af forbedringspotentialer".

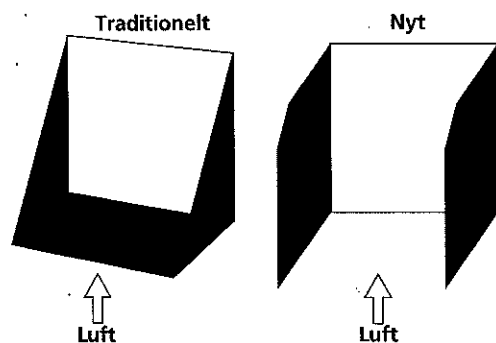
Det nedbragte el-forbrug under drift medfører en besparelse af de energirelaterede resourceforbrug og miljøeffektpotentialer som vist i figur 20.

M E K A

Koncept ⊙
 Struktur
 Komponent ⊙



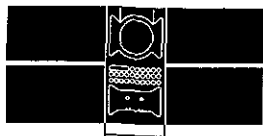
Figur 26. Skitse af traditionelt og nyt el-chassis



Strømforsyning i BeoSound Century

M E K A

Koncept
 Struktur ●
 Komponent ●



BeoSound Century er et musiksystem med FM-radio, CD-afspiller, båndoptager og to aktive højttalere. Anlægget er ikke stort, det fylder kun 11 cm i dybden, men har på grund af de aktive højttalere og Adaptiv Bas Linearisering en god lyd kvalitet trods størrelsen.

De sidste 10-15 år har standbyforbruget i et musik anlæg typisk ligget på 5-10 W. I forbindelse med udviklingen af BeoSound Century blev der af miljømæssige grunde formuleret et krav om et standbyforbrug på 1 W eller derunder. Løsningen blev fundet i produktudviklingens strukturfase.

Af mulige løsninger kom valget til at stå mellem en SMPS (switchmode power supply) eller at indføre en separat standbytransformator. SMPS blev fra valgt på grund af manglende erfaring med sådanne kredsløb i musik anlæg sammenholdt med projektets tidsplan. Der blev indført en separat standbytransformator. Ud over netdelen blev der fokuseret på nødvendige strømforbrugere: Microprocessor, IR receiver (modtager til Infra Rødt lys fra fjernbetjening) og display.

Ved brug af alternative komponenter, optimering og ændringer af detaljer i opbygningen af elektronikken for både netdelen, og for hver af de nødvendige strømforbrugere lykkedes det at opnå et standbyforbrug på 0,8 W.

Der blev også fokuseret på energiforbruget i driftssituationen. Der er således altid kun tændt for de nødvendige kredsløb for en given funktion (radio, tape, CD). Et termisk problem omkring en køleplade medførte implementering af klasse G- udgangsforstærker, der beskrives i næste afsnit.

Energibesparelser under drift medfører besparelser af de energi-relaterede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer. En sidegevinst ved det reducerede energiforbrug er, at Century's levetid blev øget, da temperaturen i apparatet blev sænket som følge af det lavere effektforbrug og det, at elektriske kredsløb kun er forsynet, når det er nødvendigt. En højere levetid nedsætter både ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer som beskrevet tidligere.

Klasse G-forstærker

M E K A

Koncept
 Struktur ●
 Komponent

Effektforstærkere anvendes blandt andet til højttalere. Traditionelle effektforstærkere i højttalere har normalt en strømforsyning, der konstant leverer 30 V. En væsentlig del af denne energi bliver afsat i forstærkeren som varme.

Bang & Olufsen har overvejet flere muligheder for at nedsætte varmen. Normalt anvendes en køleplade, men i klasse G-forstærkeren anvendes en variabel forsyningsspænding, således at der kun anvendes 15 V, når højttaleren spiller lavt. Dette medfører et ekstra forbrug af komponenter og blandt andet to elektrolytkondensatorer.

En miljøvurdering af den nye klasse G-forstærker i forhold til en traditionel klasse AB-forstærker viser, at de nye forstærkere bruger mindre el i højttalerens levetid og derfor har mindre energi-relaterede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer, men de har på grund af stoffer fra elektrolytkondensatorerne en større potentiel belastning af grundvandet ved bortskaffelsen. Dette vil kunne løses med en fremtidig tilbagetagningsordning.

Bagparter uden maling til Beovision Avant og BeoSound Century

På baggrund af den forventede lovgivning med hensyn til tilbagetagningspligt af elektronikprodukter, herunder krav om genanvendelse af materialerne, har Bang & Olufsen arbejdet med et koncept om at øge mulighederne for at kunne genanvende materialer i produkterne. Bang & Olufsen har derfor lavet flere forsøg med genbrug af plastmaterialer. Det har i disse forsøg vist sig, at malet plast ikke giver en tilstrækkeligt god kvalitet genbrugsplast, da malingen lægger sig som flager i plasten og virker som kærvanvisere. Strategien i forbindelse med konstruktion af bagparter til Avant og Century har derfor været at undgå maling af emnerne.

Bagparterne skulle leve op til en række krav med hensyn til pris, kvalitet og montage, og derudover skulle miljøhensyn også inddrages.

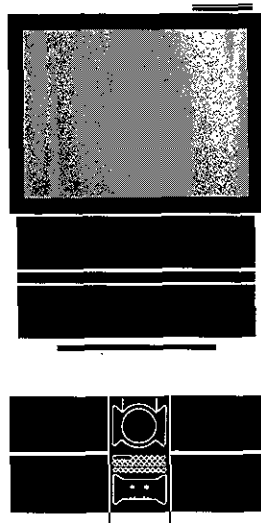
Det viste sig, at det var problematisk at få en acceptabel overflade. Der skulle flere forsøg til i samarbejde med Dansk Teknologisk Institut, før det lykkedes at finde fremstillingsmetoder og værktøj, der kunne leve op til kravene om acceptable overflader.

Figur 27 viser ressource- og miljøprofiler af en bagpart til Beovision Avant med og uden maling. Bemærk at profilerne kun er vist for bagparten - resten af fjernsynet og anvendelse af fjernsynet er ikke påvirket af valget og er derfor ikke med. Uden maling kan bagparten genanvendes, og der er regnet med en genvindingsgrad på 80%, da råvareleverandørerne vurderer, at plasten kan genbruges mindst 5 gange.

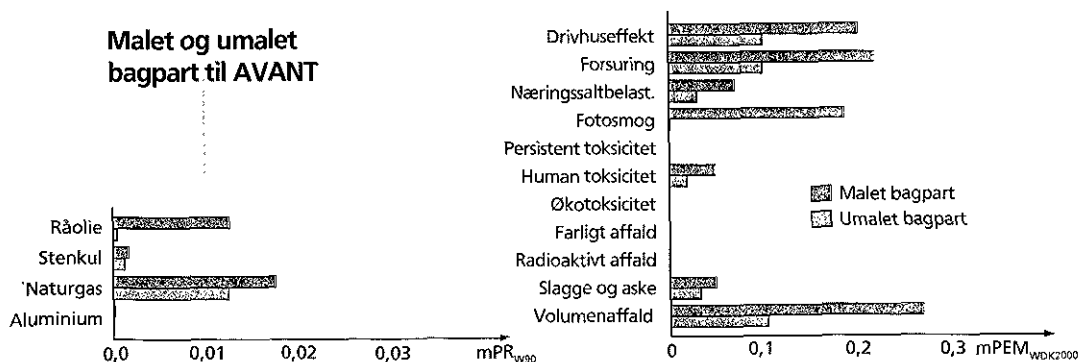
Det ses, at der hovedsageligt er en besparelse på forbruget af råolie og naturgas, da det genvundne plast erstatter disse råmaterialer. Desuden reduceres energiforbruget til fremstilling af nyt plast, hvilket giver sig udslag i lavere værdier for drivhuseffekt, forsuring, nærings saltbelastning og affaldskategorierne. Human toksicitet og fotosmog nedsættes primært på grund af, at opløsningsmidlerne fra malingen ikke forekommer for den ikke-malede bagpart.

For Bang & Olufsen medførte ændringen en besparelse i forbrug af maling, men værktøjerne blev dyrere og indkøringen vanskeligere og gav dermed længere indkøringstid.

M E K A
 Koncept
 Struktur
 Komponent



Malet og umalet bagpart til AVANT



Figur 27. Bagpart til Beovision Avant med og uden maling

Bang & Olufsen erfaringer med at ind- drage miljø i produktudviklingen

Generelt konkluderer Bang & Olufsen, at det er muligt at konstruere mere miljøvenligt. Omkostningen herfor er primært omtanke, altså et øget tidsforbrug under udviklingen.

Det koster ikke nødvendigvis mere (i variable omkostninger) at konstruere miljøvenligt, men det kræver mere omtanke, blandt andet fordi der er flere bindinger at tage hensyn til. Desuden kræver det større indsigt i de processer, der vælges, samt viden om bortskaffelse og om, hvad det er muligt at genbruge.

Selv arbejdsformen er ikke anderledes end den plejer at være, og det at man på Bang & Olufsen er vant til at konstruere op mod subjektive parametre, gør det lettere at håndtere miljø. Det har vist sig at være en fordel at starte med gode brede opgaver, og at miljø kan være en løftestang for at få andet igennem.

Konstruktionsopgaver kræver ikke nødvendigvis miljøviden for produktudviklerne. En del er rent tekniske opgaver, men der opstår ofte diskussioner om, hvad der er bedst: Eksempelvis ekstra el-komponenter kontra et nedsat effektforbrug. Det kan være svært at finde objektive argumenter, hvilket gør, at det er nødvendigt at arbejde med en målformulering eller at få hjælp fra en miljøvurdering som dem, der er beskrevet tidligere.

At Bang & Olufsen arbejder med miljøhensyn betyder, at de miljøbevidste blandt de ansatte ikke behøver at komme i konflikt med deres personlige holdninger. Miljøarbejdet gør arbejdet sjovere, giver større udfordringer, større tilfredshed og faglig stolthed.

Allan Sand, KEW Industri A/S
Anton Sørensen, KEW Industri A/S
Nina Caspersen, Institutet for Produktudvikling



| | Side |
|--|------|
| 1. Miljøvurdering af en højtryksrenser Hobby 70 | 110 |
| Afgrensning af livsforløbet | 110 |
| Udveksling med miljøet | 119 |
| Vurdering | 123 |
| 2. Miljødiagnose for en højtryksrenser - Hobby 70 | 132 |
| Simuleringer af ændringer i højtryksrenseren eller dens livsforløb | 132 |
| Hvor i produktet sidder forbedringspotentialerne | 135 |
| Hvor i omgivelserne findes forbedringspotentialerne | 136 |
| 3. Miljømålsætning for produkttypen | 137 |
| Konkurrencerammer | 137 |
| Langsigtede målsætninger | 138 |
| Grundspecifikation for nye produkter | 138 |
| 4. Miljøhensyn i nye produkter | 139 |
| Produktudvikling hos KEW Industri A/S | 139 |
| Eksempler på miljøhensyn i nye produkter | 139 |
| KEW's erfaringer med at inddrage miljø i produktudviklingen | 143 |

1. Miljøvurdering af en højtryksrenser- Hobby 70

Hobby 70, som ses i figur 1, er en bærbar højtryksrenser udviklet til den private forbruger.

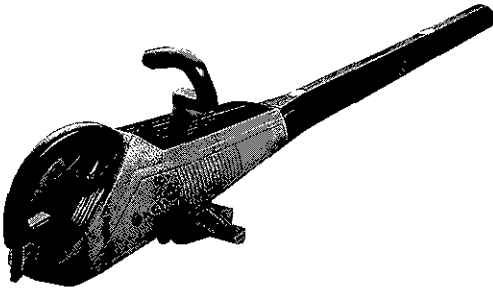
Valg af referenceprodukt

KEW har valgt højtryksrenseren Hobby 70, fordi det er et nyt produkt. I modsætning til tidligere modeller er renseren bærbar. Den bygger derfor på et nyt koncept, men ligner i øvrigt i sin opbygning de konventionelle højtryksrensere.

Den funktionelle enhed

Højtryksrenseren bruges til rengøring, hvor kombinationen af vand og højt tryk giver en stor renseseffekt. Effektiviteten afhænger af vandmængde, -tryk, temperatur og dosering af hjælpestoffer. Højtryksrenseren bruges typisk til bilvask og bådvask samt til udvendig rengøring af bygninger og terrasser.

Ved sammenligning af produkter anvendes en funktionel enhed, som opgørelsen relateres til. Det kunne være rensning af et bestemt areal. Rensning kan dog være vanskelig at definere som en fysisk målbar størrelse. F.eks. kan en pulserende stråle have bedre renseseffekt end en ikke-pulserende, selv om tryk, vandmængde og temperatur er de samme.



Figur 1. Referenceproduktet
Hobby 70

Den primære funktionelle enhed for Hobby 70 er:

Rengøring af en overflade i 125 timer over en periode på fem år fordelt på syv rengøringsstyper.

For hver rengøringsstype er der defineret el-, vand- og kemikalieforbrug. Et væsentligt kendetegn ved højtryksrenseren er desuden, at den er bærbar.

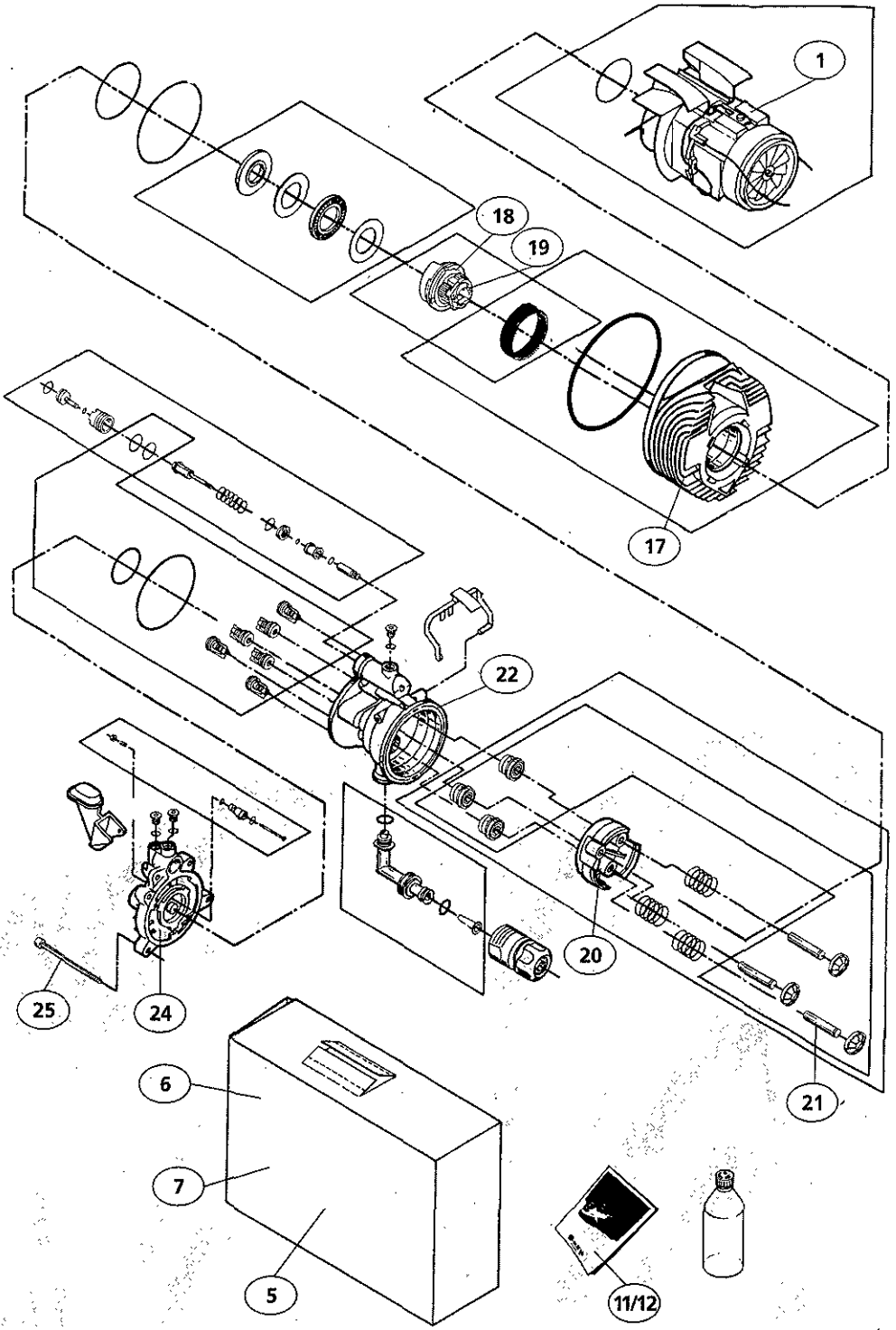
Afgrænsning af livsforløbet

Miljøvurderingen tager udgangspunkt i styklisten, der nævner alle dele i produktet, med angivelse af vægt og materiale, samt de enkelte produktionsprocesser, der er knyttet til emnerne. Styklisten giver dermed overblikket over livsforløbet for højtryksrenseren fra råstofudvinding til og med produktion. Styklisten indeholder langt over hundrede dele, og der er derfor udarbejdet en forenklet liste med de væsentligste komponenter, se tabel 1. En eksplosionstegning af produktet er vist i figur 2. Positionsnumrene på styklisten refererer til numrene på eksplosionstegningen.

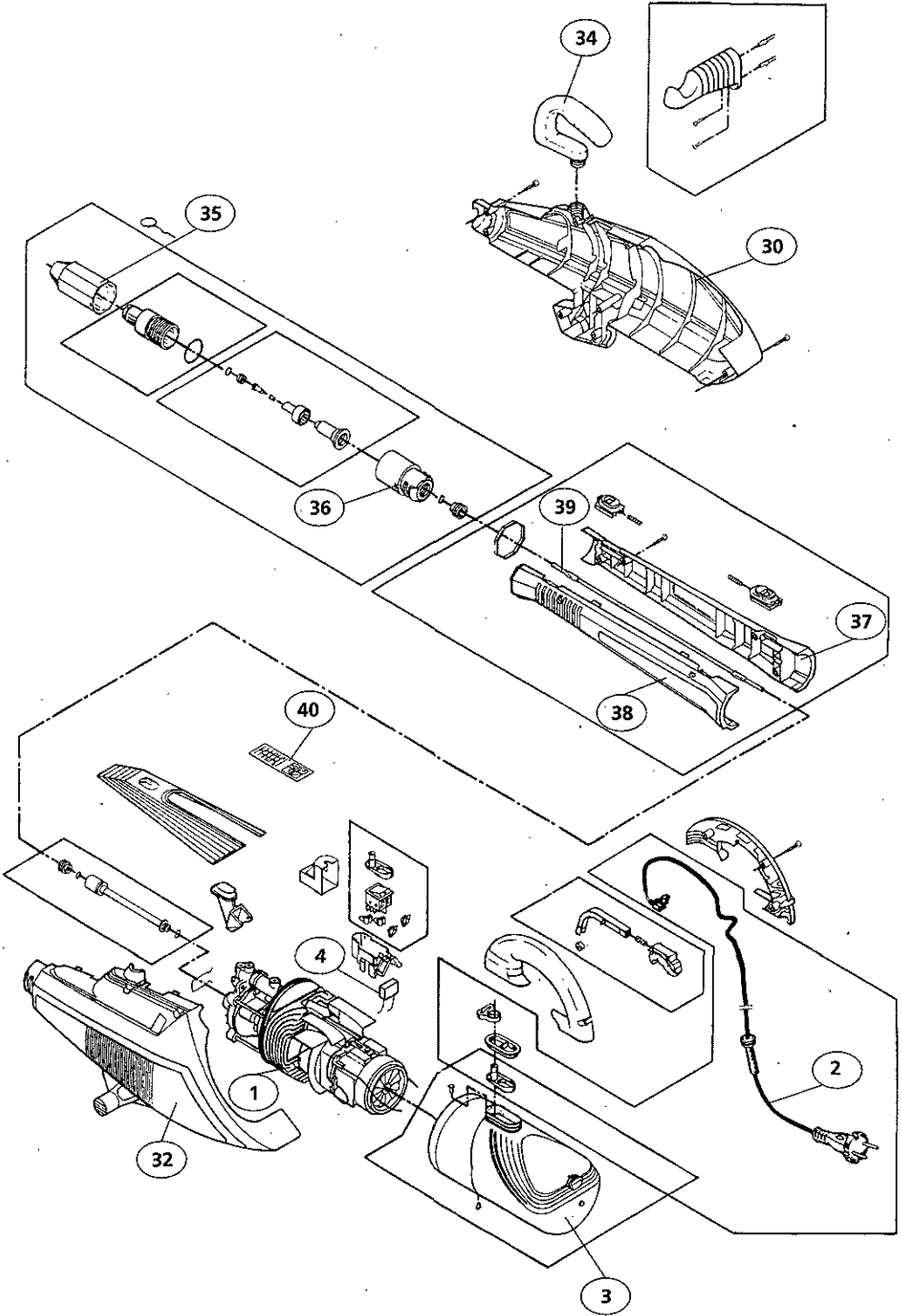
| Pos. | An- tal | Emne | Materiale | Vægt ialt (g) | ≡ | Fremstillings- processer | * Med i model | Hjælpestoffer | Vægt (g) | ≡ |
|---------------------------------------|------------|---------------------------------|-----------|------------------|---|------------------------------|------------------|-------------------|-------------|---|
| 1 | 1 | Motor | Stål | 1620 | ✓ | Trykstøbning | ÷ | | | |
| | | | Kobber | | ✓ | Bukning af tråd | ÷ | | | |
| | | | Messing | | ✓ | Bukning af plade | ÷ | | | |
| | | | ABS | | ✓ | Sprøjtstøbning | ÷ | | | |
| 2 | 1 | Elkabel | PE | 150 | ✓ | Sprøjtstøbning | ✓ | | | |
| 3 | 1 | Motorhus | ABS | 195 | ✓ | Sprøjtstøbning | ✓ | | | |
| 4 | 1 | Støjkondensator | ? | 11 | ÷ | Sprøjtstøbning | ✓ | | | |
| 5,6 | 2 | Indlæg, bund+top | PS | 210 | ✓ | | | | | |
| 7 | 1 | Emballage | Pap | 540 | ✓ | | | | | |
| 8 | 0,5 | Palle | Træ | 390 | ✓ | | | | | |
| 9,10 | 0,1 | Pallehætte og kantbeskytter | Pap | 183 | ✓ | | | | | |
| 11,12,13, 14,15,28, 29,31,33,40 | 7 | Instruktionsbog og diverse | Papir | 155 | ✓ | Lokning | ÷ | | | |
| 14 | 1 | Skulderstrop | PA | 7 | ✓ | | | | | |
| 17 | 1 | Gearhus | Aluminium | 760 | ✓ | Drejning Trykstøbning | ✓ | Smøreolie, vand | | ÷ |
| | | | | | | | ✓ | Smøremiddel | 9 | ÷ |
| | | | | | | | | Aromatiske aminer | 0,8 | ÷ |
| | | | | | | | | Vand | 150 | ÷ |
| | | | | | | | | Propylenglycol | 6 | ÷ |
| | | | | | | | | Petroleum | 4 | ÷ |
| 18 | 1 | Skråskive | Aluminium | 9 | ✓ | Drejning Trykstøbning | ✓ | Smøreolie, vand | | ÷ |
| | | | | | | | ✓ | Smøremiddel | 1 | ÷ |
| | | | | | | | | Aromatiske aminer | 0,09 | ÷ |
| | | | | | | | | Vand | 18 | ÷ |
| | | | | | | | | Propylenglycol | 0,7 | ÷ |
| | | | | | | | | Petroleum | 0,5 | ÷ |
| 19 | 3 | Bøsning for planetandhjul | Messing | 0,3 | ✓ | Trykstøbning | ÷ | | | |
| 20 | 1 | Stempelføring | Aluminium | 67 | ✓ | Maskincenter Trykstøbning | ÷ | | | |
| 21,25, 39 | 7 | Diverse | Stål | 470 | ✓ | Slibning Trykstøbning | ÷ | | | |
| 22 | 1 | Cylinderhus | Aluminium | 320 | ✓ | Maskincenter Trykstøbning | ÷ | Smøremiddel | 4 | ÷ |
| | | | | | | | ✓ | Aromatiske aminer | 0,3 | ÷ |
| | | | | | | | | Vand | 64 | ÷ |
| | | | | | | | | Propylenglycol | 3 | ÷ |
| | | | | | | | | Petroleum | 2 | ÷ |
| 23 | | Fedt BP | Olie | 1,1 | ✓ | | | | | |
| 24 | 1 | Topstykke | Aluminium | 150 | ✓ | Drejning Trykstøbning | ✓ | Smøreolie, vand | | ÷ |
| | | | | | | | ✓ | Smøremiddel | 2 | ÷ |
| | | | | | | | | Aromatiske aminer | 0,15 | ÷ |
| | | | | | | | | Vand | 30 | ÷ |
| | | | | | | | | Propylenglycol | 1,2 | ÷ |
| | | | | | | | | Petroleum | 0,8 | ÷ |
| 26,27 | | Olie | Olie | 6 | ✓ | Imprægnering | ÷ | | | |
| 30,32 | 2 | Kabinetskal højre og venstre | ABS | 540 | ✓ | Sprøjtstøbning | ✓ | | | |
| 34 | 1 | Tværgreb | ABS | 125 | ✓ | Sprøjtstøbning | ✓ | | | |
| 35,36 | 2 | Dysehus Endedæksel | ABS | 5 | ✓ | Sprøjtstøbning | ✓ | | | |
| 37,38 | 2 | Dyserørsskal | ABS | 220 | ✓ | Sprøjtstøbning | ✓ | | | |

Noter: Se andre eksempler.

Tabel 1. Forenklet stykliste for Hobby 70



Figur 2. Eksplosionstegning af Hobby 70



På styklisten er vist, om komponenten er med i opgørelsen, og hvilke oplysninger der er medtaget. For nogle komponenter er kun ressourcen til materialet og energi til udvinding og fremstilling medtaget. Andre komponenter har produktionsprocesser, dvs. energiforbrug, emissioner, affald og eventuelle arbejdsmiljøeffekter samt hjælpestoffer med.

Materiale, produktionsprocesser og hjælpestoffer er markeret med henholdsvis ✓ hvis de er medtaget og + hvis de ikke er medtaget.

Som det fremgår af tabel 1, er fremstillingen af hjælpestofferne ikke inkluderet i opgørelsen.

Materialer

Fremstilling af materialer indebærer udvinding og forædling af råstoffer. Den geografiske fordeling for udvinding og forædling af typisk anvendte materialer er vist i detaljer i miljøvurderingen af køleskabet, se eksemplet fra Gram A/S, da det samme billede gør sig gældende her.

Den senere formgivning af materialerne foregår typisk hos underleverandører. Udvinding, forædling og formgivning kan ske i hver sit land, og den enkelte komponent kan derfor have tilbagelagt mange tusinde kilometer, før den når ud til brugeren som færdigt produkt. En præcis angivelse af, hvor materialerne er fremstillet, er ikke mulig, fordi underleverandørerne ikke har givet disse oplysninger. I beregningen er derfor anvendt generelle data for materialefremstillingen.

En oversigt over fremstillingslande for komponenter til højtryksrenseren er vist i figur 3.

Hovedparten af komponenterne kommer fra Danmark. Herudover er firmaer i Italien og Holland de væsentligste leverandører. Under 1% af den samlede vægt af produktet kommer fra lande uden for Europa.

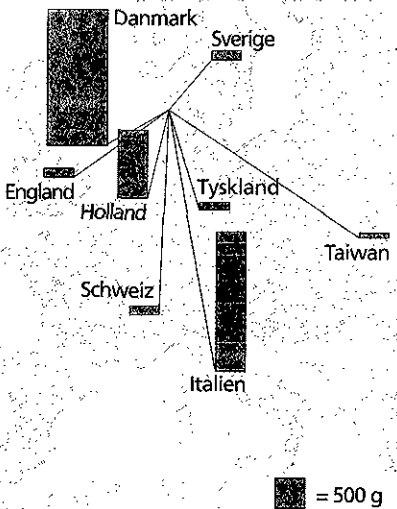
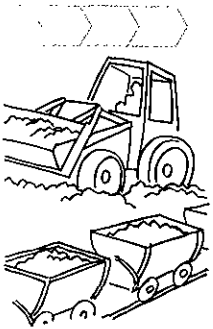
Produktion

Produktionen på virksomheden består hovedsagelig af montagearbejde. Hos under-

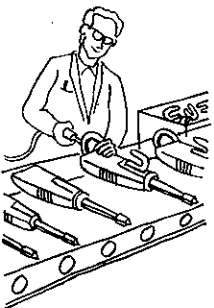
leverandørerne er processerne næsten udelukkende formgivning, som f.eks. trykstøbning, sprøjtstøbning eller spåntagning. Komponenterne overfladebehandles ikke. Der bruges meget få kemikalier i de anvendte produktionsprocesser, og de tilknyttede emissioner er små.

Som tabel 1 illustrerer, er en del af de produktionsprocesser, der foregår hos underleverandører, ikke medtaget i opgørelsen, da det ikke har været muligt at få oplysninger om dem. Energiforbruget i hele produktets livsforløb skønnes at være mange gange større end for produktionsfasen, og derfor betyder udeladelsen af nogle processer ikke meget for den samlede opgørelse af energiforbruget; for de aktuelle processer vurderes emissionerne også at være af mindre betydning.

Opgørelsen af arbejdsmiljø stammer fra en rapport af Rytter, 1994, lavet på KEW af Bedriftssundhedstjenesten. Herudover er medtaget

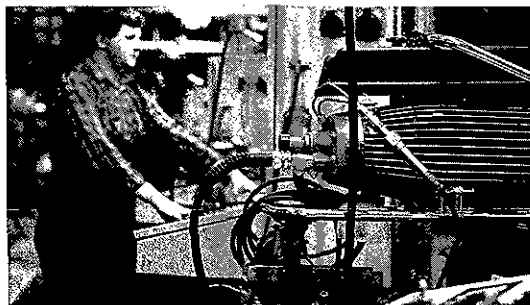


Figur 3. Geografisk fordeling for fremstilling af komponenter



data for el-produktion i Danmark. Arbejdsmiljøopgørelsen dækker ikke produktionen hos underleverandører. En stor del af produktionen foregår hos underleverandører, hvorfor den samlede opgørelse ikke anses for at være dækkende for belastningen igennem produktets livsforløb. Data er alligevel medtaget for at synliggøre arbejdsmiljøområdet.

De processer på KEW, som er mest belastende for arbejdsmiljøet, er svejsning, slibning og montage. Slibning og svejsning giver eksponering for kræftfremkaldende, reproduktionsskadelige og allergifremkaldende stoffer. Montagearbejdet vist i figur 4, giver eksponering for allergifremkaldende stoffer og er desuden præget af ensidigt, gentaget arbejde.



Figur 4. Montagestand hos KEW Industri AIS

Kassationsgrad

Der vil altid være nogle emner eller produkter, som må kasseres pga. af fejlproduktion. Derfor må man producere mere end én højtryksrensere for hver højtryksrensere, der sælges. For Hobby 70 er kassationsgraden 3%, og værdierne i opgørelsen for materiale- og produktionsfasen er derfor ganget med 1,03.

Brug

Brugsfasen for højtryksrenseren dækker perioden fra forbrugeren køber produktet, til det bortskaffes. I brugsfasen anvendes elektricitet, vand og rengøringsmidler. Størrelsen af dette forbrug bygger dels på skøn, dels på forsøg.

Salgsfordelingen for produktet er vist i figur 5. Det ses, at produktet overvejende sælges i Europa.

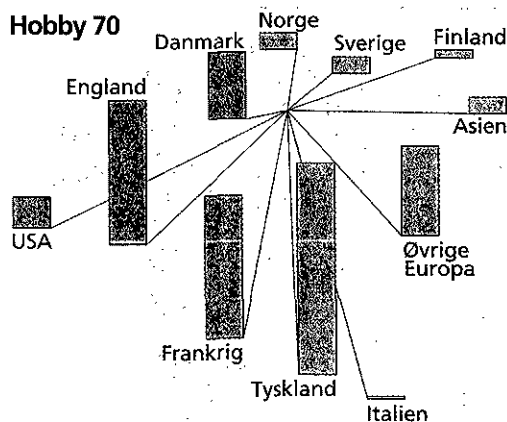


Figur 5. Salgsfordeling for Hobby 70

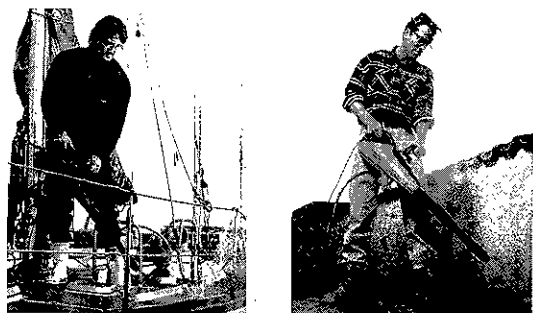
Anvendelse af rengøringsmidler

Hovedparten af al rengøring forgår udelukkende med vand, men for den del, der anvender rengøringsmidler, er der anslået en procentvis fordeling mellem de forskellige brugstyper baseret på salgstallene for de forskellige rengøringsmidler.

Til alle disse brugstyper er knyttet specielle rengøringsmidler. Rengøringsmidlerne indeholder hovedsageligt vand og detergenter, dvs. overfladeaktive stoffer. Fremstillingen af rengøringsmidler er ikke medtaget i opgørelsen, men brugen af dem indgår i vurderingen.



■ = 5%



Figur 6. Rensning af båd(a) og fliser(b) med højtryksrensere

| Brugstype | Fordeling, % |
|---------------------------------|--------------|
| Bilvask | 35 |
| Bilvask med voksbehandling | 10 |
| Rengøring af algebelagte fliser | 20 |
| Bådvask | 10 |
| Bådvask med voksbehandling | 15 |
| Husrensning, udvendig | 8 |
| Rensning af fælg | 2 |

Tabel 2. Fordeling af brugstyper, der anvender rengøringsmidler

Rengøringsmidlernes skæbne efter brug
Afhængigt af hvad højtryksrenseren bruges til, vil vaskevandet enten sive ned i de øverste lag af jorden, løbe ud i vandet, dvs. fjord, sø eller hav, eller via kloakken ledes til et kommunalt rensesanlæg.

I tabel 3 vises typer af anvendelser for højtryksrenseren, hvor et gennemsnitligt brugsmønster er lagt til grund for en vurdering af, hvor store mængder af de forskellige rensesubstanter; der typisk havner de forskellige steder i miljøet.

Der skal tages højde for, at den del af rensesubstanterne, der ledes til et kommunalt rensesanlæg, kan blive helt eller delvist nedbrudt af mikroorganismene i rensesanlægget. Herved reduceres den del af stofferne, der ender med at blive udledt til vandmiljøet.

I rensesanlægget kan der også ske en omfordeling af stofferne mellem de forskellige delmiljøer: Flygtige stoffer udledes til luftmiljøet, og andre stoffer, der f.eks. er vand-

skyende, kan bindes til overfladen af slampartikler og senere bringes med slammet til jorden, se figur 7.

Omfanget af stoffernes nedbrydning og omfordeling i rensesanlægget er vurderet vha. en model, der kaldes FATE (Fate model program, 1991).

Tabel 3. Bortledningsveje for vaskevand

| Brugstype | Bortledning af vand |
|---------------------------------|------------------------------|
| Bilvask med og uden voks | Via kloak til rensningsanlæg |
| Rengøring af algebelagte fliser | Direkte til jord |
| Bådvask med og uden voks | Direkte til vand |
| Husrensning, udvendig | Direkte til jord |

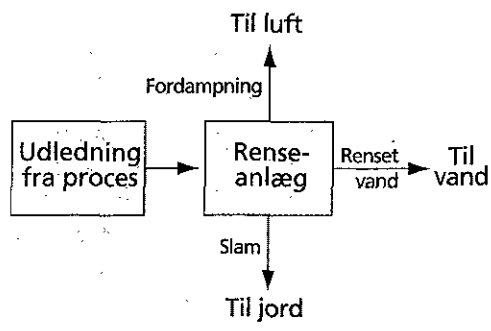
For bådvask vil vandet i nogle tilfælde bortledes til kloakken, og under miljødiagnosen vises derfor en simulering, hvor vandet fra bådvasken ledes til rensesanlæg.

Den effekt, udledningen har på rensesanlægget, er ikke medtaget. Det gælder f.eks. påvirkning af den mikrobielle aktivitet eller

udvaskning af tungmetaller fra rensesanlægget. Kompleksdannere, som findes i rengøringsmidlerne, kan binde tungmetaller, der herved ledes ud af rensesanlægget.

Anden afgrænsning indenfor brugsfasen
Når der bruges kemikalier ved anvendelse af højtryksrenseren, vil rengøringsmidlerne sandsynligvis danne aerosoler, som kan påvirke brugeren. Da det er vanskeligt at vurdere mængden af de stoffer, der afgives, er det valgt ikke at medtage potentialet for human toksicitet fra kemikalierne. Et af stofferne

Figur 7. Principskitse af rensesanlæg



(Nitrilotrieddikesyre, 3 Na salt) er mistænkt for at være kræftfremkaldende. Stoffet indgår ikke længere i KEW's rengøringsmidler.

Snavs, der frigives til miljøet fra det vaskede emne, er ikke medtaget i opgørelsen.

Arbejdsmiljø er kun medtaget for el-produktion, og ikke for selve brugsprocessen, idet arbejdsmiljø traditionelt kun dækker belastninger ved lønarbejde.

Levetid og service

Den totale driftstid er 125 timer. Hvis produktet bruges en time pr. uge i 25 uger pr. år, fås en levetid på 5 år, som anvendes i miljøvurderingen. Der er mulighed for reparation efter de 5 år, da sliddet vil være koncentreret om ganske få dele. Mange vil dog vælge at bortskaffe produktet pga. ønske om nyt produkt med andet design og andre muligheder. Service i løbet af levetiden er ikke medtaget, da det normalt ikke vil forekomme inden for den fastsatte levetid.

Bortskaffelse

Der er lavet en fordeling på forskellige bortskaffelsesveje på baggrund af spørgeskemaer til hovedmarkederne. Fordelingen er vist i tabel 4. Al emballage sendes direkte til forbrænding eller deponi. Halvdelen af produkterne sendes til en skrothandler, resten går direkte til deponi. Skrothandleren sender produkterne gennem en shredder, og 30% af metalindholdet genvindes herefter. Totalt fås derfor genvinding af 15% af metallet. Resterende materialer efter shredderen sendes til deponi.

Forbrænding giver store eller små emissioner afhængigt af materialet, der afbrændes. Den mest miljøtunge er forbrænding af plast. Især polyamid (f.eks. nylon) giver anledning til emission af kvælstofoxider. Hobby 70 indeholder dog kun små mængder af polyamid.

| Kilde | Materiale | Deponi % | Forbrænding % | Genbrug % |
|-----------|-----------|----------|---------------|-----------|
| Emballage | Papir/pap | 30 | 70 | 0 |
| Produkt | Plast | 75 | 25 | 0 |
| Produkt | Metal | 85 | 0 | 15 |

Kilder til data

I tabel 5 er vist, hvor forskellige data kommer fra. Hovedparten af data for materialer er generelle, mens data for produktion hovedsageligt er specifikke. De generelle data er valgt, hvor det ikke giver mening at anvende specifikke data, eller hvor det ikke er muligt at skaffe specifikke data. Data for transport kan deles ind i tre grupper: afstand, transportmiddel samt energiforbrug og emissioner. Afstandene er skønnede ud fra kendskab til leverandørernes oprindelse, herefter er valgt et transportmiddel. Ofte er typen af transportmiddel kendt, f.eks. kan det være en 16 tons lastbil eller et tankskib. Data for brændstofforbrug for de enkelte transportmidler kendes på generelt niveau.

For el-produktion anvendes generelle data, som er gennemsnit for enkelte lande.



Tabel 4. Bortskaffelsesveje for Hobby 70

Referencegrundlaget for data

| Livsforløb & procestype | Produkt-specifikke | Datatype | | Datakilde | | | | | Kommentarer |
|---|--------------------|-----------------|-----------|-----------|---|---|---|---|--------------------------------------|
| | | Sted-specifikke | Generelle | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Råvareudvinding | | | | | | | | | |
| Råolie | | | x | | | x | | | Litteratur |
| Bauxit | | | x | | | x | | | Litteratur |
| Jernmaim | | | x | | | x | | | Litteratur |
| Materialefremstilling | | | | | | | | | |
| ABS plast | | | x | | | | | x | |
| Anden plast | | | x | | | | x | x | |
| Stål | | x | | x | x | | | | |
| Aluminium | | x | | x | | | | | Leverandør og litt. |
| Produktion | | | | | | | | | |
| Egen spåntagning | | x | | x | | | | | |
| Montage og afprøvning (kun arb. miljø) | | x | | x | x | | | | |
| Underleverandør spåntagning | | x | x | | | x | x | | |
| Sprøjttestøbning | x | | | | x | | | | |
| Brug | | | | | | | | | |
| Energiforbrug | x | | | x | | | | | |
| Kemikalieforbrug | x | | | | | x | | | KEWs dimensionerings kriterium |
| Levetid | | | x | | | x | | | |
| Bortskaffelse | | | | | | | | | |
| Bortskaffelsesvej | | | x | | | | | | x |
| Shredding | | x | | | x | | | | |
| Forbrænding | | | x | | | | x | | |
| Stål | | x | | | | x | | | Dansk genbrugsværk |
| Aluminium | | x | | | x | | | | Dansk genbrugsværk |
| Transport | | | | | | | | | |
| Transportmiddel og afstande | x | | x | | | x | x | | Skønnet |
| Energiforbrug og emissioner | | | x | | | | x | | På baggr. af målte emissionsfaktorer |
| Energisystemer | | | | | | | | | |
| Ei-produktion | | | x | | | | x | | |
| Noter | | | | | | | | | |
| 1) Målinger | | | | | | | | | |
| 2) Beregninger (ud fra massebalance betragtninger og input data for den aktuelle proces) | | | | | | | | | |
| 3) Ekstrapolation fra data for samme procestype eller teknologi | | | | | | | | | |
| 4) Ekstrapolation fra data for andre procestyper eller teknologier | | | | | | | | | |
| 5) Ukendt kilde eller ikke-kvalificeret estimat | | | | | | | | | |
| Produktspecifikke data: gælder processer, hvor Hobby 70 specifikt indgår | | | | | | | | | |
| Stedspecifikke data: gælder data fra aktuelle lokaliteter i produktets livsforløb, men processen er ikke opgjort specifikt for Hobby 70 | | | | | | | | | |
| Generelle data: er alle andre. | | | | | | | | | |

Tabel 5. Datakilder

Udvekslingerne dækker over indgående og udgående stoffer i alle livsforløbs faser samt arbejdsmiljøpåvirkningen. Disse er vist i tabel 6. For ressourceforbrug og emissioner er kun de væsentligste bidrag medtaget.

Opgørelsen er fremkommet ved en edb-baseret modellering af produktet på KEW. Data til brug for opgørelsen er samlet i en database (Frees, 1996).

Mængdemæssigt er det ressourceforbrugene fra de fossile brændstoffer, der er væsentlige. Et negativt ressourceforbrug under bortskaffelsen betyder, at der godskrives ressourcer.

Stofferne, som er anført under hjælpestoffer, er nogle af de stoffer, der indgår i rengøringsmidlerne. En del af disse stoffer kan findes under emissioner til luft, vand eller jord. Omfordelingen sker i renseanlægget og ved direkte udledning til f.eks. vand som ved bådvaske.

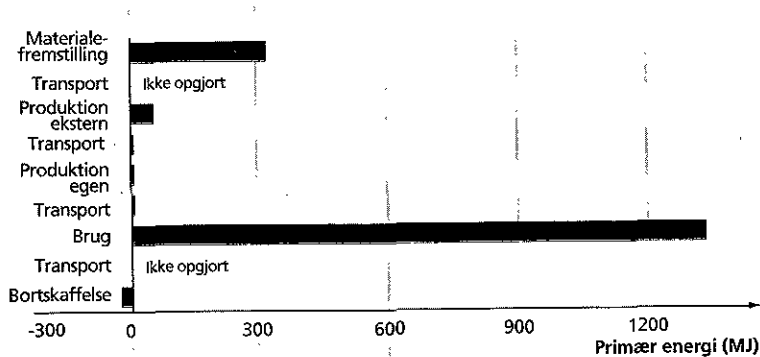
Affaldsmængderne er store. Kilder til affald er især el-produktion, produktionsaffald, affald fra forbrændingsanlæg og deponi af det udtjente produkt.

Energiprofiler

Energiprofilen i figur 8 viser energiforbruget omregnet til MJ, Mega-Joule, for de forskellige faser i livsforløbet. Enheden for energien er primær energi, som inkluderer nyttevirkningen på kraftværkerne og brændværdien af materialet.

Materialefremstilling

Materialefremstillingen udgør ca. 300 MJ. Heri er indeholdt materialernes brændværdi samt energi til udgravning af malm, udvinding af olie og den videre forarbejdning til f.eks. stålplade og plastic.



Figur 8. Energiprofil. Primært energiforbrug

Produktion

Figur 8 viser tydeligt, at energiforbruget på selve virksomheden er minimalt i forhold til det totale energiforbrug i produktets livsforløb. Produktion hos underleverandørerne er 8 gange større end produktion hos KEW med hensyn til energiforbrug. Energiforbrug til produktion svarer til 20% af forbruget til materialefremstillingen, og det betyder, at genvinding af materialer har langt større betydning for energiforbruget end reduktion af el-forbruget i processerne.

Tabel 6. Udveksling med miljøet i højtryksrensereens livsforløb

| Ressourceforbrug | | Materiale- fremstilling | Produktion | Brug | Bort- skaffelse | Transport | I alt |
|--|---------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|---------|
| Råolie | g | 2.670 | 90 | 4.920 | -20 | 290 | 7.950 |
| Naturgas | g | 2.040 | 60 | 3.580 | -1 | 20 | 5.700 |
| Stenkul | g | 1.860 | 1.800 | 17.700 | 20 | 1 | 21.400 |
| Brunkul | g | 290 | - | 13.200 | -0,5 | - | 13.500 |
| Uranmalm | g | 0,05 | - | 1,80 | -0,0001 | - | 1,9 |
| Opdæmmet vand til el | liter | 340 | 80 | 7.250 | -0,10 | 0,0005 | 7.670 |
| Aluminium | Al g | 580 | 0,01 | 0,9 | -160 | 0,02 | 420 |
| Jern | Fe g | 1.220 | 0,004 | 0,3 | -230 | 0,02 | 990 |
| Kobber | Cu g | 460 | - | - | -50 | - | 410 |
| Mangan | Mn g | 9 | - | - | -1 | - | 8 |
| Nikkel | Ni g | 7 | - | - | - | - | 7 |
| Zink | Zn g | 9 | - | - | - | - | 9 |
| Calciumcarbonat | CaCO ₃ g | 220 | 0,008 | 0,6 | -0,005 | 0,04 | 220 |
| Kvarts | SiO ₂ g | 460 | - | - | -30 | - | 430 |
| Natriumchlorid | NaCl g | 130 | 0,02 | 2 | -0,003 | 0,04 | 130 |
| Træ (blødt) | g | 1.670 | 6 | 840 | -0,05 | 0 | 2.520 |
| Grundvand | liter | - | 5 | - | 0,3 | - | 5 |
| Overfladevand | liter | - | 0,1 | - | 0,006 | 0 | 0,1 |
| Uspec. vand | liter | 50 | 0,01 | 41.300 | -0,04 | 60 | 41.400 |
| Hjælpstoffer, for hvilke ressourceforbruget ikke er opgjort | | | | | | | |
| Fedtalkohol (C12-18)ethoxylat | g | - | - | 430 | - | - | 430 |
| Sekundær alkansulfonat, Na salt | g | - | - | 80 | - | - | 80 |
| Diethylenglycolmonobutylether | g | - | - | 140 | - | - | 140 |
| Nitrilotrieddikesyre, 3 Na salt | g | - | - | 260 | - | - | 260 |
| Kvarternært kokosfedtamin ethoxylat | g | - | - | 110 | - | - | 110 |
| Difedtsyreisopropylester- dimethylammoniummethosulfat | g | - | - | 20 | - | - | 20 |
| Fedtalkoholethersulfat, Na salt | g | - | - | 80 | - | - | 80 |
| Luftemissioner | | | | | | | |
| Kuldioxid | CO ₂ g | 11.200 | 5.300 | 86.600 | 1.800 | 650 | 105.600 |
| Kulmonoxid | CO g | 30 | 0,9 | 50 | 9 | 2 | 92 |
| Kvælstofoxider | NO _x g | 60 | 20 | 350 | 0,7 | 8 | 440 |
| Svovldioxid | SO ₂ g | 80 | 30 | 770 | -0,05 | 3 | 880 |
| Dinitrogenoxid | N ₂ O g | 0,3 | 0,3 | 7 | 0,003 | 0,01 | 8 |
| Uspec. partikler (støv) | g | 60 | 3 | 40 | -8 | 0,4 | 95 |
| Kulbrinter | HC g | 60 | 40 | 420 | 0,3 | 0,4 | 520 |
| Flygt. org. kulstofforb. | VOC g | 100 | 0,09 | 2 | -0,09 | 1 | 100 |
| Uspec. aldehyd | g | 0,01 | 0,02 | 0,3 | 0,0002 | 0 | 0,3 |
| Styren | g | 0,007 | - | - | - | - | 0,007 |
| 1-methyl-2-pyrrolidon | g | - | 0,0007 | - | - | - | 0,0007 |
| Uspec. methylstyren | g | - | 0,002 | - | - | - | 0,002 |
| Dioxin | mg | 0,0004 | 2x10 ⁻⁸ | 1x10 ⁻⁵ | 0 | - | 0,0004 |
| Arsen | As mg | 0,3 | 0,05 | 8 | 0 | 0 | 8 |
| Cadmium | Cd mg | 0,07 | 0,005 | 1 | 2x10 ⁻⁵ | 0 | 1 |
| Kobber | Cu mg | 0,4 | 0,4 | 8 | 0,004 | 0 | 9 |
| Kviksølv | Hg mg | 0,1 | 0,06 | 2 | 0 | 2 | 4 |
| Mangan | Mn mg | 0,2 | - | - | - | - | 0,2 |
| Vanadium | V mg | 30 | 4 | 230 | 0,02 | 0 | 264 |
| Fedtsyre (C14-18)-2-ethylhexylester | g | - | - | 1 | - | - | 1 |
| Terpine alkohol | g | - | - | 0,08 | - | - | 0,08 |
| Diethylenglycolmonobutylether | g | - | - | 2 | - | - | 2 |
| 1,2-benzisothiazolin-3-one | g | - | - | 0,01 | - | - | 0,01 |
| Aminosulfonsyre | g | - | - | 1 | - | - | 1 |

| | | | Materiale- fremstilling | Produktion | Brug | Bort- skaffelse | Transport | I alt |
|--|-------|--------|----------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-----------|---------------------|
| Luftemissioner | | | | | | | | |
| Nitriotrieddikesyre, 3 Na salt | g | - | - | - | 80 | - | - | 80 |
| Fedtsyre (C8-10) Na salt | g | - | - | - | 4 | - | - | 4 |
| Vandige emissioner | | | | | | | | |
| Kemisk iltforbrug | COD | g | 7 | 0,0006 | 0,04 | -0,002 | 0,003 | 7 |
| Total kvælstof | tot-N | g | 0,1 | 0,0007 | 0,2 | -0,00006 | 0,0008 | 0,3 |
| Total fosfor | tot-P | g | 0,01 | - | - | - | - | 0,01 |
| Fedtalkohol (C12-18) ethoxylat | g | - | - | - | 20 | - | - | 20 |
| Sekundær alkansulfonat, Na salt | g | - | - | - | 70 | - | - | 70 |
| Diethylenglycolmonobutylether | g | - | - | - | 150 | - | - | 150 |
| Nitriotrieddikesyre, 3 Na salt | g | - | - | - | 70 | - | - | 70 |
| Kvarternært kokosfedtamin ethoxylat | g | - | - | - | 6 | - | - | 6 |
| Fedtalkoholethersulfat, Na salt | g | - | - | - | 20 | - | - | 20 |
| Difedtsyreisopropylester- dimethylammoniummethosulfat | g | - | - | - | 20 | - | - | 20 |
| Kulbrinter | g | 0,60 | 0,001 | 0,001 | 0,1 | -0,0004 | 0,006 | 0,7 |
| Uspec. olie | g | 0,3 | 0,002 | 0,002 | 0,2 | -0,00001 | 0 | 0,5 |
| Phenol | g | 0,0003 | 0,00003 | 0,00003 | 0,003 | 0 | 0 | 0,003 |
| Arsen | As | mg | 10 | - | - | - | - | 10 |
| Cadmium | Cd | mg | 5 | - | - | - | - | 5 |
| Chrom | Cr | mg | 20 | - | - | - | - | 20 |
| Kobber | Cu | mg | 30 | - | - | - | - | 30 |
| Kviksølv | Hg | mg | 0,0006 | - | - | - | - | 0,0006 |
| Mangan | Mn | mg | 0,05 | - | - | - | - | 0,05 |
| Nikkel | Ni | mg | 20 | - | - | - | - | 20 |
| Zink | Zn | mg | 30 | - | - | - | - | 30 |
| Emissioner til jord | | | | | | | | |
| Nitriotrieddikesyre, 3 Na salt | g | - | - | - | 30 | - | - | 30 |
| Fedtalkoholethersulfat, Na salt | g | - | - | - | 15 | - | - | 15 |
| Diethylenglycolmonobutylether | g | - | - | - | 20 | - | - | 20 |
| Sekundær alkansulfonat, Na salt | g | - | - | - | 15 | - | - | 15 |
| Fedtalkohol (C12-18) ethoxylat | g | - | - | - | 50 | - | - | 50 |
| Kvarternært kokosfedtamin ethoxylat | g | - | - | - | 70 | - | - | 70 |
| Difedtsyreisopropylester- dimethylammoniummethosulfat | g | - | - | - | 1 | - | - | 1 |
| Affald | | | | | | | | |
| Uspec. farligt affald | g | 0,07 | - | - | - | - | - | 0,07 |
| Uspec. affald m. tungmetal | g | 9 | - | - | - | - | - | 9 |
| Uspec. radioaktivt affald | g | 0,006 | - | - | 0,3 | 0 | - | 0,3 |
| Uspec. kemikalieaffald | g | 30 | - | - | - | - | - | 30 |
| Uspec. slagge og aske | g | 100 | 140 | 140 | 3.400 | 1 | 0,7 | 3.600 |
| Uspec. volumenaffald | g | 710 | 1.000 | 1.000 | 10.300 | 10 | 0,7 | 12.000 |
| Arbejds miljø | | | | | | | | |
| Ensidigt, gentaget arbejde | timer | - | 0,36 | 0,36 | 0,006 | - | - | 0,366 |
| Hørskadende støj | timer | - | 0,38 | 0,38 | 0,08 | - | - | 0,46 |
| Nervesystemskadende stoffer | timer | - | - | - | 0,003 | - | - | 0,003 |
| Allergifremkaldende stoffer | timer | - | 0,022 | 0,022 | 0,013 | - | - | 0,035 |
| Reproduktionskadende stoffer | timer | - | 0,022 | 0,022 | - | - | - | 0,022 |
| Kræftfremkaldende stoffer | timer | - | 0,022 | 0,022 | 0,009 | - | - | 0,031 |
| Ulykker | antal | - | - | 14x10 ⁻⁶ | 3x10 ⁻⁶ | - | - | 17x10 ⁻⁶ |
| Noter | | | | | | | | |
| - betyder, at der ikke er oplysninger for den pågældende livsforløbsfase | | | | | | | | |
| 0 betyder, at værdien er meget lille i forhold til de øvrige faser. | | | | | | | | |

Brug

Det største energiforbrug ligger i brugsfasen. El-forbruget er omregnet til primær energi, hvor der er taget hensyn til el-værkets effektivitet.

Transport

Bidraget fra transport er lille, men som det fremgår, er det dobbelt så stort som bidraget fra egenproduktionen.

Bortskaffelse

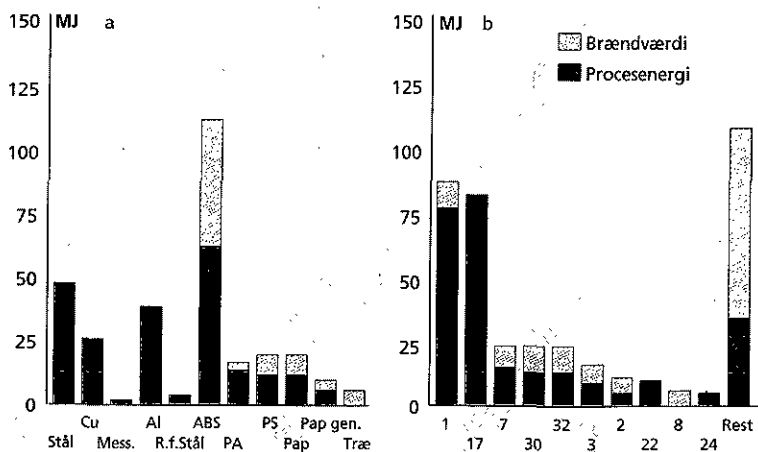
Et negativt energibidrag betyder, at der godskrives energi. Bidraget kommer fra varmeudvikling ved forbrænding af plastic, som kan udnyttes til f.eks. fjernvarme.

Materialernes energiindhold

Energiopgørelsen er vist i figur 9a. For hvert enkelt materiale angives såvel brændværdi som procesenergi. Procesenergien er den energi, der bruges til fremstilling af materialer, og brændværdien er den energi, der frigives ved forbrænding. Metaller antages ikke at have nogen brændværdi.

Figur 9a. Indholdet af primær energi i de materialer, der findes i højtryksrenseren

Figur 9b. Indhold af primær energi i højtryksrenserens materialer fordelt på komponenter



Det største energibidrag fås fra plasttypen ABS (Akryl-nitril Butadien Styren), som findes i store mængder i renseren. En betydelig del af energien frigives ved forbrænding. Bortset fra bidragene fra ABS kommer de væsentligste bidrag fra aluminium, stål og kobber. Det anvendte aluminium er genbrugsaluminium, som har et langt mindre energiforbrug end primær aluminium.

Den komponentopdelte energiprofil, se figur 9b, viser energiforbruget for de 10 mest energitunge komponenter og rest. Positionsnummer 1 svarer til produktets motor, som består af flere forskellige materialer. De øvrige komponenter indeholder kun et materiale. Positionsnumrene findes på eksplosionstegningen i figur 2.

Motorens råvarer har et stort energiindhold. Dette skyldes, at den er den tungeste del af højtryksrenseren, vægten svarer til ca. 20% af den samlede bruttovægt af produktet. Højtryksrenseren indeholder ganske få dele, der tilsammen udgør ca. 60% af det samlede energiindhold, mens resten stammer fra over hundrede mindre dele.

Vurdering

Udvekslingen med miljøet gennem produktets levetid udgør et potentiale for effekter, herunder ressourceforbrug samt miljø- og arbejdsmiljøeffekter.

Miljøeffektpotentialer

For miljøeffekterne er det udledninger til vand og luft samt affald, der udgør potentialiet. Omregningen af udledninger til potentialer er beskrevet af Wenzel et al., 1996. Resultatet er vist i tabel 7.

Brugen af højtryksrensere adskiller sig fra de andre eksempler i denne bog ved, at der anvendes kemikalier. Derfor er økotoksicitetspotentialet specielt interessant og vil blive gennemgået her. Økotoksicitetspotentialet af en emission udregnes ved at den udledte mængde af stoffet ganges med en økotoksicitetsfaktor, som afspejler:

- 1) Stoffets giftighed over for økosystemer.
- 2) Dets evne til at bioakkumulere, dvs. jo giftigere stof, jo højere faktor.
- 3) Dets evne til at nedbrydes i miljøet, dvs. jo lettere nedbrydeligt, jo lavere faktor.
- 3) Dets omfordeling i miljøet - selv om det udledes til luften, kan det godt ende i jord- og vandmiljøet.

Der udregnes økotoksicitetspotentialer for vand- og jordmiljøet for de emissioner der forekommer i højtryksrensersens livsforløb. For vandmiljøet udregnes både potentialet for umiddelbare effekter (akut økotoksicitet) og for effekter ved længere tids udsættelse (kronisk økotoksicitet). For jordmiljøet udregnes kun potentialet for kroniske effekter.

I tabel 8 udregnes økotoksicitetspotentialer i vand for de vigtigste af enkeltstofferne i de renskemikalier, der anvendes i højtryksrensere. Yderst til venstre er vist den mængde, der udledes. Ved at gange den udledte mængde med effektfaktoren for det pågældende potentiale fås potentialet for miljøeffekten.

Afhængigt af hvad de skal bruges til, indeholder renskemikalierne mange forskellige stoffer, der opfylder funktioner som f.eks.

- vaskeaktive stoffer
- kompleksdannere
- konserveringsmidler
- opløsningsmidler
- duftstoffer
- voks og stabilisatorer

For mange af disse stoffer er miljøegenskaberne ikke undersøgt særlig godt, eller de er i hvert fald vanskelige at få oplysninger om fra producenten. Vurderingen af økotoksicitetspotentialerne er således ofte baseret på et ganske spinkelt datagrundlag.

| Effekttype | Effektpotentiale | |
|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| | Enhed | Pr. produkt pr. levetid |
| Globale effekter | | |
| Drivhuseffekt | g CO ₂ -ækv | 1.08.200 |
| Regionale effekter | | |
| Forsuring | g SO ₂ -ækv | 1.200 |
| Næringssaltbelastning | g NO ₃ -ækv | 600 |
| Fotosmog | g C ₂ H ₄ -ækv | 4 |
| Human toksicitet (vand) | m ³ vand | 19.700 |
| Økotoksicitet (vand, kronisk) | m ³ vand | 25.874 |
| Lokale effekter | | |
| Human toksicitet (jord) | m ³ jord | 200 |
| Økotoksicitet (vand, akut) | m ³ vand | 6.020 |
| Human toksicitet (luft) | m ³ luft | 68.000.000 |
| Økotoksicitet (jord) | m ³ jord | 1.441 |
| Færligt affald | g | 90 |
| Radioaktivt affald | g | 0,3 |
| Slagge og aske | g | 3.700 |
| Volumenaffald | g | 12.700 |

Tabel 7. Omregning af udvekslingerne til miljøeffektpotentialer

I tabel 8 fremgår det, at over 90% af økotoksicitetspotentialiet for vand skyldes tre af stofferne: en sekundær alkansulfonat, stoffet difedtsyre-isopropylester-dimethylammonium-methosulfat samt et fedtalkohol-ethoxylat, der alle er vaskeaktive stoffer, og som kun udgør en fjerdedel af den samlede mængde af udledte stoffer fra højtryksrensens brugsfase. Data for de to sidste stoffer er meget mangelfulde. Når datagrundlaget er spinkelt, vælges det mest konservative tal. Derfor fås meget store effektfaktorer for disse to stoffer.

Som det eneste af de stoffer, der er udledt til vand, bidrager terpine alkohol, der er et duftstof til økotoksicitetspotentialiet i jord. Det skyldes, at terpine alkohol er så flygtigt, at det fordamper fra vandmiljøet, hvorefter en del af det afsættes til jordmiljøet. Evnen til at fordampe og afsættes igen er indeholdt i økotoksicitetsfaktoren for jord for stoffer der udledes til vand.

Udover økotoksicitet er de væsentligste potentielle bidrag drivhuseffekt, forsuring og diverse affaldstyper.

Bidraget til fotosmog er meget lille, og bidrag til ozonnedbrydning forekommer slet ikke.

Tabel 8. Udregning af økotoksicitetspotentialer for kemikalier udledt til vand direkte eller via renseanlæg. For hvert stof er vist den udledte mængde i g og effektfaktoren for henholdsvis akutte effekter, kroniske effekter og effekter i jord. Desuden er mængderne omregnet til økotoksicitetspotentialer for hver effekttype

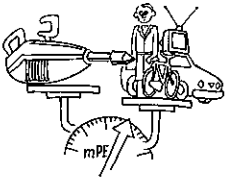
| Forbindelse | Mængde | Vand, akut | | Vand, kronisk | | Jord, kronisk | |
|---|--------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|
| | | Effekt-faktor | Økotoksi-citetspot. | Effekt-faktor | Økotoksi-citetspot. | Effekt-faktor | Økotoksi-citetspot. |
| Enhed | g | m3/g | m3 | m3/g | m3 | m3/g | m3 |
| Fedtalkoholethersulfat (C12-14), Na salt | 24,5 | 8,8 | 214,91 | 17,5 | 429,82 | 0 | 0,00 |
| Difedtsyreisopropylesterdimethylammoniummethosulfat | 20 | 100 | 2000,00 | 500 | 10000,00 | 0 | 0,00 |
| Fedtsyre (C14-18)-2-ethylhexyl-ester | 3,9 | 0,32 | 1,25 | 10,7 | 41,62 | 0 | 0,00 |
| Laurylamin ethoxylat, 10 EO | 16 | 3,6 | 58,18 | 18,2 | 290,91 | 0 | 0,00 |
| Terpine alkohol | 11,25 | 5,0 | 56,25 | 25,0 | 281,25 | 2,3 | 26,19 |
| Diethylenglycolmonobutylether | 152,5 | 0,0077 | 1,17 | 0,038 | 5,87 | 0 | 0,00 |
| 1,2-benzisothiazolin-3-one | 0,375 | 10,0 | 3,75 | 100 | 37,5 | 0 | 0,00 |
| Sekundær alkansulfonat (C13-17), Na salt | 70,55 | 24,4 | 1720,73 | 150 | 10710,76 | 0 | 0,00 |
| Nitriotrieddikesyre, 3 Na salt | 70,8 | 0,038 | 2,72 | 0,077 | 5,45 | 0 | 0,00 |
| Fedtalkohol alkoxyat forforsyreester | 0,4 | 3,3 | 1,33 | 6,7 | 2,67 | 0 | 0,00 |
| Aminosulfonsyre | 1 | 7,0 | 7,04 | 14,1 | 14,08 | 0 | 0,00 |
| Fedtalkohol (C12-18) ethoxylat, 8EO | 19,1 | 100 | 1910,00 | 200 | 3820,00 | 0 | 0,00 |
| Kvarternært kokosfedtamin ethoxylat | 5,6 | 7,7 | 43,08 | 38,5 | 215,38 | 0 | 0,00 |
| Fedtsyre (C8-10), Na salt | 1,52 | | 0,00 | | 0,00 | | 0,00 |
| Ialt | | | 6020,42 | | 25855,32 | | 26,19 |

Ressourceforbrug og potentialer for arbejdsmiljøeffekter

Tallene i tabel 6, udtrykt i g ressourcer og timer arbejdsmiljøbelastning, er direkte udtryk for potentialerne og anvendes i den videre vurdering.

Størrelsen af produktets bidrag

Bidraget til potentielle effekter fra højtryksrensens sættes i forhold til en persons gennemsnitlige bidrag. Det kaldes en normalisering og gør det nemmere at sammenligne størrelsen af de forskellige bidrag indbyrdes. Størrelsen af højtryksrensens bidrag er dermed udtrykt i personækvivalenter, eller rettere i millipersonækvivalenter (mPE), som er produktets bidrag i promille af en gennemsnitspersons bidrag. For alle bidrag er 1990 brugt som referenceår.



I tabel 6 var ressourceforbruget domineret af de fossile brændsler. Ser man på de normaliserede bidrag i figur 10a, er kobber og aluminium de største. Kobber og aluminiumforbruget udgør hermed en større relativ andel af gennemsnitspersonens forbrug end de fossile brændsler i 1990.

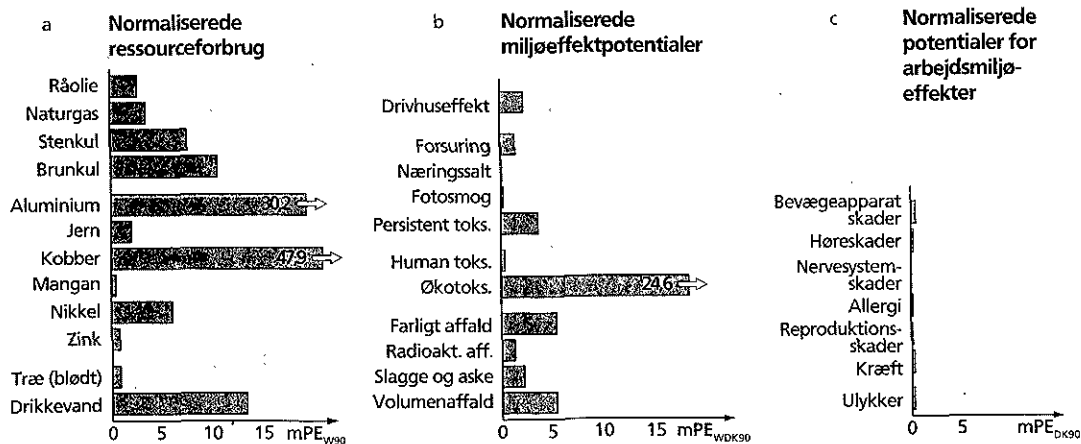
For miljøeffekter er der lavet en sammenlægning af flere toksiske effekter. Human toksicitet betegner toksicitet i luft for mennesker. Økotoksicitet svarer til den akutte toksicitet i vand, mens persistent toksicitet er den kroniske eller vedvarende toksicitet både for mennesker og økosystemer. For miljøeffekterne er det økotoksiciteten, der vejer tungest. Når den persistente toksicitet giver væsentligt lavere bidrag end økotoksicitet, skyldes det, at rengøringsmidlerne er relativt let nedbrydelige.

Det samlede årlige forbrug af rengøringsmidler til tøjvask og anden rengøring var i 1990 51,6 kg pr. person pr. år (Damborg og Thygesen, 1991). Til sammenligning anvender højtryksrensere i gennemsnit 1 kg rengøringsmiddel pr. år. Tallene er dog vanskelige at sammenligne direkte, da indholdet af vaskeaktive stoffer kan være forskelligt.

Rengøringsmidlernes andel til økotoksicitet i form af detergenter fra renseanlæg udgjorde 6% af det samlede økotoksicitetspotentiale for en gennemsnitsdansker i 1990. I Figur 10b ses, at det normaliserede bidrag til økotoksicitet fra rengøringsmidler til højtryksrensere svarer til godt to procent. Det vil sige, at en højtryksrenser bidrager med mere end en tredjedel af bidraget fra en persons gennemsnitsforbrug af detergenter inkl. industriens forbrug. Det høje tal skyldes især, at kun en lille del af rengøringsmidlerne ledes til et renseanlæg i det anvendte scenario for højtryksrensere.

Normaliseringen betyder for arbejdsmiljø, at det aktuelle bidrag sættes i relation til den gennemsnitlige belastning pr. arbejdstager i Danmark pr. år. Alle de normaliserede figurer i figur 10 har samme skalering for at lette sammenligning. Det er derfor tydeligt, at bidraget til arbejdsmiljøeffekter, vist i figur 10c, er væsentlig mindre end miljøeffekter og ressourcebidrag, hvilket sandsynligvis primært skyldes, at kun en lille del af livsforløbet er dækket ind i arbejdsmiljøop-

Figur 10. Normalisering af ressourceforbrug og effektpotentialer for højtryksrensere



gørelsen. Det relativt største bidrag er potentielle bevægeapparatskader, som især forekommer ved montage.

Væsentligste effektpotentialer

De normaliserede værdier udtrykker bidraget til miljøeffekterne i forhold til en gennemsnitspersons bidrag. Det viser imidlertid ikke i hvor høj grad, at bidraget er kritisk. F.eks. vil visse ressourcer være opbrugt om få årtier med uændret forbrug. Da det ikke er muligt at

bestemme det tilladelige niveau objektivt, foretages en vægtning. Baggrunden for de forskellige vægtningsfaktorer er beskrevet af Wenzel et al., 1996.

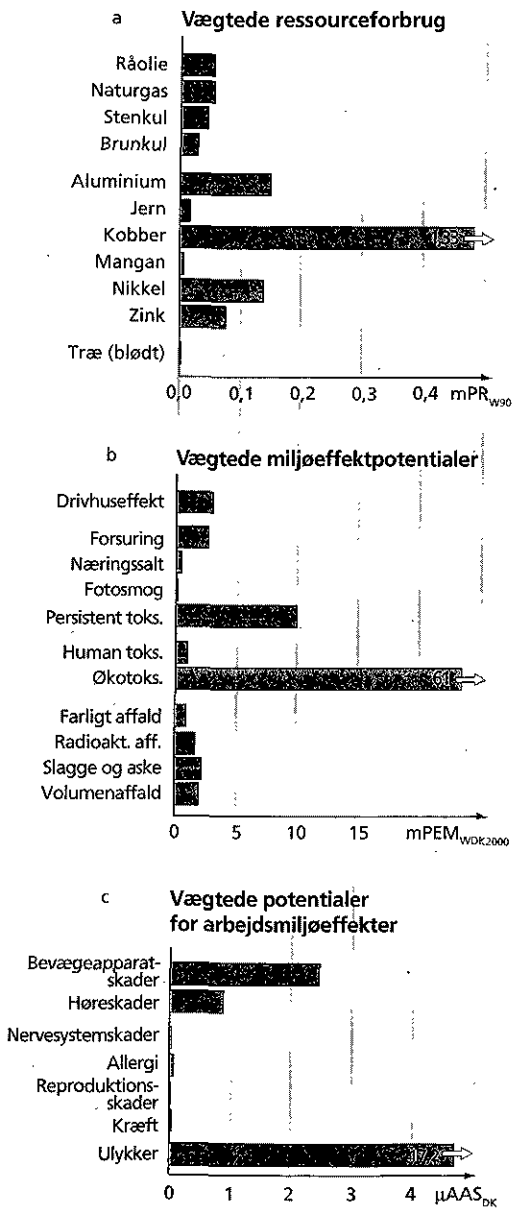
Da vægtningsprincipperne for de forskellige påvirkninger ikke er ens, kan de vægtede profiler ikke sammenlignes indbyrdes mellem ressourceforbrug, miljøeffektpotentialer og potentialer for arbejdsmiljøeffekter, men kun internt mellem de forskellige typer af ressource, miljø- og arbejdsmiljøeffekter. De brugte enheder er beskrevet nærmere i Danfoss-eksemplet.

For ressourcer anvendes en vægtning i forhold til de kendte reservers størrelse. Den vægtede ressourceprofil i figur 11a viser, at kobber nu er den altoverskyggende ressource. Dette skyldes, at forsyningshorisonten for kobber er kort. Aluminium og jern, som udgør de største bidrag mht. mængder, har lavere vægtningsfaktorer. Læg mærke til nikkel, som på trods af en lille mængde prioriteres højt i den vægtede profil pga. den korte forsyningshorisont.

Miljøeffektpotentialerne vægtes ud fra internationale eller nationale politiske reduktionsmål for år 2000. For miljøeffekter er det stadig toksiciteten, der vægtes tungest, se figur 11b. Økotoksicitet og persistent toksicitet er meget entydigt de største prioriteter.

Vægtningsfaktorerne for arbejdsmiljø udtrykker anmeldte arbejdsskader. Når de normaliserede værdier vægtes, fremkommer potentielle anmeldte arbejdsskader pr. produkt.

I den vægtede profil for arbejdsmiljø, se figur 11c, har potentialet ulykker den største prioritet. Bevægeapparatskader og høreskader har også relativ høj vægt. Begge typer stammer hovedsageligt fra produktionen, men el-produktionen bidrager med ca. 20% af de forventede høreskader.



Figur 11. Vægtede ressourceforbrug og effektpotentialer for højtryksrensere

Grunden til at det forventede anmeldte ulykkestal er så stort er, at der anmeldes mange flere ulykker end øvrige arbejdsskader. Anmeldelse af ulykker, der medfører sygefravær, er lovpligtig, mens andre arbejdsbetingede lidelser først anmeldes på baggrund af en opstået sygdom, når den er vurderet til at være arbejdsbetinget.

Væsentligste kilder til effektpotentialer

I det foregående er der vist de totale miljøpåvirkninger for hele livsforløbet. Hvis miljøpåvirkningen skal reduceres, er det imidlertid vigtigt at vide, hvor bidragene kommer fra. Kilderne til miljøpåvirkninger opdeles i figur 12a og b på materialeforbrug, bortskaffelse, hjælpestoffer, el-forbrug, termisk energi og overhead, dvs. administration, opvarmning og belysning. Disse kategorier kan samles i MEKA-princippet, se tabel 9.

MEKA-opdelingen bruges senere til at udtrykke hvilke kilder, der påvirkes ved ændringer i produktet.

Inddelingen er nyttig for produktudvikleren, fordi hendes valg tydeligt afspejles i kildeinddelingen. Figuren viser, hvilke kilder, der giver de største bidrag, og hvor der bør sættes ind først. Ressourcerne bruges næsten udelukkende til materialer og el-energi. El-fremstillingen anvender fossile brændstoffer, og til materialer anvendes både fossile brændstoffer og metaller. Råolie og naturgas anvendes til fremstilling af plast.

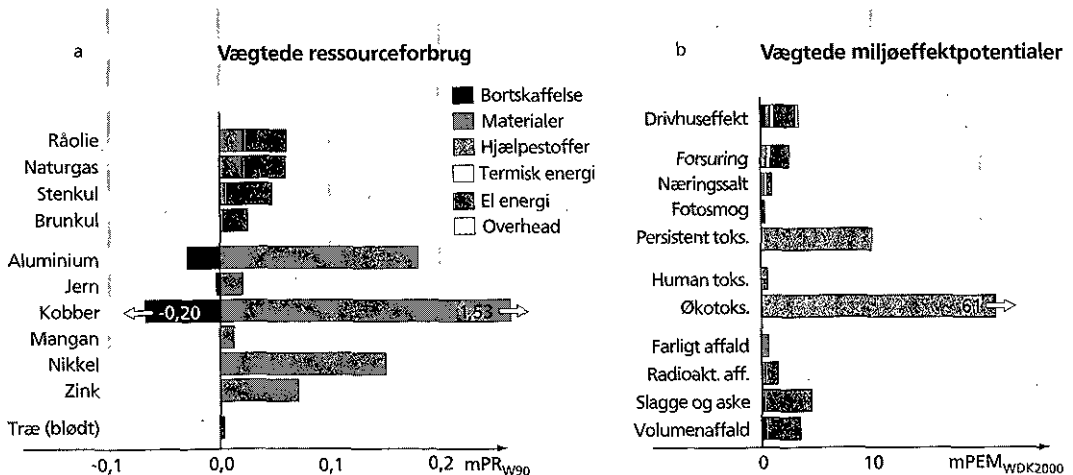
For miljøprofilen fås et mere nuanceret billede. Materialeforbruget og el-forbruget bidrager især til drivhuseffekt, forsuring og diverse affaldskategorier. Termisk energi dækker over forbrænding af f.eks. olie eller kul. I denne sammenhæng vil det typisk være transporten, dvs. forbrænding af diesel, der ses i figur 12b. Anvendelse af kemikalier indgår under hjælpestoffer. Økotoksicitetspotentialet sammer udelukkende fra kemikalieforbruget.

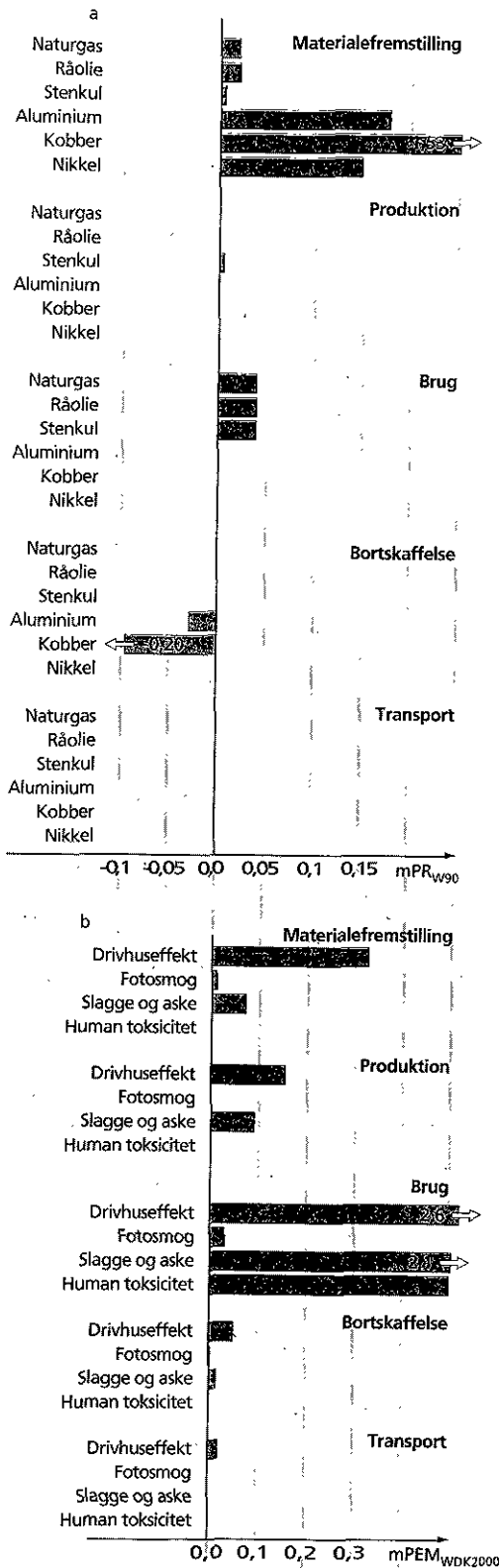
De væsentligste kilder til miljøeffektpotentialer for højtryksrensere er således el-forbruget og kemikalieforbruget. For ressourceforbruget er det kilden: materialer, der giver et stort forbrug af kobber.

| Materialer | |
|------------|------------------------------|
| Materiale | - forbrug - bortskaffelse |
| Processer | |
| Energi | - termisk - el |
| Kemikalier | - hjælpestoffer |
| Andet | - overhead |

Tabel 9. Kilder til ressourceforbrug og effektpotentialer opdelt efter MEKA-princippet

Figur 12. Vægtede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer opdelt på kildetyper





Væsentligste faser i livsforløbet

Fordeling af miljøeffekterne på de forskellige faser giver ligesom inddelingen på kilder viden om, hvilke dele der er de mest belastende. For at lette overskueligheden er kun enkelte ressourcer og miljøeffekttyper valgt. Effekterne er valgt på baggrund af kildeinddelingen i figur 12a og b.

For ressourcer er der valgt naturgas, råolie og stenkul samt aluminium, kobber og nikkel. Flere forskellige fossile brændstoffer er valgt, fordi nogle næsten udelukkende indgår i el-produktion (stenkul), mens råolie også er et råmateriale, der anvendes til fremstilling af plastic. Naturgas anvendes til el-produktion og diverse materialefremstilling.

Ressourceforbruget er vist i figur 13a. Aluminium indgår i store mængder i produktet, men det har en ret lang forsyningshorisont, og den vægtede værdi er derfor ikke stor. Kobber og nikkel er metaller med kort forsyningshorisont. De vægtede værdier bliver derfor store på trods af mindre mængder. Nikkel anvendes som legeringselement i rustfrit stål.

Bidragene fra naturgas, råolie og stenkul er små i sammenligning med metallerne. Det største forbrug ligger i brugsfasen. Råolie og naturgas bruges også til materialefremstilling; råolie som direkte råvare, naturgas som råvare og i f.eks. stålproduktion.

For metallerne ligger bidraget naturligt nok i fremstillingsfasen af materialet. Læg mærke til det negative bidrag ved bortskaffelse, der udtrykker en godskrivning for ressourceforbrug ved genvinding af materialet.

De valgte miljøeffekter, som ses i figur 13b, er drivhuseffekten, fotosmog samt human toksicitet. Desuden vises slagge og aske som repræsentant for affaldskategorierne.

Affaldet stammer især fra el-produktion.

Som repræsentant for de toksiske effekter er human toksicitet valgt. Denne effekt er den numerisk mindste. Grunden til at de øvrige ikke er valgt er at de udelukkende stammer fra kemikalier i brugsfasen. Det giver derfor ikke mening at lave en yderligere opdeling på faser.

Figur 13a. Vægtet ressourceforbrug opdelt på faser i livsforløbet
Figur 13b. Vægtede potentialer for miljøeffekter opdelt på faser i livsforløbet

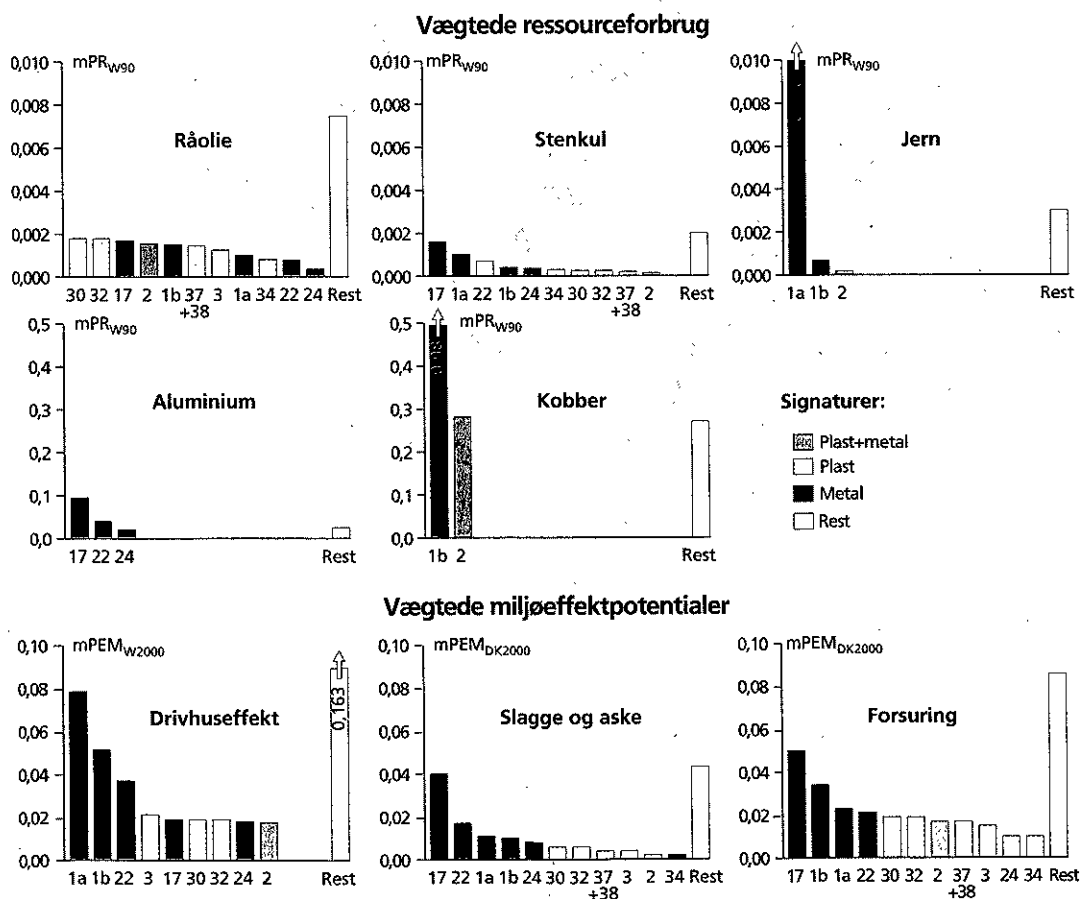
Drivhuseffektpotentialiet har højst prioritet bortset fra de toksiske effekter. Drivhuseffekten kommer fra el-produktion. Forsuring, som også kommer fra el-produktion, er proportional med drivhuseffekten og kan derfor findes i tabel 7. Fotosmog dannes ved en kemisk reaktion mellem f.eks. kvælstofoxider og flygtige organiske forbindelser. Reaktionsproduktet er ozon. I forbindelse med transport og øvrig forbrænding, hvor der udsendes kvælstofoxider, opstår der fotosmog.

For drivhuseffekten kommer det væsentligste bidrag fra brugsfasen og hermed el-produktionen. Bidragene fra de øvrige faser stammer også fra el-produktion. Fotosmog'en er nogenlunde jævnt fordelt på alle faser og igen med brugsfasen som den væsentligste. Human toksicitet stammer udelukkende fra brugsfasen.

Væsentligste komponenter

Som en del af grundlaget for prioriteringen i produktudviklingen vises, hvilke komponenter der er de mest miljøbelastende. Desværre har det ikke været muligt at få oplysninger om arbejdsmiljø på komponentniveau. Dette er især vanskeliggjort af, at hovedparten af produktionen er udført hos underleverandører.

Figur 14. Topscorere blandt højtryksrensens komponenter



I denne opgørelse for komponenter er kun materialefremstilling og produktion medtaget. Der ses altså kun på belastningen af komponenten inden montage. De vægtede værdier er vist i figur 14. Der er for hver af de udvalgte ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer lavet en topscorerliste, der viser, hvilke komponenter der giver de største bidrag.

Plasttypen ABS anvender råolie som råvare. Derfor har de store kabinetskaller (nr. 30 og 32), der omgiver højtryksrensere et væsentligt olieforbrug.

Stenkul, som stort set kun anvendes til el-produktion, har gearhuset af aluminium som topscorer. Det skyldes el-forbruget til aluminiumproduktion og de yderligere fremstillingsprocesser, der er tilknyttet. Gearhuset har desuden et stort forbrug af råolie, som også stammer fra el-produktion. Øvrige topscorere af fossile brændsler er motoren, der er inddelt i rotor (1a) og stator (1b), cylinderhus (22) og el-kabel (2) fremstillet af polyethylen, se figur 2. På figur 2 er motoren ikke opdelt i a og b.

Forbruget af aluminium, jern og kobber er koncentreret om ganske få emner. Aluminium findes i gearhus (17), cylinderhus (22) og topstykke (24). Jern findes i motoren (1a og 1b), og kobber findes i motor (1a) og kabler (2).

De viste miljøeffektpotentialer stammer hovedsageligt fra el-produktion. Topscorerne er derfor de samme som for forbruget af stenkul. Forskellene i rangordenen skyldes bl.a. at materialeproduktionen foregår i forskellige lande med hver sin fordeling af brændsel til el-produktionen. Anvendelse af kul til el-produktionen giver f.eks. mere slagge og aske pr. kWh end el produceret af naturgas.

Videnmangel, usikkerheder og følsomheds-vurderinger

Materialefasen

Data for stål og aluminium er ret veldokumenterede og bygger på data fra specifikke værker, se tabel 5. En vurdering på basis af arbejdsmiljødata for stål viser, at bidraget er en faktor tusind mindre end den samlede arbejdsmiljøbelastning for produktet. Det skønnes derfor ikke, at bidraget fra arbejdsmiljø for de øvrige materialer vil kunne ændre resultatet væsentligt.

For plastmaterialerne er data gennemsnitstal, som skønnes at kunne variere indenfor $\pm 50\%$, for emissioner muligvis mere.

For udvinding af metalmalm er affaldsmængderne vurderet lavt, da det i flere tilfælde ikke har været muligt at skaffe data om den mængde malm, der er nødvendig til 1 kg metal.

Produktionsfasen

Produktionen af højtryksrensere tager udgangspunkt i slutledet, som er KEW. Produktionsprocesser, som udføres hos KEW er beskrevet godt. Montage, afprøvning og reparation er dog ikke medtaget mht. energi-, materiale- og kemikalieforbrug, men arbejdsmiljøeffekterne indgår i den samlede vurdering af arbejdsmiljøet. Derimod er kun nogle processer hos underleverandørerne beskrevet. De processer, der er taget med, vurderes til at være de mest energitunge. Usikkerheden på de enkelte el-målinger skønnes at være 10%. For

emissioner vil usikkerheden være større, fordi målingerne er øjeblikksmålinger, og emissionerne varierer som funktion af tiden. El-målingerne bliver omsat til ressourceforbrug og effektpotentialer ud fra antagelser om el-produktionen. Data for el-produktion er opsamlet for specifikke år, og ændringer i fordelingen mellem forskellige brændsler samt effektivitet af værket har indflydelse på størrelsen af miljøpåvirkningen.

Brugsfasen

Forbruget af rengøringsmidler er modelleret ud fra antagelser og oplysninger om salgsfordeling. Rengøringsmidlernes videre skæbne efter udledning bygger på antagelser om, hvor meget der går til jord, vand eller renseanlæg. Disse antagelser har stor betydning for størrelsen af de toksiske effekter. For flere af brugstyperne er "worst case" valgt, dvs. at rengøringsmidlerne udledes direkte til recipienten, som er slutmodtageren, f.eks. jord eller vand. Dette gælder ikke for bilvask, hvor vandet antages at gå til kloak og videre til renseanlæg. Dette er en rimelig antagelse i Danmark, hvor 90% af vandet, der sendes i kloakken, går igennem et renseanlæg. I andre lande kan denne andel være meget mindre.

Selve beregningen af toksicitetspotentialer er ret usikker, da datagrundlaget for flere af stofferne er spinkelt.

Da aerosolerne, der dannes ved rengøring med kemikalier, ikke er medtaget, omfatter human toksicitet kun bidrag fra el-produktionen.

Antagelserne om, hvor meget elektricitet og vand og hvor mange kemikalier, der benyttes i brugsfasen, er baserede på skøn og forsøg. El-forbruget kan opgives ret nøjagtigt, men kemikalie- og vandforbruget er sværere at bedømme. Forbruget af kemikalier er baseret på salg af KEW's egne produkter. Ifølge Damborg og Thygesen, 1991, udgjorde højtryksrengøringsmidlerne 1,3% af den samlede mængde af rengøringsmidler i 1991. Det anslåede forbrug på 5 l rengøringsmiddel i højtryksrensersens levetid, svarende til 1 l eller 1 kg pr. år, udgør 1,9% af det samlede forbrug pr. person pr. år. Den anslåede mængde lyder derfor rimelig, men er måske højt sat.

Vandforbruget er baseret på målinger foretaget af KEW og er vanskeligt at vurdere.

Driftstiden er vurderet til 125 timer med en usikkerhed på ±20 timer.

Bortskaffelsesfasen

Antagelser om bortskaffelsesveje for højtryksrenserseren er baserede på forespørgsler til hovedmarkederne, men de må vurderes som usikre, da svarprocenten har været lille. Generelt er andelen af genbrug sat meget lavt. Dette gælder f.eks. antagelsen om, at emballage ikke genvindes, og at kun 15% af produkterne sendes til skrothandler. I simuleringen vises betydningen af en genvindingsgrad på 100% for metallerne.

2. Miljødiagnose for en højtryksrenser- Hobby 70

Miljøvurderingen i forgående kapitel viser, hvor de væsentligste miljøpåvirkninger findes. Den siger derimod ikke noget om, hvad der kan gøres bedre.

Forbedringspotentialer klarlægges i diagnosen. Elementerne heri er simulering af ændringer og udpegning af konstruktionsmæssige problemer og muligheder.

Simulering af ændringer i højtryksrenseren eller dens livsforløb

Simuleringerne er foretaget indenfor de fire kategorier i MEKA:

- Materialer
- Energi
- Kemikalier
- Andet

For materialer er der valgt at se på øget genbrug og substitution af materialer. Kategorien energi har to simuleringer: Nedsættelse af energiforbruget i produktionsfasen og nedsættelse af el-forbruget i brugsfasen. Kemikalieforbruget indgår i simuleringen af bådvaske til renseanlæg, og levetiden repræsenterer andet. Figur 15 viser de effekttyper, som den aktuelle ændring har væsentlig effekt på. En del af ændringerne er indføjet i nye produkttyper, og bliver beskrevet i kapitel 4 om miljøhensyn i nye produkter.

Materialeforbrug og bortskaffelse

I det nuværende bortskaffelsesscenario er det kun 15% af metallet, der genbruges. Denne andel bør realistisk kunne forøges. I simuleringen er valgt en 100% genvinding af metal, som ses på figur 15a. Dette forbedringsalternativ har indflydelse på ressourceforbruget af aluminium, jern og kobber. Her reduceres ressourceforbruget til en tredjedel.

En anden mulighed inden for materialer er substitution af primære metaller med sekundære metaller. Dette giver en besparelse på ressourcer og for nogle metaller også en reduktion af energiforbruget. Sekundær aluminium kræver kun ca. 20% af den energi, der går til fremstilling af primær aluminium. For stål er energireduktionen kun en faktor 2 fra primær til sekundær. Den aluminium, der benyttes i højtryksrenseren, er i forvejen sekundær, men stålet er primært. Udskiftning af primært stål med sekundært vil give en halvering af jernforbruget. Dette er ikke vist på figuren.

Energiforbrug

Der er simuleret en 25% reduktion af el-forbruget i produktionsfasen og en 50% reduktion i brugsfasen, som er vist i figur 15b.

En reduktion i produktionsfasen har en synlig omend lille indflydelse på de viste effekter. Ændringen ligger på niveauet 1-2%. Da el-forbruget i produktionsfasen udgør en relativt lille del af det samlede forbrug, vil reduktioner i denne fase have meget lille effekt på

det samlede bidrag. De 25%, som er valgt her, ligger oven i købet i overkanten af, hvad der er realistisk.

Det store udslag fås ved ændringer i brugsfasen. En reduktion på 50% vil her betyde en reduktion på ca. 40% af de totale effekter. Reduktionen på 50% i brugsfasen virker voldsom, men en ændring af dysens udformning forventes at kunne give reduktioner i den størrelsesorden.

Kemikalieforbrug

Kemikalierne er årsag til en væsentlig del af effektpotentialerne. Bådvaske giver det største bidrag til økotoksicitetspotentialerne. Dette skyldes dels indholdet af rengøringsmidlet, dels at rengøringsmidlet antages udledt direkte til vand og uden om renseanlæg. Det er dog ikke urealistisk at lede vandet til renseanlæg, hvilket kan ske, hvis bådene vaskes på land, og vandet løber i kloakken. Gennem renseanlægget reduceres persistent toksicitet og økotoksicitet væsentligt. At lede vandet fra bådvasken gennem renseanlæg i stedet for direkte til vand får derfor stor betydning for det samlede billede for højtryksrensere som vist i figur 15c.

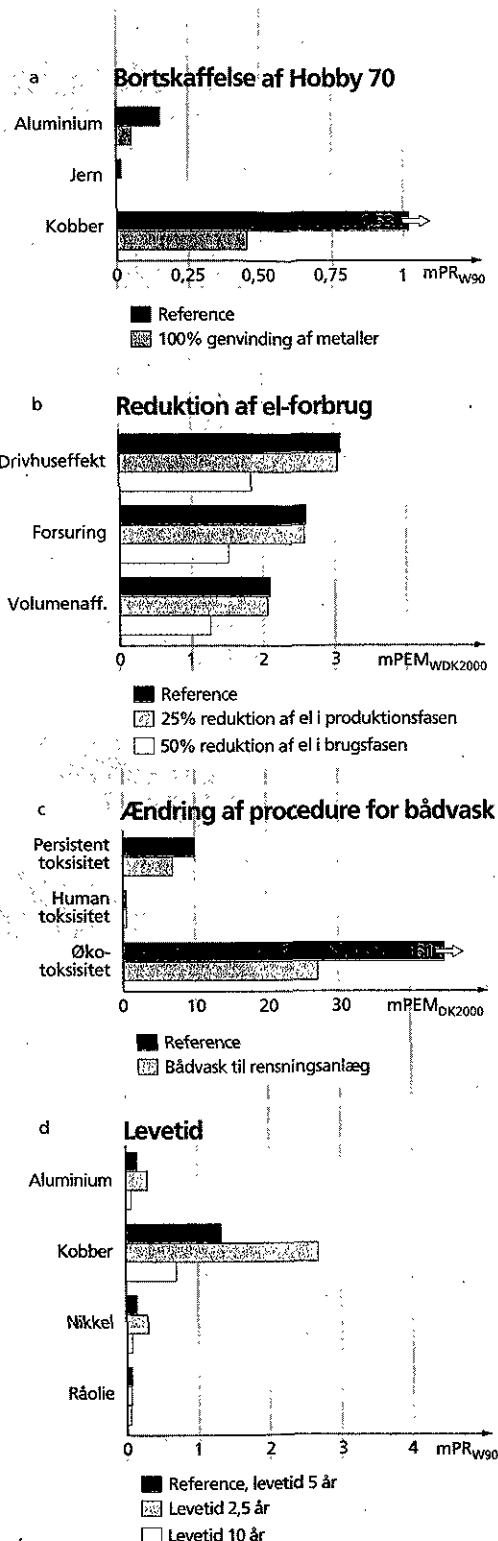
Såvel persistent toksicitet som økotoksicitet reduceres samlet med en tredjedel.

Human toksicitet er uændret, og det skyldes, at bidraget hertil kommer fra el-forbruget.

Andet - levetid

Ved simulering af ændringer i levetiden, som er vist i figur 15d, holdes driftstiden pr. år konstant. Da de vægtede værdier for miljøeffekterne tager hensyn til levetiden af produktet, bliver den funktionelle enhed således den samme uanset levetid. Dette betyder samtidig, at ressourceforbruget til el-produktion bliver uafhængigt af levetiden. Derimod vil ressourceforbruget til fremstilling af højtryksrensere påvirkes af ændringer i levetiden.

For ressourceforbruget til materialer, er der en direkte sammenhæng mellem levetid og forbrug. En fordobling af levetiden til 10 år giver en halvering af ressourceforbruget af aluminium, kobber og nikkel. Det samme gælder den del af råolieforbruget, der indgår i



Figur 15a, b, c, d. Simulering af ændringer i produktet eller dets livsforløb

184

fremstillingen af plast. En halvering af levetiden til 2,5 år betyder tilsvarende, at ressourceforbrugene fordobles, da de vægtede værdier er normaliserede mht. det årlige forbrug.

Opsamling på simuleringer

De væsentligste miljøeffekter, der påvirkes af simuleringerne er: Økotoksicitetspotentialer samt ressourceforbrug af metaller og fossile brændsler. Nedsættelse af el-forbruget i brugsfasen giver store reduktioner i forbruget af fossile brændstoffer og dermed også reduktion af potentialerne for drivhuseffekt og forsurening. Optimeringen af energiforbruget har derfor højeste prioritet.

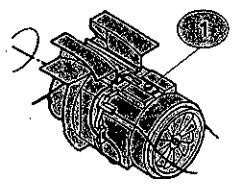
Generelt vil øget udledning til renseanlæg give lavere økotoksicitetspotentialer, da en stor del af stofferne nedbrydes i renseanlægget. Rengøringsmidler, som indeholder kompleksdannere, kan dog give en udvaskning af tungmetaller fra renseanlægget. En vurdering af muligheder for nedsættelse af økotoksicitetspotentialer bør have høj prioritet.

Ressourceforbruget af metaller kan reduceres væsentligt ved øget genbrug af produktet. Da materialet allerede indeholder store mængder sekundære metaller, vil en udskiftning af primær med sekundær kun have en lille effekt.

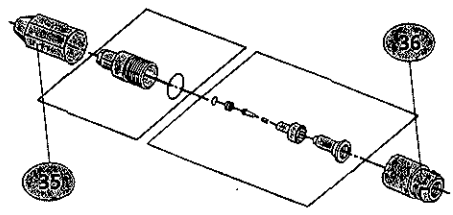
Hvor i produktet sidder forbedringspotentialerne

Miljøvurderingen har vist, hvilke effektpotentialer der er de væsentligste, og hvilke komponenter, faser og kilder, der giver de største bidrag. Udpegningen foregår på koncept, struktur og komponentniveau. De områder, som allerede er indsatsområder, er beskrevet i kapitel 4, som omhandler miljøhensyn i nye produkter.

Tabel 10. Eksempler på fokuspunkter på konceptniveau



Tomgang: Motoren på højtryksrensere kører i tomgang selv om renseren ikke anvendes aktivt.
Alternativ: Hvis motoren automatisk stoppes, når der ikke renses, vil der kunne spares energi. Dette kan opnås ved automatisk start/stop regulering i en eller anden form.



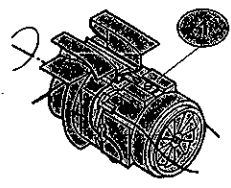
Dyse: Det er dysens udformning, som bestemmer vandstrålens form og trykbølge. Vandstrålen kan f.eks. være pulserende eller kontinuerlig. Dyseudformningen kan således have betydning for den tid, den enkelte rengøringsopgave tager samt for vand og kemikalieforbruget.
Alternativ: Forbedret dyse kan spare energiforbruget i brugsfasen og kan muligvis føre til, at visse rengøringsopgaver kan klares helt uden brug af kemikalier. Dette har betydning for miljøeffektpotentialerne, persistent toksicitet og økotoksicitet.

Kemikaliedosering: De største effektpotentialer for produktet stammer fra brug af kemikalier. Hvis kemikalierne kan bruges mere effektivt med mindre spild, fås en reduktion af bidragene til toksicitet.
Alternativ: Hvis kemikalierne opskummes før de når den overflade, der skal rengøres, vil renseseffekten være større. Opskumningen opnås ved at tilføre rengøringsmidlet lige før dysen. Besparelsen for kemikalier er 50%.



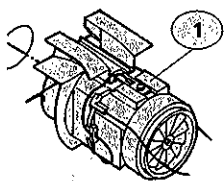
Rengøringsmiddel emballage: Emballagen af rengøringsmidlerne er typisk polyethylen (PE), som kræver råolie som ressource.
Alternativ: Anvendelse af mere koncentrerede rengøringsmidler betyder besparelse af emballage. En fem gange så koncentreret opløsning vil give en besparelse for PE på 70%.
Levetid: Ressourceforbruget for de materialer, der indgår i selve produktet, reduceres hvis levetiden forøges.
Alternativ: Indførsel af automatisk start/stop forventes at give en levetidsforøgelse på 5%. Andre alternativer diskuteres under strukturvalg.

Tabel 11. Eksempler på fokuspunkter på konceptniveau



Motorens virkningsgrad: En forøgelse af motorens virkningsgrad vil give et lavere energiforbrug.
Alternativ: En mulighed er at benytte en anden motortype, f.eks. en forbrændingsmotor. Det tyder dog ikke på, at denne motortype vil give nedsat energiforbrug.
Materiemængde: Produktets miljømæssige belastning hænger sammen med vægten af produktet. Den ressourcemæssige belastning vil desuden påvirkes af genbrugsraten og levetiden af produktet.
Alternativ: En reduktion af materiemængden kan ske ved funktions- og komponentintegration.

Table 12. Eksempler på fokuspunkter på komponentniveau. Materialer

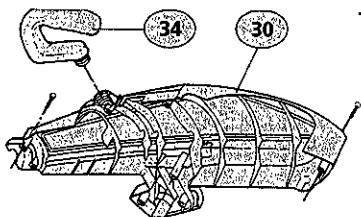


Kobber: Når ressourceforbruget vægtes, giver kobber det største bidrag. Kobber findes i motoren og i ledninger.

Alternativ: Der findes motorer uden kobber, men virkningsgraden er dårligere. Kabler kan forsøgsvis laves i aluminium.

Rustfrit stål: Nikkel indgår som legeringselement i rustfrit stål. Da nikkel er en knap ressource, bliver det vægtede bidrag stort på trods af den lille mængde. Da produktet indeholder så små mængder rustfrit stål, vil det være urealistisk med en manuel separation ved bortskaffelse. Når produktet sendes igennem en shredder, vil nikkelindholdet gå tabt.

Alternativ: Rustfrit stål kan i nogle tilfælde erstattes af en plastkomposit.

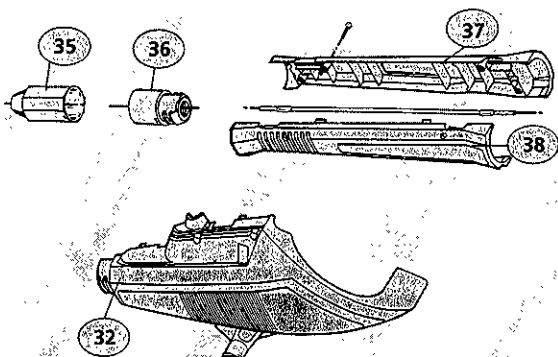


ABS: Produktet indeholder store mængder ABS, som formgives ved sprøjtstøbning. Især under sprøjtstøbning afgives kræftfremkaldende stoffer, f.eks. styren.

Alternativ: Man kan vælge et andet materiale eller styre processen, så den holdes indenfor et temperaturinterval, hvor der ikke frigives kræftfremkaldende stoffer.

Genbrug: En vigtig forudsætning for genbrug på så højt niveau som muligt er, at det er muligt at separere de forskellige materialer.

Alternativ: En mærkning af alle materialer vil gøre separation mulig.



Eksempler på fokuspunkter på komponentniveau. Andet

Kemikalier: Kemikalierne i rengøringsmidlerne giver et stort bidrag til toksiciteten.

Alternativ: Udover de allerede nævnte muligheder kan der foretages kemikaliesubstitution, så der anvendes stoffer, der er lettere nedbrydelige og mindre toksiske.

Vandforbrug: Vaskeprocessen forbruger store mængder vand.

Alternativ: Anvendelse af opsamlet regnvand eliminerer vandforbruget

Hvor i omgivelserne findes forbedringspotentialerne

Nogle miljøproblemer eller forbedringspotentialer ligger udenfor selve produktet. Det kan være samfundsbestemte årsager eller traditioner.

El-systemet: Nyttetvirkningen ved el-produktion er lav, jf. beskrivelsen i eksemplet fra Gram A/S.

Separat kloakering: De store værdier for toksicitet fra rengøringsmidlerne skyldes især, at en del af vaskevandet går direkte til recipienten, f.eks. havet. Ved afløb til kloak kan en del af vandet sendes direkte til søer og åer, fordi der visse steder er kloakeret separat, dvs. regnvand m.m. ledes uden om renseanlæg i separat regnvandsudledning. I denne sammenhæng er det en ulempe fordi vaskevandet fra f.eks. bilvask i sådanne tilfælde ledes uden om renseanlægget.

3. Miljømålsætning for produkttypen

I kapitel 1 og 2 om miljøvurderingen og miljødiagnosen blev fokus-punkterne for produktet udpeget. Erfaringerne herfra og en forretningsmæssig vurdering danner grundlag for miljømålsætningen for produkttypen.

Konkurrencerammer

De vigtigste konkurrenceparametre for KEW Industris højtryksrensere er kvalitet og pris. Kvalitetsparametre indgår i alle berøringsflader mellem kunder og virksomheder: i produktet, i serviceforhold og i markedsføringsgrundlaget.

Denne positionering foretages gennem bevidste valg af løsninger i alle forhold, der signalerer en bestemt profil for produkterne og for virksomheden. Produktkvaliteten styres gennem interne KEW-normer og -prøveplaner.

KEW opfatter miljøforhold i produktet, i produktion og hos underleverandører som en del af virksomhedens totale kvalitetsprofil, og aktiviteter på dette område vil supplere og forstærke den valgte positionering på markedet.

Tilbagemeldinger fra markedet viser med stigende styrke en produktbevidsthed hos de kundegrupper, der har præference for et KEW-produkt. Tilbagemeldingen kommer fortrinsvis fra de stadig mere dominerende byggemarkeder eller kædeforhandlere af produkter af "gør det selv"-typen.

Forhandleren efterspørger generelt en større produktbevidsthed hos producenten, fordi en klar produktprofil er nødvendig på et marked, hvor konkurrencen bliver hårdere og hårdere.

KEW er én blandt to virksomheder, der tilbyder et totalt program inden for højtryksrensere til den private forbruger. I Skandinavien er mærkekendskabet til KEW stort, og virksomheden har en dominerende rolle på markedet, hvorimod det for den øvrige verden forholder sig stik modsat. Det manglende mærkekendskab udenfor Skandinavien skal derfor opvejes af andre positioneringsegenskaber, og her arbejdes bl.a. med en aktiv formidling af miljøindsats og resultater til, i først omgang, udvalgte kæder.

De nuværende konkurrenceparametre på miljøområdet er energi- og kemikalieforbruget samt vandforbruget i brugsfasen. Markedets holdninger er relativt påvirkelige for disse egenskaber, og forventningerne til produktet ændrer sig hurtigt, når nye produkter med forbedrede egenskaber kommer på markedet.

Det er derfor nødvendigt at være på forkant med de miljørelaterede produkttegenskaber, og her ligger der en række muligheder, der kan udnyttes gennem målrettet produktudvikling og markedsføring.

Langsigtede målsætninger

Hos KEW arbejdes der med en række langsigtede målsætninger:

- Forbedret implementering af livscyklusvurdering i produktudviklingen.
- Etablering af et bedre samarbejde med førende kædeforhandlere om markedsføring af miljøvenlige produkter.
- Indførelse af et miljøledelsessystem til sikring af ledelsesfokus.
- Formaliseret leverandørvurdering og samarbejde med leverandører vedr. miljømæssige forhold. Dette gælder især for leverandører i Fjernøsten eller Indien.
- Udarbejdelse af nyt servicekoncept, der på længere sigt muliggør genbrug af komponenter i produktionen.

Grundspecifikation for nye produkter

Det aktuelle fokus for miljøindsatsen på KEW er pt.:

- Reduktion af energiforbrug i brugsfasen.
- Reduktion af forbrug af kemikalier i brugsfasen.
- Reduktion af vandforbrug i brugsfasen.
- Eliminering af alle giftige stoffer i produktet og i produktionen.
- Design af produkterne således de let kan adskilles for genbrug.
- Valg af rene materialer og begrænsning af materialemængde (plast) i produkterne.
- Udvikling af emballage med lavt og ensartet materialeforbrug.

KEW indarbejder løbende disse punkter i miljøspecifikationer for virksomhedens nye produkter.

4. Miljøhensyn i nye produkter

Under arbejdet med UMIP-projektet er der gennemført en lang række nye udviklingsprojekter hos KEW. De foreløbige resultater fra livscyklusvurderingerne er blevet anvendt i disse projekter i den udstrækning, det har været muligt.

Produktudvikling på KEW Industri A/S

På KEW foregår produktudviklingen efter modellen "integreret produktudvikling". Der er udviklet et system, der sikrer, at alle virksomhedens funktionsområder er involverede i produktudviklingsforløbet. Systemet består af en særskilt organisatorisk enhed, hvori den projektorienterede udviklingsaktivitet foregår og har sin egen beslutningsstruktur fra ledelsesniveau til projektniveau. Herudover gennemføres alle projekter efter samme overordnede plan, se figur 16.

Projektføreløbet er faseopdelt med givne aktiviteter i hver fase. Aktiviteterne i faserne er på forhånd definerede, og kravet til dokumentation til beslutning vedr. projektets videre forløb er ligeledes udspecificeret. Herudover er der defineret den konkrete ansvarsfordeling i projektafviklingen gennem en beskrivelse af det organisatoriske og tekniske samarbejde. Dvs., at de enkelte deltagere fra forskellige funktionsområder i virksomheden på forhånd har definerede opgaver, til bestemte tidspunkter, i projektet. Systemet er integreret i virksomhedens kvalitetsstyringssystem, der således sikrer, at aktiviteterne i projekterne afvikles og dokumenteres.

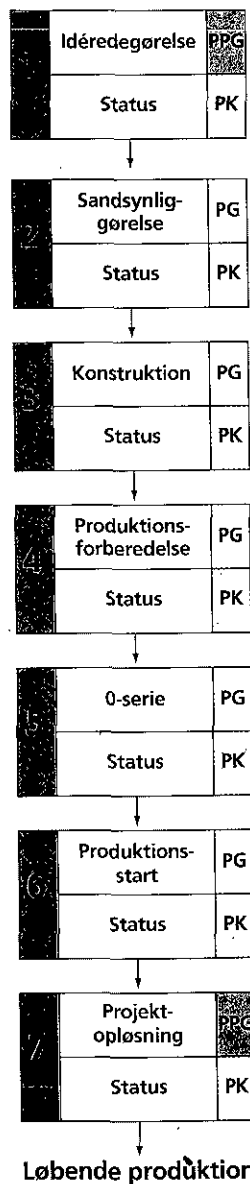
Det aktuelle indhold i projekterne beskrives ikke her, men det er klart, at de miljømæssige forhold i produkterne indgår i alle faser i produktudviklingsforløbet. I idefasen defineres den grundlæggende miljømæssige ide eller feature for produktet. I sandsynliggørelsesfasen udarbejdes konceptforslag, og der sandsynliggøres til et givet niveau, at konceptet er brugbart, og at markedsforholdene er i orden. Fasen afsluttes med at udarbejde en egentlig grundspecifikation for produktet, som er udviklet til at indeholde produktets miljømæssige forhold og disponeringer. Resten af projektet anvendes til at udføre og dokumentere det specificerede, og der etableres således ikke nye produktgenskaber i denne del af projektet.

Eksempler på miljøhensyn i nye produkter

I det følgende er der opstillet et katalog over en række af projekter og løsninger, der har etableret en forbedret miljødisponering af produkterne. Af konkurrencehensyn er nogle dog udeladt.

For hvert af projekterne vises en tabel, der angiver det niveau, som ændringen har indflydelse på, samt hvilket område besparelsen er indenfor. Besparelserne er inddelt i MEKA-kategorierne.

Figur 16. Produktudvikling hos KEW Industri A/S



PK = Produktkomite
 PG = Projektgruppe
 PPG = Produktplanlægningsgruppe

M E K A

Koncept
Struktur
Komponent

Projekt 1. Indførelse af automatisk start/stop

Ved brug af en højtryksrenser anvendes et spulehåndtag, hvor brugeren kan åbne og lukke for vandstrømmen til dysen. I lukket tilstand sender pumpen i maskinen normalt vandet i et internt omløb ved et relativt lavt tryk; en slags tomgangsdrift for produktet.

For at undgå denne tomgangsdrift er der udviklet et automatisk start/stop-system, der starter og stopper den elektriske motor ved betjening af spulehåndtaget. Dvs. en slags hydraulisk remote control. Herved undgås ligeledes mekanisk slid på motor og pumpe i tomgangssituationen.

- Energi: Ca. 10% af energiforbruget i driftsfasen.
- Andet: Forøget levetid på produktet på ca.5%.
Lavere gennemsnitligt støjniveau ved brug.

Projekt 2. Dyse

M E K A

Koncept
Struktur
Komponent

Der ligger et stort potentiale for energibesparelse i udvikling af bedre energioverførselssystemer fra renserens dyse til det rensede emne. En lang række forskellige dyser er udviklet gennem tiden med veksellende effekt. De fleste forsøg på at fremstille en mere energioptimal dyse har resulteret i konstruktioner med mange bevægelige dele, hvilket har bevirket lav levetid og store omkostninger for kunden. Der er nu blevet udviklet en ny type dyse, der udnytter et hydrodynamisk princip til at forme strålen, hvor strålen tidligere formedes vha. den mekaniske udformning af dyseåbningen.

Ud over at strålens renssevne herved forbedres væsentligt (skarper strålebillede), forøges levetiden af dysen.

- Energi: 0-30% af energiforbruget til en given rengøringsopgave.
- Kemikalier: Dysens forøgede rengøringseffekt har i nogen udstrækning erstattet anvendelse af kemikalier.
- Andet: Forøget levetid af dysen.

Figur 17. Ny dyse sænker energiforbruget i brugsfasen



M E K A

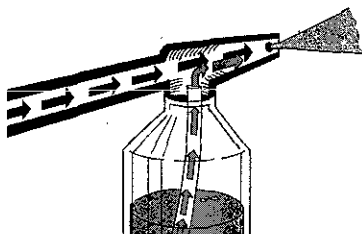
Koncept
Struktur
Komponent

Projekt 3. Skumsystem til kemikalier

Der er udviklet et nyt kemikoncept, der bevirker, at blandingen af kemikalier og vand skummer væsentligt mere op end i den tidligere løsning. Opblanding sker nu helt ude ved dysen, og der tilsættes luft. Herved opnås en kraftig skumdannelse. Ved udlægning på en bil giver den visuelle effekt en klar fornemmelse af, at der anvendes rengøringsmidler til opgaven, hvor det tidligere var svært rent visuelt at se nogen effekt ved anvendelse af rengøringsmidler. Samtidig er rengøringsmidlet mere effektivt, når det er forskummet, idet skummet klæber til overfladen i længere tid, som det kendes i den professionelle sektor.

Konceptet har medført, at koncentrationen halveres.

Kemikalier: Reduktion af kemikalieforbruget med 50%.



Figur 18. Bilvask med skum-
mende rengøringsmiddel

Projekt 4. Koncentratkemi

Der er udviklet et nyt koncept, hvor kemikalierne anvendes på koncentreret form. Kemikalierne opblandes hos forbrugeren til den ønskede styrke. Herved spares materiale til emballage både til den egentlige flaske, men også til forsendelsesemballage.

Ligeledes er der sparet forsendelsesvolumen og vægt, hvilket har reduceret transporten.

Materialer: Emballagen til kemikalier er reduceret med ca. 70%.
Herved spares olie til PE-fremstilling.

Energi: Transportvolumen og vægt er reduceret tilsvarende, og herved spares olie og emissioner fra transport.

M E K A

Koncept ● ●
Struktur
Komponent

Projekt 5. Funktion og komponentintegration

Gennem udvikling af nye konstruktioner har det været muligt at integrere en lang række funktioner, der før var fordelt på enkelte komponenter eller komponentsamlinger, i få men mere komplekse komponenter. Øget anvendelse af sprøjte- og trykstøbeteknik og investering i mere komplicerede værktøjer har muliggjort denne udvikling.

Udviklingen er gennemført for at opnå besparelser på produktets kostpris, og her er således et eksempel på, at økonomi- og miljøhen- syn godt kan indbygges på samme tid.

Der er samtidig fokuseret på at opnå et ensartet materialevalg i produkterne, således at adskillelse og sortering gøres så let som mulig.

Materialer: Materialereduktion på ca. 25%.

M E K A

Koncept
Struktur ●
Komponent

Projekt 6. Design for demontage og service

Design for demontage og design for service er som regel sammenfal- dende discipliner. Derfor har det været forholdsvis nemt at opnå fokus på dette område.

Der er gennem samarbejdet med servicerepræsentanter og via UMIP-projektets viden vedr. designregler for demontage etableret viden om, hvilke overordnede valg i produktstrukturer der skal fore- tages, og på lavere niveau hvilke samlemetoder, der må og ikke må anvendes.

Bl.a. anvendes der i produktets serviceområder ikke længere snaplåse i plastkonstruktioner, men derimod samleelementer, der kan afmonteres ved anvendelse af simpelt værktøj.

M E K A

Koncept
Struktur ●
Komponent

Udvikling af nye konstruktioner med høj komponentintegration giver også nye muligheder på serviceområdet, og der arbejdes idag på et nyt servicekoncept, der i første omgang skal lette servicefunktionens arbejde og øge kunden tilfredshed, og som på længere sigt kan udvikles til et grundlæggende genbrugskoncept til forsyning af produktionen af nye produkter.

Materiale: Der kan opnås besparelse af ressourcer ved at øge graden af demontage og genbrug af materialer i produktet.

Projekt 7. Mærkning af plastkomponenter

M E K A

Koncept
Struktur
Komponent ●

KEW har siden 1989 anvendt mærkning af plastkomponenter. Mærkningen var på det tidspunkt ikke standardiseret, og der blev da valgt et mærkningssystem, der blev anvendt af plastflaske- og emballageindustrien. Senere er der udviklet et standardiseret system for mærkning, og alle komponenter over 50 g mærkes i henhold til dette system.

Materiale: Mærkning af plastkomponenter sikrer en korrekt og hurtig sortering og er en forudsætning for genbrug af plastmaterialer.

Projekt 8. Ensartet valg af emballagemateriale samt reduktion af mængden

M E K A

Koncept
Struktur
Komponent ●

Gennem tilkobling af nationale genbrugssystemer i lande som Tyskland, Frankrig, England og senest Sverige er der udviklet de nødvendige emballageløsninger, der som udgangspunkt indeholder få materialegrupper og er samlet uden brug af clips eller andre metal-elementer.



Figur 19. Et nyt filter gør det muligt at bruge opsamlet regnvand til rengøring

KEW har taget skridtet fuldt ud og leverer i dag emballager, der kun består af karton. Både kasse og stabiliserende indlæg er udført i karton, og en nyudvikling, hvor materialetforbruget optimeres, har reduceret vægten af emballagen med 25%.

Materiale:
Ensartetheden betyder at materialerne kan genanvendes uden sortering.
100% genanvendelighed.
Reduktion af materialemængden.
I nyudviklede emballagesystemer er en besparelse på 25% opnået.

Projekt 9. Vandsubstitution - filter.

M E K A

Koncept
Struktur
Komponent ●

Der er udviklet et nyt sugefilter, der som udgangspunkt skal kunne anvendes i forbindelse med brug af opsamlet regnvand til højtryksrensning. Der er specielle forhold, der gør sig gældende i forbindelse med denne anvendelse, og KEW har løst de problemområder, der er. Sugefilteret er nødvendigt for at sikre en funktionsdygtig drift af maskinen.

Vand: Substitution af drikkevand med regnvand/
overfladevand. Reduktion af drikkevandsforbrug på
100%.

KEW's erfaringer med at inddrage miljø i produktudviklingen

For KEW har inddragelsen af miljøhensyn i produktudviklingen været en proces, der ikke kun har berørt udviklingsafdelingen, men den har været af betydning for hele virksomheden. I starten drejede det sig især om at præge medarbejdernes holdninger. I forbindelse med at arbejdet blev mere konkret, blev det konkurrencemæssige aspekt mere tydeligt.

Påvirkninger fra medier, myndigheder og direkte fra virksomhedens kunder har bevirket, at de miljømæssige problemstillinger er blevet nærværende og væsentlige. Omverdenens krav har således været medvirkende til, at konkrete miljøprojekter kunne formuleres.

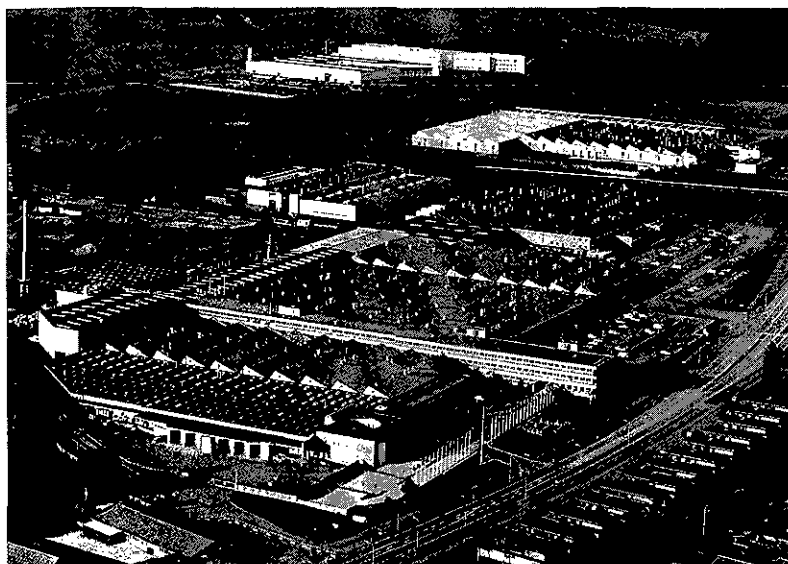
Metodegrundlaget i UMIP-projektet er blevet integreret i virksomhedens udviklingssystem, og aktiviteterne styres og gennemføres ligesom de øvrige discipliner i udviklingsprocessen.

Det forøgede fokus på miljøet er blevet modtaget positivt af KEW's organisation og samarbejdspartnere. Internt på virksomheden er der tilfredshed med, at miljøet er en del af KEW's profil, og en stor del af medarbejderne identificerer sig personligt med virksomhedens holdning.

Nils Thorup, Grundfos A/S

Nina Caspersen, Institutet for Produktudvikling

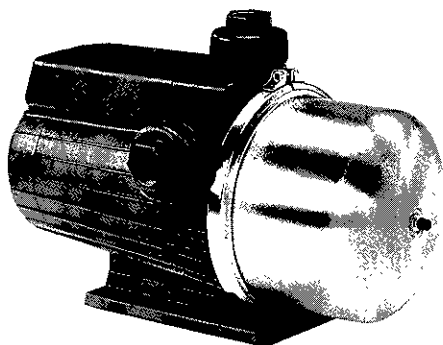
Elisabeth Rasmussen, Institut for Teknologi og Samfund, DTU



| | Side |
|--|------|
| 1. Miljøvurdering af en pumpe - JetpaQ | 146 |
| Afgrensning af livsforløbet | 146 |
| Udveksling med miljøet | 153 |
| Vurdering | 157 |
| 2. Miljødiagnose for en pumpe - JetpaQ | 164 |
| Simulering af ændringer i produktet eller dets livsforløb | 164 |
| Hvor i produktet sidder forbedringspotentialerne | 166 |
| Hvor i omgivelserne findes forbedringspotentialerne | 168 |
| 3. Miljømålsætning for produkttypen | 169 |
| Konkurrencerammer | 169 |
| Langsigtede målsætninger | 169 |
| Grundspecifikation for nye produkter | 170 |
| 4. Miljøhensyn i nye produkter | 171 |
| Produktudvikling hos Grundfos A/S | 171 |
| Eksempler på miljøhensyn i nye produkter | 172 |
| Grundfos' erfaringer med at inddrage miljø i produktudviklingen | 174 |

1. Miljøvurdering af en pumpe - JetpaQ

Produktet, Grundfos har valgt at udføre en miljøvurdering på, er en pumpe, eller mere korrekt et husvandværk til privat vandforsyning, se figur 1. JetpaQ-pumpen benyttes til egen vandforsyning i parcellhuse, sommerhuse eller mindre landbrug. Desuden er den velegnet til at øge eller stabilisere trykket i situationer, hvor trykket i den almindelige vandforsyning er utilstrækkeligt eller ustabil.



Figur 1. Referenceproduktet JetpaQ

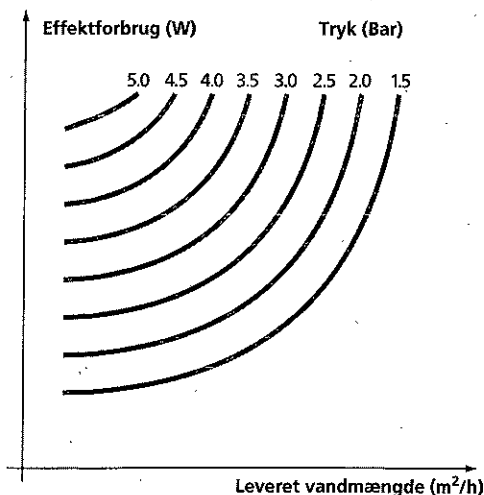
Valg af referenceprodukt

JetpaQ'en blev valgt som referencegrundlag for næste generation af produkttypen, fordi JetpaQ-pumpen var på et tidligt tidspunkt i produktudviklingen, da miljøvurderingen blev startet. Der var derfor også mulighed for at indføre de erkendelser, der blev gjort undervejs, i produktudviklingen.

Den funktionelle enhed

Pumpen er i stand til at levere en vandmængde ved et konstant tryk, se figur 2. Jo højere trykket er, desto højere bliver effektforbruget. Hvis man vælger, at pumpen skal yde en bestemt effekt, kan man derfor vælge mellem højt tryk og lille vandmængde eller lavt tryk og stor vandmængde. Den primære funktionelle enhed af pumpen er:

Levering af en vandmængde på 5 kubikmeter i timen ved et afgangstryk på 1,5 bar, eller en tilsvarende mindre vandmængde ved et højere tryk på op til 5 bar i 4870 driftstimer.



Figur 2. Sammenhæng mellem leveret vandmængde, effektforbrug og tryk for JetpaQ'en

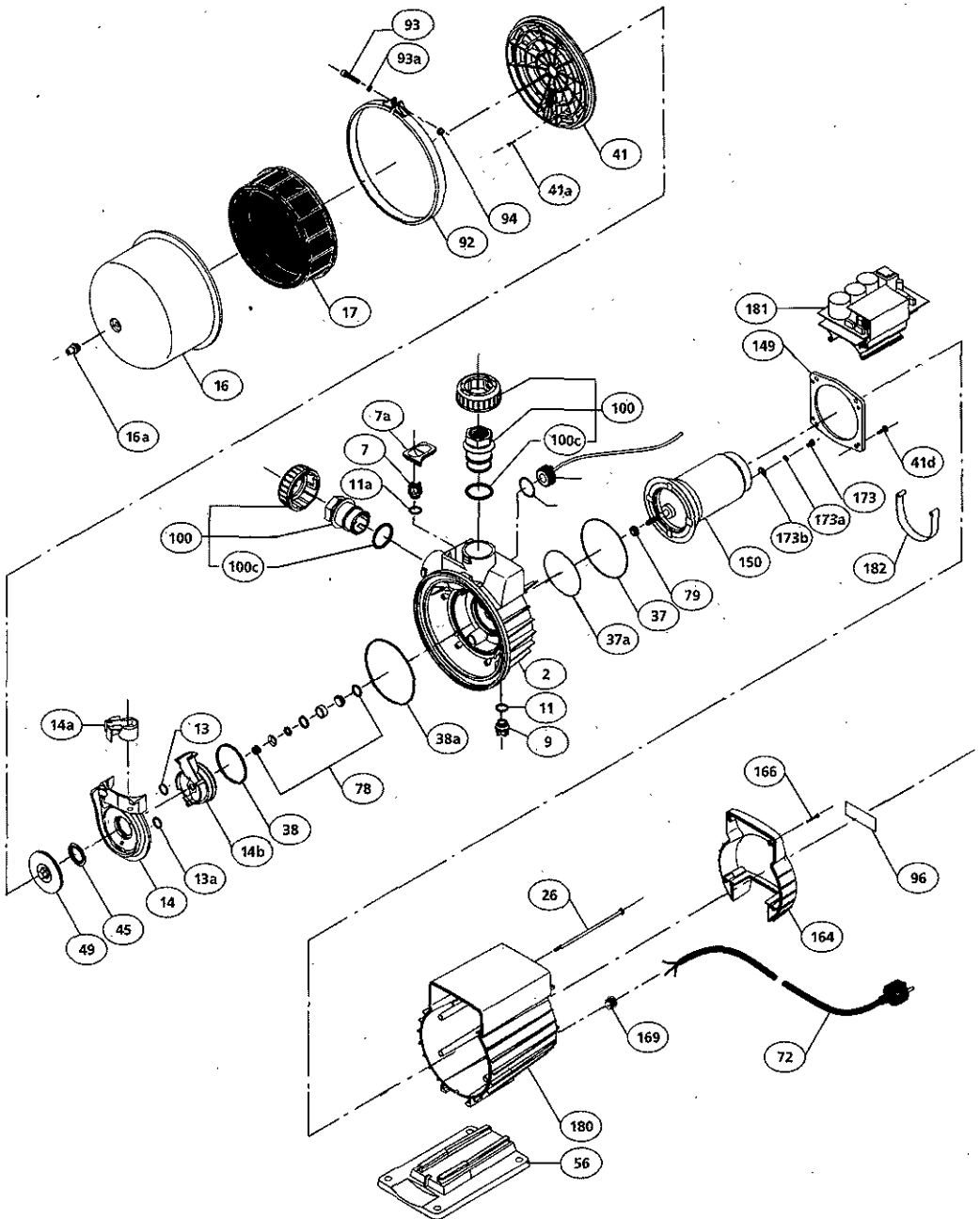
De sekundære kvaliteter er bl.a., at pumpen har en tørlobssikring, og at pumpen er selvansugende, dvs. at den er i stand til at suge vand op, selv om der kun er lidt vand i pumpen.

Afgrænsning af livsforløbet

Eksplosionstegningen, som vises i figur 3, er en detaljeret opdeling af produktet med positionsnumre. JetpaQ'en er en integreret enhed bestående af pumpe, motor, membrantank og elektronisk styring.

Emnerne i tegningen kan genfindes i styklisten, som ses i tabel 1, hvor det også er beskrevet hvilke produktionsprocesser, de enkelte emner gennemgår hos Grundfos. For både emner og produktionsprocesser fremgår det også af styklisten, om de er medtaget, ✓, i miljøvurderingen, eller om de er udeladt, ÷.

De væsentligste udeladelser er kølefedtet og den elektroniske styring. Miljøvurderingen af materialesiden omfatter altså kun produktets mekaniske dele.



Figur 3. Eksplosionstegning af JetpaQ

Af styklisten fremgår også, hvilke materialer de enkelte emner består af, deres vægt og om de er ført tilbage til jord, dvs. om miljøvurderingen omfatter miljøbelastningerne ved råstofudvindingen og materialernes fremstilling.

Styklisten giver kun et overblik over, hvilke materialer og processer der er medtaget. Afgrænsninger indenfor hele livsforløbet bliver gennemgået i de næste afsnit.

| Pos. | An-Emne tal | Materiale | Vægt ialt (g) | ≡ | Fremstillingsprocesser | *Med i Hjelpe model stoffer | Vægt (g) | ≡ | |
|--|----------------|------------------------|---|-------------------------|------------------------|---|---------------------|--|----------------------------|
| Kabinet | | | | | | | | | |
| 16 | 1 | Tank | Rustfrit stål | 1143 | ✓ | Stansning, Presning Spåntagning, Rensning | ✓✓ ✓✓ | Natriummetasilikat 0,07 Fosfat 0,07 | ÷ ÷ |
| 92 | 1 | Spændebånd | Rustfrit stål | 190 | ✓ | Kuglepolering Stansning, Rensning | ✓ ✓✓ | Natriummetasilikat 0,007 Fosfat 0,007 | ÷ ÷ |
| 2 | 1 | Statorhus | Rustfrit stål | 849 | ✓ | Svejsning Stansning, Presning Rensning, Spåntagning Svejsning, Montering | ✓ ✓✓ ✓✓ ✓✓ | | |
| 16a | 1 | Luftventil | Rustfrit stål | 10 | ÷ | | | | |
| 150 | 1 | Rotoraksel | Rustfrit stål | 190 | ✓ | Afkortning, Spåntagning | ✓✓ | | |
| 150 | 1 | Kugleleje | Rustfrit stål | 37 | ÷ | | | | |
| 149 | 1 | Spændeflange | Rustfrit stål | 276 | ✓ | Stansning, Presning Rensning, Spåntagning Svejsning, Elektrolakering | ✓✓ ✓✓ ✓✓ | Fortynder 0,009 Eddikesyre 0,001 Tetraethylglycol 0,002 Natriumnitrit 0,0007 Jernsulfat 0,02 Div. kemikalier 0,26 | ÷ ÷ ÷ ÷ ÷ ÷ |
| 26,41a, 41d,93, 94,166, 173,182 | 8 | Øvrige stålartikler | Galvaniseret stål | 136 | ÷ | | | | |
| 150 | 1 | Rotor | Genbrugsaluminium Blik | 132 474 | ✓ ✓ | Opsamling, Støbning Presning, Spåntagning Slibning, Maling | ✓✓ ✓✓ ✓✓ | Fortynder 3,9 Maling 0,6 | ÷ ÷ |
| 150 | 1 | Stator | Blik Kobbertråd Fiberforstærket PETP Polyesterfilm | 1067 316 35 11 | ✓ ✓ ✓ ✓ | Montering Filmtrækning | ✓ ✓ | | |
| 181 | 1 | Saddel til el-enhed | Genbrugsaluminium | 300 | ✓ | Støbning | ✓ | Køle/smøremiddel 6,6 Propylenglycol 4,8 Petroleum 3 Aromatiske aminer 0,6 | ÷ ÷ ÷ ÷ |
| 41 | 1 | Inserts i plade | Messing | 20 | ✓ | Spåntagning | ✓ | | |
| 96 | 1 | Typeskilt | Ukendt metal | ? | ÷ | | | | |
| 41 | 1 | Melleplade | Fiberforstærket PPE | 1070 | ✓ | Sprøjtstøbning | ✓ | | |
| 7+9 | 2 | Spæde/ tømmeprop | Fiberforstærket PPE | 45 | ✓ | Sprøjtstøbning | ✓ | | |
| 180 | 1 | Motorskjold | Fiberforstærket PPE | 770 | ✓ | Sprøjtstøbning | ✓ | | |
| 14 | 1 | Spiralhus | Fiberforstærket PPE | 155 | ✓ | Sprøjtstøbning | ✓ | | |
| 49 | 1 | Løber | Fiberforstærket PPE | 20 | ✓ | Sprøjtstøbning, Ultralydssvejsning | ✓ ✓ | Uspec. xylen 3 | ÷ |
| 164 | 1 | Klemkasselæg | Fiberforstærket PPE | 140 | ✓ | Sprøjtstøbning, Montering | ✓✓ | | |
| 100 | 1 | Studs m. omløber | Fiberforstærket PPE | 230 | ✓ | Sprøjtstøbning | ✓ | | |
| 56 | 1 | Fodplade | Fiberforstærket PP | 260 | ✓ | Sprøjtstøbning | ✓ | | |
| 100 | 1 | Kontraventil | PP | ca. 10 | ÷ | Sprøjtstøbning | ✓ | | |
| 45 | 1 | Spalttætning | PP | 4,3 | ÷ | Sprøjtstøbning | ✓ | | |
| 169 | 1 | Kabelforskrugging | PA (nylon) | 7,5 | ÷ | Drejning | ✓ | | |

Tabel 1. Forenklet stykliste for
JetpaQ

| Pos. | An- Emne tal | | Materiale | Vægt ialt (g) | ± | Fremstillingsprocesser | * Med i model | Hjælpe stoffer | Vægt (g) | ± |
|------------------|--------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------|--------|---------------------------|------------------|-------------------|-------------|---|
| Tilbehør | | | | | | | | | | |
| 78 | 1 | Akseltætning | Kul, keramik og rustfrit stål | ca.20 | ÷ | | | | | |
| 72 | 1 | Elkabel | Neopren | 200 | ÷ | | | | | |
| 181 | 1 | Elenhed (elektronik) | Diverse | ca.700 | ÷ | | | | | |
| 174a | 1 | Tryksensor | Diverse | 24,5 | ÷ | | | | | |
| 17 | 1 | Membran | Butyl-gummi | 320 | ✓ | Støbning Vulkanisering | ✓ | ✓ | | |
| 11,13, 37,38, | 8 | Pakninger ,ringe Emballage | Nitrilgummi Pap | 25 300 | ÷ ✓ | Udstansning, Grafisk tryk | ✓ | ✓ | | |
| 78,79, | | Brugsanvisning | Papir | ? | ÷ | | | | | |
| 100c, | | Silicone-gel | Silicone-gel | 8 | ÷ | | | | | |
| 174b | | Kølefedt | Kølefedt | 120 | ÷ | | | | | |
| | | Fedt til o-ringe | Smørefedt | ? | ÷ | | | | | |

Noter

1) Data for alle processer fra råstofudvinding til og med fremstilling af komponenten er modtaget fra underleverandøren og medregnet.

± Kolonnen angiver om materialet eller hjælpestoffet er "ført tilbage til jord", dvs. om processerne fra og med råstofudvinding til og med den sidste transport op til de nævnte fremstillingsprocesser er medregnet.

✓ Betyder at materialet/hjælpestoffet er ført tilbage til jord.

÷ Betyder at materialet/hjælpestoffet ikke er ført tilbage til jord.

* I kolonnen "Med i model" angives tilsvarende om selve fremstillingsprocesserne for komponenten er medregnet. Når der er angivet et ✓ betyder det, at processens energi og hjælpestofforbrug er målt, at udledninger og affald enten er målt eller beregnet, og at arbejdsmiljøpåvirkninger er målt eller vurderet. Antallet af ✓'er angiver hvor mange af processerne, der er med.

Tabel 1.

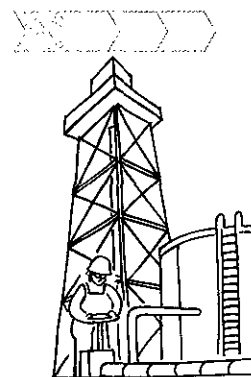
Materialer

Materialerne starter som råstoffer i form af f.eks. råolie eller malme. Herefter foregår der en raffinering eller forædling. I eksemplet med køleskabet LER200 (se Gram-eksemplet) vises hvor udvindingen og forædlingen foregår i Europa.

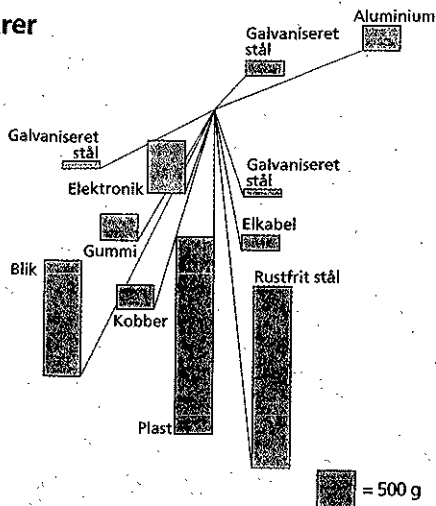
For enkelte materialer er mindre emner udeladt. Disse udgør dog mindre end 10% af vægten af de respektive materialer, som emnerne er fremstillet af. Da miljøvurderingens formål er at finde de væsentlige miljøbelastninger, er disse udeladelser af mindre betydning. Det er tilstræbt at medtage alle emner, der kunne have specifikke miljøeffekter. En væsentlig undtagelse er elektronikdelen, som ikke er med i opgørelsen pga. manglende data. Elektronikkomponenter indeholder typisk metaller, der er giftige og har kort forsyningshorisont.

Den geografiske placering af underleverandørerne fremgår af kortet i figur 4. Materialeleverandørerne er fordelt rundt i Europa. De største mængder, som er rustfrit stål, plast og blik, kommer fra Syd-europa. Transporten af materialer til Grundfos er regnet som lastbil på motorvej.

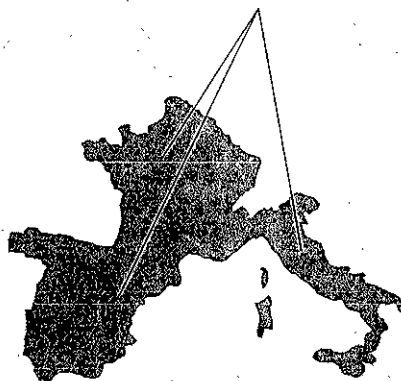
Arbejdsmiljødata er medtaget for stålproduktionen, da det var de eneste data, som var til rådighed. Fremstilling af rustfrit stål minder meget om fremstilling af genbrugsstål, og derfor er arbejdsmiljødata for genbrugsstål også anvendt for rustfrit stål. Da stål og rustfrit stål udgør



Råvarer



JetpaQ



Figur 4. Geografisk fordeling af råvareleverancer
Figur 5. Salgsområdet for pumpen

40% af det samlede materialeforbrug, er arbejdsmiljø opgjort for 40% af materialeforbruget.

Produktion

Den del af produktionen, som foregår hos Grundfos, er medtaget i opgørelsen. Det er langt den overvejende del af produktionen.

Arbejdsmiljøet for produktionen hos Grundfos indgår i opgørelsen. Da produktionen foregår i lokaler med højt støjniveau, er det valgt at medregne hele produktionstiden til høreskadende støj. Tilsvarende er der for ensidigt gentaget arbejde ikke foretaget separate målinger. Hele produktionen er derfor medtaget under ensidigt gentaget arbejde. De anvendte data for arbejdsmiljø gælder for 1993, og der er sket ændringer siden. Desuden indgår belastninger ved fremstilling af elektricitet, der anvendes til produktion.

Kassationsgrad

Der er regnet med en kassationsgrad hos Grundfos på 2%. Dvs. for hver leveret JetpaQ skal der fremstilles 1,02 styk JetpaQ, og data for materiale- og produktionsfasen er derfor ganget med 1,02.

Overhead

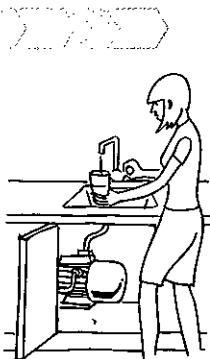
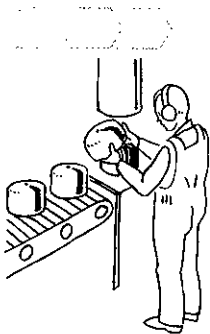
Opvarmning af bygninger, forbrug af vand og administration kaldes overhead. Grundfos har fordelt hele forbruget på virksomheden pr. kg produkter. Der er således beregnet forbrug af el, naturgas og vand, som indgår i opgørelsen.

Brug

Markederne for JetpaQ'en findes fortrinsvis i Italien, Spanien og Frankrig som vist i figur 5. Der er ikke sat mængder på, da salget antages ligeligt fordelt på de tre lande.

Transport af produktet til brugeren er beregnet som 300 km i en 3,5 tons diesel varebil og 2500 km i en 16 tons lastbil. Transporten med lastbil indgår i opgørelsen af arbejdsmiljøet.

Pumpens el-forbrug i brugsfasen er beregnet for en familie med to voksne og to børn. Grundfos har opstillet et brugsscenario, som gør det muligt at estimere effektforbruget pr. år. Når der regnes med et



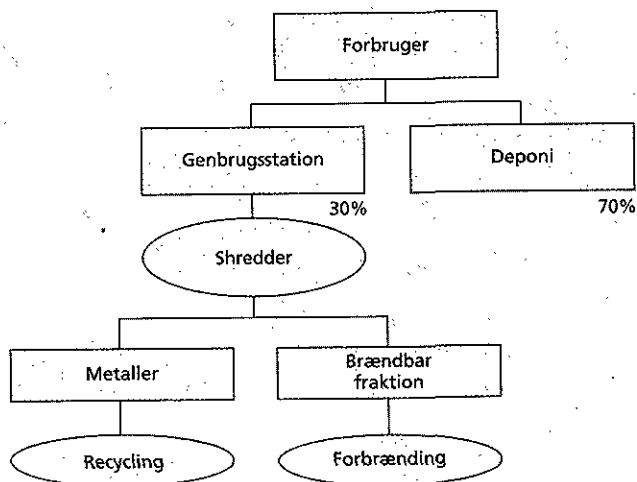
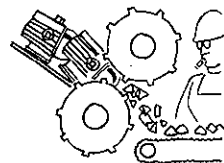
vandforbrug på 960 liter og en driftstid på 80 minutter i døgnet, fås et driftsforbrug på 230 kWh pr. år. Tomgangsforbruget er 5 W eller 41 kWh pr. år. Arbejdsmiljøbelastningen for produktion af elektricitet, som dækker belastningen på kraftværkerne, er medtaget.

Levetid og service

Levetiden af pumpen er sat til 10 år. Produktet er dimensioneret til, at minimum 95% af pumperne skal kunne holde i mindst 5 år med 10% driftstid, hvilket er den tid, som pumpen bruges aktivt. Driftstiden er typisk meget kortere; her er den sat til 80 minutter i døgnet. Dette svarer til en driftstid på 5%, og derfor er en gennemsnitlig levetid på 10 år valgt. Der er ikke behov for service i løbet af levetiden.

Bortskaffelse

Efter brug anslås det, at 70% af produkterne bliver deponeret, mens 30% bliver genbrugt. Figur 6 viser bortskaffelsesscenariet. Genbruget sker ved behandling i shredder, hvor produktet kværnes i mindre stykker, og hovedparten af metallerne separeres. De brændbare dele forbrændes i et industrielt forbrændingsanlæg med varmegenvinding. Transport efter brug regnes som 15 km i benzindrevet varebil for de 70%, som bliver deponeret, eller 500 km lastbiltransport på landevej for de 30% af produkterne, der genbruges.



Figur 6. Bortskaffelsesvejen for JetpaQ

Datagrundlag

Data er indsamlet så stedspecifikt som muligt. Tabel 2 giver et kort overblik over kilderne til data for de enkelte faser i livsforløbet.

For råvarerne er der ikke indsamlet stedspecifikke oplysninger, men der er brugt gennemsnitsdata fra UMIP-databasen (Frees, 1996). For materialet blik, der indgår i motoren (pos. nr. 150), findes ikke data i UMIP-databasen. Derfor er databasens værdier for 90,5% genbrugsstål anvendt. Da blik er tynd stålplade, og blikket til pumpen ikke er overfladebehandlet, er det en rimelig tilnærmelse. For plastkompositterne er anvendt data for de enkelte bestanddele,

Referencegrundlaget for data

| Livsforløb & procestype | Datatype | | Datakilde | | | | | Kommentarer | |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|-----------|---|---|---|---|-------------|--|
| | Produkt-specifikke | Sted-specifikke | Generelle | 1 | 2 | 3 | 4 | | 5 |
| Råvareudvinding | | | | | | | | | |
| Råolie | | | X | | | X | | | Litteratur |
| Jernmalm | | | X | | | X | | | Litteratur |
| Kobbermalm | | | X | | | X | | | Litteratur |
| Materialefremstilling | | | | | | | | | |
| Plast | | | X | | | X | X | | Leverandør og litteratur |
| Kobber | | | X | | | X | | | Litteratur |
| Rustfrit stål | | | X | | | X | | | Leverandør og litteratur |
| Produktion | | | | | | | | | |
| Egen | X | X | | X | | | | | |
| Underleverandør, trykstøbning | | X | | X | | | | | |
| Brug | | | | | | | | | |
| Energiforbrug | X | | | X | | | | | |
| Levetid | | | X | | | X | | | |
| Bortskaffelse | | | | | | | | | |
| Bortskaffelsesvej | | | X | | | | X | | |
| Shredding | | X | | X | | | | | |
| Forbrænding | | | X | | | X | | | |
| Genbrug af rustfrit stål | | | X | | | X | | | Litteratur |
| Transport | | | | | | | | | |
| Transportmiddel og afstande | X | | X | | X | X | | | |
| Energiforbrug og emissioner | | | X | | | X | | | På baggrund af målte emissionsfaktorer |
| Energisystemer | | | | | | | | | |
| Elproduktion | | | X | | | X | | | |

Noter

- 1) Målinger
- 2) Beregninger (ud fra massebalance betragtninger og input data for den aktuelle proces)
- 3) Ekstrapolation fra data for samme procestype eller teknologi
- 4) Ekstrapolation fra data for andre procestyper eller teknologier
- 5) Ukendt kilde eller ikke-kvalificeret estimat

Produktspecifikke data: gælder processer, hvor JetpaQ specifikt indgår

Stedspecifikke data: gælder data fra aktuelle lokaliteter i produktets livsforløb, men processen er ikke opgjort specifikt for JetpaQ

Generelle data: er alle andre.

Tabel 2. Datakilder

da der ikke findes data for produktionen af kompositterne. Hovedparten af produktionen foregår på Grundfos, hvor der er foretaget direkte målinger på produktionsudstyret. De fleste data er dog målt ved produktion af andre produkter end JetpaQ'en.

For brugen bygger data især på erfaringer med tidligere pumper, da JetpaQ-pumpen er et nyt produkt.

Transportafstandene er beregnet, og for hver transporttype er antaget et transportmiddel. For alle transportmidler er brændstofforbruget og emissionerne målt af Kilde, 1995, på Risø.

Udveksling med miljøet

Ressourceforbrug, emissioner til luft og vand, affald samt arbejdsmiljøpåvirkninger udgør udvekslingen med miljøet i produktets livsforløb. Alle udvekslinger indgår i miljøvurderingen, men for overskuelighedens skyld er kun de væsentligste udvekslinger vist i tabel 3. Uddybende detaljer og dokumentation af kortlægningen findes hos Grundfos og i UMIP-enhedsprocesdatabasen.

Ressourceforbruget

De ressourcer, der indgår i selve produktet, ses i materialefasen. Det er dels fossile brændsler til fremstilling af plastic, dels metaller. De væsentligste metaller er jern, chrom og nikkel, der indgår i rustfrit stål samt aluminium og kobber. I brugsfasen optræder store mængder stenkul og brunkul, som bruges til el-fremstilling.

I bortskaffelsesfasen optræder negative værdier for både metaller og fossile brændsler. De negative værdier udtrykker godskrivningen af ressourcer ved genvinding. Når fossile brændsler godskrives, er det fordi, der produceres energi ved affaldsforbrænding, som erstatter anden energiproduktion.

Luftemissioner

De største emissioner stammer fra el-produktion, som udsender kuldioxid, svovldioxid og nitrogenoxider som de væsentligste. Disse emissioner optræder i alle faser, da der bruges elektricitet i dem alle. Emissioner af arsen, cadmium, kobber, bly og vanadium stammer fra afbrænding af fossile brændsler til el-produktion.

Materialefremstillingsfasens største emissioner er aluminium og mangan.

Vandige emissioner

Materialefremstillingsfasen giver det største bidrag til de vandige emissioner. Fra selve produktionen er emissionerne meget små.

Affald

Materialefremstillingen giver en del affald i form af slagge fra metalproduktionen. Den chromholdige slagge stammer fra fremstilling af rustfrit stål, og den manganholdige slagge stammer fra stålproduktion.

Udvinning af kul, der bruges til el-produktion, giver store affaldsbidrag i form af volumenaffald. Affaldet stammer fra rensningen af kul ved kulminerne.

Ved bortskaffelse ender en del af produktet på deponi, hvilket er benævnt uspecificeret volumenaffald i tabellen. Farligt affald kommer hovedsageligt fra elektronikken i produktet. Da udtjent elektronik generelt betragtes som miljøproblematisk affald, er affaldet medtaget som farligt affald i opgørelsen.

Arbejdsmiljø

For arbejdsmiljø kommer de største bidrag fra produktionsfasen og brugsfasen. Produktionsfasen bidrager især med ensidigt, gentaget arbejde. Det væsentligste bidrag fra brugsfasen er støj fra el-produktion.

| Ressourceforbrug | | | Materiale- fremstilling | Produktion | Brug | Bort- skaffelse | Transport | I alt |
|---------------------------|------------------|-------|----------------------------|------------|-----------|--------------------|-----------|-----------|
| Råolie | | g | 5.700 | 130 | 82.200 | -80 | 750 | 88.700 |
| Naturgas | | g | 5.200 | 380 | 59.700 | -0,9 | 50 | 65.300 |
| Stenkul | | g | 10.900 | 2.300 | 295.700 | 20 | 4 | 308.900 |
| Brunkul | | g | 480 | - | 220.600 | -2 | 221.090 | 442.200 |
| Opdæmmet vand til el | | liter | 940 | 500 | 121.100 | 0,2 | 2 | 122.500 |
| Aluminium | Al | g | 190 | 20 | 0,1 | -40 | 0,05 | 170 |
| Chrom. | Cr | g | 280 | - | - | -60 | - | 220 |
| Jern | Fe | g | 1.360 | 0,02 | 5 | -310 | 0,05 | 1.060 |
| Kobber | Cu | g | 280 | - | - | -80 | - | 200 |
| Mangan | Mn | g | 50 | - | - | -10 | - | 40 |
| Nikkel | Ni | g | 120 | - | - | -30 | - | 90 |
| Zink | Zn | g | 8 | - | - | 0 | - | 8 |
| Træ (blødt) | | g | 290 | 40 | 14.100 | -0,1 | 0 | 14.430 |
| Grundvand | | liter | 50 | 20 | - | -0,5 | 0 | 70 |
| Overfladevand | | liter | 0,4 | 0,3 | - | 0,009 | 0 | 0,7 |
| Uspec. vand | | liter | 50 | 0,09 | 50 | -0,03 | 0,2 | 100 |
| Luftemissioner | | | | | | | | |
| Kuldioxid | CO ₂ | g | 43.100 | 7.600 | 1.446.000 | 5.100 | 780 | 1.502.600 |
| Kvælstofoxider | NO _x | g | 220 | 30 | 5.800 | 1 | 20 | 6.100 |
| Svovldioxid | SO ₂ | g | 320 | 40 | 12.800 | -0,06 | 3 | 13.160 |
| Dinitrogenoxid | N ₂ O | g | 2 | 1 | 120 | 0,004 | 0 | 120 |
| Uspec. partikler (støv) | | g | 30 | 20 | 690 | -5 | 3 | 740 |
| Kulbrinter | HC | g | 280 | 50 | 6.900 | 0,5 | - | 7.200 |
| Flygt. org. kulstofforb. | VOC | g | 40 | 0,2 | 2 | 0 | 0,007 | 40 |
| Uspec. aldehyd | | g | 0,02 | 0,1 | 5 | 0,0002 | - | 5 |
| Styren | | g | 0,02 | - | - | - | - | 0,02 |
| Trichlorethylen | | g | 0,2 | - | - | - | - | 0,2 |
| Uspec. xylene | | g | 3 | - | - | - | - | 3 |
| Aluminium | Al | mg | 4.000 | - | - | - | - | 4.000 |
| Arsen | As | mg | 0,5 | 0,3 | 140 | 0,0009 | - | 140 |
| Cadmium | Cd | mg | 0,5 | 0,03 | 20 | -0,00001 | - | 20 |
| Kobber | Cu | mg | 0,6 | 3 | 140 | 0,006 | - | 140 |
| Kviksølv | Hg | mg | 0,5 | 0,4 | 2 | 0,0008 | - | 3 |
| Mangan | Mn | mg | 1.940 | - | - | - | - | 1.940 |
| Nikkel | Ni | mg | 0,01 | 0 | 1 | -0,02 | - | 1 |
| Bly | Pb | mg | 1 | 1 | 190 | 0,0009 | 0,5 | 190 |
| Vanadium | V | mg | 3 | 2 | 380 | 0,02 | - | 390 |
| Vandige emissioner | | | | | | | | |
| Kemisk iltforbrug | COD | g | 6 | 0,003 | 0,7 | -0,001 | 0,007 | 6 |
| Total kvælstof | tot-N | g | 0,6 | 0 | 3 | -0,00005 | 0 | 4 |
| Kulbrinter | | g | 2 | 0,01 | 2 | -0,0002 | 0,1 | 4 |
| Arsen | As | mg | 0,01 | - | - | - | - | 0,01 |
| Cadmium | Cd | mg | 0,005 | - | - | - | - | 0,005 |
| Kobber | Cu | mg | 0,04 | - | - | - | - | 0,04 |
| Nikkel | Ni | mg | 0,001 | - | - | - | - | 0,001 |
| Zink | Zn | mg | 0,03 | - | - | - | - | 0,03 |
| Uspec. olie | | g | 0,8 | 0 | 3 | -0,00004 | 0 | 4 |

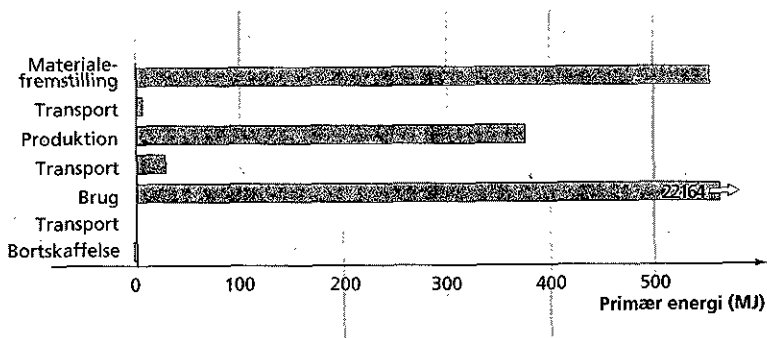
Tabel 3. Udveksling med miljøet i pumpens livsforløb

| | | Materiale- fremstilling | Produktion | Brug | Bort- skaffelse | Transport | I alt |
|-------------------------------|-------|----------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|
| Affald | | | | | | | |
| Chromholdig slagge | g | 650 | - | - | - | - | 650 |
| Manganholdig slagge | g | 20 | - | - | - | - | 20 |
| Uspec. kemikalieaffald | g | 100 | - | - | - | - | 100 |
| Tungm. holdig jord eller støv | g | 90 | - | - | - | - | 90 |
| Uspec. slagge og aske | g | 970 | 190 | 56.400 | 50 | 0 | 57.600 |
| Uspec. volumenaffald | g | 5.950 | 1.340 | 171.700 | 5.560 | 2 | 184.600 |
| Uspec. farligt affald | g | 0,07 | - | - | 500 | - | 500 |
| Arbejds miljø | | | | | | | |
| Ensidigt gentaget arbejde | timer | 0,0015 | 1,2 | 0,1 | - | 0,004 | 1,3 |
| Høreskadede støj | timer | 0,02 | 1,2 | 1,3 | - | 0,006 | 2,5 |
| Nervesystemskadende stoffer | timer | 0,001 | 0,0006 | 0,04 | - | 0 | 0,04 |
| Allergifremkaldende stoffer | timer | 0,003 | 0,02 | 0,22 | - | 0,0004 | 0,24 |
| Reproduktionskaldende stoffer | timer | 0,0003 | 0 | 0 | - | 0 | 0,0003 |
| Kræftfremkaldende stoffer | timer | 0,002 | 0,002 | 0,16 | - | 0 | 0,16 |
| Ulykker | antal | 1,4x10 ⁻⁶ | 37x10 ⁻⁶ | 54x10 ⁻⁶ | - | 0,16x10 ⁻⁶ | 92x10 ⁻⁶ |

Tabel 3.

Energi profiler

Energi profilen i figur 7 for livsforløbet viser energiforbruget omregnet til megajoule (MJ) i de forskellige faser. Energien er opgjort som primær energi, som inkluderer kraftværkernes effektivitet og brændværdien af materialerne.



Figur 7. Energi profil. Primært energiforbrug

Materialefremstilling

Energiforbruget til materialefremstilling er det næststørste, men alligevel er det ca. 50 gange mindre end energiforbruget i brugsfasen.

Produktion

Hovedparten af produktionen er egenproduktion, som er af samme størrelsesorden som materialefremstilling.

Brug

Langt det største energiforbrug forekommer i brugsfasen. Derfor er brugsfasen det vigtigste sted at sætte ind, hvis energiforbruget skal nedsættes.

Transport

Bidraget fra transport er ikke stort, men det bemærkes, at transporten fra virksomheden til brugeren er væsentlig større end de andre transportbidrag. Det skyldes, at pumpen skal transporteres fra Danmark til Sydeuropa, mens en del har kortere transportvej.

Bortskaffelse

Det negative bidrag betyder, at energien fra f.eks. forbrænding udnyttes.

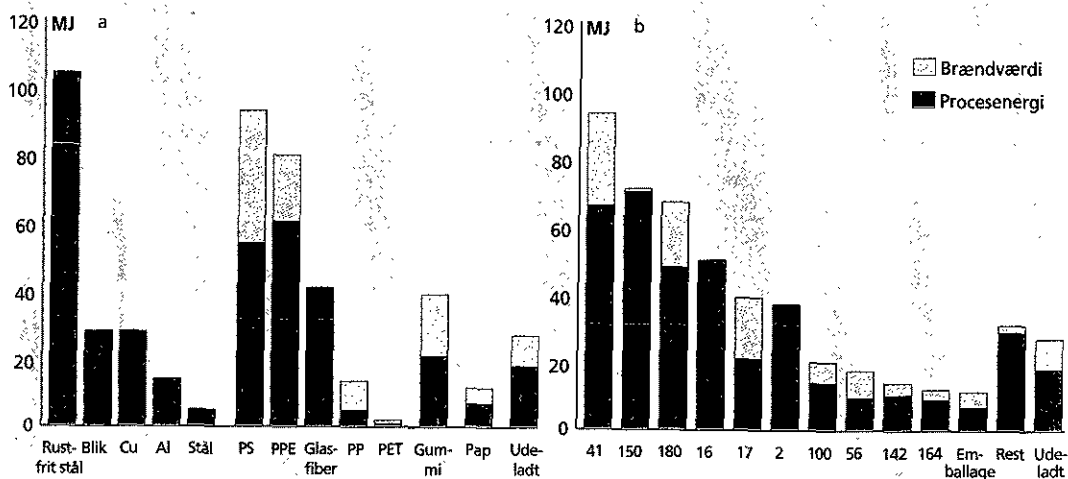
Materialernes energiindhold

Figur 8a viser energiindholdet i råvarerne og i de mest energitunge komponenter. Rustfrit stål tegner sig for den største andel, de forskellige plasttyper følger lige efter. Den del af energiindholdet i produktet, der ikke figurerer under et bestemt materiale, er samlet i den sidste kolonne med betegnelsen "udeladt".

Det samme ses i figur 8b, hvor det er komponenterne af rustfrit stål og plast, der dominerer. Numrene på komponenterne svarer til styklisten i tabel 1.

For rustfrit stål er det især motoren (pos. nr. 150), motorhuset (pos. nr. 2) og tanken (pos. nr. 16), der bidrager.

Energiindholdet af plastkomponenterne domineres af mellempadden (pos. nr. 41) og motorskjoldet (pos. nr. 180), som er fremstillet af en glasfiberforstærket komposit, og af gummimembranen (pos. nr. 17).



Figur 8a. Indholdet af primær-energi i de materialer, der findes i pumpen

Figur 8b. Indholdet af primær-energi i pumpens materialer fordelt på komponenter

Tabel 3 viser udvekslingen med miljøet udtrykt i gram for ressourcer, udledninger og affald samt i timer for arbejdsmiljøbelastningerne. Udvekslingerne omregnes til potentielle effekter, som udtrykker den effekt, der kan udløses under de rette omstændigheder.

Miljøeffektpotentialer

Emissioner og affaldstyper kan sammenfattes til et antal miljøeffektpotentialer. Omregningen er beskrevet af Wenzel et al., 1996. Resultatet for miljøeffektpotentialerne ses i tabel 4.

JetpaQ'en har store potentialer for de miljøeffekter, der knytter sig til forbrug af fossile brændsler, dvs. drivhuseffekt, forsurening samt slagge og aske. Derimod kan det ses, at JetpaQ'en har forholdsvis små potentialer for toksiske effekter undtagen human toksicitet. I kategorien farligt affald er foruden elektronikaffaldet også diverse tungmetaltholdige slagger fra materiale fremstillingen inkluderet.

Ressourceforbrug og potentialer for arbejdsmiljøeffekter

Tallene i tabel 3 udtrykker potentialerne direkte i antal gram for ressourcer og timer for potentialerne for arbejdsmiljøeffekter og skal derfor ikke omregnes.

Størrelsen af produktets bidrag

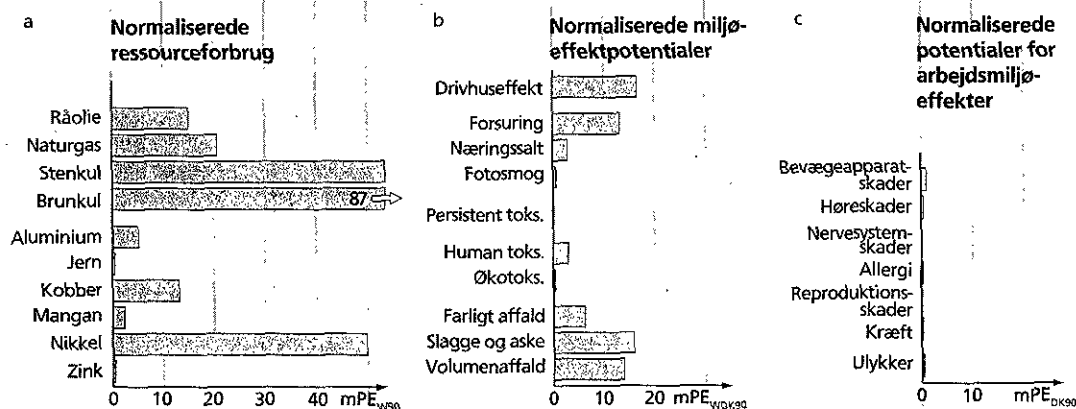
En normaliseret værdi, som udtrykker effektpotentialet i forhold til det gennemsnitlige bidrag for en person, kan gøre tallene nemmere at sammenligne. Størrelsen af pumpens bidrag er dermed udtrykt i personækvivalenter, eller rettere millipersonækvivalenter, forkortet mPE, som er produktets bidrag i promille af en gennemsnitspersons bidrag.

For ressourcer, der vises i figur 9a, er det fossile brændsler og nikkel, der giver de største bidrag. Nikkel indgår som legeringssele-

| Effekttype | Effektpotentiale | |
|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| | Enhed | Pr. produkt pr. levetid |
| Globale effekter | | |
| Drivhuseffekt | g CO ₂ -ækv | 1.545.000 |
| Regionale effekter | | |
| Forsuring | g SO ₂ -ækv | 17.600 |
| Nærings saltbelastning | g NO ₃ -ækv | 8.520 |
| Fotosmog | g C ₂ H ₄ -ækv | 73 |
| Human toksicitet (vand) | m ³ vand | 24 |
| Økotoksicitet (vand, kronisk) | m ³ vand | 116 |
| Lokale effekter | | |
| Human toksicitet (luft) | m ³ luft | 936.000.000 |
| Øko toksicitet (vand, akut) | m ³ vand | 6,4 |
| Farligt affald | g | 1.270 |
| Slagge og aske | g | 57.500 |
| Volumenaffald | g | 184.600 |

Tabel 4. Omregning af udvekslingerne til miljøeffektpotentialer

Figur 9. Normalisering af ressourceforbrug og effektpotentialer fra pumpen



ment i rustfrit stål, og forbruget af nikkel svarer til 5% af en gennemsnitspersons årlige forbrug i 1990. Forbruget af de fossile brændsler ligger i samme størrelsesorden.

Miljøeffektpotentialerne er vist i figur 9b. JetpaQ's bidrag til drivhuseffekt, forsuring og diverse affaldstyper ligger i størrelsesordenen en til to procent af en gennemsnitspersons bidrag i 1990.

Arbejdsmiljøbelastningen normaliseres med gennemsnittet af en dansk arbejdstagers årsbelastning, se figur 9c. De relativt største bidrag til arbejdsmiljøeffekterne er allergier, bevægeapparatskader, høreskader og arbejdsulykker. Det store bidrag til bevægeapparatskader kommer fra produktionen hos Grundfos. Allergi stammer hovedsageligt fra el-produktion. El-produktionen bidrager sammen med produktionen hos Grundfos til potentielle høreskader. En uddybning af definitionerne for arbejdsmiljøeffekter findes i Wenzel et al., 1996.

Væsentligste effektpotentialer

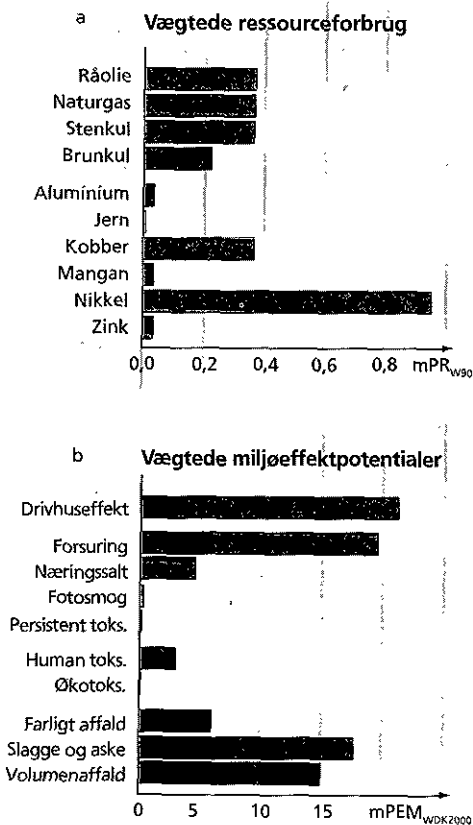
Selv om de normaliserede profiler i figur 9 er udtrykt i samme enhed (mPE), betyder det ikke nødvendigvis, at de kan sammenlignes direkte, for eksempel er lige store søjler i figuren ikke nødvendigvis lige betydningsfulde. Yderligere information om de enkelte effekters betydning tilføjes derfor i form af en vægtningsfaktor.

Figur 10 viser profilerne, hvor vægtningsfaktorerne er inkluderet.

Det ses, at de tre profiler har forskellige enheder og derfor ikke kan sammenlignes direkte. Danfoss-eksemplet forklarer alle enhederne grundigt, og de findes desuden i ordlisten.

Ressourceprofilen fremkommer ved at vægte de normaliserede værdier i forhold til de kendte reservers størrelse. Da reservernes størrelse er tidsafhængig, er 1990 valgt som referenceår. Vægtningen af ressourcerne udtrykker den andel af de kendte reserver, der var tilbage i 1990 til den enkelte person og dens efterkommere. Dvs. at reservernes størrelse er sat i forhold til det nuværende befolkningstal.

Figur 10. Vægtede ressourceforbrug og effektpotentialer for pumpen



Nikkel giver det største bidrag i ressourceprofilen med en værdi på en millipersonreserve (mPR). Det svarer til, at pumpen beslaglægger 1 promille af den nikkel, som den enkelte person og dens efterkomere har til rådighed. Grunden til det store vægtede bidrag for nikkel er, at vægtningsfaktoren for nikkel er stor. Herudover er forbruget af fossile brændsler og kobber af væsentlig størrelse. For kobber, råolie, naturgas og stenkul fås værdier på ca. 0,4 mPR.

Den vægtede miljøprofil fremkommer ved at gange de normaliserede værdier med en vægtningsfaktor ud fra de aktuelle danske eller internationale miljøpolitiske reduktionsmålsætninger for år 2000. De vægtede miljøeffektpotentialer ses i figur 10b. Billedet er nogenlunde det samme ved vægtning og normalisering. Dette skyldes, at vægtningsfaktoren for drivhuseffekten og affaldstyperne, som er de største bidrag, er tæt på 1. En vægtningsfaktor på 1 betyder, at bidraget i 1990 svarer til de fastsatte reduktionsmål for år 2000. Drivhuseffekt og forsurening er ca. 20 mPEM, dvs. at pumpens bidrag svarer til 2% af det bidrag, en gennemsnitsperson maksimalt bør have i år 2000. Slagge og aske samt volumenaffald er i samme størrelsesorden.

Arbejdsmiljøprofilen fremkommer ved at gange de normaliserede værdier med det årlige antal arbejdsskader, der bliver anmeldt. Derved fås et direkte udtryk for det antal arbejdsskader, der kan forventes for det aktuelle produkt.

For arbejdsmiljø fås et meget stort bidrag for arbejdsulykker, hvoraf ca. 60% stammer fra produktion af el, og 40% kommer fra produktionen på Grundfos. Når tallet for arbejdsulykker bliver så højt, skyldes det, at anmeldelse af arbejdsulykker er lovpligtig. Derfor er det nemmere at henføre arbejdsulykker som arbejdsskader i forhold til andre arbejdsmiljøeffekter. Værdierne for bevægeapparatskader og høreskader er også betydelige. Henholdsvis 92% af de potentielle bevægeapparatskader og 46% af de potentielle høreskader skyldes produktionen på Grundfos.

Væsentligste kilder til effektpotentialerne

Hvis man skal kunne bruge de vægtede profiler til at forbedre produktet, kræver det, at man kan opspore kilderne til de enkelte miljøeffekter. I de følgende figurer er miljøeffekterne opdelt på de 6 kilder: materialeforbrug, kemikalieforbrug, forbrug af termisk energi, el-forbrug, overhead og bortskaffelse. De kan grupperes inden for Materialer, Energi, Kemikalier og Andet som vist i tabel 5. Grupperingen kaldes MEKA-princippet, og er beskrevet nærmere i Gram-eksemplet.

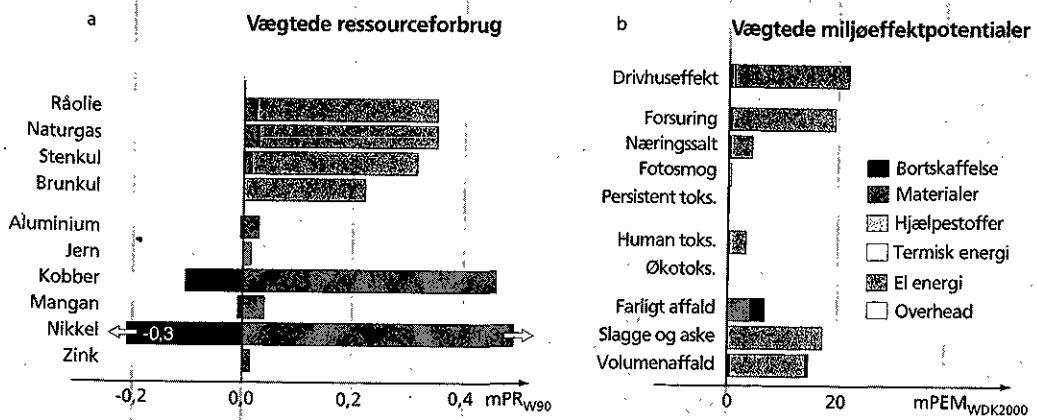
Det ses i figur 11a, at forbruget af fossile brændstoffer næsten udelukkende går til el-forbruget, mens de øvrige ressourcer indgår som materialer i produktet.

Miljøeffektpotentialerne i figur 11b stammer næsten udelukkende fra el-forbruget. Farligt affald og persistent toksicitet kommer hovedsageligt fra materialeforbruget.

Ud fra denne erkendelse kan man forenkles miljøvurderingen ved at udvælge nogle få miljøeffekter, som repræsentanter for de betydningsfulde kilder. For el-forbruget udvælges forbrug af stenkul og råolie, drivhuseffekt, forsurening samt slagge og aske. For ressourceforbruget i øvrigt udvælges kobber og nikkel, da de giver de største

| | |
|------------|------------------------------|
| Materialer | |
| Materiale | - forbrug - bortskaffelse |
| Processer | |
| Energi | - termisk - el |
| Kemikalier | - hjælpstoffer |
| Andet | - overhead |

Tabel 5. Kilder til ressourceforbrug og effektpotentialer opdelt efter MEKA-princippet



Figur 11. Vægtede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer opdelt på kildetyper

vægtede bidrag. Farligt affald medtages som affaldskategori, der ikke stammer fra el-produktion.

Væsentligste faser i livsforløbet

Forenklingen mht. effektpotentialer foretages for at lette overskueligheden, når de faseopdelte profiler vises. Ressourceforbruget er vist i figur 12a. For råolie og stenkul er brugsfasen den væsentligste, mens kobber og nikkel giver de største bidrag i materialefremstillingsfasen. En del råolie og stenkul bruges dog også til materialefremstillingen. For nikkel betyder værdien, at ca. 1,3 promille af personreserven i 1990 er beslaglagt.

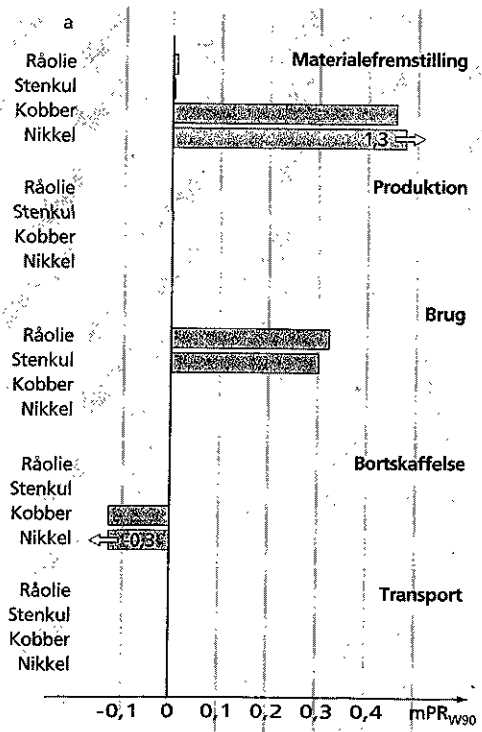
Figur 12a. Vægtet ressourceforbrug opdelt på faser i livsforløbet

Da nikkel genbruges efter endt brug af pumpen, godskrives en del af det under bortskaffelsen, men en langt højere genbrugsgrad og sortering af materialer er nødvendig, hvis man skal kunne blive ved med at lave pumper med nikkelholdigt rustfrit stål.

Figur 12b viser miljøeffektpotentialerne. Her understreges betydningen af brugsfasen, som domineres af el-forbruget. Næsten hele bidraget til drivhuseffekt, forurening samt slagge og aske kommer fra brugsfasen. Farligt affald kommer fra materialefremstillingen og bortskaffelsen.

For arbejdsmiljøet vises effektpotentialerne i figur 12c. Fordelingen mellem de enkelte faser viser, at de store bidrag kommer fra produktionen og fra brugsfasen, hvor det er el-fremstillingen, der giver potentialerne for arbejdsmiljøeffekter. El-fremstillingen omfatter arbejdet på kraftværkerne, som især belaster med høreskader, allergifremkaldende stoffer og arbejdsulykker.

Bidraget fra materialefremstillingen skyldes stålproduktionen, som hovedsageligt bidrager med ulykker. Inden for produktion stammer bidragene fra produktion hos



Grundfos og fra el-produktion. Den overvejende del af bidragene for de viste effekttyper stammer fra produktionen hos Grundfos. Bevægeapparatskaderne skyldes det ensidige, gentagede arbejde.

Væsentligste komponenter

For hver af komponenterne er der lavet en miljøvurdering, der inkluderer materialefremstilling og produktion. Effektpotentialerne fra miljøvurderingen kan bruges til at udpege de komponenter, der udgør de væsentligste miljøbelastninger. For hver effekttype er der opstillet en topscorerliste, så det kan ses, hvilke komponenter der giver de største bidrag. En topscorer kan dog godt være det bedste alternativ til en bestemt funktion, men topscorerlisten er et godt udgangspunkt for diskussion af alternativer inden for komponenterne. Figur 13 viser miljøeffektpotentialer og ressourceforbrug beregnet for komponenterne.

For råolieforbruget er det tanken, nr. 16, der giver det største bidrag. Herudover er det mellemladen, nr. 41, motoren, nr. 150, og gummimembranen, nr. 17, der bidrager mest. Mellemladen er fremstillet af plastkomposit, og råolie kan dels indgå som råvare dels som brændsel ved fremstillingen.

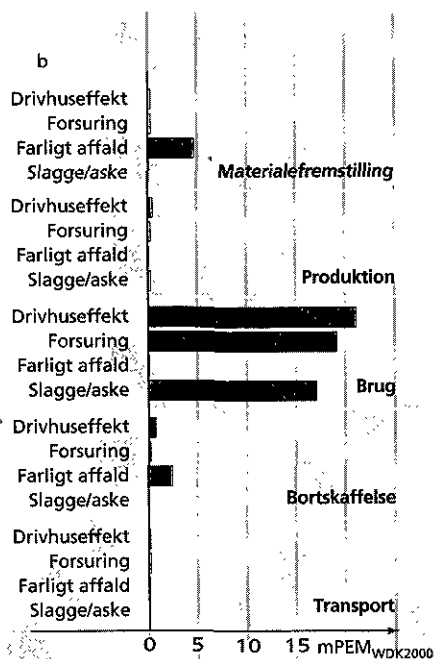
Gummimembranen, nr. 17, motoren, nr. 150, tanken, nr. 16, og statorhuset, nr. 2, er topscorerne inden for stenkul.

Kobber indgår især i motoren, nr. 150, hvor kobber bruges til vindingerne.

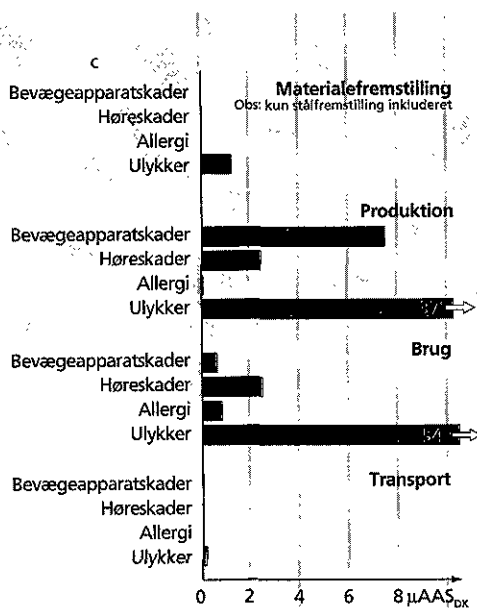
Nikkel indgår som legeringselement i rustfrit stål. Topscorene er tanken, nr. 16, spændeflansen, nr. 149, og motoren, nr. 150. Resten, som ikke er specificeret, indeholder de øvrige komponenter af rustfrit stål.

For miljøeffektpotentialerne er det motoren, nr. 150, og gummimembranen, nr. 17, der er topscorere. Farligt affald domineres af tanken, nr. 16, og statorhuset, nr. 2. Begge dele er fremstillet af rustfrit stål. Det farlige affald stammer fra chromholdig slagge ved produktion af rustfrit stål.

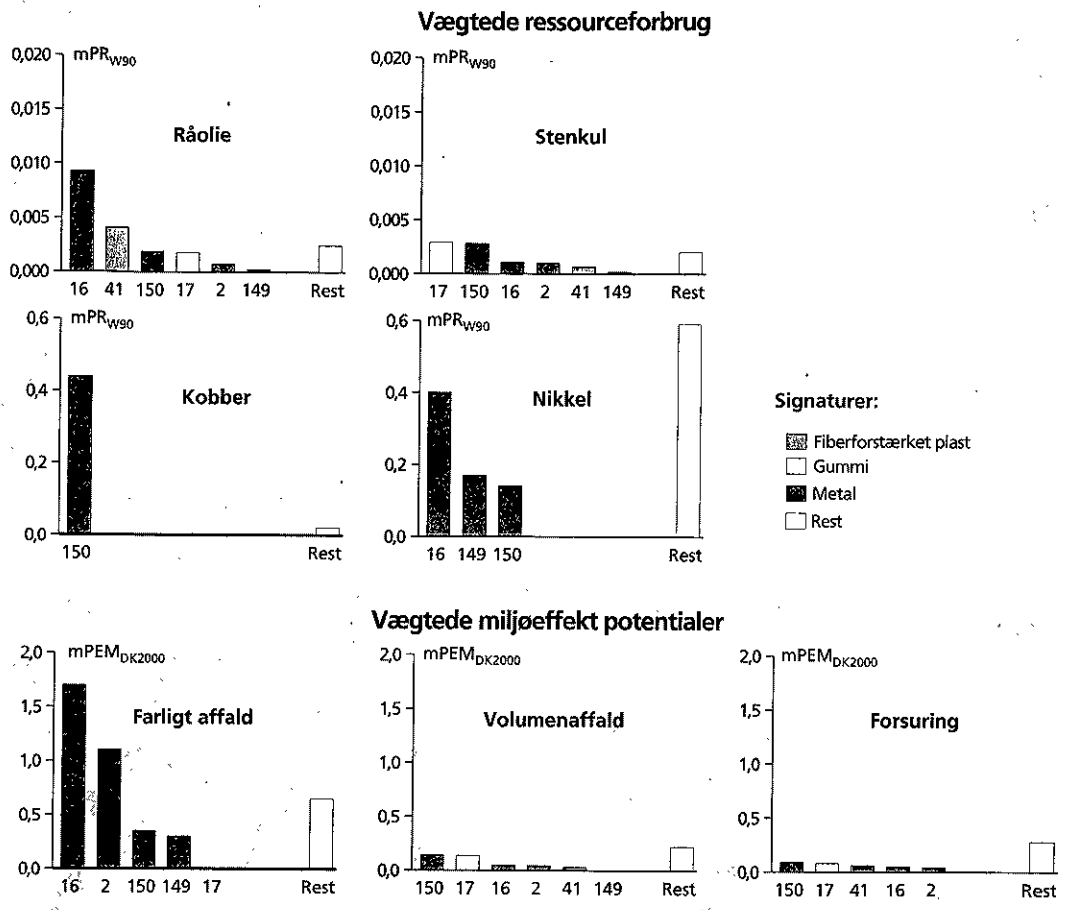
Her skal det dog bemærkes, at den vigtigste kilde til miljøeffekter, el-forbruget, ikke umiddelbart kan henføres til en bestemt komponent, men knytter sig til hele produktets funktion og virkningsgrad.



Figur 12b. Vægtede potentia-ler for miljøeffekter opdelt på faser i livsforløbet



Figur 12c. Vægtede potentia-ler for arbejdsmiljøeffekter opdelt på faser i livsforløbet



Figur 13. Topscorere blandt pumpens komponenter

Videnmangel, usikkerheder og følsomheds-vurderinger

Materialefasen

For selve produktet er den væsentligste udeladelse elektronikken. Typisk indeholder elektronik sparsomme metaller, og det vægtede ressourceforbrug af disse kan derfor være betydeligt, selv om mængderne ikke er store. Toksicitet af tungmetaller i elektronikkomponenterne er derfor heller ikke medtaget. Data for produktion af den glasfiberarmerede plastkomposit er ikke tilgængelig, men alle bestanddelene er med, dvs. at ressourceforbruget er korrekt.

På resourcesiden mangler chrom på figurerne, selvom chrom indgår i væsentlige mængder i rustfrit stål: chromindholdet i den anvendte legering er 18%. Chrom kan derfor findes i tabel 3 som ressourceforbrug. Da der ikke er beregnet en normaliseringsfaktor for chrom, opræder chrom ikke på de normaliserede og vægtede figurer. Ifølge Goeller og Zucker, 1984, hører chrom dog ikke til

blandt de knappe ressourcer, dvs. at forsyningshorisonten med det nuværende forbrug er lang.

Et generelt problem, som skyldes manglende oplysninger, er affaldsmængderne fra udvinding af metaller. Malmen, som metallerne udvindes af, indeholder typisk få procent af det ønskede metal. Derfor kan man se store bjerge af jord eller klippe omkring minerne. Disse affaldsmængder er ikke medtaget for metallerne. De slagger, som er affaldet fra den videre forædling som f.eks. chromholdig slagge fra produktionen af rustfrit stål er med.

For materialefasen er mere end 90% af ressourcerne medtaget.

Produktionsfasen

For nogle processer på Grundfos er der anvendt data, som er målt specifikt ved fremstilling af en anden Grundfospumpe. Da alle processerne foregår hos Grundfos, skønnes usikkerheden ikke at være stor. Usikkerheden på el-målinger skønnes at være 10%. For emissionsmålinger er usikkerheden større, fordi målingerne er øjebliksmålinger, og emissionerne varierer som funktion af tiden.

Brugsfasen

Levetiden for pumpen er skønnet, og tallet kan derfor variere inden for ± 5 år. I miljødiagnosen foretages en simulering, der viser betydningen af levetiden.

El-forbruget i brugsfasen afhænger især af driftstiden og afgangstrykket af vandet. Det opstillede scenarium for brugen er baseret på standardoplysninger for en familie med to børn. Jo flere brugere pumpen har, jo længere bliver driftstiden. Der er ikke lavet estimater over variationen på driftstiden. Afgangstrykket er den anden væsentlige parameter, da hvert overtryk på 0,5 bar øger el-forbruget med 35 kWh pr. år. Afhængigt af afgangstrykket kan strømforbruget variere mellem 120 og 410 kWh pr. år, når driftstiden for pumpen er konstant. Strømforbruget kan derfor reelt variere med ca. ± 100 kWh pr. år. En simulering i miljødiagnosen viser konsekvenserne af ændringer i strømforbruget, hvis virkningsgraden af pumpen ændres. Simuleringen kan dog tages som et generelt udtryk for ændringer i strømforbruget.

Bortskaffelsesfasen

Fordelingen mellem genbrug, forbrænding og deponi bygger på skøn baseret på danske forhold, og store afvigelser herfra kan forekomme, når pumpen bruges i andre lande. I miljødiagnosen vises en simulering med 100% genbrug af rustfrit stål og kobber.

2. Miljødiagnose for en pumpe - JetpaQ

Formålet med miljødiagnosen er at udpege de væsentligste forbedringspotentialer og gøre sig klart, hvor i produktet de sidder. Forbedringspotentialerne er de effektpotentialer, der er større end nødvendigt.

Simulering af ændringer i produktet eller dets livsforløb

Ved at simulere ændringer i produktet, kan det ses, hvor stor effekt ændringen har. Effekterne er kun vist for de potentialer, der påvirkes af ændringerne. Rammen om simuleringerne er de fire områder i MEKA-princippet, som er omtalt under de væsentligste kilder til effektpotentialerne. Simuleringerne er foretaget indenfor de tre områder: Materialer, Energi og Andet. Der er ikke foretaget simuleringer for Kemikalier. For materialer er der vist en simulering med genbrug, el-forbruget repræsenterer energi, og andet dækker over levetiden. Simuleringerne er vist i figur 14.

Større genbrug af metal

I det nuværende scenarium genbruges kun 30% af alle metallerne. Der er derfor et stort potentiale for besparelse af ressourcer ved øget genbrug. Hvis 100% af kobberet og 100% af det rustfrie stål blev genbrugt, ville ressourceforbruget blive væsentligt mindre. Eksemplet er vist i figur 14a. For nikkel reduceres forbruget med 60%, og for kobber reduceres det med ca. 85%. Når kobber reduceres mere end nikkel, skyldes det, at sandsynligheden for, at kobber genbruges, når det sendes til en skrothandler, er større end for rustfrit stål. Kobber er let at kende pga. den rødlige farve, og det kan raffineres til 100% renhed. Det betyder, at den kobber, der fremstilles af skrot, har samme renhed og egenskaber som primær kobber. Ved fremstilling af rustfrit stål af skrot skal man normalt tilsætte en mængde primære metaller for at justere sammensætningen. Typisk tilsættes 20% primære malme til rustfrit stål.

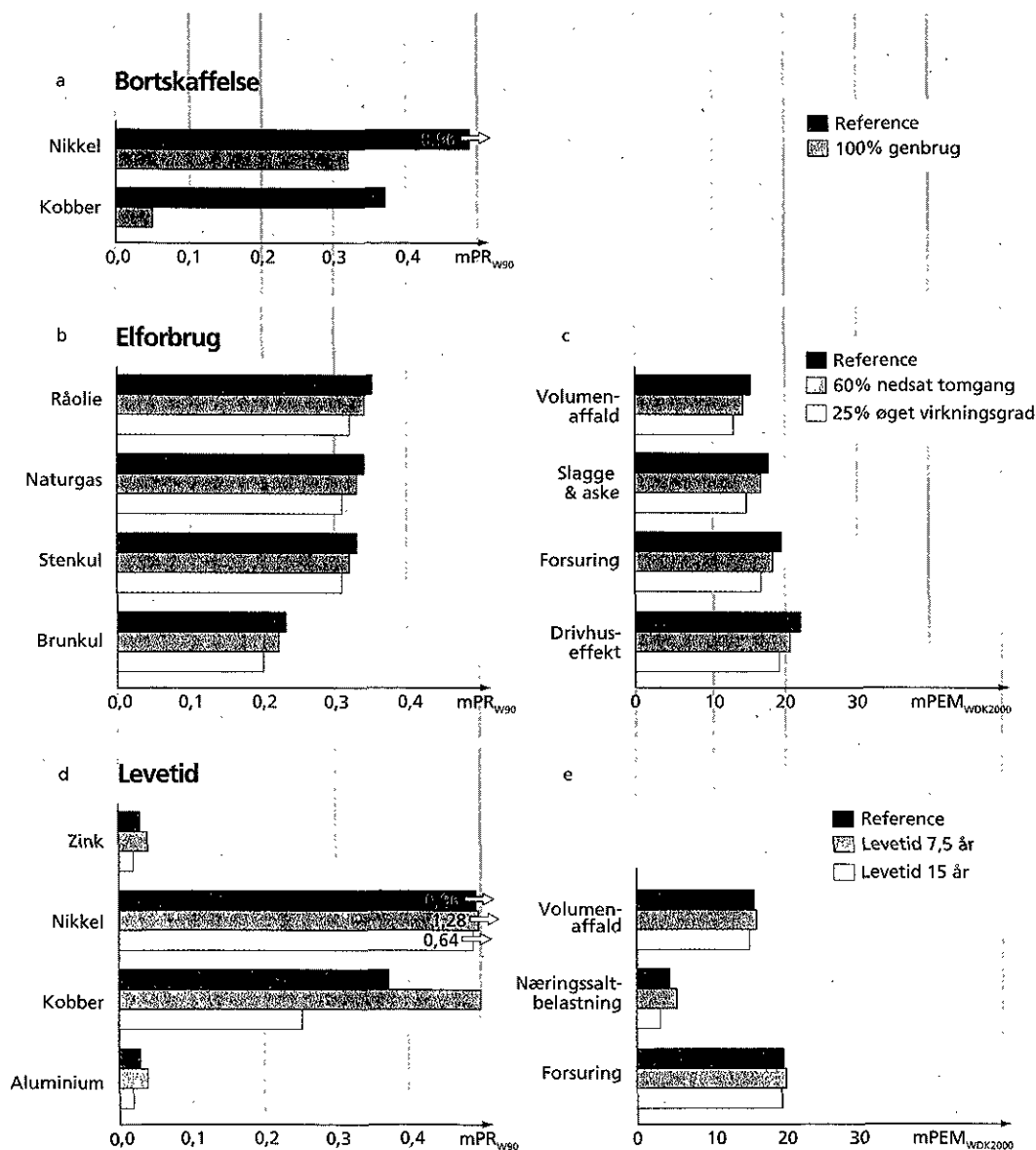
Reduktion af el-forbruget

Da el-forbruget i brugsfasen giver det største bidrag til miljøeffektpotentialerne, er det væsentligt at nedbringe det. El-forbruget kan nedsættes ved at forøge virkningsgraden af pumpen. Den totale virkningsgrad er en kombination af virkningsgraden for motoren, pumpen og pumpestyringen. Den anden simulering er en nedsættelse af tomgangen fra 5 til 2 W, dvs. en nedsættelse på 60%. Tomgangen udgør dog en mindre del af det totale effektforbrug, så den procentvise nedsættelse af det totale el-forbrug kun bliver på 10%. Nedsættelsen af tomgangen giver en reduktion i fossile brændsler på 3%, se figur 14b, og miljøeffektpotentialerne, som er vist i figur 14c, reduceres i størrelsesordenen 7%. En forøgelse af pumpevirkningsgraden på 25% giver en nedsættelse i forbruget af fossile brændsler på ca. 6% og reduktion af miljøeffektpotentialer på ca. 15%. Alle de viste miljøeffekter er afhængige af el-forbruget. Derfor bliver miljøeffekterne mindre, når el-forbruget nedsættes.

Ændret levetid

Ved simuleringen af ændret levetid, som er vist i figur 14d og 14e, er det antaget, at el-forbruget pr. år er det samme. Da de normaliserede værdier tager hensyn til levetiden, vil ændringer i levetiden kun have betydning for effektpotentialer, der stammer fra materialefremstilling eller produktion. For brugsfasen bliver de normaliserede værdier de samme. Ved den forlængede levetid er der foretaget en udskiftning af gummimembranen, dvs. at miljøbelastningen for en ekstra gummimembran er lagt til.

Figur 14. Simulering af ændringer i produktet eller dets livsforløb



For ressourcerne, som er vist i figur 14d, er effekten af den øgede levetid stor. Alle de viste ressourcer indgår i produktet, og en forøget levetid fra 10 til 15 år giver derfor en reduktion i ressourceforbruget på 33%. Tilsvarende fås et forøget ressourceforbrug pr. år, hvis levetiden er kortere. Ressourceforbruget af råolie til gummimembranen er så lille i forhold til det øvrige forbrug, at det ikke er vist her.

Betydningen af levetiden er lille for miljøeffektpotentialerne, se figur 14e. De potentialer, der er vist, stammer hovedsageligt fra el-produktionen, og det er kun forbrug af el til materialefremstilling eller produktion, der påvirkes. Jo længere levetid jo mindre bliver miljøeffektpotentialerne. Miljøeffektpotentialet for den ekstra gummimembran er for lille til at give noget udslag.

Opsamling på simuleringer

Det, der har størst betydning for miljøeffektpotentialerne, er energiforbruget. En nedsættelse af energiforbruget er derfor den forbedring, der har højest prioritet. Dernæst kommer forøget genbrug af metaller. Da genbrugsgraden ikke er særlig stor, ligger der et stort potentiale her. Levetiden har også betydning for ressourceforbruget, men det er usikkert hvor meget, da en forøget levetid vil kræve mere service. I den viste simulering for levetid har man kun udskiftet en gummimembran. Hvis en forøget levetid kan opnås ved få udskiftninger, vil der være en væsentlig ressourcebesparelse. Jo mere service og transport af produktet, der kræves, jo mindre bliver fordelene ved den øgede levetid.

Hvor i produktet sidder forbedringspotentialerne

I dette afsnit benyttes den viden, der er opbygget i miljøvurderingen om de væsentligste miljøeffektpotentialer for produktet, og hvilke komponenter der er topscorere indenfor effektpotentialerne. Denne viden sammenholdt med simuleringerne giver et godt grundlag for at udpege fokuspunkter i produktet. Sammen med fokuspunkterne har Grundfos forsøgt at opstille alternativer. Nogle alternativer er realistiske, mens andre skal tages som inspiration.

Der er udpeget forbedringspotentialer på koncept-, struktur- og komponentniveau.

Tabel 6. Eksempel på fokuspunkt på konceptniveau

Tomgangsforbrug: Pumpen bruger 5 W i tomgang. Energien går til styringen, som hele tiden måler trykket ved afgang.

Alternativ: Nedsættelse af tomgangsforbruget.

Tabel 7. Eksempler på fokuspunkter på strukturniveau.

Virkningsgrad: El-forbruget i brugsfasen giver det væsentligste bidrag til miljøeffektpotentialerne. En forøgelse af virkningsgraden vil derfor have stor betydning.

Alternativ: Virkningsgraden kan øges i motoren eller pumpen.

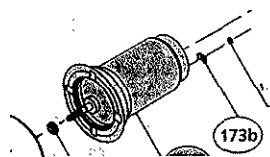
Øget genbrug: Et vigtigt aspekt er at øge genbruget, så ressourceforbruget mindskes.

Alternativ: Lettere demontage kan øge genbrugsprocenten. Dette kan ske ved at sætte ind på flere områder:

Adskillelse af komponenter uden brug af specialværktøj.

Mærkning af materialer med angivelse af materialetype.

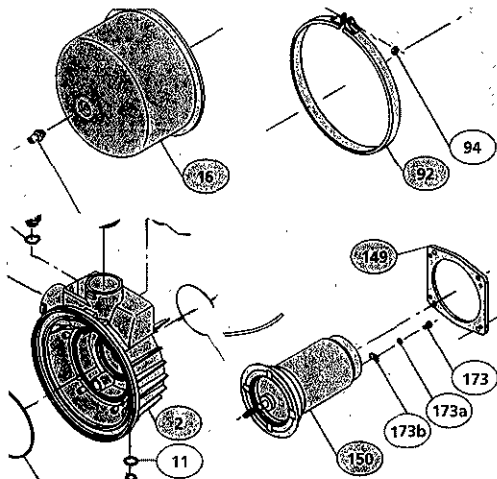
Anvendelse af ensartede materialer og færre materialetyper.

Tabel 8. Eksempler på fokuspunkter på komponentniveau.

Kobber: Kobber indgår i motoren. Da kobber er et metal med kort forsyningshorisont, bør anvendelsen af metallet begrænses, og der bør være mulighed for genbrug.

Alternativer: Kobberforbruget kan nedsættes ved at sætte ind på tre fronter:

- Forøgelse af genbrugsgraden vil mindske ressourcetrækket af kobber.
- Kobberforbruget i kobberet kan nedsættes ved at reducere antallet af vindinger; det giver til gengæld en lavere virkningsgrad.
- Der kan anvendes et helt andet motorkoncept. En mulighed er at erstatte kobber med aluminium. For øjeblikket er virkningsgraden på disse motorer lavere end for motorer med kobber.



Rustfrit stål: Tanken og flere andre dele er fremstillet af rustfrit stål. Nikkel, som indgår i rustfrit stål med ca. 9%, er en sparsom ressource. Anvendelsen bør derfor begrænses. Da tanken er en stor samlet del, er muligheden for genbrug stor ved manuel demontage. Et forøget genbrug kan dog ikke helt eliminere ressourcetræk af nikkel.

Alternativer: Der kan evt. anvendes et andet materiale, f.eks. plastikkomposit, eller man kunne vælge en anden legering med mindre nikkel.

Tabel 9. Eksempler på fokuspunkter på komponentniveau. Arbejdsmiljø

Ensigt, gentaget arbejde: Forekommer især i produktionen (montage).

Alternativer: Hyppige skift mellem arbejdsopgaver ved omrokering af medarbejderne nedsætter belastningstiden med den samme bevægelse.

Hvor i omgivelserne findes forbedringspotentialerne

En del af forbedringspotentialerne skal findes uden for produktet. To eksempler er nævnt her:

Shredding: Når pumpen skrottes, vil den typisk blive sendt gennem en shredder sammen med andet metalaffald. Hvis produktet indeholder magnetisk rustfrit stål, vil det gå i samme fraktion som jern, og ende som genbrugsstål på et stålværk. Her vil indholdet af chrom og nikkel gå tabt. Umagnetisk rustfrit stål vil kun blive indsamlet, hvis der sker en manuel sortering.

Alternativer: Manuel demontage giver den største genvindingsgrad og sikrer, at rustfrit stål fortsætter i kredsløbet for rustfrit stål, så legeringselementerne ikke tabes.

El-systemet: De væsentligste miljøeffektpotentialer stammer fra fremstilling af elektricitet. Dette skyldes især det store forbrug af stenkul som brændsel.

Alternativer: En forøget effektivitet af værkerne sammen med større anvendelse af vedvarende energikilder vil reducere miljøbelastningen.

3. Miljømålsætning for produkttypen

Dette afsnit indeholder en sammenligning af konkurrerende produkter. De generelle miljømålsætninger leder hen til grundspecifikationen for nye produkter.

Konkurrencerammer

Markedet for små decentrale vandværker er et stort marked, specielt i Sydeuropa, hvor variationen af pumpetyper er stor, og markedet er præget af små lokale leverandører.

Der er ikke i diagnosen foretaget nogen speciel analyse af markedets forventninger til produktets miljøforhold. Dette skyldes især, at produktet sælges i Sydeuropa, hvor forbrugerens interesse for et produkts miljøforhold er begrænset. Desuden er produktet et lavprisprodukt, hvor prisen og ikke miljøet er den vigtigste konkurrenceparameter.

Markedsføringen af JetpaQ'en har været baseret på produktets pålidelighed, nemme installation og elektronikken, der giver en del muligheder for styring, som konkurrerende produkter ikke kan tilbyde. Samtidig er JetpaQ'en mere støjsvag end tilsvarende pumper.

JetpaQ'en er et unikt produkt inden for vandværkssystemer til private husholdninger primært på grund af den kompakte størrelse. Andre produkter, som har samme funktion som JetpaQ'en er typiske boostersystemer, hvor en pumpe er monteret sammen med en tryktank. Sammenlignet med en pumpe af boostertypen er en stor del af metalindholdet i JetpaQ'en erstattet med plastkomposit. I forhold til et boostersystem fra Grundfos ved navn JP5-Booster er andelen af kompositter øget fra 8 til 30%. Produktionen af JP5-Booster begyndte længe inden JetpaQ'en, og den produceres stadig. Den forøgede andel af kompositter er ikke i strid med grundspecifikationen for nye produkter, som siger, at antallet af komposittyper bør begrænses. Virkningsgraden af JetpaQ'en er ikke forbedret i forhold til JP5-Booster.

Langsigtede målsætninger

Miljøpolitikken hos Grundfos har disse målsætninger:

Inden for økonomisk forsvarlige rammer skal belastningen af miljøet og forbruget af ressourcer søges minimeret ved udvikling af nye produkter og processer.

Miljøbelastningen i hele produktets levetid skal være vurderet og beskrevet. I praksis vil det sige, at alle kommende produkter skal underkastes en livscyklusvurdering, og miljøbelastningen skal vurderes i forhold til tilsvarende produkter på Grundfos. Dette gælder også for indførsel af nye teknologier, der skal vurderes i forhold til den eksisterende teknologi.

Serviceafdelingen på Grundfos skal kunne modtage og reparere defekte produkter eller anvisе bortskaffelseskanaler for udtjente produkter. Grundfos skal forsøge at genanvende dele fra udtjente eller defekte pumper. Dette betyder også, at der i konstruktionsfasen skal tages hensyn til, at delene skal kunne genanvendes eller sendes til genbrug.

Grundfos er i gang med at opnå miljøcertificering i henhold til BS7750, som er et miljøledelsessystem fra British Standard. I forbindelse med certificeringen stilles der krav til motivation af medarbejdere og leverandører til øget miljøbevidsthed. Desuden skal leverandører vurderes på deres miljømæssige optræden og fravælges, hvis deres optræden er i strid med politikken hos Grundfos.

Grundspecifikation for nye produkter

Konkret betyder målsætningerne, at kravene til nye produkter er:

- Antallet af komposittyper bør begrænses mest muligt.
- Indstøbning af metal i plast bør undgås.
- Optimering af konstruktionen mht. demontage.
- Optimering af motorens virkningsgrad.
- Nedsættelse af tomgangsforbrug.
- Reduktion af forbruget af knappe ressourcer, især kobber og nikkel.

4. Miljøhensyn i nye produkter

Når Grundfos introducerer en ny pumpe, kan produktet være et helt nyt produkt, der opfylder kundebehov, der ikke tidligere har været dækket. Det kan også være et produkt, der erstatter et tidligere produkt.

Produktudvikling hos Grundfos A/S

Et typisk projektførløb for et Grundfosprodukt er vist i figur 15.

Projektførløbet starter med en idefase, hvor aspekter som kunder, markeder, pris, teknologi og miljø bliver vurderet. Inden for miljø er det typisk lovkrav og kundeønsker, der indgår i vurderingen. Idefasen ender med forslag til et konkret projekt.

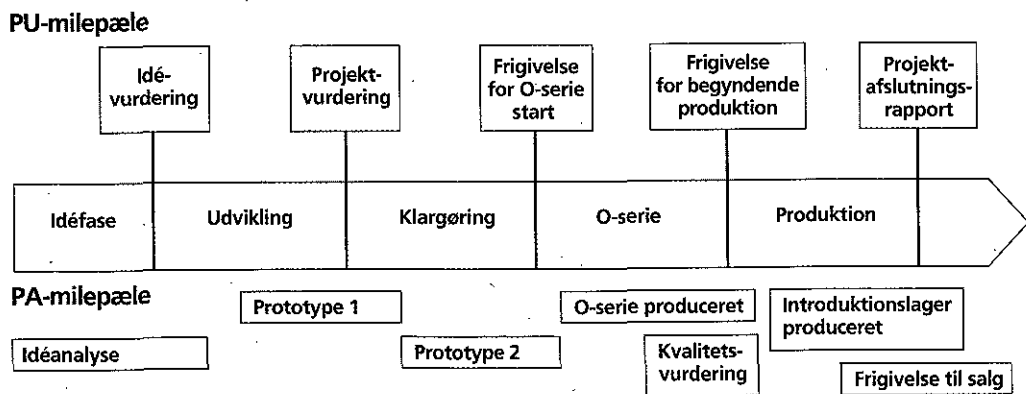
Hvis projektet godkendes af Produktudviklingsudvalget (PU), går projektet ind i en udviklingsfase, hvor miljøspecialisten deltager i overvejelser om konstruktionen af produktet. Her vurderes materialer, konstruktionsprincipper, brugsmønstre, transport og bortskaffelse af produktet som de vigtigste miljømæssige aspekter.

Når produktets funktion, sammensætning og egenskaber er fastlagt, foretages en livscyklusvurdering af produktet. Hvis der findes et produkt med samme funktion, vil miljøvurderingen af det nye produkt blive sammenlignet med vurderingen af det gamle.

Herefter går projektet ind i en fase, hvor der gøres klar til produktion af produktet.

Inden produktet kommer ud i den endelige produktion, startes en serie, hvor fabrikationen af produktet indkøres og tilrettes. Hvis der sker væsentlige ændringer af produktet, skal miljøspecialisten inddrages i projektet igen. Ellers slutter miljøspecialistens arbejde her.

Figur 15. Produktudvikling hos Grundfos. PU er produktudviklingsudvalget og PA er produktansvarlige



Eksempler på miljøhensyn i nye produkter

Produktudviklingen på Grundfos har kunnet trække på de erfaringer, der er gjort i forbindelse med miljøvurderingen af referenceproduktet. Det har givet en del ændringer på koncept-, struktur- og komponentniveau. Inden for hvert projekt kan besparelserne kvantificeres og henføres til en af de fire grupper i MEKA-princippet: Materialer, energi, kemikalier eller andet, som f.eks. kan være arbejdsmiljø. Ud for hvert projekt er en tabel, der viser, hvilket niveau projektet er på, og hvor besparelserne ligger.

Projekt 1. Elektronisk styring

| | | | | |
|-----------|---|---|---|---|
| | M | E | K | A |
| Koncept | | | | |
| Struktur | ⊙ | | | |
| Komponent | | | | |

Styring af pumpernes drift ved brug af elektroniske måle- og styringssystemer kan give væsentlige besparelser i brugsfasen. Den elektroniske styring er indført i JetpaQ'en.

Energi: Op til 75% af energiforbruget i brugsfasen spares for visse pumpetyper.

Projekt 2. Montage af elektronikenhed

| | | | | |
|-----------|---|---|---|---|
| | M | E | K | A |
| Koncept | | | | |
| Struktur | | | ⊙ | |
| Komponent | | | | |

For at lette demontage af elektronikken, er den clipset på, så den let kan fjernes vha. en skruetrækker.

Andet: Ved at lette demontagen, bliver det nemmere at bortskaffe elektronikken på en miljømæssig forsvarlig måde, og forurening af øvrige materialefraktioner undgås.

Projekt 3. Selvskærende skruer

| | | | | |
|-----------|---|---|---|---|
| | M | E | K | A |
| Koncept | | | | |
| Struktur | | | | |
| Komponent | ⊙ | | ⊙ | |

Messingmøtrikker indstøbes i plastdelene af hensyn til kravet om, at delene let skal kunne adskilles. Dette betyder imidlertid, at materialerne blandes sammen, hvilket er en ulempe, når de skal genbruges. En mulig løsning er anvendelse af selvskærende skruer, hvilket testes for øjeblikket.

Materialer: Der spares messing til møtrikker.

Andet: Produktionen af emnerne forenkles, og genbrug af platten bliver nemmere.

Projekt 4. Klemkasser

| | | | | |
|-----------|---|---|---|---|
| | M | E | K | A |
| Koncept | | | | |
| Struktur | | | ⊙ | |
| Komponent | | | | |

Klemkasserne indeholder bl.a. kondensatorer, som kan udsende giftige dampe ved forbrænding. Nu monteres klemkasserne således, at de let kan demonteres efter brug.

Andet: Ved fjernelse af klemkassen inden forbrænding, undgås udsendelse af giftige dampe fra kondensatorerne.

Projekt 5. Emballage

| | | | | |
|-----------|---|---|---|---|
| | M | E | K | A |
| Koncept | | | | |
| Struktur | | | | |
| Komponent | ⊙ | | | |

Grundfos har udarbejdet en positivliste for de materialer, der må bruges som emballage. Ifølge positivlisten skal der anvendes bølgepap og træ. Dele, som er følsomme over for fugt, kan dog emballeres i plastic. Pappet må ikke være bleget eller farvet, men der kan dog være tryk på maksimalt 10% af overfladen. Desuden søges emballagemængden begrænset mest muligt.

Materialer: Ved reduktion af plasticmængden spares olie.

Projekt 6. Mærkning af kompositemner

Alle kompositemner over 10 g bliver mærket efter en intern standard hos Grundfos. Man arbejder for øjeblikket på en standard for gummi.

| | M | E | K | A |
|-----------|---|---|---|---|
| Koncept | | | | |
| Struktur | | | | |
| Komponent | | | ⊗ | |

Materialer: Genbrug af materialerne gøres lettere ved mærkning af materialerne.

Projekt 7. Kobbertråd i motor

Kobberet i motoren udgør en stor ressourcebelastning. Det er derfor vigtigt, at kobberet kan genbruges efter endt brug. Næsten alle Grundfos' motorer er konstrueret på en måde, der gør, at kobbertråden kan fjernes efter skrotning. Når kobbertråden udtages inden shredding, har kobberet en meget stor renhed. Hvis det sendes til et kobberværk, kan det omsmeltes direkte uden ressourcepild.

| | M | E | K | A |
|-----------|---|---|---|---|
| Koncept | | | | |
| Struktur | | | | |
| Komponent | | | ⊗ | |

Materialer: Hvis kobbertråden udtages inden shredding, kan 100% af kobberet i motoren genbruges.

Projekt 8. Ensidigt, gentaget arbejde

For at nedsætte mængden af ensidigt, gentaget arbejde er Grundfos i gang med at indføre produktionsgrupper, som kan indføre intern jobrotation.

| | M | E | K | A |
|-----------|---|---|---|---|
| Koncept | | | | |
| Struktur | | | | ⊗ |
| Komponent | | | | |

Andet: Mængden af ensidigt, gentaget arbejde er nedsat, men det er for tidligt at sætte tal på ændringen.

Projekt 9. Ombytningspumper

Flere dele i pumpen slides ikke under brug. Disse dele kan derfor med fordel tages ud og indsættes i en anden pumpe. Serviceafdelingen hos Grundfos tilbyder ombytningspumper til kunder, der afleverer en havareret pumpe. Kunden får penge for den gamle pumpe afhængig af alder og stand. Ombytningspumpen indeholder både nye og gamle komponenter, men der ydes samme garanti som for en ny pumpe.

| | M | E | K | A |
|-----------|---|---|---|---|
| Koncept | ⊗ | ⊗ | | |
| Struktur | | | | |
| Komponent | | | | |

Materialer: Når komponenterne genbruges, spares der ressourcer.

Energi: Ved direkte genbrug af komponenter spares der energi til fremstilling af materialer og til produktion af komponenten.

Grundfos' erfaringer med at inddrage miljø i produktudviklingen

Deltagelsen i UMIP-samarbejdet har givet Grundfos en mulighed for at indføre miljøhensyn i produktudviklingen. I dag er miljøhensyn ikke kun lovkrav; kunderne stiller i stigende grad miljømæssige krav til produkterne og dokumentation for de miljømæssige tiltag på virksomheden. Deltagelsen i UMIP har gjort det lettere for Grundfos at dokumentere de forbedringer, der er lavet mht. miljøet.

Man støder ofte på konstruktører, der ønsker at inddrage miljøaspekter i produktudviklingen, men ikke kan overskue opgaven. Her har UMIP-metoden vist sig at være det værktøj, der gør det muligt at omsætte tanker til handling.

Et konkret eksempel er indførslen af elektronik i produktet. Miljøvurderingen påpegede, at el-forbruget i brugsfasen gav det største bidrag til miljøeffektpotentialerne. Elektronikken regulerer pumpens ydelse, så den energi, der bruges i driftsfasen, reduceres væsentligt. Desuden har miljøvurderingen vist, at det er vigtigt at sørge for genvinding efter brug, så man sparer på ressourcerne.

UMIP har været med til at gøre miljø til en parameter i produktudviklingen på Grundfos, og miljø vil fremover indgå som en integreret del heri.

Kirsten Stentoft, Danfoss A/S
Hanne Erichsen, Institutet for Produktudvikling
Michael Hauschild, Institutet for Produktudvikling



| | Side |
|---|------|
| 1. Miljøvurdering af en elektrohydraulisk aktiveringsenhed - PVEH | 176 |
| Afgrensning af livsforløbet | 177 |
| Udveksling med miljøet | 185 |
| Vurdering | 190 |
| 2. Miljødiagnose for en elektrohydraulisk aktiveringsenhed - PVEH | 199 |
| Simuleringer af ændringer i produktet eller dets livsforløb | 199 |
| Hvor i produktet sidder forbedringspotentialerne | 204 |
| Hvor i omgivelserne findes forbedringspotentialerne | 204 |
| 3. Miljømålsætning for produkttypen | 205 |
| Konkurrencerammer | 205 |
| Langsigtede målsætninger | 205 |
| Grundspecifikation for nye produkter | 205 |
| 4. Miljøhensyn i nye produkter | 207 |
| Produktudvikling hos Danfoss A/S | 207 |
| Eksempler på miljøhensyn i nye produkter | 207 |

1. Miljøvurdering af en elektrohydraulisk aktiveringsenhed - PVEH

Produktet, som Danfoss A/S har valgt som referenceprodukt, er ikke et produkt, der er så synligt i hverdagen som f.eks. et tv eller et køleskab - og alligevel. Hvem er ikke gået forbi en byggeplads, hvor kraner hæver og sænker byggeelementer, eller en vintermorgen bemærket lastbiler i gang med at salte de glatte veje. I disse sammenhænge har man faktisk set funktionen af en PVEH, som er en elektrohydraulisk aktiveringsenhed for hydrauliske proportionalventiler. Forkortelsen står for **Proportional Valve Electric High performance**. En PVEH anvendes bl.a. i kraner, gravemaskiner og saltspredere til at styre maskinernes funktioner som f.eks. at løfte, dreje, gribe m.fl.

Valg af produkt

Danfoss A/S har valgt PVEH som referenceprodukt, fordi virksomheden var i færd med at udvikle en ny generation elektrohydrauliske aktiveringsenheder. Virksomheden har desuden ønsket at få livscyklusvurderet et komplekst produkt, hvilket i dette tilfælde er et produkt, som er sammensat af mekaniske, elektroniske og hydrauliske dele.

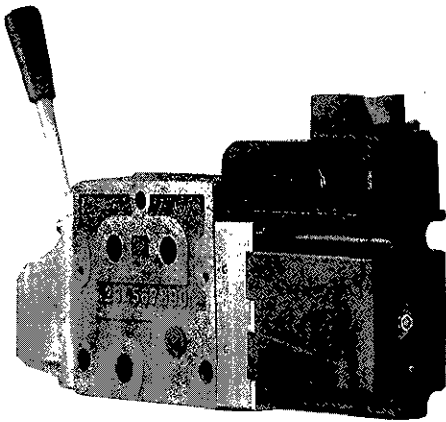
Den funktionelle enhed

PVEH's funktion er at omsætte et elektrisk signal til en hydraulisk baseret bevægelse i en maskine. For hver af maskinens bevægefunktioner er der én PVEH og én hydraulisk ventil; en maskine med 3 funktioner har således

3 PVEH'er og 3 hydrauliske ventiler.

Funktionen af en PVEH illustreres i følgende eksempel: Operatøren betjener kranen med et håndtag, som han sætter i positionen for løft. Herved sendes et elektrisk signal fra håndtaget til PVEH'en, hvor det omsættes til et lille olieflow i PVEH'ens ventilblok. Det lille olieflow styrer hovedglideren i den hydrauliske ventil, som åbner for et olieflow fra en pumpe. Olieflowet fra pumpen løfter kranens last via en hydraulisk cylinder.

Levetiden for en PVEH afhænger af, hvilken type maskine den monteres i, og hvor hyppigt denne maskine er i brug men ikke af, hvor hyppigt selve PVEH'en bruges. En PVEH udsættes for temperatursvingninger, idet både maskine og PVEH opvarmes ved start og afkøles, når maskinen slukkes. Når gravemaskinen startes op, opvarmes PVEH'en samtidig, uanset om gravefunktionen bruges. Temperatursvingningerne i PVEH'en kan give brud på lodningerne og komponenterne. Derfor er levetiden afhængig af, hvor mange og hvor store temperaturudsving PVEH'en bliver udsat for; jo flere og større temperaturudsvingninger jo kortere levetid. I miljøvurderingen regnes med en gennemsnitslevetid på 5 år.



Figur 1. Referenceproduktet PVEH (til højre) monteret på en hydraulisk proportionalventil (til venstre)

Den funktionelle enhed beskrives derfor som:

Regulering af én hydraulisk proportionalventil i et hydraulisk anlæg i 5 år.

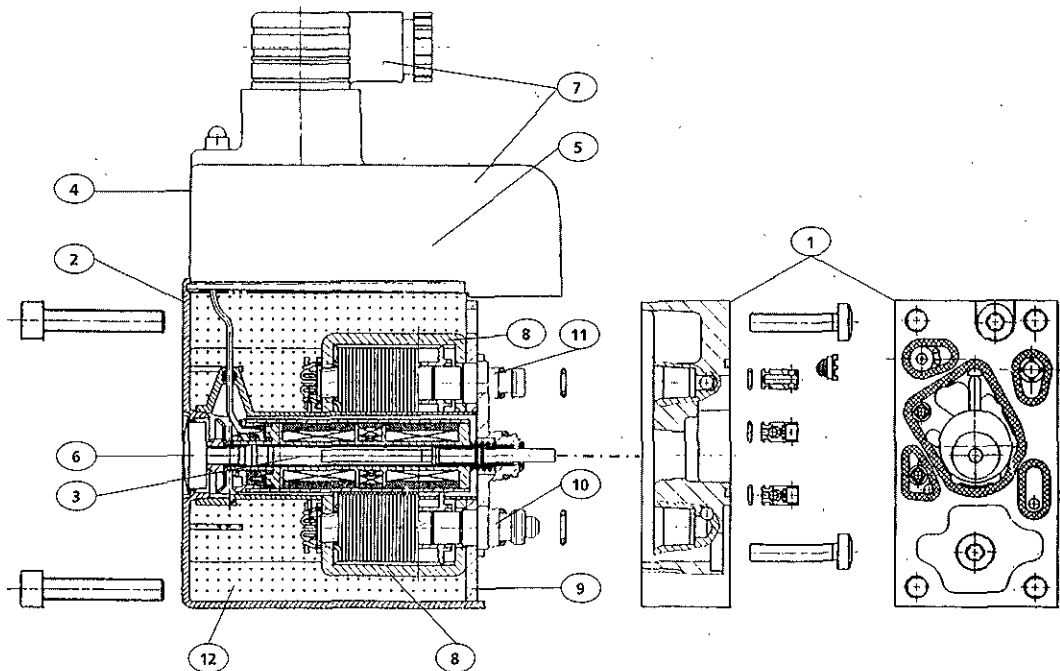
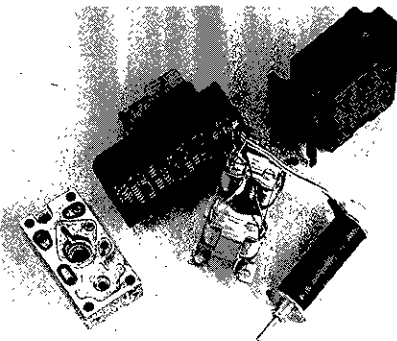
PVEH'en har en række sekundære kvaliteter, bl.a.:

Indbygget fejlovervågning, hurtig reaktionstid og induktiv feedback transducer, der overvåger hovedgliderens position i den hydrauliske ventil. Desuden har PVEH lille hysteres, det vil sige, at den har stor reguleringspræcision.

Afgrænsning af livsforløbet

En PVEH består af fem hoveddele, som det er vist på figur 2. Hver del består af mange komponenter, f.eks. indeholder alene et topdæksel med print over 100 stk. For overskuelighedens skyld har det været nødvendigt at samle komponenterne i komponentsamlinger. En komponentsamling er f.eks. ventilblokken med de komponenter, som den indeholder. På eksplosionstegningen i figur 3 er komponentsamlingerne angivet med positionsnummer.

Figur 2. En PVEH delt i fem hoveddele: Ventilblok, topdæksel med print, magnetventilsæt, samlet transducer og bunddæksel



Figur 3. Eksplosionstegning af en PVEH

Styklisten

Styklisten giver dels en oversigt over, hvad en PVEH består af, og dels en oversigt over, hvor stor en del af livsforløbet fra råstofudvinding til og med produktion, der er med i vurderingen. Ved hjælp af signaturerne ✓ og + er der for hver komponent vist, om materialernes og hjælpestoffernes livsforløb tilbage til råstofudvinding er medregnet. Ligeledes er vist, om produktionsprocesserne er medregnet.

Komponenternes vægt og materialeindhold beskrives i styklisten (tabel 1) for hvert positionsnummer. Vægten er defineret som den vægt, materialerne og komponenterne har, inden de indgår i produktionen hos Danfoss A/S. Tabellen viser også, hvilke produktionsprocesser og hjælpestoffer der er brugt til fremstillingen af en PVEH. Styklisten er forenklet i forhold til produktets oprindelige stykliste ved, at:

- printpladerne og deres komponenter er angivet med deres samlede indhold af materialer.
- småemner af ens materialer er samlet og anbragt under diverse.

For arbejdsmiljøeffekter gælder, at alle produktionsprocesser på Danfoss A/S, produktionen af printplader hos underleverandør, stålproduktionen i materialefasen, olieudvindingen til brugsfasen samt el-produktionen i hele livsforløbet er inkluderet. Totalt er ca. 80% af arbejdsmiljøet opgjort.

Afgrænsningen bliver gennemgået mere detaljeret i det følgende, hvor hver fase i produktets livsforløb beskrives særskilt.

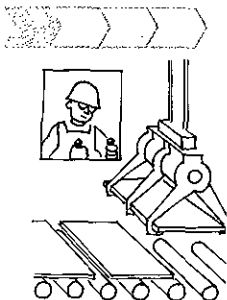
Materialefremstilling

Første fase i en PVEH's livsforløb er materialefremstilling, som dækker udvinding og bearbejdning af råstoffer, fremstilling af materialer samt transporten mellem disse trin.

I fremstillingen af PVEH'en indgår materialer og komponenter, som leveres fra flere verdensdele. Al transport af materialer og komponenter fra underleverandør til Danfoss A/S i Nordborg er beregnet og medtaget i opgørelsen. Ståltil åg og bundplade transporteres fra Tyskland med henholdsvis lastbil, tog og skib. Ventilblokken i genbrugsaluminium fremstilles i Danmark og køres til Nordborg med lastbil. Støbemasse og hærder til polyurethanplast fremstilles forskellige steder i Europa og transporteres med tankvogn. Elektronikkomponenterne produceres i Asien, USA og Europa. En del flyves til Danmark og transporteres fra lufthavn til Nordborg med lastbil.

Hele livsforløbet for materialerne er medregnet, dog undtaget støbemasse og hærder til polyurethan, hvor det ikke har været muligt at fremskaffe alle oplysninger om energien til fremstilling. Produktion af standardkomponenter til elektronik er heller ikke medregnet, fordi det heller ikke her har været muligt at skaffe disse oplysninger fra leverandørerne. Indholdet af råstoffer og selve råstofudvindingen til elektronikkomponenterne er for størstedelens vedkommende medtaget, dog ikke for transistorer og IC-kredse.

Hjælpstoffernes livsforløb fra råstofudvinding over bearbejdning og fremstilling er ikke medregnet, hvilket også fremgår af tabel 1. Bemærk at bly, tin og zink også benyttes som hjælpestoffer. For bly og tin er ressourcetrækket ført "tilbage til jord", men emissionerne og ressourcforbruget for udvindingsprocesserne er ikke medtaget. Zinks livsforløb er ført "tilbage til jord".



| Pos. | An-tal | Emne- | Materiale | Vægt Ialt (g) | ≡ | Fremstillings- processer | * Med i model | Hjælpe- stoffer | Vægt (g) | ≡ |
|-------------------|--------|---|-------------------------|------------------|------------------|-----------------------------|------------------|--------------------|-------------|------------------|
| Ventilblok | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | Ventilblok | Aluminium | 236 | ✓ | Trykstøbe ¹ | ✓ | | | |
| 1 | 2 | Kontraventil | Stål | 3,6 | ✓ | | | | | |
| | | | Polyester | 9,32 | ✓ | Sprøjtstøbe | ✓ | | | |
| Bunddæksel | | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | Dæksel | PPE | 22 | ✓ | Sprøjtstøbe | ✓ | | | |
| | | | Polyamid | 22 | ✓ | | | | | |
| 12 | 2 | Ledning | Sølv | 0,01 | ÷ | Underleverandør | ÷ | | | |
| | | | Kobber | 1,5 | ✓ | | | | | |
| | | | Teflon | 0,3 | ÷ | | | | | |
| 12 | 1 | Indstøbningsmasse | Polyurethan | 153 | ✓ | Indstøbning | ✓ | | | |
| Transducer | | | | | | | | | | |
| 3 | 1 | Transducer fjeder | Stål | 0,9 | ✓ | Vikle | ✓ | | | |
| | | | | | | Vaske | ✓ | | | |
| | | | | | | Anløbe 460 C° | ✓ | | | |
| 3 | 1 | Loddet ankerrør | Kobber | 0,1 | ✓ | Kobber-lodde | ✓ | | | |
| 6 | 1 | Spole | Kobber | 27 | ✓ | Underleverandør | ÷ | | | |
| | | | Polyamid | 3,6 | ✓ | | | | | |
| | | | Polyolefin | 0,79 | ✓ | | | | | |
| | | | Zink | 0,06 | ✓ | | | | | |
| 6 | 1 | Topstykke | Polyester | 2,6 | ✓ | Sprøjtstøbe | ✓ | | | |
| 6 | 1 | Kappe | Stål | 18 | ✓ | Montage rør/topstk. | ✓ | | | |
| | | | Chrom | 0,04 | ✓ | | | | | |
| | | | Zink | 0,43 | ✓ | | | | | |
| 6 | 1 | Indstøbningsmasse | Polyurethan | 12 | ✓ | Indstøbning | ✓ | | | |
| Topdæksel | | | | | | | | | | |
| 4 | 1 | Dæksel | PPE | 14 | ✓ | Sprøjtstøbe | ✓ | | | |
| | | | Polyamid | 14 | ✓ | | | | | |
| 5 | 3 | Plade | Hårdvævsplade | 0,6 | ÷ | Tørre | ✓ | | | |
| | | | | | | Stanse | ✓ | | | |
| | | | | | | Klippe | ✓ | | | |
| 5 | 1 | SMD print med løse komponenter ² | Kobber | 4,4 | ✓ | Montage SMD | ✓ | Isopropanol | 0,003 | ÷ |
| | | | Epoxy | 7,4 | ÷ | | | Loctite (lim) | 0,2 | ÷ |
| | | | Glasfiber | 12 | ✓ | Påsmøre pasta | ✓ | | | |
| | | | Bly | 1,5 | (✓) ³ | Mønsterpålægning | ✓ | | | |
| | | | TBBPA | 1,7 | ÷ | Bølgelodning | ✓ | | | |
| | | | Aluminium | 2,6 | ✓ | | | Flus | 0,3 | ÷ |
| | | | Aluminiumoxid | 1,3 | ✓ | | | Nitrogen | 0,3 | ÷ |
| | | | Fe | 4,7 | ✓ | | | Bly | 0,6 | (✓) ³ |
| | | | Tin | 1,4 | (✓) ³ | In Circuit Test | ✓ | Tin | 1,1 | (✓) ³ |
| | | | BaTiO ₃ | 2,1 | ÷ | Manuel lodning | ✓ | | | |
| | | | Gamma- butyrolactone | 1,3 | ÷ | Lakere med silikone | ✓ | | | |
| | | | Silicone | 5,6 | ÷ | | | | | |
| 7 | 1 | Stik | Kobber | 1,9 | ✓ | Underleverandør | ÷ | | | |
| | | | Polyamid | 2,7 | ✓ | | | | | |
| | | | Tin | 0,08 | (✓) ³ | | | | | |
| | | | Zink | 1,1 | ✓ | | | | | |
| 7 | 4 | Ledning | Kobber | 0,95 | ✓ | Underleverandør | ÷ | | | |
| | | | PVC | 0,38 | ✓ | | | | | |
| | | | Bly | 0,027 | (✓) ³ | | | | | |
| | | | Tin | 0,027 | (✓) ³ | | | | | |
| 7 | 1 | Indstøbningsmasse | Polyurethan | 140 | ✓ | Indstøbning | ✓ | | | |

Tabel 1. Forenklet styklister for PVEH'en

| Pos. | An- tal | Emne | Materiale | Vægt ialt (g) | ± | Fremstillings- processer | * Med i model | Hjælpe stoffer | Vægt (g) | ± |
|------------------------|------------|---------------------------|------------|------------------|------------------|--|-----------------------|---|--|---|
| Magnetventilsæt | | | | | | | | | | |
| 8 | 2 | Åg | Stål | 240 | ✓ | Vaske Snitte Bukke Skære gevind Zinkchromatere | ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ | 4 vaskemidler Natriummetasilikat Natriumhydroxid Natriumhydrogensulfat Fosfater Zink | 1,02 0,1 0,2 0,2 0,1 0,5 | ++++ + + + + ✓ |
| 9 | 1 | Bundplade | Stål | 148 | ✓ | Vaske Planslibe Stanse stålplade Zinkchromatere | ✓ ✓ ✓ ± | 4 vaskemidler 3 smøreljer Natriummetasilikat Natriumcyanid Natriumhydroxid Natriumhydrogensulfat Fosfater Zink | 0,8 1,0 0,1 0,3 0,3 0,2 0,1 0,6 | ++++ +++ + + + + + ✓ |
| 10 | 2 | Fjeder | Stål | 0,4 | ✓ | Vikle Vaske Anløbe 350 °C | ✓ ✓ ✓ | | | |
| 10 | 2 | Top | Stål | 24 | ✓ | Underleverandør | ± | | | |
| 10 | 2 | Ankerrør | Stål | 16 | ✓ | Kobber-lodde | ✓ | | | |
| | | | Kobber | 0,8 | ✓ | | | | | |
| 11 | 2 | Ankerrør | Stål | 28 | ✓ | Kobber-lodde | ✓ | | | |
| | | | Kobber | 0,12 | ✓ | | | | | |
| 11 | 2 | Pind | Stål | 0,6 | ✓ | Underleverandør | ± | | | |
| | | | Gummi | 0,2 | ± | | | | | |
| Diverse | | | | | | | | | | |
| 13 ⁴ | 4 | Spole | Kobber | 108 | ✓ | Underleverandør | ± | | | |
| | | | Polyamid | 13 | ✓ | | | | | |
| | | | Tin | 0,04 | (✓) ³ | | | | | |
| 13 | 1 | Kappe | Stål | 8,9 | ✓ | Underleverandør | ± | | | |
| 13 | 1 | Lednings- gennemføring | Polyolefin | 2,7 | ✓ | Sprøjttestøbe | ✓ | | | |
| 13 | 1 | Konisk fjeder | Stål | 3,5 | ✓ | Vikle Vaske Anløbe 460 C° | ✓ ✓ ✓ | | | |
| 13 | 5 | Prop | PVC | 4,6 | ✓ | Underleverandør | ± | | | |
| 10,12,13 | 10 | O-ring | Gummi | 2,7 | ± | Underleverandør | ± | | | |
| 7,12 | 2 | Loddetin | Bly | 0,50 | (✓) ³ | Underleverandør | ± | | | |
| | | | Tin | 0,80 | (✓) ³ | | | | | |
| | | | Kobber | 0,02 | ✓ | | | | | |
| 10,11 | 9 | Rørkerne | Porcelæn | 1,8 | ✓ | Underleverandør | ± | | | |
| 3,10,13 | 5 | Mindre stålemner | Stål | 4,5 | ✓ | Underleverandør | ± | | | |
| 13 | 3 | Rustfri stålemner | Stål | 2,3 | ✓ | Underleverandør | ± | | | |
| | | | Polyamid | 0,19 | ✓ | | | | | |
| 10,11 | 4 | Ventilsæde | Stål | 3,6 | ✓ | Snitte | ✓ | | | |
| 10,11 | 4 | Ring | Stål | 5,1 | ✓ | Vibrering | ✓ | | | |
| | | | PE | 1,5 | ✓ | Snitte | ✓ | | | |
| | | | Gummi | 1,5 | ± | | | | | |

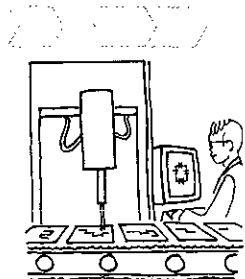
Noter

- 1 Foregår hos underleverandør
- 2 Indeholder 81 modstande, 40 kondensatorer, 2 trimmer, 1 spole, 1 ledningsjumper samt loddepasta og loddetin.
- 3 Ressourcetrækket er ført tilbage til jord, men ikke emissioner og ressourceforbrug fra udvindingsprocesserne.
- 4 13 er ikke en komponentsamling, men resten af komponenterne i produktet. Det vil sige, dem som ikke lige passer ind i en af de andre komponentsamlinger.

± ✓ ± * Se iverigt andre eksempler.

Produktion

Produktionen af PVEH'en foregår henholdsvis hos Danfoss A/S i Nordborg og hos underleverandører. Alle processerne hos Danfoss A/S er opgjort og taget med i opgørelsen. Hos underleverandører af print og ventilblok er energiforbrug og ressourceforbrug ved processerne opgjort, men udledninger fra selve produktionsprocesserne er ikke. Størstedelen af produktionsprocesserne er således medtaget i opgørelsen.



Processer

Bortset fra enkelte manuelle montageprocesser bruger alle processerne elektricitet. Byggeadministrationen hos Danfoss A/S har målt energiforbruget for alle processer på de enkelte maskiner, mens de pågældende emner blev produceret. De forskellige processers forbrug af hjælpestoffer er også opgjort.

Udledninger

Luftemissioner fra processerne er dels målt af et analyselaboratorium i samarbejde med Bedriftsundhedstjenesten, dels bestemt ved massebalancer. Spildevand udledes både til Danfoss A/S' eget renselanlæg og til et kommunalt renselanlæg, og emissionerne efter renselanlæggene er opgjort. De emissioner fra renselanlægget på Danfoss, som stammer fra produktionen af PVEH'er, er beregnet ved hjælp af massebalancer. Det samme gælder for emissionerne fra afbrænding af spildolie fra produktionen. Spildolien afbrændes i kedelanlæg på Danfoss og anvendes til produktion af varmt vand. Affaldsmængder er også målt.

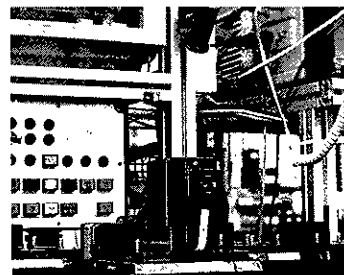
Arbejds miljø

Støj er målt direkte ved processerne, og alle processerne er gennemgået for kemiske belastninger. Ensigtigt, gentaget arbejde er vurderet af en arbejdsmiljøekspert fra Bedriftsundhedstjenesten og ved interviews af medarbejderne. Ved indstøbningsprocesser med polyurethan og ved sprøjttestøbmaskiner i plastafdelingen er luftforureningen i arbejdsmiljøet målt. Arbejdsulykker er opgjort på baggrund af Bedriftsundhedstjenestens statistikker for Danfoss A/S. Arbejdstiden pr. produkt er opgjort for hver proces. Arbejds miljøet ved printpladeproduktionen hos underleverandør er opgjort på samme måde.

Figur 4. Produktionsprocesser på Danfoss A/S



Montage af magnetventilsæt



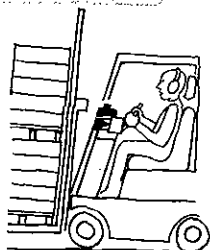
Afsluttende test af PVEH

Kassationsgrad

Når der findes fejl ved produktet i produktionen, udbedres fejlen, hvilket indebærer, at kassationsgraden er ubetydelig, og man har valgt ikke at medtage kassationsgraden i miljøvurderingen.

Overhead

Energiforbruget til overhead, det vil sige opvarmning, belysning, ventilation og andre fælles faciliteter, er målt for hele virksomheden, herefter er en andel tillagt produktet beregnet ud fra fra salgsværdien for en PVEH i forhold til den samlede omsætningen hos Danfoss Danmark. Forbruget af vand til overhead er opgjort på samme måde.



Brug

PVEH'er sælges næsten udelukkende i Europa, som det også fremgår af figur 5. I miljøvurderingen er der anslået en gennemsnitlig transport med lastbil på ca. 800 km.

Som nævnt i indledningen bruges PVEH'en i kraner, gravemaskiner og saltspredere, men der er mange flere anvendelser, og i flæng kan nævnes maskiner til skovbrug, asfaldudlægning og minedrift og i lastbilkranter og gaffeltrucks. Figur 6 viser et eksempel.

Alle de nævnte maskinerne har vidt forskellig driftstid, for eksempel:

- Ved minedrift kører mange af maskinerne i toholdsskift.
- Ved skovbrug kører maskinerne også i toholdsskift, men der arbejdes kun fra maj til oktober.
- Maskiner til asfaldudlægning kører i toholdsskift undtagen i kraftigt regnvejr eller snestorm.
- For lastbilkranter varierer brugen mellem 1 time pr. dag og 1 time pr. uge.
- Saltspredere kører i døgndrift, når der er frost og sne.

En PVEH bruger 8 W, der leveres af en dieselgenerator på maskinen, som PVEH'en er monteret i. Med et anslået gennemsnit på 5000 driftstimer er energiforbruget maksimalt på 40 kWh, hvilket svarer til afbrænding af 13 liter dieselolie i brugsfasen.

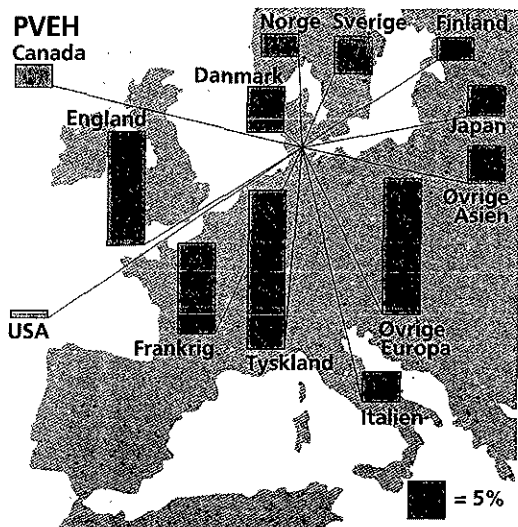
Levetid

Levetiden for en PVEH afhænger i høj grad af, hvor mange og hvor store temperatursvingninger, som den udsættes for. Temperatursvingningerne giver med tiden mekanisk brud imellem materialerne. Hvis man ser på et eksempel med en gravemaskine, som bruges til snerydning, vil PVEH'ens temperatur under brug være +90°C. Når rydningen af vejene er overstået, slukkes maskinerne indtil næste snefald. Afhængigt af geografi og hvor kold vinteren er, kan der være tale om en afkøling helt ned til omkring -30°C. Der kan for nogle maskiner altså være tale om meget store temperatursvingninger.

Levetiden for en PVEH afhænger af, om maskinen kører i døgndrift, i toholdsskift eller kun bliver brugt en gang imellem. PVEH'ens driftstid afhænger af, hvor meget PVEH'en benyttes i maskinen. Maskinen kan meget vel benyttes uden, at PVEH'en aktiveres. Hvis man bruger snerydningseksemplet igen, kan maskinen f.eks. skulle tilbagelægge store afstande ud til, hvor der skal ryddes sne, men under kørslen vil PVEH'en ikke være i brug. Der regnes i gennemsnit med en levetid på 5 år og en driftstid for PVEH'en på 5000 timer.

I næste kapitel bliver forskellige leve- og driftstiders betydning for miljøeffekter og resourceforbrug simuleret.

Figur 5. Salgsfordeling for PVEH'en





Figur 6. En PVEH i brug i en gravemaskine

Service

En PVEH bliver ikke repareret. Når den ikke længere fungerer, bliver den udskiftet.

Bortskaffelse

Det antages, at en PVEH efter endt brug afleveres til en genvindingsvirksomhed. Her fjerner man ventilblokken for at genvinde aluminium direkte. Resten sendes gennem en shredder, hvor jern og kobber udskilles og sendes til genvinding. Plasten går til affaldsforbrænding. Den resterende fraktion deponeres.

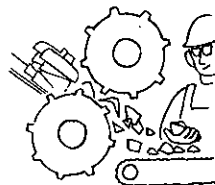
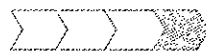
Denne bortskaffelsesmetode er antaget på baggrund af bortskaffelsesmetoden for de PVEH'er, som returneres til Danfoss A/S. Det er mindre end 1% af produkterne, som returneres til Danfoss A/S. Hovedparten af de resterende produkter udskiftes efter endt brug af det værkstedspersonale, som varetager serviceringen. Brugte apparater afleveres til en skrothandler. Her bliver PVEH'en bortskaffet på samme måde som hos Danfoss A/S.

I næste kapitel simuleres andre bortskaffelsesvejes betydning for miljøeffekterne. Der ses både på 100% deponering og 100% forbrænding af en PVEH.

Datakilder

Tabel 2 viser datakilderne til opgørelsen. Data for elektronikkomponenternes materialeindhold er dels skaffet fra leverandører og dels undersøgt af Danfoss A/S.

Data dækker nu en stor del af produktionsprocesserne både til nye generationer af elektrohydrauliske aktiveringsenheder og til en lang række af andre produkter fra Danfoss A/S.



Referencegrundlaget for data

| Livsforløb & procestype | Produkt-specifikke | Datatype | | Datakilde | | | | | Kommentarer | |
|---|--------------------|-----------------|-----------|-----------|---|---|---|---|-------------|--|
| | | Sted-specifikke | Generelle | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| Råvareudvinding og materialefremstilling | | | | | | | | | | |
| Genbrugsaluminium | | x | | x | | | | | | Leverandør |
| Stål | | | x | | | x | | | | Litteratur og leverandør |
| Kobber | | | x | | | x | | | | Litteratur |
| PUR-plast | | | x | | | x | | | | Litteratur |
| Plast | | | x | | | x | | | | Brancheorganisation |
| Øvrige materialer | | | x | | | x | | | | Litteratur |
| Produktion hos underleverandører | | | | | | | | | | |
| Printplader | x | | | x | x | | | | | Printpladeproducent og Bedriftsundhedstjenesten |
| Ventilblok i Al | x | | | x | | | | | | Producent: Energiforbrug og affald |
| Produktion hos Danfoss A/S | | | | | | | | | | |
| Alle processer | x | | | x | x | | | | | Energi- og luftmålinger udført af autoriserede laboratorier. Arbejdsmiljøvurderinger udført af Bedriftsundhedstjenesten. |
| Brug | | | | | | | | | | |
| Levetid | x | | | x | | x | | | | Erfaringsmæssigt gennemsnit |
| PVEHs energiforbrug | x | | | x | | | | | | Dimensioneringskriterium |
| Diesलगenerator | | | x | | | x | | | | Litteratur |
| Bortskaffelse | | | | | | | | | | |
| Bortskaffelsesvej | x | | | | | | | x | | Danfoss A/S |
| Shredder | | | x | | | x | | | | Litteratur |
| Genvinding | | | x | | | x | | | | Litteratur |
| Forbrænding | | | x | | | x | | | | Litteratur |
| Transport | | | | | | | | | | |
| Transportvej og -middel | x | | x | | x | x | | | | Danfoss A/S, litteratur |
| Emissioner og energi | | | x | | | x | | | | Litteratur/Fælleseuropæisk transportdatabase |
| Energisystemer | | | | | | | | | | |
| Energifremstilling | | | x | | | x | | | | Litteratur |
| Noter | | | | | | | | | | |
| 1) Målinger | | | | | | | | | | |
| 2) Beregninger (ud fra massebalance betragtninger og input data for den aktuelle proces) | | | | | | | | | | |
| 3) Ekstrapolation fra data for samme procestype eller teknologi | | | | | | | | | | |
| 4) Ekstrapolation fra data for andre procestyper eller teknologier | | | | | | | | | | |
| 5) Ukendt kilde eller ikke-kvalificeret estimat | | | | | | | | | | |
| Produktspecifikke data: gælder processer, hvor PVEH specifikt indgår | | | | | | | | | | |
| Stedspecifikke data: gælder data fra aktuelle lokaliteter i produktets livsforløb, men processen er ikke opgjort specifikt for PVEH | | | | | | | | | | |
| Generelle data: er alle andre. | | | | | | | | | | |

Tabel 2. Datakilder

For hver proces opgøres udvekslingerne med miljøet i form af resourceforbrug og udledninger til luft, vand og som affald. Desuden er arbejdsmiljøpåvirkninger bestemt som den tid, påvirkningen foregår pr. produkt. De væsentligste resultater fra opgørelsen præsenteres i tabel 3 særskilt for hver fase i livsforløbet.

Tabel 3. Opgørelse af en PVEH's udvekslinger med miljøet i hele produktets livsforløb

| | | | Materiale- fremstilling | Produktion | Brug | Bort- skaffelse | Transport | i alt |
|-----------------------------|-------------------|-------|----------------------------|------------|--------|--------------------|-----------|----------|
| Ressourceforbrug | | | | | | | | |
| Råolie | | g | 470 | 190 | 11.400 | -20 | 130 | 12.170 |
| Naturgas | | g | 310 | 130 | 680 | -2 | 8 | 1.126 |
| Stenkul | | g | 740 | 3.790 | 50 | 2 | 1 | 4.583 |
| Brunkul | | g | 50 | -0,2 | - | -0,3 | - | 49,5 |
| Uranmalm | | g | 0,01 | 0 | - | 0 | - | 0,01 |
| Opdæmmet vand til el | | liter | 140 | 180 | - | -2 | 0 | 318 |
| Aluminium | Al | g | 200 | -20 | 1 | -110 | 0 | 71 |
| Bly | Pb | g | 0,2 | 2 | - | - | - | 2,2 |
| Chrom | Cr | g | 0,03 | 0,5 | - | - | - | 0,53 |
| Jern | Fe | g | 410 | -140 | 1 | -130 | 0 | 141 |
| Kobber | Cu | g | 150 | 3 | - | -140 | - | 13 |
| Mangan | Mn | g | 4 | -1 | - | -1 | - | 2 |
| Nikkel | Ni | g | 0,4 | 0,2 | - | - | - | 0,6 |
| Sølv | Ag | g | 0,07 | -0,0002 | - | - | - | 0,0698 |
| Tantal | Ta | g | 0,3 | - | - | - | - | 0,3 |
| Tin | Sn | g | 0,5 | 3 | - | - | - | 3,5 |
| Zink | Zn | g | 3 | 0,2 | - | - | - | 3,2 |
| Calciumcarbonat | CaCO ₃ | g | 50 | -1 | 2 | 0 | 0 | 51 |
| Kvarts | SiO ₂ | g | 100 | -2 | - | -30 | - | 68 |
| Natriumchlorid | NaCl | g | 120 | 1 | 2 | 0 | 0 | 123 |
| Tiræ (blødt) | | g | 20 | 10 | - | -0,2 | 0 | 29,8 |
| Grundvand | | liter | 60 | 10 | - | 0 | 0 | 70 |
| Overfladevand | | liter | 0 | 0,2 | - | 0,002 | 0 | 0,22 |
| Uspec. vand | | liter | 3 | 0,06 | 2 | -0,05 | 0,03 | 5,04 |
| Uspec. brændsel (olie-ækv.) | | g | 460 | -20 | - | -190 | 0 | 250 |
| Luftemissioner | | | | | | | | |
| Kuldioxid | CO ₂ | g | 3.100 | 11.300 | 37.100 | 760 | 40 | 52.300 |
| Kulmonooxid | CO | g | 4 | 2 | 250 | 2 | - | 258 |
| Kvælstofoxider | NO _x | g | 20 | 40 | 430 | -1 | - | 489 |
| Svovldioxid | SO ₂ | g | 20 | 60 | 70 | 0 | - | 150 |
| Dinitrogenoxid | N ₂ O | g | 0,2 | 0,7 | - | 0 | - | 0,9 |
| Uspec. partikler (støv) | | g | 10 | 5 | 40 | -9 | - | 46 |
| Kulbrinter | HC | g | 20 | 90 | 30 | 0 | - | 140 |
| Flygt. org. forb. | VOC | g | 20 | 0 | 80 | 0 | 0 | 100 |
| Uspec. aldehyd | | g | 0,006 | 0,04 | - | 0 | - | 0,046 |
| Formaldehyd | | g | 0,3 | - | - | - | - | 0,3 |
| 2-propanol | | g | - | 0,003 | - | - | - | 0,003 |
| Toluen | | g | 0,2 | - | - | - | - | 0,2 |
| Dioxin | | mg | 0 | 0,000015 | - | 0,000004 | - | 0,000019 |
| Epichlorhydrin | | mg | 130 | - | - | - | - | 130 |
| Arsen | As | mg | 0,1 | 0,1 | - | 0 | - | 0,2 |
| Cadmium | Cd | mg | 0,02 | 0,01 | - | 0 | - | 0,03 |
| Chrom (VI) | Cr | mg | - | 0,0001 | - | - | - | 0,0001 |
| Kobber | Cu | mg | 0,2 | 0,9 | - | 0 | - | 1,1 |
| Kviksølv | Hg | mg | 0,04 | 0,1 | - | 0 | - | 0,14 |

| | | | Materiale- fremstilling | Produktion | Brug | Bort- skaffelse | Transport | I alt |
|---|--|-------|----------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|-----------|------------------------|
| Luftemissioner | | | | | | | | |
| Mangan | Mn | mg | 290 | 1 | - | - | - | 291 |
| Vanadium | V | mg | 7 | 8 | - | -0,03 | - | 14,97 |
| Vandige emissioner | | | | | | | | |
| Kemisk iltforbrug | COD | g | 0,4 | 0,7 | 0,1 | 0 | 0 | 1,2 |
| Total kvælstof | tot-N | g | 0,4 | 0 | 0,03 | 0 | 0 | 0,43 |
| Total fosfor | tot-P | g | 0,0005 | 0,01 | - | - | - | 0,0105 |
| Kulbrinter | HC | g | 0,04 | 0 | 0,2 | 0 | 0 | 0,24 |
| Uspec. olie | | g | 0,03 | 0,004 | - | 0 | 0 | 0,034 |
| Uspec. anioniske detergenter ¹ | | g | - | 0,01 | - | - | - | 0,01 |
| Arsen | As | mg | 3 | 0,1 | - | - | - | 3,1 |
| Cadmium | Cd | mg | 1 | 0,03 | - | - | - | 1,03 |
| Kobber | Cu | mg | 9 | 0,2 | - | - | - | 9,2 |
| Kviksølv | Hg | mg | 0,0002 | 0,00001 | - | - | - | 0,00021 |
| Mangan | Mn | mg | 0,01 | 0,001 | - | - | - | 0,011 |
| Nikkel | Ni | mg | 0,5 | 0,01 | - | - | - | 0,51 |
| Zink | Zn | mg | 7 | 1 | - | - | - | 8 |
| Affald | | | | | | | | |
| Uspec. farligt affald | | g | 0,4 | 0,7 | - | - | - | 1,1 |
| Uspec. radioaktivt affald | | g | 0,001 | 0 | - | 0 | - | 0,001 |
| Uspec. slagge og aske | | g | 60 | 300 | 30 | 10 | 0 | 400 |
| Uspec. volumenaffald | | g | 420 | 2.210 | 30 | 1 | 0 | 2.661 |
| Arbejdsmiljø | | | | | | | | |
| Ensidigt, gentaget arbejde | | timer | 0,0001 | 0,07 | 0,0003 | - | 0,0002 | 0,0706 |
| Høreskadede støj | | timer | 0,001 | 0,009 | 0,001 | - | 0 | 0,011 |
| Nervesystemskadende stoffer | | timer | 0,0001 | 0,006 | 0 | - | 0 | 0,0061 |
| Allergifremkaldende stoffer | | timer | 0,0001 | 0,002 | 0,0003 | - | 0 | 0,0024 |
| Reproduktionskadende stoffer | | timer | 0 | 0,003 | 0 | - | 0 | 0,003 |
| Kræftfremkaldende stoffer | | timer | 0,00005 | 0,002 | 0 | - | 0 | 0,00205 |
| Ulykker | | antal | 0,1x10 ⁻⁶ | 25x10 ⁻⁶ | 0,03x10 ⁻⁶ | - | 0 | 25,13x10 ⁻⁶ |
| Noter | | | | | | | | |
| - | betyder, at der ikke er oplysninger for den pågældende livsforløbsfase | | | | | | | |
| 0 | betyder, at værdien er meget lille i forhold til de øvrige faser. | | | | | | | |

Tabel 3.

Ressourceforbrug

Apparatet vejer omkring 1 kg. I tabel 3 er ressourceforbruget vist som det rene metalindhold i malmene, forbruget af malm er ikke vist. Tabellen viser, at i materialefasen trækkes ca. 3 kg ressourcer til fremstilling af produktet, heraf ender de ca. 0,9 kg som materialer i produktet. Ressourcetrækket til materialer, som ender i produktet, er mindre end produktets vægt. Det skyldes, at både aluminium og størstedelen af stål er genbrugsmaterialer, og at genbrugsmaterialer ikke tilskrives et ressourcetræk på 100% men kun en del af ressource-trækket. Dette beskrives nærmere af Wenzel et al., 1996. Af de 2,1 kg, som ikke indgår i produktet, er de 81% brændsler til energiforbrug i materialefasen, resten er spild.

Brugsfasen trækker ca. 12 kg brændsler gennem apparatets driftstid, mens produktionsfasen bruger ca. 4 kg brændsler. Transportfasen forbruger til gengæld kun 0,14 kg. Transportfasen dækker transport fra materialefremstillingen til produktionen i Nordborg og transporten videre til forbrugeren. Transport mellem råstofudvindingen og materialefremstillingen er inkluderet i data for materialefasen. I forhold til forbruget i produktions- og brugsfasen betyder brændselsforbruget i transportfasen meget lidt.

Forbruget af metaller sker i materialefasen, men for tin, bly og chrom sker det største forbrug dog i produktionsfasen, da de som tidligere nævnt benyttes som hjælpestoffer i processerne: lodning og chromatering. Der optræder negative ressourcetræk i produktions- og bortskaffelsesfasen på grund af genbrug. Forklaringen er, at ved genvinding følger en del af ressourceforbruget og udledningerne fra råvareudvindingen med materialerne til næste produkts livsforløb. I det samlede regnskab trækkes forbruget og udledningerne derfor fra i den fase, hvor genbruget finder sted. Fra produktionen opsamles en del af metallerne som affald og sendes til genvinding. Ved bortskaffelsen af produktet efter brug sendes aluminium, kobber og stål til genvinding.

Luftemissioner

Størstedelen af luftemissioner stammer fra el-produktion og fremstilling af termisk energi. El-energi bruges hovedsageligt i produktionsprocesserne hos Danfoss A/S og hos underleverandørerne. Termisk energi bruges f.eks. ved plastfremstilling, til opvarmning af lokaler og i brugsfasen som dieselolie til maskinen, eksempelvis gravemaskinen. Brugsfasen giver derfor emissioner relateret til forbrænding af dieselolie.

I materialefremstillingen udledes formaldehyd og toluen. I produktionen udledes isopropanol fra en bølgeloddeproces og chrom fra en chromateringsproces i overfladebehandlingen.

Vandige emissioner

Udledningen af organiske stoffer fra hele livsforløbet er meget lille, hvilket ses af den udledte mængde af kemisk iltforbrug (COD), kvælstof og fosfor. I produktionen vaskes olieholdige metaller, men udledningen af olie og tungmetaller fra Danfoss' eget renseanlæg er meget lille. Tungmetaludledningerne er væsentlig større i materialefasen end i produktionsfasen.

Affald

De største affaldsmængder kommer i produktionsfasen i form af uspecificeret volumenaffald og uspecificeret slagge og aske. Volumenaffaldet stammer fra udvinding af kul til el-produktion. Slaggen og asken stammer fra el-produktion, især fra afbrænding af kul. Ved bortskaffelsen af en PVEH genvindes aluminium, jern og kobber, hvorimod platen afbrændes.

Arbejdsmiljø

De største antal timer, som arbejdsmiljøpåvirkninger foregår i, kommer fra produktionsfasen. De kommer dels fra produktion hos printpladeproducenten, dels fra produktionen hos Danfoss A/S, men også fra fremstillingen af den el, som bruges i produktionsfasen.

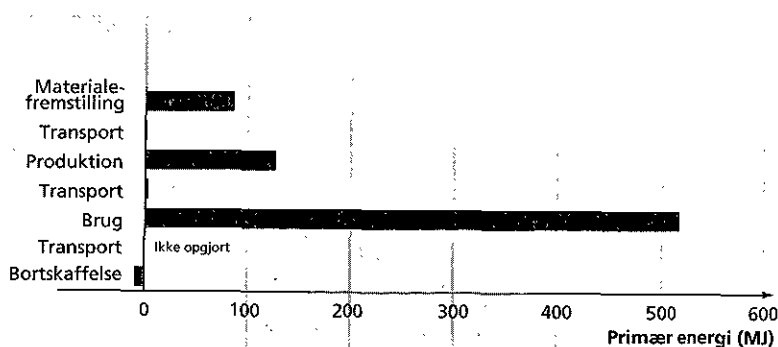
Energiprofiler

Energiforbruget er en væsentlig kilde til ressourceforbrug, miljø- og arbejdsmiljøpåvirkninger gennem hele produktets livsforløb. Figur 7 viser det primære energiforbrug i alle faserne.

Af energiprofilen ses, at:

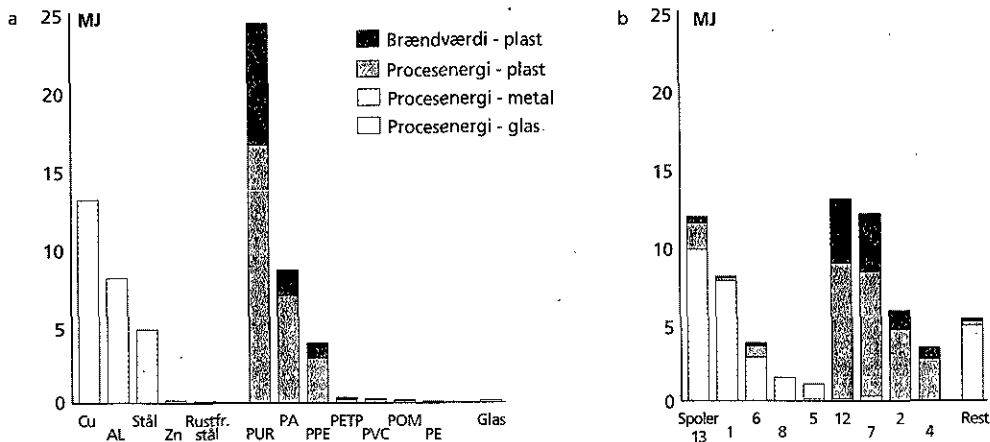
- Energiforbruget i brugsfasen er langt det største i livsforløbet.
- Produktionsfasen har det næsthøjeste energiforbrug, hvilket skyldes, at energiforbruget til overhead i produktionen er stor, svarende til ca. 86% af energiforbruget i fasen.
- Materialefasens energiforbrug er lidt mindre end produktionsfasens.
- Transportfasens energiforbrug er meget lille i forhold til de andre faser.
- Det negative energiforbrug i bortskaffelsen kommer fra forbrænding af plast. Der regnes med at affaldsforbrændingen foregår som på danske anlæg, hvor ca. 75% af forbrændingsenergien udnyttes til fjernvarme. Da metallerne genbruges ved bortskaffelsen, godskrives en mindre del af energiforbruget til råstofudvinding, men i forhold til energiudnyttelsen ved forbrænding af plasten betyder det ikke meget.

Figur 7. Energiprofil



Materialernes energiindhold

I det færdige produkt er materialernes energiindhold bl.a. interessant, når man ser på bortskaffelsen. Hvis et produkt bliver brændt, skal der fokuseres på materialernes brændværdi, men hvis materialerne bliver genbrugt, er hele energiindholdet interessant. Figur 8a viser den energi, de forskellige materialer indeholder, og figur 8b



Figur 8a. Indholdet af primær-energi i de materialer, der findes i PVEH'en

Figur 8b. Indhold af primær-energi i PVEH'ens materialer fordelt på komponent-samlinger

viser energiindholdet fordelt på de forskellige komponentsamlinger. Energiindholdet er opdelt i:

- Procesenergi, som er energimængden til udvinding af råstoffer og fremstilling af materialet.
- Brændværdi, som er energiindholdet, der kan udnyttes ved forbrænding.

Da nogle af komponentsamlingerne i figur 8b indeholder forskellige materialer, er procesenergien delt op på glas, metal og plast. I de første komponentsamlinger i figur 8b udgør metallernes procesenergi hoveddelen af energiindholdet, for de næste er hoveddelen af energiindholdet fra plastens procesenergi og brændværdi.

Det fremgår af figur 8a, at PUR-plasten indeholder størstedel af materialernes brændværdi. Komponent-samlingerne (nr. 2, 4, 7 og 12) indeholder næsten hele produktets brændværdi, så ved forbrænding af produktet vil disse fire komponentsamlinger give ca. 92% af produktets bidrag til energien til fjernvarme. Bunddæksel og topdæksel (nr. 2 og 4) består udelukkende af plast. Indstøbt i PUR-plast indeholder komponentsamlingerne (nr. 7 og 12) også metaller.

Ud over PUR-plastens energiindhold, domineres figur 8a af energiindholdet i metallerne kobber, aluminium og stål. Mere end 80% af energiindholdet i ventilblokken (nr. 1) og i spoler i stykli-stens nr. 13 er procesenergi fra metaller. For transducer (nr. 6) kommer over 75% af energiindholdet fra metallernes procesenergi, mens energiindholdet i ågene (nr. 8) kun kommer fra metaller. Metallernes procesenergi for disse fire komponentsamlinger svarer til en tredjedel af materialernes energiindhold og over trefjerdedele af metallernes procesenergi. Så ved genbrug er det energimæssigt disse komponentsamlinger, der er interessante at sætte på.

Vurdering

Tabel 4. Udvekslingerne omregnet til miljøeffektpotentialer

| Effekttype | Effektpotentialer | |
|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| | Enhed | Pr. produkt pr. levetid |
| Globale effekter | | |
| Drivhuseffekt | g CO ₂ -ækv | 53.100 |
| Ozonlagsnedbrydning | g CFC11-ækv | - |
| Regionale effekter | | |
| Forsuring | g SO ₂ -ækv | 500 |
| Næringssaltbelastning | g NO ₃ -ækv | 660 |
| Fotosmog | g C ₂ H ₄ -ækv | 52 |
| Human toksicitet (vand) | m ³ vand | 6,8 |
| Økotoxicitet (vand, kronisk) | m ³ vand | 41 |
| Lokale effekter | | |
| Human toksicitet (luft) | m ³ luft | 50.000.000 |
| Økotoxicitet (vand, akut) | m ³ vand | 2,2 |
| Farligt affald | g | 9,5 |
| Radioaktivt affald | g | 0,0014 |
| Slagge og aske | g | 400 |
| Volumenaffald | g | 2.800 |

Udledninger til luft, vand og som affald fra de forskellige processer udgør et potentiale for miljøeffekter. Ligeledes udgør påvirkningerne i arbejdsmiljøet et potentiale for effekter. Imidlertid vil potentialerne ikke i alle tilfælde udløse reelle effekter; det kommer an på omstændighederne, dér hvor processen finder sted.

Miljøeffektpotentialer

Udvekslingerne med miljøet udgør alle et potentiale for miljøeffekter og omregnes til miljøeffektpotentialer ud fra metoden beskrevet af Wenzel et al., 1996. Alle de udledninger, som vides at give potentielle miljøeffekter, er medtaget. Resultatet af omregningen er vist i tabel 4. Omregningen er foretaget på baggrund af alle de opgjorte emissioner og altså ikke kun dem, der er vist i den forenklede opgørelse i tabel 3.

Ressourceforbrug og potentialer for arbejdsmiljøeffekter

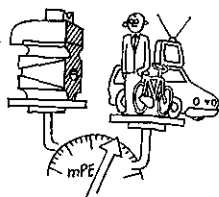
Hvad angår ressourceforbrug og potentielle arbejdsmiljøeffekter anvendes tallene i tabel 3 direkte i den videre beregning.

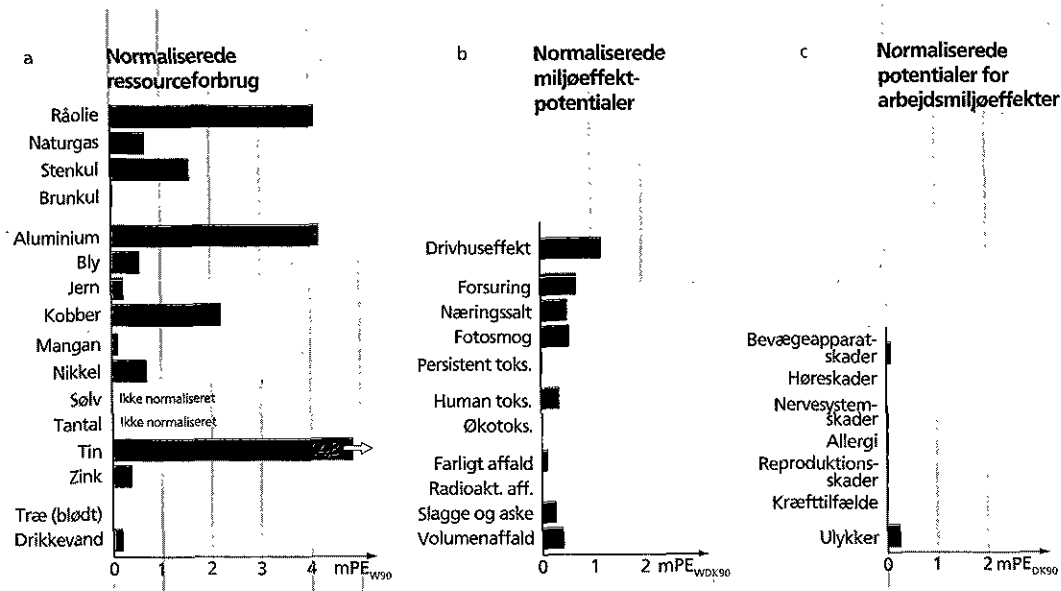
Størrelsen af produktets bidrag

Ved at sammenligne PVEH'ens bidrag til de forskellige effekttyper med de bidrag, som en person i gennemsnit bidrager med i løbet af et år, bliver det muligt at forstå bidragenes størrelse. Produktets bidrag bliver udtrykt i personækvivalenter, og enheden angives i millipersonækvivalenter, forkortet mPE efter det engelske milli Person Equivalent. Millipersonækvivalenter defineres som produktets bidrag i promiller af en gennemsnitspersons bidrag. Denne omsætning gør det muligt at lave en sammenligning af de forskellige effekttyper indenfor ressource, miljø og arbejdsmiljø. Omsætningen kaldes normalisering.

Af figur 9 ses PVEH'ens profil for ressourceforbrug, potentialer for miljø- og arbejdsmiljøeffekter. Profilerne angiver produktets bidrag i forhold til en persons gennemsnitsbidrag, men de viser ikke, hvilket effektpotentialer der er det mest kritiske. Det beskrives imidlertid i afsnittet om væsentligste effektpotentialer.

Ressourceprofilen i figur 9a viser, at PVEH'en har et relativt højt forbrug af tin. Forbruget svarer til 15 mPE_{w90} eller 1,5% af en persons gennemsnitsforbrug af tin i 1990, som er referenceåret. Produktet bruger aluminium og råolie svarende til omkring 0,4% af en persons gennemsnitlige forbrug. For de resterende ressourcer forbruger apparatet 0,2% eller mindre af en persons gennemsnitlige forbrug. Ressourceprofilen angiver ikke det normaliserede forbrug af sølv og tantal, da kun tallet for reserverne er kendt men ikke en persons gennemsnitsforbrug, som er nødvendig for at normaliseringen kan udføres.





Figur 9. Normalisering af ressourceforbrug og effektpotentialer for PVEH'en

Miljøprofilen i figur 9b viser, at i forhold til en persons gennemsnitsbidrag bidrager en PVEH især til drivhuseffekten. Bidraget svarer til 0,12% af en persons bidrag til drivhuseffekten udregnet som gennemsnit på verdensplan i 1990. For forsuring er bidraget omkring 0,07%, og for de resterende effekter ligger det omkring 0,05% eller derunder.

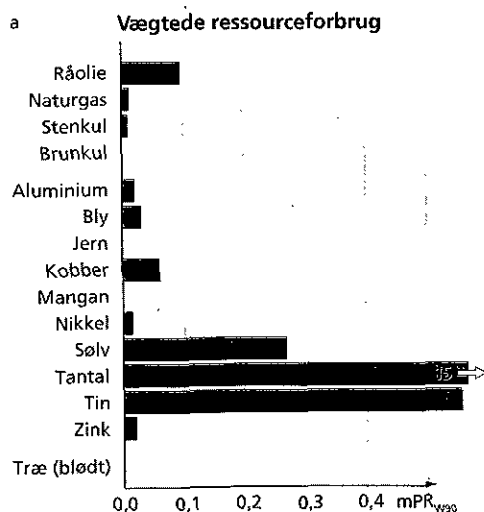
Det ses af arbejdsmiljøprofilen i figur 9c, at for arbejdsulykker og bevægeapparat-skader bidrager en PVEH med 0,026% og 0,012% af normalbelastningen for arbejdere i Danmark. De andre arbejdsmiljøeffekter ligger under 0,002% af belastningen på en dansk gennemsnitsarbejder.

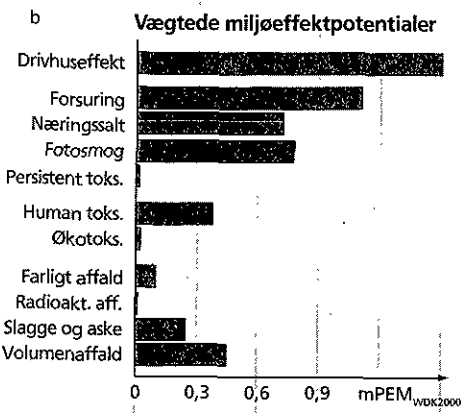
Væsentligste effektpotentialer

De forskellige effektpotentialer vægtes indbyrdes og sammenlignes for at vurdere, hvilke der er de mest kritiske. De vægtede effektpotentialer kan ikke sammenlignes på tværs af de 3 kategorier; eksempelvis kan ressourceforbrug ikke sammenlignes med miljøeffektpotentialer.

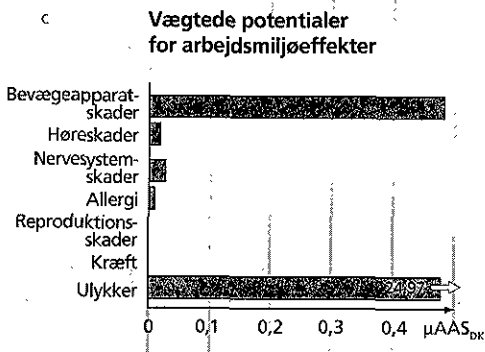
Ressourcer, som brændes for at fremstille energi bør vægtes højere, da forbrændingen er irreversibel, end ressourcer, der bruges til materialer. Grunden er, at materialer, der bortskaffes ved deponering, kan genvindes, hvis man en dag ønsker det. Ressourcerne, som er brugt til energifremstilling, er ikke vægtede højere end de andre ressourcer i denne miljøvurdering. Ressourcer vægtes ud fra de kendte reservers størrelse, og enheden er nu millipersonreserve (mPR_{W90}). Den vægtede ressourceprofil i figur 10a viser, at en PVEH bruger 15 mPR_{W90} tantal svarende til

Figur 10a. Vægtede ressourceforbrug for PVEH'en





Figur 10b. Vægtede miljøeffektpotentialer for PVEH'en



Figur 10c. Vægtede potentialer for arbejdsmiljøeffekter for PVEH'en

1,5% af de kendte reserver af tental, som var tilbage i 1990 til en person og alle personens efterkommere. Produktet bruger 0,55% af den tinreserve, som var tilbage pr. person, 0,27% af sølvreserven samt 0,1% af råoliere-serveren. For resterende ressourcer bruger en PVEH 0,06% eller mindre.

Miljøeffektpotentialer vægtes med de internationale eller danske politiske reduktionsmål for miljøeffekterne. Enheden kaldes millipersonækvivalentmål ($mPEM_{WDK2000}$). Det ses af den vægtede miljøprofil i figur 10b, at en PVEH potentielt bidrager med 0,15% af den mængde drivhuseffekt, som en person i år 2000 gennemsnitligt maksimalt bør bidrage med. For forsuring, fotosmog og næringssaltbelastning ligger bidragene på 0,07–0,11%. Resten af de potentielle miljøeffekter ligger under 0,05%.

Potentielle arbejdsmiljøeffekter vægtes med antallet af anmeldte arbejdsskader i Danmark, og derfor bliver enheden anmeldte arbejdsskader (μAAS_{DK}). Det fremgår af figur 10c, at PVEH'en vurderes at bidrage med 2,5 ud af hver million anmeldte arbejdsulykker i Danmark. For bevægeapparatskader bidrager produktet med knap 0,05 ud af hver million anmeldte skader. Bidragene for de øvrige arbejdsmiljøeffekter estimeres at være på 0,03 per million anmeldte arbejdsskader eller derunder.

Væsentligste kilder til effektpotentialerne

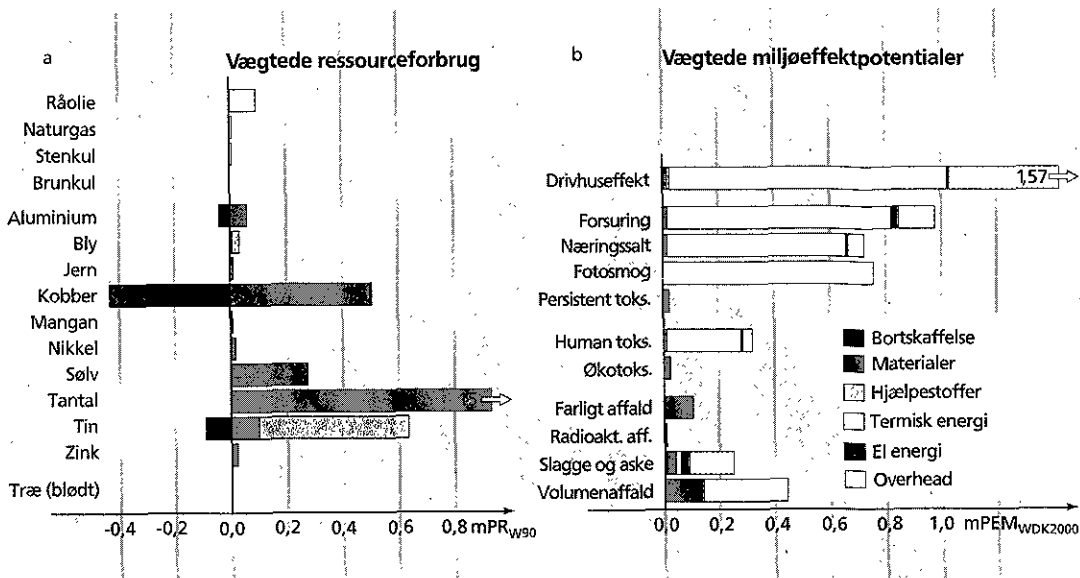
I tabel 5 er vist, hvorledes man kan opdele de forskellige effektpotentialer, således at produktudvikleren kan se, hvor meget valgene indenfor "materialer" og "processer" egentlig betyder og derfor vil være i stand til at vurdere konsekvenserne af forskellige valg. Materialer og processer bliver opdelt ifølge MEKA-princippet, som er beskrevet af Wenzel et al., 1996. Opdelingen giver 6 kilder til potentielle effekter. Valget af materialerne har f.eks. også indflydelse på, hvilke bortskaffelsesprocesser produktet efter endt brug gennemgår.

Det ses af den kildeopdelte resourceprofil i figur 11a, at det hovedsageligt er PVEH'ens materialeforbrug, der har betydning for resourceforbruget. For alle metallerne, bortset fra tin og bly, sker resourcetrækket næsten udelukkende til materialer. Både for tin og bly skyldes 85–90% af resourcetrækket brugen af metallerne som hjælpestoffer i processerne. Det samme gør sig gældende for 2% af kobberforbruget og 10% af zinkforbruget. Trækket på råolie og naturgas skyldes det termiske energiforbrug på henholdsvis 95% af naturgasforbruget og 64% af naturgasforbruget. Resourcetrækket på stenkul kommer hovedsageligt fra energiforbrug til overhead.

Når resourcetrækket på aluminium, jern og kobber totalt ikke bliver større, end det er vist i figur 10a, skyldes det som allerede

| Materialer | |
|------------|-----------------|
| Materiale | - forbrug |
| | - bortskaffelse |
| Processer | |
| Energi | - termisk |
| | - el |
| Kemikalier | - hjælpestoffer |
| Andet | - overhead |

Tabel 5. Kilder til resourceforbrug og effektpotentialer opdelt efter MEKA-princippet



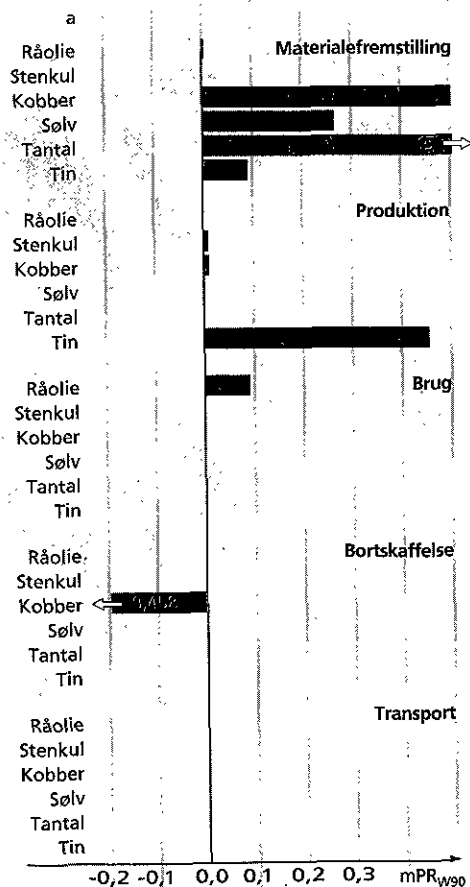
Figur 11. Vægtede ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer opdelt på kildetyper

nævnt, at næsten alt metal antages at blive genbrugt ved bortskaffelsen. Men selv om metallet genbruges 100%, bliver der ikke godskrevet 100% ved bortskaffelse, fordi materialerne taber lødighed ved genvindingsprocesserne. Ressourceforbruget følger kun genbrugsmaterialet proportionalt med restlødigheden, og derfor tilskrives produktet altid et vist ressourcetræk selv ved 100% genbrug.

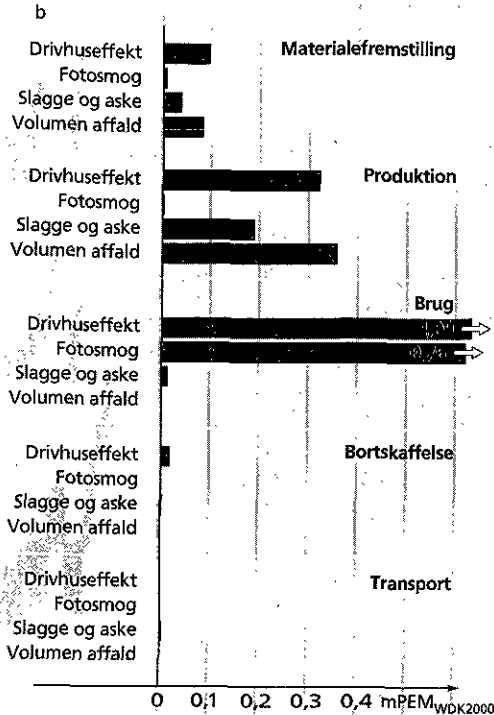
Den kildeopdelte miljøprofil i figur 11b viser, at langt størstedelen af bidragene til drivhuseffekt, forsuring, næringssaltbelastning, fotosmog og human toksicitet kommer fra termisk energi til processerne. Materialerne dominerer bidragene til persistent toksicitet, økotoksicitet, farligt affald og radioaktivt affald. Overhead giver over halvdelen af bidraget til slagge og aske samt volumenaffald. Det varierer om bortskaffelsen bidrager positivt eller negativt til miljøeffekterne.

Væsentligste faser i livsforløbet

På baggrund af de kildeopdelte profiler kan miljøvurderingen forenkles. I figurerne 12 og 13 er de effekter udeladt, som enten er meget små, eller som kan repræsenteres af andre effekter. En effekt kan repræsentere en anden effekt, hvis bidragene stammer fra de samme kilder; for ressourcerne gælder, at råolie kan repræsentere naturgas, kobber repræsentere jern, mangan og aluminium, mens tin kan dække bly. Brunkul, nikkel og zink er meget små og udgår derfor.



Figur 12a. Vægtet ressourceforbrug opdelt på faser i livsforløbet



Drivhuseffekten repræsenterer miljøeffekterne forsurening, næringsaltbelastning og human toksicitet. Bidragene til persistent toksicitet, økotoksicitet, farligt affald og radioaktivt affald er meget små og udgår af de efterfølgende præsentationer.

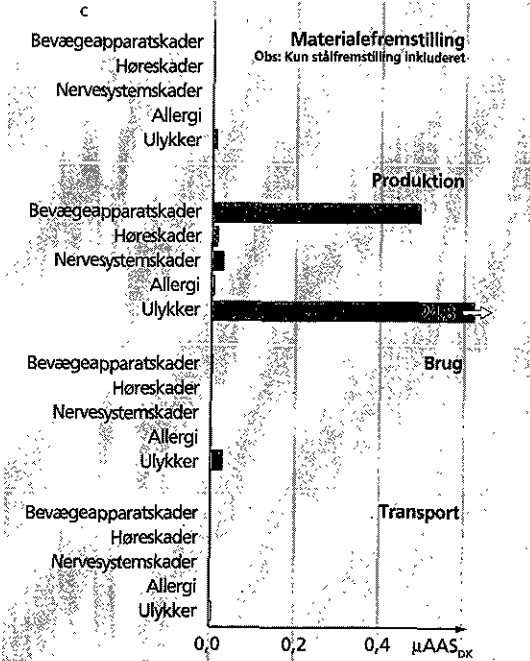
Med hensyn til potentialerne for arbejdsmiljøeffekterne udgår reproduktionsskader og kræft, fordi bidragene til disse er meget små. Figur 12a viser i den faseopdelte ressourceprofil, at PVEH'ens forbrug af kobber, sølv og tantal ligger i materialefasen, mens forbruget af tin hovedsageligt findes i produktionsfasen. Brugsfasen domineres af råolieforbruget, idet den strøm, som PVEH'en bruger, fremstilles af en dieselgenerator. Bortskaffelsen er domineret af genvindingen af kobber.

Det fremgår af den faseopdelte miljøprofil i figur 12b, at en PVEH's bidrag til drivhuseffekten og fotosmog hovedsageligt kommer fra brugsfasens forbrænding af olie i dieselgeneratoren. Volumenaffald og drivhuseffekt er dominerende for produktionsfasen, mens potentialet for slagge og aske er ca. halvt så stort. Samme mønster gælder for materialefasen. I bortskaffelsesfasen giver forbrænding af plast udslaget for drivhuseffekten.

I materialefasen i figur 12c er kun arbejdsmiljøpåvirkninger fra fremstillingen af stålplader og produktionen af el til fremstillingen af disse medregnet. Her er det arbejdsulykker og i mindre grad høreskader, der forventes at være den hyppigste årsag til anmeldte arbejds-skader. Produktionsfasen medtager både produktionen på Danfoss A/S og produktionen af printpladerne samt el-fremstillingen. For produktionsfasen er det arbejdsulykker samt bevægeapparatskader, der dominerer. Arbejdsmiljøpåvirkningerne i brugsfasen kommer fra udvindingen af råolie til brug af PVEH'en. For såvel brug som transport er de største potentialer arbejdsulykker.

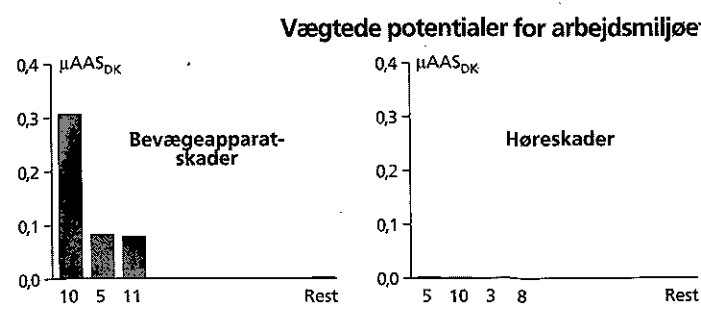
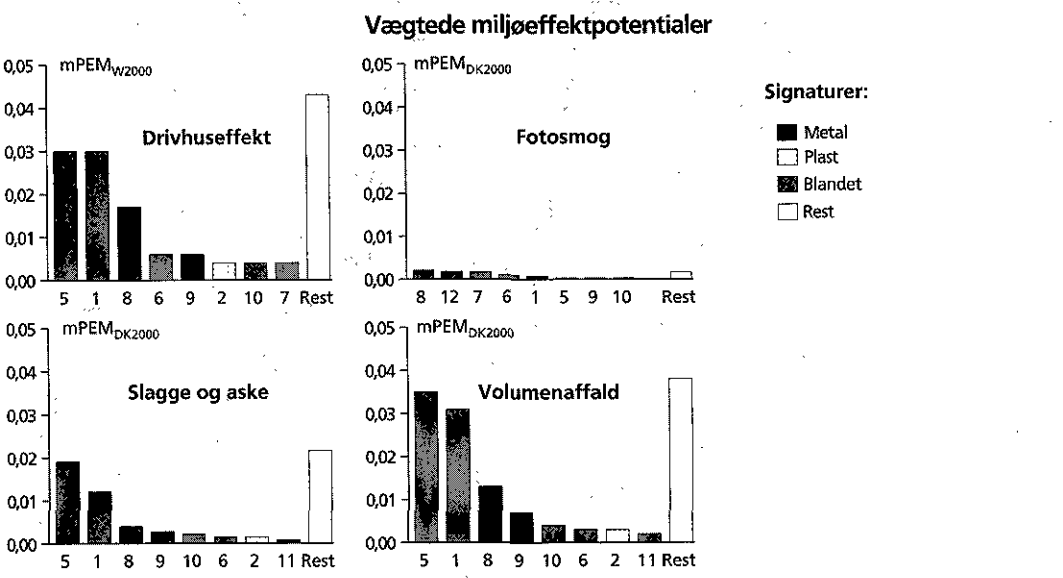
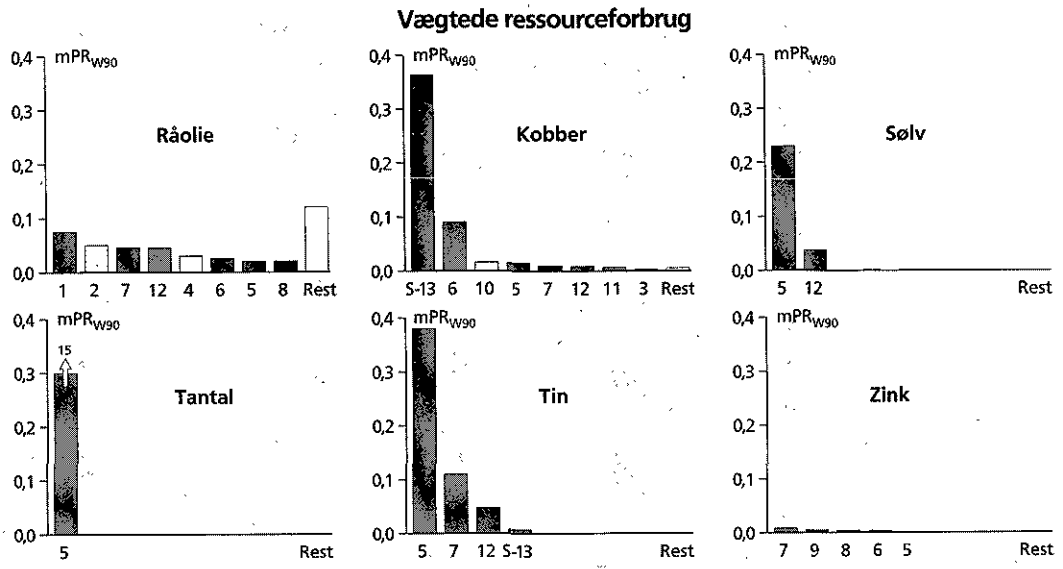
Væsentligste komponenter

Når miljøindsatsen skal prioriteres, kan det være en fordel at vise, hvilke komponenter der er de mest miljøbelastende. Topscorerlisten, som er vist i figur 13, er ikke en facitliste, men



Figur 12b. Vægtede potentialer for miljøeffekter opdelt på faser i livsforløbet
 Figur 12c. Vægtede potentialer for arbejdsmiljøeffekter opdelt på faser i livsforløbet

den skal benyttes som diskussionsoplæg til miljøprioriteringen. Man skal være opmærksom på, at en komponent alligevel kan være det miljømæssigt bedste valg, selvom komponenten er topscorer; det afhænger helt af, hvilke alternativer der findes.



Figur 13. Topscorere blandt PVEH'ens undersøgelser

På grund af den store mængde komponenter i PVEH'en er det her komponentsamlingerne, som topscorerlisterne viser. Numrene for komponentsamlingerne er angivet i styklisten (tabel 1) som positionsnumre. Styklistens nr. 13 er de dele, som det ikke har været muligt at indpasse i de andre komponentsamlinger.

Topscorerlisterne i figur 13 viser de højest placerede komponentsamlinger. Figuren repræsenterer kun materiale- og produktionsfasen samt transporten mellem disse. Produktionsfasen er her angivet uden overhead. Som anført er hele livsforløbet ikke taget med, og ressourceforbruget kan være højere totalt i topscorefigurene end i de opgørelser, hvor hele PVEH'ens livsforløb er medtaget. For arbejdsmiljøeffekterne er det kun produktionen hos Danfoss A/S, som er vist i topscorerlisten.

Ud over de komponentsamlinger, som er topscorerer, angiver figur 13 en "rest", der indeholder alle de resterende komponenter og de produktionsprocesser, som ikke tilhører en komponentsamling. I styklistens nr. 13, som er anbragt under "rest", findes imidlertid 4 spoler, som indeholder kobber og tin i en mængde, som har gjort det nødvendigt at vise ressourceforbruget særskilt, hvilket er gjort ved at benævne spolerne som komponent nr. S-13 i figuren.

Printplader med elektronikkomponenter (nr. 5) er topscorer for forbruget af sparsomme ressourcer som sølv, tantal og tin. Forbruget af tantal går til tre tantalkondensatorer, ligesom sølv bruges i bestemte elektronikkomponenter. Tin bruges dels i komponenterne og dels til lodninger. Størstedelen af kobberforbruget går til spolerne i styklistens nr. 13 samt til en spole i transduceren (nr. 6). Zink optræder i (nr. 7) i et stik, i ågene (nr. 8) og bundpladen (nr. 9) på grund af zinkchromatering af stål. Trækket på råolie er jævnt for alle komponentsamlingerne.

Til tre af de fire miljøeffekter kommer de største potentialer fra print med komponenter, ventilblok og åg (nr. 5, 1 og 8). Bidragene kommer hovedsageligt fra el-forbrug til fremstilling af komponentsamlingerne. "Rest" er for alle fire miljøeffekter høj, da el-forbruget til test af PVEH'en i produktionsfasen indgår her.

Bidragene til arbejdsmiljøeffekterne kommer som allerede nævnt fra processerne på Danfoss A/S. Det ses af figur 13, at print med komponenter og magnetventilsættene er topscorer til potentialet for arbejdsmiljøeffekten bevægeapparatskader, mens print med komponenter (nr. 5) samt magnetventilsæt (nr. 10) er topscorerer for høreskader. Ensidsigt, gentaget arbejde optræder ved indsætning og udtagning af emner i maskiner, mens støj kommer fra metalbearbejdning.

Videnmangel, usikkerheder og følsomheds-vurderinger

Der er stadig områder af miljøvurderingen, hvor man på trods af et stort arbejde med at indsamle data kunne ønske en større viden.

Materialefasen

Usikkerheden på data for fremstilling af aluminium er lille, bl.a. fordi der er foretaget målinger hos leverandøren til Danfoss A/S. Stål leveres af to forskellige leverandører, men data for stålproduktionen bygges kun på oplysninger fra én leverandør, hvilket selvfølgelig giver en mindre usikkerhed. Data for råstofudvinding og fremstilling af plast,

kobber og øvrige materialer kommer fra UMIP-enhedsprocedatatabasen (Frees, 1996). Oplysningerne for plast er gennemsnitsdata fra bl.a. den europæiske sammenslutning af plastproducenter. Når der bruges gennemsnitsdata, giver det en vis usikkerhed, men da valget af leverandør alligevel varierer, vil data også være forskellige, og derfor er billedet realistisk, når gennemsnitsdata anvendes. Data for kobber og de øvrige materialer kommer hovedsageligt fra litteraturen med de usikkerheder, det giver (Frees, 1996).

Oplysninger om materialeindholdet i de aktive elektronikkomponenter - transistorer, IC-kredse og dioder mangler, men indholdet i de øvrige elektronikkomponenter indgår i vurderingen. Oplysningerne om disse er ret nøjagtige, dels er de opgivet af leverandørerne, dels har Danfoss A/S selv undersøgt indholdet. Da de fleste af de ikke-aktive komponenter indeholder sparsomme metaller, har man skønnet, at det også er tilfældet for en del af de aktive komponenter. Derfor er forbruget af en del af de sparsomme metaller sandsynligvis større, end det er opgjørt i miljøvurderingen.

Energimæssigt skønnes fremstillingsprocessen for elektronikkomponenterne at være betydningsløs. Fremstillingsprocessen vurderes nemlig - højt sat - maksimalt at forbruge 2-3 gange energiindholdet i selve materialerne i elektronikken, og ud fra den vurdering betyder den vægtmæssige ringe elektronikenhed ikke meget. Emissionerne fra fremstillingsprocesserne kan godt være betydningsfulde, men de kan ikke vurderes, da processerne ikke i denne sammenhæng er kendt.

Hjælpestofferne er forskellige detergenter, tensider, skære- og smøreolier samt kemikalier til zinkchromateringen. Under produktionsfasen er emissioner af hjælpestofferne medregnet i de processer, hvor de benyttes. I hjælpestoffernes livsforløb er der ingen viden om udvinding og bearbejdning af råstoffer og deres fremstilling. Generelt er emissionerne af kemikalier under deres fremstilling ikke væsentlig i forhold til emissionerne fra brugen af dem, men der kan være undtagelser, f.eks. kan der være særlige eksponeringer i arbejdsmiljøet. Emissionerne fra detergenter i produktionsfasen er sandsynligvis mindst en 10-faktor større end emissionerne fra deres fremstilling, idet spildprocenten i den kemiske industri ved fremstillingen skønnes at være væsentligt lavere end 10%.

Arbejdsmiljøpåvirkninger i materialefasen er kun vurderet for stålproduktionen. Stål udgør ca. 30% af materialerne i den færdige PVEH. Der produceres store mængder stål i forhold til arbejdstiden. Arbejdstiden er sandsynligvis større pr. kg plast eller kemikalie, men hvor meget vides ikke. Det er ikke muligt at udtale sig om arbejdsmiljøpåvirkninger fra fremstillingen af elektronikkomponenter, da processerne som tidligere nævnt ikke kendes.

Produktionsfasen

Der er ingen store vidnehuller for produktionen hos Danfoss A/S, da alle udvekslinger med miljøet for samtlige processer enten er målt eller beregnet ud fra massebalancer. Hos leverandører af printplader og aluminiumsventilblok er energiforbrug og affald ved produktionsprocesserne opgjørt, men dette gælder ikke for emissioner. Da data er fra eneleverandører og bygger på massebalancer, er usikkerheden lille.

Bidragene til arbejdsmiljøeffekterne fra produktionen hos Danfoss A/S og fra printpladeproducenten er medtaget i vurderingen. Usik-

kerheden på data er lille, da de er målt og/eller vurderet af Bedrifts-sundhedstjenesten de respektive steder.

Brugsfasen

Data for brugsfasen bygger dels på Danfoss A/S' dimensioneringskriterier for driftstid og effektforbrug, dels på litteraturdata for forbrænding af dieselolie. Der er en vis usikkerhed ved at bruge disse data i stedet for målinger, men da brugssceneriet for en PVEH afhænger af hvilken maskine, den anvendes i, er det relevant at benytte gennemsnitsdata for brugsfasen. Følsomheden for forskellige levetider og brugsmønstre vises i næste kapitel ved hjælp af simuleringer.

Bortskaffelsesfasen

Danfoss A/S ved ikke med sikkerhed, hvordan hovedparten af PVEH'erne bortskaffes. Bortskaffessceneriet er kun dokumenteret for den ene procent af produktet, som ender hos Danfoss A/S. I næste kapitel beskrives konsekvenserne ved andre bortskaffelsesveje, og der simuleres, hvilken betydning 100% forbrænding eller 100% deponi af produktet har.

2. Miljødiagnose for en elektrohydraulisk aktiveringsenhed - PVEH

Ved miljødiagnosen er miljøvurderingen blevet omsat til en form, som produktudvikleren kan anvende i udviklingen af nye produkter. I diagnosen udpeges, hvor i produktet de miljømæssige forbedringsmuligheder sidder. Det bliver gjort ved først at simulere de miljømæssige konsekvenser af forskellige teoretiske ændringer i produktet eller i dets livsforløb. Derefter bliver alternative løsninger i produktet overvejet.

Simulering af ændringer i produktet eller dets livsforløb

Simuleringerne foretages for at få et billede af, hvad de forskellige ændringer betyder for effekttyperne. Vil brugen af et nyt koncept for elektronikdelen give forbedringer i f.eks. ressourcerforbruget? Eller vil en øget levetid for PVEH'en give mindre miljøeffektpotentialer? Sådanne teoretiske spørgsmål kan besvares, når man prøver at simulere ændringerne. Svarene giver et fingerpeg om, hvilke teoretiske forbedringspotentialer, der findes.

Forbedringspotentialerne skal findes indenfor de fire områder i følge MEKA-princippet

- Materialer
- Energi
- Kemikalier
- Andet

Der er lavet to simuleringer under kategorien **Materialer**: brug og bortskaffelse. Der er ikke udført simuleringer under kategorierne **Energi** og **Kemikalier**, men der er udført to simuleringer under **Andet**: brugsmønstre og levetid.

Figur 14 viser resultatet af simuleringerne. Den første viser forbedringspotentialer, hvis man ændrer konceptet for elektronikdelen ved at udskifte printplader med tykfilm. De tre øvrige viser betydningen af forskellige ændringer af livsforløbet for PVEH'en.

Materialer

Print kontra tykfilm i en PVEH

Hvis man udskriver printplader med tykfilm, ændres konceptet for elektronikdelen af PVEH'en. Materialesammensætningen i selve printpladerne og i selve tykfilmen er forskellig. Desuden udskiftes nogle af elektronikkomponenterne med andre typer, når printpladerne erstattes med tykfilm. Når tykfilmsteknologien benyttes, indbygges modstande i tykfilmens lederbaner, og på den måde spares både materialer og fremstillingsprocesser. Derudover bliver antallet af lodninger mindre, hvis der foretages konceptændringer. Ved simuleringen er der både taget hensyn til de forskellige materialer i selve pladerne og til de forskellige materialer fra ændringen af en del af komponenterne.

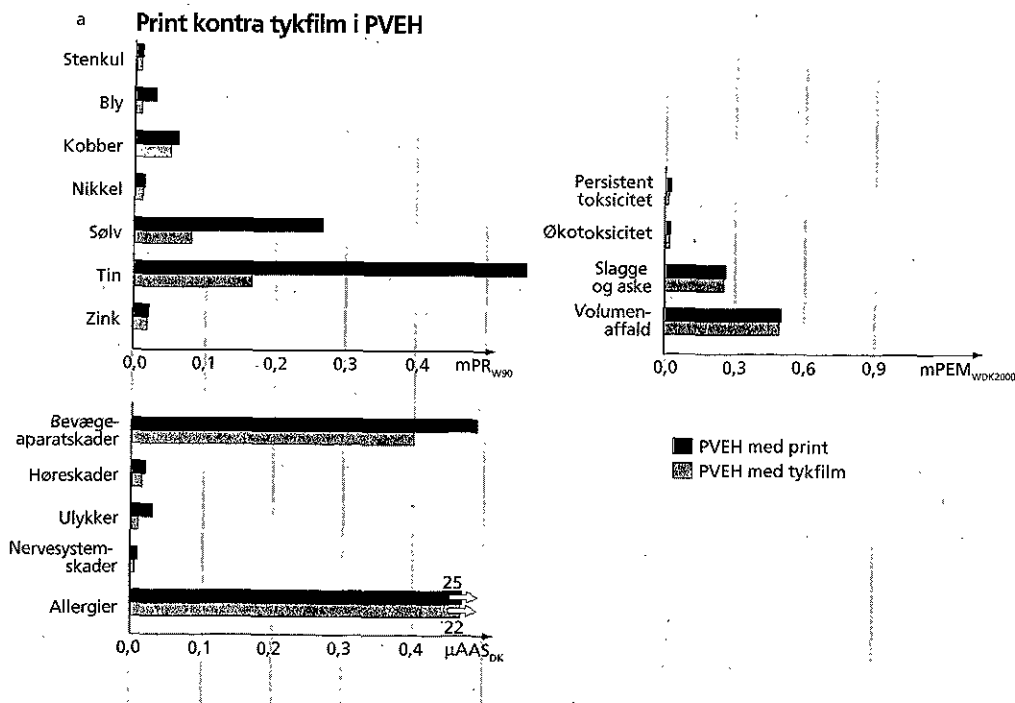
Materialeindholdet i de aktive komponenter som transistorer og IC-kredse er ikke med i de to opgørelser. Det er fremstillingen af elektronikkomponenter heller ikke. Derimod er energiforbruget og påvirkningerne på arbejdsmiljøet ved pålægning af lederbanerne på printpladerne og tykfilmen medregnet. Simuleringen vises i figur 14a.

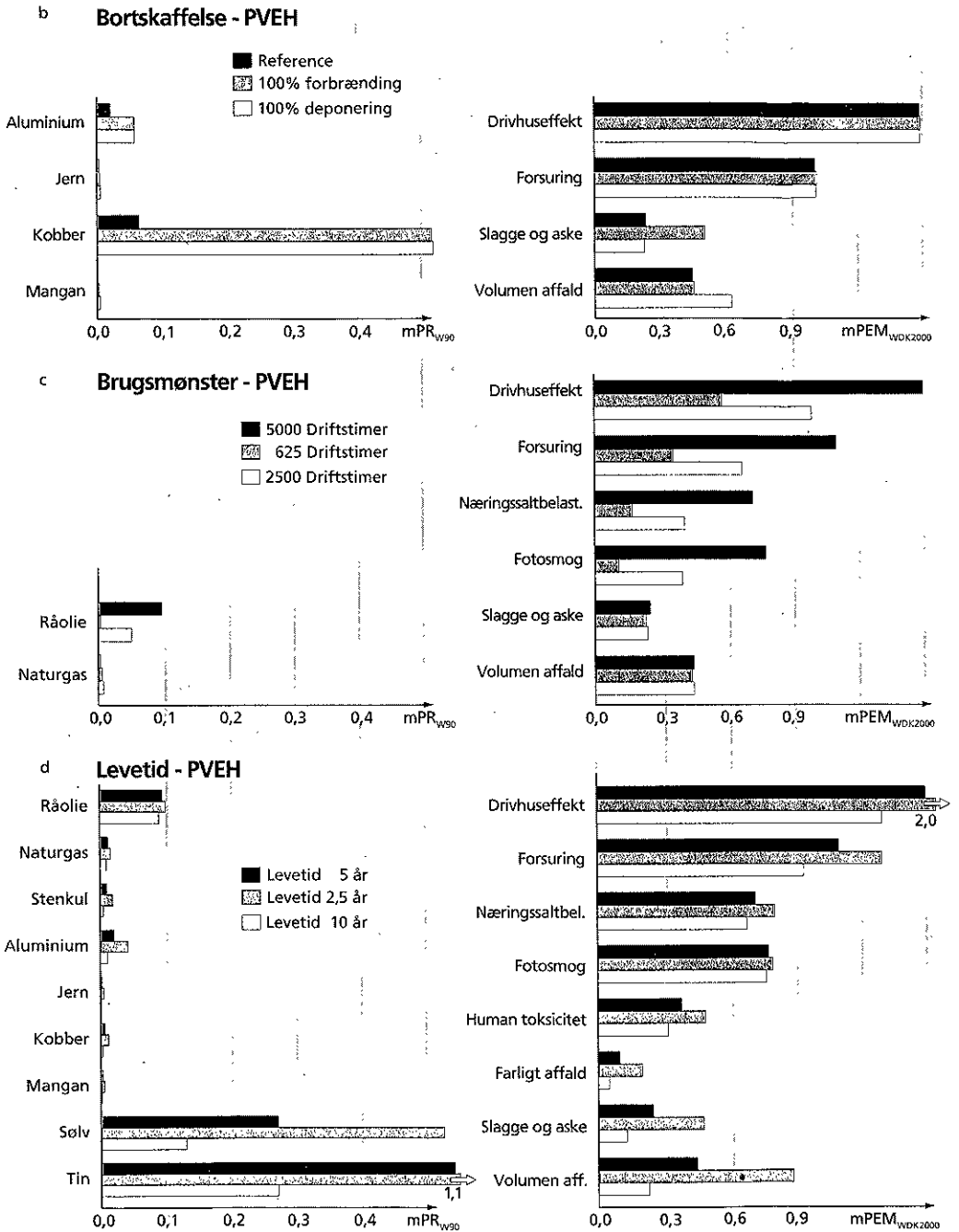
For alle de viste effekttyper betyder ændringen til tykfilm en formindskelse af potentialerne, men for miljøeffekttyperne er faldet ikke særlig stort. Reduktionen vil være på 4-18%, dog vil mængden af bly som deponeres, når PVEH'en bortskaffes, falde betydeligt mere på grund af det mindre antal lodninger. Under ressourceforbrug falder især forbruget af bly og tin, fordi antallet af lodninger er mindre. Formindskelsen er på 65-70% for bly og tin. Sølvforbruget reduceres også med 70%. For de andre metaller er reduktionen på mellem 5 og 23% - størst for kobber, som ikke skal bruges i så store mængder til lederbaner på tykfilm. Forbruget af stenkul falder med 5%, da el-forbruget til produktion af tykfilm er lidt mindre end ved produktion af print.

Ved overgang til tykfilm forsvinder potentialet for nervesystemskader i arbejdsmiljøet næsten helt, da brugen af bly og opløsningsmidler mindskes. Påvirkninger, der kan give allergier, halveres, da brugen af formaldehyd mindskes. De resterende potentialer for arbejdsmiljøeffekter reduceres med 12 - 20% ved ændringen.

Simuleringen viser, at ændring til tykfilm miljømæssigt er at foretrække frem for fortsat produktion med printplader.

Figur 14. Simulering af ændringer i produktet eller dets livsforløb. Der vises kun de effekttyper, som ændres





Figur 14.

Bortskaffelse af en PVEH

For bortskaffelse af en PVEH er der simuleret to scenarier: 100% forbrænding og 100% deponering som sammenlignes med antagel-

sen for referenceproduktet, nemlig 100% genbrug af aluminium, jern og kobber samt forbrænding af plast.

Ved forbrænding er antaget, at al affaldsforbrænding foregår på anlæg med energigenvinding, som udnyttes til fjernvarme. Dette vil fortrænge varme fra konventionelle fjernvarmeanlæg, som her antages at bruge olie som brændsel. Den mindskede oliemængde godskrives PVEH'en. Ved 100% forbrænding er det desuden antaget, at 50% af jernet, som ender i slaggen, sendes til genvinding med henblik på fremstilling af genbrugsstål.

Det fremgår af figur 14b, at bidragene til drivhuseffekt og forsuring er næsten lige store, uanset hvilken bortskaffelsesvej, der benyttes. For slagge og aske giver 100% forbrænding en fordobling af bidraget i forhold til de to andre bortskaffelses metoder, mens 100% deponering giver en forøgelse på 30% for volumenaffald. Størst forskel for de tre scenarier er der på ressourcetrækket. Det fremgår af figuren, at det er en god ide at genbruge metallerne i produktet; især for kobber giver genbrug et mindsket ressourcetræk.

Andet

Brugsmønster for en PVEH

Da antallet af driftstimer under brug af en PVEH er taget som et gennemsnit i miljøvurderingen, er det interessant at se, hvor meget forskellige brugsmønstre, dvs. variation i driftstimer, betyder for livsforløbet. I figur 14c er vist to eksempler på et reduceret antal driftstimer, nemlig 2500 timer og 625 timer i forhold til de gennemsnitlige 5000 timer. De 5000 driftstimer svarer til brugen af en PVEH, når der arbejdes i toholdsdrift hele året eller i døgn drift en del af året. De 2500 timer svarer til brugen ved toholdsdrift en del af året, mens de 625 timer repræsenterer brugen af en PVEH, når maskinen bruges en time om dagen eller om ugen. Der regnes stadigvæk med en levetid på 5 år.

Driftstiden har kun betydning for de energirelaterede effekter, dvs. fremstilling af termisk energi ved forbrænding af dieselolie i en dieselgenerator. Forbruget af råolie varierer hovedsageligt med driftstiden. Naturgas bruges bl.a. til udvinding af råolie, og forbruget heraf varierer derfor i takt med forbruget af råolie.

De største bidrag til miljøeffekterne: drivhuseffekt, forsuring, næringssaltbelastning og fotosmog kommer fra forbrændingen af dieselolie, idet ændringerne svarer til råolieforbruget. De små ændringer i slagge og aske samt volumenaffald kommer hovedsageligt fra el-forbruget til udvinding af olie. El-forbrug til udvinding af råolie er meget mindre end el-forbruget i produktionsfasen. Når en kortere driftstid simuleres, bruges mindre dieselolie, men da simuleringen dækker hele livsforløbet, betyder et mindre el-forbrug til udvinding af råolie ikke meget med hensyn til slagge og aske og volumenaffald.

Levetid for en PVEH

Den aktuelle levetid for en PVEH afhænger som nævnt af, hvilken maskine apparatet anvendes i. Figur 14b viser effektpotentialerne ved levetider på 2½, 5 og 10 år. Antallet af driftstimer i *brugsfasen* holdes konstant pr. år for alle tre levetider. En levetid på 10 år ligger i yderkanten af, hvad PVEH kan klare. Under ekstreme forhold er

en levetid på 2,5 år derimod realistisk, f.eks. hvis produktet udsættes for meget store temperatursvingninger.

Sølv i figur 14d repræsenterer også nikkel og tantal. Tin repræsenterer bly og zink. Da metallerne stort set kun bliver brugt i materiale- og produktionsfasen, bliver forbruget af dem halveret, når levetiden halveres og fordobles. For en stor del af stenkulforsbruget gør det samme sig gældende.

Forbruget af råolie og naturgas afhænger meget af brugsfasen, og derfor ændrer forbruget af råolie og naturgas sig ikke meget, selvom levetiden gør det.

Effektpotentialerne for drivhuseffekten forøges med 33% eller formindskes med 13% for levetider på henholdsvis 2,5 år og 10 år i forhold til en levetid på 5 år. Forsuring, næringssaltsbelastning, foto-smog og human toksicitet følger mønsteret for drivhuseffekten men i mindre grad. De øvrige miljøeffektpotentialer i figur 14d stiger ca. 100%, når levetiden fordobles. Figuren viser, at øget levetid for en PVEH giver en miljømæssig forbedring, idet der ikke skal produceres så mange nye PVEH'er, og derfor spares energi og ressourcer. Det er imidlertid kun tilfældet, hvis teknologien ikke udvikler sig så hurtigt, at en PVEH om 5 år både kan fremstilles og bruges med en meget mindre miljøbelastning end i dag.

Opsummering af simuleringen

Simuleringerne viser, at brugen af tykfilm i stedet for printplader i PVEH'en giver fald i forbruget af nogle af de sparsomme ressourcer på 70%. Faldet i de andre ressourcer og i miljøeffektpotentialerne ligger under 23%. Ved en øget levetid falder forbruget af metallerne kraftigt, hvilket miljøeffektpotentialerne for slagge og aske samt volumenaffald også gør. Ressourcer og emissioner fra termisk energi falder effektpotentialerne mindre markant, men ved en fordobling af levetiden ligger de på 13% eller der under. Med hensyn til effektpotentialerne fra de energirelaterede ressourcer og emissioner er levetiden tvetydig, da der som nævnt kan ske en teknologisk udvikling, så energiforbruget til PVEH'ens brugsfase bliver lavere; i så fald er det ikke en fordel at PVEH'en får en højere levetid.

Hvis man skal foretage en prioritering, vil det for metallernes vedkommende være en fordel både at udskifte printplader med tykfilm og at øge levetiden. For de energirelaterede ressourcer giver udskiftningen en forbedring, og det gør levetiden også. For miljøeffekterne er både konceptændringen og levetidsforøgelsen en gevinst, men her afhænger det igen af teknologiudviklingen.

Hvor i produktet sidder forbedringspotentialerne

Miljøvurderingen og den foreløbige miljødiagnose fra simuleringen udgør en del af grundlaget for at udpege de miljømæssige fokuspunkter i produktet. Alternativet, der er givet i tabel 6, skal opfattes som forslag. Det er ikke udtømmende og ikke afvejet mod andre hensyn. De ændringer, som Danfoss A/S har inddraget i produktudviklingen gennemgås i sidste kapitel: "Miljøhensyn i nye produkter".

Når man skal identificere hvor i produktet forbedringspotentialerne sidder, ser man på koncept-, struktur- og komponentvalg. I dette tilfælde beskrives kun koncept og strukturvalg.

Tabel 6. Eksempler på fokuspunkter på konceptniveau

Printplader: Størstedelen af forbruget af sparsomme metaller skyldes brugen af printplader i elektronikdelen af produktet. Desuden afhænger en PVEH's levetid meget af, hvor længe lodningerne mellem printpladerne og elektronikkomponenterne holder, og hvor længe komponenterne holder. Jo flere komponenter og lodninger der er på printpladerne, jo større er chancen for mekanisk brud.

Alternativ: Printpladerne erstattes af tykfilm, der ikke kræver så mange lodninger, bl.a. fordi en del af komponenterne er indlagt i lederbanerne på tykfilmen. Herved øges produktets levetid, da færre lodninger betyder færre muligheder for brud mellem tykfilm og elektronikkomponenter. Desuden betyder færre komponenter færre muligheder for brud i komponenterne.

Tabel 7. Eksempler på fokuspunkter på strukturniveau

Indstøbning i PUR-plast: Ved at indstøbe dele i PUR-plast bliver produktet mindre egnet til demontage, da de indstøbte dele er svære at adskille fra plasten. Indstøbningen udføres bl.a. for at beskytte komponenter og lodninger mod indtrængende fugt og vibrationer. Desuden gør det produktet mere mekanisk stabilt.

Alternativ: Umiddelbart er det ikke muligt at give alternativer til denne løsning.

Hvor i omgivelserne findes forbedringspotentialerne

Omgivelserne til en PVEH er de systemer, som den indgår i både under og efter brug. Omgivelserne til en PVEH bærer en del af skylden for de miljøproblemer, der er i en PVEH's livsforløb. De største problemer, som omgivelserne giver, er vist i tabel 8.

Tabel 8. Eksempler på fokuspunkter i omgivelserne.

Temperatursvingninger: De temperatursvingninger, som en PVEH udsættes for, kommer fra dens omgivelser. Maskinen, hvor PVEH'en anvendes, opvarmes under brug, og hvis maskinen ikke kører i døgndrift, vil maskinen og PVEH'en køle ned efter brug til den temperatur, maskinens omgivelser har. Ved fornyet brug vil maskinen og PVEH'en genopvarmes.

Alternativ: Ingen umiddelbare forslag til at undgå temperatursvingninger.

Genbrug af elektronikdelen: I dag genvindes kun en meget lille del af elektronikindholdet i elektroniske produkter. Når det genvindes, er det som regel ædelmetallerne samt kobber og zink, der udvindes, mens resten deponeres. Det sker, dels fordi shredding af produktet ikke adskiller materialerne godt nok; det er kun de store dele, som udskilles, dels fordi det økonomisk ikke kan betale sig at udvinde de andre materialer.

Alternativ: Ved at demontere printpladerne fra elektronikprodukter inden produktet shreds, sikrer man en bedre adskillelse. Desuden skal der udvikles nogle processer, hvor en større del af de sparsomme ressourcer kan udvindes, og hvor lodighedstabet for den enkelte ressource er lille.

3. Miljømålsætning for produkttypen

Konkurrencerammer

De vigtigste konkurrenceparametre for gruppen af elektrohydrauliske aktiveringsenheder fra Danfoss A/S er: kvalitet, performance, sikkerhed og levetid. Sikkerheden er f.eks. en meget vigtig parameter, da det kan være et spørgsmål om liv eller død, hvis sikkerheden svigter.

Den vigtigste miljøprioritering ud fra konkurrenceparametrene udspringer af kravet hos kunderne om øget levetid for PVEH'en. En øget levetid giver ifølge simuleringerne en miljømæssig forbedring i form af mindre forbrug af de sparsomme ressourcer og mindre bidrag til drivhuseffekten, forsuring og de andre miljøeffekttyper.

I forhold til konkurrenterne er det integrationen af elektronikken i mekanikken og fleksibilitet, som er specielt for produkterne fra Danfoss A/S. Da de elektrohydrauliske aktiveringsenheder er en del af et større hydraulisk program, giver det stor fleksibilitet, at det hydrauliske system kan opbygges efter kundens ønsker og behov. Med hensyn til integrationen af elektronik adskiller PVEH'en sig fra konkurrenterne, da elektronik og mekanik typisk er adskilt i to separate dele hos konkurrenterne. PVEH'en er derimod nem at montere, da elektronikken er integreret i mekanikdelen.

Langsigtede målsætninger

På Danfoss A/S arbejdes der med en række langsigtede målsætninger, men for produkttypen er følgende interessante:

- Reduktion af mængden af ensidigt, gentaget arbejde.
- Reduktion af energiforbruget herunder også til overhead.
- Indførelse af miljøstyring og miljøregnskab.

Danfoss A/S er ved at kvalificere sig til EU's forordning om frivillig deltagelse i miljøstyring og miljørevision (EMAS). Første trin hertil er Danfoss A/S ved at klare gennem indførelse af miljøstyringen ifølge British Standards norm BS 7750. Certificeringen foregår på en Danfoss-division ad gangen og er endnu ikke nået til den afdeling, som producerer PVEH'er. Hele virksomheden skal ifølge planen være certificeret i løbet af de næste 2-3 år.

Grundspekifikation for nye produkter

For den nye generation af elektrohydrauliske aktiveringsenheder - PVE serie 2 - har Danfoss A/S lavet en miljøspecifikation, der er gengivet i uddrag i tabel 9. PVEH'en er et af produkterne i PVE-gruppen, og serie 2 er generationen efter referenceproduktet.

Det fremgår af miljøspecifikationen, at Danfoss A/S lægger vægt på at gøre produktet demontagevenligt. Det gøres ved at mærke enkeltdelene og udarbejde adskillelsesanvisning. Desuden miljøvurderes adskillelse kontra ikke-adskillelse. Valg af materialer til magnetventilerne samt plasttyper og indstøbningsmateriale til kapsling skal overvejes. Overfladebehandling er også inddraget i overvejelserne.

Miljøspecifikation for PVE serie 2

Emballage

Egnet returemballage skal findes.

Materialevalg og opbygning

PVE'en opbygges således, at den ved bortskaffelse kan adskilles i følgende rene bestanddele:

- Hybrid (tykfilm)
- Magnetventiler i spoler og ventiler
- Alublok i aluminiumsdele, rene plastdele, O-ringe og ståldele

Følgende alternative valg af materialer og processer skal miljøvurderes, og miljøhensynet skal tilgodeses i valget:

- Magnetventiler: sintergods kontra stål (valset/bearbejdet)
- Maling: maling kontra anden overfladebehandling
- Kapsling: valg af plasttyper og indstøbningsmasse

En samlet miljøvurdering mht. adskillelse/ikke-adskillelse skal foretages, og den bedste mulighed vælges.

Forslag til mærkning af enkeltdelene samt adskillelsesanvisning skal udarbejdes.

Forslag til bortskaffelsesanvisning skal udarbejdes.

Tabel 9. Uddrag af miljøspecifikation for PVE serie 2

4. Miljøhensyn i nye produkter

Danfoss A/S har arbejdet med PVEH'ens miljøegenskaber ud fra livscykluskonceptet siden UMIP-projektet startede i 1991. En del af erkendelserne, som er præsenteret i denne case, indgår i produktudviklingen og er indbygget i nye produkter undervejs.

Produktudvikling hos Danfoss A/S

Hos Danfoss A/S foregår produktudviklingen som integreret produktudvikling. Det betyder, at indkøb, produktion og salg inddrages meget tidligt i udviklingsforløbet. Et udviklingsprojekt kræver et snævert samarbejde mellem forskellige afdelinger, og projektet består af en mængde aktiviteter, som er afhængige af hinanden. Aktiviteterne for alle afdelinger kædes sammen, tidsmæssigt og økonomisk, til en plan, som godkendes af divisionledelsen. Inden for hvert af funktionsområderne marketing, konstruktion, produktion og kvalitetsstyring udpeges en person, som skal samordne projektaktiviteterne i det pågældende område.

Blandt de værktøjer, der benyttes til miljørigtig produktudvikling kan nævnes livscyklusvurdering, negativlister over forbudte eller uønskede stoffer og processer samt checklister.

Eksempler på miljøhensyn i nye produkter

Nogle af de produktudviklingsprojekter, som har indbygget miljøhensyn i nye generationer af produktet præsenteres kort nedenfor. Projekterne har både omfattet nye løsninger på koncept- og komponentniveau.

Projekt 1. Tykfilm

Printplader er udskiftet med tykfilm. Ud over at mindske bidragene til ressourceforbrug, miljø- og arbejdsmiljøeffekter, som simuleringen af ændringen antyder, forventes gennemsnitslevetiden for det nye produkt forbedret til 8 år. Herved opnås yderligere formindskelse af ressourcetræk og potentielle miljøeffekter. Eksempelvis formindskes bidragene til volumenaffald med ca. 40%, mens bidraget til drivhuseffekten reduceres med ca. 10% og økotoksicitet med ca. 45%.

Materialer: Udskiftningen og den forbedrede levetid giver et mindsket metalforbrug. Forbruget af bly, tin og sølv falder med ca. 80%, kobber med 50% og aluminium, jern, mangan, nikkel samt zink med 40%.

Energi: Faldet i el-forbrug ved produktion og til materialefremstilling samt den forbedrede levetid giver et fald i forbruget af stenkul på 40%.

Andet: Potentialet for nervesystemskader falder med 97%, allergier halveres og resten af potentialeerne for arbejdsmiljøeffekter reduceres med 12-20%.

M E K A

Koncept

● ● ●

Struktur

Komponent

Projekt 2. Tantalkondensatorer

M E K A

- Koncept
- Struktur
- Komponent ○

Tantalkondensatorer er udskiftet med keramiske kondensatorer. Herved reduceres ressourcetrækket for tantal fra 15 mPR_{W90} til 0 mPR_{W90} , hvilket betyder, at et væsentligt ressourceforbrug er fjernet.

Materialer: Tantalholdige emner er elimineret og dermed er tantalforbruget væk.

Projekt 3. Åg

M E K A

- Koncept
- Struktur
- Komponent ○

Udformningen af ågene (komponentsamling nr. 8) er ændret, så spildet af stål fra standseprocessen er reduceret væsentligt. Før var spildet af stål fra processen større end den mængde stål, som indgik i det færdige åg.

Materialer: Forbruget af jern er faldet med ca. 30%.

Referencer

Damborg, A. og Thygesen, N.: Overfladeaktive stoffer - spredning og effekter i miljøet. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 166, 1991.

Energistyrelsen: Bekendtgørelse af 12. december 1994, nr. 1014, s. 5816 Lovtidende A. Bekendtgørelse om mærkning og oplysningspligt vedr. elektriske kølemøbler til husholdningsbrug.

Fate Computer Program: Fate model program, version 1. University of Cincinnati, OH. US-EPA PB 91 507137, 1991.

Frees, N.: UMIP enhedsprocesdatabase, Miljøstyrelsen, 1996.

Grau, P.: Personlig kommunikation, 1995.

Guldbrandsen, T., Heebøll, J., Mehlsen, K., og Nørgård, J.: Energy. Development of energy efficient electrical household appliances. Part one: refrigerators. Commission of the European Communities, report EUR 10449 EN, 1986.

Goeller, H., Zucker, A.: Infinite Resources: The Ultimate Strategy. Science, p. 456-462, 1984.

Gydesen, A., Maimann, D., Pedersen, P.B., Hansen, M. K., Bruhn, B. og Bidstrup, C.: Renere teknologi på energiområdet. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 138, 1990.

Hauschild, M. Z., Wenzel, H., Damborg, A. og Tørslov, J.: Økotoksicitet som vurderingskriterium ved miljøvurdering af produkter. I: Hauschild, M. (red.): Baggrund for miljøvurdering af produkter. Miljøstyrelsen og Dansk Industri, København, 1996.

Jakobsen, A.: Energy Optimisation of Refrigeration systems. The Domestic Refrigerator - a Case Study. Ph.D. Thesis, report F-179-1, Technical University of Denmark, 1995a.

Jakobsen, A.: Personlig kommunikation, 1995b.

Kilde, N., A.: Energiforbrug og emissioner ved godstransport i 1990. Forskningscenter Risø, Risø-I-906(DA), Roskilde, juni 1995.

Kommisionen for de Europæiske Fællesskaber: Miljøsituationen i det Europæiske Fællesskab. KOM (92)23 endelig udg., vol. III. Bruxelles 30. juni 1992, p. 36-39, 1992.

Nørgård, J. S.: Husholdninger og energi. Rapport nr. 4 fra DEMO-projektet. Fysisk Laboratorium III, Danmarks Tekniske Højskole, Polyteknisk Forlag, 1979.

Pedersen, P. H. og Lawætz, H.: LER-køleskabet. Udvikling, produktion og test af lavenergikøleskabet LER200. Fysisk Laboratorium III, Danmarks Tekniske Højskole, 1989.

Rytter, K.: UMIP-arbejds miljødel, KEW Industri A/S, BST Hadsund, T-Rapport nr. 44/1994.

Råd og resultater: No. 10, p. 7-11, Forbrugerstyrelsen, 1993.

Thorsen, M.: Indsamling af køleskabe og fryser. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 217, 1993.

Wenzel, H., Hauschild, M. og Rasmussen, E.: Miljøvurdering af produkter. Miljøstyrelsen og Dansk Industri, København, 1996.

Westphal, H., Nielsen, I. R. og Hvims, H. L.: Kamille - kan miljøet blive renere med ledende lime i elektronikproduktionen? DELTA, SPM-127, 1995.

Ordliste

Afgrænsning: Komponent i UMIP-metoden. En identifikation af, hvilke data der bør indgå i miljøvurderingen for at opfylde dens formål, og begrænsning af produktets livsforløb til at omfatte det, der er væsentligt for formålet.

Akut: Bruges her om økotoxicitet eller toksicitet for mennesker, der indtræffer kort tid efter udsættelse for en giftpåvirkning.

Arbejds miljøprofil: Søjlediagram over normaliserede eller vægtede potentialer for de forskellige arbejdsmiljøeffekter.

Brændværdi: Opgives for et materiale som den energimængde, der frigives ved forbrænding af f.eks. ét kg af materialet. Der anvendes nedre brændværdi, hvilket betyder, at kondensationsvarmen ved en eventuel kondensering af det vand, der dannes ved forbrændingen, ikke er inkluderet.

CFC: Chlor-Fluor-Carbon. Gruppe af langtlivede chlorholdige organiske gasser, der kan bidrage til nedbrydning af ozonlaget.

Drivhuseffekt: Miljøeffekttype i UMIP-metoden. Opvarmning af Jordens atmosfære, der skyldes, at dens indhold af gasser som CO₂, metan og lattergas absorberer varmestråling fra jordoverfladen mod verdensrummet. Kan medføre ændringer af Jordens klima.

Effektfaktor: Udtrykker det potentielle bidrag fra et stof til en miljøeffekttype. Effektfaktoren opgives som en ækvivalent mængde af en referenceforbindelse, f.eks. for bidrag til drivhuseffekten som g CO₂/g stof.

Effektkategori: Gruppe af effekttyper. UMIP-metoden opererer med tre effekt kategorier: ressourceforbrug, miljøeffekter og arbejdsmiljøeffekter.

Effektpotentiale: Potentiale for bidrag til miljøeffekt eller arbejdsmiljøeffekt.

Effektækvivalent: Potentielt bidrag til en miljøeffekt udtrykt som en ækvivalent mængde af referenceforbindelsen for miljøeffekten.

Emission: Udledning af stof til luft, vand eller jord.

Energiindhold: Summen af brændværdien af materialet og af eventuelt materialespild samt den procesenergi udtrykt som primærenergi, der er lagt i fremstilling af komponenten eller materialet helt tilbage fra udvindingen af råstoffer.

Energiprofil: Søjlediagram over procesenergi eller energiindhold i produktets materialer, produktets komponenter eller i livsforløbet faser.

Farligt affald: Affald, der på grund af sit indhold af miljøfarlige stoffer skal bringes til særlige behandlingsanlæg for farligt affald, som f.eks. Kommunekemi A/S i Danmark, og derfra deponeres.

Fokuspunkt: Bruges her om et ressourceforbrug eller effektpotentialer, der er udpeget som værende problematisk. Kan også bruges om en proces i livsforløbet eller en undersøgelse i produktet, der er udpeget som værende problematisk.

Forsuring: Miljøeffekttype i UMIP-metoden. Faldende pH i jord eller søer som følge af udledning af stoffer, der virker som syrer i miljøet. Forårsager skader på planter og vandorganismer.

Forsyningshorisont: Den tidsperiode, regnet i år, som de kendte reserver vil vare med den nuværende forbrugshastighed. Opgøres som den kendte mængde af reserven for en bestemt ressource divideret med det årlige forbrug i verden af den pågældende ressource.

Fotokemisk ozondannelse: Miljøeffekttype i UMIP-metoden. Dannelse af ozon og andre reaktive gasser i atmosfæren ud fra flygtige organiske forbindelser, VOC. Forårsager skader på planter, mennesker og materialer.

Fotosmog: Brugt i figurer som synonym for Fotokemisk ozondannelse, se denne.

Funktionel enhed: En kvantitativ og kvalitativ beskrivelse af produktets ydelse.

Følsomhedsvurdering: Bruges til at undersøge, hvor følsomt et resultat er for variationer i forskellige parametre.

Godskrivning: Når et materiale genvindes efter brug, fratrækkes i opgørelsen en del af påvirkningerne fra udvinding af de bagvedliggende ressourcer og produktion af materialet. Det samme gælder ved forbrænding af materialet, hvis den udviklede varme udnyttes.

Hjælpestof: Et stof eller et materiale, der ikke indgår i produktet, men som indgår i en eller flere processer i produktets livsforløb.

Human toksicitet: Miljøeffekttype i UMIP-metoden. Giftvirkning af et stof overfor mennesker, der udsættes for stoffet i miljøet ved indånding, ved hudkontakt eller indtagelse f.eks. med føde eller væske.

Kassationsgrad: Opgives for en proces eller for den samlede produktionsfase som den andel af produktionen, der må kasseres.

Kompleksdanner: Her stof, der tilsættes vaskevand for at hindre, at indholdet af metalioner skal danne udfældninger.

Komponentniveau: Det niveau i skabelsen af produktet, hvor dets komponenter fastlægges i detaljer.

Konceptniveau: Det niveau i skabelsen af produktet, hvor de overordnede koncepter lægges fast.

Kronisk: Bruges her om økotoksicitet eller toksicitet for mennesker, der indtræffer efter længere tids vedvarende eller gentagen udsættelse for en giftpåvirkning.

Levetid: Bruges for produkter om varigheden af deres brugsfase, typisk den gennemsnitlige varighed.

Livsforløb: Samlebetegnelse for de processer, der er en forudsætning for eller en konsekvens af produktets eksistens, fra udvindingen af råstoffer over produktionen af materialer og fremstillingen og brugen af produktet til dets bortskaffelse.

Lødighed: For en malm: angiver andelen af rent metal i malmen.
For et materiale: angiver materialets relative brugsværdi i forhold til nyt materiale.

MEKA-princip: Systematisering af miljøvurderingens resultater efter deres årsager i produktets livsforløb. M, E, K og A står for Materialer, Energi, Kemikalier og Andet.

Miljødiagnose: At stille en miljødiagnose betyder her at udpege de miljømæssige fokuspunkter i produktet, dvs. at udpege hvilke ressourceforbrug og effektpotentialer, der anses at være problematiske og lokalisere, hvor i produktet der kan findes forbedringer.

Miljøeffekt: Observerbar effekt af en påvirkning af miljøet.

Miljømæssigt fokuspunkt: Se fokuspunkt.

Miljømålsætning: En specifikation af, hvilke fokuspunkter der skal indgå i produktudviklingsprojektet eller i den langsigtede udvikling. Miljømålsætningen kan have form af en specifikation af optimeringsparametre for produktet eller en specifikation af krav, som det nye produkt skal overholde.

Normalisering: Sammenligning af ressourceforbrug og potentialer for miljøeffekter og arbejdsmiljøeffekter med en baggrundsbelastning. Bringer dem på en fælles skala og gør det muligt at sammenligne dem indbyrdes.

Næringssaltbelastning: Miljøeffekttype i UMIP-metoden. Belastning af miljøet med næringssaltene kvælstof, N og fosfor, P. Kan forårsage tab af næringsfattige økosystemer i vandet og på landjorden og iltsvind i søer og indre farvande.

Opgørelse: Komponent i UMIP-metoden. Indsamling af data for de enkelte processer, herunder deres udvekslinger med omgivelserne.

Overhead: Udvekslinger, der hidrører fra fællesfaciliteter, f.eks. opvarmning, belysning og fællesventilation af bygninger eller kontorlokaler og administration i øvrigt. Skal fordeles på alle produkter, der fremstilles på den pågældende lokalitet.

Ozonlag: Brugt i figurer som synonym for ozonlagsnedbrydning.

Ozonlagsnedbrydning: Miljøeffekttype i UMIP-metoden. CFC'er og andre langtlivede, chlor- og bromholdige forbindelser bidrager til nedbrydning af ozon i stratosfæren 15-40 km over jordoverfladen. Kan medføre skader på økosystemer og menneskers helbred som følge af stærkere ultraviolet stråling ved jordoverfladen.

Persistent toksicitet: Miljøeffekttype i UMIP-metoden. Samlebetegnelse for kronisk økotoksicitet og kronisk human toksicitet.

Personreserve: Den kendte reserve af en ressource, der i 1990 vurderedes at være økonomisk tilgængelig for menneskets udnyttelse. Opgjort pr. person i verden i 1990.

Personækvivalent: Samfundets samlede ressourceforbrug eller samfundets samlede bidrag til en miljøeffekt eller en arbejdsmiljøeffekt opgjort pr. person i 1990. Bruges som enhed i normaliseringen.

Primær energi: Energiindholdet i den mængde energiresourcer, der udvindes fra jorden eller fra biomasse, samt energi udvundet fra vinden, direkte fra solindstråling, fra bølgebevægelser i havet, fra varme i jorden eller fra opdæmmed vand til vandkraft.

Primært materiale: Nye materialer, der er fremstillet af nyudvundne ressourcer, ikke af genvundne materialer.

Produktspecifik: Bruges her om data, der gælder processer, hvor det aktuelle produkt indgår.

Radioaktivt affald: Affald af lav strålingsintensitet fra A-kraftværker. Anbringes på særlige depoter for radioaktivt affald.

Reduktionsmålsætning: Politisk målsætning for reduktioner i samfundets belastning af miljøet. Udtrykkes f.eks. i handlingsplaner eller internationale konventioner. I UMIP-metoden baseres vægtningsfaktorerne for miljøeffekter på reduktionsmålsætninger interpoleret eller ekstrapoleret til at gælde for perioden 1990-2000.

Referenceforbindelse: For flere af miljøeffekterne vælges en referencetilknytning, typisk som et stof, der udgør en væsentlig del af bidraget til effekttypen. Effektpotentialerne for udledningerne udtrykkes i en ækvivalent mængde af referenceforbindelsen.

Referenceprodukt: Eksisterende produkt, der bruges i indsamlingen af data til at repræsentere en måde at levere den funktionelle enhed på. Livsforløbet for referenceproduktet skal herunder repræsentere de processer, der vil forekomme i livsforløbet for det nye produkt.

Referenceår: Fælles år for opgørelse af normaliseringsreferencer for ressourceforbrug, miljøeffekter og arbejdsmiljøeffekter.

Reserve: Den mængde af en ikke-fornyelig ressource, som det for tiden er økonomisk rentabelt at udnytte.

Ressourceprofil: Søjlediagram over normaliserede eller vægtede ressourceforbrug.

Sekundær kvalitet: Kvalitet ved produktet, der har væsentlig betydning for brugeren, men som ved definitionen af den funktionelle enhed ikke er kvantificeret.

Slagge og aske: Restprodukter fra forbrændingsprocessen på kulfyrede kraftværker og affaldsforbrændingsanlæg. Anbringes på særlige deponier for slagge og aske eller bruges som tilsætningsmateriale ved andre produkter.

Stedspecifik: Bruges her om data, der gælder aktuelle lokaliteter i produktets livsforløb, men som ikke gælder processer, hvor det aktuelle produkt indgår.

Strukturniveau: Det niveau i skabelsen af produktet, hvor dets struktur lægges fast.

“Tilbage til jord”, jordtegn: Ved opgørelsen søges alle udvekslinger ført tilbage til jord eller frem til endelig recipient. Det betyder, at for indgående materialer, energi og hjælpestoffer inkluderes alle processer tilbage til udvindingen af råstoffer, og for alle udledninger inkluderes alle processer frem til den endelige udledning til luft vand eller jord.

Træ (blødt): Betegner nåletræ og andet blødt træ. Modsætning til løvtræ, der typisk er hårdt.

Udveksling: Fællesbetegnelse for vekselvirkningerne mellem en proces og omverden. Omfatter input til processen i form af ressourcer, materialer, energi og hjælpestoffer, output fra processen i form af udledninger til luft, vand, jord eller i form af affald samt påvirkninger af arbejdsmiljøet.

VOC: Flygtig organisk kulstofforbindelse, f.eks. opløsningsmiddel eller fordampet benzin.

Volumenaffald: Husholdningsaffald, byggeaffald og lignende, dvs. affald, der anbringes på en (kontrolleret) kommunal losseplads. Kendetegnet ved, at det ikke indeholder miljøfarlige stoffer og kun udgør et problem i kraft af, at det optager plads.

Økotoksicitet: Miljøeffekttype i UMIP-metoden. Giftvirkning, der ændrer struktur eller funktion af de økosystemer, som udsættes for påvirkningen.

PE: Personækvivalent. Forkortelse af det engelske "Person Equivalent".

mPE: Millipersonækvivalent = Tusindedel af en personækvivalent. Optræder som mPE_{W90} , mPE_{WDK90} eller mPE_{DK90} , hvor indekset fortæller, at normaliseringsreferencen bag personækvivalenten er baseret på en opgørelse for verden (W) eller Danmark (DK) for året 1990.

AAS: Anmeldte arbejdsskader, enhed for vægtede potentialer for arbejdsmiljøeffekter. Optræder som AAS_{DK90} , hvor indekset fortæller, at vægtningsfaktoren er baseret på erfaringer fra Danmark (DK) i årene omkring 1990.

C_2H_4 -ækv.: Etylen-ækvivalenter, enhed for potentiale for fotoke-misk ozondannelse, som i figurer også kaldes fotosmog.

CO_2 -ækv.: Kuldioxid-ækvivalenter, enhed for potentiale for driv-huseffekt.

m^3 luft: Enhed for potentiale for human toksicitet ved indånding.

m^3 vand: Enhed for potentiale for akut eller kronisk økotoksicitet i vand.

m^3 jord: Enhed for potentiale for kronisk økotoksicitet i jord.

NO_3^- -ækv.: Nitrat-ækvivalenter, enhed for potentiale for nærings-saltbelastning.

PEM: Målsat personækvivalent, enhed for vægtede miljøeffektpo-tentialer, der ved vægtningen udtrykkes i forhold til samfundets målsatte belastninger for år 2000. Optræder som $mPEM_{W2000}$ eller $mPEM_{DK2000}$ afhængigt af, om vægtningsfaktorerne er baseret på globale (W) eller danske (DK) udledninger i år 2000.

PR: Personreserve, enhed for vægtede forbrug af ikke-fornyelige res-sourcer, der ved vægtningen udtrykkes som andele af personreser-ven, som den blev opgjort i 1990. Optræder som mPR_{W90} , idet reserven af de ikke-fornyelige ressourcer er opgjort for verden (W) i 1990.

SO_2 -ækv.: Svovldioxid-ækvivalenter, enhed for potentiale for forsu-ring.

CFC11-ækv.: Enhed for potentiale for ozonlagsnedbrydning.

Forarbejde til bogen

Følgende personer har medvirket i arbejdet og i skrivning og review af bogen:

Projektledere på virksomhederne: Rikke Nedermark (Bang & Olufsen A/S), Niels Haahr efterfulgt af Nils Thorup (Grundfos A/S), Kirsten Stentoft (Danfoss A/S), Anne-Marie Mose (Gram A/S) samt Allan Sand og Anton Sørensen (KEW Industri A/S).

Virksomhedernes projektledere har varetaget dataindsamling, modellering af produktet, miljøvurderingens beregninger og afrapportering i interne rapporter. Endvidere koordinering og afrapportering af virksomhedens arbejde med at indarbejde miljøhensyn i nye produkter.

Projektledere og -medarbejdere på Institutet for Produktudvikling og Danmarks Tekniske Universitet:

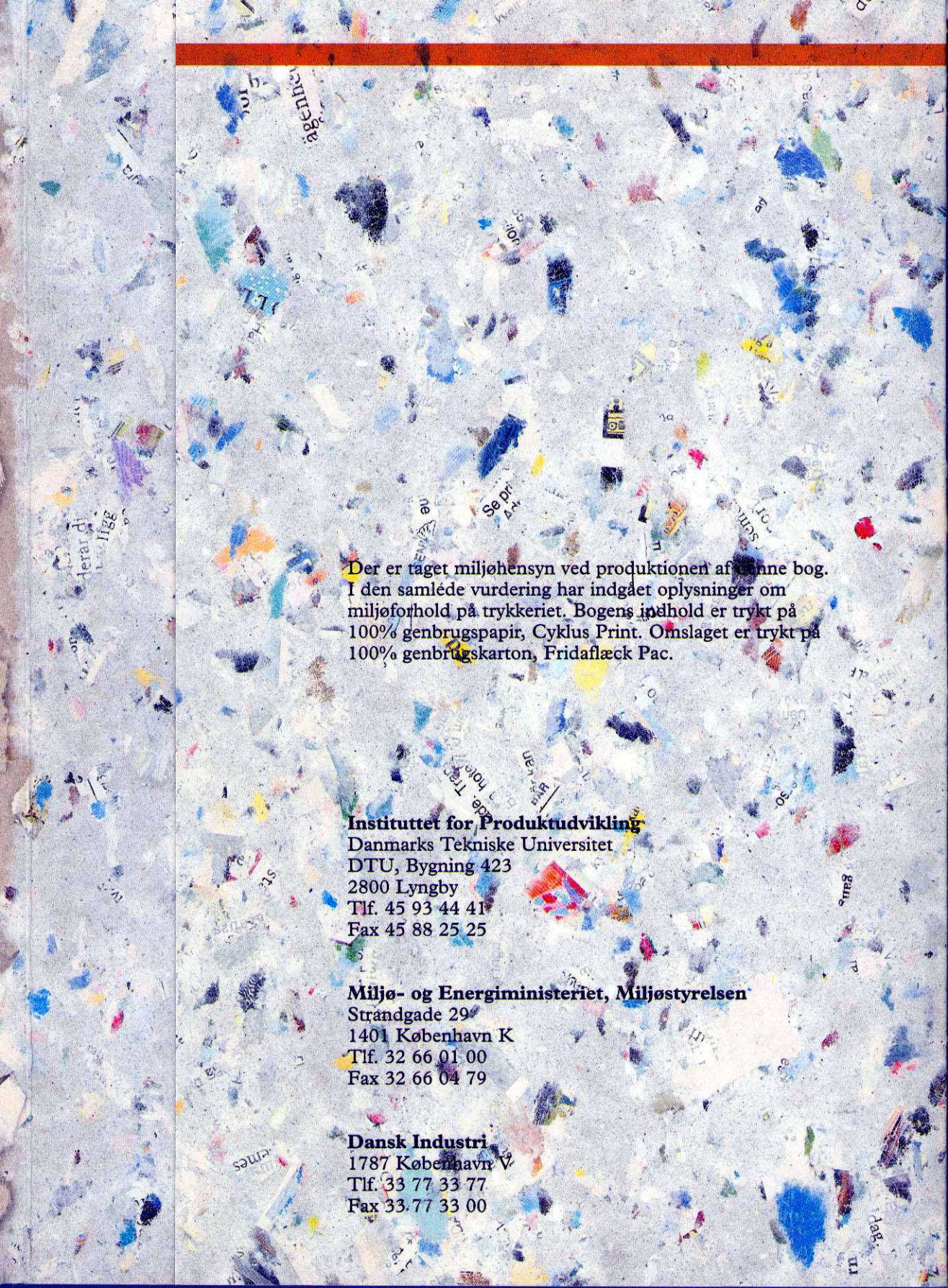
Dataindsamling: Niels Frees, Johan Gregersen, Michael Hauschild, Elisabeth Rasmussen, Hanne Erichsen, Nina Caspersen og Henrik Wenzel

Udvikling af PC-prototypeværktøj: Morten Als Pedersen

Tekst og figurer i eksempelsamlingen: Nina Caspersen, Hanne Erichsen, Marianne Wesnæs, Elisabeth Rasmussen, Michael Hauschild og Henrik Wenzel

Paradigme og fagligt review: Henrik Wenzel

Sprogligt review: Christine Molin



Der er taget miljøhensyn ved produktionen af denne bog. I den samlede vurdering har indgået oplysninger om miljøforhold på trykkeriet. Bogens indhold er trykt på 100% genbrugspapir, Cyklus Print. Omslaget er trykt på 100% genbrugskarton, Fridaflæk Pac.

Instituttet for Produktudvikling

Danmarks Tekniske Universitet

DTU, Bygning 423

2800 Lyngby

Tlf. 45 93 44 41

Fax 45 88 25 25

Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen

Strandgade 29

1401 København K

Tlf. 32 66 01 00

Fax 32 66 04 79

Dansk Industri

1787 København V

Tlf. 33 77 33 77

Fax 33.77 33 00

"Miljøvurdering i produktudviklingen - 5 eksempler" er en af bøgerne fra det fireårige udviklingsprogram UMIP - Udvikling af miljøvenlige industriprodukter. Programmet har været et samarbejde mellem Institutet for Produktudvikling, Danmarks Tekniske Universitet, Miljøstyrelsen, Dansk Industri og de fem danske virksomheder Bang & Olufsen A/S, Danfoss A/S, Gram A/S, Grundfos A/S og KEW Industri A/S.

Bogen viser eksempler på miljøvurdering af fem forskellige produkter. Den viser, hvordan virksomhederne har brugt miljøvurderingerne som grundlag for en produktorienteret miljøpolitik og for udvikling af mere miljøvenlige produkter.



Miljø- og Energiministeriet, **Miljøstyrelsen**

DI
DANSK INDUSTRI

