

Miljøprojekt Nr. 881 2003

# Integration af bortskaffelse i design og konstruktion af elektronikprodukter

Niels Juul Busch  
Rambøll

Ole Willum  
Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Produktudvikling;

Jan Høhberg  
H. J. Hansen Elektronikmiljø A/S

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

# Indhold

<b><u>FORORD</u></b>	<b>5</b>
<b><u>SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER</u></b>	<b>7</b>
<b><u>SUMMARY AND CONCLUSIONS</u></b>	<b>9</b>
<b><u>1 INDLEDNING</u></b>	<b>11</b>
<u>1.1 FORMÅL</u>	11
<u>1.2 BAGGRUND</u>	11
<u>1.3 MÅLGRUPPE</u>	12
<u>1.4 ORGANISERING</u>	12
<u>1.5 PROJEKTFORLØB</u>	12
<b><u>2 GENVINDING AF ELEKTRONIKSKROT</u></b>	<b>15</b>
<u>2.1 GÆLDENDE DANSKE REGLER FOR BORTSKAFFELSE</u>	15
<u>2.2 NUVÆRENDE HÅNDTERING AF ELEKTRONIK-SKROT</u>	15
<u>2.3 DE NYE REGLER, EU-DIREKTIVER M.V</u>	18
<u>2.4 OPARBEJDSNINGSKRAV</u>	19
<b><u>3 UDVIKLING AF ECO-DESIGN GUIDE</u></b>	<b>21</b>
<u>3.1 EKSISTERENDE ECO-DESIGN GUIDE</u>	21
<u>3.2 UDBYGNING AF ECO-DESIGN GUIDE</u>	21
<u>3.3 INDHOLDET I DEN UDBYGGEDE ECO-DESIGN GUIDE</u>	22
<u>3.4 ECO-DESIGN GUIDENS TILGÆNGLIGHED</u>	24
<b><u>4 ANALYSE AF REFERENCEPRODUKTER</u></b>	<b>25</b>
<u>4.1 GRUNDFOS' GRUNDEVANDSPUMPE: CASE PRODUKT 1</u>	25
<u>4.1.1 Beskrivelse af case produkt 1</u>	25
<u>4.1.2 Analyse af case produkt 1</u>	26
<u>4.1.3 Optimering af case produkt 1</u>	26
<u>4.2 KAMSTRUPS ELMÅLER: CASE PRODUKT 2</u>	27
<u>4.2.1 Beskrivelse af case produkt 2</u>	27
<u>4.2.2 Analyse af case produkt 2</u>	28
<u>4.2.3 Optimering af case produkt 2</u>	29
<b><u>5 FORMIDLING</u></b>	<b>30</b>
<u>5.1 FORMIDLING AF PROJEKTRISULTATER</u>	30
<u>5.2 PJECE</u>	30
<u>5.3 WORKSHOPS</u>	30
<b><u>BILAG 1: PJECE OM ECO-DESIGN AF ELEKTRONIK</u></b>	<b>33</b>
<b><u>BILAG 2: EKSEMPLER PÅ BORTSKAFFESESVENLIGT DESIGN</u></b>	<b>43</b>



# Forord

Denne rapport sammenfatter resultaterne af et projekt med det formål at vise hvordan hensynet til miljøforsvarlig og genvindingsoptimal bortskaffelse kan integreres i design og konstruktion af elektronikprodukter. Formålet er endvidere at formidle projektets resultater gennem publicering af en pjece og afholdelse af workshops.

H.J.Hansen Elektromiljø A/S, der er en af landets største genvindingsvirksomheder for elektronikskrot, har fungeret som projektleder, mens Institutet for Produktudvikling, IPU, har stået for udvikling af en design guide og RAMBØLL har stået for formidling af projektresultaterne. Grundfos A/S og Kamstrup A/S har deltaget i projektet og bl.a. medvirket til afprøvning af den udviklede design guide med udgangspunkt i nogle af deres produkter.

Projektet er støttet af midler fra Udviklingsordningen for Renere Produkter, som administreres af Miljøstyrelsen. Projektet er formuleret af Elektronikpanelet.



# Sammenfatning og konklusioner

Formålet med projektet har været at videreudvikle en eco-design guide for elektronik og elektriske apparater, således at guiden også indeholder råd og vejledning om inkorporering af hensyn til genvinding og bortskaffelse i produkternes udviklingsfase.

Projektet skal bl.a. ses på baggrund af det nye EU-direktiv vedrørende indsamling og genvinding af brugt elektronik og elektriske apparater samt EU-direktivet om forbud mod anvendelse af visse miljøbelastende stoffer i elektronik.

Projektet startede med udvælgelse af to produkter til eksempler for videreudvikling af den computerbaserede eco-design guide, "A designer's Guide to Eco-Consious Design of Electrical and electronic Equipment". Valget faldt på en grundvandspumpe, udviklet og fremstillet af Grundfos A/S, og en elmåler, udviklet og fremstillet af Kamstrup A/S.

Dernæst gennemførtes en demontage-analyse (adskillelse) af produkterne i et tæt samarbejde mellem "elektronik-skrot virksomheden" H.J.Hansen Elektromiljø og de to producenter. Demontagetider, materialevægte, genvindingsgrad m.v. blev opgjort.

På baggrund af analysen af de to produkter blev der opstillet forslag til ændringer af produkterne, med henblik på at lette demontagen og øge genvindingsgraden. På baggrund heraf videreudvikledes produkterne, eller der valgtes nyere modeller som sammenligningsgrundlag. Herefter gennemførtes en ny demontageanalyse. De konkrete resultater fremgår af kapitel 4.

Sideløbende hermed videreudvikledes eco-design guiden med nogle nye moduler, så den bl.a. indeholder et beregningsmodul, der kan anvendes til at beregne genvindingsgrader, materialeværdi, energiforbrug samt omkostninger til genvinding og bortskaffelse på baggrund af input om produkternes indhold af materialer. Desuden indeholder guiden generelle praktiske råd til hvordan demontage kan lattes og genvindingsgrad kan øges i udviklingsfasen.

Projektets resultater er formidlet i en pjece samt to workshops. Eco-design guiden kan downloades fra [www.ecodesignguide.dk](http://www.ecodesignguide.dk).





# Summary and Conclusions

The objective of the present project is to develop the existing eco-design guide, "A Designer's Guide to Eco-Conscious Design of Electrical and Electronic Equipment", so that it includes guidelines for incorporation of recycling and disposal into the product design phase.

The project should be seen in the light of the implementation of the new EU Directive on Waste Electrical and Electronic Equipment (the WEEE Directive) and the EU Directive on the Restriction of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment (the RoHS Directive).

In the initial phase of the project, the following two products were selected, to serve as case products for the development of the eco-design guide: a groundwater pump, developed and manufactured by Grundfos Ltd, and an electricity meter, developed and manufactured by Kamstrup Ltd.

The next phase - a demounting analysis of both products - took place in a close cooperation between the two manufacturers and the largest Danish electronic waste recycling company, H.J.Hansen Elektromiljø Ltd. Demounting time, quantities of recovered materials, recycling rate etc. were registered.

Based on the demounting analysis, ways and means to facilitate demounting and to increase the recycling rate were proposed. Then the products were redesigned or other models were selected for comparison. The results of the redesign process for the two products are shown in chapter 4 of the report.

Parallel with this, a number of new modules were added to the eco-design guide, with the purpose of calculating the recycling rate, the material value, the energy consumption as well as recycling and disposal costs for any product.



# 1 Indledning

## 1.1 Formål

Formålet med projektet er at vise gennem to cases, hvordan hensynet til miljøforsvarlig og genvindingsoptimal bortskaffelse kan integreres i design og konstruktion af elektronikprodukter. Formålet er endvidere at formidle projektets resultater til en bredere kreds gennem udarbejdelsen af en vejledning og eksempelsamling samt en pjece og afholdelse af 2 workshops for interesse-rede fremstillings- og bortskaffelsesvirksomheder.

## 1.2 Baggrund

Mange danske og udenlandske undersøgelser af genvinding og bortskaffelse af elektronikprodukter har gennem det sidste årti vist, at langt de fleste elektronikprodukter ikke er konstrueret med henblik på en økonomisk og ressource-mæssig optimal genvinding og bortskaffelse.

De samme undersøgelser har blandt andet også påpeget, at en løbende dialog mellem udviklere og producenter af elektronikprodukter og genvindingsvirksomheder kunne forbedre mulighederne for en billigere bortskaffelse og forbedret ressourceudnyttelse, idet produkterne i design og konstruktion kunne forberedes på aktuelle genvindingsprocesser med større genvindingsgrad og bedre bortskaffelsesøkonomi som konsekvens.

I den samme periode har den produktorienterede miljøstrategi været med til at fokusere på generelle retningslinier for udvikling af miljøvenlige elektronikprodukter herunder retningslinier for genvinding og bortskaffelse. I takt med det stigende erkendelses- og erfaringsgrundlag er det nødvendigt at opdatere og revidere disse retningslinier.

Nationale og kommende EU-krav til miljøforsvarlig og ressourceoptimal genvinding af elektronikprodukter har endvidere fået især genvindingsvirksomhederne til at interessere sig for, at elektronikprodukterne er genvindingsoptimalt designet og konstrueret.

H.J.Hansen Elektromiljø A/S tilbyder elektronikproducenter at gennemgå nye produkter på udviklingsstadiet for at tilføre den nyeste praktiske viden om genvinding til udviklingsafdelingen og dermed sikre integration af optimale genvindingsegenskaber i produkterne.

I stigende grad tager elektronikproducenterne positivt imod denne ydelse, og H.J.Hansen Elektromiljø har efterhånden opbygget omfattende viden fra denne aktivitet, som kan anvendes som en del af grundlaget for generelle retningslinier for ressourceoptimal bortskaffelse af elektronikprodukter.

### 1.3 Målgruppe

Projektets primære målgruppe er elektronikvirksomheder, som udvikler og producerer elektronikprodukter, bortskaffelsesvirksomheder, undervisningsinstitutioner og miljømyndigheder.

### 1.4 Organisering

Overordnet projektansvarlig har været direktør Jan Hohberg, H.J.Hansen Elektromiljø A/S.

Underleverandører på projektet har været RAMBØLL Energi & Miljø, Afdelingen for Virksomhedsmiljø og Institutet for Produktudvikling, IPU. I projektets begyndelse deltog desuden GN-Teknik ApS.

Grundfos A/S og Kamstrup A/S har medvirket med case-produkter, samt deltaget i analyse af produkterne i relation til udvikling af design-guiden m.v. I en del af projektet deltog også Link-Watch

Projektet har været fulgt af en følgegruppe med følgende repræsentanter:

- Jørgen Jakobsen, Miljøstyrelsen
- Jan Hohberg, H.J.Hansen Elektromiljø A/S
- Dorit Mørkehøj Rasmussen, H.J.Hansen Elektromiljø A/S
- Søren Uhrenholt og Svend Erik Pedersen, Grundfos A/S
- Geert Klemmesen, Kamstrup A/S
- Ole Willum, Institutet for Produktudvikling, IPU
- Niels Juul Busch, RAMBØLL.

Desuden har følgende personer medvirket i projektet i dele af forløbet:

- Folke Galsgaard, Link Watch
- Ib Glerup, GN-Teknik Aps
- Jens Legarth, RAMBØLL.

### 1.5 Projektforløb

Projektet er forløbet i følgende 5 faser:

#### **Fase 1: Udvælgelse af case produkter.**

Udvælgelse 2 produkter fra to forskellige virksomheder, som har indgået i projektet som case- og referenceprodukter.

Produkterne blev udvalgt ud fra ønsket om at kunne dokumentere bortskaffelsessituationen før og efter, at der er taget hensyn til bortskaffelsen i produkt-design.

Som case-produkter blev valgt:

- Grundvandspumpe fra Grundfos A/S
- El-måler fra Kamstrup A/S.

## **Fase 2: Analyse af de udvalgte referenceprodukters bortskaffelsesegenskaber.**

Formålet med denne fase var at analysere de udvalgte referenceprodukters økonomi og genvindingsegenskaber i bortskaffelsen.

Udgangspunktet for analysen var de bortskaffelsemetoder og genvindingsprocesser, som almindeligvis anvendes af Elektromiljø til skrotning af elektronikprodukter.

Der blev udarbejdet en økonomiopgørelse og en opgørelse af miljøbelastningerne ved skrotningen af referenceprodukterne. Økonomiopgørelsen omfatter de faktiske omkostninger til håndtering, adskillelse, sortering, affaldsgenvinding og bortskaffelse af materialer. Miljøbelastningerne blev opgjort på overordnet niveau i energiforbrug, mængden af ressourcer, som genvindes, og produktion af affald inddelt i typer frem til, at materialerne er klar til anvendelse på ny.

Som forberedelse til arbejdet i de efterfølgende faser, blev der udarbejdet forslag til bortskaffelsesmæssige forbedringer af produkterne, og de økonomiske og genvindingsmæssige potentialer som følge af forbedringerne blev vurderet.

## **Fase 3: Implementering af viden om bortskaffelse i elektronikprodukter.**

Formålet med fase 3 var at indarbejde den eksisterende viden om genvinding og bortskaffelse i de to elektronikprodukter under udvikling, således at produkterne ville blive billigere og mindre miljøbelastende i bortskaffelse.

Viden-implementeringen foregik på møder med virksomhederne, som har stillet produkter til rådighed for projektet. Første møde udformes som en introduktion af bortskaffelsesproblematikkerne til virksomhedernes udviklingsmedarbejdere, og efterfølgende møder anvendtes til detaildiskussion og opfølgning på produkternes design og konstruktion.

## **Fase 4: Strukturering og generalisering af fremgangsmetode og resultater.**

Fase 4 bestod i at strukturere og beskrive den viden om genvinding af elektronik og de specifikke resultater fra arbejdet i fase 3 til en generelt anvendeligt eksempelsamling, et beregningsmodul, som kan bruges af elektronikproducenter og undervisningsinstitutioner.

Eksempelsamlingen og den tilhørende vejledningen blev indarbejdet i det PC-baserede værktøj ("A designer's Guide to Eco-Conscious Design of Electrical and Electronic Equipment"), som er udarbejdet i projekterne "Konstruktionsprincipper og vejledninger for mindre miljøbelastende elektronikprodukter" og "Miljødata på elektronikkomponenter" [Willum, Ole; Christensen, Frans Møller; Nielsen, Ib Glerup: "Nyt pc-værktøj hjælper elektronikvirksomheder med miljøhensyn", Ny Viden fra Miljøstyrelsen, Nr. 3, 2002].

### **Fase 5: Formidling af eksempelsamling og vejledning**

Fase 5 bestod i formidling af projektets resultater gennem:

- To workshops
- En pjece.

## 2 Genvinding af elektronikskrot

### 2.1 Gældende danske regler for bortskaffelse

Siden den 22. december 1998 har Danmark haft en bekendtgørelse, nr. 1067, der fastlægger krav til indsamling og behandling af kasserede elektriske og elektroniske produkter. Bekendtgørelsen omfatter al elektrisk og elektronisk udstyr, men kun elektroniske produkter omfattet af § 8 og bilag 1, primært produkter som indeholder batterier eller akkumulatorer, fjernsyn, kontorudstyr, IT, radio, teleudstyr, samt regulerings- og måleudstyr skal specialbehandles. Produkter der ikke er omfattet af § 8 eller bilag 1 skal genanvendes i videst muligt omfang.

Bekendtgørelsen er begrundet i elektroniks indehold af en lang række miljøproblematiske stoffer, såsom kviksølv, bly, PCB og beryllium m.m.. Derudover indeholder elektronik også en række begrænsede ressourcer, såsom guld, sølv, kobber m.m. Bekendtgørelsens formål er at fremme adskillelse og genvinding frem for deponering og forbrænding.

Udover ovennævnte bekendtgørelse, eksisterer der en ordning for indsamling og behandling af kølemøbler.

Udtjent elektronik der er opført i bekendtgørelsens bilag 1, skal oparbejdes i henhold til bilag 2 og 3. I forbindelse med oparbejdning af kasseret elektronik der indeholder batterier eller blyakkumulatorer, skal batterier med enten nikkel-cadmium eller bly udtages inden mekanisk oparbejdning.

### 2.2 Nuværende håndtering af elektronikskrot

Den nuværende ordning indeholder ikke et producentansvar, men baserer sig på kommunale regulativer. Dette betyder, at den kasserede elektronik skal afleveres til en af kommunen godkendt genvindingsvirksomhed eller til kommunens indsamlingsplads.

Herefter oparbejdes produkterne på virksomheder, hvor der sker en adskillelse af produkterne i en lang række fraktioner, hvilket gøres manuelt med skruemaskine, hammer og saks. Produkterne deles som minimum op i følgende fraktioner:

- Printplade
- LC-Display
- Kviksølvholdige komponenter
- Selentromler fra printer og fotokopiudstyr
- Flammehæmmet plastic
- Billedrør
- Batterier
- Berylliums-holdige komponenter
- Radioaktive materialer

- PCB-holdige kondensatorer og olier
- Øvrigt materiale.

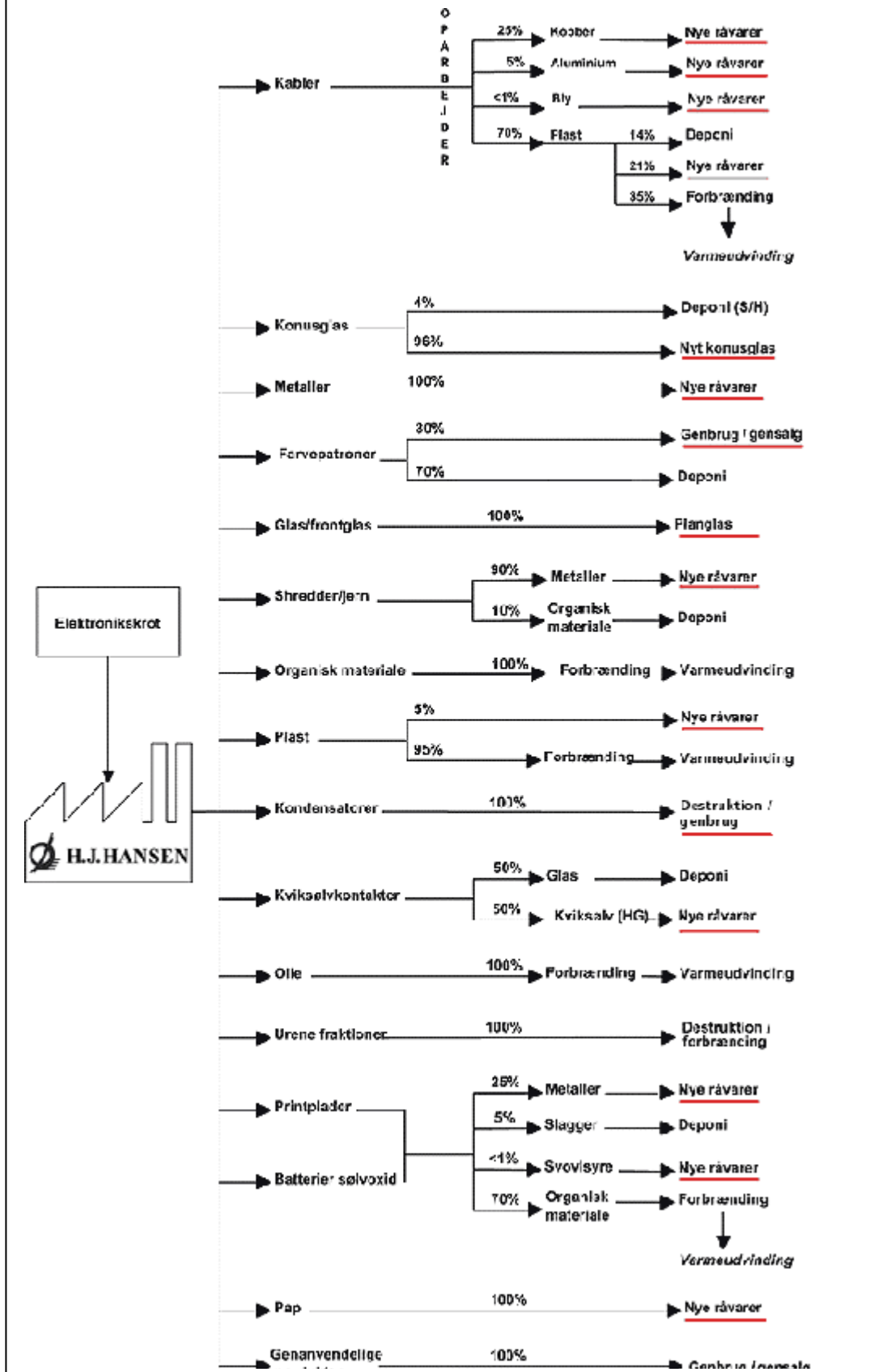
Adskillelsen i de enkelte fraktioner sker på arbejdsborde. Det er uddannede medarbejdere, der er trænet i at finde og identificere komponenter, materialetyper og kvaliteter. Medarbejderne fjerner først låg/dæksel/kabinet, hvorefter de enkelte delelementer hentes ud og neddeles i de nævnte fraktioner. I praksis sker der desuden ofte sortering af plastkomponenter.

Herefter sker der en opsortering i kvaliteter, hvilket betyder at f.eks. printplader deles op efter dets indhold af metaller og dermed værdi. Metaller opdeles i typer og kvalitet, kabler efter indhold af metaller og plasttyper, plastemner deles op efter indhold af flammehæmmere eller ej samt plasttype (ABS, PP, PC .m.v.). Den udsorterede plast deles herefter op i fire grupper: Flamme-hæmmet plast til genvinding, øvrigt plast til genvinding, plast med flammehæmmere til deponi og øvrigt plast til forbrænding.

Arbejdsgangen er illustreret i fig. 2.1 nedenfor.



Fig. 2.1: Arbejdsgangen ved demontering og sortering hos H.J.Hansen Elektromiljø A/S



Adskillelsen sikrer, at de miljøproblematiske stoffer bliver taget ud af produkterne inden de går til videre genvinding eller forbrænding. Dette sikrer samtidig at der sker en materialegenvinding, hvorved ressourcerne bevares.

Der eksisterer i dag en lang række genvindingsvirksomheder, der tilbyder løsninger indenfor dette område.

### 2.3 De nye regler, EU-direktiver m.v

Der er i 2001 registreret indsamlet og specialbehandlet 21.200 tons elektronik og 11.940 tons kølemøbler. Dette betyder, at der er registreret specialbehandlet ca. 6,6 kg/indbygger. Hertil kommer en lang række produkter der er indsamlet, men ikke registreret, for eks. hårde hvidevarer som komfurer, vask- og opvaskemaskiner. Disse produkter tilføres typisk oparbejdningsanlægene udenom registreringen.

Den nuværende og kommende ordning betyder at der føres imellem 70 til 80% tilbage i råvarestrømmen for derved at indgå i et nyt produkt.

Der er den 10. oktober 2002 vedtaget et EU direktiv, der fastlægger regler for den fremtidige håndtering af kasserede elektriske og elektroniske produkter. Direktivet skal den 23. august 2004 være implementeret i Danmark. Dette kommer til at betyde at den nuværende bekendtgørelse vil blive ændret, således at den lever op til de fælles EU krav i direktivet.

Det nye direktiv tager udgangspunkt i at forureneren skal betale, og derfor er der tale om et producentansvar. Dette betyder, at det ikke længere er kommunen, men producenterne (som producenter betragtes: den som har produceret produktet, den som importerer produktet til landet og markedsfører det, den som sætter sit navnetræk på produktet og en eksportør der sælger produktet direkte videre til en kunde i udlandet) der overtager ansvaret for at håndteringen af affaldet sker på en miljømæssig forsvarlig måde samt finansierer håndteringen af elektronikken fra indsamlingsstedet.

I direktivet er der fastlagt regler for, hvordan affaldet skal oparbejdes, samt hvilken **genanvendelses- og nyttiggørelsesprocent der skal opnås** inden den 31. december 2006.

Oparbejdningen af det udtjente elektronik må kun finde sted på godkendte oparbejdningsvirksomheder. Gennemførelsen af direktivet betyder, at kravene ændres og flere produkter bliver omfattet af særskilt behandling. Producenterne er endvidere forpligtet til, 30 måneder efter direktivets ikrafttræden, at mærke produkterne med markedsføringsdato og at orientere forbrugeren om, hvilke muligheder der er for at opgradere produktet, så levetiden af produktet kan forlænges, samt hvor forbrugeren omkostningsfrit kan komme af med de udtjente produkter.

Producenterne er desuden også forpligtiget til at informere genvindingsvirksomhederne om, hvilke miljøskadelige stoffer/komponenter, der findes i produkterne, samt hvor disse er placeret.

Det er medlemsstaternes forpligtigelse at sikre, at der 30 måneder efter direktivets ikrafttræden er etableret en indsamlingsordning, der minimerer risikoen

for, at kasserede elektriske og elektroniske produkter blandes med andet kommunalt affald.

Herudover skal medlemsstaterne sikre at der inden udgangen af 2006 er opnået en indsamlingskvote på minimum 4 kg fra husholdninger pr. person pr. år.

Det nye direktiv kommer til at betyde at indsamlingsmængderne vil øges fra de nuværende 6,6 kg. Således er direktivets krav om indsamlede mængder allerede på forhånd opfyldt.

I henhold til direktivets artikel 4 er medlemsstaterne endvidere forpligtiget til, at fremme udformning og produktion af elektrisk og elektronisk udstyr, hvor der tages hensyn til og letter bortskaffelse og nyttiggørelse af elektriske og elektroniske produkter, særlig genbrug af hele produkter eller dele heraf samt materialer.

#### 2.4 Oparbejdningens krav

For oparbejdningens vedkommende vil der ske en del ændringer, da udtjente elektriske og elektroniske produkter skal deles op i et større antal grupper end det sker nu. Herudover vil der for visse grupper blive stillet skrapere krav om genvinding og nyttiggørelse, således at teleprodukter, legetøj og måleudstyr skal kunne opnå genvindings- og nyttiggørelsesprocenter, der vil betyde at plastkomponenter fra disse produkter også skal kunne føres til genvinding eller nyttiggørelse.



## 3 Udvikling af eco-design guide

### 3.1 Eksisterende eco-design guide

Udviklingen af PC-værktøjet "A designer's Guide to Eco-Conscious Design of Electrical and Electronic Equipment" er startet i de to projekter "Konstruktionsprincipper og vejledninger for mindre miljøbelastende elektronikprodukter" og "Miljødata på elektronikkomponenter" [Willum, Ole; Christensen, Frans Møller; Nielsen, Ib Glerup: "Nyt pc-værktøj hjælper elektronikvirksomheder med miljøhensyn", Ny Viden fra Miljøstyrelsen, Nr. 3, 2002].

Resultaterne fra disse to projekter er rapporteret i ovennævnte værktøj. Et af projektets delmål var at finde frem til en, i forhold til en fuldstændig livscyklusvurdering, forenklet og kvantificerbar metode til at sammenligne to design-alternativer miljømæssigt, således at konstruktørerne selv kunne inddrage miljøaspektet, når de konstruerer et nyt produkt. Ligeledes blev det hurtigt klart, at hvis det skulle have en chance for at blive anvendt af målgruppen, skulle det foreligge som et PC-tilgængeligt værktøj, på linie med de øvrige konstruktionsværktøjer, som målgruppen benytter.

Værktøjet foreligger som en HTML-baseret applikation, beregnet til at køre i standard browser, enten fra Internettet, over virksomhedens Intranet, eller fra en enkeltstående PC. Det er skrevet på engelsk, dels af hensyn til af internationaliseringen af virksomhederne, som betyder at udviklingsprojekterne ofte er bemandet med folk fra forskellige lande, dels i erkendelse af, at hvis man vil fremme en udvikling af miljørigtige produkter generelt, må man arbejde i et internationalt perspektiv.

Man kan betragte værktøjet som er art 'portal' til alt, hvad der er interessant og nødvendigt som basis for en virksomheds produktorienterede miljøindsats. Den primære målgruppe er elektronikkonstruktører, men værktøjet kan med udbytte bruges af en bredere gruppe der spænder fra virksomhedens ledelse til den enkelte konstruktør, fordi det både er 'awareness'-skabende og fordi det tilbyder konkrete værktøjer til gøre noget ved problemstillingen.

### 3.2 Udbygning af eco-design guide

Eco-design guiden (version 2.0) er udbygget med resultaterne fra nærværende projekt, hvor der er sat fokus på genvinding og bortskaffelse af elektronikprodukter. Dette har bl.a. resulteret i et nyt beregningsværktøj (Calculator III – se næste afsnit).

Resultaterne fra projektet "Miljøvurdering af produktkoncepter" er tillige rapporteret i eco-design guiden. Dette projekt afsluttes parallelt med nærværende projekt.

Desuden er eco-design guiden opdateret med hensyn til de seneste lovgivningsmæssige tiltag (september 2003) og værktøjet "Tools for identification of listed chemicals" i afsnittet "Hazardous chemicals/substances" opdateret

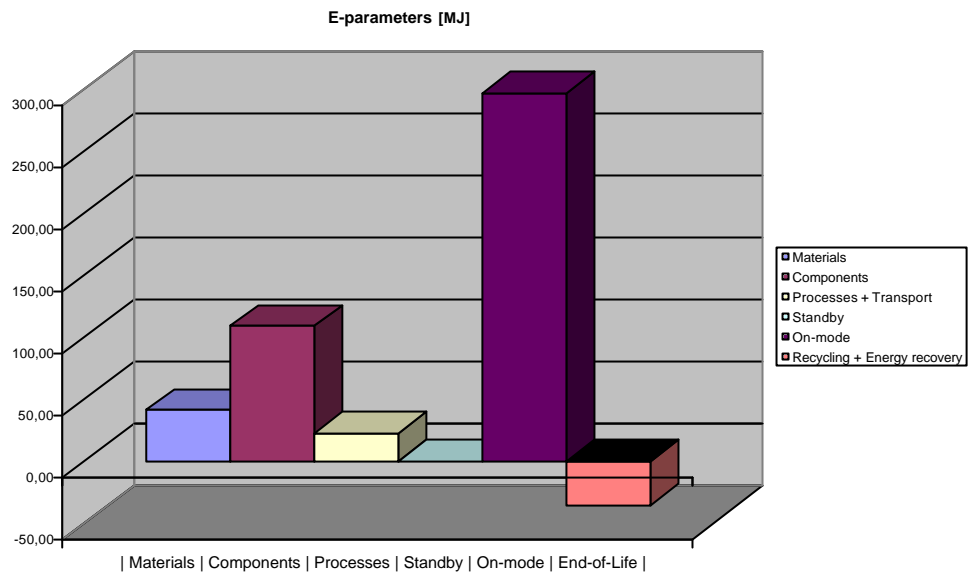
med den seneste fælles EU-liste over farlige stoffer [Listen over farlige stoffer 2002, Bekendtgørelse nr. 439 af 3 juni 2002 om listen over farlige stoffer]. Desuden er der foretaget mindre rettelser og redigering af indholdet.

### 3.3 Indholdet i den udbyggede eco-design guide

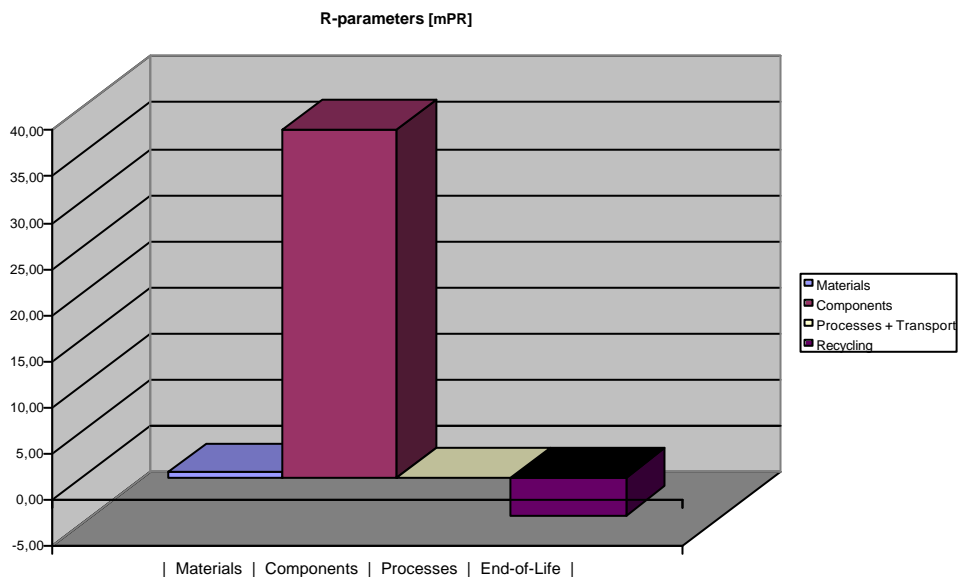
"A designer's Guide to Eco-Conscious Design of Electrical and Electronic Equipment", version 2.0 indeholder følgende hovedemner:

- **TUTORIAL:** Kompetenceopbygning på miljøområdet hos udviklingsmedarbejderne, herunder udpegning af de vigtige miljøforhold omkring elektriske og elektroniske produkter, og anvisninger på minimering af miljøpåvirkninger fra disse. Opdateret information om gældende og kommende lovgivning, i Danmark og på EU-plan.
- **IMPLEMENTERING AF ECO-DESIGN:** Vejledning i hvordan man kan implementere Eco-Design i en virksomhed.
- **MILJØVURDERING AF KONCEPTER (NYT!):** Vejledning i hvordan man på enkel vis kan gennemføre en overordnet miljøvurdering af forskellige produkt-koncepter allerede på det tidlige stade i produktudviklingen, hvor der ikke er truffet endelige beslutninger om den fysiske udformning af produktet.
- **ECO-DESIGN GUIDELINES:** Indeholder generelle retningslinier for hvordan man kan reducere miljøbelastningen fra sit produkt. Dette omfatter et nyt udvidet afsnit (med eksempler) om hvordan man kan gøre sit produkt mere "bortskaffelses-parat".
- **ENVIRONMENTAL CALCULATORS:**
  - **Calculator I.** Enkel metode til at vurdere produkternes miljøegenskaber i et livscyklusperspektiv, og sammenligne forskellige design-alternativer (tilpasset tilgængelighed til pålidelige data, og de gennem tiden opnåede erkendelser om hvor det er vigtigt at sætte ind). I figurerne 3.1 og 3.2 er vist eksempler på grafisk præsentation af beregningsresultater fra *Calculator I*.
  - **Calculator II.** Mere detaljeret vurdering baseret på en database med livscyklus-indikatorer for udvalgte grupper af elektronikkomponenter. Mulighed for at generere materialedeklarationer for virksomhedens produkter. Tabel 3.1 viser et eksempel på en materialedeklaration beregnet med *Calculator II*.
  - **Calculator III (NYT!).** Enkel metode til at vurdere hvor "bortskaffelses-parat" et produkt-design er. Bl.a. kan følgende indikatorer beregnes: Genvindningsgrad, Værdi af de genvundne materialer, Energiforbrug og omkostninger til bortskaffelse og oparbejdning. Tabel 3.2 viser et eksempel på nøgleparametre beregnet med *Calculator III*.
- **HAZARDOUS CHEMICALS/SUBSTANCES:** Værktøj til at vurdere og prioritere indsatsen i forhold til proceskemikalier og kemiske stoffer indeholdt i det færdige EE-produkt.
- **LINKS:** Liste med links til yderligere information på Internettet.

Figur 3.1 Beregning af E-parameter for elmåler Kamstrup 162. E-parameteren er det primære energiforbrug, som en indikator for miljøbelastningen.



Figur 3.2 Beregning af R-parameter for elmåler Kamstrup 162. R-parameteren udtrykker trækket på ikke-fornybare ressourcer, således at forbrug af sparsomme ressourcer er vægtet tungest. R-parameteren måles i enheden milli i Person Reserve (mPR).



Tabel 3.1 Beregning af materialedeklaration for elmåler Kamstrup 162.

**Eksempel på en Materiale Deklaration**

Material Name	Contents in g
Acrylonitrile/Butadiene copolym...	2,57
aluminium	1,18
copper	18,59
Epoxy	0,50
Gold in electronics	0,001
iron	53,40
lead	0,64
Palladium	0,001
Polycarbonate	282,00
Polyester	3,97
Silver in electronics	0,02
Solder, unspecified	1,17
Paper	0,12
Poly Vinyl Chloride, PVC with lead	0,10
EPDM rubber	0,10
ECN-Epoxy resin	4,96
Aluminum oxide	0,23
Alumina	1,38
Steel	35,00
Ceramic	2,48
Brass Cu58Zn40Pb2	1,00
Prepreg	3,80
Laminate	8,32
Copper in electronics	14,00
Unknown materials	2,00
Fluorescent powder	0,12
Electrolytic liq., not specified	0,50
Combustible material, not specified	58,03
Lead-glass	3,60
Barium - glass	7,20
<b>Total</b>	<b>506,99</b>

Tabel 3.2 Beregning af nøgleparametre for end-of-life for elmåler Kamstrup 162.

Materials (by weight) recovery percentage	78,32%
Resource (by mPR) recovery percentage	92,34%
Energy saved due to recovered materials in MJ	-3,63E+01
Value of recovered material in DKK	1,39E-01
Costs for disassembly in DKK	xx

### 3.4 Eco-design guidens tilgængelighed

"A designer's Guide to Eco-Conscious Design of Electrical and Electronic Equipment", version 2.0 er frit tilgængelig fra: ([www.ecodesignguide.dk](http://www.ecodesignguide.dk)).

Her kan hele eco-design guiden tillige downloades med henblik på installation på egen PC eller på en virksomheds intranet.



## 4 Analyse af referenceprodukter

Som støtte for udviklingen af design værktøjet tilbød to virksomheder at stille udvalgte produkter til rådighed. Det drejer sig om Grundfos A/S, som valgte en grundvandspumpe som case-produkt, og Kamstrup A/S, som valgte en elmåler som case-produkt.

For begge produkter foretog med først en beskrivelse af produkternes komponenter. Dernæst foretoges en demontageanalyse i samarbejde med H.J.H. elektromiljø A/S. Til slut foretoges en analyse af det redesignede produkter, samt en opgørelse af hvad der var opnået i form af demontagetider, genvindingsgrad og demontageomkostninger. der er redegjort nærmere for dette i de efterfølgende afsnit.

### 4.1 Grundfos' grundvandspumpe: Case produkt 1

#### 4.1.1 Beskrivelse af case produkt 1

Grundfos har til dette miljøprojekt valgt en 3" centrifugal dykpumpe til vandforsyning (drikkevand, kunstvanding m.m.). En opskåret model ses her til højre.

Pumpen er et højintegreret produkt med pumpe, motor og elektronik sammenbygget. Løbere (ses i toppen) er fremstillet af en plast komposit, motoren i midten er af permanent magnet typen, og elektronikken er en 1½ kW frekvensomformer med kommunikation via forsyningskablet. Der findes et bredt program af varianter afhængig af ønsket tryk og flow. Diameter er 74 mm og længde fra 745 til 970 mm. Yderpunkterne for ydelse er ca. 9 m<sup>3</sup>/h ved en løftehøjde på 20 m til ca. 1 m<sup>3</sup>/h ved en løftehøjde på 150 m. Større løftehøjde kan opnås ved serieforbindelse. Pumpen placeres typisk i et bunden af et boret hul, så tæthedskrav til beskyttelse af motor og elektronik er høje. Kombinationen af permanent motor med styring/frekvensomformer betyder, at omdrejningstallet kan reguleres op til 10.000 pr. minut. Det giver en pumpe med en høj ydelse i forhold til energiforbrug, og den er derfor i driftsfasen meget miljøvenlig.

Pumpen (en såkaldt SQ) er valgt som case, fordi designet i første-generationsproduktet ikke tog højde for bortskaffelsesproblematikken. Med sin tætsluttende kappe i rustfrit stål er den vanskelig at separere i grundbestanddele med genbrug for øje. Da pumpen desuden stod foran et større redesign for at reducere fremstillingsprisen, var det oplagt i samme runde at se på eco-designet.

Fig. 4.1: Case produkt 1: Grundfos grundvandspumpe.



Fokus i redesignprojektet var på DFA (Design For Assembly), men resultatet viste, at med passende hensyn til eco-design kan DFA og design for disassembly gå i samme retning.

#### 4.1.2 Analyse af case produkt 1

En demontageanalyse af den gamle version foretaget af Elektromiljø A/S gav følgende nøgletal:

- Totalvægt: 4.067 g
- Demontagetid: 25 min.
- Genvindingsgrad 90,4%; 3.650 g
- Forbrænding 4,3%; 172 g
- Deponi 5,3%; 215 g
- Materialeværdi: 19,50 kr.
- Demontageomkostninger: 75,00 kr.
- Shredderomkostninger: 1,61 kr.
- **Totalomkostninger: 57,11 kr.**

Både i den gamle og nye version undgår man ikke at skulle skære den rustfri stålkappe op med for eksempel en vinkelsliber. En væsentlig del af demontagetiden skyldes, at powermodul er monteret på en printplade og med gennemgående skruer er fastgjort til aluminiumsklods, hvilket vanskeliggør demontage af print.

#### 4.1.3 Optimering af case produkt 1

I den nye version er der foretaget en montage teknologisk modularisering i modsætning til den mere traditionelle funktionsopdelte. Det indebærer, at laveffekt styreelektronikken, der hidtil har været en del af powermodul, er flyttet over på et SMD-print. Elektronikken består herefter af 3 moduler: Et print med odd-shape komponenter (elektrolytter m.m.), et print med SMD og et powermodul kun med effekthalvledere. Powermodul er dermed i forhold til det tidligere modul betydelig mindre og kan derfor vendes 90° i forhold til den tidligere orientering. Det giver mulighed for at montere powermodul op mod power factor control (filter) aluminiumsklods i stedet for i printet som tidligere. Dermed er print lettere at separere fra konstruktionen. Både montage og demontage er blevet betydelig simplere. Sidstnævnte ses af følgende nøgletal fra en ny demontageanalyse:

- Totalvægt: 3.949 g
- Demontagetid: 10 min.
- Genvindingsgrad: 82,9%; 3.272 g
- Forbrænding: 12,0%; 475 g
- Deponi: 5,1%; 202 g
- Materialeværdi: 16,05 kr.
- Demontageomkostninger: 30,00 kr.
- Shredderomkostninger: 1,66 kr.
- **Totalomkostninger: 15,61 kr.**

Som det ses, er den nye version lidt lettere end den oprindelige (-118 g svarende til -2,9%). I den viste analyse er det nye powermodul (det såkaldte MIP-modul) sammen med den aluminiumsklods, det er skruet fast på, sendt til forbrænding på grund af et print over 16 cm<sup>2</sup>. Det påvirker tallene for for-

brænding og genvinding betydeligt i forhold til den gamle version. Da aluminiumsklodsens i virkeligheden er kapsel med en indstøbt spole og jernkerne, bør enheden nok i stedet gå til genvinding. Printet i modulet er ikke et traditionelt glasfiberprint, men et tykfilmssubstrat af aluminiumsoxid (kan ikke brænde). Der burde derfor ikke rent lovgivningsmæssigt være noget til hinder for at lade enheden gå til genvinding. Derved vil tallene for genvinding, forbrænding og deponi komme tættere på den oprindelige version. Omkostninger vil kun i mindre grad påvirkes af dette (i positiv retning)

Ovenstående er et resultat af et totalt redesign af elektronikken. Langt den største gevinst i miljømæssig sammenhæng ses på den kraftigt reducerede demontagetid. Det koster stadig penge, at bortskaffe en SQ (pumpen), men totalomkostningerne hos demontagevirksomheden er reduceret med hele 73%. De øvrige ændringer er set i forhold til produktets samlede vægt og kalkulationsmetoden marginale, såfremt powermodul med aluminiumsklods går til genvinding.

## 4.2 Kamstrups elmåler: Case produkt 2

### 4.2.1 Beskrivelse af case produkt 2

Kamstrup har til projektet valgt to elmålere. Til første del af projektet er anvendt en elmåler af typen Kamstrup 382, som var udviklet lang tid før projektet startede. Til anden del af projektet er anvendt en elmåler af typen Kamstrup 162, som er udviklet umiddelbart før projektets start. Målerne er primært til anvendelse i private husstande.

De udmærker sig ved deres brugervenlige design, let læselige display og enkle betjening. Med en enkelt trykknop er det muligt for både forsyningselskab og slutbruger at "trykke" sig gennem en foruddefineret række af displayvisninger med forbrugsinformation. Forbrugsinformationen kan f.eks. være det opsummerede energiforbrug i kWh. Målerne er designede uden bevægelige dele, hvilket forhindrer mekanisk slid, og gør målerne mindre følsomme overfor mekaniske og magnetiske påvirkninger. Målerne er typegodkendt iht. IEC 61036, og kan udstyres med en række forskellige kommunikationsmoduler til fjernaflæsning.

Fig. 4.2: Case produkt 2: To udgaver af Kamstrup el-målere



Kamstrup 382

Kamstrup 162

Som det fremgår, er der valgt to forskellige produkter. Men disse kan dog alligevel betragtes som to produktgenerationer, idet Kamstrup 162 er bedre end Kamstrup 382, når det gælder design for demontage og genvindingsgrad. Dette skyldes dog ikke brug af ECO.design værktøjet, idet dette er færdiggjort senere end Kamstrup 162. Forholdet er en sidegevinst ifm. intensivt arbejde med design for montage, plus resultatet af en løbende dialog med H.J. Hansen Elektromiljø A/S.

Med hensyn til det ECO-design værktøj som projektet resulterede i, så har Kamstrup besluttet at anvende det ifm. fremtidige hovedprodukter (dette omfatter også varmemålere). Kamstrups udviklingsprocedure er netop blevet ændret, således at miljøfunktionen skal inddrages når prototype foreligger. Det er så meningen at miljøfunktionen, blandt andet ved anvendelse af værktøjet, skal foretage miljø- og bortskaffelsesvurdering samt planlægge udarbejdelse af miljødeklaration for produktet.

#### 4.2.2 Analyse af case produkt 2

En demontageanalyse af Kamstrup 382 måleren foretaget af H.J. Hansen Elektromiljø A/S gav følgende nøgletal:

- Vægt: 850 g
- Genvindingsgrad: 71,6%
- Forbrænding: 21,0%
- Deponi: 7,4%
- Materialeverdi: 0,56 kr.
- Demontage-/shredderomkostninger: 6,25 kr.
- **Totalomkostninger: 5,69 kr.**

#### 4.2.3 Optimering af case produkt 2

En demontageanalyse af Kamstrup 162 måleren foretaget af H.J. Hansen Elektromiljø A/S gav følgende nøgletal:

- Vægt: 500 g
- Genvindingsgrad: 82%
- Forbrænding: 5,4%
- Deponi: 12,6%
- Materialeværdi: 0,39 kr.
- Demontage-/shredderomkostninger: 6,18 kr.
- **Totalomkostninger: 5,79 kr.**

Genvindingsgraden er her forøget med 10,4% i forhold til Kamstrup 382. Der er en væsentlig reduktion af procentdelen til forbrænding, men en forøgelse af andelen der går til deponi. Forøgelsen begrundet i at det - for at nedbringe demontagetiden - er valgt ikke at fjerne metaldele fra en stor plastfraktion inden denne behandles. Da produktet er blevet lettere er den vægtmæssige andel, der føres til deponi dog uændret. Forøgelsen af totalomkostningerne med 0,10 kr. skyldes ligeledes, at Kamstrup 162 vejer mindre end Kamstrup 382 og dermed repræsenterer mindre materialeværdi, og at shredderomkostningerne stort set er de samme.

# 5 Formidling

## 5.1 Formidling af projektresultater

Projektets resultater er blevet formidlet bl.a. gennem to aktiviteter:

- En pjece
- To workshops.

## 5.2 Pjece

Formålet med pjecen er at øge kendskabet til mulighederne for at indbygge hensyn til bortskaffelsen af elektriske og elektroniske produkter (EE-produkter) fra starten af deres livscyklus. Desuden er det formålet at understøtte virksomhederne i arbejdet med at leve op til de krav, som de kommende EU-direktiver stiller til virksomhederne.

Pjecen henvender sig til ledelsen, designere og konstruktører i virksomheder, der fremstiller elektriske og elektroniske produkter.

Pjecen, som er gengivet i bilag 1, indeholder i korthed:

- Formål
- Målgruppe
- Introduktion til gældende og kommende lovgivning
- Argumentation for hvorfor fokus på bortskaffelse bør øges
- Beskrivelse af nuværende bortskaffelse af EE-skrot
- Præsentation af Eco-design værktøj
- Beskrivelser af eksempler fra Kamstrup A/S og Grundfos A/S
- Henvisning til hvor yderligere information kan findes.

Pjecen er udsendt til bl.a.:

- Elektronikvirksomheder
- Designskoler og centre
- Forskningsinstitutioner
- Tekniske skoler
- Miljømyndigheder og -organisationer
- Genvindingsvirksomheder
- Nyhedsmedier.

## 5.3 Workshops

Der blev afholdt to workshops, én i Virum d. 2. september 2003, og én i Århus d. 15. september 2003.

Formålet med workshoppen var at formidle projektresultaterne, især Eco-design guiden, primært til designere og konstruktører fra elektronikvirksom-

heder. Indbydelsen til workshoppen blev udsendt til elektronikvirksomheder, industrivirksomheder, hvis produkter vides at have et stort elektronikindhold, tekniske skoler, forskningsinstitutter, virksomheder i genvindingsbranchen, miljømyndigheder, m.v.

Ved den første workshop var der 6 deltagere, ved den anden 10 deltagere. Deltagerne kom fra elektronikvirksomheder, elektronikbrancheorganisationer, genvindingsbranchen, miljø- og affaldsorganisationer m.v.

Workshoppenes program var i korthed:

- Information om indsamling og behandling af elektroniskrot i dag
- Præsentation af Eco-design værktøjet
- Beskrivelse af eksempel fra Grundfos A/S
- Beskrivelse af eksempel fra Kamstrup A/S
- Gruppearbejde med afprøvning af Eco-design værktøjet.

Blandt deltagerne var der en betydelig interesse for de nye regler om genvinding og bortskaffelse af elektronik og elektriske apparater, samt design værktøjet.

Ved gruppearbejdet var det tilsyneladende relativt let for deltagerne at sætte sig ind i design værktøjets beregningsfaciliteter og at bruge det til en konkret opgave med at beregne demontagetid og genvindingsgrad.





# Bilag 1: Pjece om Eco-design af elektronik

# ECO-design af elektronik

Ledelsesværktøj til genvinding  
og bortskaffelse i design-fasen



## Læs i pjecen om:

- De nye regler for bortskaffelse af elektriske og elektroniske produkter
- Det nye eco-design værktøj til genvinding
- Erfaringer fra Grundfos A/S og Kamstrup A/S
- Få mere at vide om eco-design

**Pjecens formål**

Denne pjecce henvender sig til ledelsen, designere og konstruktører i virksomheder, der fremstiller elektriske og elektroniske produkter. Formålet med pjecen er at øge kendskabet til mulighederne for at indbygge hensyn til bortskaffelsen af elektriske og elektroniske produkter (EE-produkter) fra starten af deres livscyklus.

Desuden er det formålet at understøtte virksomhederne i arbejdet med at leve op til de krav, som de kommende EU-direktiver stiller til virksomhederne (se side 3).

Årligt fremkommer der alene i Danmark omkring 120.000 tons EE-affald (inkl. hårde hvidevarer). Ca. 40.000 tons genvindes hos den efterhånden betydelige industri som adskiller, sorterer og formidler de værdifulde materialer til genvindingsindustrien.

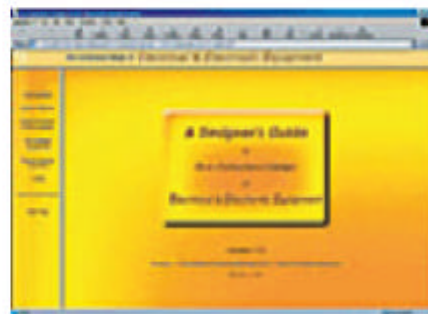
Både i privat og kommunalt regi er der etableret indsamlingsordninger, hvor EE-produkter kan afleveres til genvinding. Men genvinding kan øges, og økonomien kan blive bedre, hvis kendskabet til de miljømæssige fordele og de praktiske muligheder udbredes.

**IT-værktøj med øget fokus på bortskaffelse**

Pjecen præsenterer den nyeste udgave af IT-værktøjet "A Designer's Guide to Eco-Conscious Design of Electrical & Electronic Equipment", hvor der er sat fokus på, hvordan designere og konstruktører kan indarbejde hensyn til bortskaffelse og genvinding i udviklingen af nye produkter. IT design-værktøjet beskrives nærmere på side 5.

Designværktøjet er udviklet i samarbejde med virksomhederne Grundfos A/S og Kamstrup A/S. Deres erfaringer med eco-design beskrives sidst i pjecen.

IT-værktøjet kan down-loades gratis fra [www.ecodesignguide.dk](http://www.ecodesignguide.dk).





### **Hvorfor designe med henblik på bortskaffelse ?**

En række gode grunde til at indarbejde hensyn til bortskaffelsen i EE produkter er:

- Der kan spares penge til affaldsbortskaffelse
- Der kan spares på Jordens ressourcer
- Miljøet får det bedre
- Det er lettere at overholde lovgivningen.

Det er i første omgang forbrugerne, der sparer penge, når mindre mængder affald skal indsamles, behandles og deponeres. Men efterhånden som producentansvars-princippet slår igennem på affaldsområdet, kan producenterne også have gavn af en lettere bortskaffelse.

### **Hvilken lovgivning gælder ?**

Der er vedtaget to EU-direktiver, som er vigtige for bortskaffelse af elektronikprodukter:

- EU-direktiv 2002/96/EF af 27. januar 2003 om affald af elektrisk og elektronisk udstyr (WEEE).
- EU-direktiv 2002/95/EF af 27. januar 2003 om begrænsning af anvendelsen af visse farlige stoffer i elektrisk og elektronisk udstyr (RoHS).

Begge direktiver skal være implementerede i EU-landenes nationale lovgivninger senest 13. august 2004. Den danske gældende bekendtgørelse om kasserede elektriske og elektroniske produkter" (nr. 1067 af 22/12/1998) trådte i kraft i

december 1999 og påbyder kommuner at indsamle EE-skrot med henblik på genvinding. Denne bekendtgørelse skal revideres på væsentlige punkter for at være i overensstemmelse med de nye EU-direktiver, da det her bliver producenterne der har det primære ansvar for indsamlingen af og kravene til genvindingen af EE-skrot.

Mange brancher er allerede godt i gang med planlægningen af indsamling af kasserede EE-produkter, men der er langt til målene for genvinding, og det kan givetvis gøres billigere og mere rationelt, hvis EE-produkterne videreudvikles til også at tage mere hensyn til bortskaffelse.

### **Skån miljøet – spar ressourcer !**

Miljøet vil desuden få det bedre, hvis vi genvinder større mængder af EE-affaldet, for selvom vores affaldshåndtering opfylder strenge miljøkrav, ender en del af de miljøbelastende stoffer i luft, jord og vand via forbrændingsanlæggene eller lossepladserne.

Endelig kan vi spare på nogle af jordens ressourcer. Det er især interessant at spare på de ressourcer, som udvindes under stor miljøbelastning eller som findes i begrænsede mængder og derfor har en høj pris. Som eksempler kan nævnes metallerne guld, sølv, kobber, platin, palladium, tin og zink.

### Hvordan bortskaffes EE-skrot i dag ?

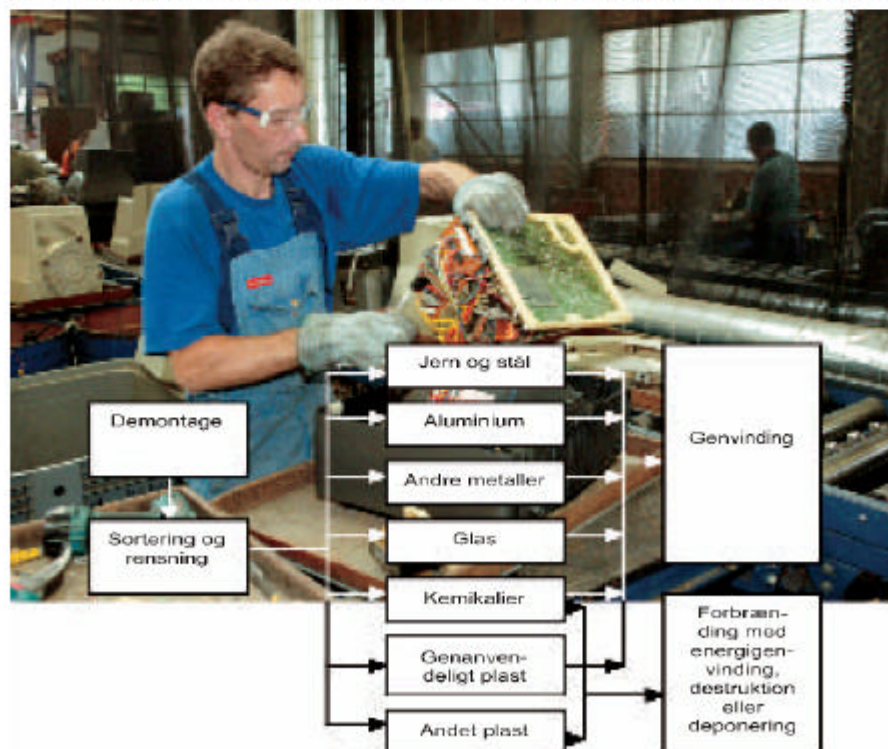
En del forhandlere og kommunale genbrugsstationer modtager allerede kasserede EE-produkter. Især modtagelse og bortskaffelse af hårde hvidevarer som køleskabe, vaskemaskiner osv. har længe været en realitet.

I de seneste år er der desuden kommet flere virksomheder til, som har specialiseret sig i at bearbejde andre indsamlede EE-produkter, herunder computere, el-apparater TV-skærme med videre.

I korthed går denne bearbejdning ud på:

- Adskillelse (demontering) af produktens enkelte komponenter
- Sortering og rensning af komponenter og materialer i ca. 20 fraktioner (70-80% af skrot-mængden)
- Transport af komponenter og materialer til genvinding
- Transport af resterne til enten forbrænding eller deponering
- Udnyttelse af de udvundne råvarer i nye produkter.

Arbejdsgangen som den finder sted hos H.J.Hansen Elektromiljø A/S i Vejle fremgår af illustrationerne nedenfor.





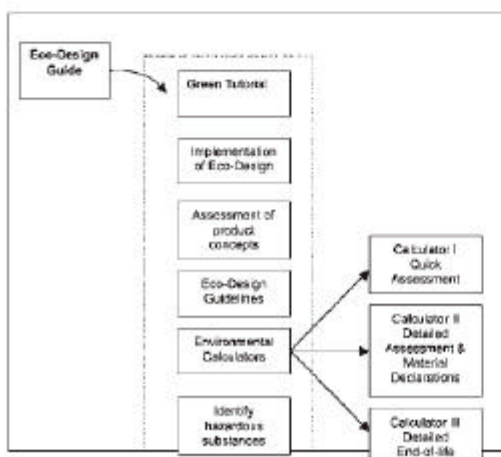
### Eco-design værktøjet

A Designer's Guide to Eco-Conscious Design of Electrical & Electronic Equipment (EEE), Version 2, foreligger som en HTML-baseret applikation, beregnet til at køre i standard browser, enten fra Internettet, over virksomhedens Intranet, eller fra en CD-ROM. Den er skrevet på engelsk.

Værktøjet indeholder følgende hovedemner:

- **TUTORIAL:** Kompetenceopbygning på miljøområdet hos udviklingsmedarbejderne, herunder udpegning af de vigtige miljøforhold omkring elektriske og elektroniske produkter, og anvisninger på minimering af miljøpåvirkninger fra disse. Opdateret information om gældende og kommende lovgivning, i Danmark og på EU-plan.
- **IMPLEMENTERING AF ECO-DESIGN:** Vejledning i hvordan man kan implementere Eco-design i en virksomhed.

- **MILJØVURDERING AF KONCEPTER:** Vejledning i hvordan man på enkel vis kan gennemføre en overordnet miljøvurdering af forskellige produkt-koncepter allerede på det tidlige stade i produktudviklingen, hvor der ikke er truffet endelige beslutninger om den fysiske udformning af produktet.
- **ECO-DESIGN GUIDELINES:** Indeholder generelle retningslinier for hvordan man kan reducere miljøbelastningen fra sit produkt. Dette omfatter et nyt udvidet afsnit (med eksempler) om hvordan man kan gøre sit produkt mere "bortskaffelses-parat".
- **ENVIRONMENTAL CALCULATORS:**
  - **Calculator I.** Enkel metode til at vurdere produkternes miljøegenskaber i et livscyklusperspektiv, og sammenligne forskellige design-alternativer (tilpasset tilgængelighed til pålidelige data, og de gennem tiden opnåede erkendelser om hvor det er vigtigt at sætte ind)
  - **Calculator II.** Mere detaljeret vurdering baseret på en database med livscyklus-indikatorer for udvalgte grupper af elektronik-komponenter. Mulighed for at generere materialedeklarationer for virksomhedens produkter.





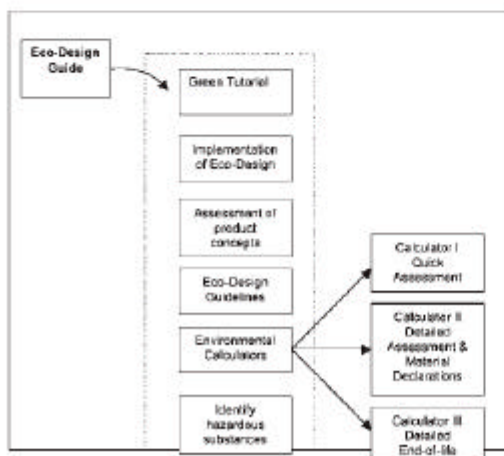
### Eco-design værktøjet

A Designer's Guide to Eco-Conscious Design of Electrical & Electronic Equipment (EEE), Version 2, foreligger som en HTML-baseret applikation, beregnet til at køre i standard browser, enten fra Internettet, over virksomhedens Intranet, eller fra en CD-ROM. Den er skrevet på engelsk.

Værktøjet indeholder følgende hovedemner:

- **TUTORIAL:** Kompetenceopbygning på miljøområdet hos udviklingsmedarbejderne, herunder udpegning af de vigtige miljøforhold omkring elektriske og elektroniske produkter, og anvisninger på minimering af miljøpåvirkninger fra disse. Opdateret information om gældende og kommende lovgivning, i Danmark og på EU-plan.
- **IMPLEMENTERING AF ECO-DESIGN:** Vejledning i hvordan man kan implementere Eco-design i en virksomhed.

- **MILJØVURDERING AF KONCEPTER:** Vejledning i hvordan man på enkel vis kan gennemføre en overordnet miljøvurdering af forskellige produktkoncepter allerede på det tidlige stade i produktudviklingen, hvor der ikke er truffet endelige beslutninger om den fysiske udformning af produktet.
- **ECO-DESIGN GUIDELINES:** Indeholder generelle retningslinier for hvordan man kan reducere miljøbelastningen fra sit produkt. Dette omfatter et nyt udvidet afsnit (med eksempler) om hvordan man kan gøre sit produkt mere "bortskaffelses-parat".
- **ENVIRONMENTAL CALCULATORS:**
  - **Calculator I.** Enkel metode til at vurdere produkternes miljøegenskaber i et livscyklusperspektiv, og sammenligne forskellige design-alternativer (tilpasset tilgængelighed til pålidelige data, og de gennem tiden opnåede erkendelser om hvor det er vigtigt at sætte ind)
  - **Calculator II.** Mere detaljeret vurdering baseret på en database med livscyklus-indikatorer for udvalgte grupper af elektronikkomponenter. Mulighed for at generere materialedeklorationer for virksomhedens produkter.



- **Calculator III.** (NYT!) Enkel metode til at vurdere hvor "bortskaffelses-parat" et produkt-design er. Bl.a. kan følgende indikatorer beregnes: Genvindingsgrad, Værdi af de genvundne materialer, Energiforbrug og Omkostninger til bortskaffelse og oparbejdning.
- **SPOT DE FARLIGE STOFFER:** Værktøj til at vurdere og prioritere indsatsen i forhold til proceskemikalier og kemiske stoffer indeholdt i det færdige EE-produkt.

LINKS: Omfattende liste med links til yderligere information på Internettet ([www.ecodesignguide.dk](http://www.ecodesignguide.dk)).

#### Erfaringer fra Kamstrup A/S

*Ved bl.a. at bruge tankegangen i Eco-design værktøjet har Kamstrup A/S på sin seneste generation af el-målere opnået følgende:*

- Lavt energiforbrug i råvare- og produktionsfaserne
- Lavt energiforbrug i brugsfasen (ca. 0,2W)
- Reduceret tidsforbrug ved demontage (ca. 1,5 minut per måler) bl.a. på grund af følgende :
  - En skrue skal fjernes for at åbne måleren
  - Display er nemt at klippe af printet
  - Derudover kan måleren slås og brækkes fra hinanden.

- Efter demontage kan der udsorteres otte genanvendelige fraktioner:

- Grå polycarbonat
- Klar polycarbonat
- Jern-dele
- Kobber-dele
- Print med komponenter
- Display
- Transformator

- Høj genvindingsgrad, ca. 80%.

- Miljødeklaration kan leveres. Den har følgende hovedpunkter:

- Produktmaterialer
- Pakkematerialer
- Produktion
- Uønskede stoffer iht. Miljøstyrelsens liste
- Miljøpåvirkninger i brugsfasen
- Skrotning.







### Erfaringer fra Grundfos A/S

#### Miljørigtig produktudvikling

Grundfos har i en årrække arbejdet med miljørigtig produktudvikling. Ud over at der sættes miljømål for hvert produkt, udarbejdes der også en bortskaffelsesvejledning og en livscyklusvurdering. UMIP (et computerbaseret livscyklusværktøj, udarbejdet af Institutet for Produktudvikling, DTU) er anvendt, men uden andre hjælpeværktøjer er det et relativt stort arbejde, at lave disse dokumenter. Følgelig har Grundfos ofte brugt eksternt hjælp til dette arbejde (H.J. Hansen Elektromiljø A/S).

Med Eco-design værktøjet lettes en del af arbejdet, og der kan skabes en bedre systematik. En af de overordnede miljømål er at reducere ressourceforbruget. Hidtil har Grundfos målt forbruget af materialer i vægtenheder, men fremover skal der ske en vægtning med "person reserve" (global mængde af en given råvare pr. person). Også her er Eco-design en hjælp.

#### Det betyder noget !


Som en naturlig følge af sin størrelse har Grundfos et betydeligt materialeforbrug til produktion af pumper. Som eksempel forbrugte Grundfos i 2002 næsten 11.000 tons rustfrit stål, 2.500 tons

støbejern, 1.200 tons kobber, 3.200 tons aluminium, 2.100 tons papemballage, 1.400 tons træemballage samt en række andre materialer ligeledes i stort omfang. Selv en reduktion i forbruget på få procent, vil målt absolut være ganske betydelige mængder. Med "person reserve"-vægtningen kan der sættes ind der, hvor gevinsten for samfundet er størst. Det anslås, at ca. 1½% af verdens elforbrug anvendes til drift af Grundfos pumper ! Der gøres derfor store anstrengelser for at reducere pumpernes energiforbrug under drift. Eco-design værktøjet sætter tal på miljøbelastningen, således at prioriteringen af indsatsen lettes.

#### Behov for Eco-design

EU direktiverne understreger nødvendigheden af, at industrien råder over et effektivt værktøj til at efterleve direktiverne. Det nye Eco-design værktøj kan blive den platform, vi arbejder videre fra.





*Denne pjece er udarbejdet i forbindelse med projektet "Integration af bortskaffelse i design og konstruktion af elektronikprodukter", der er støttet af Miljøstyrelsen og Elektronikpanelet. Projektet er gennemført af H.J.Hansen Elektromiljø A/S, IPU og RAMBØLL i samarbejde med virksomhederne Grundfos A/S og Kamstrup A/S.*

*Eco-design værktøjet kan down-loades gratis fra [www.ecodesignguide.dk](http://www.ecodesignguide.dk).*

# Bilag 2: eksempler på bortskaffelsesvenligt design

## Eco-Design Guidelines:

### End-of-Life

The disposal stage is also called "end-of-life". Even if every environmental concern has been taken through the previous stages, much can change during end-of-life. If the product has not been, or cannot be recycled, the resource consumption is much higher, and the resulting waste is also higher.

### Disassembly

In order to obtain as pure fractions as possible, the disassembly must be easy. The following table gives some advice concerning design for disassembly.

Recommendations concerning construction and/or joining	Reasons for the recommendations
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parts which need to be removed on disposal (e.g. batteries, mercury contacts and LCD displays shall be identifiable and removal must be easy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avoidance of mixing hazardous substances with the rest of the product</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Use joining methods that ease disassembly:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ The easiest disassembly method is breaking of the parts. Incorporating "weak" spots in the construction can facilitate this.</li> <li>○ Use as few screws as possible. Join by "clicking" whenever possible.</li> <li>○ Use the same kind of screws to avoid tool change.</li> <li>○ Avoid joining that needs special tools.</li> <li>○ Make sure that screws can be accessed from one side in order to avoid turning the equipment.</li> </ul> </li> <li>• Make drawings or instructions concerning disassembly accessible e.g. via internet. The drawings must contain information concerning parts with hazardous substances and</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduces time consumption on disposal and reduces the costs for disposal</li> <li>• An advantage in case of service or upgrading</li> <li>• Demand according to EU-directive: Waste from Electric and Electronic Equipment.</li> </ul>

<p>parts with high recycling potential.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parts with high recycling potential must be easy to remove (e.g. cooling plates, coils and transformers). This can be done by placing them along the edge of the board to ease breakage.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avoid mixing of different types of materials, e.g. <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Pressfits of non-compatible metals in iron or aluminium</li> <li>◦ Chemical surface plating of metals (galvanizing, nickel plating or chromium plating)</li> <li>◦ Painting or coating of plastics (because of EMC)</li> <li>◦ Metal inserts in plastics</li> <li>◦ Joining of non-compatible plastics</li> </ul> </li> <li>• Avoid moulding-in components</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certain combinations of metals will reduce the recyclability</li> <li>• It is an environmental advantage to avoid chemical surface plating</li> <li>• Recycling of thermo-plastics is reduced, if the plastics are contaminated</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plastics weighing &gt;25 grams should be identified with ISO 11469 plastic code to ease recycling identification</li> <li>• Flame retardants contained in plastic parts should be identified</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Makes correct sorting possible</li> <li>• Requirement in several eco-labelling schemes</li> <li>• Requirement according to EU and some national regulations</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Easy access to parts, which can be re-used and removed without damage.</li> <li>• Incorporation of timer in parts, which are relevant to replace during the lifetime of the product, or direct re-use.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Less need for new parts</li> <li>• Special interest for maintenance and take-back.</li> </ul>

### End-of-life values

End of life value could be expressed as the costs versus gains in the recycling industry from processing the product.

The gains from recycling are e.g.:

- the scrap value of the parts sent to metals recycling in a melting process (coming from the contents of gold, silver, palladium, copper, steel, lead etc.)
- the value of directly recyclable parts (pure fractions of plastic, iron, stainless steel, copper etc.)
- the combustion value from incineration of plastics, wood, cardboard etc.

The costs associated with recycling are e.g.:

- labour costs from disassembly, sorting, refurbishing etc.
- disposal costs for the fractions going to special treatment because of toxicity
- disposal costs for the fraction going to landfill

By means of the Environmental Calculator III it is possible to calculate these and other values.

/El-Integration Rapport NJB 03-11-04/



