

Massestrømsanalyse for cadmium

COWI

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.

Indholdsfortegnelse

Forord	7
Resumé	9
English Summary	16
1 Indledning	22
2 Lovgivning	24
3 Tilsigtede anvendelser af cadmium	28
3.1 Import og eksport af cadmium som råvare	28
3.2 Nikkel-cadmium batterier og akkumulatorer	29
3.2.1 Åbne batterier	29
3.2.2 Lukkede batterier	32
3.2.3 Sammenfatning	54
3.3 Elektroniske komponenter	54
3.4 Plast excl. legetøj	56
3.4.1 Plastprodukter excl. emballage og legetøj	56
3.4.2 Plastemballage og plastpaller	57
3.4.3 Sammenfatning	58
3.5 Legetøj	59
3.6 Pigmenter til andre formål	61
3.7 Cadmivering	62
3.8 Cadmiumholdige legeringer	63
3.9 Smykker	66
3.10 Andre anvendelser	68
3.11 Sammenfatning	69
4 Cadmium som følgestof	72
4.1 Zink	72

4.2	Handels- og husdyrgødning	76
4.3	Kalk	77
4.4	Kul	78
4.5	Olieprodukter og naturgas	79
4.6	Cement	80
4.7	Tobak	81
4.8	Andet	81
4.9	Sammenfatning	82
5	Affaldsprodukter	84
5.1	Skrot	84
5.2	Fast affald	86
5.2.1	Totale årlige mængder af fast affald	86
5.2.2	Termisk affaldsbehandling	86
5.2.3	Biologisk affaldsbehandling	89
5.2.4	Deponeringsaktiviteter	90
5.3	Farligt affald	91
5.4	Spildevand og spildevandsslam	92
5.5	Sammenfatning	99
6	Sammenfattende vurdering	100
6.1	Anvendelser og forbrug af cadmium i Danmark	100
6.1.1	Anvendelser og forbrug	100
6.1.2	Udviklingstendenser i forbruget	101
6.1.3	Substitution og nye anvendelser	103
6.2	Bortskaffelse og tab af cadmium til omgivelserne	104
6.3	Cadmiumbalance for Danmark	107
	Referencer	110
	Bilag 1 Oversigt over kontaktede virksomheder, organisationer og videntcentre	122
	Bilag 2 Levetidsfordelinger for lukkede NiCd-batterier	126

Forord

Formål

Formålet med denne massestrømsanalyse har været at få et opdateret overblik over anvendelsen, forbruget og spredningen af cadmium i Danmark. Desuden vurderes den fremtidige udvikling af cadmium i affaldet. Herudover tilsigtes det at give et overblik over fremtidige anvendelsesmuligheder, hvor forbruget kunne tænkes at være stigende.

Undersøgelsen skal tjene som grundlag for Miljøstyrelsens overvejelser med hensyn til videre indsats for at begrænse cadmiumbelastningen af mennesker og miljø i Danmark.

Undersøgelsen er gennemført og rapporteret i overensstemmelse med de retningslinier, der er angivet i Miljøstyrelsens paradigma for denne type undersøgelser, (Hansen E, Boisen A. 1993). Med undersøgelsen er tilstræbt et niveau for detaljeringen og pålideligheden, som svarer til det niveau, der er karakteriseret som "detaljerede analyser".

Baggrund

Der er tidligere i begyndelsen af 1990-erne gennemført en massestrømsanalyse for cadmium i Danmark, (Jensen A, Markussen J. 1993).

Den viden, der præsenteres i denne rapport, bygger på statistiske oplysninger samt oplysninger fra omkring 200 offentlige institutioner, private virksomheder og videncentre, uden hvis velvillige indstilling denne viden ikke ville foreligge.

Datausikkerhed

Hovedparten af de data, der præsenteres i rapporten, vil være skønnet af forfatterne på det foreliggende grundlag. Disse skøn vil altid være behæftet med en usikkerhed. Der er generelt i rapporten anvendt en notation, hvor angivne intervaller repræsenterer det interval, inden for hvilket forfatterne antager, at den "rigtige" værdi med 90% sandsynlighed vil befinde sig (90% sikkerhedsinterval). Ved sammenregninger er sikkerhedsintervallet på summen beregnet ved at addere henholdsvis mindste og største værdier. Det herved beregnede interval vil være lidt bredere end 90% sikkerhedsintervallet på summen, hvis dette blev beregnet med generelle regler for sandsynlighedsfordelinger (Gauss' additionslov). I visse tilfælde, hvor det ikke har været muligt at opnå tilstrækkeligt sikre estimater, er det valgt at benytte en notationsform, hvor det anslåede interval er forsynet med "?", som betyder, at der kan være forhold, det ikke har været muligt at indregne.

Arbejdet med rapporten er udført i 1998 og begyndelsen af 1999. I begyndelsen af 2000 er der foretaget nogle revisioner som følge af en ændret vurdering af pipeline-effektens¹ størrelse. De oplysninger, der er indhentet fra offentlige institutioner, private virksomheder og videncentre, vedrører som hovedregel året 1996. Statistiske oplysninger indhentet via Danmarks Statistik vedrører hovedsagelig 1996, men for enkelte varegrupper er der også anvendt tal for 1995 og 1997.

Finansiering

Rådet vedrørende genanvendelse og mindre forurenende teknologi har finansieret dette projekt 100%.

¹ Pipeline-effekten beskriver det tidsrum, der går, fra brugeren lægger et udtjent NiCd-batteri i en indsamlingskasse, til Miljøstyrelsen afregner for det indsamlede batteri.

Styregruppe

Med det formål at følge projektet fagligt, tidsmæssigt og økonomisk har der været nedsat nedenstående styregruppe:

- | | |
|-------------------|--------------------------|
| Miljøstyrelsen | • Frank Jensen (formand) |
| Batteriforeningen | • Lotte Wammen Rahbek |
| COWI | • Frederik Madsen |
| | • Erik Hansen |
| | • Thomas Drivsholm |

Kvalitetssikring

COWIs interne kvalitetssikring af denne rapport med tilhørende beregninger er blevet udført af Carsten Lassen.

Forfattere

Denne projektrapport er udarbejdet af Thomas Drivsholm, Jakob Maag, Erik Hansen og Sven Havelund, COWI, Rådgivende Ingeniører AS.

Resumé

I perioden 1990 - 1996 har forbruget af nikkel-cadmium batterier og dermed forbruget af cadmium været i vækst. Nikkel-cadmium batterier anvendes især til batteridrevet håndværktøj, mobiltelefoner m.v. Miljøstyrelsen har på dette ene område valgt at følge udviklingen udover referenceåret 1996. Salget af nikkel-cadmium batterier har i perioden 1996 - 1998 vist sig at være for nedadgående, og forbruget af disse batterier synes derfor at have toppet. Væksten i forbruget i perioden 1990 - 1996 er til en vis grad modsvaret af en reduktion af forbruget af cadmium med plast og i handelsgødning. I 1996 skete der en ophobning af cadmium hos brugerne i det danske samfund på 10 - 22 tons, hvilket er mere end i 1990. Det atmosfæriske nedfald over Danmark er for 1996 anslået til 6,2 tons, hvilket er omkring 12 gange større end emissionen til luft fra Danmark.

Cadmiums regulering i Danmark

Cadmium og dets kemiske forbindelser kan være akut giftige for mennesker og dyr. Cadmium giver især grund til bekymring, fordi dette metal ophobes i menneskets krop og særligt i nyrerne.

Den danske lovgivning omfatter en række regler om begrænsning af anvendelsen af cadmium. Det drejer sig blandt andet om cadmiumholdige loddemidler, fosforholdig gødning, cadmiumholdige produkter, emballager, glasurer og dekorationsfarver, malinger og lakker, levnedsmidler, nydelsesmidler og kosmetik.

Herudover er der fastsat en regel om, at cadmiumholdige batterier skal mærkes med henblik på særskilt indsamling og efterfølgende nyttiggørelse eller bortskaffelse. Desuden er der en regel om, at der skal betales afgift af lukkede nikkel-cadmium batterier. Endelig er der en regel om indsamling af lukkede nikkel-cadmium batterier, hvor indsamleren får en godtgørelse for miljømæssig forsvarlig indsamling og bortskaffelse til genanvendelse.

Formålet med denne massestrømsanalyse har været at få et opdateret overblik over anvendelsen, forbruget og spredningen af cadmium i Danmark. Desuden vurderes den fremtidige udvikling af cadmium i affaldet. Herudover tilsigtes det at give et overblik over fremtidige anvendelsesmuligheder, hvor forbruget kunne tænkes at være stigende.

Undersøgelsen skal tjene som grundlag for Miljøstyrelsens overvejelser med hensyn til videre indsats for at begrænse cadmiumbelastningen af mennesker og miljø i Danmark.

Der er tidligere i begyndelsen af 1990-erne gennemført en massestrømsanalyse for cadmium i Danmark.

Tre delstudier af anvendelsen og bortskaffelsen af cadmium i Danmark

Undersøgelsen er gennemført og rapporteret i overensstemmelse med de retningslinier, der er angivet i Miljøstyrelsens paradigma for denne type undersøgelser. Med undersøgelsen er tilstræbt et niveau for detaljeringen og pålideligheden, som svarer til det niveau, der er karakteriseret som "detaljerede analyser".

Resultaterne, der præsenteres i projektet, bygger på statistiske oplysninger samt oplysninger fra omkring 200 offentlige institutioner, private virksomheder og videncentre, uden hvis velvillige indstilling denne viden ikke ville foreligge. De indhentede oplysninger gælder som hovedregel for året 1996, der er valgt som referenceår.

Det første delstudie vedrører tilsigtede anvendelser af cadmium, dvs. anvendelser hvor man bevidst har valgt at bruge cadmium på grund af dets tekniske og økonomiske egenskaber. Her er set på cadmium som metal, nikkel-cadmium batterier, pigmenter og stabilisatorer i plastlegetøj og andet plast, offeranoder, loddemidler, smykker m.v. Den helt dominerende anvendelse af cadmium i det hele taget er i lukkede nikkel-cadmium batterier, som især anvendtes til batteridrevet håndværktøj og mobiltelefoner m.v.

Det andet delstudie drejer sig om cadmium som følgestof, dvs. anvendelser hvor cadmium af naturlige årsager så at sige automatisk "følger med". Her er set på zink, handelsgødning, cement, kul, kalk og olieprodukter.

Det sidste delstudie omhandler den mængde cadmium, som går med affaldsprodukterne skrot, fast affald, kemikalieaffald, spildevand og spildevandslam.

På basis heraf er der foretaget en sammenfattende vurdering af anvendelser og forbrug af cadmium i Danmark, bortskaffelse og tab af cadmium til omgivelserne samt opstillet en cadmiumbalance for Danmark.

Hovedkonklusioner

Det totale cadmiumforbrug er stagnerende. For 1996 kan forbruget af cadmium i alt anslås til 43 - 71 tons i afrundede tal. Forbruget kan opdeles på:

Tilsigtede anvendelser af cadmium	37 - 61 tons (ca. 87%)
Cadmium som følgestof	5,4 - 9,5 tons (ca. 13%)

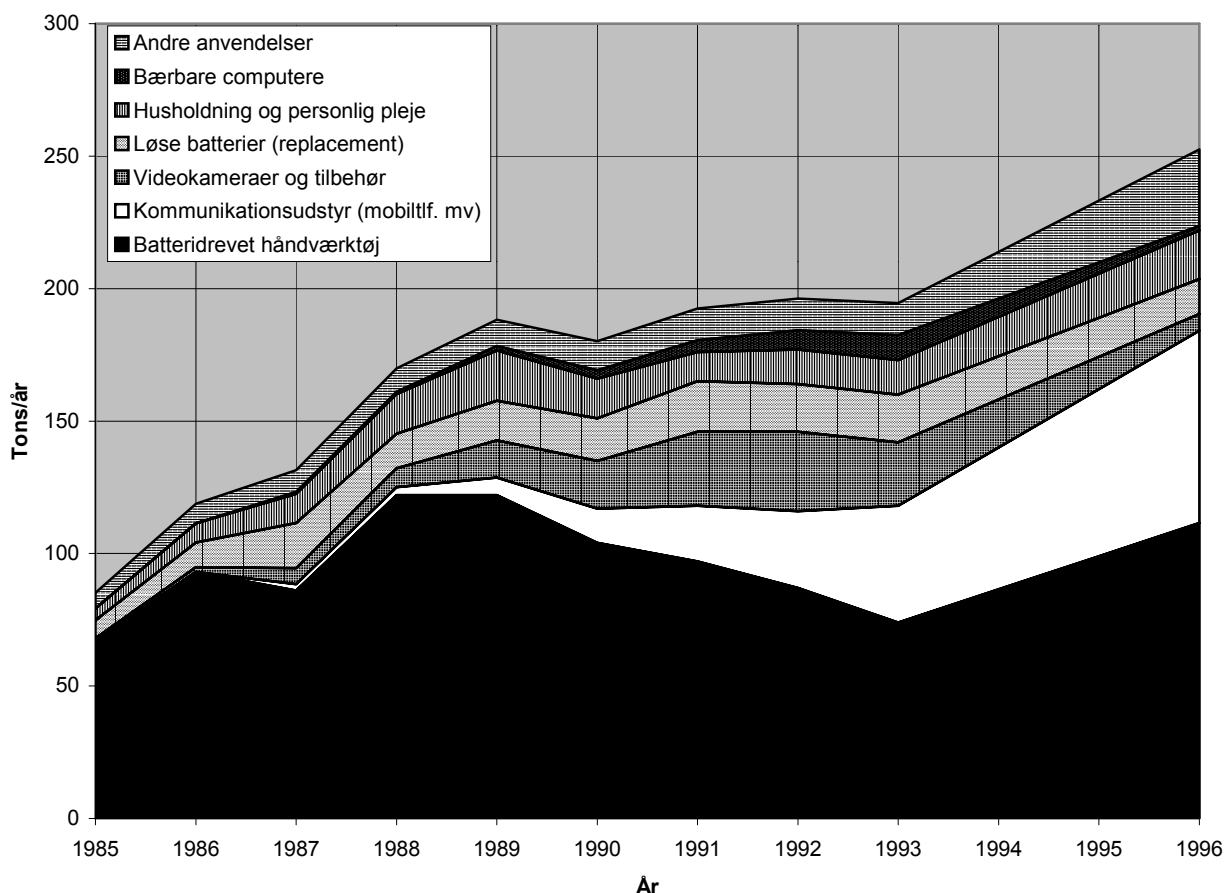
For 1990 er forbruget tidligere blevet opgjort til 50 tons. Der er således ikke grund til at antage, at det totale forbrug har været væsentligt forskelligt i de to år. I opgørelsen for 1990 er forbruget med produkter anslået til 39 tons, mens forbruget som følgestof er anslået til 11 - 12 tons. Her er der forskel i forhold til 1996, hvor forbruget med produkter var højere, mens forbruget som følgestof var lavere. Hovedforklaringen er en markant øget forsyning med lukkede nikkel-cadmium batterier i 1996, se figur 1, og en reduktion af cadmium med plast og i handelsgødning.

Til en række anvendelser er nikkel-cadmium batterierne ved at blive fortrængt af lithium-ion batterier eller batterier baseret på nikkel-metalhydrid. En ny type zink-offeranode med tin og indium i stedet for cadmium er ved at blive patenteret. Såfremt denne type anode vinder indpas, vil vandmiljøet blive sparet for en belastning på knap 0,6 tons cadmium om året. Antallet af

solceller i Danmark udviser en stigning, men mængden af cadmium vurderes at blive lille; af størrelsesordenen 75 - 225 kg i år 2005. Antallet af elbiler med nikkel-cadmium batterier har også udvist stigning i Danmark. Forsyningen er opgjort til 0,8 tons cadmium i 1998 og i 1999 forventes en forsyning på 1,2 tons.

Figur 1

Udviklingen i forsyningen af nikkel-cadmium batterier i perioden 1985 - 1996, middeltal i tons/år.



Det samlede tab af cadmium til miljøet i 1996 kan anslås til:

0,3 - 1,6 tons cadmium til luft

0,9 - 2 tons cadmium til vand

2,2 - 3,5 tons cadmium til jord

12 - 25 tons cadmium blev deponeret, herunder slagge/aske fra kul- og affaldsforbrænding, som delvist anvendtes til opfyldninger, veje, dæmninger og lignende.

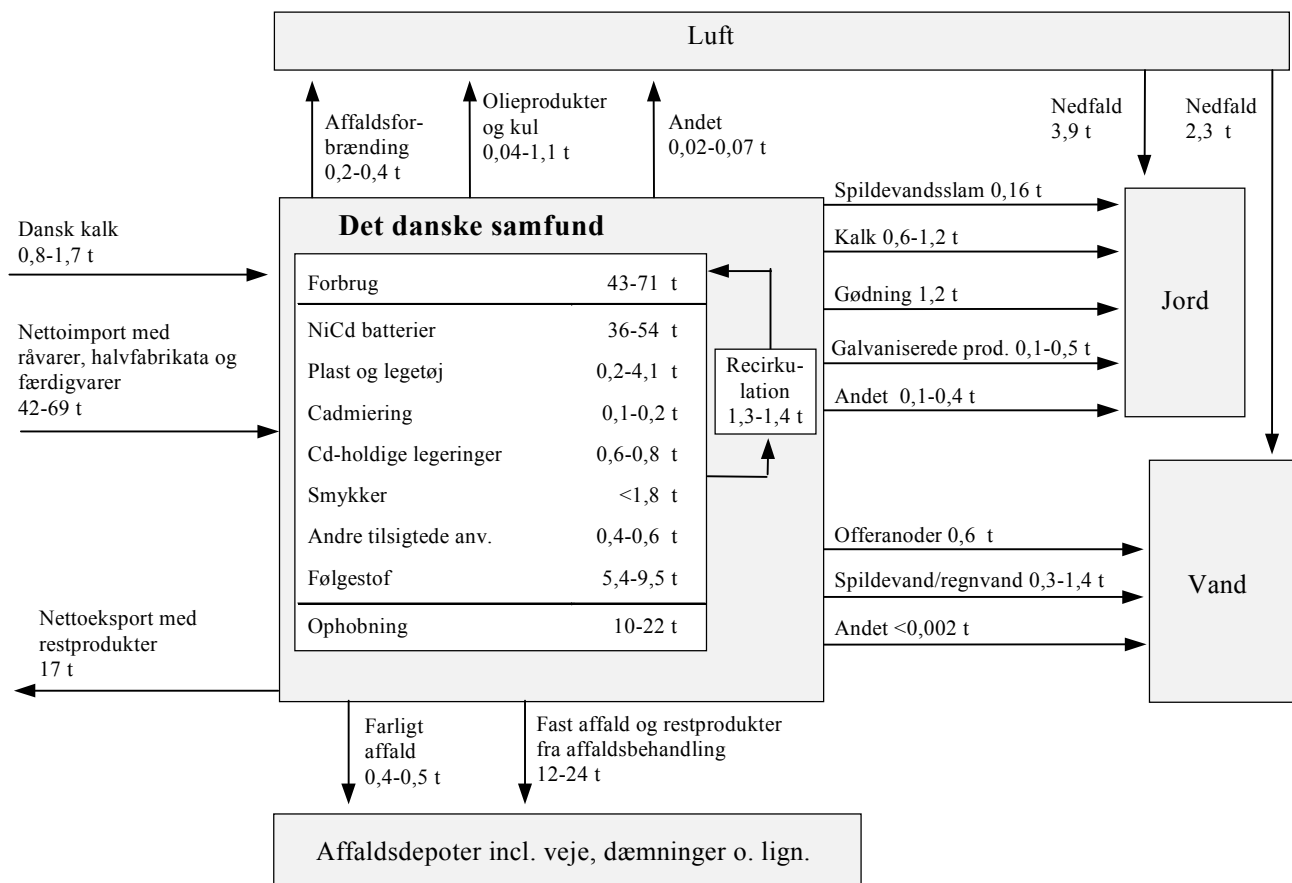
Tabet til luft beroede i 1996 hovedsageligt på affaldsforbrænding og afbrænding af olieprodukter, mens tabet til vand især beroede på spildevand og regnvand fra kommunale renseanlæg samt offeranoder. Tabet til jord beroede væsentligst på anvendelse af handels- og husdyrgødning samt kalk i landbruget.

Ses der på de samlede tab i forhold til 1990, er tabet til luft reduceret væsentligt (fra 2 tons). Det skyldes især, at emissionen fra affaldsforbrændingsanlæg og fremstilling af jern og stål er blevet reduceret. Derimod er tabet til vand er øget væsentligt (fra 0,7 tons), hvilket hovedsagelig skyldes et øget tab fra offeranoder. Tabet til jord er reduceret (fra 5 tons); lovgivningen for handelsgødningens maksimale indhold af cadmium har således virket. Mængden til deponering må anses for at være reduceret (fra 31 tons). Forklaringen herpå er, at mængderne fra fremstilling af jern og stål, fragmentering af skrot samt direkte deponering er blevet mindre. Til gengæld er mængderne fra affaldsforbrænding øget.

Af cadmiumbalancen for Danmark fremgår, se figur 2, at den største post både i henseende til import og eksport er nikkel-cadmium batterier (kraftigt domineret af lukkede batterier), hvor importen udgjorde 36 - 54 tons, mens eksporten af udtjente batterier til genanvendelse udgjorde 13 - 16 tons.

Figur 2

Cadmiumbalance for Danmark i 1996. Alle tal angiver tons Cd/år.



Omsmelting af plastemballage er langt den dominerende aktivitet for genanvendelsen af cadmium i Danmark, som udgjorde 1,3 - 1,4 tons. Det skal bemærkes, at der er tale om et kredsløb.

På grundlag af opgørelserne af forbrug, eksport af restprodukter samt tab til omgivelser og deponi kan det anslås, at der i 1996 skete en ophobning af cadmium hos brugerne i det danske samfund på 10 - 22 tons. For 1990 blev

ophobningen bestemt til 6,6 tons. Ophobningen i 1996 må således anses for at være større end i 1990.

Til landjorden foregik i 1996 et atmosfærisk nedfald af cadmium på 3,9 tons, mens nedfaldet over de indre danske farvande kan anslås til 2,3 tons cadmium. Det fremgår, at nedfaldet over Danmark, i alt 6,2 tons, er mellem 4 og 21 gange større end emissionen til luft fra Danmark. Det atmosfæriske nedfald blev for 1990 opgjort til 4,7 tons over land og 4,2 tons over havet; i alt 8,9 tons. I forhold hertil er det samlede nedfald i 1996 reduceret med 2,7 tons eller 30%.

Projektresultater

Cadmium, med den kemiske betegnelse Cd, tilhører zink-undergruppen i det periodiske system. Cadmium forekommer vidt fordelt på jorden. I jordskorpen er indholdet skønnet at være mellem 0,08 og 0,5 ppm. I de øverste jordlag ligger cadmiumindholdet typisk på 0,1 til 1 ppm. Det er kun økonomisk rentabelt at udvinde cadmium, hvor det findes i koncentrationer på 0,05 til 0,8% sammen med zinkminerale.

De fundne resultater for 1996 er gengivet mere detaljeret nedenfor. For at belyse udviklingstendenserne er disse sammenholdt med opgørelserne for 1990.

Tilsigtede anvendelser af cadmium:

Forsyningen af cadmium med åbne nikkel-cadmium batterier blev for 1996 opgjort til 1 - 2,3 tons, hvilket ikke kan anses for at væsentligt anderledes end de 1,6 tons, der blev opgjort for 1990. Til gengæld blev forsyningen af cadmium med lukkede batterier i 1996 opgjort til 35 - 50 tons mod 30 tons i 1990. Her er den væsentligste forøgelse af cadmiumforbruget i forhold til 1990. De to største anvendelsesområder for de lukkede batterier var batteridrevet håndværktøj og kommunikationsudstyr (mobiltelefoner m.v.), se figur 1.

Forbruget af cadmium med elektroniske komponenter (bestykkede printplader excl. batterier og loddemidler) er for 1996 opgjort til 0,07 - 0,2 tons/år. Dette blev ikke opgjort for 1990.

I 1990 blev forbruget opgjort til 6,7 tons for plast excl. legetøj. For 1996 er forbruget anslået til 0 - 0,5 tons cadmium. Forbruget er altså reduceret betragteligt. I Danmark anvendes cadmium ikke mere som pigment eller stabilisator. Lovgivningen må således siges at have virket. Tallene for 1996 udgøres af en skønnet import med plastprodukter fra Fjernøsten på 0 - 0,5 tons.

Forbruget af cadmium med legetøj er for 1996 opgjort til 0,2 - 3,6 tons. Hovedparten af mængden er cadmium som pigment og stabilisator i ikke-mærkevarelegetøj importeret fra Fjernøsten. Forbruget blev ikke opgjort for 1990.

For pigmenter til andre formål er forbruget i 1996 anslået til 0,04 - 0,05 tons (kunstnerfarver), mens det for 1990 kun var anslået til 0,007 - 0,012 tons. Her er der altså tale om en stigning, men forbruget er meget lille.

For 1996 er forbruget til cadmiering og med cadmierede dele opgjort til 0,1 - 0,2 tons. For 1990 blev forbruget opgjort til 0,05 - 0,235 tons. Forbruget må anses for at være stagnerende.

For 1990 blev forbruget for cadmiumholdige legeringer opgjort til 0,31 - 0,325 tons. For 1996 er forbruget opgjort til 0,6 - 0,8 tons. Der er tale om en fordobling af forbruget. De 0,6 tons hidrører fra offeranoder. Herudover dækker posten loddemidler og højspændingskabler.

For smykker er forbruget opgjort til mindre end 1,8 tons i 1996. Smykker blev ikke medtaget i undersøgelsen for 1990. Smykkerne er smykker af såkaldt "indisk sølv" importeret fra Indien og Nepal samt forsølvet eller forgyldt bijouteri importeret fra en række lande i Østen.

Endelig er der kemikalier og solceller. Forbruget i 1996 blev opgjort til 0,3 tons. Forbruget med kemikalier i 1990 blev opgjort til 0 - 0,1 tons, mens solceller ikke var medtaget. Forbruget må anses for at være stigende.

Cadmium som følgestof:

Fra naturens hånd findes cadmium sammen med zink og dermed også sammen med zinkoxid. Zink anvendes til galvaniserede produkter (blandt andet personbiler, lastbiler og busser), varer af zink, messing og nysølv. Zinkoxid anvendes som pigment, blandt andet i dæk. For 1990 blev der anslået et forbrug på i alt 2,5 - 2,6 tons, hvoraf de 2 tons stammede fra biler m.v. Disse 2 tons må anses for et ret højt estimat. Forbruget for 1996 er opgjort til 0,1 - 1,8 tons. Forbruget må anses for at være stagnerende. Praktisk taget hele mængden af cadmium stammer fra cadmium i zink med galvaniserede varer herunder biler m.v., som importeres, samt ren zink til galvanisering. Dæk, som indeholder zinkoxid, giver et mindre bidrag.

Tilførslen af cadmium med handelsgødning var for 1990 opgjort til 2,6 tons. For 1996 er den samlede tilførsel opgjort til 0,3 - 1,3 tons, hvoraf husdyrgødningen stod for ca. 0,2 tons. Her er således sket et klart fald i handelsgødningens indhold af cadmium som følge af lovgivningen.

Forbruget af cadmium med kalk var for 1990 anslået til 1,1 tons, mens det for 1996 er anslået til 0,9 - 1,9 tons. Forbruget må anses for at være stagnerende. Forbruget af kalk til landbrugsformål er dominerende. Kalkmængden til røggasrensning er i 1996 øget til 0,3 - 0,45 mio. tons svarende til 300 - 450% af 1990-niveauet, og mængden af cadmium er steget tilsvarende.

For 1990 blev tilførslen af cadmium med kul opgjort til 1,6 tons, hvilket må siges at være det samme som i 1996, hvor forsyningen blev opgjort til 1,4 tons.

Tilførslen af cadmium med olieprodukter blev for 1990 anslået til 1,2 tons. For 1996 er tilførslen anslået til 0,003 - 1,3 tons; denne må anses for at være stagnerende i forhold til 1990.

For cement blev tilførslen i 1990 anslået til 1,2 - 2,4 tons. For 1996 er tilførslen anslået til 2 tons; denne må anses for at være stagnerende i forhold til 1990.

For 1996 er forbruget af cadmium som følgestof i andre produkter (især træ, papir, halm og fødevarer) opgjort til 0,12 - 0,22 tons/år. Dette forbrug blev ikke opgjort for 1990.

English Summary

During the period of 1990 to 1996 the consumption of nickel-cadmium batteries and thus the consumption of cadmium was increasing. Nickel-cadmium batteries are especially used for battery-powered hand tools, mobile phones etc. The Danish Environmental Protection Agency decided to following the development for this particular use after 1996, which was the year of reference. In the period of 1996 to 1998 the sales of these batteries have been decreasing, and the consumption of nickel-cadmium batteries seems to have culminated. The increase of the consumption in the period of 1990 to 1996 corresponds to a certain extent to a reduction in the consumption of cadmium with plastic and in fertilisers. In 1996 there was an accumulation of cadmium with the consumers in the Danish community of 10-22 t exceeding the quantity in 1990. The atmospheric fallout on Denmark in 1996 is estimated at 6.2 t, which is round 12 times larger than the emission to the air from Denmark.

The regulation of cadmium in Denmark

Cadmium and its compounds might be acutely poisonous to men and animals. Cadmium furnishes good grounds for anxiety, because this metal accumulates in the human body, especially in the kidneys.

Danish law provides a series of regulations of the use of cadmium; for instance of cadmium-containing soldering fluxes, phosphor-containing fertilisers, cadmium-containing products, packaging, glazing and decorative paints, paints and enamel paints, foodstuffs, stimulants and cosmetics.

Additionally there is a regulation providing that cadmium-containing batteries are to be marked with a view to special collection and subsequent re-utilisation or disposal. Furthermore one regulation provides a tax on closed nickel-cadmium batteries. Additionally there is another regulation on collection of closed nickel-cadmium batteries in connection with which the collector obtains remuneration for environmentally safe collection and removal for recycling.

The purpose of this mass flow analysis is to achieve an updated overview of the use, the consumption and the distribution of cadmium in Denmark. In addition the future development of cadmium in the waste is assessed. A further aim is to achieve an overview of possible future applications in fields where its use might be increasing.

The investigation is to form the basis for the considerations of the Danish Environmental Protection Agency as regards its continuous efforts to restrict the cadmium impact on the population and the environment in Denmark.

Also in the early nineties a mass flow analysis of cadmium in Denmark was carried out.

A 3-part study of the use and removal of cadmium in Denmark

The investigation was carried out and reported in compliance with the guidelines stated in the Environmental Protection Agency's paradigm of this kind of investigations. The level of detailing and reliability of the investigation strived for corresponds to the level characterised as "detailed analyses".

The results presented in the project are based on statistics and information from approx. 200 public institutions, private enterprises and information centres. Without their kind attitude this information would not be available. As a principal rule the information is from 1996 which is the reference year.

The first part of the study concerns intentional applications of cadmium, i.e. applications for which cadmium has been chosen deliberately because of its technical and economic qualities. The applications in question are: Cadmium as metal, nickel-cadmium batteries, pigments and stabilisers in plastic toys and other plastics, sacrificial anodes, solders, jewellery etc. The unquestionably predominant application of cadmium on the whole is in closed nickel-cadmium batteries, especially used for battery-powered hand tools and mobile phones etc.

The second part of the study deals with cadmium as a follow substance, i.e. applications in which cadmium for natural reasons "follows" automatically. Zinc, fertilisers, cement, coal, mortar and oil products were studied.

The last part of the study concerns the quantity of cadmium in the waste products of scrap, solid waste, hazardous waste, wastewater and wastewater sludge.

On the basis of the above a summarising assessment of the applications and the consumption of cadmium in Denmark, the removal and loss of cadmium to the environment and a cadmium balance for Denmark have been carried out.

Principal conclusions

The total cadmium consumption is stagnant. An estimate of the consumption of cadmium in 1996 is 43-71 t in round figures. The consumption is dividable as follows:

Intended applications of cadmium	37 - 61 t	(approx. 87%)
Cadmium as a follow substance	5.4 - 9.5 t	(approx. 13%)

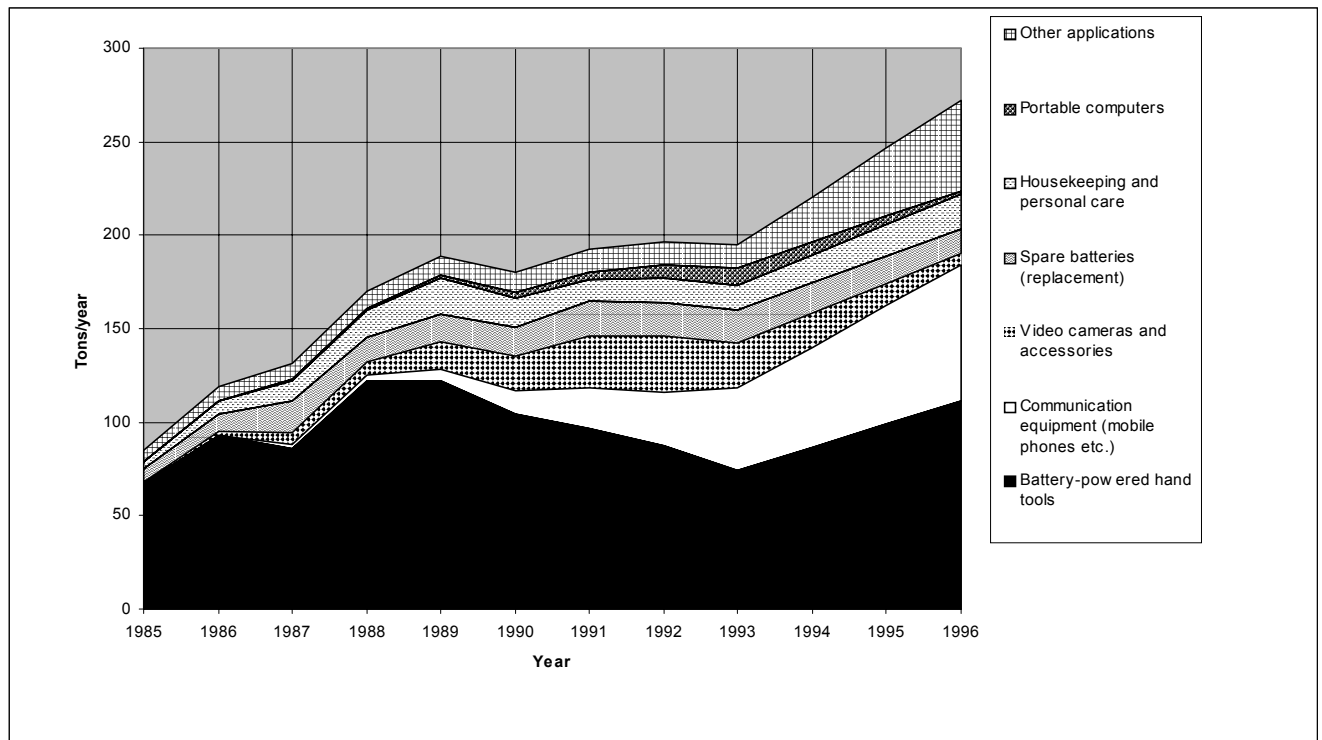
The consumption in 1990 was previously calculated at 50 t. Thus there is no reason to presume that the total consumption of each of the two years has been substantially different. In the 1990-survey the consumption with products was assessed at 39 t, whereas the consumption as a follow-substance was assessed at 11-12 t. That differs from the figures of 1996, when the consumption with products was higher, whereas the consumption as a follow-substance was lower. The principal explanation is a significantly increased supply of closed nickel-cadmium batteries in 1996, see figure 3, and a reduction of cadmium with plastic and in fertilisers.

For a series of applications lithium-ion batteries or batteries based on nickel-metal-hydride are replacing the nickel-cadmium batteries. A new type of zinc sacrificial anode with tin and indium instead of cadmium is being patented. If this type of anode gains a footing, the cadmium load on the marine environment will be reduced by 0.6 t cadmium annually. The quantity of

solar cells in Denmark is increasing, but the quantity of cadmium is expected to be small - in the area of 75 to 225 kg in year 2005. Also the quantity of electric vehicles with nickel-cadmium batteries in Denmark is increasing. The supply was assessed at 0.8 t cadmium in 1998, and in 1999 a supply of 1.2 t is expected.

Figure 3

The development in the supply of nickel-cadmium batteries in the period 1985 - 96, mean figures in t/year.



The total loss of cadmium to the environment in 1996 can be assessed at:

- 0.3-1.6 t cadmium to the air
- 0.9-2 t cadmium to the water
- 2.2-3.5 t cadmium to the soil

12-25 t cadmium was deposited, including incineration residue/ash from coal and refuse incineration. Some of the residue/ash is used for embankment and backfilling - roads, dams and the like.

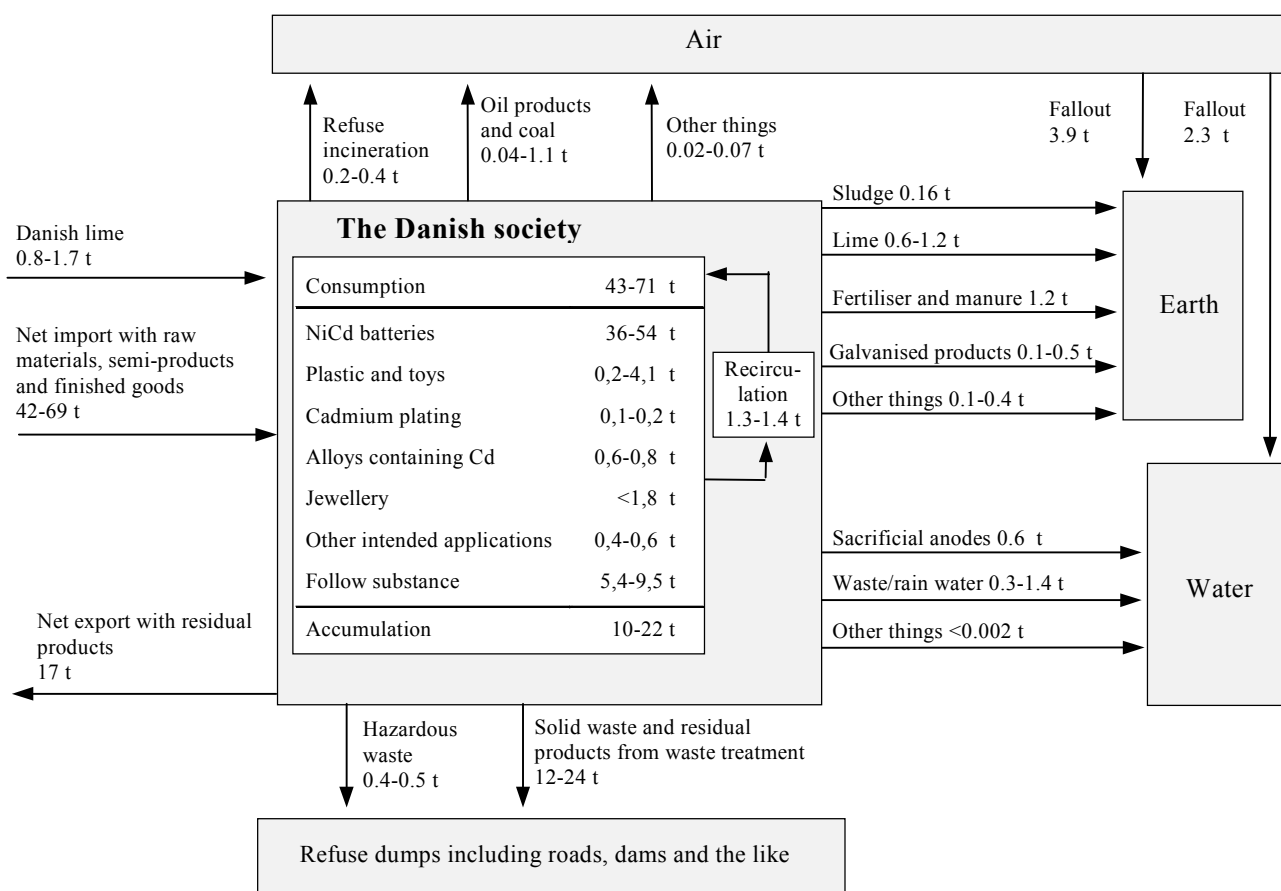
In 1996 the loss to the air derived mainly from refuse incineration and flaring of oil products, whereas the loss to the water derived especially from wastewater and storm-water from municipal wastewater and sacrificial anodes. The loss to the soil derived mainly from the use of fertiliser and manure as well as lime from farming.

When the total loss is compared to the figures of 1990 the loss to the air has been reduced considerably (from 2 t). The principal reason is that the emissions from the refuse incineration plants and the production of iron and steel have been reduced drastically. However, the loss to the water has increased considerably (from 0.7 t), which is mainly due to an increased loss from sacrificial anodes. The loss to the soil has been reduced (from 5 t); the legisla-

tion concerning the maximum content of cadmium in fertiliser is obviously effective. The quantity for deposition must be considered reduced (from 31 t). The explanation of this is that the quantities from the production of iron and steel, the fragmentation of scrap and the direct deposition have decreased. In return the quantities from refuse incineration have increased.

From figure 4 showing the cadmium balance of Denmark it appears that the largest item - both as regards imports and exports - is that of nickel-cadmium batteries (clearly dominated by closed batteries). The import was 36-54 t, whereas the export of used batteries for recycling was 13-16 t.

Figure 4
Cadmium balance for Denmark in 1996. All figures are tons Cd/year.



Totalling 1.3-1.4 t the remelting of plastic package is by far the predominant activity for recycling in Denmark. It should be noted that it is a cycle.

On the basis of the registration of consumption, export of residues and loss to the environment and the refuse dumps it is estimated that the accumulation in 1996 with the users in the Danish society was 10-22 t. The accumulation in 1990 was estimated at 6.6 t. Thus the accumulation of 1996 is considered higher than that of 1990.

On land there was in 1996 atmospheric fallout of cadmium of 3.9 t, whereas the fallout on the Danish waters is estimated at 2.3 t cadmium. It appears that the fallout on Denmark, totalling 6.2 t, is between 4 and 21 times higher than the emission to the air from Denmark. The atmospheric fallout in 1990

was estimated at 4.7 t over land and 4.2 t over the waters - totalling 8.9 t. Compared to that the total fallout in 1996 was reduced by 2.7 t or 30%.

Project results

Cadmium, with the chemical designation Cd, belongs to the zinc sub-group of the periodic system. Cadmium is widely distributed in the earth. The cadmium content in the earth's crust is estimated between 0.08 and 0.5 ppm. In the upper strata the cadmium content is typically between 0.1 and 1 ppm. Extraction of cadmium is profitable only where it is found in concentrations of 0.05 to 0.8% together with zinc minerals.

The found results of 1996 are given below in further detail. In order to illuminate the development trends the results are compared to those of 1990.

Intended applications of cadmium:

The supply of cadmium with open nickel-cadmium batteries in 1996 was assessed at 1-2.3 t. That amount cannot be considered substantially different from the 1.6 t assessed for 1990. However, the supply of cadmium with closed batteries in 1996 was assessed at 35-50 t compared to 30 t in 1990. This is the principal increase of the cadmium consumption compared to 1990. The two predominant applications of the closed batteries were battery-powered tools and communication equipment (mobile phones etc), see figure 3.

The consumption of cadmium with electronic components (equipped printed circuit boards excluding batteries and solders) was for 1996 assessed at 0.07-0.2 t/year. There is no assessment of the consumption in 1990.

For 1990 the consumption was assessed at 6.7 t for plastic excluding toys. For 1996 the consumption is estimated at 0-0.5 t cadmium. Thus the consumption has been reduced substantially. In Denmark cadmium is no longer used as pigment or stabiliser. The legislation has obviously been effective. For 1996 there is an estimated import with plastic products from the Far East of 0-0.5 t.

The consumption of cadmium with toys is for 1996 assessed at 0.2-3.6 t, of which the principal part is cadmium as pigment and stabiliser in non-branded toys imported from the Far East. The consumption in 1990 was not registered.

Of pigments for other purposes the consumption in 1996 was assessed at 0.04-0.05 t (artists' colours), whereas it was assessed at 0.007-0.012 t for 1990. Obviously this is an increase, but the consumption is very small.

For 1996 the consumption for cadmium plating and with cadmium plated parts was assessed at 0.1-0.2 t. For 1990 the consumption was assessed at 0.05-0.235 t. Thus the consumption is considered stagnant.

For 1990 the consumption of cadmium containing alloys was assessed at 0.31-0.325 t. For 1996 the consumption was assessed at 0.6-0.8 t. This is a doubling of the consumption. The 0.6 t derives from sacrificial anodes. The remaining part is solders and high-voltage lines.

The consumption in jewellery was assessed to be lower than 1.8 t in 1996. The investigation in 1990 did not include jewellery. The jewellery is partly so-called "Indian silver" imported from India and Nepal, and partly silver-plated or gilt bijouterie imported from various countries in the Far East.

Finally there are chemicals and solar cells. The consumption in 1996 was assessed at 0.3 t. The consumption with chemicals in 1990 was assessed at 0-0.1 t, whereas solar cells were not included. The consumption must be considered increasing.

Cadmium as a follow substance:

By nature cadmium exists with zinc, and thus also with zinc oxide. Zinc is used for galvanised products (among other things for passenger cars, lorries and buses), goods of zinc, brass and German silver. Zinc oxide is used as pigment, e.g. in tyres. For 1990 the consumption was assessed at 2.5-2.6 t, of which 2 t derived from cars etc. The 2 t must be considered a rather high estimate. The consumption in 1996 was assessed at 0.1-1.8 t. The consumption must be considered stagnant. Practically the whole quantity of cadmium derives from cadmium in zinc with galvanised goods, among other things imported cars etc and pure zinc for galvanising. Tyres containing zinc oxide contribute less.

The supply of cadmium with fertilisers was assessed at 2.6 t for 1990. For 1996 the total supply was 0.3-1.3 t, of which manure represented approx. 0.2 t. This means clearly a decrease in the cadmium content of the fertiliser as a result of the legislation.

The consumption of cadmium with lime was for 1990 assessed at 1.1 t, whereas it was 0.9-1.9 t for 1996. The consumption must be considered stagnant. The consumption of lime for farming purposes is predominant. The lime quantity for flue gas purification increased to 0.3-0.45 million t in 1996, corresponding to 300-450% of the 1990 level, and the quantity of cadmium increased correspondingly.

For 1990 the supply of cadmium with coal was assessed at 1.6 t, which is considered equal to that of 1996, assessed at 1.4 t.

The supply of cadmium with oil products for 1990 was assessed at 1.2 t. For 1996 the supply was assessed at 0.003-1.3 t; the supply is thus considered stagnant compared to 1990.

For cement the supply in 1990 was assessed at 1.2-2.4 t. For 1996 the supply was assessed at 2 t which is considered stagnant compared to 1990.

For 1996 the consumption of cadmium as a follow substance in other products (especially wood, paper, straw and food) was assessed at 0.12-0.22 t/year. The corresponding consumption of 1990 was not assessed.

1 Indledning

- Cadmium* Cadmium, med den kemiske betegnelse Cd, tilhører zink-undergruppen i det periodiske system tillige med kviksølv.
- Forekomst* Cadmium er vidt fordelt på jorden. I jordskorpen er indholdet skønnet at være mellem 0,08 og 0,5 ppm. I de øverste jordlag ligger cadmiumindholdet typisk på 0,1 til 1 ppm. Det er kun økonomisk rentabelt at udvinde cadmium, hvor det findes i koncentrationer på 0,05 til 0,8% sammen med zinkmineraller, (Ullmann's. 1998).
- Påvirkning af mennesker* Cadmium og dets kemiske forbindelser kan være akut giftige. Cadmium giver dog især grund til bekymring, fordi dette metal ophobes i menneskets krop og særligt i nyrerne. Denne ophobning finder sted lige fra fødslen og når et maksimum omkring 50 års alderen. For mennesker, der opnår en koncentration af cadmium i nyrebarken på omkring 200 mg/kg og derover må der regnes med, at nyrernes funktion forringes. Dette viser sig i første omgang ved en øget udskillelse af proteiner i urinen (proteinuri). Disse nyreskader kan også medføre øget udskillelse af calcium og fosfat i urinen, hvilket igen kan medføre knogleskørhed (osteomalaci) og forekomst af nyresten, (Miljøstyrelsen. 1995).
- Mennesket indtager cadmium med levnedsmidler og ved indånding. Desuden har tobaksrygning betydning for cadmiumbelastningen af mennesker, idet tobak indeholder cadmium, hvilket formentlig skyldes, at tobaksplanten i lighed med andre planter optager cadmium fra jord, (Miljøstyrelsen. 1995).
- Påvirkning af miljøet* Cadmium har en såvel akut som kronisk giftvirkning over for terrestrisk og akvatisk dyreliv. De vigtigste tegn på cadmiumforgiftning hos pattedyr er blodmangel, formindsket forplantningsevne, forstørrede led, lurvet pels, mindsket vækst samt lever- og nyreskader. Fisk, som udsættes for høje cadmiumkoncentrationer, udvikler hurtigt calciummangel og får nedsat hæmoglobinkoncentration i blodet, (Miljøstyrelsen. 1995).
- Rådets resolution* I sin resolution af 25. januar 1988, (Rådet. 1988), understreger Rådet for de Europæiske Fællesskaber, at vigtige elementer i strategien for bekæmpelse af cadmiumforurening med henblik på beskyttelse af befolkningens sundhed og miljøet bør være følgende:
- begrænsning af brugen af cadmium til de tilfælde, hvor der ikke findes egnede alternativer
 - tilskyndelse til forskning og udvikling vedrørende:
 - erstatningsprodukter
 - cadmiumindholdet i råstoffer, der anvendes til produktion af fosfatgødninger
 - tobakssorter og frøneringsplanter med lavere cadmiumindhold
 - indsamling og genbrug af produkter, der indeholder cadmium, fx batterier

2 Lovgivning

I dette kapitel gives en oversigt over den eksisterende, danske, anvendelsesbegrænsende regulering for cadmium. Reguleringen gennemgås kronologisk med fokus på krav og undtagelser.

Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 183 af 15. maj 1975 om forbud mod anvendelse af visse cadmiumholdige loddemidler

Jf. Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 183 af 15. maj 1975 om forbud mod anvendelse af visse cadmiumholdige loddemidler er det til loddearbejde forbudt at anvende loddemidler, der indeholder mere end 0,1 vægtprocent cadmium. Direktøren for arbejdstilsynet kan dog i tilfælde, hvor loddearbejdet foregår på fast arbejdssted, tillade brugen af disse loddemidler, når det godtgøres, at de beskæftigede under brugen ikke udsættes for sundhedsskadelig påvirkning.

Jf. (Petersen L. 1998) er der givet 1 - 2 sådanne tilladelser. Arbejdstilsynet ved godt, at nogle guld- og sølvsmede uden tilladelse bruger loddemidler med højt cadmiumindhold. Kræftbekendtgørelsen, Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 140 af 17. februar 1997 er ved at blive revideret; den ventes klar i 1999. Dette vil give mere opmærksomhed på problemet, de tilsynsførende vil få øget fokus på sagen, og importørerne/producenterne vil i højere grad mærke produkterne og lave bedre leverandørbrugsanvisninger.

Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 223 af 5. april 1989 om indhold af cadmium i fosforholdig gødning

I Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 223 af 5. april 1989 om indhold af cadmium i fosforholdig gødning er der angivet det maksimalt tilladelige indhold af cadmium i fosforholdige handelsgødninger baseret på råfosfat med et totalt fosforindhold på 1% eller derover. Bekendtgørelsen omfatter ikke staldgødning, kompost, slam eller tilsvarende affaldsprodukter, medmindre disse er tilsat fosfor udvundet af råfosfat. Miljøstyrelsen kan i særlige tilfælde tillade, at disse regler fraviges. Dette er til dato (august 1998) ikke sket, (Bonde T. 1998).

Det maksimalt tilladelige indhold af cadmium i disse gødninger er (tallene angiver mg cadmium pr. kg fosfor):

Efter 1. juli 1990:	200
Efter 1. juli 1995:	150
Efter 1. juli 1998:	110

Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1199 af 23. december 1992 om forbud mod salg, import og fremstilling af cadmiumholdige produkter

Jf. Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1199 af 23. december 1992 om forbud mod salg, import og fremstilling af cadmiumholdige produkter (Forbudsbekendtgørelsen) er import, salg og fremstilling af cadmiumholdige produkter forbudt. Ved cadmiumholdige produkter forstås i bekendtgørelsen produkter, hvori cadmium indgår som overfladebehandling (cadmiering), farvepigment eller plaststabilisator med mere end 75 ppm i produktets homogene enkeltdele. Uanset dette forbud er fremstilling, import og salg af cadmiumholdige produkter til visse formål, nævnt i bilag til bekendtgørelsen, fortsat tilladt indtil de i bilaget anførte datoer forudsat, at Miljøstyrelsen gives meddelelse herom.

Forbudet mod at cadmiere metalprodukter eller bestanddele heraf finder dog ikke anvendelse på:

- varer og bestanddele af varer, som anvendes til luftfarts- og rumfartssektoren, til minedrift, i offshoreindustrien og den nukleare sektor, hvor

der kræves en høj grad af sikkerhed samt i sikkerhedsudstyr i landevejs- og landbrugskøretøjer, i rullende jernbanemateriel og i skibe

- elektriske kontakter, uanset anvendelsesområde, for at sikre pålideligheden af det apparatur, hvori de installeres
- musikinstrumenter; indtil videre
- præcisionsinstrumenter, fx optik, høreapparater m.v.; indtil videre

Forbudet mod anvendelsen af cadmium som farvepigment gælder indtil videre ikke for:

- keramiske produkter, glasvarer, tandcement, kunstnerfarver, kunstværker m.v., se dog Miljøstyrelsens bekendtgørelse nr. 1042 af 17. december 1997 om begrænsning af salg og anvendelse

Som følge af bekendtgørelsens §1 stk. 4: "Bekendtgørelsen berører ikke de bestemmelser, der følger af anden lovgivning vedrørende cadmiumholdige produkter." er fx legetøj, emballage og medicinsk udstyr ikke omfattet.

Miljøstyrelsen kan i særlige tilfælde tillade, at bekendtgørelsen fraviges under forudsætning af, at direktiv 91/338/EØF ikke er til hinder herfor.

Til dato (august 1998) er der ikke givet nogen dispensationer, (Orloff A. 1998). Der er ikke foretaget nogen indberetninger eller givet nogen meddelelser til Miljøstyrelsen.

Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 966 af 13. december 1993 om visse batterier og akkumulatører

I Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 966 af 13. december 1993 om visse batterier og akkumulatører, der indeholder farlige stoffer, er det angivet, at import og salg af batterier og akkumulatører, som indeholder mere end 0,025 vægtprocent cadmium må kun finde sted, såfremt batteriet eller akkumulatøren er mærket med henblik på særskilt indsamling og efterfølgende nyttiggørelse eller bortskaffelse. Mærket forsynes med den kemiske betegnelse for det indeholdte tungmetal.

Forbrugerstyrelsens bekendtgørelse nr. 329 af 23. maj 1995 om sikkerhedskrav til legetøj

Af Forbrugerstyrelsens bekendtgørelse nr. 329 af 23. maj 1995 om sikkerhedskrav til legetøj og produkter, som på grund af deres ydre fremtræden kan forveksles med levnedsmidler (Legetøjsbekendtgørelsen) fremgår af bilag 2, at med henblik på beskyttelsen af børns sundhed må biotilgængeligheden som følge af anvendelsen af legetøj pr. dag ikke overstige 0,6 µg cadmium. Ved biotilgængelighed forstås afgivelsen af opløselige stoffer, som har væsentlig toksikologisk betydning.

Legetøj må kun bringes i omsætning, hvis det er konstrueret og fremstillet i overensstemmelse med enten standarderne CEN, DS/EN71 del 1-6, (CEN. 1989), (CEN. 1990), (CEN. 1993), (CEN. 1994a-b), (CEN. 1995) samt CENELEC, DS/EN 50088 + A1, (CENELEC. 1996), eller med en prototype, der er typegodkendt af et godkendt organ. Dette legetøj skal forsynes med CE-mærkning, inden det bringes i omsætning. Den ansvarlige for CE-mærkningen er den, der bringer legetøjet i omsætning.

Det må bemærkes, at CE-mærkningen ikke siger noget om legetøjs indhold af cadmium.

Lov nr. 414 af 14. juni 1995 om afgift af hermetisk forseglede nikkel-cadmium akkumulatører

Jf. lov nr. 414 af 14. juni 1995 om afgift af hermetisk forseglede nikkel-cadmium-akkumulatører (lukkede nikkel-cadmium-batterier), som gældende efter lovbekendtgørelse nr. 561 af 3. august 1998, skal der betales afgift til

statskassen af hermetisk forseglede nikkel-cadmium-akkumulatorer. Afgiften udgør for:

- nikkel-cadmium løse rundceller, enkelte eller sammenbyggede knapceller eller fladpak 6 kr. pr. stk.
- sammenbyggede nikkel-cadmium-rundceller 36 kr. pr. pakke, dog mindst 6 kr. pr. celle.

For brugte varer udgør afgiften det samme som for en tilsvarende ny vare, dog mindst 120 kr. pr. kg nikkel-cadmium-akkumulator.

Lov nr. 404 af 14. juni 1995 om godtgørelse i forbindelse med indsamling af hermetisk forseglede nikkel-cadmium-akkumulatorer

Jf. lov nr. 404 af 14. juni 1995, som gældende efter lov nr. 397 af 22. maj 1996, om godtgørelse i forbindelse med indsamling af hermetisk forseglede nikkel-cadmium-akkumulatorer ydes der en godtgørelse på 120 kr./kg hermetisk forseglede nikkel-cadmium-akkumulator. Loven udmøntes med nedennævnte bekendtgørelse nr. 93 af 22. februar 1996. Lov nr. 404 er ændret ved lov nr. 1105 af 29. december 1999, hvorved godtgørelsen er hævet til 150 kr./kg.

Bekendtgørelse nr. 93 af 22. februar 1996 om indsamling af hermetisk forseglede nikkel-cadmium-akkumulatorer

Jf. bekendtgørelse nr. 93 af 22. februar 1996 om indsamling af hermetisk forseglede nikkel-cadmium-akkumulatorer (lukkede nikkel-cadmium batterier) og godtgørelse til indsamling og bortskaffelse til genanvendelse kan der ydes godtgørelse til en miljømæssig forsvarlig indsamling og bortskaffelse til genanvendelse af hermetisk forseglede nikkel-cadmium-akkumulatorer (lukkede nikkel-cadmium batterier). Godtgørelsen kan ydes til private og offentlige virksomheder, foreninger, kommuner m.v., der indsamler og afleverer eller forestår aflevering af lukkede nikkel-cadmium batterier til genanvendelse. Godtgørelsen udgør 120 kr./kg indsamlede lukkede nikkel-cadmium batterier leveret til genanvendelse. For at få udbetalt godtgørelse skal indsamlingsvirksomheder lade sig registrere hos Miljøstyrelsen.

Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 130 af 10. februar 1997 om underretningspligt ved eksport

Af Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 130 af 10. februar 1997 om underretningspligt ved eksport af visse brugte produktionsanlæg fremgår, at såfremt der udledes cadmium med spildevand i væsentligt omfang, er der underretningspligt til tilsynsmyndigheden ved eksport af brugte produktionsanlæg på listevirksomheder. Ved udledning forstås såvel direkte udledning af spildevand til vandløb, søer eller havet som afledning af spildevand til offentligt renseanlæg. Ved 'væsentligt' forstås en udledning, der uden spildevandsrensning vil være større end 10 kg/år.

Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 140 af 17. februar 1997 (Kræftbekendtgørelsen)

Arbejde med stoffer og materialer, der indeholder mindst 0,1% cadmium eller cadmiumforbindelser, er omfattet af Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 140 af 17. februar 1997 (Kræftbekendtgørelsen) om foranstaltninger til forebyggelse af kræftisikoen ved arbejde med stoffer og materialer.

Miljøstyrelsens bekendtgørelse nr. 298 af 30. april 1997 om visse krav til emballager

Miljøstyrelsens bekendtgørelse nr. 298 af 30. april 1997 om visse krav til emballager regulerer emballages og emballagekomponenters indhold af bly, cadmium, kviksølv og hexavalent chrom. I perioden 30. juni 1998 til 30. juni 1999 må emballage og emballagekomponenter kun markedsføres her i landet, såfremt summen af koncentrationerne af bly, cadmium, kviksølv og hexavalent chrom ikke overskrider 600 ppm på vægtbasis. I perioden 30. juni 1999 til 30. juni 2001 må emballage og emballagekomponenter kun markedsføres her i landet, såfremt summen af koncentrationerne af bly, cadmium, kviksølv og hexavalent chrom ikke overskrider 250 ppm på vægtbasis. Efter 30. juni 2001 må emballage og emballagekomponenter kun markedsføres

res her i landet, såfremt summen af koncentrationerne af bly, cadmium, kviksølv og hexavalent chrom ikke overskrider 100 ppm på vægtbasis.

Europa-Kommissionen arbejder for tiden på en beslutning om at dispensere for kravet til maksimalt tungmetalindhold af plastkasser og -paller, (Kommissionen. 1998). Dispensationen skal gælde plastkasser og -paller, der anvendes i et kontrolleret distributions- og genanvendelsessystem, hvor emballagen bl.a. skal mærkes og undergives et passende pantsystem. Kværnede kasser må kun bruges til at fremstille nye kasser med, og det tilsvarende skal gælde for paller. Beslutningen skal gælde i 10 år. På et møde i juli 1998 blev det besluttet, (Kristensen H. 1998), at:

- Kommissionsbeslutningen bliver umiddelbart gældende i alle lande
- Grænsen for hvor meget virgint (jomfrueligt) materiale, der må tilsættes det tungmetalholdige plast i forbindelse med produktion af nye emballager hæves fra 10 til 20%
- Returprocenten for de pågældende emballager blev reduceret fra mindst 95% til mindst 90%

Kommissionsbeslutningens skæbne er i skrivende stund (september 1998) ikke helt afklaret, (Kristensen H. 1998).

Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 801 af 23. oktober 1997 om klassificering, emballering, mærkning, salg og opbevaring

I Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 801 af 23. oktober 1997 om klassificering, emballering, mærkning, salg og opbevaring af kemiske stoffer og produkter er det fastsat, at kemiske produkter (legeringer), som indeholder cadmium, og som skal anvendes til lodning og svejsning, på etiketten skal forsynes med følgende påskrift: 'Advarsel! Indeholder cadmium. Der udvikles farlige dampe under anvendelsen. Se fabrikantens oplysninger. Overhold sikkerhedsforskrifterne'.

Miljøstyrelsens bekendtgørelse nr. 1042 af 17. december 1997 om begrænsning af salg og anvendelse

I Miljøstyrelsens bekendtgørelse nr. 1042 af 17. december 1997 om begrænsning af salg og anvendelse af visse farlige kemiske stoffer og produkter til specielt angivne formål er der angivet en række anvendelsesbegrænsninger for cadmium. Glasurer og dekorationsfarver til brug ved ikke-erhvervsmæssig fremstilling af keramiske genstande, emaljerede genstande samt glasvarer, der er bestemt til, eller som må antages at kunne finde anvendelse i forbindelse med levnedsmidler, som f.eks. tepotter, krus, krukker, kander, fade, tallerkener og skåle, må ikke indeholde mere end 0,002 pct. cadmium. Anvendelse af cadmium til farvning af malinger og lakker er forbudt. Såfremt malingerne og lakkerne har et højt indhold af zink, skal koncentrationerne af urenheder af cadmium være så lave som muligt og må under ingen omstændigheder overstige 0,1 vægtprocent. Cadmium eller cadmiumforbindelser må ikke tilsættes levnedsmidler eller nydelsesmidler.

Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 303 af 18. maj 1998 om kosmetiske produkter

Jf. Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 303 af 18. maj 1998 om kosmetiske produkter må cadmium og forbindelser heraf ikke indgå i kosmetiske produkter som bestanddele i disse.

"Listen over uønskede stoffer"

Endelig bør det nævnes, at cadmium og cadmiumforbindelser er omfattet af "Listen over uønskede stoffer", (Miljøstyrelsen. 1998b).

3 Tilsigtede anvendelser af cadmium

Indledning

I dette kapitel gennemgås tilsigtede anvendelser af cadmium som råvare og i færdigvarer.

3.1 Import og eksport af cadmium som råvare

I nedenstående tabel 3.1 er angivet importen, eksporten og forsyningen af cadmium og cadmiumforbindelser for 1996. Tallene er gennemsnit for perioden 1995 - 1997. Tallene for import og eksport er hentet i Danmarks Statistiks tal for udenrigshandelen. Forsyningen, som er lig med importen minus eksporten, da der ikke er produktion af disse produkter i Danmark, var samlet på 0,5 tons cadmium pr. år.

Tabel 3.1

Import, eksport og forsyning af cadmium og cadmiumforbindelser i 1996 jf. Udenrigshandelsstatistikken, (Plovsing J, Thomasen J. 1996), (Plovsing J, Sørensen R S. 1997) og (Plovsing J, Sørensen R S. 1998).

Vare	Import ¹⁾	Eksport ¹⁾	Forsyning ¹⁾
	Tons Cd/år		
Cadmiumoxid ³⁾	0,06	0	0,06
Cadmiumsulfid ⁴⁾	0,1	0	0,1
Cadmiumnitrat ⁵⁾	0,2	0	0,2
Pigmenter og præparater ⁶⁾	0,08	0,03	0,05
Cadmium pulver	0,03	0	0,03
Cadmium og varer deraf	0,03	0	0,03
I alt ²⁾	0,5	0,03	0,5

Noter:

- 1) Tallene er gennemsnit for perioden 1995 - 1997.
- 2) Tallene er afrundede.
- 3) Der er regnet med et indhold af cadmium på 87,5%.
- 4) Der er regnet med et indhold af cadmium på 77,8%.
- 5) I Udenrigshandelsstatistikken omfatter posten nitrater af fem metaller: bari-um, beryllium, cadmium, cobalt og nikkel. Der er regnet med et indhold af cadmium på 7,3%.
- 6) Der er regnet med et indhold af cadmium på 25%.

Cadmiumoxid, cadmium pulver samt cadmium og varer heraf anvendes til cadmiering. Cadmiumsulfid anvendes som kemikalie; anvendelsen er ikke nærmere sporet. Cadmiumnitrat anvendes fortrinsvist som laboratoriekemikalie. Cadmiumholdige pigmenter og præparater anvendes til produktion af kunstnerfarver.

I Danmarks Statistiks tal for Udenrigshandelen er der for perioden 1994 - 1997 angivet en forholdsvis stor eksport af cadmiumsulfat, CdSO_4 . Importen er angivet til 0. Som gennemsnit for disse fire år er anført en eksport på 358 tons cadmiumsulfat svarende til 157 tons cadmium. Disse tal virker meningsløse og anses for at være udtryk for en fejlpostering. Der er sandsynligvis tale om en forveksling med calciumsulfat, CaSO_4 , eller gips, der er et biprodukt fra røggasrensning.

3.2 Nikkel-cadmium batterier og akkumulatorer

3.2.1 Åbne batterier

Anvendelse

Markedsaktører har peget på nedenstående anvendelsesområder for åbne NiCd-batterier. Anvendelserne sker typisk på områder, hvor blyakkumulatorer er blevet vurderet til at aflade for hurtigt og til ikke at have tilstrækkelig kapacitet.

- Backup-batterier i måle- og reguleringsstationer i gasforsyningsnettets overgange fra DONG til de lokale gasforsynings selskaber, (Secher T T. 1998).
- Nødforsyningsanlæg, startgeneratorer og startmotorer i offshoreindustrien, (Robson M. 1998), og i forsvaret, (Bøiehøj J. 1999).
- Nødforsyningsanlæg og startmotorer til lokomotiver og togstammer, (Danielsen H. 1998).
- Nødforsyningsanlæg og startmotorer til civile og militære fly, (Petersen J. 1999) og (Bøiehøj J. 1999).
- Nødforsyningsanlæg til operationsstuer på sygehuse, (Pedersen H A. 1998).
- Nødforsyningsanlæg til store trafik anlæg som f.eks. overvågningsanlægget ved Storebæltsbroen, (Pedersen H A. 1998).
- Elbiler

Tidligere har Asnæsværket og Københavns Vandforsyning anvendt åbne nikkel-cadmium batterier, men disse er nu substitueret af blyakkumulatorer, (Passow J. 1998).

Søværnet anvender ikke længere åbne nikkel-cadmium batterier, (Bøiehøj J. 1999).

Som den eneste bilproducent leverer Citroën person- og varebiler med NiCd-batterier i Danmark. Salget er stadig på begynderstadiet; de danske kommuner er dog begyndt at røre på sig, blandt andet inspireret af kravene om "zero emission" i Californien. Indtil videre afventer de andre bilmærker Citroëns succes. Salget af personbiler var i Europa i 1997 på ca. 30 mio. stk.; til sammenligning blev der solgt ca. 1.500 elbiler svarende til 0,5%. Ved køb af en Citroën elbil laves der en aftale mellem køberen, forhandleren og importøren om, at de brugte batterier sendes tilbage til fabrikanten i Frankrig. Citroën giver 5 års garanti på batterierne, men det er endnu for tidligt at sige noget mere præcist om den faktiske levetid under danske forhold, (Lindtner H. 1998).

Beskrivelse af åbne NiCd-batterier

Åbne nikkel-cadmium batterier består af en eller flere nikkel-cadmium celler, hvor den positive elektrode består af nikkel, og den negative består af cadmium. Ud over elektroderne består disse batterier af stærk basisk elektrolyt, separatorer og en ydre kappe, (ØKOconsult, Jørgensen C E. 1992).

Ifølge (ØKOconsult, Jørgensen C E. 1992) udgør nikkel vægtmæssigt 4 - 11 % og cadmium tilsvarende 3 - 7,5 %. Det procentvise indhold af cadmium er stærkt afhængig af, hvor stort batteriet er. For større batterier betyder den ydre kappe mindre end for små batterier. Større batterier indeholder derfor procentvist mest cadmium.

Åbne nikkel-cadmium batterier sammensættes af enkeltceller, der typisk kan levere 1,2 V og har en vægt på 11,7 kg, (Pedersen Å. 1998).

Åbne batteriers kapacitet opgøres normalt i Amperetimer, hvor 5 g cadmium kan levere 1 Amperetime, (Tenberg A. 1998).

Levetider for åbne NiCd-batterier

Levetiden for et åbent nikkel-cadmium batteri afhænger blandt andet af batteriets størrelse, vedligeholdelsesgraden samt anvendelsen. Levetiderne er typisk 4 - 8 år for mindre batterier og 10 - 25 år for større. Længst levetid, 15 - 25 år, opnås ved stand-by funktioner og ved nødstrømsforsyning, fx på boreplatforme og hos DONG. Ved anvendelse som startbatteri i diesellokomotiver er levetiden 8 - 10 år, da det slider på batterierne at blive anvendt som startbatteri. Kortest levetid, omkring 6 år, opnås ved anvendelse som start- og nødbatteri til fly. Dette skyldes, at flyselskaberne bortskaffer fuldt funktionsdygtige batterier, idet der kræves optimal sikkerhed, (ØKOconsult, Jørgensen C E. 1992).

Produktion, import og eksport

Alle åbne batterier importeres. Størstedelen af de åbne batterier, som bliver anvendt i Danmark, bliver produceret i Frankrig.

Enkelte danske leverandører af åbne batterier har af og til en vis eksport. Dette kan for enkelte batterityper betyde en negativ forbrug i enkelte år. Set over en årrække er eksporten dog væsentligt mindre end importen.

Forbrug

På grundlag af Danmarks Statistiks tal for udenrigshandelen kan den årlige forsyning som gennemsnit over perioden 1995 - 1997 opgøres til 29 tons åbne batterier. Med et cadmiumindhold på 3 - 7,5% svarer dette til en gennemsnitlig forsyning af cadmium på 0,9 - 2,2 tons/år.

Herudover kommer de åbne batterier, der importeres med elbiler. Importen og dermed forbruget af cadmium i NiCd-batterier i elbiler i Danmark i perioden 1996 - 1999 er vist i nedenstående tabel 3.2.

Tabel 3.2

Import/forbrug af cadmium i NiCd-batterier i elbiler i perioden 1996 - 1999, (Jensen S V. 1998) og (Lindtner H. 1998).

Forsyning	1996	1997	1998	1999
	tons/år			
Cadmium i NiCd-batterier i elbiler	0,09	0,4	0,8	1,2

Noter:

- 1) Det er konservativt forudsat, at NiCd-batterierne indeholder 7,5% cadmium.
- 2) Tallet for 1999 er en prognose.

Det samlede forbrug af cadmium med åbne batterier i 1996 kan således opgøres til 1 - 2,3 tons/år.

Udviklingstendens

I opgørelsen for 1990, (Jensen A, Markussen J. 1993), var forbruget 1,6 tons cadmium. Forbruget må anses for at være stagnerende.

Med de nye Øresundstog vil der omkring år 2000 blive tilført 0,8 - 2 tons cadmium.

Bestand af åbne NiCd-batterier

Ved kontakt til en række brugere af åbne NiCd-akkumulatorer er bestanden opgjort for 1996, se tabel 3.3.

Tabel 3.3

Bestand af åbne NiCd-akkumulatorer i 1996.

Bruger	Mængde af cadmium Tons
Flyvevåbnet	1,8
DONG (naturgasnettet)	0,8
DSB	0,2-0,5
Mærsk (offshore)	0,1-0,3
Civile fly	0,2
Elbiler	0,09
Hæren	0,009
Andre	0,4 ¹⁾
I alt	3,6-4,1

Note:

1) Tallet er skønnet.

Bestanden kan nu anslås til 3,6 - 4,1 tons cadmium, hvilket er et væsentligt fald i forhold til 1990, hvor den var på 6,7 - 16,9 tons, (Jensen A, Markussen J. 1993).

Tidligere var offshoreindustrien den største bruger tæt fulgt af DSB.

Det skal bemærkes, at med de kommende Øresundstog vil bestanden omkring år 2000 øges med 0,8 - 2,0 tons cadmium.

Leverandører til det danske marked vurderer markedet som vigende, især fordi prisen på nikkel-cadmium batterier er 3-4 gange højere end tilsvarende blybatterier. Enkelte betoner dog, at udviklingen inden for alternativ energi, f.eks. solceller betyder et stigende forbrug af store, åbne nikkel-cadmium-batterier.

Som supplement til blyakkumulatorer sætter betydende leverandører af bl.a. batterier lid til udviklingen af batterier baseret på lithium-ion teknologi, (Pedersen H.A. 1998).

Bortskaffelse og tab

Enkelte brugere af åbne nikkel-cadmium batterier leverer udtjente batterier tilbage til den oprindelige leverandør, (Danielsen H. 1998) og (Secher. 1998). Batteriernes lange levetid kan betyde, at et batteri skal bortskaffes via

andre virksomheder end dem, der har leveret det, (Rasmussen B. 1998). Ellers bortskaffes udtjente batterier til Kommunekemi.

Leverandører af nikkel-cadmium batterier betoner, at prisen på bortskaffelse af et nikkel-cadmium batteri kan overstige prisen på et nyt blybatteri, hvilket kan være en barriere for at bringe nikkel-cadmium-batterier ind i det forventede genanvendelseskredsløb, (Poulsen N M. 1998).

De indsamlede batterier kan omsmeltes i Frankrig eller Sverige. Da der ikke er mulighed for omsmeltning i Danmark, bliver de danske batterier normalt sendt til Sverige, (Pedersen H A. 1998).

De allerfleste leverandører anvender Kommunekemi til at bortskaffe de udtjente batterier. En enkelt leverandør plejer dog at levere direkte til en udenlandsk virksomhed, der genanvender batteriets indhold af cadmium. Leverandøren modtog ingen udtjente batterier i 1996. Kommunekemi modtog i 1996 14 tons åbne nikkel-cadmium batterier svarende til 0,4 - 1,0 tons cadmium. På Kommunekemi tapper man elektrolytten af. Resten eksporteres til genanvendelse i Frankrig. Elektrolytten behandles på Kommunekemis uorganiske anlæg. Filterkagen deponeres på lossepladsen ved Klintholm, (Vestervang S. 1999). Mængden af cadmium i denne filterkage er yderst lille, mindre end 1 g/år, og der ses bort fra den i det følgende.

Der er ikke regnet med tab af cadmium fra elbiler på grund af aftalen om tilbagetagning af alle brugte batterier.

Tabet af cadmium til miljøet i Danmark vurderes derfor at være yderst begrænset og sættes i det følgende til nul.

I 1996 ophobedes 0,6 - 1,3 tons cadmium med åbne batterier i Danmark.

3.2.2 Lukkede batterier

Nikkel-cadmium batterier udgør en stor del af cadmiumforbruget både i Danmark og globalt. De såkaldt lukkede eller forseglede nikkel-cadmium batterier (herefter kaldt NiCd-batterier) ligner almindelige primærbatterier som brunstens- og alkalinebatterier og anvendes også i mange tilfælde som erstatning for disse.

Generelle oplysninger om lukkede nikkel-cadmium batterier

NiCd-batterier er genopladelige, dvs. at de til forskel fra primærbatterier (bl.a. alkaline- og brunstensbatterier) kan aflades og genoplades mange gange.

De vigtigste anvendelser af NiCd-batterier i 1996 var:

- Batteridrevet håndværktøj
- Kommunikationsudstyr
 - Håndportable mobiltelefoner
 - Trådløse telefoner
 - Håndportabelt radioudstyr
- Videokameraer og tilbehør
- Apparater til husholdning og personlig pleje
 - Batteridrevne håndstøvsugere ("Dust busters")
 - Barbermaskiner
 - Skæg- og hårtrimmere
 - Eltandbørster mv.

- Løse batterier og batteripakker, såkaldt "replacement", dvs. til erstatning af primærbatterier hos brugerne og som nye pakker til apparater.

Tidligere har der også været en væsentlig anvendelse af NiCd-batterier til bærbare computere. I 1996 var denne anvendelse næsten ophørt, og NiCd var erstattet af andre batterityper. Se mere herom nedenfor.

I omtalen her af lukkede NiCd-batterier er der mange steder refereret til et detaljeret studie af forbrug og bortskaffelse af NiCd-batterier med titlen "Indsamlingspotentiale for genopladelige batterier" (Maag J, Hansen E. 1994). Også den generelle beskrivelse af NiCd-batterier i det følgende er baseret på oplysninger indsamlet i det nævnte studie.

NiCd-batteriets opbygning

NiCd-battericellen er opbygget af en cadmium- og en nikkelelektrode, reelt to plader, der er adskilt af en separator af et plastmateriale. Separatoren er gennemtrængelig for vandmolekyler samt vandopløste ioner, og den er mættet med en opløsning af kaliumhydroxid i vand. Lukkede NiCd-batterier er yderst omgivet af en tætsluttende stålkappe, der beskytter battericellen, og samtidig virker som elektrisk leder.

Batteripakker

NiCd-batteriers cellespænding er 1,2 V uafhængigt af celledørrelsen. I de fleste anvendelser af NiCd-batterier i apparater er flere batterier serieforbundne for at opnå større kraft. Den resulterende spændingsforskel er 1,2 V ganget med antallet af batterier.

Sådanne serieforbundne batterier kan enten være fastmonterede i apparaterne eller monterede i en batteripakke, som ved hjælp af en simpel udløsningsmekanisme kan tages ud af apparatet. I en batteripakke er batterierne typisk omsluttet af en fast plastskal (eller sjældnere af krympeplast) og forbundet med apparatet via en elektrisk forbindelse monteret udenpå pakken.

Batteristørrelser

NiCd-batterier fremstilles som rundceller, knapceller og såkaldte prismatiske celler (flade eller firkantede). Rundcellerne findes i de fleste af de størrelser, der er kendt fra almindelige primærbatterier. Desuden fremstilles en række andre størrelser, som altovervejende anvendes til indbygning i og som batteripakker til apparater. I tabel 3.4 er de almindeligste batteristørrelser vist. Det bemærkes, at for de enkelte størrelser kan både vægt og kapacitet variere afhængigt af fabrikat og anvendelse. I forhold til de data, der er givet i tabel 3.4 må der for de enkelte størrelser påregnes vægtforskelle af størrelsen $\pm 10\%$.

Batterier til forskellige behov

Batterierne kan være designet med særligt stor kapacitet (disse typer er til lille strømstyrke), til store strømstyrker (disse typer har mindre kapacitet), til hurtig opladning eller til ekstreme temperaturer. NiCd-batterier i apparater er altid tilpasset apparatets behov og funktion.

Energitæthed

Især frem mod midten af 1990'erne er der sket en generel udvikling frem mod større energitæthed. For visse anvendelser er udviklingen fortsat siden (set for håndværktøj). Motivationen er at få lette håndbårne apparater med længst mulig funktionstid pr. genopladning. Da energitætheden er snævert forbundet med cellevægten, betyder det, at også batteriernes vægt har været let stigende.

Tabel 3.4
Almindelige NiCd-batteristørrelser fortrinsvis til konsumentbrug/løssalg¹⁾.

Forskellige typebetegnelser	Dimensioner		Vægt	Kapacitet	Spændingsforskel
	Diameter	Længde			
R1, N, Lady	12 mm	29 mm	9 g	150 mAh	1,2 V
R 03, AAA, Micro	10,5 mm	44 mm	10 g	200 mAh	1,2 V
R 6, AA, Mignon	14,5 mm	50,3 mm	24 g	600 mAh	1,2 V
R 14, C, Baby	26 mm	49 mm	67 g	2,0 Ah	1,2 V
R 14, C, Baby	26 mm	49 mm	55 g	1,4 Ah	1,2 V
SC (Sub-C)	23 mm	42,2 mm	50 g	1,2 Ah	1,2 V
R 20, D, Mono	33,5 mm	61 mm	147 g	4,0 Ah	1,2 V
R 20, D, Mono	33,5 mm	61 mm	78 g	1,4 Ah	1,2 V
V 7/8 R	26,6/15,7 mm ²⁾	48,5 mm	45 g	120 mAh	9,0 V
F	33,5 mm	91 mm	237 g	7,0 Ah	1,2 V

Noter:

- 1) Kilde: Producenten Vartas katalog citeret i (Maag J, Hansen E. 1994).
- 2) Rektangulært batteri, der indvendigt er sammensat af 7 eller 8 små battericeller.

Bortskaffelsesmængder

De årlige mængder af NiCd-batterier, der skal bortskaffes, kan vurderes ud fra batteriernes levetid og kendskab til brugernes bortskaffelsesadfærd. NiCd-batterier skal ifølge lovgivningen indsamles og genanvendes på grund af cadmiums miljøgiftighed. For NiCd-batterier kaldes de totale bortskaffelsesmængder derfor ofte "indsamlingspotentialet". Bortskaffelse og tab til miljøet af cadmium spredt med NiCd-batterier er behandlet samlet for alle anvendelser af lukkede batterier sidst i afsnit 3.2.2.

NiCd-batteriers levetid

Et NiCd-batteri kan genoplades et vist antal gange, før den maksimale kapacitet pr. opladning er så lille, at brugeren skifter batteri. Antal mulige genopladninger (såkaldte "cycles") kan variere fra mindre end 300 helt op til omkring 3000, afhængigt af teknisk kvalitet, anvendelse, brugsmønster og ladeapparat.

Udsættelse for overbelastning, ophedning, overopladning og mekaniske skader kan medføre øjeblikkeligt funktionssvigt. Desuden kan fænomenerne "memory-effekt" og "selvafladning" give brugeren den opfattelse, at batteriet er defekt, selvom disse tilstande faktisk kan afhjælpes.

Memory-effekt og selvafladning

Ved gentagne delopladninger, d.v.s. opladninger, hvor batteriet oplades til mindre end fuld kapacitet, eller opladninger som starter før batteriet er helt afladet, ses det ofte, at batteriets maksimumskapacitet falder. Dette skyldes, at batteriet "glemmer" den del af sin kapacitet, der ikke bliver udnyttet (deraf navnet memory-effekt). Fuld kapacitet kan imidlertid genskabes ved gentagne gange at aflade batterierne fuldstændigt (uden overbelastning) og derefter oplade dem helt.

For NiCd-batterier sker der altid en løbende selvafladning. Hvis batteriet ikke benyttes, vil det efter en fuld opladning kunne selvaflade fuldstændigt

på 1 - 3 måneder. Efter en sådan selvafladning vil batteriet ikke kunne opnå fuld kapacitet efter blot én opladning. En regenerering som omtalt under memory-effekt er nødvendig.

Levetid i år

NiCd-batteriers levetid målt i antal år kan jævnfør det ovenstående vurderes ud fra kendskab til følgende parametre for hver enkelt anvendelse:

- Levetid målt i maksimalt antal cycles under optimale brugsbetingelser
- En vurdering af det typiske brugsmønster på følgende punkter:
 - Typisk antal afladninger/genopladninger af batteriet pr. dag
 - Anvendte typer af ladeapparater
 - Risiko for oplevelsen af defekt på grund af selvafladning eller memory-effekt. Dette er afhængigt af brugernes kendskab til optimal anvendelse af batterierne i kombination med deres behov for driftssikkerhed - store krav til driftssikkerhed kan ved manglende kendskab give mange delopladninger.
 - Risiko for overbelastning og mekaniske skader ved brug.
- Importørers og forhandleres forbrugerkontakt (rådgivning, servicering, reklamationer).

Estimerede levetidsfordelinger I (Maag J, Hansen E. 1994) er indsamlede oplysninger om de nævnte forhold omsat til estimerede levetidsfordelinger for hver enkelt anvendelse. Dvs. fordelinger der udtrykker, at af det antal batterier, der er solgt "år 0", vil a_1 styk batterier blive defekte i løbet af det første år efter salget, a_2 styk vil blive defekte i løbet af det andet år, osv. I bilag 2 er vist disse levetidsfordelinger fra (Maag J, Hansen E. 1994).

Disse levetidsfordelinger er anvendt til vurdering af indsamlingspotentialet for NiCd-batterier i denne rapport. Der kan være sket ændringer i de forventede levetider for batterier til visse anvendelser siden 1993-94, hvorfra de anvendte oplysninger stammer. Eventuelle ændringer er dog formodentligt begrænsede, hvorfor der ikke er indsamlet supplerende oplysninger om levetider til denne rapport.

Substitution og udviklingstendenser

NiCd-batterier er i dag (primo 1999) for flere anvendelser helt eller delvist erstattet af andre (nyere) genopladelige batterityper. Det skyldes dels cadmiums miljøgiftighed - og deraf følgende offentlig regulering af salget i Danmark - dels den tekniske udvikling over de seneste år. For visse anvendelser er substitution (dvs. udskiftning) først begyndt på kommercielt plan i løbet af 1997-98. De nye batterityper er de såkaldte nikkkel-metalhydrid batterier (NiMH) og lithium-ion batterier (Li-ion). Substitutionens stade er beskrevet yderligere under de enkelte anvendelser.

I bilag 3 er givet en oversigtlig beskrivelse af substitutionens årsager og forløb i Danmark samt en række andre europæiske lande.

Udviklingen i forbruget af NiCd-batterier til forskellige anvendelser i løbet af 1990'erne kan ses i sammenfatningen sidst i afsnit 3.2.2.

Batteridrevet håndværktøj

Blandt det batteridrevne håndværktøj er bore/skruemaskiner altdominerende i salgshallene. Der markedsføres dog også andre lette håndværktøjer med batterier. Det drejer sig om boremejsler, rundsav, stiksav, slibe- og pudsemaskiner, vinkelslibere mv.

Anvendelse og udviklingstendens

Maskiner med NiCd-batterier udgør fortsat næsten 100% af salget (1998), idet de første typer med NiMH-batterier først er kommet på markedet i sommeren 1998.

Der er en tendens til, at forbruget har bevæget sig lidt mod maskiner med større batterikraft og kapacitet. For håndværktøj (formodentlig som den eneste anvendelse) er der frem mod 1997-98 sket en videreudvikling af NiCd-batterierne mod højere kapacitet og kraft. Det vil sige, at batterivægten pr. maskine også er steget lidt.

Produktion og import

Batteridrevet håndværktøj produceres ikke i Danmark. Hele forbruget er altså importeret.

Forbrug af håndværktøj

Forbruget, dvs. det årlige salg i Danmark af batteridrevet håndværktøj, opgøres af brancheforeningen LTE, Leverandørforeningen af Transportabelt Elværktøj. Der foregår et begrænset salg uden om LTEs medlemmer. Udenrigshandelen med batteridrevne håndboremaskiner og andet batteridrevet håndværktøj er opgjort af Danmarks Statistik. Tallene for importen er dog væsentligt lavere end LTEs tal og må betragtes som mindre dækkende.

Baseret på LTEs salgsstatistik i kombination med skøn for deres medlemmers samlede markedsandel, (LTE. 1998), kan det med rimelig sikkerhed anslås, at der i 1996 i Danmark blev solgt i alt 54.000 - 57.000 stk. batteridrevet håndværktøj af typer til professionelle brugere, mens der af typer henvendt til gør-det-selv brugere i alt blev solgt 62.000 - 66.000 stk.

Forbrug af batterier

Det beregnede forbrug af NiCd-batterier med batteridrevet håndværktøj til Danmark i 1996 er angivet i tabel 3.5.

Beregningerne er baseret på følgende forudsætninger:

- Ifølge oplysninger fra importører sælges og importeres professionelt batteriværktøj praktisk taget altid med 2 batteripakker i salgspakningen.
- Gør-det-selv maskiner sælges og importeres både med 1 og 2 batteripakker i salgspakningen. Her er regnet med gennemsnitligt 1,3-1,7 batteripakke pr. maskine.
- Ifølge oplysninger fra importører og leverandører er salget af løse batteripakker til erstatning for nedslidte yderst begrænset. De er relativt dyre i løssalg, set i forhold til maskinernes pris, og prisudviklingen i kombination med teknologiske forbedringer gør det mere attraktivt at købe en ny maskine. Der er her regnet med, at der gennemsnitligt sælges mellem 0 og 5 løse batteripakker for hver 100 solgte maskiner.
- Det skønnes ud fra (Maag J, Hansen E. 1994) samt egne nye observationer, at der altovervejende anvendes celler af størrelsen Sub-C i batteridrevet værktøj. Baseret på cellevægten for Sub-C celler angivet i tabel 3.4, kombineret med egne nyere observationer, er der her regnet med en gennemsnitlig cellevægt på 48 - 55 g. Batteripakkens plastskal, indre ledninger mv. er regnet som 15% af batteripakkens vægt, jf. (Maag J, Hansen E. 1994).
- Det gennemsnitlige antal celler pr. batteripakke er beregnet til 8,9 for professionelle maskiner og 8,5 for gør-det-selv maskiner ud fra en detaljeret opdeling af salget på maskinstørrelser fra LTEs salgsstatistik.

- Der er her regnet med et cadmiumindhold på 18% af battericellernes vægt.

Tabel 3.5

Total forbrug af cadmium med batterier til batteridrevet håndværktøj i Danmark i 1996.

Forbrug af batteridrevet håndværktøj i 1996	Antal batteripakker i alt (1000 stk./år)	Vægt af batteripakker inkl. plastskal m.v. (tons/år)	Vægt af Cd i batterier (tons/år)
Professionelle maskiner	108-120	55-69	8-11
Gør-det-selv maskiner	81-118	37-62	6-9
Sum (afrundet)	190-240	92-131	14-20

Bortskaffelse og tab

Bortskaffelse og tab til miljøet af cadmium spredt med NiCd-batterier er behandlet samlet for alle anvendelser af lukkede batterier sidst i afsnit 3.2.2.

Anvendelse og udviklingstendens

Mobiltelefoner

Mobiltelefoner var frem til 1993 stort set udelukkende udstyret med NiCd-batterier. I dag (primo 1999) forlyder det fra forhandlere, at det ikke er muligt at skaffe NiCd-batterier til mobiltelefoner hjem mere. Andre batterityper var relativt tidligt fremme til mobiltelefoner, især NiMH, hvis større energitæthed har været attraktiv i den fortsatte jagt på lettere og mindre mobiltelefoner. I stigende grad anvendes nu Li-ion batterier til mobiltelefoner.

Den teknologiske udvikling er løbet utroligt stærkt for håndportable mobiltelefoner. De aggressive salgskampanjer fra udbydere af mobiltelefonabonnementer har givet et boom i salget af håndportable mobiltelefoner og har medvirket til en hurtig teknologiudskiftning hos brugerne (blandt andet på grund af meget lave apparatpriser).

Gamle, tunge "slæbbare" batteridrevne mobiltelefoner til NMT-systemet antages på dette grundlag at blive udskiftet i takt med, at batterierne bliver defekte. Hermed er en væsentlig del af salget af erstatningsbatterier med cadmium faldet bort set i forhold til situationen omkring 1992-93, jf. (Maag J, Hansen E. 1994). Det bemærkes, at der fortsat i 1998 var et væsentligt antal NMT-abonnenter; ca. 160.000 stk. ved udgangen af 1998. Der regnes dog med en afgang på ca. 4.000 abonnenter pr. måned. Disse går over til GSM systemet. Mange af NMT-telefonerne benytter sig dog af strømforsyningen i biler og både, og er altså ikke afhængige af, om eventuelle NiCd-batterier faktisk fungerer (fastmonterede NMT-telefoner fungerer helt uden selvstændige batterier).

Produktion og import

Der er produktion af mobiltelefoner og batteripakker hertil i Danmark. Store dele af forbruget er dog importerede apparater. Den nøjagtige mængde NiCd-batterier indbygget er dog ikke kendt. Der er tale om montering af færdige, lukkede battericeller og evt. defekte celler må formodes bortskaffet korrekt fra denne type virksomheder. Derfor anses det for udelukket, at der har været noget tab af cadmium til miljøet direkte fra denne produktion.

Forbrug

Ifølge BFE, Brancheorganisationen ForbrugerElektronik, blev der i Danmark solgt ca. 800.000 mobiltelefoner i 1996 - et rekordstort salg, (BFE. 1998). Da en væsentlig del heraf var forsynet med andre batterityper end NiCd, har det været nødvendigt til denne undersøgelse at lave et rundspørge

til stort set samtlige importører og producenter af mobiltelefoner i Danmark. Resultatet heraf kan ses i tabel 3.6.

Beregningsforudsætninger:

- Det er vurderet, at 70-90% af forbruget er identificeret direkte ved rundspørget. Denne usikkerhed er indregnet i de angivne intervaller. Heri er også kompenseret for usikkerheden på forbruget af løst solgte erstattingsbatterier (inkl. u-originale "piratbatterier"). Der har næppe været privat grænsehandel af betydning på grund af de lave apparatpriser i Danmark i perioden.
- Det vurderes her, at gennemsnitsvægten af de pågældende batteripakker har været tæt på de oplyste vægte fra de mængdemæssigt dominerende leverandører. Der er regnet med en gennemsnitsvægt på 140-150 g pr. batteripakke. Plastdele, ledninger mv. er beregnet at udgøre 18-20% af denne vægt (ud fra oplysninger fra de dominerende leverandører).
- Der er konservativt regnet med et cadmiumindhold på 18 % af NiCd-cellerne vægt (en batteripakke er som nævnt sammensat af flere celler).

Tabel 3.6

Total forbrug af cadmium med batterier til mobiltelefoner i Danmark i 1996.

Forbrug i 1996	Antal batteripakker (1.000 stk./år)	Vægt af batteripakker inkl. plastskal mv. (tons/år)	Vægt af cadmium heri (tons/år)
Batteripakker til mobiltelefoner	370-480	52-71	7,7-10,3

Bortskaffelse og tab

Bortskaffelse og tab til miljøet af cadmium spredt med NiCd-batterier er behandlet samlet for alle anvendelser af lukkede batterier sidst i afsnit 3.2.2.

Anvendelse og udviklingstendenser

Trådløse telefoner

Trådløse telefoner er telefoner, der benytter det faste telefonnet, men hvor telefonrøret er i kontakt med "apparatet" via en korttrækkende radioforbindelse. Trådløse telefoner var ligesom mobiltelefoner tidligere altid udstyret med NiCd-batterier. I dag er NiMH formodentlig dominerende i Danmark. Apparater til NiCd-batterier havde dog fortsat en væsentlig markedsandel i 1998.

Størstedelen af forbruget i 1996 var udstyret med indbyggede eller løse udtagelige NiCd-celler. Der var muligvis også salg af apparater med aftagelige batteripakker. De fleste typer var udstyret med 2 NiCd-celler pr. apparat (visse dog med 3). Trådløse telefoner oplades normalt i en ladesokkel, der er en integreret del af telefonapparatet, dvs. de oplades, når telefonrøret "er lagt på".

På grund af den korte sendefasthed er trådløse telefoner udstyret med noget lettere batterier end mobiltelefoner. Trådløse telefoner har ikke som mobiltelefoner været udsat for kraftige prisreduktioner. Det formodes, at der foregår en vis privat grænsehandel med trådløse telefoner. Omfanget heraf er dog i dag reelt ukendt.

Produktion

Der var i 1996 en væsentlig produktion af trådløse telefoner i Danmark. Produktionens størrelse er ikke kendt præcist. Ligesom for mobiltelefoner, har produktionen med stor sandsynlighed ikke givet anledning til noget videre tab af cadmium til miljøet (montering af importerede, lukkede battericeller).

Forbrug

Trådløse telefoner optræder med selvstændigt varenummer i Danmarks Statistiks opgørelser. Tallene for 1996 og 97 er dog tydeligvis ikke dækkende, da beregning af forbruget giver store negative tal, hvilket skyldes store tal for eksport og små tal for import og produktion. Reelt er der i dag intet præcist kendskab til størrelsen af det danske marked i branchen. Der tales om salg af mellem 60.000 og 100.000 apparater pr. år. En ny statistik er oprettet hos brancheforeningen BFE pr. 1. januar 1999 (BFE. 1998). Da en væsentlig del af salget af trådløse telefoner i 1996 antages at have været forsynet med andre batterityper end NiCd, har det været nødvendigt til denne undersøgelse at lave et rundspørge til importører og producenter. Resultatet heraf kan ses i tabel 3.7.

Beregningsforudsætninger:

- Det anslås, at 70-100% af forbruget er identificeret direkte ved rundspørget. Intervallet dækker også over, at der kan have været en vis privat grænsehandel. Denne usikkerhed er indregnet i de angivne intervaller.
- Der er kendskab til et salg af ekstra batterienheder til erstatning for udslidte ditto til trådløse telefoner på 3.000-6.000 enheder á 3 celler (mere præcise tal er anvendt i beregningerne, men kan ikke oplyses her af hensyn til fortrolighed). Dertil kommer erstatningssalg af løst monterbare NiCd-celler til visse modeller (behandles under afsnittet "løse batterier - replacement").
- Der er regnet med en gennemsnitlig batterivægt på 39 - 47 g pr. apparatet/i apparatets salgspakning.
- Der er regnet med et cadmiumindhold på 18 % af NiCd-cellernes vægt.

Tabel 3.7

Total forbrug af cadmium med NiCd-batterier i trådløse telefoner i Danmark i 1996.

Forbrug i 1996	Antal apparater (1.000 stk./år)	Vægt af NiCd-batterier (tons/år) ¹⁾	Vægt af cadmium heri (tons/år)
Trådløse telefoner	40-60	1,5-2,9	0,3-0,5

Note:

- 1) Størstedelen af det kendte salg var monteret med indbyggede batterier *eller* blev solgt med "løse" udtagelige NiCd-enkeltceller i apparatets salgspakninger (fordelingen kendes). Visse modeller blev muligvis solgt med aftagelige batteripakker. Her er hele batteritonnagen dog beregnet som løse celler.

Bortskaffelse og tab

Bortskaffelse og tab til miljøet af cadmium spredt med NiCd-batterier er behandlet samlet for alle anvendelser af lukkede batterier sidst i afsnit 3.2.2.

Anvendelse og udviklingstendens

Håndportabelt radioudstyr

Håndportabelt radioudstyr til professionel anvendelse er også i dag hovedsageligt forsynet med NiCd-batteripakker (primo 1999). Både apparater tilpasset NiMH-batterier og løst solgte NiMH-batterier til apparater, der oprindeligt er designet til NiCd, markedsføres dog i dag. Ifølge leverandører kræver brugerne stor funktionssikkerhed, hvilket synes at hæmme substitutionen med nyere batterityper. Samtidigt er NiCd-batteripakkerne, trods salgsafgiften på disse, stadig billigere end NiMH-batteripakker til dette formål.

Apparaterne minder om håndportable mobiltelefoner, men sender i lukkede radiosystemer og er normalt forsynet med noget kraftigere batterier end mo-

biltelefoner. Brug af disse apparater kræver sendetilladelse fra Telestyrelsen. Typiske brugere er fx. politiet, Falck, vagtselskaber, DSB mv. Disse apparater benævnes også "LMR-udstyr" (Land Mobile Radioanlæg)

Billigere typer af "walkie-talkies" til lege- og hobbybrug (som ikke kræver sendetilladelse) antages at være forsynet med løse batterier, dvs. enten primærbatterier eller genopladelige "replacement"-batterier (behandles nedenfor). Disse er derfor ikke undersøgt nærmere.

Produktion og import

Der foregår så vidt vides ikke produktion af professionelt håndportabelt radioudstyr i Danmark i dag. Hele forbruget er således anset som importeret.

Forbrug

Forbruget af NiCd-batterier til håndportabelt radioudstyr er vurderet ud fra oplysninger fra de større importører i Danmark. Resultaterne er vist i tabel 3.8.

Beregningsforudsætninger (baseret på opløsninger fra importører):

- Det vurderes, at 100% af forbruget af batterier i 1996 til formålet var NiCd-batterier.
- Den totale bestand af LMR-anlæg var ifølge Telestyrelsens opgørelser ca. 110.000 stk. omkring 1996. Heraf er skønsmæssigt knapt halvdelen, eller ca. 50.000 stk., håndportable apparater, mens resten er fastmonteret i køretøjer og ikke kræver selvstændig strømforsyning.
- Batterier til dette formål har ifølge importører en typisk levetid på omkring 2 år (ofte anvendelse i døgndrift med 2 batterier sideløbende, typisk levetid på 200-300 cycles for NiCd hertil).
- Det totale salg af nye håndportable apparater lå omkring 4.000-8.000 stk./år, hvoraf en del erstatter udslidte apparater. Der sælges som nævnt typisk en ekstra løs batteripakke pr. apparat.
- Gennemsnitsvægten af NiCd-batteripakker til dette formål anslås til 230-270 g/stk. inkl. 15-20% plastdele, ledninger mv.
- Der er konservativt regnet med et cadmiumindhold på 18 % af NiCd-cellerne vægt (en batteripakke er som nævnt sammensat af flere celler).

Tabel 3.8

Total forbrug af cadmium med batterier til håndportabelt radioudstyr i Danmark i 1996.

Forbrug i 1996	Antal batteripakker (1.000 stk./år)	Vægt af batteripakker inkl. plastskal mv. (tons/år)	Vægt af cadmium heri (tons/år)
Batteripakker til radioudstyr	30-40	7-11	1,0-1,7

Bortskaffelse og tab

Bortskaffelse og tab til miljøet af cadmium spredt med NiCd-batterier er behandlet samlet for alle anvendelser af lukkede batterier sidst i afsnit 3.2.2.

Videokameraer og tilbehør

Anvendelse og udviklingstendens

Der benyttes genopladelige batteripakker til videokameraer samt til "videolys", dvs. transportable lamper til videooptagelser. Lamperne kan i øvrigt oftest benyttes med samme batteripakke som kameraerne - samme fabrikat, jf. (Maag J, Hansen E. 1994).

Der anvendes fortsat en vis mængde NiCd-batterier til dette formål. Dog synes nyere videokameraer ("camcordere") og dyre, avancerede kameraer normalt at være udstyret med Li-ion- eller NiMH-batterier.

Produktion og import

Der er ikke produktion af videokameraer i Danmark og så vidt vides heller ikke af batteripakker til disse. Der er således tale om importerede varer.

Forbrug

Ifølge BFE, Brancheorganisationen ForbrugerElektronik, blev der i Danmark solgt ca. 40.000 videokameraer i 1996 (BFE. 1998). Da en stor del heraf var forsynet med andre batterityper end NiCd, har det været nødvendigt til denne undersøgelse at lave et rundspørge til stort set samtlige importører af videokameraer i Danmark. Resultatet heraf kan ses i tabel 3.9.

Beregningsforudsætninger:

- Det er vurderet, at 60-100% af forbruget er identificeret direkte ved rundspørget. Denne usikkerhed er indregnet i de angivne intervaller.
- De adspurgte importører har oplyst det samlede salg af batteripakker til videoudstyr, dvs. salget i kameraernes salgspakninger plus løst solgte batteripakker til erstatning for udslidte, samt til videolamper - lamper sælges normalt uden batteripakke, jf. (Maag J, Hansen E. 1994). Mængden af løst solgte batteripakker er vanskelig at vurdere præcist, fordi der også har været et vist salg af såkaldte piratbatterier, dvs. efterligninger, der importeres og sælges ad andre kanaler. For videokameraer gælder det dog ifølge en importør, at priserne på originalbatterier i de seneste år er sænket, hvorfor piratbatteriernes andel af salget har været faldende.
- Der er regnet med en gennemsnitsvægt for batteripakker til videokameraer (og videolamper) på 180-220 g inkl. 15-20% plastdele, ledninger mv. Denne batterivægt er baseret på et vægtet gennemsnit over salg af pakkestørrelser hos to større importører. Typisk sælges kameraerne med de mindste størrelser batteripakker, mens tungere batteripakker med større kapacitet udelukkende sælges som ekstrabatterier/udskiftningsbatterier.
- Der er konservativt regnet med et cadmiumindhold på 18 % af NiCd-cellerne vægt (en batteripakke er som nævnt sammensat af flere celler).

Tabel 3.9

Total forbrug af cadmium med batterier til videokameraer i Danmark i 1996.

Forbrug i 1996	Antal batteripakker (1.000 stk./år)	Vægt af batteripakker inkl. plastskal mv. (tons/år)	Vægt af cadmium heri (tons/år)
Videokameraer og videolamper	20-40	4-9	0,6-1,3

Bortskaffelse og tab

Bortskaffelse og tab til miljøet af cadmium spredt med NiCd-batterier er behandlet samlet for alle anvendelser af lukkede batterier sidst i afsnit 3.2.2.

Anvendelse og udviklingstendens

Batteridrevne håndstøvsugere

Batteridrevne håndstøvsugere, også kaldet "dust busters", er udstyret med indbyggede batterier. Batterierne er samlet med påloddede ledninger og krympeplast eller en tynd skal af thermoformet plast. Batterierne oplades, når støvsugeren står eller hænger i en tilhørende ladesokkel. En enkelt model er dog set (i 1998) med udvendigt monterede batteripakker, der tages af og oplades udenfor apparatet.

I 1996 var alle håndstøvsugere på markedet udrustet med NiCd-batterier. I 1997 kom de første håndstøvsugere med NiMH-batterier på markedet. Salget er i 1998 fortsat domineret af typer med NiCd, der dog ikke er fastmonterede.

Der har ikke været nogen videre teknologisk udvikling af batteridrevne håndstøvsugere i de forløbne år. Batterierne udgør en forholdsvis lille andel af apparatets vægt, og behovet for lang driftstid er mindre end for de fleste andre batteridrevne apparater.

Håndstøvsugere sælges med forskellig styrker ligesom batteridrevet håndværktøj. De sælges med 2 - 6 NiCd-celler, typisk af størrelsen Sub-C. På grund af apparaternes lave pris foregår der ifølge importører stort set ingen udskiftning af udslidte batterier. Der købes i stedet et nyt apparat.

Produktion og import

Der fremstilles ikke batteridrevne håndstøvsugere i Danmark. Der er således tale om importerede varer.

Forbrug

Ifølge brancheforeningen Foreningen af Fabrikanter og Importører af Elektriske Husholdningsapparater, (FEHA. 1998), var det samlede salg af håndstøvsugere ca. 70.000 stk. i 1996 (her regnet med en usikkerhed på ca. +/- 15%). FEHA baserer sit tal på Danmarks Statistiks nettoimport (import minus eksport) af støvsugere til mindre end 110 V. Tallet dækker alle håndstøvsugere solgt i Danmark.

Forbrug af batterier og cadmium med håndstøvsugere er vist i tabel 3.10.

Beregningsforudsætninger:

- Der er regnet med ca. +/-15 % usikkerhed på antal solgte håndstøvsugere. 100% af dem var forsynet med NiCd i 1996.
- Ud fra egne vejninger af batterier sammenholdt med oplysninger fra importører om fordelingen af salget på forskellige størrelser, er den gennemsnitlige vægt af batterier i håndstøvsugere vurderet til 160-210 g pr apparat.
- Der foregår ikke løst salg/udskiftning af erstatningsbatterier.
- Der er konservativt regnet med et cadmiumindhold på 18 % af NiCd-cellerne vægt.

Tabel 3.10

Total forbrug af cadmium med NiCd-batterier i håndstøvsugere i Danmark i 1996.

Forbrug i 1996	Antal apparater (1.000 stk./år)	Vægt af NiCd- batterier (tons/år)	Vægt af cadmium heri (tons/år)
Håndstøvsugere	60-80	10-17	1,7-3,0

Bortskaffelse og tab

Bortskaffelse og tab til miljøet af cadmium spredt med NiCd-batterier er behandlet samlet for alle anvendelser af lukkede batterier sidst i afsnit 3.2.2.

Anvendelse og udviklingstendenser

Apparater til personlig pleje

Følgende apparater til personlig pleje m.v. med NiCd-batterier beskrives her samlet:

- Barbermaskiner
- Skæg- og hårtrimmere
- Eltandbørster
- "Andre" apparater til brug i hjemmet (visse køkkenmaskiner, massagestave mv.)

Apparater til personlig pleje sælges i dag både med NiCd-batterier og NiMH-batterier i væsentlige mængder. I disse apparater er batterierne normalt indbygget i selve apparatet, og altså ikke i aftagelige batteripakker. Når apparaterne ikke er i brug, placeres de typisk i en ladesokkel. En stor andel af salget af skægtrimmere har formodentligt været til løse primærbatterier af alkalintypen, (Maag J, Hansen E. 1994).

Produktion og import

Der er ikke produktion af disse apparater i Danmark. Der er tale om importerede varer.

Forbrug

Ligesom for en del andre apparater med genopladelige batterier har det på grund af substitutionen været nødvendigt at spørge de enkelte importører. Fra nogle importører har det kun været muligt at få oplyst deres samlede salg af NiCd-battericeller med sådanne apparater, men uden opdeling på de forskellige typer. Derfor er det her valgt at opgøre forbruget samlet for barbermaskiner, skæg- og hårtrimmere samt eltandbørster. Det samlede salg af disse apparater med alle batterityper var ifølge brancheforeningen Foreningen af Fabrikanter og Importører af Elektriske Husholdningsapparater, (FEHA. 1998), af størrelsen 300.000 stk. i 1996.

Forbrugstal for NiCd-batterier og cadmium med de nævnte apparater er vist i tabel 3.11.

Beregningsforudsætninger:

- Det vurderes, at 80-100% af apparatforbruget er identificeret direkte ved rundspørget. Denne usikkerhed er indregnet i de angivne intervaller.
- Vægtberegningerne er udført for hvert enkelt fabrikat særskilt. Vægte af NiCd-batterier i de enkelte apparattyper var af de følgende størrelser (der er regnet med mere præcise tal, som ikke kan gengives her af hensyn til fortrolighed). Barbermaskiner: 50-100 g/apparat. Skæg- og hårtrimmere: 30-60 g/apparat. Eltandbørster: 30-60 g/apparat.
- Kun for barbermaskiner foregår der udskiftning af nedslidte NiCd-batterier. Ud fra overslag fra leverandører er det her anslået, at forbruget af erstatningsbatterier til disse svarede til ca. 10% af nysalget i 1996. De andre apparater er så billige, at det ifølge leverandører ikke kan betale sig at udskifte batterierne.
- Der er konservativt regnet med et cadmiumindhold på 18 % af NiCd-cellerens vægt.
- Posten "andre" apparater er groft anslået ud fra forbruget heraf omkring 1991-93, (Maag J, Hansen E. 1994), og den generelle salgsudvikling frem til 1996 for udstyr til personlig pleje samt håndstøvsugere.

Tabel 3.11

Total forbrug af cadmium med NiCd-batterier i apparater til personlig pleje mv. i Danmark i 1996.

Forbrug i 1996	Antal apparater (1.000 stk./år)	Vægt af NiCd-batterier (tons/år)	Vægt af cadmium heri (tons/år)
Sum for barbermaskiner, skæg- og hårtrimmere, eltandbørster	60-80	4-5	0,7-0,9
Andet udstyr til hjemmet ¹⁾	0-3	0-1	0-0,2

Note:

- 1) Omfatter massagestave, ledningsløse elektriske køkkenapparater samt håndlygter med indbyggede batterier. Se også særskilt omtale af håndstøvsugere ovenfor.

Bortskaffelse og tab

Bortskaffelse og tab til miljøet af cadmium spredt med NiCd-batterier er behandlet samlet for alle anvendelser af lukkede batterier sidst i afsnit 3.2.2.

Anvendelse og udviklingstendenser

Bærbart computerudstyr

Bærbare computere var tidligere overvejende udstyret med NiCd-batteripakker. I dag er NiCd-batterier formentligt substitueret fuldstændigt i denne anvendelse. Substitutterne er NiMH-batterier og (senere) Li-ion batterier. Ligesom for mobiltelefoner er den teknologiske udvikling for bærbare computere gået meget stærkt.

Produktion og import

Der fremstilles så vidt vides ikke batteripakker til bærbare computere i Danmark. De forudsættes derfor alle importeret.

Forbrug

Også i 1996 var forbruget af NiCd-batterier til dette formål stærkt for nedadgående. Salg af erstatningsbatterier (NiCd) til tidligere modeller kan meget vel have udgjort en stor del af totalsalget. Til denne undersøgelse er der foretaget et rundspørge til stort set samtlige importører. Generelt har det været vanskeligt for importørerne at finde salgstal (for disse forældede produkter) for 1996. Det skal også ses i lyset af, at der ifølge (IDC. 1998) blev solgt af størrelsen 60.000 bærbare computere i Danmark i 1996, hvoraf få eller ingen var forsynet med NiCd-batterier fra ny. De i tabel 3.12 angivne tal for forbruget i 1996 er derfor angivet med væsentlige usikkerheder. På grund af det ringe bidrag af cadmium fra denne anvendelse, er der ikke gjort mere for at mindske usikkerheden.

Der findes også bærbare, batteridrevne printere. Bestanden og nysalget heraf vurderes imidlertid som ubetydeligt, hvorfor disse ikke er behandlet nærmere.

Beregningsforudsætninger for forbrugstal i tabel 3.12:

- Det vurderes, at 50-100% af forbruget er identificeret ved rundspørget. Denne usikkerhed er indregnet i de angivne intervaller.
- Da der har været tale om let forældet teknologi, er der regnet med en gennemsnitlig vægt pr. batteripakke på 300-400 g, baseret på (Maag J, Hansen E. 1994). Denne vægt er inkl. 15-20% plast- og ledningsdele mv.
- Der er konservativt regnet med et cadmiumindhold på 18 % af NiCd-cellerne vægt (en batteripakke er som nævnt sammensat af flere celler).

Tabel 3.12

Total forbrug af cadmium med NiCd-batterier til bærbart computerudstyr i Danmark i 1996.

Forbrug i 1996	Antal batteripakker (1.000 stk./år)	Vægt af batteripakker inkl. plastskal mv. (tons/år)	Vægt af cadmium heri (tons/år)
Bærbart computerudstyr	3-6	1-2	0,1-0,4

Bortskaffelse og tab

Bortskaffelse og tab til miljøet af cadmium spredt med NiCd-batterier er behandlet samlet for alle anvendelser af lukkede batterier sidst i afsnit 3.2.2.

Anvendelse og udviklingstendenser

Løse NiCd-batterier ("replacement")

Løse NiCd-celler anvendes af forbrugere som erstatning for primærceller som brunstensbatterier og alkalinebatterier (deraf betegnelsen "replacement"). Denne anvendelse af NiCd var tidligt i brug, og forbruget steg jævnt op gennem slutningen af 1980'erne frem mod en tendens til stagnation først i 1990'erne, (Maag J, Hansen E. 1994). Ifølge (Batteriforeningen. 1998) er salget faldet i de seneste år, blandt andet som konsekvens af en stigende substitution med replacementceller af NiMH-typen.

Udviklingen kan måske også være påvirket af, at det i dag er muligt af genoplade alkalinebatterier et begrænset antal gange med særligt ladeudstyr.

Løse NiCd-celler importeres desuden til indbygning i dansk producerede apparater og batteripakker til specifikke apparater, også kaldet "OEM" (Original Equipment Manufacturing). En del af dette forbrug reeksporteres.

Produktion og import

Der foregår ikke produktion af NiCd-celler i Danmark. De importeres alle.

Forbrug

Vurderingen af forbruget af løse NiCd-celler til replacement vanskeliggøres af, at der ikke skelnes mellem replacement-salg og OEM-salg i de tilgængelige statistikker. I (Maag J, Hansen E. 1994) blev fordelingen skønnet med hjælp fra Batteriforeningen og importører. Batteriforeningen har ikke kunnet bidrage med oplysninger herom til denne undersøgelse, formodentligt fordi der er sket mange forskydninger på markedet siden starten af 1990'erne ud fra (Batteriforeningen. 1998).

Forbruget skal her groft anslås som angivet i tabel 3.13.

Beregningsforudsætninger:

- Der har ifølge Batteriforeningen været et fald i forbruget siden 1992-93 (Batteriforeningen. 1998), hvor replacement-salget blev vurderet til ca. 18 tons/år, (Maag J, Hansen E. 1994). Der er i denne undersøgelse identificeret et salg af løse NiCd-celler til replacement og OEM på knap 300.000 stk. i 1996 (skønsmæssigt med en overvægt af replacement-salg). Dækningsgraden er ukendt, men et salg på 18 tons vurderes her at være det højst tænkelige replacement-salg i 1996.
- Den vægtede gennemsnitsvægt af de identificerede løst solgte NiCd-batterier er beregnet til 33-39 g/celle. Dette antages at være repræsentativt.
- Der er konservativt regnet med et cadmiumindhold på 18 % af NiCd-cellernes vægt.

Tabel 3.13

Total forbrug af cadmium med løst solgte NiCd-batterier til replacement i Danmark i 1996.

Forbrug i 1996	Antal batterier (1.000 stk./år)	Vægt af batterisalg (tons/år)	Vægt af cadmium heri (tons/år)
Løse celler solgt til konsum ("replacement")	250-550	8-18	1,5-3,2

Bortskaffelse og tab

Bortskaffelse og tab til miljøet af cadmium spredt med NiCd-batterier er behandlet samlet for alle anvendelser af lukkede batterier sidst i afsnit 3.2.2.

Andre anvendelser af NiCd-batterier

I (Maag J, Hansen E. 1994) blev der identificeret en række andre anvendelser af NiCd-batterier med små forbrug. Det drejede sig om følgende:

- Batteridrevet teknisk måleudstyr til laboratorier, hospitaler, mv.
- Backup-memory til forbrugerelektronik (TV, VCR, computere mv.) og anden elektronik (bestykkede printplader)
- Nødbelysning.

Forbruget i 1996 skal her groft anslås som angivet i tabel 3.14.

Forudsætninger:

- Teknisk måleudstyr: De angivne tal er grove overslag baseret på generelle betragtninger om teknisk måleudstyr til laboratorier, hospitaler, mv. Minimumsantallet er lig det groft anslåede forbrug i 1991, jf. (Maag J, Hansen E. 1994). Maksimumstallet er fremskrevet med den forventede generelle stigningstakt i forbruget af elektronisk udstyr af relevant karakter (faktor 1,7 i forhold til 1991; baseret på (Hansen G et al. 1993), som citeret i (Maag J, Hansen E. 1994).
- Den gennemsnitlige batterivægt for teknisk måleudstyr er som i (Maag J, Hansen E. 1994) regnet som 200 g pr. apparat (groft skøn).
- Jf. afsnit 3.3 kan mængden af cadmium med batterier på bestykkede printplader groft anslås til ca. 1.000 ppm. Forbruget af disse printplader er anslået til 3.560 tons/år, hvorfor mængden af cadmium kan opgøres til ca. 3,6 tons/år. Med et usikkerhedsinterval på $\pm 25\%$ kan cadmiummængden anslås til 2,7 - 4,5 tons/år.
- Nødbelysning: Forbruget antages at have svaret til situationen i 1992-93 som er groft anslået af (Maag J, Hansen E. 1994) ud fra ikke nærmere angivne leverandøroplysninger om salg og batterivægte.

Tabel 3.14

Forbrug af cadmium med NiCd-batterier i teknisk måleudstyr, bestykkede printplader og nødbelysning i Danmark i 1996.

Forbrug i 1996	Antal batterier (1000 stk./år)	Vægt af batteriforbrug (tons/år)	Vægt af cadmium heri (tons/år)
Teknisk måleudstyr til laboratorier, hospitaler, mv.	20-40	4-8	0,7-1,4
Bestykkede printplader	?	15 - 25	2,7 - 4,5
Nødbelysning	?	2-6	0,4-1,1
Sum	20-40 ¹⁾	21-39	3,8-7

Note:

- 1) Antallet er reelt større, fordi bestykkede printplader og nødbelysning ikke er medregnet her.

Bortskaffelse og tab

Bortskaffelse og tab til miljøet af cadmium spredt med NiCd-batterier er behandlet samlet for alle anvendelser af lukkede batterier sidst i afsnit 3.2.2.

Sammenfatning

Samlet forbrug af cadmium med lukkede NiCd-batterier

I tabel 3.15 er givet en sammenfatning for forbruget af cadmium med NiCd-batterier til forskellige anvendelser i 1996.

Tabel 3.15

Sammenfatning for forbrug af cadmium i 1996 med lukkede NiCd-batterier fordelt på anvendelser.

Forbrug i 1996	Antal batterienheder, 1.000 stk./år	Vægt af batterier ²⁾ , tons/år	Vægt af cadmium, tons/år
Batteridrevet håndværktøj	190-240	92-131	14-20
Mobiltelefoner	370-480	52-71	7,7-10,3
Trådløse telefoner	40-60	1-3	0,3-0,5
Håndportabelt radioudstyr	30-40	7-11	1,0-1,7
Videokameraer mv.	20-40	4-9	0,6-1,3
Håndstøvsugere	60-80	10-17	1,7-3,0
Personlig pleje	60-80	4-5	0,7-0,9
Andet udstyr til hjemmet	0-3	0-1	0-0,2
Bærbart computerudstyr	3-6	1-2	0,1-0,4
Løse celler solgt til konsum ("replacement")	250-550	8-18	1,5-3,2
Andre anvendelser	20-40	21-39	3,8-7
Sum af ovenstående	1.050-1.620	200-307	31-49
NiCd-batterier, ikke redegjort detaljeret for ¹⁾	150-640	18-21	3-4
I alt	1.200-2.260	218-328	35-52

Noter:

- 1) Se redegørelse om afstemning med afgiftstal nedenfor. Opsummeret i tabel 3.18.
- 2) Vægten er inkl. plastskal m.v.

Det fremgår, at den samlede forbrug af cadmium med lukkede NiCd-batterier i 1996 kan opgøres til 35 - 52 tons. For 1990 er forbruget tidligere blevet estimeret til 30 tons cadmium, (Jensen A, Markussen J. 1993). Der er altså tale om en stigning siden da.

Salgsafgifter på NiCd-batterier

Siden 1. april 1996 har der været afgift på lukkede NiCd-batterier, som er solgt på det danske marked (dvs. fraregnet reeksport som løse celler eller i udstyr, samt mellemhandler i Danmark). Afgiften gælder dog også celler og batteripakker, der sælges som brugte. Afgiftens størrelse er angivet i tabel 3.16.

Tabel 3.16

Gældende afgifter på salg af lukkede NiCd-batterier.

Batterienhed	Afgift, kr./stk.
Løse NiCd-celler	6
Batteripakker og apparater med op til 6 celler	36
Batteripakker og apparater med mere end 6 celler	6 kr. pr. celle indbygget

Størrelsen af indbetalt afgift pr. år kan give et omtrentligt totalbillede af, hvor stort antal løse celler og batteripakker, der er solgt til slutbrugere i Danmark. I det følgende anvendes dette til at give en vurdering af denne undersøgelses dækningsgrad for forbruget af cadmium med lukkede NiCd-batterier.

Faktiske afgifter for årene 1996, 1997 og 1998 kan ses i tabel 3.17. Det fremgår, at afgifterne har udvist en faldende tendens i perioden. Der er altså efterspurgt færre batterier i Danmark i løbet af perioden.

Tabel 3.17

Indbetalt afgift for salg af NiCd-batterier, efter (Rahbek L W. 1998).

Millioner kr.	1996, 8 mdr. (1.apr.-31.dec)	1996, overslag for hele året ¹⁾	1997	1998
Løse batterier	6,8	9	7,6	8,4
Sammenbyggede batterier (batteripakker)	31,8	41	35,1	26,2
Brugte batterier	0,3	0,4	0	0
Dækningsafgift (cel- ler/batteripakker solgt med apparater)	2,3	3	3,9	6,7
Godtgørelse (refunderede udligninger)	-6,3	-8	-11,9	-12,1
Sum	35	45	34,7	29,2

Noter:

- 1) Miljøstyrelsen har skønnet, at det samlede forbrug i 1996 svarede til et afgiftsprovenue på 45 millioner kr. Denne sum er her fordelt på enkeltposter proportionalt med den faktiske fordeling i årets sidste 8 måneder.

*Afstemning af
forbrugstal ud fra
afgiftsprovenue*

Ud fra en række forenkende antagelser er det muligt at give et overslag over forbruget af dels løse NiCd-celler, dels NiCd-batteripakker/indbyggede i apparater. Resultater af sådanne overslagsberegninger er vist i tabel 3.18 nedenfor.

De beregnede *antal* af solgte NiCd-enheder er ret følsomme overfor, hvilken fordeling af refusionen ("godtgørelse") mellem løse celler og batteripakker/apparater, der antages. Af hensyn til vurderingen af de fundne forbrug af NiCd-batterier med forskellige anvendelser (se nedenfor), er der her regnet med to forskellige scenarier for denne fordeling.

Det bemærkes, at denne følsomhed ikke vurderes som afgørende for *tonnagen* af solgte NiCd-enheder. Se mere herom nedenfor.

Visse beregningsforudsætninger er fælles for de to scenarier:

1. Da der kun er krævet afgift på salget af NiCd-batterier i 8 måneder i 1996, er beregningerne baseret på intervaller, hvor afgiftstallene for 1997 udgør sandsynlige minimumsværdier og de beregnede overslag for 1996 udgør sandsynlige maksimumsværdier (jf. tabel 3.17).
2. Forbrugstal baseret på indkomne afgifter vurderes normalt at give et retvisende billede af forbrugssituationen. Eventuelle manglende og fejlbe-

hæftede indberetninger kan muligvis have givet en usikkerhed på tallene, fordi der var tale om helt nye regler i 1996 - 97. Det er dog ikke forsøgt at tage højde for denne usikkerhed her.

3. De angivne refunderinger antages at være dækkende for danskproducerede batteripakker og apparater med NiCd-celler, der er eksporteret.
4. Batteripakker og apparater med indbyggede batterier er regnet som indeholdende gennemsnitligt 6 NiCd-celler eller derunder pr. enhed, dvs. med en afgift på 36 kr./enhed. Dette giver en let overvurdering af det samlede antal af enheder (altså batteripakker/apparater), fordi batteridrevet håndværktøj i gennemsnit indeholder ca. 9 celler, hvilket svarer til en afgift på $6 * 9 = 54$ kr./enhed.

Scenarium 1:

- Det er her antaget, at den udlignende refundering ("godtgørelse") følger mønsteret for indbetalinger, dvs. således at 80% af refunderingen (regnet i kr.) fratrækkes indbetalingerne for batteripakker/apparater. Resten, dvs. 20% af refunderingen (regnet i kr.) fratrækkes indbetalingerne for løse celler.

Scenarium 2:

- Det er her antaget, at den udlignende refundering ("godtgørelse") fordeles sig således, at 50% af refunderingen (regnet i kr.) fratrækkes indbetalingerne for batteripakker/apparater og 50% af refunderingen (regnet i kr.) fratrækkes indbetalingerne for løse celler.

Det totale forbrug af NiCd-enheder beregnet ud fra afgiftstallene er for hvert scenarium vist i tabel 3.18. Desuden er disse tal sammenlignet med forbrugstallene, der er baseret på kendskab til anvendelserne, jf. tabel 3.15.

Tabel 3.18

Sammenligning af forbrugstal for NiCd-batterier baseret på afgifter og på kendskab til anvendelser.

Forbrug i 1996 (afrundede tal)	Forbrug beregnet fra afgift, millioner stk.	Forbrug beregnet ud fra kendskab til anvendelser, millioner stk.	Difference, millioner stk.	Difference omregnet til batteritonnage, tons ¹⁾
<i>Scenarium 1:</i>				
NiCd-batteripakker og apparater med indbyggede NiCd-batterier	0,82-1,05	0,80-1,07	"0,02-(-0,02)" ²⁾	"3-(-4)" ²⁾
Løse NiCd-celler	0,87-1,19	0,25-0,55	0,62-0,64	15-25
Sum for scenarium 1 (afrundet)	1,69-2,24	1,05-1,62	"0,64-0,62" ²⁾	18-21
<i>Scenarium 2:</i>				
NiCd-batteripakker og apparater med indbyggede NiCd-batterier	0,92-1,12	0,80-1,07	"0,12-0,05" ²⁾	"18-10" ²⁾
Løse NiCd-celler	0,28-0,78	0,25-0,55	0,03-0,23	1-9
Sum for scenarium 2 (afrundet)	1,20-1,90	1,05-1,62	0,15-0,28	19

Noter:

- 1) Den gennemsnitlige vægt af løse celler, der ikke måtte være redegjort for, er her regnet som 24-39 g/stk. De 39 g svarer til den maksimale gennemsnits-

vægt for det identificerede salg af løse celler. De 24 g vurderes at ligge tættere på gennemsnittet af NiCd-celler til indbygning i apparater i dansk industri (OEM). Den gennemsnitlige vægt for batteripakker, der ikke måtte være redegjort for, er her regnet som 150-200 g/enhed. Dette repræsenterer spektret mellem mobiltelefoner (store salgsantal) og camcordere, og ligger samtidigt tæt på den gennemsnitlige vægt af batteripakker generelt.

- 2) Tallene er opstillet således for at illustrere, at der er tale om difference-beregninger, hvor minimum (anvendelsestal) er fratrukket minimum (afgiftstal). Det er logisk her at regne på denne måde, fordi de to talsæt i den reelle situation er afhængige af hinanden (afgiften betales jo ud fra forbruget af NiCd-batterier til anvendelsen).

Sammenligning

Det ses i tabel 3.18, at der er god overensstemmelse mellem de to opgørelser. Dette bekræfter, at de estimerede forbrug af NiCd-batterier til de forskellige anvendelser er rimeligt korrekte.

Det ses samtidigt i tabellen, at der er en vis afvigelse på *antallet* af batterienheder. Afvigelsens størrelse kan ikke vurderes præcist ud fra de foreliggende afgiftstal. Dette er imidlertid af mindre betydning, fordi afvigelsen på *tonnage* af batteriforbruget - og dermed af cadmiummængden - er mere præcist bestemt. Bemærk, at de anvendte afgiftsoverslag er behæftet med usikkerhed, og at antallet af batteripakker beregnet ud fra afgifterne er let overvurderede, jf. beregningsforudsætning 4) ovenfor.

Det er her alligevel valgt at angive afvigelserne i antal og tonnage som "ikke redegjort detaljeret for" i tabel 3.15 først i dette afsnit.

Udviklingen i forbruget af NiCd-batterier

I tabel 3.19 er vist udviklingen i salget af NiCd-batterier i perioden 1985-1996. Bemærk, at der er tale om middeltal uden angivelse af usikkerheder. Tallene for 1985-1993 stammer fra (Maag J, Hansen E. 1994), 1996-tallene er resultaterne af denne undersøgelse, mens tallene for 1994 og 1995 er ekstrapolerede lineært mellem 1993 og 96.

De samme tal er afbildet i figur 3.1.

Bortskaffelse og tab af cadmium med lukkede NiCd-batterier

Indsamlingspotentialiet for NiCd-batterier kan beskrives ud fra beregninger af, hvor mange batterier, der henfalder, dvs. bliver defekte, hvert år, i kombination med en vurdering af, hvor længe batterier opbevares hos brugeren, efter at de er blevet defekte, altså en "pulterkammer-effekt" samt hvor lang tid batterierne befinder sig i indsamlingssystemet, den såkaldte "pipeline effekt".

Henfald af batterier

Henfaldet af batterier kan beregnes ud fra:

- Forbrugstal for de enkelte anvendelser over en tilstrækkelig lang årrække. Her er anvendt middelværdierne for årene 1985-1996 som angivet i tabel 3.19.
- Levetidsfordelinger for hver anvendelse. Her er anvendt levetidsfordelinger bestemt af (Maag J, Hansen E. 1994), som er vist i bilag 2. Levetidsfordelingerne udtrykker, hvor stor en andel af en mængde batterier, der bliver defekte i det 1. år efter købet, i det 2. år efter købet og så videre (se mere om levetid af NiCd-batterier først i afsnit 3.2.2). Forbrugstallet for hvert år ganges med de relative henfald i hvert efterfølgende år.
- Henfaldene for de enkelte anvendelser kan herefter summeres, hvorved man får et estimat for det totale henfald for hvert af de betragtede år.

Tabel 3.19

Udviklingen i forbruget af NiCd-batterier i perioden 1985-1996, middeltal i tons/år.

År	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Batteridrevet håndværktøj	67	93	86	122	122	104	97	87	74	86	99	111
Kommunikationsudstyr (mobiltlf. m.v.)	0	0	2,4	3,1	6,7	13	21	29	44	54	63	73
Videokameraer og tilbehør	1	1,8	6,1	7,1	14	18	28	30	24	18	12	6
Løse batterier (replacement)	6,8	9,3	17	13	15	16	19	18	18	16	15	13
Husholdning og personlig pleje	4,4	7,3	11	15	19	15	11	13	13	15	17	18
Bærbare computere	0	0	0,7	0,9	1,6	3,2	4,5	7,2	9,5	7	4	2
Andre anvendelser	6	7,4	8,2	8,8	10	11	12	12	12	18 ¹⁾	23 ¹⁾	29 ¹⁾
Stor sum, middeltal	85	119	131	170	188	180	193	196	195	214	233	253

Note:

- 1) Inkl. "Ikke redegjort detaljeret for", jf. tabel 3.15, men excl. "Bestykkede printplader" jf. tabel 3.14.

Beregnete totale henfald af NiCd-batterier i årene 1990-1996 er vist i tabel 3.20. Den tilsvarende cadmiummængde er også vist. De beregnede tal er behæftede med en vis usikkerhed, idet der både er usikkerhed på forbrugstallene og på de anvendte levetidsfordelinger. Usikkerheder på levetidsfordelingerne giver sig udslag i en tidsmæssig forskydning i henfaldet i forhold til forbrugstallene. Dette kan give væsentlige usikkerheder på estimatet for indsamlingspotentialer, fordi forbruget har været kraftigt stigende i hele perioden.

Tabel 3.20

Beregnet udvikling i henfaldet af NiCd-batterier uden pulterkammer- og pipeline effekt, middeltal i tons/år.

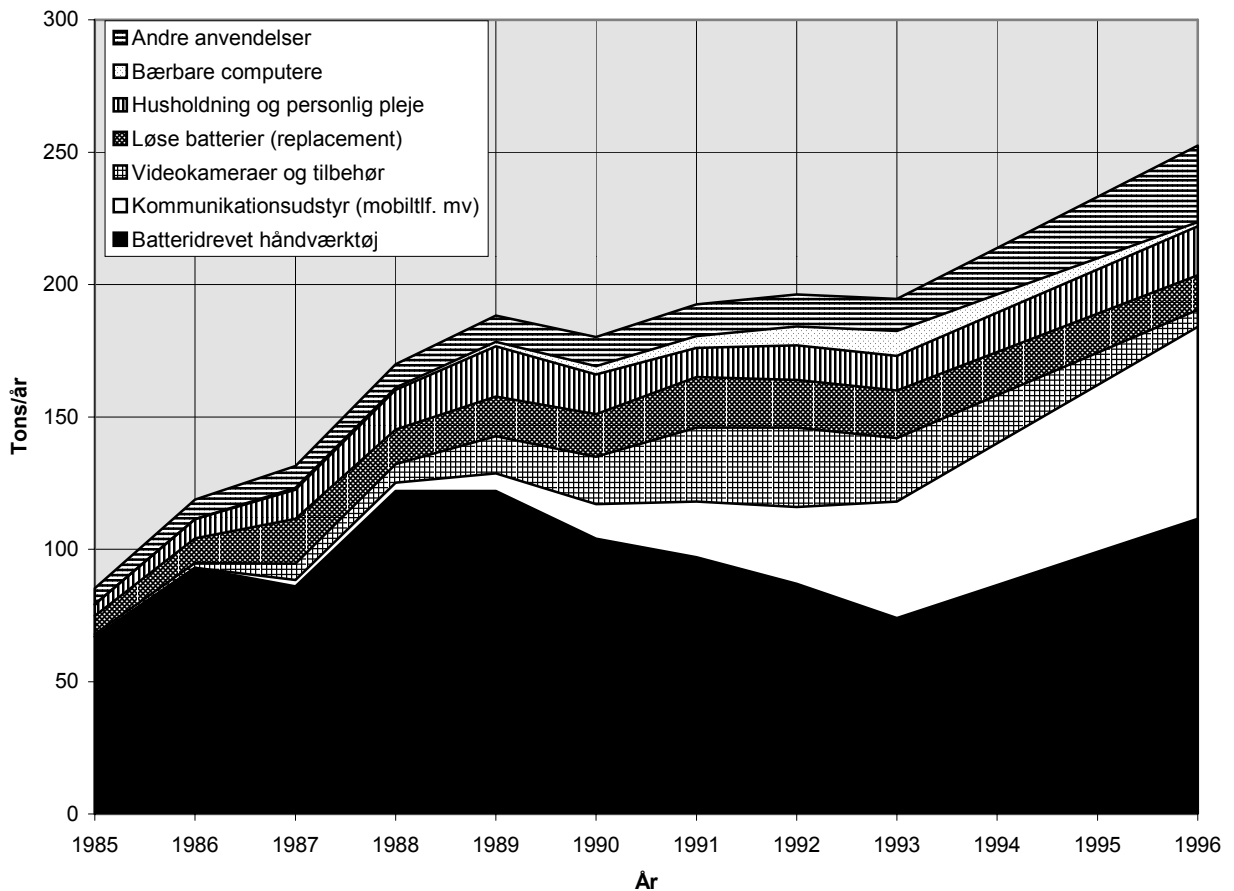
Mængde, tons/år	1989 ¹⁾	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997 ²⁾
Defekte NiCd-batterier	59	93	120	147	170	183	193	199	207
Tilsvarende cadmiummængde ³⁾	9	14	18	22	25	27	29	30	31

Noter:

- 1) I tallene er ikke indregnet forbrug fra årene før 1985. Dette vurderes kun at have nævneværdig indflydelse på tallene for 1989.
- 2) I tallet er ikke indregnet forbrug i 1997.
- 3) Der er her regnet med et cadmiumindhold på 18% af NiCd-cellerne vægt, samt at cellerne i batteripakker (langt størstedelen af batteritonningen) i gennemsnit udgør 83% af batteripakkernes totalvægt. Det samlede cadmiumindhold i 1 ton batteripakker bliver altså lig med $1 \text{ ton} * 0,83 * 0,18 = \text{ca. } 0,15 \text{ tons}$. Cadmium-mængderne i tabellen er afrundede.

Figur 3.1

Udviklingen i forbruget af NiCd-batterier i perioden 1985 - 1996, middeltal i tons/år.



Indsamlingspotentiale

Pulterkammer-effektens forskydning af det reelle gennemsnitlige bortskaffelsestidspunkt er vanskelig at vurdere præcist. I (Maag J, Hansen E. 1994) er der opstillet fire forskellige scenarier med sandsynlige pulterkammer-effekter for forskellige anvendelser og brugergrupper. Scenarierne var 1 - 2 år, 1 - 4 år, 1 - 7 år og 4 år. Den lave værdi blev anslået for en "velorganiseret bruger", som er en bruger, der har etableret velfungerende rutiner for opbevaring og bortskaffelse af NiCd-batterier. Dette vil typisk være tilfældet for større virksomheder og en række mindre virksomheder. De høje værdier blev anslået for en "uorganiseret bruger", som er en bruger, der ikke har etableret velfungerende rutiner for opbevaring og bortskaffelse af NiCd-batterier. Dette er typisk tilfældet for stort set alle private brugere samt en lang række mindre virksomheder.

Indsamlingspotentialet for NiCd-batterier i 1994 blev vurderet som *med rimelig sandsynlighed* at ligge indenfor intervallet 75-153 tons, hvilket svarer til de beregnede henfald 2-4 år tidligere, mens indsamlingspotentialet *med stor sikkerhed* ville ligge indenfor det større interval 55 - 189 tons, svarende til henfaldet 1 - 5 år tidligere.

Den gennemsnitlige pulterkammer-effekt mellem samtlige anvendelser blev altså groft anslået til mellem 1 og 5 år, muligvis til et snævrere interval på 2 - 4 år.

Udover selve pulterkammereffekten kommer det tidsrum, som selve indsamlingen af de kasserede batterier tager fra det øjeblik, brugeren lægger batteriet i en indsamlingskasse, til Miljøstyrelsen afregner for det indsamlede batteri. Dette tidsrum, som skyldes den såkaldte pipeline effekt, anslås her til 2 - 5 år. I denne periode skal indsamlingskassen fyldes, hentes, sorteres, samles til læs større end 2 tons, sendes til oparbejdningsanlæg og oparbejdes. Desuden skal der udarbejdes revisorattesteret regnskab, og endelig skal der som nævnt afregnes med Miljøstyrelsen.

Her skal den summen af pulterkammer- og pipeline effekten således regnes som 3 - 10 år.

I rapporten (Titalyse. 1999), som er udarbejdet af International Cadmium Association, antydes det, at den samlede forsinkelse i Europa kan komme helt op på ca. 18 år for bl.a. batterier til håndværktøj.

Det er vigtigt at understrege, at der for Danmark i dag ikke findes konkret viden om størrelsen af disse to forsinkelseseffekter. Beregningerne bygger alle på skøn. Såfremt det ønskes at angive indsamlingspotentialerne med større præcision end nedenfor, er det derfor nødvendigt med en konkret undersøgelse af disse forhold.

En samlet forsinkelse på 3 - 10 år betyder, at indsamlingspotentialet for NiCd-batterier i 1996 lå i et interval, hvor den nedre grænse på baggrund af (Maag J, Hansen E. 1994) kan skønnes til 20 - 50 tons, mens den øvre grænse var 170 tons, svarende til henfaldet 3 til 10 år tidligere. Dette svarer til en cadmiummængde beliggende i et interval med en nedre grænse på 3 - 7,5 tons og en øvre grænse på 25,5 tons. I det følgende regnes med et indsamlingspotential på 35 - 170 tons NiCd-batterier svarende til 5,3 - 25,5 tons cadmium.

Indsamlede mængder

I Danmark har der over en længere årrække været særlige indsamlingsordninger for NiCd-batterier. I starten af 1990'erne frem til 1995 blev indsamlingen varetaget på brancheinitiativ af Foreningen for indsamling af genopladelige batterier. Pr. 1 april 1996 blev organiseringen af indsamlingen overtaget af Miljøstyrelsen under nye vilkår.

Ifølge (Rahbek L W. 1998) gav registreringerne af indsamlede mængder i 1996 og 1997 ikke et dækkende udtryk for den faktiske indsamling, fordi der var tale om en vis oplagring af indsamlede batterier hos indsamlingsvirksomhederne i 1996. Dette gav for lave registreringer i 1996 og tilsvarende for høje registreringer i 1997. I følge Miljøstyrelsen blev der i 1998 indsamlet ca. 80 tons batterier, svarende til ca. 12 tons cadmium (beregnet som vist i note 3 til tabel 3.20). Denne værdi på ca. 80 tons anvendes her for 1996.

Indsamlingseffektivitet

Ved vurdering af indsamlingseffektiviteten i 1998 skal de indsamlede ca. 80 tons batterier sammenholdes med indsamlingspotentialet, som svarer til henfaldet 3 til 10 år tidligere, idet der regnes med en samlet forsinkelse på 3-10 år som følge af pulterkammer- og pipeline-effekten. I 1995 var henfaldet på 193 tons batterier, jf. tabel 3.20. Henfaldet i 1988 vurderes på grundlag af (Maag J, Hansen E. 1994) at være på 30-60 tons batterier. På dette grundlag kan indsamlingseffektiviteten beregnes til mindst ca. 40%.

Eksport

De indsamlede batterier eksporteres til udlandet til genanvendelse. Der eksporteredes altså ca. 12 tons/år cadmium med udtjente lukkede batterier.

Tab

Den resterende batterimængde, dvs. 0 - 90 tons, svarende til 0 - 14 tons cadmium, vurderes hovedsageligt at følge dagrenovationen til forbrænding/deponering. Der kan muligvis være tale om et begrænset diffust tab af batterier i samfundet/miljøet. Dette er dog meget vanskeligt at sætte tal på. Tab af cadmium via dagrenovation er nærmere beskrevet i kapitel 5 Af-faldsprodukter.

Ophobning

I 1996 ophobedes ca. 29 tons cadmium med lukkede batterier i Danmark. Ophobningen er beregnet som differencen mellem forbruget og indsamlingspotentiallet.

3.2.3 Sammenfatning

De foreliggende oplysninger om NiCd-batterier er sammenfattet i nedenstående tabel 3.21.

Det samlede forbrug af cadmium med NiCd-batterier i 1996 er opgjort til 36 - 54 tons.

Tabel 3.21

Forbrug med cadmium i NiCd-batterier.

Produkt	Forbrug Tons Cd/år	Udviklingstendens
Åbne NiCd-batterier	1-2,3	Stag.
Lukkede batterier ¹⁾	35-52	Stig.
I alt ¹⁾	36-54	Stig.

Note:

1) Afrundede værdier.

For 1990 blev forbruget opgjort til 31,6 tons cadmium, (Jensen A, Markussen J. 1993). Der er altså tale om en væsentlig stigning af forbruget af cadmium med NiCd-batterier, som kan henføres til de lukkede NiCd-batterier.

3.3 Elektroniske komponenter

Anvendelse

Cadmium har gennem årene været brugt til en række forskellige anvendelser i elektroniske produkter: I NiCd-batterier, i katodestrålerør (cadmiumsulfid, CdS, i den lysfølsomme belægning i fjernsynsskærme, pc-skærme o.lign.), i overfladebehandling (cadmiering) af mekaniske detaljer, som pigment og stabilisator i plast, i visse modstande (fotoresistorer), som kontaktmateriale, i speciallodninger m.v. Af disse anvendelser stod NiCd-batterierne i begyndelsen af 1990'erne for mere end 95% af det totale forbrug. Brugen af cadmiumsulfid i katodestrålerør har altid været mindre end 0,1% af det samlede forbrug. CdS blev i midten af 1990'erne substitueret af europium, Eu, (Hedemalm P. 1995).

I et større dansk udredningsprojekt er elektroniske komponenters indhold af grundstoffer m.v. blevet undersøgt. Projektet startede med en detaljeret undersøgelse af et høreapparat, en mobiltelefon og en frekvensomformer. I de bestykkede printplader i disse tre produkter blev der fundet 35 - 70 ppm cad-

mium. I hovedundersøgelsen blev alle stoffer og materialer, der repræsenterede mere end 1 vægtprocent eller 10.000 ppm, bestemt. Der blev ikke fundet cadmium i nogen komponent i selve hovedundersøgelsen, (Zachariassen K, Rønsberg H. 1995).

I et østrigsk studie er indholdet af cadmium i 5 forskellige printplader (computer, audio/video, to bestykkede, et med skadestoffer fjernet) angivet at variere fra 2 til 347 ppm; gennemsnittet var på 139 ppm, (Salhofer S, Gabriel R. 1996). Det er ikke oplyst, hvorvidt batterierne var fjernet.

En dansk virksomhed, der behandler en væsentlig del af det danske elektronikskrot, har indtil nu ikke fundet over 150 ppm cadmium i de modtagne bestykkede printplader, når batterier, komponenter med radioaktivt indhold og display, som indeholder tungmetaller, er fjernet, (Hohberg J. 1998).

I (Richter H et al. 1997) er beskrevet en undersøgelse af 42 bestykkede printkort fra kommerciel elektronik, især udstyr til proceskontrol, laboratorieinstrumenter og medicinsk elektronik. Printkortene vejede i alt 12,85 kg. Printkortene blev mekanisk adskilt og sorteret i 34 fraktioner. Selve printkortene uden komponenter vejede 38% af totalen. Fraktionen med NiCd-batterier vejede 0,55% af totalen. Under forudsætning af at batterierne indeholdt 18% cadmium, kan mængden af cadmium beregnes til 12,8 g svarende til 1.000 ppm af totalvægten for alle de 42 bestykkede printkort. I de øvrige fraktioner blev det gennemsnitlige indhold af cadmium bestemt til 20 ppm. Dette cadmiumindhold kunne især tilskrives oprullede kondensatorer med keramisk kappe, MKS/MKT kondensatorer og pladekondensatorer med keramisk kappe.

På grundlag af ovenstående regnes i det videre med, at bestykkede printplader excl. batterier og loddemidler indeholder 20 - 70 ppm cadmium.

Produktion, import og eksport

I Danmark produceredes i 1996 815 tons ubestykkede printplader, (Plovsing J, Thomasen J. 1996). Tages højde for import og eksport var forbrugt på 655 tons. Danmark nettoeksporterede i 1996 altså 160 tons ubestykkede printplader. Antages det, at bestykkede printplader vejer 266% af ubestykkede, (Richter H et al. 1997), fås en forbrugsmængde af dansk producerede printplader i 1996 på 1.740 tons bestykkede printkort. Hertil kommer printplader produceret i udlandet, se nedenfor.

I det følgende regnes der med, at alle komponenter eller dele dertil importeres.

Forbrug

I (Hedemalm P et al. 1995) er det svenske forbrug i 1991 med elektriske og elektroniske produkter og disses indhold af printkort blevet beregnet for 1991 på grundlag af danske tal jf. (Hansen G et al. 1993). I den svenske opgørelse er der regnet med, at der anvendes printkort i 39 forskellige produkttyper. Opgjort efter areal sidder halvdelen af printkortene i computere, mens 10% sidder i udstyr til proceskontrol.

Under forudsætning af at ubestykkede printplader i gennemsnit vejer 2,74 kg/m², (Legarth J B. 1996), og at bestykkede printplader i gennemsnit vejer 266% af ubestykkede, (Richter H et al. 1997), kan det danske forbrug af bestykkede printplader i 1991 opgøres til 3.560 tons på basis af (Hedemalm P et al. 1995). Sammenholdes dette tal med den tidligere opgjorte forbrugsmængde, ses det, at nettoimporten af bestykkede printplader i elektrisk og elektronisk udstyr er af samme størrelsesorden som mængden af bestykkede printplader produceret i Danmark.

Idet det forudsættes, at indholdet af cadmium i de 3.560 tons bestykkede printplader er på 20 - 70 ppm, kan mængden af cadmium i elektriske og elektroniske produkter groft anslås til at være 0,07 - 0,2 tons.

I (Hansen G et al. 1993) er der for computere og udstyr til proceskontrol regnet med en væsentlig forøgelse af forbrugsmængden fra 1991 til 1996. For andre produktgrupper der regnet med stagnation, nedgang eller øgning. I betragtning af den usikkerhed, som bestemmelsen af cadmiummængden er behæftet med, er det vurderet som rimeligt at se bort fra det påregnede øgede forbrug med computere og udstyr til proceskontrol.

Bortskaffelse og tab

I (Hansen G et al. 1993) er levetiden for pc'ere angivet til 0 - 5 år, mens den for anlæg og apparater til styring er angivet til 5 - 10 år. Den gennemsnitlige levetid for hovedparten af de apparater, som printpladerne sidder i, kan således anslås til at være omkring 5 år.

Som grundlag for at estimere bortskaffelsesmængden i 1996 anvendes derfor forbrugsmængden for 1991. På baggrund af (Hansen G et al. 1993) kan bortskaffelsesmængderne anslås til omkring 80% af forbrugsmængden. Dette svarer til i afrundede tal til 0,06 - 0,2 tons cadmium om året. Den resterende mængde cadmium akkumuleres i samfundet.

Cadmium i kasserede produkter vil blive bortskaffet via skrothandlere eller gå til forbrænding/deponi. Ved behandling hos skrothandlere fjernes batterier, display, kviksølv, radioaktive komponenter og evt. beryllium fra printpladerne, som herefter brændes ved 1.100 °C. Kobberet udvindes og de øvrige tungmetaller bindes i en slagge, som deponeres. Udsorterede NiCd-batterier går typisk til genanvendelse i udlandet, (Hohberg J. 1998).

I 1996 blev ca. 10% af elektronikskrottet behandlet. Denne andel er fordoblet i 1998, (Hohberg J. 1998).

På denne baggrund kan det anslås, at 0,006 - 0,02 tons cadmium gik til udlandet til genanvendelse, mens 0,05 - 0,2 tons gik til forbrænding/deponi.

3.4 Plast excl. legetøj

3.4.1 Plastprodukter excl. emballage og legetøj

Anvendelse

Tidligere var cadmiumforbindelser meget anvendt enten som stabilisator eller pigment til en række plastprodukter, blandt andet naturgasrør, vinduesprofiler, tagplader og kasser til øl og sodavand. Som følge af den danske lovgivning blev anvendelsen af cadmiumforbindelser i Danmark faset ud i begyndelsen af 1990'erne. Rådets direktiv om anvendelsesbegrænsning af cadmium, (Rådet. 1991), haft den samme effekt i EU.

Import fra EU

Dette betyder, at importen af cadmium i plastvarer fra EU må anses for at være yderst begrænset.

Import fra Fjernøsten

Teknologien til at producere plastprodukter uden cadmiumforbindelser har siden begyndelsen af 1990'erne været kendt i hele verden. Importen fra Fjernøsten af plastprodukter, som kunne indeholde cadmium, er ret begrænset.

Forbrug

Det skønnes derfor, at importen af cadmium med plastprodukter fra Fjernøsten og dermed forbruget for 1996 andrager 0 - 0,5 tons/år.

I (Jensen A, Markussen J. 1993) blev den danske plastbranches forbrug af cadmium opgjort for 1990 og 1991. Desuden blev det forventede forbrug for 1992 anslået, se tabel 3.22.

Forbruget i 1996 må på dette grundlag anses for at være markant lavere end forbruget i 1990.

Tabel 3.22

Den danske plastbranches forbrug af cadmium i 1990 - 1992, tons, (Jensen A, Markussen J. 1993).

År	1990	1991	1992
Totalt forbrug	6,65	6,03	0,04

Bortskaffelse og tab

Omkring 5% af plastprodukterne fra Fjernøsten er af PVC, resten er af andre plasttyper. Levetiden for disse produkter vurderes at være kort. Som skøn for bortskaffelsesmængden anvendes derfor forbrugsmængden. Som et konservativt skøn regnes hele mængden af cadmium, 0 - 0,5 tons/år, at gå til forbrænding/deponi.

En yderst væsentlig kilde af cadmiumholdig plast til forbrænding/deponi har imidlertid ikke kunnet kvantificeres direkte. Det drejer sig om cadmium anvendt som stabilisator og/eller pigment i plast solgt før cadmiumforbudet trådte i kraft i Danmark. Det samlede forbrug af cadmium med plast i 1980 er estimeret til ca. 60 tons/år, (Miljøstyrelsen. 1995). Det må antages, at cadmiumforbruget i Danmark har været af denne størrelse igennem en større del af 1970'erne, indtil forbruget blev aftrappet i starten af 1980'erne på grund af forbudet og miljøhensyn i almindelighed. Både som pigment og stabilisator er cadmium tidligere især blevet anvendt til kvalitetsvarer med relativ lang levetid. Mens levetiden af biler som hovedregel vil være begrænset til 10 - 20 år, vil mange andre varer nemt kunne opnå levetider af størrelsen 20 - 50 år. Som eksempler kan peges på:

- Rosti-køkkenskåle og køkkenudstyr (Mepal-service), fx Margrethe skåle. Cadmium blev anvendt til ca. 1983. Meget udstyr er stadig i brug
- PVC-vinduer. Cadmium blev anvendt til en gang i 1980'erne. Afhængig af vinduets behandling vil levetiden formodentlig være af størrelsen 20-40 år.

Der er således tale om et lager af cadmium i det danske samfund, som langsomt tømmes ud. Baseret på de foreliggende estimater for cadmium i emission og restprodukter fra affaldsforbrænding samt viden om andre kilder, kan det antages, at der med cadmiumholdige plastprodukter årligt tilføres 1 - 9 tons cadmium til affaldsforbrændingsanlæg.

Det samlede tab til forbrænding/deponi kan således anslås til 1 - 10 tons/år i afrundede tal.

3.4.2 Plastemballage og plastpaller

Anvendelse

En særlig anvendelse af plast er plastkasser til øl og læskedrikke samt paller til transport og udstilling af varer.

Til fremstilling af emballage i form af plastkasser af polyethylen til læskedrikke, øl samt såkaldte kvart paller til transport og display af varer i forretninger blev der indtil efteråret 1991 for visse farver (især gul, orange og rød)

anvendt cadmiumholdige pigmenter ved anvendelse af nye råvarer, (Christiansen K. 1998).

Produktion

Indtil 1996 blev omkring 90% af markedet for kasser og kvart paller dækket af en enkelt dansk producent. Siden er bl.a. svenske producenter trængt ind på markedet, (Christiansen K. 1998). Levetiden for øl- og sodavandskasser er på 25 - 50 år. Der tages løbende en vis mængde kasser ud af markedet. Grundene hertil er flere, bl.a. hvis en drikkevarefabrikant mister markedsandele og skal af med nogle overskydende kasser, ved omlægning af distributionssystemet eller ved overgang til andre typer af kasser. Kun meget sjældent tages kasserne ud, fordi de er gået i stykker. De overflødige kasser kværnes til et granulat, som dels omsmeltes til nye kasser eller paller, dels eksporteres ud af EU via tradere. Kværnede kasser med cadmiumholdige pigmenter tilsættes højst 10% nyt materiale ved omsmeltingen. Disse kasser opfylder ikke de nuværende krav til maksimalt indhold af cadmium.

Den danske producent har i alt sat ca. 20.000 tons cadmiumholdigt HDPE i omløb med et indhold af cadmium på 1.400 - 2.750 ppm, svarende til 28 - 55 tons cadmium. Heraf var der i 1996 1.290 - 1.470 tons kvart paller med et indhold af cadmium på 230 - 650 ppm, svarende til 0,3 - 1 ton cadmium, (Asholm M. 1998).

I 1996 blev der anvendt 1.560 tons regenerat, hvoraf ca. 40% indeholdt cadmium. Den mængde cadmium, der herved blev genanvendt, kan anslås til ca. 1,3 tons, (Asholm M. 1998).

Et bredt dækkende udsnit af emballagetyper på det danske marked blev undersøgt med hensyn til indhold af tungmetaller og af rapporteret som Miljøprojekt nr. 349, (Andreasen H et al. 1997). Analyserne blev gennemført med anvendelse af røntgenudstyr og atomspektrometriske teknikker. Cadmium i større mængde end 100 ppm fandtes i plastkasser og paller. For plastkasserne vedkommende blev cadmium fundet i mængder på 250 til 1.300 ppm i 4 ud af 13 prøver. Alle positive resultater kan føres tilbage til produktionsdatoer før 1980. Indholdet af cadmium i alle 7 undersøgte paller lå mellem 230 og 1.200 ppm. Pallerne blev dels produceret i Danmark i perioden november 1985 til maj 1989 samt dels i Tyskland i perioden december 1984 til juli 1987.

Eksport

Eksporten af cadmium ud af EU med kværnede plastkasser androg i 1996 0,07 - 0,2 tons. I 1998 var mængden øget til omkring 0,1 - 0,4 tons, (Christiansen K. 1998).

Forbrug

Genanvendelse inden for et lukket kredsløb regnes som levetidsforlængelse, hvorfor forbruget er nul.

Bortskaffelse og tab

Kasser, som ikke skal bruges mere, tilføres ikke forbrænding eller deponi, men kværnes og omsmeltes eller eksporteres, som ovenfor beskrevet. Tabet til miljøet i Danmark anses derfor for at være forsvindende.

3.4.3 Sammenfatning

De foreliggende oplysninger om forbrug og bortskaffelse er sammenfattet i tabel 3.23.

Tabel 3.23*Forbrug og bortskaffelse af cadmium med plast i 1996.*

Produkt	Forbrug Tons Cd/år	Til forbr./deponi Tons Cd/år	Eksport Tons Cd/år
Plastprodukter excl. emballage og legetøj	0-0,5	1-9,5 ¹⁾	0
Plastemballage og plastpaller	0	0	0,07-0,2
I alt	0-0,5	1-10	0,07-0,2

Note:

- 1) Heraf udgør "historisk plast" 1 - 9 tons/år.

Det ses, at forbruget af cadmium med plast er temmelig begrænset. Bortskaffelsen til forbrænding/deponi er ret høj, hvilket skyldes plast, der er forbrugt før 1996. Der er en lille eksport med kværnede plastkasser ud af EU.

3.5 Legetøj

Anvendelse

I Danmark sælges hvert år mellem 20 og 45 millioner stykker legetøj, (Grøn Information. 1998).

Legetøjsbranchens Fællesråd dækker 80 - 85% af markedet, dvs. legetøjsbutikker o. lign., men ikke benzinstationer, kiosker, boghandlere, postordreforretninger, gøglerforretninger m.v., (Selbach S. 1998). Fællesrådet har ingen dokumentation af legetøjets indhold af kemiske stoffer. Disse analyseresultater ligger hos de enkelte medlemmer.

I medfør af Legetøjsbekendtgørelsen skal legetøj, som på grund af dets ydre fremtræden kan forveksles med levnedsmidler, CE mærkes, inden det bringes i omsætning. CE mærkningen fordrer, at legetøjet opfylder en lang række krav, bl.a. må biotilgængeligheden af cadmium ikke overstige 0,6 µg/dag. CE mærkningen siger ikke noget om legetøjets indhold af cadmium.

Kemikalieinspektionen, som hører under Miljøstyrelsens Kemikaliekontor, udtager stikprøver, som analyseres for migration af tungmetaller. Markedskontrollen, som hører under Forbrugerstyrelsen, tager stikprøver med det formål at kontrollere, at legetøjet er sikkert at lege med.

I relation til cadmium er det plastlegetøjs indhold af cadmiumbaserede pigmenter samt stabilisatorer i PVC, der er interessante.

Produktion

Ved kontakt til en række danske producenter af plastlegetøj er det konstateret, at der ikke anvendes cadmiumbaserede råvarer eller hjælpestoffer herhjemme.

Import

Danmark importerer legetøj fra en række lande. I det videre forudsættes, at de europæiske producenter følger EUs bestemmelser om maksimalt 100 ppm cadmium i varer af plast, (Rådet. 1991). Af Danmarks Statistiks tal for udenrigshandelen 1995 - 97 fremgår, at Kina er den største og temmelig dominerende eksportør af legetøj til Danmark, (Plovsing J, Thomasen J. 1996), (Plovsing J, Sørensen R S. 1997) og (Plovsing J, Sørensen R S. 1998). I denne periode udgjorde importen af plastlegetøj fra Østen i gennemsnit

5.500 tons/år, hvoraf ca. 85% kom fra Kina. De største grupper af legetøj var legetøj pakket i sæt, dukker af plast samt legetøj af forskellig art af plast.

Der haves ingen sikre tal for plastlegetøjs indhold af cadmium. I det følgende ses der bort fra det indhold af cadmium, som der måtte være i europæisk produceret legetøj, da denne cadmiummængde vurderes at være af mindre betydning.

I (Hartmann L W, Hansen E. 1983) er beskrevet indholdet af cadmium i legetøj i 1981, før cadmium blev reguleret. Det fremgår, at 15 - 25% af importen vurderedes at indeholde cadmium som pigment i en middelkoncentration på ca. 3.000 ppm. Endvidere blev der regnet med, at importeret cadmiumstabiliseret PVC-legetøj havde en middelkoncentration på 1.000 ppm. På grund af den foretagne regulering er legetøjs indhold af cadmium faldet siden 1981. Det vides ikke med sikkerhed, hvad niveauet var i 1996, og hvad det er i skrivende stund (marts 1999).

Greenpeace har undersøgt PVC legetøj indkøbt i 1997 i USA, Canada og Østrig for bl.a. cadmium, (Gangi J D. 1997) og (Boos R. 1997). Undersøgelsen omfattede legetøj (mærkevarer) fra en række kendte, internationale koncerner. Hovedresultaterne er vist i tabel 3.24.

Det gennemsnitlige indhold af cadmium i PVC legetøjet indkøbt i USA og Canada lå på 95 ppm, men der var peakværdier helt op til 649 ppm. I Østrig indeholdt en del af stikprøverne mindre end 0,5 ppm, men et enkelt produkt lå helt oppe på 580 ppm.

Som følge af denne undersøgelse har de store, internationale koncerner strammet op på deres kvalitetsstyringssystemer og forøget antallet af stikprøver og analyser af indholdet af cadmium. Kravene til licensproduktion er også blevet skærpet. I dag anvendes der ikke cadmiumbaserede råvarer eller hjælpestoffer, og mærkevarers indhold af cadmium må anses for at være under 100 ppm, (Bakker J. 1998).

Tabel 3.24

Greenpeace undersøgelse af cadmium i PVC legetøj i 1997 i USA, Canada og Østrig, (Gangi J D. 1997) og (Boos R. 1997).

Lokalitet	Antal obs	Koncentration af Cd i ppm			Mærke
		min	max	gns	
Chicago	27	6,1	344	71,6	Disney, Barbie, Toys R Us, Gemini, Warner Brothers m.fl.
California	26	5,6	649	137,0	Disney, Barbie, Toys R Us, Gemini, Warner Brothers m.fl.
Montreal	8	4	143	38,6	Disney, Toys R Us, Columbia, Barbie m.fl.
Østrig	11	<0,5	580		Disney, Barbie m.fl.

Indholdet af cadmium i mærkevarelegetøj importeret til Danmark i 1998 vurderes derfor at være væsentligt under det niveau, som er angivet i tabel 3.24.

Ved kontakt til en række supermarkeder, varehuse, benzinselskaber, boghandlere samt danske importører af legetøj er det konstateret, at man accepterer legetøj, som er CE mærket. Kun en af de adspurgte beder om dokumentation for plastvarers indhold af cadmium.

En stor dansk legetøjsproducent anfører, at CE mærkerne måske somme tider bliver sat på pr. automatik, og at der måske ikke altid ligger de nødvendige tests bag. Dette kan især være tilfældet med billigt legetøj. Desuden anfører samme kilde, at cadmiumholdige pigmenter er omkring 10 gange så billige som cadmiumfrie.

På dette grundlag er det ikke muligt at udtale sig kvalificeret om, hvorvidt legetøj, der ikke er mærkevarer, generelt indeholder mindre cadmium i 1998 end angivet i tabel 3.24. Et skøn ville være, at det gennemsnitlige indhold af cadmium er reduceret.

Nedenfor skal gøres et forsøg på at skønne mængden af cadmium i det legetøj, som blev solgt i Danmark i 1996. Mærkevarelegetøjets markedsandel i Danmark er ca. 45%. Mærkevarelegetøjets andel af plastlegetøjet, der importeres fra Østen, skønnes at være ca. 35% svarende til ca. 1.900 tons.

Det fremgår af tabel 3.25, at den mængde cadmium, der importeres med plastlegetøj fra Østen, groft kan anslås til 0,2 - 3,6 tons/år.

Bortskaffelse og tab

Legetøj har ofte en kort levetid, og bortskaffelsesmængden skønnes at svare til forbrugsmængden. Tabet til forbrænding/deponi anslås til 0,2 - 3,6 tons cadmium om året.

Tabel 3.25

Mængde af cadmium i legetøj importeret fra Østen i 1996.

Anvendelse	Mængde af legetøj tons	Koncentration af cadmium ppm	Mængde af cadmium tons
Mærkevarelegetøj			
Cd som pigment/stabilisator	1.900	0-100	0-0,2
Andet legetøj			
Cd som pigment	540-900 ¹⁾	300-3.000	0,2-2,7
Cd som stabilisator i PVC	66-660 ²⁾	100-1.000	0,007-0,7
Sum	2.500-3.500		0,2-3,6

Noter:

- 1) Mængderne er skønnet til mellem 15 og 25% af andet plastlegetøj.
- 2) Mængderne er skønnet på basis af (Hartmann L W, Hansen E. 1983).

3.6 Pigmenter til andre formål

Udover plast og legetøj anvendes cadmiumholdige pigmenter til en række andre formål, som beskrives nedenfor.

<i>Glasurer</i>	I følge oplysninger fra (Roed G. 1998) anvendes der i glasurer på porcelæn og keramik mindre end 1 kg cadmium om året i Danmark. I 1996 stoppede FDB importen af et parti porcelænsvarer på grund af for meget cadmium i decorationen, (Damsted H. 1998). Der haves ingen tal for mængden af cadmium, der på denne måde tilføres Danmark.
<i>Kunstnerfarver</i>	Jævnfør oplysninger fra et firma, som omtrent dækker hele markedet, sælges der 40 - 50 kg cadmium om året i kunstnerfarver. Det drejer sig om røde, gule og orange farver. Farvestofferne importeres. Denne mængde er væsentligt større end opgørelsen for 1990.
<i>Hobbymaling</i>	Miljøstyrelsen har i løbet af sommeren og efteråret 1998 fået undersøgt omkring 100 forskellige hobbymaleprodukter for blandt andet cadmium. I skrivende stund (november 1998) er undersøgelsen endnu ikke helt afrapporteret, da der mangler analyseresultater for nogle få prøver. De allerfleste indeholdt mindre end 1 ppm cadmium. Indtil nu er der dog fundet en prøve (en underglasur) på 4,4 ppm og en prøve (en hvid akvarelfarve, zinkoxid?) på 72 ppm, (Petersen P. 1998).
<i>Tandproteser m.m.</i>	Der anvendes cadmiumforbindelser som farvepigment i forbindelse med fremstilling af tandproteser. Mængden vurderes at være mindre end 1 kg cadmium om året. Der anvendes ikke længere cadmium til guldsflaglod herhjemme, da der er udviklet cadmiumfrie legeringstyper, (Kaaber S. 1998).
<i>Færdselstavler, trafiksignaler, sikkerhedsmateriel og brandslukningsudstyr</i>	Skiltene og tavlerne fremstilles typisk af en plade af aluminium. Herpå lægges en refleksfolie, og/eller der trykkes med en eller flere farver. Hvis skiltet ikke er godt nok mere eller skal laves om, lægges som oftest blot en ny folie oven på den gamle. En række producenter og leverandører er blevet kontaktet. Kun én producent havde i 1996 solgt et cadmiumholdigt produkt til søfartsbrug. Det drejede sig om en refleksfolie, som udgik af sortimentet med udgangen af 1996. Mængden af cadmium i folien var på ca. 100 g, (Nordberg B. 1998).
<i>Samlet forbrug</i>	Det samlede forbrug af cadmium med pigmenter til andre formål kan således anslås til 40 - 50 kg/år.
<i>Bortskaffelse og tab</i>	Som et groft skøn for bortskaffelsesmængden anvendes forbrugsmængden. Pigmenterne, 40 - 50 kg cadmium om året, regnes bortskaffet til forbrænding/deponi.

3.7 Cadmiering

Cadmiering anvendes til at gøre metaloverflader særligt modstandsdygtige.

<i>Cadmiering</i>	En producent af flydele oplyser, at brugen af cadmium ophørte i 1995, (Marker M. 1998). Flyvematerielkommandoen og to virksomheder oplyser, at der til militære formål og til civile fly, nærmere betegnet reparation af landingsstel, finder cadmiering sted, (Stelmaszyk J. 1998), (Meyle M. 1998) og (Jørgensen H. 1998). Forbruget af cadmium kan opgøres til ca. 70 kg/år. Det importeres og må anses for at svare til forbruget, som fremgår af statistikken over udenrigshandelen, se afsnit 3.1.
-------------------	--

I 1989 og 1990 var forbruget til cadmiering 50 - 100 kg cadmium, (Jensen A, Markussen J. 1993). Forbruget i 1996 ligger i dette interval.

Under brugen slides en vis del af cadmiumbelægningen af. Ved reparation strippes den resterende belægning af, og delen cadmieres igen. Den afstrippede mængde sendes til Kommunekemi. Konservativt regnes der med, at 50% af belægningen slides af under brug. Tabet til miljøet kan derfor anslås til ca. 35 kg cadmium om året, mens Kommunekemi også får tilført ca. 35 kg cadmium om året.

Cadmierede skruer, bolte og møtrikker

Flyvematerielkommandoen oplyser, at der årligt importeres 35 - 105 kg cadmium med skruer, bolte og møtrikker, (Meyle M. 1998). I 1990 blev forbruget anslået til at være mindre end 100 kg, (Jensen A, Markussen J. 1993). Forbruget må anses for at være stagnerende.

De brugte skruer, bolte og møtrikker går til skrothandler. Herfra går de ind i metalkredsløbet. Tabet af cadmium anslås derfor til 35 - 105 kg om året.

Musikinstrumenter

En række importører, forhandlere og værksteder er blevet kontaktet tillige med en engelsk producent af messingblæseinstrumenter. Ingen kender noget til cadmiering af hele eller dele af musikinstrumenter. På denne baggrund vurderes anvendelsen af cadmiering af musikinstrumenter som yderst begrænset.

Præcisionsinstrumenter, elektriske kontakter

En række producenter og forhandlere er blevet kontaktet. Ingen har i en år-række solgt produkter indeholdende cadmium.

Samlet forbrug

Det samlede forbrug af cadmium til denne anvendelse kan opgøres til 0,11 - 0,17 tons/år. Jævnfør Udenrigshandelsstatistikken var forsyningen med cadmiumoxid, cadmium pulver samt cadmium og varer heraf i 1996 på 0,12 tons cadmium, hvilket stemmer udmærket med denne opgørelse.

Bortskaffelse og tab

For cadmieringens vedkommende skønnes tabet ligeligt fordelt mellem vand og forbrænding/deponi (Kommunekemi), dvs. 0,35 tons/år til hver. De udslidte cadmierede bolte, skruer og møtrikker, 0,04 - 0,1 tons cadmium pr. år, går til metalgenanvendelse. Den angivne mængde cadmium ender som restprodukt herfra.

3.8 Cadmiumholdige legeringer

Dette afsnit omfatter offeranoder, højspændingskabler, S-togsledninger og loddemidler.

Offeranoder

Zinkanoder tilsættes en lille mængde cadmium og aluminium, der virker som startere ved korrosionen af zinken. På det danske marked, dvs. havne, skibe, rørledninger m.v., dominerer offeranoder af aluminium med en markedsandel på ca. 70%. Resten af markedet dækkes i dag af zinkanoder. I 1996 blev der i alt solgt ca. 1.250 tons zinkanoder med et indhold på ca. 0,6 tons cadmium, (Larsen L. 1998). Anoderne blev alle importeret. Zinkanodernes levetid er forskellig, for eksempel er den omkring 2 år ved brug til skibe. Omkring 15% af anoderne blev solgt til danske skibe. Det antages her, at miljøbelastningen fra skibe i de danske farvande svarer til miljøbelastningen fra de danske skibe, der fik offeranoder.

I (Jensen A, Markussen J. 1993) er det angivet, at forbruget med cadmium i 1990 var 110 kg. Tilsyneladende er forbruget i 1996 godt fem gange større. Måske er forbruget ikke opgjort på den samme måde for de to år.

Hele den mængde cadmium, der findes i zinkanoder, ca. 0,6 tons i 1996, må anses for at blive tilført havmiljøet.

Kabler

I dag anvendes kun cadmium til én produkttype, nemlig fladkabler, der har en blykappe med cadmium. Indholdet af cadmium udgør mindre end 1 promille af blylegeringen. I 1996 anvendtes ca. 5 kg cadmium. Denne mængde varierer dog meget fra år til år. Produktionen af denne type kabler var forholdsvis lille i 1996. Produktionen i 1996 gik til Danmark. Afsætningsfordelingen varierer også meget fra år til år; lige fra 100% til Danmark til 100% eksport, (Thiesen J. 1999).

Virksomheden oparbejder også kabelskrot. Kabler fra Danmark og udlandet brændes i en ovn, og blyet løber ud i bunden. Noget cadmium følger blyet, mens resten går med røgen, som køles i en røgekøler. Udover rensset luft dannes der et cadmiumholdigt slam, som sendes til Kommunekemi. I 1996 blev der med kabelskrot modtaget 10 - 20 kg cadmium, hvoraf ca. 75% eller 8 - 15 kg var importeret. Der blev tilført mindre end 10 kg cadmium til slammet. Med det genvundne bly gik der 5 - 10 kg cadmium; heraf blev ca. 80% eksporteret, (Thiesen J. 1999).

Mængden af cadmium med kabler er så lille, at der i det følgende ses bort herfra.

For 1990 blev forbruget af cadmium med kabler opgjort til 55 kg, (Jensen A, Markussen J. 1993).

S-togsledninger

Der er tre generationer af køreledninger til S-tog, (Prisum M. 1998):

- 1 60 år gamle, af ren kobber
- 2 Mellemgamle ledninger, af en legering af kobber og cadmium jf. en DIN norm
- 3 Nye ledninger, af ren kobber

Banestyrelsen har i dag i alt 400 km S-togsledninger, hvoraf 2/3 eller 267 km indeholder 1 - 2% cadmium. Ledningerne vejer 1 ton/km. Den samlede mængde cadmium kan dermed opgøres til 2,7 - 5,3 tons cadmium.

Ledningerne udskiftes i felter à 1.200 - 1.500 m svarende til 12 - 30 kg cadmium pr. felt. I 1996 og før udskiftedes typisk 6 felter om året svarende til 72 - 180 kg cadmium. I 1997 blev udskiftet 3 felter. I 1998 påregnes udskiftet 1 - 2 felter. Den lavere udskiftningstakt i 1997 og 1998 skyldes, at det er blevet teknisk muligt at forlænge ledningernes levetid. Ved udskiftning af 3 felter om året, vil det vare 60 - 75 år at udskifte alle de cadmiumholdige køreledninger. Banestyrelsen vurderer, at denne tidshorisont må anses for at være for lang, (Prisum M. 1998).

Udskiftede S-togsledninger bliver samlet på Hellerup station, hvorfra de bliver solgt til en skrothandler. Skrothandleren holder køreledningerne særskilt. Via endnu en skrothandler går de til omsmelting i et kobberværk i Europa, for eksempel i Tyskland, Belgien eller Holland, (Christensen H. 1998).

Loddemidler

Loddemidler kan opdeles i to typer: Blød lod og hård lod. Blød lod anvendes til utallige formål, bl.a. elektronik, VVS og kølebranchen, (Fugmann H. 1998). Indholdet af cadmium i blød lod er meget lavt, typisk mindre end 0,025% svarende til 250 ppm, (Harder F. 1998). Hård lod er slaglod med et højt indhold af sølv eller fosfor. Hård lod kan eventuelt indeholde cadmium, mellem 10 og 25%, (Toft T. 1998). Hård lod anvendes bl.a. af sølv- og guldsmede.

<i>Produktion</i>	Alle loddemidler importeres.
<i>Forbrug</i>	<p>Markedet for "cadmiumfri" lod, både blød lod og hård lod, kan opdeles i tre hovedanvendelsesområder:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektronik • Kølere • VVS og småanvendelser
<i>Elektronik</i>	<p>Jf. (Lassen C, Hansen E. 1996) kan forbruget af loddemidler til elektronik anslås til 350 - 450 tons/år svarende til 0 - 100 kg cadmium pr. år ved et cadmiumindhold på 0 - 250 ppm. Hovedanvendelsen sker ved almindelig lodning udført med loddemaskine eller loddekolbe. Import og eksport af cadmium med færdig elektronik er ikke kendt, og mængderne skal her groft regnes at opveje hinanden.</p> <p>Udover loddetin anvendes ved produktion af elektronik også nikkel/guldlegeringer, sølv og ledende lime til at montere komponenter på printkortene. Disses markedsandele er ikke kendt.</p>
<i>Kølere</i>	De fleste kølere til motorer, herunder autokølere, består af en række kobberplader, der loddes sammen med loddetin. I Danmark anvendes jf. (Lassen C, Hansen E. 1996) omkring 200 tons loddetin pr. år. Tages der højde for import og eksport af kølere, kan forbruget af loddetin til kølere anslås til 65 - 85 tons/år svarende til en cadmiummængde på 0 - 20 kg/år.
<i>VVS og småanvendelser</i>	Årligt anvendes 100 - 150 tons loddetin svarende til 0 - 40 kg cadmium pr. år til VVS og andre formål, herunder private formål, (Lassen C, Hansen E. 1996).
<i>Slaglod med cadmium</i>	På grundlag af oplysninger fra importører kan det danske marked for cadmiumholdigt slaglod opgøres til omkring 130 - 150 kg/år svarende til 10 - 40 kg cadmium pr. år.
<i>Udviklingstendenser</i>	I (Jensen A, Markussen J. 1993) er forbruget med cadmiumholdigt sølvslaglod opgjort til 45 - 72 kg cadmium pr. år i 1990. I forhold hertil er mængden faldet med omkring en faktor to. Mængden af cadmium i cadmiumfrit lod blev ikke opgjort i studiet i 1993.
<i>Bortskaffelse og tab</i>	<p>Ved brug af loddetin kan der ske en mindre emission af cadmium til luft med cadmiumdampe. Dette gælder især ved anvendelse af cadmiumholdigt slaglod. Emissionen kan først og fremmest forårsage arbejdsmiljømæssige problemer, mens tabene gennem udsugning til omgivelserne må anses for uvæsentlige.</p> <p>Loddetin i kasserede produkter vil blive bortskaffet via skrothandlere eller til forbrænding eller deponi.</p> <p>Jf. afsnit 3.3 går omkring 80% af loddetin i elektronik til bortskaffelse, mens resten akkumuleres i samfundet. Af det bortskaffede går ca. 10% til genanvendelse i udlandet. Denne mængde er så lille, at der ses bort fra den i det følgende. Til forbrænding/deponi går ca. 90% af det bortskaffede svarende til 0 - 0,09 tons cadmium om året, idet bortskaffelsesmængden antages at være lig med forbrugsmængden.</p>

Kølere vil overvejende blive opsamlet som metalskrot og eksporteret til oparbejdning uden for Danmark. Lodninger anvendt til VVS-formål må ligeledes forventes bortskaffet som metalskrot. Det samme gælder slaglod.

Sammenfatning

De ovennævnte anvendelsers forbrug med cadmium, udviklingstendensen samt bortskaffelse og tab er angivet i nedenstående tabel 3.26.

Tabel 3.26

Forbrug, udviklingstendens, bortskaffelse og tab af cadmiumholdige legeringer i 1996.

Anvendelse	Forbrug Tons Cd/år	Udviklings- tendens	Bortskaffelse og tab, tons Cd/år		
			Vand	Forbr./deponi	Andet
Offeranoder	0,6	Stig.	0,6		
S-togsledninger	0	Stag.	0		0,07-0,2 ¹⁾
Loddemidler	0,01-0,2	?	0	0-0,07	0,01-0,1 ¹⁾
I alt	0,6-0,8		0,6	0-0,07	0,08-0,3

Note:

- 1) Metallet går til genanvendelse. Den angivne mængde cadmium ender som restprodukt herfra.

Det fremgår af tabellen, at en stor del af forbruget tabes med offeranoder til vandmiljøet.

Bemærk, at bortskaffelsen med S-togsledninger er større end forbruget.

3.9 Smykker

Verdensmarkedsprisen på cadmium er temmelig lav for tiden. Ved at legere sølv med cadmium kan producenten derfor fremstille et billigere smykke end ved at legere med andre og dyrere metaller. Nogle smykker loddes i større eller mindre omfang. Cadmiumholdig lod har gode tekniske egenskaber, hvorfor det stadig anvendes i et vist omfang. På grund af risikoen for allergi er fornikling ved at blive faset ud. Nogle producenter anvender i stedet cadmiering, som giver gode tekniske egenskaber.

Som følge af den viden, som er blevet indsamlet i løbet af dette projekt, kan fokus koncentreres om to kategorier af smykker: smykker af såkaldt "indisk sølv" importeret fra Indien og Nepal samt forsvøvet eller forgyldt bijouteri importeret fra en række lande i Østen.

"Indisk sølv"

Smykkerne er typisk flettede sølvvarmbånd, flettede sølvhalskæder o. lign., der er relativt tunge og indeholder mange lodninger, som eventuelt kan være foretaget med cadmiumholdigt slaglod. Ved at erstatte en del af sølvet med cadmium nedsættes legeringens smeltepunkt, og der kan ved fremstillingen opnås en økonomisk besparelse. Det bør bemærkes, at denne anvendelse nemlig at legere sølv med cadmium ikke er omfattet af Forbudsbekendtgørelsen. I enkelte smykker af "indisk sølv" har FORCE Institutet bestemt op til 30% cadmium, (Petersen O. 1998). I midten af 1990'erne blev hovedparten af disse smykker solgt gennem danske guld- og sølvmedebutikker. I dag er markedet domineret af det salg, som foregår via boder, sælgere o. lign. på gader, stræder og markedspladser samt supermarkeder. De smykker, som

sælges gennem danske guld- og sølvsmedebutikker er som regel sterlingsølv, mens gadehandlernes smykker ofte har en lavere lødighed.

FORCE instituttet (Ædelmetalkontrollen) foretager uanmeldte kontrolbesøg i guld- og sølvsmedeforretningerne for at kontrollere især lødigheden af varerne. Smykker solgt af en dansk sølv- eller guldsmed har et registreret navnestempel, så smykket kan spores tilbage til producenten. Dette giver en meget stor ansvarlighed m.h.t. lødighed og tilsætning af uædle metaller, (Nygård H H. 1998). FORCE Instituttet har til dato ikke kontrolleret de smykker, der sælges på gader, markeder o. lign., (Petersen O. 1998).

Cadmium i smykker kan bestemmes ved to principielt forskellige metoder: destruktive og ikke-destruktive. Begge typer er forholdsvis dyre. I det første tilfælde ødelægges den del af smykket, der analyseres. Til gengæld får man et tal for prøvens samlede indhold af cadmium. I det andet tilfælde foretages en overfladeanalyse med røntgen. Det ville være ønskeligt at udvikle en simpel og billig test à la nikkeltesten, (Egemose K. 1998).

I perioden 1995 - 1997 var den registrerede import af sølvsmykker fra Indien og Nepal mellem 315 og 990 kg/år, (Plovsing J, Thomasen J. 1996), (Plovsing J, Sørensen R S. 1997) og (Plovsing J, Sørensen R S. 1998). Ved kontakt til importører samt Told & Skat skønnes det, at den uregistrerede import mindst er lige så stor som den registrerede. I det følgende anvendes derfor en mængde af smykker på 0,7 - 2 tons/år.

Forsølvet og forgyldt bijouteri

Forsølvet og forgyldt bijouteri er lavet af messing, som derpå er blevet forsølvet eller forgyldt. På dyrere kvaliteter er laget af sølv eller guld relativt tykt. På billigere kvaliteter har messingene tidligere været belagt med først et lag nikkel og derpå et relativt tyndt lag sølv eller guld. Da nikkel i smykker er uønsket i Danmark og en række andre lande, ses det, at nikkellaget nu kan være erstattet med et lag cadmium.

I henhold til Udenrigshandelsstatistikken var forbruget af forsølvet og forgyldt bijouteri fra Østen i gennemsnit for perioden 1995 - 1997 på ca. 16 tons/år.

Idet det forudsættes, at cadmieringen er på 10 µm, (Jørgensen H. 1998), kan bijouteriets indhold af cadmium beregnes til max. 7,5%.

I nedenstående tabel 3.27 er vist indholdet af cadmium i smykker.

Tabel 3.27
Smykkers indhold af cadmium.

Produkt	Indhold af Cd %	Forbrug Tons produkt/år	Forbrug Tons Cd/år
"Indisk sølv"	0-30	0,7-2	0-0,6
Forsølvet og forgyldt bijouteri fra Østen	0-7,5	15,7	0-1,2
I alt		16-18	0-1,8

Bortskaffelse og tab

På grund af sølvpriserne er der ingen økonomi i omsmelting af gamle sølvsmykker, hverken for kunden eller for sølvsmeden. Gamle smykker recirkuleres ofte ved at gå ind i en handel. Stort set alle sølvsmykker, ca. 90%, går

tilbage til sølvsmeden og derfra videre til genanvendelse, fordi folk anser dem for at være værdifulde, (Jensen H W. 1998). Resten må anses for at gå til forbrænding/deponi.

Brugte sølvsmykker, der ikke sælges igen, smeltes om til barrier, som typisk går til affinerings² i udlandet. Normalt regner man med 1% smeltetab, fx som følge af slaglod. Slagger og gamle smeltedigler sendes også til affinerings i udlandet, (Woergaard G. 1998).

Som et groft skøn anslås tabet for "indisk sølv", som har en relativt kort levetid, at være på <0,6 tons cadmium om året.

Bijouteriet har en meget lav værdi og en kort levetid. Efter brug vurderes det at gå med den sædvanlige affaldsbortskaffelse, dvs. til forbrænding/deponi. Tabet anslås til <1,2 tons cadmium om året.

3.10 Andre anvendelser

Afsnittet omfatter kemikalier, kosmetik og solceller.

Forbrug med industrikemikalier

Der er rettet telefonisk kontakt til en række af de firmaer, der leverer industrikemikalier. Ingen af disse firmaer leverer cadmiumholdige produkter. Indholdet af cadmium er typisk mindre end 1 ppm. Det samme var tilfældet i 1990. Jævnfør Udenrigshandelsstatistikken blev der i perioden 1995 - 1997 i gennemsnit importeret og forbrugt ca. 100 kg cadmium som cadmiumsulfid.

Forbrug med laboratoriekemikalier

Der anvendes cadmiumholdige kemikalier inden for laboratorieområdet. Der har været rettet henvendelse til de to største firmaer på området. Af Udenrigshandelsstatistikken tal fremgår, at der som gennemsnit for perioden 1995 - 1997 blev importeret og forbrugt ca. 200 kg cadmium om året som cadmiumnitrat. Forbruget af cadmium med laboratoriekemikalier blev for 1990 skønnet at være <100 kg. Det opgjorte forbrug er altså væsentlig større i 1996 end i 1990.

Forbrug med kosmetik

Miljøstyrelsen har i efteråret 1998 undersøgt kosmetiks indhold af cadmium, (Orloff A. 1998). Der blev analyseret 39 repræsentative prøver. Den højeste værdi var mindre end 4 ppm, som blev fundet i 3 prøver. 2 prøver var mindre end 3 ppm. Resten indeholdt mindre cadmium. I det følgende regnes kosmetik fri for cadmium.

Solceller

Der er ikke cadmium i krystallinske solceller, (Aarø D. 1998). En ny type tyndfilmsceller, som bl.a. BP Solar producerer, er baseret på cadmium tellurid, CdTe, (Katic I. 1998). For tiden er lagtykkelsen omkring 3 µm, og indholdet af cadmium andrager 3 - 9 g/m², (Zweibel K. 1998). Lagtykkelsen og dermed også indholdet af cadmium forventes at blive reduceret fremover, måske ned til 1 µm om 20 år? Levetiden for solcellerne forventes i dag at blive omkring 30 år. Der er i dag udviklet metoder til at strippe CdTe fra glas, så genanvendelse af cadmium og tellur er mulig.

Normalt loddet cellerne sammen til moduler, fx på 1 m². Fabrikkerne anser loddetinnets indhold af bly for et større miljøproblem end cellernes indhold af cadmium, (Katic I. 1998). Denne nye type solceller med CdTe er knapt kommet på det danske marked endnu (juli 1998), men de forventes at få en pæn udbredelse, da de ser ud til at kunne give en god driftsøkonomi.

² affinerings = oprensning = fjernelse af urenheder fx kobber

Det danske marked for solceller forventes at udvikle sig eksponentielt, (Aarø D. 1998). I dag, 1998, er der installeret omkring 250 kW. I år 2005 forventes der at være installeret ca. 10 MW svarende til et areal på ca. 100.000 m². Heraf vil omkring 25% være tyndfilmceller. Denne andel vil fremover være stigende, efterhånden som tyndfilmsteknologien bliver mere udviklet og konkurrencedygtig.

Cadmiummængde

Mængden af cadmium i danske solceller anses i 1996 for at være nul. Derimod anslås mængden af cadmium i danske solceller i år 2005 på denne baggrund at blive på omkring 75 - 225 kg, idet det er antaget, at tyndfilmcellerne har en lagtykkelse på 3 µm.

Bortskaffelse og tab

Bortskaffelsen vil finde sted om ca. 30 år og frem. Det forudsættes, at der til den tid sandsynligvis vil være etableret en passende tilbagetagningsordning, så det anvendte cadmium kan blive genanvendt om ikke i Danmark så et andet sted i Europa.

Samlet forbrug, tab og bortskaffelse

Det samlede forbrug af cadmium med disse anvendelser kan opgøres til 0,3 tons/år. Tabet anslås ligeledes til 0,3 tons/år, som bortskaffes til Kommunkemi (forbr./deponi).

3.11 Sammenfatning

De foreliggende oplysninger om forbrug, bortskaffelse og tab af tilsigtede anvendelser af cadmium er sammenfattet i tabel 3.28.

Tabel 3.28

Forbrug, udviklingstendens, bortskaffelse og tab af cadmium med produkter.

Produkt / anvendelse	Forbrug Tons Cd/år	Udviklings- tendens	Skønnet bortskaffelse og tab, tons Cd/år				
			Luft	Vand	Jord	Forbr./deponi ⁵⁾	Andet
Batterier	36-54	Stig.				0-13,5	12 ¹⁾
Elektroniske komponenter	0,07-0,2	?				0,05-0,2	0,006-0,02 ²⁾
Plast excl. legetøj	0-0,5	Fald.				1-10	0,07-0,2 ³⁾
Legetøj	0,2-3,6	?				0,2-3,6	
Pigmenter til andre formål	0,04-0,05	Stig.				0,04-0,05	
Cadmiering	0,1-0,2	Stag.		0,035		0,035	0,04-0,1 ⁴⁾
Cadmiumholdige legeringer	0,6-0,8	Stig.		0,6		0-0,07	0,08-0,3 ⁴⁾
Smykker	0-1,8	?				0-1,8	
Andre anvendelser	0,3	Stig.				0,3	
I alt	37-61	Stig.		0,6		1,6-30	12-13

Noter:

- 1) Til genanvendelse i udlandet. Yderligere ca. 29 tons/år er i omløb og akkumuleres i samfundet.
- 2) Til genanvendelse i udlandet. Yderligere 0,01 - 0,7 tons/år akkumuleres i samfundet.
- 3) Mængden eksporteres til genanvendelse uden for EU.
- 4) Metallet går til genanvendelse. Den angivne mængde cadmium ender som restprodukt herfra.

5) Inkl. bortskaffelse af farligt affald med efterfølgende forbr./deponi.

Det fremgår, at det samlede forbrug af cadmium med produkter andrager 37 - 61 tons/år. Dette er en stigning i forhold til situationen i 1990, hvilket især skyldes en forøget anvendelse af lukkede NiCd-batterier. Det fremgår dog af tabel 3.17, at forbruget af nikkel-cadmium batterier udviser en faldende tendens i perioden 1996 - 1998. Forbruget af disse batterier er åbenbart toppet i 1996.

Den væsentligste bortskaffelsesmetode er forbrænding/deponering, igen domineret af NiCd-batterierne, men plast vejer også godt til.

4 Cadmium som følgestof

Indledning

Da cadmium er et grundstof, som forekommer naturligt stort set overalt i miljøet, vil cadmium indgå med varierende koncentrationer i næsten alt materiale og i de fleste kemiske produkter. I det følgende vil der blive fokuseret på brugen af cadmium som følgestof med zink og andre materialer med væsentlig omsætning af cadmium.

4.1 Zink

Cadmium findes geologisk tæt knyttet til zink, og naturligt forekommende zinkminerale vil altid indeholde cadmium. Cadmium/zink-forholdet i disse mineraler varierer normalt mellem 0,3% og 1% med et gennemsnit på 0,5% (Miljøstyrelsen, 1980).

Cadmium udvindes fortrinsvis ved rensning af zinkmalme. Generel rensning af zink for cadmium blev først iværksat i slutningen af 1970'erne. Indtil dette tidspunkt ville zink til tagrender, varmgalvanisering og andre formål uden særlige kvalitetskrav typisk indeholde mere end 1.000 ppm cadmium. Der er ingen sikker viden om indholdet af cadmium i zink før dette tidspunkt, men det er tænkeligt, at zink i mange tilfælde har været stort set urensset, svarende til et indhold på op til 0,5% = 5.000 ppm cadmium. Som en følge af den stigende opmærksomhed på cadmium som et sundhedsproblem, blev der i det daværende Vesttyskland indført krav om et maksimalt indhold af cadmium til varmgalvanisering af drikkevandsledninger på ca. 100 ppm cadmium. Dette medførte, at primært zink omkring 1980 generelt blev rensset for cadmium ned til dette niveau. Senere i midten af 1980'erne var niveauet faldet til omkring 10 ppm cadmium.

Anvendelser

Zink anvendes hovedsageligt til:

- Overfladebehandling af jern og stål (varmgalvanisering og elektrogalvanisering)
- Tagrender, nedløbsrør, inddækninger og lignende produkter til byggesektoren
- Legeret med kobber og nikkel til messing og nysølv. Hertil kommer bl.a. legeringer med aluminium, som er vidt anvendt til sprøjtstøbning

Herudover kommer en række mindre anvendelser såsom zinkoxid, der primært anvendes i pigmenter og som katalysator i vulkaniseringsprocesser ved fremstilling af dæk, metallisk zink til offeranoder, tørvoltbatterier etc.

Import

Der sker ingen udvinding af zink i Danmark, og hele forbruget af zink er derfor baseret på import dels i form af råmaterialer dels i form af færdigvarer og halvfabrikata.

Forbrug med galvaniserede produkter

Til galvanisering anvendes som regel zink af høj kvalitet. En udbredt kvalitet er Special High Grade med 99,995% zink. Der anvendes dog også knap så rene kvaliteter, hvoraf nogle er blylegerede (anvendes til varmgalvanisering) og en mindre del er omsmeltet.

Indholdet af cadmium i zink til galvanisering varierede mellem 2 og 200 ppm, (Bruun T. 1998). Størsteparten af den anvendte zink indeholdt mindre end 50 ppm cadmium med et niveau på 2-15 ppm som det dominerende. En mindre del af zinken (især omsmeltet zink) indeholdt dog op til 200 ppm.

I perioden 1995 - 1997 var det gennemsnitlige forbrug af zink til galvanisering af jern og stål i Danmark på 13.700 tons/år i henhold til Danmarks Statistiks tal for udenrigshandelen. Forbruget af cadmium kan beregnes til 0,1 - 0,5 tons/år.

I 1990 blev indholdet af cadmium i ren zink opgjort til 145 kg (Jensen A, Markussen J. 1993). Dette tal var baseret på et samlet forbrug af zink på 20.500 tons med et antaget cadmium indhold på 7,5 ppm. Skønsmæssigt 6.000-7.000 tons zink blev brugt til fremstilling af messing i Danmark. Denne messingproduktion er senere ophørt. Forbruget af zink til galvanisering har således været stagnerende. At forbruget af cadmium med zink her vurderes som højere end i 1990 må tilskrives mere detaljerede oplysninger og bør ikke opfattes som en egentlig stigning.

Nettoimporten af zink med galvaniserede metalvarer vurderes i perioden 1995 - 1997 gennemsnitlig at være 13.300 - 16.600 tons/år ud fra Danmarks Statistiks tal for udenrigshandelen svarende til et gennemsnitligt forbrug af cadmium i det danske samfund på 0,03 - 0,8 tons/år. Baggrunden for udregningen af zinkmængden er, at ved elektrogalvaniseringen udgør zink efter endt behandling 0,5 til 1,5 vægt % af godsmængden, (Nielsen D. 1998), mens det tilsvarende interval for varmgalvanisering er 5 - 10% (Rasmussen K. 1998). Indholdet af cadmium kan i de anvendte zinkkvaliteter svinge mellem 2 og 50 ppm.

Dette forbrug med cadmium blev i 1990 vurderet til 100 kg, (Jensen A, Markussen J. 1993). Igen må forskellen tilskrives mere detaljerede oplysninger og bør ikke opfattes som en egentlig stigning.

Hertil kommer importen af zink med færdigvarer, der indeholder galvaniserede dele. Køretøjer og især personbiler, lastbiler, varevogne og busser vurderes at være de typer af køretøjer, der bidrager væsentligt til forbruget med cadmium i zink til galvanisering. I periode 1994 - 96 blev galvanisering af biler meget udbredt, hvilket har øget bilers indhold af zink og dermed alt andet lige også af cadmium. Ellers er det generelle indtryk, at der til biler ikke tilsigtet anvendes cadmium hverken i lakker, plast eller på metaldele.

En importør af personbiler oplyser, at mængden af cadmium for dette mærke er så lav som 0,1 ppm. Dette vurderes at være i den lave ende. Som skøn for cadmiumindholdet i den høje ende anvendes 1 ppm. Med et typisk indhold af zink pr. personbil på 1-2 kg svarer 1 ppm til et gennemsnitligt indhold af cadmium i zinken på 500-1.000 ppm, hvilket givetvis er meget konservativt sat. På grundlag af forbruget af biler og deres gennemsnitlige vægt kan forbruget af cadmium med biler groft anslås til 0,03 - 0,2 tons/år.

Tab og bortskaffelse med galvaniserede produkter

Galvaniserede produkter samt produkter af zink, der anvendes udendørs, er udsat for korrosion. Det drejer sig blandt andet om vejinventar, tagrender, stålmaster, stålboer m.v. På denne måde vil en vis mængde cadmium hvert år tilføres miljøet. Da disse galvaniserede produkters levetid er relativt lang, vil tilførelsen af cadmium til miljøet blandt andet afhænge af, hvor stort indholdet af cadmium var i den anvendte zink.

Generel rensning af zink for cadmium blev først iværksat i slutningen af 1970'erne. Indtil dette tidspunkt ville zink til tagrender, varmgalvanisering og andre formål uden særlige kvalitetskrav typisk indeholde mere end 1.000 ppm cadmium. Der er ingen sikker viden om indholdet af cadmium i zink før dette tidspunkt, men det er tænkeligt, at zink i mange tilfælde har været stort set urensset, svarende til et indhold på op til 5.000 ppm cadmium. Som en følge af den stigende opmærksomhed på cadmium som et sundhedsproblem, blev der i det daværende Vesttyskland indført krav om et maksimalt indhold af cadmium til varmgalvanisering af drikkevandsledninger på ca. 100 ppm cadmium. Dette medførte, at zink omkring 1980 generelt blev rensset for cadmium ned til dette niveau. Senere i midten af 80'erne var niveauet faldet til omkring 10 ppm cadmium.

Galvaniserede produkter bortskaffes i altovervejende grad til metalgenanvendelse. En del af cadmiummængden vil vedblivende følge med jernet, mens en anden del vil ende i restprodukterne fra genanvendelsen. Levetiden for galvaniserede produkter svinger typisk mellem 10 og 30 år. Forbruget af zink til varmgalvanisering i slutningen af 1970'erne er i (Hansen E. 1980) opgjort til 8.000 tons/år. Med et cadmiumindhold på ca. 100 ppm svarer dette til en mængde på ca. 0,8 tons cadmium. Idet det antages, at ½ korroderes bort og tabes til vand og jord og ½ forbliver på det galvaniserede produkt, kan mængden af cadmium til metalgenanvendelse anslås til ca. 0,4 tons/år.

Tabet af cadmium til spildevand på grund af korrosion af zink er i afsnit 5.4 anslået til 0,1 - 0,5 tons/år. Herudover kommer et tab af cadmium til jord, som det ikke umiddelbart er muligt at komme med en særlig præcis vurdering af. Her skal det meget groft skønnes, at tabet til jord er af samme størrelsesorden som tabet til vand, dvs. 0,1 - 0,5 tons/år.

De biler, der kasseres her i landet, går til skrotning, hvorved de metaller, der er mest af, går til genanvendelse i såvel Danmark som udlandet. Mængden af cadmium ender i restprodukterne fra oparbejdningen af disse metaller.

Den gennemsnitlige levetid for biler er typisk af størrelsen 10 år. Det skønnes, at der med biler i midten af 1980'erne blev importeret 1 - 5 tons cadmium om året. Mængden af cadmium, der går med biler til genanvendelse, skønnes derfor til 1 - 5 tons/år.

Produkter af zink

Af Udenrigshandelsstatistikens tal for perioden 1995 - 1997 fremgår, at den gennemsnitlige forsyning med produkter af zink såsom plader, bånd, folie, rør, rørfittings m.v. var på 4.900 tons/år svarende til 0,02 - 0,2 tons cadmium pr. år. Samtidig var den gennemsnitlige eksport af affald og skrot af zink på 6.200 tons/år svarende til 0,022 - 0,23 tons cadmium pr. år.

Udtjente produkter af zink går til metalgenanvendelse i Danmark og udlandet.

Messing og nysølv

Messing består af kobber og zink. Typisk er indholdet af zink på 37 - 39%. Forbruget med messing var i perioden 1995 - 97 i gennemsnit på 12.600 tons/år svarende til en zinkmængde på 4.700 til 4.900 tons/år. Dette svarer til et forbrug med cadmium på 0,009 - 0,05 tons/år, idet indholdet af cadmium i zinken forudsættes at være på 2 - 10 ppm, (Kjærn C. 1998).

Forbruget med cadmium i messing i 1990 blev opgjort til mindre end 100 kg, (Jensen A, Markussen J. 1993). Forbruget må på dette grundlag anses for at være stagnerende.

Messing bortskaffes i altovervejende grad til metalgenanvendelse. En del af cadmiummængden vil vedblivende følge med messing, mens en anden del vil ende i restprodukterne fra genanvendelsen. Levetiden for produkter af messing vil typisk ligge på 10 - 30 år. Mængden af cadmium tilført med messingprodukter i slutningen af 1970'erne kan groft anslås til ca. 300 kg/år, som går til metalgenanvendelse.

Nysølv består af kobber, zink og nikkel. Indholdet af zink i nysølv er typisk på 24% (Kjærn C. 1998). Forbruget af nysølv til det danske samfund var i perioden 1995 - 1997 i gennemsnit på 285 tons/år i følge Danmarks Statistik tal for udenrigshandelen. Dette svarer til et gennemsnitligt zinkforbrug på 68 tons/år. Med et indhold af cadmium på 2 - 10 ppm, (Kjærn C. 1998), svarer dette til et cadmiumforbrug på under 1 kg.

Zinkoxid

For årene 1995 - 1997 var forbruget af zinkoxid i gennemsnit på 4.250 tons/år i henhold til Udenrigshandelsstatistikken. Idet koncentrationen af cadmium er 2 - 10 ppm, (Lyngbye A. 1998) og (Kirstein H. 1998), kan forbruget af cadmium med zinkoxid ved denne anvendelse i det danske samfund beregnes til 0,01- 0,04 tons/år.

I 1990 blev forbruget af cadmium i forbindelse med brugen af zinkoxid vurderet til 235 kg, (Jensen A, Markussen J. 1993). Der er altså tale om et fald i forbruget.

Dæk indeholder zinkoxid. I 1996 var det samlede forbrug med dæk på ca. 34.000 tons jf. Danmarks Statistiks tal for udenrigshandelen. De forskellige dækproducenter tilsætter 1,5 - 3% zinkoxid til deres produkter. Indholdet af cadmium i denne zinkoxid ligger på 0 - 0,02%, (Wolmeyer P. 1998). Dette giver en samlet koncentration af cadmium i dæk på 0 - 6 ppm og en årlig mængde cadmium på 0 - 0,2 tons.

Forbruget af cadmium med dæk blev for 1990 opgjort til ca. 35 kg, (Jensen A, Markussen J. 1993). Talmaterialet tillader ikke en vurdering af, hvorvidt forbruget er stigende eller faldende.

Samlet set er det danske forbrug af cadmium med zinkoxid på 0,01 - 0,2 tons/år.

Til dato er kasserede dæk blevet deponeret, men nu genanvendes ca. 12.000 tons/år eller godt og vel 1/3 af forbruget til produktion af gummipulver. Dette gummipulver anvendes til produktion af forskellige gummiprodukter som fx måtter, der efter endt brug enten forbrændes eller deponeres, (Peter W. 1998). Virksomheden påregner i 1999 at udvide sin kapacitet til 21 - 25.000 tons/år dæk.

Under kørslen slides dækkene, og herved sker der en vis udledning af cadmium til det omgivende miljø. Denne udledning skønnes til ca. 10 kg/år. Med dæk går 0 - 0,2 tons/år til deponi/forbrænding.

Sammenfatning

De ovennævnte anvendelsers forbrug, udviklingstendens, bortskaffelse og tab er sammenfattet i tabel 4.1.

Tabel 4.1

Forbrug, udviklingstendens, bortskaffelse og tab for cadmium med zink og zinkoxid i 1996.

Anvendelse	Forbrug Tons Cd/år	Udviklings- tendens	Bortskaffelse og tab, tons Cd/år			
			Vand	Jord	Forbr./deponi	Andet
Galvaniserede produkter	0,1-1,5	Stag.? ¹⁾	0,1-0,5 ²⁾	0,1-0,5 ²⁾		1,4-5,4 ³⁾
Produkter af zink	0,02-0,2	Stag.				0,02-0,2 ³⁾
Messing og nysølv	0,009-0,05	Stag.				0,3 ³⁾
Zinkoxid	0,009-0,2	Fald.			0,009-0,2	
I alt	0,1-2	Stag.	0,1-0,5	0,1-0,5	0,009-0,2	1,7-5,9

Noter:

- 1) I opgørelsen for 1990 er cadmium med biler estimeret temmelig højt
- 2) Dækker også produkter af zink.
- 3) Mængden af cadmium går med zink til genanvendelse.

Samlet set må forbruget af cadmium med disse anvendelser anses for at være stagnerende.

4.2 Handels- og husdyrgødning

Cadmium optræder i handelsgødning som følgestof til råfosfat i varierende koncentrationer alt efter, om fosfaten er af sedimentær eller vulkansk oprindelse. Koncentrationen af cadmium ligger på ca. 0,13 ppm i råfosfat fra de arktiske egne. I afrikansk råfosfat kan koncentrationen være markant højere, (Christensen M. 1998).

Handelsgødning

Det gennemsnitlige forbrug af fosforholdige handelsgødninger var i gennemsnit for de fire gødningsår 1994/95 til 1997/98 på 551.000 tons/år jf. (Plantedirektoratet. 1999). Det skal bemærkes, at der er tale om store udsving i forbruget indenfor de forskellige typer af kunstgødning fra år til år.

På basis af informationer fra Plantedirektoratet kan indholdet af cadmium i handelsgødninger i gødningsåret 1996/97 opgøres til 1,04 tons.

Husdyrgødning

Mængden af husdyrgødning er ganske betydelig og af en størrelsesorden på 30 mio. tons per år fordelt på 6 forskellige typer husdyr, se tabel 4.2, (Knudsen L. 1998). Denne store mængde betyder, at selv små koncentrationer af cadmium i husdyrgødningen giver anledning til relativt store mængder cadmium. Det skal dog betones, at der er en vis usikkerhed på analyserne. Summen af gødning og gylle fra kvæg og svin udgør ca. 98% af totalen.

Årsagen til, at der findes cadmium i husdyrgødningen, er, at dyrene optager det igennem foderet. Mulige kilder kan være, at man tilsætter foderfosfat til kvægfoder og zink til svinefoder (Knudsen L. 1998), men den væsentligste kilde er formentlig planters optag fra jorden.

Den samlede mængde cadmium fra husdyrgødning kan på dette grundlag anslås til ca. 0,2 tons/år.

Tabel 4.2

Tørstofindholdet (TS) og indholdet af cadmium i forskellige typer husdyrgødning, (Knudsen L. 1998).

Parameter	Kvæg, fast gødning	Kvæg, gylle	Svin, fast gødning	Svin, gylle	Fjerkræ, fast gødning	Mink, fast gødning
Tørstof (TS) i %	19,0	6,3	23,4	3,8	44,2	18,6
Cadmium ppm af TS	0,07	0,04	0,06	0,02	0,37	0,07

Samlet forbrug

Det samlede forbrug af cadmium med handels- og husdyrgødning kan hermed opgøres til ca. 1,2 tons/år.

Udviklingstendenser

I gødningsåret 1989/90 blev der med handelsgødning udspremt 2,6 tons cadmium, jf. (Jensen A, Markussen J. 1993). Mængden af cadmium med husdyrgødning blev ikke opgjort. Uanset om man sammenholder tallene for handelsgødning alene eller også tager husdyrgødningen med, fremgår det, at der er sket en væsentlig reduktion af forbruget af cadmium med gødning.

Bortskaffelse og tab

Al gødningen bliver udspremt på marker og regnes derfor tilført jord. Tabet af cadmium er altså lig med forbruget på 1,2 tons/år.

4.3 Kalk

Anvendelse

Kalk anvendes primært i landbruget, men også til røgensning. Landbruget anvender især jordbrugskalk, men også dolomiterkalk og affaldskalk fra sukkerproduktion. Fra år til år kan mængden af jordbrugskalk og dolomiterkalk svinge med en faktor tre.

Produktion, eksport og import

Danmark er selvforsynende med jordbrugskalk og eksporterer ca. 160.000 tons/år bl.a. til Tyskland (Rønholt K. 1998).

Da den danske undergrund ikke indeholder dolomit, importeres denne kalktype i en årlig mængde på ca. 100.000 tons (Knudsen T. 1998).

Forbrug

Som gennemsnit over de sidste 3 gødningsår blev der anvendt 1,2 mio. tons kalk pr. år i landbruget, (Knudsen T. 1998). Industrien forbruger årligt 0,3 - 0,45 mio. tons til røggasrensning (Rønholt K. 1998) og (Christensen P. 1998). Med et cadmiumindhold på 0,5 - 1 ppm, (Rasmussen D et al. 1995), bliver forbruget af cadmium med kalk på i alt 0,8 - 1,7 tons/år.

Udviklingstendenser

For 1990 blev forbruget af cadmium med landbrugskalk af (Jensen A, Markussen J. 1993) opgjort til 1,0 tons, hvilket ligger i den lave ende af intervallet for 1996. I 1990 anvendtes kun 0,1 mio. tons kalk til røggasrensning svarende til en cadmiummængde på 0,1 tons. Her er der sket en stigning af forbruget med cadmium. Samlet set må forbruget af cadmium med kalk anses for at være stagnerende.

Bortskaffelse og tab

Den mængde cadmium, der findes i landbrugskalken, 0,6 - 1,2 tons/år, tilføres jord. Kalken til røggasrensning, 0,2 - 0,5 tons/år, deponeres.

4.4 Kul

Anvendelse

Forbruget af kul i Danmark er helt domineret af forbruget hos ELSAM og ELKRAFT, der under normale omstændigheder deler forbruget mellem sig i forholdet 2:1. Størrelsen af kulforbruget er ikke kun afhængigt af elforbruget i Danmark, men også af udvekslingen med Norge, Sverige og Tyskland. 1996 var et meget usædvanligt år, idet den danske eksport af el til Norge og Sverige på grund af tørke var meget høj.

Det danske kulforbrug fordeler sig normalt på følgende måde, (Hansen R M. 1998):

- 90% til produktion af el og varme hos ELSAM og ELKRAFT
- 6% til produktion på decentrale kraftvarmeværker
- 4% til produktion på industrielle kraftvarmeværker

Import

Alle kul importeres fra miner i hele verden.

Forbrug

I gennemsnit for årene 1995 - 97 forbruges i Danmark 11,7 mio. tons kul. Kullenes indhold af cadmium afhænger af, hvilket område kullene importeres fra. Med et gennemsnitligt indhold af cadmium på 0,12 ppm blev forbruget af cadmium med kul på 1,4 tons/år.

Udviklingstendenser

For 1990 blev forbruget af cadmium med kul opgjort til gennemsnitlig 1,6 tons svarende til en forbrugt kulmængde på 9,9 mio. tons, (Jensen A, Markussen J. 1993). Absolut set kan disse cadmiummængder ikke anses for at være forskellige.

Bortskaffelse og tab

Den indgående cadmium på kraftværkerne fordeler sig på udledninger og restprodukter som vist i tabel 4.3.

Tabel 4.3

Fordeling af cadmium på udledninger og restprodukter i 1996. Tallene er ekstrapolerede ud fra oplysninger fra Elsam (Sander B. 1998).

Udledning/restprodukt	Mængde cadmium Tons/år
Emission med røggas	0,04
Flyveaske	1,1
Slagge	0,05
Afsvovlingsprodukter	0,01
Eksport af flyveaske	0,2
I alt	1,4

I 1996 blev 159.000 tons flyveaske med et indhold af cadmium på 0,2 tons eksporteret. Den resterende mængde flyveaske, slagge og afsvovlingsprodukter genanvendes i varierende mængde, mens resten deponeres. Al bortskaffelse vil her blive regnet som deponering.

Tabet til det danske miljø kan således opgøres til 1,2 tons/år, idet cadmiummængden i røggassen tabes til luft, mens resten deponeres under en eller anden form.

4.5 Olieprodukter og naturgas

Olieprodukter

Cadmium i råolien stammer fra det grundfjeld, hvorfra olien er pumpet op. Mængden af cadmium varierer derfor afhængig af, hvilken lokalitet olien kommer fra, (Ros J P M, Slooff W. 1988) og (Ludvigsen F. 1998). Råolien bliver raffineret til en lang række olieprodukter til forskellige anvendelser. Normalt vil størstedelen af råoliens indhold af cadmium forblive i den sorte og meget svære fuelolie, som normalt ikke bliver afsat i Danmark.

I nedenstående tabel 4.4 er vist forbruget af cadmium med olieprodukter, som forbruges i Danmark. Det er forudsat, at den mængde danske olieprodukter, som afbrændes uden for Danmark, går lige op med den mængde udenlandske olieprodukter, som afbrændes på dansk område, og bunkersolie er derfor medregnet. Bitumen anvendes hovedsageligt til asfalt.

Nogle danske raffinaderier og olieselskaber er blevet kontaktet. Cadmium er ikke noget, man analyserer for. De bedste bud på indholdet af cadmium var derfor <1 ppm, hvilket ikke tilfører ny information i forhold til tabel 4.4.

Tabel 4.4

Forbrug af cadmium med olieprodukter i 1996, (WHO. 1989), (Ros J P M, Slooff W. 1988), (Energistyrelsen. 1998) og (Oliebranchens Fællesrepræsentation. 1997).

Olieprodukt	Forbrug 1.000 tons/år	Indhold af cadmium ppm	Forsyning af cadmium Tons/år
Flybrændstof	696	0,0003-0,025	0-0,02
Motorbenzin	1.912	0,0003-0,025	0,001-0,05
Petroleum	12	0,0003-0,04	0
Gas/dieselolie	3.918	0,0003-0,04	0,001-0,2
Fuelolie	935	0,0003-0,25	0-0,2
Smøreolie	79	0,0003-0,25	0-0,02
Bunkersolie: gas/diesel	635	0,0003-0,04	0-0,03
Bunkersolie: fuel ¹⁾	851	0,0003-0,75	0-0,6
Bitumen	233	0,0003-0,75	0-0,2
I alt	9.270		0,003-1,3

Note:

- 1) Fuelolien, der anvendes til havs, indeholder ofte flere forurenende stoffer end den fuelolie, der anvendes på land.

Forbruget af cadmium med olieprodukter er opgjort til 0,003 - 1,3 tons/år.

Tidligere er forbruget af cadmium med olieprodukter blevet opgjort til 1,2 tons i 1990, (Jensen A, Markussen J. 1993). Den nu opgjorte mængde kan ikke antages at være væsentligt forskellig herfra.

Bortset fra bitumen forudsættes alle de øvrige olieprodukter at blive brændt af. Til luften udledes således 0,003 - 1,1 tons/år cadmium, mens der til jord udledes 0 - 0,2 tons/år cadmium.

Naturgas og flydende gas

Gas indeholder meget små mængder af cadmium. I 1996 blev der i Danmark anvendt 5,7 milliarder Nm³ naturgas og 167.000 Nm³ flydende gas (LPG), (Münsberg A. 1998). Med en koncentration i gassen på mindre end 0,08 µg/Nm³, (DGC. 1990) og (Mygen A. 1998), svarer gasforbruget til et forbrug med knapt ½ kg cadmium, som der ses bort fra i det følgende.

4.6 Cement

Anvendelse

Produktionen af cement tager udgangspunkt primært i kridt, som udgør ca. 80% af råvaremængden. For Aalborg Portland var forbruget af råmaterialer i 1996 som vist i tabel 4.5. De fleste råmaterialer har et meget lavt indhold af cadmium. Der er dog fundet større indhold i kisaske og blegejord, som begge importeres. Kisaske er et restprodukt, som fremkommer ved produktion af svovlsyre på basis af svovlkis.

Tabel 4.5

Forbrug af råmaterialer i 1996 på Aalborg Portland, (Andreasen P. 1998).

Råmaterialer	Mængde 1.000 tons
Kridt	3.358
Sand	372
Flyveaske	198
Gips	93
Papirmasse	56
Kisaske	57
Andet	56
I alt	4.189

Produktion

I 1996 blev der på Aalborg Portland produceret 2,6 mio. tons cement. Grå cement udgjorde ca. 70% af produktionen.

Import og eksport

Aalborg Portland dækker ca. 80% af det danske marked for cement, (Jensen K. 1999). Der importeres cement fra blandt andet Grækenland, Polen og Spanien. Aalborg Portland eksporterer en væsentlig del af sin produktion. Som gennemsnit over en årrække kan eksportandelen groft anslås til i størrelsesordenen 50%.

Forbrug

Forbruget af cement var i 1996 på 1,2 mio. tons. Under forudsætning af at den udenlandske cement indeholder lige så meget cadmium som den danske, kan det samlede forbrug med cadmium beregnes til 1,9 tons i 1996 på basis af oplysninger fra (Andreasen P, Clausen H. 1998). Dette svarer til et indhold på 1,5 ppm i cementen.

Udviklingstendenser

For 1990 blev forbruget af cadmium med cement opgjort til mindre end 2,4 tons for en cementproduktion på 1,6 mio. tons cement, (Jensen A, Markussen J. 1993). I 1996 var forbruget af cement i Danmark lidt mindre, men

denne mængde cadmium kan ikke anses for at væsentligt større eller mindre end i 1996.

Bortskaffelse og tab

Aalborg Portland deponerede i 1996 0,3 tons cadmium med støv og råmel i egen støvsø. Der var en emission af cadmium med røggas på 0 - 0,03 tons. Levetiden for cement kan være ganske lang, typisk fra 30 til 75 år. Nedknust beton og andet uorganisk byggeaffald bliver anvendt som fyld. Som et groft skøn for bortskaffelsesmængden regnes her med halvdelen af forbrugsmængden. Derfor skønnes det, at en cadmiummængde på 1 ton/år tilførtes deponi eller anvendtes til anlægsarbejder.

4.7 Tobak

Tobak er nævnt som et fokusområde i Rådets resolution af 25. januar 1988, (Rådet. 1988).

Kilder til cadmium

Koncentrationen af cadmium i tobaksprodukter er en følge af nedenstående tre faktorer:

- koncentrationen af cadmium i jorden,
- den anvendte gødningsmængde og dennes indhold af cadmium, samt
- pH-niveauet i jorden, idet optaget i planterne stiger med faldende pH.

Import og eksport

Den gennemsnitlige årlige import i perioden 1995 - 1997 var i følge Danmarks Statistiks tal for udenrigshandelen 17.200 tons. Den gennemsnitlige årlige eksport udgjorde i samme periode 8.000 tons, hvilket dækker over betydelige udsving i perioden.

Forbrug

Det gennemsnitlige forbrug med tobak var i perioden 1995 - 1997 på 9.200 tons/år. På grundlag af oplysninger fra (Thomsen H V. 1998) kan det gennemsnitlige indhold af cadmium i tobak groft anslås til ca. 1,5 ppm. Dette giver et forbrug af cadmium med tobak på ca. 14 kg/år, som indregnes under "Andet" jf. afsnit 4.8.

4.8 Andet

Som nævnt i indledningen til dette kapitel indgår cadmium med varierende koncentrationer i næsten alt materiale og i de fleste kemiske produkter. Som groft overslag vil baggrundskoncentrationerne for cadmium ligge i intervallet 0,05 til 1 ppm.

Produkter bortskaffet med brændbart affald

Produkter som træ, halm, papir, tekstiler og lædervarer bortskaffes i store mængder til forbrænding/deponi. I 1996 var forbruget af disse produkter på ca. 3,5 mio. tons, (Plovsing J, Sørensen R S. 1997) og (Evald A. 1999). Cadmiumindholdet i træ, papir og halm anslås til 0,04 - 0,07 ppm våd vægt, (Evald A. 1999), mens indholdet som følgestof i tekstiler og lædervarer groft skal antages at være 0 - 0,1 ppm excl. pigmenter. Samlet kan det således anslås, at der med disse produkter blev bortskaffet 0,1 - 0,2 tons cadmium til forbrænding/deponi.

Fødevarer

Fødevarer indeholder cadmium i små mængder. I Veterinær- og Fødevareinspektariatets overvågningssystem for levnedsmidler er i perioden 1988 - 1992 undersøgt 81 levnedsmidlers indhold af cadmium, (Levnedsmiddelstyrelsen. 1995). Cadmiumindholdet er uændret i halvdelen af levnedsmidlerne, mens ca. en fjerdedel har et mindre cadmiumindhold end tidligere. For kun 2% af

levnedsmidlerne er indholdet stigende. Gennemsnitsindhold for perioden 1988 - 1992 for udvalgte fødevarer er angivet i tabel 4.6.

Cadmium opkoncentreres i slagtedyrs nyrer og lever, der kan betragtes som markører for dyrenes cadmiumbelastning. Dette forklarer den relativt høje værdi for kalvelever.

Det samlede cadmiumindtag med kosten for en voksen er faldet fra 20 µg/d for perioden 1983 - 1987 til 17 µg/d for perioden 1988 - 1992. Det totale indtag af cadmium med fødevarer kan på denne baggrund anslås til 0,02 tons/år, som bortskaffes med spildevand. Der er ikke regnet med ophobning i legemet.

Andet

Cadmium optræder som sporstof i andre metaller. Bortset fra omsætning med zink, afsnit 4.1, skal mængden af cadmium vurderes at være ubetydelig.

Sammenfatning

Samlet kan forbruget af cadmium med andre produkter skønnes til 0,12 - 0,22 tons/år. Det skal her anslås, at 0,1 - 0,2 tons/år bortskaffes til forbrænding/deponi, og 0,02 tons/år går til spildevand.

Tabel 4.6

Udvalgte fødevarers gennemsnitlige indhold af cadmium i perioden 1988 - 1992, (Levnedsmiddelstyrelsen. 1995).

Fødevarer	ng ¹⁾ Cd/g frisk vægt	ppm Cd
Kalvelever	42	0,042
Oksekød	1	0,001
Torsk	13	0,013
Kartofler	20	0,020
Gulerødder	17	0,017
Blommer	1	0,001
Mørkt rugbrød	18	0,018

Note:

1) ng = nanogram = 10⁻⁹ gram = 0,001 ppm.

4.9 Sammenfatning

De foreliggende oplysninger om forbrug, bortskaffelse og tab af cadmium som følgestof er sammenfattet i tabel 4.7.

Tabel 4.7

Forbrug, udviklingstendens, bortskaffelse og tab af cadmium som følgestof i 1996.

Produkt	Forsyning Tons Cd/år	Udviklings- tendens	Skønnet bortskaffelse og tab, tons Cd/år				
			Luft	Vand	Jord	Forbr./deponi	Andet
Zink og zinkoxid	0,1-2	Stag.		0,1-0,5	0,1-0,5	0,009-0,2	1,7-5,9 ¹⁾
Handels- og husdyr- gødning	1,2	Fald.			1,2		
Kalk	0,8-1,7	Stig.			0,6-1,2	0,2-0,5	
Kul	1,4	Stag.	0,04			1,2	0,2 ³⁾
Olieprodukter	0,003-1,3	Stag.	0,003-1,1		0-0,2		
Cement	1,9	Stag.	0-0,03			1,3	
Andet	0,12-0,22	?		0,02		0,1-0,2	
I alt ²⁾	5,5-9,7		0,04-1,2	0,1-0,5	1,9-3,1	2,8-3,4	1,9-6,1

Noter:

- 1) Mængden af cadmium går med zink til metalgenanvendelse.
- 2) Tallene er afrundede.
- 3) Cadmiummængden går til udlandet med eksporteret flyveaske.

Det fremgår, at forbruget af cadmium som følgestof er opgjort til 5,6 - 9,9 tons/år.

Med hensyn til bortskaffelse går den største mængde cadmium, 1,7 - 5,9 tons/år, med zink til metalgenanvendelse. Det største tab af cadmium sker til deponi, 2,8 - 3,4 tons/år. Her kommer de to største bidrag fra kul og cement. Jord modtager 2 - 3,3 tons/år. Her stammer de største bidrag fra gødning og kalk. Vand modtager 0,1 - 0,5 tons/år; zink og zinkoxid er største bidragyder. Til luft går 0,05 - 1,2 tons/år, hvor forbrænding af kul og olieprodukter er de dominerende kilder.

5 Affaldsprodukter

I dette kapitel ses på omsætningen af cadmium med skrot, fast affald, farligt affald samt spildevand og spildevandsslam.

5.1 Skrot

Metalskrot, der indsamles og behandles med henblik på genanvendelse, kan indeholde cadmium i form af:

- Cadmium som følgestof i zink
- Cadmieret stål fx. i form af bolte og møtrikker fra fly
- Lodninger og printplader i elektriske og elektroniske produkter
- Farvepigmenter i lak på fx. køretøjer
- Stabilisatorer i PVC i fx. biler

Betydningen af disse kilder kendes ikke med sikkerhed. Baseret på generel viden om cadmiums anvendelse historisk set og levetiden af de relevante produkter skal vurderes, at cadmium som følgestof i zink i dag er den vigtigste kilde. Det vides, at cadmieret stål kan forekomme som en meget beskedne kilde, mens cadmium som farvepigment i autolak og som stabilisator i PVC i dag vurderes kun at have begrænset omfang, omend det må påregnes, at der stadig er biler med cadmiumholdig lak og plast i brug i Danmark.

Shredder anlæg

I 1991 blev der på seks danske shredder anlæg (bilfragmenterings anlæg) fragmenteret 292.000 tons skrot, (Jørgensen K P. 1993). Heraf var 63.000 tons bilskrot, mens det øvrige skrot bestod af hårde hvidevarer, landbrugsmaskiner, industriskrot og sammensat skrot fra kommunale genbrugsvirksomheder.

Shredder affald

Ved fragmenteringen bliver ca. 25% af den tilførte skrotmængde (svarende til 50.000-75.000 tons/år) til affald, (Jørgensen K P. 1993). Affaldet består i væsentligt omfang af jord iblandet plast, træ, gummi, lette metaldele etc. Der er hovedsageligt tale om cyklonaffald (affald fra vindsigter), mens slam fra vådskrubber kun udgør få tons årligt.

Analyser af affald fra fire af de seks anlæg angav et gennemsnitligt indhold af metal i affaldet på 5,1%, svarende til 2.500-3.800 tons metal/år i den samlede affaldsmængde. Der foreligger ikke nogen indgående analyser af cadmiumindholdet i affaldet, men 10 prøver (1992-data) udtaget af forskellige ikke-definerede affaldsfraktioner angav værdier på 19-140 mg Cd/kg TS med et gennemsnit på 60 mg Cd/kg TS. I en undersøgelse af affald fra et enkelt anlæg indeholdt den største fraktion ("partikler <2 mm"), som udgjorde 57% af affaldet, 60 mg Cd/kg TS (målt som syreoplukkelig metal), (Jørgensen K P. 1993).

Ved et enkelt anlæg er foretaget analyser af fraktionen ("partikler <2 mm") over en årrække. Disse analyser viser en klar tendens, idet indholdet af cadmium er mindsket fra ca. 130 mg/kg TS i 1990, over ca. 60 mg/kg TS i 1992 til ca. 22 mg/kg TS i 1997, (Isager T B. 1999).

Antages værdien på 22 mg Cd/kg TS som repræsentativ for shredder affald i dag, kan det totale indhold af cadmium i dette affald estimeres til 1,1-1,7

tons cadmium pr. år. Datagrundlaget er dog beskedent, af hvilken årsag det anses for mere realistisk at estimere indholdet til et sted i intervallet 0,5-2,5 tons cadmium pr. år.

Shredderaffald bliver i dag udelukkende bortskaffet ved deponering på kontrolleret losseplads.

Sakseanlæg

Emner med sværere godstykkelse bliver fragmenteret med hydrauliske sakse. Ved denne proces dannes der 2.000-5.000 tons rystesoldsaffald, som tilføres deponi. På baggrund af målinger fra to anlæg, (Isager T B. 1999), hvor der målttes 2,8 - 28 mg Cd/kg TS, anslås det, at dette affald totalt indeholder 0,006 - 0,14 tons Cd/år. Målingerne er foretaget i perioden 1994-1998 og viser ingen klar tendens.

Cadmium vil ved oparbejdningen havne dels i affaldsfraktioner dels følge jern- og stålskrot, der sendes til oparbejdning ved Det Danske Stålvalseværk og andre stålværker.

Import og eksport

Det forudsættes i denne rapport, at importen af skrot udligner eksporten af skrot, så der ikke er tale om nogen nettoimport eller -eksport af cadmium med skrot.

Oparbejdning af jern- og stålskrot

Skrot oparbejdes på Det Danske Stålvalseværk til nyt stål. I tabel 5.1 er angivet de emissioner af cadmium, som produktionen giver anledning til.

Tabel 5.1

Det Danske Stålvalseværk 1997. Emissioner af cadmium, (Larsen P. 1999).

Emission	Cadmium (tons/år)
Med stål ¹⁾	~0
Internt genbrug ²⁾	0,005
Med restprodukter til eksternt genbrug ³⁾	4,4
Med restprodukter til depot ⁴⁾	0,09
Spildevand	0,0002
Emission til luft	0,02
I alt	4,5

Noter:

- 1) Cadmium antages at fordampe ved omsmelting af jern- og stålskrot. Der findes ikke målinger for indholdet i jern og stål fremstillet i Danmark.
- 2) Slagger anvendes til anlægsformål.
- 3) Andre restprodukter udgøres langt overvejende af røgenresestøv, som eksporteres med henblik på genvinding.
- 4) Nogle af produkterne på depot vil evt. senere bortskaffes til genbrug, men det vælges der her at se bort fra.

Det ses, at langt størstedelen går med restprodukter til eksternt genbrug.

5.2 Fast affald

5.2.1 Totale årlige mængder af fast affald

Samlet affaldsmængde

Den samlede netto affaldsproduktion excl. affald fra kulafbrænding og spildevandsbehandling og andre typer behandlingsrester i Danmark i 1996 var 9,2 mio. tons.

Affaldsbehandling

Behandlingsmæssigt blev 57% af affaldet genanvendt, 25% blev forbrændt, 17% deponeret og 1% fik særlig behandling (jf. tabel 5.2). Det bemærkes, at fra 1. januar 1997 må der ikke deponeres brændbart affald på lossepladser. Mangel på forbrændingskapacitet især i Jylland har dog medført, at der visse steder foretages midlertidig oplagring af affald med henblik på senere forbrænding. Der findes ikke sikre oplysninger om omfanget heraf, og der er i det følgende antaget, at alt brændbart affald afbrændes.

Tabel 5.2

Affald i Danmark 1996 fra primære kilder fordelt på affaldstype og behandlingsform, (Miljøstyrelsen, 1997b).

Affaldstype	Genanvendelse		Forbrænding		Deponering		Særlig behandling		I alt 1.000 tons
	1.000 tons	pct.	1.000 tons	pct.	1.000 tons	pct.	1.000 tons	pct.	
Dagrenovation	285	16	1.312	76	140	8	0	0	1.737
Storskrald	115	18	250	39	282	44	1	0	647
Haveaffald	454	95	8	2	18	4	0	0	480
Erhvervsaffald inkl. roejord	4.334	70	711	11	1.146	18	5	0	6.197
Miljøfarligt affald	45	31	6	4	10	7	85	58	147
Spec. sygehusaffald	0	0	6	66	0	0	3	34	9
I alt	5.233	57	2.293	25	1.596	17	95	1	9.217

Note:

I tabellen er angivet de mængder af hver affaldstype, der fra de primære kilder er tilført en bestemt behandlingsform. Primære kilder er husholdninger, institutioner, handel og kontor, fremstillingsvirksomheder, byggeri og nedrivning, veje og anlægsbyggeri, rensningsanlæg og containere/omlastestationer. Det betyder fx, at under affaldstypen "dagrenovation" er registreret affaldstypen dagrenovation uanset, om kilden er husholdninger eller fx handel og kontor. Derimod indgår der ikke affald fra sekundære kilder (oparbejdningsanlæg, forbrændingsanlæg, komposteringsanlæg/biogasanlæg og deponeringsanlæg), som vil blive omtalt i det følgende.

5.2.2 Termisk affaldsbehandling

Forbrændinganlæggene tilførtes i 1996 jf. tabel 5.2 knapt 2,3 mio. tons affald, heraf 1,3 mio. tons fra dagrenovation (76% af dagrenovationen). Hertil kommer de mængder af spildevandsslam og andre restprodukter fra spildevandsrensning, der afbrændes i særlige slamforbrændingsanlæg, se afsnit 5.4.

Der foreligger ingen aktuelle og pålidelige undersøgelser af cadmiumindholdet i dagrenovation eller storskrald i Danmark, men den samlede mængde, der bortskaffes ved termisk affaldsbehandling kan estimeres ud fra et kendskab til cadmiumindholdet i restprodukterne fra forbrændingsprocessen samt røggasemissionen.

Faste restprodukter

De faste restprodukter omfatter slagger og røggasrensningsprodukter herunder flyveaske. Indholdet af cadmium i sådanne restprodukter produceret i Danmark er estimeret ud fra data indhentet fra en række affaldsforbrændingsanlæg. Variationen i de foreliggende data har været af et omfang, hvor det er vurderet, at der ikke er grundlag for at skelne mellem de forskellige typer af røggasrensning (våd, semitør og tør). Det er tillige vurderet relevant at tilføje de beregnede mængder et usikkerhedsinterval på $\pm 33\%$, svarende til, at indholdet af cadmium i slagger estimeres til 0,7 - 1,4 tons cadmium pr. år, mens indholdet i røggasrensningsprodukter estimeres til 8 - 17 tons cadmium pr. år, se tabel 5.3.

Tabel 5.3

Estimerede mængder af cadmium bortskaffet med restprodukter fra affaldsforbrændingsanlæg i Danmark i 1997.

Restprodukt	Mængder i 1996 ¹⁾ tons	Mængder i 1996 ²⁾ tons TS	Cadmiumindhold ³⁾ g Cd/tons TS	Cadmium ⁴⁾ Tons/år
Slagger	439.000	351.000	3,0 (<1-12)	0,7 - 1,4
Røggasrensningsprodukter	61.400	49.100	260 (57-750)	8 - 17
I alt	500.400	400.000		8,7- 18

Noter:

- 1) Slaggemængde er hentet fra (Eriksen A L. 1998). Mængden af røggasrensningsprodukter er estimeret ud fra viden om affaldsmængder afbrændt i 1996 (jf. tabel 5.2) og oplysninger om produktion af røggasrensningsprodukter i 1995 ved danske affaldsforbrændingsanlæg (ISWA. 1997).
- 2) For begge restprodukter er anvendt et gennemsnitligt vandindhold på 20% på basis af oplysninger fra (Crillesen K. 2000), (Hansen J. 2000), (Olsen G. 2000) og (Sørensen P E. 2000).
- 3) De angivne data for cadmiumindhold i slagger og røggasrensningsprodukter er baseret på måledata (primært 1997/98-data) fra følgende affaldsforbrændingsanlæg:

Amagerforbrænding, Vestforbrænding, Nordforbrænding i Hørsholm, VEGA i Tåstrup, Horsens, Kolding, Reno Syd i Skanderborg, Århus-Nord og Reno-Nord i Ålborg (Nielsen J, Knudsen K. 1999), (Crillesen K. 1999), (Johannsson O R. 1999), (Sørensen P E. 1999), (Sørensen L. 1999), (Kristiansen T. 1998), (Holst B. 1999), (Skov H. 1999) og (Nielsen J D. 1998).

Endvidere er benyttet ældre data fra REFA i Nykøbing Sjælland og FASAN i Næstved, (COWI. 1999).

Der er i dataene ikke grundlag for at skelne mellem forskellige former for røggasrensning (dvs. våd versus semitør og tør).

- 4) De beregnede cadmiummængder er angivet i et skønnet usikkerhedsinterval på $\pm 33\%$.

Emission til luft

Udover de faste restprodukter blev der i 1996 emitteret ca. 15 mia. Nm³ røggas, idet der er regnet med en luftmængde på 6.500 Nm³ pr ton affald. Efter

1996 har alle affaldsforbrændingsanlæg i Danmark været udstyret med sur røggasrensning. Emission af cadmium til luft er estimeret ud fra data indhentet fra en række affaldsforbrændingsanlæg. Variationen i de foreliggende data har været af et omfang, hvor det er vurderet, at der ikke er grundlag for at skelne mellem de forskellige typer af røggasrensning (våd, semitør og tør). Det er tillige vurderet relevant at tillægge den beregnede emission på ca. 0,31 tons cadmium pr. år et usikkerhedsinterval på $\pm 33\%$ svarende til, at emissionen estimeres til at tilhøre intervallet 0,2-0,4 tons cadmium pr. år.

Tabel 5.4

Estimeret emission af cadmium til luft via rensed røggas ca. 1997¹⁾.

Affaldsmængde behandlet	Cadmiumindhold i røggas ²⁾		Estimeret totalemission til luft i Danmark ³⁾
	Tons	Gennemsnit mg Cd/Nm ³	
2.280.000	0,021	<0,002-0,25	0,2-0,4

Noter:

- 1) Beregningen er baseret på oplysninger om affaldsmængder behandlet på anlæggene i 1996, (Miljøstyrelsen. 1997b).
- 2) De angivne data for cadmiumindhold i røggas er baseret på måledata (1997/98-data) fra følgende affaldsforbrændingsanlæg:

Amagerforbrænding, Vestforbrænding, Nordforbrænding i Hørsholm, VEGA i Tåstrup, Horsens, Kolding, Reno Syd i Skanderborg, Århus-Nord og Reno-Nord i Ålborg, (Nielsen J, Knudsen K. 1999), (Crillesen K. 1999), (Johannsson O R. 1999), (Sørensen P E. 1999), (Sørensen L. 1999), (Kristiansen T. 1998), (Holst B. 1999), (Skov H. 1999) og (Nielsen J D. 1998).

De angivne målinger er anført for tør røggas ved 0 °C, 1.013 mbar og 11% O₂. Der er ikke fundet anledning til at skelne mellem forskellige former for røggasrensning (dvs. våd versus semitør og tør).

- 3) Der er regnet med en luftmængde på 6.500 Nm³/ton affald.

Balance, affaldsforbrænding

Som det fremgår af tabel 5.3 og 5.4 kan det samlede indhold af cadmium i affald, der tilførtes forbrændingsanlæg i Danmark omkring 1997 estimeres til 9-18 tons/år.

Til sammenligning er i tabel 5.5 opsummeret de estimer, der er givet for cadmiumbidraget til brændbart affald for hvert af de enkelte anvendelsesområder. Denne opgørelse af kilder peger på en samlet tilførsel af cadmium til affaldsforbrænding på 1,7 - 30 tons/år, hvilket er i rimelig overensstemmelse med det beregnede indhold i restprodukter og røggas. Det bemærkes, at en væsentlig kilde ikke har kunnet kvantificeres direkte. Det drejer sig om cadmium anvendt som stabilisator og/eller pigment i plast solgt før cadmiumforbudet trådte i kraft i Danmark, se afsnit 3.4.1.

Tabel 5.5*Kilder til cadmium i brændbart affald i 1996.*

Produkt / anvendelse	Tilførsel Tons Cd/år
Batterier	0-13,5
Elektroniske komponenter ¹⁾	0,02-0,09
Plast excl. legetøj ²⁾	1-10
Legetøj	0,2-3,6
Pigmenter til andre formål	0,04-0,05
Cadmiering	0,035
Cadmiumholdige legeringer	0-0,07
Smykker	0-1,8
Andre anvendelser	0,3
Sigterest fra biologisk affaldsbehandling	0-0,1
Som følgestof	0,1-0,2
I alt ³⁾	1,7-30

Noter:

- 1) Det er antaget, at elektroniske produkter til forbrænding/deponi bortskaffes med storskrald, og at ca. 47% af cadmiummængden tilføres forbrændingsanlæg svarende til den generelle fordeling for storskrald (jf. tabel 5.2)
- 2) Det angivne estimat omfatter også cadmium i plastprodukter solgt i Danmark, før cadmiumforbudet i 1983 blev indført.
- 3) Tallene er afrundede.

5.2.3 Biologisk affaldsbehandling

Biologisk affaldsbehandling omfatter kompostering og bioforgasning. Baseret på (Miljøstyrelsen, 1997b) og (Domela I. 1997) vurderes det, at der i 1996 ved biologisk affaldsbehandling i Danmark blev genereret af størrelsen ca. 200.000 tons kompost, ca. 20.000 tons sigterest og ca. 120.000 m³ gødningssvæske. Gødningssvæsken må antages at stamme fra bioforgasningsanlæg. Det bemærkes, at de foreliggende oplysninger om produktionen af kompost i Danmark ikke er entydige, jf. (Miljøstyrelsen, 1997b) og (Domela I. 1997), og at ovennævnte skøn for produktionen af kompost derfor er behæftet med en væsentlig usikkerhed.

Af komposten blev ca. 3.300 tons tilført deponi til løbende afdækning eller andre formål. Herudover blev ca. 45.000 tons anvendt til slutafdækning af deponier, hvilket her skal ligestilles med anden tilførsel til jordbrugsformål, da komposten erstatter almindelig muldjord. Den øvrige del af komposten blev især anvendt i private haver og til grønne områder, men også til landbrug, skovbrug og gartneri, (Domela I. 1997).

Indholdet af cadmium i kompost og restprodukter fra bioforgasning er af størrelsen 0,25- 0,7 mg/kg TS. Variationen beror bl.a. på det organiske materials oprindelse, idet kompost baseret på have/park affald typisk vil indeholde mere cadmium end kompost baseret på dagrenovation, (Kjølholt J et al. 1998). Her skal anslås en middelværdi på 0,5 mg/kg TS, der tager hensyn

til, at den overvejende del af komposten er baseret på have/parkaffald. Hermed kan indholdet af cadmium i kompost og restprodukter produceret ved danske anlæg anslås til ca. 100 kg.

Når der tages højde for den udbredte hjemmekompostering af haveaffald og dagrenovation, der også finder sted i Danmark såvel som usikkerheden på mængdeskøn, må det anses for rimeligt at anslå den totale mængde af cadmium bortskaffet med biologiske affaldsprodukter i Danmark til 0,1 - 0,2 tons/år.

Den foreliggende viden om kilderne til cadmium i kompost gør det ikke muligt at kvantificere de forskellige kilder. Af sandsynlige kilder kan peges på historiske anvendelser af cadmium i plast (både pigmenter og stabilisatorer) samt cadmium som følgestof i zink, (Kjølholt J et al. 1998). Hertil kommer atmosfærisk deposition.

Der foreligger ingen målinger for sigterest, som må forventes at indeholde højere niveauer af cadmium end kompost. Sigterest vil enten blive deponeret eller tilført forbrændingsanlæg. Her er regnet med en fordeling på 50:50. Som et groft skøn, der alene er baseret på forfatterens fornemmelser skal her anslås et samlet indhold af cadmium i sigterest på mindre end 0,2 tons årligt.

Det er ikke forsøgt at indhente oplysninger om gødningsvæske fra bioforgasningsanlæg, men indholdet af cadmium kan med rimelighed anses for marginalt.

5.2.4 Deponeringsaktiviteter

Der findes ingen samlede oplysninger om indholdet af cadmium i affald, som deponeres på losseplads og lignende. Kilder til cadmium i affald, der deponeres, er opgjort i tabel 5.6.

Tabel 5.6

Kilder til cadmium i affald, der deponeres i 1996.

Produkt/anvendelse	Tilførsel Tons Cd/år
Elektroniske komponenter ¹⁾	0,03-0,1
Sigterest fra komposteringsanlæg ²⁾	0-0,1
Shredderaffald og affald fra sakseanlæg	0,5-2,6
Stålfremstilling	0,09
Som følgestof	2,7-3,2
I alt ³⁾	3,3-6,1

Noter:

- 1) Det er antaget, at elektroniske komponenter til forbrænding/deponi bortskaffes med storskrald, og at ca. 53% af cadmiummængden tilføres deponi svarende til den generelle fordeling for storskrald (jf. tabel 5.2).
- 2) Groft skøn, der ikke er underbygget af målinger.
- 3) Tallene er afrundede.

Udvaskning fra lossepladser

Mængden af cadmium i perkolat fra de igangværende 60 lossepladser kan på baggrund af (Lindhardt B. 1990) skønnes til <0,05-0,5 kg pr år, idet der er

regnet med 5 mio. m³ perkolat pr. år med et cadmiumindhold på <0,01-0,1 mg/m³.

Udsivning fra gamle depoter

Udsivningen fra gamle affaldsdepoter uden farligt affald er i (COWIconsult. 1987) anslået til ca. 1,2 mio. m³/år. Med et cadmium indhold på <0,01-0,1 mg/m³, (Lindhardt B. 1990), kan den årlige belastning estimeres til <0,1-1,2 kg pr. år, som vil sive til omgivelserne.

5.3 Farligt affald

Cadmiumholdigt farligt affald omfatter:

- Kasserede nikkel-cadmium batterier, som indsamles og eksporteres
- Bundslam og kasserede zink- og cadmiumbade fra galvaniseringsvirksomheder
- Laboratorieaffald
- Cadmiumbelastet jord, støv, malingsrester og lignende affaldstyper herunder restaffald fra tidligere produktioner

Alle åbne og lukkede nikkel-cadmium batterier, der indleveres til Kommunekemi og registreres som sådan, eksporteres til oparbejdning i udlandet. Kommunekemi eksporterer dog ikke selv, men leverer batterierne til en anden dansk virksomhed med eksporttilladelse. En række danske virksomheder har tilladelse til at modtage og eksportere nikkel-cadmium batterier. Som angivet i afsnit 3.2.2 kan denne eksport opgøres til 13-15 tons cadmium årligt i 1998.

Hvad angår åbne nikkel-cadmium batterier gælder som nævnt i afsnit 3.2.1, at Kommunekemi tapper elektrolytten fra og eksporterer resten til genanvendelse i udlandet. I 1996 blev således eksporteret 0,4-1,0 tons cadmium fra Kommunekemi.

Kommunekemi

Kommunekemi har ingen opgørelser af, hvor meget cadmium, der modtages med farligt affald, men sammensætningen af det affald, som deponeres fra Kommunekemi efter behandling, giver en indikation af indholdet i de modtagne affaldskategorier (jf. tabel 5.7).

Tabel 5.7

Cadmiumindhold i affald, som blev deponeret fra Kommunekemi i 1997-98, (Hansen E, Bielefeld J. 1999).

Affaldstype	Tons Cd/år
Slagger fra forbrænding ¹⁾	<0,11
Flyveaske ¹⁾	0,36
Filterkager ²⁾	0,04
I alt	0,4-0,5

Noter:

- 1) Cadmium fra slagger og flyveaske stammer fra afbrænding af organisk affald indeholdende cadmium såvel som afbrænding af andet affald, der kan være kontamineret med organisk materiale, eller hvor cadmiumindholdet er let udvaskeligt. Dette kan bl.a. være laboratorieaffald, forurenede jord og støv, olieprodukter, slibestøv fra autolakerier samt rester fra tidligere produktioner etc.

- 2) Filterkager må antages at stamme fra bundslam og kasserede zink- og cadmi-umbade fra galvaniserings- og afstripningsaktiviteter.

Spørgsmålet om oprindelsen af det cadmium, som deponeres hos Kommunekemi med restprodukter fra forbrændingsovnene og filterkager har været diskuteret med Kommunekemi. Konklusionen er, at der er mange potentielle kilder til cadmium, og at det ikke umiddelbart er muligt at kvantificere betydningen af de enkelte kilder.

Herudover blev der i 1998 deponeret ca. 0,15 tons cadmium med flyveaske modtaget fra eksterne kilder. Det drejer sig så vidt vides overvejende om flyveaske fra affaldsforbrændingsanlæg (Hansen E, Bielefeld J. 1999). Denne mængde er allerede indregnet under affaldsforbrænding (jf. tabel 5.3) og vil derfor ikke blive medregnet her under Kommunekemi. Noget flyveaske vil herudover blive tilført forbrændingsovnene, for at sikre at asken er tilstrækkeligt udbrændt og tungmetallerne tilstrækkeligt stabiliseret inden deponering.

Emissioner fra Kommunekemi Emissioner til luft og vand ved Kommunekemis behandling af olie- og farligt affald kan opgøres til (Hansen E, Bielefeld J. 1999):

- 0,005 tons Cd/år med røggas til luften,
- <0,001 tons Cd/år med processpildevand, og
- Ca. 0,0001 tons Cd/år med regnvand og kølevand (direkte udledning).
- Ca. 0,0005 tons Cd/år udvasket fra deponi.

5.4 Spildevand og spildevandsslam

Cadmium vil sammen med spildevand udledes fra følgende punktkilder:

- Renseanlæg
- Særskilte udledninger fra industri
- Regnvandsbetingede udløb fra overløbsbygværker og separat-kloakerede områder
- Spredt bebyggelse

Den totale spildevandsmængde udledt via kommunale renseanlæg i Danmark udgør ca. 770 mio. m³/år som gennemsnit for årene 1989-1996, mens regnvandsbetingede udløb afledt uden om renseanlæg androg ca. 200 mio. m³/år i et normalår, (Miljøstyrelsen. 1997a).

Udledninger af N, P og organisk stof registreres løbende i forbindelse med Vandmiljøplanens overvågningsprogram, men tungmetaller har frem til 1997 ikke været omfattet af dette program. I 1998 blev der iværksat et nyt overvågningsprogram, hvori der indgår analyser af cadmium på rensningsanlæg, industrier og regnbetingede udledninger. Data fra dette program er ikke medtaget i denne rapport. I 1993 var afrapporteringen tematiseret med hovedvægt omkring punktkilder, med en redegørelse for belastningen af ferske og marine områder med tungmetaller og miljøfremmede stoffer, (Miljøstyrelsen. 1994).

Renseanlæg

I tabel 5.8 er angivet indløbs- og udløbskoncentrationer af cadmium fra tre kommunale anlæg, hvor der i 1992-1993 blev foretaget et måleprogram for

miljøfarlige stoffer. Alle tre renseanlæg er relativt veludbyggede med anlæg til fosfor- og kvælstoffjernelse.

Tabel 5.8

Cadmium i indløbs- og udløbsvand fra kommunale renseanlæg; 1992-1994.

Renseanlæg	Karakteristik	Analyse runde ¹⁾	Indløb (mg Cd/m ³)	Udløb (mg Cd/m ³)	Tilbageholdelse i %
Marselisborg Renseanlæg	Større bysamfund	1	1,6	1,3	19
Avedøre Kloakværk	Industrispildevand	1	1,9	1,7	11
Skævinge Renseanlæg	Husspildevand	1	1,6	0,84	48
Marselisborg Renseanlæg	Større bysamfund	2	0,95	0,39	59
Herning Centralrenseanlæg	Industribelastet	2	1,79	0,86	52
Skævinge Renseanlæg	Husspildevand	2	0,69	0,4	42

Note:

- 1) Analyserunde 1 omfatter målinger foretaget i perioden oktober-november 1992, (Grüttner H, Jacobsen B N. 1994), mens analyserunde 2 omfatter målinger foretaget i perioden oktober 1993-januar 1994, (Grüttner H et al. 1996). I runde 1 blev der foretaget totaloplukning med kongevand og koncentreret flussyre, mens der i runde 2 blev foretaget oplukning med halvkoncentreret salpetersyre, (Grüttner H et al. 1996) og (Grüttner H, Jacobsen B N. 1994).

Ved at multiplicere gennemsnittet af de målte indløbs- og udløbskoncentrationer på de tre renseanlæg i analyserunde 1 (jf. tabel 5.8) med den samlede spildevandsmængde fra renseanlæg i Danmark estimeret i Vandmiljø-94, (Miljøstyrelsen. 1994) fås for hele landet følgende mængder:

- Tilløb: ca. 1,3 tons Cd/år
- Afløb: ca. 1,0 tons Cd/år

Tilbageholdelsesprocenten for cadmium var i gennemsnit omkring 25 %.

Baseret på samme princip, men med udgangspunkt i resultaterne fra analyserunde 2 kan estimeres:

- Tilløb: ca. 0,88 tons Cd/år
- Afløb: ca. 0,42 tons Cd/år

I denne runde var tilbageholdelsesprocenten for cadmium i gennemsnit omkring 50 %.

Det bemærkes, at de to analyserunder adskiller sig fra hinanden dels ved at Avedøre Kloakværk er erstattet med Herning Centralrenseanlæg, dels ved oplukningsmetoden for de udtagne prøver. Den metode, som er benyttet i analyserunde 2 svarer til den normale standard for spildevandsanalyser. Med totaloplukning med kongevand og flussyre medtages også cadmium indeholdt i mineralske partikler, mens oplukning med salpetersyre er en delvis oplukning, som medtager cadmium i organisk materiale og bundet til overfladen af mineralske partikler. Der er ingen grund til at forvente, at den tids-

mæssige forskel på de to runder skulle have væsentlig betydning, udover hvad der er forårsaget af tilfældig variation og ændringer i virksomhedsadfærd i spildevandsoplandet. Ændringer af virksomhedsadfærd kan have betydning for Marselisborg anlægget, men næppe for Skøvinge.

Det bemærkes, at slamprøver i følge dansk standard analyseres ud fra oplukning med salpetersyre. Resultaterne fra analyserunde 2 er derfor mere sammenlignelige med slamanalyser end resultaterne fra analyserunde 1.

De tre renseanlæg i runde 1 tilførtes årligt omkring 34 mio. m³/år (Lassen C et al. 1996), hvilket svarer til ca. 4,5% af den totale spildevandsmængde, der behandles på renseanlæg i Danmark. Målingerne er på alle anlæggene foretaget indenfor en periode af fire uger i oktober-november 1992. Et estimat af de totale cadmiummængder, der omsættes med spildevand i Danmark på dette grundlag, må derfor forventes at være behæftet med nogen usikkerhed på grund af dataenes tidsmæssige og geografiske repræsentativitet.

På det foreliggende grundlag skal det anses for rimeligt at regne med et tilløb af cadmium til renseanlæg i 1996 af størrelsen 0,5-1,5 tons/år og en udledning fra renseanlæg til miljøet af størrelsen 0,3-1,1 tons/år.

Spildevandsslam

Mængderne af cadmium, der tilbageholdes ved spildevandsrensning vil alt-overvejende blive opsamlet med spildevandsslam. De mængder, der bortskaffes med ristegods, sand og fedt kan anses for marginale. Spildevandsslam blev i 1996 bortskaffet til landbrugsjord, forbrænding og deponi, som angivet i tabel 5.9. De angivne mængder skønnes at være i god overensstemmelse med de ovennævnte overslag for tilløb og udledning af cadmium til renseanlæg.

Tabel 5.9

Estimeret bortskaffelse af cadmium med spildevandsslam fra de kommunale renseanlæg i 1996, (Miljøstyrelsen. 1998a).

Bortskaffelse	Spildevandsslam tons TS/år ¹⁾	Cadmiumindhold mg Cd/tons TS	Cadmium tons/år
Jordbrug	108.000	1,45	0,16
Forbrænding ²⁾	28.000	5,1	0,14
Deponi ³⁾	21.000	1,45	0,03
Total	157.000		0,33

Noter:

- 1) Slammængder er baseret på amternes indberetning til Miljøstyrelsen, (Miljøstyrelsen. 1998). Der foreligger oplysninger om cadmiumindholdet i ca. 80% af slammængden. Det vægtede gennemsnit er beregnet til 1,45 mg Cd/kg TS.
- 2) Forbrænding dækker Lynetten, Damhusåen, Avedøre og Køge samt enkelte mindre anlæg. I Miljøstyrelsens opgørelse er regnet med en samlet slammængde til forbrænding på 33.000 tons TS heraf 23.000 tons TS fra Lynetten og Damhusåens rensningsanlæg. Her er regnet med en samlet slammængde til forbrænding på 28.000 tons TS, heraf 18.000 tons TS fra Lynetten og Damhusåens rensningsanlæg. Den mindre slammængde beror på forbedret udrådning ved Lynetten, (Rendel K, Jensen D. 1999)

Opgørelsen er foretaget på grundlag af følgende data:

Lynetten: ca. 14.500 tons TS med en gennemsnitskoncentration på ca. 4,8 mg Cd/kg TS (1997). Gennemsnittet er fra 1996 til 1998 steget fra ca. 3 mg Cd/kg TS til ca. 9 mg Cd/kg TS. Det er uklart, om denne stigning skyldes op-hobning i anlægget, (Rendel K, Jensen D. 1999).

Damhusåen: ca. 3.500 tons TS med en gennemsnitskoncentration på ca. 3,5 mg Cd/kg TS for 1997-98, (Rendel K, Jensen D. 1999) og (Miljøstyrelsen. 1998).

Avedøre: 7.000 tons TS med en gennemsnitskoncentration på 6,5 mg Cd/kg TS for 1997, (Jacobsen B N. 1999).

Der findes herudover få mindre anlæg som der ikke er indhentet aktuelle op-lysninger fra, men som anslås til ca. 3.000 tons TS, med et gennemsnitligt cadmiumindhold svarende til det samlede gennemsnit i ovenstående.

- 3) Mængden, der deponeres, er beregnet som totalmængden fratrukket mængden tilført landbrugsjord og forbrænding. Dette slam er her regnet at have samme cadmiumindhold som slam, der tilføres landbrugsjord.

Emission fra afbrænding af slam

Ved afbrænding af slam vil der ske en emission af cadmium med røggas. Ved Lynetten og Avedøre benyttes scrubberanlæg til røggasrensning fra slamafbrænding, hvor scrubbevand ledes retur til renseanlægget. Undersøgelser ved Avedøre har vist, at ca. 25% af cadmiummængden i det afbrændte slam udledes til luften, mens ca. 9% deponeres med aske og resten dels recirkuleres til rensningsanlægget med vand fra røggasvaskningen, dels ikke kan gøres rede for (Jacobsen B N. 1999). Målinger ved Lynetten viser, at ca. 7% af cadmiummængden udledes til luft, mens ca. 14% opsamles i asken og resten antages recirkuleret til rensningsanlægget (Rendel K. og Jensen D. 1999). Antages forholdene ved de øvrige slamforbrændingsanlæg at svare til et gennemsnit af forholdene ved Lynetten og Avedøre kan estimeres en samlet emission til luft på ca. 0,02 tons Cd/år, mens ligeledes 0,02 tons Cd/år deponeres med aske, og de resterende ca. 0,1 tons Cd/år udledes til vand. Udledningen til vand må antages at være indeholdt i de skøn for samlet udledning fra renseanlæg, der er givet ovenfor.

Regnvandsbetingede udløb

Nedbørsbetingede udløb omfatter udløb gennem overløbsbygværker fra fælleskloakerede områder og direkte udløb fra separat-kloakerede arealer.

Ifølge Vandmiljø-94 findes der omkring 600-700 mio. m² separat-kloakerede arealer i Danmark, hvorfra der i 1993 udledtes 176 mio. m³ vand. I Vandmiljø-94 estimeres det på baggrund af et antaget gennemsnit på 2 mg Cd/m³, at der samlet udledes i alt 0,35 tons Cd/år fra separat-kloakerede områder, (Miljøstyrelsen. 1994).

Nye målinger af regnvandsafstrømning fra 1995-96 viser et indhold af cadmium i regnvandsafstrømning på 0,73 mg Cd/m³ med en standardafvigelse på ±0,63 mg Cd/m³, (Kjølholt J et al. 1997). Fra separat-kloakerede arealer udledtes der i 1996 112 mio. m³, mens udledningen i et "normalår" er beregnet til 151 mio. m³, (Miljøstyrelsen. 1997a). Det er ikke klart, i hvilket omfang de foreliggende måledata specifikt afspejler de udledte vandmængder i 1996 eller kan tages som repræsentative for et normalår. Variationen på vandmængderne er dog beskeden i forhold til standardafvigelsen på måledata. Det skønnes derfor rimeligt, at basere estimatet på et normalår. Herved kan udledningen af cadmium estimeres til ca. 0,11 tons/år med et usikkerhedsinterval på 0,02-0,20 tons/år.

I 1993 var den samlede udledning fra fælleskloakerede områder gennem overløbsbygværker på 57 mio. m³. Under antagelse af et gennemsnit på 2 mg Cd/m³ estimeres det i Vandmiljø-94, at der via overløbsbygværker udledes 0,1 tons Cd/år, (Miljøstyrelsen. 1994). Via overløbsbygværker udledes i 1996 ca. 35 mio. m³, mens udledningen i et "normalår" er beregnet til ca. 47 mio. m³, (Miljøstyrelsen. 1997a). Udfra den foreliggende viden om cadmium i regnvand og tilførsel til spildevandsrensning (jf. ovenfor) forekommer det realistisk i dag at regne med en koncentration for denne udledning på 0,5-1,5 mg Cd/m³. Forudsat udledning som i et normalår svarer dette til et bidrag på 0,02-0,07 tons Cd/år.

Det bemærkes, at regnvand fra separat-kloakerede områder såvel som overløb ofte passerer et bassin, hvor der sker en tilbageholdelse af partikler ved bundfældning. Det kan ikke afvises, at der ophobes væsentlige mængder cadmium i sådanne bassiner. Der findes dog ingen viden herom.

Spredt bebyggelse

Ejendomme beliggende i spredt bebyggelse, landsbyer eller sommerhusområder er ofte ikke tilsluttet fælleskloakering, men kan have en spildevandsrensning med fx. septiktank med udledning til jord eller markdræn. Den potentielle udledning af cadmium fra disse ejendomme estimeres i Vandmiljø-94 med ret stor usikkerhed til ca. 0,05 tons/år. Dette estimat er baseret på en anslået personbelastning på 0,48 mg Cd/PE/døgn, (Miljøstyrelsen. 1994). Nye målinger fra 1996 har dog vist, at indholdet af cadmium i husspildevand snarere er af størrelsen 0,09 mg Cd/PE/døgn, (Kjølholt J et al. 1997). Udledningen af cadmium fra spredt bebyggelse i 1996 kan derfor estimeres til 0,005 - 0,015 tons/år.

Direkte udledninger fra industri

I 1993 blev der fra en lang række større industrier udledt 78 mio. m³ spildevand direkte til ferske eller marine vandområder (efter intern rensning). Det drejer sig bl.a. om olieraffinaderier, kemisk industri, medicinalindustri, papir- og celluloseindustri, fiskeindustri, sukkerfabrikker og mejerier. Der eksisterer ikke noget samlet måleprogram for udledningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller med industrielt spildevand. På baggrund af en undersøgelse fra 1990, (Miljøstyrelsen. 1994), kan det anslås, at der i slutningen af 1980-erne fra 32 større virksomheder med særskilt udledning til vandområder samlet udledtes omkring 6 tons tungmetaller/år. Det vurderes, at disse virksomheder udgjorde langt den væsentligste del af de særskilte industrielle udledninger. I rapporten forventes niveauet i 1995 at være faldet til ca. 3 tons tungmetaller om året. Sammensætningen af tungmetaller fremgår ikke af analysen, men udledningen angives primært at omfatte tungmetallerne zink, chrom, nikkel, bly og kobber, mens kviksølv, cadmium, sølv og tin, der fundet i enkelte udledninger, kun udgør en beskedent mængdemæssig andel.

Da cadmivering i dag stort set er ophørt (jf. afsnit 3.7) vil industrielle kilder til udledning af cadmium primært omfatte virksomheder, som anvender cadmium som følgestof i andre materialer. Den traditionelt vigtigste kilde i denne sammenhæng - galvaniseringsvirksomheder - vil næppe give et væsentligt bidrag, da den direkte udledning af zink med stor sandsynlighed ikke overstiger 1 tons/år og zink til galvaniseringsformål kun indeholder af størrelsen 4-40 ppm cadmium.

Det skal derfor vurderes, at de direkte industrielle udledninger af cadmium i dag med stor sandsynlighed er mindre end 0,05 tons/år.

Samlede udledninger

De samlede udledninger af cadmium til vandmiljøet fra punktkilder er estimeret til 0,3-1,4 tons i 1996, se tabel 5.10. Udledninger fra kommunale renseanlæg udgør det største bidrag.

Tabel 5.10

Udledninger af cadmium fra punktkilder i 1996.

Kilde	Udledning (mio. m ³ vand)	Cadmiummængde (tons/år)
Renseanlæg	770 ¹⁾	0,3-1,1
Overløbsbygværker	47	0,02-0,07
Separate udløb (veje og lign.)	151	0,02-0,20
Industri - direkte udledning	78	<0,05
Spredt bebyggelse	²⁾	0,005 - 0,015
I alt		0,3-1,4

Noter:

- 1) Den faktiske udledning i 1996 var 603 mio. m³ vand, (Miljøstyrelsen. 1997a). Udledningen i et typisk år er ikke oplyst i (Miljøstyrelsen. 1997a), men skønnes at ligge tæt på udledningen i 1993, dvs. 770 mio. m³.
- 2) Der foreligger ikke oplysninger om vandmængder. Udledninger er dels til vandmiljø, dels til jord via dræn.

Den samlede tilledning til renseanlæg samt udledninger fra andre punktkilder kan estimeres til 0,6-1,7 tons Cd/år (heraf 0,6-1,4 tons, som tilledes renseanlæg).

Kilder til cadmium i spildevand

Potentielle kilder til cadmium i spildevand og regnvand er opgjort i tabel 5.11. De dominerende kilder må antages at være atmosfærisk deposition og korrosion af zink i brug i samfundet. Det understreges, at frigivelsen af cadmium ved korrosion af zink med den foreliggende viden kun kan bestemmes med stor usikkerhed, se afsnit 4.1. Det angivne estimat kan derfor sagtens undervurdere den faktiske frigivelse.

Levetiden for varmtgalvaniseret vejinventar i Danmark varierer typisk mellem 5 og 30 år, afhængig af det lokale niveau af forsurening og påkørsler etc. Levetiden for zinktagrender kan dog godt være betydeligt længere, afhængigt af i hvilket omfang det er praktisk at lappe mulige huller. Der må derfor regnes med, at der sagtens kan være zink i brug, som ved korrosion frigiver cadmium i et forhold på 1.000-5.000 mg Cd/kg zink.

Tabel 5.11*Kilder til cadmium i spildevand og regnvandsafstrømning.*

Kilde	Forventet mængde Tons Cd/år	Bemærkninger
Atmosfærisk deposition	0,20	1)
Baggrund i drikkevand	0,01	2)
Korrosion af zink	0,12-0,48	3)
Perkolat fra lossepladser	0-0,0005	jf. afs. 5.2.3
Fækalier	0,02	jf. afs. 4.8
Galvaniserings- og støbevirksomheder	0,001-0,002	4)
I alt	0,4-0,7	

Noter:

- 1) Tallet er fremkommet ved at tage udgangspunkt i, at der findes 2.230 mio. m² kloakerede arealer, (Miljøstyrelsen. 1994). Nedfald med regnvand og tørdeposition med støv androg for Danmark som gennemsnit i 1996-97 ca. 0,09 mg Cd/m² pr. år - baggrundsværdier, (Hovmand M. 1999). Hvis der regnes med dette gennemsnit, svarer det til ca. 0,2 tons Cd/år. Denne mængde repræsenterer den samlede tilførsel til såvel fælleskloakerede som separat-kloakerede områder. Der er i dette estimat ikke taget hensyn til, at nedfaldet evt. er større i byområder. Omvendt er en del af kloakerede arealer ubefæstede (villahaver etc.), således at det atmosfæriske nedfald tilføres jord og ikke kloaksystemer.
- 2) Gennemsnitsindhold i grundvand (primære magasin) angives i (GEUS. 1995) til 0,012 mg Cd/m³. Den samlede tilledning til renselanlæggene i 1993 var på 770 mio. m³, hvoraf det kan anslås at omkring 75-100 mio. m² var nedbørsbettinget, (Kjølholt J et al. 1997). De resterende omkring 680 mio. m³, som må være drikkevand, svarer til en tilførsel på ca. 0,01 tons Cd/år. Koncentrationerne i drikkevand er muligvis lidt lavere på grund af tilbageholdelse af cadmium i forbindelse med rensning af drikkevandet.
- 3) Den samlede tilførsel af zink med spildevand og udledning med regnvand og via overløbsbygværker kan estimeres som følger:
 Spildevand: Koncentration i tilløb til renselanlæg er ca. 220 mg/m³, (Grüttner H et al. 1996) og (Miljøstyrelsen. 1994). Med en vandmængde på 770 mio. m³ svarer dette til en tilførsel på ca. 170 tons/år.
 Separat regnvandsudledning: Koncentration i regnvand er ca. 370 mg/m³, (Kjølholt J et al. 1997). Med en vandmængde på 151 mio. m³ svarer dette til en udledning på ca. 56 tons/år.
 Overløb: Der anslås en koncentration på ca. 300 mg/m³ (blanding af spildevand og regnvand). Med en vandmængde på 47 mio. m³ svarer dette til en udledning på ca. 14 tons/år.
 Samlet tilførsel og udledning er således på ca. 240 tons/år. Koncentration af cadmium i zink varierer med alderen af genstanden. Med et antaget gennemsnitsindhold på 500-2.000 mg Cd/kg zink, svarer 240 tons zink til 0,12-0,48 tons cadmium.
- 4) Emission til spildevand fra galvaniseringsvirksomheder i Danmark er groft anslået til 1-10 tons zink årligt, mens emissionen til spildevand fra zinkstøbevirksomhed er groft anslået til 30-50 tons zink årligt, (Hansen J H. 1995). Med et typisk indhold af cadmium i zink på 4 - 40 mg/kg, svarer dette til en emission af cadmium på ca. 1 - 2 kg. Det bemærkes, at emissionen fra de pågældende typer virksomheder kan være overvurderet væsentligt.

I takt med at gamle galvaniserede konstruktioner og zinktagrender etc. udskiftes, må indholdet af cadmium i regnvand og spildevand forventes at mindskes. Zink med højt indhold af cadmium må dog forventes at kunne registreres som en væsentlig kilde mindst 20-30 år frem i tiden.

5.5 Sammenfatning

Den foreliggende viden om forbrug og tab af cadmium ved affaldsbehandling og bortskaffelse er sammenfattet i tabel 5.12.

Tabel 5.12

Forbrug, tab og bortskaffelse af cadmium med affaldsprodukter, 1996.

Proces/kilde	Skønnet bortskaffelse og tab (tons Cd/år) til:					I alt ¹⁾
	Luft	Vand	Jord	Deponi	Andet	
Fremstilling af jern og stål	0,02	0-0,0002			4,4 ²⁾	4,4
Fragmentering af skrot						
Affaldsforbrænding	0,2-0,4			8,7-18		8,9-18
Biologisk affaldsbehandling			0,1-0,2			0,1-0,2
Deponering		0-0,0017		3,3-6,1		3,3-6,1
Farligt affald	0,005	0-0,001		0,4-0,5	13,4-16 ³⁾	14-17
Spildevand og regnvand		0,3-1,4	0,01			0,3-1,4
Spildevandsslam	0-0,02		0,16	0,05		0,2
I alt ¹⁾	0,2-0,4	0,3-1,4	0,3-0,4	12-25	18-20	31-47

Noter:

- 1) Tallene er afrundede.
- 2) Denne mængde er altovervejende røggasrensestøv, som eksporteres med henblik på genvinding.
- 3) Der eksporteres 13-15 tons cadmium med lukkede nikkel-cadmium batterier til oparbejdning i udlandet. Endvidere eksporteres 0,4-1,0 tons cadmium fra åbne nikkel-cadmium batterier til deponering i udlandet.

Det fremgår af tabel 5.12, at der omsættes 31 - 47 tons cadmium pr. år med affaldsbehandling og bortskaffelse. Den største mængde cadmium, ca. 49% eller 18 - 20 tons/år, bliver eksporteret med genanvendelse for øje. Den næststørste mængde cadmium, ca. 47% eller 12 - 25 tons/år, bliver deponeret. Til recipienten vand går ca. 2% eller 0,3 - 1,4 tons/år, som praktisk taget udelukkende stammer fra spildevand og regnvand. Til luft går 0,2 - 0,4 tons/år svarende til ca. 1%.

6 Sammenfattende vurdering

6.1 Anvendelser og forbrug af cadmium i Danmark

6.1.1 Anvendelser og forbrug

De foreliggende oplysninger om cadmiumforbruget i Danmark i 1996 er sammenfattet i tabel 6.1. Som det fremgår af denne, kan forbruget anslås som følger:

- Tilsigtede anvendelser af cadmium 37 - 61 tons/år (ca. 87%)
- Cadmium som følgestof 5,4 - 9,5 tons/år (ca. 13%)

I alt kan forbruget i 1996 anslås til 43 - 71 tons/år i afrundede tal.

Tabel 6.1

Forbrug af cadmium med færdigvarer i Danmark i 1996.

Produkter	Forbrug Tons Cd/år	Andel af total	Udviklings- tendens
Cadmium i produkter			
Nikkel-cadmium batterier og akkumulatorer ¹⁾	36-54	80%	Stig.
Elektroniske komponenter	0,07-0,2	0,2%	?
Plast excl. legetøj	0-0,5	0,4%	Fald.
Legetøj	0,2-3,6	2,8%	?
Pigmenter til andre formål	0,04-0,05	0,1%	Stig.
Cadmiering	0,1-0,2	0,3%	Stag.
Cadmiumholdige legeringer	0,6-0,8	1,3%	Stig.
Smykker	0-1,8	1,3%	?
Andre anvendelser	0,3	0,6%	Stig.
Cadmium som følgestof			
Zink og zinkoxid	0,1-2	1,5%	Stag.
Handels- og husdyrgødning	1,2	2,2%	Fald.
Kalk	0,8-1,7	2,1%	Stig.
Kul	1,4	2,6%	Stag.
Olieprodukter	0,003-1,3	0,9%	Stag.
Cement	1,9	3,6%	Stag.
Andet	0,12-0,22	0,3%	?
I alt ²⁾	43-71	100%	Stag.

Noter:

- 1) Heraf udgjorde de lukkede batterier 35 - 52 tons/år, mens de åbne batterier udgjorde 1 - 2,3 tons/år.
- 2) Tallene er gengivet afrundede.

Den helt dominerende, tilsigtede anvendelse af cadmium (og i det hele taget) var i nikkel-cadmium batterier og akkumulatorer, som udgjorde ca. 80% af totalen. De lukkede batterier stod heraf alene for de ca. 77% af totalen. De øvrige anvendelser i produkter lå langt under dette niveau; de største var legetøj, ca. 2,8%, smykker, ca. 1,3%, og cadmiumholdige legeringer, ca. 1,3%.

De tre største anvendelser af cadmium som følgestof var: cement, ca. 3,6%, kul, ca. 2,6%, samt handels- og husdyrgødning, ca. 2,2%.

6.1.2 Udviklingstendenser i forbruget

Ved at sammenligne med opgørelsen af cadmiumforbruget i Danmark i 1990, (Jensen A, Markussen J. 1993), fås et indtryk af, hvilke udviklingstendenser der har været siden da. I tabel 6.2 er vist forbruget med produkter i 1990.

Tabel 6.2

Forbrug af cadmium med færdigvarer i 1990, (Jensen A, Markussen J. 1993).

Produkter	Forbrug Tons Cd/år	Andel af total
Cadmium i produkter		
Nikkel-cadmium batterier og akkumulatorer ¹⁾	31,6	63%
Elektriske og elektroniske produkter ²⁾	-	
Kemikalier m.v.	0-0,1	0,1%
Plast	6,7	13%
Pigmenter	0,007-0,012	0,02%
Smykker ²⁾	-	
Legetøj ²⁾	-	
Cadmiumholdige forbindelser og legeringer	0,4-0,6	1,0%
Cadmium som følgestof		
Zink og zinkoxid	0,5-0,6	1,1%
Handelsgødning ³⁾	2,6	5,2%
Kalk	1,1	2,2%
Personbiler, lastbiler, busser og dæk	2	4,0%
Kul	1,6	3,2%
Olieprodukter	1,2	2,4%
Cement	1,2-2,4	3,6%
Skrotimport	0,6	1,2%
I alt ⁴⁾	50-51	100%

Noter:

1) Åbne batterier i elbiler er ikke omfattet af opgørelsen.

- 2) Er ikke omfattet af opgørelsen.
- 3) Husdyrgødning er ikke medtaget i opgørelsen.
- 4) Tallene er gengivet afrundede.

I (Miljøstyrelsen, 1995) er forbruget af cadmium i Danmark i 1990 opgjort til 49 tons. I forhold til tabel 6.2 er forbruget til cadmiering justeret lidt og forbruget til personbiler, lastbiler, busser og dæk er reduceret meget kraftigt. Disse ændringer anses ikke for at være af væsentlig betydning for det samlede forbrug.

Det estimerede forbrug af cadmium i 1990 ligger jf. (Jensen A, Markussen J. 1993) nogenlunde midt i det interval, som er blevet bestemt for forbruget i 1996. Der er på det foreliggende grundlag således ikke grund til at antage, at det totale forbrug har været væsentligt forskelligt i de to år. I opgørelsen for 1990 er tilsigtede anvendelser (forbruget med produkter) anslået til 39 tons, mens forbruget som følgestof er anslået til 11 - 12 tons. Her er der forskel i forhold til 1996, hvor forbruget i produkter var højere, mens forbruget som følgestof var lavere. Hovedforklaringen er et markant øget forbrug med lukkede NiCd-batterier i 1996 og en reduktion af cadmium i plast og handelsgødning. Nedenfor skal kort gennemgås udviklingstendenserne for de enkelte anvendelser.

NiCd-batterier

Forbruget af cadmium med åbne batterier blev for 1996 opgjort til 1 - 2,3 tons, hvilket ikke kan anses for at væsentligt anderledes end de 1,6 tons, der blev opgjort for 1990. Til gengæld blev forbruget af cadmium med lukkede batterier i 1996 opgjort til 35 - 52 tons mod 30 tons i 1990. Her er den væsentligste forøgelse af cadmiumforbruget i forhold til 1990. De to største anvendelsesområder for de lukkede batterier var batteridrevet håndværktøj og kommunikationsudstyr (mobiltelefoner m.v.).

Elektroniske komponenter

Forbruget af cadmium med bestykkede printplader excl. batterier og lodde-midler er for 1996 opgjort til 0,07 - 0,2 tons/år. Dette blev ikke opgjort for 1990.

Plast excl. legetøj

I 1990 blev forbruget opgjort til 6,7 tons. For 1996 er forbruget anslået til 0 - 0,5 tons. Forbruget er altså reduceret betragteligt. I Danmark anvendes cadmium ikke mere som pigment og stabilisator. Lovgivningen må således siges at have virket. Tallene for 1996 udgøres af en skønnet import med plastprodukter fra Fjernøsten på 0 - 0,5 tons.

Legetøj

Forbruget er for 1996 opgjort til 0,2 - 3,6 tons. Hovedparten af mængden er cadmium som pigment og stabilisator i ikke-mærkevarelegetøj importeret fra Fjernøsten. Forbruget blev ikke opgjort for 1990.

Pigmenter til andre formål

Her er forbruget i 1996 anslået til 0,04 - 0,05 tons (kunstnerfarver), mens det for 1990 kun var anslået til 0,007 - 0,012 tons. Her er der altså tale om en stigning, men forbruget er meget lille.

Cadmiering

For 1996 er forbruget til cadmiering og med cadmierede dele opgjort til 0,1 - 0,2 tons. For 1990 blev forbruget opgjort til 0,05 - 0,235 tons. Forbruget må anses for at være stagnerende.

Cadmiumholdige legeringer

For 1990 blev forbruget opgjort til 0,31 - 0,325 tons. For 1996 er forbruget opgjort til 0,6 - 0,8 tons. Der er tale om en fordobling af forbruget. De 0,6

tons hidrører fra offeranoder. Herudover dækker posten loddemidler og højspændingskabler.

<i>Smykker</i>	Her er forbruget opgjort til mindre end 1,8 tons i 1996. Smykker blev ikke medtaget i undersøgelsen for 1990. Smykkerne er smykker af såkaldt "indisk sølv" importeret fra Indien og Nepal samt forsvøvet eller forgyldt bijouteri importeret fra en række lande i Østen.
<i>Andre anvendelser</i>	Denne post dækker kemikalier og solceller. Forbruget i 1996 blev opgjort til 0,3 tons. Forbruget med kemikalier i 1990 blev opgjort til 0 - 0,1 tons, mens solceller ikke var medtaget. Forbruget med kemikalier må anses for at være stigende.
<i>Zink og zinkoxid</i>	Denne anvendelse dækker galvaniserede produkter (blandt andet personbiler, lastbiler og busser), zink, messing, nysølv og zinkoxid (blandt andet i dæk). For 1990 blev der anslået et forbrug på i alt 2,5 - 2,6 tons, hvoraf de 2 tons stammede fra biler m.v. Disse 2 tons må anses for et ret højt estimat. Forbruget for 1996 er opgjort til 0,1 - 2 tons. Forbruget må anses for at være stagnerende. Praktisk taget hele mængden af cadmium stammer fra cadmium i zink med galvaniserede varer herunder biler m.v., som importeres, samt ren zink til galvanisering. Dæk, som indeholder zinkoxid, giver et mindre bidrag.
<i>Handels- og husdyrgødning</i>	For 1990 er tilførslen af cadmium med handelsgødning opgjort til 2,6 tons. For 1996 er den samlede tilførsel opgjort til 1,2 tons, hvoraf husdyrgødningen stod for ca. 0,2 tons. Her er således sket et klart fald i handelsgødningens indhold af cadmium som følge af lovgivningen.
<i>Kalk</i>	For 1990 er forbruget anslået til 1,1 tons, mens det for 1996 er anslået til 0,8 - 1,7 tons. Forbruget må anses for at være stagnerende. Forbruget af kalk til landbrugsformål er dominerende. Kalkmængden til røggasrensning er fra 1990 til 1996 øget til 300 - 450%, og mængden af cadmium er steget tilsvarende.
<i>Kul</i>	For 1990 blev forbruget opgjort til 1,6 tons, hvilket må siges at være det samme som i 1996, hvor forbruget blev opgjort til 1,4 tons.
<i>Olieprodukter</i>	For 1990 blev tilførslen anslået til 1,2 tons. For 1996 er tilførslen anslået til 0,003 - 1,3 tons; denne må anses for at være stagnerende i forhold til 1990.
<i>Cement</i>	For 1990 blev tilførslen anslået til 1,2 - 2,4 tons. For 1996 er tilførslen anslået til 1,9 tons; denne må anses for at være stagnerende i forhold til 1990.
<i>Andet</i>	For 1996 er forbruget af cadmium som følgestof i andre produkter (især træ, papir, halm og fødevarer) opgjort til 0,12 - 0,22 tons/år. Dette forbrug blev ikke opgjort for 1990.

6.1.3 Substitution og nye anvendelser

Lukkede NiCd-batterier Til en række anvendelser, blandt andet mobiltelefoner og bærbare pc'ere, er de lukkede NiCd-batterier ved at blive fortrængt af batterier af typen lithium-ion eller nikkeltalhydrider.

Offeranoder Offeranoder af aluminium dækker i dag omkring 70% af markedet. En ny type zink-offeranode med tin og indium i stedet for cadmium er ved at blive patenteret, (Larsen L. 1998). Såfremt denne type anode vinder indpas, vil vandmiljøet blive sparet for en belastning på knap 0,6 tons cadmium om året.

Solceller

Antallet af solceller i Danmark udviser en stigning. Forbruget af cadmium vurderes at blive lille; af størrelsesordenen 75 - 225 kg i år 2005.

Elbiler

Antallet af elbiler med nikkel-cadmium batterier har også udvist stigning i Danmark. Forbruget er opgjort til 0,8 tons cadmium i 1998 og i 1999 forventes et forbrug på 1,2 tons.

6.2 Bortskaffelse og tab af cadmium til omgivelserne

De foreliggende oplysninger og vurderinger af tabet af cadmium til omgivelserne i Danmark er sammenfattet i tabel 6.3. Mens tabel 6.1 er opdelt efter de produkter, som cadmium optræder i, er tabel 6.3 organiseret efter de industrielle processer, energifremstilling, anvendelser samt bortskaffelse, som giver anledning til tab af cadmium til omgivelserne i Danmark.

Som det fremgår af tabellen, kan det samlede tab af cadmium i 1996 anslås til:

- 0,3 - 1,6 tons cadmium pr. år til luft
- 0,9 - 2 tons cadmium pr. år til vand
- 2,2 - 3,5 tons cadmium pr. år til jord

12 - 25 tons cadmium pr. år blev deponeret, herunder slagge/aske fra kul- og affaldsforbrænding, som delvist anvendtes til opfyldninger, veje, dæmninger og lignende.

I det følgende vil udslip fra de enkelte kilder blive angivet i procent af totaludslip beregnet på basis af middelværdier. Det skal bemærkes, at der kan være betydelige usikkerheder på disse procentangivelser.

Luft

Udslip til luft beroede væsentligst på:

- Affaldsforbrænding ca. 50% af totaludslip
- Afbrænding af olieprodukter ca. 35% af totaludslip
- Afbrænding af kul ca. 9% af totaludslip

Med hensyn til affaldsforbrænding skal det nævnes, at variationen i de foreliggende data har været af et sådant omfang, at det ikke har muligt at skelne mellem de forskellige former for røggasrensning.

Vand

Udslip til vand beroede væsentligst på:

- Spildevand og regnvand ca. 52% af totaludslip
- Offeranoder ca. 48% af totaludslip

Udledninger fra kommunale renseanlæg udgør langt den største del af bidraget fra spildevand og regnvand.

Jord

Udslip til jord beroede væsentligst på:

- Anvendelse af handels- og husdyrgødning i landbruget ca. 45% af totaludslip
- Anvendelse af kalk i landbruget ca. 31% af totaludslip
- Korrosion af galvaniserede produkter ca. 10% af totaludslip

Det skal understreges, at udslippet fra korrosion af galvaniserede produkter er ret usikkert bestemt.

Udviklingstendenser

Udslip til omgivelserne og tilførsler til deponi i 1990 er på basis af (Jensen A, Markussen J. 1993) angivet i tabel 6.4.

Tabel 6.3

Bortskaffelse og tab af cadmium til omgivelserne i Danmark i 1996.

Proces/kilde	Skønnet bortskaffelse og tab (tons Cd/år) til:				I alt ¹⁾
	Luft	Vand	Jord	Deponi ³⁾	
Industrielle processer					
Cadmiering		²⁾		³⁾	
Cement	0-0,03			³⁾	0-0,03
Energifremstilling					
Kul	0,04			³⁾	0,04
Olieprodukter	0,003-1,1		0-0,2	³⁾	0,003-1,3
Anvendelse af produkter					
Offeranoder		0,6			0,6
Galvaniserede produkter		²⁾	0,1-0,5		0,1-0,5
Bildæk				³⁾	
Handels- og husdyrgødning			1,2		1,2
Kalk			0,6-1,2	³⁾	0,6-1,2
Affaldsbortskaffelse					
Fremstilling af jern og stål	0,02			³⁾	0,02
Fragmentering af skrot				³⁾	
Affaldsforbrænding	0,2-0,4			8,7-18	8,9-18
Biologisk affaldsbehandling			0,1-0,2	³⁾	0,1-0,2
Deponering		0-0,0017		3,3-6,1	3,3-6,1
Farligt affald	0,005	0-0,001		0,4-0,5	0,4-0,5
Spildevand og regnvand		0,3-1,4	0,01		0,3-1,4
Spildevandsslam	0-0,02		0,16	0,05	0,2
I alt ¹⁾	0,3-1,6	0,9-2	2,2-3,5	12-25	16-32

Noter:

- 1) Afrundede tal.
- 2) Er medregnet under spildevand.
- 3) Bortskaffelse til deponi er for en række aktiviteter medregnet under "Deponering".

Tabel 6.4

Bortskaffelse og tab af cadmium til omgivelserne i Danmark i 1990, (Jensen A, Markussen J. 1993).

Proces/kilde	Skønnet bortskaffelse og tab (tons Cd/år) til:				I alt ¹⁾
	Luft	Vand	Jord	Deponi	
Industrielle processer					
Cadmiering					-
Cementfremstilling				0,44	0,4
Energifremstilling					
Kul	0,08	0,01	0,305	0,45-0,482	0,8-0,9
Olieprodukter	0,795		0,43		1,2
Anvendelse af produkter					
Offeranoder		0,11			0,1
Galvaniserede produkter					-
Bildæk			0,01	0,01	0,02
Handels- og husdyrgødning			2,6		2,6
Kalk			1		1
Affaldsbortskaffelse					
Fremstilling af jern og stål	0,15	0-0,001	0,4	4,6	5
Skrot				4,27	4,3
Affaldsforbrænding	0,93	0-0,011	0,4	11,04	12
Biologisk affaldsbehandling					-
Deponering				8,8	9
Farligt affald	0,004	0,0002		0,555	0,6
Spildevand og regnvand		0,61	0,17	0,44	1,2
Spildevandsslam					-
I alt ¹⁾	2	0,7	5	31	39

Noter: 1) Afrundede tal.

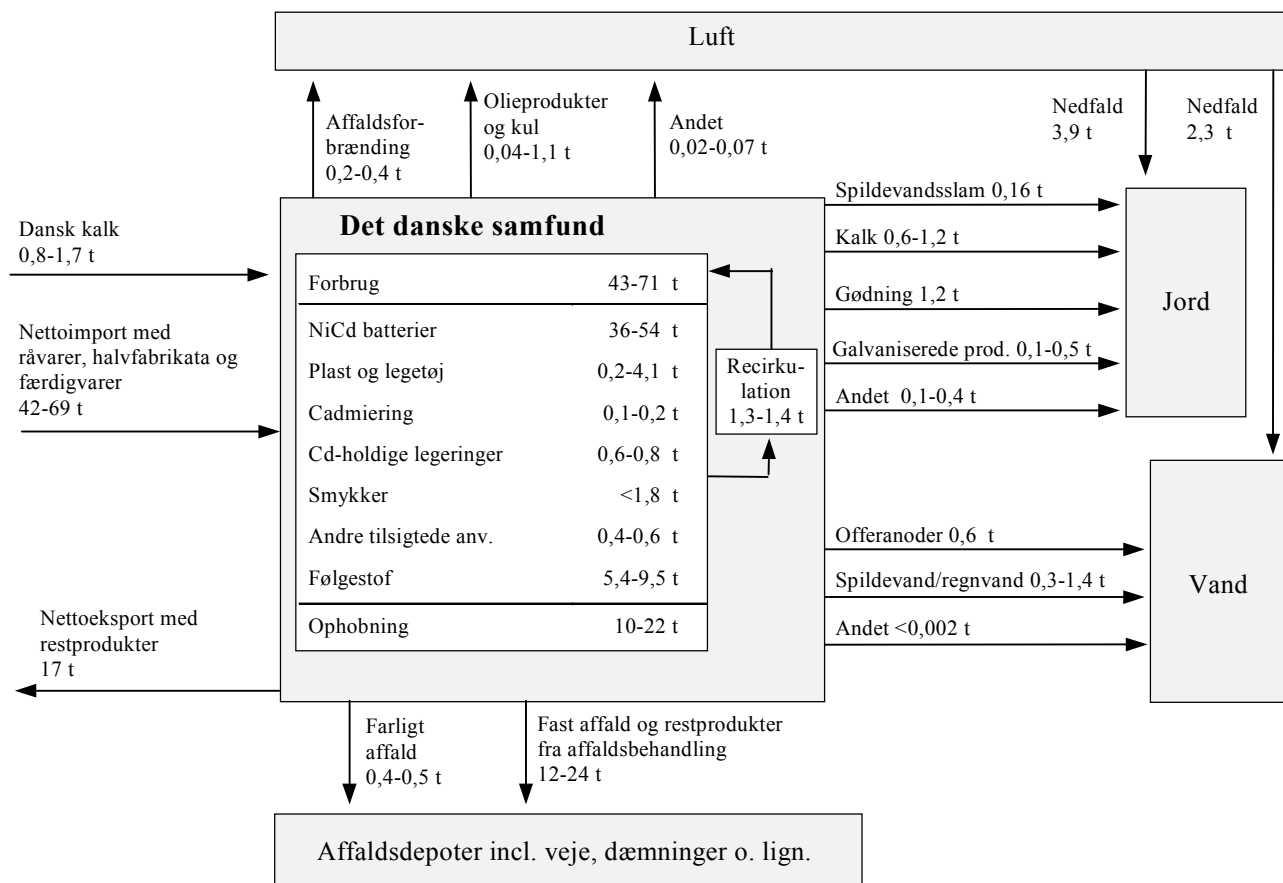
Det samlede udslip til henholdsvis luft, vand, jord og deponi må anses for at være blevet mindre i 1996 i forhold til 1990. Udslippet til luft kan i 1996 anses for at være mindre end i 1990. Det skyldes især reduktion i emissionen fra affaldsforbrænding. Derimod er udslippet til vand større i 1996 end i 1990. Her er bidraget fra offeranoder tilsyneladende blevet øget meget væsentligt. Udslippet til jord var i 1996 mindre end i 1990. Bidraget fra gødning blevet reduceret markant; lovgivningen har altså virket. Også her inkluderer opgørelsen for 1990 ikke udslip hidrørende fra korrosion af galvaniserede produkter. Tabet til deponi må anses for at være blevet mindre. Bidra-

get fra deponering er blevet reduceret i 1996 i forhold til 1990, mens bidraget fra affaldsforbrænding er blevet større i samme periode.

6.3 Cadmiumbalance for Danmark

De foreliggende oplysninger og vurderinger om forbrug og udslip af cadmium i Danmark i 1996 er illustreret i figur 6.1.

Figur 6.1
Cadmiumbalance for Danmark 1996. Alle tal angiver tons Cd/år.



Den største post både i henseende til import og eksport er nikkell-cadmium batterier (kraftigt domineret af lukkede batterier), hvor importen udgjorde 36 - 54 tons, mens eksporten af udtjente batterier til genanvendelse udgjorde 12 tons.

Genanvendelse i Danmark

Omsmelting af plastemballage er langt den dominerende aktivitet for genanvendelsen af cadmium i Danmark, som udgjorde 1,3 - 1,4 tons. Genanvendelse af bildæk bidrager med en lille smule.

Akkumulation i samfundet

På grundlag af opgørelserne af forbrug, eksport af restprodukter samt tab til omgivelser og deponi kan det anslås, at der i 1996 skete en ophobning af cadmium i det danske samfund på 10 - 22 tons. Det skal bemærkes, at dette interval er ret usikkert bestemt, da det er fremkommet ved subtraktion af store tal med en vis usikkerhed. For 1990 blev ophobningen bestemt til 6,6

tons, (Jensen A, Markussen J. 1993). Ophobningen i 1996 er således væsentligt større end i 1990.

Atmosfærisk nedfald

Til landjorden og havmiljøet foregik i 1996 et nedfald af cadmium på gennemsnitlig 0,09 mg cadmium pr. m² over landjorden og 0,06 mg cadmium pr. m² over havet, (Hovmand M F, Kemp K. 1998) og (Hovmand M. 1999). Forskellen skyldes, at der sker en større tørdeposition over land. Med et samlet landareal på 43.100 km², (Zeuthen H E, Dyrberg B. 1994) svarer dette til et nedfald på 3,9 tons cadmium pr. år. Til de indre danske farvande, som her skal regnes at omfatte 38.000 km², (Miljøstyrelsen. 1987), kan det atmosfæriske nedfald anslås til 2,3 tons cadmium pr. år. Det samlede nedfald kan altså anslås til 6,2 tons/år. Det fremgår, at nedfaldet over Danmark er mange gange større, mellem 4 og 21 gange, end emissionen til luft fra Danmark.

Afstrømning af cadmium fra landjorden til vandmiljøet er ikke forsøgt kvantificeret i denne undersøgelse.

Udviklingstendenser

Sammenlignet med situationen i 1990 er der sket en væsentlig stigning i forbruget af lukkede nikkel-cadmium batterier, hvorimod forbruget med plast er reduceret til næsten ingenting. Forbruget med handelsgødning er også reduceret væsentligt. Til gengæld er der et forbrug af cadmium med legetøj og smykker, som ikke tidligere er blevet opgjort separat.

Det atmosfæriske nedfald blev for 1990 opgjort til 4,7 tons over land og 4,2 tons over havet; i alt 8,9 tons, (Jensen A, Markussen J. 1993). I forhold hertil er det samlede nedfald i 1996 reduceret med 2,7 tons eller 30%.

Referencer

- Andreasen H, Bernth N, Christensen I. (1997). *Survey of the Content of Heavy Metal in Packagings on the Danish Market*. Miljøprojekt nr. 349. Miljøstyrelsen. København.
- Andreasen P, Clausen H. (November 1998). Aalborg Portland, Aalborg. Personlig kommunikation.
- Andreasen P. (red.) (1998). *Aalborg Portland. Grønt regnskab 1997*. Aalborg Portland. Aalborg.
- Asholm M. (September 1998). Schoeller-Plast-Enterprise A/S, Regstrup. Personlig kommunikation.
- Bakker J. (Oktober 1998). Mattel, Amstelveen, Holland. Personlig kommunikation.
- Batteriforeningen. (1998). København, december 1998 og januar 1999. Personlig oplysning og fremsendt statistisk materiale.
- Bengtsson J. (September 1998). Dansk Smykkekunst A/S, Brønshøj. Personlig kommunikation.
- BFE, Brancheorganisationen ForbrugerElektronik. (1998). København, 1998 og januar 1999. Personlig kommunikation.
- Billetski J. (Januar 1999). Miljøstyrelsen, København. Personlig kommunikation.
- Bonde T. (August 1998). Miljøstyrelsen, København. Personlig kommunikation.
- Boos R. (1997). *Bericht über die Bestimmung von Blei und Cadmium in Kinderspielzeug und -gebrauchsartikeln*. Im Auftrag von Greenpeace Österreich. Greenpeace Danmark. København.
- Brandstrup F. (Juli 1998). Artifix Kunstnerfarver, Langå. Personlig kommunikation.
- Brink M. (Oktober 1998). Plantedirektoratet, Lyngby. Personlig kommunikation.
- Bruun T. (Oktober 1998). Grønbeck & Sønner, København. Personlig kommunikation.
- Bøiehøj J. (Januar 1999). Forsvarskommandoen, Vedbæk. Personlig kommunikation.
- CEN (1989). DS/EN71-1. *Legetøj. Sikkerhedskrav, Del 1: Mekaniske og fysiske egenskaber*. 2. udgave. Dansk Standard. Charlottenlund.
- CEN (1990). DS/EN71-4. *Legetøj. Sikkerhedskrav, Del 4: Eksperimentelle sæt for kemiske forsøg og tilsvarende aktiviteter*. 1. udgave. Dansk Standard. Charlottenlund.

- CEN (1993). DS/EN71-5. *Legetøj. Sikkerhedskrav, Del 5: Andet kemisk legetøj (sæt) end sæt til kemiske forsøg*. 1. udgave. Dansk Standard. Charlottenlund.
- CEN (1994a). DS/EN71-2. *Legetøj. Sikkerhedskrav, Del 2: Brændbarhed*. 2. udgave. Dansk Standard. Charlottenlund.
- CEN (1994b). DS/EN71-6. *Legetøj. Sikkerhedskrav, Del 6: Grafisk advarselssymbol vedr. alder*. 1. udgave. Dansk Standard. Charlottenlund.
- CEN (1995). DS/EN71-3. *Legetøj. Sikkerhedskrav, Del 3: Migration af særlige stoffer*. 2. udgave. Dansk Standard. Charlottenlund.
- CENELEC (1996). DS/EN 50088 + A1. *Sikkerhedsbestemmelser for elektrisk legetøj*. 1. udgave. Dansk Standard. Charlottenlund.
- Christensen H. (August 1998). Jernpladsen A/S, Søborg. Personlig kommunikation.
- Christensen M. (Oktober 1998). Kemira, Fredericia. Personlig kommunikation.
- Christensen P. (Oktober 1998). Dankalk, Løgstør. Personlig kommunikation.
- Christensen S. (November 1998). Oliebranchens Fællesrepræsentation, København. Personlig kommunikation.
- Christiansen K. (September 1998). Schoeller-Plast-Enterprise A/S, København. Personlig kommunikation.
- Clausen H. (November 1998). Aalborg Portland, Aalborg. Personlig kommunikation.
- COWI. (1999). *VVM-redegørelse for behandling og slutdeponering af stabiliserede restprodukter i AV Specialdepot på AV Miljø - Teknisk baggrundsrapport*. I/S Amagerforbrænding og I/S Vestforbrænding, København.
- COWiconsult. (1987). *Forurening fra gamle affaldsdepoter uden kemikalieaffald*. Miljøprojekt nr. 83. Miljøstyrelsen. København.
- Crillesen K. (November 1998 og april 2000). I/S Vestforbrænding, Glostrup. Personlig kommunikation.
- Damsted H. (Oktober 1998). FDB, Albertslund. Personlig kommunikation.
- Danielsen H. (December 1998). DSB, København. Personlig kommunikation.
- DGC. (1990). *Måling af metaller i dansk naturgas*. Teknisk Note nr. 5/1990. Dansk Gasteknisk Center. Hørsholm.
- Domela I. (1997). *Kompoststatistik 1996*. Rendan, Søborg.
- Edwardsen L. (Oktober 1998). Toldcenter København, København. Personlig kommunikation.

- Egemose K. (September 1998). Miljøkemi, Galten. Personlig kommunikation.
- Eilsø F. (November 1998). DONG, Hørsholm. Personlig kommunikation.
- Elsam. (1997). *Elsams Miljøberetning 1997*. Elsam. Fredericia.
- Energistyrelsen (1998). *Energistatistik 1997*. Energistyrelsen, Miljø- og Energiministeriet. København.
- Eriksen A L. (1998). *Bygge- og anlægsaffaldsstatistik 1996. Materialestrømsovervågning*. Rendan, Søborg.
- Evald A. (Marts 1999). dk-TEKNIK, Søborg. Personlig kommunikation.
- FEHA, Foreningen af Fabrikanter og Importører af Elektriske Husholdningsapparater. (1998). Glostrup, juni og november 1998. Personlig kommunikation.
- Fugmann H. (September 1998). Boliden Bergsøe A/S, Glostrup. Personlig kommunikation.
- Gangi J D. (1997). *Lead and Cadmium in Vinyl Children's Products*. Greenpeace. Washington DC, USA. Rapporten kan downloades fra <http://www.greenpeaceusa.org/reports/toxics/lead/lcvtoc.htm>
- GEUS. (1995). *Grundvandsovervågning 1955*. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse. Miljø- og Energiministeriet. København.
- Grüttner H, Jacobsen B N. (1994). *Miljøfremmede stoffer i renseanlæg*. Miljøprojekt nr. 278. Miljøstyrelsen. København.
- Grüttner H, Vikelsøe J, Pritzl G. (1996). *Miljøfremmede stoffer i spildevand og slam*. Miljøprojekt nr. 325. Miljøstyrelsen. København.
- Grøn Information. (1998). *Hvor går grænsen - om kemiske stoffer i legetøj*. Grøn Information. København. Rapporten kan downloades fra <http://www.greeninfo.dk/rapport/legetoj.htm>
- Halmø S. (Oktober 1998). Norsk Hydro Danmark, København. Personlig kommunikation.
- Hansen C. (Juni 1998). Guldsmedefagets Fællesråd, København. Personlig kommunikation.
- Hansen E, Bielefeld J. (Januar-februar 1999). Kommunekemi, Nyborg. Personlig kommunikation.
- Hansen E, Boisen A.(1993). *Paradigma for massestrømsanalyser*. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 57/1993. Miljøstyrelsen, København.
- Hansen E. (1980). *Cadmiumtransport og -forurening i Danmark og teknologiske muligheder for at begrænse denne forurening*. Laboratoriet for Teknisk Hygiejne, DTU. Lyngby.

- Hansen G, Nielsen A, Pommer K. (1993). **Elektriske og elektroniske produkter i Danmark**. Arbejdsrapport nr. 53/1993. Miljøstyrelsen. København.
- Hansen J. (April 2000). I/S Amagerforbrænding. København. Personlig kommunikation.
- Hansen J H. (1995). **Nationale og industrielle emissioner af 38 stoffer**. Arbejdsrapport nr. 64. Miljøstyrelsen. København.
- Hansen R.M. (November 1998). Energistyrelsen, København. Personlig kommunikation.
- Harder F. (September 1998). Metalli as, Rødovre. Personlig kommunikation.
- Hartmann L W, Hansen E. (1983). **Import af cadmium. En opgørelse af nettoimporten af cadmium med plast og cadmierede dele**. Miljøstyrelsen. København.
- Hedemalm P, Carlsson P, Palm V. (1995). **Waste from electrical and electronic products - a survey of the contents of materials and hazardous substances in electric and electronic products**. TemaNord 1995:554. Nordisk Ministerråd. København.
- Hohberg J. (Juni 1998). Elektro Miljø A/S, Vejle. Personlig kommunikation.
- Holst B. (Januar 1999). I/S Reno Syd, Skanderborg. Personlig kommunikation.
- Hovmand M F, Kemp K. (1998). **Heavy Metal bulk deposition and aerosol concentrations in rural Denmark 1992 - 1996**. Danmarks Miljøundersøgelser. Roskilde. Foreløbig data rapport.
- Hovmand M. (Marts 1999). Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde. Personlig kommunikation.
- I/S Reno Syd (1997). **Forbrændingskapacitet og brændbare affaldsmængder vest for Storebælt**. Affaldsselskaberne i Jylland og på Fyn ved I/S Reno Syd, Skanderborg.
- IDC Scandinavia. (Juni 1998). København. Personlig kommunikation.
- Isager T B. (februar 1999). H.J. Hansen Miljøsystem AS, Odense. Personlig kommunikation.
- ISWA. (1997). **Energy from Waste. State of the Art Report. Statistics 1993-1996. 3rd Edition** - Figures for Denmark. ISWA Working Group on Thermal Treatment of Waste. ISWA Copenhagen.
- Jacobsen B N. (Januar 1999). Spildevandscenter Avedøre, Hvidovre. Personlig kommunikation.
- Jensen A, Markussen J. (1993). **Forbrug af og forurening med cadmium**. Miljøprojekt nr. 213. Miljøstyrelsen. København.

- Jensen H W. (Oktober 1998). Sølvsmed Harald W Jensen, Vejle. Personlig kommunikation.
- Jensen K. (Februar 1999). Aalborg Portland, Aalborg. Personlig kommunikation.
- Jensen S V. (November 1998). Videncenter for elbiler, Institut for Elteknik, DTU. Personlig kommunikation.
- Jepsen S-E, Grüttner H. (1997). *Miljøfremmede stoffer i husholdningsspildevand*. Miljøprojekt nr. 357. Miljøstyrelsen. København.
- Johannsson O R. (Februar 1999). I/S Nordforbrænding, Hørsholm. Personlig kommunikation.
- Jørgensen H. (Oktober 1998). Selectron Metalpålægning, Frederikssund. Personlig kommunikation.
- Jørgensen K P. (1993). *Affald fra bilfragmenteringsanlæg*. Carl Bro AS for Miljøstyrelsen. København. Upubliceret.
- Katic I. (Juli 1998). Dansk Teknologisk Institut, Tåstrup. Personlig kommunikation.
- Keller T. (Oktober 1998). Creol Smykker, København. Personlig kommunikation.
- Kirstein H. (September 1998). Clariant, Rødovre. Personlig kommunikation.
- Kjærn C. (September 1998). Outokumpu, Brøndby. Personlig kommunikation.
- Kjølholt J, Poll C og Jensen F K. (1997). *Miljøfremmede stoffer i overfladeafstrømning fra befæstede arealer*. Miljøprojekt nr. 355. Miljøstyrelsen. København.
- Kjølholt J, Thomsen C D, Hansen E. (1998). *Cadmium og DEHP i kompost og bioafgasset materiale*. Miljøprojekt nr. 385. Miljøstyrelsen. København.
- Knudsen L. (November 1998). Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Planteavl, Skejby. Personlig kommunikation.
- Knudsen T. (Oktober 1998). Plantedirektoratet, Lyngby. Personlig kommunikation.
- Kommissionen. (1998). *"Om betingelserne for at plastkasser og -paller kan undtages fra de bestemmelser om koncentrationsniveauer for tungmetaller, der er fastlagt i direktiv 94/62/EF om emballage og emballageaffald"*. Udkast til forslag til Kommissionens beslutning. Miljøstyrelsen. København.
- Kristensen H. (September 1998). Miljøstyrelsen, København. Personlig kommunikation.
- Kristiansen T. (Oktober 1998). Kolding Kommune, Kolding. Personlig kommunikation.

- Kaaber S. (August 1998). Århus Tandlægeskole, Århus. Personlig kommunikation.
- Larsen L. (December 1998). BAC Corrosion Control, Hvidovre. Personlig kommunikation.
- Larsen P. (Januar 1999). Det Danske Stålvalseværk, Frederiksværk. Personlig kommunikation.
- Lassen C, Hansen E. (1996). *Massestrømsanalyse for bly*. Miljøprojekt nr. 327. Miljøstyrelsen. København.
- Lassen C., Drivsholm T., Hansen E., Rasmussen B. og Christiansen K. (1996). *Massestrømsanalyse for kobber*. Miljøprojekt nr. 323. Miljøstyrelsen. København.
- Legarth J B. (1996). *Recycling of electronic scrap*. Ph.D. thesis. Department of Manufacturing Engineering, Process and Production Engineering. Technical University of Denmark. Lyngby.
- Levnedsmiddelstyrelsen. (1995). *Overvågningssystem for levnedsmidler 1988 - 1992*. Levnedsmiddelstyrelsen. Søborg.
- Linddahl M. (1997). *Kvælstofoverskud for dansk landbrug - 1979/80 til 1995/96*. Arbejdsnotat - udkast 8/7 1997, Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomisk Institut, Valby.
- Lindhardt B. (1990). *Amtskommunale undersøgelser af grundvandsforurening ved gamle lossepladser. Lossepladsprojektet*. Lab. for Teknisk Hygiejne, DTU. Lyngby.
- Lindtner H. (November 1998). Citroën Danmark, København. Personlig kommunikation.
- LTE, Leverandørforeningen for Transportabelt El-værktøj. (1998). København, juli 1998 og januar 1999. Personlig oplysning og udleveret statistisk materiale.
- Ludvigsen F. (November 1998). Oliebranchens Fællesrepræsentation, København. Personlig kommunikation.
- Lyngbye A. (September 1998). Bayer A/S, Lyngby. Personlig kommunikation.
- Marker M. (September 1998). Per Udsen Co. Aircraft Industry A/S, Grenå. Personlig kommunikation.
- Markholm A. (Oktober 1998). S.C. Hempel's Skibsfarve-Fabrik A/S, Lyngby. Personlig kommunikation.
- Meinertsen J. (August 1998). Tobaksindustrien, Hellerup. Personlig kommunikation.
- Meyle M. (Oktober 1998). Flyvematerielkommandoen, Værløse. Personlig kommunikation.

- Miljøministeriet. (1989). **Bekendtgørelse nr. 223 af 5. april 1989 om indhold af cadmium i fosforholdig gødning**. Miljøministeriet. København.
- Miljøstyrelsen (1994). **Vandmiljø-94**. Redegørelse nr. 2, 1994. Miljøstyrelsen. København.
- Miljøstyrelsen (1997a). **Punktkilder 1996**. Orientering nr. 16, 1997. Miljøstyrelsen. København.
- Miljøstyrelsen (1997b). **Affaldsstatistik 1996**. Orientering nr. 13, 1997. Miljøstyrelsen
- Miljøstyrelsen (1998a). **Spildevandsplan - Opgørelse for 1996**. Notat dateret 21. april 1998 udarbejdet af Miljøstyrelsens Ferskvands- og Spildevandskontor. Miljøstyrelsen. København.
- Miljøstyrelsen. (1987). **Kviksølvredegørelse**. Redegørelse nr. 5/1987. Miljøstyrelsen. København.
- Miljøstyrelsen. (1995). **Tungmetaller. Status, mål og midler for indsatsen**. Redegørelse nr. 1/1995 fra Miljøstyrelsen. Miljøstyrelsen. København.
- Miljøstyrelsen. (1998b). **Listen over uønskede stoffer**. Orientering nr. 1/1998 fra Miljøstyrelsen. Miljøstyrelsen. København.
- Mygen A. (November 1998). Dansk Gasteknisk Center (DGC), Hørsholm. Personlig kommunikation.
- Münsberg A. (November 1998). Dansk Naturgas (DONG), Hørsholm. Personlig kommunikation.
- Møller U. (November 1998). Kontoret for produktdata, Arbejdstilsynet, København. Personlig kommunikation.
- Maag J, Hansen E. (1994) **Indsamlingspotentiale for genopladelige batterier**. Foreningen for indsamling af genopladelige batterier. København. Ikke udgivet.
- Nielsen D. (Oktober 1998). Midtjysk Fornikling & Forchromning A/S, Herning. Personlig kommunikation.
- Nielsen J D. (November 1998). Århus Kommune, Magistratens 5. Afd., Århus. Personlig kommunikation
- Nielsen J, Knudsen K. (Januar 1999). I/S Amagerforbrænding, København. Personlig kommunikation.
- Nordberg B. (Oktober 1998). 3M a/s, Glostrup. Personlig kommunikation.
- Nygård H H. (September 1998). Unica, Hinnerup. Personlig kommunikation.
- Oliebranchens Fællesrepræsentation. (1997). **Olieberetning 1996**. Oliebranchens Fællesrepræsentation. København.

- Orloff A. (November 1998). Miljøstyrelsen, København. Personlig kommunikation.
- Olsen G. (April 2000). I/S Nordforbrænding, Hørsholm. Personlig kommunikation.
- Passow J. (December 1998). Københavns Vandforsyning, København. Personlig kommunikation.
- Pedersen E. (November 1998). Kommunekemi, Nyborg. Personlig kommunikation.
- Pedersen H A. (November 1998). Concorde Batterier, Svendborg. Personlig kommunikation.
- Pedersen Å. (November 1998). Hawker Industriebatterier, Nørresundby. Personlig kommunikation.
- Peter W. (November 1998). Genan A/S, Viborg. Personlig kommunikation.
- Petersen J. (Januar 1999). SAS, Kastrup. Personlig kommunikation
- Petersen L. (Juni 1998). Arbejdstilsynet, København. Personlig kommunikation.
- Petersen O. (September 1998). FORCE Institutet, Brøndby. Personlig kommunikation.
- Petersen P. (November 1998). Miljøstyrelsen, København. Personlig kommunikation.
- Plantedirektoratet. (1997). *Sædskifte- og gødningsplaner. Statistik 1995/96. Nøgletal. Fysisk kontrol*. Plantedirektoratet. Lyngby.
- Plantedirektoratet. (1999). *Danmarks forbrug af handelsgødning 1997/98*. Plantedirektoratet. Lyngby. Oplysningerne kan hentes på Internet-adressen: www.plantedir.dk/publ/GOD97-98.HTM
- Plovsing J, Feldbæk I. (1996). *Statistisk Årbog 1996*. Danmarks Statistik. København.
- Plovsing J, Sørensen R S. (1997). *Udenrigshandelen fordelt på varer og lande. Januar - december 1996*. Danmarks Statistik. København.
- Plovsing J, Sørensen R S. (1998). *Udenrigshandelen fordelt på varer og lande. Januar - december 1997*. Danmarks Statistik. København.
- Plovsing J, Thomasen J. (1996). *Udenrigshandelen fordelt på varer og lande. Januar - december 1995*. Danmarks Statistik. København.
- Poulsen H. (November 1998). Asnæsværket, Kalundborg. Personlig kommunikation.
- Poulsen N M. (December 1998). Hawker Industri Batterier, Nørresundby. Personlig kommunikation

- Prisum M. (August 1998). Banestyrelsen, København. Personlig kommunikation.
- Rahbek L W. (1998). Miljøstyrelsen, København, 1998 og januar 1999. Personlig oplysning og udleveret materiale.
- Rasmussen B. (December 1998). Unibat, Jyllinge. Personlig kommunikation.
- Rasmussen D, Larsen M M, Mikkelsen J. (1995). *Cadmiumbalancen for dansk landbrugsjord - kilder og udviklingstendenser*. Danmarks Miljøundersøgelser. Roskilde. Ikke publiceret.
- Rasmussen K. (Oktober 1998). Middelfart Galvanisering, Middelfart. Personlig kommunikation.
- Rendel K. og Jensen D. (Januar - marts 1999). Lynettefællesskabet, København. Personlig kommunikation.
- Richter H, Lorenz W, Bahadir M. (1997). *Examination of organic and inorganic xenobiotics in equipped printed circuits*. Chemosphere, Vol. 35, Nos. 1/2, pp. 169-179. Elsevier Science Ltd.
- Robson M. (December 1998). Mærsk, København. Personlig kommunikation.
- Roed G. (August 1998). Royal Scandinavia, Frederiksberg. Personlig kommunikation.
- Ros J P M, Slooff W (eds.). (1988). *Integrated Criteria Document Cadmium*. National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM). Bilthoven, Holland.
- Rüsz J. (September 1998). Castolin Danmark, Vejle. Personlig kommunikation.
- Rønholt K. (Oktober 1998). Faxe Kalk, København. Personlig kommunikation.
- Rådet. (1988). *Rådets resolution af 25. januar 1988 om et handlingsprogram for Fællesskabet til nedbringelse af miljøforureningen med cadmium* (88/C 30/01). De Europæiske Fællesskabers Tidende, 4.2.88.
- Rådet. (1991). *Rådets direktiv 91/338/EØF af 18. juni 1991 om tiende ændring af direktiv 76/769/EØF om indbyrdes tilnærmelse af medlemsstaternes administrativt eller ved lov fastsatte bestemmelser om begrænsning af markedsføring og anvendelse af visse farlige stoffer og præparater*. EF-Tidende nr. L 186 af 12/07/1991 side 59 - 63.
- Salhofer S, Gabriel R. (1996). *Pilotsammlung von Elektroaltgeräten in Bregenz*. Wissenschaftliche Begleitstudie. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Sektion III. Wien.
- Sander B. (November 1998). ELSAM, Fredericia. Personlig kommunikation.

- Secher T T. (November 1998). DONG, Hørsholm. Personlig kommunikation.
- Selbach S. (Juni 1998). Legetøjsbranchens Fællesråd, Randers. Personlig kommunikation.
- Sjællandske Kraftværker. (1997). **Grønt Regnskab 97**. Sjællandske Kraftværker. Hellerup.
- Skov H. (Februar 1999). I/S Reno-Nord, Ålborg. Personlig kommunikation.
- Stelmaszyk J. (September 1998). Galvanisk Kompagni A/S, Valby. Personlig kommunikation.
- Sørensen L. (Januar 1999). Horsens Forbrændingsanlæg, Horsens. Personlig kommunikation.
- Sørensen P E. (Januar 1999 og april 2000). VEGA, Høje Tåstrup. Personlig kommunikation.
- Tenberg A. (November 1998). FRIWO, Duisburg, Tyskland. Personlig kommunikation.
- Thiesen J. (Januar 1999). NKT Holding, Brøndby. Personlig kommunikation.
- Thomsen H.V. (September 1998). House of Prince, Søborg. Personlig kommunikation.
- Titalyse SA. (1999). **NiCd - A Rechargeable Battery. Collection, Sorting and Recycling in European Countries**. International Cadmium Association (ICdA). Bruxelles.
- Toft T. (September 1998). Metalli as, Rødovre. Personlig kommunikation.
- Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry**. (1998). Sixth Edition. 1998 Electronic Release. Wiley-VCH. Weinheim, Tyskland.
- Vestervang S. (December 1999). Kommunekemi, Nyborg. Personlig kommunikation.
- WHO. (1989). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. **Occupational Exposures in Petroleum Refining; Crude Oil and Major Petroleum Fuels**. Volume 45. WHO. Lyon. Frankrig.
- Woergaard G. (November 1998). Dansk Hollandsk Ædelmetal A/S, København. Personlig kommunikation.
- Wolmeyer P. (November 1998). Scanrub-Holding A/S, Viborg. Personlig kommunikation.
- Zachariassen K, Rønsberg H. (1995). **Electronics and the Environment**. Miljøprojekt nr. 289/1995. Miljøstyrelsen. København.
- Zeuthen H E, Dyrberg B. (1994). **Statistisk Årbog 1994**. Danmarks Statistik. København.

Zweibel K. (Juli 1998). Thin Film Partnership, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, Colorado, USA. Personlig kommunikation.

ØKOconsult, Jørgensen C E. (1992). *Forbrug og bortskaffelse af åbne nikkel-cadmium akkumulatorer*. Arbejdsrapport nr. 33/1992. Miljøstyrelsen. København.

Aarø D. (Juli 1998). Gaia Solar, Hvidovre. Personlig kommunikation.

Bilag 1 Oversigt over kontaktede virksomheder, organisationer og videncentre

Acer Scandinavia, Birkerød
Akzo Nobel Chemicals ApS, Skovlunde
Alcatel Danmark, Horsens
Alcotini A/S, Lystrup
Apple Computers, Allerød
Artifix Kunstnerfarver, Langå
Asnæsværket, Kalundborg
Atlas Copco Tools, Ishøj
BAC Corrosion Control A/S, Hvidovre
Banestyrelsen, København
Bang & Olufsen A/S, Struer
Bang & Olufsen Telecom, Struer
Bayer, Lyngby
Beiersdorf, Birkerød
Bent Larsen ApS, Ejby
Bie & Berntsen A-S, Rødovre
Bilka Indkøbskontor, Mundelstrup
Black & Decker Danmark, Allerød
Bog og Ide, Herning
Boosey & Hawkes, London
Bosch Telecom (tidl. Dancall), Pandrup
Braun Danmark, Søborg
BRIO A/S, Frederikssund
Bøger og Papir, Brande
Canon Danmark, Herlev
Chemitalic, Horsens
Citroën Danmark, København.
Clariant, Rødovre
Compaq Computer A/S, Birkerød
Concorde Batterier ApS, Svendborg
Copenhagen Brass Center, København
Creol Smykker, København
C.V. Poulsens Fyrværkerifabrik ApS, Glumsø
DAMP Miljø, Stubbekøbing
Dan-Gem, Lemvig
Danish Computer Recycling, Roskilde
Danitas Radio, København
Dankalk, Løgstør
Danmarks Statistik, København
Dansk Gasteknisk Center, Hørsholm
Dansk Olie og Naturgas (DONG), Hørsholm
Dansk Olierør A/S, Hørsholm
Dansk Shell, Fredericia
Dansk Shell, København
Dansk Signal Materiel, Aalborg
Dansk Smykkekunst, Brønshøj
Dansk Teknologisk Institut, Kemiteknik, Tåstrup
Dansk Teknologisk Institut, Kemiteknik, Århus

Dansk Trafikskole Materiel, Ørbæk
Datafilen, Viborg
Delta Dansk Elektronik, Lys & Akustik, Hørsholm
Det Danske Stålvalseværk, Frederiksværk
Dixen, Vejle
dk-TEKNIK, Søborg
DSB, København
Electrolux Husholdningsapparater, Lyngby
Elektro Miljø A/S, Vejle
Elsam, Fredericia
Energistyrelsen, København
Epson-Center, København
Ericsson Mobile Communications, København
Faxe Kalk, København
Fisher Hi-Fi Danmark, Pandrup
Flora Danica Jewellery A/S, Hvidovre
Flyvematerielkommandoen, Værløse
FORCE Instituttet, Brøndby
Forsvarskommandoen, Vedbæk
Forzaflex, Odense
Fredericia Sølv A/S, Fredericia
FRIWO, Duisburg, Tyskland
Fællesforeningen for Danmarks Brugsforeninger (FDB), Albertslund
Galvanisk Kompagni A/S, Valby.
Genan, Viborg
Gottfried Musikinstrumenter, København
Gram Toys, Birkerød
Greenpeace Danmark, København
Grundig Danmark, Værløse
Grønbeck & Sønner, København
Guitarværkstedet (Denis Dalsgaard), København
Guldsmed Ranch Svendsen, Vejle
Guldsmedefagets Fællesråd, København
H.J. Hansen Miljøsystem AS, Odense
Harring Industri A/S, Stenløse
Hasbro Nordic, Glostrup
Hawker Industriebatterier A/S, Nørresundby
Hewlet-Packard A/S, Birkerød
Horsens Forbrændingsanlæg, Horsens
House of Prince, Søborg
HT Barnow, Vejle
HT Defta, Vejle
I/S Amagerforbrænding, København
I/S Nordforbrænding, Hørsholm
I/S Reno Syd, Skanderborg
I/S Reno-Nord, Ålborg
I/S Vestforbrænding, Glostrup
IBM, Lyngby
Infocom Communications, Viby J
IPU, Overfladegruppen, Lyngby
Jargar Strings ApS, København
Jens J Aagaard A/S, Svendborg
Jernpladsen A/S, Søborg
Juhl Serigrafiartikler Engros A/S, Malling
JVC Danmark, Tåstrup
K.E. Mathiasen A/S, Brabrand

Kemikaliebranchen, Børsen, København
Kemira, Fredericia
Kenwood, Stenløse
Kinovox professionelt lydudstyr A/S, Herlev
Knud Danielsen A/S, Espergærde
Kolding Kommune, Kolding
Kommunekemi A/S, Nyborg
Kontoret for Produktdata, Arbejdstilsynet, København
Kuwait Petroleum, Virum
Københavns Vandforsyning, København
Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Planteavl, Skejby
Legetøjsbranchens Fællesråd, Randers
LEGO Gruppen, Billund
Lynettefællesskabet, København
Makita Elværktøj Danmark, Horsens
Marno Sørensen ApS, København
Mattel Scandinavia, Brøndby
Mattel, Amstelveen, Holland
megatrade A/S, Herlev
Merck Danmark, Albertslund
Metabo, Herlev
Middelfart Galvanisering, Middelfart
Midtjysk Fornikling & Forchromning, Herning
Migma Fireworks ApS, Holstebro
Miljø- og Innovationscenter Egen Mark, Nordborg
Miljøkemi, Galten
Motorola A/S, Brøndby
Moulinex, Vedbæk
Multiplex Electra Danmark, Lille Skensved
Mærsk A/S, København
Mærskolie & Gas, København
N.S.I. Electronic, Århus
Nippon Carbide Industries, Oslo
NKT Holding, Brøndby
Nokia Mobile Phones, København
Norsk Hydro Danmark, København
OBH, Ole Bødtcher-Hansen A/S, Taastrup
OK Olieselskabet Danmark, Viby J
Ole Lynggaard ApS, Hellerup
Oliebranchens Fællesrepræsentation, København
Orla Hedegaard, Faarvang
Outokumpu, Brøndby
Panasonic Danmark, Glostrup
Peek Trafik A/S, Odense
Per Udsen Co. Aircraft Industry A/S, Grenå.
Philips Consumer Electronics, København
Pioneer Electronic Danmark, Tåstrup
Plantedirektoratet, Lyngby
Princo, Rødovre
Q8 Handel, Tåstrup
Rendan, Gladsaxe
Robert Bosch A/S, Ballerup
Royal Scandinavia, Frederiksberg
S.C. Hempel's Skibsfarve-Fabrik A/S, Lyngby
Sanyo Energy, København
SAS, Kastrup

Scandinavian Brass and Wood Wind, København
Scanrub-Holding, Viborg
Scansupply A/S, Birkerød
SEC Scandinavia, Viborg
Selectron Metalpålægning, Frederikssund.
Semi-Tech Consumer Electronics (Denmark), Tåstrup
Siemens A/S, Ballerup
Siemens Nixdorf Informationssystemer, Tåstrup
Siemens, Ballerup
Sjællandske Kraftværker, Hellerup
Skiltefabrikken Sericol A/S, Slagelse
Sony Nordic A/S, Tåstrup
Spildevandscenter Avedøre, Hvidovre
Statoil A/S, Kalundborg
Struers Kebo Lab A/S, Albertslund
Sølv-ekspressen ApS, Åbyhøj
Sølvsmed Harald W Jensen, Vejle
Søstrene Grenes Import A/S, Aarhus C
Tefal Danmark, Ballerup
Telestyrelsen, København
Telital R & D Danmark (tidl. Hagenuk), Støvring
Th. Frobenius & Sønner Orgelbyggeri A/S, Lyngby
Thin Film Partnership, National Renewable Energy Laboratory (NREL),
Golden, Colorado, USA.
Tintex (Sadolin), Glostrup
Tivolis Fyrværkerifabrik, Tune, Roskilde
Tobaksindustrien, Hellerup
Told & Skat, Vejle
Toldcenter København, København
TOP-TOY (Hong Kong) Ltd., Hong Kong
Toshiba PC, Glostrup
Toybox Legetøj, Risskov
Toyota Danmark, Herlev
Toys R Us, Roskilde
Tulip Computers, Hinnerup
TV Skilte ApS, Køge
Unibat A/S, Jyllinge
Unica, Hinnerup
Upstairs Økonomi-Marked ApS, Horsens
Vallentin Elektronik A/S, Stenløse
Varta Batteri, Stenløse
Varta, Stenløse
VEGA, Høje Tåstrup
Veterinær- og Fødevaredirektoratet, Søborg
Videncenter for elbiler, Institut for Elteknik, DTU.
VN Legetøj A/S, Hasselager
West-Gem, Skjern
YES, Your Electronic Supplier A/S, Holbæk
Zitech Computer, Allerød
Aalborg Portland, Aalborg
Århus Genbrugsselskab, Århus
Århus Tandlægeskole, Afdelingen for Protetik og Bidfunktionslære, Århus

Bilag 2 Levetidsfordelinger for lukkede NiCd-batterier

Fordelingerne er taget fra (Maag J, Hansen E. 1994).

Anvendelse	Levetidsdata			Anvendt fordeling
	Min.	Middel	Max.	
Håndportable mobiltelefoner	10% < 4 md. ± 2 md.	1,5 år ± 0,5 år	3 år ± 1 år	
Andre bærbare mobiltelefoner	10% < 1 år ± 0,5 år	2 år ± 1 år	4 år ± 1 år	
Bærbart computerudstyr	20% < 1 år ± 10%	1,5 år ± 0,5 år	5 år ± 1 år	
Trådløse telefoner	2% < 1 år ± 2%	2,5 år ± 1 år	5 år ± 2 år	

Anvendelse	Levetidsdata			Anvendt fordeling
	Min.	Middel	Max.	
Barbermaskiner og skægtrimmere	10% < 1 år ± 5%	7 år ± 2 år	10 år ± 2 år	
Håndstøvsugere og andet husholdningsudstyr	5% < 1 år ± 3%	6 år ± 2 år	10 år ± 2 år	
Elektriske tandbørster	3% < 1 år ± 2%	5 år ± 2 år	7 år ± 2 år	
Camcordere og videoudstyr	20% < 1 år ± 10%	5 år ± 3 år	10 år ± 3 år	

Anvendelse	Levetidsdata		Max.	Anvendt fordeling
	Min.	Middel		
Løse batterier (enkeltceller)	15% < 2 år ± 5%	6 år ± 2 år	15 år ± 3 år	
Professionelt batteridrevet værktøj	10% < 1 år ± 5%	4 år ± 1 år	6 år ± 2 år	
"Gør-det-selv" batteridrevet værktøj	10% < 1 år ± 5%	6 år ± 2 år	12 år ± 3 år	
Andre anvendelser af NiCd-batterier	*1	*1	*1	

*1 Den anvendte levetidsfordeling er beregnet som gennemsnittet af alle øvrige anvendelsesfordelinger.

Bilag 3 Grøn afgifts betydning for substitution af NiCd-batterier

Dette bilag blev oprindeligt udarbejdet i december 1998 som et selvstændigt notat til Miljøstyrelsen. Notatet er her gengivet med den originale tekst.

B 3.1 Baggrund

I 1996 blev lukkede nikkel-cadmium-batterier ("NiCd-batterier") pålagt afgift ved salg i Danmark. Afgiftens formål er at fremme substitutionen af disse med andre genopladelige batterier med mindre miljørisiko.

Miljøstyrelsen deltager p.t. i udarbejdelsen af en evaluering af grønne afgifter, bl.a. NiCd-afgiften. I den forbindelse har Styrelsen ønsket en redegørelse for afgiftens indflydelse på den igangværende substitution.

Forbruget af NiCd-batterier boomed i første halvdel af 1990'erne. Størstedelen af forbruget i Danmark omkring 1993 gik til batteridrevet håndværktøj, mobiltelefoner og videokameraer.

Omkring 1994, dvs. før NiCd-afgiftens ikrafttrædelse, blev de første apparater med andre genopladelige batterityper (end NiCd) kommercielt tilgængelige³. Det var mobiltelefoner, bærbare computere og videokameraer med nikkel-metalhydrid-batterier (NiMH) og lithium-ion-batterier (Li-ion) /1/. NiMH og Li-ion er også i dag de kommercielt tilgængelige substitutter. Der foregår løbende udvikling af nye batterityper.

Ifølge en stor producent af elektriske apparater var det den japanske computerfabrikant "Toshiba", der var de første, der producerede NiMH-batterier i større skala (til deres egne computere). Årsagen var angiveligt, at de ønskede uafhængighed fra de store batteriproducenter (der da kun lavede NiCd) /2/.

I dag er substitutionen også i gang i alle andre væsentlige anvendelser (med varierende hastighed).

Ved denne udredning er der taget kontakt til en række danske importører og producenter af apparater med genopladelige batterier. Som referencegrundlag er der desuden søgt oplysninger om substitutionens udvikling i Tyskland, Holland og Frankrig. Ingen af disse tre lande har i dag en regulær afgift på NiCd-batterier.

Det er her valgt at give en forholdsvis detaljeret gengivelse af de indsamlede oplysninger. Der er ikke foretaget kvantitative vurderinger af substitutionen.

Udredningen er et supplement til et andet projekt "Massestrømsanalyse for cadmium", som COWI for tiden udfører for Miljøstyrelsen. Emnet afrap-

³ Bortset fra lukkede bly-gel batterier, en tidlig teknologi, der på dette tidspunkt stort set var udfaset.

porteres særskilt her af hensyn til det tidsmæssige forløb for evalueringen af afgiften.

B 3.2 Konklusion

NiCd-afgiften er en medvirkende årsag til den aktuelle substitution af NiCd-batterier. Afgiftens vigtigste funktion vurderes at være, at den har gjort mange apparater med NiCd-batterier lidt dyrere end tilsvarende apparater med NiMH-batterier.

Afgiften har sandsynligvis også en signalværdi overfor producenterne (myndighedernes udtalte ønske om udfasning af Cd kan påvirke producenternes motivation for substitution). Dette forhold kan dog ikke påvises med nogen styrke ud fra de indsamlede oplysninger.

En væsentlig drivkraft bag substitutionen af NiCd er imidlertid NiMH- og Li-ion-batteriernes bedre tekniske egenskaber. Efterspørgsel fra miljøbevidste forbrugere har også været en medvirkende årsag.

Batteridrevne apparater produceres hovedsageligt til det internationale marked. Derfor er der stor lighed i substitutionstakten mellem landene.

Kvantitative oplysninger om substitutionen i Danmark vil indgå i massestrømsanalysen for cadmium, der forventes færdig i starten af 1999. Der findes tilsyneladende ikke oplysninger med samme detaljeringsgrad for de øvrige beskrevne lande. Derfor er der ikke foretaget en kvantitativ vurdering af afgiftens betydning. En sådan vil dog næppe rokke væsentligt ved de her givne konklusioner.

B 3.3 Oplysninger fra danske leverandører

Sideløbende med gennemførelsen af massestrømsanalysen for cadmium har COWI interviewet en række importører og producenter af apparater med genopladelige batterier om årsagerne til substitutionen.

De skal i denne sammenhæng ikke betragtes som eksperter, men deres udsagn kan opfattes som udtryk for den information om substitutionen, der videregives fra producenterne udviklings- og salgsafdelinger til aktørerne i salgskæden. Samtidigt har de adspurgte et direkte forhold til NiCd-afgiftens indflydelse på efterspørgslen i Danmark.

Kun få af de adspurgte har *ikke* haft viden om årsagerne til substitutionen. Nogen har haft detaljeret viden og erfaringer med substitutionen, andre har kun haft overfladisk viden, typisk basale salgsfremmende argumenter (her salgsfremmende for substitutterne). Detaljeret gengivelse af interviewsvar og referencer kan ikke præsenteres her af hensyn til fortrolighed. COWI har telefonnotater fra interviewene.

Sammenfatning

Interviewsvarene har været rimeligt samstemmende. De kan sammenfattes således:

- Der har været væsentlige tekniske argumenter for substitutionen.
- Miljøbevidsthed og miljø som salgsgargument har ligeledes spillet en rolle.
- NiCd-afgiften nævnes også spontant af de fleste.

Afgiftens vigtigste rolle vurderes ud fra disse interviews at være, at den har bragt priserne på NiCd-teknologien lige op over priserne på den ellers lidt dyrere NiMH-teknologi. NiMH er det mest udbredte substitut i dag.

Ved interviewene af de danske leverandører er fremkommet følgende årsager til substitution - eller mangel på samme:

Tekniske årsager:

- NiMH-batterier har større kapacitet pr. vægt (energitæthed) end NiCd-batterier. Dette er en væsentlig faktor, idet batterierne udgør en stor del af vægten i alle batteridrevne apparater og brugerne ønsker længst mulig funktionstid mellem opladningerne. Også for NiCd er der set en forøgelse af energitætheden i de seneste år.
- NiMH har ifølge det oplyste ikke problemer med fald i maksimumkapaciteten ved gentagne delopladninger. NiCd-batterier kræver fuld afladning inden genopladning for at undgå denne såkaldte "memory-effekt".
- NiMH har ifølge det oplyste ikke samme problemer med selvafladning som NiCd. Ved selvafladning taber NiCd-batterier deres energi, selv om de ikke bliver brugt (over få uger).

Miljøargumenter:

- Flere adspurgte angiver miljøfordelene som medvirkende årsag til substitution.
- En stor dansk producent angiver målrettet efterspørgsel fra kunderne som en væsentlig årsag til substitution af NiCd-batterier i producentens apparater.
- En producentejet importør angiver, at deres håndstøvsugere siden starten af 1997 er blevet produceret med NiMH på grund af miljøbetinget efterspørgsel fra svenske og norske forbrugere. Miljøargumentet har dog ikke virket salgsfremmende for importørens produkt i Danmark (hvor andre producenter dominerer).
- En anden stor producentejet importør angiver, at miljøfordelene ved NiMH (frem for NiCd) har været fremhævet i internt informationsmateriale fra koncernen.

NiCd-afgiften og anden regulering:

- Afgiften har for flere produkttyper gjort NiCd lidt dyrere end NiMH på det danske marked.
- En producent måtte i 1996 tage sin mobiltelefon med NiCd ud af det danske marked tidligere end i andre lande på grund af den fordyrelse, der fulgte af NiCd-afgiften (producenten havde lanceret NiMH-model i 1995).
- Flere leverandører af håndværktøj imødeser et fremtidigt forbud mod anvendelse af NiCd. En hensigt om noget sådant skulle angiveligt være fremsat fra EUs side.

Særlige forhold:

Batteridrevet håndværktøj med NiMH-batterier er først så småt blevet introduceret på det danske marked i 1998. Ved besøg i et stort byggemarked

og i en værktøjshandel (primært henvendt til håndværkere), kunne det konstateres, at NiCd fortsat dominerede udvalget, mens der dog sås få modeller med NiMH (november '98).

En leverandør udtaler, at NiCd ikke kan udvikles yderligere til større kapacitet. NiMH anses for at have større potentiale i den henseende.

Blandt leverandørerne nævnes det, at der har været problemer med første generation af NiMH til dette formål. Kapaciteten og levetiden målt i antal mulige opladninger ("cycles") har ikke kunnet leve op til det forventede. Et af de mærker, der er henvendt til professionelle brugere, har ifølge importøren markedsført nye NiMH-maskiner i Tyskland, men har udsat markedsføringen i Danmark på grund af disse tekniske problemer.

Flere andre danske leverandører oplyser, at deres håndværktøj med NiMH er blevet introduceret samtidigt (dvs. i 1998) på hele det Europæiske marked. Mindst et mærke blev introduceret i USA i 1997 (havde bevidst ønske om at være først med NiMH).

I forbindelse med en undersøgelse om NiCd-batterier, som COWI foretog i 1994 /1/, blev det af en større importør fremført, at NiCd blev betragtet som den eneste batteritype, der kunne klare at yde den effekt, der er nødvendig til batteridrevet værktøj. Dette bekræftes af skriftligt materiale fra en stor producent af elektriske apparater /2/. Ifølge dette var der dengang kun udviklet højkapacitets NiMH-celler (velegnede til computere og telefoner), med en elektroteknologi, der ikke var egnet til store strømstyrker. NiMH-celler til store strømstyrker er udviklet siden da.

Afgiften opfattes i dag af (adspurgte) detailforhandlere som medvirkende årsag til, at især private forbrugere ved batteridefekt generelt hellere køber en *ny maskine* (i de fleste tilfælde med NiCd, men med lidt bedre teknologi), end et *nyt NiCd batteri* til den gamle maskine. Dette er ikke miljømæssigt gunstigt, fordi materialer og miljøpåvirkninger ved fremstillingen ikke udnyttes over maskinens fulde levetid. Batterierne til håndværktøj har dog altid været dyre i forhold til den samlede maskinpris, og det kan ikke afvises, at det samme forbrugervalg har været normalt før afgiftens ikrafttræden.

Bærbart radioudstyr

For bærbart radiokommunikationsudstyr synes substitutionen at trække ud, selv om leverandørerne har markedsført NiMH-batterier til apparaterne. Årsagen angives af leverandørerne at være, at de primære brugere (vagtselskaber, Falck, politi mv.) kræver stor driftssikkerhed og derfor efterspørger kendt, velafprøvet teknologi.

Trådløse telefoner

En producentejet importør af trådløse telefoner angiver, at skiftet til NiMH i deres produkt sandsynligvis ikke havde noget med den danske NiCd-afgift at gøre, eftersom den franske producent substituerede NiCd uden opfordring fra det danske datterselskab (salget af NiCd-batterier er ikke reguleret i Frankrig). Substitutionen hertil var snarere betinget af de nævnte tekniske fordele.

Håndstøvsugere

Ifølge ovennævnte importør af håndstøvsugere (med mere) findes der kun deres produkt med NiMH på det danske marked. En anden importør opfatter håndstøvsugerne som lidt forældet teknologi og angiver dette som årsag til den manglende substitution.

B 3.4 Substitution af NiCd-batterier i Tyskland

Sammenfatning

Tyskland har ikke afgift på NiCd-batterier. De har dog siden 1988 haft en leverandørfinansieret indsamlingsordning med små gebyrer, i stil med den frivillige indsamling i Danmark frem til NiCd-afgiftens indførelse i 1996. Som det fremgår nedenfor, er substitutionsbilledet i Tyskland ikke desto mindre meget lig det, der ses i Danmark.

Ifølge det tyske miljøministerium (P. Bilckwedel /3/) er lovgivningen om indsamling af batterier blevet opdateret i 1998. Der er ingen tanker om at indføre yderligere regulering af NiCd-batterier, med mindre indsamlingen viser sig utilstrækkelig.

Ifølge personlig kommunikation og fremsendte papirer (C. Böttcher-Tiedemann og D. Leutert /4,5/), har Umweltbundesamt (UBA, dvs. den tyske miljøstyrelse) i starten af 1998 indhentet oplysninger om bl.a. substitutionen af NiCd i batteridrevne apparater på det tyske marked. De har kontaktet et antal importører og producenter af de relevante apparater (på samme niveau som gjort af COWI til denne undersøgelse). Desuden har de kontaktet det velunderrettede "Stiftung Warentest", der tester og beskriver et stort antal forbrugsvarer.

Den tyske undersøgelses konklusioner tegner samme billede, som ses for Danmark:

PC og mobiltelefoner

Bærbare computere er næsten helt overgået fra NiCd til Li-ion-batterier (nogle med NiMH). Mobiltelefoner benytter i dag overvejende NiMH.

Videokameraer ("camcordere")

Til "High end-produkter", dvs. dyre og avancerede modeller bruges Li-ion. Billigere og mere traditionelle typer sælges med NiCd, men Li-ion kan købes som ekstraudstyr. I Tyskland udgør de dyre/avancerede camcordere ca. 1/3 af salget.

Personlig pleje

Barbermaskiner, tandbørster mv.: "Midtvejs" i substitutionen. De sælges p.t. både med NiCd og NiMH.

Støvsugere og trådløse telefoner

Håndstøvsugere og trådløse telefoner: NiCd stadig dominerende, men de sælges også med NiMH.

Håndværktøj

Batteridrevet håndværktøj: De første produkter med NiMH introduceret i 1998. NiCd fortsat helt dominerende.

B 3.5 Substitution af NiCd-batterier i Holland

Det Hollandske miljøministerium er blevet kontaktet (C. den Herder /6/). Holland har ingen afgift på NiCd-batterier, men har siden 1995 haft en leverandørfinansieret indsamlingsordning med små gebyrer, lige som i Tyskland.

den Herder havde et rimeligt detaljeret kendskab til substitutionen af NiCd-batterier i Holland. Han beskrev kvalitativt et billede af substitutionen, der er i god overensstemmelse med det, der ses for Danmark og Tyskland. Miljøministeriet har ikke tal for forbruget af NiCd-batterier og substitutter. den Herder henviste til indsamlingsforeningen "STIBAT" herom (ikke kontaktet ved denne undersøgelse).

Ifølge den Herder efterspørger hollandske forbrugere ikke substitutter for NiCd af miljømæssige årsager, fordi de er velinformede om indsamlings-

ordningerne og opfatter dem som effektive. Som årsager til den set substitution angav han substitutternes tekniske fordele, tålelige merpriser for substitutterne, samt det internationale produktions- og handelsmønster for de pågældende apparattyper.

Den Herder mener, at batteriproducenterne er i stand til at sænke priserne på NiCd som reaktion på salgsafgifter, fordi cadmiumprisen er lav, og fordi der er tale om delvist afskrevet produktionsteknologi (i modsætning til NiMH og Li-ion, der er nyudviklede).

B 3.6 Substitution af NiCd-batterier i Frankrig

Sammenfatning

Frankrig har ingen afgift på NiCd-batterier. Den franske miljøstyrelse ("ADEME") er blevet kontaktet (A. Geldron /7/, m.fl.). De kontaktede havde ikke personligt kendskab til detaljer om substitutionen af NiCd-batterier, men havde modtaget summerede oplysninger herom fra den franske forening af batteriproducenter ("SPAP"). Som det ses nedenfor viser disse tal, at der foregår en substitution. Tallene indikerer, at substitutionen foregår i nogenlunde samme takt som i Danmark og de andre undersøgte lande.

Forbrug af genopladelige batterier

Ifølge Geldron var det årlige forbrug af forseglede NiCd-batterier i Frankrig 700-800 tons i årene 1995-1997 (til alle formål). Der var ikke tale om en klart faldende eller stigende tendens. I samme periode steg forbruget af NiMH-batterier kraftigt fra 58 tons/år i 1995, over 206 tons/år i 1996 til 288 tons/år i 1997. Forbruget af Li-ion-batterier var i perioden konstant på 7 tons/år.

Ifølge Geldron er der ikke planer om at indføre handelsbegrænsende regulering af NiCd-salget. Det aktuelle stade er, at producenterne gerne vil vise, at det kan lade sig gøre at eliminere cadmiumspredningen ved effektive indsamlingsordninger.

Referencer

- /1/ Maag, J. og Hansen, E. (COWI): Indsamlingspotentiale for genopladelige batterier. For Foreningen for indsamlingen af genopladelige batterier. 1994. Ikke publiceret.
- /2/ Lotte Wammen Rahbek, Miljøstyrelsen: Udleveret materiale. Fremsendt november 1998.
- /3/ Bilckwedel, P.: Personlig oplysning. Umweltsministerium (mangler korrekt navn på institution. Tlf.: +49 30 28 550 42 33). Berlin, Tyskland, november 1998.
- /4/ Böttcher-Tiedemann, C.: Personlig oplysning. Umweltbundesamt, Berlin, Tyskland, november 1998.

- /5/ Leutert, D.: Abschätzung der Anzahl an NiCd-Akkus, die "versteckt" über Importgeräte in die Bundesrepublik Deutschland gelangen. Praktikant rapport, Umweltbundesamt, Berlin, Tyskland, marts 1998, ikke publiceret.
- /6/ den Herder, C.: Personlig oplysning og fremsendt materiale. Ministry of Housing, Spatial Planning & Environment, Den Haag, Holland, november 1998.
- /7/ Geldron, A.: Personlig oplysning. ADEME, Angers, Frankrig, november 1998.