

Miljøprojekt Nr. 738 2002

Massestrømsanalyse af chrom og chromforbindelser

Leif Hoffmann og Morten Grinderslev
dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ

Christian Helweg og Jens Otto Rasmussen
DHI Institut for Vand og Miljø

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

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

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

Indhold

INDHOLD	3
FORORD	7
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	9
INTRODUKTION	9
FOREKOMST, PRODUKTION AF CHROM OG CHROMFORBINDELSER	9
CHROMBALANCE FOR DANMARK	9
FORBRUG	10
<i>Chrom, metallisk</i>	11
<i>Chromforbindelser</i>	11
<i>Chrom som følgestof</i>	11
UDSLIP TIL OMGIVELSERNE	12
<i>Emissioner til luft</i>	12
<i>Emissioner til vand</i>	12
<i>Emissioner til jord</i>	12
<i>Deponi</i>	12
SAMMENFATTENDE VURDERING	13
SUMMARY AND CONCLUSIONS	15
INTRODUCTION	15
OCCURRENCE, PRODUCTION OF CHROMIUM AND CHROMIUM COMPOUNDS	15
CHROMIUM BALANCE FOR DENMARK	15
CONSUMPTION	16
<i>Chromium, metallic</i>	17
<i>Chromium compounds</i>	17
<i>Chromium as a trace constituent</i>	17
EMISSIONS TO THE ENVIRONMENT	18
<i>Emissions to air</i>	18
<i>Emissions to water</i>	18
<i>Emissions to soil</i>	18
<i>Landfill</i>	18
SUMMARIZING EVALUATION	19
1 INTRODUKTION	21
1.1 FORMÅL MED ANALYSEN	21
1.2 METODE OG BEGRÆNSNINGER	21
1.3 CHROM OG CHROMFORBINDELSER	23
1.3.1 <i>Chroms forekomst og anvendelse</i>	23
1.3.2 <i>Fysisk/kemiske forhold</i>	24
1.3.3 <i>Elektrokemiske forhold</i>	24
1.3.4 <i>Klassificering af chromforbindelser</i>	25
1.4 PRIORITERING AF KORTLÆGNINGEN	25
1.4.1 <i>Farlighed og eksponeringspotentiale</i>	25
1.4.2 <i>Chromforsyning med varer</i>	26
1.4.3 <i>Sammenfatning</i>	29

1.5	INTERNATIONALT MARKED OG UDVIKLINGSTENDENSER	29
2	ANVENDELSE AF CHROM I DANMARK	31
2.1	JERN OG STÅL	31
2.1.1	<i>Produkter og halvfabrikata af jern og stål</i>	31
2.2	ALUMINIUM	35
2.3	KOBBER	36
2.4	SAMMENFATNING	37
3	ANVENDELSE AF CHROMFORBINDELSER I DANMARK	39
3.1	INTRODUKTION TIL CHROMFORBINDELSER	39
3.2	OVERFLADEBEHANDLING	40
3.2.1	<i>Forchromning</i>	41
3.2.2	<i>Hårdforchromning</i>	42
3.2.3	<i>Sortforchromning</i>	42
3.2.4	<i>Blå passivering af zink</i>	43
3.2.5	<i>Chrombehandling af aluminium</i>	44
3.2.6	<i>Chromsyrebejdsning af aluminium</i>	45
3.2.7	<i>Chromsyrebejdsning af plast</i>	45
3.2.8	<i>Anodisering af aluminium</i>	45
3.2.9	<i>Chrompassivering efter phosphatering</i>	46
3.2.10	<i>Diverse processer</i>	46
3.3	FARVEPIGMENTER I MALING OG PLAST	46
3.3.1	<i>Chromholdige pigmenter i plast</i>	48
3.4	IMPRÆGNERINGSMIDDEL/TRÆBESKYTTELSE	49
3.5	CHROM ANVENDT SOM KORROSIONSIHIBITOR	52
3.6	GARVNING /LÆDER	53
3.6.1	<i>Lædergarvning</i>	53
3.6.2	<i>Læder i færdige produkter</i>	54
3.7	ACCELERATORER, KATALYSATORER, HÆRDERE	58
3.7.1	<i>Katalysatorer til kemiske processer</i>	58
3.7.2	<i>Acceleratorer i plast</i>	60
3.7.3	<i>Acceleratorer i maling</i>	61
3.7.4	<i>Betonhærdere</i>	61
3.7.5	<i>Fugemidler</i>	62
3.7.6	<i>Spartelmasser</i>	62
3.7.7	<i>Lime</i>	63
3.8	TEKSTILER	63
3.8.1	<i>Chrom i farvestoffer og pigmenter</i>	63
3.8.2	<i>Cr som urenhed i tekstilfibre</i>	64
3.8.3	<i>Forsyningen af chrom med tekstiler</i>	64
3.8.4	<i>Bortskaffelse</i>	66
3.9	ELEKTRONISK LAGRING	66
3.9.1	<i>Anvendelse af chrom i magnetiske medier</i>	66
3.9.2	<i>Chrom i VHS-videobånd</i>	68
3.9.3	<i>Chrom i audiobånd</i>	69
3.9.4	<i>Forsyning af chrom med magnetiske medier</i>	69
3.10	LABORATORIEKEMIKALIER	69
3.11	ANDRE ANVENDELSER AF CHROMFORBINDELSER	71
3.11.1	<i>Ildfaste produkter og støberi</i>	71
3.11.2	<i>Chrom anvendt i boremudder ved boring efter olie</i>	71
3.12	SAMMENFATNING	72
4	CHROM SOM FØLGESTOF	75
4.1	KUL OG OLIE	75
4.2	CEMENT	76

4.3	SAMMENFATNING	77
5	OMSÆTNING MED AFFALD	79
5.1	GENANVENDELSE AF METALLISK CHROM	80
5.1.1	<i>Omsætning af chrom med jern og stål</i>	80
5.1.2	<i>Omsætning med aluminium</i>	80
5.1.3	<i>Omsætning med kobber</i>	81
5.2	BORTSKAFFELSE AF AFFALD	81
5.2.1	<i>Totale årlige mængder af fast affald</i>	81
5.2.2	<i>Termisk affaldsbehandling</i>	82
5.2.3	<i>Deponiaktiviteter</i>	82
5.2.4	<i>Biologisk affaldsbehandling</i>	83
5.3	OMSÆTNING MED KEMIKALIEAFFALD	84
5.4	OMSÆTNING MED SPILDEVAND OG SPILDEVANDSSLAM	85
5.5	LUFTEMISSIONER	85
5.6	AREALNEDFALD	86
5.7	SAMMENFATNING	86
5.7.1	<i>Genanvendelse</i>	86
5.7.2	<i>Affaldsbehandling</i>	87
5.7.3	<i>Kemikalieaffald/Farligt affald</i>	87
5.7.4	<i>Spildevand og spildevandsslam</i>	87
6	SAMMENFATTENDE VURDERING	89
6.1	CHROMFORBRUG I DANMARK 1999	89
6.1.1	<i>Nettoimport af chrom og chromforbindelser</i>	89
6.1.2	<i>Forbrug af chrom og chromforbindelser</i>	89
6.2	TILFØRSEL AF CHROM TIL OMGIVELSER OG DEPONI	90
6.2.1	<i>Emissioner til luft</i>	90
6.2.2	<i>Emissioner til vand</i>	90
6.2.3	<i>Emissioner til jord</i>	91
6.2.4	<i>Deponi</i>	91
6.3	CHROMBALANCE FOR DANMARK, 1998-2000	91
	REFERENCELISTE	93

Bilag A Forsyning i ton af værktøj, redskaber, knive og bestik af rustfrit stål
 Bilag B Forsyning af metaller og legeringer af aluminium
 Bilag C Forsyning af metaller og legeringer af kobber
 Bilag D Chromholdige stoffer anvendt som farvepigmenter

Forord

Dette projekt er udarbejdet for Miljøstyrelsen i forbindelse med Udviklingsordningen under Program for renere produkter m.v. Projektet er gennemført i perioden november 2000 - oktober 2002 af medarbejdere fra dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ og DHI Institut for Vand og Miljø:

- Leif Hoffmann, dk-TEKNIK (projektleder)
- Morten Grinderslev, dk-TEKNIK
- Christian Helweg, DHI Institut for Vand og Miljø
- Jens Otto Rasmussen, DHI Institut for Vand og Miljø

Pia Brunn Poulsen, dk-TEKNIK, har foretaget indsamling af statistiske oplysninger om import/eksport samt produktion af chromholdige produkter, og Allan Astrup Jensen, dk-TEKNIK, har forestået kvalitetssikring af projektet. Projektet har været fulgt af en styregruppe med deltagelse af projektgruppen og Miljøstyrelsen repræsenteret af Henriette Seiler Hansen og Henri Heron. Henriette Seiler Hansen var formand for styregruppen til og med september 2001 og Henri Heron har været formand for styregruppen fra oktober 2001.

Rapporten har endelig været sendt til udtalelse hos Dansk Industri.

Sammenfatning og konklusioner

Introduktion

Der er gennemført en massestrømsanalyse af chrom og chromforbindelser. Kortlægningen opdaterer den tidligere udførte massestrømsanalyse af chrom og chromforbindelser (Tørsløv & Hansen, 1985). Analysen er gennemført på grundlag af oplysninger fra Danmarks Statistik, Produktregistret, tidligere gennemførte massestrømsanalyser, informationer fra importører og producenter. Indsatsen i kortlægningen er prioriteret ud fra generel viden om chroms anvendelse og forekomst, farlighed og eksponeringspotentiale samt en indledende analyse af statistiske oplysninger om samfundets chromforsyning via varer.

Der er således gennemført en detaljeret kortlægning af chroms anvendelse til overfladebehandling, træbeskyttelse, farvepigmenter, lædergarvning, laboratoriekemikalier, acceleratorer/katalysatorer/hærdere, korrosionsbeskyttere og tekstiler, mens kortlægningen af chroms anvendelse som legeringsmetal i forbindelse med jern, aluminium og kobber samt i elektroniske lagringsmedier er foretaget på generelt niveau. Der er lagt særlig vægt på at afdække forbrug og spredning af chrom(VI)forbindelser (hexavalent chrom).

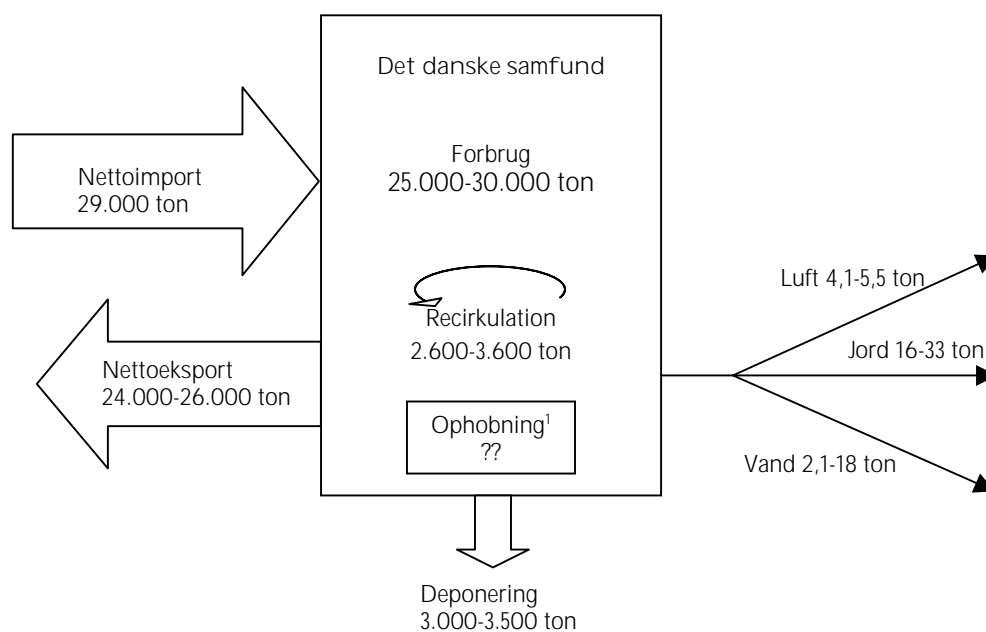
Den opstillede balance dækker import, produktion og eksport for 1999 beregnet som et gennemsnit for årene 1998, 1999 og 2000. I de tilfælde, hvor der er observeret uoverensstemmelser mellem data fra de tre år, er de mest sandsynlige data medtaget i opgørelsen.

Forekomst, produktion af chrom og chromforbindelser

Chrom forekommer naturligt som rød blymalm (PbCrO_4 , krokoit) og som chromjernsten ($\text{FeO}, \text{Cr}_2\text{O}_3$). Metallisk chrom fremstilles ved reduktion af chromoxid (Cr_2O_3) med aluminium. Chromforekomster forefindes i bl.a. Sydafrika, Kasakhstan, Indien, Brasilien, Finland, Tyrkiet og Zimbabwe. Disse lande står for over 90% af produktionen. Metallisk chrom anvendes som legeringsmetal i jern, aluminium og kobber samt som overfladebelægning. I Produktregistret er der registreret ca. 130 chromforbindelser, hvoraf chrom(III)oxid, chrom(VI)oxid, metallisk chrom og bly(II)chromater udgør mere end 95% af det registrerede forbrug. Der forekommer ingen produktion af chromforbindelser i Danmark.

Chrombalance for Danmark

I Figur 1 er der vist en forenklet chrombalance for Danmark. Balancen er beskrevet og diskuteret i afsnit 6.3 "Chrombalance for Danmark, 1998-2000".



Figur 1
Chrombalance for Danmark 1999.

1. På grundlag af den opgjorte nettoimport, nettoeksport og deponering skønnes ophobningen at være omkring 0. Chromholdige metaller (jern, aluminium og kobber) har en høj værdi i genanvendelsessystemet, hvilket betyder, at de vil blive taget ud af systemet til genbrug, når de er udtjente, men det udelukker dog ikke, at der kan ske en vis ophobning.

Chrom importeres i metallisk form med jern og legeringer heraf, aluminium og legeringer heraf samt kobber og legeringer heraf. Chrom forekommer endvidere som urenhed i disse metaller. Eksporten af chrom er i form af metalkrot, som eksporteres med henblik på genanvendelse.

Chromforbindelser importeres med henblik på produktion af færdigvarer i Danmark eller som bestanddel af færdigvarer. I de fleste produkter giver chromindholdet ikke anledning til mærkning eller fokus på anden måde, hvorfor kendskabet er sparsomt til hvilke produkter, der indeholder chromforbindelser og til det aktuelle indhold af chromforbindelser i disse.

Forbrug af færdigvarer indeholdende chrom samt udslip til omgivelserne er opsummeret herunder.

Forbrug

Forbruget af chrom som legeringsmetal, kemiske forbindelser og som følgestof er kortlagt for Danmark for året 1999 (gennemsnit for årene 1998, 1999 og 2000).

Forbruget af chrom og chromforbindelser i Danmark fordelt på anvendelsesområder er sammenfattet i Tabel 1. Kortlægningen af forskellige anvendelsesområder er foretaget på forskelligt detaljeringniveau som beskrevet i afsnit 1.4 "Prioritering af kortlægningen" på grundlag af oplysninger fra Danmarks Statistik, Produktregistret, tidligere gennemførte

massestrømsanalyser og kontakt til udvalgte brancheforeninger, importører og producenter.

Tabel 1

Forbrug af chrom, chromforbindelser og chrom som følgestof i Danmark i 1999 (gennemsnit for årene 1998, 1999 og 2000) fordelt på anvendelsesområder. Forbruget af Cr(VI) er ligeledes angivet for de anvendelser, hvor det er relevant.

Anvendelsesområde	Forbrug (ton/år)	Fordeling (%)	Heraf Cr(VI) (ton/år)
Chrom, metallisk			
- Jern og stål	24.300-29.300	97	-
- Aluminiumlegeringer	11-106	0,2	-
- Kobberlegeringer	6-9	0,03	-
Chromforbindelser			
- Overfladebehandling	37,7	0,14	37,7
- Pigmenter i maling og plast	12,6-116,7	0,23	1-2
- Imprægnering	8,8	0,03	8,8
- Garvning	164-302	0,8	0,016-0,035
- Hærdere	13-47	0,11	<<1
- Laboratoriekemikalier	<1	0	<1
- Andre anvendelser	208-522	0,77	-
Chrom som følgestof			
- Kul og olie	147	0,53	-
- Cement	67	0,24	2,1-4,2
I alt	24.964-30.354	100	49,6-52,7

Ved kortlægning af forbruget af chromforbindelser er der lagt vægt på at afdække forbrug og emission af chrom(VI)forbindelser, idet de udgør en væsentligt større miljø- og sundhedsrisiko end andre chromforbindelser. Anvendelse af chrom(VI)forbindelser er underlagt en lang række restriktioner, hvilket er årsag til, at forbruget inden for en del anvendelsesområder er for nedadgående.

Chrom, metallisk

Metallisk chrom forekommer primært som urenhed og legeringsmetal i jern, aluminium og kobber; kortlægningen heraf er da også primært baseret på opdatering af tidligere massestrømsanalyser af disse stoffer. Denne anvendelse står for mere end 97% af det samlede forbrug af chrom i Danmark. Metallisk chrom forekommer ligeledes som belægning på f.eks. metaller og plast i form af forchromning. Selve processen er beskrevet under chromforbindelser. Genanvendelse af metallisk chrom forekommer med jern, aluminium og kobber, og heraf foregår der en betydelig eksport af legeret stål til genanvendelse i udlandet.

Chromforbindelser

Chromforbindelser indgår i en lang række forskellige produkter som overfladebelægning, farvepigmenter, i lædergarvning, som træimprægnering, i tekstiler mv. Anvendelsen af chromforbindelser i træimprægneringsmidler er ophørt, men på grund af lang levetid vil bortskaffelse af imprægneret træ være en kilde til chrom i affaldsstrømmene i mange år fremover. Der forekommer ingen decideret genanvendelse af chromforbindelser.

Chrom som følgestof

Chrom forekommer som følgestof i væsentlig mængde i cement og fossile brændsler (primært kul). Genanvendelse af restprodukter (flyveaske) i cement bidrager sammen med andre chromholdige råvarer til chromindholdet i cement.

Udslip til omgivelserne

De foreliggende oplysninger om bortskaffelse og spredning af chrom til omgivelserne i Danmark i 1999 er sammenfattet i Tabel 2. Emissionerne til de forskellige recipienter er diskuteret herunder.

Emissioner til luft

Chrom og chromforbindelser er stabile forbindelser med højt smeltepunkt/kogepunkt, hvilket betyder, at emissioner til luft primært er knyttet til termiske processer. Termiske processer forekommer ved affaldsforbrænding, energikonvertering og ved produktion og forarbejdning af jern, aluminium og kobber, herunder legering af de forskellige metaller. Primær produktion af disse metaller eller legeringer forekommer ikke i Danmark, men forarbejdning kan forekomme, ligesom genanvendelse af metaller forekommer i Danmark. Den vigtigste generelle kilde til emission af chrom til luft skønnes at være energikonvertering.

Emissioner til vand

Emissioner af chrom og chromforbindelser til vandmiljøet forekommer ved f.eks. udledning af proceskemikalier fra overfladebehandling eller spildevand fra farve/lakindustrien. I brugsfasen vil emissioner til vand primært forekomme ved korrosion af jern, stål, aluminium og kobber, ved anvendelse af maling indeholdende chrompigmenter, udvaskning fra imprægneret træ eller ved bortskaffelse af laboratoriekemikalier. Den største sekundære kilde af chrom til vand er tilførsel via atmosfærisk deposition eller udledning fra kommunale spildevandsrensningsanlæg.

Emissioner til jord

Emissioner af chrom og chromforbindelser til jord i brugsfasen vil primært forekomme ved korrosion af jern, stål, aluminium og kobber, udvaskning fra imprægneret træ og malede overflader samt afskalning fra forchromede produkter. Den største sekundære kilde af chrom til jord er tilførsel via atmosfærisk deposition eller tilførsel med slam fra kommunale spildevandsrensningsanlæg.

Deponi

Chrom og chromforbindelser tilføres deponi sammen med de produkter, hvori de indgår. Den væsentligste kilde skønnes at være bortskaffelse af jern og rustfrit stål samt restprodukter fra affaldsforbrænding. Herudover vil mindre mængder blive tilført deponi med byggeaffald, læder og tekstiler.

Tabel 2
Bortskaffelse og spredning af chrom til omgivelserne i Danmark 1999.

Proces/kilde	Luft	Vand	Jord	Deponi	I alt
Industrielle processer					
- Forarbejdning, brug og bortskaffelse af jern og stål	?	?	15,5-31	-	15,5-31
- Genanvendelse af jern og stål	0,1-0,2	0,017-0,034	-	2,3	2,4-2,5
- Forarbejdning, brug og bortskaffelse af aluminium	0-0,1	0,2-2	0,1-1	3-37	3,3-40
- Forarbejdning, brug og bortskaffelse af kobber	~0	-	0,1-0,2	1-2	1,1-2,2
- Energikonvertering (kul og olie)	3,5	-	-	?	3,5
- Andre industrielle processer	-	0,2	-	-	0,2
- Overfladebehandling	-	0,089	-	-	-
- Imprægnering	-	?	-	-	?
- Garvning	-	0,27	-	-	0,27
- Transport	0,2	-	-	-	0,2
Anvendelse af produkter					
- Imprægneret træ	-	0,3-0,6	0,3-0,6	-	0,6-1,2
- Forchromede produkter	-	-	??	-	??
- Maling	-	0,03-13	-	-	0,03-13
- Laboratoriekemikalier	-	<<1	-	-	<<1
Affaldsbehandling					
- Affaldsforbrænding	0,3-1,5	-	-	36-96	36-98
- Biologisk affaldsbehandling	-	-	0,086	-	0,086
- Deponering af fast affald	-	-	-	??	??
- Kommunekemi	?	-	-	104-107	104-107
- Kommunalt spildevand	-	1,2	-	-	1,2
- Spildevandsslam	-	-	2,1	1,4	3,5
I alt	4,1-5,5	2,3-17	16-33	148-244	170-302

Sammenfattende vurdering

Det samlede forbrug af chrom er opgjort til 25.000-30.000 ton/år fordelt med mere end 97% som metallisk chrom og den resterende mængde som chromforbindelser og som følgestof; heraf skønnes chrom(VI)forbindelser at udgøre 50-53 ton/år. Forbruget af chrom(VI)forbindelser vurderes at være faldende som følge af anvendelsesrestriktioner. Metallisk chrom i affald genanvendes i stort omfang sammen med jern, aluminium og kobber, mens der ikke forekommer genanvendelse af chromforbindelser.

Den væsentligste emission til luft er energikonverteringsprocesser, mens det væsentligste bidrag til vandmiljøet er atmosfærisk deposition, og de væsentligste emissioner til jord er atmosfærisk deposition og forarbejdning, brug og bortskaffelse af jern og stål.

Summary and conclusions

Introduction

A mass flow analysis of chromium and chromium compounds has been completed. This survey updates the previous mass flow analysis of chromium and chromium compounds (Tørsløv & Hansen, 1985). The analysis was carried out on the basis of information from Statistics Denmark, the Danish Product Register, previously completed mass flow analyses, information from importers and manufacturers. Priorities in this survey were based on a general knowledge about the use and occurrence, hazardousness and potential exposure of chromium, as well as a preliminary analysis of statistical information about the chromium content in products.

Thus, a detailed survey of the use of chromium for surface treatment, wood preservative, pigment, leather tanning, laboratory chemicals, accelerators/catalysts/hardeners, corrosion inhibitors and textiles was completed. Furthermore, a survey of the use of chromium as an alloy metal in connection with iron, aluminium, and copper as well as in the electronic storage industry was carried out at a general level. It has been of special importance to ascertain the use and diffusion of chromium(VI) compounds (hexavalent chromium).

The analysis covers imports, production, and exports for the year 1999, calculated as an average for the years 1998, 1999, and 2000. In cases where discrepancies between data from the three years were observed, the most probable data has been included in the calculation.

Occurrence, production of chromium and chromium compounds

Chromium is found in nature as red lead ore (PbCrO_4 , crocoite) and as chromium ironstone ($\text{FeO}, \text{Cr}_2\text{O}_3$). Metallic chromium is produced by reducing chromium oxide (Cr_2O_3) with aluminium. Chromium occurrences are found in, for example, South Africa, Kazakhstan, India, Brasilia, Finland, Turkey, and Zimbabwe. These countries represent more than 90% of the production. Metallic chromium is used as an alloy metal in iron, aluminium and copper, as well as surface coating. In the Danish Product Register, about 130 chromium compounds are registered, of which chromium(III) oxide, chromium (VI) oxide, metallic chromium and lead(II) chromate make up more than 95% of the registered consumption. No production of chromium compounds takes place in Denmark.

Chromium balance for Denmark

In Figure 1, a simplified chromium balance for Denmark is shown. The balance is described and discussed in part 6.3 "Chromium balance for Denmark 1998-2000".

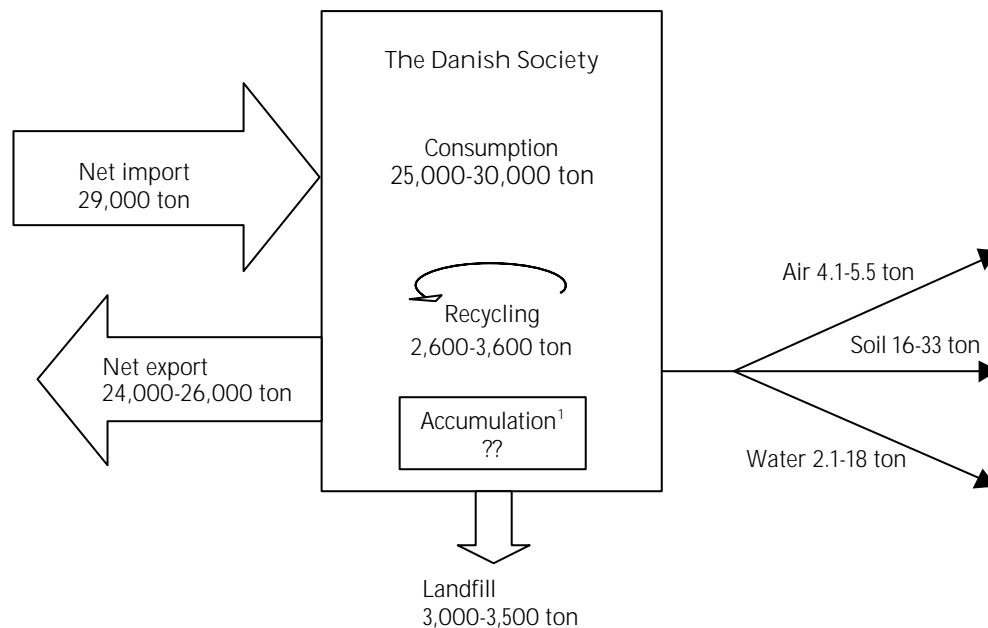


Figure 1
Chromium balance for Denmark 1999.

1. On the basis of the calculated net import, net export and storage, the accumulation is estimated to be about 0. Metals with chromium (iron, aluminium and copper) have a high value in the recycling system. This means that they will be taken out of the system for recycling when they are exhausted. However, this does not exclude that some accumulation may take place.

Chromium is imported in metallic form with iron and alloys from this, aluminium and alloys from this as well as copper and alloys from this. Furthermore, chromium is found as an impurity in these metals. The export of chromium is as metal scrap, which is exported for recycling.

Chromium compounds are imported for production of finished goods in Denmark or as an ingredient in finished goods. In most products, the chromium content gives no reason for labelling or any other focus, and therefore the knowledge of the actual content of chromium compounds as well as emissions to the environment is scanty.

Use of finished goods containing chromium as well as emissions to the environment is summed up below.

Consumption

The consumption of chromium as an alloy metal, chemical compounds and as a trace constituent is analyzed for Denmark for the year 1999 (the average of the years 1998, 1999 and 2000).

The consumption of chromium and chromium compounds in Denmark divided among fields of application is summarized in Table 1. The survey of different fields of application is carried out at different detailed levels as described in part 1.4 "Prioritization of the survey" on the basis of information from Statistics Denmark, the Danish Product Register, mass flow analyses for

other materials carried out previously and contact to selected trade associations, importers and manufacturers.

Table 1
Consumption of chromium, chromium compounds and chromium as a trace constituent in Denmark in 1999 (average of the years 1998, 1999 and 2000) divided among fields of application. The consumption of Cr(VI) also stated for the relevant applications.

Field of application	Consumption (tonnes/year)	%	Of this Cr(VI) (tonnes/year)
Chromium, metallic			
- Iron and steel	24,300-29,300	97	-
- Aluminium alloys	11-106	0.2	-
- Copper alloys	6-9	0.03	-
Chromium compounds			
- Surface treatment	37.7	0.14	37.7
- Pigments in paint and plastic	12.6-116.7	0.23	1-2
- Impregnation	8.8	0.03	8.8
- Tanning	164-302	0.8	0.016-0.035
- Hardeners	13-47	0.11	<<1
- Laboratory chemicals	<1	0	<1
- Other applications	208-522	0.77	-
Chromium as a trace constituent			
- Coal and oil	147	0.53	-
- Cement	67	0.24	2.1-4.2
In total	24,964-30,354	100	49.6-52.7

In the survey of the consumption of chromium compounds, it has been important to ascertain the consumption and emission of chromium(VI) compounds, as they form a considerably larger environmental and health risk than other chromium compounds. Use of chromium(VI) compounds is subject to a number of restrictions and this is why the consumption within some fields of application is decreasing.

Chromium, metallic

Metallic chromium is primarily found as an impurity and alloy metal in iron, aluminium, and copper. The survey of this is also primarily based on updating previous mass flow analyses of these substances. This application represents more than 97% of the total consumption of chromium in Denmark. Metallic chromium is also found as a coating, for instance on metals and plastic as chromium plating. The actual process is described under chromium compounds. Recycling of metallic chromium is done with iron, aluminium, and copper, and a substantial part of this is exported as alloy steel for recycling.

Chromium compounds

Chromium compounds are used in a number of different products as surface treatment, colour pigments, in leather tanning, as wood impregnation, in textiles etc. The use of chromium compounds in wood preservatives has been terminated, but because of a long lifetime, disposal of impregnated wood will be a source for chromium in waste flows in future. No real recycling of chromium compounds takes place.

Chromium as a trace constituent

Chromium is found as a trace constituent in considerable amounts in cement and fossil fuels (primarily in coal). Recycling of residual products (fly ash) in

cement, together with other raw materials, contributes to the chromium content in cement

Emissions to the environment

The available information about disposal and dispersal of chromium to the environment in Denmark in 1999 is summarised in Table 2. The emissions to the different recipients are discussed below.

Emissions to air

Chromium and chromium compounds are constant compounds with a high melting point/boiling point. This means that emissions to air are primarily connected to thermal processes. Thermal processes occur in waste incineration, energy conversion, and in production and processing of iron, aluminium and copper, as well as alloys of these metals. Primary production of these metals or alloys does not occur in Denmark, but processing might occur just as recycling of metals occurs in Denmark. The most important general source to emission of chromium to air is considered to be energy conversion.

Emissions to water

Emissions of chromium and chromium compounds to the aquatic environment occur, for instance through the discharge of process chemicals from surface treatment or wastewater from the paint/lacquer industry. In the use phase, emissions to water will primarily occur through corrosion of iron, steel, aluminium, and copper, through use of paints containing chromium pigments, through leaching from impregnated wood, and through disposal of laboratory chemicals. The largest secondary source of chromium in water is via atmospheric deposition or discharge from municipal wastewater treatment plants.

Emissions to soil

Emissions of chromium and chromium compounds in the use phase will primarily be found through corrosion of iron, steel, aluminium and copper, leaching from impregnated wood and painted surfaces as well as peeling from chromium-plated products. The largest secondary source of chromium to soil is supply via atmospheric deposition or supply with sludge from municipal wastewater treatment plants.

Landfill

Chromium and chromium compounds are supplied to landfills together with the products they are a part of. The most substantial sources are estimated to be disposal of iron and stainless steel as well as residual products from waste incineration. Furthermore, smaller amounts will be supplied to landfills with construction waste, leather and textiles.

Table 2
Disposal and dispersal of chromium to the environment in Denmark 1999.

Process/source	Air	Water	Soil	Landfill	In total
Industrial processes					
- Processing, use and disposal of iron and steel	? 0.1-0.2	? 0.017-0.034	15.5-31 -	- 2.3	15.5-31 2.4-2.5
- Reuse of iron and steel	0-0.1	0.2-2	0.1-1	3-37	3.3-40
- Processing, use and disposal of aluminium	~0 3.5	- -	0.1-0.2 -	1-2 ?	1.1-2.2 3.5
- Processing, use and disposal of copper	-	0.2 0.089	- -	- -	0.2 -
- Conversion of energy (coal and oil)	-	? 0.27	- -	- -	? 0.27
- Other industrial processes	0.2	-	-	-	0.2
- Surface treatment					
- Impregnation					
- Tanning					
- Transport					
Use of products					
- Impregnated wood	-	0.3-0.6	0.3-0.6	-	0.6-1.2
- Chromium-plated products	-	-	??	-	??
- Paint	-	0.03-13	-	-	0.03-13
- Laboratory chemicals	-	<<1	-	-	<<1
Waste treatment					
- Waste incineration	0.3-1.5	-	-	36-96	36-98
- Biological waste treatment	-	-	0.086	-	0.086
- Deposit of solid waste	-	-	-	??	??
- Kommunekemi	?	-	-	104-107	104-107
- Municipal waste water	-	1.2	-	-	1.2
- Residual sludge	-	-	2.1	1.4	3.5
In total	4.1-5.5	2.3-17	16-33	148-244	170-302

Summarizing evaluation

The total consumption of chromium is calculated at 25,000-30,000 tonnes/year, more than 97% being metallic chromium and the rest being chromium compounds and a trace constituent. Of this chromium(VI) compounds are estimated to be 50-53 per/year. The consumption of chromium(VI) compounds is estimated to be falling as a result of the use restrictions. Metallic chromium in waste is recycled to a large degree together with iron, aluminium, and copper, while there is no recycling of chromium compounds.

The most substantial emission to air is from energy conversion processes, while the most substantial contribution to the aquatic environment is atmospheric deposition. The most substantial emissions to soil are atmospheric deposition and processing, use and disposal of iron and steel.

1 Introduktion

1.1 Formål med analysen

Formålet med nærværende projekt har været at kortlægge hovedstrømmene af chrom gennem det danske samfund. Kortlægningen er prioriteret ud fra følgende kriterier:

- Generel viden om chroms anvendelse og forekomst
- Farlighed og eksponeringspotentialer
- Chromforsyning med varer

Prioriteringen er nærmere beskrevet i afsnit 1.4.

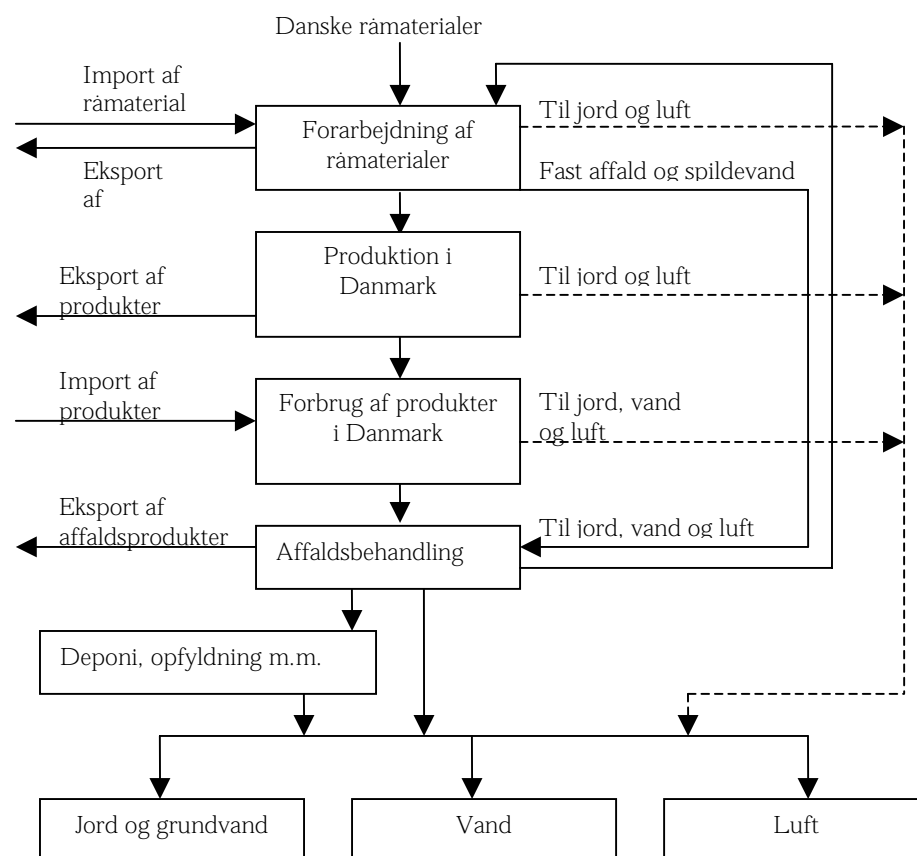
For chrom(VI) forbindelser hexavalent chrom er det forsøgt at afdække samtlige strømme af stoffet på grund af de sundhedsmæssige risici forbundet med dette stof.

1.2 Metode og begrænsninger

En massestrømsanalyse hviler på princippet om stofmæssig balance over et givent tidsrum, som siger at:

$$\text{Input} + \text{dannelse} = \text{akkumulering} + \text{output} + \text{nedbrydelse}$$

Da chrom er et grundstof, vil det hverken dannes eller nedbrydes, og massebalancen består derfor blot i, at den masse, som kommer ind i samfundet (input), er lig med summen af den masse, som går ud af samfundet (output), og den masse der akkumuleres, se Figur 1.1.



Figur 1.1
Princip i massestrømsanalyser.

Udgangspunktet for kortlægningen af massestrømmen for chrom er statistiske oplysninger fra Danmarks Statistik om import og eksport (Danmarks Statistik, 1999a; 2000a; 2001a) og salg af egne varer i Danmark for 1998-2000 (Danmarks Statistik, 1999b; 2000b; 2001b). Disse oplysninger er suppleret med oplysninger fra Produktregistret om forsyning med og sammensætningen af chromholdige produkter, der anvendes inden for forskellige funktioner. Oplysningerne fra Produktregisteret er bl.a. anvendt til identificere KN-numre¹, som omfatter chrom og chromholdige produkter, hvorpå Danmarks Statistik har opgjort import, eksport og produktion. De statistiske oplysningerne er forsøgt bekræftet ved kontakt til relevante brancheorganisationer, virksomheder og lignende.

Massestrømsanalysen omfatter strømmene af chrom og chromforbindelser gennem det danske samfund for et år. For at tage højde for tilfældige udsving i varesalget er det valgt at anvende gennemsnitstal fra Danmarks Statistik for årene 1998, 1999 og 2000 om import og eksport såvel som salget af egne varer i Danmark. Videre er det valgt at medtage flere år i analysen for at se udviklingstendenser i anvendelsen af chrom.

For datagrundlaget fra Danmarks Statistik gælder det, at der er eksempler på væsentlige afvigelser i varesalget imellem årene 1998-1999 og 2000. Årsagen til dette skal bl.a. findes i, at Danmarks Statistik for år 2000 har gjort

¹ Den Kombinerede Nomenklatur er EU's varenomenklatur, som skal anvendes af oplysningspligtige virksomheder i forbindelse med samhandel inden for EU.

bestræbelser på at få virksomhederne til at indberette mængder, som de tidligere ikke mente, at de var i stand til (Danmarks Statistik, 2002).

Det betyder, at år 2000 kan være et mere korrekt referenceår end de tidligere år, da der her er indberettet mængder for flere varenumre end tidligere. På den anden side er der tale om, at det netop er mængder, som tidligere ikke har været indberettet, og derfor kan der være tvivl om korrektheden af disse. Dels er det ikke muligt at sammenligne dem med tidligere indberetninger, og dels er de personer, som indberetter mængderne, måske ikke vant til dette og kan derfor lave fejl.

F.eks. for varenumret 74122000 "Rørfittings af kobberlegering" skulle der ifølge statistikken være solgt 54.325 ton af varen i år 2000, hvilket virker usandsynligt, da det svarer til, at hver dansker har købt ca. 10 kg af varen. En forklaring kunne være, at indberetningen er sket i en forkert enhed, f.eks. stk. i stedet for ton som angivet. I de tilfælde, hvor det er vurderet, at mængderne for et år (primært år 2000) er urealistiske, er det valgt at se bort fra dette år i udregningen af den gennemsnitlige mængde for 1998-2000².

1.3 Chrom og chromforbindelser

1.3.1 Chroms forekomst og anvendelse

Chrom er et sølvglinsende, meget hårdt og sprødt metal, der hører under gruppen af tungmetaller og er det trettende mest forekommende grundstof på jorden. Det findes naturligt som rød blymalm ($PbCrO_4$, krokoit) og som chromjernsten (FeO , Cr_2O_3). Ved reduktion af chrom(III)oxid (Cr_2O_3) med aluminium kan metallisk chrom udvindes.

Chrom i metallisk form eller i kemiske forbindelser finder anvendelse i en lang række sammenhænge. I Produktregistret er der registreret ca. 130 chromforbindelser, hvoraf chrom(III)oxid, chrom(VI)oxid, metallisk chrom og bly(II)chromater udgør mere end 95% af forbruget ud fra en *worst case*³ betragtning.

Da metallisk chrom kemisk er meget bestandigt, anvendes det bl.a. som belægning på mindre holdbare metaller, såkaldt forchromning. Videre anvendes chrom i høj grad som bestanddel i metalliske legeringer. Det indgår bl.a. i ferrochrom, en carbonholdig 60% chrom-jernlegering, i chromstål med 12-13% chrom, i 18/8-stål (18% chrom og 8% nikkel), samt i særligt varmebestandigt specialstål (25-30% chrom og indtil 15% nikkel).

Chromforbindelser anvendes f.eks. som farvepigment i malinger, trykfarver, kunstnerfarver og lign. Det drejer sig især om blychromat og zinkchromat, der begge er gullige, samt det grønne chromoxid. I forbindelse med garvning af læder anvendes chrom i form af chromalun, et dobbeltsalt af kalium- og chromsulfat. I den kemiske industri udnyttes den reaktive chrom(VI) bl.a. som oxidationsmiddel i form af især chromsvovlsyre (kaliumdichromat og koncentreret svovlsyre) og i katalysatorer.

² Store byggeprojekter kan dog være forklaring herpå.

³ Ved anmeldelse til Produktregistret angives forbruget af kemiske stoffer i produkter ofte som intervaller. I opgørelsen over mængden af kemiske forbindelser er den højeste værdi anvendt.

1.3.2 Fysisk/kemiske forhold

Chrom og chromforbindelsers miljø- og sundhedsmæssige egenskaber afhænger af det aktuelle oxidationstrin. De elektrokemiske forhold for chrom i det ydre miljø er derfor kort beskrevet. De væsentligste fysisk-kemiske forhold for chrom og en række uorganiske chromforbindelser er vist i Tabel 1.1 og Tabel 1.2.

Tabel 1.1
Fysisk-kemiske forhold for chrom og udvalgte uorganiske chromforbindelser.

Stof	Chrom	Chromhydroxid	Chrom(III)oxid	Chrom(VI)oxid
CAS-nummer	7440-47-3	1308-14-1	1308-38-9	1333-82-0
Formel	Cr	Cr(OH) ₃	Cr ₂ O ₃	CrO ₃
Oxidationstrin	0	3	3	6
Molvægt (g/mol)	51,996	103,0179	151,99	99,99
Massefylde (g/cm ³)	7,2	-	5,22	2,70
Smeltepunkt (°C)	1.857	-	2.435	195
Kogepunkt (°C)	2.672	-	4.000	dekomponerer
Opløselighed i vand (g/L)	uopløselig	uopløselig	uopløselig	625 (20°C)

Tabel 1.2
Fysisk-kemiske forhold for udvalgte uorganiske chromforbindelser.

Stof	Chromhydroxid-sulfat	Bly(II)chromat ¹	Bariumchromat	Natrium-dichromat
CAS-nummer	12336-95-7	7758-97-6	10294-40-3	10588-01-9
Formel	Cr(OH)(SO ₄)	PbCrO ₄	BaCrO ₄	Na ₂ Cr ₂ O ₇
Oxidationstrin	3	6	6	6
Molvægt (g/mol)	165,06	323,19	253,32	261,9673
Massefylde (g/cm ³)	-	6,12	4,50	2,35
Smeltepunkt (°C)	-	844	dekomponerer	356,7
Kogepunkt (°C)	-	dekomponerer	-	400
Opløselighed i vand (g/L)	-	0,000058 (25°C)	0,0044 (28°C)	1.800 (25°C)

1. Herudover forekommer basisk blychromat (18454-12-1; 1344-38-3).

1.3.3 Elektrokemiske forhold

Chrom forekommer i oxidationstrinnene 3, 6 og 2 nævnt efter faldende stabilitet. Cr(VI) kan reduceres til Cr(III) af Fe(II). Der bliver formodentlig dannet opløselige Cr(III) komplekser med de organiske ligander. Cr(VI) bliver ligeledes reduceret i jord med højt humusindhold og i forbindelse med mikrobiel aktivitet.

I overfladevand, i havvand, i aerob jord og i sediment er betingelserne for reduktion af Cr(VI) ikke gode. Cr(VI) vil dog ofte være mobilt og kan derfor nå anaerobe områder (f.eks. dybere sedimentlag), hvor en reduktion kan forekomme.

Oxidation af Cr(III) til Cr(VI) er ikke særligt sandsynlig i naturen, og oxidation kan kun forventes under aerobe forhold og ved tilstedeværelse af MnO₂.

Cr(VI) vil ved pH < 1 forekomme som H₂CrO₄, ved 2 < pH < 6 som en ligevægt mellem HCrO₄⁻ og Cr₂O₇²⁻ og ved pH > 7 som CrO₄²⁻. Cr(III) vil tilsvarende i sur væske forekomme som Cr³⁺, Cr(OH)²⁺, Cr(OH)₂⁺, Cr(OH)₃ og Cr(OH)₄⁻.

ved stigende pH. Ved $\text{pH} > 5$ udfælder Cr(III) dog som Cr(OH)_3 , selv om kompleksdannelse med organiske ligander kan konkurrere og dermed øge opløseligheden. Chromforbindelser er ikke flygtige. De vil hovedsagelig være at finde i atmosfæren associeret med aerosoler og partikler.

1.3.4 Klassificering af chromforbindelser

Klassificeringen af chromforbindelser ud fra deres iboende egenskaber har væsentlig betydning for anvendelsen og begrænsningen af anvendelsen af de pågældende stoffer. Klassificeringen af de hyppigst anvendte chromforbindelser er vist i Tabel 1.3.

Tabel 1.3
Klassificering af de hyppigst anvendte chrom og chromforbindelser.

Stof	Klassificering / mærkning
Chrom(III)oxid	Ikke optaget på listen over farlige stoffer (2002)
Chrom(VI)oxid	O, T, N, C, Carc1; R49-8-25-35-43-50/53
Chrom	Ikke optaget på listen over farlige stoffer (2002)
Chromhydroxidsulfat	Ikke optaget på listen over farlige stoffer (2002)
Bly(II)chromat	T, N, Carc3, Rep1; R61-33-40-50/53-62
Kaliumdichromat	Tx, N, Carc2, Mut2; R46-49-21-25-26-37/38-41-43-50/53
Natriumdichromat	O, Tx, N, Carc2, Mut2; R46-49-8-21-25-26-37/38-41-43-50/53
Ammoniumdichromat	E, Tx, N, Carc2, Mut2; R46-49-1-8-21-25-26-37/38-41-43-50/53

Chrom(VI)oxid, bly(II)chromat og de øvrige chromater er på grund af deres klassificering som kræftfremkaldende og reproduktionsskadende underlagt en række begrænsninger i salg og brug (Miljø- og Energiministeriet, 2000). Stofferne må sælges til købere, der afgiver rekvisition efter nærmere fastsatte regler, og de må ikke sælges i detailhandelen. Produkter, der indeholder hexavalente chromforbindelser, er underlagt anvendelsesbegrænsninger, herunder krav om anmeldelse til Arbejdstilsynet (Miljø- og Energiministeriet, 1997). Grænseværdien for chromsyre og chromater i arbejdsmiljøet er $0,005 \text{ mg/m}^3$ (Arbejdstilsynet, 2000).

1.4 Prioritering af kortlægningen

Kortlægningen er blevet indledt med en prioritering af indsatsen, og den er foretaget på grundlag af:

- Generel viden om chroms anvendelse og forekomst
- Farlighed og eksponeringspotentiale
- Chromforsyning med varer

Resultatet af prioriteringen er sammenfattet herunder.

1.4.1 Farlighed og eksponeringspotentiale

Chrom forekommer primært som metallisk chrom og som chromforbindelser, hvor chrom har oxidationstrinnene 3 eller 6. Chroms toksikologiske og økotoksikologiske egenskaber afhænger af den kemiske forbindelse. Cr(VI) forbindelser er på grund af deres høje biotilgængelighed og kraftige oxiderende egenskaber langt mere toksiske over for biologiske systemer end

Cr(III)forbindelser. Farligheden af Cr(VI)forbindelser er således langt større end af Cr(III)forbindelser (EU, 2000a). Metallisk chrom er generelt ikke tilgængeligt for optagelse i organismer i naturen og vurderes generelt at have et lavt eksponeringspotentiale og en lille farlighed.

Risikoen for at blive udsat for chrom er især stor for mennesker, der arbejder i industrier, hvor chromholdige kemikalier bruges, og for cigaretrygere⁴. For de fleste mennesker vil den største chromindtagelse dog komme fra fødevarer (ATSDR, 2000). Forekomst i produkter kan dog give anledning til direkte, ikke arbejdsrelateret, human eksponering. Eksempler på dette er chrom i støv fra bremsebelægninger og i cementstøv. Desuden er der risiko for eksponering ved arbejde med spildevand fra forchromningsindustri, lædergarvning, tekstilindustri og chromholdigt affald. Chrom i drikkevand kan være resultatet af tilstedeværelsen af chromholdige legeringer i forsyningsnettet - det forekommer dog ikke sandsynligt idet chromlegeringerne er meget stabile - eller af forureninger fra deponier. Endelig kan eksponering for chrom ske på grund af forbrænding af chromholdige produkter, f.eks. imprægneret træ og fossile brændsler (ATSDR, 2000).

Som ved human eksponering er det især eksponeringen for Cr(VI), som kan være miljømæssigt problematisk pga. Cr(VI)'s toksiske effekter og høje biotilgængelighed. Cr(VI) er rimeligt stabilt i vand, hvilket øger risikoen for en kritisk eksponering. Eksponeringen af vandmiljøet forventes især at stamme fra spildevand fra virksomheder, der anvender chromholdige kemikalier, men også fra husholdningsspildevand og atmosfærisk deposition. Chromholdige legeringer forventes ikke at give anledning til betydelig eksponering af vandmiljøet, idet chrom er bundet stabilt i disse legeringer. Ved oxidation af stållegeringer i vand (rust) er det muligt, at der kan frigives små mængder chrom til vandmiljøet.

Betydelig eksponering af organismer i jordmiljøet for chrom kan forventes fra udvaskning af imprægneret træ, affaldsdepoter og spild af chromholdige kemikalier. Atmosfærisk deposition og spildevandslam vil dog også give anledning til en mere diffus eksponering. Det forventes, at Cr(VI) i jordmiljøet hurtigt reduceres til Cr(III), hvorved risikoen for effekter mindskes (EU, 2000a). Som for vandmiljøet forventes det også for jordmiljøet, at frigivelsen af chrom fra legeringer er uden væsentlig betydning.

Sammenfattende vurderes eksponeringen af mennesker og miljø for chrom stammende fra chromholdige legeringer at være uproblematisk. Eksponering af miljøet forventes primært at stamme fra imprægneret træ og spildevand fra industri, som anvender chromholdige kemikalier, samt fra bortskaffelse ved forbrænding og deponering.

1.4.2 Chromforsyning med varer

1.4.2.1 Danmarks Statistik

Med udgangspunkt i viden om forbrug af chrom og chromforbindelser i forskellige materialer og produkter er listen over KN-numre (den Kombinerede Nomenklatur, Danmarks Statistik) gennemgået med henblik på at udpege varegrupper, som kan indeholde chrom.

For de udvalgte KN-numre er der indhentet informationer om import, eksport og produktion for årene 1998, 1999 og 2000.

⁴ Denne eksponeringsrute er ikke kortlagt nærmere.

Varemængderne er så vidt muligt indhentet i ton, men for visse varegrupper er den danske produktion opgjort i andre enheder (stk. eller m²). I disse tilfælde er produktionen i ton derfor estimeret ud fra en antagelse om, at værdien pr. vægtenhed er den samme for producerede varer som for eksporterede/importerede varer. For enkelte varegrupper har denne fremgangsmåde ikke været mulig, hvorfor stk. eller m²-vægten er blevet skønnet ud fra konkrete vejninger eller ud fra litteraturstudier. I disse tilfælde er der anvendt "worst case" betragtninger, dvs. regnet med høje enhedsvægte for at sikre, at chrombidraget fra den pågældende produktgruppe ikke undervurderes.

Resultatet af den indledende databehandling er præsenteret som forsyning af chrom inden for produktgrupper (Tabel 1.4). Tabellen er endvidere forsynet med angivelse af chroms oxidationstrin i de forskellige varegrupper samt skøn af potentiel eksponering og farlighed.

Tabel 1.4

Forsyning af chrom inden for produktgrupper. Endvidere er der angivet oxidationstrin (angivet som 0, III eller VI) og et skøn af potentiel eksponering og farlighed (angivet som L for lav, M for mellem eller H for høj).

Varegruppe	Chrom-forsyning ² [ton Cr/år]	Oxidationstrin	Eksponering	Farlighed
Jern og stål og varer deraf ¹	22.567	0	L	L
Kobber og varer deraf	782	0	L	L
Aluminium og varer deraf	479	0	L	L
Acceleratorer mv.	354	III VI	H	H
Pigmenter	351	III VI	M	M
Chromforbindelser	224	III VI	M-H	M-H
Ildfaste sten	204	III	M	L
Chrommalm og koncentrat deraf	201	III VI	M	M
Læder og varer deraf	179	III	M-H	M
Tekstiler	17	III VI	M-H	M
Fossile brændsler mv.	10	III VI	L	L
Total	25.368			

1. Forchromede jern- og stålprodukter er indeholdt i denne varegruppe.
2. Indledende beregning af forsyningen af chrom i Danmark.

Resultatet af den indledende databehandling peger i første omgang på chrom i legeringer: jern og stål, kobber og varer deraf, aluminium og varer deraf. Herefter følger chrom som kemisk forbindelse: acceleratorer mv., pigmenter og chromforbindelser. Rangordningen af specifikke produkter peger på fladvalsedede produkter af rustfrit stål (under og over 600 mm), rør og hule profiler, tanke, kar og lignende beholdere, varmtvalsedede produkter, tråddug samt kobber og varer deraf.

1.4.2.2 Produktregistret

I Produktregistret er der lavet tre forskellige søgninger:

1. Søgning på stoffer, hvori der indgår chrom
2. Import, eksport og produktion af chromholdige stoffer (opgørelse t.o.m. 1999, 2000 og 2001⁵); beregnet forsyning angivet som minimum og maksimum
3. Indhold af specifikke chromforbindelser i specifikke varer/funktioner

⁵ Der sker så at sige en løbende opdatering af mængdeoplysninger i Produktregistret, idet virksomheder giver oplysninger om en forventet årlig produktion etc. Disse oplysninger indgår for hvert af de følgende år, indtil virksomheden giver nye oplysninger som følge af væsentlige ændringer.

Første del af søgningen resulterer i en liste med ca. 900 stofnavne, hvor chrom indgår, og heraf er der anmeldt anvendelse af ca. 130 stoffer (anden del af søgningen). Forsyningen af de 130 stoffer - baseret på maksimalt indhold af de pågældende forbindelser - er omregnet til chromforsyning.

Chromforsyningen med chromforbindelser baseret på oplysninger fra Produktregisteret repræsenterer således den maksimale mængde. For de 15 chromforbindelser med den største forsyning er forsyningen vist i Tabel 1.5 nedenfor, rangeret efter faldende forsyningsmængde. På denne baggrund fremgår det, at chrom(III)oxid, chrom(VI)oxid, chrom, ikke specificeret⁶ og bly(II)chromat udgør mere end 95% af chromforsyningen anmeldt til Produktregistret.

Tabel 1.5
Forsyningen af de 15 chromforbindelser med den største forsyningsmængde i Danmark, beregnet som et gennemsnit af forsyningen fra 1998-2000. Tallene er beregnet på baggrund af tal fra Produktregisteret og afspejler det maksimale indhold.

Chromforbindelse	CAS-nummer	Oxidations trin	Forsyning i DK (ton Cr/år)	Fordeling af forsyning
Chrom(III)oxid	1308-38-9	III	635,54	60%
Chrom(VI)oxid	1333-82-0	VI	338,63	32%
Chrom	7440-47-3	0	40,74	4%
				1%
Bly(II)chromat	7758-97-6	VI	9,24	1%
Chromat (1-), hydroxy (2-hydroxy-3-(((2-hydroxy-3-nitrophenyl)methylene)amino)-5-nitrobenzensulfonato (3-))-, hydrogen, blandet med 3-((2-ethylhexyl)oxy)-1-propanamine (1:1)	85455-32-9	VI	8,85	1%
Xanthylum, 9-(2-carboxyphenyl)-3,6-bis(diethylamino)-, (2,4-dihydro-4-((2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo)-5-methyl-2-phenyl-3H-pyrazol-3-onato(2-))(2-((4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1-phenyl-1H-pyrazol-4-yl)azo)benzoato(2-)) Chromat (1-)	84989-45-7	VI	4,87	<1%
Chromat (1-), bis(methyl (7-hydroxy-8-((2-hydroxy-5-(methylsulfonyl)phenyl)azo)-1-naphtalenyl)carbamato(2-))-, natrium	71839-85-5	VI	4,39	<1%
Bariumchromat (BaCrO ₄)	10294-40-3	VI	3,3	<1%
Chromat (1-), bis(2-(3-chlorophenyl)-2,4-dihydro-4-((2-hydroxy-5-(methylsulfonyl)azo)-5-methyl-3H-pyrazol-3-onato(2-))-), natrium	51147-75-2	VI	1,92	<1%
				<1%
				<1%
Chromcarbid (C ₂ Cr ₃)	12012-35-0	III	0,73	<1%
Chromhydroxid (Cr(OH) ₃)	1308-14-1	III	0,69	<1%
Natriumdichromat (Cr ₂ Na ₂ O ₇)	10588-01-9	VI	0,61	<1%

De gråskraverede felter er blændet pga. fortrolighed - dvs. anmeldt i mindre end 3 funktioner.

Herefter følger en række mindre hyppigt forekommende hexavalente chromforbindelser: kaliumdichromat (0,51 ton chrom), zinkchromat (0,35 ton chrom), natriumdichromat dihydrat (0,17 ton chrom), strontiumchromat (0,13 ton chrom), ammoniumdichromat (0,12 ton chrom) mfl.

De 15 hyppigst forekommende chromforbindelser anvendes i 85 forskellige varer/funktioner, som kan samles i nogle overordnede grupper:

- Acceleratorer, hærdere, katalysatorer, oxidationsmidler, kemiske reagenser
- Fugemasse, udfyldningsmidler

⁶ Stoffet er anmeldt til mindre end 3 anvendelser, hvorfor identiteten af stoffet er fortrolig.

- Overfladebehandling
- Garvemidler
- Korrosionsinhibitorer
- Lim
- Maling, lak mv.
- Træbeskyttelse

Forsyningen af chrom, som er opgjort af Produktregistret, dækker kun den andel af forsyningen, hvor råvaren er anmeldelsespligtig. Statistikken medtager således chromholdige pigmenter anvendt til produktion af maling i Danmark, men ikke nødvendigvis importeret maling pigmenteret med chromholdige pigmenter. Det samme forhold gælder midler til chromgarvning af læder og importeret chromgarvet læder. Der er derfor ikke i alle tilfælde umiddelbar korrespondance mellem opgørelser fra Danmarks Statistik og Produktregistret. Kategoriseringen af varer i Danmarks Statistik og i Produktregisteret er ydermere forskellig, hvilket gør, at det kun i få tilfælde er muligt at matche oplysninger fra Danmarks Statistik om forsyningen af varer med oplysninger fra Produktregisteret om chromindhold. Opgørelserne fra Produktregistret er hovedsageligt brugt som vejledende i forhold til identifikation af anvendelsesområder og specifikke anvendelser inden for kendte anvendelsesområder (f.eks. glanstilsætningsstof i maling). Herudover er oplysningerne fra Produktregisteret gennemgået for at sikre, at der ikke overses væsentlige anvendelser.

1.4.3 Sammenfatning

Med udgangspunkt i ovenstående diskussion af farlighed og eksponering samt informationer fra Danmarks Statistik og Produktregistret om forsyningsmængden er kortlægningen prioriteret som vist i Tabel 1.6.

Tabel 1.6
Prioritering af kortlægningen.

Anvendelsesområde	Niveau
Legeringer - jern, rustfrit stål	Generelt
Legering/urenhed - aluminium/kobber	Generelt
Chromatering/galvanisering/overfladebehandling	Detaljeret
Træbeskyttelse	Detaljeret
Pigmenter/korrosionsinhibitor	Detaljeret
Lædergarvning	Detaljeret
Laboratoriekemikalier/oxidationsmidler	Detaljeret
Acceleratorer/katalysatorer/hærdere	Detaljeret
Korrosionsbeskyttere	Detaljeret
Elektronisk lagringsindustri	Generelt
Tekstiler	Detaljeret

Elektronik og glas er eksempler på varegrupper, der ikke blev prioriteret på grundlag af den indledende kortlægning. Disse varegrupper bør eventuelt inddrages ved eventuelt opfølgende undersøgelser.

1.5 Internationalt marked og udviklingstendenser

Ifølge den internationale industrisammenslutning for chrom (International Chromium Developing Association, forkortet ICDA) er der i dag en snes lande, som udvinder chrom, hvoraf Sydafrika står for næsten halvdelen af udvindingen (47%), mens Kasakhstan og Indien står for henholdsvis 18% og 13%. De fire lande Brasilien, Finland, Tyrkiet og Zimbabwe står tilsammen for 16%, og de sidste 6% fordeler sig på andre 12 lande. Tilsammen blev der

udvundet i nærheden af 15 millioner ton chromjernsten i år 2000 (ICDA, 2002).

Forbruget af chrom på verdensplan i dag fordeler sig ifølge ICDA med 85% på metalindustri, 8% på den kemisk industri samt 7% på ildfaste produkter og støberier.

2 Anvendelse af chrom i Danmark

Chrom anvendes ikke i ren form som metal, men det forekommer som belægning på metaller eller plast (forchromning), legeringsmetal eller urenhed i en række andre metaller. Her er der fokuseret på:

- Jern og stål
- Aluminium
- Kobber

Herudover forekommer chrom i en række andre metaller som legeringsmetal eller som urenhed.

2.1 Jern og stål

Chrom anvendes som legeringsmetal i det meget chromholdige ferrochrom, og herudover drejer det sig om jern og forskellige ståltyper, men primært det rustfrie stål. Anvendelsen af metallisk chrom i Danmark er bestemt på baggrund af tal fra Danmarks Statistik for den registrerede udenrigshandel i Danmark samt det registrerede varesalg i Danmark af dansk producerede varer. Forbruget af metallisk chrom i industriprodukter er bestemt på baggrund af oplysninger fra Danmarks Statistiks Statistikbank om forsyningen opdelt i brede økonomiske varebetegnelser (BEC⁷). Oplysningerne fra Statistikbanken er sammenholdt med oplysninger om indholdet af rustfrit stål i forskellige produkttyper (Miljøstyrelsens Produktdatabase). Alle tallene er for årene 1998-2000. I Tabel 2.1 er forsyningen af metallisk chrom vist på baggrund af produktion, import og eksport af færdigvarer, råvarer og halvfabrikata af jern og stål samt ferrochrom.

2.1.1 Produkter og halvfabrikata af jern og stål

Ferrochrom er en chrom-jernlegering med et chromindhold på 60-65%. Den produceres ved høje temperaturer i smelteovne ved en reduktion af chromjernsten med koks og/eller silicium. Legeringen anvendes primært i fremstillingen af rustfrit stål, hvor op imod 90% af ferrochrom anvendes.

Inden for betegnelsen *rustfrit stål* findes der en lang række forskellige legeringssammensætninger, herunder chromstål med 12-13% chrom, det meget anvendte austenitiske stål eller 18/8-stål, som det også kaldes (18% chrom og 8% nikkel), og særligt varmebestandigt specialstål med 25-30% chrom og op til 15% nikkel. Austenitisk stål udgør 70-90% af det rustfrie stål, som anvendes i Danmark (Sandvik Steel Danmark, 2002; Avesta Polarit, 2002; Aco-drain, 2002).

Da rustfrit stål har et forholdsmæssigt højt indhold af chrom, er visse større varegrupper indeholdende rustfrit stål medtaget i opgørelsen af forsyningen af metallisk chrom. En stor del af de stålholdige færdigvarer indgår sammen med

⁷ BEC (Broad Economic Categories). Hver BEC varebetegnelse omfatter flere varegrupper fra Den Kombinerede Nomenklatur (KN).

en lang række andre materialer, og en estimering af strømmen ind og ud af landet er derfor forbundet med væsentlig usikkerhed.

Betegnelsen *legeret stål* omfatter mange hundrede forskellige typer, hvor stål er legeret med andre metaller. Stål legeres primært for at opnå forbedret hårdhed og styrke. En stor del af de forskellige typer af legeret stål indeholder chrom, men i meget varierende mængder lige fra 0,1% op til 12,5%. I en amerikansk undersøgelse er chromindholdet i anvendte stållegeringer fastsat til $0,68 \pm 0,11\%$ (US Bureau of Mines, 1994). Det har ikke været muligt at få bekræftet dette tal blandt personer inden for jern- og stålindustrien i Danmark. Dette skyldes, at ingen af de adspurgte så sig i stand til at vurdere et gennemsnitligt chromindhold i legeret stål på grund af de mange legeringstyper på markedet. Da oplysningerne om import, eksport og produktion af legeret stål fra Danmarks Statistik ikke er detaljerede vedrørende hvilke typer legeret stål, som de enkelte varegrupper omfatter, er der valgt et gennemsnitligt chromindhold i legeret stål på 0,5%-0,8%.

Gruppen af *jern og ulegeret stål*, som er *chrombehandlet*, omfatter produkter, der enten er belagt eller overtrukket med chrom.

Jern og ulegeret stål indeholder chrom som en urenhed. Det vurderes, at chromindholdet er i størrelsesordenen 0,05% (Det Danske Stålvalseværk, 2002a/b).

Tabel 2.1
 Import, eksport og dansk produktion af varer, råvarer og halvfabrikata.

Råvare/halvfabrikata/færdigvare:	Cr indhold 1) %	Produktion ton/år	Import ton/år	Eksport ton/år	Forsyning ton Cr/år	
Ferrochrom	Legeringer	60-65%	0	240	836	-358 – -387
Rustfrit stål	Stænger og profiler	17-18%	4.653	19.895	6.885	3.003 – 3.179
	Tråd	17-18%	1.240	3.508	1.196	934 – 989
	Plader, bånd, folie	17-18%	0	81.924	16.768	11.077 – 11.728
	Rør og rørremmer	17-18%	17.360	26.618	25.597	2.753 – 2.915
	Halvfabrikata	17-18%	203	361	109	77 – 82
	Andre varer	17-18%	2.001	8.505	4.720	998 – 1.057
Færdigvarer indeholdende rustfrit stål	Landbrugs- og mejerimaskiner	2,04-1,52%	23.329 3)	40.417	50.064	279 – 1.576
	Skibe	0,17-0,36%	223.998 3)	189.094	289.436	210 – 445
	Fly	0,85-0,9%	0 3)	445	718	-2,2 – -2,4
	Jernbanemateriel og motorkøretøjer til erhvervsbrug 2)	0,17-0,36%	420.375 3)	189.737	92.961	879 – 1862
	Personbiler	0,17-0,36%	1340 3)	219.796	23.372	336 – 712
	Lystfartøjer, campingvogne og andre transportmidler til privat brug	0,17-1,26%	7.947 3)	16.089	2.464	37 – 272
	Værktøj, redskaber, knive, bestik m.m. 4)	5)	8.537	16.397	7.663	733 – 837
Legeret stål	Stænger og profiler	0,5-0,8%	3.291	19.161	201	109 – 174
	Tråd	0,5-0,8%	25.572	5.337	20.257	378 – 605
	Plader, bånd, folie	0,5-0,8%	0	36.806	3.012	169 – 270
	Rør og rørremmer	0,5-0,8%	124.852	479.211	420.301	711 – 1.138
	Halvfabrikata	0,5-0,8%	4.354	2.609	672	31 – 50
	Andre varer	0,5-0,8%	53.563	50.475	49.559	272 – 435
Jern og ulegeret stål (chrombehandlet)	Plader, bånd, folie	0,05-1,5%	0	4.634	639	2 – 60
Jern og ulegeret stål	Stænger og profiler	0,05%	274.950	374.408	193.862	228
	Tråd	0,05%	15.526	39.608	1.391	27
	Plader, bånd, folie	0,05%	414.507	1.261.125	588.075	543
	Rør og rørremmer	0,05%	0	2.002	128	1
	Halvfabrikata	0,05%	66.354	46.498	76.799	18
	Andre varer	0,05%	165.157	216.300	97.770	166
I alt						23.237 – 28.532

- De angivne intervaller for chromindholdet er fastsat på baggrund af litteratur og oplysninger fra personer inden for jern- og stålindustrien. (Det Danske Stålvalseværk, 2002a. Sandvik Steel Danmark, 2002; Avesta Polarit, 2002; Stålföreningen, 2002.). For "færdigvarer i rustfrit stål" gælder det, at oplysninger om indholdet af rustfrit stål i produkterne er bestemt ud fra Miljøstyrelsens Produktdatabase (Hansen, 1995). For personbiler er indholdet videre bestemt ud fra oplysninger om typiske metalindhold i personbiler (American Metal Market, 2000). Indholdet af rustfrit stål er fastsat til følgende: Landbrugs- og mejerimaskiner (12-64%), skibe (1-2%), fly (5%), jernbanemateriel m.m. (1-2%), Personbiler (1-2%), lystfartøjer m.m. (1-7%).
- Herunder lastbiler og busser.
- Oplysninger om produktionen er omregnet fra styk til ton ud fra en antagelse om, at forholdet ville være det samme som for eksporten. Denne antagelse begrundes i, at en stor del af produktionen eksporteres.
- Gruppen består af oplysninger fra Danmarks Statistik for KN-numrene 8201-8214 samt 82152010 for 1998-2000 (Se bilag A). For flere KN-numre er ton mængder beregnet på baggrund af angivelser i kroner eller stk. Dette betyder, at talværdierne i denne gruppe er forbundet med usikkerhed.
- Indholdet af rustfrit stål er vurderet for hver enkelt KN-nummer i gruppen. (Se bilag A).

Der fremstilles ikke rustfrit stål i Danmark. Skrot af rustfrit stål eksporteres til forarbejdning til nyt råmateriale. Ifølge Avesta Polarit (2002) består produktionen af nyt rustfrit stål af 95% returskrot og 5% nyt råjern.

Det Danske Stålvalseværk var den eneste producent af stål i Danmark. Omkring 75% af Stålvalseværkets produktion eksporteredes (Det Danske Stålvalseværk, 2001). Stålet blev fremstillet af 90% stålskrot og 10% nyt råjern (Det Danske Stålvalseværk, 2002a). Stålskrottet stammer primært fra danske

skrotleverandører, mens råjernet stammer fra Rusland og Polen. Samlet set kommer 20% af det stål, som anvendes i Danmark, fra Stålvalseværket, mens resten er importeret (Det Danske Stålvalseværk, 2002a; Stålföreningen, 2002).

Skrot og jernmalm indeholder kun chrom i ringe grad - i størrelsesordenen 0,01% (Kjeldgaard, 1991), hvilket vil kunne genfindes i de producerede stålmaterialer. Leverandørerne af stålskrot er dygtige til at frasortere skrot, som består af legeret stål og stålstøbegods, da der er større afregningspris for disse ståltyper. Dette medfører, at chromindholdet i det fremstillede stål holdes lavt. Ved fremstillingen af stålet måles der løbende for bl.a. chromindholdet, og hvis indholdet af chrom er for højt, fortyndes stålet ved tilsætning af yderligere råjern (Det Danske Stålvalseværk, 2002a). I fremstillingen tilsættes ferrochrom som hærder til stålet. I 2001 blev der således tilsat ferrochrom svarende til ca. 580 ton ren chrom. Videre anvendes chromsand til at transportere det færdige stål ud af ovnene. I 2001 blev der anvendt 170 ton chromsand svarende til ca. 16 ton ren chrom (Det Danske Stålvalseværk, 2002b).

Værket producerede i år 2001 ca. 750.000 ton råstål, hvoraf ca. 665.000 ton blev til stålprodukter (Det Danske Stålvalseværk, 2002b). I Tabel 2.2 er opstillet massebalancen af tungmetaller generelt og specifikt for chrom pr. ton råstål ved stålfremstilling.

Tabel 2.2
Massebalance for chrom og tungmetaller generelt ved fremstilling af 1 ton råstål (Beregnet på baggrund af Det Danske Stålvalseværk, 2001; 2002b)

	Tungmetaller i alt (1)	Chrom (2)	Enhed
Input	11,0	1,13	kg
Genbrug	5,9	0,21	kg
Stål	4,3	0,91	kg
Depot	0,8	0,003	kg
Luft	2,4		g

1. Betegnelsen tungmetaller omfatter chrom, kobber, nikkel, cobalt, zink, arsen, molybdæn, cadmium, tin, kviksølv og bly. Stålvalseværket har ikke præciseret, hvor stor en andel chrom udgør, men på inputsiden udgør kobber og zink 75% af de samlede mængder tungmetaller.
2. Oplysningerne er for 2001.

Det betyder ud fra en råstålfremstilling på 750.000 ton, at 2,25 ton chrom deponeres. I Tabel 2.3 fremgår udledningen af chrom til vand ved fremstilling af henholdsvis plader og stænger på Det Danske Stålvalseværk.

Tabel 2.3
Udledning af tungmetaller til vand ved fremstilling af stål på Det Danske Stålvalseværk (Det Danske Stålvalseværk, 2001).

Stålmateriale Enhed	Stålblader g/ton	Stangstål g/ton
Tungmetaller (herunder chrom)	0,7	0,5

Produktionen i 2000 var henholdsvis på 326.000 ton stålblader og 223.000 ton stangstål, hvilket svarer til en udledning af tungmetaller til vand i størrelsesordenen 0,34 ton pr. år. Hvor stor en andel af dette, som er chrom, kendes ikke, men ud fra oplysningerne i Tabel 2.2 vurderes det, at mellem 5 og 10% af tungmetallerne er chrom. Det svarer til en vandemission på 0,017-0,034 ton chrom årligt. Chromindholdet i Stålvalseværkets deponi er ikke vurderet.

Hvis den samme antagelse anvendes i en beregning af luftemission af chrom, svarer det til en emission på 0,12-0,24 g pr. ton råstål eller 0,09-0,18 ton chrom årligt fra Stålvalseværkets produktion.

2.2 Aluminium

Metallisk aluminium kan indeholde mindre mængder af chrom primært som urenhed. I Den Kombinerede Nomenklatur (KN) opdeles metallisk aluminium i henholdsvis ulegeret og legeret aluminium og videre i de fem varegrupper: Stænger, profiler, tråd, plader/bånd/folie og rør. I KN er ulegeret aluminium bl.a. defineret ved at have en grænseværdi på 0,1 vægtprocent for andre bestanddele, herunder chrom. Legeringer af aluminium er defineret ved at have et større indhold af andre bestanddele end ulegeret aluminium.

I en livscyklusundersøgelse af chrom foretaget for de amerikanske myndigheder er chromindholdet i bl.a. aluminium beregnet (US Bureau of Mines, 1994). Der anvendtes i undersøgelsen to metoder til at beregne det gennemsnitlige chromindhold i aluminium som helhed. I den ene metode anvendtes et gennemsnit af chromindholdet i aluminiumlegeringer opdelt efter legeringsklasser, hvilket gav et resultat på 0,02-0,06% chrom. Den anden metode byggede på gennemsnitlige chromindhold i faktisk anvendte aluminiumlegeringer med specificeret chromindhold og gav resultatet 0,13-0,21%. Sidstnævnte beregningsmetode vurderes at resultere i for høj et chromindhold, da den kun medtog aluminiumtyper, hvor chromindholdet var specificeret.

Ud fra de i afsnittet nævnte chromindhold i aluminium antages det, at indholdet for ulegeret og legeret aluminium som helhed ligger mellem 0,02% og 0,1%.

Danmarks Statistiks oplysninger om import, eksport, produktion og forsyning af aluminium for årene 1998-2000 er opgjort i Tabel 2.4. Oplysningerne opdelt på KN-numre findes i bilag B.

Tabel 2.4
Import, eksport og produktion af råvarer og halvfabrikata af metallisk aluminium (Danmarks Statistik, 2001b).

Enhed	1998 ton	1999 ton	2000 ton	Gennemsnit ton
Import [I]	196.704	200.658	217.993	205.118
Eksport [E]	132.654	137.368	140.649	136.890
Produktion [P]	90.935	92.373	1.132.80	988.63
Forsyning [I-E+P]	1.549.85	1.556.63	1.906.24	1.670.91
Korrigeret forsyning ¹	1.155.00	1.160.00	1.420.00	1.245.00

1. Mængden er korrigeret for dobbeltregning, da en del af mængden i produktionen også fremgår af tallene for importen. Korrektionen er lavet på baggrund af (Hansen *et al.*, 1999).

En massestrømsanalyse for aluminium for 1994 opgør forsyningen af råvarer og halvfabrikata af metallisk aluminium og aluminiumslegeringer til at være 140.095 ton (Hansen *et al.*, 1999). Sammenlignet med forsyningen for 1994 ligger den gennemsnitlige forsyning for 1998-2000 ca. 20% højere. Dette stemmer overens med, at der generelt har været vækst i anvendelsen af aluminium i samfundet (Sekretariatet for Aluminium og Miljø, 2002).

Nedenfor i Tabel 2.5 er opgjort massebalancen for aluminium i Danmark i oprundede tal som et gennemsnit af 1998-2000. Massebalancen er opstillet på baggrund af en antagelse om, at aluminiumsbalancen, har været uændret i

1998-2000 i forhold til 1994. Denne antagelse er forbundet med usikkerhed, men vurderes at være acceptabel, da aluminiums bidrag til massestrømmen af chrom i Danmark sammenholdt med andre kilder er af mindre betydning, dels mængdemæssigt, men også da der er tale om metallisk bundet chrom, som ved afgivelse til miljøet ikke vil forekomme som hexavalent chrom. For at imødegå den usikkerhed, der er ved en fremskrivning på baggrund af 1994 situationen for aluminium, omfatter de intervalmæssige mængdeangivelser både 1994 situationen og en 20% stigning i mængderne.

Tabel 2.5
Massebalancen for aluminium i Danmark 1998-2000 (Danmarks Statistik, 2001b; Hansen *et al.*, 1999).

Massebalance Enhed	Aluminium ton	Heraf chrom ton
Forbrug	73.000-128.400	14,6-1.28
Nettoimport	54.400-106.100	11-1.06
Genanvendelse	18.600- 22.300	4-22
Ophobning	29.800- 47.600	6-48
Nettoeksport som skrot	8.000-17.900	2-18
Deponering	14.800-37.000	3-37
Emission til jord	590-1.100	0,1-1
Emission til luft	10-60	0-0,1
Emission til vand	1.200-2.200	0,2-2

2.3 Kobber

Metallisk kobber indeholder ligesom aluminium en vis mængde chrom. I Den Kombinerede Nomenklatur (KN) opdeles kobber i følgende otte varegrupper: Raffineret kobber, kobberlegeringer, kobberforlegeringer, stænger, profiler, tråd, plader/bånd/folie samt rør. Indholdet af kobber mellem og internt i varegrupperne varierer fra ca. 12% for kobberfolie til 99,9% for f.eks. raffineret kobberrør.

I KN er raffineret kobber kendetegnet ved en grænseværdi for chrom på 1,4 vægtprocent, mens kobberlegeringer og kobberforlegeringer kan have et højere indhold. For resten af varegrupperne er chromindholdet ikke beskrevet nærmere.

I de amerikanske myndigheders livscyklusundersøgelse af chrom er chromindholdet i kobber beregnet (US Bureau of Mines, 1994). Dels på baggrund af et gennemsnit af chromindholdet i kobberlegeringer ud fra legeringsklasser. Dels på baggrund af det gennemsnitlige chromindhold i faktisk anvendte kobberlegeringer med specificeret chromindhold, fordelt ud på de samlede mængder kobberlegeringer. I begge tilfælde gav det et chromindhold på 0,024-0,026%.

Da det ikke har været muligt at skelne mellem forskellige kobbertyper, er det antaget, at raffineret kobber og kobberlegeringer som helhed har et chromindhold på 0,024-0,026%.

Nedenstående tabel viser importerede, eksporterede og producerede mængder af råvarer og halvfabrikata af metallisk kobber. Oplysningerne opdelt på KN-numre findes i bilag C.

Tabel 2.6

Import, eksport og produktion af råvarer og halvfabrikata af metallisk kobber (Danmarks Statistik, 2001b).

	1998	1999	2000	Gennem- snit	Gennemsnit for 1998-99
	ton	ton	ton	ton	ton
Import [I]	83.434	70.124	76.364	76.641	76.779
Eksport [E]	40.501	44.831	48.961	44.765	42.666
Produktion [P]	5.383	5.846	61.658	23.966	5.615
Forsyning [I-E+P]	48.316	31.139	89.061	56.172	39.728
Korrigeret forsyning ¹					35.000-40.000

1. Da det ikke har været muligt at redegøre for eventuelle dobbeltregninger af mængder, er forsyningen angivet i et interval, således at der er taget højde for dette.

I en massestrømsanalyse for kobber for 1992 er forsyningen af råvarer og halvfabrikata af metallisk kobber angivet til at være i størrelsesordenen 39.400-40.100 ton (Lassen *et al.*, 1996). Sammenlignet med tallene for 1998-2000 viser det en god overensstemmelse med de to første år, men en kraftig afvigelse i forhold til år 2000. Det er værdien for produktionen, som er kraftig afvigende. Det er derfor fravalgt at anvende værdierne for år 2000 og kun basere gennemsnittet på værdierne for 1998-1999.

Nedenfor i Tabel 2.7 er opgjort massebalancen for kobber i Danmark i oprundede tal som et gennemsnit af 1998-1999. Massebalancen er opstillet på baggrund af en antagelse om, at kobberbalancen, har været uændret i 1998-1999 i forhold til 1992. Det medfører en vis usikkerhed at antage, at balancen er uændret, men vurderes at være acceptabel, da forsyningen af kobber i samfundet har været uændret. Videre er kobbers bidrag til massestrømmen af chrom i Danmark sammenholdt med andre kilder af mindre betydning, dels mængdemæssigt, men også da der er tale om metallisk bundet chrom, som ved afgivelse til miljøet ikke vil forekomme som hexavalent chrom.

Tabel 2.7

Massebalancen for kobber i Danmark 1998-1999 (Danmarks Statistik, 2001b; Lassen *et al.*, 1996).

Massebalance Enhed	Kobber ton	Heraf chrom ton
Forbrug	28.000-42.000	7-10
Nettoimport	26.000-33.000	6-9
Genanvendelse	9.000-10.000	2-3
Ophobning	5.000-16.000	1-4
Nettoeksport som skrot	15.000-24.000	4-6
Deponering	3.800-7.400	1-2
Emission til jord	500-700	0,1-0,2
Emission til luft	2-7	0
Emission til vand	40-80	0

2.4 Sammenfatning

Chrom forekommer som legeringsmetal og urenhed i jern, aluminium og kobber. I Tabel 2.8 er forbrug og spredning af chrom i forbindelse med anvendelse af jern og stål, aluminium og kobber i Danmark. Opgørelsen er baseret på en generel opgørelse af forbruget af jern og stål samt opdatering af tidligere massestrømsanalyser af aluminium (Hansen *et al.*, 1999) og af chrom (Lassen *et al.*, 1996).

Tabel 2.8
 Forbrug og spredning af chrom i forbindelse med anvendelse af jern og stål,
 aluminium og kobber i Danmark (ton Cr/år).

Anvendelse	Forbrug	Luft	Vand	Jord	Genanvendelse	Farligt affald	Affaldsbehandling
Jern og stål							
- varer af jern og stål	21.000-25.000	-	-	-	-	-	-
- varer af andet stål	2.700-3.700	-	-	-	-	-	-
- stålframstilling	600	0,09-0,18	0,017-0,034	-	-	-	2,25
Aluminium	11-106	0-0,1	0,2-2	0,1-1	4-22	-	13-37
Kobber	6-9	0	0	0,1-0,2	2-3	-	1-2
I alt	24.300-29.400	0,09-0,28	0,22-2,03	0,2-1,2	6-25	-	16-41

3 Anvendelse af chromforbindelser i Danmark

3.1 Introduktion til chromforbindelser

Chrom anvendes i mange sammenhænge i den kemiske industri. Chromforbindelser bruges bl.a. til overfladebehandling for at hindre korrosion, forbedre produkters holdbarhed, garvning og til fremstilling af farvepigmenter. Den kemiske industri anvender ifølge Produktregistrets oplysninger ca. 130 forskellige chromforbindelser i en lang række produktmæssige sammenhænge (Produktregistret, 2001). Da der ikke eksisterer centrale oplysninger om forbrug af enkelte chromforbindelser, har det ikke været muligt at bestemme, i hvilke mængder de enkelte chromforbindelser anvendes i den kemiske eller anden industri. Oplysninger vedrørende brug findes ikke samlet centralt. Kemikalie-brancheforeningen, som har 47 medlemmer, har således ikke oplysninger om medlemmernes produkter og har ingen viden om hvilke af medlemmerne, der omsætter chromholdige kemikalier.

Danmarks Statistiks oplysninger om den samlede import, eksport, produktion og forsyning af chromholdige kemikalier 1998-2000 er samlet i Tabel 3.1.

Tabel 3.1
Import, eksport, produktion og forsyning af chromholdige kemikalier 1998-2000
(Danmarks Statistik, 2001b).

Stofnavn	Import ton/år	Eksport ton/år	Produktion ton/år	Forsyning ton/år	Chroms andel af molvægten %	Chrom mængder ton/år
Chromoxider (III og VI) og chromhydroxid	438	5	0	433	51-68	26 ¹
Chromsulfat	2	1	0	1	17	0,17
Blychromat og Zinkchromat	0	0	0	0		0
Natriumdichromat	6	0	0	6	24	1,44
Kaliumdichromat	0	0	0	0	35	0
Andre dichromater	3	0	0,05	3	20-40	0,6-1,2
Carbider af chrom	0	0	0	0		0

1. Beregnet i Tabel 3.3.

Hvis Danmarks Statistiks oplysninger om forsyningen af oxider og hydroxider af chrom sammenlignes med Produktregistrets oplysninger om forventet maksimal import, eksport og produktion og derved forsyningen, giver det en indikation af fordelingen mellem enkelt stoffer. Se nedenstående Tabel 3.2.

Tabel 3.2
Forventelig procentmæssig fordeling af oxider og hydroxider af chrom.

Stofnavn	Forventet forsyning anno 2001 Ton	Forventelig procentmæssig fordeling %
Chrom(III)oxid	501-928	52,3
Chrom(III)hydroxid	0-1,4	0,05
Chrom(VI)oxid	650-651	47,6
Chrom(VI)hydroxid	0	0

Det fremgår af Tabel 3.2, at gruppen næsten udelukkende består af chromoxider. Det vurderes, at de mængdemæssige bidrag for de enkelte stoffer til massebalancen kan findes ved at gange forsyningen med den forventelige procentmæssige fordeling og efterfølgende gange dette med chroms andel af stoffets molvægt. Se Tabel 3.3.

Tabel 3.3
Chrommængder.

Stofnavn	Forsyning ¹ ton/år	Chroms andel af molvægten %	Chrommængder ton/år
Chrom(III)oxid	226	68	154
Chrom(III)hydroxid	0,21	51	0,11
Chrom(VI)oxid	206	52	107
I alt			261

1. Forsyningen er beregnet ud fra forsyninger af chromoxid og chromhydroxid - se Tabel 3.1 - og forventelig fordeling mellem de forskellige forbindelser - se Tabel 3.2.

Anvendelse af chromforbindelser er beskrevet for følgende områder:

- Overfladebehandling
- Pigmenter
- Imprægneringsmiddel
- Korrosionsinhibitor
- Garvemiddel til læder
- Acceleratorer, katalysatorer, hærdere
- Tekstiler
- Elektronisk lagring
- Laboratoriekemikalier
- Andre anvendelser

3.2 Overfladebehandling

Oplysningerne i det følgende afsnit om overfladebehandling er baseret på Dahl & Løkkegaard) 2000 og Dahl (2002).

Inden for metallisk overfladebehandling anvendes kemiske chromforbindelser i betydeligt omfang. Ved de fleste processer anvendes Cr(VI) i form af chromsyre (H_2CrO_4), men chrom kan også i enkelte tilfælde være tilsat som natriumdichromat. De mest almindelige processer er:

1. Forchromning (typisk 0,25 μm tykt chromlag oven på nikkel, også kaldet dekorationsforchromning)
2. Hårdforchromning (10-700 μm tykt chromlag direkte oven på stål)
3. Sortforchromning (0,1-2,0 μm tykt sort chromlag på et nikkellag)
4. Chromatering af zinkoverflader (kaldes også passivering)

5. Chromatering af aluminium (almindeligvis forbehandling for pulverlakering, evt. slutbehandling)
6. Chromsyrebejdsning af aluminium
7. Chromsyrebejdsning af plast
8. Anodisering af aluminium (i stærk chrom(VI)oxid)
9. Chrom passivering efter fosphatering
10. Diverse processer

Den samlede opgørelse af chromforbrug, udnyttelse og spild er givet i Tabel 3..

Tabel 3.4
Chromforbrug og affald ved overfladebehandling i Danmark.

Proces	Antal	Produktion, m ² /år	Chromforbindelse	Forbrug kg Cr/år	Affald kg Cr/år	Til kloak kg Cr/år	På varerne kg Cr/år
Forchromning	60-75	936.000	CrO ₃	5.200	3.585	10,0	1.615
Hårdforchromning	ca. 8	9.530	CrO ₃	8.220	2.644	0,2	5.576
Sortforchromning	ca. 5	164.000	CrO ₃	2.756	2.403	0,2	353
Gul chromatering af zink	70-75	5.119.000	CrO ₃	11.873	9.825	13,0	2.048
Blå passivering af zink	90-100	2.595.000	Cr(NO ₃) ₃	1.201	1.123	25,6	78
Oliven/sort chromatering af zink	15	701.000	CrO ₃	2.844	2.178	3,5	666
Gul chromatering af aluminium	30	3.500.000	CrO ₃	900	270	17,5	630
Grøn chromatering af aluminium	20	3.500.000	CrO ₃	1.145	515	17,5	630
Chromsyrebejdsning af aluminium	10	20.000	CrO ₃	250	250	0,1	0
Chromsyrebejdsning af plast	1	110.000	CrO ₃	3.120	3.119	1,0	0
Chromsyreanodisering af aluminium	ca. 5		CrO ₃	100	100	0,1	0
Chrom passivering efter fosphatering	30		CrO ₃	100	95	0,2	5
Total				37.709	26.107	89	11.601

3.2.1 Forchromning

Ved dekorationsforchromning pålægges elektrolytisk et tyndt chromlag (ca. 0,25 µm) oven på et nikkellag (10-15 µm). Processen foregår i en opløsning af CrO₃ (200 g/l) tilsat H₂SO₄ (4 g/l) og små mængder katalysator. Udslæb af badkemikalier er stort sammenlignet med forbruget, men de fleste virksomheder er efterhånden blevet gode til at opsamle udslæbet i et eller flere stillestående skyl, som kan bruges til opspædning af badet igen til erstatning af fordampningstabt fra det 35-40 °C varme bad. Uden tilbageføring vil udnyttelsen af CrO₃ være så lav som 2-5%, mens man med genvinding typisk ligger på en udnyttelsesgrad på 20-98%, afhængigt af genvindingssystemet.

Der er skønsmæssigt 75 virksomheder i Danmark, som laver dekorationsforchromning (fornikling + forchromning), og ca. 80% af alle forniklede overflader vil også blive forchromet som slutbehandling. Forudsættes det, at der bruges ca. 125 ton nikkelanode om året i Danmark, svarer det til 1.170.000 m² ved en lagtykkelse på 12 µm. 80% svarer til 936.000 m² overflade, som forchromes efter fornikling. Ved en chromlagtykkelse på 0,25 µm svarer det til et teoretisk forbrug af CrO₃ på 3.105 kg. 2 virksomheder forbruger alene knapt 6 ton chromsyre, og de repræsenterer ca. 45% af den producerede overflade. Begge disse virksomheder bruger uforholdsmæssigt meget chrom(VI)oxid, nemlig 5.750 kg, hvor de teoretisk kun skulle bruge 1.124 kg. Det skyldes først og fremmest en meget lille genvindingsgrad for chrom(VI)oxid specielt hos den ene af de to storforbrugere.

Hvis der antages en gennemsnitlig genvindingsgrad på 40% hos resten af producenterne, som laver de sidste 55% af produktionen i Danmark, kan det samlede forbrug af chrom(VI)oxid estimeres til ca. 10.000 kg/år.

Ud af 10.000 kg chrom(VI)oxid ender teoretisk ca. 3.105 kg (= 1.615 kg Cr) på varerne. Resten ender i spildevandet eller hos Kommunekemi som kasserede bade eller halvkoncentrater. Vi skønner, at 25% ender hos Kommunekemi, mens resten ender i virksomhedernes renseanlæg, hvor størsteparten udfældes og derved omdannes til filterkager. Disse filterkager ender enten hos Kommunekemi eller sendes til oparbejdning i udlandet. En lille del udledes med spildevandet til kloak. I dag vil udledt spildevand typisk have en chromkoncentration på 0,2 mg/l, og de 936.000 m² overflade vil formentlig svare til en spildevandsmængde på 50.000 m³ (ved et vandforbrug på 50 l/m²). 50.000 m³ spildevand med 0,2 mg/l svarer til 10 kg Cr pr. år til kloak.

Chrombadet kan i princippet holde uendeligt, men fra tid til anden vil der blive kasseret et bad på grund af forurening (typisk ved for stort indhold af fremmedmetaller). Der kasseres dog næppe mere end 10 m³ bad årligt med et indhold af chrom(VI)oxid på 200 g/l, hvilket svarer til 2.000 kg/år.

3.2.2 Hårdforchromning

Ved hårdforchromning lægges elektrolytisk et tykt chromlag (fra 10 til 700 µm) direkte på stål. Processen tager ½-24 timer. Badsammensætning er typisk CrO₃ (300 g/l) og H₂SO₄ (3 g/l) og badtemperaturen er typisk 55 °C. På grund af stort fordampningstab og lille udslæb med emnerne (pga. lang opholdstid) vil man ofte skylle emnerne med lidt deioniseret vand direkte over badet først, for efterfølgende at skylle emner og værktøjer i stillestående skyl. Derfor bliver udslæb af chrom(VI)oxid til skyllevand og renseanlæg meget lavt, og vandforbruget til skylning er tilsvarende lavt.

Der findes ca. 8 danske virksomheder, der udfører hårdforchromning, og 3 af disse står for ca. 70% af den samlede produktion. På basis af interview med disse tre kan chromforbrug mv. ved hårdforchromning estimeres for hele Danmark som vist i Tabel 3.5.

Tabel 3.5
Chromforbrug og chromaffald ved hårdforchromning i Danmark.

Emne:	Kommentar:
Chromforbrug	18.600 kg CrO ₃ pr. år
Produktion	Lagtykkelsen på emnerne varierer utroligt meget (10-700 µm) afhængigt af emnernes anvendelse. Anslår man gennemsnitslagtykkelsen til 125 µm, bliver den samlede overflade, der hårdforchromes, 9.530 m ² .
Badlevetid	4-10 år (enkelte virksomheder skifter aldrig bad). Vi anslår, at 15% af chromsyreforbruget går til ansætning af nye bade efter kassering. Kasserede bade afleveres til Kommunekemi.
Til spildevand	I gennemsnit ender 2% af den indkøbte chrom(VI)oxid i spildevandet, men det kan svinge fra 0,1 til 4% for de enkelte virksomheder afhængigt af deres skyllesystem.
Til kloak	De fleste virksomheder leder meget små mængder spildevand til kloak (1 m ³ en gang imellem), men en enkelt virksomhed har løbende udledning og rensning af det chromholdige skyllevand. Det vurderes, at der maksimalt udledes 1.000 m ³ spildevand om året med et maksimalt chromindhold på 0,2 mg/l. Det svarer til 0,2 kg/år totalt.

3.2.3 Sortforchromning

Ved sortforchromning pålægges elektrolytisk 0,1-2,0 µm sort chromlag oven på et nikkellag. Der er ca. 5 danske virksomheder, som laver

sortforchromning, men 1 virksomhed bruger 85% af al chrom(VI)oxid og laver 91% af den samlede overflade. Chrombadet indeholder CrO₃ (340-375 g/l) samt lidt katalysator.

Hos hovedproducenten kasseres store mængder chrombad (ca. 90% af chromsyreforbruget) pga. forurening. Hos de øvrige er tabet mindre, og det skyldes primært udsløb med varerne. Da badtemperaturen er lav (18-20 °C), kan der ikke føres ret mange kemikalier retur fra sparskyllet, som derfor må afleveres til Kommunekemi, når koncentrationen er blevet for høj. Informationer om chromforbrug og chromaffald ved sortforchromning i Danmark er sammenfattet i Tabel 3.6.

Tabel 3.6
Chromforbrug og chromaffald ved sortforchromning i Danmark.

Emne:	Kommentar:
Chromforbrug	5.300 kg CrO ₃ pr. år
Produktion	Lagtykkelsen på emnerne varierer fra 0,1 til 2,0 µm afhængigt af emnernes anvendelse. Den totale produktion er ud fra interview med et par af de største virksomheder estimeret til 164.000 m ² , hvoraf de 150.000 m ² laves hos den største producent.
Badlevetid	Den største producent kasserer 11-12 m ³ bad årligt. De øvrige virksomheder kasserer normalt ikke badene.
Til spildevand	I gennemsnit ender ca. 5% af den indkøbte chromsyre i spildevandet, men det kan svinge fra 2 til 10% for de enkelte virksomheder afhængigt af deres skyllesystem. Den store producent opfanger udslæbt chrom til skyllevandet i en ionbytter, hvor eluatet inddampes og sendes til Kommunekemi. Der er derfor ingen chromudledning til kloak.
Til kloak	Det vurderes, at der maksimalt udledes 1.000 m ³ spildevand om året med et maksimalt chromindhold på 0,2 mg/l. Det svarer til 0,2 kg/år totalt.

3.2.4 Blå passivering af zink

Chromatering (også kaldet passivering) af zinkoverflader foregår i en svagt chromatholdig opløsning, hvor der sker en kemisk reaktion mellem metallisk zink og chromat. Det dannede chromatlag indeholder zink samt Cr(III) og Cr(VI), og de chromaterede emner er betydeligt mere korrosionsbestandige end den ubehandlede zinkoverflade. Blåchromatering kan i dag laves udelukkende på basis af Cr(III) salte. Derfor burde processen kaldes blå passivering. Under brug ophobes forureninger af Cr(III), zink og ioner fra grundmaterialet i badet. Når forureningen er blevet for stor, kasseres hele badet, og de kasserede bade behandles normalt i virksomhedernes eget renseanlæg.

Der anvendes årligt ca. 600 ton zinkanoder til el-forzinkning i Danmark jf. en undersøgelse fra 1996 (Dahl & Løkkegaard, 2000) opdateret med fornyede henvendelser til et par af de største producenter. Alle el-forzinkede emner chromateres som slutbehandling for at opnå bedre korrosionsegenskaber. Emnerne laves dels som tromlevarer (småemner) med en lagtykkelse på 3-10 µm (gennemsnit 7 µm) og dels som hængevarer med en lagtykkelse på 10-20 µm (gennemsnit 12 µm).

I 1996 anvendte de fleste virksomheder stadig chromat ved blåchromatering. I dag anvender mere end 95% et Cr(III)-salt (oftest chrom(III)nitrat, men også chrom(III)sulfat eller chlorid kan forekomme). Derfor er det faktisk forkert i dag at tale om blåchromatering. Man bør i stedet for kalde processen for en blå passivering, da man ikke mere har chromat til stede i processen. Blå passiveringsbadet indeholder lidt mere chrom end det gamle blåchromat bad, men til gengæld er levetiden blevet forlænget betydeligt (med en faktor 5).

Dette er en klar miljømæssig gevinst, da man nu ikke kasserer nær så store badmængder som tidligere.

Oliven- og sortchromatering er slået sammen i disse beregninger, men faktisk er sortchromatering langt mere udbredt end olivenchromatering. Proceskemien i de to processer ligner hinanden meget. Sortchromatering er siden 1996 blevet noget mere udbredt herhjemme.

Skyllevandet behandles enten direkte ved reduktion og fældning, eller det kan eventuelt først opkoncentreres ved en ionbytningsproces. Slammet fra renseanlægget sendes enten til Kommunekemi eller til behandling i udlandet. De kasserede procesbade behandles normalt også i virksomhedernes egne renseanlæg, da metalindholdet er forholdsvis lavt. Eventuelt sendes kasserede sort- og olivenchromateringsbade til Kommunekemi til behandling.

Tabel 3.7 viser estimerede, detaljerede procesdata for de 4 typer passivering af zink.

Tabel 3.7
Chromforbrug og chromaffald ved chromoverfladebehandling på zink i Danmark.

Chromatering på zink	Total	Blå	Gul	Sort/oliven
Fordeling i produktion, %	100	30,8	60,8	8,4
Zinkanodeforbrug, ton/år	600	185	365	50
Overflade, 1000m ² /år	8.415	2.595	5.119	701
Kasseret bad, m ³ /år	650	175	445	30
Kemikalieforbrug, kg Cr pr. år	15.918	1.201	11.873	2.844
Chrom i kasseret bad, g/l	-	2,25	10	20
Chrom i kasseret bad, kg/år	5.444	394	4.450	600
Chrom i skyllevand, kg/år	7.683	730	5.375	1.578
Chrom til kloak, kg/år	42	13	26	4
Chromlag indeholder, g Cr pr. m ²	-	0,03	0,40	0,95
Chrom på varerne, kg/år	-	78	2.048	666
Chrom på varerne i % af forbrug	-	6,5	17,2	23,4

3.2.5 Chrombehandling af aluminium

Processen minder meget om den tilsvarende proces for zinkoverflader. Det er en kemisk proces, hvor aluminiumoverfladen reagerer med chrom(VI)oxid under dannelse af et chromholdigt lag med både Cr(III)- og Cr(VI)forbindelser med aluminium. Laget kan også indeholde fosfat og fluorid afhængigt af typen af chromateringskemikalier.

Typiske badsammensætninger er vist i Tabel 3.8.

Tabel 3.8
Badsammensætning ved chromatering af aluminium.

Kemikalier	Grønchromatbad	Gulchromatbad
Chromsyre, CrO ₃	4-10 g/l	2-4 g/l
Phosphorsyre, H ₃ PO ₄	10-20 g/l	-
Flussyre, HF	3-5 g/l	1 g/l
Natriumdichromat, Na ₂ Cr ₂ O ₇	(3-4 g/l)	(3-4 g/l)

Processen foregår ved stuetemperatur.

Med et passende udsløb med emnerne kan man ofte undgå en kassering af selve badet, idet man med udsløb samt eventuel lidt aftapning i forbindelse

med ny kemikalietilsætning netop får fjernet så meget bad, at man kan undgå en akkumulering af aluminium og chrom(III) i badet.

Erfaringstal for de tre største virksomheder i branchen, som laver mindst til 80% af profilproduktionen, samt fra den største kemikalieleverandør er vist i Tabel 3.9.

Tabel 3.9
Chromforbrug og andre parametre for chromatering af aluminium i Danmark.

Parameter	Grønchromatbad	Gulchromatbad
Behandlet overflade, m ² /år	3.500.000	3.500.000
Behandlet profiloverflade, m ² /år	1.900.000	1.600.000
Chromatlag, g/m ²	0,6-0,8	0,6-0,8
Chrom i chromatlag	20-30%	20-30%
Chromatlag, g Cr pr. m ²	0,12-0,24	0,12-0,24
Chrom på varerne, %	40-70%	60-80%
Chrom i skyllevand + kasseret bad, %	30-60%	20-40%
Total chromforbrug, kg/år	1.145	900

3.2.6 Chromsyrebejdsning af aluminium

Sur bejdsning af aluminium benævnes også som deoxidering. Normalt anvendes en salpetersyreopløsning, men det var tidligere ret udbredt at anvende en chromsyreopløsning: CrO₃ (3-4 g/l), NH₄HSO₄ (15-25 g/l) samt NH₄F (1 g/l). For 10 år siden blev der i Danmark årligt anvendt 100-200 ton/år af disse kemikalier (CrO₃=20-25%), men i dag er processen næsten helt ude af markedet. Det vurderes, at der er ca. 10 mindre virksomheder, der stadig anvender processen, og kemikalieforbruget er nede på ca. 2 ton/år svarende til ca. 250 kg Cr/år.

Bejdsen udslæbes til skyllevandet, og når ophobning af chrom(III) og aluminium i badet er blevet for stort, kasseres hele bejdsen. Den vil typisk blive behandlet i virksomhedernes eget renseanlæg, men enkelte sender de kasserede bade til Kommunekemi. Skyllevandet må løbende reduceres, neutraliseres og fældes.

3.2.7 Chromsyrebejdsning af plast

Plast, som skal forchromes, bejdses normalt først i en stærk chromsyreopløsning med 400 g/l chrom(VI)oxid og 400 g/l svovlsyre. Efterhånden nedbrydes bejdsen, og chrom(VI)oxid omdannes til chrom(III), og til sidst må bejdsbadet kasseres. Kun én dansk virksomhed udfører plastmetallisering, og den forbruger ca. 6.000 kg chrom(VI)oxid til bejdsning. Den behandlede overflade af plastemnerne er estimeret til ca. 110.000 m²/år.

Det kasserede procesbad afleveres til Kommunekemi, men det løbende udslæb til skyllevandet behandles i virksomhedens eget renseanlæg, hvorfra slammet sendes til oparbejdning i Tyskland.

3.2.8 Anodisering af aluminium

Anodisering af aluminium foregår næsten altid i svovlsyre, men undertiden foretrækkes anodisering i chrom(VI)oxid for at opnå særligt stor korrosionsbestandighed (bl.a. flyindustri). Et chromsyreanodiseringsbad indeholder typisk 50-100 g/l. Der er højst 5 danske virksomheder, som laver chromsyreanodisering, og det foregår i meget lille målestok. Det samlede

chrom(VI)oxidforbrug anslås til ca. 200 kg/år. De brugte bade kasseres med mellemrum, når der er akkumuleret for meget aluminium i dem, og der sker et løbende udsløb til skyllevandet. Al tilført chromsyre bliver i princippet til affald.

3.2.9 Chrompassivering efter phosphatering

Korrosionsbestandigheden af phosphaterede emner kan forbedres betydeligt ved slutbehandling i en tynd chromsyreopløsning (CrO_3 : 100-500 mg/l) ved 20-45 °C. Kun en meget lille del (< 5%) af chrom optages i overfladen, mens resten ender som affald, idet opløsningen kasseres, når den ikke er tilstrækkeligt aktiv mere. Processen foregår på ca. 30 danske virksomheder, men stadig flere virksomheder (ca. 40%) er gået over til en chromfri passivering, som kan udføres med et lige så godt resultat. Den samlede mængde behandlet overflade ved chrompassivering er meget vanskelig at estimere.

Der skylles normalt ikke efter en varm chrompassivering, men der kan eventuelt skylles i deioniseret vand efter en kold passivering. De kasserede bade behandles sædvanligvis i eget renseanlæg, da koncentrationen af metal er lav.

3.2.10 Diverse processer

Chromatholdige opløsninger kan også anvendes til passivering af stål, messing og kobber, men disse processer har meget lille udbredelse i Danmark, og det er vanskeligt at kvantificere udbredelsen og produktionsomfanget. Det vurderes, at chromforbruget til disse processer er negligeabelt sammenlignet med de øvrige processer beskrevet i denne undersøgelse.

3.3 Farvepigmenter i maling og plast

Visse chromforbindelser anvendes som farvepigmenter i maling og plast. Der er primært tale om chrom(III)oxider, men også chrom(VI)oxider samt forskellige former for chromater anvendes. Ifølge Produktregistrets registreringer forventede industrien at anvende i alt over 80 forskellige chromforbindelser i pigmenter i 2001 (Produktregistret, 2001). Ifølge Den Danske Farve- og Lakindustri er forbruget af de hexavalente chromforbindelser faldende eller stagnerende på et lavt niveau, mens trivalent chrom anvendes bredt i branchen (FDFL, 2002). Samtaler med producenter af pigmenter bekræfter, at forbruget af hexavalente chromforbindelser er faldet kraftigt de seneste år (Liebeck Chem A/S, 2002; Scan-Rep ApS, 2002; Burcharth's Farve- og Lakfabrik A/S, 2002). Eksempelvis havde en producent stoppet med at anvende bly(II)chromat i år 2000, hvor forbruget tidligere havde ligget på 5-10 ton årligt (Burcharth's Farve- og Lakfabrik A/S, 2002).

Tidligere anvendtes de hexavalente chromforbindelser hovedsagligt i industrimalinger og lakker til konstruktioner i metal (Huse *et al.*, 1992). Som pigment anvendes chrom(III)oxid til at frembringe grønne farver og bly(II)chromat til gule, orange og røde farver. Chrom(III)oxid er modstandsdygtig over for atmosfæriske forhold samt varme og anvendes derfor som farvestof i glas- og keramikindustrien og i printerblæk (Ullmann, 2002).

Blychromater har gode egenskaber som pigmenter. Standardchromaten, PbCrO_4 , fremstilles ved udfældning, hvor opløsninger af blyacetat eller blynitrat tilsættes kalium- eller natriumdichromat. Gradueringer af farver opnås ved at variere typen af blychromat (dobbeltsalte og krystalvand), som anvendes, eller fremstillingsprocessen (Encyclopædia Britannica, 2002). Bly(II)chromat anvendes primært i maritime og industrielle malingsprodukter. Forbruget af bly(II)chromat i malingsprodukter på det danske marked er på voldsom retur, men anvendes stadig i produkter til eksport til visse lande (Hempel, 2002).

Tidligere har blychromat været anvendt i rød vejmarkering af cykelstibaner. Det har ikke været tilladt at anvende det til dette formål i Danmark i adskillige år, men frem til 2001 har det været tilladt at anvende det til eksport. Anvendelsen har frem til stoppet været under 1 ton blychromat pr. år (LKF Vejmarkering, 2002).

Samlet vurderes det, at der i dag sælges lidt over 1 ton bly(II)chromat årligt i Danmark til farve- og lakindustrien, hvor situationen for bare 2-3 år siden var, at der blev solgt 10 gange så store mængder (Andreas Jennow A/S, 2002). I dag hentes chromater kun hjem som bestillingsvare, hvis kunderne har tilladelse til at anvende varen.

Chromjernoxyd kan anvendes som varmemestabil brunt pigment i f.eks. ovlak (Ullmann, 2002). Det har ikke været muligt at finde oplysninger om, at det anvendes til dette formål i Danmark i dag. Derfor vurderes det, at hvis det anvendes til dette, må der være tale om små mængder.

Chromater af især zink, men også af natrium, kalium, strontium, ammonium og barium blev tidligere anvendt som rustbeskytter i maling. I dag findes der alternativer til chromaterne, og anvendelse er derfor stærkt på retur (Hempel, 2002).

Årsagen til faldet i brugen af chromater i pigmenter skyldes jævnfør kapitel 1, at chromater bl.a. anses for at være kræftfremkaldende. Derfor stilles der krav om mærkning af produkter, som indeholder chromater, samt krav til håndtering af disse produkter.

Produktregistrets oplysninger om anmeldte⁸ stoffer (chromholdige) i aktive produkter fremgår af bilag D. Af hensyn til Produktregistrets regler om fortrolige oplysninger er kun de stoffer, som indgår i anvendelser fra mere end tre producenter, medtaget.

Som det fremgår af bilag D, anvendes chrom i flere typer af pigment og i meget varierende koncentration. Der kan være tale om, at tilstedeværelsen af chrom i enkelte af anvendelserne skyldes andre funktioner, end at det indgår som pigment, f.eks. som rustbeskytter. Det har ikke været muligt at få detaljerede oplysninger om årsagerne til tilstedeværelsen af forskellige chromforbindelser i de enkelte anvendelser.

I Tabel 3.10 er chromindholdet i maling og pigmenter vurderet.

⁸ Anmeldte stoffer i aktive produkter er de stoffer, som producenterne har oplyst til Produktregistret, at de forventer at anvende. Der kan være tale om, at flere af stofferne ikke længere anvendes, men stadig fremgår af listen, da anmeldelser om stoffer overføres fra det foregående år, hvis andet ikke er oplyst af producenterne.

Tabel 3.10
 Import, eksport, produktion og forsyning af chromholdige malinger og pigmenter
 1998-2000 (Danmarks Statistik, 2001b).

Produkttype	Import ton/år	Eksport ton/år	Produktion ton/år	Forsyning ton/år	Chrommængder ¹ ton/år
Maling og lakker, opløst i ikke-vandigt medie	15.803	49.224	74.905	41.484	0,5-31
Maling og lakker opløst i vandigt medie	12.747	15.763	53.672	50.656	0,5-38
Maling og pigment til farvning af læder	756	937	580	399	0-0,5
Pigmenter dispergeret i ikke-vandige medier	1.985	466	517	2.037	5-15,5
Andre farvestoffer; uorganiske produkter af den art, der anvendes som luminophorer, også kemisk definerede pigmenter og præparater på basis af chromforbindelser	380	74	23	330	1-2,5
Porcelæns-, glas- og emaljefarver	2.101	506	0	1.596	4-12
Substratpigmenter	20	1	0	18	0,1-0,2
Kunstnerfarver	971	554	166	583	1,5-4,5
Trykfarver, blæk, tusch og lignende farver	9.528	6.499	13.428	16.456	0-12,5
Samlet					12,6-116,7

1. Vurderingen af chrommængderne er lavet ud fra oplysninger fra Danmarks Statistik og Produktregistret samt samtaler med personer inden for branchen. Det er vurderet, at mellem 0 og 5% af alle malinger og pigmenter indeholder chrom, og derfor er middelværdien 2,5% valgt. Indholdet af pigment i malingerne er vurderet på baggrund af (Poulsen *et al.*, 2002) til at være mellem 0,5 og 10%. Chromindholdet i selve pigmentet er vurderet ud fra chromindholdet i chromforbindelserne i bilag D til at være 10-30%.

Forbruget af chrom fremgår af ovenstående tabel til at være mellem 12,6 og 116,7 ton, heraf vurderes det, at 1-2 ton er chrom(VI). Indholdet af chrompigmenter i importerede varer/produkter er ikke vurderet.

Undersøgelser har vist, at der er et væsentligt spild i forbindelse med malingsarbejder. På grundlag af Poulsen *et al.* (2002) vurderes det, at 5-30% ender som affald, som antages at komme til forbrænding og at 0,2-11% ender i kloakken. Det betyder, at emissionen af chrom til spildevand kan estimeres til 0,03-13 ton chrom, hvoraf 0,002-0,2 ton vurderes at være chrom(VI). Samtidig ender 0,6-35 ton chrom til forbrænding, hvoraf 0,05-0,6 ton vurderes at være chrom(VI).

3.3.1 Chromholdige pigmenter i plast

Plastprodukter kan også indeholde chrombaserede pigmenter. En schweizisk undersøgelse af bl.a. ca. 500 plasttyper viste, at 20% af PVC typerne, 11% af PP typerne og 4% af PE typerne indeholdt 100-1.000 mg chrom pr. kg (Bundesamt für Umwelt, 1995).

Tidligere blev blychromater anvendt som pigment i plastprodukter til klare røde, gule og grønne farver. I løbet af 90'erne er anvendelsen af blychromater i plast erstattet af organiske pigmenter uden indhold af chrom (PVC Informationsrådet, 1999). Det tyder på, at chrom ikke indgår i pigmenter i plast i dag, men det har ikke været muligt at få bekræftelse på dette (PVC Informationskontoret, 2002; Plastindustrien i Danmark, 2002). Chrom kan forekomme i glasfiberforstærket plast, men stammer her sandsynligvis fra glasfiberen (Plastindustrien i Danmark, 2002a).

Det vurderes på denne baggrund, at chrom sandsynligvis i dag ikke indgår i dansk producerede plastprodukter som pigment. Det kan dog ikke udelukkes, at importerede plastprodukter kan være pigmenterede med chromholdige pigmenter. Denne mængde er ikke kvantificeret.

3.4 Imprægneringsmiddel/Træbeskyttelse

Chrom i form af chromater og chrom(VI)oxid har tidligere i stort omfang været anvendt i træindustrien til beskyttelse af træ mod svamp og insekter. Chroms formål er primært at fiksere de øvrige aktive stoffer (arsenat, borat, fluorid, kobber etc.). I årene 1993 til 1997 produceredes i størrelsesordenen 115.000-145.000 ton chromholdigt træ (Hansen *et al.*, 2000).

Gennem frivillige aftaler er brugen af chromholdige imprægneringsmidler i Danmark blevet reduceret voldsomt, og siden januar 1997 har det kun været muligt at få godkendelse til at bruge chromholdige midler ved dispensation. Siden 1997 har der kun været enkelte producenter, som har haft dispensation til at anvende henholdsvis CCB- (kobber, chrom og bor) og CCP-midler (kobber, chrom og fosfat). I 1998 var produktionsmængden af chromholdigt træ således 17.300 ton, hvortil der anvendtes ca. 37 ton chrom. Produktionsmængden svarede til ca. 12% af den samlede produktion af trykimprægneret træ (Hansen *et al.*, 2000). Ved udgangen af 1999 var der kun en enkelt producent, som havde dispensation til at benytte CCP-midler (Dansk Imprægneringsstatistik, 2000). En del af det imprægnerede træ, som importeres, kan til gengæld stadig indeholde chromholdige midler. I 1998 importeredes der næsten 60 ton chrom gennem trykimprægneret træ ifølge (Hansen *et al.*, 2000).

Salget af chromholdige træbeskyttelsesmidler i Danmark har ifølge Miljøstyrelsens Bekæmpelsesmiddelstatistik været faldende for årene 1998-2000 (Miljøstyrelsen, 2001a). Dette stemmer overens med, at antallet af producenter, som har dispensation til at anvende chrom til imprægnering, er faldet i samme periode. I Tabel 3.11 fremgår salget af træbeskyttelsesmidler for årene 1998-2000.

Tabel 3.11
Salg af chromholdige træbeskyttelsesmidler (Miljøstyrelsen, 2001a).

År	1998	1999	2000	Gennemsnit
Enhed	kg	kg	kg	kg
Dichromat	45.197	37.260	27.796	36.751
Heraf er andelen af chrom 24,07% svarede til følgende mængder:				
Chrom	10.880	8.970	6.691	8.847

Salget af træbeskyttelsesmidler i 1998 ifølge (Miljøstyrelsen, 2001a) er væsentligt mindre end den mængde, som anvendtes ifølge Hansen *et al.* (2000). Det kan skyldes, at ikke alle mængder er blevet indberettet, eller at mængderne anvendt i produktionen har været indkøbt de foregående år og ligget på lager. Import af trykimprægneret er ikke kortlagt.

Tabel 3.12
Forsyningen af chrom i trykimprægneret træ i 1998 i ton (Hansen *et al.*, 2000).

Produktion	Import	Eksport	Forsyning
36,7	59,4	27,3	68,7

Det vurderes på baggrund af salgsmængderne i Tabel 3.11, at produktionen er faldet 20% siden 1998 og derved også eksporten, mens importen vurderes at være uændret. I Tabel 3.13 er angivet en vurdering af den gennemsnitlige forsyning af chrom gennem trykimprægneret træ for perioden 1998-2000.

Tabel 3.13

Vurderet gennemsnitlig forsyning af chrom i trykimprægneret træ i 1998-2000 i ton.

Produktion	Import	Eksport	Forsyning
30	60	25	65

Imprægneret træ har på grund af sin beskyttelse mod nedbrydning ofte et langt livsforløb. Dette betyder, at imprægneret træ, som blev fremstillet for op imod et halvt århundrede siden, først nu er begyndt at blive bortskaffet.

Der er for få år siden lavet et større udredningsarbejde om anvendelsen af chromimprægneret træ i Danmark gennem 40 år (Hansen *et al.*, 2000). Heri vurderes det, at trykimprægneret træ til anlæg, byggeri og udemiljøer i gennemsnit har en funktionel levetid på omkring 40 år. Det vurderes videre, at dertil skal lægges ca. 10 år, fordi en del trykimprægneret træ genanvendes. Det skal bemærkes, at der er store udsving på funktionstiden for trykimprægneret træ, f.eks. kan bygningskomponenter have en funktionstid på 100 år, mens den store gruppe af hegnspæle, terrassebrædder o. lign. kan have en funktionstid på 30-40 år (Hansen *et al.*, 2000).

I brugsfasen afgiver det trykimprægnede træ chrom til miljøet. Den afgivne mængde afhænger af mange faktorer, herunder hvor udsat træet er for vand og nedbør. Det vurderes, at emission til luft, når det imprægnede træ tørrer, er lille og derfor ikke vurderet. Der findes kun sparsomme undersøgelser om afgivelsen af chrom til miljøet i brugsfasen. Det vurderes på baggrund af Hansen *et al.* (2000), at der sker en emission til jord og vandmiljøet på 1-2% chrom årligt. Udvaskningen til vandmiljøet sker primært i løbet af de første par år. Emissionen til vand estimeres til at være i størrelsesordenen 0,3-0,6 ton chrom(VI) årligt. Emissionen til jord estimeres til at være tilsvarende.

I Tabel 3.14 er affaldsmængderne af chromholdigt imprægneret træ opgjort for 1998-2000.

Tabel 3.14

Beregnete affaldsmængder af chromholdigt imprægneret træ for årene 1998-2000 (Hansen *et al.*, 2000).

År Enhed	Oparbejdet affald ton	Deponi ton	Forbrænding ton	Genbrug ton	Total Affald ton
1998	2.886	10.926	2.049	683	16.543
1999	2.984	9.105	1.707	569	14.365
2000	3.061	11.169	2.094	698	17.022
Gennemsnit	2.977	10.400	1.950	650	15.977

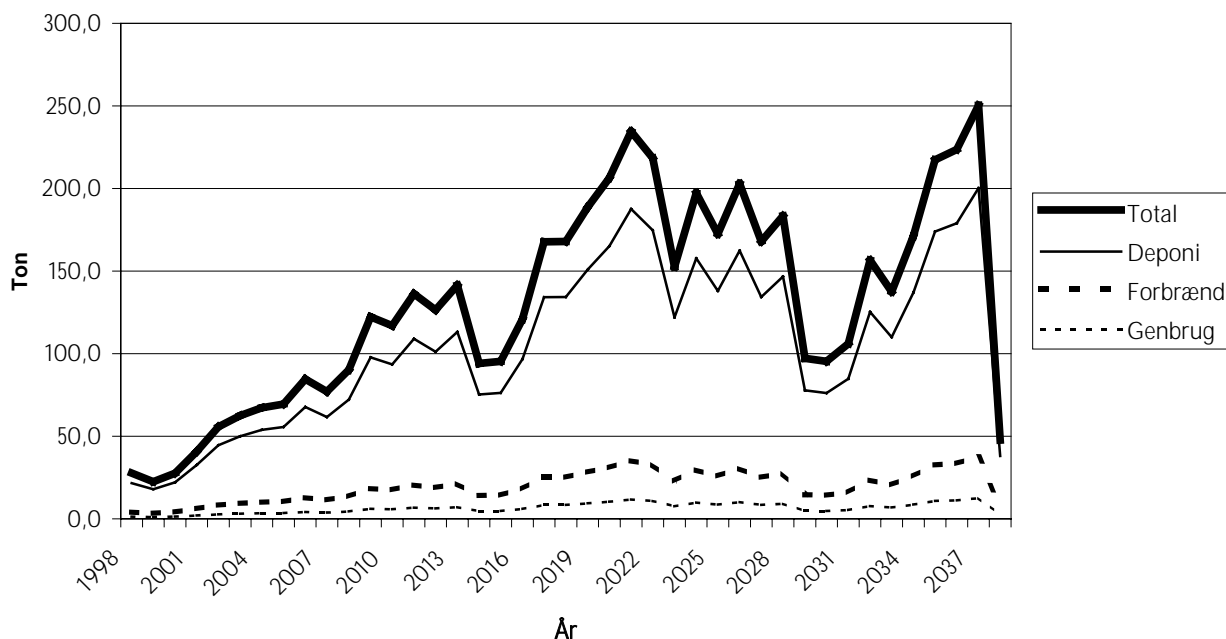
De beregnede affaldsmængder er fundet ud fra antagelser om, at 70% af det imprægnede træ har en funktionstid på 40 år og resten en funktionstid på 25 år. Videre antages der et spild på 2% i produktion, som ender som oparbejdet affald (Hansen *et al.*, 2000).

Ifølge undersøgelsens fremskrivninger af affaldsmængderne medfører det en samlet transport af chrom til henholdsvis oparbejdet affald, deponi, forbrænding og genbrug i størrelsesordenen 26 ton. Omregningen til chrommængder svarer til ca. 0,2% af mængden af træ (Hansen *et al.*, 2000). I Tabel 3.15 fremgår fordelingen mellem forskellige typer af affaldsbehandling.

Tabel 3.15
 Chrom fra imprægneret træ til deponi, forbrænding, genbrug og oparbejdet affald
 (Hansen *et al.*, 2000).

År	Deponi kg	Forbrænding kg	Genbrug kg	Oparbejdet affald kg	Total kg
1998	21.568	4.044	1.348	734	27.694
1999	17.974	3.370	1.123	0	22.467
2000	22.048	4.134	1.378	0	27.560
Gennemsnit	20.530	3.849	1.283	245	25.907

Selv om træ i dag kun i små mængder trykimprægneres med chrom, vil chromindholdet i affaldsmængderne af trykimprægneret træ stige i de kommende år. Det skyldes den tidligere nævnte lange anvendelsestid for trykimprægneret træ. Som det fremgår af Figur 3.1, vil chromindholdet i affald af trykimprægneret træ stige frem til slutningen af 2030'erne, hvorefter det vil falde voldsomt til i nærheden af det nuværende niveau. Faldet på kurven omkring 2030 og den efterfølgende kraftige stigning kan skyldes, at producenterne frivilligt har udfaset brugen af chromholdige imprægneringsmidler, og at lagrene skulle nå at anvendes, inden midlerne blev forbudt i 1997.



Figur 3.1
 Fremskrivning i chromindholdet i affald af trykimprægneret træ samt fordeling på deponi, forbrænding og genbrug (udarbejdet på baggrund af Hansen *et al.*, 2000).

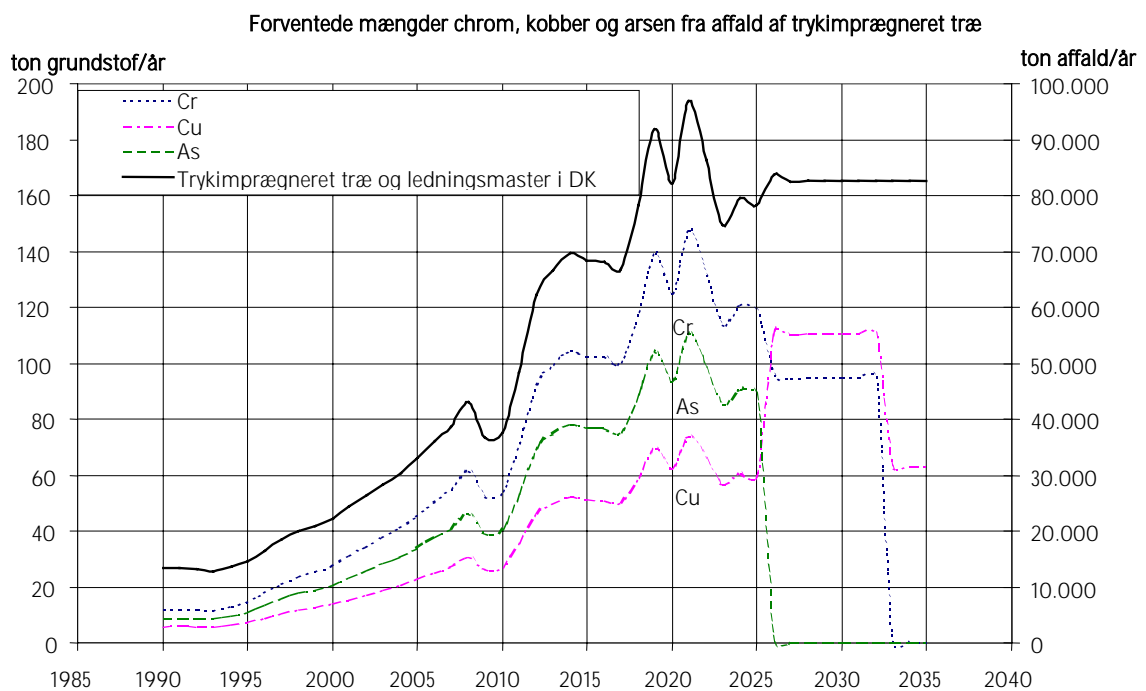
Oparbejdet affald er ikke medtaget i ovenstående figur, men der er tale om mængder i størrelsesordenen et halvt ton.

I Figur 3.1 er ikke medregnet den mængde chromholdigt trykimprægneret træ, som bortskaffes på uautoriserede måder. Det må forventes, at en ukendt del af affaldet fra private husholdninger bortskaffes ved ukontrolleret deponi, haveafbrænding og gennem afbrænding i brændeovne.

De senere år har der været større fokus på trykimprægneret træ, og siden april 2001 har det som et forsøg været et krav, at alt trykimprægneret træ skal

afleveres på genbrugspladser (R98, 2002). Dette må betyde, såfremt kravet bliver permanent, at størrelsen af den uautoriserede bortskaffelse vil være faldende i de kommende år. Kommunekemi A/S har planer om at etablere et anlæg til behandling af imprægneret træ, som de forventer at påbegynde etableringen af inden for et år. Anlægget vil via en forgasningsproces adskille tungmetallerne fra træet, således at metallerne kan oparbejdes og evt. genanvendes (Kommunekemi, 2002a; b). Det kan derfor forventes, at mængden af imprægneret træ, der ender på deponi, vil falde, hvis anlægget etableres.

I forbindelse med en undersøgelse af metoder til behandling af forskellige typer af tungmetalholdigt affald blev bl.a. chromindholdet i affald af trykimprægneret træ ligeledes forsøgt fremskrevet (Malmgren-Hansen *et al.*, 1999). Nedenstående Figur 3.2 viser resultaterne af fremskrivningen. Udviklingstendensen er tilnærmelsesvis det samme som for de kommende tyve år, dog forventes mængderne at ligge væsentligt lavere - i størrelsesordenen 50-60% - af mængderne opgjort i Figur 3.1. I fremskrivningen længere frem adskiller figurene sig væsentligt fra hinanden. Det illustrerer den store usikkerhed, som en sådan fremskrivning er forbundet med.



Figur 3.2
Fremskrivning af chrom-, kobber- og arsenindholdet i affald af trykimprægneret træ, samt de samlede affaldsmængder af trykimprægneret træ (Malmgren-Hansen *et al.*, 1999).

3.5 Chrom anvendt som korrosionsinhibitor

Chromholdige korrosionsinhibitorer bestående af natriumdichromat (Cr(VI)) skulle ifølge det tekniske leksikon Ullmann blive anvendt i køletårne og som tilsætning til olieledninger i forbindelse med transport af råolie (Ullmann, 2002).

Imidlertid viser det sig, at chromholdige korrosionsinhibitorforbindelser ikke mere anvendes til køletårne i Danmark. Chromforbindelser har tidligere været anvendt i åbne køletårne, men de blev udfaset på grund af den aerosoldannelse, der er i forbindelse med åbne køletårne og dermed emission af de opløste Cr(VI) forbindelser (FORCE Institutet, 2002).

Også anvendelsen af chromholdige korrosionsinhibitorer ved transport af råolie i rørledninger er i dag mere eller mindre ophørt. Ved transporten af olie anvendes forskellige hjælpekemikalier udover de kemikalier, der anvendes ved udvindingen af olie, men i dag drejer det sig generelt ikke om chromholdige produkter (FORCE Institutet, 2002).

VKI Institut for Vandmiljø foretog i 1999 en miljøvurdering af de hjælpekemikalier, som Dansk Olie og Naturgas A/S (DONG) anvendte i 1998 ved transporten af råolie fra Nordsøen til Fredericia olieterminal (Rasmussen *et al.*, 2000). Leverandørerne af kemikalier til DONG afleverede i den forbindelse fortrolige oplysninger til VKI om indholdsstoffer i de kemiske produkter, der blev anvendt ved olietransporten, og ingen af de vurderede kemiske produkter indeholdt ifølge leverandørernes oplysninger chrom. DONG oplyser, at der i dag ikke anvendes kemiske produkter, som adskiller sig fra de kemiske produkter, der indgik i VKIs undersøgelse af kemiske produkter anvendt i 1998 (DONG, 2002a). På den baggrund vurderes det, at der ikke anvendes chrom som korrosionsinhibitor i danske installationer til transport af råolie.

3.6 Garvning /læder

Da chrom anvendes til lædergarvning, og chromgarvet læder indeholder chrom, har import, eksport og produktion af læder og lædervarer betydning for chroms massebalance i Danmark. Det er især chrom(III)forbindelser, der anvendes til lædergarvning.

3.6.1 Lædergarvning

Der var i 1999 et enkelt garveri i Danmark, som udførte chromgarvning af læder, Elmo læder i Svendborg, men man ophørte med chromgarvning i august 1999 og er siden fortsat udelukkende med organisk garvning (Elmo Leather, 2002). Ifølge flere branchekyndige er der ikke andre fungerende garverier i Danmark (Teknologisk Institut, 2002b; Thomsen, 2002), men muligvis et par forskningsgarverier, som ikke anvender chrom (Elmo Leather, 2002).

Forsyningen af syntetiske uorganiske garvestoffer var i perioden 1998-2000 ifølge Danmarks Statistik i gennemsnit 164 ton/år, fordelt med 243, 145 og 105 ton/år. Ifølge Elmo passer denne mængde nogenlunde med deres forbrug i ca. 8 måneder af 1999 (ca. 170 ton basisk chrom(III)sulfat). Det større forbrug i 1998, et helt år, kan også forklares ved forbruget hos Elmo, mens forsyningen i 2000 på 105 ton ikke umiddelbart kan forklares. Omregnet svarer Elmos mængde i 1999 til 40 ton Cr_2O_3 /år eller 27 ton Cr(III)/år. Af denne mængde gik 1% svarende til 0,272 ton Cr(III)/år til rensningsanlægget, hvor det hovedsageligt endte i slammet, mens resten endte i læderet (Elmo Leather, 2002). Der er også en mindre mængde chrom i spildevandet, ca. 0,02 ton Cr(III)/år fra anvendelsen af metalkompleksfarvestoffer (Elmo Leather, 2002).

Fra flere kilder er det oplyst, at et meget stort nyt garveri er etableret på Fyn (Teknologisk Institut, 2002b). Her vil man bl.a. anvende chromgarvning, og det nye garveri kan derfor få betydning for chroms massebalance i Danmark fremover.

3.6.2 Læder i færdige produkter

Læder importeres enten som en del af et færdigt produkt (sko, tasker) eller som mere eller mindre forarbejdede skind, der så anvendes til fremstillingen af produkter i Danmark.

Læder anvendes typisk i en række produkter:

- Fodbeklædning: sko, støvler, sandaler
- Handsker: modehandsker, arbejdshandsker
- Skindtøj: skindjakker, skindbukser, skindnederdele, skindveste, skindtoppe, skindkjoler
- Møbler: sofaer og stole
- Tasker og kufferter, håndtasker, toilettasker, dametasker
- Punge
- Bælter
- Sadler til heste og cykler
- Andre lædervarer, skindbetrukne emner, læderinteriør til biler

I det følgende er chroms massebalance med de læderemner, der vurderes at have størst betydning for den samlede massebalance, vurderet.

3.6.2.1 Fodbeklædning

En del skotyper indeholder typisk læder: modesko, arbejdssko, hverdagssko, støvler, sportsko (aerobic, fodbold, indendørs). Hovedsageligt overlæder, men i enkelte tilfælde også såler (modesko). Mens overlæder i næsten alle tilfælde er chromgarvet (Danmarks Skohandlerforening, 2002), er skosåler af læder til herresko ofte af organisk garvet læder. Dameskosåler af læder er typisk af chromgarvet læder (Shoes-international, 2002). Der bliver solgt omkring 24-25 mio. par sko (inkluderer alt, også sportssko, gummistøvler, sandaler etc.) om året herhjemme (Danmarks Skohandlerforening, 2002). Det svarer til 4,5-4,7 par pr. person pr. år. Et løst overslag fra branchen er, at ca. 15.000.000 (interval her sat til 13.000.000-18.000.000) (Danmarks Skohandlerforening, 2002) par af disse er lædersko.

Langt størstedelen af skoene, der sælges på det danske marked, er importerede (Danmarks Skohandlerforening, 2002). Ecco, der med 10,5 mio. par/år er langt den største danske producent, og som har et betydeligt salg i Danmark, producerer kun en mindre mængde sko i Danmark, ca. 260.000-520.000 par/år (ECCO Danmark, 2002). Jacoform sko, som, så vidt vides, er den eneste anden danske producent af betydning (Danmarks Skohandlerforening, 2002), producerer kun omkring 150.000-170.000 par/år. Den danske produktion af lædersko antages således at være i alt omkring 410.000-690.000 par sko/år.

Forsyningen til Danmark med lædersko, beregnet ud fra data fra Danmarks Statistik, er en del mindre end de af branchen skønnede 15 mio. lædersko. Dette på trods af, at opgørelsesmetoden, som Danmarks Statistik benytter, indebærer en risiko for overestimering af forsyningen. Ifølge Danmarks Statistiks kontor for varestatistik registreres produktion, der er foretaget for et

dansk firma, men uden for Danmark, som dansk produktion (salg af danske produkter), hvis råvarerne kommer fra Danmark. Samtidig registreres samme vare som import, hvis den sendes til Danmark fra det udenlandske produktionssted. Det betyder, at den pågældende vare tæller dobbelt i forsyningen.

Tabel 3.16
Forsyningen med lædersko (1998-2000) ifølge Danmarks statistik.

Vare	Import par/år	Eksport par/år	Produktion par/år	Forsyning par/år
Sko og støvler med overdel i læder	13.662.230	8.295.437	2.728.557	8.093.623
Sandaler i læder	2.549.262	1.160.885	1.392.740	2.781.117
Sko helt i læder	1.136.134	211.628	179.391	1.103.897
I alt	17.347.626	9.667.950	4.300.689	11.978.637

Ud fra statistikken og oplysninger fra branchen tages der udgangspunkt i en forsyning til det danske marked på 10.000.000-15.000.000 par lædersko/år med en fordeling mellem sko og sandaler som for forsyningen angivet i nedenstående tabel.

Tabel 3.17
Maksimum og minimum forsyning fordelt på sko og sandaler.

	Fordeling	Forsyning par sko/år	
		min	max
Sko og støvler med overdel i læder	68%	6.756.714	10.135.072
Sandaler i læder	23%	2.321.730	3.482.596
Sko helt i læder	9%	921.555	1.382.333
I alt		10.000.000	15.000.000

Ud fra samtaler med industrien (ECCO Danmark, 2002; Jacoform Sko, 2002) er det klarlagt, at et par sko normalt indeholder omkring 261-378 g overlæder, mens sandaler normalt indeholder omkring 194-281 g. En del sandaler indeholder formodentligt en del mindre læder end dette i selve remmene, men til gengæld har en del damesandaler lædersåler, der formodentligt er chromgarvede (Shoes-international, 2002). Det antages, at herresko med læderydersål har vegetabilsk garvede ydersåler, men at alt andet læder anvendt i sko er chromgarvet.

Den samlede forsyning med chromgarvet læder til Danmark med sko er således vurderet at være 2.455-5.338 ton Cr-læder/år.

Chromindholdet i skolæder er estimeret til at være 2,2%-5,0% vægt/vægt Cr_2O_3 , men gennemsnittet er formodentligt omkring 3% vægt/vægt Cr_2O_3 eller 2% Cr (Rydin, 2002). Tages der udgangspunkt i det gennemsnitlige chromindhold, kan den samlede forsyning af chrom med sko til Danmark vurderes at være 50-109 ton Cr/år.

Miljøstyrelsen har målt Cr(VI) i koncentrationer over 3 mg/kg i to ud af fem par sko og en maksimal koncentration af Cr(VI) på 10,4 mg/kg læder. Det svarer til et gennemsnit på omkring 4-5 mg Cr(VI)/kg. Herudfra kan forsyningen med Cr(VI) med sko beregnes til at være 0,011-0,024 ton Cr(VI)/år. Så godt som al chrom med sko er altså Cr(III).

Levetiden for sko er ret kort, hvilket kan ses af det antal, der årligt købes af danskere, så det antages, at der bortskaffes en mængde svarende til forsyningen. Denne mængde forventes at blive bortskaffet til forbrænding.

3.6.2.2 Handsker, tøj, bæltter og remme

Der er en vis forsyning af handsker, tøj, bæltter og remme af læder til Danmark. Lædermængdemæssigt udgøres den største del af forsyningen af lædertøj og arbejdshandsker. Der er en meget lille produktion af disse emner i Danmark, og læderet importeres normalt.

Ifølge Handskemagerlauget er 90% af alle handsker chromgarvede, og det nødvendige chromindhold er 2-2,2% Cr_2O_3 (1,36-1,50% Cr(III)) (Handskemagerlauget / Randers Handsker, 2002). Miljøstyrelsen har imidlertid målt højere indhold - 4,4% Cr_2O_3 eller 3,0% Cr - i tøj og handsker (Rydin, 2002), og da næsten alle lædervarer er importerede, regnes her med disse tal som et gennemsnitligt indhold på for alle lædervarer.

Tabel 3.18
Forsyning med lædervarer (1998-2000) ifølge Danmarks Statistik.

KN uh	Vare	Import ton/år	Eksport ton/år	Produktion ton/år	Forsyning ton/år
42031000	Tøj af læder	1.011	591	3	423
42032100	Sportshandsker af læder	20	5	1	15
42032910	Arbejdshandsker af læder	1.592	848	0	744
42032991	Handsker til mænd	35	10	1	27
42032999	Handsker til kvinder	48	15	1	35
42033000	Bæltter og skulderremme	155	65	0	89
		2.861	1.533	5	1.333

Det antages, at 90% af læderet er chromgarvet, og den samlede forsyning med handsker, bæltter, tøj og remme var således 32-39 ton Cr/år, heraf 0,005-0,007 ton Cr(VI), resten Cr(III).

En del lædertøj går til genbrug, hvilket kan forlænge læderets opholdstid i samfundet, men ultimativt bortskaffes det til forbrænding som andet tøj. Genbrugsorganisationerne sender typisk ikke tøj ud af Danmark (Folkekirkens Nødhjælp, 2002), men sælger det til genbrug eller bortskaffer det til forbrænding. Det vurderes, at bortskaffelsen af læder i handsker, tøj, bæltter og remme til forbrænding svarer til forsyningen.

3.6.2.3 Møbler

Til møbler anvendes mest chromgarvet læder, der føles blødere end vegetabilsk garvet læder. Vegetabilsk garvet læder anvendes kun i mindre omfang og mest til hårde polstringer (Design Møbler, 2002).

Hos Danmarks Statistik er møbler ikke opdelt efter materiale i polstringen. Derfor er vurderingerne her baseret på samtaler med folk i branchen. Der er ikke nogen central viden om salget af lædermøbler i Danmark hos foreningen Dansk Møbelindustri eller hos Møbelhandlerne Centralforening, som repræsenterer 300 møbelhandlere, der har 80% af møbelsalget til private. Sidstnævnte kunne dog oplyse, at hoveddelen af læder i lædermøbler er chromgarvet, men at man typisk ikke kender chromindholdet (Møbelhandlerne Centralforening, 2002).

En stor dansk møbelforhandler, med ca. 24% af markedet, sælger omkring 24.000 stk. 2+3 lædersofasæt og vurderer, at der samlet sælges 100.000 stk. 2+3 lædersofasæt i Danmark om året (Inbodan, Idé Møbler, 2002). Det mest solgte lædermøbel, omkring 90% af alle lædermøbler, er sofasæt (Actona, 2002), og lædermængdemæssigt udgør det størstedelen af læder solgt med møbler i Danmark. De resterende 10% (antal) regnes her som hvilestole, der er et andet populært lædermøbel.

Hvert sofasæt 2+3 indeholder 250 kvadratfod læder (Inbodan, Idé Møbler, 2002; Actona, 2002), mens en hvilestol indeholder 50-60 kvadratfod læder, og der sælges således omkring 30 mio. kvadratfod læder i lædermøbler om året i Danmark. Med en tykkelse på 1-1,5 mm (Elmo AB, 2002) og en densitet på 0,86-1,02 ton/m³ (Perry *et al.*, 1997) er det 2.361-4.359 ton læder/år. Hvis det, som skønnet i branchen, antages, at en stor del af dette er chromgarvet (80%-100%), og at indholdet er 3,0%-5,0% Cr₂O₃, er forsyningen af chrom i læder med lædermøbler i Danmark omkring 51-119 ton Cr/år.

Lædermøbler forventes at blive bortskaffet som brændbart affald. Lædermøbler udskiftes i Danmark oftere end i andre lande, og det vurderes, at der bortskaffes mængder svarende til forsyningen.

3.6.2.4 Tasker

Fra Danmarks Statistik haves information om forsyningen af kufferter, tasker og punge med yderside af læder.

Tabel 3.19
Forsyningen med kufferter, mapper, tasker og punge (1998-2000) ifølge Danmarks Statistik.

KN uh	Vare	Import ton/år	Eksport ton/år	Produktion ton/år	Forsyning ton/år
4202 11	Kufferter og mapper af læder	388	146	0	242
4202 21 00	Håndtasker af læder	249	28	3	224
4202 31 00	Punge og etuier	235	39	0	197

Det har ikke været muligt at skaffe præcise oplysninger om andelen af chromgarvet læder, men en større dansk producent af lædertasker og punge, Adax, anvender kun vegetabilsk garvet læder i deres produkter (Adax, 2002). Da der samtidig gælder, at taskelæder normalt ikke behøver at være specielt blødt, antages det, at en større del af læder i kufferter og tasker er vegetabilskgarvet (70%-80%). For punge og etuier antages en større andel af chromgarvet læder (50%-80%). Andelen af læder i emnerne er sat til 70%-90%, og chromindholdet i læderet i gennemsnit som for tøj, bæltter og remme. Det giver en forsyning til Danmark på 4,0-8,0 ton Cr/år med kufferter, tasker, punge og etuier. Heraf kan en ganske lille del være Cr(VI), mens resten vil være Cr(III).

3.6.2.5 Sadler og andet

Et hurtigt overslag baseret på befolkningens størrelse og antallet af cykler viser, at den årlige forsyning af læder i cykelsadler formodentlig er omkring 2 ton. Mængden af eventuelt chrom er således meget lille. Hvis alle lædersadler er chromgarvede, er det 0,030-0,090 ton Cr/år. Det forventes, at forsyningen med chrom i andre lædervarer såsom sadler til heste og læderinteriører til biler er begrænset.

3.6.2.6 Læder som råvare

Den læder, som produceres i Danmark, eller som importeres i form af læderråvare til fremstilling af læderprodukter, er medregnet under de forskellige anvendelser og er derfor ikke behandlet i detaljer her. Dog kan det fra Danmarks Statistik uddrages, at der er en vis forsyning med læder som råvare til Danmark. Dette skyldes ifølge statistikken især et salg af egne varer (wet blue chromgarvet læder). Statistikken angiver også et større salg af egne varer i år 2000, hvor der ifølge branchen ikke var nogen produktion, men det kan dreje sig om opmagasinerede varer.

Tabel 3.20
Forsyningen med rå læder (1998-2000) ifølge Danmarks Statistik.

KN uh	Vare	Import ton/år	Eksport ton/år	Produktion ton/år	Forsyning ton/år
4104 10 30	Chromgarvet læder af hest eller hornkvæg	5	1	0	4
4104 22 10	Chromgarvet læder, wet blue	3	239	1.695	1.459

Samlet kan der beregnes en forsyning af chrom med læder på 137-275 ton chrom/år for 1999, og hertil kommer et forbrug til 27 ton chrom/år til læder garvet i Danmark. Forbruget fordeler sig på:

- Læder garvet i Danmark: 27 ton chrom/år
- Sko: 27 ton chrom/år
- Tøj, handsker m.v.: 32-39 ton chrom/år
- Møbler: 51-119 ton chrom/år
- Tasker: 4-8 ton chrom/år
- Sadler o.a.: 0,03-0,09 ton chrom/år

Der er hovedsageligt tale om Cr(III). Tages der udgangspunkt i Miljøstyrelsens målinger, udgør Cr(VI) i en del produkter 0,015% af den samlede chrommængde svarende til 0,016-0,035 ton Cr(VI). Alt dette chrom importeres, langt størstedelen med læderet. Samme mængde kan forventes at blive bortskaffet til forbrænding. Chrom til garvning foretaget i Danmark er indeholdt i dette tal, idet det inkluderer lædervarer solgt i Danmark. I 1999 var der en emission til rensningsanlæg på 0,272 ton Cr(III) fra chromgarvningen.

3.7 Acceleratorer, katalysatorer, hærdere

Ifølge teknisk litteratur (Ullmann, 2002) anvendes chromholdige forbindelser som acceleratorer og katalysatorer i produktionen af en lang række produkter og ifølge Produktregisterets oplysninger som hærdere i selve produkterne. Herunder er gennemgået en række produkter og processer, hvori chrom som accelerator, katalysator eller hærdere er relevant.

3.7.1 Katalysatorer til kemiske processer

Chrom kan katalysere forskellige kemiske processer, der udnyttes i den kemiske industri. Chrom-aluminium katalysatorer anvendes således til dehydrogenering af butan og butadien, til polymerisation af ethylen og til aromatisering af n-alkaner (propan til benzen). Binære oxid katalysatorer indeholdende chrom kan anvendes til hydrogenering, dehydrogenering,

methanolsyntese og shift-reaktion med vanddamp. Chrom kan også bruges som katalysator i heterogen syntese af methanol. I de her nævnte processer er det Cr(III)ionen fra Cr_2O_3 , der har virkning (Ullmann, 2002). Chrom kan også anvendes i Ziegler-Natta katalysatorer, der anvendes til produktion af polymerer (Aalborg Universitet, 2002). Det har ikke været muligt at identificere virksomheder, der i Danmark bruger chrom som katalysatorer til disse eller andre processer (Aalborg Universitet, 2002), (Dansk Plastindustri har ikke kendskab til hvilke virksomheder, der eventuelt anvender chrom katalysatorer (Plastindustrien i Danmark, 2002)), og der sker ingen produktion af råplast i Danmark (Statoil, 2002b). Chrom kan også bruges til crackning af alkaner, men Danmarks eneste raffinaderi, ejet af Statoil og beliggende i Kalundborg, bruger ikke chrom som katalysator (Statoil, 2002).

Data fra Danmarks Statistik viser, at der er en relativt stor forsyning af katalysatorer af andet materiale end nikkel og ædelmetaller i Danmark, men samtidig er der kun registreret få chromholdige katalysatorer i Produktregisteret. Det antages derfor, at størstedelen af katalysatorerne i forsyningen ikke indeholder chrom.

Haldor Topsøe er den eneste katalysatorproducent i Danmark. De producerer katalysatorer med chrom til vandgas shift reaktionen $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + \text{CO}_2$, der anvendes i stor udstrækning i den kemiske industri. 98% af deres katalysatorer eksporteres, og der er ingen store anlæg af denne type i Danmark, men formodentlig nogle små (Aalborg Universitet, 2002). Desværre var det pga. tidspres ikke muligt for Haldor Topsøe at fremkomme med et bud på deres forbrug af chrom og produktion af chromholdig katalysator. Men da chrområvarerne importeres, og de chromholdige katalysatorer hovedsageligt eksporteres, har produktionen i Danmark ikke den store betydning for forsyningen. En konkurrent, ICI-Synetix, laver også katalysatorer til denne reaktion, og deres katalysator, Katalco 71-5, beregnet til højtemperatur shift reaktion, indeholder typisk 9% Fe_2O_3 og < 10 ppm w/w Cr(VI) (Synetix-ICI, 2002a). Dette indhold forventes også at gælde for de dansk-producerede katalysatorer (Aalborg Universitet, 2002). Katalysator til lav temperatur shift reaktion indeholder ikke chrom (Synetix-ICI, 2002b; Aalborg Universitet, 2002). Små anlæg til shift reaktionen forventes at indeholde omkring 25-50 kg katalysator, som udskiftes hver 2-3 år (Aalborg Universitet, 2002). Er der 100 små anlæg i Danmark, bliver det til 61,2-122,4 kg Cr (III)/år.

I Produktregisteret er der angivet en del produkter af typen accelerators og katalysatorer, hvori chrom forekommer. Produkterne indeholder 15,6-52% Cr(VI) som chrom(VI)oxid eller 0,13-0,26% Cr(VI) som strontiumchromat.

Fra Danmarks Statistik haves forsyningen af katalysatorer uden nikkel og ædelmetaller, men chromindholdet er ikke specificeret.

Tabel 3.21
Forsyningen med katalysatorer og reaktionsstartere (1998-2000) ifølge Danmarks Statistik.

KN uh	Vare	Import ton/år	Eksport ton/år	Produktion ton/år	Forsyning ton/år
3815	Reaktionsstartere, reaktionsacceleratorer og katalytiske præparater	1.873	10.928	13.903	4.848
38151910	Katalysatorer på bærestof, i form af korn, ikke nikkel og ædelmetaller	20	113	0	-92
38151990	Katalysatorer på bærestof, ikke korn, ikke nikkel el ædelmetal	575	3.656	4.948	1.867
38159090	Katalysatorer, ikke på bærestof	1.020	5.307	7.320	3.033

Antages det, at 1-2% af forsyningen består af chromholdige katalysatorer, og at de har et chromindhold af type og mængde som angivet i Produktregisteret, bliver forsyningen af chrom med katalysatorer 0,1-100 ton Cr(VI)/år. En ekspert vurderer dog forbruget af chromholdige katalysatorer i Danmark til at være få kg pr. år (Aalborg Universitet, 2002), så det skønnes, at den virkelige forsyning er 0,1-1 ton.

Det vurderes, at tabet til miljøet fra brug af chromholdige katalysatorer er meget lille, langt under 1 kg/år. Dels er anvendelsen lille, og dels bortskaffes katalysatorerne efter al sandsynlighed uden større tab til miljøet, f.eks. til Kommunekemi.

3.7.2 Acceleratorer i plast

Chrom tilsættes tilsyneladende ikke som accelerator til nogen form for plast. (Kemikalieinspektionen Sverige, 1995; Statens Forurensningstilsyn, 1991; Umweltbundesamt, 2000; PVC informationsrådet, 2002), men det kan indgå som urenhed fra produktionen, som det f.eks. er tilfældet med polypropylen og polyethylen (Statens Forurensningstilsyn, 1991; Ullmann, 2002). Mængden, der forekommer som urenheder, antages at være meget små. I forskellige plastemballager har man målt et vist chromindhold: Plastbakker 670 ppm, plastlæg 390 ppm, plasttæske 2500 ppm, ølkasse 2900 ppm, men disse er hovedsageligt associeret til pigmenter (Andreasen *et al.*, 1997). Det vurderes dog som nævnt i afsnit 3.3.1, at chrom ej heller anvendes som pigment i Danmark. Der er tilsyneladende ikke nogen plastsyntese i Danmark (Statoil, 2002; PVC informationsrådet, 2002), men en betydelig import af plastråmateriale til en lang række plastforarbejdende virksomheder.

Tabel 3.22

Forsyningen med polyethylen og polypropylen (1998-2000) ifølge Danmarks Statistik.

KN uh	Vare	Import ton/år	Eksport ton/år	Produktion ton/år	Forsyning ton/år
39012010	Polymerer af ethylen i ubearbejdet form: Polyethylen med densitet 0,94 eller derover: Med indhold af chrom på 2 mg/kg og derunder m.m.	7.337	1.273	0	6.064
39011010	Polyethylen ubearbejdet, lineært, med densitet under 0,94	7.243	1.056	9.157	15.345
39011090	Polyethylen ubearbejdet, ikke lineært, med densitet under 0,94	126.224	11.036	14.369	129.557
39012090	Polyethylen ubearbejdet, med densitet på 0,94 eller derover	62.093	6.583	2.902	58.412
	Polyethylen i alt	202.897	19.947	26.428	209.378
39021000	Polypropylen ubearbejdet, uspec.	150.431	16.141	1.767	136.058

Antages det, at restindholdet af chrom fra katalysatorer maksimalt er 2 mg/kg (den værdi er givet i KN-nummerbeskrivelsen) bliver forsyningen af chrom med uforarbejdet polyethylen og polypropylen således maksimalt 0,69 ton Cr/år.

3.7.3 Acceleratorer i maling

Der anvendes ikke chrom i dansk producerede malinger eller i importerede malinger, som er anmeldt Produktregisteret, udover hvad som måtte være i pigmenter (især chromgult $PbSO_4$, $PbCrO_4$), chromoxidgrønt (Cr_2O_3) og chromgrønt ($PbCrO_4$, $PbSO_4$, $FeNH_4Fe(CN)_6$) (Poulsen *et al.*, 2002). En undersøgelse fra 1996 af indholdet af kemiske stoffer i maling på det svenske marked viser samme resultat (Ahlbom *et al.*, 1996). Heller ikke i litteraturen er der fundet eksempler på chrom i maling udover som pigment (Bielman, 1993). Ikke desto mindre er der i Produktregisteret registreret 13 "maling og lakkhædere" med et vist indhold af chrom. I en del hærdere angives der at være op til 46% Cr som chrom(III)oxid. I de resterende produkter er der små mængder (0-0,46%) af chromatholdige organiske forbindelser (muligvis pigmenter) eller af uorganiske Cr(III) forbindelser. Mængden af chrom i disse produkter er meget lav, og det forventes, at anvendelsen af chrom som pigment fuldstændigt dominerer chromindholdet i maling. Danmarks Statistiks opgørelse af udenrigshandelen fordelt på varer og lande indeholder ingen opgørelse over hærdere til maling (Danmarks Statistik, 1999; 2000; 2001).

3.7.4 Betonhærdere

I Produktregisteret er der anmeldt et produkt i gruppen H1510 Betonhærdere med et indhold af chrom på 0,01% chrom i form af chrom(III)oxid, Cr_2O_3 . Adspurgte i branchen (Cementfabrikkernes tekniske Oplysningskontor, 2002b; Dansk Bykemi, 2002) mener ikke, at der bliver brugt chrom til produkter, som tilsættes beton. Betonhærdere er ikke medtaget i Danmarks Statistik, udenrigshandelen fordelt på varer og lande (Danmarks Statistik, 2001), så forsyningen kendes ikke, men det vurderes, at mængden er meget lille.

3.7.5 Fugemidler

I Produktregisteret er der anmeldt en række chromholdige produkter under U510 Fugemidler. De fleste har et chromindhold på 0-21% Cr i form af chrom(III)oxid. Der kan også indgå andre chromholdige stoffer, men oplysninger herom er fortrolige ifølge Produktregistrets regler. Oplysningerne er dog inddraget i vurderingen af forsyningen.

Tabel 3.23

Chromholdige fugemidler anmeldt hos Produktregisteret. Der er anmeldt yderligere stoffer, men detaljerede oplysninger herom er fortrolige som følge af Produktregistrets regler.

	Produkt	Kemisk stof			Koncentration			
					%		% Cr	
					Min	Max	Min	Max
U0510	Fugemidler (Fugemasse)	1308-38-9	Chrom(III)oxid	III	0	30,00	0	20,53

Ingen steder i litteraturen er der angivet, at chrom skulle anvendes som funktionelt stof i fugemasser (Evans, 1993; Flick, 1978). Adspurgte i branchen mener ikke, at der anvendes chrom i fugemasser i Danmark (FOSROC, 2002). En gennemgang af en lang række sikkerhedsdatablade for fugemasser og tætningsprodukter fra firmaerne 3M, Bostik og Alfix A/S, tilgængelige på Internettet, afslørede ikke noget indhold af chrom i disse produkter (3M, 2002; Bostik A/S, 2002; Alfix A/S, 2002).

Chrom kunne tænkes at indgå som pigment, men man ønsker sjældent de farver, som chromholdige pigmenter kan give i fugemasser, og man har i branchen ikke kendskab til anvendelsen af chrompigmenter til dette formål (FOSROC, 2002; Dansk Bykemi, 2002). Det mest anvendte pigment i fugemasse er TiO_2 (Evans, 1993). Det har ikke været muligt at identificere noget fugemiddel indeholdende chrom(III)oxid eller zinkchromat. Fugemidler kan dog indeholde cement og dermed en mindre mængde chrom (se afsnit 4.2). Antages det, at KN-nummer 32141 Udfyldnings og tætningsmasse er fugemidler, og at indholdet af cement heri er maksimalt 25% med et chromindhold svarende til almindelig chromreduceret cement (under 2 mg Cr(VI)/kg), bliver forsyningen af Cr(VI) med fugemidler maksimalt 0,008 ton Cr/år.

Tabel 3.24

Forsyningen med udfyldnings-, tætnings- og spartelmasser (1998-2000) ifølge Danmarks Statistik.

KN uh	Vare	Import ton/år	Eksport ton/år	Produktion ton/år	Forsyning ton/år
32141010	Udfyldnings og tætningsmasse	13.834	3.486	4.932	15.281
32141090	Spartelmasser til overfladeklargøring	14.308	9.679	6.674	11.303

3.7.6 Spartelmasser

Ligesom med fugemasser indeholder spartelmasser også chromholdig cement. Der anvendes større mængder spartelmasser i forbindelse med gulve og lign. (Gulvspartelmasser, selv nivellerende og ikke selv nivellerende) (Casco, 2002). Herudover viser data fra Produktregisteret, at chrom(III)oxid er en almindelig komponent i spartelmasser med et indhold på op til 21% Cr. Det giver en maksimal forsyning på 2.321 ton Cr(III)/år. Taget i betragtning, at adspurgte i branchen ikke mente, at der blev brugt Cr i spartelmasser, er

denne forsyning ikke realistisk. Ud fra de branchekyndiges afvisning vurderes det, at 1%-2% af denne mængde er mere sandsynlig. Det svarer til 23-46 ton Cr(III)/år. Forsyningen af Cr fra spartelmassernes indhold af cement (sat til 50%) er maksimalt 0,011 ton Cr(VI)/år og 0,18 ton Cr(III)/år. Sammenlagt vurderes forsyningen af Cr med spartelmasser således at være 23-47 ton Cr(III)/år og 0-0,011 ton Cr(VI)/år.

Tabel 3.25

Chromholdige spartelmasser anmeldt hos Produktregisteret. Der er anmeldt yderligere stoffer hos Produktregisteret, men oplysninger herom er fortrolige ifølge Produktregistrets regler.

	Produkt	Antal	Kemisk stof			Koncentration			
						%		% Cr	
						Min	Max	Min	Max
U0520	Spartelmasse	27	1308-38-9	Chrom(III)oxid	III	0	30,00	0	20,53

3.7.7 Lime

Hos Produktregisteret er der registeret en række chromholdige hærder til lime. Indholdet i hærderne er 0-9% Cr, som er uorganiske Cr(III) eller Cr(VI) salte. En gennemgang af en lang række sikkerhedsdatablade for lime fra firmaerne 3M, Bostik og Alfix A/S tilgængelige på Internettet afslørede ikke noget indhold af chrom i disse firmaers produkter (3M, 2002; Bostik A/S, 2002; Alfix A/S, 2002).

Der anvendes dog i begrænset omfang chrom i separate hærder til hvide, vandfaste PVA lime til træbrug (Casco, 2002). Disse lime produceres bl.a. af firmaerne Casco og Dana. Normalt anvendes et aluminiumsalt til hærder til PVA lime, men vandfastheden øges ved anvendelse af Cr-hærder. Hærderen produceres ikke i Danmark (Casco, 2002). Et dansk firma med en betydelig markedsandel (det antages 30%-70%) har beregnet, at de importerer og sælger PVA limhærder svarende til 0,077 ton Cr om året, og den samlede forsyning antages derfor at være omkring 0,11-0,26 ton Cr/år. Ud fra fortrolige oplysningerne fra Produktregisteret at dømme er denne mængde hovedsageligt Cr(III).

3.8 Tekstiler

Chrom forekommer hovedsageligt i tekstiler som en del af et farvestof eller pigment, der er påført tekstilfibrene, som en urenhed i et påført farvestof/pigment eller, hvis der er tale om kunststoffer, som urenheder i kunststoffet.

3.8.1 Chrom i farvestoffer og pigmenter

Chrom forekommer i flere typer farvestoffer og pigmenter som kompleksdannere og som urenheder.

3.8.1.1 Chromfarvestoffer

Chromfarvestoffer anvendes hovedsageligt til uld, men også til silke og polyamid. De virker på den måde, at man udover farvestoffet (ofte et azo-farvestof) tilsætter kaliumdichromat ($K_2Cr_2O_7$) til tekstilet. Cr(VI) fra kaliumdichromaten absorberes til tekstilfiberen (bindes til aminosyrer) og reduceres ved behandling til Cr(III). Denne bevæger sig langsomt i fiberen, som danner komplekser med farvestoffet, der derved fikseres i fiberen. På

denne måde opnås en meget god vaskefasthed. Disse farvestoffer sælges ikke i Danmark (Larsen *et al.*, 2000; Ullmann, 2002).

3.8.1.2 *Metal kompleks eller "præ-metalliserede" farvestoffer*

Metalkompleksfarvestoffer anvendes også til uld, silke og polyamid. I disse farvestoffer er en metalion, f.eks. Cr, på forhånd kompleksbundet til et eller to farvestof molekyler, der indeholder -OH, -NH₂ eller -COOH grupper. Når metalfarvestofkomplekset påføres et tekstil, bindes det på samme måde som chromfarvestofferne (Larsen *et al.*, 2000).

3.8.1.3 *Cr som farvestofurenhed*

Da chrom som beskrevet andetsteds kan fungere som katalysator, findes det også ofte i farvestoffer og pigmenter som urenhed. Indholdet af Cr som urenhed i azo-farvestoffer er målt til at være omkring 6 mg Cr/kg farvestof i gennemsnit (Burg *et al.*, 1980). Kaliumdichromat kan være anvendt som oxidationsmiddel til oxidation af f.eks. svovlfarvestoffer i forbindelse med farvning med disse, men denne anvendelse er mindre almindelig (Ullmann, 2002; Larsen *et al.*, 2000).

3.8.2 Cr som urenhed i tekstilfibre

Som nævnt andetsteds anvendes chrom som accelerator til produktion af en række plasttyper og kunne derfor forventes at findes i tekstilfibre i mindre mængder. Men chrom anvendes hovedsageligt til produktionen af polyethylen og polypropylen, der ikke er særligt anvendt som tekstilfibre. Polypropylen anvendes dog til svedtransporterende sportsundertøj, men mængden er lille (Larsen *et al.*, 2000).

3.8.3 Forsyningen af chrom med tekstiler

Der foregår ikke farvning med chromfarvestoffer i Danmark og det meste af Vesteuropa (Teknologisk Institut, 2002a), og anvendelsen af metalkompleksfarver er også meget lille (Remmen & Rasmussen, 1999). Det er derfor ikke sandsynligt, at der produceres større mængder tekstiler i Danmark, som indeholder chromholdige farver. Eksporten af chrom med tekstiler produceret i Danmark vil således være meget lille. Chrom med tekstiler vil derfor hovedsageligt nå Danmark ved import af tekstiler.

3.8.3.1 *Chromindhold i tekstiler*

Som beskrevet anvendes chromholdige farver især til uldtekstiler, og det er da også her, at man generelt har fundet høje koncentrationer. Imidlertid er der fundet meget høje koncentrationer i trykte tekstiler af andre fibre, så gennemsnittet for tekstiler af uld og af andre fibre er nogenlunde det samme (Larsen *et al.*, 2000). Ifølge en schweizisk undersøgelse kan der være høje koncentrationer af chrom i sikkerhedstøj (Bundesamt für Umwelt, 1995). Det kan eventuelt skyldes anvendelse af chrompigmenter i sikkerhedsfarver. Men Kansas, en af Europas største producenter af arbejdstøj og med en betydelig del af det danske marked, har ikke chrom over detektionsgrænsen i deres sikkerhedstøj (Kansas, 2002). Der tages derfor ikke specielt hensyn til sikkerhedstøj i beregningerne.

På grundlag af Larsen *et al.* (2000) kan det som et groft overslag skønnes, at chromindholdet i uldprodukter som gennemsnit er 100-300 mg Cr/kg uld. I en række andre tekstiler, der omfattede polyester, silke og bomuld med PVC tryk, blev der i gennemsnit målt omkring 100-300 mg Cr/kg tekstil i de tekstiler, hvor koncentrationen var over detektionsgrænsen (ca. 40%). For

urenheder i azo-farvestoffer kan der beregnes et indhold på omkring 0,14-0,22 mg Cr/kg tekstil (Larsen *et al.*, 2000).

3.8.3.2 Forsyningen af tekstiler i Danmark

Danmarks Statistik opgør tekstiler på bl.a. uld og kemofibre, men skelner ikke imellem forskellige kemofibre, og der er ingen viden hos danske eksperter om fordelingen af forbrug på fibertyper (Dansk Textil og Beklædning, 2002; Teknologisk Institut, 2002a). Derfor tages der udgangspunkt i oplysninger om fordeling af fibertyper som angivet i EU (1998); se Tabel 3.26.

Tabel 3.26
Fordeling af forbruget af fibre til
beklædning i EU (EU, 1998).

Procentvis fordeling i EU	
Bomuld	30%
Uld	16%
Polyester	20%
Polyacryl	13%
Polyamid	9%
Regenereret cellulose	10%
Andre	1%

Ifølge Larsen *et al.* (2000) er der i Danmark et årligt forbrug af tekstiler på ca. 22 kg/person, heraf 13 kg/person til beklædningstekstiler. Det svarer til henholdsvis 116.600 ton tekstiler/år og 68.900 ton beklædningstekstil/år.

Fordelingen af fibertyper for andet end beklædningstekstiler kendes ikke, men f.eks. til boligtekstiler anvendes både uld, bomuld og diverse kunststoffer. Det vurderes, at syntetiske fibre udgør en større del af anvendelsen for andre tekstiler end beklædningstekstiler, f.eks. er polyester den mest anvendte tekstilfiber i dæk til personbiler og lettere lastbiler (Williams, 2002). Derfor regnes med en skønnet lidt ændret fordeling af fibre til andre anvendelser end beklædning. Den skønnede fordeling er vist i Tabel 3.7.

Tabel 3.27
Fordeling af forbruget af fibre til
andet end beklædning (skønnet).

Procentvis fordeling	
Bomuld	15%
Uld	8%
Polyester	40%
Polyacryl	18%
Polyamid	13%
Regenereret cellulose	5%
Andre	1%

Benyttes disse fordelinger, kan forsyningen af tekstil, der anvendes i Danmark, fordelt på fibertyper, beregnes. Resultatet er vist i Tabel 3.28.

Tabel 3.28
Forsyningen af forskellige
fibertyper til Danmark.

	ton/år
Bomuld	28.032
Uld	14.909
Polyester	32.929
Polyacryl	17.267
Polyamid	12.678
Regenereret cellulose	9.344
Andre	1.442

Det er også forsøgt at beregne den samlede import og forsyning af uld ved at summere data fra Danmarks Statistik for alle KN-numre for beklædningstekstiler og gulvtæpper af uld. I 1999 var importen således beregnet til i alt 3.210 ton uld/år og forsyningen til 3.210 ton uld/år. Det er noget mindre tal, end der er vist Tabel 3.28, men inkluderer ikke alle varer af uld og heller ikke boligtekstiler og lign. Der tages derfor udgangspunkt i tallene i Tabel 3.28.

3.8.3.3 Forsyningen af chrom med tekstiler

Tages der udgangspunkt i de skønnede indhold fra afsnit 1.3.1, og antages det, at 40% af de tekstiler, der ikke er af uld, har et chrom indhold som målt, og at 50% af alle tekstiler er farvet med azo-farvestoffer, kan forsyningen af chrom med tekstiler beregnes.

Beregningen viser, at forsyningen af chrom med tekstiler til Danmark er omkring 5,6-16,7 ton Cr/år.

3.8.4 Bortskaffelse

Der er en del tekstilaffald fra dansk produktion, men chrommængden heri forventes at være meget lille og derfor uden betydning. Bortskaffelsen regnes som svarende til forsyningen, fratrukket nettoeksporten af brugt tøj. Der regnes ikke med nogen ophobning i Danmark af tekstiler. I 1999 blev der ifølge Danmarks Statistik netto eksporteret 9381 ton brugt tøj (Danmarks Statistik, 2000). Den bortskaffede mængde kan således beregnes til 107.219 ton tekstil/år. Tekstiler bortskaffes hovedsageligt til forbrænding sammen med husholdningsaffald, og der afbrændes altså omkring 5,1-15,3 ton Cr/år hidrørende fra tekstiler.

3.9 Elektronisk lagring

3.9.1 Anvendelse af chrom i magnetiske medier

Chrom anvendes i magnetiske medier til lagring af lyd, billeder eller data. Selv om optiske medier som CD-ROM er i fremmarch, var der i 1999 stadig en betydelig anvendelse af magnetiske bånd af forskellige typer, hvoraf en del indeholder chrom. Det er chromforbindelserne CrO_2 (Cr IV) og Cr_2O_3 (Cr III) med gode magnetiske egenskaber, som anvendes i magnetiske medier (Ullmann, 2002; TDK-Scandinavia, 2002; EMTEC, 2002a). Der er ingen produktion af magnetiske medier i Danmark, så alt importeres.

Firmaerne Emtec, TDK, Sony og FUJI er blevet kontaktet med henblik på indhentning af oplysninger om anvendte chromforbindelser og mængder i deres produkter. Chrom anvendes hovedsageligt i VHS-videobånd og audiobånd. Der findes enkelte andre nicheprodukter indeholdende chrom. Chrom kan også optræde som utilsigtede urenheder i de magnetiske materialer i meget lave koncentrationer. En producent oplyser, at deres Mini Discs indeholder 0,000009 g Cr₂O₃ pr. Disc, hvilket svarer til ca. 1 g chrom for 150.000 Mini Discs. Niveauet af chrom i sådanne produkter må betegnes som meget lavt.

Magnetiske lagringsmedier dækker en lang række produkttyper. I Tabel 3.29 er vist nogle af de produkter, der er omfattet af betegnelsen magnetiske lagringsmedier. Tabellen er udarbejdet på baggrund af oplysninger fra producenter af lagringsmedier (TDK-Scandinavia, 2002; EMTEC, 2002a; Sony Denmark, 2002) og brancheforeningen for elektroniske produkter (Brancheforeningen Forbruger Elektronik (BFE)) samt (Brancheforeningen for Elektronik, 2002). Sådanne professionelle bånd er en meget varieret produktgruppe. Ifølge Emtec anvendes der ikke væsentlige mængder chrom i disse produkter (EMTEC, 2002a), men det har ikke været muligt at fremskaffe oplysninger om chromindhold i alle produkttyper.

Ifølge producenterne af magnetiske lagringsmedier er chrom som tilsat komponent i audio- og især videobånd langt den væsentligste kilde til chrom i disse produkter. For både videobånd og audiobånd findes der typer med og uden chrom.

Tabel 3.29
Forskellige magnetiske lagringsmedier med angivelse af eventuelt indhold af chromkomponenter.

Lagringsmedie	Chrom Ja/nej	Kilde
Audiobånd	Ja/nej	TDK, Emtec, Sony
Videobånd VHS	Ja/nej	TDK, Emtec, Sony
Mini Disc	(Nej), <100 mg/kg magnetisk metal	TDK, Emtec
Disketter til PC	(Nej), <100 mg/kg magnetisk metal	TDK, Emtec
Microtapes	Nej	TDK, Emtec
Kamerabånd	Nej	TDK, Emtec
Datatapes (Backup bånd)	Nej	TDK, Emtec

Fra Danmarks Statistik haves information om forsyningen af uindspillede og indspillede medier opgjort i ton. De angivne masser indbefatter både båndkassette og cover; se Tabel 3.30.

Tabel 3.30
Forsyningen med magnetiske medier (1998-2000) ifølge Danmarks Statistik.

KN uh	Vare	Import ton/år	Eksport ton/år	Produktion ton/år	Forsyning ton/år
8523 11	Magnetbånd <= 4mm	233	384	0	-151
8523 12	Magnetbånd 4mm< <6,5 mm	43	114	0	-71
8523 13	Magnetbånd > 6,5 mm	2.274	3.200	470	-455
8524 40 00	Plader, bånd, andre medier til indspilning; magnetbånd til gengivelse af andre fænomener end lyd og billede	87	99	0	-12
85244010	Magnetbånd med data	102	89	6	19
85244099	Magnetbånd med data <= 4mm	65	18	547	594
85245100	Magnetbånd <= 4mm, indspil	16	127	0	-111
85245200	Magnetbånd 4mm< <6,5 mm, indspil	39	165	37	-89
85245300	Magnetbånd > 6,5 mm, indspil	629	3.053	3.820	1.396

3.9.2 Chrom i VHS-videobånd

Ved vejninger af tilfældigt udvalgte VHS-bånd er fundet intervaller for vægten af indspillede bånd (købt med indspillet film el. lign.) og uindspillede bånd (blank media). Resultatet er vist i Tabel 3..

Tabel 3.31
Vægte af tilfældigt udvalgte VHS-bånd.

Type	Cover g/bånd	Bånd inkl. kassette g/bånd
Uindspillet VHS	10-50	220- 240
Indspillet VHS	100-110	140-160

Forsyningen med indspillede VHS-bånd i Danmark er af Danmarks Statistik opgjort til 1396 ton svarende til ca. 5,7 mio. bånd pr. år med en gennemsnitsvægt på 245 g inkl. cover.

Salget af indspillede bånd er stigende og er i dag større end salget af uindspillede bånd. Salget af uindspillede VHS-bånd er ca. 5 mio. stk. pr. år, og salget af indspillede bånd vurderes at være i størrelsesordenen 6-7 mio. stk. pr. år (Brancheforeningen for Elektronik, 2002).

På den baggrund vurderes forsyningen af VHS-bånd til Danmark at være 10,7-12 mio. VHS-bånd pr. år.

Indholdet af chrom pr. bånd er oplyst til 0,16-0,21 g pr. bånd (oplysning fra producent). Andelen af bånd indeholdende chrom er oplyst som 95% til 100%. Mængden af chrom svarer til 1,6-2,5 ton chrom pr. år, hovedsageligt som Cr(III) og i mindre grad som Cr(IV).

På baggrund af salgsstatistikker for henholdsvis VHS- og DVD-udstyr vurderes det, at både salget af indspillede og uindspillede VHS-bånd på længere sigt vil være faldende. Salget af VHS-udstyr er stabilt, mens salget af DVD-udstyr er stærkt stigende (Brancheforeningen for Forbrugerelektronik,

2002). Forsyningen af chrom med VHS-bånd vurderes på den baggrund at være faldende.

Videobånd vil efter anvendelse, og efterhånden som teknologien udgår, ende i affaldssystemet.

3.9.3 Chrom i audiobånd

Salget af audiobånd i Danmark er betydeligt mindre end salget af videobånd. Der findes ingen troværdige opgørelser over salget i Danmark. Af producenterne er salget skønnet til ca. 1,0 mio. bånd pr. år., hvoraf ca. 10% indeholder chrom (EMTEC, 2002b; Sony Denmark, 2002). Chromholdige kassettebånd indeholder ca. 2 g chromforbindelse pr. bånd (fortrolig producentoplysning). I audiobånd anvendes typisk CrO_2 i modsætning til videobånd, hvor den anvendte chromforbindelse typisk er Cr_2O_3 . Forsyningen af chrom med audiobånd er på den baggrund beregnet til ca. 0,12 ton chrom pr. år, hovedsageligt Cr(IV) .

Markedet for audiobånd er stærkt faldende, idet audiobånd afløses af digitale teknologier som Mini Disc og CD'er.

Audiobånd vil efter anvendelse, og efterhånden som teknologien udgår, ende i affaldssystemet.

3.9.4 Forsyning af chrom med magnetiske medier

Den samlede forsyning af chrom med magnetiske medier vurderes at være omkring 1,8-2,6 ton Cr/år .

3.10 Laboratoriekemikalier

Chrom indgår i en række laboratoriekemikalier og anvendes her bl.a. som katalysator, oxidationsmiddel og pH-regulator. Ofte handles og anvendes kemikalierne i meget små mængder (Bie & Berntsen, 2002; VWR, 2002). Derfor har det ikke været muligt at få et samlet overblik over det mængdemæssige forbrug i Danmark.

Tabel 3.32 indeholder Produktregistrets oplysninger om forventede anvendelser af chromforbindelser som laboratoriekemikalier samt deres koncentration.

Tabel 3.32
Chromholdige laboratoriekemikalier (Produktregistret, 2001).

Kemikalie:	Oxidationstrin	Koncentration
Chrom(VI)oxid	VI	100%
Bly(II)chromat	VI	100%
Natriumchromat	VI	98-100%
Kaliumchromat	VI	98-100%
Kaliumdichromat	VI	100%

Leverandørerne af kemikalier til laboratorierne i Danmark leverer generelt de kemikalier, som deres kunder efterspørger, hvilket derfor også gælder de i Tabel 3.32. oplyste kemikalier. (Bie & Berntsen, 2002; BASF, 2002; VWR, 2002). Det har ikke været muligt at få oplysninger om, hvilke typer af chromforbindelser der faktisk sælges i dag af leverandørerne. Det skyldes, at der er tale om små mængder, og der derfor ikke føres et samlet regnskab over

salget. Det vurderes dog på baggrund af leverandørernes oplysninger, at brugen af hexavalente chromforbindelser forsøges undgået på grund af deres sundhedsskadelige effekter.

Kaliumdichromat og chromoxid anvendes i laboratorier som oxidationsmiddel. I de meget anvendte COD (Chemical Oxygen Demand) målinger anvendes kaliumdichromat som oxidationsmiddel til at nedbryde organisk stof i vand. COD anvendes til måling af oxygenforbruget i vand og er dermed en indirekte måling af dets indhold af organisk stof. Derfor anvendes COD-målinger dagligt på de fleste danske rensningsanlæg. Det vurderes på baggrund af (VWR, 2002), at der foretages 150.000-250.000 COD-analyser om året i Danmark. Ifølge Dansk Standard 217 anvendes 5 ml reagens pr. test indeholdende 59 mg kaliumdichromat. Det svarer til, at der årligt anvendes 9-15 kg kaliumdichromat eller 3-5 kg hexavalent chrom. En undersøgelse fra 1998 af analyser af kemisk iltforbrug (COD) og ikke-flygtigt organisk carbon (nonVOC) i spildevand blev det årlige forbrug af chrom til COD vurderet til 2-10 kg (DHI, 2002). Et skift fra COD til en alternativ metode for kemisk iltforbrug vurderes ikke at ligge lige for, og forbruget af kaliumdichromat til COD-målinger må derfor forventes at være uændret fremover.

Chromsvovlsyre, som er blanding af 5% kaliumdichromat og 95% svovlsyre, bruges til rengøring af laboratorieglassvarer. I dag anvendes chromsvovlsyre kun i ringe grad på grund af dets farlighed. Det vurderes, at under 100 liter chromsvovlsyre årligt anvendes i Danmark (VWR, 2002). På længere sigt vurderes det, at anvendelsen vil stoppe.

Chromsvovlsyre anvendes ligeledes i forbindelse med oxidation af alkoholer til carboxylsyrer, den såkaldte Jones reagens ($\text{CrO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ i acetone eller $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7/\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}$) (Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, 2001). Anvendelsen af Jones reagens vurderes at være begrænset.

Ved bestemmelse af chromindholdet i en metalforbindelse ud fra atomabsorption anvendes chrom som standard til kalibrering af måleapparatet (VWR, 2002), (DHI, 2002; Bie & Berntsen, 2002). Det vurderes, at der er tale om meget små mængder chrom, som forbruges i denne sammenhæng.

Samlet vurderes det, at der anvendes under 0,1 ton chrom, primært chrom(VI) som laboratoriekemikalier.

Efter anvendelse i laboratorierne skal chromholdige kemikalier i overensstemmelse med lovgivningen afleveres til specialbehandling som farligt affald. Kemikalieaffald bortskaffes primært på Kommunekemi A/S (knap 95%), og en mindre del laboratorieaffald bortskaffes på Special Waste System i Nørre Alslev (Affald 21; Miljøstyrelsen, 1999).

Det farlige kemikalieaffald fra laboratorier bortskaffes primært gennem forbrænding. I nedenstående Tabel 3.33 kan ses den procentmæssige fordeling på forskellige behandlingsmetoder.

Tabel 3.33
Specialbehandling af kemikalier fra laboratorier 1999-2000 (Udarbejdet på baggrund af Affaldsstatistik 2000, 2001).

Forbrænding	Deponi	Særlig behandling	Genanvendelse
89%	3%	7%	1%

Forbrændingen af affald hos Kommunekemi foregår ved 1.200°C, hvor temperaturen på almindelige forbrændingsanlæg er 900-1.000°C. Røggassen fra forbrændingen på Kommunekemi renses med avanceret teknologi. Slagger og flyveaske ender på et kontrolleret deponi, hvor der løbende tages prøver af perkolatet. Hvis grænseværdierne overskrides, kommer perkolatet tilbage i forbrændingen (Kommunekemi, 2002a).

3.11 Andre anvendelser af chromforbindelser

3.11.1 Ildfaste produkter og støberi

På grund af sit høje smeltepunkt (2.435°C) finder chrom(III)oxid også anvendelse som ingrediens i ildfaste produkter såsom ildfast sand, sten og ler. Disse produkter indgår bl.a. som understøtning i smelte- og støbeovne.

De fleste blandinger er baseret på magnesium-chromjernsten og anvendes især i stål-, kobber- og cementindustrierne til forskellige former for foring af bl.a. ovne mod varme og flammer i forbindelse med produktionerne.

Tabel 3.34
Import, eksport, produktion og forsyning af ildfaste sten 1998-2000 (Danmarks Statistik, 2001b).

Enhed	Import ton	Eksport ton	Produktion ton	Forsyning ton
Ildfaste sten	1.008	15	0	993
Chromindhold ¹	206	3	0	203

1. Ildfaste sten indeholder ca. 30% chrom(III)oxid, hvilket svarer til 20,4% rent chrom (Huse *et al.*, 1992).

Som Tabel 3.34 viser, anvendes ildfaste sten kun i et begrænset omfang i Danmark. Der er kun enkelte virksomheder, som har faciliteter til at smelte- og støbe materialer og varer. Aalborg Portland og Det Danske Stålvalseværk er eksempelvis de eneste virksomheder, der producerer henholdsvis cement og stål i Danmark. Det Danske Stålvalseværk indsatte 5000 ton ildfaste sten i deres ovne i 2001, hvoraf nogle var chromholdige. Deres egen vurdering er, at det samlet svarer til et par ton chrom (Det danske Stålvalseværk, 2000b). Det har ikke været muligt at få yderligere oplysninger om forbruget af ildfaste sten og derved sætte tal på bidraget til massebalancen for chrom udover tallene i Tabel 3.34. Det vurderes, at en del ildfaste sten brænder væk, hvorved de ender i stålprodukterne eller emissionerne. Resten udskiftes med tiden og ender på deponi, hvorfra der ikke sker en videre emission af chrom til miljøet.

3.11.2 Chrom anvendt i boremudder ved boring efter olie

Chromlignosulfonater er tidligere blevet anvendt i boremudder, konditionerings- og dispergeringsmiddel ved boring efter olie (Ullmann, 2002; Offshore-environment, 2002) og er stadig tilgængeligt på det internationale marked. Boremudderet blev efter anvendelsen typisk dumpet fra boreplatformene ved havbaserede boringer og deponeret ved landbaserede boringer. Anvendelsen af chromlignosulfonat i boremudder forventes ikke at bidrage til chromindholdet i den udvundne olie, idet boremudderet fjernes fra boringerne, inden olieudvindingen påbegyndes (Sea Consult, 2002).

I den danske del af Nordsøen forestår Mærsk Olie, Statoil og Amarada Hess olieudvindingen, men Dansk olie og naturgas (DONG) udfører selve borearbejdet for visse af selskaberne. DONG har opbygget en database over alle anvendte borekemikalier og indholdsstoffer i disse. Ifølge databasen

forekommer der ikke chromforbindelser herunder chromlignosulfonat i de anvendte kemikalier (DONG, 2002b). Statoil bekræfter, at de ikke anvender borekemikalier, der indeholder chrom eller chromforbindelser ved olieaktiviteterne i Nordsøen (Statoil, 2002a), og Mærsk udfasede deres anvendelse af chromlignosulfonat i Nordsøen omkring midt i 80'erne (Sea Consult, 2002).

VKI Institut for Vandmiljø foretog i 1999 en miljøvurdering af de offshore kemikalier, der blev anvendt i 1993 i mængder over 1 ton (VKI *et al.*, 1999). Leverandørerne af kemikalier til den danske del af Nordsøen afleverede i den forbindelse fortrolige oplysninger om indholdsstoffer i de kemiske produkter, der anvendes ved olie-eftersøgningen og udvindingen. Undersøgelsen omfattede 273 kemiske produkter indeholdende 306 forskellige kemikalier. Ingen af kemikalierne indeholdt chrom eller chromforbindelser.

Det vurderes på den baggrund, at chromlignosulfonat ikke længere anvendes i Nordsøen i forbindelse med boreaktiviteter. Hvis chromlignosulfonat anvendes andre steder i verden, vil det ikke bidrage til råoliens indhold af chrom og dermed ikke have betydning for mængden af chrom, der kommer til Danmark. Ligeledes vurderes det, at der ikke i større omfang anvendes chrom eller chromforbindelser til andre formål end rustfrit stål i forbindelse med olieaktiviteterne i Nordsøen.

3.12 Sammenfatning

Chromforbindelser finder anvendelse i en lang række funktioner. I Tabel 3.35 er vist skønnet forbrug og spredning af chrom i forbindelse med anvendelse af forbindelser i Danmark.

Tabel 3.35
Skønnet forbrug og spredning af chrom fra anvendelse af chromforbindelser i Danmark (ton Cr/år).

Anvendelse	Forbrug	Luft	Vand	Jord	Genanvendelse	Farligt affald	Affaldsbehandling
Overfladebehandling	37,7	-	0,089	-	8,7 ¹	26,1	2,9 ¹
Pigmenter i maling	12,6-116,7	-	0,03-13	-	0	0,3-17,5 ²	0,3-17,5 ²
Pigmenter i plast	~ 0	-	-	-	-	-	-
Imprægnering	8,8	-	0,3-0,6	0,3-0,6	1,3	?	24,4 ³
Korrosionsinhibitor	~ 0	-	-	-	-	-	-
Garvning i Danmark	27	-	0,27	-	-	-	27
Importeret læder ⁴	137-275	-	-	-	-	-	137-275
Katalysatorer	0,1-1	-	-	-	-	0,1-1	-
Hærdere	<1	-	-	-	-	-	-
Fugemidler	<<1	-	-	-	-	-	-
Spartelmasse	13-47	-	-	-	-	-	-
Lime	<1	-	-	-	-	-	-
Tekstiler	5,6-16,7	-	-	-	-	-	5,1-15,3
Elektronisk lagring	1,8-2,6	-	-	-	-	-	-
Laboratorie-kemikalier	<1	-	<<1	-	<<1	<1	-
Ildfaste sten	200	-	-	-	-	-	-
I alt	450-740		0,7-14	0,3-0,6	10	27-45	198-362

1. 75% af forchromede produkter antages at blive genanvendt, mens 25% antages at blive bortskaffet til almindelig affaldsbehandling.
2. 50% af overskydende maling antages at blive bortskaffet som farligt affald og de resterende 50% som husholdningsaffald til forbrænding.
3. Mængden af chrom med imprægneret træ til affaldsbehandling vil være stigende fremover, idet den ophobede mængde trykimprægneret træ vil skulle bortskaffes i årene fremover jf. Figur 3.1 og Figur 3.2.
4. Importeret læder dækker sko, tøj og handsker mv., møbler, tasker mv.

4 Chrom som følgestof

Chrom forekommer som følgestof i en lang række råstoffer og produkter, hvoraf de væsentligste er:

- Fossile brændsler - kul og olie
- Aluminium - se afsnit 2.2
- Kobber - se afsnit 2.3
- Cement

Herunder er der foretaget en opgørelse af chrom som følgestof i kul og i cement.

4.1 Kul og olie

Fossile brændsler som olie og kul indeholder en række tungmetaller, herunder chrom. Det gennemsnitlige indhold er vist i Tabel 4.1. Med udgangspunkt i et årligt forbrug af olie og kul i 1999 på henholdsvis 182 PJ/år og 386 PJ/år samt restproduktmængder fra danske kraftværker kan der opstilles en balance for chrom som følgestof i brændsler; se Tabel 4.1. De angivne brændselsmængder er bruttoenergiforbrug, og de dækker alle former for kul og olieprodukter. Kul anvendes dog primært på kraftværkerne, og de angivne restproduktmængder hidrører således primært fra forbrænding af kul.

Tabel 4.1
Balance for chrom som følgestof i brændsler.

	Mængde ⁵ (ton)	Mængde anvendt (GJ)	Chromkon- centration (mg Cr/ton)	Emissions- faktor ⁶ (mg Cr/GJ)	Chrom- mængde (ton chrom)
Kul ¹	-	182 x 10 ⁶	32	802	146
Olie ²	-	386 x 10 ⁶	0,055	2,21	0,85
Røggas ³	-	-	-	4,33/4,01 ⁷ 0,72/0,66 ⁸ 0,80 ⁹	3,5 ¹⁰
Flyveaske ¹¹	795 x 10 ³	-	78.000- 230.000	-	62-183
TASP ⁴	50 x 10 ³	-	-	-	-
Gips	366 x 10 ³	-	-	-	-
Slagger m.v. ¹¹	72 x 10 ³	-	15.000- 21.000	-	1,1-1,5

1. Mængden angiver den samlede mængde kul, der anvendes i Danmark.
2. Mængden angiver den samlede mængde olie, der anvendes i Danmark.
3. Forbruget af kul og olie til energikonvertering (produktion af el og varme) er opgjort til 185 x 10⁶ GJ kul og 48 x 10⁶ GJ olieprodukter (Energistyrelsen, 2000); herudover bruges 12 x 10⁶ GJ kul direkte i produktionserhverv, dvs. uden særlige røggasrensningforanstaltninger, og 318 x 10⁶ GJ olieprodukter direkte i husholdninger og erhverv eller til transport.
4. Tørt afsvovlingsprodukt.
5. De anførte restproduktmængder udgør 99% af den producerede mængde (Miljøstyrelsen, 2000)
6. Illerup *et al.* (1999).
7. Emissionsfaktorer efter elektrofilter og afsvovlingsanlæg for kul (semitør/våd røggasrensning).
8. Emissionsfaktorer efter elektrofilter og afsvovlingsanlæg for olie (semitør/våd røggasrensning).
9. Emissionsfaktor efter SNOX-anlæg for kul.
10. For anden forbrænding af olie antages 50% af chromindholdet at blive emitteret til luft, og for anden forbrænding af kul antages 25% af chromindholdet at blive emitteret til luft.
11. Chromindhold i flyveaske og slagge (ELSAM, 2002).

99% af de dannede restprodukter genanvendes i en lang række produkter f.eks. cement, beton, porebeton, asfalt mv., og den resterende del deponeres.

4.2 Cement

Det er velkendt, at cement kan indeholde en del chrom, og der er regler for indholdet af Cr(VI) af hensyn til arbejdsmiljøet. Chrom i cement stammer antageligt fra råvarer fra bestemte områder, fra kul, der anvendes til brændingen, og fra flyveaske, der indgår i cementen. Hos Ålborg Portland blev der i perioden 1998-2000 i gennemsnit anvendt 225.171 ton kul/år og 187.350 ton petroleumskoks/år (Aalborg Portland, 2001a). Chromindholdet i kullene varierer, men er ofte 32 mg Cr/ton (ELSAM, 2002). Antages det, at chromindholdet i kul og petroleumskoks er det samme, giver det et Cr-input på 0,013 ton Cr/år.

Der blev i perioden i gennemsnit anvendt 204.819 ton flyveaske/år. Indholdet af Cr i flyveaske fra kraftværker er 78-230 mg/kg (ELSAM, 2002), hvilket svarer til et bidrag på 16-47 ton/år af chrom til cementen.

De andre råstoffer kridt og sand, som indgår i cementproduktionen, forventes ikke at have noget større indhold af Cr. Analyser hos Ålborg Portland viser, at der i deres Basis cement er 32 ppm Cr-total, heraf 5-6 ppm chromat Cr(VI). I andre cementtyper, hvid cement og lav alkali cement, er der ofte et lavere indhold af Cr(VI) << 2 ppm, men man regner med, at der er samme forhold mellem total Cr og Cr(VI) (Cementfabrikkernes tekniske Oplysningskontor, 2002a).

Der forbruges omkring 1,5 mio. ton cement i Danmark om året, heraf har Ålborg Portland et salg til det danske marked på 1,3 mio. ton, og man har en eksport på 5-600.000 ton, især til USA (Cementfabrikkernes tekniske Oplysningskontor, 2002a).

Der blev på fabrikken i Aalborg i perioden 1998-2000 i gennemsnit produceret: 2.487.123 ton cement/år, 145.963 ton klinker/år og 3.450 ton filler/år (Aalborg Portland, 2001a). Den samlede mængde cement, der ifølge Danmarks Statistik blev produceret i Danmark i denne periode, var i gennemsnit 2.622.168 ton/år. Stort set al cement blev således produceret hos Aalborg Portland, hvorfor deres tal for chromindhold anvendes generelt.

Den samlede mængde cement produceret fordeler sig på grå cement og anden cement. Da Aalborg Portland i 2001 producerede 2,1 mio. ton grå cement (Aalborg Portland, 2001b), og da totalproduktionen i 1999 og 2001 stort set var den samme, skønnes det, at de 2,1 mio. ton/år er grå cement i 1999. Resten (2.622.168-2.100.000 = 522.168 ton) antages at være af de typer, der har et lavere indhold af chrom (hvid cement, lav alkali cement). Det faktiske chromindhold kendes ikke, men indholdet af Cr(VI) er langt under 2 mg/kg. Sættes indholdet til 0,2-1 mg Cr(VI)/kg, giver det en chrommængde med på 0,10-0,52 ton Cr (VI)/år og en mængde på 0,6-3,0 ton Cr(III)/år.

En produktion på 2.100.000 ton grå cement/år med 32 mg Cr/kg giver 67,2 ton Cr/år. Heraf er 10,5-12,6 ton Cr(VI). Cr(VI) reduceres så vidt muligt til Cr(III) ved tilsætning af Fe(II), så koncentrationen af Cr(VI) falder til under 2 ppm. Produktionen af 2.100.000 ton grå cement/år med et indhold på 1-2 mg Cr(VI)/kg giver således en produktion på 2,1-4,2 ton Cr(VI)/år og 63,0-65,1 ton Cr(III)/år.

Tabel 4.2
Forsyningen med cement (1998-2000) ifølge Danmarks Statistik.

KN uh	Vare	Import ton/år	Eksport ton/år	Produktion ton/år	Forsyning ton/år
25232900	Portland cement	221.581	530.696	1.951.783	1.642.668
25231000	Portland cement, klinker (cementklinker)	127	106.326	111.367	5.168
25232100	Portland cement, Hvid cement	8.150	527.244	550.178	31.084
25233000	Portland cement, Aluminat cement	3.010	15	0	2.994
25239010	Slagge cement	1	11	0	-10
25239090	Hydraulisk cement	17.799	47.837	27	-30.012
	Sum af cement	250.667	1.212.130	2.613.345	1.651.883

4.3 Sammenfatning

Chrom forekommer bl.a. som følgestof i fossile brændsler, kul og olie, samt i cement som følge af anvendelse af kul og restprodukter fra energiproduktion i cementproduktionen. Skønnet forbrug og spredning af chrom er vist i Tabel 4.3.

Tabel 4.3
 Skønnet forbrug og spredning af chrom fra anvendelse af chrom som følgestof i Danmark.

Anvendelse	Forbrug ton Cr/år	Luft	Vand	Jord	Genanvendelse	Farligt affald	Affaldsbehandling
Kul og olie	147	3,5	-	-	62-185 ²	-	-
Cement	67 ¹	??	-	-	-	-	-
I alt	214	3,5	-	-	62-185	-	-

1. Heraf forekommer 2-4 ton som Cr(VI).
2. Ca. 20% af flyveasken og slaggen, der nyttiggøres, anvendes til fyld iht. bekg. 568 og fyld iht. kapitel 5 godkendelser (Miljøstyrelsen, 2000).

5 Omsætning med affald

Bortskaffelse af chrom og chromforbindelser sker hovedsageligt ved bortskaffelse af chromholdige produkter og chromholdige affaldsprodukter. Chrom i sig selv er et grundstof og forsvinder ikke. Bortskaffelse af chromholdige produkter bortskaffer således ikke chrom, men flytter det.

Efter at en genstand, et produkt, har været anvendt sidste gang, kan det enten bortskaffes aktivt eller blot "forgå", hvor det sidst blev anvendt. I begge tilfælde kan indholdsstoffer som chrom nå naturen. Ved aktiv bortskaffelse kan typen af "udslip" til naturen til dels kontrolleres.

Chrom, der bortskaffes, vil ofte være i relativt små koncentrationer i andre produkter: Kassettebånd, forchromede emner, imprægneret træ, bemalede emner, glas osv.

Den eneste kendte måde, hvorpå chromen kan frigives fra det produkt, hvori den er indeholdt, er ved forbrænding/smeltning.

Aktiv bortskaffelse omfatter følgende affaldsbehandlingsformer:

- Deponi (principielt udelukkende ikke-brændbare emner)
- Forbrænding (brændbare emner)
- Renseanlæg (kommunal), udbringning af slam på landbrugsarealer
- Renseanlæg (industri)
- Specialaffald (Kommunekemi)
 - Forbrænding
 - Deponi

Passiv bortskaffelse forekommer, når chromholdige emner lades forgå, hvor de sidst fandt anvendelse. Denne form for bortskaffelse vurderes at være lille i Danmark. Men der vil formodentlig være et mindre tab af chrom til omgivelserne fra chromholdige produkter, der forgår uden at være bragt til afbrænding eller deponi, f.eks. imprægneret træ, bemalede emner (afskalning) og forchromede emner, der oxideres. Mængderne, der herved frigøres, er ikke vurderet.

En del emner indeholdende chrom kan *genanvendes* eller *genbruges*. Det betyder, at opholdstiden i anvendelig form i samfundet bliver længere, og at produktionen dermed kan mindskes. De emner, der kan genanvendes, og som indeholder chrom i betydelige mængder, er især metal og glas. Men også plast og papir genbruges og kan indeholde chrom fra bl.a. pigmenter. De væsentligste chromholdige materialestrømme, der genanvendes, er:

- Jern og stål
- Aluminium
- Kobber

5.1 Genanvendelse af metallisk chrom

Da metallisk chrom indgår i sammenhæng med andre metaller, genanvendes det også i sammenhæng med disse. De metaller, det primært drejer sig om, er rustfrit stål, stål, jern, aluminium og kobber. Når produkterne er udtjente, indsamles de til genanvendelse, og chrom indeholdt i disse metaller vil derfor ligeledes blive genanvendt.

5.1.1 Omsætning af chrom med jern og stål

Mængderne af metaller, som indsamles i Danmark, kan udtrykkes som værende lig med nettoeksporten af skrot sammenlagt med genanvendelsen i Danmark plus tabet ved oparbejdning.

I en livscyklusanalyse af stål vurderes det, at skrotbranchen indsamler 97% af stålskrotmængden i Danmark (Kjeldahl, 1991 s. 103). I en ny undersøgelse af DEMEX og andre skønnes det, at 90% af rustfrit stål i byggeriet bliver genanvendt, mens de sidste 10% bortskaffes ved henholdsvis deponering (5%) og forbrænding (5%). Her vurderes det også, at 95% af malede overflader bortskaffes ved forbrænding, mens de sidste 5% deponeres (Lauritzen *et al.*, 2002). Rustfrit stål aftages til omsmelting i Sverige (Kjeldahl, 1991 s. 106).

Tabel 5.1
Genanvendelse af jern og metalskrot i 1999 (Miljøstyrelsen, 2000).

	Mængde i 1000 ton
Jern og metalskrot fra Danmark tilført støberier og Stålvalseværket	417
Jern og metalskrot eksporteret af skrothandlere	570
Jern og metalskrot importeret af skrothandlere	22
I alt genanvendt af dansk jern og metalskrot	965
Jern og metalskrot importeret af stålvalseværket og støberier	230

Ifølge Danmarks Statistik genanvendes der således 965.000 ton metalskrot i Danmark. Der blev indsamlet 987.000 ton metalskrot i Danmark i 1999, og hvis det antages at svare til 97% af skrotmængden, betyder det, at 3% eller 31.000 ton metalskrot ender i miljøet. Det vurderes, at dette skrot i høj grad består af jern med et gennemsnitligt chromindhold på ca. 0,05-0,1%. Det betyder, at 15,5-31 ton metallisk chrom ender i miljøet, primært til jord.

Stålvalseværket og andre danske støberier modtager ikke rustfrit stål, hvorfor det kan antages, at de 570.000 ton, som eksporteres, indeholder en stor del rustfrit stål. Da det nøjagtige tal ikke kendes, vurderes det, at ca. 25% af mængden består af rustfrit stål. Det svarer til 142.500 ton eller 24.000-26.000 ton chrom. Det antages, at de nævnte procentsatser for genanvendelse af rustfrit stål i byggeriet er gældende for Danmark som helhed.

Det betyder, at ca. 2.700-2.900 ton chrom ender på deponi. Halvdelen efter først at have været gennem et forbrændingsanlæg.

5.1.2 Omsætning med aluminium

Jævnfør den opdaterede massestrømsanalyse for aluminium (se afsnit 2.2) forekommer der en genanvendelse i Danmark på 18.600-22.300 ton aluminium svarende til 4-22 ton chrom. Aluminium vil blive oparbejdet ved omsmelting. Chromindholdet heri vil være uændret i forhold til udgangsmaterialet. Der forekommer ligeledes en nettoeksport af

aluminiumsskrot på 8.000-17.000 ton aluminium indeholdende 2-18 ton chrom.

5.1.3 Omsætning med kobber

Jævnfør den opdaterede massestrømsanalyse for kobber (se afsnit 2.3) forekommer der en genanvendelse i Danmark på 9.000-10.000 ton kobber svarende til 2-3 ton chrom. Kobberet vil blive oparbejdet ved omsmelting. Chromindholdet heri vil være uændret i forhold til udgangsmaterialet. Der forekommer ligeledes en nettoeksport af kobberskrot på 15.000-24.000 ton kobber indeholdende 4-6 ton chrom. Det eksporterede skrot oparbejdes ofte ved elektrolytisk raffinering, hvorved chromindholdet reduceres eller fjernes.

5.2 Bortskaffelse af affald

5.2.1 Totale årlige mængder af fast affald

Forskellige former for affald bortskaffes aktivt. Det drejer sig om affald fra husholdninger, industri, byggeri etc. I affaldsstatistikken er angivet mængder af fast affald, der bortskaffes.

Tabel 5.2
Affaldsstatistik 1999 (Miljøstyrelsen, 2000).

	Mængde i 1999, 1000 ton
Husholdninger	2.963
Dagrenovation	1.665
Storskrald	672
Haveaffald	464
Andet	163
Institutioner/handel, kontor	955
Fremstilling mv.	2.653
Byggeri og anlæg	2.968
Rensningsanlæg	1.379
Slagger, flyveaske m.v. (kul)	1.299
Andet	15
Total	12.233

Danmark eksporterede i 1999 en del affald.

Tabel 5.3
Eksport af affald fra Danmark i 1999 (Miljøstyrelsen, 2000).

	Mængder i ton
Glas	12.400
Plast	19.700
Jern og metal	403.700
Andet brændbart	8.100
Flyveaske og slagger fra kulfyrede kraftværker	146.200
Slagger og røgrensningsprodukter fra jernproduktionen	11.000
Røggasrensingsprodukter fra affaldsforbrændingsanlæg	56.400
Forbrændingsjern fra affaldsforbrændingsanlæg	10.700
Andet anmeldt affald	58.800

Danmark importerede i 1999 affald svarende til 4% af egen affaldsproduktion, men det var for det meste "grønt" affald og metal, og i alle tilfælde til genanvendelse eller forbrænding. Bortset fra chromindholdet i de 252.000 ton jern og metalaffald, der importeres til genanvendelse, vurderes det, at der ikke importeres væsentlige mængder chrom med affald.

5.2.2 Termisk affaldsbehandling

I Danmark afbrændes så meget affald som muligt, dvs. at alt, som kan brændes, bliver brændt. Mængden af chrom, der tilføres forbrænding, er opgjort til:

- Imprægneret træ 3,8 ton Cr/år
- Udtjent læder: 106-236 ton Cr/år
- Udtjente tekstiler: 5,1-15,3 ton Cr/år
- Udtjente forchromede produkter: 2,9 ton Cr/år
- Udtjente elektroniske medier: 1,8-2,6 ton Cr/år

Forbrænding af affald giver anledning til visse mængder af restprodukter. Det drejer sig om slagger, ristgennemfald, kedelaske, economizeraske, flyveaske og røggrensingsprodukter. Et estimat af mængderne er vist i Tabel 5.4.

Tabel 5.4
Mængden af restprodukter der fremkommer ved forbrænding af affald (Hjelmar & Hansen, 2002).

Restprodukt	Kg/ton forbrændt affald
Slagger	250-400
Ristgennemfald	5
Kedelaske	2-10
Flyveaske	10-30
Røggasrensning tør proces	20-50
Røggasrensning semitør proces	20-40
Røggasrensning våd proces	1-3

Indholdet af chrom i de vigtigste af restprodukterne er angivet i Tabel 5.5. Under forudsætning af, at der forbrændes 2.929.000 ton affald/år (Miljøstyrelsen, 2000), kan den samlede chrommængde i restprodukter fra affaldsforbrændingsanlæg estimeres.

Tabel 5.5
Indholdet af chrom i restprodukter fra affaldsforbrænding (Hjelmar & Thomassen, 1992; Hjelmar & Hansen, 2002).

Restprodukt	Chromkoncentration (mg/kg)	Chrommængde (ton/år)
Flyveaske	650	19-57
Flyveaskeholdige røggasrensingsprodukter fra tørre og semitørre processer	180	18-47
Slam fra våd røggasrensning	240	0,7-2,1
Slagger	230-600 (415)	119-312
		158-418

Emissionsfaktorer for affaldsforbrændingsanlæg forsynet med forskellige rensningsteknologier er for 1995/96 bestemt til 0,1-1,7 g Cr/ton affald (Illerup *et al.*, 1999), hvilket giver en emission af chrom til luft på 0,3-5,0 ton. Idet kun en mindre mængde affald (ca. 2%) i 1995/96 blev behandlet på anlægget med den høje emissionsfaktor, er et mere reelt bud en emission til luft på 0,3-1,5 ton chrom.

5.2.3 Deponiaktiviteter

En del affald kan ikke brændes og deponeres sammen med uanvendelige restprodukter fra forbrændingen af affald og fossile brændsler (kul). I 1999 blev der deponeret mængder som vist i Tabel 5.6. Herudover kommer farligt

affald, hvoraf en del deponeres. Det meget chromholdige slam fra forchromningsindustrien deponeres således hos Kommunekemi. I 1999 blev der deponeret omkring 106 ton Cr/år hos Kommunekemi. Det kan bemærkes, at en meget høj andel (99%) af flyveasken fra kulforbrænding blev genbrugt i 1999. I andre år er der deponeret større mængder.

Tabel 5.6
Deponerede mængder affald (Miljøstyrelsen, 2000).

Deponeret fraktion	Mængde ton/år
Affald, ekskl. slagge og flyveaske	1.460.000
Slagge, affald	92.302
Flyveaske, affald	43.102
Slam TS langtidsdeponi	47.441
Slagge og flyveaske, kul	12.990

Hvis Cr-koncentrationerne for slagge og flyveaske givet i Tabel 5.5 anvendes sammen med estimerede indhold i restprodukter fra kulafbrænding (Hjelmar & Thomasen, 1992), kan den deponerede mængde chrom beregnes, dog uden mængden deponeret med almindeligt ikke-brændbart affald. Chromindholdet i almindeligt ikke-brændbart affald, der deponeres, kendes hverken af Videncenter for Affald eller Erhvervs- eller Husholdningsaffaldskontoret i Miljøstyrelsen.

Tabel 5.7
Deponerede mængder chrom.

Deponeret med fraktion	Mængde tonCr/år
Affald, ekskl. slagge og flyveaske	ukendt
Slagge, affald	38
Flyveaske, affald	28
Slam TS	2
Slagge og flyveaske, kul	1
Sum	69

Der kan være et vist tab af chrom til miljøet fra deponier og ved udsivning af perkolat. Dette tab er ikke vurderet her.

I alt vurderes det, at der deponeres omkring 175 ton Cr/år i Danmark foruden det, der deponeres med almindeligt ikke-brændbart affald.

5.2.4 Biologisk affaldsbehandling

Dele af den organiske fraktion af dagrenovationen samt grønt affald fra haver, parker og lign. gennemgår en biologisk behandling og ender enten som kompost eller som biogasrestprodukt. Disse restprodukter udspreddes pga. deres næringsstofindhold på landbrugsjord, men de indeholder også mængder af diverse tungmetaller, herunder chrom. I nedenstående tabel fremgår indholdet af chrom i restprodukterne og det årlige bidrag af chrom til landbrugsjord med restprodukter.

Tabel 5.8
Gennemsnitligt indhold af og årlige totalmængder af chrom i kompost og biogasrestprodukt (Skov- og Naturstyrelsen, 1998).

Restprodukttype	Chromindhold mg/kg tørstof	Årlig mængde ton tørstof	Chrommængde kg/år
Kompost fra dagrenovation	16	6.000	1,9
Kompost fra have- og parkaffald	9,1	130.000	47
Flydende restprodukt fra biogasfremstilling	5,6	56.500	37
Totalmængde		192.500	86

5.3 Omsætning med kemikalieaffald

Kemikalieaffald/farligt affald bortskaffes via godkendte behandlere, herunder Kommunekemi. Bortskaffelsen af potentielt chromholdige fraktioner af farligt affald er vist i Tabel 5.9. Der foreligger ikke chromanalyser af de enkelte affaldsfraktioner.

Tabel 5.9
Bortskaffelse af farligt affald i 1999; potentielt chromholdige fraktioner (Miljøstyrelsen, 2000).

Fraktion	Genanvendelse ton	Forbrænding ton	Deponering ton	Særlig behandling ton	I alt ton
Farve/Lak/Maling med organiske opløsningsmidler	14	10.640	2	815	11.471
Farve/Lak/Maling uden organiske opløsningsmidler		6.572	7	824	7.403
Organiske metalforbindelser, undt Hg		112		1	113
Sure vandige opløsninger med chromforbindelser	855	95	4	419	1.373
Fotografiske fremkalderbade	3.051	1.116	10	60	4.237
Chromholdige fotoprosesbade		7			7
Fixerbade	1.293	20		963	2.276
Metalhydroxid og oxidslam	1.266	1.306	3.683	145	6.400
Røgvaskerslam og røgfilterstøv fra jern- og metalstøberier		369	743	203	1.315
Farveriaffald		2			2
Vandigt slam fra trykimprægning af træ		14		7	21
Hærdesalte		15		52	67
Affald af lægemidler		728		557	1.285
Kemikalier fra laboratorier mv.	1	1.056	54	67	1.178
Filterstøv fra røggasrensning	11.002				11.002
Flyveaske	376		5771	22.413 (lagret)	28.560
Røggasrensningsprodukt	5.170		37.434	7183	49.787

Kommunekemi tager halvårligt prøver af deres output. I 1999 havde de på output-siden (Kommunekemi, 2002b):

- 11.529 ton slagge med et indhold af chrom på 120-210 mg/kg svarende til 1,4-2,4 ton chrom
- 5.472 ton restprodukter (flyveaske m.m.) med et chromindhold på 250-680 mg/kg svarende til 1,4-3,7 ton chrom
- 3.437 ton filterkage (fra egen rensning) med et chromindhold på 7.500 mg/kg svarende til 26 ton chrom
- 3.579 ton filterkage fra andre (typisk fra galvaniske industrier med eget rensningsanlæg) med et chromindhold på 21.000 mg/kg svarende til 75 ton chrom

De 100-110 ton chromholdige restprodukter mv. deponeres (Kommunekemi, 2002b).

Udvaskningen af chrom(VI) med perkolatet var i 1999 3,782 kg, hvilket var over middel. Dette skyldes den megen nedbør. De tilsvarende tal for 2000 og 2001 var henholdsvis 0,492 kg og 1,478 kg. Udvaskningen kan ikke nå grundvandsmagasiner, da deponiet ligger kystnært (Kommunekemi, 2002b).

5.4 Omsætning med spildevand og spildevandsslam

I Bagsværd og Skovlunde har man i en periode i 1996 målt på miljøfremmede stoffer i afløbet fra befæstede arealer. Her målte man koncentrationer på 10,6-18,5 µg Cr/L (Kjølholt *et al.*, 1997). Dette er samme niveau som indløbet til en række rensningsanlæg.

Tabel 5.10
Indløb til rensningsanlæg 1997 (Jepsen & Grüttner, 1997).

	Middel koncentration µg Cr/L
IS Avedøre kloakværk	28
Renseanlæg Damhusåen	19
Herning centralrenseanlæg	47

Cr middelkoncentration i tilløb til renselanlæg Lynetten i 1999 var 7,8 µg/L og til renselanlægget Damhusåen 8,9 µg/L. Den samlede tilløbsmængde var i gennemsnit 1,4 kg Cr/dag på Lynetten og 0,7 kg/dag på renselanlægget Damhusåen (Lynettefællesskabet I/S, 2000). Den samlede vandmængde, der blev behandlet i 1999, var omkring 825 mio. m³/år. Antages der på baggrund af ovenstående et gennemsnitligt indhold på 5-10 µg Cr/L, er den årlige tilførsel til rensningsanlæg 4,1-8,3 ton Cr/år. Som det kan ses, passer det godt overens med den mængde, som man finder i slammet, idet det i tidligere undersøgelser er skønnet, at 80% af chromen overgår til slammet i rensningsanlægget (Grüttner & Jacobsen, 1994). Antages det, at 80% tilbageholdes, er emissionen til vandmiljøet fra rensningsanlæg 1,2 ton Cr/år. Emissionen til vandmiljøet fra særskilte industrielle udledere er af Miljøstyrelsen angivet til 0,219 ton Cr/år, muligvis større (Miljøstyrelsen, 1999b).

Der var i 1999 registreret 1.409 rensningsanlæg med en behandling af spildevand svarende til 8,09 mio. personekvivalenter (PE). De producerede i 1999 155.621 ton slam tørstof (TS). Grænseværdien for chrom i slam var i 1999 200 mg/pr. kg total fosfor (P) eller 100 mg/kg slam TS. De vægtede gennemsnitlige koncentrationer af chrom i slam var i 1999 33,2 g Cr/ton slam TS for alt slam, og 24,6 g Cr/ton slam TS for slam der blev udlagt på landbrugsjord (Miljøstyrelsen, 2001). Det svarer til, at der totalt var 4,9 ton Cr i slammet, og at 2,1 ton Cr blev spredt på landbrugsjord. Det, som ikke blev fordelt på landbrugsjord, gik til forbrænding (ca. 45%) eller til deponi (ca. 51%) (Miljøstyrelsen, 2001b), hvilket svarer til, at der går 1,3 ton Cr fra slam til forbrænding/år, og at 1,4 ton Cr fra slam deponeres/år.

5.5 Luftemissioner

Som tidligere vist er der en stor emission af Cr til luft i forbindelse med forbrænding af fossile brændstoffer og affald.

Tabel 5.11
Emission af tungmetaller til luft i 1999
(Danmarks Miljøundersøgelse, 2002).

	kg Cr/år
Forbrænding - kraftværker og raffinaderier	1.410
Forbrænding - beboelser og institutioner	191
Forbrænding - industri	805
Produktionsprocesser	0
Vejtransport	179
Andre mobile kilder	65
Total	2.650

En del af emissionerne skyldes indholdet af chrom i brændsel.

5.6 Arealnedfald

Ud fra målinger på 7 stationer er det registreret, at der på dansk jord ved bulk-deposition falder $125 \mu\text{g Cr/m}^2$ pr år. Dette inkluderer ikke aerosoldeposition, som kan svare til 5-20% af bulk-depositionen.

Den samlede estimerede årlige tilførsel til dansk landareal (43.000 km^2) med atmosfærisk deposition er vurderet at være 10 ton Cr (gennemsnit af de sidste 10 år).

På vandet falder der omkring $167 \mu\text{g Cr/m}^2$ pr. år, eller 7 ton i alt pr. år i de indre danske farvande (40.000 km^2) (Hovmand *et al.*, 2000).

5.7 Sammenfatning

Emissioner af chrom i forbindelse med behandling af affald kan sammenfattes som vist i Tabel 5.12.

Tabel 5.12
Emissioner af chrom i forbindelse med behandling af affald i Danmark 1999.

Proces/kilde	Luft ton	Vand ton	Jord ton	Deponi ton	I alt ton
Genanvendelse		0,2-2	16-32	2.700-2.900	2.716-2.932
Affaldsforbrænding	0,3-1,5	-	-	36-96	36-98
Biologisk affaldsbehandling	-	-	0,1	-	0,1
Deponering af affald	-	?	-	-	-
Kemikalieaffald / Farligt affald		0,5-3,5	-	100-110	101-114
Spildevand	-	1,2	-	-	1,2
Spildevandsslam	-	-	2,1	1,4	3,5

5.7.1 Genanvendelse

Chrom genanvendes ikke i ren form i Danmark, men genanvendes sammen med jern, stål, aluminium og kobber. Den genanvendte mængde chrom kan opgøres til 2.600-3.600 ton chrom med jern og stål, 7-22 ton chrom med aluminium, og 2-3 ton chrom med kobber. Genanvendelse af chrom med restprodukter (flyveaske og slagge) fra kulkraftværker udgør 62-185 ton

Cr/år. Chromforbindelser genanvendes ikke med produkter, men vil kunne udvindes fra chromholdigt spildevand fra f.eks. chromatering.

5.7.2 Affaldsbehandling

Chrom tilføres affaldsbehandlingssystemet med såvel husholdningsaffald som erhvervsaffald. Der foreligger ingen målinger af chrom i input til de forskellige anlægstyper, hvorimod fraførslen er bedre belyst. Restprodukter fra affaldsforbrændingsanlæg (flyveaske, flyveaskeholdige røggasrensningsrestprodukter, slam og slagge) repræsenterer således en årlig chrommængde på 158-418 ton, mens emissionen til luft kan estimeres til 0,3-1,5 ton chrom. 77% af restprodukterne svarende til 122-322 ton chrom blev i 1999 genanvendt, mens den resterende mængde svarende til 36-96 ton chrom blev deponeret.

5.7.3 Kemikalieaffald/Farligt affald

Der foreligger en række chromholdige affaldsfraktioner, som er klassificeret som farligt affald, hvorfor de skal bortskaffes via godkendte behandlere som f.eks. Kommunekemi. Der foreligger ikke analyser af input til Kommunekemi, men chromindholdet er bestemt i en række restprodukter (f.eks. slagge og filterkage mv.), som deponeres. I alt deponeres 100-110 ton chromholdige restprodukter.

5.7.4 Spildevand og spildevandsslam

Chromindholdet er bestemt i prøver af tilløb til tre rensningsanlæg, og på baggrund af koncentrationer på 19-47 µg Cr/L kan den samlede tilledning til spildevandsrensningsanlæg estimeres til 4,1-8,3 ton Cr/år. Heraf tilbageholdes ca. 80%. Emissionen til vandmiljøet er estimeret til 1,2 ton Cr/år. Den resterende mængde opfanges i slam, og med en chromkoncentration i slam på 33,2 g/ton TS (gennemsnit af alt slam) og 24,6 g/ton TS i slam til udlægning på landbrugsjord fås en fraførsel på 4,9 ton chrom, hvoraf 2,1 ton blev tilført landbrugsjord, 1,3 ton til forbrænding og 1,4 ton til deponering.

6 Sammenfattende vurdering

6.1 Chromforbrug i Danmark 1999

6.1.1 Nettoimport af chrom og chromforbindelser

Chrom og chromforbindelser importeres med varer, råvarer og halvfabrikata (metaller) som kemisk stof og som følgestof. Nettoimporten af chrom som følgestof/legeringsmetal i rustfrit stål, ferrochrom, stål og jern er opgjort til 23.200-28.500 ton. Som følgestof/legeringsmetal i aluminium og kobber er nettoimporten opgjort til henholdsvis 11-106 ton og 6-9 ton.

Chromforbindelser importeres primært som chromoxider, men også som chromhydroxider, chrom(III)sulfat, natriumdichromat og andre dichromater. Den samlede mængde er opgjort til 260 ton, hvor ca. 110 ton er chrom(VI).

Chrom importeres endvidere som følgestof/urenhed i en række produkter, hvoraf de væsentligste er fossile brændsler (kul og olie) med 147 ton, chrom og chromgarvet læder med 79-209 ton chrom.

6.1.2 Forbrug af chrom og chromforbindelser

Forbruget af chrom som legeringsmetal, kemiske forbindelser og som følgestof er kortlagt for Danmark for året 1999 (gennemsnit for årene 1998, 1999 og 2000). Forbruget er sammenfattet i Tabel 6.1.

Tabel 6.1
Forbrug af chrom, chromforbindelser og chrom som følgestof i Danmark i 1999 (gennemsnit for årene 1998, 1999 og 2000).

	Forsyning (ton/år)	Fordeling (%)
Chrom, metallisk	24.300-29.400	97
Chromforbindelser	450-740	2,2
Chrom som følgestof	214	0,8
I alt	24.964-30.354	100

Forbruget af chrom og chromforbindelser i Danmark fordelt på anvendelsesområder er sammenfattet i Tabel 6.2.

Ved kortlægning af forbruget af chromforbindelser er der lagt vægt på at afdække forbrug og emission af chrom(VI)forbindelser, idet de udgør en væsentligt større miljø- og sundhedsrisiko som beskrevet i afsnit 1.3.4 "Klassificering af chromforbindelser". Anvendelse af chrom(VI)forbindelser er underlagt en lang række restriktioner, hvilket er årsag til, at forbruget inden for en del anvendelsesområder er for nedadgående.

Tabel 6.2

Forbrug af chrom, chromforbindelser og chrom som følgestof i Danmark i 1999 (gennemsnit for årene 1998, 1999 og 2000) fordelt på anvendelsesområder. Forbruget af Cr(VI) er ligeledes angivet for de anvendelser, hvor det er relevant.

Anvendelsesområde	Forbrug (ton/år)	Fordeling ¹ (%)	Heraf Cr(VI) (ton/år)	Udviklingstendens
Chrom, metallisk				
- Jern og stål				
- varer af jern og stål	21.000-25.000	83	-	stigende
- varer af andet stål	2.700-3.700	12	-	stigende
- stålfremstilling	600	2,2	-	stigende
- Aluminiumlegeringer ²	11-106	0,2	-	stigende
- Kobberlegeringer ²	6-9	0,03	-	stigende
Chromforbindelser				
- Overfladebehandling	37,7	0,14	37,7	stigende
- Pigmenter i maling og plast	12,6-116,7	0,23	1-2	faldende
- Imprægnering	8,8	0,03	8,8	faldende
- Korrosionsinhibitor	-0	0	-	-
- Garvning	164-302	0,8	0,016-0,035	stigende
- Katalysatorer	0,1-1	0,002	-	?
- Hærdere	13-47	0,11	<<1	?
- Tekstiler	5,6-16,7	0,04	-	uændret
- Elektronisk lagring	1,8-2,6	0,008	-	uændret
- Laboratoriekemikalier	<1	0	<1	-
- Ildfaste sten	200	0,72	-	uændret
Chrom som følgestof				
- Kul og olie	147	0,53	-	uændret
- Cement	67	0,24	2,1-4,2	faldende
I alt	24.964-30.354	100,28	49,6-52,7	

1. Sum afviger fra 100% pga. afrunding.

2. Herunder urenheder i aluminium og kobber.

6.2 Tilførsel af chrom til omgivelser og deponi

De foreliggende oplysninger om bortskaffelse og spredning af chrom til omgivelserne i Danmark i 1999 er sammenfattet i Tabel 6.3. Emissionerne til de forskellige recipienter er diskuteret herunder.

6.2.1 Emissioner til luft

Chrom og chromforbindelser er stabile forbindelser med højt smeltepunkt/kogepunkt, hvilket betyder, at emissioner til luft primært er knyttet til termiske processer. Termiske processer forekommer primært ved produktion og forarbejdning af jern, aluminium og kobber, herunder legering af de forskellige metaller. Primær produktion af metallerne eller legeringerne forekommer ikke i Danmark, men forarbejdning kan forekomme, ligesom genanvendelse af metaller forekommer i Danmark. De vigtigste kilder er forbrænding (energikonvertering og affaldsforbrænding) og forarbejdning, brug, genanvendelse og bortskaffelse af jern og stål, aluminium og kobber. De samlede emissioner til luft er opgjort til 4,1-5,5 ton Cr/år.

6.2.2 Emissioner til vand

Chrom og chrom(III)forbindelser er relativt uopløselige i vand, mens nogle chrom(VI)forbindelser er mere opløselige, hvorfor emissioner til vand forekommer ved f.eks. udledning af proceskemikalier fra overfladebehandling eller spildevand fra farve/lakindustrien. I brugsfasen vil emissioner til vand primært forekomme ved korrosion af jern, stål, aluminium og kobber, ved anvendelse af maling indeholdende chrompigmenter, udvaskning fra imprægneret træ eller ved bortskaffelse af laboratoriekemikalier. De samlede emissioner til vand kan opgøres til 1,9-4,0 ton Cr/år.

6.2.3 Emissioner til jord

Med hensyn til emissioner til jord gælder de samme forhold omkring opløseligheden af chromforbindelser, hvorfor emissioner i brugsfasen primært vil forekomme ved korrosion af jern, stål, aluminium og kobber, udvaskning fra imprægneret træ og malede overflader samt afskalning fra forchromede produkter. De samlede emissioner til jord kan opgøres til 16-33 ton Cr/år.

6.2.4 Deponi

Chrom og chromforbindelser tilføres deponi sammen med de produkter, hvori de indgår samt med restprodukter fra forbrændingsprocesser. Herudover vil mindre mængder blive tilført deponi med byggeaffald, læder og tekstiler. Den samlede mængde chrom der tilføres deponering kan opgøres til 148-244 ton/år.

Tabel 6.3
Bortskaffelse og spredning af chrom til omgivelserne i Danmark 1999.

Proces/kilde	Luft ton/år	Vand ton/år	Jord ton/år	Deponi ton/år	I alt ton/år
Industrielle processer					
- Forarbejdning, brug og bortskaffelse af jern og stål	?	?	15,5-31	-	15,5-31
- Genanvendelse af jern og stål	0,1-0,2	0,017-0,034	-	2,3	2,4-2,5
- Forarbejdning, brug og bortskaffelse af aluminium	0-0,1	0,2-2	0,1-1	3-37	3,3-40
- Forarbejdning, brug og bortskaffelse af kobber	~0	-	0,1-0,2	1-2	1,1-2,2
- Energikonvertering (kul og olie)	3,5	-	-	?	3,5
- Andre industrielle processer	-	0,2	-	-	0,2
- Overfladebehandling	-	0,089	-	-	-
- Imprægnering	-	?	-	-	?
- Garvning	-	0,27	-	-	0,27
- Transport	0,2	-	-	-	0,2
Anvendelse af produkter					
- Imprægneret træ	-	0,3-0,6	0,3-0,6	-	0,6-1,2
- Forchromede produkter	-	-	??	-	??
- Maling	-	0,03-13	-	-	0,03-13
- Laboratoriekemikalier	-	<<1	-	-	<<1
Affaldsbehandling					
- Affaldsforbrænding	0,3-1,5	-	-	36-96	36-98
- Biologisk affaldsbehandling	-	-	0,086	-	0,086
- Deponering af fast affald	-	-	-	??	??
- Kommunekemi	?	-	-	104-107	104-107
- Kommunalt spildevand	-	1,2	-	-	1,2
- Spildevandsslam	-	-	2,1	1,4	3,5
I alt	4,1-5,5	2,3-17	16-33	148-244	170-302

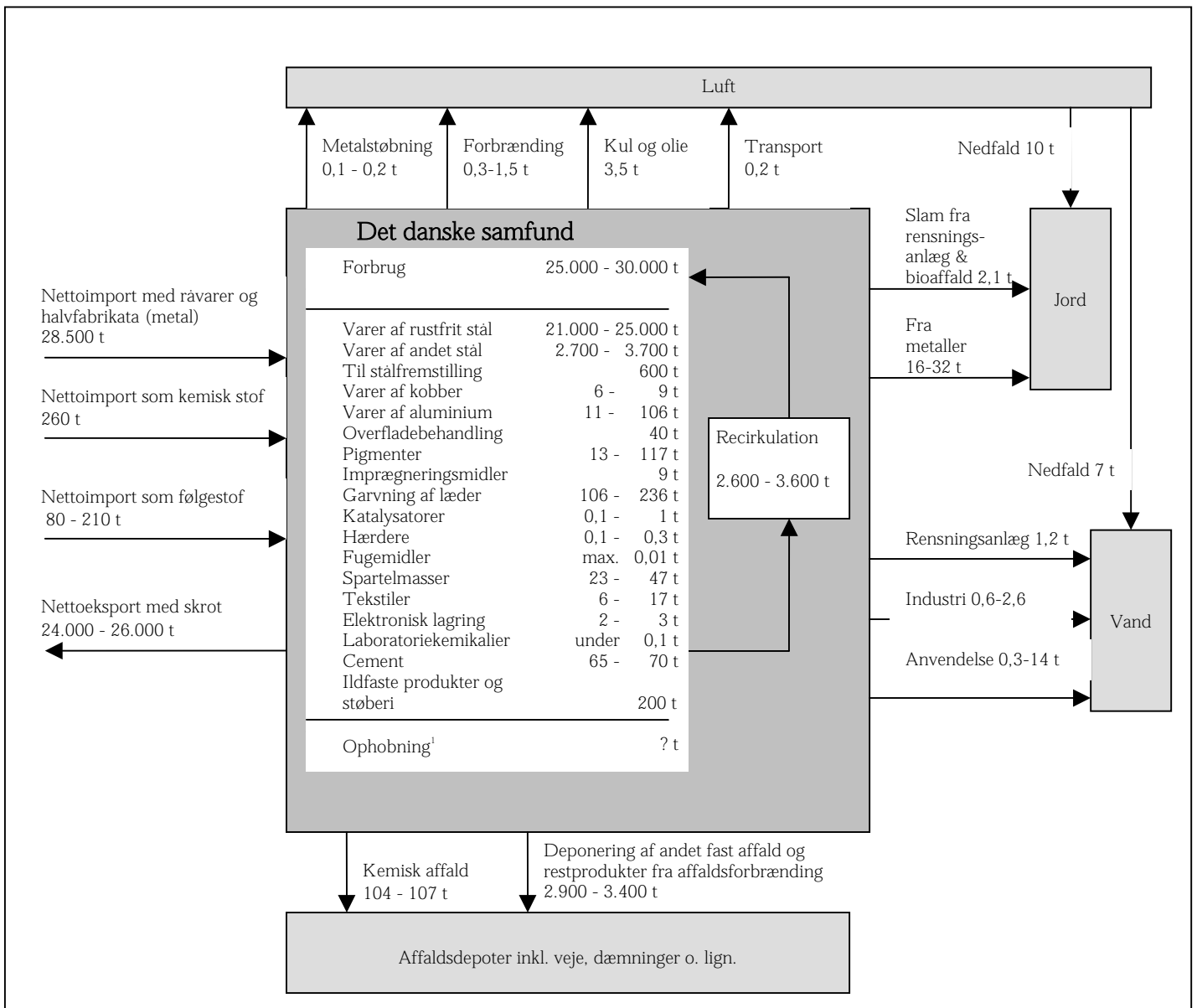
6.3 Chrombalance for Danmark, 1998-2000

På baggrund af de oplysninger og data, som er præsenteret i afsnit 2-5, er balancen for chrom i Danmark for årene 1998-2000 opstillet; se Figur 6.1. Figuren illustrerer mængderne, som importeres til det danske samfund, og mængderne, som eksporteres herfra, samt emissionerne fra samfundet til henholdsvis deponi, luft, jord og vand. Det danske samfund er repræsenteret ved den inderste kasse i figuren. Heri er oplistet de forskellige anvendelser, hvori chrom indgår i. Samlet er de udtryk for forbruget i Danmark. En vis andel recirkuleres internt i samfundet. Ophobningen i samfundet er udtryk for balancen mellem de mængder, der tilføres samfundet, og de mængder som fraføres gennem eksport og emissioner.

Balancen består af:

- Nettoimport med metal, kemiske forbindelse og som følgestof
- Nettoeksport med skrot
- Emissioner til luft, jord og vand

Chrom, der indgår som legering eller følgestof i aluminium og kobber, er medtaget under metallisk chrom.



Figur 6.1

Chrombalance for Danmark 1999 (ton Cr/år, gennemsnit af årene 1998, 1999 og 2000).

1. På grundlag af den opgjorte nettoimport, nettoeksport og deponering skønnes ophobningen at være omkring 0. Chromholdige metaller (jern, aluminium og kobber) har en høj værdi i genanvendelsessystemet, hvilket betyder at de vil blive taget ud af systemet til genbrug når de er udtjente, men det udelukker dog ikke at der kan ske en vis ophobning.

Referenceliste

3M (2002). Internet: <http://products.3m.com/us/msds/msdsSearch.jhtml>

Aalborg Portland (2001a). Miljøreddegørelse og grønt regnskab 2001.

Aalborg Portland (2001b). Beretning og regnskab.

Aalborg Universitet (2002). Email fra Per Stoltze, Professor i Interfase kemi, kolloider og katalyse.

Aco-drain (2002). Internet: www.aco-drain.com

Actona A/S (2002). Telefonsamtale med Ole Sørensen. (Møbelfabrikant).

Adax (2002). Internet: www.adax.dk/

Ahlbom J, Duus U, Freilich D (1996). En nyans grønere. Sverige, Stockholm: Kemikalieinspektionen.

Akcros Chemicals Nordic A/S (2002). Personlig oplysning. Jan Helge.

Alfix A/S (2002). Internet: www.alfix.dk/rammemaindkk.htm.

American Metal Market (2000). www.amm.com.

Andersen B, Poulsen E, Hansen E (1984). Forbrug og forurening med arsen, chrom, cobalt og nikkel i Danmark - Materialestrømsanalyse, økotoksikologi, human eksponering og sundhedsmæssig vurdering. København: Miljøministeriet, Miljøstyrelsen.

Andreas Jennow A/S (2002). Personlig oplysning. Christian Thulstrup.

Andreasen H, Bernth N, Jensen PH (1997). Survey of the content of heavy metals in packagings on the Danish market. København: Miljøstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet.

Arbejdstilsynet (2000). Grænseværdier for stoffer og materialer. At-vejledning C.0.1, oktober 2000.

ATSDR (2000). Information on chrome from ATSDR, www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles.

Avesta Polarit (2002). Personlig oplysning.

BASF (2002). Personlig oplysning. Peter Ersman.

Bayer (2002). Personlig oplysning. Ole Hardrup.

Bie & Berntsen (2002). Personlig oplysning. Dirk Clemmesen.

Bielman JH (1993). Driers. Surface coatings, raw materials and their usage. London: Chapman and Hall.

Bostik A/S (2002). Internet: www.bostik.dk/.

Brancheforeningen for Elektronik (2002). Telefonsamtale med Kate Lindahl.

Brancheforeningen for Forbrugerelektronik (2002). Internet: www.bfe.dk.

Bundesamt für Umwelt (1995). Cadmium, Blei und Chrom in Kunststoffen. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.

Burcharth's Farve- og lakfabrik A/S (2002). Personlig oplysning. Henning Petersen.

Burg AW, Charest MC (1980). Azo dyes: Evaluation of data relevant to human health and environmental safety. ETAD.

Casco A/S (2002). Telefonsamtale med senior miljørådgiver Jørgen Knudsen.

Cementfabrikkernes tekniske Oplysningskontor (2002a). Telefonsamtale med Christian Justesen, Aalborg Portland.

Cementfabrikkernes tekniske Oplysningskontor (2002b). Telefonsamtale med Torkild Rasmussen, Aalborg Portland.

Dahl F, Løkkegaard K (2000). Central oparbejdning af galvanisk affald. Miljøprojekt nr. 559. København, Miljøstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet.

Dahl F (2002). Ekspertvurdering af Flemming Dahl, Wilson Engineering A/S bl.a. på baggrund af Dahl & Løkkegaard (2000) samt fortrolige samtaler med industrien.

Danmarks Miljøundersøgelser (2002). Internet: www.dmu.dk/1_Viden/2_Miljoe-tilstand/3_luft/4_adaei/pollutant-info.asp.

Danmarks Skohandlerforening (2002). Telefonsamtale med Leif Bernth.

Danmarks Statistik (1999a). Udenrigshandelen fordelt på varer og lande 1998.

Danmarks Statistik (1999b). Varestatistik for industrien, salg af egne produkter, Serie A, B, C og D, 1998, 4 kvartal.

Danmarks Statistik (2000a). Udenrigshandelen fordelt på varer og lande 1999.

Danmarks Statistik (2000b). Varestatistik for industrien, salg af egne produkter, Serie A,B,C og D, 1999, 4 kvartal.

Danmarks Statistik (2001a). Udenrigshandelen fordelt på varer og lande 2000.

Danmarks Statistik (2001b). Udtræk fra Forsyningsstatistikken for årene 1998, 1999 og 2000.

Danmarks Statistik (2001c). Varestatistik for industrien, salg af egne produkter, Serie A,B,C og D, 2000, 4 kvartal.

Danmarks Statistik (2002). Personlig oplysning. Karin Holst Duer.

Dansk Bykemi (2002). Telefonsamtale med Svend Åge Mikkelsen, ekspert i kemiske tilsætningsstoffer til cement og cementholdige produkter, Dansk Bykemi.

Dansk Imprægneringskontrol (2002). Personlig oplysning. Keld Henriksen, Teknologisk Institut.

Dansk Imprægneringsstatistik (2000). Dansk Imprægneringskontrol.

Dansk Textil og Beklædning (2002). Telefonsamtale med Aage Feddersen.

Danske Unipol A/S (2002). Personlig oplysning. Lars Boldt.

Design Møbler (2002). Internet: www.vils.dk/leder.htm.

Det Danske Stålvalseværk (2001). Grønt regnskab og miljøredegørelse 2000.

Det Danske Stålvalseværk (2002a). Personlig oplysning. Zibrandt Greisen.

Det Danske Stålvalseværk (2002b). Personlig oplysning. Bent Schmidt Rasmussen.

DHI (2002). Personlig oplysning. Anders Faverbo.

DONG (2002a). Ole Thygesen, Dansk Olie og NaturGas (DONG).

DONG (2002b). Telefonsamtale med K. Winther, DONG (COWI).

Dyrup (2002). Personlig oplysning. Per Langholz.

ECCO Danmark A/S (2002). Telefonsamtale med Poul Meeks.

Elmo AB (2002). Internet: <http://elmo.iis6.srv.p80.net/frameset.asp>.

Elmo Leather A/S (2002). Telefonsamtale med Karl Otto Geweniger, Teknologichef.

ELSAM A/S (2002). Analyser af kulslagge og flyveaske.

EMTEC (2002a). Telefonsamtale med Jürgen Bunk.

EMTEC (2002b). Telefonsamtale med Kim Schabert.

Encyclopædia Britannica (2002). Oplysninger hentet på www.britannica.com.

Energistyrelsen (2000). Internet: www.ens.dk/statistik/99_detal/index.htm.

EU (1998). Establishment of ecological criteria for textile products. Environmental assessment. Final report.

EU (2000a). Environment, Risk assessment of chromium trioxide, sodium chromate, sodium dichromate, ammonium dichromate and potassium dichromate. Preliminary draft. Environment Agency UK, Chemicals Assessment Section.

EU (2000b). Health, Risk assessment of chromium trioxide, sodium chromate, sodium dichromate, ammonium dichromate and potassium dichromate. Preliminary draft. Environment Agency UK, Chemicals Assessment Section.

Evans RM (1993). Polyurethane sealants, technology and applications. Basel: Technomic publishing AG.

FDFL (2002). Personlig oplysning. Anette Harbo. Foreningen for Danmarks Farve- og Lakindustri.

Flick EW (1978). Adhesive and sealant compounds and their formulations. Noyes data corporation, New Jersey USA.

Flügger (2002). Personlig oplysning. Povl Bastholm. Udviklingschef.

Folkekirkens Nødhjælp (2002). Telefonsamtale med Inge Rosendahl.

FORCE Instituttet (2002). Telefonsamtale med Katrine Nielsen.

FOSROC A/S (2002). Telefonsamtale med Bo Brasen.

Grüttner H, Jacobsen BN (1994). Miljøfremmede stoffer i rensningsanlæg - belastning og renseseffekt. Miljøprojekt nr. 278. Miljøstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet.

Handskemagerlauget/Randers Handsker (2002). Telefonsamtale med Arne Weirum.

Hansen E (1995). Miljøvurdering af industriprodukter. Miljøprojekt nr. 281. København: Miljøstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet.

Hansen E, Kaas T, Larsen J, Lassen C (1999). Aluminium - massestrømsanalyse og vurdering af mulighederne for at minimere tab. Miljøprojekt nr. 478. København: Miljøstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet.

Hansen OC, Henriksen KH, Kofod CJ (2000). Massestrømsanalyse for træ imprægneret med chrom. Udarbejdet af Teknologisk Institut for Miljøstyrelsen.

Hempel (2002). Personlig oplysning. Ebbe Makhholm.

Hjelmar O, Thomasen H (1992). Notat til Miljøstyrelsen vedr. rammeprogram til begrænsning af miljøskadelige stoffer i affald: deponering af restprodukter fra kulfyrede kraftværker og affaldsforbrændingsanlæg. Hørsholm: Vandkvalitetsinstitutet.

Hjelmar O, Hansen JB (2002). Restprodukter fra røggasrensning på affaldsforbrændingsanlæg. Nyttiggørelse eller deponering. Hørsholm: DHI institut for vand og miljø.

Hovmand M, Kemp K (2000). Tungmetalnedfald i Danmark 1999. Danmarks Miljøundersøgelser, Miljø- og Energiministeriet.

Huse A, Weholt Ø, Haukland S, Hermansen R (1992). Materialstrømsanalyse av krom. Vurdering av alternativer. Oslo: Statens Forurensningstilsyn.

ICDA (2001). International Chromium Development Association. Statistical Bulletin. Volume 11: July 2001.

ICDA (2002). Internet: www.chromium-asoc.com.

Illerup JB, Geertinger A, Hoffmann L, Christiansen K (1999). Emissionsfaktorer for tungmetaller 1990-1996. Faglig rapport fra DMU, nr. 301. Danmarks Miljøundersøgelser, Miljø- og Energiministeriet.

Imlak A/S (2002). Personlig oplysning. Ib Zacho.

Inbodan, Idé Møbler (2002). Telefonsamtale med Tom Ågård, indkøber.

Jacoform Sko (2002). Telefonsamtale med Hans Hansen.

Jepsen S-E, Grüttner H (1997). Miljøfremmede stoffer i husholdningsspildevand. Måleprogram for udvalgte stoffer. Miljøprojekt nr. 357. København: Miljøstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet.

Kansas (2002). E-mail fra Kim L. Christensen, produktudviklingschef.

Kemikalieinspektionen Sverige (1995). Tillsatser i plast.

Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole (2001). Oplysning på hjemmeside. www.kemi.kvl.dk/educate/035131/Organic/.

Kjeldgaard K (1991). Livscyklusanalyse af stål i forskellige anvendelsessituationer. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 10. København: Miljøstyrelsen, Miljøministeriet.

Kjølholt J, Poll C, Jensen FK (1997). Miljøfremmede stoffer i overfladeafstrømning fra befæstede arealer. Miljøprojekt nr. 355. København: Miljøstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet.

Kommunekemi (2002a). Personlig oplysning. Per Thomsen.

Kommunekemi (2002b). Personlig oplysning. Vagn Christoffersen.

Larsen HF, Helweg C, Pedersen AR, Boyd HB, Laursen SE, Hansen J (2000). Kemikalier i tekstiler. Miljøprojekt nr. 534. København: Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen.

Lassen C, Drivsholm T, Hansen E, Rasmussen B, Christiansen K (1996). Massestrømsanalyse for kobber. Forbrug, bortskaffelse og udslip til

omgivelserne i Danmark. Miljøprojekt nr. 323. København: Miljøstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet.

Lauritzen EK, Trap N, Rydahl T, Egebart C, Krogh H, Malmgren-Hansen B, Høeg P, Jakobsen JB, Lassen C (2002). Andre problematiske stoffer i bygge- og anlægsaffald - Kortlægning og prognose for affaldsstrømme samt undersøgelse af bortskaffelsesmuligheder. København: Demex Rådgivende Ingeniører A/S.

Liebeck Chem A/S (2002). Personlig oplysning. Paul Liebeck.

LKF Vejmarkering (2002). Personlig oplysning. Hans Peter Hansen.

Lynettefællesskabet I/S (2000). Status vedrørende tillædningen af tungmetaller og miljøfremmede organiske stoffer i slammet på renseanlæg Lynetten og Damhusåen.

Malmgren-Hansen B, Overgaard J, Cramer J (1999). Metoder til behandling af tungmetalholdigt affald, fase 1. J.nr. M3281-0181. Miljøstyrelsen. Under udgivelse.

Miljø- og Energistyrelsen (1997). Bekendtgørelse om foranstaltninger til forebyggelse af kræftisikoen ved arbejde med stoffer og materialer. Bekendtgørelse nr. 140 af 17. februar 1997.

Miljø- og Energistyrelsen (2000). Bekendtgørelse om klassificering, mærkning, salg og opbevaring af kemiske stoffer og produkter. Bekendtgørelse nr. 1065 af 30. november 2000.

Miljøstyrelsen (1999a). Affald 21. Regeringens affaldsplan 1998-2004.

Miljøstyrelsen (1999b). Vandmiljø-99. København: Miljøstyrelsen, Miljø og Energiministeriet.

Miljøstyrelsen (2000). Affaldsstatistik 1999, Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 17. Miljøstyrelsen, Miljø og Energiministeriet.

Miljøstyrelsen (2001a). Bekæmpelsesmiddelstatistik 2000. Salg 1998, 1999 og 2000: Behandlingshyppighed 1999. Orientering fra Miljøstyrelsen Nr. 10 2001.

Miljøstyrelsen (2001b). Spildevandsslam fra kommunale og private renseanlæg i 1999. Miljøstyrelsen, Miljø og Energiministeriet.

Møbelhandlernes Centralforening (2002). Telefonsamtale med Fritz Hansen.

Offshore-environment (2002). Internet: <http://offshore-environment.com/wasteenvimpact.html>.

Perry H, Green DW, Maloney JO (1997). Perry's chemical engineers handbook. McGraw-Hill.

Plastindustrien i Danmark (2002a). Personlig oplysning. Kristine Elvebakken.

Plastindustrien i Danmark (2002b). Telefonsamtale med Birgitte Veirup, Miljøafdelingen.

Poulsen PB, Stranddorf HK, Hjuler K, Rasmussen JO (2002). Vurdering af malings miljøbelastning i anvendelsesfasen. Miljøprojekt nr. 662. København: Miljøstyrelsen.

Produktregistret (2001). Udtræk fra Produktregistret for årene 1999, 2000 og 2001.

PVC Informationsrådet (1999). Informationer om tungmetaller i PVC. www.pvc.dk/faktaOmPvc/Faktablade/Tungmetaller.php.

PVC Informationskontoret (2002). Personlig oplysning. Ole Grøndahl Hansen.

PVC Informationsrådet (2002). Internet hjemmeside: www.pvc.dk.

R98 (2002). Forsøgsordning med indsamling af affald. www.r98.dk.

Rasmussen D, Møller LM (2000). Vurdering af offshore-kemikalier der udledes til Lillebælt. Hørsholm: DONG (Not published).

Remmen A, Rasmussen DB (1999). Renere teknologi i tekstil- og beklædningsindustrien. Miljøprojekt nr. 502. København: Miljøstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet.

Rydin S (2002). Undersøgelse af indholdet af Cr(VI) og Cr(III) i lædervarer på det danske marked, Kortlægning nr. 3. København: Miljøstyrelsen, Miljøministeriet.

Sandvik Steel Danmark (2002). Personlig oplysning.

Scan-Rep Aps. (2002). Personlig oplysning. Georg Messmann.

Sea Consult (2002). Telefonsamtale med Mike Robson, Sea Consult, tidl. Mærsk Olie.

Sekretariatet for Aluminium og Miljø (2002). Det interaktive opslagsværk om aluminium www.alu-info.dk/uddan/html/onlninfo/framest4.html. Suppleret med personlige oplysninger, Jim Hansen.

Shoes-international (2002). Internet: www.shoesinternational.co.uk/glossary.cfm.

Sony Denmark (2002). Telefonsamtale med Jimmy Voss.

Statens Forurensningstilsyn (1991), Oslo. Kartlægning av miljøskadelige stoffer i plast og gummi.

Statoil A/S (2002a). Telefonsamtale med B. Johannesen.

Statoil A/S (2002b). Telefonsamtale med Jørgen Henze Pedersen, Chef for plan og forretning.

- Stålföreningen (2002). Personlig oplysning.
- Synetix-ICI (2002a). KATALCO 71-5. High Temperature Shift Catalyst. www.syntex.com/refineries/pdfs/productbulletins/71-5.pdf.
- Synetix-ICI (2002b) KATALCO 83-3. Low Temperature Shift Catalyst. www.syntex.com/refineries/pdfs/productbulletins/83-3.pdf.
- TDK-Scandinavia (2002). Telefonsamtale med Beatrice Soderstrom.
- Teknologisk Institut (2002a). Telefonsamtale med Søren Laursen, Tekstil og Beklædning.
- Teknologisk Institut (2002b). Telefonsamtale med Dr. Stefan Rydin, Miljøteknik.
- Tjep G (2000). Chemical fact sheet on chromium from Spectrum, www.speclab.com/elements/chromium.html.
- Tørsløv J, Hansen E (1985). Forbrug og forurening med arsen, chrom, cobalt og nikkel. Materialestrømsanalyse, økotoksikologi, human eksponering og sundhedsmæssig vurdering. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 7. København: Miljøstyrelsen.
- Ullmann (2002). Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry.
- Umweltbundesamt (2000). Internet: www.umweltbundesamt.de.
- US Bureau of Mines (1994). Chromium Life Cycle Study. United States Department of the Interior. Bureau of Mines. Information Circular 9411.
- VKI, dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ og DTC (1999). Priority setting regarding off-shore substances and preparations. Evaluation of cleaner technology possibilities. København: Miljøstyrelsen.
- VWR (2002). Personlig oplysning. Bjarne Møller.
- Williams LQ (2002). Polyester for Technical Textiles: Meeting Demands of Challenging Market. International fiber journal 16.

Forsyning i ton af værktøj, redskaber, knive og bestik af rustfrit stål i Danmark 1998-2000

KN-kode	Varebeskrivelse	Import ton	Eksport ton	Produktion ton	Forsyning ton	Varesammensætning			Vurderet indhold af chrom			Chrom-indhold ton
						Stål	Rustfrit stål	Andet	Stål	Rustfrit stål	Andet	
8201	Spader, skovle, ryddehakker, spidshakker, hakker, hylpejern m.m.	2.669	754	2.841	4.756	65%	5%	30%	0,5% - 0,8%	17% - 18%	0%	56 - 68
8202	Håndsave, savblade	1.003	1.831	1.928	1.099	90%	10%		0,5% - 0,8%	17% - 18%		24 - 28
8203	File, raspe, knibtænger, bidetænger m.m.	772	188	90	674	90%		10%	0,5% - 0,8%	17% - 18%	0%	3 - 5
8204	Skruenøgler til brug i hånden	837	259	10	588	15%	85%		0,5% - 0,8%	17% - 18%		85 - 91
8205	Håndværktøj og håndredskaber	4.437	1.077	510	3.871	80%	10%	10%	0,5% - 0,8%	17% - 18%	0%	81 - 94
8206	Værktøj i sæt til detailsalg	566	268	13	311	94,50%	0,50%	5%	0,5% - 0,8%	17% - 18%	0%	2 - 3
8207	Udskifteligt værktøj til håndværktøj	2.199	1.718	1.864	2.345	70%	25%	5%	4%	17% - 18%	0%	165 - 171
8208	Knive og skær til maskiner og mekaniske apparater	563	242	80	401	30%	70%		0,5% - 0,8%	17% - 18%		48 - 52
8209	Plader, stænger, spidser og lignende umonterede dele til værktøj	124	394	336	65	90%	10%		0,5% - 0,8%	17% - 18%		1 - 2
8210	Mekaniske redskaber, hånddrevne, vægt ikke over 10 kg	128	48	0	80	90%	10%		0,5% - 0,8%	17% - 18%		1,7 - 2
8211	Knive med skærende eller savtakket æg	765	117	104	752	10%	90%		0,5% - 0,8%	17% - 18%		115 - 122
8212	Barberknive og barbermaskiner	877	592	0	285	10%	90%		0,5% - 0,8%	17% - 18%		44 - 46

Forsyning i ton af metaller og legeringer af aluminium i Danmark 1998-2000

Aluminium KN-kode	Varebeskrivelse	Import				Eksport				Produktion				Forsyning			
		1998	1999	2000	I snit	1998	1999	2000	I snit	1998	1999	2000	I snit	1998	1999	2000	I snit
76011000		41	243	460	248	7	11	8	9	0	0	0	0	34	232	452	239
76012010	Aluminium - aluminiumslegeringer, primære	38.891	39.584	40.761	39.745	139	43	43	75	0	191	0	64	38.752	39.732	40.718	39.734
76012090		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76012091	Aluminium - aluminiumslegeringer, sekundære	6.091	3.288	3.266	4215	28.610	25.486	23.288	25.795	34.329	33.581	32.147	33.352	11.810	11.383	12.125	11.773
76012099	Aluminium - aluminiumslegeringer, sekundære	527	877	931	778	30	12	2	15	0	0	0	0	497	865	929	764
76020011	Affald og skrot af aluminium - drejespånner	70	62	106	79	755	1.040	825	873	0	0	0	0	-686	-977	-719	-794
76020019	Affald og skrot af aluminium - andre varer	264	230	283	259	1.914	1.952	3.512	2.459	7.200	7.123	10.358	8.227	5.550	5.402	7.129	6.027
76020090	Affald og skrot af aluminium - skrot	21.954	20.246	19.982	20.727	27.548	31.475	29.955	29.659	5.653	5.739	6.814	6.069	59	-5.489	-3.159	-2.863
76031000		11	44	21	25	0	0	0	0	0	0	0	0	11	44	21	25
76032000		10	10	7	9	5	2	0	2	0	0	0	0	4	8	7	7
76041010		46	33	10	29	34	43	6	28	0	0	0	0	12	-10	3	2
76041090	Stænger og profiler af aluminium - profiler af ulegeret aluminium	2.951	2.615	2.523	2.696	658	763	520	647	0	0	0	0	2.294	1.852	2.003	2.049
76042100	Stænger og profiler af aluminium - hule profiler	5.577	6.562	10.477	7.539	9.326	11.013	13.020	11.119	18.963	18.306	20.962	19.410	15.214	13.855	18.419	15.830

Aluminium KN-kode	Varebeskrivelse	Import				Eksport				Produktion				Forsyning			
		1998	1999	2000	i snit	1998	1999	2000	i snit	1998	1999	2000	i snit	1998	1999	2000	i snit
76042910	Stænger og profiler af aluminium - andre varer	2321	3221	2877	2806	1001	979	748	909	0	0	0	0	1320	2241	2129	1897
76042990	Stænger og profiler af aluminium - andre varer	18266	24574	29072	23971	3304	4525	6028	4619	0	0	7427	2476	14962	20048	30472	21827
76051100	Tråd af aluminium	5262	4177	1153	3531	2	2	0	1	0	0	0	0	5261	4175	1153	3530
76051900		22	25	17	21	2	4	2	3	0	0	0	0	19	21	15	19
76052100		3	1	1	2	7	0	0	2	0	0	0	0	-4	1	1	-1
76052900		249	272	236	252	7	17	20	15	0	0	0	0	242	254	216	237
76061110	Plader og bånd af aluminium - af ulegeret aluminium	1594	1146	1031	1257	621	435	302	453	0	0	0	0	973	711	729	804
76061191	Plader og bånd af aluminium - af ulegeret aluminium	6492	6845	6066	6468	833	933	714	827	0	0	0	0	5659	5912	5352	5641
76061193	Plader og bånd af aluminium - af ulegeret aluminium	1397	1582	951	1310	162	124	194	160	0	0	0	0	1234	1458	756	1149
76061199		116	371	69	186	70	54	39	54	0	0	0	0	47	317	30	131
76061210		1195	792	1290	1092	1290	1136	1278	1235	0	0	0	0	-95	-344	12	-142
76061250	Plader og bånd af aluminium - andre varer	10834	9752	12608	11064	962	1120	1504	1195	0	0	0	0	9872	8632	11104	9869
76061291	Plader og bånd af aluminium - andre varer	17560	16769	18085	17471	1318	3488	3798	2868	0	0	0	0	16242	13281	14287	14603
76061293	Plader og bånd af aluminium - andre varer	4131	4352	5360	4614	426	419	588	478	0	0	0	0	3704	3933	4773	4137
76061299	Plader og bånd af aluminium - andre varer	3669	3709	4236	3871	640	364	705	570	0	0	0	0	3029	3345	3531	3302
76069100	Plader og bånd af aluminium - andre varer, ulegeret	441	374	242	352	534	1245	894	891	0	0	0	0	-93	-871	-652	-539
76069200		377	681	961	673	247	210	215	224	0	0	0	0	130	471	746	449
76071110	Folie af aluminium - valset	4219	4136	5136	4497	616	304	630	517	2279	2108	2910	2432	5882	5940	7416	6413
76071190	Folie af aluminium - valset	8705	9227	8595	8843	1108	1512	700	1107	0	0	0	0	7597	7715	7895	7736
76071910	Folie af aluminium - i andre tilfælde	1221	1066	1164	1150	9	28	20	19	0	0	54	18	1212	1037	1198	1149
76071991		10	346	48	134	2	4	15	7	0	0	33	11	7	342	66	138

Aluminium KN-kode	Varebeskrivelse	Import				Eksport				Produktion				Forsyning			
		1998	1999	2000	i snit	1998	1999	2000	i snit	1998	1999	2000	i snit	1998	1999	2000	i snit
76071999		653	512	542	569	45	171	142	119	0	0	5	2	608	342	405	452
76072010	Folie af aluminium - med underlag	2.843	1.759	1.856	2.153	5.704	5.071	7.113	5.963	0	0	7.050	2.350	-2.861	-3.311	1.793	-1.460
76072091		85	104	144	111	1	2	20	8	0	0	0	0	84	101	125	103
76072099	Folie af aluminium - med underlag	606	1.152	1.365	1.041	206	166	182	185	0	0	0	0	400	986	1.184	857
76081010		0	3	0	1	1	3	51	18	0	0	0	0	-1	0	-51	-17
76081090		63	41	25	43	23	58	141	74	0	0	0	0	39	-18	-116	-31
76082010		0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	-2	0	-1
76082030		753	330	310	464	1	1	3	2	0	0	0	0	752	329	307	463
76082091	Rør af aluminium - af aluminiumslegeringer	581	706	1.236	841	90	123	156	123	0	0	0	0	491	583	1.079	718
76082099	Rør af aluminium - af aluminiumslegeringer	771	736	1.004	837	11.104	10.258	10.243	10.535	16.466	16.912	18.563	17.314	6.134	7.390	9.324	7.616
76090000		317	209	233	253	344	98	38	160	0	0	0	0	-27	110	195	93
76101000	Konstruktioner - Døre, vinduer og rammer dertil samt dørtærskler	1.387	1.437	1.824	1.549	8.263	7.988	7.790	8.014	0	2.685	1.089	1.258	-6.876	-3.866	-4.877	-5.206
76109010		3	3	42	16	0	19	8	9	0	0	0	0	3	-16	35	7
76109090	Konstruktioner - Andre varer	6.199	8.017	11.418	8.544	10.219	9.583	11.547	10.450	0	0	0	0	-4.020	-1.567	-130	-1.906
76110000		85	176	17	93	87	56	65	69	0	0	0	0	-3	120	-48	23
76121000	Tuber	10	12	7	10	4	3	15	7	311	273	298	294	318	282	290	297
76129010		41	166	225	144	0	0	0	0	0	0	0	0	41	166	225	144
76129020		14	15	6	12	0	0	0	0	0	0	0	0	14	15	6	11
76129091		121	137	125	128	8	523	53	195	0	0	0	0	113	-385	72	-67
76129098	Beholdere af aluminium - under 50 liter	9.956	9.694	9.324	9.658	6.441	7.125	5.992	6.520	241	369	328	313	3.756	2.938	3.660	3.451
76130000		308	539	597	482	24	2	19	15	0	0	0	0	285	537	578	467
76141000		33	65	29	42	10	1	67	26	0	0	0	0	24	63	-38	16
76149000		52	122	593	256	100	84	28	71	0	0	0	0	-48	38	565	185
76151010		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76151090		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76151100		79	48	39	55	4	2	1	2	0	0	0	0	75	46	38	53
76151910	Bord og køkkenartikler af aluminium	519	536	597	551	1.343	1.441	1.275	1.353	1.456	1.568	1.270	1.431	632	663	592	629
76151990	Bord og køkkenartikler af aluminium	986	1.080	1.401	1.156	61	79	246	129	15	9	9	11	940	1.010	1.164	1.038
76152000		115	153	167	145	38	196	199	144	0	0	56	19	76	-43	24	19

Aluminium KN-kode	Varebeskrivelse	Import				Eksport				Produktion				Forsyning			
		1998	1999	2000	i snit	1998	1999	2000	i snit	1998	1999	2000	i snit	1998	1999	2000	i snit
76161000	Stifter, søm, bolte og lign.	267	276	189	244	145	165	249	186	0	0	0	0	122	111	-61	57
76169010		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76169030		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76169091		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76169099		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76169100	Tråddug, trådnet og trådgitter af aluminiumtråd	42	17	26	29	35	23	51	36	0	0	0	0	7	-6	-25	-8
76169910	Støbte	774	395	669	613	2.394	1.160	1.552	1.702	4.021	3.508	3.908	3.812	2.401	2.743	3.026	2.723
76169990	Andre tilfælde	4.525	5.007	5.957	5.163	3.772	4.220	3.830	3.941	0	0	0	0	753	787	2.126	1.222
Samlet		196.704	200.658	217.993	205.118	132.654	137.368	140.649	136.890	90.935	92.373	113.280	98.863	154.985	155.663	190.624	167.091

Bemærk: Tal markeret med grå baggrund er i statistikken angivet i stk. og er derfor omregnet til tons ud fra en vurdering af vægten af en stk. vare.

Forsyning i ton af metaller og legeringer af kobber i Danmark 1998-2000

Aluminium KN-kode	Varebeskrivelse	Import				Eksport				Produktion				Forsyning			
		1998	1999	2000	i snit	1998	1999	2000	i snit	1998	1999	2000	i snit	1998	1999	2000	i snit
74011000		0	0	0	0	24	49	0	24	0	0	0	0	-24	-48	0	-24
74012000		0	0	0	0	24	24	0	16	0	0	0	0	-24	-24	0	-16
74020000		81	206	22	103	0	23	0	8	0	0	0	0	81	182	22	95
74031100		14	7	24	15	2	0	0	1	0	0	0	0	12	7	24	14
74031200		0	0	70	23	1	3	3	2	0	0	0	0	-1	-3	67	21
74031300		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74031900		19	13	31	21	99	1.154	780	678	0	0	0	0	-80	-1.141	-748	-656
74032100		14	17	10	13	0	0	26	9	0	0	0	0	14	16	-15	5
74032200		1.826	1.631	2.248	1.902	38	68	71	59	165	225	0	130	1.952	1.788	2.177	1.972
74032300		0	0	24	8	0	155	82	79	0	0	0	0	0	-154	-58	-71
74032900		339	266	364	323	7	10	8	8	0	0	0	0	332	256	356	315
74040010		15.020	2.293	3.797	7.037	6.812	6.251	5.714	6.259	19	8	10	12	8.228	-3.950	-1.907	7.90
74040091		1.768	1.695	2.110	1.858	17.390	18.098	20.445	18.644	1.682	2.404	2.541	2.209	-13.940	-13.998	-15.794	-14.578
74040099		2.884	4.398	4.766	4.016	7.988	10.612	12.819	10.473	0	0	0	0	-5.104	-6.214	-8.052	-6.457
74050000		125	34	31	63	1	92	0	31	0	0	0	0	124	-58	31	32
74061000		276	328	213	273	1	2	1	1	36	62	58	52	311	388	270	323
74062000		22	9	9	13	0	0	0	0	0	0	0	0	22	8	8	13
74071000		2.365	1.891	1.986	2.081	162	601	751	504	0	0	0	0	2.203	1.290	1.235	1.576
74072110		25.920	25.757	27.842	26.506	716	998	881	865	0	0	0	0	25.204	24.759	26.961	25.641
74072190		1.927	2.212	984	1.708	103	65	62	77	56	62	57	58	1.880	2.209	979	1.689
74072210		20	10	10	13	0	0	0	0	0	0	0	0	20	10	10	13
74072290		22	21	23	22	0	0	0	0	0	0	0	0	22	21	23	22
74072900		431	342	494	423	81	9	16	35	0	0	0	0	350	333	478	387
74081100		7.334	4.323	3.503	5.053	2	60	1	21	0	0	0	0	7.333	4.263	3.502	5.033
74081910		1.221	1.403	1.756	1.460	11	18	58	29	0	0	0	0	1.210	1.385	1.699	1.431
74081990		287	249	255	263	2	3	3	3	0	0	0	0	284	246	251	261
74082100		222	163	173	186	2	3	4	3	0	0	0	0	220	159	169	183

Aluminium	Varebeskrivelse	Import				Eksport				Produktion				Forsyning			
74082200		98	170	221	163	1	1	0	1	0	0	0	0	98	168	221	162
74082900		621	679	696	665	289	270	273	277	0	0	0	0	332	408	423	388
74091100		1.666	1.593	2.863	2.041	299	271	584	385	0	0	0	0	1.367	1.322	2.279	1.656
74091900		2.175	1.817	2.479	2.157	41	37	207	95	0	0	0	0	2.134	1.780	2.272	2.062
74092100		970	888	964	941	89	47	317	151	0	0	0	0	881	840	647	789
74092900		1.232	1.007	843	1.027	161	115	122	133	0	0	0	0	1.071	891	721	894
74093100		442	313	330	362	5	135	64	68	0	0	0	0	437	178	266	294
74093900		17	7	12	12	1	0	5	2	0	0	0	0	16	7	7	10
74094010		2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1
74094090		202	232	184	206	1	11	48	20	0	0	0	0	201	221	136	186
74099000		0	0	13	4	0	0	10	3	0	0	0	0	0	0	3	1
74099010		3	7	0	4	8	2	0	3	0	0	0	0	-5	6	0	0
74099090		9	15	0	8	15	14	0	10	0	0	0	0	-7	0	0	-2
74101100		485	443	783	570	0	0	1	1	0	0	0	0	485	443	781	570
74101200		4	1	106	37	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	106	37
74102100		1.419	1.382	1.705	1.502	63	127	89	93	0	0	0	0	1.356	1.255	1.616	1.409
74102200		3	7	1	4	8	2	9	7	0	0	0	0	-5	5	-8	-3
74111011		1.757	2.398	1.881	2.012	690	668	529	629	435	486	521	481	1.503	2.217	1.873	1.864
74111019		146	113	117	125	63	68	92	74	0	0	0	0	84	45	25	51
74111090		2.431	3.200	2.357	2.663	373	321	448	381	0	0	37	12	2.058	2.879	1.946	2.294
74112110		541	1.017	840	799	27	52	140	73	0	0	0	0	514	965	699	726
74112190		162	117	140	140	1	1	2	1	0	0	0	0	161	116	139	139
74112200		36	20	15	24	5	0	1	2	0	0	0	0	30	20	15	22
74112900		0	0	235	78	0	0	36	12	0	0	0	0	0	0	199	66
74112910		237	221	0	153	31	39	0	23	0	0	0	0	207	183	0	130
74112990		80	44	0	41	24	17	0	14	0	0	0	0	55	27	0	27
74121000		312	224	172	236	426	169	54	217	34	43	40	39	-80	98	158	58
74122000		2.463	1.908	1.613	1.994	868	846	1.016	910	0	0	54.325	18.108	1.594	1.061	54.922	19.193
74130010		2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	1
74130091		816	1.185	3.530	1.844	29	20	0	16	0	0	0	0	787	1.165	3.529	1.827
74130099		117	249	299	221	2	12	8	7	0	0	576	0	115	237	867	406
74141000		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74142000		187	8	10	68	0	53	0	18	0	0	0	0	187	-45	9	50
74149000		17	109	18	48	3	62	6	24	0	0	0	0	14	48	12	25
74149010		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74149090		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74151000		41	32	34	36	0	2	0	1	0	0	0	0	41	30	33	35
74152100		18	26	64	36	0	0	0	0	0	0	0	0	18	26	63	36
74152900		198	127	94	140	36	59	72	55	0	0	0	0	163	68	22	84

Aluminium	Varebeskrivelse	Import				Eksport				Produktion				Forsyning			
74153100		10	11	9	10	1	1	15	6	0	0	0	0	9	10	-6	4
74153200		124	271	326	240	9	5	15	10	0	0	0	0	115	266	311	231
74153900		135	50	56	80	9	11	12	11	0	0	0	0	126	38	44	69
74160000		6	30	10	15	25	3	10	13	0	0	0	0	-19	27	0	3
74170000		8	50	35	31	0	0	2	1	0	0	0	0	8	50	33	30
74181000		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74181100		0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
74181900		14	38	22	25	33	14	13	20	212	169	32	0	194	194	41	143
74182000		1.459	1.878	1.686	1.674	1.142	885	438	822	0	0	0	0	316	993	1.249	853
74191000		8	12	7	9	0	0	1	0	0	0	0	0	8	12	6	9
74199100		208	262	427	299	1.059	959	1.223	1.080	2.744	2.387	3.441	2.857	1.893	1.690	2.642	2.076
74199900		413	692	417	507	1.197	1.230	1.372	1.266	0	0	20	7	-784	-538	-935	-752
Samlet		83.434	70.124	76.364	76.641	40.501	44.831	48.961	44.765	5.383	5.846	61.658	23.966	48.316	31.139	89.061	56.172

Chromholdige stoffer anvendt som farvepigmenter

Chromforbindelse	Cas nr.	Anvendelse	Chrom-indhold	Koncentration
Bariumchromat	10294-40-3	Afdækningslak	21%	0-4%
		Maling (lak)		0-3%
		Beskyttelseslak		0-28%
		Pigmenter		0-100%
Bly(II)chromat	7758-97-6	Afdækningslak	16%	0-37%
		Maling (lak)		0-10%
		Beskyttelseslak		0-9%
		Pigmenter		0-100%
Chrom(III)oxid	1308-38-9	Maling (lak)	68%	0-40%
		Andre malinger og lakker		0-35%
		Bindemidler til maling, lime etc.		0-15%
		Grunder		0,3-12,8%
		Afdækningslak		0-40%
		Beskyttelseslak		0-15%
		Gulvmaling		0-14%
		Blæk		0,23-0,29%
		Maling- og lakhærdere		0-67%
		Dybtryksfarver		0-20%
		Flexofarver		0-20%
		Strontiumchromat		7789-06-2
Sølvchromat	7784-01-2	Beskyttelseslak	16%	0-28%
Zinkchromat	13530-65-9	Grunder	29%	0-15,8%
Zinkchromat hydroxid (ZN5(CRO4)(OH)8)	49663-84-5	Grunder	9%	7,8-8,6%
Chromhydroxid (CR(OH)3)	1308-14-1	Maling (lak)	50%	0-0,64%
Chromat(1-), (1-((2-hydroxy-4-nitrophenyl)azo)-2-naphtalenolato(2-))(1-((2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo)-2-naphtalenolato(2-))-, natrium	59307-49-2	Maling (lak)	8%	0-0,53%
		Blæk		0-4%
		Andre farvestoffer		5,3-7%
Chromat(1-), (1-((5-(1,1-dimethylpropyl)-2-hydroxy-3-nitrophenyl)azo)-2-naphtalenolato(2-))(1-((2-hydroxy-4-nitrophenyl)azo)-2-naphtalenolato(2-))-, natrium	81361-06-0	Maling (lak)	7%	0-0,4%
		Blæk		0-3%
Chromat(1-), (1-((5-(1,1-dimethylpropyl)-2-hydroxy-3-nitrophenyl)azo)-2-naphtalenolato(2-))(1-((2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo)-2-naphtalenolato(2-))-, natrium	81372-34-1	Maling (lak)	7%	0-0,4%
		Blæk		0-3%
Chromat(1-), (3-((4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1-phenyl-1H-pyrazol-4-yl)azo)-2-hydroxy-5-nitrobenzenesulfonato(3-)) hydroxy-, hydrogen, blandet med 3-((2-ethylhexyl)oxy)-1-propanamine (1:1)	85443-67-0	Maling (lak)	8%	0-2,65%
Chromat(1-), bis(1-((2-hydroxy-4-nitrophenyl)azo)-2-naphtalenolato(2-))-, natrium	64611-73-0	Maling (lak)	8%	0-0,8%
		Blæk		0-6%
		Andre farvestoffer		0-50%
Chromat(1-), bis(1-((2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo)-2-naphtalenolato(2-))-, natrium	57206-81-2	Maling (lak)	8%	0-1,06%
		Blæk		0-8%
Chromat(1-), bis(1-((5-(1,1-dimethylpropyl)-2-hydroxy-3-nitrophenyl)azo)-2-naphtalenolato(2-))-, natrium	57206-83-4	Maling (lak)	6%	0-0,8%
		Blæk		0-6%
Chromat(1-), bis(2-((4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1-phenyl-1H-pyrazol-4-yl)azo)benzoato(2-))-, natrium	41741-86-0	Andre farvestoffer	7%	2,6-5%

Chromforbindelse	Cas nr.	Anvendelse	Chrom-indhold	Koncentration
Chromat (1-), bis(2-(3-chlorophenyl)-2,4-dihydro-4-((2-hydroxy-5-(methylsulfonyl)azo)-5-methyl-3h-pyrazol-3-onato(2-))-), natrium	51147-75-2	Dybtrykfarver	6%	0-4,5%
		Flexofarver		0-4,5%
Chromat (1-), bis(methyl (7- hydroxy -8-((2- hydroxy -5-(methylsulfonyl)phenyl)azo)-1-naphtalenyl)carbamato(2-))-), natrium	71839-85-5	Dybtrykfarver	6%	0-10,5%
		Flexofarver		0-10,5%
Chromat (1-), hydroxy (2- hydroxy -3-(((2- hydroxy -3-nitrophenyl) methylene)amino)-5- nitrobenzenesulfonato (3-))-), hydrogen, blandet med 3-((2- ethylhexyl)oxy)-1- propanamine (1:1)	85455-32-9	Dybtrykfarver	8%	0-15%
		Flexofarver		0-15%
Chrom, tetrachloro-.mu.- hydroxy (.mu.-(2-methyl-2-propenoato-o:o'))di-	15096-41-0	Maling (lak)	30%	0-0,2%
Xanthylum, 9-(2-carboxyphenyl)-3,6-bis(diethylamino)-, (2,4-dihydro-4-((2- hydroxy -5-nitrophenyl)azo)-5-methyl-2-phenyl-3h-pyrazol-3-onato(2-))(2-((4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1-phenyl-1h-pyrazol-4-yl)azo)benzoato(2-)) Chromat (1-)	84989-45-7	Dybtrykfarver	5%	0-15%
		Flexofarver		0-15%

Oplysningerne i bilaget er fra (Produktregistret, 2001).

Af hensyn til Produktregistrets regler om fortrolige oplysninger er kun de stoffer, som indgår i anvendelser fra mere end tre producenter, medtaget.