

Kortlægning af CFC- og HCFC affald i Danmark

Tomas Sander Poulsen, Joan Maj Nielsen & Jørn Lauridsen

COWI A/S

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

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

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

Indhold

INDHOLD	3
FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	11
1 IDENTIFICERING AF CFC-AFFALD I DANMARK	15
1.1 BRUG AF CFC I PROCESSER OG PRODUKTER	15
1.2 OPSKUMNING AF SKUMPLAST MED CFC	16
1.2.1 Blød skumplast	16
1.2.2 Hård skumplast	17
1.3 KLASSIFICERING AF CFC-HOLDIGE PRODUKTER I DANMARK OG KARAKTERISERING AF AFFALDSTYPER	17
2 BEREGNEDE RESTMÆNGDE AF CFC I DET POTENTIELLE AFFALD	20
2.1 BEREGNING AF CFC-MÆNGDEN	20
2.1.1 Isoleringskum i køleskabe og fryser	20
2.1.2 Isoleringskum i kølemøbler til detailhandel	23
2.1.3 Isoleringspaneler	24
2.1.4 Isoleringskum i mobile anlæg	25
2.1.5 Fjernvarmerør	27
2.1.6 Bygningsisolering	29
2.1.7 Porte og døre	30
2.1.8 Fugeskum	32
2.1.9 Konstruktionsskum	33
2.1.10 Andet skumplast	34
2.2 OPSAMLING PÅ CFC-HOLDIGE PRODUKTER	35
2.3 UDVIKLINGEN I CFC-AFFALDET 2002-2048	35
3 METODE TIL OPGØRELSE AF CFC-MÆNGDEN I HÅRDT SKUM	38
3.1 BEREGNING AF FORBRUG FORDELT PÅ ANVENDELSESOMRÅDER	38
3.2 KORREKTION FOR IMPORT OG EKSPORT	39
3.3 PERIODEN 1960-1979	40
3.4 FØLSOMHEDSVURDERING	40
4 NEDBRYDNING AF CFC I AFFALDET	42
4.1 BEHANDLING AF PUR-SKUM	42
4.2 TERMISK NEDBRYDNING AF CFC'ER	43
4.3 GAS-PHASE CHEMICAL REDUCTION PROCESS	45
4.4 HÅNDTERING AF PUR-SKUM	46
4.5 BEHANDLINGSSYSTEM	47

5	BORTSKAFFELSE AF CFC-AFFALD I DANMARK	49
5.1	KØLESKABE OG FRYSERE	49
5.1.1	<i>Shredder og afbrænding Danmark</i>	49
5.1.2	<i>Dansk Genvinding</i>	50
5.1.3	<i>REN SCAN</i>	50
5.1.4	<i>Behandlede køleskabe og fryser</i>	51
5.1.5	<i>Den bortskaffede mængde CFC i køleskabe og fryser</i>	51
5.1.6	<i>Forskelle i CFC-indhold i kølemøbler</i>	52
5.2	KOMMERCIELLE OG INDUSTRIELLE KØLEMØBLER	52
5.3	MOBILE KØLEANLÆG	52
5.3.1	<i>Kølebiler</i>	52
5.3.2	<i>Skibscontainere</i>	52
5.4	FJERNVARMERØR	53
5.5	PORTE OG DØRE	53
5.6	KONSTRUKTIONSSKUM	54
5.7	BYGGEMATERIALER	54
5.8	DET DANSKE BEHANDLINGSSYSTEM FOR CFC-AFFALD	55
6	VURDERING	56
6.1	INDSAMLINGSPOTENTIALE	56
6.1.1	<i>Kølemøbler</i>	56
6.1.2	<i>Kommercielle og industrielle kølemøbler</i>	56
6.1.3	<i>Mobile køleanlæg</i>	57
6.1.4	<i>Fjernvarmerør</i>	57
6.1.5	<i>Porte og døre</i>	57
6.1.6	<i>Konstruktionsskum</i>	57
6.1.7	<i>Byggematerialer</i>	58
6.2	FORSLAG TIL INDSAMLING OG BEHANDLING AF CFC-AFFALD	58
7	REFERENCER	61

BILAG 1: BEREGNING AF DEN INSTALLEREDE CFC-MÆNGDE

BILAG 2: BEREGNING AF MÆNGDEN AF CFC I DET DANSKE
AFFALDSSYSTEM

BILAG 3: HCFC'ER I AFFALDET

Forord

Denne rapport er udarbejdet af COWI for Miljøstyrelsen. Resultaterne har løbende været forelagt en følgegruppe som har bidraget med kommentarer og forslag. Følgegruppen bestod af:

Organisation	Navn
Miljøstyrelsen	Peter Grau
Reno-Sam	Henning Jørgensen
Kommunernes Landsforening	Niels Remtoft
Danmarks Statistik	Agnes Urup

COWI's projektorganisation bestod af følgende personer:

Tomas Sander Poulsen (projektleder)
Joan Maj Nielsen
Jørn Lauridsen

Sammenfatning og konklusioner

Der eksisterer kun begrænset viden om mængden og konsekvensen af de CFC-mængder som tilføres det danske affaldssystem de kommende år. Denne undersøgelses formål var derfor at kvantificere de forventede mængder samt i et bredt perspektiv at belyse de sandsynlige bortskaffelsesmetoder i forhold til mulige CFC-emissioner fra affaldet.

En forudsætning for at kvantificere mængderne er et nøjere kendskab til hvor CFC stadig kan forekomme i forskellige produkter samt hvor store restmængder CFC der kan være indenfor forskellige produktområder. På baggrund af historiske data fra tidligere undersøgelser og statistikker samt supplerende oplysninger fra virksomheder er udviklingen i CFC-forbruget i Danmark blevet kvantificeret. Ud fra dette grundlag er det muligt at estimere mængderne som tilføres affaldssystemet på basis af fremskrivninger.

Den overordnede fremgangsmåde for undersøgelsen har været følgende:

- Identificering af produktkategorier, hvor CFC-emissioner stadig kan forekomme.
- Indsamling af data for udviklingen i det danske CFC-forbrug og fordeling af forbruget på produktkategorier.
- Beregning af CFC-restmængder indeholdt i produktkategorier ud fra viden om produkters levetider og skønnet realiseret tab af CFC. Data korrigeres for import og eksport af CFC-holdige produkter og ekstrapoleres i det omfang data ikke forekommer.
- Kortlægning af eksisterende behandlings- og bortskaffelsesmetoder for dansk CFC-affald og vurdering af metodernes kapacitet til at destruere CFC-indholdet i affaldet.

Resultatet af den gennemførte undersøgelse viser, at der brutto er blevet anvendt ca. 13.300 tons CFC'er i diverse produkter som må formodes at blive til affald før eller siden i det danske affaldssystem. Produkterne er blevet produceret i løbet af perioden 1960-1994. For alle produkterne gælder det at CFC-en er indeholdt i hård PUR-skum. Langt hovedparten af CFC-en er CFC-11. Dog er der også blevet identificeret en beskedent mængde CFC-12 og CFC-113. Nogle af de CFC-holdige produkter er allerede blevet til affald og andre vil blive modtaget som affald i det danske affaldssystem i de kommende år.

I nedenstående Tabel 0.1 fremgår det, hvordan den installerede mængde CFC fordeler sig på de forskellige produktområder samt hvad den beregnede aktuelle affaldsmængde er fordelt på produktområder.

Tabel 0.1 Den samlede mængde CFC forbrugt i fremstillingen, samt den forventede mængde der skal behandles i det danske affaldsbehandlingssystem samt perioden for behandlingen.

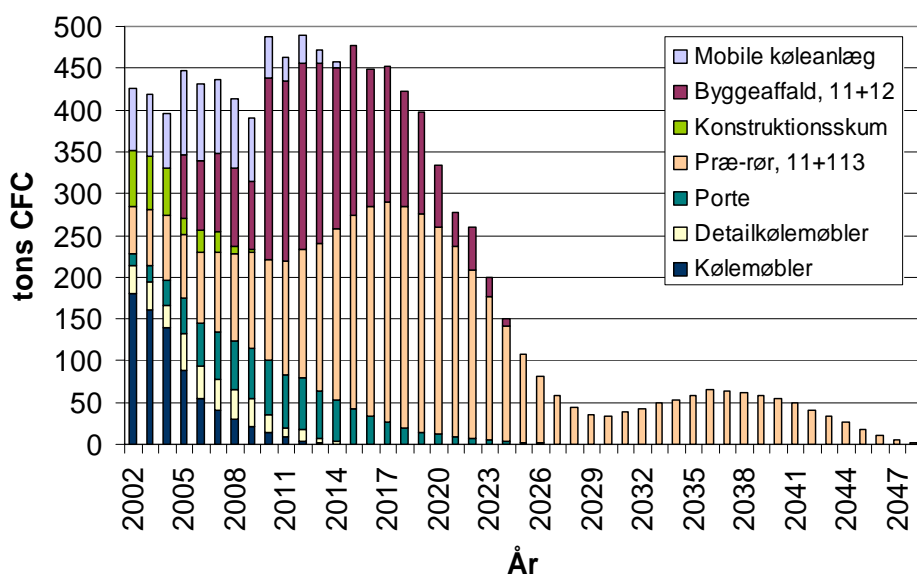
	CFC-11, t	CFC-12, t	CFC-113, t	Aktuel affaldsmængde, tons	Periode
Isolering i fjernvarmerør	5.090		280	4.550 / 260	2002-2048
Bygningsisolering	1.450			1.380	2010-2024
Isoleringspaneler	870			830	2005-2019
Isoleringsiskum i porte og døre	890			800	2002-2027
Isoleringsiskum i mobile køleanlæg	960			790	2002-2014
Isoleringsiskum i køleskabe og fryser	2.370			750	2002-2014
Isoleringsiskum i kølemøbler til detail	410			340	2002-2014
Konstruktionsskum	690			270	2002-2009
Fugeskum	70	220		60 / 210	2005-2019
I alt	12.800	220	280	10.240	2002-2048

Næsten halvdelen af den samlede mængde CFC vurderes at komme fra fjernvarmerør.

Endvidere fremgår det at isoleringsplader i bygningsisolering udgør det næststørste enkeltområde.

Mængden af CFC i affaldet for perioden 2002-2048 er beregnet til ca. 10.240 tons. Heraf er ca. 9.770 tons CFC-11, ca. 260 tons er CFC-113 og ca. 210 tons er CFC-12.

Udviklingen af mængden af CFC i det danske affald fremgår af nedenstående figur.



Figur 0.1. Udviklingen af mængden af CFC i affaldet for perioden 2002-2048. Der er anvendt de variable levetider for kølemøbler, porte og præ-rør, som angivet i afsnit 2.1.1, 2.1.5 og 2.1.7. For de andre

produktgrupper er der anvendt fast levetid. Halveringstiden for CFC-11 er fastsat til 300 år. Det er forudsat, at alle fjernvarmerør opgraves.

Af Figur 0.1 fremgår det, at der i perioden 2010-2017 vil forekomme den største mængde CFC i affaldet svarende til ca. 450-490 tons om året. Derefter aftager mængden markant i årene frem til 2029, og CFC-indholdet i affaldet forventes at være fuldstændig bortskaffet i 2048.

Den største mængde CFC i affaldet, ca. 4.810 tons, tilføres det danske affaldsbehandlingssystem med kasserede præisolerede fjernvarmerør. Dette vil foregå over en 50-årig periode frem til 2048. Mængden topper omkring 2018 med 250 tons/år. Det er her forudsat at alle fjernvarmerør opgraves.

Af figuren fremgår det endvidere at byggeaffaldet (isoleringspaneler, bygningsisolering og fugeskum) ligeledes tilføres til det danske affaldsbehandlingssystem i store mængder, op til 170 tons/år i 2012. CFC i byggeaffaldet stammer fra en meget bred gruppe af produkter og ikke som en enkelt affaldsfraktion som f.eks. fjernvarmerørene.

Det eksisterende behandlings- og bortskaffelsessystem i Danmark sikrer i vid udstrækning en fornuftig håndtering og destruktion af CFC-affaldet, idet hovedparten af det CFC-holdige skum tilføres forbrændingsanlæg eller behandles under kontrollerede forhold med alternative behandlingsmetoder – enten i Tyskland eller på genanvendelsesvirksomheder i Danmark.

Dog er det vanskeligt at sikre, at CFC-holdigt isoleringsskum, der indgår som en del af byggeaffaldet frasorteres og medgår som brændbart affald til forbrænding. Der er derfor en stor sandsynlighed for, at denne type skum ender på deponi, hvor CFC-en på sigt frigives til atmosfæren.

Undersøgelsen har bekræftet, at en andel af det CFC-holdige isoleringsskum, der fremkommer som shredder-affald, havner på deponi. Det bør så vidt muligt undgås og tilføres forbrændingsanlæg i stedet.

Generelt vurderes det at den optimale bortskaffelsesmetode for destruktion af det CFC-holdige affald i Danmark er forbrænding uden nogen forudgående neddeling eller presning. Ved shreddning sker der principielt en frigivelse af CFC-en som er stigende des mindre stykker emnerne neddeles i. Det samme er tilfældet ved presning af isoleringsskummet. For både shreddning og presning er det en forudsætning at der sker en opsamling af den frigivne CFC, hvis disse behandlingsmetoder skal kunne sidestilles med forbrænding, hvor nedbrydningen er over 99,9% af den indfyrede CFC-mængde på danske forbrændingsanlæg.

Summary and conclusions

Summary and conclusions

Only a limited knowledge is available of the amounts and the consequences of the CFC's which will be added to the Danish Waste System in the future. The objective of this project was to quantify the expected amounts of CFC's in waste and, in a broad perspective, to assess the treatment methods in relation to possible CFC emissions from the waste.

The precondition for quantification of the amounts is detailed knowledge of where CFC may still be accumulated in different products, and of the possible magnitude of the residue amounts in different product ranges. On the basis of historical data from previous studies, statistics and supplementary information from companies, the trend in the use of CFC in Denmark has been estimated. Based on this, it has been possible to estimate the amounts of CFC's which will be added to the Danish Waste System on the basis of projection.

The general procedure for the study was as follows:

- Identification of product categories where CFC emissions can still occur.
- Collection of data for the trend in the Danish use of CFC and distribution of use in different product categories.
- Estimation of CFC residues in product categories based on knowledge of the product life and estimated possible loss of CFC. The data will be corrected for import and export of CFC-containing products.
- Survey of existing methods for treating and disposing of Danish CFC waste, and assessment of the capacity of the methods to destroy the CFC content in the waste.

The result of the study carried out shows that the gross CFC use in various products amounted to 13,300 tonnes, which will presumably end up as waste in the Danish residue system. The products were produced in the period 1960-1994. For all the products, the CFC was part of hard PUR foam. The major part of the CFC's is CFC-11. But a moderate part has been identified as CFC-12 and CFC-113. Some of the products containing CFC have already become waste, and others will become waste in the Danish Waste System in the years to come.

Table 0.1 shows how the installed amount of CFC is divided into different product ranges, and the estimated actual amount of waste distributed on product ranges.

Table 0.1 The accumulated amount of CFC used in the production and the expected amount to be treated in the Danish residue system including the treatment period.

	CFC-11, t	CFC-12, t	CFC-113,t	Actual amount of waste, tonnes	Period
Insulation in district heating pipes	5,090		280	4.550 / 260	2002-2048
Insulation in buildings	1,450			1,380	2010-2024
Insulating panels	870			830	2005-2019
Insulation foam in gates and doors	890			800	2002-2027
Insulation foam in mobile refrigerators	960			790	2002-2014
Insulation foam in refrigerator and freezers	2,370			750	2002-2014
Insulation in refrigerators in the retail trade	410			340	2002-2014
Construction foam	690			270	2002-2009
Joint filler	70	220		60 / 210	2005-2019
Total	12,800	220	280	10,240	2002-2048

Almost half of the total amount of CFC is assessed to come from the district heating pipes.

Furthermore, it appears that the second largest amount comes from insulation material in building insulation.

The amount of CFC in waste in the period 2002-2048 is estimated to be approx. 10,240 tonnes. 9,770 tonnes of this is CFC-11, approx. 260 tonnes is CFC 113, and approx. 210 tonnes is CFC-12.

The trend in the amount of CFC in Danish waste is shown in **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** below.

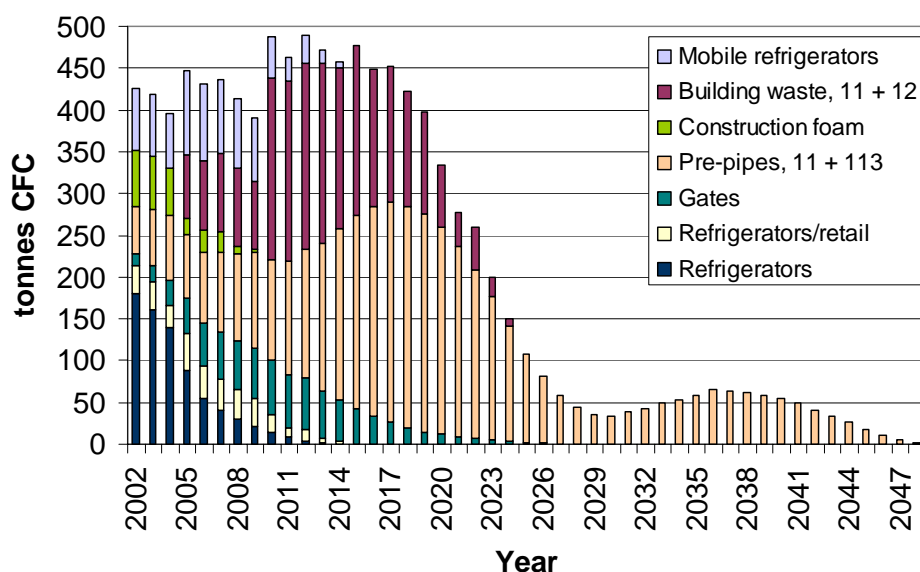


Figure 0.1 Trend in the amount of CFC in waste in the period 2002-2048. Variable life of refrigerators, gates and pre-pipes have been used as stated in sections 5.1.1, 5.1.5 and 5.1.7. For other product ranges, fixed life has been used. The half-life period for CFC-11 is fixed at 300 years, assuming that all district heating pipes are dug up.

From the **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** can be seen that, the largest amounts of CFC in waste will occur in the period from 2010-2017, corresponding to approx. 450-490 tonnes a year. After this period, the amount decreases significantly in the years up till 2029, and the CFC content in waste is expected to be non-existing in 2048.

The largest amount of CFC in waste, approx. 4,810 tonnes, is added to the Danish waste system from discarded pre-insulated district heating pipes. This will continue over a 50 year period up till 2048. The amount will peak about 2018, with 250 tonnes/year, assuming that all district heating pipes are dug up.

From **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** can also be seen that building waste (insulation panels, building insulation and construction foam) is also added to the Danish Waste System in amounts up to 170 tonnes/year in 2012. CFC in building waste comes from a wide range of products and not from a single waste fraction as e.g. the district heating pipes.

In Denmark, the existing treatment and waste plants ensure reasonable handling and destruction of CFC waste, as the major part of the CFC-containing foam is sent to an incineration plant or is treated under supervised conditions with alternative methods - either in Germany or by recycling companies in Denmark.

However, it is difficult to ensure that CFC-containing insulation foam which is part of building waste will be sorted out and brought to the incineration plant as combustible material. It is therefore very likely that this type of foam ends in the landfill, where CFC will be emitted to the air.

The investigation confirms that part of the CFC-containing insulation foam which occurs as shredder waste ends in the landfill. This should be avoided, and the waste should be incinerated instead.

In general, it is assessed that the optimal disposal method for destruction of CFC-containing waste in Denmark is incineration without previous shredding or pressing. When shredding, CFC emissions occur, which will, in principle, increase the smaller the pieces become. The same can be said for pressing of insulation foam. For both shredding and pressing, it is a precondition that the CFC released is collected if these methods are to be equal to incineration where the rate of breaking down is above 99.9% of the incinerated amount of CFC in a Danish incineration plant.

1 Identificering af CFC-affald i Danmark

1.1 Brug af CFC i processer og produkter

For nærmere at kunne vurdere forekomsten af CFC i produkter som bortskaffes i dag og de kommende år, er det nødvendigt at gå tilbage i tiden og se nærmere på forbruget af CFC til forskellige anvendelsesformål.

Generelt blev anvendelsen af CFC indledt med udnyttelsen af CFC-12 som kølemedie i køleskabe i 1930'erne. Anvendelsen af CFC blev siden udbredt til en lang række andre produkt- og procesområder. Udviklingen både i antallet af anvendelsesområder og i forbrugsmængder tog for alvor fart i 1970'erne, og toppede i midten af 80'erne hvorefter forbruget i de efterfølgende år var aftagende og fuldstændig udfaset fra dansk produktion i 1994. Udfasningen skal ses i sammenhæng med Danmarks tilslutning til Montreal-Protokollen, hvor forbrug af CFC forbydes.

Generelt var de overordnede anvendelsesområder for CFC'er, at de blev anvendt som:

- Kølemiddel
- Opløsningsmiddel
- Aerosol (drivmiddel)
- Opskumningsmiddel (blæsemiddel)

Det anvendelsesområde, hvor der først skete en markant reduktion i forbruget, er ved aerosolprodukter, som blev udfaset pr. 1. januar 1987 /7, 49/. I de efterfølgende år fulgte der en reduktion i forbruget af CFC på de øvrige anvendelsesområder.

For de fleste af de ovennævnte anvendelsesområder er emissionen af CFC allerede realiseret, enten i forbindelse med produktion eller ved forbrug på daværende tidspunkt, f.eks. CFC anvendt som opløsningsmiddel eller som drivmiddel i aerosolbeholdere. Derfor er de relevante anvendelsesområder hvor CFC stadig kan forekomme forholdsvis begrænset. Det kan i princippet være indeholdt i produkter hvor CFC enten er anvendt som kølemiddel eller produkter, hvor CFC er anvendt som opskumningsmiddel. Alle øvrige områder er ikke relevante længere, da CFC allerede vil være frigivet til atmosfæren.

CFC anvendt som kølemiddel er reguleret i affaldssammenhæng og udgør ikke længere en risiko for frigivelse af CFC til atmosfæren. I det danske affaldssystem indsamles kølemøbler og kølemidlet aftappes og destrueres under kontrollerede forhold. Derfor er dette anvendelsesområde blevet fravalgt som genstand for et nærmere studie af de potentielle affaldsmængder /7/.

I det følgende afsnit redegøres der nærmere for den historiske anvendelse af CFC som opskumningsmiddel for derigennem at indkredse hvilke produkter der potentielt kan indeholde CFC når de skal bortskaffes.

1.2 Opskumning af skumplast med CFC

Der findes flere forskellige skumplast-typer men den eneste skumplast-type, hvor der blev anvendt CFC i Danmark, var i polyurethan skumplast (PUR skum), som kan inddeles i:

- blød skumplast (fleksibel skumplast, skumgummi eller polyether)
- hård skumplast (isoleringsskum, konstruktionsskum).

Råvarerne til fremstilling af PUR skumplast består i hovedtræk af 3 komponenter: isocyanat-delen og polyol-delen, som udgør plastkomponenterne, samt vand og et opskumningsmiddel, som kan være én eller flere CFC-typer. CFC-11 var den helt dominerende CFC til opskumning, men også CFC-12 og CFC-113 blev anvendt, primært som blandinger sammen med CFC-11 ved opskumning af hårdt skum.

Ved blanding af de to plastkomponenter (samt forskellige tilsætnings-stoffer) foregår der en kemisk reaktion, der udvikler varme. Vandet reagerer med isocyanaten. Dette får plastblandingen til at skumme. Ved tilsætning af et opskumningsmiddel, f.eks. CFC-11, kan der opnås produkter med et større volumen (lette produkter), uden at der skal anvendes mere af plastkomponenterne.

CFC har desuden en kølende funktion i processen. Det færdige skumplastprodukts hårdhed kan varieres ved at modificere plastkomponenterne.

1.2.1 Blød skumplast

Som opskumningsmiddel ved fremstilling af bløde skumplastprodukter anvendes udelukkende CFC-11. Den bløde skumplastproduktion kan inddeles i »blokstøbning« og »formstøbning«.

Produkter, der fremstilles ved blokstøbning, er f.eks. skumgummimadrasser, éngangsvaskeklude og skumgummistykker, som indgår i en lang række andre produkter (møbler, tøj, emballager m.v.).

De produkter, der fremstilles ved formstøbning, er f.eks. formede hynder til møbler, bilsæder m.v.

Det gælder for begge skumtyper, at de er åbencellede og dermed elastisk og blødt. Det betyder, at CFC anvendt som opskumningsmiddel frigøres stort set 100% i forbindelse med selve opskumningsprocessen og i dagene efter. Der forventes ikke at være nogen restmængde der absorberes i matrixen.

Det er således ikke i produkter med blødt skum, at der kan forventes forekomster af CFC, som kan frigives i forbindelse med bortskaffelse af produkterne. CFC-en emitterede stort set ved selve produktionen.

Forholdsmæssigt udgjorde forbruget af CFC til produktion af blødt skum i Danmark en mindre del af det samlede forbrug af CFC til opskumning. Således var forbruget sidst i 80'erne til denne produktion i størrelsesordenen

275-400 tons pr. år. Hovedparten blev anvendt til produktion af blokskum og kun ca. 1/10 blev anvendt til produktion af formskum /49/.

1.2.2 Hård skumplast

CFC-holdig hård skumplast anvendes i en lang række meget forskellige produkter. En stor del af de hårde skumplastprodukter er anvendt som isoleringsmaterialer i f.eks. køleskabe, fjernvarmerør, isoleringsplader i kølerum og anden bygningsisolering m.v. eller som konstruktionselementer, f.eks. paneler og håndtag i biler.

Forbruget af CFC til produktion af hårdt skum i Danmark var i 80'erne i størrelsesordenen 2.000–2.500 tons pr. år. Heraf står isoleringsskum i fjernvarmerør, isoleringsskum i kølemøbler til husholdninger og fugeskum til byggesektoren for hovedparten af forbruget /49/.

CFC-en blev brugt som blæsemiddel ved opskumning af plastskummet og en del af CFC-en er efterfølgende blevet indkapslet i skummets celler. Der er således tale om, at alle CFC-skumprodukter med hårdt skum indeholder en restmængde CFC i skumcellerne og afhængig af produktets levetid samt halveringstiden for emissionen af CFC fra skummet, vil der være en CFC restmængde i produktet når det skal bortskaffes som affald.

For at kunne beregne restmængden for et produkt, er det nødvendigt at kende levetiden for produktet samt halveringstiden. Levetiden for de CFC-holdige produkter vurderes generelt til at være 10-50 år afhængig af produktkategori. Bestemmelse af levetiden har først og fremmest indflydelse på, hvor meget CFC der forventes allerede at være bortskaffet. Levetiden har dog også en mindre indflydelse på det løbende tab af CFC der er fra skummet.

Halveringstiden for CFC-indholdet i hård skum er blevet vurderet fra flere sider og der er ikke nogen entydig konklusion på resultaterne. Dog synes der at være velbegrunder belæg for at antage at halveringstiden er ca. 300 år, hvorfor denne halveringstid er anvendt som default i de efterfølgende beregninger /29/. En følsomhedsvurdering har vist, at det reducerer det samlede resultat med ca. 25% hvis halveringstiden sættes til 30 år, som det er antaget at være i andre kilder. Samlet bevirker en længere halveringstid, at en større mængde CFC tilbageholdes i produktet indtil bortskaffelsen.

Ud fra generelle oplysninger fra producenter, som har brugt CFC-baserede blæsemidler, har det været oplyst at tabet ved selve produktionen er 2-3%. Resten indblæses i skum matrixen som hælder op til hård skumplast. En beregning af restmængden forudsætter derfor også et kendskab til tab ved fremstilling.

For alle hårdt skum produkter er det relevant også at forholde sig til import og eksport af produkter.

1.3 Klassificering af CFC-holdige produkter i Danmark og karakterisering af affaldstyper

Ved affaldshåndtering er det ikke realistisk at kunne vurdere hvorvidt et produkt indeholder CFC i PUR skummet eller om der er anvendt et andet blæsemiddel ved fremstilling. Dog kan produktets alder og

produktionstidspunkt være retningsgivende for, om der potentielt kan forekomme CFC i produktet.

Ud fra forbruget af CFC i Danmark (som gennemgås i det følgende) kan det konstateres at alt hårdt skum som er produceret efter 1994 ikke indeholder CFC. Produkter før 1994 indeholder sandsynligvis CFC, hvis det er produkter nævnt i Tabel 1.1 nedenfor.

Som nævnt i det foregående kan der forekomme restmængder af CFC i hårdt skum produkter, hvor CFC er brugt som blæsemiddel og for perioden frem til slutningen af 80'erne var CFC stort set det eneste betydende blæsemiddel på markeder for opskumning. Fra sidst i 80'erne til 1994 blev alternativer i stigende grad anvendt, herunder HCFC-141b og HFC-134a. Andre anvendelsesområder for CFC-er; aerosolbeholdere, kølemidler og opløsningsmidler, indeholder ikke længere CFC-er. Dog er der stadig ældre køle-fryseskabe og køleanlæg, som indeholder CFC kølemidler, men der foregår kontrolleret indsamling og aftapning af disse kølemidler, hvorfor dette område ikke vil blive behandlet nærmere i dette projekt.

For at have et begreb om, hvilke CFC-holdige produkter der i dag kan forventes at blive afleveret til det danske affaldssystem, er der foretaget en klassificering af produkter ud fra hvilke produktkategorier der kan tænkes at indeholde CFC-holdigt hårdt skum. Klassificeringen af produkter er baseret på oplysninger fra producenter og tidligere kortlægninger af det danske forbrug af CFC fra 80'erne /39, 44, 49/. Det er tilstræbt, at klassificeringen af produkter er forholdsvis detaljeret, således at der gives et billede af affaldstypen. Dog har det været en forudsætning at adressere de konkrete årlige forbrug af CFC til produktkategorien. Det betyder at de fleste klassificeringer nødvendigvis måtte være generelle, f.eks. "konstruktionsskum".

I nedenstående Tabel 1.1 er der en oversigt over de produktkategorier som potentielt kan indeholde CFC-er i det hårde skum. Endvidere er der foretaget et skøn over produktkategoriernes videre skæbne i forhold til indsamling og affaldstype.

Tabel 1.1. Produkter som kan indeholde CFC-holdigt hård skum

Produktkategori	Anvendelsesområde	Indsamling	Affaldstype
Isolerings-skum i ældre køleskabe og fryser, produceret før 1995	Private husholdninger.	Indsamles via kommunale indsamlingsordninger	Hele køleskabe, skabsfrysere og kummefrysere, eller neddelt som shredderaffald
Isolerings-skum i ældre køleanlæg og fryseanlæg produceret før 1995	Detailhandel, herunder supermarkeder samt køle- og frysediske, reoler på hoteller, specialforretninger og restauranter.	Nedtages af leverandører af nye køleanlæg. Normalt ansvarlig for den videre bortskaffelse af det udtjente anlæg	Sider, bunde eller hele køleanlæg og møbler eller neddelt som shredderaffald
Isolerings-skum i præisolerede fjernvarmerør produceret før 1993	Varmeforsyning i områder med fjernvarme.	Udtjente fjernvarmerør optages i et vist omfang af entreprenøren ved nedgravning af nye	Fjernvarmerør neddelt og indgår med øvrigt plast og metal
Isoleringspaneler i køle- og fryserum	Paneler i standardmål, der anvendes til isolering i kølerum, f.eks. kølehuse i fødevarerbranchen eller anden industri	Ingen indsamling men fremkommer som affald ved nedrivning	Forekommer i bygge- og anlægsaffald fra nedrivninger af ejendomme

Produktkategori	Anvendelsesområde	Indsamling	Affaldstype
<i>Fugemasse</i> produceret før 1991	1-komp. Fugemasse som anvendes til tætnings- og isoleringsformål i bygge- og anlægsbranchen	Ingen indsamling men fremkommer som affald ved nedrivning	Forekommer i bygge- og anlægsaffald fra nedrivninger af ejendomme
<i>Formskum</i>	Isoleringsmateriale til byggesektor	-	Forekommer i bygge- og anlægsaffald fra nedrivninger af ejendomme
<i>Formskum</i> i biler og sejlbåde produceret før 1995	Paneler, håndtag, armlæn, væg- og loftbeklædning	-	Shredderaffald fra ophug
<i>Formskum</i> i skurvogne og campingvogne produceret før 1995	Væg- og loftbeklædning i skurvogne, campingvogne	-	Erhvervsaffald og evt. shredderaffald fra ophug
<i>Formskum</i> i øvrigt produceret før 1995	Skum i mannequindukker, surfbræt, vindmøllevinger, valser, mm hvor hårdt plastskum indgår.		Storskrald eller brændbart/ikke brændbart erhvervsaffald
<i>Isoleringsiskum</i> i containere (før 1995)	Kølecontainer på fragtskibe	-	Forekommer ikke i det danske affaldsbehandlings system
<i>Isoleringsiskum</i> i kølelad eller køletanke på lastbiler og tog (før 1995)	Anvendes af transportfirmaer, vognmandsfirmaer og godsterminaler	-	Forventes ikke af forekomme i det danske affaldsbehandlings system, bortset fra trafikskadede enheder
<i>Isoleringsiskum</i> i ældre mobile toiletter fra før 1995	Anvendes på byggepladser, festivaler, sportsbegivenheder etc.	-	Brændbart erhvervsaffald, bygge- og anlægsaffald
<i>Isoleringsiskum</i> i porte og døre	Anvendes som isolering i porte og døre til industrielle formål	Ingen umiddelbar indsamling. Nedtages og genanvendes til tider af producenten og sendes til shredder.	Brændbart erhvervsaffald
<i>Isoleringsiskum</i> i pavilloner mv. fra før 1995	Anvendes i væg- og loftbeklædning	Ingen indsamling men fremkommer som affald ved nedrivning	Bygge- og anlægsaffald, brændbart erhvervsaffalds

De nævnte kategorier i Tabel 1.1 vurderes at dække hovedparten af de produkter hvor CFC er indeholdt. Det konkrete indhold af CFC (restmængde) afhænger som nævnt af det enkelte produkts samlede levetid og dels de tekniske forhold der har været knyttet til fremstilling af PUR skummet.

2 Beregnede restmængde af CFC i det potentielle affald

For at have en ide om, hvor meget CFC der potentielt kan blive bortskaffet via produkter med hårdt skum set over tid, er der gennemført beregninger baseret på forbrugsoplysninger fra producenter og Danmarks statistiks udenrigshandel og varestatistik. For en nærmere beskrivelse af metoden bag beregningerne henvises der til kapitel 3.

I det følgende er de enkelte produktkategorier fra Tabel 1.1 i forrige kapitel beskrevet nærmere og det er beregnet, hvor stor en restmængde CFC der i alt kan være fra de enkelte produktkategorier. Denne restmængde er også kaldt **den akkumulerede installerede mængde** og udtrykker den mængde CFC der samlet set vurderes at være indeholdt i skummet i en produktkategori, f.eks. fjernvarmerør. Den akkumulerede installerede mængde er = forbruget af CFC i det pågældende år, korrigeret for import og eksport i produkter og tab fra produktion samt løbende tab fra skum + den installerede mængde fra de foregående år.

Den akkumulerede installerede mængde opgøres som en totalmængde for summen af alle år, hvor CFC blev anvendt i produktionen og som en mængde fordelt på hvert produktionsår. Derefter fremskrives mængden i forhold til en antaget levetid og på den måde tegnes der et billede af, hvor store mængder CFC der potentielt skal behandles i forbindelse med affaldsbortskaffelse de kommende år og hvordan udviklingen i disse affaldsmængder kan forventes at forløbe.

2.1 Beregning af CFC-mængden

2.1.1 Isoleringsskum i køleskabe og frydere

Til isolering af køleskabe og hjemmefrydere anvendes hård PUR skumplast. Ud over den isolerende effekt har skumplasten også en konstruktionsmæssig funktion, idet skummet skaber en relativt stabil forbindelse mellem ydre og indre beklædning.

Der anvendtes tidligere udelukkende CFC-11 som opskumningsmiddel ved fremstilling af skumplastlaget i køleskabe og frydere.

Forbruget af CFC-11 til isoleringsskum i køleskabe og frydere har udgjort en relativ stor andel af det samlede forbrug af CFC-11 pr. år. I perioden 1980-1992 har forbruget været 535-890 tons pr. år, hvilket svarer til at ca. 1/3 af CFC-11 forbruget til opskumning. Forbruget af CFC-11 toppede i 1985 /10/.

I forhold til beregningen af CFC-mængden i isoleringsskummet vurderes det ikke relevant at gå længere tilbage end 1980, da køle- og frysemøbler produceret før 1980 må antages at være affaldsbehandlet.

Samlet set var køleskabsbranchen i Danmark sene til at erstatte CFC med andre teknologier, hvorfor der er konstateret et forbrug til og med 1994. Dog var forbruget i 1993 ca. 50% af forbruget de foregående år og forbruget i 1994 var kun 5% af forbruget i de foregående år /54/.

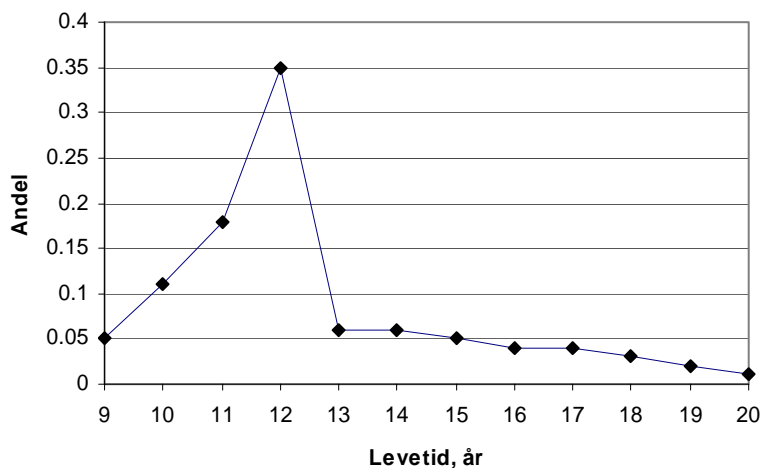
I perioden 1980-1994 blev produktionen øget fra ca. 725.000 apparater til ca. 1,6 mio. med en tendens til lidt større apparater. Importen af køleskabe og hjemmefrysere i samme periode varierede mellem ca. 95.000 og ca. 180.000 apparater pr. år. Eksporten steg fra ca. 580.000 apparater til ca. 830.000 stk. pr. år og eksporten gennem hele perioden har været på mellem 77-89 % af produktionen /10/. Størsteparten af eksporten består af frysere med et tykkere isoleringslag end køleskabene og dermed også et relativt større indhold af CFC.

Ud fra størrelsesfordelingen er det antaget, at indholdet af CFC-11 i de eksporterede apparater i gennemsnit er 575 g/stk. og i de importerede noget mindre køleskabe er ca. 400 g /49/. Dette betyder en indirekte import af CFC-11 i perioden 1980-1987 på ca. 250 tons CFC-11 indeholdt i isoleringsskummet. Dertil skal tillægges et tab af CFC fra skummet afhængig af køleskabets samlede levetid. En halveringstid på 300 år er anvendt /29/. Gennemsnittet af eksporten i perioden 1980-1994 er beregnet som 80 % af forbruget til produktionen pr. år efter produktionstab.

Ved fremstillingen af isoleringsskum er der ifølge producentoplysninger, et spild på 2-3 % af den anvendte CFC (middeltal 2,5 % tab ved produktion). Dette middeltal vurderes at være optimistisk, da målinger påviser at indholdet af CFC er betydelig lavere end den antagne indblæste mængde. Målingerne for et gennemsnitskøleskab var 240 g CFC-11 /56/. Derfor er der enten tale om et langt større tab gennem produktets levetid eller en mindre mængde CFC, som reelt er indblæst ved produktion. Da reference /29/ påviser, at tabet er meget begrænset i løbet af produktets levetid må tabet antages at tilskrives produktionen samt beregningsusikkerheder.

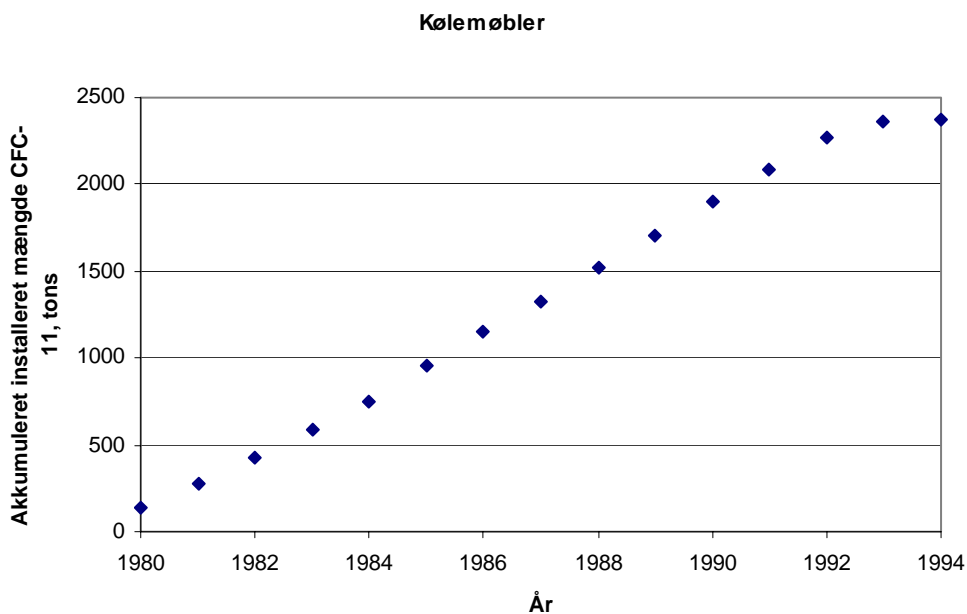
I de beregninger af den potentielle installerede mængde er der regnet med et middeltab ved produktion på 2,5% af forbruget, hvilket må anses som absolut optimale produktionsbetingelser.

Levetiden for køleskabe og frysere er i følge branchen ca. 12 år ud fra en gennemsnitsbetragtning, men det varierer en del. Dog vurderes den maksimale levetid for køleskabe og frysere at være 20 år. Der vil de allerfleste kølemøbler være så nedslidte, at de står for en udskiftning. I Figur 2.1 er levetidsfordelingen for køleskabe og frysere vist. Gennemsnitslevetiden er 12 år og den maksimale levetid 20 år.



Figur 2.1. Levetidsfordeling for køleskabe og fryserne

I nedenstående Figur 2.2 er vist den akkumulerede installerede mængde af CFC-11 i isoleringsskum. Beregningen af tab ved produktion, restmængden i Danmark efter eksport, importerede mængde samt den beregnede installerede mængde CFC-11 i isoleringsskum fra køleskabe og fryserne fremgår af Bilag 1 Beregning af den installerede CFC-mængde.



Figur 2.2. Den akkumulerede installerede CFC-mængde i isoleringsskum i køleskabe og fryserne 1980-1994

Af Figur 2.2 fremgår det, at den installerede mængde CFC-11 i isoleringsskum fra køleskabe og fryserne er ca. 2.370 tons i alt for perioden 1980-1994.

Det må påregnes et lille tab af CFC i løbet af brugstiden. Tabet fra isoleringsskummet i køle- og frysemøbler antages at have en halveringstid på 300 år /29/.

Ved en forudsætning om, at produkterne bortskaffes efter 9-20 år og en halveringstid på 300 år for CFC-11-skummet, giver det en potentiel rest på ca. 750 tons, svarende til ca. 30 % af den samlede installerede mængde fra produkter produceret i perioden 1980-1994.¹

På det foreliggende grundlag vurderes der ikke at være grundlag for at antage andet end, at det gennemsnitlige indhold af CFC-11 målt i køleskabe er 240 g svarende til ca. 180 tons CFC-11 i alt indeholdt i skummet som forventes at blive indsamlet via de kommunale storskraldsordninger frem til og med år 2014, hvor de sidste CFC-holdige køleskabe skønnes bortskaffet.

2.1.2 Isoleringsskum i kølemøbler til detailhandel

Kølemøbler til detailhandelen består af køle- og frysediske, som fremstilles og primært anvendes i supermarkeder. Derudover fremstilles der køle- og frysediske samt -reoler, det primært anvendes på hoteller, i restauranter og specialforretninger.

Disse kølemøbler isoleres i udpræget grad med PUR-skumplast, hvortil der blev anvendt CFC-11 frem til 1994.

Generelt har produktionen til dette produktområde været forholdsvis begrænset, hvilket også afspejles i forbruget af CFC-11 som har været ca. 16-26 tons pr. år i perioden 1980-1989. I årene 1990-1994 faldt forbruget fra 13 tons i 1990 til 2 tons i 1994.

Ved fremstillingen af isoleringsskum skal der ifølge producentoplysninger, regnes med et spild på 2-3 % af den anvendte CFC (middeltal 2,5 % tab ved produktion). Men som for køle- og frysemøbler til husholdninger, nævnt i det foregående, er dette tab en værdi som udtrykker optimale produktionsforhold.

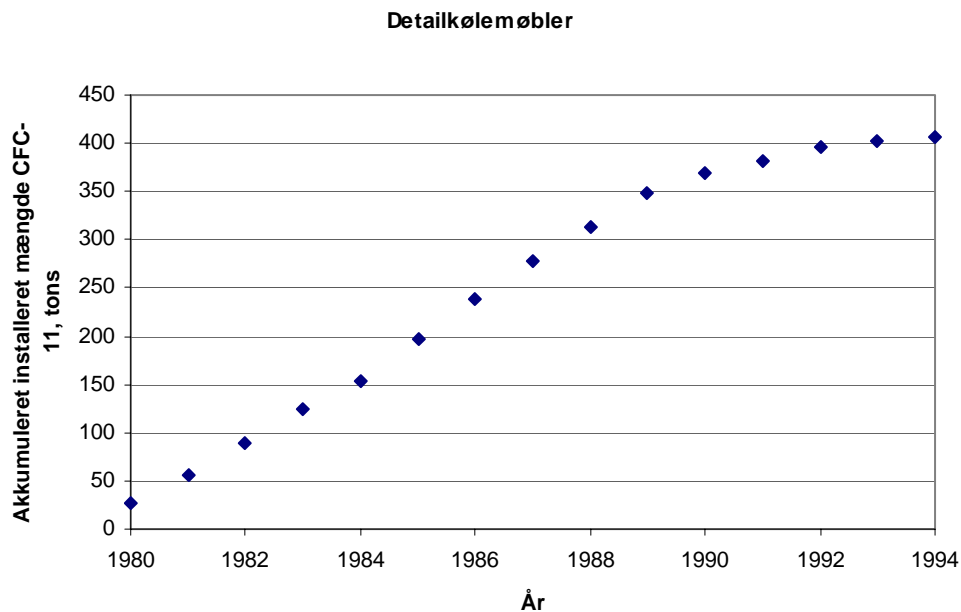
Fra tidligere undersøgelser af CFC-forbruget fremgår det, at der har været en netto import af kølemøbler til detail. Nettoimporten har været opgjort til 75 % af den danske produktion i 1989 /49/. Denne import er ekstrapoleret for alle årene 1980-1994 (jf. kapitel 6).

I beregningen af den installerede mængde regnes der med en levetid på gennemsnitlig 20 år for kølemøbler til detail. Levetiden for kølemøbler til detailhandel kan godt være længere – op til 30 år men omvendt er ombygninger, skiftende ejere og flytninger medvirkende til langt kortere levetider.

Som for køle- og frysemøbler til husholdninger antages halveringstiden for det løbende tab af CFC-11 at være 300 år /29/. Da levetiden er sat til 20 år svarer det til et tab af CFC-11 på ca. 3 % af den installerede mængde, når kølemøblerne bortskaffes.

I nedenstående Figur 2.3 er vist den akkumulerede installerede mængde CFC-11 i isoleringsskum til kølemøbler i detail.

¹ Denne mængde (750 tons) står i kontrast til beregningsresultatet fra den anden metodetilgang, hvor der tages udgangspunkt i antal producerede enheder og et gennemsnitlig indhold på 240 g/enhed. Ved denne beregning er det beregnede resultat ca. 335 tons CFC-11 der er tilbage i isoleringsskummet og som endnu ikke er tilført affaldssystemet.



Figur 2.3. Den akkumulerede installerede mængde CFC-11 i kølemøbler i detail

Af Figur 2.3 fremgår det, at den potentielle installerede mængde CFC-11 i isoleringsskum i kølemøbler til detail er ca. 406 tons i alt for perioden 1980-1994.

Med en beregnet levetid på 20 år medregnet et lille tab er den potentielle restmængde af CFC-11 som tilføres affaldssystemet fra 2002-2014 ca. 340 tons CFC-11.

2.1.3 Isoleringspaneler

Til isolering af køle- og fryserum i industrien og detailhandelen anvendes præfabricerede isolerende paneler i standardmål. Panelerne består af to stålplader med PU-isoleringsskum imellem. Der blev anvendt CFC-11 til opskumning af isoleringsskummet frem til 1994.

Til samling af pladerne og udfyldning af hulrum, anvendes fugeskum, som eventuelt opskummes med CFC. Dette forbrug er anført under fugeskum (se nedenfor).

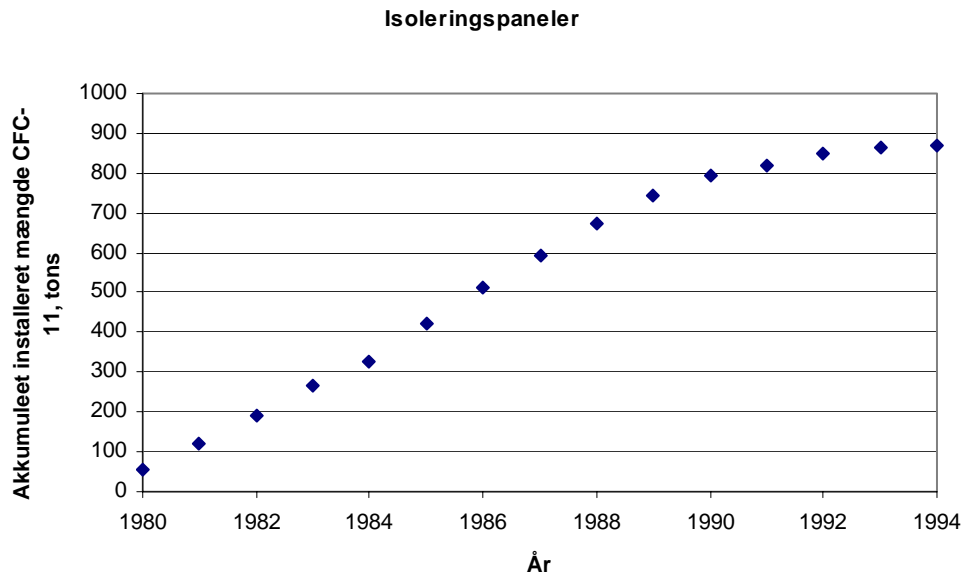
Ifølge tidligere kortlægninger, som dækker hele produktområdet, udgjorde forbruget af CFC-11 til den danske produktion 100-200 tons i perioden 1980-1990, hvorefter forbruget var faldende frem til 1994.

Ved fremstillingen af isoleringspaneler, regnes med et spild på 2-3 % af den anvendte CFC (middeltal 2,5 % tab ved produktion).

I 1989 var nettoeksporten af isoleringspaneler til kølerum opgjort til 50 % af produktionen /49/. Det indikeres samtidig i /49/, at der har været tale om en mindre stigning i eksporten i perioden 1986-1989, men det har ikke været muligt at eftervise ud fra Danmarks statistik. Derfor er det blevet forudsat i beregningen af den installerede mængde, at nettoeksporten stabilt har været 50 % i hele perioden 1980-1994.

Levetiden for isoleringspaneler er ofte lang (+25 år) da kølebokse er en del af et samlet bygningsværk. I denne beregning er levetiden derfor forudsat til 25 år. Halveringstiden er antaget at være 300 år /29/.

I nedenstående Figur 2.4 er vist den akkumulerede installerede mængde CFC-11 i isoleringspaneler.



Figur 2.4. Den akkumulerede installerede mængde CFC-11 i isoleringspaneler

Af Figur 2.4 fremgår det, at den installerede mængde CFC-11 i isoleringspaneler er ca. 870 tons i alt for perioden 1980-1994.

Heraf forventes kun marginale mængder at være kasseret og affaldsbehandlet. Den potentielle mængde CFC-11 som forventes at blive bortskaffet er således identisk med den samlede installerede mængde minus det løbende tab. Herudfra er den totale mængde beregnet til ca. 830 tons i perioden 2005-2019.

2.1.4 Isoleringsiskum i mobile anlæg

Mobile anlæg omfatter køle- og frysevogne (med kølelad eller køletanke), containere, skurvogne, pavilloner og mobile toiletter. En del af disse vogne er udstyret med et PUR-isoleringslag, der har været opskummet med CFC. Anvendelsen af PUR-isoleringsiskum er mest udbredt ved fremstillingen af køle- og frysevogne samt containere. Til de andre produkter anvendes PUR-isoleringen i nogle tilfælde, mens det overvejende isoleringsmateriale ellers er mineraluld.

Forbruget af CFC-11 i perioden 1980-1989 var 90-150 tons pr år, hvorefter forbruget var faldende frem til 1994.

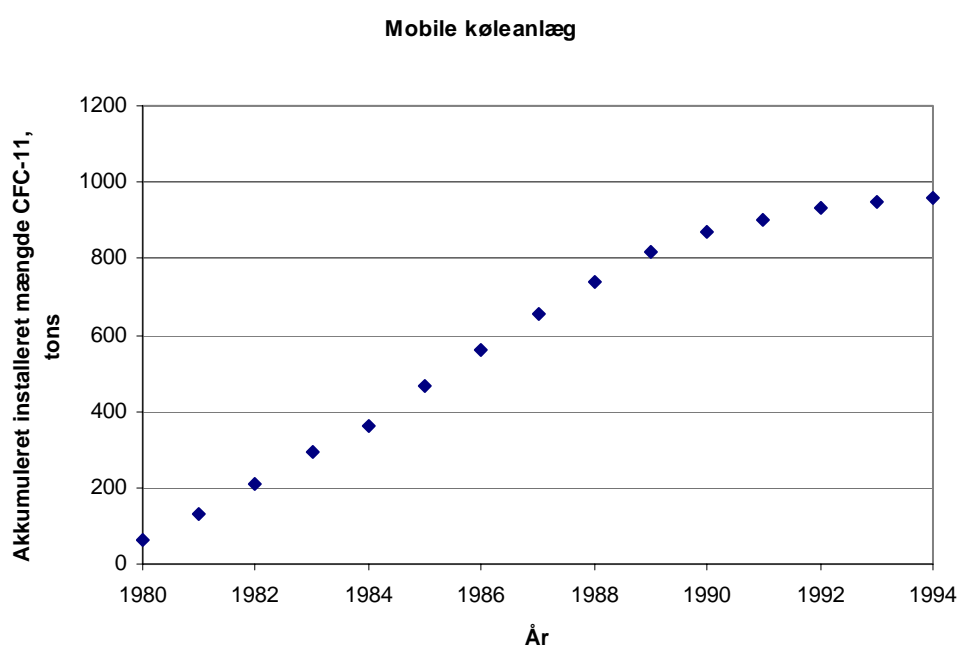
Spildet ved produktion antages at beløbe sig til 2-3 % af CFC-forbruget.

I sidste halvdel af 80'erne var der en nettoeksport på ca. 25-35 % af produktionen. I opgørelsen er der regnet med en eksportandel på 25 % for alle årene.

Med hensyn til levetiden er der tale om vidt forskellige produkter. Eksempelvis vil levetiden på containerne i reglen være længere end for skurvogne. Der skønnes en levetid på gennemsnitlig 20 år. Det forventes at være et rimeligt udtryk for den gennemsnitlige levetid. Skurvogne og pavilloner er udtjente og står for udskiftning efter 20 år. Mobile toiletter holder givetvis ikke længere en 10-15 år, mobile køleanlæg skønnes at have en levetid på 15-20 år, og containere har en levetid på mindst 20 år.

Hovedparten af CFC-forbruget er anvendt til isoleringsskum i kølevogne og containere.

Halveringstiden for tab af CFC-11 antages at være 300 år /29/.



Figur 2.5 Den akkumulerede installerede mængde CFC-11 fra isoleringsskum i mobile anlæg

Af Figur 2.5 fremgår det, at den installerede mængde CFC-11 i isoleringsskum i mobile anlæg er ca. 960 tons i alt for perioden 1980-1994.

Med en beregnet levetid på 20 år er den potentielle restmængde af CFC-11 som tilføres affaldssystemet fra 2002-2014 beregnet til ca. 790 tons CFC-11.

Ses der nærmere på bortskaffelsessituationen, kan det diskuteres, hvorvidt containere og mobile køleanlæg på lastbiler/tog reelt bliver til skrot der behandles i det danske affaldssystem. Der har f.eks. ikke kunne identificeres nogen affaldsbehandlere herhjemme, som har modtaget kølecontainere. Se side 52. Det skal blot konstateres at den potentielle mængde til det danske affaldssystem sandsynligvis er noget mindre – måske halvdelen, end den beregnede mængde.

2.1.5 Fjernvarmerør

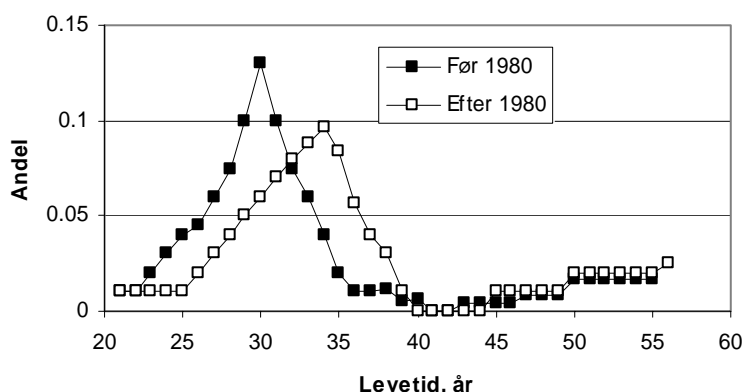
Til fremstilling af præisolerede fjernvarmerør anvendes i udbredt grad CFC-11 til opskumning af PU-isoleringskum. I visse produktioner tilsættes mindre mængder CFC-113. Forbruget af CFC-113 er først registreret i 80'erne, hvorfor det i beregningen antages kun at være CFC-11 i perioden før 1980.

Forbruget af CFC til isoleringsskum i fjernvarmerør er sammen med forbruget i køle-fryseskabe, det største enkeltområde for CFC-forbruget med en andel på ca. 33 % af det samlede forbrug af CFC til opskumning af hårdt skum. Det årlige CFC-11 forbrug har i perioden 1980-1989 været mellem 585 og 970 tons. Derefter var det stærkt aftagende og udfaset med udgangen af 1992. Faldet i forbruget fra 1989 til 1992 skyldes ikke nedgang i produktionsvolumen men skift til andre opskumningsteknikker.

CFC-113 forbruget har i perioden 1980-1992 været mellem 20 og 40 tons pr år.

Levetiden for fjernvarmerør er 20-60 år, idet materialerne uden problemer kan bestå. Dog kan andre forhold som fejlmonteret eller brud på ledninger af forskellige årsager, betyde, at fjernvarmerør er blevet opgravet tidligere end forventet. Den gennemsnitlige levetid for et fjernvarmerør er ca. 30 år.

Levetidsfordelinger for præ-rør produceret før 1980 og efter 1980 i præsenteret i Figur 2.6 og stammer fra /37/. Levetidsfordelingerne vil blive brugt i forbindelse med beregninger af mængden af CFC11 i det danske affaldsbehandlingssystem.



Figur 2.6. Levetidsfordelingen for præ-rør produceret før og efter 1980. Kilde: /37/.

Mængden af CFC11-holdige præ-rør, der er blevet udskiftet er meget begrænset /19, 48/.

Eksportandelen i 1989 har været ca. 50 %. Denne eksportandel er antaget at gælde som gennemsnit for perioden 1980-1992. For rørtyper med CFC-113 har eksportandelen været ca. 20 %. Der forekommer ingen væsentlig import af præisolerede rør. Der regnes med et spild på 2-3 % af den anvendte mængde CFC.

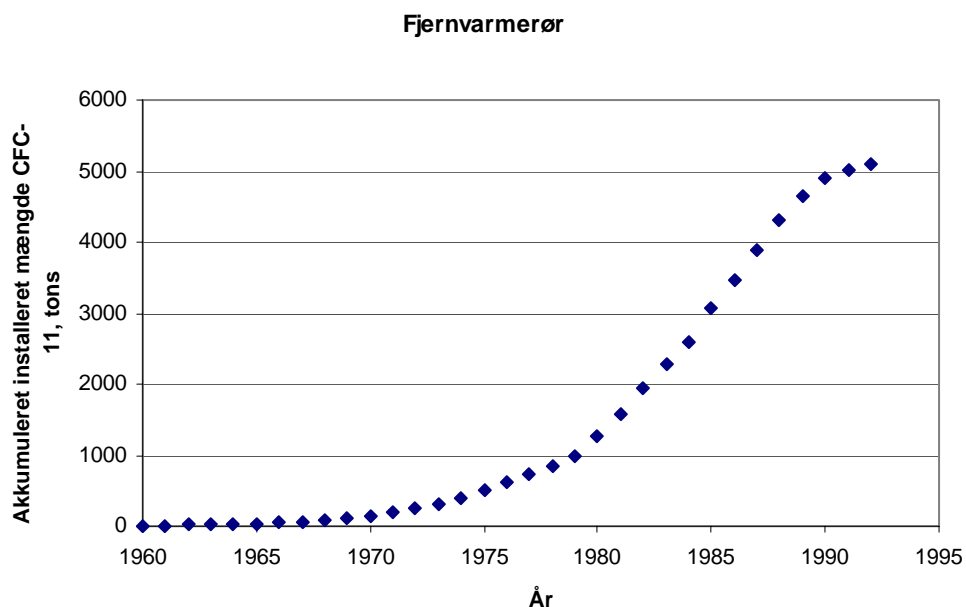
Den installerede mængde CFC-11 i fjernvarmerør for perioden 1960-1979 er beregnet som et gennemsnit af opgørelsen fra Logstor (tidligere Løgstør rør) /39/ og den nedlagte mængde fjernvarmerør opgivet af de Danske Fjernvarmeverkers Forening (DFF) /37/.

Logstor har oplyst den forbrugte mængde CFC-11 til danske fjernvarmerør for perioden 1960-1979. Logstor antager at de udgør 30 % af det danske marked og ud fra denne antagelse er den installerede mængde beregnet. Den beregnede mængde kan ses i Bilag 1 Beregning af den installerede CFC-mængde.

DFF har oplyst den opgivne længde nedlagte fjernvarmerør i samme periode /37/. Fjernevarmerørsproducenterne har tidligere vurderet at der blev brugt 800 tons CFC-11 til produktion af 5.000 km fjernvarmerør /9/, dvs. 150 kg CFC-11/km fjernvarmerør. Mængderne fremgår af Bilag 1 Beregning af den installerede CFC-mængde.

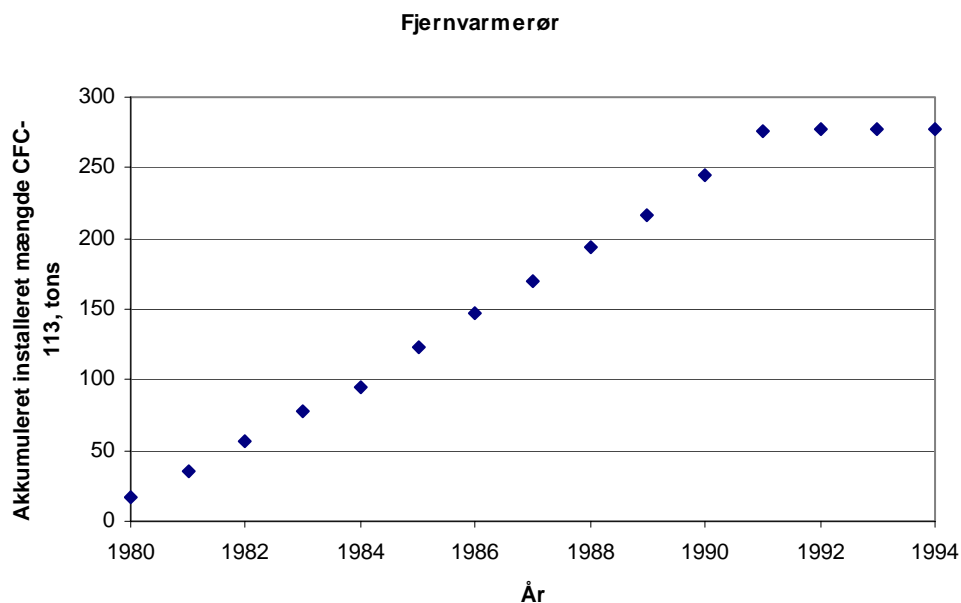
Mængderne beregnet ud fra oplysningerne fra hhv. Logstor og DFF er ikke entydige, hvorfor det er valgt at benytte et gennemsnit til beregningerne af mængden af CFC-11 i den danske affaldsstrøm.

Den beregnede akkumulerede installerede mængde CFC-11 i fjernvarmerør er ca. 980 tons i alt for perioden 1960-1979. Forskellen mellem de to beregninger fra hhv. Logstor og Freonfri Prærørsgenbrug er 550 tons og indikerer derved intervallet for usikkerheden ved gennemsnitsberegningen.



Figur 2.7. Den akkumulerede installeret mængde CFC-11 i fjernvarmerør

Af Figur 2.7 fremgår det, at den akkumulerede installeret mængde CFC-11 i fjernvarmerør er ca. 5.090 tons i alt for perioden 1960-1994.



Figur 2.8. Den akkumulerede installerede mængde CFC-113 i fjernvarmerør

Af Figur 2.8 fremgår det, at den akkumulerede installerede mængde CFC-113 i perioden 1980-1994 er 277 tons.

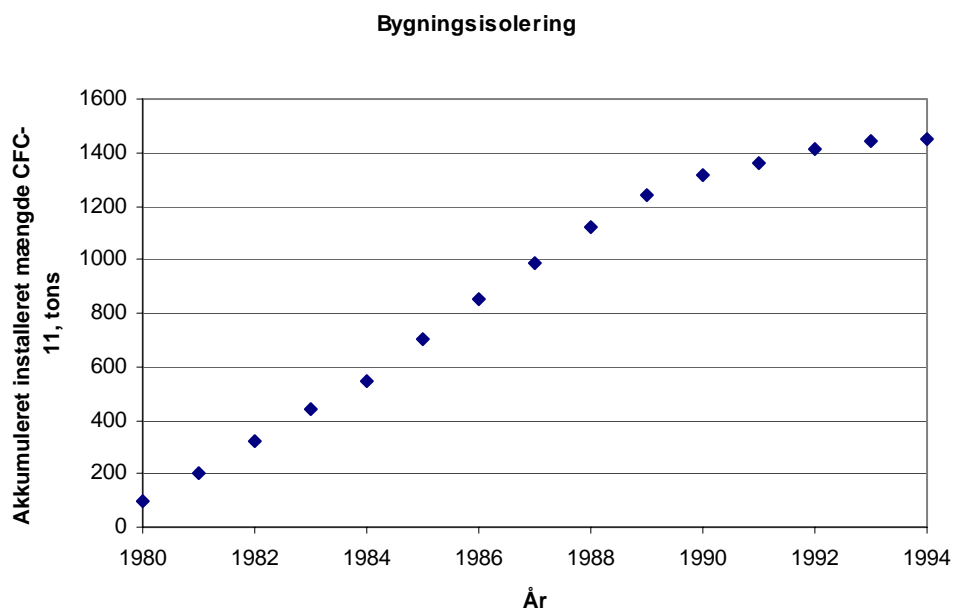
Ved en forudsætning om, at rørene opgraves efter 21-56 år (som angivet i Figur 2.6) og en halveringstid på 300 år /29/ for CFC11-skummet, giver det en potentiel mængde på ca. 4.550 tons CFC11 og 260 tons CFC113, der skal behandles i det danske affaldsbehandlingssystem i perioden 2002-2048. Det er beregnet, at en relativ lille mængde på ca. 230 tons i perioden frem til 2002 allerede er bortskaffet.

2.1.6 Bygningsisolering

I midten af 1980'erne vandt PUR-skumplader frem som isoleringsmateriale, især til industribyggeri. Hen i mod 90'erne faldt forbruget igen, hvilket hænger sammen med faldende aktivitet i byggeriet. Desuden antages mineraluld at have overtaget en del af dette PUR-isoleringsmarked. Det antages, at der ikke har været produktion før 1980.

Der skønnes ingen væsentlig import eller eksport af disse produkter.

Levetiden for PUR-plader anvendt som bygningsisolering skønnes til 30 år. Halveringstiden for CFC-11 i skummet antages at være 300 år /29/.



Figur 2.9. Den akkumulerede installerede mængde CFC-11 i bygningsisolering

Af Figur 2.9 fremgår det, at den installerede mængde CFC-11 i bygningsisolering er ca. 1.450 tons i alt for perioden 1980-1994.

Med en beregnet levetid på 30 år og et løbende samlet tab på 5 % i produktets samlede levetid, er den potentielle restmængde af CFC-11 som tilføres affaldssystemet fra 2010-2024 beregnet til ca. 1.380 tons CFC-11.

2.1.7 Porte og døre

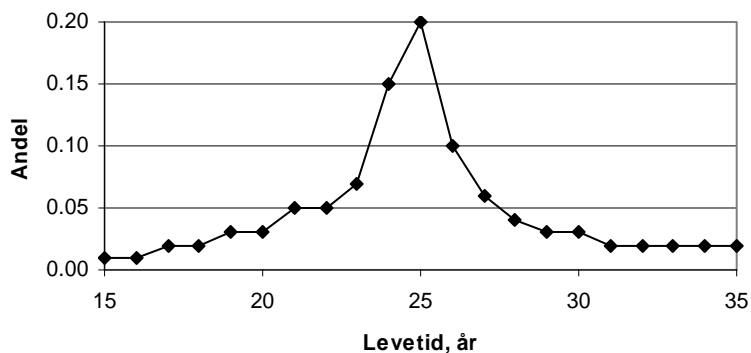
Til store porte i industribygninger og haller anvendes ofte isolerede porte og døre. En del af disse porte og døre isoleres med PU-skumisolering, der er opskummet med CFC-11.

CFC-forbruget til dette produktområde har været stabilt gennem 80'erne og har været fra 90 til 145 tons pr. år.

Nettoeksporten blev i 1986 og i 1989 skønnet til ca. 30 % /48/. Denne eksport er ekstrapoleret til hele perioden 1980-1994.

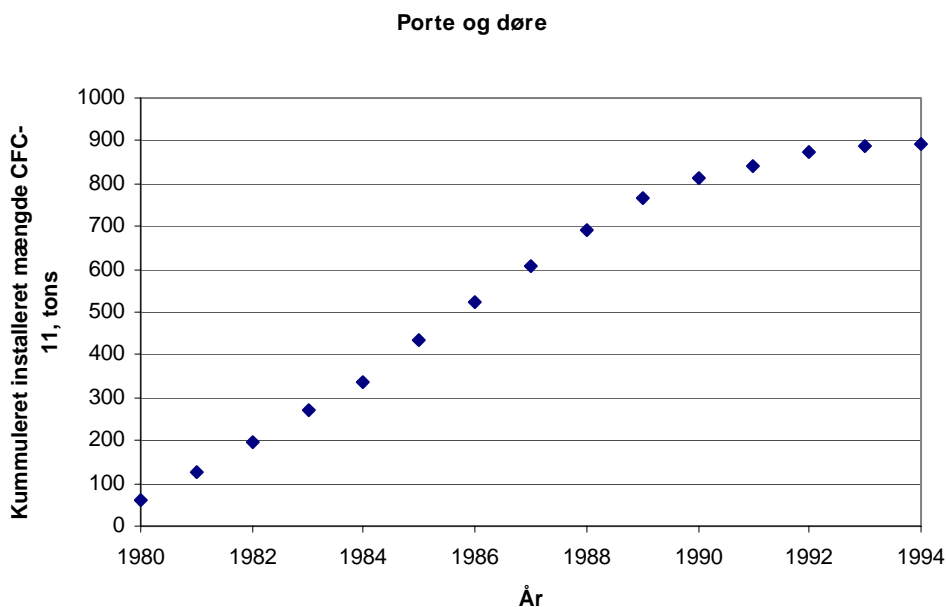
Porte og døre i lagerhaller, lader o.lign. forventes at blive udsat for en løbende belastning og slidtages. På den baggrund skønnes levetiden til mellem 15-35 år med et gennemsnit på 25 år og halveringstiden for tab af CFC-11 fra skummet antages at være 300 år /29/.

I Figur 2.10 er levetidsfordelingen for porte og døre præsenteret. Levetidsfordelingen er estimeret af portleverandørerne Faltec Porte og Nassaur Door.



Figur 2.10. Levetidsfordeling af porte og døre estimeret af Faltec Porte/17/ og Nassau Door /44/.

I Figur 2.11 fremgår den akkumulerede installerede mængde CFC-11 indeholdt i isoleringsskum i porte og døre.



Figur 2.11. Den akkumulerede installerede mængde CFC-11 i isoleringsskum i porte og døre

Af Figur 2.11 fremgår det, at den installerede mængde CFC-11 i porte og døre er ca. 890 tons i alt for perioden 1980-1994.

Med en beregnet gennemsnitlig levetid på 25 år og et løbende samlet tab på ca. 6% i produktets samlede levetid, er den potentielle restmængde af CFC-11 som tilføres affaldssystemet fra 2002-2027 beregnet til ca. 800 tons CFC-11.

Det er beregnet at ca. 33 tons CFC-11 allerede er bortskaffet i perioden frem til 2002.

Isolerede porte bortskaffes via skrothandlere, idet metallet fra portene genbruges. Portene behandles i shredder anlæg, hvorefter metallet frasepareres og de resterende materialer kommer på Horsens forbrændingsanlæg /29/.

Det er uafklaret, hvorvidt isolerede døre bortskaffes som bygningsaffald, forbrændingseget erhvevsaffald eller andet.

2.1.8 Fugeskum

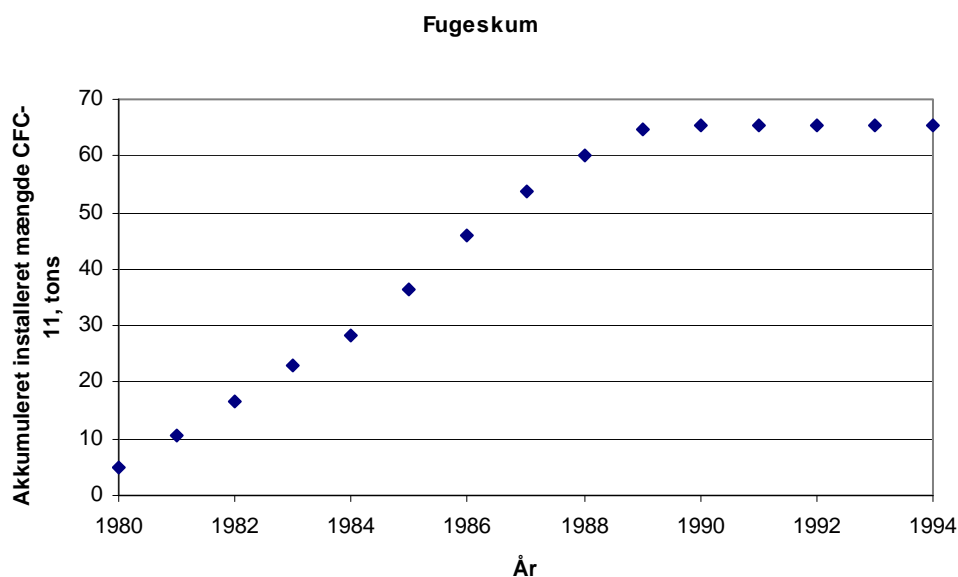
Fugeskum bruges til en lang række formål, hvor der er behov for at isolere mindre sprækker, f.eks. mellem præfabrikerede byggeelementer, eller udfylde hulrum, f.eks. omkring vinduer og døre.

Fugeskummet leveres som færdigblandet PUR-skum med CFC i trykbeholdere eller dåser. Produkterne indeholder enten rent CFC-12 eller blandinger af CFC-11, CFC-12 og HCFC-22 i blandingsforholdet 20:75:5.

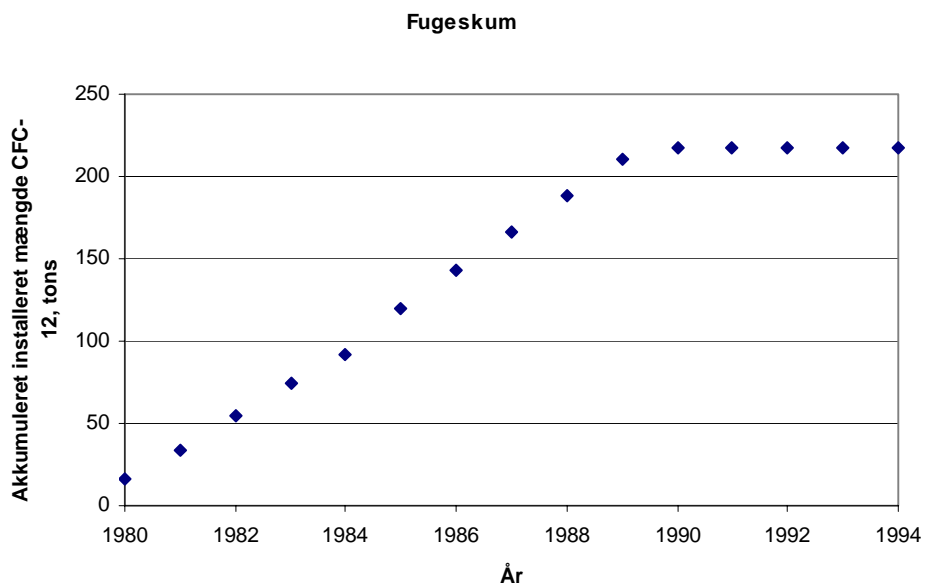
Forbruget af CFC-12 har været størst med et årligt forbrug fra 320 tons til 540 tons i perioden 1980-1989. I 1990, skiftede man delvist over til andre drivmidler og det var det sidste år, hvor CFC blev anvendt i dansk producerede fugeskum. Forbruget af CFC-11 var i samme periode ca. 100 til 190 tons pr år.

Nettoeksportandelen for disse produkter var ca. 95 % /49/. Der regnes ikke med noget væsentligt spild ved denne produktion.

Levetid afhænger af byggeriet, hvor fugemassen er anvendt. I denne beregning er levetiden sat til 25 år. Halveringstiden er antaget at være 300 år /29/.



Figur 2.12 Den akkumulerede installerede mængde CFC-11 i fugeskum



Figur 2.13. Den akkumulerede installerede mængde CFC-12 i fugeskum

Af Figur 2.12 og Figur 2.13 fremgår det, at den installerede mængde CFC-11/CFC-12 i fugeskum er ca. 70 tons henholdsvis 220 tons i alt for perioden 1980-1990.

Med en beregnet levetid på 25 år er den potentielle restmængde af CFC-er som tilføres affaldssystemet fra 2005-2019 beregnet til ca. 63 tons CFC-11 og 209 tons CFC-12.

2.1.9 Konstruktionsskum

PUR-skum anvendes i en lang række produkter som konstruktionsdel. Produktområdet er meget bredt. Som eksempler kan nævnes: Paneler og håndtag i biler og sejlbåde, vægge i campingvogne, vindmøllevinger, surfbrætter, voksmannequiner, blomsterdekorationsskum, skosåler, valser m.v.

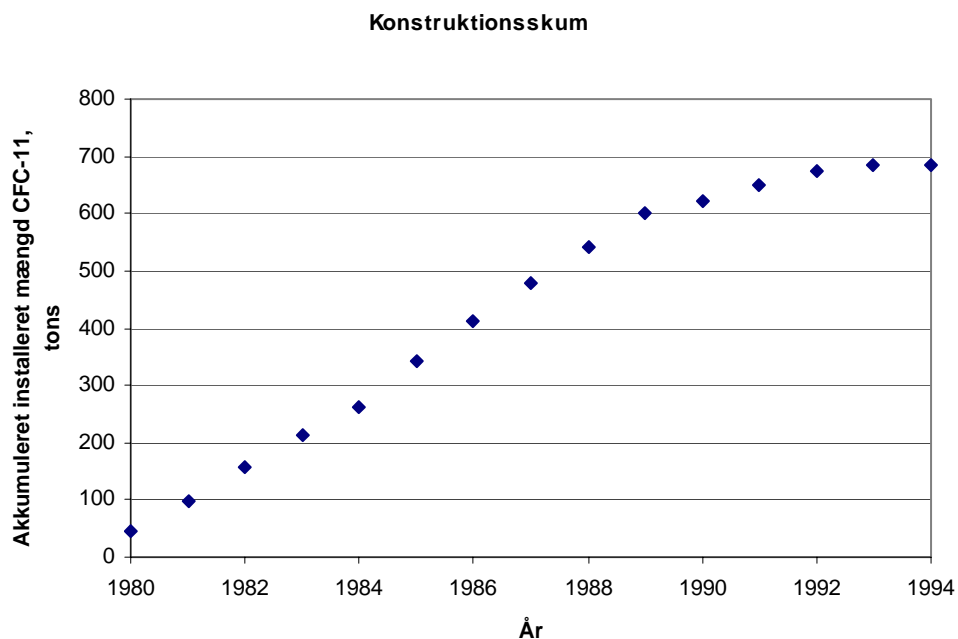
Der blev primært anvendt CFC-11 til disse produkter, men der er et mindre brug af blandinger af CFC-11, CFC-12 og HCFC-22.

Det samlede forbrug af CFC-11 til PUR-skum til konstruktionsformål kan opgøres til mellem 80 og 130 tons i perioden 1980-1989, hvorefter forbruget falder i årene frem til 1994

Nettoeksporten ligger på rundt regnet 40 % for hele produktområdet (stor variation fra produkt til produkt) /49/.

Levetiden for de forskellige konstruktionsskumprodukter skønnes at være fra 2-20 år, hvor hovedparten – paneler i biler, både, campingvogne etc. skønnes at være i intervallet 10-20 år. Til denne beregning er der derfor valgt en levetid på 15 år. Det er ikke muligt med det eksisterende datamateriale at vægte forbruget i forhold til typer af konstruktionsskum. Men der er ikke tvivl om, at noget af skummet allerede er blevet behandlet i affaldssystemet, f.eks. mannequiner, surfbrætter, sko mv.

Der er i beregningen anvendt en halveringstid på 300 år /29/.



Figur 2.14. Den akkumulerede mængde CFC-11 i konstruktionsskum

Af Figur 2.14 fremgår det, at den installerede mængde CFC-11 i konstruktionsskum er ca. 690 tons i alt for perioden 1980-1994.

Med en beregnet levetid på 15 år og et løbende samlet tab på 3 % i den samlede levetid, er den potentielle restmængde af CFC-er som tilføres affaldssystemet fra 2002-2009 beregnet til ca. 270 tons CFC-11. Det er beregnet at ca. 400 tons allerede er behandlet i det danske affaldsbehandlingssystem.

2.1.10 Andet skumplast

Der importeres en række specielle ekstruderede polystyren skumplastplader (xps), der især anvendes til fundament- og gulvisolering. Disse plader repræsenterede i en opgørelse fra 1986 en nettomængde på ca. 15 tons CFC-12.

I 1989 oplyste importøren, at der ikke længere anvendes CFC til fremstilling af disse plader.

2.2 Opsamling på CFC-holdige produkter

I nedenstående Tabel 2.1 fremgår det, hvordan den installerede mængde CFC fordeler sig på de forskellige produktområder samt hvad den beregnede aktuelle affaldsmængde er fordelt på produktområder.

Tabel 2.1. Den samlede akkumulerede installerede mængde CFC, samt den forventede mængde der skal behandles i det danske affaldsbehandlingssystem samt perioden for behandlingen.

	CFC-11, tons installerede mængde	CFC-12, tons installerede mængde	CFC-113, tons installerede mængde	Aktuel affaldsmængde, tons	Periode
Isolering i fjernvarmerør	5.090		280	4.550 / 260	2002-2048
Bygningsisolering	1.450			1.380	2010-2024
Isoleringspaneler	870			830	2005-2019
Isoleringsiskum i porte og døre	890			800	2002-2027
Isoleringsiskum i mobile køleanlæg	960			790	2002-2014
Isoleringsiskum i køleskabe og fryser	2.370			750	2002-2014
Isoleringsiskum i kølemøbler til detail	410			340	2002-2014
Konstruktionsskum	690			270	2002-2009
Fugeskum	70	220		60 / 210	2005-2019
I alt	12.800	220	280	10.240	2002-2048

Af Tabel 2.1 fremgår det, at en affaldsstrategi især skal sigte på indsamling og oparbejdning/genanvendelse af fjernvarmerør. Næsten halvdelen af den samlede mængde CFC vurderes at komme herfra.

Endvidere fremgår det at isoleringsplader i bygningsisolering, der anses for en "ren affaldsfraktion", udgør det næststørste enkeltområde.

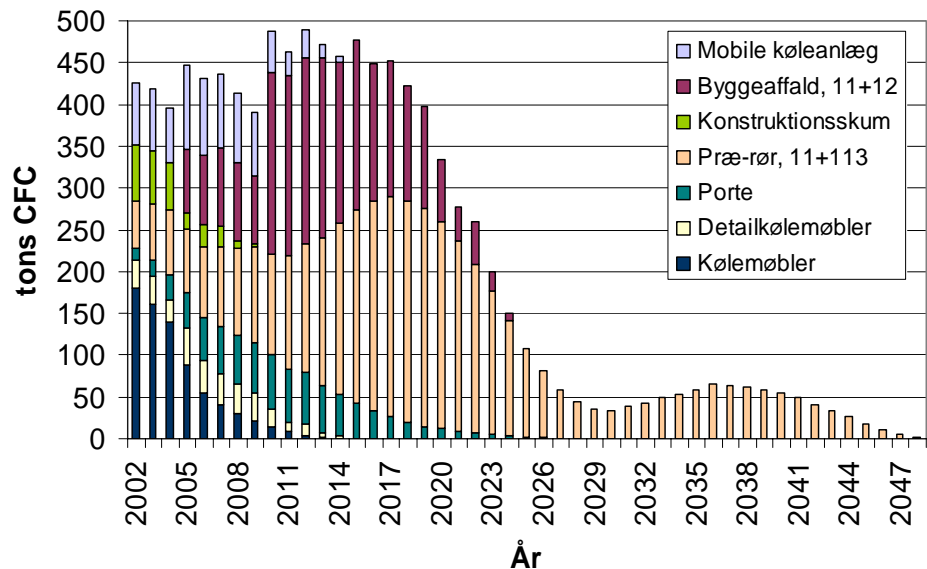
Den totale CFC-holdige affaldsmængde for perioden 2002-2048 er beregnet til ca. 10.240 tons CFC. Heraf er ca. 9.770 tons CFC-11, 260 tons er CFC-113 og ca. 210 tons er CFC-12.

2.3 Udviklingen i CFC-affaldet 2002-2048

Ud fra

- beregnede installerede mængder CFC-11, CFC-12 og CFC-113
- levetid
- levetidsfordelinger for kølemøbler, porte og præ-rør samt
- halveringstiden for CFC

for de forskellige produktgrupper, er udviklingen i mængden af CFC i affald, der skal behandles i det danske affaldsbehandlingssystem, beregnet. Udviklingen af mængden af CFC i det danske affald fremgår af nedenstående Figur 2.15.



Figur 2.15. Udviklingen af mængden af CFC i affaldet for perioden 2002-2048. Der er anvendt de variable levetider for kølemøbler, porte og præ-rør, som angivet i afsnit 2.1.1, 2.1.5 og 2.1.7. For de andre produktgrupper er der anvendt fast levetid. Halveringstiden for CFC-11 er fastsat til 300 år.

Af Figur 2.15 fremgår det, at der i perioden 2010-2017 vil forekomme den største mængde CFC-affald svarende til ca. 450-490 tons om året. Derefter aftager mængden markant i årene frem til 2029, og CFC-indholdet i affaldet forventes at være fuldstændig bortskaffet i 2048.

CFC-indholdet i køleskabe og fryserne fra husholdninger vurderes at være fuldstændig bortskaffet i 2014. Som det fremgår af figuren er CFC-indholdet aftagende allerede fra år 2002. Mængden af CFC-holdige kølemøbler fra detailhandel indgår i den nuværende affaldsbehandling og denne produktkategori forventes at stige de kommende år frem til 2005 hvorefter de CFC-holdige kølemøbler vil aftage og være fuldstændig bortskaffet år 2014.

De første porte med CFC-11 indeholdt i isoleringsskummet vurderes at være i det danske behandlingssystem allerede og mængden vil være stigende frem til 2010, hvorefter de CFC-holdige porte vil aftage igen og være fuldstændig bortskaffet i år 2027.

Den største mængde CFC, ca. 4.810 tons, tilføres det danske affaldsbehandlingssystem med kasserede præisolerede fjernvarmerør. Dette vil foregå over en 50-årig periode frem til 2048. Mængden toppe omkring 2018 med 270 tons/år.

Af Figur 2.15 fremgår det at byggeaffaldet (isoleringspaneler, bygningsisolering og fugeskum) ligeledes tilføres til det danske affaldsbehandlingssystem i store mængder, op til 170 tons/år i 2012. CFC i byggeaffaldet stammer fra en meget bred gruppe af produkter og ikke som en enkelt affaldsfraktion som f.eks. fjernvarmerørene.

CFC-holdigt konstruktionsskum vurderes at blive bortskaffet til det danske affaldsbehandlingssystem med ca. 60 tons i år 2002. Mængderne er derefter aftagende og fuldstændig bortskaffet i år 2010. Konstruktionsskum er en

meget blandet produktgruppe som forekommer i shredderaffald fra f.eks. biler og div. skumprodukter i husholdnings- og erhvervsaffald som paneler mv. CFC-holdige skumprodukter fra husholdninger skønnes at være meget begrænset og skummet forventes primært at kunne genfindes i produkter med lange levetider, f.eks. paneler fra både, biler og campingvogne.

CFC i mobile køleanlæg vil højst sandsynlig ikke ende i det danske affaldssystem, idet produkterne (primært skibscontainere og kølebiler) vil blive solgt til andre brugere uden for Danmark efter endt anvendelse i Danmark.

Ud over hårde PUR skumplast-produkter fremstilles der i udlandet også hårde skumplastprodukter af f.eks. polystyren, som opskummes ved hjælp af CFC-12. Sådanne produkter har været importeret til Danmark og kan derfor også forekomme i affaldssystemet før eller siden. CFC-holdigt polystyren skønnes f.eks. at kunne indgå i byggeaffald.

3 Metode til opgørelse af CFC-mængden i hårdt skum

Mængden af CFC-indholdet i eksisterende produkter i Danmark er opgjort ud fra følgende kilder:

- Danmarks statistiks varestatistik (producerede enheder)
- Danmarks statistiks udenrigshandel (import/eksport)
- Tidligere Miljøprojekter vedrørende kortlægning af anvendelsesområder for CFC
- Data fra danske fjernvarmeproducenter vedr. CFC forbrug og eksport.
- Personlige samtaler med producenter, brugervirksomheder og affaldsbehandlere.

3.1 Beregning af forbrug fordelt på anvendelsesområder

I opgørelsen tages der udgangspunkt i det registrerede forbrug af CFC de pågældende år. Derefter fordeles forbruget på anvendelsesområder. Beregningsresultaterne fremgår af Bilag 1 Beregning af den installerede CFC-mængde.

Det registrerede forbrug og fordelingen af CFC på anvendelsesområder er kortlagt i tidligere COWI-projekter for perioden 1986-1994. Det registrerede forbrug af CFC i Danmark for perioden 1980-1985 er alene baseret på Danmarks statistik for import og eksport af CFC-er. For præisolerede fjernvarmerør har det været nødvendigt at gå længere tilbage end 1980 pga. den lange levetid for fjernvarmerør. Til denne opgørelse er der anvendt andre kilder /37, 39/, bl.a. oplysninger om CFC-forbruget angivet af en fjernvarmeproducent.

Til fordeling af det totale forbrug (import – reeksport) til anvendelsesområder, er der beregnet et middeltal der udtrykker den gennemsnitlige procentvise andel af forbruget indenfor et bestemt anvendelsesområde for referenceårene 1986-1989 /49/.

1986 er det tidligste år, hvor det har været muligt at finde data på CFC-forbruget fordelt på anvendelsesområder. Da forbruget for perioden før 1986 skønsmæssigt skal fordeles på forskellige anvendelsesområder (og herunder produktkategorier) er den gennemsnitlige fordeling for perioden 1986-1989 ekstrapoleret tilbage til 1980.

De beregnede middeltal for den procentvise andel af det samlede forbrug fordelt på anvendelsesområder indenfor hårdt skum fremgår af nedenstående Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Den relative % fordeling på produktkategorier

Køleskabe og fryser	31
Fjernvarmerør	34
Andet	24
Fugeskum	6
Konstruktion	5
i alt hård skum cfc-11	100

De beregnede middeltal for den procentvise fordeling af CFC-forbruget af de respektive CFC'er er ligeledes ekstrapoleret ud fra erfaringstallene for perioden 1986-1989 og fremgår af nedenstående Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Den relative % fordeling af CFC-forbruget fordelt på enkeltstoffer

CFC-11	83
CFC-12	16
CFC-113	1

På basis af disse middeltal er der foretaget en ekstrapolation for årene 1980-1985 ud fra Danmarks Statistiks forbrugsdata.

3.2 Korrektion for import og eksport

Efter at have beregnet bruttoforbruget af CFC'er i hårdt skum for perioden 1980-1994, er data korrigeret for import og eksport indenfor de respektive produktkategorier. Denne beregning udtrykker **nettoforbruget** af CFC'er anvendt i hårdt skum. Nettoforbruget svarer til den mængde CFC'er der vurderes at være installeret i Danmark i forskellige produkter og som før eller siden vil fremtræde som affald der skal bortskaffes.

Når nettoforbruget indenfor en produktkategori og levetiden er bestemt er det muligt at lave en fremskrivning af den årlige mængde CFC indeholdt i hård skum der forventes at ende som affaldet fra 2002-.

Følgende produktkategorier er ekstrapoleret ud fra import/eksport middeltal for perioden 1986-1989 /48/: Fugeskum, konstruktionsskum, kølemøbler til detail, isoleringspaneler, isoleringsplader, mobile køleanlæg, bygningsisolering, porte og døre.

Bortset fra fugeskum og konstruktionsskum er de øvrige anvendelsesområder/produkter slået sammen i en kategori "andet hårdt skum". I nedenstående tabel fremgår den relative % fordeling.

Tabel 3.3. Den relative andel af forbruget af CFC-11 for anvendelsesområdet "andet" fordelt på produktkategorier, %

Kølemøbler til detail	4
Isoleringspaneler	29
Isoleringsplader	0
Mobile anlæg	21

Bygningsisolering	24
Porte og døre	21
I alt	100

3.3 Perioden 1960-1979

Idet CFC fra fjernvarmerør udgør en stor andel af det samlede CFC-bidrag til det danske affaldsbehandlingssystem, er den installerede mængde CFC-11 for perioden 1960-1979 også inkluderet.

Dette er gjort ud fra et gennemsnit af de installerede mængder CFC-11 oplyst af Logstor /39/ og mængden af installerede rør /37/. Logstor /39/ har oplyst at de udgør ca. 30 % af det samlede danske marked inden for fjernvarmerør. Derudover er mængden af CFC-11 beregnet ud fra de opgivne længder af nedlagte dobbeltrør /37/ samt oplysninger om indholdet af CFC-11 i fjernvarmerør /9/.

3.4 Følsomhedsvurdering

Der er en række usikkerheder ved beregningsmetoden og de væsentligste områder vurderes at være:

- Forbruget af CFC-er i perioden 1962-1979. Danmarks Statistik har for denne periode en meget bredt stofgruppe, hvor det ikke er muligt at vurdere hvor stor en andel CFC-erne har udgjort. Usikkerheden har betydning for forbruget i fjernvarmerør, da denne produktkategori vurderes som det eneste område, hvor det er væsentligt at gå længere tilbage end 1980 på grund af den lange levetid for præisolerede fjernvarmerør.
- Fordelingen af CFC-forbruget på anvendelsesområder for perioden 1980-1985. Denne fordeling er afgørende for, hvor store mængder CFC der tilskrives de enkelte produktkategorier. Usikkerheden kan påvirke CFC-mængderne i begge retninger, da det afhænger af import/eksport forholdene.
- Halveringstiden for CFC-diffusion i hård skum. Hvis halveringstiden er mindre end antaget i disse beregninger, f.eks. 30 år i stedet for 300, medfører det en reduktion på ca. 4.350 tons CFC i affaldet. Forskellen i mængder (den numeriske og den procentuelle) af CFC i affaldet når der anvendes en halveringstid på hhv. 30 og 300 år er beregnet og vist i
- Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Den beregnede mængde CFC i affaldet ved halveringstid på hhv. 30 og 300 år.

Produktgruppe	Mængden af CFC		Forskel	
	$T_{1/2} = 300$ år	$T_{1/2} = 30$ år	Numerisk	%-vis
Præ-rør	4.810	2.490	2.320	48
Bygningsisolering	1.380	730	650	47
Isoleringspaneler	830	510	320	39
Porte	800	490	310	39
Mobile køleanlæg	790	480	310	39
Kølemøbler	750	590	160	21
Detail kølemøbler	340	230	110	32
Konstruktionsskum	270	210	60	22
Fugeskum	270	160	110	41
Total	10.240	5.890	4.350	42

- Antagelser vedrørende allerede bortskaffede mængder i produkter. Bortset fra køleskabe og fryserne findes der ingen registreringer af CFC-affald som allerede er bortskaffet. Det vil sige at alle antagelser om bortskaffet mængder er baseret på antagelser om levetider fra fagpersoner. Denne usikkerhed kan i princippet påvirke resultatet begge veje, men det skønnes mest sandsynligt, at usikkerheden vil øge mængden af CFC i affaldet, da flere forhold tyder på, at CFC-affaldet endnu ikke er kommet til affaldssystemet, f.eks. i byggeaffaldet.
- Tab fra produktion. Hvis tabet af CFC ved fremstilling har været større end antaget, vil det medføre en reduktion i CFC-indholdet i affaldet. Det skønnes realistisk, at nogle produktioner i perioder har haft tab på ca. 10 %.

Samlet vurderes **forbrugstallene** for CFC i hårdt skum at være rimelig præcist (12.800 tons i alt). Her kan påregnes en usikkerhed på +/- 20%, dvs. i intervallet ca. 10.250 – 15.350. Usikkerheden skyldes manglende statistisk materiale på enkeltstoffer. Danmarks statistik har CFC-erne i en stofgruppe, som også indeholder andre stoffer, f.eks. haloner.

Med hensyn til **den potentielle CFC-mængde i affaldet** er der som nævnt ovenfor flere usikkerhedsparametre der kan påvirke resultatet på ca. 10.240 tons. Forbruget af CFC i isoleringsskum i køleskabe og mængden af CFC-affald der allerede er bortskaffet kan øge resultatet. Det skønnes at kunne være op til 2.000 tons mere. En mindre halveringstid samt et større tab ved produktion kan reducere resultatet. Det skønnes at kunne reducere mængderne op til 5.000 tons.

Det vil sige at CFC mængden i affaldet vurderes at være i intervallet ca. 5.000 – 12.000 tons +/- 20% (se ovenfor).

4 Nedbrydning af CFC i affaldet

På globalt plan er store mængder af det ozonlagsnedbrydende stof CFC-11 (CCl_3F) i perioden 1963-1996 blevet produceret og brugt som opblæsningsmiddel i skum produkter til isolering. CFC blev både anvendt til opblæsning af blødt skum og hårdt skum. Som gennemgået i kapitel 4 vil CFC i blødt skum diffunderer hurtigt ud igen /40/. Derimod diffunderer CFC-gassen meget langsomt ud fra hård PUR (poly-urethan) skum med halveringstider på ca. 300 år /29/.

Så selvom produktionen af CFC gasser er ophørt i 1996 i henhold til Montreal konventionen fra 1987, så vil påvirkningen af ozon laget kunne fortsætte længe endnu. Derfor er der interesse for hvordan man sikrer en ordentlig nedbrydning af den eksisterende mængde CFC inden det slipper ud i atmosfæren. Gældende regler bør sikre at den CFC der befinder sig i kompressorer i køleskabe, frysebokse og aircondition anlæg, vil blive pumpet ud og destrueret. Men hvordan behandler man bedst CFC indesluttet i skum.

At vi taler om store mængder CFC indesluttet i PUR-skum på globalt plan fremgår af at man i Danmark alene skrotter omkring 250.000 køleskabe hvert år (se Tabel 5.1), i Tyskland drejer det sig om ca. 3 millioner pr. år /72/ og i USA er det omkring 8 millioner køleskabe der kasseres hvert år /29/. Heraf vil de ældre køleskabe produceret før ca. 1994 med stor sandsynlighed indeholde CFC i isoleringsskummet.

I en større undersøgelse af 700 kølemøbler af forskellig størrelse blev der fastslået at i 366 små, 174 mellemstore, 131 store kølemøbler og 40 kummer var det gennemsnitlige indhold af PUR-skum 4,77 kg og det gennemsnitlige indhold af CFC-11 var 5,2 %, hvilket svarer til et gennemsnitligt indhold på 250 g CFC pr. køleskab /56/. Dette tal bekræftes endvidere i en forsøgsrapport for Amagerforbrænding, hvor tallet var på ca. 220 g/kølemøbel /41/.

Hvis der er omkring 250 g CFC i gennemsnit i skummet i et køleskab svarer det til ca. 63 tons/år i Danmark, ca. 750 tons/år i Tyskland og ca. 2.000 tons/år i USA, forudsat at køleskabene er produceret før 1994.

4.1 Behandling af PUR-skum

PUR-skum fra kølemøbler behandles meget forskelligt i de forskellige lande. I Danmark og Tyskland forbrændes størstedelen af denne type affald, mens der er tradition for i USA at køre dette affald på deponi. Når man ved at CFC langsomt men sikker diffunderer ud i atmosfæren fra PUR-skum, er deponering af CFC-holdigt PUR-skum problematisk. USA vil i ca. 10 år fremover med denne metode placere op til ca. 2.000 tons CFC fra kølemøbler pr. år på deponier. Mængden af CFC-indholdet vil være aftagende efterhånden som nyere køleskabe og fryserne også bortskaffes, men et groft skøn på den samlede potentielle mængde er 10-15.000 tons CFC gas, der vil påvirke ozonlaget over de næste ca. 300-600 år.

Når man skal behandle PUR skum er der flere metoder man kan bruge. Man kan f.eks.

- Ekstrahere CFC-gassen fra skummet for så at behandle den /72/
- Katalytisk oxidation /68,77/
- Behandling med smeltet metal (Na)
- Mineralisering med natrium oxalat /77/
- Plasma nedbrydning /5, 68/
- Forbrænding /2, 22, 32, 33, 34, 41, 42, 43, 62, 65, 66, 69, 71, 78/
- Hydrogenering /14/

I Danmark behandler man PUR-skum enten ved ekstrahering eller ved forbrænding. Ved ekstraktion af CFC-gassen fra PUR-skummet, opsamles CFC-gassen og sendes til destruktion.

Forsøg med "Katalytisk oxidation" (pga. forgiftning af katalysator) og "Behandling med smeltet metal" har ikke været overbevisende som behandlingsmetode og er ikke udbredt /68,77/.

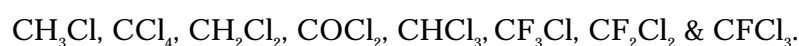
Problemet med katalytisk oxidation har været at katalysatoren let bliver forgiftet. Dette problem har Dansk Genvinding imidlertid overvundet og firmaet bruger således katalytisk oxidation. Dansk Genvinding starter med at neddele og opvarme PUR skummet fra kølemøblerne, hvorved poregassen frigives, så der er mindre end 0,1 w/w % CFC tilbage i skummet. Afsugningsgassen filtreres herefter i 3 forskellige filtre så partikel indholdet bliver meget lavt og endelig sendes gassen gennem et aktivt kulfilter hvor de sidste rester af metaloxider fanges før CFC'en spaltes ved 400 °C i en keramisk katalysator. Ved denne filtreringsproces undgår man en forgiftning af katalysatoren /82/.

I Vesteuropa samt Japan og USA er der tradition for at destruere CFC-gassen ved forbrænding. Det er vist at CFC kan destrueres ved Plasmaforbrænding, men da plasmaforbrænding traditionelt er en dyr behandlingsform, så vil der i det følgende blive fokuseret på forbrænding i kommunale affaldsforbrændingsværker.

Grundproblemet er at CFC ikke brænder så let og danner relativt meget saltsyre og fluorbrinte ved forbrændingen. Derudover giver frigørelsen af en del klorid anledning til bekymring for dannelse af dioxiner og furaner (polyklorerede-dibenzo-dioxiner (PCDD), og -furaner (PCDF)), herefter under et kaldet dioxiner.

4.2 Termisk nedbrydning af CFC'er

På Argonne National Laboratory i Illinois, USA har man undersøgt den termiske nedbrydning af følgende forbindelser /34/:



Et par af disse stoffer er, som det ses, CFC'er og disse studier kan bruges til at forstå nedbrydningsmønstret for denne type forbindelser.

Det viser sig, at i Cl substituerede metaner så har C-Cl bindingen den laveste energi, og hvis klor substitutionen stiger så falder energien i den første binding.

Så hvis vi ser på termisk nedbrydning af CFCl_3 , så er den laveste energi der er nødvendig for at bryde en binding knyttet til C-Cl fissionen:



De eksperimentelle værdier for den endotermiske reaktion 1a ligger mellem 68 til 76 kcal/mol, mens reaktionen 1b ligger omkring 133 kcal/mol. Det betyder at nedbrydningen af den første C-Cl binding starter ved en relativ lav temperatur omkring 900 - 1000 °C /34/.

At destruktions temperaturen ligger i det leje bekræftes i andet studie, hvor CFC-11 og CFC-12 bliver forbrændt i et forbrændingsanlæg i laboratorieskala /66/.

Forbrændingseffektivitet bliver undersøgt ved 740 °C, 970°C og 1070°C, og viste:

Tabel 4.1. Destruktionseffektiviteten (DRE), de totale emissioner ved forskellige forbrændingstemperaturer /66/

CFC-11	Destruktions effektivitet (DRE)	Emission Total PCDD/PCDF's (ng/Nm ³)	Emission PCDD/PCDF's (I-TEQ) (ng/Nm ³)
1070 °C	99,9991 %	1,6	0,013
970 °C	99,9993 %	0,94	0,000
740 °C	99,9993 %	61	0,027

Destruktionseffektiviteten (DRE) er større end 5 "niere" i alle tilfælde. Det samme gælder for CFC-12 ved temperaturerne 970 °C og 1070 °C, dog er DRE kun 99,994 ved 740 °C.

I dette eksperiment blev der ikke detekteret CFC i quench vandet eller i skrubber væsken.

Et andet laboratoriestudie viser, at en opholdstid på 1 sek. giver følgende destruktions procenter /22, 78/:

Tabel 4.2. Destruktionseffektiviteten ved forskellige temperaturer og opholdstid på 1 og 2 sek./ 22/ og /78/.

CFC-11	Destruktions effektivitet (Opholdstid 1 sek.)	Destruktions effektivitet (Opholdstid 2 sek.)
700 °C	97 %	
800 °C	99 %	99,3 % (99,8 % ved 3 sek.)
900 °C	100 %	

Andre studier har vist at udover at være temperaturafhængig så er den fysiske udformning af ovnen også vigtig for en høj destruktionsgrad af CFC'er /2, 71/.

Således viste en svensk undersøgelse /2/ af 8 forskellige ovne, tydelige forskelle i destruktions effektivitet af CFC'er. Forklaringen på dette synes at være forskellige strømningsforhold i forskellige typer ovne. En enkelt ovn viste endda lavere destruktions effektivitet ved højere temperatur. Konklusionen på dette studium må nødvendigvis være at der for hver enkelt ovn der bruges til CFC destruktions må laves en bestemmelse af destruktions effektiviteten.

Imidlertid er der ingen tvivl om at almindelige kommunale affaldsforbrændingsanlæg ved temperaturer mellem 870 °C og 1075 °C giver en god destruktionsgrad af CFC'er, idet destruktionsgraden ligger på over 99,9 % for CFC-11 og 99,4 % for CFC-12, hvilket er vist i flere studier /41, 43, 62/. Problemet med dannelse af dioxiner er altid tilstede ved forbrænding når der er klor tilstede, men moderne affaldsforbrændingsanlæg med effektive røggrensingsforanstaltninger har ikke længere problemer med at kontrollere og rense røggasserne så dioxin emissionerne er minimale og langt under de EU fastsatte grænseværdier.

Cementovne med deres høje behandlingstemperatur og lange opholdstid (< 6 sek.) kan ligeledes anvendes til destruktions af CFC'er /69/. Cementovne har den fordel at de basiske bestanddele neutraliserer de frigivne syrer ret effektivt.

4.3 Gas-Phase Chemical Reduction Process

Denne hydrogeneringsproces /14/ er især udviklet af firmaet Eco Logic i Canada og går ud på at behandle (og reducere) organiske forbindelser med hydrogen ved 850 °C eller højere. Herved reduceres de organiske forbindelser til metan, HCl og HF hvis der er klor og fluor tilstede. Syrerne neutraliseres med kaustisk soda (NaOH) under nedkøling af gasserne.

Materialer som PUR-skum kan forbehandles i en ovn, hvor gasserne drives ud af produktet ved 850 °C. Gasserne ledes derpå ind i reaktoren hvor den behandles med hydrogen. Den endelige gas føres gennem en skrubber og et filter, hvor syrer, vand, varme, fine partikler, evt. aromatiske forbindelser og kuldioxid fjernes. Gassen der indeholder brint, metan og kulmonoxid afbrændes og varmen bruges til at drive processen.

Processen har den fordel, at fordi den foregår under reductive betingelser er sandsynligheden for dannelse af dioxin meget lav. Dioxin dannelsen kan kun foregå ved den sekundære afbrænding af den rensede gas. Hvis man kan fjerne alt klor før denne afbrænding er sandsynligheden for dioxindannelse meget lille.

Prisen på en sådan behandling er svært at vurdere, men for ren PCB har der været nævnt beløb omkring 1.300 USD/ton /35/ ~ ca. 10.400 DKK/ton. Det ville sandsynligvis blive noget billigere for PUR-skum, men en mere præcis pris kan ikke gives på nuværende tidspunkt.

4.4 Håndtering af PUR-skum

I mange lande findes den største del af CFC'erne i hårdt PUR-skum anvendt til isolering i huse /47/. Imidlertid har Danmark her en særstilling idet vi har anvendt en stor mængde CFC til opblæsning af skum til isolering af fjernvarmerør. Men der er også brugt meget både til isolering af huse, til isolering af kølemøbler, samt f.eks. som isoleringsskum i porte og døre.

Når man brugte f.eks. CFC-11 til at blæse skum op med, blev der dannet stive lukkede skumceller med indhold af CFC. CFC'en forblev i hulrummene efter at skummet var stivnet. Normal diffusion af CFC fra hulrumscellerne fra hele skumsystemer foregår meget langsomt og er anslået til at ligge på ca. 300 år. Mængden af gas indesluttet i skum er blevet vurderet til at ligge mellem 10 - 15 vægt-%, heraf er en stor del opløst/bundet til selve PUR-skummet (25 %) /29, 37/.

Ved håndtering af de hårde skum isoleringsplader før destruktion, så sker det ofte ved en forudgående shreddning, hvorpå de neddelte skum stykker kan føres ind i en forbrændingsovn. Det har imidlertid i flere undersøgelser vist sig at shreddningen i høj grad frigør CFC'en til atmosfæren, hvis ikke man har taget de rette forholdsregler /22, 29, 37/.

Faktisk kan en shreddning medføre at mere end halvdelen af den indesluttede CFC frigøres til atmosfæren /29, 37/. Samtidig vil den resterende del, hvoraf meget er fysisk bundet til PUR skummet også blive hurtigere frigjort ved henstand efter shreddning, idet diffusionsvejen bliver kortere²³. I en meget stor (ny) undersøgelse af frigørelse af indesluttet CFC har man konkluderet at /35, 67/:

- Hvis skummet er shreddet til meget små partikler (2-8 mm) frigøres en stor del af CFC-gassen (40 %) momentant.
- Hvis skummet er skåret i lidt større stykker (16-32 mm) frigøres en mindre mængde (9 %) momentant.

Hvis man kan undgå at shredder skumpladerne, men brænde dem i relative store stykker, bevares CFC-gassen indesluttet i skummet.

Som en konsekvens af dette har bl.a. Amagerforbrændingen lavet forsøg med forbrænding af hele køleskabe. På baggrund af disse forsøg har Amagerforbrændingen behandlet kølemøbler ved udsavning af hele PUR-skum plader som derpå forbrændtes uden forudgående neddeling /41, 42/.

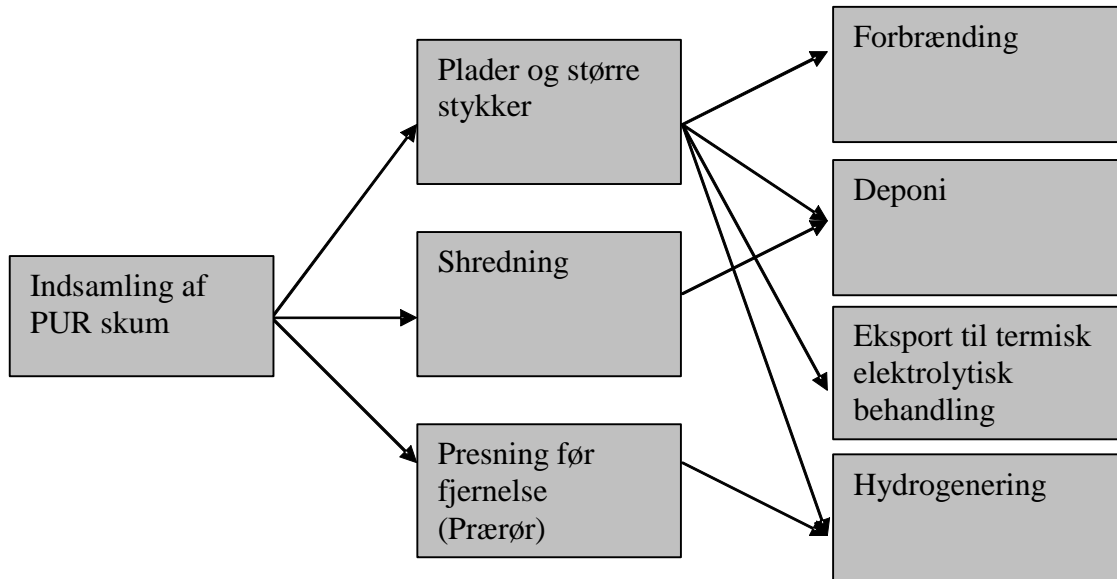
Samme forsigtige behandling bliver ikke gennemført alle steder i Danmark, hvor kølemøbler visse steder bliver shreddet uden samtidig opsamling af den frigivne CFC. Ligeledes er der ikke fuld kontrol med indsamling og behandling af PUR-skum isoleringen på fjernvarmerør /37/.

Hvor stor en mængde af den samlede mængde CFC-11 i PUR-skum, der ender i atmosfæren fra danske shredder anlæg kan dog ikke vurderes på foreliggende grundlag.

4.5 Behandlingsystem

Af

Figur 4.1 fremgår det, at man kan tale om forskellige behandlingssystemer, hvoraf nogen er bedre end andre:



Figur 4.1 De forskellige mulige behandlingsstrømme for PUR-skum med CFC

Som det ses af

Figur 4.1 så er der flere forskellige mulige behandlingsstrømme for PUR-skum i Danmark.

Som det tidligere er nævnt frigives betydeligt mindre CFC ved neddeling af skum til store stykker (5-5 cm) end hvis skummet ved shredding neddeles til mindre stykker eller hvis det presses uden opsamling af den herved frigjorte CFC. Hvis man af økonomiske grunde bruger shredding eller presning, så bør den frigivne CFC opsamles og destrueres. Opsamling i aktivt kul som sker nogen steder kan være problematisk da det er en generel erfaring for en lang række stoffer at aktivt kul nemt mættes. Derfor bør det kontrolleres at dette ikke sker i forbindelse med opsamling af CFC.

Hydrogenering er tilsyneladende en god proces, men er ikke i brug i Europa endnu og den synes også foreløbig at være dyr.

Ca. 40% af de kasserede danske kølemøbler eksporteres til affaldsbehandling i Tyskland. Behandlingen består i en manuel demontage af kølemøblerne hvor der bl.a. fjernes løse plast-, glas- og metaldele. Kabinettet neddeles i et lukket shredder-anlæg hvor CFC-11 opfanges og bindes i et aktivt kulfilter. CFC fra det aktive kul overføres til lukkede beholdere og CFC undergår en termisk elektrolytisk behandling ved 2.200 °C. Ved denne proces fremstilles myresyre og flussyre, der anvendes i andre industrivirksomheder. Denne behandling synes at tage højde for evt. uønsket uslip af CFC.

Forbrænding er den sidste proces, og som der fremgår af teksten ovenfor, så giver forbrænding også en god destruktion af CFC-gassen. Principielt vil man samlet set opnå den bedste destruktion af CFC-indholdet i PUR-skummet ved at forbrænde skummet uden forudgående shreddning, med mindre at der foretages en opsamling af CFC-en ved shreddning. Neddeling er en acceptabel forbehandling, idet den frigivne mængde CFC er meget lille. Så konklusionen er at man bør undgå shreddning (< 8mm) og presning, med mindre man opsamler den frigivne CFC og behandler den.

5 Bortskaffelse af CFC-affald i Danmark

Den nuværende behandling af de forskellige typer affald indeholdende CFC er beskrevet i dette kapitel. I forbindelse med udarbejdelsen af beskrivelserne har der været taget kontakt til relevante genbrugsvirksomheder og affaldsbehandlere for at få beskrevet, hvordan affaldet indeholdende CFC håndteres de respektive steder. Gennemgangen er struktureret efter, hvilken type CFC-affald der er tale om. De indhentede oplysninger er ikke verificeret af forfatterne til rapporten.

5.1 Køleskabe og fryserne

Der eksisterer i Danmark 2 større behandlingsanlæg for behandling af kølemøbler, Dansk Genvinding og H. J. Hansen. Derudover leverer et større antal kommuner de indsamlede kølemøbler til et behandlingsanlæg i Tyskland via REN SCAN.

De forskellige metoder til bortskaffelse af CFC-holdige kølemøbler er beskrevet i de følgende afsnit.

5.1.1 Shredder og afbrænding, Danmark

De fleste behandlere i Danmark behandler kølemøblerne i shredder-anlæg, hvorefter de neddelte dele afbrændes på forskellige forbrændingsanlæg.

5.1.1.1 H. J. Hansen

Hos H. J. Hansen demonteres kølemøblerne alle løse og genanvendelige dele. Derefter behandles kølemøblerne i et shredder-anlæg, hvor kølemøblerne neddeles til mindre stykker, ca. 5·5 cm. Jern og andre metaldele frasorteres inden den resterende del (skum og plast) sendes til afbrænding på Fynsværket, hvor forbrændingen foregår ved ca. 1.100 °C. Der foregår ikke opsamling af CFC.

5.1.1.2 REFA

Hos Refa Center for Specialaffald adskilles kølemøblerne og jern og metal sendes til genbrug. Det CFC-holdige isoleringsskum sendes til forbrænding hos Refa Specialforbrænding. Skummet forbrændes sammen med andet affald i anlægget ved en temperatur på ca. 1.050 °C.

5.1.1.3 AVV Genbrugscenter

Hos AVV Genbrugscenter sker der en manuel demontage af kølemøblerne hvor der bl.a. fjernes freon fra kølesystemet, kompressor, køleribber, kontakter og ledninger. Kabinettet neddeles i ca. 30 cm store stykker, der afbrændes i forbrændingsanlægget ved 1.000-1.100 °C.

5.1.1.4 Affaldsregion Nord - Uniscrap og Rødovre Jern og Metal

Affaldsregion Nord modtager alle former for private, kommercielle og industrielle kølemøbler. Kølemøblerne demonteres for alle løse og

genanvendelige dele hos Affaldsregion Nord, hvorefter de sendes til hhv. Uniscrap i Vojens og til Rødovre Jern og Metal. Der foregår ingen opsamling af CFC hos Uniscrap eller Rødovre Jern og Metal.

Hos Uniscrap neddeles kabinetterne i et shredder-anlæg. Metaldele frasepareres og skummet sendes til afbrænding på Kraftvarmeværket i Kolding, hvor det forbrændes ved ca. 1100 °C.

Hos Rødovre Jern og Metal neddeles kabinetterne ligeledes i et shredder-anlæg. Derefter fratages metallet og skummet sendes til forbrænding hos Amagerforbrænding, hvor forbrændingen foregår ved 1.000 °C.

5.1.1.5 Affaldsvarmeværket I/S Fællesforbrænding

Hos Fællesforbrænding sker der en manuel demontage af kølemøblerne hvor de genanvendelige dele fjernes. Kabinettet neddeles i 10 til 20 cm store stykker, der afbrændes i forbrændingsanlægget ved over 1.100 °.

5.1.1.6 Reno Nord

Kølemøblerne bliver demonteret for alle genanvendelige og løse dele. Kabinettet kommer i de lukkede affaldssiloer, hvor de neddeles til 20 cm store stykker. Siloerne er under tryk, således at der ikke sker nogen emission til omgivelserne under neddelingen. Forbrændingen sker ved 1.100 °C. Reno Nord har siden 2002 modtaget demonterede kølemøbler fra Reno Vest.

5.1.1.7 Nordforbrænding

Hos Nordforbrænding bliver kølemøblerne demonteret for CFC, kompressorolie, kompressor, fordamper, kondensator, hylder, skuffer, tætningsdele og andre løse dele. Kabinettet neddeles i stykker af 10-50 cm, der forbrændes på forbrændingsanlægget ved hhv. 940 °C og 1.100 °C afhængig af ovnlinsen.

5.1.2 Dansk Genvinding

En af de større danske behandlingsvirksomheder for kasserede kølemøbler i Danmark er Dansk Genvinding. Virksomheden modtager kølemøbler fra kommunernes genbrugsstationer samt fra industrielle køleanlæg.

Dansk Genvinding indviede 1. februar 2001 det nuværende anlæg.

Ved modtagelsen af kølemøbler afmonteres plast, glas og metaldele til oparbejdning. Den resterende del behandles i to lukkede shredder-anlæg hvor det neddeles til stykker på 5-5 cm. Magnetiske metaller fratages vha. magnetseparator og kobber og aluminium separeres ligeledes fra det neddelte materiale. Det CFC-11-holdige isoleringsskum behandles i et katalytisk forbrændingsanlæg hvor skummet spaltes og der resulterer i en HCl-opløsning, der sendes til behandling på rensningsanlægget og et CO₂-udslip gennem skorstenen.

5.1.3 REN SCAN

REN SCAN er den største enkelt modtager af kasserede kølemøbler i Danmark. De modtager kølemøbler fra hele Sjælland og Bornholm og fra Service Ringen og El-Giganten.

Kølemøblerne sendes til Tyskland til behandling hos firmaet Bresch Entsorgung GmbH (www.bresch.de).

Behandlingen består i en manuel demontage af kølemøblene hvor der bl.a. fjernes løse plast-, glas- og metaldele. Kabinettet neddeles i et lukket shredder-anlæg hvor CFC-11 opfanges og bindes i et aktivt kulfilter. CFC fra det aktive kul overføres til lukkede beholdere og CFC undergår en termisk elektrolytisk behandling ved 2.200 °C. Ved denne proces fremstilles myresyre og flussyre, der anvendes i andre industrivirksomheder. Isoleringsskummet sendes yderligere gennem en presse for at fjerne de sidste CFC11. CFC11-indholdet i isoleringsskummet er efter presning 0,0001-0,0001 % (vægt). Det pressede isoleringsskum anvendes i andre brancher som absorberingsmiddel (KlaUSORB) til olier og kemikalier.

5.1.4 Behandlede køleskabe og fryser

Indsamling og håndtering af CFC-holdige kølemøbler er sikret ved et cirkulære om kommunale regulativer om bortskaffelse (affaldshåndtering) af CFC-holdige kølemøbler.

Cirkulæret fastsætter, at kommunalbestyrelserne er forpligtigede til at etablere anvisnings- og indsamlingsordninger for kasserede CFC-holdige kølemøbler.

Regulativerne trådte i kraft pr. 1. juli 1997.

Kasserede kølemøbler indsamles enten via de kommunale storskraldsordninger eller af forhandlere, der leverer de kasserede kølemøbler til kommunerne.

Ud fra de indsamlede oplysninger er der siden cirkulærets ikrafttræden blevet indsamlet og bortskaffet det i Tabel 5.1 angivne antal kølemøbler. Antallet af kølemøbler behandlet på de beskrevne metoder (se afsnit 5.1) er ligeledes angivet i tabellen.

Tabel 5.1. Antal let af indsamlede og behandlede kølemøbler siden 1995. Behandlingsmetoderne er angivet. Data er indhentet fra /1, 4, 12, 23, 26, 27, 45, 58, 59, 60, 61, 64, 74/. I dataene kan være inkluderet detail kølemøbler

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Shredder og afbrænding	8,640	11,324	17,767	110,700	131,350	127,537	116,402
Schredder og termisk elektrolyse			33,341	66,506	76,775	88,220	102,122
Catalytic Abator anlæg				26,200	33,000	40,500	48,000
Samlet antal behandlede kølemøbler	8.640	11.324	51.108	203.406	241.125	256.257	266.524

5.1.5 Den bortskaffede mængde CFC i køleskabe og fryser

De danske og tyske behandlere opgiver at der opsamles ca. 240 g CFC per kølemøder, der bliver behandlet. Dette betyder at der i perioden 1995 til 2001 er blevet opsamlet 249 tons CFC.

5.1.6 Forskelle i CFC-indhold i kølemøbler

I henhold til /28/ er CFC-indholdet i PUR-isolerings-skummet ca. 12 vægt-%.

Dette er noget højere end analyserne udført af UNA GmbH (Umwelt- und Naturstoffanalytik), der viser at CFC-11 indholdet i 66 danske kasserede kølemøbler ligger mellem 1 og 8 vægt-% med et gennemsnit på 5,2 vægt-% /56/.

Producenter angiver at den samlede mængde CFC anvendt per kølemøbel er ca. 400 g /49/.

Analyserne fra UNA GmbH (Umwelt- und Naturstoffanalytik) viser at der på lukkede behandlingsanlæg genvindes 240 g CFC-11 per kølemøbel /73/. Dette stemmer overens med de størrelser andre danske kølemøbelbehandlere rapporterer /12, 23/.

Det betyder, at der per kølemøbel i forbrugsfasen forsvinder ca. $400 - 240 = 160$ g CFC til omgivelserne. Dette kan ikke alene forklares ud fra halveringstiden for CFC i skummet der er antaget at udgøre ca. 300 år /29/.

Tabet svarer til at 166 tons CFC11 er afgivet til omgivelserne fra de kølemøbler der er behandlet i perioden 1995 til 2001.

5.2 Kommercielle og industrielle kølemøbler

Dansk Genvinding behandler også kommercielle og industrielle kølemøbler. Kommercielle og industrielle kølemøbler behandles som kølemøbler fra husholdninger. Se kapitel 5.1.2 Dansk Genvinding for en nærmere beskrivelse af behandlingsmetoden. Den modtagne mængde er meget lille i forhold til mængden af modtagne husholdningskølemøbler. Dansk Genvinding modtager årligt 75 stk. kølediske (1,5 m - 7,5 m per stk.).

Uniscrap A/S og Rødovre Jern og Metal modtager kommercielle og industrielle køleanlæg fra Affaldsregion Nord. Se kapitlet Affaldsregion Nord - Uniscrap og Rødovre Jern og Metal for en nærmere beskrivelse af behandlingsmetoden. Antallet af modtagne anlæg kan ikke specificeres, idet de indgår som en del af kølemøbler fra husholdninger.

5.3 Mobile køleanlæg

5.3.1 Kølebiler

Der sker ingen organiseret behandling af kølebiler i Danmark. Behandlingen afhænger af konditionen af kølebilen. Trafikskadede kølecontainere ender som oftest på losseplads efter at de er blevet neddelt. Størstedelen af de kasserede kølecontainere sælges til udlandet.

5.3.2 Skibscontainere

Der behandles stort set ingen isolerede skibscontainere i Danmark.

5.4 Fjernvarmerør

Freonfri Prærørsgenbrug Aps er en af de eneste virksomheder, der behandler PUR-skum fra præisolerede fjernvarmerør. Behandlingen af præisolerede rør består i en separation af rørene i plast (PVC og HDPE), stål og PUR-skum. Der foretages en opslidsning af kapperørene. Rørene trykkes flade i en hydraulisk presse, hvorved plastkappe, rør og PUR-skum adskilles. Det fladtrykte rør skubbes ud af pressen og afklippes med en hydraulisk saks i mindre stykker. De adskilte dele sorteres og lægges i respektive containere. Anlægget er tilsluttet en udsugningsventilator, der sikrer, at den udpresede mængde CFC-gas og støv behandles i et forfilter og to aktive kulfiltre /19/. PUR-skummet sendes til forbrænding hos KARA, I/S Kommunerne Affaldsbehandlingsanlæg i Roskilde Amt.

Freonfri Prærørsgenbrug har siden 1999 modtaget 7 km fjernvarmerør i forskellige størrelser. De modtagne rør er ikke alle af ældre dato og Freonfri Prærørsgenbrug /19/ estimerer at 1,2 km af disse var CFC-holdige.

H. J. Hansen behandler også præ-isolerede fjernvarmerør i deres shredder-anlæg i Odense. Inden neddelingen klippes de præisolerede rør i mindre stykker med en næbsaks. Shredder-affaldet separeres i plast (PVC og HDPE), stål og PUR-skum. Skummet sendes enten til deponi (Odense Nord) eller til forbrænding på Fynsværket.

Uniscrap og andre skrothandlere modtager ligeledes fjernvarmerør, der neddeles i shredder-anlæg. De neddelte dele separeres i plast, metal og skum. Metallet genbruges, hvorimod plast og skum sendes på deponi.

H. J. Hansen og Uniscrap har ikke nogen opgørelse over hvor mange km fjernvarmerør de har behandlet i deres shredder-anlæg.

Der er ingen særregler for affaldshåndtering af andre CFC-holdige produkter end kølemøbler. Affaldshåndteringen af CFC-holdigt skum er reguleret via de generelle regler i affaldsbekendtgørelsen. Den eneste lovgivning der fastsætter regler for håndteringen af brugte fjernvarmerør er Cirkulære om kommunale regulativer om forbrændingsegnet affald af 21. juni 1995. Heri fastsættes et forbud mod deponering af brændbart affald.

En betydelig del af de kasserede fjernvarmerør efterlades i jorden. Odense Kommunale Fjernvarmeforsyning vurderer at ca. 30 % af de kasserede ledninger i fjernvarmenettet i Odense bliver gravet op i forbindelse med etablering af nye ledninger. Andelen er lav pga. de ekstra omkostninger i forbindelse med håndtering af den forurenede jord (Jordforureningsloven, Lov nr. 370 af 02/06/1999) ved opgravning af fjernvarmeledningerne.

De danske fjernvarmeværker (/15, 16, 25, 31, 36, 48, 76, 79, 80/) vurderer at størstedelen af de fjernvarmerør, der er blevet udskiftet er betonkasser og meget få er præisolerede rør.

5.5 Porte og døre

To af Danmarks største port-leverandører, Faltec Porte og Nassau Door, sender deres kasserede porte til behandling hos H.J. Hansen. De kasserede porte behandles i et shredder-anlæg, hvor portene neddeles til mindre dele.

Metaldelene, hovedsageligt aluminium, frasorteres og den resterende del sendes til forbrænding i Holstebro.

Derudover vurderes det sandsynligt, at kasserede porte- og døre medgår som byggeaffald i forbindelse med nedrivningsopgaver.

Mængden af kasserede porte der behandles i det danske affaldsbehandlingssystem p.t. er meget begrænset. H.J. Hansen skønner, at de årligt modtager ca. 300-500 tons porte, hvoraf 45 % er skum svarende til 15-25 tons CFC-11 pr. år.

5.6 Konstruktionsskum

Konstruktionsskum stammer bl.a. fra biler, både, campingvogne, vindmøllevinger og surfbrætter. Konstruktionsskum fra biler, campingvogne og vindmøllevinger ender alt sammen på deponi. Dog er det muligt at en mindre mængde forbrændes via storskraldsordninger for husholdninger, f.eks. surfbrætter.

Konstruktionsskum fra kasserede biler behandles på shredder-anlæg hos skrothandlere overalt i Danmark. Jernet og metallet genbruges, hvorimod skummet deponeres på forskellige lossepladser, f.eks. KARA og AV Miljø.

Campingvogne sendes bl.a. til AV Miljø, hvor de ligeledes neddeles i shredder-anlæg. Efterfølgende placeres det neddelte materiale på deponi.

Vindmøllevinger bliver, som de andre produkter indeholdende konstruktionsskum, sendt på deponi efter endt levetid.

Der er umiddelbart ikke muligt at vurdere den modtagne mængden konstruktionsskum der er behandlet i det danske affaldsbehandlingssystem.

5.7 Byggematerialer

CFC-11 skum i byggematerialer er undersøgt under et. Dette inkluderer bygningsisolering, fugeskum samt isoleringspaneler til kølerum.

I Danmark bliver der årligt håndteret ca. tre millioner tons byggeaffald.

I 1995 blev der udstedt et cirkulære (Cirkulære nr. 94 af 21/6/1995) om kommunale regulativer om sortering af bygge- og anlægsaffald med henblik på genanvendelse. Cirkulæret fastlægger at ved nedbrydningsarbejder, der involverer mere end 1 ton bygge- og anlægsaffald, skal affaldet kildesorteres i rene fraktioner, således at f.eks. tegl og beton holdes adskilt. I henhold til dette cirkulære sker der ikke nogen speciel sortering af skum fra byggeaffaldet.

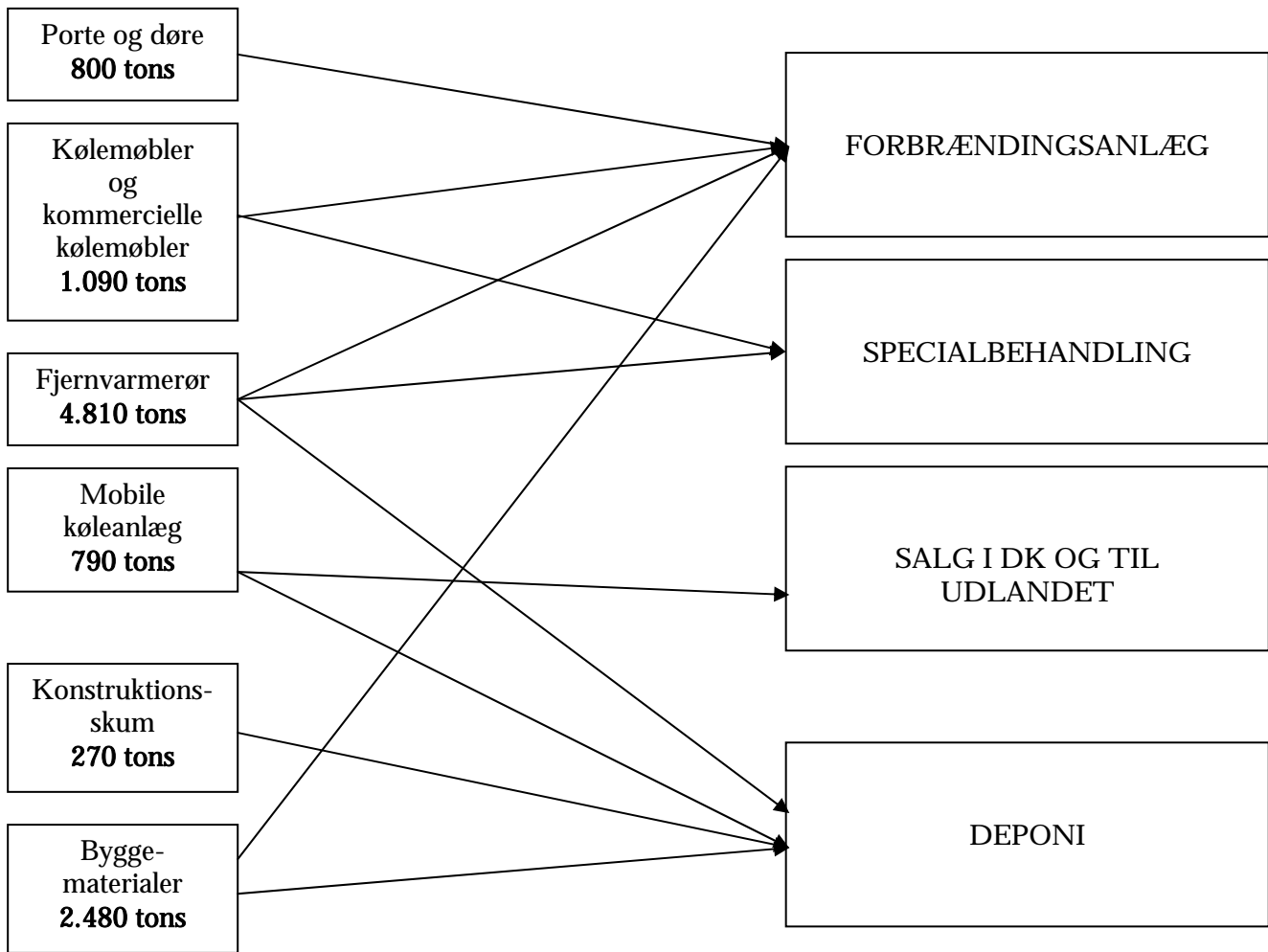
RGS90, der samlet håndterer ca. 600.000 tons byggeaffald årligt, kildesorterer affaldet iht. cirkulæret. Hvis skummet hænger fast på brændbart affald, bliver affaldet forbrændt, og hvis skummet hænger fast på deponiaffald, kommer der på deponi.

Nedbrydningsfirmaet Karsten Rasmussen A/S kildesorterer årligt 1.000.000 tons byggeaffald og sender skummet på deponi. Firmaerne Villy C. Petersen A/S og Brandis A/S foretager ligeledes kildesortering af byggeaffaldet.

AV Miljø har bekræftet, at de modtager blandet shredder-affald, der kan indeholde skum fra byggeaffald.

5.8 Det danske behandlingssystem for CFC-affald

I nedenstående figur fremgår det hvorledes produkter indeholdende CFC behandles i det danske affaldsbehandlingssystem.



Figur 5.1. Behandlingen i det danske affaldsbehandlingssystem af det affald, der indeholder CFC

En stor del af affaldet ender på de danske deponier. Dette gælder for affaldsgrupperne: konstruktionsskum, byggematerialer (ikke brændbare byggematerialer), mobile køleanlæg (trafikskadede kølebiler) samt fjernvarmerør.

6 Vurdering

6.1 Indsamlingspotentialer

Som det fremgår af Tabel 2.1 er den samlede mængde CFC, der er forbrugt i forbindelse med fremstillingen af produkter solgt i Danmark eller indført til Danmark via import, ca. 13.300 tons CFC.

Efter tab samt modregning af produkter som allerede skønnes at være bortskaffet er den samlede mængde CFC, der skal behandles i det danske affaldsbehandlingssystem beregnet til ca. 9.670 tons, jf. Tabel 2.1 og af Figur 2.15.

Dette betyder at der er et stort potentiale for indsamling og behandling af CFC-holdige produkter i det danske affaldsbehandlingssystem. Hvorledes dette indsamlingspotentialer er, afhænger af eksisterende behandlingsmetoder for de enkelte produktkategorier. I det følgende gennemgås de enkeltvis.

6.1.1 Kølemøbler

Stort set alle kølemøbler indsamles via det danske affaldsindsamlingsssystem. De indsamlede kølemøbler behandles på anlæg i Danmark eller på det beskrevne tyske anlæg.

Det anbefales, at lade ordningen fortsætte indtil 2014, hvor det forudsættes, at alle kølemøbler indeholdende CFC-11 er blevet bortskaffet.

Ved håndtering af skumisoleringspladerne før destruktion, sker der ofte en forudgående shreddning, hvorefter de neddelte skumstykker føres ind i en forbrændingsovn. Flere undersøgelser, /23/, /35/, og /11/, har dog vist at store mængder CFC-11 frigives til atmosfæren, når skummet neddeles til meget små stykker med mindre der sker en opsamling.

Det anbefales derfor at en undersøgelse iværksættes for at undersøge forholdene nærmere ved neddeling af PUR-skum i danske shredder-anlæg, herunder også en kvantificering af CFC-indholdet (vægt%) i PUR-skum, da der er relativ stor uoverensstemmelse mellem de forskellige kilder.

6.1.2 Kommercielle og industrielle kølemøbler

Der er i dag ingen lovgivning, der kræver at kommercielle og industrielle kølemøbler indsamles og behandles. Enkelte detailkølemøbler afleveres til behandling hos Dansk Genvinding og hos Affaldsregion Nord.

Det anbefales derfor, at detailkølemøbler indsamles og behandles på tilsvarende vis som kølemøbler fra husholdninger.

6.1.3 Mobile køleanlæg

Mængden af CFC11 anvendt til fremstilling af kølebiler og skibscontainere er blevet opgjort til ca. 960 tons. Dette svarer til knap ca. 10 % af den samlede mængde installeret CFC-11 i produkter i Danmark.

Brugte kølebiler og containere sælges som hovedregel til udlandet før de er kassable, hvorfor produkterne kun med en lille sandsynlighed vil ende i det danske affaldsbehandlingssystem. Det anses derfor ikke for relevant at iværksætte indsamling og behandling af kasserede mobile køleanlæg i Danmark.

6.1.4 Fjernvarmerør

Fjernvarmerør giver det største enkeltbidrag af CFC-11 til det danske affaldsbehandlingssystem.

Mængden er blevet estimeret til 4.810 tons (CFC-11, CFC-113) over en årrække på næsten 50 år med en maksimal mængde på 270 tons/år i 2018.

Det anbefales at igangsætte indsamling og behandling af kasserede fjernvarmerør. I forbindelse med forbehandlingen, dvs. adskillelse af skummet fra plasten og metallet bør der stilles krav til opsamlingen af CFC-11 under shredder-processen. Undersøgelsen viser, at store mængder CFC-11 frigives til atmosfæren hvis skummet neddeles til små stykker uden forudgående opsamling /11, 23, 35/.

PUR-skummet kan behandles på de danske affaldsforbrændingsanlæg.

6.1.5 Porte og døre

Mængden af CFC-11 der er indeholdt i porte og døre, der skal behandles i det danske affaldsbehandlingssystem er opgjort til 800 tons CFC-11.

Skummet fra aluminiumsporte, der behandles på H.J. Hansens shredder-anlæg i Jylland, sendes til forbrænding i Holstebro efter neddelingen af porten. Dvs. portene behandles allerede i dag uden nogen former for krav fra myndighederne pga. det værdifulde metal.

Det anbefales derfor, at indsamlingen og behandlingen sættes i system. Samtidig skal der sættes krav til opsamlingen af CFC-11 i forbindelse med neddelingen. Det neddelte PUR-skum kan behandles på de danske forbrændingsanlæg.

6.1.6 Konstruktionsskum

Konstruktionsskum der stammer bl.a. fra biler, både, campingvogne, vindmøllevinger og surfbrætter ender stort set alt sammen på deponi.

Mængden der skal behandles i det danske affaldsbehandlingssystem er opgjort til 270 tons. Mængden stammer fra en meget bred vifte af produkttyper og det kan derfor ikke anbefales at begynde indsamling af disse produkttyper.

6.1.7 Byggematerialer

CFC-11 skum i byggematerialer er undersøgt under et hele. Dette inkluderer bygningsisolering, fugeskum samt isoleringspaneler til kølerum.

Mængden der forventes at skulle behandles i det danske affaldsbehandlingssystem er opgjort til 2.480 tons, dvs. en meget stor mængde. Affaldet stammer fra mange forskellige produktgrupper.

Der håndteres på årsbasis ca. 3 millioner tons byggeaffald, hvorfor PUR-skummet kun udgør en meget lille del af denne mængde.

Det kan ikke anbefales at iværksætte indsamling af skum, der anvendt til fuger, idet dette kræver uforholdsmæssige store ressourcer til separering fra de øvrige byggematerialer.

Det kan derimod anbefales at der i forbindelse med nedrivningsopgaver overvejes om der bør stilles krav til fraseparering af isoleringspaneler og bygningsisolering. Isoleringspanelerne kan nedtages som hele stykker og afleveres til behandling på de danske forbrændingsanlæg.

6.2 Forslag til indsamling og behandling af CFC-affald

Ud fra de indsamlede oplysninger foreslås det at foretage en nærmere vurdering og evt. igangsættes en tvungen indsamling og behandling af følgende produkter:

- Kommercielle kølemøbler. Det foreslås at industrielle og kommercielle kølemøbler indsamles og behandles på tilsvarende måde som kølemøbler fra husholdninger. Da ordningen for kølemøbler fra husholdninger foregår tilfredsstillende og da der allerede indsamles (Affaldsregion Nord) og behandles (Uniscrap og Rødovre Jern og Metal)industrielle og kommercielle kølemøbler, foreslås ordningen for husholdningskølemøbler udvidet til også at gælde kølemøbler.
- Fjernvarmerør. Idet fjernvarmerør udgør den største enkeltgruppe med CFC-11 foreslås det at igangsætte indsamling og behandling af kasserede præisolerede fjernvarmerør. I den forbindelse skal det overvejes, hvorvidt nedgravede (kasserede) fjernvarmerør også skal opgraves og affaldsbehandles idet det vil være en væsentlig økonomisk udgift for kommunerne, bl.a. fordi opgravning samtidig kan udløse et krav om rensning af evt. forurennet jord.
- Isoleringspaneler mv. i byggeaffald. Det anbefales at det vurderes om der skal fastsættes regler for udsortering af CFC-holdige isoleringspaneler eller CFC-holdig bygningsisolering ved nedrivningsarbejder. Isoleringspanelerne kan nedtages som hele stykker og afleveres til behandling på de danske forbrændingsanlæg. Vurdering bør omfatte økonomiske og arbejdsmiljømæssige aspekter.

Det anbefales, at der gennemføres undersøgelser af de faktiske mængder CFC, især i fjernvarmerør, fordi erfaringen viser store forskelle mellem den beregnede og det faktiske indhold.

I forbindelse med håndtering og behandling af det CFC-holdige PUR skum er den eksisterende dokumentation for CFC-opsamlingen fra danske og tyske anlæg ikke uddybende. En nærmere vurdering af de enkelte behandlingsanlægs præstationer mht. CFC-opsamling anses som en forudsætning før nogle anlæg kan udpeges som primære behandlingsanlæg for CFC-affald.

7 Referencer

- 1 Affaldsregion Nord, telefonsamtale med Niels Bo Jørgensen, april 2002.
- 2 Ahling, Bengt; Gromulski, Jacek; "Effektivitetsprøvnin g af ungnar med hjælp av freon TF"
Institut för Vatten- och Luftvårdsforskning, B 546, Stockholm 1980
- 3 AV Miljø, telefonsamtale med Marcus Müller, april 2002.
- 4 AVV genbrugscenter og forbrændingsanlæg, Torben Nørgård, marts 2002.
- 5 Bagla, Aarti, V.; Petrosyan, Astine; Khan, Arslan, A.; Wong, Alfred, Y.; "Destruction of Freons using an Electrodeless Plasma Torch";
Division of Environmental Chemistry Preprint of Extended Abstracts; 40(2) August 2000.
- 6 Bekendtgørelse om anvendelse af driv- og opløsningsmidler i aerosolbeholdere, Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 571 af 29. november 1984.
- 7 Bekendtgørelse om forbud mod anvendelse af visse chlorfluorcarboner, Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 28 af 19. Januar 1990.
- 8 Brandis, telefonsamtale med Lars Sørensen, april 2002.
- 9 CFC-forbrugsmønster i Danmark, Miljøprojekt nr. 92, Miljøstyrelsen (1988)
- 10 Danmarks statistiks udenrigshandel og produktionsstatistik 1980-1987 (varegruppe 8415 køleskabe, fryser e mv.
- 11 Dansk Camping Union, telefonsamtale med Stefan Rosendal, april 2002.
- 12 Dansk Genvinding, Tom Ellegaard, marts 2002.
- 13 Derby, telefonsamtale med Henning Christensen, april 2002.
- 14 Eco-Logic Inc. "Process Chemistry and System Components" on internet www.ecologic.ca, 2002.
- 15 Energigruppen Jylland, telefonsamtale med Carl Einar Møller, april 2002.
- 16 Esbjerg Kommune, Forsyningen, telefonsamtale med Erik Pedersen, april 2002.
- 17 Faltec Porte, telefonsamtale med John Thor Straden og Brun Andersen, april/maj 2002.
- 18 Farrel, Molly: "CFC's and PCB's - Recovering Hard to Handle Waste Streams"
BioCycle, October 1996, 43 -45.
- 19 Freonfri Prærørsgenbrug, telefonsamtale med Jørgen Frederiksen, marts 2002.
- 20 Fyns Jern og Metal, telefonsamtale, april 2002.
- 21 Fynsværket, telefonsamtale med Erik Hedendahl, marts 2002.
- 22 Golomb, Dan; Barry, Eugene, F.; Lien, W.F.; "Complete and Safe Incineration of CFC-11 Containing Polyurethane Foam";
Air and Waste Management Association; 87th Annual Meeting and Exhibition Cincinnati, Ohio, June 19-24, 1994; 94-WA85.03, 1-10.
- 23 Hansen, H.J. Telefonsamtale med Klaus Jepsen og Charlotte Sommer, marts 2002.
- 24 HL Kølevogne, Telefonsamtale med Ole Moust, april 2002.
- 25 Høje Taastrup Fjernvarme, telefonsamtale med Jørgen Jensen, april 2002.
- 26 I/S Fællesforbrænding Affaldsvarmeværket, telefonsamtale med Benny Eriksen, marts 2002.
- 27 I/S Refa Center for specialaffald, marts 2002.

- 28 Kjeldsen, Peter, E&R, DTU, telefonsamtale, maj 2002.
- 29 Kjeldsen, Peter og Jensen, Morten Hjort; "Release of CFC-11 from Disposal of Polyurethane Foam Waste"; Environ Sci. Technol. 2001, 35, 3055-3063
- 30 Kjeldsen, P. & Scheutz, C.; "Determination of the fraction of blowing agent released from refrigerator/freezer foam after decommissioning the product", Environmental Science and Technology, 2002, not published yet.
- 31 Kolding Områdets Energiselskab, telefonsamtale med Anita Schultz, april 2002.
- 32 Kryder, G.; Springsteen, B. "Experimental Investigation of PIC Formation During CFC Incineration" EPA/600/SR-96/007, March 1996
- 33 Kumaran, S.S.; Lim, K.P.; Michael, J.V.; Wagner, A.F. " Thermal Decomposition of CF_2Cl_2 " J. Phys Chem. 1995, 99, 8673-8680
- 34 Kumaran, S.S.; Su, M.C.; Lim, K.P.; Michael, J.V.; Wagner, A.F. " Thermal Decomposition of $CFCl_3$ " J. Phys. Chem. 1996, 100, 7533-7540
- 35 Kümmling, Berth; personlig kommunikation, Juni 2002.
- 36 Københavns Energi, Varmeforsyningens Rørplads, telefonsamtale med Steen Breenborg, april 2002.
- 37 Larsen, Birgitte; "Miljøvurdering af bortskaffelsen af præisolerede fjernvarmerør", Freonfri Prærørsgenbrug Aps., Marts 1999.
- 38 LM Glasfiber A/S, telefonsamtale med Helle Rasmussen, april 2002.
- 39 Logstor, oplysninger om forbrug af CFC-11 til produktion af fjernvarmerør 1960-1992, maj 2002.
- 40 Mathiesen, Johannes: Personlig kommunikation.
- 41 Miljøstyrelsen, "Destruktion af CFC ved forbrænding af køleskabe og fryser" Arbejdsrapport nr. 17, 1992;
- 42 Miljøstyrelsen, "Anlæg til forbehandling af husholdningskøleskabe og fryser inden forbrænding" Arbejdsrapport nr. 56, 1996;
- 43 Nakamura, K.; Minami, H.; Weber, R.; Takasuga, T.; Sakai, S. "Destruction of Chloroflourocarbons (CFC's) in Minicipal Solid Waste (MSW) Incineration Plants and Behavior of Organohalogen Compounds" Organohalogen Compounds 40, 1999, 559-562
- 44 Nassau Door, telefonsamtale med Hans Henrik Rasmussen og Niels Jensen, april/maj 2002.
- 45 Nordforbrænding, Maria Poulsen, marts 2002.
- 46 Norfig, telefonsamtale med afdelinger i Padborg og Hvam, april 2002.
- 47 Obernosterer, R.; Brunner, P.H. "Baurestmassen als Zukünftige Hauptquelle für FCKW in der Abfallwirtschaft" Müll und Abfall 2, 1997, 89-95.
- 48 Odense Kommunale Fjernvarmeforsyning, telefonsamtale med Jakob Rasmussen, april 2002.
- 49 Ozonlagsnedbrydende stoffer – forbrug i 1987-1989, Miljøprojekt nr. 170, Miljøstyrelsen (1991)
- 50 Ozonlagsnedbrydende stoffer – forbrug i 1990, Miljøprojekt nr. 190, Miljøstyrelsen (1992)
- 51 Ozonlagsnedbrydende stoffer - forbrug i 1991, Miljøprojekt nr. 201, Miljøstyrelsen (1992)

- 52 Ozonlagsnedbrydende stoffer – forbrug i 1992, Miljøprojekt nr. 246, Miljøstyrelsen (1993)
- 53 Ozonlagsnedbrydende stoffer – forbrug i 1993, Miljøprojekt nr. 261, Miljøstyrelsen (1994)
- 54 Ozonlagsnedbrydende stoffer og HFC forbrug i 1994, Miljøprojekt nr. 302, Miljøstyrelsen (1995)
- 55 Petersen, Villy C., telefonsamtale med Frank Petersen, april 2002.
- 56 Petersen, Wolfgang; " Undersøgelse af gennemsnitlig restindhold af R-11 i PUR-isoleringsiskum i brugte kølemøbler til genbrug" Rapport nr. 990912-B; UNA GmbH, Schenefeld 1999
- 57 Rasmussen, Karsten, telefonsamtale med Birgitte, april 2002.
- 58 R98, telefonsamtale med Jens Borregård og Kenneth Petersen, marts 2002.
- 59 REN SCAN, telefonsamtale med Thomas W. Jensen, marts 2002.
- 60 Reno Nord, telefonsamtale med Thomas Lyngholm, marts 2002.
- 61 Reno Vest, telefonsamtale med Karina Nørgård, marts 2002.
- 62 Rittmeyer, C.; Kaese, P.; Vehlow, J.; Vilöhr, W.; " Decomposition of Organohalogen Compounds in Municipal Solid Waste Incineration Plants. Part II: Co-combustion of CFC Containing Polyurethane Foams"; Chemosphere, vol 28, No. 8, pp 1455-1465, 1994.
- 63 Rødkærbro Produkthandel, telefonsamtale med Jens Christian Lausen, april 2002.
- 64 Rødovre Jern og Metal, telefonsamtale med Claus Jørgensen, april 2002.
- 65 Ryan, Jeffrey V.; Lee, C.W.; Korn, Steven; "Organic Emissions from Pilot-Scale Incinerations of CFCs" EPA/600/A-94/008, 1993
- 66 Sakai, S.; Hiraoka, M.; Shiozaki, K.; "Thermal Behavior of Chlorofluorocarbons (CFC's) and Formation of PCDDs/PCDFs & PFDDs/PFDFs" Organohalogen Compounds Vol. 23, 1995
- 67 Scheutz, Charlotte & Kjeldsen, Peter; "Determination of the fraction of blowing agent released from refrigerator/freezer foam after decommissioning the product" Environment and Resources DTU, Technical University of Denmark; April 2002.
- 68 Spiess, Franz-Josef; Chen, Ciao; Brock; Stephanie,L.; Suib, Steven L.; Hayashi, Yuji; Matsumoto, Hiroshige; " Destruction of Freons By the Use of High-Voltage Glow Plasmas" J. Phys. Chem. A 2000, 104, 11111- 11120
- 69 Sutoh, K; Sakae, K.; Hirose, T.; Takahashi, H.; Miyakoshi, T.; "Investigation into the Disposal of CFC's in a Cement Kiln" ZGK International, 10, 1996.
- 70 Tectrade A/S, telefonsamtale med Helle Briel og Erik Larsen, april/maj 2002.
- 71 Tokuhashi, Kazuaki; Urano, Youkichi; Horiguchi, Sadashige; Kondo, Shigeo; " Incineration of CFC-12 by Burner Methods" Combust. Sci. and Tech. Vol. 72, pp. 117-129
- 72 Tösse, Thor, " Recycling af køleskabe" Særtryk fra Plast Panorama 2, 1994,
- 73 Undersøgelse af ydelsesdata til genvinding af CFC R-12 fra kølekredsløb samt R-11 fra isoleringsiskum i anlægget på basis af udvalgte input- og output-parametre samt emissionsmålinger på relevante dele af anlægget, Rapport nr. 990927-B, REN SCAN 1999.
- 74 Uniscrap A/S, telefonsamtale med Michael Larsen og Mogens Møller Hansen, april 2002.
- 75 Vestas, telefonsamtale med Tina Petersen, maj 2002.

- 76 Vestforsyning Holstebro, telefonsamtale med Vibeke Givskov, april 2002.
- 77 Wang, H. Paul; Liao, S.H.; Lin, Kuen Song; Huang, Y.J.; Wang, H. C.; "Pyrolysis of PU/CFCs Wastes" ;
Journal of Hazardous Materials 58 (1998) 221-226
- 78 Waterland, Larry, R.; Venkatesh, Shyam; "Measured Dioxin Emission from a Pilot-Scale Rotary Kiln Incinerator"
Air and Waste Management Association; 87th Annual Meeting and Exhibition Cincinnati, Ohio, June 19-24, 1994; 94-WA85.04, 1-9.
- 79 Ålborg Kommunes Fjernvarmeforsyning, telefonsamtale med Børge Jensen, april 2002.
- 80 Århus Kommunale Værker, telefonsamtale med Carsten Randrup og Jens Skov, april 2002.
- 81 Århus Nord Kraftvarmeanlæg, marts 2002.
- 82 Personlig kommunikation; Jørgen Damgaard, Dansk Genvinding A/S, 2002-07-03

Beregning af den installerede CFC- mængde

Alle de opgivne mængder er i tons.

Kølemøbler

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
CFC-11															
Isoleringsskum i køleskabe og frysere	535	587	665	665	574	887	850	780	715	650	775	650	800	390	37
Tab ved produktion - 2,5%	522	573	649	649	560	865	829	761	697	634	756	634	780	380	36
Netto efter eksport	104	115	130	130	112	173	166	152	139	127	151	127	156	76	7
Import	30	22	25	34	44	35	28	28	57	53	49	50	35	12	2
Installeret mængde	134	137	155	164	156	208	194	180	196	180	200	177	191	88	9
Akkumulwret mængde	134	271	426	589	745	953	1147	1327	1524	1703	1903	2080	2271	2359	2368
Installerede enheder, 1000 stk	277	278	278	277	303	361	289	267	357	355	345	333	354	174	22

Fjernvarmerør

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Logstor	0.3	0.3	0.4	0.6	0.7	1.3	6.7	10	23	23	37	60	60	53	57	60	63	68	73	113
Freonfri Prærør	-	-	32	16	16	16	16	16	16	32	16	48	48	48	128	160	160	160	160	160
Gennemsnit	0.1	0.2	16	8	8	9	11	13	20	28	26	54	54	51	92	110	112	114	117	137

CFC-11

	1960	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
Isoleringsskum i fjernvarmerør																				
Logstor	0.3	0.3	0.4	0.6	0.7	1.3	6.7	10	23	23	37	60	60	53	57	60	63	68	73	113
Freonfri Prærør			32	16	16	16	16	16	16	32	16	48	48	48	128	160	160	160	160	160
Installeret mængde, gennemsnit	0.1	0.2	16	8	8	9	11	13	20	28	26	54	54	51	92	110	112	114	117	137
Akkumuleret mængde	0.1	0.3	17	25	33	42	53	66	86	113	140	194	248	298	391	501	612	727	843	980

CFC-11	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Isoleringsskum i fjernvarmerør	585	642	728	728	628	970	790	869	910	700	470	250	150	0
Tab ved produktion - 2,5 %	571	626	710	710	612	946	770	847	887	683	458	244	146	0
Netto efter eksport	285	313	355	355	306	473	385	424	444	341	229	122	73	0
Import	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Installeret mængde	285	313	355	355	306	473	385	424	444	341	229	122	73	0
Akkumuleret mængde	1265	1578	1933	2288	2594	3067	3452	3876	4319	4660	4890	5011	5085	5085

CFC-113	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Fjernvarmerør	22	24	27	27	23	36	30	30	30	30	35	40	2	0
Tab ved produktion - 2,5 %	21	23	26	26	23	35	29	29	29	29	34	39	2	0
Netto efter korr. for import/eksport	17	18	21	21	18	28	23	23	23	23	27	31	2	0
Installeret mængde	17	18	21	21	18	28	23	23	23	23	27	31	2	0
Akkumuleret mængde	17	35	56	77	95	123	147	170	193	217	244	275	277	277

Detailkølemøbler

CFC-11	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Skum i kølemøbler til detail	16	17	20	20	17	26	24	23	21	20	13	7	9	4	2
Tab ved produktion - 2,5 %	15	17	19	19	17	26	23	22	21	20	12	7	9	4	2
Netto efter korr. for import/eksport	27	30	34	34	29	45	41	39	36	34	22	12	15	7	3
Installeret mængde	27	30	34	34	29	45	41	39	36	34	22	12	15	7	3
Akkumuleret mængde	27	57	90	124	152	197	238	277	313	347	369	382	397	403	406

Isoleringspaneler

CFC-11	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Isoleringspaneler	118	130	147	147	127	196	181	170	160	150	96	54	66	29	12
Tab ved produktion - 2,5 %	115	127	144	144	124	191	176	166	156	146	94	53	64	28	11
Netto efter korr. for import/eksport	58	63	72	72	62	96	88	83	78	73	47	26	32	14	6
Installeret mængde	58	63	72	72	62	96	88	83	78	73	47	26	32	14	6
Akkumuleret mængde	58	121	193	265	327	422	510	593	671	745	791	818	850	864	870

Mobile køleanlæg

CFC-11	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Isoleringsiskum i mobile køleanlæg	87	95	108	108	93	144	132	125	117	110	70	40	48	21	9
Tab ved produktion - 2,5 %	85	93	105	105	91	140	129	122	115	107	69	39	47	21	8
Netto efter korr. for import/eksport	64	70	79	79	68	105	97	91	86	80	52	29	35	16	6
Installeret mængde	64	70	79	79	68	105	97	91	86	80	52	29	35	16	6
Akkumuleret mængde	64	133	212	291	359	465	561	653	739	819	871	900	935	950	957

Bygningsisolering

CFC-11	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Bygningsisolering	99	108	123	123	106	164	150	142	133	125	80	45	55	24	10
Tab ved produktion - 2,5 %	96	106	120	120	103	159	147	138	130	122	78	44	53	24	9
Netto efter korr. for import/eksport	96	106	120	120	103	159	147	138	130	122	78	44	53	24	9
Installeret mængde	96	106	120	120	103	159	147	138	130	122	78	44	53	24	9
Akkumuleret mængde	96	202	321	441	544	704	851	989	1119	1241	1319	1363	1416	1440	1449

Porte og døre

CFC-11	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Isoleringsiskum i porte og døre	87	95	108	108	93	144	132	125	117	110	70	40	48	21	9
Tab ved produktion - 2,5 %	85	93	105	105	91	140	129	122	115	107	69	39	47	21	8
Netto efter korr. for import/eksport	59	65	74	74	64	98	90	85	80	75	48	27	33	15	6
Installeret mængde	59	65	74	74	64	98	90	85	80	75	48	27	33	15	6
Akkumuleret mængde	59	124	198	272	335	434	524	609	689	764	813	840	872	887	893

Fugeskum

CFC-11	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Fugeskum	100	109	124	124	107	165	190	155	125	95	10	0	0	0	0
Tab ved produktion - 0 %															
Netto efter korr. for import/eksport	5	5	6	6	5	8	10	8	6	5	1	0	0	0	0
Installeret mængde	5	5	6	6	5	8	10	8	6	5	1	0	0	0	0
Akkumuleret mængde	5	10	17	23	28	36	46	54	60	65	65	65	65	65	65
CFC-12	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Fugeskum	326	358	405	405	350	540	470	460	450	435	155	0	0	0	0
Tab ved produktion - 0 %															
Netto efter korr. for import/eksport	16	18	20	20	17	27	24	23	23	22	8	0	0	0	0
Installeret mængde	16	18	20	20	17	27	24	23	23	22	8	0	0	0	0
Akkumuleret mængde	16	34	54	75	92	119	143	166	188	210	218	218	218	218	218

Konstruktionsskum

CFC-11	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Konstruktionsskum	80	87	99	99	86	132	120	115	110	100	35	45	45	15	5
Tab ved produktion - 2,5 %	78	85	97	97	83	129	117	112	107	98	34	44	44	15	5
Netto efter korr. for import/eksport	47	51	58	58	50	77	70	67	64	59	20	26	26	9	3
Installeret mængde	47	51	58	58	50	77	70	67	64	59	20	26	26	9	3
Akkumuleret mængde	47	98	156	214	264	341	411	478	543	601	622	648	674	683	686

Beregning af mængden af CFC i det danske affaldsbehandlingssystem

HCFC'er i affaldet

Indhold

HCFC'ER I AFFALDET	79
1.1 HCFC'ER I AFFALDET	79
1.2 HCFC-FORBRUGET	80
1.3 HCFC'ER I PRODUKTER I DANMARK	80
1.4 IMPORT AF HCFC-HOLDIGE PRODUKTER	81
2 SAMMENFATNING	82

1.1 HCFC'er i affaldet

HCFC'er blev introduceret i Danmark som et substitutionsstof for CFC'er. HCFC'er er også ozonlagsnedbrydende men med en lavere ODP-værdi end CFC'erne. De første HCFC'er der blev anvendt herhjemme var HCFC-22 som har været brugt siden ca. 1985. I 1991 blev HCFC-142b introduceret i fjernvarmerør og i 1993 blev også HCFC-141b introduceret i fjernvarmerør og senere til andre områder.

I nedenstående tabel 1 fremgår anvendelsesområder og ODP værdierne for de HCFC'er der anvendes i Danmark:

Tabel 1. HCFC'er der anvendes i Danmark

	HCFC-22	HCFC-141b	HCFC-142b
Skum	X	X	X
Kølemiddel	X		
ODP-værdi	0,055	0,11	0,065

HCFC'erne har været anvendt af kølebranchen som kølemiddel på eksisterende køleanlæg, hvor CFC'er tidligere blev påfyldt. Det er alene HCFC-22 der har været - og fortsat anvendes som kølemiddel. Desuden blev HCFC-22 brugt til opskumning, hovedsageligt som drivmiddel i fugeskum. Dette forbrug forekommer ikke længere.

HCFC-141b og HCFC-142b anvendes til opskumning af isoleringsskum eller i polyol-systemer som er halv-fabrikata til senere opskumningsproduktion.

1. januar 2002 er forbrug af HCFC'er til opskumning ikke længere tilladt i Danmarkⁱ.

Det er endvidere ikke tilladt at importere produkter som er opskummet med HCFC'er.

Det fremtidige forbrug af HCFC'er til opskumning er således udelukkende baseret på dispensation, hvilket kun er givet til enkelte producenter, der udelukkende eksporterer. Derfor produceres der ikke nye HCFC-holdige produkter som senere vil forekomme i det danske affald.

1.2 HCFC-forbruget

I nedenstående tabel fremgår det totale danske forbrug af HCFC'er til opskumning i perioden 1986-2001ⁱⁱ.

Tabel 1. Det samlede forbrug af HCFC'er til opskumningsformål fordelt på produkter, tons

	HCFC-22	HCFC-141b	HCFC-142b
Fjernvarmerør	187	461	194
Isoleringsskum i køle/fryseskabe	250	8	414
Fugeskum	1076	0	159
Andet isoleringsskum (bl.a i containere og systemer)	0	3209	150
Andet hårdt skum	0	425	0
SUM	1513	4103	917

Det samlede forbrug af HCFC-141b for hele perioden er 4.103 tons. Heraf er en væsentlig del blevet anvendt til opskumning af isoleringsskum i container-industrien og som komponent i polyol-systemer. Disse produkter eksporteres 100%. Det samlede forbrug af HCFC-22 for hele perioden er 1.513 tons, hvoraf hovedparten er anvendt i fugeskum, som har haft en stor eksportandel. Det samlede forbrug af HCFC-142b er 917 tons, hvor ca. halvdelen er blevet anvendt til isoleringsskum i danskproducerede køleskabe og frydere.

Det skønnes, at kun ca. 25%, svarende til ca. 1.000 tons af det samlede forbrug af HCFC-141b er indeholdt i produkter som på længere sigt vil blive til affald i Danmark.

Det skønnes ligeledes, at kun ca. 20-25% af det samlede forbrug af HCFC-22, svarende til ca. 345 tons, vil være installeret i produkter i Danmark.

For HCFC-142b skønnes det, at ca. 45% svarende til ca. 430 tons, er installeret i produkter i Danmark.

1.3 HCFC'er i produkter i Danmark

1.3.1 Fjernvarmerør

For fjernvarmerør antages det at ca. 50% er eksporteret. Ca. 230 tons HCFC-141b, ca. 100 tons HCFC-142b og ca. 95 tons HCFC-22 vurderes således at

være installeret i danske fjernvarmerør.

1.3.2 Køle/fryseskabe

For køleskabe og fryserne antages der at være en netto-eksport af køle/fryseskabe på 20%. Ca. 200 tons HCFC-22, ca. 330 tons HCFC-142b og ca. 6 tons HCFC-141b skønnes således at være installeret i køle/fryseskabe i Danmark.

1.3.3 Fugeskum

Det antages at 95% af fugeskum-produkter produceret i Danmark eksporteres. Det svarer til, at ca. 50 tons HCFC-22 og ca. 10 tons HCFC-142b skønnes installeret i Danmark og vil på sigt forekomme sammen med det øvrige bygge- og anlægsaffald.

1.4 Import af HCFC-holdige produkter

Det er ikke længere tilladt at importere produkter der indeholder HCFC'er i isoleringsskummet.

Der vurderes ikke at have været en betydende import af HCFC-holdige produkter (fjernvarmerør, køleskabe og fryserne, andet isoleringsskum).

Et groft skøn er at 100-200 tons er importeret i alt, primært i køle- og fryseskabe og isoleringspaneler/fugeskum.

Der er for nylig konstateret HCFC'er i isoleringsskummet i "amerikanske køleskabe" fra enkelte producenter, men importen blev ikke tilladt

2 Sammenfatning

Samlet vurderes der at være følgende potentielle mængder HCFC i det kommende affald.

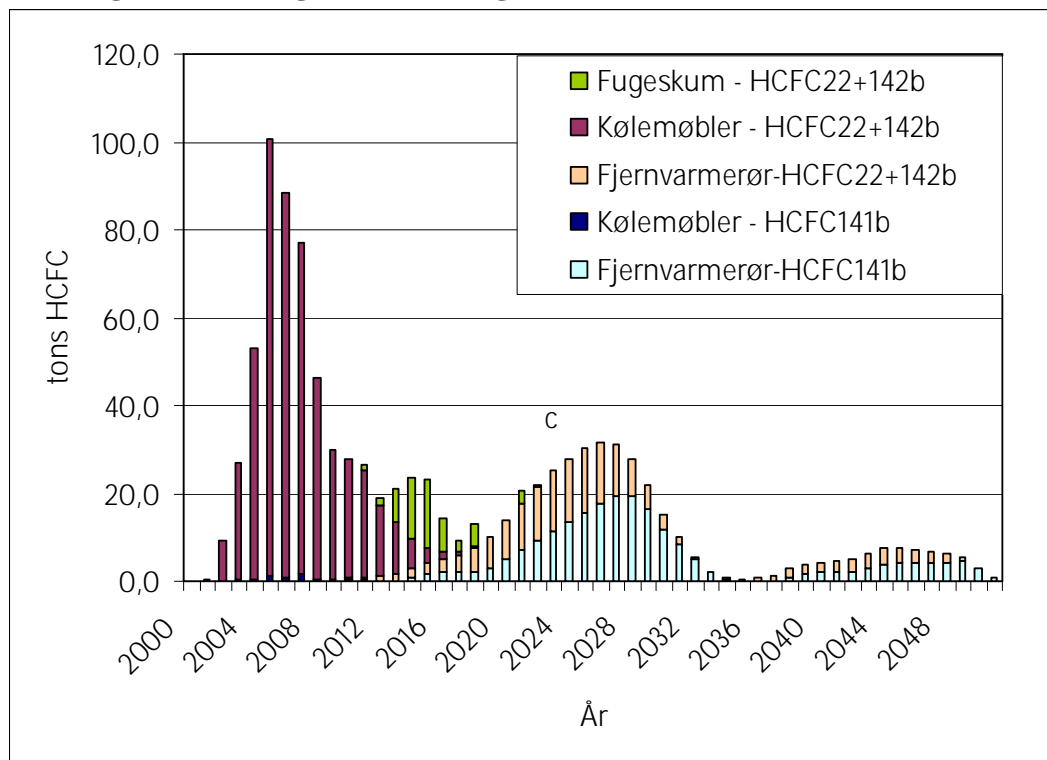
Tabel 2. Forbruget af HCFC i produkter der potentielt indgår i det fremtidige affald.

	Fjernvarmerør	Køle/fryseskabe	Fugemasse	Andet	I alt
HCFC-22	95	200	50	0	345
HCFC-141b	230	5	0	765	1000
HCFC-142b	100	330	10	0	440
I alt	425	535	60	765	

Af tabel 2 fremgår den installerede mængde HCFC'er i Danmark, som potentielt er indeholdt i forskellige skumprodukter. Kun en marginal del af HCFC'erne i køleskabe og fryserne, fjernvarmerør og fugemasse skønnes allerede at være bortskaffet.

I nedenstående figur 1 fremgår de fremtidige affaldsmængder for HCFC-holdigt isoleringsskum i køle-fryseskabe, fjernvarmerør og fugeskum. Figuren viser affaldsmængderne fordelt på HCFC-22, HCFC-141b og HCFC-142b. HCFC-22 og HCFC-142b er vist samlet da de har samme ODP-værdi.

Figur 1. Udviklingen i affaldsmængder med HCFC'er



Udviklingen i affaldsmængderne vurderes at være højest i perioden frem til 2010 og affaldsmængderne vurderes fuldstændig udfaset i 2051. Det er forudsat at alle fjernvarmerør opgraves med henblik på destruktion.

Forbruget af HCFC'er i Danmark 1986-2001

HCFC-22	1986	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	I alt
Fjernvarmerør	0	0	40	35	32	35	35	10	0	0	0	0	0	0	187
Fugeskum	30	30	160	290	326	160	50	30	0	0	0	0	0	0	1076
Køleskabe/frysere	0	0	0	5	5	85	75	50	10	0	0	20	0	0	250
HCFC-141b															
Fjernvarmerør	0	0	0	1	0	180	200	80	0	0	0	0	0	0	461
Andet isoleringsskum		0	0	i.o	i.o	30	100	210	330	440	480	447	539	633	3209
Køleskabe og frysere	0	0	0	0	0	3	0	5	0	0	0	0	0	0	8
Andet hårdt skum								100	110	145	70	0	0	0	425
HCFC-142b															
Fjernvarmerør	0	0	0	50	72	72	0	0	0	0	0	0	0	0	194
andet isoleringsskum		0	0	i.o	i.o	10	15	45	40	4	4	16	16	0	150
fugeskum		0	0	0	6	80	1	0	60	6	6	0	0	0	159
Køleskabe og frysere	0	0	0	0	0	123	97	120	60	7	7	0	0	0	414

	HCFC-22	HCFC-141b	HCFC-142b
Fjernvarmerør	187	461	194
Isoleringsskum i køle/fryseskabe	250	8	414
Fugeskum	1076	0	159
Andet isoleringsskum (bl.a i containere og systemer)	0	3209	150
Andet hårdt skum	0	425	0
SUM	1513	4103	917

Udviklingen i affaldsmængder 2000-2051 fordelt på stof og produktgrupper (HCFC-22 og HCFC-142b er sammenlagt da ODP-værdien er ens for begge stoffer)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Prærør-HCFC22+142b										0,2	0,4	0,5	0,9	1,4	2,0	2,4	2,9	3,8	5,2	7,0	8,8	10,6	12,3	13,6	14,2	14,4
Kølemøbler - HCFC22+142b	0,2	0,6	9,3	26,9	52,6	99,3	87,8	75,6	46,1	29,4	27,0	24,5	16,3	11,8	6,8	3,4	1,4	0,6	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fugeskum - HCFC22+142b												1,4	1,4	7,7	13,9	15,6	7,7	2,7	5,3	0,0	0,0	2,9	0,3	0,3	0,0	0,0
Prærør-HCFC141b															0,9	1,8	2,2	2,2	2,2	3,1	4,9	7,1	9,3	11,5	13,6	15,8
Kølemøbler - HCFC141b			0,1	0,3	0,6	1,3	0,8	1,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fugeskum - HCFC141b																										

	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
Prærør-HCFC22+142b	13,69	11,5	8,318	5,549	3,44	1,652	0,383	0,185	0,347	0,494	0,886	1,379	1,94	2,096	2,239	2,625	3,11	3,481	3,565	3,185	2,856	2,681	1,958	0,929	0	0
Kølemøbler - HCFC22+142b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fugeskum - HCFC22+142b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prærør-HCFC141b	17,75	19,52	19,52	16,37	11,9	8,426	5,153	2,059	0,374	0	0,005	0,005	0,837	1,761	2,127	2,128	2,124	2,945	3,857	4,216	4,209	4,203	4,184	4,585	2,993	0,907
Kølemøbler - HCFC141b																										
Fugeskum - HCFC141b																										

Referencer til bilag 3

ⁱ Bek. nr. 974 om forbud mod anvendelse af visse ozonlagsnedbrydende stoffer, 16. september 1995

ⁱⁱ Div. Miljøprojekter om forbrug og emissioner af ozonlagsnedbrydende stoffer i Danmark for perioden 1992-2001, Miljøstyrelsens publikationsdatabase.