

1. Problemfelt	3
1.1 Problemformulering.....	7
1.2 Uddybning af problemformulering	7
2. Metode	8
2.1 Arbejdsproces	8
2.2 Projektdesign.....	9
2.3 Caseovervejelser	12
2.4 Case typer	12
2.5 Vores case.....	13
2.6 Praktiske grunde til case valg	14
2.7 Diskussion af case.....	15
2.8 Teori i projektet	16
2.9 Empiri i projektet.....	18
2.10 Sammenhæng mellem teori og empiri.....	19
3. Del 1: Indførsel i kølebranchen	22
3.1 Udviklingen i køling.....	22
3.2 De danske producenter	25
Atlas A/S.....	25
Gram A/S.....	26
Danmax.....	26
Vestfrost A/S	27
Elcold.....	27
Frigor A/S	27
3.3. Caravell A/S.....	28
3.3.1. Kort beskrivelse af Anders Brøndum ejerskabet	28
3.3.2. Caravell's historie.....	29
3.4 Miljøproblemer forbundet til branchen.....	32
3.4.1. Ozonlagsnedbrydning og –problematik	32
3.4.2 Regulering af ozonlagsnedbrydende stoffer.....	34
3.4.3. Regulering af drivhusgasser	37
3.5 Teknisk beskrivelse af en iscremefryser.....	38
4. Del 2: MEKA-skema	41
4.1 Metode i LCA.....	41
4.2 Metode i forenklet LCA.....	43
4.3 Gennemgang af MEKA-skema	44
4.3.1 Formål med miljøvurderingen	44
4.3.2 Valg af produkt og funktionel enhed.....	45
4.3.3 Afgrænsninger	47
4.3.4 Antagelser	49
4.3.5 Databehandling	51
4.3.6 Gennemgang af livsforløb.....	52

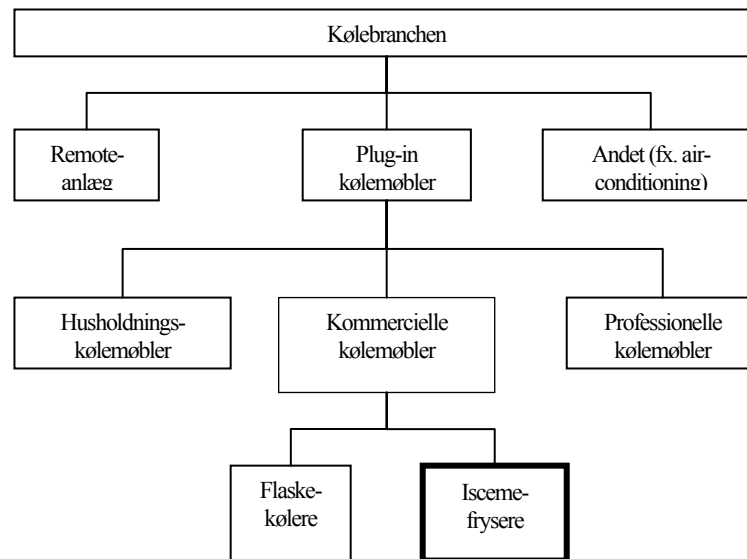
4.4 Resultater angivet i MEKA-skema	57
4.4.1 Materialer	57
4.4.2 Energi.....	59
4.4.3 Kemikalier.....	61
4.4.4 Andet.....	64
4.5 MEKA-skema	65
4.6 Opsamling på resultater i MEKA	67
4.6.1 Materialer	67
4.6.2 Energi.....	67
4.6.3 Kemikalievurdering	68
4.6.4 Andet.....	70
4.6.5 Samlet konklusion	70
4.7 Efterfølgende overvejelser	71
4.7.1 Problemer forbundet til elforbrug	71
4.7.2 Problemer forbundet til materialeforbrug.....	73
4.7.3 Problemer forbundet til brug af HFC-134a.....	74
4.8 Afrunding	75
5. Del 3: Barrierer og muligheder	76
5.1 Indledning til teori afsnit	76
5.1.1 Innovations begreber	76
5.1.2 Netværksteori	78
Aktører	79
Aktiviteter	79
Ressourcer.....	80
Netværk.....	81
5.1.3 Miljøinnovationer i netværk	82
5.2 Udvælgelse af tekniske løsninger	84
5.2.1 Kriterier	84
5.2.2 Valg af tekniske løsninger	85
Kriterier overfor kølemiddel.....	85
Kriterier overfor energi.....	86
Kriterier overfor kobber.....	87
Konkret teknisk beskrivelse af kølemiddel	88
Konkret teknisk beskrivelse energieffektivisering	90
5.3 Indledning til netværksanalyse	91
5.3.1 Netværket i forhold til kølemiddel	92
5.3.2 Forretningsnetværket for kølemiddel.....	94
5.3.3 Udviklingsnetværket for kølemiddel	97
5.3.4 Reguleringsnetværket for kølemiddel.....	99
5.3.5 Delkonklusion.....	99
5.3.6 Netværk i forhold til ny kompressor	99
5.3.7 Forretningsnetværket	101
5.3.8 Udviklingsnetværket.....	103
5.3.9 Reguleringsnetværket	103
5.3.10 Delkonklusion.....	104
6. Konklusion	105
7. Litteraturliste	106

1. Problemfelt

Det overordnede emne, vi har interesse for, har at gøre med hvorledes, det er muligt at forbedre produktionsprocesser og produkter, så deres belastning af det omgivende miljø formindskes. Dette er interessant, eftersom en stor del af verdens miljøproblemer i høj grad er forårsaget af menneskelig produktion eller brugen af produkterne. Der er forskellige måder, hvorpå der arbejdes for at mindske miljøbelastninger. Mest fremtræden på den internationale politiske agenda om miljø er sandsynligvis begrebet bæredygtig udvikling, som stammer fra Bundtland-kommissionens rapport fra 1987. Rapporten *"insisterede på, at der var behov for en ny udviklingsmodel, der satte velfærd og hensynet til natur og miljø øverst på dagsordenen"* og introducerede hertil begrebet bæredygtig udvikling, som betegnede den nye version om samspillet mellem menneske og natur [Agger et al., 2002 pp.16-17]. Begrebet har siden vundet stor gennemslagskraft i den offentlige debat og har haft stor indflydelse på den politiske dagsorden og satte fx afgørende præg på verdensstopmødet om miljø og udvikling, i Rio, 1992. Opfyldelsen af de overordnede mål med en bæredygtig udvikling, herunder en bæredygtig produktion, som ikke truer biosfæren/økosystemet og betingelserne for fremtidige generationer forudsætter ifølge Søndergård et al. *"en radikal omstilling af vores produktions- og forbrugsform"* [Søndergård et al., 1997, p. 293]. Målsætningen om en bæredygtig udvikling er svær at opfylde i praksis, hvorfor blandt andet Søndergård et al. vælger at fokusere på hvordan en produktion kan gøres renere. Renere produktion angår både produktionens tekniske og organisatoriske grundlag og knytter sig ikke kun til ændringer i produkt og produktionsprocesser, men også til ændrede råvareforbrug, substitution, recycling og ændrede forbrugsmønstre i forhold til produktet [Søndergård et al., 1997, pp. 295-296].

Vi valgte tidligt i projektføreløbet at tage udgangspunkt i en enkelt branche, nemlig køle-/frysebranchen, herefter kølebranchen. Branchen er interessant ud fra et renere produktions perspektiv, da den har været udsat for meget fokus på miljø siden især igennem de sidste 15 år, hvorfor der på nogle områder er sket betydelige omstillinger med henblik på at mindske

miljøpåvirkningen. Kølebranchen består imidlertid af en række temmelig forskelligartede producenter, hvorfor den med fordel kan underopdeles, hvilket vi har forsøgt i nedenstående figur.



Figur 1: Viser kølebranchen underopdelt efter forskellige typer af produkter.

Overordnet har vi delt branchen op i tre typer af produkter, selv om de på nogle punkter minder om hinanden. *Remote-anlæg* er den type køling der blandt andet benyttes i køle- og frysediske i supermarkeder til opbevaring af fødevarer. De er kendetegnet ved, at der er opstillet mindst et centralt køleanlæg, som driver alle de opstillede køle-/frysediske. Køleanlægget kan placeres i et stykke væk fra selve køle-/frysediskene, deraf navnet (remote). Disse anlæg produceres ofte specielt til den enkelte kunde og ud over selve produktionen af anlæg, er der også en omfattende delbranche, der tager sig af vedligeholdelse. *Plug-in* kølemøbler adskiller sig fra andre køleapparater ved at have et integreret køleanlæg og ved at de blot skal tilsluttes en stikkontakt. Det er den type de fleste husstande i Danmark har mindst ét af i form af enten et køleskab eller en fryser. Kategorien *andet* indeholder alle producenter af køl og frys, der ikke hører ind under de to ovenstående grupper. Det kan for eksempel være producenter af aircondition-anlæg, kølerum eller køling til industriprocesser etc. Selvom der også er omfattende miljøproblemer forbundet til brugen af remote-anlæg og sikkert også til produktion og brug af forskellige anlæg i kategorien andet, har

vi valgt at fokusere på plug-in kølemøbler i projektet.

Produktionen af plug-in kølemøbler kan yderligere opdeles i mindst tre undergrupper og inden for hver af disse kan desuden skelnes mellem produktion af henholdsvis køl og frys. *Professionelle* kølemøbler benyttes til at køle og fryse madvarer i storkøkkener, altså hovedsagelig i restauranter og kantiner. *Husholdnings* kølemøbler er for eksempel køleskabe og kummefrysere, der benyttes i de enkelte husstande. *Kommercielle* kølemøbler anvendes hovedsageligt på tankstationer og i kiosker til at køle læskedrikke og is. De er endvidere kendetegnet ved at have en gennemsigtig låge, så der er udsyn til indholdet, samt at være udsmykket med diverse reklamer for indholdet (fx Coca-Cola, Magnum, Carlsberg). Kommercielle køleskabe kaldes flaskekølere, da de hovedsageligt benyttes til at køle læskedrikke og øl, mens kommercielle frysere kaldes iscremefrysere, da disse overvejende benyttes til at fryse ispinde og isvafler.

Der er i alt 6 danske producenter af plug-in køle-/ frysemøbler, nemlig Caravell A/S, Frigor (A/S) (begge under samme ejerskab, Anders Brøndum A/S), Derby A/S og Gram (begge ejet af VT Holding), samt Vestfrost A/S og Elcold A/S. De nåede i 2000 en samlet produktion på mere end 1,5 mio. køle-/frysemøbler årligt (heraf er ca. 0,5 mio. kommercielle), hvoraf langt hovedparten, omkring 90%, eksporteres til hele verden [MST, 2000 c]. Det gør Danmark til en betydelig aktør på det internationale marked. De ovennævnte producenter fremstiller i størrelsesordenen 200.000-300.000 iscremebokse og omkring 100.000-200.000 flaskekølere om året. I Danmark er der opstillet ca. 70-75.000 iscremebokse og ca. 70.000 flaskekølere. De har en levetid på ca. 7 år, hvilket betyder at som tommelfingerregel tilføres det danske marked 10.000 nye enheder om året [MST, 2000 c; Interview, Pedersen, 2003].

Grunden til at der har været stor fokus på kølebranchen skyldes først og fremmest, at køleapparater først for alvor fra 1950'erne og frem til midten af 1990'erne benyttede ozonnedbrydende CFC-gasser, også kaldet freon, som køle- og opskumningsmidler [Meadows, 1992, p. 144]. Køleapparaterne lakkede i nogen udstrækning igennem hele dets livsforløb og specielt i bortskaffelsesfasen CFC til atmosfæren, som nedbryder ozonlaget og forårsager dannelsen af ozonhuller. Desuden har især husholdningsapparater været i fokus pga. af den samlet set kolossale mængde strøm, der bruges til at drive disse. Ifølge en handlingsplan udarbejdet af brancheorganisationen FEHA (Foreningen af

Fabrikanter og Importører af Elektriske Husholdningsapparater) og Teknologisk Institut i 2000 udgør energiforbruget af plug-in køle- og fryseapparater i Danmark, hvad der svarer til 3% af landets totale CO₂-emission [Miljøstyrelsen, 2000, p.13]. På husholdningsområdet går 22% af en gennemsnitlig husholdnings el-forbrug ligeledes til køling [Poulsen, 2000, p. 4]. Der har i EU været rettet en del fokus mod det store el-forbrug på husholdningssiden, hvor det første tvungne energimærke indførtes i 1995 [Jänicke et al., 1998, pp.11-12]. I løbet af 90'erne er der sket en udvikling af energieffektiviteten på husholdningskølemøbler, således at der i dag kan produceres og sælges køleskabe og frydere, som bruger under halvt så meget strøm som de gennemsnitlige apparater, der produceredes i 1990. En lignende udvikling for de kommercielle produkter er først nu ved at finde sted, dog stadig kun på forskningsstadiet og der findes som sådan ikke en egentlig produktion af disse produkter endnu [Pedersen, 2001, p.14]. I samarbejde med Teknologisk Institut har Coca-Cola og Vestfrost været med til at udvikle en ny flaskekøler med en ny kompressor udviklet af Danfoss Compressors, som sparer 40% af elforbruget i forhold til konventionelle flaskekølere. Ligeledes har Unilever og Caravell A/S i et tilsvarende projekt med Teknologisk Institut opnået en besparelse på 50% på en iscremefryser ved at indsætte samme kompressortype, som nævnt før og fordoble tykkelsen på glaslåget [Pedersen, 2001, p.15]. Disse store besparelser skyldes formentlig den hidtidige manglende udvikling af energioptimerende tiltag på produkterne, som i gennemsnit bruger cirka fem gange så meget el som tilsvarende husholdningsapparater [Interview Caravell, 2002]. Det er i denne sammenhæng værd at bemærke, at der hidtil ikke har været nogen form for national eller international regulering eller fokus på energiforbruget i de kommercielle apparater. Vi har valgt at koncentrere os om de kommercielle iscremefrysere. Dette skyldes, at det umiddelbart virkede som et område med stort potentiale for at gennemføre renere produktionstiltag, da de kommercielle produkter ikke har gennemgået den samme udvikling, som har fundet sted inden for husholdningsområdet.

Vi har valgt både at fokusere på hvilke miljøbelastninger, der er forbundet til iscremefryseren igennem dens livsforløb ved at foretage en miljøvurdering, samt at undersøge, hvilke forbedringspotentialer der er i forhold til disse belastninger og hvorfor disse ikke er gennemført. Grunden til at vi finder det relevant at foretage en miljøvurdering af en iscremefryser skyldes, at vi finder det nødvendigt at kunne referere til konkrete resultater i forhold til at finde relevante løsningsmuligheder. På nuværende tidspunkt er der ikke offentliggjort materiale, der dokumenterer miljøbelastningen knyttet til produktion, brug og bortskaffelse af en iscremefryser. Der refereres ofte til resultater fra UMIP-projektet fra 1996, hvor der blev

gennemført en livscyklusvurdering af et husholdningskøleskab (et køleskab produceret af Gram) udviklet i 1988 [UMIP, 1996]. Ligeledes er der udarbejdet en handlingsplan og en miljøvurdering(screening) af en typisk flaskekøler i 2000 [Miljøstyrelsen, 2000]. Vi mener, at det ikke gør vores interesse mindre relevant eller aktuel. Derimod har vi en mulighed for at trække på de erfaringer, der er gjort i forbindelse med tidligere miljøvurderinger.

1.1 Problemformulering

Hvilke væsentlige miljøbelastninger er forbundet til produktion, brug og bortskaffelse af produktet en iscremefryser og hvilke muligheder og barrierer er der for at minimere disse belastninger gennem ændringer i produktion og/eller produkt?

1.2 Uddybning af problemformulering

Vi har valgt at eksemplificere iscremefryseren ved en model 335 produceret af den danske virksomhed Caravell. For at identificere hvilke miljøbelastninger, der er knyttet til denne model, har vi valgt at foretage en miljøvurdering som indtænker produktets livsforløb, altså belastninger knyttet til hhv. materialevalg, produktion, brug og bortskaffelse. Resultatet af vurderingen vil danne grundlag for besvarelsen af anden halvdel af problemformulering. I forbindelse med at identificere muligheder og barrierer, der vil gøre sig gældende ved reducere af påpeget miljøbelastninger vil vi først på baggrund af nogle, af os opstillede, kriterier udvælge de mest hensigtsmæssige løsningsforslag. Derefter vil vi på baggrund af Caravells netværksrelationer i forhold til det enkelte forbedringstiltag undersøge, hvilke muligheder og hindringer der gør sig gældende ved en eventuel implementering af tillagene.

2. Metode

Overordnet er formålet med metodeafsnittet, at redegøre for hvordan vi gennem projektet vil belyse vores problemformulering, samt at explicitere hvilke overvejelser vi i denne sammenhæng har gjort os. Vi vil først redegøre for arbejdsprocessen og opstille de arbejdsspørgsmål og erkendelsesopgaver vi har set som nødvendige for at belyse problemformuleringen. Derefter vil vi opridse projektrapportens design, som en gennemgang af de enkelte kapitler. Det er i denne sammenhæng væsentligt at sondre mellem forskning og formidling, hvor beskrivelsen af arbejdsprocessen skal ses som en forklaring af forskningsprocessen, mens projektdesignet skal ses som en beskrivelse af, hvordan vi har valgt at formidle vores resultater. Dernæst vil vi redegøre for overvejelser omkring det at benytte en case og for valget af vores specifikke case. Efterfølgende vil vi diskutere og argumentere for de valgte teorier og den empiri vi har benyttet samt deres indbyrdes sammenhæng. Afslutningsvis diskuteres projektets pålidelighed og gyldighed i forhold til den øvrige metode.

2.1 Arbejdsproces

Nedenstående skema skal ses som et udtryk for projektets arbejdsproces.

Undersørgsmål	Erkendelsesopgaver	Konkrete spørgsmål	Metode
-	At opnå generel viden om, og orientering i genstandsfeltet.	Hvordan har den danske produktion af plug-in kølemøbler udviklet sig?	Historisk beskrivelse på baggrund af litteratur samt interview med Per H. Pedersen (ansat ved TI).
		Hvordan nedbryder CFC gasser ozonlaget?	Beskrivelse på baggrund af litteratur samt deltagelse i ozonseminar (afholdt af 92 gruppen, 2002).
		Hvordan er brugen af CFC gasser blevet reguleret?	
		Hvordan reguleres brugen af drivhusgasser?	Teknisk beskrivelse af iscremefryser på baggrund af litteratur
		Hvordan virker en iscremefryser?	Beskrivelse af Caravell på baggrund af besøg på virksomheden, interview med Palle Lengsholm (fabrikschef) samt litteratur.
		Hvilken type virksomhed er Caravell og hvordan har den udviklet sig?	

Hvilke væsentlige miljøbelastninger er forbundet til produktion, brug og bortskaffelse af produktet en iscremefryser?	At fremsætte kriterier for ”væsentlige miljøproblemer”	Hvordan kan forskellige miljøbelastninger sammenlignes med henblik på at finde ud af hvilke der er væsentlige i forhold til andre?	Vi benytter en LCA-orienteret miljøvurderingsmetode: MEKA til at vurdere iscremefryseren.	
	At forstå en iscremefryseres livsforløb og hvilke miljøbelastninger det forårsager i de forskellige faser af forløbet.	Hvordan ser de forskellige faser i livsforløbet ud for en iscremefryser?		Hvilke miljøbelastninger forårsager de forskellige faser i livsforløbet? Hvilke miljøbelastninger er i forhold til iscremefryserens samlede livsforløb væsentligst?
Hvilke muligheder og barrierer er der for at minimere disse belastninger ¹ gennem ændringer i produktion og/eller produkt?		Hvilke tekniske løsninger er mulige for Caravell?	Opstil kriterier for- og foretag valg på baggrund af interview med Palle Lengsholm og Per H. Pedersen samt litteratur.	
		Hvilke barrierer er der i Caravells netværk i forhold til at gennemføre de tekniske muligheder?	Analyse af Caravells netværk i forhold til de udvalgte løsninger.	
			Diskussion af systemisk niveau i forhold til muligheder og barrierer.	

Som det fremgår af skemaet har vi opstillet to underspørgsmål til problemformuleringen. I denne sammenhæng er det vigtigt at bemærke, at besvarelsen af disse er afhængige af hinanden på en sådan måde, at vi er nød til at besvare det første spørgsmål før det andet kan besvares. Dette har haft en afgørende betydning for arbejdsprocessen, da vi har været hæmmet i at påbegynde besvarelsen af det andet spørgsmål, indtil vi havde rimeligt klare konklusioner på det første spørgsmål.

2.2 Projektdesign

Dette afsnit er en gennemgang af de forskellige kapitler i projektet. Problemfelt og metode er ikke inkluderet i gennemgangen. Projektet er overordnet delt op i tre dele. *Del 1* har til formål at give læseren en generel viden om projektets genstandsfelt. *Del 2* belyser det første underspørgsmål, mens *del 3*

¹⁾ I forhold til resultaterne fra det første spørgsmål.

belyser andet underspørgsmål.

Del 1

Indførelse i kølebranchen

Udvikling i køling:

I dette afsnit vil vi redegøre for den overordnede historiske udvikling på køleområdet i Danmark.

De danske producenter:

Afsnittet vil være en kort gennemgang af de forskellige danske plug-in kølmøbel producenter. Formålet med disse afsnit er at introducere læseren til branchen.

Caravell A/S:

I dette afsnit vil vi beskrive virksomheden Caravell der er projektets case. Dette er ligesom det foregående afsnit en overordnet introduktion til et vigtigt element i projektet.

Miljøproblemer forbundet til branchen:

Her vil vi beskrive ozonnedbrydningsproblematikken og den efterfølgende regulering, samt reguleringen af drivhusgasser. Dette er indeholdt i projektet af to årsager. For det første fordi de har påvirket kølebranchen meget, og for det andet fordi specielt ozonnedbrydningen kan ses som et eksempel på en international miljøregulering der i praksis har fungeret rimeligt tilfredsstillende i forhold til vores specifikke branche.

Teknisk beskrivelse af en iscremefryser:

Dette afsnit vil beskrive hvordan en iscremefryser rent teknisk virker. Dette er relevant i forhold til at overskue hvilken funktion de forskellige dele af iscremefryseren har, og derved hvorfor problematiske dele ikke i alle tilfælde umiddelbart kan substitueres. Dette er grundlæggende viden i forhold til forståelsen af begge efterfølgende analysedele.

Del 2

Del 2 indeholder den første analyse, miljøvurderingen, og belyser derigennem det første underspørgsmål: *Hvilke væsentlige miljøbelastninger er forbundet til produktion, brug og bortskaffelse af produktet en iscremefryser?*

Metode i LCA og metode i forenklet LCA:

Det første afsnit i del 2 vil uddybe LCA tankegangen og fungerer derved som en form for teori-afsnit

hvori fremgangsmåden for analysen bliver gennemgået.

Formål med miljøvurdering:

I dette afsnit vil vi definere formålet for miljøvurderingen, derudover redegøres for afgrænsninger og antagelser ligeledes i forhold til miljøvurderingen.

Gennemgang af livsforløb:

Her vil vi kortlægge og beskrive en iscremefryseres livsforløb.

Resultater angivet i MEKA-skema:

Her vil vi redegøre for hvordan resultaterne i MEKA-skemaet er fremkommet, fordelt på afsnittene materialer, energi, kemikalier og andet.

MEKA-skema:

Det konkrete MEKA-skemaet opstilles.

Opsamling på resultaterne af MEKA:

I opsamlingen vil vi igennem en diskussion af resultaterne identificere de væsentligste miljøbelastninger forbundet til iscremefryserens livsforløb, fordelt på materialer, energi, kemikalier og andet.

Efterfølgende overvejelser:

I dette afsnit vil vi uddybe problematikkerne i forhold til de identificerede miljøbelastninger. Dette er nødvendigt da disse ikke fremgår klart i selve miljøvurderingen.

Samlet konklusion:

Konklusionerne fra MEKA-skemaet sammenfattes.

Del 3

I del 3 vil vi belyse det andet underspørgsmål: *Hvilke muligheder og barrierer er der for at minimere disse belastninger gennem ændringer i produktion og/eller produkt?* gennem en analyse af Caravells netværk.

Teori:

I teoriets afsnittet vil vi først præsentere centrale begreber fra innovationsteori. Derefter vil vi beskrive netværksteori og afslutningsvis vil vi redegøre for analyserammen for det videre projekt.

Udvælgelse af tekniske løsninger:

I dette afsnit vil vi opstille kriterier for at udvælge relevante tekniske løsningsmuligheder i forhold til de identificerede miljøbelastninger. Derefter udvælges og beskrives tekniske løsningsmuligheder som er

omdrejningspunktet for den videre analyse. Disse løsninger er henholdsvis substitution af HFC-134a og montering af kompressor med variabelt omdrejningstal.

Netværket i forhold til kølemiddel:

Her vil vi analysere Caravells netværk i forhold til hvilke muligheder og barrierer der er i netværket for at gennemføre en substitution af HFC.

Netværket i forhold til ny kompressor:

Her vil vi analysere Caravells netværk i forhold til hvilke muligheder og barrierer der er i netværket for at gennemføre en substitution af den konventionelle kompressor med en ny type kompressor med variabelt omdrejningstal.

Konklusion:

En samlet besvarelse af vores problemformulering.

2.3 Caseovervejelser

Dette afsnit har til formål at illustrere, hvilke teoretiske og praktiske overvejelser vi har gjort os i forbindelse med valget af vores case. Vi har valgt at benytte Bent Flyvbjerg som teoretisk forklaringsramme. Afsnittet er opbygget ved, at vi først kort introducerer Flyvbjergs forståelse af forskellige case typer, dernæst vil vi beskrive vores hvad vores case er, samt hvilke praktiske forhold der ligger til grund for vores valg. Afslutningsvis vil vi udfra Flyvbjerg forsøge at placere os i forhold til hans begreber.

2.4 Case typer

Ifølge Flyvbjerg [1991] kan man øge generaliserbarheden af ens case ved at foretage en strategisk udvælgelse af casen. Herved menes at man ikke nødvendigvis opnår den størst mulige informationsmængde ved at vælge en case på baggrund af repræsentativitet (bl.a. via stikprøver eller som gennemsnitlig case), men at det til tider er mere hensigtsmæssigt at anvende en informationsorienteret udvælgelsesmetode [Flyvbjerg, 1991, p. 149].

Overordnet skitserer Flyvbjerg to udvælgelsesmetoder, den tilfældige- og den informationsorienterede udvælgelse. Den tilfældige metode har til formål at undgå systematiske fejl, hvilket gøres ved at vælge

en tilpas stor stikprøve eller et tilpas stort antal af stikprøver. Metoden er underopdelt i hhv. en tilfældig- og en stratificeret stikprøve. I den tilfældige stikprøve forsøger man at opnå en så repræsentativ stikprøve som muligt som derefter bruges til at generalisere populationen ud fra. Den stratificerede stikprøve bruges derimod til at generalisere udvalgte undergrupper af populationen med [Flyvbjerg, 1991, pp. 149-150]. Den anden udvælgelsesmetode, har til formål at spare tid, ressourcer og lign. ved at maksimere nytten af små stikprøver eller enkelte cases. Dette gøres på baggrund af allerede eksisterende viden eller erfaringer om informationsindholdet i casen. Denne udvælgelsesmetode indeholder fire typer af cases: den ekstreme, de mest varierende, den kritiske og de paradigmatiske. *Den ekstreme case* har til formål at give indsigt i en case af særlig problemfyldt eller vellykket karakter for at kortlægge problemerne/succeserne og dernæst at analysere de dertilhørende årsager. *De mest varierende cases* formål er at opnå viden eller indsigt i forskellighederne blandt et fåtal af cases, for derved at kunne sige noget om en bestemt dimensions (fx. budget, størrelse el.lign.) indflydelse, betydning eller indvirkning på casenes udsende. Med *den kritiske case* menes at hvis det ikke gælder for denne case, så gælder det sikkert ingen steder – eller omvendt. Ifølge Flyvbjerg kan det være vanskeligt at vælge eller identificere en kritisk case og der findes som sådan ikke nogle metodologiske principper for udvælgelse af en sådan. Han foreslår dog at man søger efter mest- eller mindst sandsynlige cases i udvælgelsen af en kritisk case. *De paradigmatiske cases* har en sådan karakter, at de kan fungere som prototyper for et paradigme eller en skole. Flyvbjerg nævner bl.a. Michel Foucaults studie af europæiske fængsler som eksempel på en paradigmatiske case.

Afslutningsvis påpeger Flyvbjerg at de forskellige cases ikke nødvendigvis udelukker hinanden, således kan en case eksempelvis både være kritisk og paradigmatiske [Flyvbjerg, 1991, pp. 149-153].

2.5 Vores case

Vi har, som det fremgår af problemformuleringen, valgt at undersøge hvilke miljøbelastninger der er forbundet til en iscremefryser. Den valgte iscremefryser er en standard model (model 335) produceret hos virksomheden Caravell. Fokusering på produktet i første del af problemformuleringen, lægger op til at det, i anden del af projektet, er iscremefryseren som er casen. I problemformuleringens sidste del er det virksomheden som casen. Denne del af problemformuleringen, besvares i projektets tredje del (se projektdesign). Dette gøres ved at vi foretager en undersøgelse af hvilke muligheder og barrierer der findes i forbindelse med at nedbringe belastningerne knyttet til produktets livsforløb, med fokus på at

ændre produktet i produktionsfasen. Det vil i denne del af projektet være virksomheden (Caravell), som er casen. Skiftet i fokus hænger tæt sammen med vores analyse niveauer. Som det gerne skulle fremgå af vores projektdesign operer vi med to analyser. Den første har til formål at identificere miljøbelastningerne knyttet til iscremefryseren (produktet), hvorfor vi i denne analyse arbejder på mikroniveau. Den anden analyse fokuserer på de tekniske løsninger og barrierer/muligheder for implementeringen af disse, som vi mener findes i virksomhedens netværksrelationer (se afsnittet om valg af teori). Den anden Analyse er derfor på mesoniveau, da dette niveau beskæftiger sig med virksomheder, videninstitutioner, brancher etc. og deres indbyrdes samspil.

2.6 Praktiske grunde til case valg

Grunden til at valget faldt på Caravell og deres produkt, hænger sammen med en række forskellige overvejelser. Først og fremmest har et kriterium for at foretage en miljøvurdering været, at finde en samarbejdsvillig producent, da producenten er meget afgørende for vores empiri-indsamling. Således var det et krav fra os til producenten at få indsigt i en række data-oplysninger for at kunne sammensætte en miljøvurdering. En række af de data, som har været nødvendige, var bl.a. en materiale- og leverandørliste, energiforbrug m.m. Endvidere har valget været influeret af, at vi har været på virksomhedsbesøg hos Caravell (og Frigor som er under samme ejerskab) i november 2002, hvor vi ligeledes fik en kontakt, nemlig fabrikschef Palle Lengsholm. Virksomhedsbesøgene havde til formål at få indsigt i produktionen af frysere til hhv. kommercielt- og husholdningsbrug. Caravell har været interesseret i at samarbejde og har fremsendt os den nødvendige empiri, som har været nødvendig for at foretage miljøvurderingen. Yderligere skal det nævnes at der i Danmark, som nævnt i problemfeltet kun findes et begrænset antal producenter, inkl. Caravell, af kommercielle iscremefrysere. Vi har også kontakten Gram og Vestfrost, som også producerer kommercielle kølemøbler, de har dog ikke været interesseret i at indlede et samarbejde. Årsagen til at vi beskæftiger os med netop model 335 skyldes, at der tidligere er udarbejdet en rapport over denne model af Teknologisk Institut i samarbejde med Caravell [Poulsen et al., 2000]. I rapporten er der resultater fra en field-test af denne model i Danmark, som har været nødvendige i forbindelse med miljøvurderingen.

2.7 Diskussion af case

Ud fra Flyvbjergs fire case typer beskrevet som den informationsorienterede udvælgelsesmetode kan man umiddelbart konstatere, at vores case hverken tilhører de paradigmatisk eller de mest varierende cases. At vi ikke lever op til kriterierne i de mest varierende cases skyldes, at disse, som navnet også antyder, forudsætter at man som et minimum beskæftiger sig med to cases. Grunden til vi mener, at vores case ikke falder ind under kategorien de paradigmatisk cases er, at vi anvender allerede produceret og fast forankret teori. Vi tilslutter os derved allerede eksisterende skoler og paradigmer.

Den hhv. kritiske- og ekstreme case har derimod nogle elementer som vi mener, vores case kan høre ind under. Eksempelvis er vores case (produktet, iscremefryseren i en livscyklus sammenhæng), hvad angår bortskaffelse i Danmark og med dertil hørende bortskaffelsesveje og -systemer bedre end de gennemsnitlige andre landes systemer. Man vil derfor kunne sige noget om miljøproblemerne knyttet til bortskaffelse globalt på baggrund af de danske forhold, altså hvis der er problemer forbundet til bortskaffelse i Danmark, vil der højst sandsynligt også være det i de fleste andre lande. På dette specifikke punkt vil vores case opfylde et af kravene i den ekstreme- og kritiske case. Det skal dog siges, at vores overordnede formål med projektet ikke udelukkende er, at undersøge hvorvidt iscremefrysere bidrager til globale miljøproblemer i bortskaffelsesfasen, idet vi indtænker hele produktets livsforløb.

I forhold til den tilfældige udvælgelsesmetode er det muligt at karakterisere vores case, specielt fryseren, da denne vil være repræsentativ for andre lignende kommercielle fryserer. Det er sværere at bruge Caravell som case til at generalisere ud fra eftersom, at der kun findes et fåtal producenter som hver især forskellige hvad angår størrelse, relationer, produktsortiment, nationalt tilhørsforhold m.m.

Det optimale i forbindelse med case valget, ville have været at casen var mere kritisk eller ekstrem i forhold til den valgte problematik. Forstået på den måde at hvis casen eksempelvis var markedets mest miljøvenlige eller mest innovative og der stadig var problemer, så kunne man konkludere at det samme gjorde sig gældende for hele branchen eller samtlige produkter.

Vi har hovedsageligt valgt Caravell som case af praktiske grunde. Dette skyldes dels de få producenter der er i Danmark og dels, at det har været meget nødvendigt at finde en samarbejdsvillig virksomhed.

2.8 Teori i projektet

I projektet benyttes teorien som redskaber i de to analyser i projektets del 2 og 3. Valget af de benyttede teorier har været betinget af deres forklaringskraft i forhold til både problemstillingen og den indsamlede empiri. I dette afsnit vil vi redegøre for hvilke teorier vi benytter og hvilke overvejelser vi i den sammenhæng har gjort os.

LCA teori / metode

Som udgangspunkt for at belyse hvilke væsentlige miljøbelastninger der er forbundet til produktion, brug og bortskaffelse af produktet en iscremefryser, den første del af problemformuleringen, har vi valgt at foretage en forenklet livscyklusvurdering (LCA) med metodisk udgangspunkt i miljøministeriets retningslinier herfor [Pommer et al., b, 2001]. Hvorvidt LCA snarere er en metode end egentlig teori kan diskuteres, men vi har valgt at inkludere vores overvejelser omkring brugen af den i dette afsnit. Overordnet kan vi benytte en LCA-tilgang til at vurdere det enkelte produkts belastning igennem hele dets livsforløb og sammenligne disse for at identificere de væsentligste miljøbelastninger, hvilket i forhold til vores problemstilling er en styrke. Dette kan i nogle sammenhænge også være en svaghed for metoden/teorien. Det skyldes, at når fokus ligger på et enkelt produkt kommer problematikker forbundet til at producere store mængder af produktet let til at spille en mindre rolle. Derfor kan lokale miljøbelastninger knyttet til masseproduktion ikke altid identificeres ud fra en LCA. Vi har dog efter gennemlæsning af Caravells kapitel 5 godkendelse, der netop beskæftiger sig med problemer knyttet isoleret til produktionen, ikke fundet ”huller” i vores miljøvurdering. Vi har dog ikke undersøgt forholdene for Caravells underleverandører, hvorfor der i princippet kan være lokale miljøbelastninger knyttet til disse, som ikke er indeholdt i vurderingen.

Sædvanligvis er problemet med typiske livscyklusvurderinger, at der skal indsamles og behandles utroligt store mængder data, hvorfor metoden bliver temmelig kompleks og tidskrævende. Dette skyldes blandt andet, at man i den gængse LCA-form foretager en grundig analyse og vægtning af alle faser, uanset om man tidligt har observeret, hvilke faser der i forhold til miljøbelastninger er mere problematiske end andre. Vi forsøger via den forenkledede LCA at undgå dette ved at begrænse metoden til at foretage en screening af materialeforbrug, energiforbrug og kemikalieanvendelse i de forskellige

faser af livsforløbet for derefter at gå i dybden med de områder, som enten er særligt problematiske eller mangelfulde. Ved hjælp af denne form undgås forhåbentligt unødige og tidskrævende dataindsamling og behandling af irrelevante faser og processer set i forhold til formålet med projektet. Der ligger imidlertid også en risiko for, at denne forenklede form kan blive for overfladisk og derved ikke når frem til de rette konklusioner.

Implicit i LCA-metoden ligger en antagelse om, at forskellige miljøbelastninger kan måles og vægtes i forhold til hinanden. Denne antagelse tilslutter vi os i projektet, men vi finder den samtidig problematisk på nogle punkter. Problemet opstår i forhold til vægningen af miljøbelastninger. De parametre, der sættes op for at foretage en vægning, kan efter vores overbevisning ikke karakteriseres som værende objektive, da de et eller andet sted må bero på subjektive valg, fx. på baggrund af politiske målsætninger. Det er imidlertid samtidig vægningen, der gør metoden brugbar dels i forhold til vores projekt men også i de fleste andre sammenhænge, hvor den benyttes. Det er nemlig denne vægning som er udgangspunktet for at identificere, hvilke miljøbelastninger der er væsentlige. I vores vurdering har materialernes ressourcetræk i forhold til de kendte reserver en afgørende betydning for, hvor belastende det enkelte materiale er [Pommer et al., 2001 b, pp. 23-25].

Netværk og innovation

I projektets anden analyse (del 3), som har til formål at belyse, hvilke barrierer og muligheder der er for at minimere de væsentligste miljøbelastninger (identificeret via den forenklede LCA) gennem ændringer i produktion og/eller produkt, benyttes hovedsageligt netværksteori. Indledningsvis i analysen benyttes innovationsbegreber til at karakterisere de ændringer i produktion/produkt, vi vil arbejde videre med. Netværksteorien benytter vi, da vi gennem projektet har erfaret at det er i Caravells netværk, altså dets relationer til andre aktører, at de væsentligste barrierer og muligheder for miljøforbedrende tiltag kan findes. Netværksteorien benyttes derfor til at analysere disse relationer. Vi benytter os hovedsageligt af Håkan Håkansson's et al.'s teorier om produktudvikling i netværk [1982 og 1998]. Dette skyldes, at de netop beskæftiger sig med produktudviklingen. Derudover benyttes Søndergård et al. [1997] da de specifikt beskæftiger sig med miljøinnovationer ligeledes i netværk.

Det som umiddelbart kan være et problem i forhold til en analyse af muligheder og barrierer for

produktudvikling i netværket, er hvis de muligheder og barrierer man søger at finde, ikke findes i virksomhedens netværk men for eksempel er internt i virksomheden. Vi kan ikke ud fra en analyse af netværket sige noget om virksomhedens interne forhold, men vi mener at vi i analysen viser at der i netværket findes væsentlige barrierer og muligheder, hvorfor dette valg af teori har væsentlig forklaringskraft i forhold til problemstillingen.

2.9 Empiri i projektet

Vi vil i dette afsnit redegøre for, hvilken empiri vi har benyttet i projektet samt hvordan denne er indsamlet.

Vi har gennemført en række interviews i projektføreløbet, som overordnet kan karakteriseres som semistrukturerede og eksplorative. Det vil sige at vi på forhånd har udarbejdet en interviewguide med overordnede retningslinier for, hvilke områder vi gennem interviewet forsøgte at afdække, samt opstillet enkelte specifikke spørgsmål. Fordelen ved at benytte semistrukturerede interviews er, at man på den ene side sikrer sig, at man får den nødvendige information, mens man på den anden side, gennem samtale med respondenterne, kommer i besiddelse af diverse informationer, som kan vise sig at være relevante. Med eksplorative interviews menes, at formålet ikke har været at gennemføre kvalitativ interviewforskning, men snarere at indsamle den projektrelevante information som respondenterne var i besiddelse af.

I november 2002 besøgte vi Caravell A/S i Viborg og så deres produktion af iscremefrysere. I den forbindelse gennemførte vi et interview med fabrikschef Palle Lengsholm, der siden hen har været vores primære kontakt til virksomheden. Senere har vi gennemført adskillige telefoninterviews ligeledes med Palle Lengsholm. Vi har desuden fået adgang til Caravells stykliste over den iscremefryser, vi undersøger i miljøvurderingen. Denne liste indeholder alle komponenter i iscremefryseren samt alle hjælpestoffer til produktionen på Caravell. Derudover har vi via Viborg kommune fået adgang til et forslag til kapitel 5 godkendelse for Caravell A/S. Denne godkendelse er altså ikke vedtaget i sin nuværende form, hvorfor der med rimelig sandsynlighed vil blive foretaget ændringer i det endelige dokument. Dette har dog kun ringe eller ingen betydning for vores projekt, da vi hovedsageligt benytter os af den del af forslaget, der udgør en miljøvurdering af virksomheden. Mulige ændringer i den endelige godkendelse vil givetvis hovedsageligt ske i forhold til de retningslinier, forslaget stiller til

produktionsændringer.

Vi besøgte også i november 2002 Per Henrik Pedersen (ingeniør) på Teknologisk Institut. Per H. Pedersens forskningsområde er plug-in kølemøbler, derunder kommercielle iscremefrysere. Da han har beskæftiget sig med branchen igennem 30 år, har han et betydeligt indblik i dels branchen som sådan men i særdeleshed i tekniske aspekter i forhold til plug-in kølemøbler inkl. forskellige kølemidler og energioptimering. Vi har også haft en løbende kontakt med Per H. Pedersen gennem hele projektet og har interviewet ham pr. telefon adskillige gange.

Derudover har vi haft kontakt til de fleste aktører, der berører en kommerciel iscremefryser gennem dens livsforløb, deriblandt de aktører der indgår i Caravells forskellige netværk. Vi har i den forbindelse gennemført telefoninterviews med underleverandører til Caravell (Scanglas, Danfoss, Techtrade, Bostik og Dansk Shell m.fl.). Vi har gennemført telefoninterviews med grossister og konsumis-producenter (Vibocold, Frisko/Unilever, Premier/Nestlé, Diplom is og Polar is, og vi har gennemført telefoninterviews med bortskaffelsesanlæg, der behandler udtjente kølemøbler (Uniscrap, REFA, Morrison Glasrecycling, H.J. Hansen m.fl.). Foruden har vi haft kontakt til Tarjei Haaland (talsmand for Greenpeace Danmark) i forbindelse med baggrundsviden om bl.a. Greenfreeze-teknologien, samt andre udviklingsprojekter og Henrik Wenzel Christensen (ingeniør ved Institut for Produktudvikling, DTU og medudvikler af UMIP metodikken) som har været sparringspartner på resultaterne opnået i vores miljøvurdering.

Udover de personlige kontakter har vi benyttet os af den sparsomme litteratur, der er at finde på området. Dette har først og fremmest været rapporter fra Miljøstyrelsen og Teknologisk Institut. Vi har også i mindre omfang benyttet os af materiale udarbejdet af Greenpeace vedrørende forskellige typer kølemidler. Desuden har vi deltaget i et seminar om ozonlagsnedbrydning arrangeret af 92-gruppen i oktober 2002.

2.10 Sammenhæng mellem teori og empiri

Vi vil i dette afsnit redegøre for hvorledes den benyttede teori og empiri bruges i projektet.

Vores miljøvurdering, den forenkede LCA, tager udgangspunkt i den teoretiske/metodiske ramme, der

beskrives i starten af projektets del 2. Metoden eller teorien, der danner grundlag for analysen, har i høj grad været bestemmende for den benyttede empiri, samt hvordan denne empiri analyseres. Empirisk tages udgangspunkt i Caravells stykliste for den undersøgte iscremefryser. Som ovenfor beskrevet er denne liste en fortegnelse over alle komponenter og hjælpestoffer, der indgår i Caravells produktion af den undersøgte iscremefryser. Vi har desuden forsøgt at supplere listen i nogle henseender, hvilket skyldes at Caravell benytter en del sammensatte komponenter, hvorfor vi har kontaktet nogle af deres underleverandører for at finde ud af, hvad den enkelte komponent indeholder.

I projektets del 3 har vi benyttet en anderledes tilgang. Her har udgangspunktet været empirisk. Dette skal forstås på den måde, at vi på baggrund af den indsamlede/erfarede empiri har udvalgt relevant teori i forhold til at analysere den konkrete problemstilling for derefter at foretage yderligere indsamling og analyse af empiri. I denne del benyttes teorien først og fremmest som redskab i forhold til at strukturere analysen af barrierer og muligheder i Caravells netværk for specifikke miljøinnovationer.

Pålidelighed og gyldighed

Projektets pålidelighed afhænger af den benyttede datas kvalitet. Eftersom vi i forbindelse med miljøvurderingen bruger meget kvantitativ data skal denne naturligvis være repræsentativ i det omfang det er muligt. Det har vi forsøgt at efterstræbe ved kontinuerligt at reflektere over hvorvidt den benyttede data stemmer overens med dels det undersøgte produkt og dels de angivne afgrænsninger og antagelser. Vi har løbende søgt at eksplicite disse overvejelser gennem projektet. Endvidere er vi høj grad afhængig af data vi ikke selv kan indsamle, for eksempel omkring energiproduktion, energiforbrug og belastninger fra udvinding af ressourcer. Dette er imidlertid vilkår som gør sig gældende for miljøvurderinger i almindelighed og livscyklusvurderinger i særdeleshed.

Spørgsmålet om hvorvidt projektet kan vurderes som værende gyldigt afhænger dels af hvorvidt de benyttede teorier og metoder stemmer overens med analyseobjektet, samt i høj grad af omfanget af generaliseringer i forbindelse med konklusionerne på det endelige projekt. Eftersom vi undersøger et specifikt produkt, vil vi kun med sikkerhed kunne sige noget om netop det undersøgte produkt under de vilkår som undersøgelsen er foretaget under.

Man vil dog med stor sandsynlighed kunne gå ud fra at konklusionerne kan overføres til lignende produkter.

3. Del 1: Indførelse i kølebranchen

Formålet med projektets første del er at give en bred introduktion til genstandsfeltet. Vi vil først beskrive kølebranchens udvikling, for derefter at komme ind på de danske producenter, herunder en uddybende beskrivelse af Caravell. Derpå vil vi komme ind på klimaproblematikker, da de har haft en afgørende indflydelse på kølebranchen gennem de senere år. Afslutningsvis vil vi forklare hvordan en iscremefryser er opbygget og hvilke tekniske principper man benytter i køling.

3.1 Udviklingen i køling

I forbindelse med industrialiseringen i 1800-tallet begyndte flere og flere fødevarer at blive forarbejdet på fabrikker. Især slagterier og mejerier vandt frem i Danmark. Fælles for madvareforarbejdningen var behovet for konservering. De på daværende tidspunkt tilgængelige konserveringsmetoder var saltning, røgning som hovedsagelig blev benyttet indefor konservering af kødvarer, samt "biologisk" konservering, som overvejende blev brugt på mejerierne til at konservere ost og syrnede mælkeprodukter, dvs. opdyrkede bakteriekulturer, som holdt forrådnelsesbakterierne væk. Der var dog problemer med opbevaring af mælk, smør og fløde. [Rimfrost, 1977, p. 7]

I Tyskland begyndte forskellige bryggerier i 1870 at udvikle de første kølemaskiner, til at kontrollere gæringsprocesserne under fremstillingen af øl. I slutningen af 1800-tallet havde danske bryggerier også indført maskinel køling, som blev drevet af dampmaskiner. Omkring 1880 havde tyske kølemaskinefabrikker udviklet kølemaskineteknologien, således at den også kunne anvendes i fødevarereproduktionen (eksempelvis på mejerier og slagterier). [Rimfrost, 1977, p. 7]

I 1870'erne omstillede det danske landbrug sig i højere grad til at producere animalske

produkter (bl.a. kød, æg og smør) til eksportmarkederne. Bønder gik sammen i andelsforetagender for at effektivisere og i takt med stigning i produktionen steg behovet for kølemaskiner. Efterhånden blev der også udviklet kølemaskiner til fragtskibe og togvogne. Ligeledes voksede isværker frem, til at forsyne fiskere med is samt de forretninger og husstande, som havde isskabe. Fødevarerproduktionen som eksportindustri medførte, at der blev længere mellem produktion og forbrug og dermed blev behovet for konservering af madvarer ligeledes større. [Rimfrost, 1977, p. 7]

Den økonomiske højkonjunktur i slutningen af 1930'erne i de vestlige industrilande satte gang i en række industrier, herunder *køleindustrien*. I den tid blev der fremstillet en lang række industri- og butiksanlæg. Allerede forinden blev i 1911 det første danske køleskab fremstillet. Det var dyrt og ikke særligt driftsikkert og fik derfor ikke stor udbredelse. Omkring 1920'erne var kølemaskiner så veludviklet, at der blev fremstillet mindre anlæg til fx butikker. Kompressorerne var blevet mindre og mere effektive og forbrændingsmotorerne driftsikre nok, til at drive kompressorerne. (Især USA og Sverige eksporterede gennem 30'erne køleskabe til Danmark af hhv. mærket Frigidaire og Electrolux. De var dyre i anskaffelse og i drift, hvorfor det kun var den mere velhavende klasse der anskaffede sig disse). Derimod fik *centralkøleanlæg* betydeligt større udbredelse. De blev installeret i etageboliger, hvor hver lejlighed fik eget køleskab, som var tilsluttet en fælles kølemaskine i kælderen. Centralkøleanlæggene havde størst udbredelse i 40'erne og dækkede ca. 5% af landets husstande. I løbet af 50'erne blev anlæggene så småt afløst af individuelle husholdningskøleskabe. De centrale køleanlæg blev upopulære pga. uheld med det giftige kølemiddel, methylchlorid. Frem til midten af 1950'erne var isskabe angiveligt det mest populære køleskab, på trods af besværet med at udbringe is og fylde det på skabet. Størstedelen af husstandene i Danmark opbevarede dog maden i kølige spisekamre eller kældre. Under 2. Verdenskrig oprettede andelsforetagender en række fællesfryserier på landet og nåede i 50'erne op på ca. 1500 fællesfryserier. I 60'erne vandt individuelle frysere i midlertidig frem og erstattede fællesfryserierne. I samme periode begyndte en afgørende udvikling indenfor fødevarerindustrien med introduktionen af de første dybfrostvarer i butikker i 1955. Dermed var det muligt at konservere fødevarer ved lave temperaturer fra produktion, forarbejdning, distribution til detailhandlen og senere forbrugeren, den såkaldte

kolde kæde. [Rimfrost, 1977, pp. 9-12]

Omkring 1960 opblomstrede en række nye danske kølevirksomheder. Fælles for disse var deres placering i Jylland. Virksomhedernes placering skal ses i sammenhæng med fiskeindustriens beliggenhed og Marshall-hjælpen, som i starten af 1950'erne ydede eksportstøtte til fiskeindustrien. Danmark havde indtil midten af 50'erne Europas største fiskeflåde og hjælpen blev brugt til at udvikle denne, hvilket indebar støtte til udviklingen af kølesystemer herunder også frysehuse. Støtten afledte en ekspertise indenfor køling generelt, som med tiden bredte sig til andre dele af kølebranchen herunder også producenterne af husholdningskøle-/ frysemøbler. Udviklingen i køleindustrien efter 2. verdenskrig blev yderligere støttet af Handelsministeriets Produktivitetsudvalg, som havde til formål at oplyse om produktivitetsfremmende foranstaltninger [Rimfrost, 1977, p. 13].

I årtierne fra 1950 til 1960 skete der en betydelig udvikling i produktionen af danske køleskabe, som førte til et salgsboom i 1962, hvor produktionen var på sit hidtil højeste (ca. 300.000 stk.). På det tidspunkt havde 55% af de danske husstande køleskabe. Som produktionen af køleskabe begyndte at stagnere, skete der en voldsom stigning i produktionen af fryserne fra før 1960 til slutningen af første halvdel af 70'erne [Rimfrost, 1977, pp. 12-15]. Omkring samme tid begyndte endnu et marked inden for fødevareindustrien at undergå en markant udvikling, nemlig markedet for iscreme (impuls) produkter. Selvom der i mange år var blevet solgt iscreme hos ismejerier og bagere (siden 1927 hvor ingeniør John M. Larsen grundlagte Premier is A/S i Esbjerg, som den første egentlige isproducent i Danmark) steg salget omkring 1970'erne. Dette skyldes bl.a. udviklingen af isbilen og plug-in fryseboksen som bevirkede at det nu var muligt for købmandsbutikker, kiosker og lignende at få leveret, opbevare og i det hele taget at forhandle iscremeprodukterne. Stigningen i salget af iscremeprodukter afledte ligeledes en stigning i behovet for de *kommercielle iscremefrysere*. Det øgede behov for iscremefrysere blev endnu mere udtalt i slutningen af 70'erne og hele vejen op igennem 80'erne. På samme måde blev der også udviklet flaskekølere, til køling af læskedrikke [Premier Is, 2003]. Afslutningsvis skal det siges at udviklingen af de kommercielle fryserne og køleskabe er foregået sideløbende med husholdningsprodukterne, hvilket også gør at de stort set ligner hinanden. Herved menes at de kommercielle flaskekølere

er bygget op efter principperne for et normalt husholdningskøleskab. De kommercielle iscremefrysere er ligeledes konstrueret på samme måde som en husholdningskummeffryser. De kommercielle produkter adskiller sig dog på en række punkter fra deres beslægtede husholdningsprodukter (eksempelvis glaslåge, større kompressor, udsmykning m.m.).

3.2 De danske producenter

I dag findes der i Danmark omkring 6 køleskabs-/ fryser producenter. Vestfrost, Derby, Caravell, Elcold, Frigor og Gram. Udviklingen i den danske kølebranche startede med tre producenter Atlas, Danmax og Brdr. Gram. Vi vil i det følgende kort gennemgå de forskellige virksomheder. Efterfølgende vil vi foretage en uddybende beskrivelse af Caravell.

Atlas A/S

Det danske kølefirma Atlas A/S blev stiftet i 1899 og har igennem flere årtier været det største og mest betydningsfulde danske kuldetekniske firma. Firmaet producerede og solgte kølingssystemer til mange anvendelsesområder både til industrien (som bryggerier) til butiksanlæg, centralkøleanlæg ud over køleskabe og frysere. Det har haft indflydelse på branchens interesseorganisation som medlem i Dansk køleforening (specielt fra 1940-55) og var også repræsenteret i Køleteknisk Forskningsinstitut, som blev oprettet i midten af 30'erne. Efter krigstiden oprettede Atlas en køleskabsfabrik i Lundtofte. Fabrikken var et resultat af importforbud mod udenlandske køleskabe. Dette forbud, sammenholdt med en række afgiftslove gjorde at Atlas opnåede monopolstilling på det danske køleskabsmarked i første halvdel af 50'erne. [Rimfrost, 1977, p. 11]

I 1936 overtog rederiet J. Lauritzen aktiemajoriteten i Atlas og i 1967 overtog Electrolux Atlas' køleskabsproduktion i Lundtofte. [Rimfrost, 1977, p. 11]. Virksomheden valgte at omlægge produktionen fra husholdningskøleskabe til store køleanlæg, som eksempelvis anvendes på slagterier og andre fødevarerproduktioner [Eriksen, 1999, pp. 23-26].

Gram A/S

Gram (eller Brdr. Gram) var sammen med Atlas en af Danmarks første køleskabsproducenter og blev grundlagt i 1901 [Jänicke et al, 1998, p. 18]. Virksomheden som var placeret i Vojens fremstillede siden 1910 industri- og køleanlæg. I 1940'erne startede den en mindre køleskabsproduktion, men gjorde sig først gældende på markedet omkring 1960. Siden har virksomheden produceret køleapparater til både husholdnings- og kommercielt brug [Rimfrost, 1977, pp. 13-15].

I en Europæisk sammenhæng blev Gram set som værende på forkant med miljøtænkningen. Dette skyldes blandt andet at de var blandt de første til at producere energibesparende husholdningskøleskabe. Det første B-mærkede køleskab introducerede Gram i november, 1994, kaldet LER 200. Yderligere ophørte Gram med at producere CFC holdige køleskabe i 1992. Markedet for Grams køleskabe har primært været det danske (50%) og de andre nordiske lande. [Jänicke et al, 1998, pp.17-18] Virksomheden er senere blevet opdelt i to grupper, med Gram Domestic (husholdningskøleskabe- og fryserne) og Gram Merchandise (flaskekølere og iscremefryserne) i den ene gruppering og Gram Commercial (storkøkkenapparater) og Gram Equipment (iscreme-maskiner og andet industriudstyr) i den anden [MST, 2000 c, p. 11].

Gram køber og overtager i 1996 Derby. Derby A/S (1954, Viborg) er en virksomhed, som bl.a. har produceret vaskemaskiner (fra 1954) og fryserne (fra 1959) og køleskabe (1970'erne). Tre år senere i 1999 gik Gram dog konkurs og blev overtaget af VT Holding [Rothenborg, 2002]. I 2001 blev Gram Domestic-afdelingen solgt til Amica Wronki S.A., Polen og Gram Equipment til et Italiensk firma.

Danmax

Danmax havde kun en kort levetid fra omkring 1950 til 1964, hvor virksomheden lukkede. Virksomhedens erklærede mål var fra starten, at være en modpol til Atlas. Danmax producerede billigere køleskabe, hvilket dermed gav konkurrence på kølemarkedet til fordel

for forbrugerne. Virksomheden udnyttede den nyeste tankegang inden for produktivitet og effektivitet, og blev hjulpet på vej af Marshall-hjælpen samt Handelsministeriet Produktionsudvalg. [Rimfrost, 1977, p. 13]

Vestfrost A/S

Vestfrost blev etableret i 1963 i Esbjerg og producerer og sælger kølemøbler til både husholdnings- og kommercielt forbrug. Frem til 1998 blev deres produkter overvejende solgt til det europæiske marked [Jänicke et al., 1998, p. 21]. De eksporterer ca. 96% af deres produkter og sælger omkring 800.000 køle- og frysemøbler årligt på verdensplan [vestfrost, 2003]. Der er ca. 1.400 medarbejdere ansat. Vestfrost har været blandt frontløbere af producenter af køleskabe mht. miljøinnovationer [Jänicke et al., 1998, p. 17].

Elcold

Virksomheden med beliggenhed i Hobro producerer kumrefrysere og køleskabe til husholdning og kommercielle formål. Virksomheden blev grundlagt i 1961 og eksportere i dag til over 50 lande. Virksomheden er som en af de eneste ISO 14001 (Environmental Management certificate) certificeret. [Elcold, 2003]

Frigor A/S

Frigor Køleanlæg (navn i 1962) blev grundlagt af servicemontør Tage Nielsen i 1959, som startede en produktion af kumrefrysere. Firmaet var placeret i Viborg, hvor det også befinder sig den dag i dag. Frigor producerer primært hjemmefrysere i dag. De første ca. 15 år af sin levetid gik det økonomisk godt for Frigor, men røg senere ind i en økonomisk krise og gik konkurs. Det blev opkøbt af Caravell i 1987. Navnet blev ændret til Frigor A/S og det blev et 100% ejet datterselskab. [Caravell Group, 2000, pp. 21-22]. Det nye ejerskab betyder, at der i dag under Frigors navn hovedsageligt produceres frysere til husholdningsbrug men også ”impuls produkter” (små kommercielle frysere/- kølere med impuls vare Fx. læskedrikke eller is) for Caravell. Virksomheden har ca. 120 ansatte og omsatte sidste år (2001) for 220 mio. kr. [Greens, 2003, p. 973]. De producerede 105.000 enheder det år men solgte ca. 130.000, heraf gik omkring 85% til eksportmarkeder. Der produceres bokse (kumrefrysere) i energiklasse E til A og fryseskabe i energiklasse B og A, men det er de mindst energieffektive produkter,

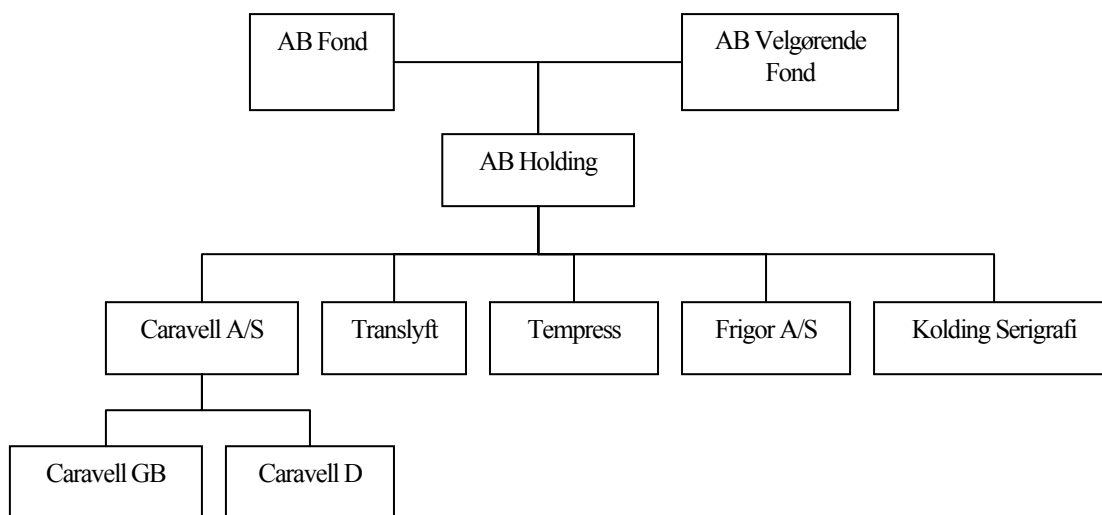
som sælger bedst [Interview Frigor, 2002].

3.3. Caravell A/S

Vi har valgt at foretage en mere omfattende beskrivelse af Caravell-koncernen over tid, eftersom Caravell er udgangspunkt for projektets anden analyse (projektets del 3). Afsnittet skal være med til at give et indblik i hvordan virksomheden ser ud i dag.

3.3.1. Kort beskrivelse af Anders Brøndum ejerskabet

I og med at Anders Brøndum Holding er hovedejer af både Caravell A/S og Frigor A/S m.fl. har vi valgt først at præsentere et diagram, som viser ejerskabsforholdet. Forståelsen af den samlede organisation kan give et indblik i, hvorfor de to virksomheder er vigtige for hinanden, samt hvad det er, som gør hele koncernen konkurrencedygtig.



Figur: Ejerforholdet for Anders Brøndum koncernen [Interview Caravell, 2002]

Det skal pointeres at alle selskaberne, der ejes af Anders Brøndum (AB) Holding er

aktieselskaber, samt at AB Holding har aktiemajoriteten i disse. Derudover har A. Brøndum oprettet to fonde (se øverst i figuren). Caravell A/S er en flaskekøler- og iscremfryserproducent med beliggenhed i Løgstrup (nær Viborg), mens datterselskaberne (Caravell GB og Caravell D) er salgs- og marketingsafdelinger i hhv. Storbritannien og Tyskland. Translyft producerer løfteborde til paller og lignende samt transportbånd m.m., produkter der indgår i både Caravell og Frigors produktion. Tempress producerer simple termostater, termometre m.m. som Caravell også benytter sig af. Det er dog ikke de termostater, der styrer kølingen, men nogle der styrer et termometer, som man på yderkabinettet kan aflæse temperaturen inde i boksen med. Frigor producerer som sagt husholdningsfrysere (kummefrysere). Kolding Serigrafii producerer store klistermærker, der bl.a. benyttes af Caravell til udsmykning af iscremfrysere og flaskekølere. Det sidst nævnte firma er således et centralt element i koncernen, da Caravells kunder i vid udstrækning benytter sig af udsmykning af deres produkter. [Interview Caravell, 2002]

3.3.2. Caravell's historie

Anders Brøndum startede i 1960 sit eget firma Caravell Maskinfabrik og solgte i 1961 sine første hjemmefrysere. Salget skete ved at han selv opsøgte lokale beboere på kræmmermarkeder m.m. Allerede i 1966 blev Løgstrup, hvor det også er placeret i dag, valgt til hjemsted for firmaet. På daværende tidspunkt var der syv mennesker ansat. To år senere rundede antallet af solgte enheder 10.000, og i slutningen af 60'erne begyndte Caravell at eksportere til blandt andet Østrig og England, som de første nye markeder. Dermed var der lagt op til at produktionsarealet skulle udvides og på tre år frem til 1970 udvidede Caravell med næsten 1.300m². Der var ansat omkring 50 medarbejdere. Samtidig blev et mere effektivt samlebåndsprincip indført for at rationalisere og effektivisere produktionsprocessen. Processen så på daværende tidspunkt ud på følgende måde; metalpladerne til frysernes ydre og indre kabinet blev klippet, bukket og svejset, efterfølgende lakeret (malet), isoleret og påmonteret fordampere, karm, låg og kompressor. Denne produktionsgang er ikke væsentligt anderledes den dag i dag. Sidste led inden pakningen var afprøvning af hjemmefrysere. Samme år oprettede firmaet et eksport- og importagentur og solgte på det tidspunkt kun to

dybfryser-modeller, en eksportmodel og en konkurrencemodel til det danske marked, den sidste var en ”skrabet” model af den første. Kompressor og termostat blev leveret af Danfoss. På eksportmarkedet blev England det vigtigste af EFTA-landene (frihandelsområde), desuden eksporteredes der til Sverige, Norge, Østrig, Schweiz og Grønland i mindre omfang [Caravell Group, 2000, pp. 9-19].

Op gennem 1970’erne skete der en række vigtige begivenheder for Caravell Køleindustri, hvor blandt andet Danmarks tilslutning til EF havde betydning, især hvad angik markedsmuligheder. Produktionsarealet blev i 1973 udvidet med en filialfabrik på 2.400 kvadratmeter. I 1974 producerede Caravell 60.000 frysere, men kunne dog stadig ikke følge med efterspørgslen, hvilket bevirkede at Caravell måtte indkøbe og videresælge nogle af konkurrenternes produkter og i den sammenhæng også øge medarbejderstaben. Aktiekapitalen blev udvidet i en vis grad, ligeledes gjorde bestyrelsen som også fik medarbejderrepræsentanter. I 1973 satte oliekrisen ind, salget gik langsomt, der var strejker om aflønnings forhold m.m. Der blev stillet yderligere krav til rationalisering, hvorfor der blev investeret i nye og mere avancerede maskiner i visse produktionsgrene. Stagnationen i 1970’erne fik Caravell til at satse mere ensidigt på eksporten og de opgav for en tid hjemmemarkedet. Brøndum valgte at alliere sig med en række udenlandske fabrikker for at sælge skabe under Caravells navn. De to energikriser i 1970’erne var med til at sætte mere fokus på energibevidsthed. Således blev glasuldisoleringen erstattet med polyurethan-skum og tykkelsen blev øget til 60mm, hvilket var nyt på markedet. Resultatet blev mere energieffektive frysebokse. Desuden blev en lavenergi model udbudt med en isoleringstykkelse på 90mm, der sammen med andre strømbesparende forhold gjorde, at strømforbruget blev nedsat til 50% af et markedsgennemsnit. Yderligere gav det endnu en besparelse, nemlig den at kompressoren fik længere levetid, da belastningen faldt. [Caravell Group, 2000, pp. 20-23]

I 1982 var der en årlig produktion på ca. 100.000 frysebokse stadig med fokus på eksportområdet og omkring den tid blev det samlede produktionsareal udvidet til 10.000m². Produktionshastigheden pr. dag blev sat op fra 450 til 550 enheder. Salget foregik i 40

forskellige lande. I 1984-86 fulgte yderligere en udvidelse på 7.000 m² og arbejdsstyrken øgedes til mellem 200-250 mand. Vigtigt var udvidelsen af produktsortimentet til også at inkludere fremstilling af iscremebokse og flaskekølere. Som sagt oplevede isindustrien et boom i 1980'erne dette gjorde sig også gældende for læskedrikindustrien. Især udviklingen i sidstnævnte industri bevirkede at der i 1989 blev opført en ny produktionshal til 25 mio. kr. til fremstilling af flaskekølere. Endvidere havde virksomheden et betydeligt salg af køleskabe produceret i Tyskland samt et italiensk luksusmærke. 1986 var også et vigtigt år med en stor investering på 30 millioner kr. til at udskifte den gamle maskinpark med et helt nyt og edb-styret produktionsanlæg, som gjorde at produktiviteten igen blev forøget. Samtidig startede et nyt program af kummefrysere med 13 nye modeller, som blev en succes i salgstal. [Caravell Group, 2000, pp. 23-25] I samme periode (i 80'erne) var der en række miljøproblemer af stor betydning. Dels var der på arbejdsmiljøområdet ikke overholdt en række sikkerhedsforanstaltninger i forhold til de farlige opløsningsmidler, der indgik i processen. Eksterne miljøproblemer dukkede også op, fx pga. at store mængder spildevand ulovligt var blevet udledt til et rensningsanlæg frem for Kommunekemi i Nyborg. Ligeledes havde firmaet deponeret farlige malingsrester på en losseplads og ikke sendt dem til destruktion hos Kommunekemi. [Caravell Group, 2000, p. 25]

I 1990 blev verdens første CFC-frie fryser produceret og fremvist på Frigor (man havde erstattet CFC med HCFC, med en langt mindre skadepåvirkning af ozonlaget). I 1998 byggedes en 8.500 m² lagerbygning, der skulle sikre en mere jævn produktionsrytme. Eftersom at ca. 75% af ordrene skulle tages hånd om inden sommersæsonen, ville lagerkapaciteten åbne muligheden for større produktion af standardvarer i efterårsmånederne (iscremefryserproduktionen følger til dels issæsonen). Langt størstedelen af produktionen gik i slutningen af 90'erne til eksport, omkring 95-98%, fordelt på ca. 130 lande, heraf bliver ca. halvdelen solgt i EU. [Caravell Group, 2000, pp. 25-28] Afsætningsforholdene som ovenfor beskrevet gør sig også gældende i dag.

Hovedparten af produktionen på Caravell er i dag kommercielle iscremefrysere og flaskekølere. For iscremefrysernes vedkommende produceres fem forskellige modeller, som

derudover enten kan produceres med lige eller skrå top, altså i alt 10 typer. Caravell leverer dog, på grund af forskellige farver, karme og anden udsmykning omkring 2.500 forskellige varianter. De kan levere ordrer fra 2-3 stk. og op til 20.000 stk. [Interview Caravell, 2002]. Den maksimale årlige produktion svarer til 250.000 enheder og fordelingen mellem iscremefrysere og flaskekølere er cirka 80% og 20% af den samlede produktion [Viborg, 2002, p. 22]. Virksomhedens grundareal er 117.000 m², hvoraf det samlede bebyggede areal udgør cirka 24.000 m², hvor produktionsarealet udgør ca. 40% [Viborg, 2002, p. 18]. Der er ca. 320 ansatte, hvilket dog varierer i antal i forhold til den sæsonbetonede efterspørgsel efter iscremefrysere. I 2001 havde Caravell en omsætning på 447 mio. kr. hvilket dog anses som et yderst skuffende resultat (i 2000 var omsætningen på 588 mio.) og førte til en udskiftning af den administrerende direktør i marts 2002 [Årsregnskab Caravell 2001, pp. 2-8].

3.4 Miljøproblemer forbundet til branchen

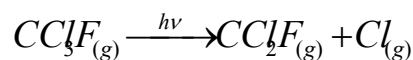
I det følgende vil vi gøre rede for de overordnede miljøproblemer forbundet til kølebranchen i nyere tid, nemlig ozonnedbrydning og global opvarmning, som nævnt tidligere i problemfeltet. I forlængelse heraf vil vi beskrive de internationale reguleringer i form af Montreal- og Kyotoprotokollen.

3.4.1. Ozonlagsnedbrydning og –problematik

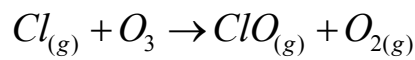
Problemet med brugen af CFC som køle- og opskumningsmiddel har været, at det i en betydelig udstrækning har undsluppet køleapparaterne og sivet ud i atmosfæren, hvor det udretter stor skade.

Det var den amerikanske kemiker F. Sherwood Rowland og hans medhjælper Mario Molino, som i 1974 opdagede CFC's indvirkning på ozonlaget (ozonlagsproblematikken) i deres

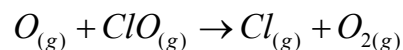
artikel "Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone" i Nature. Deres formål var, i forbindelse med den øgede produktion og anvendelse af de stabile CFC-gasser, at undersøge, hvor i naturen CFC ophobes. Deres undersøgelser viste, at gasserne langsomt (på en periode på op til 50 år) siver igennem luftlagene op til stratosfæren i ca. 20-50 km højde, hvor det spaltes af ultraviolet stråling i intervallet 175-230 nm fra solen. Ved denne proces frigøres chloratomer fra CFC, som derefter reagerer med stratosfærens ozonmolekyler. Reaktionsprocessen for CFC-11 (én CFC-type) forløber som følger:



Den resterende del CCl_2F nedbrydes. For eksempel ender fluor i det stabile molekyle HF, som derefter synker ned i troposfæren når det kommer i forbindelse med vand. Den ovenfor gennemgåede spaltning af CFC er størst i ca. 20-35 km højde hvor også ozonkoncentrationen er høj. Chloratomer kan katalysere nedbrydningen af ozon:



Ved denne reaktion dannes chloroxid som vil reagere med et oxygen-molekyle for så at danne frit chlor igen.



Reaktionerne kan betragtes som en kædereaktion, hvilket skyldes, at så længe der er frie Cl-atomer og ozon, kan ovenstående proces gentages flere tusinde gange, forudsat at der er tilstrækkeligt med oxygen til stede. På et tidspunkt vil chloratomet indgå i en mindre reaktiv proces og fx. blive til syreregn (HCl). [Meadows et al., 1992, pp. 147-150]

Ozonlaget har en beskyttende effekt mod ultraviolet stråling og de konsekvenser, der er afledt af heraf. Derfor er det alvorligt når koncentrationen af ozon i stratosfæren er faldende, idet UV-strålingen til jorden forøges. Det er især en øget indstråling af UV-B, som medfører skader på mennesker, dyr og planter. Ligeledes kan materialer såsom plast tage skade, da polymerer bliver nedbrudt af UV-stråling [Ozonseminar, 2002]. Ud over gasser med ozonnedbrydende effekt spiller også en række naturlige faktorer ind på ozonkoncentrationen,

som fx. partikler fra vulkanudbrud, cirkulation i luftlag, årstid (om vinteren er ozonkoncentrationen lavere end sommeren) m.m. [Ozonseminar, 2002, samt Bull et al. 2002, p. 6].

Grunden til at brugen af CFC-gasser (især CFC-11 og CFC-12) har vundet stor udbredelse inden for kølebranchen, skyldes deres kemisk fordelagtige egenskaber. Først og fremmest er de ikke reaktionsvillige med de elementer, de er sammensat med i køleapparater, de er inaktive og virker ikke korroderende. Derudover er de ikke giftige for mennesker. CFC har pga. af sine stabile egenskaber en lang opholdstid i atmosfæren, som for CFC-11 (CF_2Cl_2) og CFC-12 (CFCl_3) er estimeret til hhv. 45 og 100 år [Zum Dahl, 1998, p.715]. Der findes også andre CFC-gasser, som har en endnu længere levetid.

3.4.2 Regulering af ozonlagnedbrydende stoffer

Siden omfanget af de vidtrækkende skader CFC og andre ozonnedbrydende stoffer har på ozonlaget er blevet kendt, er der vedtaget omfattende, internationale aftaler om at afvikle produktionen og brugen af disse stoffer.

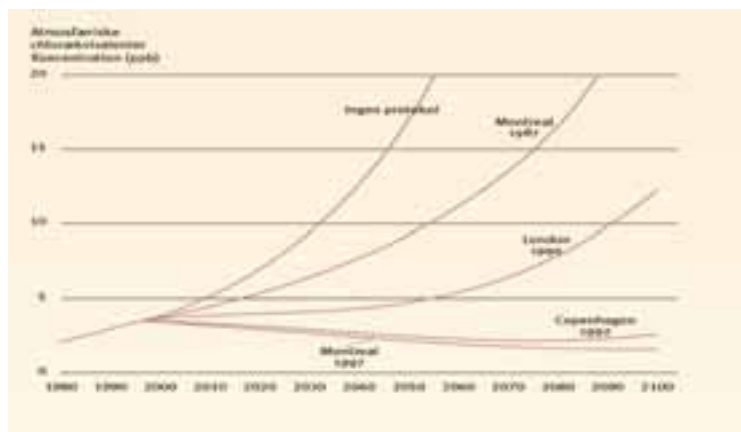
Beskyttelsen af ozonlaget koordineres internationalt gennem en rammekonvention under De Forenede Nationers Miljøprogram, UNEP. Rammekonventionen bygger på Wien-konventionen fra 1985 om beskyttelse af ozonlaget og Montrealprotokollen fra 1987, der forbyder stoffer, som nedbryder ozonlaget. Specielt ved de to konventioner, som er ratificeret af over 180 lande, er at de er uden fortilfælde. Wien-konventionen er en hensigtserklæring, hvor parterne forpligtede sig til at samarbejde om forskning og udveksling af oplysninger med henblik på en løsning af ozonlagneproblematikken. Hensigtserklæringen førte 2 år senere til den anerkendte Montrealprotokol. Protokollen adskiller sig fra konventionen ved at være en bindende aftale om reduktioner, der skal føre til total udfasning af kendte ozonnedbrydende stoffer indenfor en fastlagt tidshorisont. Protokollen er en dynamisk aftale, som med jævne

mellemrum revideres. I løbet af 12 år er der sket fire revideringer siden 1987, i hhv. 1990 (London), 1992 (København), 1997 (Montreal) og i 1999 (Beijing). Revideringerne har medført, at der udover CFC-gasser og haloner, er blevet tilføjet en række andre stoffer på listen fra 1987 over kontrollerede stoffer, herunder uheldige substitutter til CFC som hydrochlorflourcarboner (HCFC'er), der dog først skal udfases inden 2030 i de industrialiserede lande (se skema med stoffer og deres udfasningshorisont) [Bull et al., 2002, pp. 12-13]. Dog har enkelte lande og EU i implementeringen af protokollen fastsat hurtigere udfasning. Tyskland har fx forbudt brugen af HCFC-22 (CH-ClF₂) i nye produkter efter 2000. Endvidere stilles der forskellige udfasningshorisonter for hhv. udviklings- og industrialiserede lande. [McMullan, 2002, p. 90]. Der produceres ikke længere kølemøbler med CFC i Europa (jf. tabel).

Tabel: Viser en tidsplan over udvalgte gasser, som skal reduceres og udfases i henhold til Kyoto-protokollen. Bemærk forskellen i reduktionsmål og udfasningsår varierer fra hhv. I-, U-lande og EU-medlemsstater [Bull et al., 2002, p. 13].

Stof	Industrilandes reduktion i %		Udviklingslandes reduktion i %		EU-medlemsstaters reduktion i %	
CFC	100%	I 1995	0%	I 1999	100%	I 1995
			20%	I 2003		
			50%	I 2005		
			85%	I 2007		
			100%	I 2010		
HCFC	0%	I 1995	0%	I 2016	0%	I 1995
	35%	I 2004	100%	I 2040	15%	I 2002
	65%	I 2010			55%	I 2003
	90%	I 2015			70%	I 2004
	99,5%	I 2020			75%	I 2008
	100%	I 2030			100%	I 2010

Effekten af Montrealprotokollen og de senere revideringer har betydet, at tendensen med den stigende CFC i den nedre del af atmosfæren er blevet bremset de senere år, jf. figur nedenfor [Bull et al., 2002, p. 15].



Figur: Viser betydningen af Montrealprotokollen og revideringerne for mængden af CFC i stratosfæren. Pga. af chlor og broms lange opholdstid i atmosfæren, forventes en generel nedbrydning af ozonlaget de næste 20 år. Ozonlaget forventes genskabt om ca. 50 år, hvis de internationale aftaler bliver overholdt [Bull et al., 2002, p. 15].

Når de nu forbudte stoffer skulle udskiftes, har den oplagte strategi været at benytte lignende forbindelser, hvor chlor blot er blevet substitueret med carbon og hydrogen. De nye forbindelser har været med lille eller ingen ODP-værdi. Fx. har der fundet en udbredt substituering af CFC-12 (CF_2Cl_2) med HFC-134a ($\text{CF}_3\text{-CH}_2\text{F}$) sted inden for køleapparater [Zum Dahl, 1998, p. 715]. Sidstnævnte stof har en ODP-værdi på nul. Et stofs ODP-værdi måles i forhold til CFC-11 med værdien 1,0. Det udtrykker i hvor høj grad ozonnedbrydningen vil stige ved et udslip på 1 kg af stoffet til atmosfæren i forhold til stigningen ved udslip af en tilsvarende mængde CFC-11. Værdien er bestemt ud fra alle kendte potentielle effekter på ozonlaget over den tid, hvor et stof stadig kan spores i atmosfæren. Som eksempel har HCFC-22 med en ODP-værdi på 0,05 et ozonnedbrydningspotentiale på 5% i forhold til CFC-11. Det er en signifikant reduceret effekt, hvilket er den primære årsag til at HCFC'er har en lang udfasningshorisont frem til 2030 i Montreal Protokollen [Kirk-Othmer, 1991, p.133]. På trods af den, i forhold til CFC-11, lave ODP anses stoffet dog stadig som dybt problematisk, fordi det er ozonnedbrydende. Yderligere er der et andet problem forbundet til en række af disse substitutter (HFCF'ere og HFC'ere) i og med at de har høje GWP-værdier (global warming potential) [Kirk-Othmer, 1991, p. 99]. Ligesom ODP er et udtryk for et ozonnedbrydningspotentiale er GWP et udtryk for størrelsen af en gas' potentielle påvirkning af global opvarmning i forhold til en CO_2 -ækvivalent med en tidshorisont på 100 år.

I Danmark er implementeringen af Montrealprotokollen bl.a. sket i form af regulering (på nationalt- samt EU-plan), støtte til at initiere videnskabelige og teknologiske udviklingsprogrammer til fremme af udviklingen og anvendelse af alternative stoffer, teknologier, genvinding, etc. [MST, 2003d]. I udviklingen af alternative teknologier til kølebranchen har især Greenpeace været en vigtig aktør i en række lande. Greenpeace producerede en prototype med kulbrinter i 1992, som blev kaldt Greenfreeze-teknologi, hvor kølemidlet er isobutan og blæsemidlet er cyklopentan. Teknologien har senere vundet større udbredelse i en række forskellige lande, hvor der i Tyskland stort set ikke produceres andet end Greenfreeze-modeller [Alle Høringssvar, 2000, p. 4]. Dermed har Greenpeace været med til at sætte skub i udviklingen af hidtil mest miljøfordelagtige alternative stoffer til køling. Det fordelagtige ved kulbrinter (fx. Isobutan og propan) er, at de ikke har nogen ODP-værdi og kun en relativ lille GWP-værdi. Der er i Danmark gennemført en række miljøprojekter for at starte en overgang til såkaldte ”naturlige kølemidler” butan, pentan, propan, ammoniak, CO₂ og vand, hvoraf ingen har et ozonnedbrydende potentiale. Der findes endvidere i stor udstrækning stadig væk CFC i gamle køle-/frysemøbler. Det er derfor vigtigt opretholde en hensigtsmæssig affaldsbehandling af disse produkter [Ozonseminar, 2002].

3.4.3. Regulering af drivhusgasser

Et andet meget betydelig miljøproblem forbundet til brugen af kølemøbler er global opvarmning, som nævnt i problemfeltet. Dette skyldes det store elforbrug knyttet til brugen af disse, samt anvendelsen af HFC som kølemiddel.

Det internationale samfunds erkendelse af den globale opvarmning forårsaget af menneskelig aktivitet og konsekvenserne heraf, har medført et internationalt samarbejde for at sænke udledningen af drivhusgasser. Samarbejdet sker ud fra hhv. FN's rammekonvention om klimaændringer (UNFCCC) eller klimakonventionen, samt Kyotoprotokollen. Rammekonventionens overordnede målsætning er, at stabilisere koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren til et niveau, der forhindrer skadelig, menneskeskabt påvirkning af

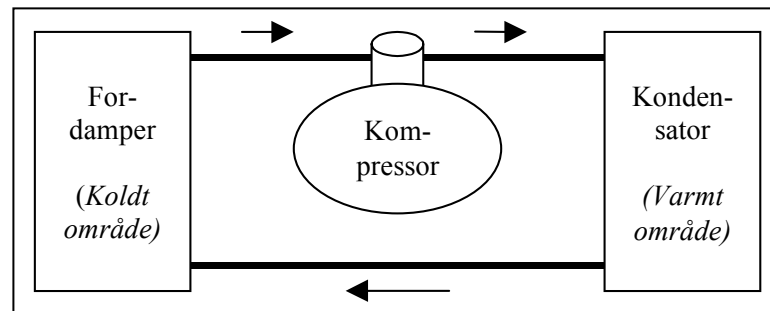
klimasystemet [Bull et al., 2002, p. 7]. Den blev vedtaget og underskrevet i Rio de Janeiro i 1992 af 154 lande, inklusiv Danmark, og trådte i kraft i 1994. Samarbejdet førte til videre handlinger for at mindske udledninger af drivhusgasser, hvilket på den tredje partskonference for de 154 lande mundede ud i Kyotoprotokollen i Kyoto, 1997. Den overordnede målsætning er at de industrialiserede lande (Annex 1-lande) skal reducere deres udslip af drivhusgasser med minimum 5% i forhold til 1990-nivauet, regnet som et gennemsnit over for pligtperioden 2008-12. I protokollen har landene forskellige forpligtelser, fx. har EU forpligtet sig til at opnå en samlede reduktion på 8%. Aftalen omfatter de 6 drivhusgasser CO₂, methan (CH₃), lattergas (N₂O) samt industrigasserne HFC'ere, PFC'ere og SF₆. Danmark har sammen med resten af EU-landene underskrevet og ratificeret protokollen i hhv. 1998 og 2002, hvilket betyder, at de er gjort juridisk bindende, så snart den træder i kraft. Det sker først når 55 annex-1 lande har ratificeret protokollen og deres samlede udslip af drivhusgasser som minimum udgør 55% af I-landenes samlede udslip. [MST, 2003 d]

Den danske udfasnings dato for HFC'ere, PFC'ere og SF₆ er i Bekendtgørelsen om regulering af visse industrielle drivhusgasser, som trådte i kraft den 15. juli 2002, overordnet 1. januar 2006. Det skal dog siges at udfasnings datoen varierer alt efter stof og anvendelses område. Den for os relevante udfasnings dato er 1. januar 2006 dette skyldes at vi kigger på HFC samt at vores specifikke produkt er indeholdt i produktgruppen "køleanlæg, varmepumper, airconditionanlæg (komfortkøling) og affugtere med fyldninger over eller lig 10 kg". [Bekendtgørelse, 2002, pp. 1-4]

3.5 Teknisk beskrivelse af en iscremefryser

Formålet med afsnittet er først at gøre rede for opbygningen af iscremefryseren for dernæst at gøre rede for princippet bag køling. Der er 5 centrale komponenter for at et kølesystem kan fungere, nemlig kølemiddel, fordamper, kondensator, kompressor og et kapillærrør eller en genstand med samme funktion, fx. en ekspansionsventil eller en vekselvirker. Kølemidlet er en gas (fx HFC-134a) som bliver varm når den komprimeres og afkøles når den ekspanderes,

hvilket er det essentielle i et kølesystem, der fungerer via et kølemiddel. Kølemiddel cirkuleres rundt i et lukket rørsystem, hvilket består af et kondensatorrør (af stål) og et fordamperrør (af aluminium), som er svejset sammen med en kompressor og et kapillærrør.



Figur: Viser en forenklet skitse over kølesystemet. Det ses, at kompressoren driver kølemidlet fra fordamperen til kondensatoren. I den undersøgte iscremefryser, model 335, er der en temperatur på ca. -18°C

Iscremefryseren er opbygget af en inder- og yderboks og er kun åben i toppen, hvor der er et glaslåg. Fordamperrøret er snoet rundt om inderboksens yderside, som er bukket af aluminium, og svejset sammen med kondensatorrøret, som ligeledes er snoet rundt på indersiden af yderboksen, der består af bukkede stålplader. Begge rørene er kittet fast på boksene med Bostik, som er en blanding af vandrevet kridt, linolie og et varmeledende metal, i dette tilfælde kobber. Formålet er at opnå en tilpas stor overflade mellem rør og boks, for dermed at sikre en effektiv varmeoverførsel til og fra kølemidlet. Kompressoren er drivkraften i kølesystemet, som fungerer vha. en el-motor. Kompressoren er placeret nederst på en af yderboksens sider i et indbygget kompressorrum. Kapillærrøret er et mindre rør, som er svejset fast til fordamperrøret. Dette rør har til formål at kontrollere mængden af væske, som strømmer ind i fordamperen. I mellem inder- og yderboksen indstøbes et isoleringsmateriale, som kaldes polyurethanskum (PUR-skum). Yderligere er der en termostat i fryseboksen, som bruges til at aktivere kompressormotoren.

Princippet for køling bygger på termodynamikkens love. Termodynamikkens første lov omtaler, at energi i form af varme vil bevæge sig fra et varmt område mod et koldere. Derfor kræver det udefra kommende energi at køle et rum og vedligeholde denne temperatur. Varmetransporten sker ved at udnytte kølemidlets fysiske egenskaber i form af bl.a.

fordampnings- og fortætningspunkter (eller mætningspunkter). Det sker ved at kølemidlet komprimeres af kompressoren og efterfølgende får mulighed for at ekspandere. Ekspansionen får gassens temperatur til at falde og giver derfor mulighed for køling. Efter komprimeringen er det nødvendigt at igangsætte en faseovergang mellem væske og gas, hvilket sker når kølemidlet som væske presses igennem kapilærrøret, som er et tyndere rør end det øvrige rørsystem. Det pres der nødvendigvis vil opstå før røret, gør at en del af væsken fordamper, når den presses igennem kapilærrøret, hvorved den resterende væskeform nedfryses til under temperaturen af det rum, som skal køles. Den temperaturforskel der vil være mellem temperaturen (T_1) i rummet og af kølemidlet (T_2), gør det muligt at flytte energi fra det varmere område (rummet) til det omgivende kølemiddel. Ved varmeoverførslen vil væsken fordampe. Kompressoren sørger for cirkulation af kølemidlet, hvorfor at kølemidlet på gasform bliver transporteret videre fra fordamperrøret til kondensatorrøret. I kondensatorrøret får gassen mulighed for at kondensere, hvorved at den energi der er forbundet i gassen kan frigives til omgivelserne i form af varme. Gassen skal skubbes videre i et tempo, der vedligeholder det lavere tryk, som er i kondensatorrøret [Kirk-Othmer, 1991, p. 129].

PUR-skummet dannes ved at blande isocyanat, polyol og pentan, som er en eksoterm og hurtig proces. Dette sker mekanisk under selve produktionsprocessen. De tre materialer er valgt, fordi de giver en tilpas høj modstand som mindsker varmeoverførslen, der kan forbedres yderligere ved at øge isoleringstykkelsen.

4. Del 2: MEKA-skema

Formålet med projektets anden del er, at gennemføre en vurdering eller screening af hvilke væsentlige miljøbelastninger en iscremefryser forårsager gennem sit livsforløb, altså fra udvinding af materialer over produktion og anvendelse til den endelige bortskaffelse og genvinding. Dette gør vi ved at udføre en forenklet LCA, det vi kalder et MEKA-skema. Vi vil starte med at præsentere den generelle metode, der benyttes i LCA, for derefter at beskrive hvordan vi udfører vores forsimplede LCA. De to første afsnit fungerer derved som en form for teori-afsnit. Efterfølgende vil vi gennemgå MEKA-skemaet og de resultater vi er nået frem til afsluttende med en konklusion. Sidst i del to vil vi uddybe de identificerede miljøbelastninger.

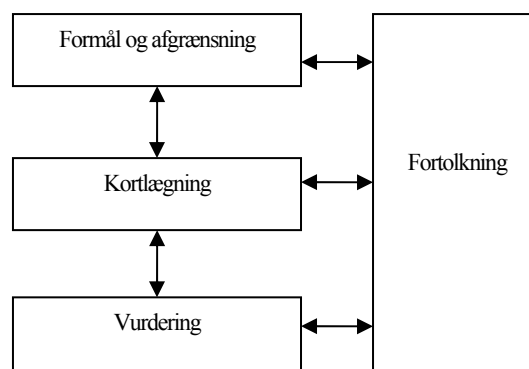
4.1 Metode i LCA

LCA (livscyklusvurdering) er en metode til beregning og evaluering af de samlede miljøpåvirkninger for et produkt, et materiale eller en service ”fra vugge til grav”. Derfor må vurderingen nødvendigvis indeholde data for alle de processer, der bidrager signifikant til miljøpåvirkningen for det undersøgte produkt, materiale eller service. Alt efter formålet med en LCA, kan der sættes andre rammer op for indholdet, hvilket gør sig gældende i vores tilfælde. Dette skyldes dels, at udgangspunktet for vores vurdering er producenten, hvorfor processer, der ikke skønnes at kunne påvirkes eller undgås via valg foretaget af producenten, udelades. Derudover adskiller LCA'en i dette projekt sig fra de fleste andre, ved ikke at fungere som en komparativ LCA (hvor den samlede miljøbelastning fra forskellige systemer, produkter eller services vurderes og sammenlignes). Der hersker nogenlunde enighed om, hvordan en LCA skal udføres, samt hvilke elementer/faser den skal indeholde. Metoden er hovedsageligt udviklet af den amerikanske organisation SETAC og der er endvidere opstillet en ISO-standard (14040-43) for LCA. Vores metodiske udgangspunkt er det danske bidrag til metoden, UMIP (Udvikling af Miljøvenlige IndustriProdukter), som er udviklet af

Institut for Produktudvikling på baggrund af blandt andet SETACs metodik [Wenzel, 1996 a, p. 48]. Denne lever også op til kravene i ISO-standarden [Pommer et al., 2001 b, p. 21].

Man kan opstille fire forskellige faser i en livscyklusvurdering; formål og afgrænsning, kortlægning, vurdering og fortolkning. Disse formål og indbyrdes sammenhænge søges skitseret nedenfor:

Figur: Viser de fire forskellige faser i en livscyklusvurdering [Pommer et al., 2001 b, p. 13].



I formål og afgrænsningsfasen defineres formålet med LCA'en, det undersøgte systems funktion (fx at opbevare læskedrikke fra produktion til forbrug, hvis der foretages en LCA af hhv. flasker og dåser) og den funktionelle enhed (den enhed man regner ud fra, fx opbevaring/emballage af 1.000L læskedrik). Derudover redegøres for det undersøgte system og der foretages afgrænsninger og antagelser. Dette er meget afgørende, da netop afgrænsninger og antagelser påvirker det endelige resultat. I kortlægningsfasen foretages indsamling og tolkning af data, der beregnes materiale-flow og input/output til og fra miljøet i de forskellige dele af systemet. I vurderingsfasen estimeres og evalueres miljøpåvirkningerne fra det undersøgte system, denne kan opdeles i tre underfaser: 1) klassificering: parametre fra kortlægningen opdeles i forskellige miljøeffekt-kategorier, fx GWP, ODP, NO_x el.lign.; 2) karakterisering: den potentielle medvirken til de forskellige miljøeffekt-kategorier beregnes og 3) vægtning: den samlede miljøpåvirkning af det undersøgte system estimeres. Fortolkningsfasen er en fortløbende proces, hvori man analyserer resultater fra kortlægning og vurdering ud fra det definerede formål og afgrænsning med henblik på at finde relevante konklusioner og anbefalinger.

4.2 Metode i forenklet LCA

Den forenklete metode, beskrevet af Pommer et al. [2001 b] og som vi benytter i projektet, bygger på UMIP og baseres på de samme faser som en almindelig LCA som beskrevet ovenfor. Den er dog delt op i forskellige detaljeringsniveauer, hhv. MEKA-skema, PC-simulering og fokus LCA (i nævnte rækkefølge). MEKA-skemaet fungerer som en screening af miljøbelastningerne i de forskellige faser af produktets livsforløb. Disse indsættes i et skema fordelt på Materialer, Energiforbrug, Kemikalier og Andet (fx arealforbrug, ikke-kemiske arbejdsmiljøproblemer m.m.). PC-simulering foretages ved hjælp af et computerprogram, der kan udregne og vægte belastninger på baggrund af oplysninger i en database. I fokus LCA afgrænser man sig til at undersøge udvalgte processer eller forhold i livsforløbet i dybden. Man benytter sig i hvert detaljeringsniveau af den generelle LCA-metodik med de fire faser, jf. figur ovenfor. Derefter vurderes hvorvidt der i henhold til formålet med vurderingen er behov for et højere detaljeringsniveau og indenfor hvilke områder dette i givet fald gør sig gældende. Man behøver altså ikke nødvendigvis gennemføre en PC-simulering eller fokus LCA, disse gennemføres kun såfremt de, skønnes at kunne bidrage væsentligt i forhold til det endelige resultat. Endvidere må man påregne væsentligt forøget arbejde i forbindelse med at bevæge sig til et højere detaljeringsniveau. [Pommer et al., 2001 b, pp. 19-20] I miljøvurderingen i projektet har vi kun gennemført det første detaljeringsniveau, MEKA-skemaet, hvilket vi begrundet i forbindelse med vurderingen af skemaet.

MEKA-skemaet baseres både på kvantitativ og kvalitativ empiri. I vurderingen af materiale- og energiforbruget benyttes kvantitativ empiri, mens vurderingen af kemikalier og andre miljøproblemer baseres på kvalitativ empiri. Ifølge Pommer et al. [2001 b, pp. 23] skal der som udgangspunkt foretages en række centrale afgrænsninger. Her er en væsentlig afgrænsning at vurderingen baseres på indgående materialestrømme og energiforbrug, man vurderer ikke emissioner og spild. Udgangspunktet er at udfærdige en liste over produktets materialer og sammensætning samt at få overblik over processerne i produktets livsforløb.

Endvidere er det nødvendigt at få kendskab til energiforbruget i de forskellige faser. Afgrænsningerne foretages primært for at forenkle dataindsamlingen, men kan revideres i en eventuel fokus LCA. Eftersom spild af materialer i de fleste tilfælde består af rene fraktioner, kan det relativt let genanvendes enten internt eller eksternt [Pommer et al., 2001 b, p. 23]. Hvis dette er tilfældet, vil det største problem i forhold til spild være energi til genvinding og transport og ikke forbrug af materialet. Hvis data vedrørende spild er umiddelbart tilgængeligt vil vi inddrage det i det omfang, vi finder det relevant. Derefter kan empirien indføres i et skema med faser i produktets livsforløb på den ene led og Materialer, Energi, Kemikalier og Andet på den anden led.

4.3 Gennemgang af MEKA-skema

I det efterfølgende vil vi beskrive, hvordan vi har gennemført projektets miljøvurdering, der som beskrevet ovenfor består i et MEKA-skema (Materialer, Energi, Kemikalier og Andet) og en vurdering af dette.

4.3.1 Formål med miljøvurderingen

Formålet med at foretage en miljøvurdering af en iscremefryser er at identificere og vurdere hvilke miljøbelastninger der er forbundet til materialer, produktion, brug og bortskaffelse. Det er en målsætning, at kunne bruge resultaterne til at opstille en række forbedringsforslag med henblik på at mindske de væsentligste miljøbelastninger. Forbedringsforslag skal i denne forbindelse forstås ud fra producenten. Vi fokuserer derfor på de dele af systemet, som producenten kan påvirke enten direkte eller indirekte. Det er vigtigt at pointere, at formålet med miljøvurderingen ikke skal forveksles med projektets formål som helhed.

4.3.2 Valg af produkt og funktionel enhed

Vi har valgt at miljøvurdere iscremefryseren, model 335, produceret af Caravell. Dette er en standardboks på brutto 336 liter (netto 294 L) med fladt skydelåg af glas. Grunden til at vi beskæftiger os med denne model er, at der tidligere (i 2000) er blevet foretaget målinger ved field-tests af fryserens energiforbrug i samarbejde med Teknologisk Institut. Det betyder, at data fra denne undersøgelse kan bruges til beskrivelsen af brugsfasen i MEKA-skemaet.

En funktionel enhed er nødvendig for at klargøre, hvad vi præcist måler på, samt at kunne sammenligne resultater af livscyklusvurderinger mellem forskellige produkter. Iscremefryserens primære funktion er nedfrysning af isprodukter. Ifølge Wenzel et al. [1996 b, p. 14] er mål for den funktionelle enhed normalt rumindhold og skabets temperaturklasse. Ifølge Poulsen et al. [2000], som har foretaget målinger af temperatur i fryseren (EN 441-afprøvning), er temperaturintervallet fra ca. ± 28 til $\pm 18^{\circ}\text{C}$. Det er et krav til køleanlægget i iscremefryseren, at det skal kunne holde varerne nedfrosset til $\pm 18^{\circ}\text{C}$ uanset en varierende omgivelsestemperatur (inden for 25°C) [Poulsen et al., 2000, p. 16]. I realiteten er omgivelsestemperaturen svingende og i Danmark i gennemsnit omkring 20°C (ifølge field-test målinger). Eftersom energiforbruget i høj grad afhænger af den omgivende temperatur, har vi valgt at benytte den generelle gennemsnitstemperatur frem for den maksimale temperatur, der benyttes i laborietests. Den specifikke levetid for model 335 er ikke kendt, dog oplyser både Caravell, Frisko, Vibocold og Nestlé at en iscremefryser i Danmark generelt har en levetid på ca. 7 år, hvorfor vi benytter dette tidsrum i den funktionelle enhed.

For at beskrive et produkts ydelse er det væsentligt at skelne mellem hhv. pligt- og positionsegenskaber. Pligtegenskaber er de egenskaber som på forhånd er givet, enten via lovgivning eller fast forankrede kundekrav. Med fast forankrede kundekrav menes krav stillet af kunderne, som samtlige producenter på markedet opfylder. Positionsegenskaber er de egenskaber, som gør produktet attraktivt i forhold til andre produkter [Pommer et al., 2001 a, pp. 51]. Vi har i nedenstående skema kort beskrevet fryseboksens ydelse i form af pligt- og

positionsegenskaber i sammenhæng med den funktionelle enhed.

Skema: Viser den funktionelle enhed i sammenhæng med pligt- og positionsegenskaber.

	Pligtegenskaber.	Positionsegenskaber.
Kvantitet.	Fryse 294 liter (netto).	
Varighed.	7 år.	
Kvaliteter/egenskaber.	Fryse til $\pm 18^{\circ}\text{C}$ ved en omgivende temperatur på 20°C . Udsyn til indhold (oftest vha. et glas låg). CE-mærkning. Ikke ozonlagnedbrydende kølemiddel.	Pris. Design (udformning/ reklameplads m.m.). Miljø? Lang levetid?

Udsynet til boksens indhold er efter vores opfattelse et eksempel på en positionsegenskab, som med tiden er blevet så fast forankret på markedet, at det er gået hen og blevet en pligtegenskab. Vi forestiller os at miljø i fremtiden kan blive en positionsegenskab, på samme måde, som for eksempel energimærkning er blevet det for bl.a. kølemøbler til husholdningsbrug, dvs. ved at en iscremefryser kan profilere sig på at have et lavt energiforbrug. Miljø er en pligtegenskab på ét punkt, nemlig det som vedrører kølemidlet, som ikke længere har nogen ODP-værdi (jf. Del 1). Derimod har nogle af de nuværende kølemidler en relativ høj GWP-værdi. Det kan højst sandsynligt blive en fremtidig positionsegenskab helt at undgå en høj GWP-værdi, hvilket bl.a. skal ses i sammenhæng med at bl.a. Coca-Cola, McDonald og Unilever har udmeldt ved OL i Sydney 2000, at de vil "afvikle brugen af HFC inden 2004/2005". Senest har Nestlé fulgt op [DK køledage, 2002, p. 9]. Muligvis kan en længere levetid også blive en positionsegenskab, hvilket fx. kan medføre et mindre ressourcetræk.

Fryseren har endvidere en række sekundære ydelser. Ved sekundære ydelser forstås de ydelser som ikke umiddelbart er tiltænkt af hverken producenten eller kunden. I vores tilfælde vil de sekundære ydelser være varmeafgivelse fra fryseren, som derved fortrænger anden rumopvarmning i fyringssæsonen, samt de materialer der i bortskaffelsesfasen enten kan genanvendes eller afbrændes, hvorved man udnytter deres brændselsværdi.

4.3.3 Afgrænsninger

I det følgende vil vi eksplicitere, hvilke afgrænsninger vi har gjort os i forbindelse med miljøvurderingen. Dette er essentielt i forhold til at sikre gennemsigtighed i vurderingen samt at klargøre præcis, hvad vi undersøger og hvad vi *ikke* undersøger. Som beskrevet i formålet foretages miljøvurderingen med udgangspunkt i producenten, altså Caravell. Den overordnede afgrænsning bliver da, at vi ikke vil se på de dele af systemet, som ikke kan påvirkes af producenten. For eksempel er der for visse komponenter kun få udbydere, hvilket begrænser producentens handlerum, da denne ikke har mulighed for at fravælge udbydere såfremt der er tale om komponenter, der ikke kan undværes eller substitueres.

Vi har i denne miljøvurdering valgt at se bort fra transportfasen og det energiforbrug denne medfører. Dette skyldes for det første, at vi ikke mener fryseproducenten har nogen reel mulighed for at begrænse miljøbelastningen fra denne fase, medmindre eksportmarkedet begrænses. For det andet vil transportmængden variere meget fra fryser til fryser da Caravell eksporterer til ca. 130 lande [Caravell Group, 2000, p. 26]. Derfor vil det være vanskeligt at fastsætte en gennemsnitlig transportmængde per fryser. En anden overordnet afgrænsning vi har foretaget er energiproduktionen. Dette skyldes producentens manglende muligheder i forhold til at påvirke energiproduktionen. Det vil være for omfangsrigt og uden for projektets formål at prøve at sige noget generelt om fremstillingen af energi og de deraf afledte miljøbelastninger i 130 lande.

En væsentlig afgrænsning i forhold til hvordan miljøvurderinger i almindelighed gennemføres er, at vi kun ser på de indgående materialestrømme i produktionsfasen. Emissioner fra produktionen er altså i vid udstrækning ikke medtaget og indgående strømme er sat lig udgående strømme, hvilket anbefales i Pommer et al. [2001 b, p. 23]. Vi ser endvidere bort fra spild i produktionen. Dette skyldes, at spildet i de fleste tilfælde er opdelt i rene fraktioner, hvorfor det generelt er uproblematisk at genvinde/oparbejde, hvis ikke det kan benyttes direkte i andre produktioner (hvilket for eksempel gør sig gældende for pulverlak). Energi til fremstilling af delkomponenter og hjælpestoffer er ikke medtaget i vurderingen, mens energi

til materialeudvinding/fremstilling både i disse og i produktets andre dele er medtaget. Eftersom procesenergien til fremstilling af det samlede produkt er næsten ubetydelig i forhold til energiforbruget i brugsfasen, (jf. MEKA-skema nedenfor), mener vi ikke at dette vil kunne påvirke det endelige resultat. Denne afgrænsning er delvist foretaget af nød, da de efterspurgte data ikke har været umiddelbart tilgængelige. I forbindelse med bortskaffelsesfasen afgrænser vi os fra at undersøge affaldsbehandlingssystemer i alle de lande, der eksporteres til. Her er udgangspunktet den danske affaldsbehandling med dertil hørende delsystemer i Tyskland og Sverige (hvilket vi vil komme nærmere ind på nedenfor). Dog vil miljøvurderingen være dækkende for lande med affaldsbehandlingssystemer, der ligner det undersøgte.

Vi har gjort os en række afgrænsninger i brugsfasen. Blandt andet ser vi bort fra aircondition-anlægs elforbrug. I praksis vil et eventuelt aircondition-anlæg skulle transportere den varmemængde, som fryseren afgiver til omgivelserne. Aircondition har derfor et ekstra elforbrug i sommermånederne under danske forhold, nemlig dét det kræver at flytte varmemængden og burde derfor medtages i vurderingen. Vi har dog valgt at afgrænse os fra at indsamle den empiri, som er nødvendig for at udføre denne beregning. Dette skyldes, at vi ikke har kunnet få data for andelen af fryserne opstillet i lokaler med aircondition. Vi har ligeledes valgt at afgrænse os fra energiforbrug (samt kemikalieforbrug) i forbindelse med rengøring og afrimning af frysebokse i brugsfasen, da vi antager, at det kun vil have lille betydning for belastningen i denne fase. Ifølge en vejledning om vedligeholdelse [Poulsen et al., 2000, p. 34] bør fryseren afrimes min. 1 gang hvert kvartal og risten ved kompressorhuset bør støvsuges 2-3 gange årligt (afrimningen vil være mest energikrævende). Da det ikke har været muligt at få oplyst hvor mange komponenter, der bruges til vedligeholdelse af iscremefrysere, har vi set os nødsaget til at se bort fra brugen af materialer i brugsfasen. De komponenter, der skal udskiftes i brugsfasen, er oftest termostater, glaslåger, hjul m.m. [Interview, Vibocold, 2003].

4.3.4 Antagelser

Vi vil her eksplicitere vores antagelser i forbindelse med MEKA-skemaet, for at klargøre hvad vurderingen er dækkende for. Først vil vi dog uddybe, hvad der menes med mPR (millipersonreserve), da det er et hyppigt benyttet begreb.

I opgørelsen over brugen af de forskellige materialer omregnes disse til et ressourceforbrug (eller ressourcetræk), som opgøres i enheden millipersonreserver, mPR. Opgørelsen i mPR bygger på forsyningen af den enkelte ressource på verdensplan samt den mængde en gennemsnitsperson bruger af den givne ressource pr. år [Pommer et al., 2001 a, p. 175]. Ved at opgøre materialer i mPR tages hensyn til, at de er fremstillet ud fra sparsomme eller rigelige ressourcer, det er dog kun ikke-fornybare ressourcer, fx metal og plast, som opgøres på denne måde. Vi benytter os af de mPR- værdier, som er opgivet i Pommer et al. [2001 a]. Omregning til mPR tager kun hensyn til kendte verdensreserver, hvorfor der er forbundet en vis usikkerhed dertil.

Overordnet er det undersøgte system kun dækkende for fryserne opstillet og bortskaffet i Danmark. Vurderingen vil dog hvad angår materiale og produktionsfasen være dækkende for den undersøgte fryser, uanset hvor den er opstillet og bortskaffes. I brugsfasen vil klimatiske variationer have en effekt på fryserens elforbrug, dels fordi der ved højere omgivende temperaturer bruges mere energi på køling og dels fordi mængden af godskrivning varierer med fyringssæsonens længde (se nedenfor). Overordnet kan man formode, at fryseren bruger mere energi i lande med varmere klima end i Danmark. Ifølge håndbogen bør fryseboksens elforbrug omregnes til energi, som dernæst gøres op millipersonreserver (mPR) råolie . Vi har imidlertid på opfordring af Henrik Wenzel Christensen (ingeniør ved IPU) besluttet at opgøre energien i mPR naturgas i stedet. Dette skyldes at naturgas ifølge Wenzel tilnærmelsesvis er repræsentativ for den danske elproduktion.

En fryser vil som alle andre elektriske apparater afgive en vis varmemængde, når den er i

funktion, hvorfor den er med til at opvarme det rum, som den befinder sig. Dette er en fordel i et tempereret klima som i bl.a. Danmark, i og med at der derfor spares på de ressourcer, der ellers bruges til rumopvarmning (naturgas, fyringsolie, fjernvarme m.m.). Man kan sige, at den varme iscremefryseren afgiver fortrænger brug af anden varme. Varmefortrængningen kommer fryseren til gode i form af godskrivning. For at udregne godskrivningen antager vi at energisætningen om, at energi kan ændres fra en form til en anden, men aldrig vil gå tabt gør sig gældende, når fryseren er i funktion, således at alt energiforbruget i sidste ende omsættes til varme. Det er en antagelse som kan gøre sig gældende specielt for en fryseboks, da det er *frostvarer* som nedfryses og dermed er det ”kun” luft ved åbning af låg, som skal nedfryses. Godskrivningen kan dog kun ske for den del af året, hvor der er behov for rumopvarmning, dvs. i fyringssæsonen. Fyringssæsonen bestemmes oftest til at være fra 1. oktober til 1. maj (dvs. 7 mdr.), hvilket afhænger af at temperaturen skal være under et vist niveau i en sammenhængende tidsperiode. I denne periode godskrives varmeudviklingen fra fryseren og vi antager at den fortrænger varme fra naturgas [Teknologisk Institut, 2003; samt DMI, 2003].

Der sker desuden en godskrivning af både materialer og energi i bortskaffelsesfasen. Godskrivning af materialer sker såfremt de i bortskaffelsesfasen genvindes, hvorved det samlede ressourcetræk mindskes, da de genvundne materialer antages at erstatte nyt materiale. Godskrivning af energi i bortskaffelsesfasen kan ske på to måder. Der godskrives energi hvis et materiale med brændværdi bortskaffes ved afbrænding. Dette skyldes, at vi i Danmark bruger energien fra vores forbrændingsanlæg til at producere energi i form af varme og el, hvorved det afbrændte materiale fortrænger anden energiproduktion. Desuden godskrives energi hvis materiale genvindes. Dette skyldes at oparbejdning af genbrugt materiale som regel ikke er ligeså energikrævende som forarbejdning af nyt materiale. Eftersom genvundet materiale antages at erstatte nyt materiale godskrives forskellen mellem energiforbruget til at producere nyt materiale og energiforbruget til at oparbejde genbrugt materiale.

Vi antager at den danske affaldsbehandling i nogen grad er repræsentativ for Nordeuropa, hvilket skyldes at systemerne i mange henseende overlapper hinanden (hvilket beskrives i ”produktets livsforløb”). Afslutningsvis antager vi at den undersøgte model (335 Caravell)

tilnærmelsesvis er repræsentativ for lignende produkter og mener derfor at man vil kunne overføre vores konklusioner, hvad angår miljø påvirkninger, til lignende iscremefrysere.

4.3.5 Databehandling

Den benyttede datas kvalitet er temmelig forskellig i forhold til de forskellige faser. Udgangspunktet er en nedbrudt stykliste over model 335 fra Caravell A/S (tilsendt af fabrikschef Palle Lengsholm, februar 2003) samt en stykliste for kompressoren fra Danfoss A/S. Disse lister angiver de præcise mængder for alle materialer i produktet. Derudover har vi indhentet data fra Bostik og Techtrade, der fremstiller henholdsvis kontaktmasse, pentan, isocyanat og polyol om disse stoffers indhold. Stoffernes indbyrdes forhold er dog ikke opgjort i præcise mængder men er indhentet med henblik på at foretage en kemikalievurdering. Energiforbrug til fremstilling og forarbejdning af materialer samt omregningsfaktorer til mPR er hentet fra Pommer et al. [2001 a], hvorfor disse er generaliserede data.

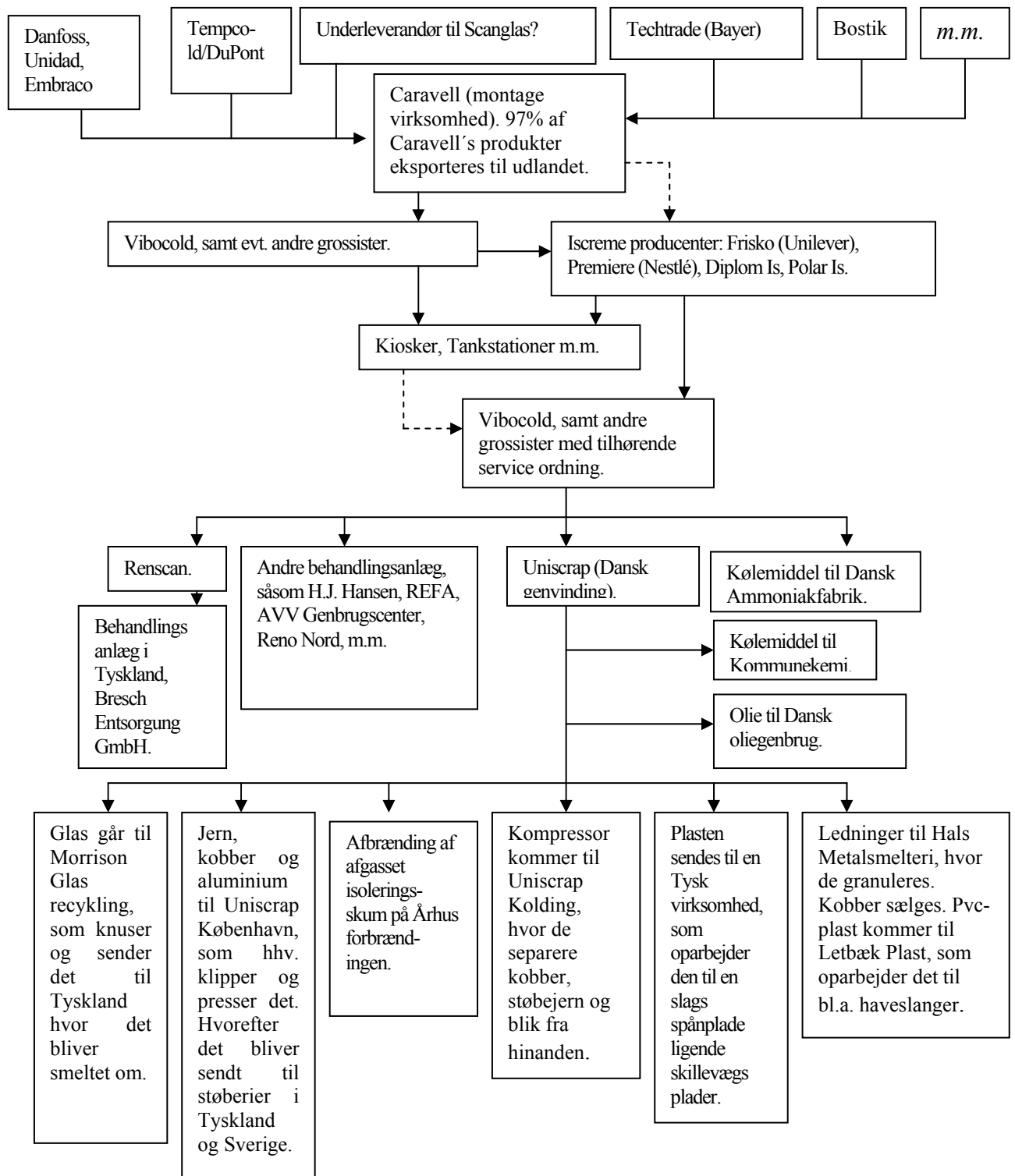
Data for produktionsfasen er indhentet gennem Caravell. Vi har ikke energiopgørelser for de enkelte produktionsprocesser men et aggregeret energiforbrug for Caravells produktion af iscremefrysere i 2002. Energien er opdelt i proces- og rumenergi og udregnet ud fra el- og gasforbruget. El- gas- og vandforbrug i produktionsfasen er tilsendt af Jørgen Ingemann (daglig sikkerhedsleder på Caravell), marts 2003. Data for energiforbruget i brugsfasen er indhentet fra en field-test foretaget på model 335 af TI, butikker og Vibocold [Poulsen et al., 2000, pp. 6-7]. Der er foretaget målinger af energiforbruget på 18 frysere opstillet forskellige steder i Danmark, hvilket i deres afrapportering vurderes at være *nogenlunde repræsentativt*.

Ydermere har vi indhentet data fra IPU, TI, Caravell, DMI, Vibocold, og is-producenterne vedrørende godskrivning og vedligeholdelse. I forbindelse med bortskaffelsesfasen har vi benyttet data fra Miljøstyrelsen, Henrik Wenzel C. (IPU) og selv indhentet data fra implicerede parter for at kortlægge livsforløbet. Derudover har vi indhentet information om

processer og behandling og sortering af materialer fra de respektive aktører. I forbindelse med energiforbrug til oparbejdning og energiudvinding ved afbrænding benyttes generaliseret data fra Pommer et al. [2001 a].

4.3.6 Gennemgang af livsforløb

I dette afsnit vil redegøre for en iscremefryzers livsforløb. Nedenstående figur er en grafisk oversigt over forløbet.



Figur: Viser livsforløbet af en iscremefryser produceret af Caravell og solgt i Danmark.

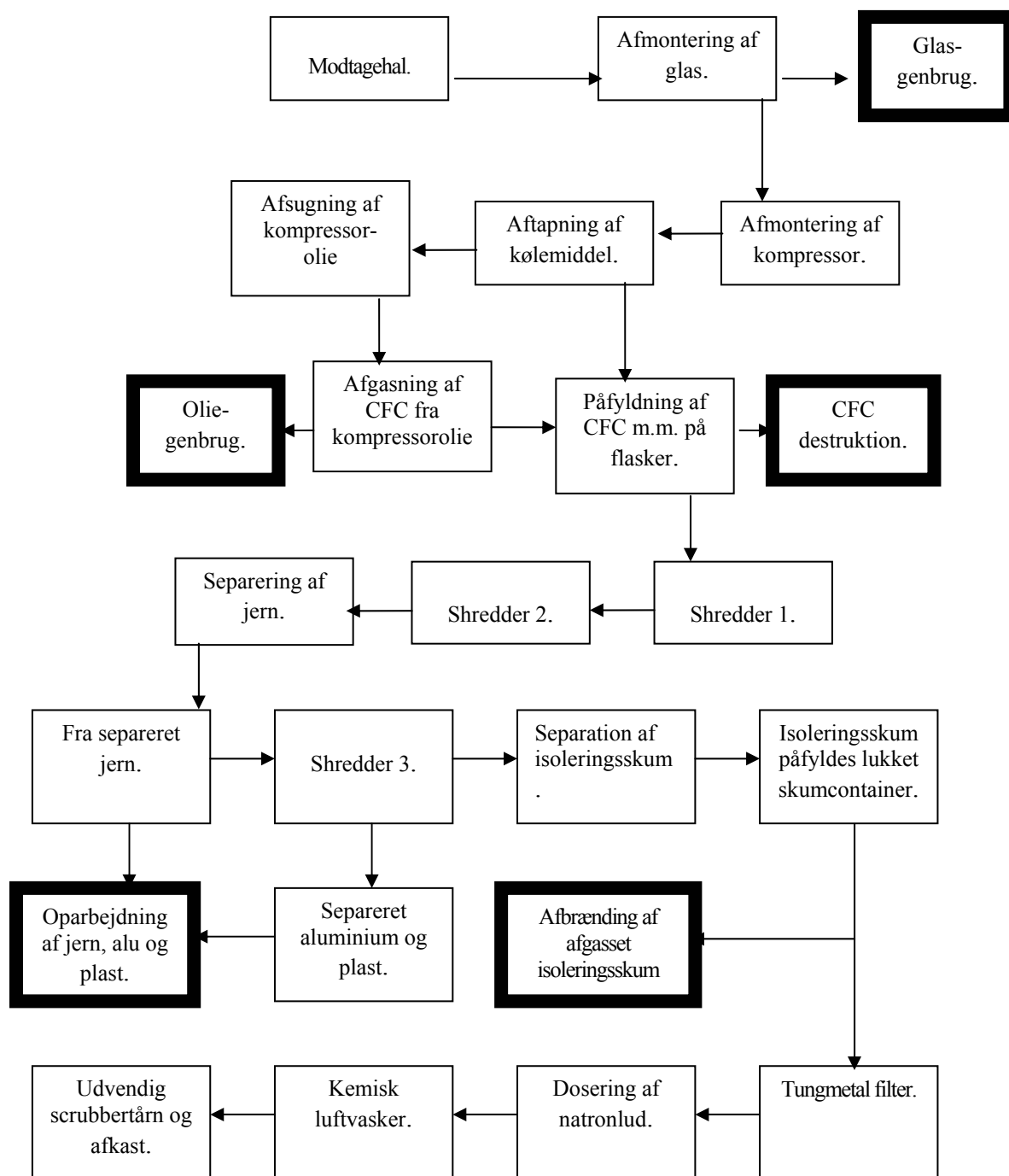
Danfoss, Electrolux, Bostik, Techtrade, Tempcold samt de andre underleverandører leverer

materialer, halvfabrikater, komponenter m.m. til Caravell. I forhold til figuren er det her vigtigt at understrege, at vi kun har medtaget nogle af disse, men fælles for disse er at deres produkter er en kombination af flere materialer, f.eks. Danfoss-kompressoren, som består af hhv. kobber, støbejern og jern. Efter Caravell har samlet fryseren sælges den enten via Vibocold/anden grossist eller direkte fra fabrikken til iscreme-producenterne: Premiere Is (Nestlé), Frisko Is (Unilever), Polar Is og Diplom Is. Det er her vigtigt at gøre opmærksom på, at dette kun gør sig gældende for det danske marked. Når der sælges til udlandet, hvilket er tilfældet for 97% af Caravells produktion, er det under andre forhold. Når isproducenterne har købt fryserne opstilles de hos forbrugerne (kiosker, tankstationer, m.m.). Den eneste forskel på om de er købt gennem Vibocold eller direkte fra Caravell er, at det er Vibocold, som i givet fald står for vedligeholdelsen, herunder reparation og indsamling i forbindelse med bortskaffelsen. Vibocold indsamler som sagt fryserne, når de skal bortskaffes, hvilket typisk er efter ca. 7 år. Derefter aftapper de kølesystemerne for HFC og sender det aftappede kølemiddel til Dansk Ammoniakfabrik, som oparbejder det. Efter fryserne er tømt for kølemiddel, sendes de til Uniscrap Århus. Det skal dog bemærkes, at der også findes andre bortskaffelsesanlæg/-veje hvor de største, foruden Uniscrap, er hhv. H.J. Hansen og Renscan [Poulsen et al., 2002, p. 49]. H. J. Hansen bortskaffer ca. 20% af samtlige brugte kølemøbler i Danmark [Interview, H.J.Hansen, 2003]. H. J. Hansen demonterer kølemøblerne for alle løse og genanvendelige dele. Derefter behandles møblerne i et shredder-anlæg, hvor de neddeles til stykker på ca. 5*5cm. Renscan er ikke et bortskaffelsesanlæg men blot en indsamlingsordning, som videresender affaldet til et avancerede Tysk anlæg (Bresch Entsorgung GmbH). Renscan opsamler kølemøbler fra Sjælland, Bornholm, Serviceringen og Elgiganten og er dermed den største danske indsamler/behandler.

Uniscrap Århus står for bortskaffelsen af ca. 25% af samtlige brugte kommercielle iscremefrysere, herunder dem fra Vibocold, men også en stor del fra iscremeproducenterne selv [Interview, Uniscrap, 2002]. Disse apparater er ikke på forhånd tappet for kølemiddel, hvilket gøres af Uniscrap. Måden hvorpå apparaterne skaffes af vejen er ens, hvad enten det er CFC-, HFC- eller pentan- (dog kun få) opskummede frysere (jf. figur). Efter eventuel aftapning af kølemiddel afmonteres løse plast, glas og metaldele. Selve boksene behandles i to lukkede shredder-anlæg, der som hos H.J. Hansen opdeles til stykker af 5*5 cm. Derefter

separeres magnetiske metaller, kobber og aluminium i næsten rene fraktioner. Det opskummede plast, der oftest indeholder CFC, nedbrydes i et særligt forbrændingsanlæg som spaltes CFC'en til blandt andet HCl, CO₂ og flussyre. Hos Uniscrap København forarbejdes jern, aluminium og kobber inden det sendes til smelterier i hhv. Tyskland og Sverige. Med forarbejdning menes at jernet klippes, aluminiumet presses til klodser på 40*40*40cm og kobberet forbliver som det er. Uniscrap Kolding modtager fra Århus de afmonterede kompressorer, som de opdeler i kobber, støbejern og ”blik”, derefter oparbejdes metallerne andetsteds. Det afmonterede glas sendes til Morrison Glasrecycling Danmark Aps, som knuser det og videresender glasgranulatet til et tysk anlæg, som oparbejder det til flasker m.m. På Hals metalsmelteri granuleres ledningerne fra fryseren, hvorefter man separerer kobber- og plastgranulat fra hinanden. Kobbergranulatet sælges for derefter at blive oparbejdet til nyt kobber mens plastgranulatet, som indeholder pvc, sendes videre til Letbæk Plast A/S. Hos Letbæk Plast indgår 90% af granulatet i deres produktion af haveslanger, gummi, fødder til vejskilte og orange afdækningsbånd til at beskytte telekabler, rør og lign. De resterende 10% af granulatet deponeres. Den aftappede kompressorolie indsamles af Dansk oliegenbrug og oparbejdes til enten fyrings- eller baseolie. Fyringsolien benyttes på fjernvarmeværker og fortrænger derved tung fyringsolie fra olieselskaberne. Dette skulle ifølge Dansk oliegenbrug være mere miljørigtigt og er under alle omstændigheder en fordel set fra et ressourceperspektiv. Baseolien bruges som råmateriale i produktionen af smøreolie. Det på Uniscrap aftappede kølemiddel (en blanding af CFC og HFC) sendes på flasker til Kommune Kemi, som afbrænder det ved 1200°C, hvorved stofferne spaltes. Plastgranulatet sendes til en tysk virksomhed, som oparbejder det til en slags spånplade lignende skillevæge. Det afgassede isoleringsskum sendes til afbrænding på Århus Forbrændingen.

Vi har valgt at opstille nedenstående skema over affaldsbehandlingen af kølemøbler på Uniscrap for at vise kompleksiteten af behandlingen.



Figur. Viser affaldsbehandlingen af kølemøbler på Uniscrap [Uniscrap, 2003].

4.4 Resultater angivet i MEKA-skema

I det følgende gør vi rede for behandlingen af det indsamlede empiri til opstilling af MEKA-skemaet. Vi har opbygget afsnittene i forhold til de fire kategorier Materialer, Energi, Kemikalier og Andet for til slut at opstille selve skemaet.

4.4.1 Materialer

I den første del af MEKA-skemaet er de forskellige materialers samlet vægt opgjort i hhv. kg og millipersonreserver (mPR). Mængdeopgørelsen i materialefasen er foretaget ud fra styklisterne fra Caravell A/S og Danfoss A/S.

Det skal nævnes, at vi har valgt at dele plasticfraktionen op i generelt plastic og abs-plastic (akryl nitril butadien styren). Den generelle plasticfraktion er ikke blevet delt yderligere op. Vi vælger at bruge denne opdeling i senere beregninger.

I produktionsfasen har vi taget udgangspunkt i forslag til kap.5 godkendelse [Viborg, 2001] for at danne et overblik over forbrug af hjælpestoffer til produktionen af iscremefryseren, dvs. materialer som ikke indgår i selve produktet, men benyttes i produktionsprocessen. I afsnittet om affaldsmængder fremgår det bl.a., at der bruges hydraulikolie, gearolie, renevæske m.m., men det specifikke forbrug pr. fryser kender vi ikke. Udfra mængdeopgørelserne må de nævnte hjælpestoffer formodes ikke at udgøre et væsentligt forbrug i forhold til fx fosfateringsanlægget. I styklisten er også angivet forbruget af hjælpestoffer til fosfateringskarret, som ikke direkte bliver en del af fryserne. Vandforbruget i forbindelse med fosfateringsprocessen er udregnet pr. fryser i nedenstående skema.

Skema: Ovenfor er vandforbruget på boksfabrikken opgjort for 2002. Forbruget pr. fryser er udregnet ved, at vi går ud fra, at der i 2002 blev produceret næsten 140.000 bokse.

Vandforbrug	År, 2002
Dir.proces (m ³) (fosfatering/ pladeaffedtning).	10.650 m ³
Forbrug pr. fryser (m ³)	0,08 m ³
Opgjort i kg vand	77,3 kg

Vi har af P. Lengsholm fået oplyst, at der i 2002 blev produceret ca. 140.000 bokse, hvilket vi har brugt til at udregne forbruget pr. fryser.

I mængdeopgørelsen under andet er en række produkter medregnet, som vi ikke har søgt at opdele i forhold til materiale. Dette er en usikkerhed som vi vælger at se bort fra, da posten *andet* udgør en ubetydelig lille mængde af det samlede produkt. Endvidere er der en række delkomponenter, som vi ikke har opgjort efter materialer, dette er fx termostat og kontaktmassen fra Bostik, hvilket skyldes, at vi ikke har kunnet fremskaffe data herfor. For Bostik har vi oplysninger om at det indeholder kobber, kridt og olie men ikke i hvilket forhold.

I opgørelsen over ressourceforbrug er alle materialer gjort op i ressourceforbrug (mPR). I håndbogen [Pommer et al. 2001 a] er ressourceforbruget i mPR opgjort pr. kg. ressource, hvorfor mængden blot skal multipliceres med denne opslagsværdi for at beregne ressourceforbruget i mPR. En række materialer indeholder flere ressourcer, fx består stål af 99% jern og 1% mangan, hvilket skal medtages i beregningen af ressourceforbruget. Et regneeksempel for stål er:

$$mPR_{Fe} = 8,78kg_{Fe} * 0,99 * 0,08 \frac{mPR}{kg} = 0,70mPR_{Fe}.$$

I MEKA-skemaet er også anført en række bemærkninger om problematiske sideeffekter ved produktionen af det enkelte materiale, jf. kemikalier eller andet.

I bortskaffelsesfasen sker der en godskrivning af de fire metaller. Godskrivningen sker i

overensstemmelse med den indsamlede empiri og de antagelser vi har gjort os, hvilket vi har illustreret i nedenstående skema. Procentsatser bruges til at udregne hhv. godskrivning af ressourcer samt energiforholdene (forbruget/godskrivning) og er generelle for shredding [Interview, Wenzel, 2003]. Under kategorien *andet* indgår alle andre materialer, som vi antager bliver afbrændt.

Tabel: Grad af genvinding af de forskellige materialer.

Behandlingsform	Genvindning, %	Afbrænding, %	Affald, %
Aluminium	78%	20%	2%
Jern/ Stål	97%	-	3%
Kobber	86%	-	14%
Mangan	100%	-	-
Plast	50%	50%	-
PUR-skum	-	100%	-
Kølemiddel	-	100%	-
Kompressorolie	100%	-	-
Glas	100%	-	-
Andet	-	100%	-

4.4.2 Energi

I denne del af MEKA-skemaet er det primære energiforbrug, der bruges på at producere det enkelte materiale udregnet. Opgørelsen af energi i de forskellige faser udtrykkes i primær energi (MJoule) og senere i mPR naturgas. Primær energi er den energi, der er bundet i fx. gas, olie m.m. og som udnyttes ved forbrænding, hvorefter det omdannes til sekundær energi som el, varme m.m. I opgørelsen af primær energi er energispildet ved produktion af el derfor medregnet. Det primære energiforbrug i materialefasen dækker således over det samlede energiforbrug til udvinding og bearbejdning af ressourcer.

Udregninger i materialefasen er sket ved at gange mængden af det enkelte materiale (opgjort som ressource) med den primære energi for udvinding og forarbejdning af materialet, som er opgivet i håndbogen [Pommer et al., 2001 a].

Energiforbruget i produktionsfasen i form af el og naturgas er udregnet ud fra tal fra Ingemann [2003] og opgjort pr. boks.

Skema: Elforbruget pr. boks er opgjort for 2002.

El-forbrug	År, 2002
Procesenergi (kWh)	1,37*10 ⁶ kWh
Primært energiforbrug (MJ)	12,34*10 ⁶ MJ
Energiforb.pr. fryser (MJ)	89,6 MJ

Ligeledes er forbruget af naturgas gjort op på samme måde.

Skema. Gasbruget pr. boks er opgjort for 2002.

N-gas forbrug	År, 2002
Procesforbrug (m ³)	168.679 m ³
Forbrug pr. fryser (m ³)	1,22 m ³
Opgjort i kg gas	0,88 kg
Primært energiforbrug (MJ)	42,6 MJ

Gasmængden opgjort i kg er udregnet ud fra sammenhængen:

$$masse / boks = \rho * V_{gas} = 0,717 \frac{kg}{m^3} * 168679 m^3 / 137832 \approx 0,88 \frac{kg}{boks},$$

hvor densiteten, ρ , er en standardmassefylde i g/L (=kg/m³). Det primære energiforbrug er udregnet ved brændværdien for naturgas, som er 48,5 MJ/kg [Pommer et al., 2001 a, p. 181].

I brugsfasen har det været muligt at få data fra energiforbruget fra field-testresultater [Poulsen et al., 2000, p. 37]. Elforbruget er blevet målt til at være i gennemsnit 2,97 kWh. Det elforbrug iscremefryseren bruger igennem sin 7-årige levetid er udregnet til (365 dage*7 år*2,97 kWh=) 7.588 kWh. For at omregne til primær energi (i MJ) skal elforbruget ganges med en faktor 9 (MJ/kWh) [Pommer et al., 2001, p. 173]. Resultatet bliver derfor ca. (7.588 kWh*9/1000=) 68,3 GJ. Energiforbruget i bortskaffelsesfasen er udregnet ud fra UMIPs tal for hhv. oparbejdning og afbrænding [Pommer et al., 2001 a, p. 180]. Værdierne er dog mangelfulde for forskellige materialer, bl.a. for jern, hvorfor vi har benyttet os af værdien for

stål, som er 40 MJ/kg materiale ved omsmeltnng. Energien omregnes til mPR naturgas (0,06 mPR pr. kg naturgas). Opgørelsen i mPR gør det muligt at sammenligne med mPR i andre faser.

En fryser vil som alle andre elektriske apparater afgive en vis varmemængde, når den er i funktion, hvorfor den er med til at opvarme det rum, som den befinder sig. Varmefortrængningen kommer fryseren til gode i form af godskrivning (jf. afsnit om antagelser). Da vi antager at rumopvarmning sker med naturgas, kan godskrivningen derfor udregnes ud fra naturgas' brændværdi [Pommer et al., 2001 a, p. 179].

Skema: Udregning af den godskrivning af naturgas opgjort i energi, som fryseboksen fortrænger i varme.

Sparet energi til rumopvarmning	=7.588 kWh*3,6 MJ (naturgas)/kWh/1000*7/12 år
Godskrivning i alt (GJ)	-16GJ

4.4.3 Kemikalier

I rubrikken under kemikalier i materialefasen er anført en række bemærkninger, som har at gøre med miljøproblemer forbundet til produktion af metaller og visse plastic typer. I produktionsfasen bruges en række forskellige kemikalier, hvor de mest nævneværdige er kølemidlet samt materialer til opskumning og fosfateringsanlægget.

For at foretage en vurdering af kemikalierne tages udgangspunkt i Effektlsten, Listen over uønskede stoffer og Listen over farlige stoffer, som det tilrådes af Pommer et al. [2001 a, pp. 86-89]. Effektlsten og Listen over uønskede stoffer indeholder data over stoffer, der er "særlige betænkelige pga. af deres miljø- og sundhedsmæssige egenskaber". Listerne, som indeholder hhv. 1.400 og 60 stoffer, er udarbejdet af Miljøstyrelsen år 2000 [MST, 2000 a; MST, 2000 b]. Listen over farlige stoffer (eller klassificerede stoffer) er stoffer, som er blevet vurderet af EU og som er underlagt EU's såvel den danske lovgivning om kemikalier.

Den systematiske udvælgelse af stoffer til de to danske lister (Effektlisten og Listen over uønskede stoffer) er opbygget trinvis, hvor antallet af stoffer reduceres for hvert trin [MST, 1996, pp. 11-14]. Første udgangspunkt for den trinvise opbygning er i form af en startliste. Startlisten er en bruttoliste over kemikalier, som både er registreret hos det danske Produktregister samt findes på EU's liste over stoffer som produceres eller importeres i mængder på mere end 1.000 ton pr. år [MST, b, 2000, p. 1]. Både Produktregistret og EU's liste bliver løbende opdateret, som ny viden om forskellige kemikalier kommer frem. Startlisten består af ca. 9.400 forskellige kemikalier. Kemikalierne i Danmark er registreret bl.a. pga. deres sundhedsskadelige virkning og er at finde i en række produkter, som bruges på arbejdspladser og/eller som der har været større fokus på (fx i form af kampagner) m.m..

Der er to efterfølgende udvælgelseskriterier for hvilke stoffer fra startlisten, som er udvalgt til at være på Effektlisten [MST, 1996, pp. 11-14]. Disse stoffer er udvalgt fordi, de har *særlig problematiske egenskaber*, hvilket karakteriseres ud fra hhv. EU's officielle klassificering for sundheds- og miljøfare og ud fra estimerede økotoksikologiske egenskaber baseret på computerbaserede beregninger. EU's klassificering er brugt til at udforme "Listen over farlige stoffer", som indeholder ca. 7.000 stoffer. Klassificeringen bygger på 6 overordnede kriterier: (1) høj akut og/eller kronisk giftighed, (2) kræftfremkaldende (3) mutagene (4) reproduktionstoksiske (5) allergifremkaldende (6) miljøfarlige egenskaber. Disse effekttyper er specificeret i form af risiko-(R-)sætninger (jf. eksempler i MEKA-skemaet). De økotoksikologiske effekter er vurderet vha. et program, QSAR, der anvender en række computerbaserede modeller. Vi har valgt ikke at komme ind på principperne bag en udvælgelse med QSAR. De stoffer, som ud fra modellerne kan siges at være særligt økotoksisk betænkelige, er tilføjet listen. Visse stoffer er dog ikke blevet identificeret eller påført Effektlisten pga. af "*udvælgelsestekniske årsager*" [MST, 2000 a, p. 6]. De to kriterier er brugt til systematisk at udvælge og udforme listen på baggrund af de ca. 9.400 stoffer på startlisten. Der er i alt udvalgt 1.404 stoffer til Effektlisten [MST, 2000 b, pp. 1-2].

Listen over uønskede stoffer er reduceret endnu kraftigere til kun at indeholde 68 *uønskede*

stoffer. Et overordnet og vigtigt udvælgelseskriterium til denne liste er stoffernes udbredelse og brug i Danmark. De er delvist baseret på Effektlisten (og dermed de krav, som ligger til grund for denne) ud fra det krav, at stofferne bruges i et omfang på mere end 100 tons pr. år i Danmark og indgår i forskellige produkter. Listen er suppleret med stoffer udvalgt efter 7 overordnede kriterier, som bl.a. er at stofferne har uønskede egenskaber og/ eller fordi de betragtes som problematiske i visse sammenhænge, fx. når et stof indgår i affaldskredsløb, kommer i kontakt med grundvand eller havmiljø, er problematisk i forhold til klima, eller fordi det er politisk fastsat etc. [MST, 2000 a, p. 8].

De tre lister har sine begrænsninger i og med det kun er et fåtal af de samlede kemikalier, der produceres og bruges, som er blevet undersøgt og ajourført listerne. Yderligere gør det sig gældende, at de i betydeligt større omfang er vurderet for sundheds- end for miljøfare. Det at vurderingerne om stoffers miljøfarlighed er mere mangelfuld er således årsag til, at Effektlisten og Listen over uønskede stoffer er suppleret med stoffer, som er blevet screenet for særlige økotoksikologiske effekter vha. QSAR-beregninger. Der er sandsynligvis andre stoffer, som kan forårsage sundhedsproblematisk effekt, end dem som er udvalgt. Fx. har Arbejds miljøinstituttet dokumentation for at stoffer, der har kræft- og allergifremkaldende egenskaber, ikke er påført listerne. Dette skyldes ifølge Miljøstyrelsen, at man er interesseret i at bruge stoffer som er klassificeret og bredt anerkendt af EU [MST, 1996, pp. 13-14]. Startlisten bygger kun på en mindre del af de kemikalier, der bruges i EU og tager ikke højde for alle kemikalier, som er godkendt i EU. Der er ifølge Miljøstyrelsen [1996, p. 14] registreret godt 100.000 forskellige stoffer. Af disse er kun et fåtal klassificeret. Der kan derfor opstå problemer, når en virksomhed skal gøre sig overvejelser om at finde substituerende stof til et i forvejen brugt stof. Problematikken opstår, hvis særligt betænkelige stoffer som ikke bruges i Danmarks senere introduceres som et alternativ. Begrænsningerne som beskrevet ovenfor afhænger i høj grad af metoden til at udvælge samt hastigheden af at vurdere nuværende og kommende kemikalier i EU.

Af de kemikalier vi har undersøgt ud fra kendskabet til deres CAS-numre (CAS er en forkortelse for *Chemical Abstract System* og benyttes til at klassificere kemikalier ved at

tildele alle stoffer et individuelt nummer), har isocyanat, cyklopentan og bostik vist sig problematiske i og med at de alle er med på Effektlisterne og er klassificeret i forhold til EUs kemikalievurdering. Derudover er HFC-134a og isocyanat med på Listen over uønskede stoffer. Råolie destillaterne til at producere Bostik og dermed også selve produktet er kræftfremkaldende. Til de kemikalier, hvor der ikke er anført nogle bemærkninger, har vi undladt at søge informationer om deres farlighed eller om de er uønskede ud fra en miljøbetragtning. Derudover har HFC-134a et globalopvarmningspotentiale (GWP-værdi) på 1.300 i CO₂-ækvivalenter [Poulsen, 2001, bilag1].

4.4.4 Andet

I materiale- og produktionsfasen er der anført få kommentarer i MEKA-skemaet, som bl.a. omhandler arbejdsmiljø. I forbindelse med udvinding af forskellige ressourcer nævnes i håndbogen, at der er en række arbejdsmiljømæssige problemer forbundet hertil. Derudover er det også et generelt problem, at der ved udvinding/produktion af metaller sker en udveksling af tungmetaller til det omgivende miljø [Pommer et al., 2001 a, pp. 175-77]. Arbejdsmiljøproblemer i produktionsfasen hænger sammen med støj ved maskiner og lugte fra fx lim, som der dog tages højde for, ved at der er udluftningssystemer [Viborg, 2002, p. 7 og p. 40].

I brugsfasen er det muligt at der kan være arbejdsmiljøproblemer i form af rengøring (afhængig af rengøringsmiddel) og evt. ved forkerte løft, når fryseren skal fyldes op med is. Bortskaffelsesfasen har vi ikke samlet nogen informationer fra.

Under andet kan der tages højde for fx. store arealudnyttelser, som ved minedrift, el-produktion ved brug af vandkraft og de dertil store opdæmmede områder. Vi har dog valgt ikke at gå i dybden med dette, da det i forhold til den enkelte iscremefryser næppe udgør større problemer.

4.5 MEKA-skema

MEKA-skema (1.halvdel): Herunder vises opgørelserne af materialer (angivet i hhv. kg og mPR) for de fire faser, M, E, K og A..

	Materialefase		Produktionsfase		Brugsfase		Bortskaffelsesfase	
Materialer Mængder, kg	Al	3,19	Hydraulikolie	I.O.	Vedligeholdelse:		Al	-3,19
	Plast (gen.snit)	1,89	Gearolie	I.O.	Kompressor	I.O.	Stål	-1,89
	abs	1,18	Rensa	I.O.	Glas	I.O.	Cu	-1,18
	Stål	8,78	Batterier	I.O.	Hjul	I.O.	Fe	-8,78
	Gummi	0,01	Lysstofrør	I.O.	M.m.	I.O.	Total mængde (kg)	-15,04
	Cu	1,43	M.m.	I.O.	Rengøringsmiddel	I.O.		
	Fe	21,17	Fosforering:					
	Flamingo	0,64	Ferrophos 2400	0,018				
	Isocyanat	3,59	Klensol	0,008				
	Polyol	2,35	Ferrophos pH	0,002				
	Cyklopentan	0,41	pH-indikator	0,010				
	HFC-134A	0,13	Fe-indikator	0,005				
	Epoxyulver	0,52	Salttabletter	0,030				
	Olie	0,32	Natriumhydrosid	0,001				
	Kalk	0,14	Rengøringsmiddel	0,013				
	Lim	0,31	Total	0,087				
	Lak	0,01	Vandforbrug	77,3				
	Bostik	0,51	I.O. = Ikke Opgivet					
	Startudstyr	0,20						
	Termostat	0,08						
	Glas	4,72						
	Ledning	1,12						
	Træ	0,40						
	Pap	1,83						
	Papir	0,05						
	Karton	0,35						
	Andet	0,03						
Total mængde (kg)	55,36							
Ressourcer, mPR	Al	4,79					Al	-3,74
	Fe	2,39					Fe	-2,32
	Mn	0,01					Mn	-0,01
	Cu	23,53					Cu	-15,76
	Glas	0,00					Råolie	-0,02
	Træ	0,00					Naturgas	-0,02
	Papir m.m.	0,00					Total	-21,86
	Råolie	0,12						
	Naturgas	0,10						
	Total	30,95						
	Netto ressourceforbrug, mPR = 9,08							

MEKA-skema (2. halvdel): Viser energiopgørelse i hhv. MJ og mPR (naturgas), kemikalieopgørelsen og andet for de fire faser, M, E, K og A.

	Materialefase		Produktionsfase		Brugsfase		Bortskaffelsesfase	
Energi Primær, MJ	Al	543,15	El-forbrug i MJ	89,56	El-forbrug i MJ	68295,15	Al	-353,89
	Plast(gen.snit)	170,05	N-gasforbrug, MJ	42,56	Rumvarme	-15935,54	Plast (alle typer)	-94,36
	abs	112,10	Totalt (MJ)	132,12	Total (GJ)	52359,62	abs	-72,51
	Stål	351,14	mPR (naturgas)	0,16	mPR (naturgas)	64,77	Stål	-170,30
	Gummi	0,46					Gummi	?
	Kobber	128,34					Kobber	-38,22
	Jern	846,95					Jern	-410,77
	Flamingo (EPS)	50,88					Flamingo	?
	PUR-skum	?					PUR-skum	?
	HFC-134a	?					HFC-134a	?
	Epoxypulver	?					Epoxypulver	?
	Olie	16,10					Olie, kompressor	?
	Glas	47,20					Lim	?
	Ledning	?					Bostik, m.m.	?
	Træ	0,08					Glas	33,04
	Pap/ papir / karton	87,12					Træ	?
	Lim	3,66					Pap, pap, karton	22,28
	Lak	?					Total (MJ)	-1084,72
	Totalt (MJ)	2357,21					I mPR (naturgas)	-1,34
	I mPR (råolie)	2,92						
Netto energi (MJ) = 53764,22								
mPR (naturgas)	Netto mPR (naturgas) = 66,51							
Kemikalier	Flourider ved fremstilling af aluminium.		Isocyanat (R 20, 36/37/38, 42) *					
			Cyklopentan (R 11, 52/53) **					
	Tungmetaller ved fremstilling af jern, stål og kobber.		Råoliedestillater (L, R 45) **					
			HFC-134a: GWP = 1.300 år ***					
	Styren ved fremstilling af flamingo.		Rengøring					
			Lim (ethylenvinylacetat)					
Vinylchloridmonomer ved fremstilling af PVC.		Fosforsyre						
		Sæbe						
Brug af tinoxid til glas		pH-syre						
Ukendte stoffer i kompressor.		Andet?						
Andet	Udvinding af metaller		Arbejds miljø		Minimal betydning		Kendes ikke	
	Arbejds miljø		(Støj, kemikalier)					

* (EU-klassificering, Effektlister og Lister over uønskede)

** (EU-klassificering, Effektlister)

*** (Liste over uønskede stoffer)

4.6 Opsamling på resultater i MEKA

Nedenfor gennemgår vi resultaterne på baggrund af MEKA-skemaet. Dette afsnit er opdelt efter de fire kategorier, M, E, K og A.

4.6.1 Materialer

Det ses af MEKA-skemaet, at de 5 største materialefraktioner af iscremefryserens samlede masse er som følger: jern (38%), stål (16%), glas (9%), isocyanat (6%) og aluminium (6%). I produktionsfasen udgør vandforbruget det største enkelte forbrug pr. fryser. Det ses af ressourceopgørelsen, at kobber udgør langt det største ressourcetræk i forhold til andre materialer. Imidlertid sker der en rimelig godskrivning af alle metaller under danske affaldsbehandlings forhold. Dette er dog ikke nødvendigvis et udtryk for, at der ikke kan være potentielle problemer, da det danske bortskaffelsessystem ikke umiddelbart kan tænkes at være dækkende for bortskaffelsessystemerne i de mange lande iscremefryseren eksporteres til. Derudover skal det tilføjes, at kobber udgør et yderligere problem i bortskaffelsesfasen, da en del af kobberet efter shredding ender i stål/jernfraktionen (svarende til 19%). Kobberet i stålfraktionen gør, at man ved oparbejdning af stålet er nødsaget til at tilføre ca. 300 kg *nyt* stål pr. 1 kg kobberforurening, da stålet for at opretholde en rimelig kvalitet højst må indeholde 0,3% kobber. Det har ikke umiddelbart været muligt at indregne denne problematik i MEKA-skemaet, hvorfor de 19% kobber i bortskaffelsesfasen medregnes som affald. Ifølge MEKA-skemaet er det kun brugen af kobber, aluminium og jern som udgør et væsentligt ressourcetræk. Brugen af råolie og naturgas udgør en forsvindende lille del i materialefasen.

4.6.2 Energi

Det største problem i forhold til energiforbrug er i brugsfasen, hvilket ikke er overraskende pga. fryserens lange levetid. Der er således ca. en faktor 17 til forskel i forhold til det næststørste energiforbrug, som er i materialefasen. De 4 største energiforbrug forbundet til

produktion af de forskellige materialer er: jern (850 MJ), aluminium (540 MJ), stål (350 MJ). De skiller sig væsentligt ud i forhold til andre materialer. Selve procesenergien til at producere de enkelte komponenter har vi afgrænset os fra og de kommer derfor ikke til udtryk i opgørelsen. Energiforbruget i materiale-/produktionsfasen må derfor antages at være noget højere end det er angivet i MEKA-skemaet. Der er fire komponenter som vi ikke kender energiforbruget til fremstilling af (jf. MEKA-skemaet), hvilket har betydning for den samlede energiopgørelse i materialefasen.

Opgørelsen i mPR finder vi dog problematisk i og med at energiforbrugets ressourcetræk er udregnet i forhold til mPR naturgas. Derfor bliver energiopgørelsen konservativ i forhold til materialeopgørelsen, der også er kvantitativ. Man kan i høj grad stille spørgsmålstejn ved, hvorvidt det er rimeligt at antage at al den brugte energi er udvundet af naturgas. I Danmark ville det muligvis være mere relevant at benytte en kombination af mPR naturgas og mPR kul i stedet, såfremt der afgrænses fra at se på transport, hvor der i givet fald skulle benyttes mPR råolie eller lignende. Dette har dog ikke været praktisk muligt på grund af manglende data.

I materialefasen er energiforbruget til materialefremstilling opgjort i forhold til, at der bruges nye ressourcer. Det er en konservativ opgørelse, der ikke tager højde for muligheden for brugen af genvundne materialer. På Caravell fik vi oplyst, at de bl.a. bruger aluminium-coils (ruller), som udgør inderkabinettet i fryserne, hvilket er genbrugsaluminium. Man bør derfor forvente at energiopgørelsen for netop aluminium burde være noget mindre.

4.6.3 Kemikalievurdering

Vi har undersøgt og fundet frem til 4 kemikalier, som er at finde på de to danske lister eller er klassificeret efter EU-normer. De 4 stoffer er vist i tabellen nedenfor.

Tablel: Vises de ud fra listerne (EU-klassificering, Effektlisten og Listen over uønskede stoffer) fundne problematiske stoffer.

Navn	CAS-nummer	Anvendelse	Klassificering	Effekt-listen	Listen over uønskede stoffer	Bemærkninger
Isocyanat (diphenylmethandiisocyanat, isomere og homologe).	9016-87-9	Isolering	R 20, 36/37/38, 42	Ja	Ja	-
Cyklopentan	287-92-3	Isolering	R 11, 52/53	Ja	-	-
Råoliedestillater (solventraffinerede tunge parafin-)	64741-88-4	Kontaktmasse	L, R45	Ja	-	-
HFC-134a (ethane-1,1,1,2-tetraflouro-)	811-97-2	Kølemiddel	-	-	Ja	Kraftig drivhusgas

Isocyanat er farlig ved indånding (R20); irriterer øjnene, åndedrætsorganerne og huden (R36/37/38) og kan give overfølsomhed ved indånding (R42). Den ovenfor nævnte isocyanat (som bruges i fryserens isolering) er udvalgt til "Listen over uønskede stoffer" pga. dets klassificeringer. Isocyanater (flere varianter) er primært problematiske i det omfang, at de bruges i forbrugerprodukter [MST, 2000 a, pp. 63-64]. Der er ikke udført økotoxikologiske (QSAR) beregninger [MST, 2000 b, p. 44] og der nævnes ikke om stoffet er miljøproblematiske. Isocyanater nævnt i listen er underlagt forskellig regulering af Arbejdstilsynet. Det hænger sammen med R-sætningerne for den nævnte isocyanat, som angiver sundhedsproblematiske egenskaber. Isocyanaten er kun problematisk indtil det blandes og reagerer med polyol (og cyklopentan), hvorved der dannes PUR-skum (jf. tekniske afsnit). Derfor udgør den i forhold til iscremefryseren "kun" et potentielt problem i materiale og produktionsfasen.

Cyklopentan er en gas som klassificeres som *meget brandfarligt* (R11) og er skadelig for organismer, der lever i vand og kan forårsage uønskede langtidsvirkninger i vandmiljøet (R52/53). Der er ikke foretaget QSAR-beregninger på gassen [MST, 2000 b, p. 27].

Den varmeoverførende *kontaktmasse* (Bostik, jf. afsnit om teknisk beskrivelse) betegnes i Effektlisten som råoliedestillat og er klassificeret som kræftfremkaldende (L og R45) [MST,

2000 b, p. 57]. Der er ikke udført QSAR-beregninger på stoffet.

Kølemidlet HFC-134a som anvendes i fryseren er sammen med andre hydrogenflourkulbrinter underlagt en politisk målsætning om afvikling i køleanlæg inden 2006 [MST, 2000 a, p. 61]. HFC-134a, som står på "Listen over uønskede stoffer" er en kraftig drivhusgas med en GWP på 1.300. Stoffet er har ingen R-sætninger da det ikke klassificeret. HFC'ere er reguleret under bekendtgørelser fra Miljøstyrelsen.

Der er ifølge Greenpeace forbundet flere problemer til produktionen og brugen af HFC-134a, hvilket ikke fremgår af listerne. Fx. er der ved produktion af HFC udslip af vinylchlorid og ethylendichlorid. HFC nedbrydes i atmosfæren bl.a. til trifloureddikesyre, som er et persistent og giftigt stof [Ozonseminar, 2002].

4.6.4 Andet

Eftersom vi ikke har valgt at gå mere i dybden med den del af MEKA omhandlende "andet", er det på sin plads ikke at drage nogle konklusioner ud fra skemaet. Da håndbogen påpeger problemer i materialefasen, er det dog værd for virksomheden at være opmærksom på dette, om end at virksomheden muligvis ikke har nogen indflydelse herpå.

4.6.5 Samlet konklusion

Overordnet viser MEKA-skemaet, at det største problem er energiforbruget i brugsfasen, da det udgør det største ressourcetræk. Kobber udgør det største ressourcetræk i materialefasen og er desuden problematisk i bortskaffelsesfasen da det forurener stålfraktionen. Derudover bruges en række problematiske kemikalier, hvoraf HFC-134a umiddelbart er det mest problematiske pga. sin GWP-værdi på 1.300. Isocyanat er mindre væsentligt på trods af at det både er omfattet af Effektlister og Listen over uønskede stoffer. Denne vurdering skyldes, at

isocyanat i produktionen omdannes til PUR-skum, der ikke er specielt problematisk i hverken brugs- eller bortskaffelsesfasen.

4.7 Efterfølgende overvejelser

Den forenkede miljøvurderingsmetode beskrevet af Pommer et al. [2001 b] består af 3 detaljeringsniveauer. Vi har valgt at udføre den første del (det første niveau), nemlig MEKA-skemaet, som er en screening af miljøbelastninger igennem produktets livsforløb (jf. metode i forenklet LCA). Vi har således valgt, ikke at gå videre med vurderingen i et PC-værktøj eller at foretage en fokus LCA. Dette skyldes først og fremmest, at vurderingen i sin nuværende form giver et temmelig entydigt billede af energi-, kobber- samt kemikalieforbruget som de væsentligste miljøproblemer. Endvidere vil en simulering i PC-værktøj ifølge Pommer et al. [2001 b, p. 19] kræve en uforholdsmæssigt stor arbejdsindsats i forhold til ikke umiddelbart at komme med yderligere perspektiver på vurderingen. Desuden er det et overordnet problem for metoden, at produktet eksporteres til hele verden, hvorfor man for at få et præcist billede burde undersøge energiproduktion og affaldsbehandlingssystemer i alle de berørte lande. Dette vil i praksis betyde en meget omfattende dataindsamling, som for os (og de fleste andre) ville være fuldstændig utænkelig at gennemføre. Derimod har vi valgt at tage udgangspunkt i de væsentligste problemer, som vi har identificeret i MEKA-skemaet, for at foretage en nærmere beskrivelse af disse.

4.7.1 Problemer forbundet til elforbrug

I de følgende afsnit vil vi kort forsøge at beskrive miljøproblemerne, som er forbundet til elforbrug afledt af el-produktionen i Danmark. Ifølge en livscyklusvurdering foretaget for elselskaber i 1997 [Anon, 2000] vurderes de tre største miljøbelastninger forbundet til dansk el at ske i form af drivhuseffekt, volumenaffald og forsuring. Miljøbelastningerne sker primært i form af emissioner forbundet til afbrænding af fossile brændstoffer. Derudover nævner rapporten, at der er forbundet miljøproblemer hovedsageligt af sundhedsmæssig

karakter til udslippet af fine partikler, aerosoler, som ikke er taget med i vurderingen. Forbruget af el viser sig mindre miljøbelastende end selve produktionen, hvilket hænger sammen med, at det danske elforbrug til forbrugeren er blandingsel fra Danmark og udlandet. Danmark eksporterer el til udlandet fra de mest miljøvenlige danske anlæg og importerer fra lande, der har overvejende vand- eller atomkraft. Den danske produktion er derfor mere miljøbelastende end det danske forbrug, dog med undtagelse af de problemer atomaffaldet udgør i udlandet. [Anon, 2000, pp. 7-10]

Der er forskellige måder til at mindske de emissioner, der er forbundet til produktion af el. Ifølge Energi 2 har de reduceret deres emissioner ved at omlægge deres forbrug af kul til i højere grad at bruge orimulsion (et kunstigt fremstillet brændsel), naturgas og biobrændsler. Derudover har de opnået reduktioner af SO₂ og NO_x ved hhv. at investere i afsvovlningsanlæg og deNO_x-anlæg. Desuden bliver deres biprodukter i form af aske, slagger og gips solgt til industrier, som kan bruge restprodukterne til produktion af bl.a. cement og asfalt. [Energi2, 2003]

Producenter af elektriske- og elektroniske apparater, som fx. en iscremefryser, har ingen reel indflydelse på typen af elproduktion og dermed heller ikke miljøbelastningen forbundet til produktionen. Hvis producenten vil gennemføre miljøforbedrende tiltag i forhold til energi, er producenten derfor nødsaget til at producere mere energieffektive produkter. Som det kort fremgår af ovenstående afsnit, er der sket en række miljøforbedrende tiltag i produktionen af el i Danmark fx. i form af større brug af naturgas i forhold til kul samt i form af anlæg til at mindske emissioner. Desuden fremgår det, at el-forbruget i Danmark består af blandingsproduktioner, som bl.a. bygger på vandkraft. Det danske scenarium kan derfor formodes at være effektivt på en lang række punkter mht. at mindske udslip af forurening. Udvikling af vedvarende energi kan være en måde at nå flere emissionsbesparelser på. Samlet set er det danske elforbrug dog enormt, hvorfor den samlede udledning af bl.a. drivhusgasser ligeledes er stor. Derfor er et lavere elforbrug miljømæssigt at foretrække.

Det samme energiscenarium, eller hvad der kan tilnærme sig hertil, vil givetvis ikke være at

finde i en række lande udenfor den vestlige verden, hvortil fryserne eksporteres. Det kan formodes, at der i mange andre lande vil være større emissioner end i Danmark, såfremt de ikke benytter atom- eller vandkraft i større omfang. Derfor må den umiddelbart nemmeste tilgang for producenten til at mindske problemerne ved forbruget af el være, at opnå en større effektivitet af fryserens elforbrug. Det betyder, at der skal sættes kræfter ind på at opnå forbedringsudviklinger i selve produktet, fx ved at bruge en mere energieffektiv kompressor, låg m.m.

4.7.2 Problemer forbundet til materialeforbrug

Brugen af metaller til produktion kan være problematisk over tid, hvis udsigterne til reserverne er korte. Det gør sig bl.a. gældende for kobber. Kobberreserverne er vurderet til med det udvindingstempo, der er i dag, at række frem til 2020-40 [Elektronikpanelet, 2003]. I forhold til andre metaller er kobber en knap ressource. Det gør genvinding af kobber interessant. Aluminium og specielt jern har noget længere reservehorisonter. Kobber har dog den fordel at det ikke er ligeså energikrævende, hverken i materiale eller bortskaffelsesfasen som især jern er (ifølge MEKA-skemaet).

Fryseproducenten bør derfor, efter vores opfattelse, forsøge at substituere de problematiske materialer, selvom de ikke umiddelbart er problematiske at genvinde i Danmark. Et andet perspektiv på dette er, at vi ikke har undersøgt om materialernes lødighed påvirkes af oparbejdning. Hvis dette er tilfældet for specielt kobber, aluminium og jern, er det endnu et incitament til at substituere disse.

Grunden til at der er en så relativ høj effektivitet i behandling af apparater, som det fremgår af MEKA-skemaet, skyldes hovedsageligt den samfundsmæssige struktur i Danmark, hvor den offentlige sektor spiller en central rolle i at opnå en effektiv indsamling og behandling. Muligheden for et omfattende indsamlingssystem hænger også nøje sammen med enorme investeringer og en udbygget infrastruktur. Det at man i Danmark generelt har et omfattende

og udbygget system til indsamling og behandling af affald, gør at man har gode institutionelle, organisatoriske og økonomiske forudsætninger for at udbygge systemet til at sikre en rimelig forsvarlig indsamling og behandling af udtjente kølemøbler. Bortskaffelsessystemer i andre mindre velhavende eller udviklede dele af verden, som Caravell eksporterer til, kan ikke formodes at have et lige så udviklet affaldssystem. Dermed har de heller ikke forudsætningerne for den høje grad af investeringer og specialisering, som kræves for det bortskaffelsesscenarium, der er benyttet i MEKA-skemaet. Der kan derfor ud fra en miljømæssig betragtning opstå et problem, når frysemøbler skal afskaffes. Fx. kan et uheldigt scenarium være, at kobber, som er en knap ressource, ikke bliver oparbejdet og genanvendt men i stedet går til spilde, indarbejdes i andet metal eller deponeres. Såfremt kobber spredes i naturen, udgør det et større problem, da det er både øko- og humantoksikologisk i større mængder. Hvis der er en mangelfuld affaldsbehandling af frysemøbler vil en oplagt mulighed være at undgå at nå til bortskaffelsesproblemerne, dvs. at foretage ændringer i produktet.

4.7.3 Problemer forbundet til brug af HFC-134a

Kølemidlet som anvendes i fryseren er en kraftig drivhusgas i forhold til CO₂. I og med at der er tale om ikke-naturligt forekommende drivhusgas, betyder det at væsentlige udslip til atmosfæren vil forrykke den naturlige koncentration af drivhusgasser og dermed påvirke den samlede effekt af disse globalt. I forhold til CO₂ vil udledning af et kg HFC-134a have 1.300 gange større effekt end udledning af 1 kg CO₂ set over en periode på 100 år [Pedersen, 2001, p. 44]. Som tidligere nævnt er der ifølge Greenpeace også en række andre problemer forbundet til HFC, ikke mindst i produktionen af disse i form af afledte biprodukter, men også når stoffet omdannes i atmosfæren. Problemet forbundet til brugen af HFC består i at der er en potentiel fare for, at det slipper ud i atmosfæren. Denne potentielle fare vil for et kølemøbel primært hænge sammen med affaldsbehandlingen i bortskaffelsesfasen. Slipper gassen ud af kølemøblet uden at blive forsvarligt indsamlet og behandlet er det et problem, eftersom at gassen kan sive op i atmosfæren og af den vej blive spredt fra et lokalt til et regionalt eller endda globalt område. Når først det er sket, er der ikke mulighed for at undgå de miljøeffekter, som gassen kan forårsage. Derfor bør fryseproducenten efter vores opfattelse

forsøge at udskifte kølemidlet med et mindre miljøproblematisk for derved at undgå den potentielle miljøfare, der er forbundet til især de kølemøbler, som ikke behandles på samme omfangsrige måde, som tilfældet er under danske forhold. Ligeledes vil fryseproducenten være med til at forhindre de miljøbelastninger, der er forbundet til produktion af HFC, ved ikke længere at efterspørge det.

4.8 Afrunding

På baggrund af MEKA-skemaet kunne der altså identificeres tre overordnede problemer, hhv. energiforbruget, forbruget af kobber og et kemikalieproblem med hensyn til brugen af HFC-134a som kølemiddel. Dette er i sig selv hverken særlig kontroversielt eller overraskende. Det er dog interessant, at der er forsket og udviklet tekniske løsninger til dels at udfase HFC og dels at nedbringe energiforbruget. Disse løsninger er dog ikke implementeret hverken hos Caravell eller deres konkurrenter indenfor produktion af kommercielle iscremefrysere (med undtagelse af substitution af HFC, hvor konkurrenten AHT (østrigsk producent) for nylig har markedsført en HFC-fri iscremefryser). Denne problematik er omdrejningspunktet for det øvrige projekt. Vi vil derfor prøve at vurdere, hvorfor der ikke er gennemført de ovennævnte miljøomstillinger samt give vores bud på, hvad der i den kommercielle frysebranche kan udløse miljøinnovationer.

5. Del 3: Barrierer og muligheder

Formålet med projektets del tre er, at undersøge hvorfor der ikke er gennemført tekniske løsninger til at nedbringe de i MEKA-skemaet forefundne miljøproblemer. Dette bygger på en antagelse om, at der foreligger tilgængelige tekniske løsninger, hvilket vi senere hen vil gøre rede for. Overordnet er del tre delt op i et teoriafsnit og en analysedel. I teoriafsnittet introduceres indledningsvis centrale begreber i forhold til innovation. Derefter følger en mere fyldestgørende gennemgang af netværksteori. Analysedelen indeholder to elementer. Først har vi opstillet kriterier i forhold til at udvælge specifikke tekniske løsningsmuligheder til de identificerede miljøproblemer og på den baggrund udvalgt de mest oplagte. Det andet element er vores konkrete analyse af barrierer og muligheder for at implementere de valgte tekniske løsninger, som vi har foretaget ud fra et netværksperspektiv.

5.1 Indledning til teoriafsnit

Innovationsbegrebet er interessant, eftersom det både indeholder den konkrete tekniske løsning samt implementeringen af denne. Vi har desuden valgt at bruge begreberne radikal og inkrementel innovation til at karakterisere de tekniske løsninger. Netværksperspektivet bruger vi til at analysere hvilke barrierer og muligheder for innovation i forhold til de valgte teknologiske løsninger, der er i Caravells eksterne relationer. Vi har valgt at fokusere på Caravells netværk, da vi på baggrund af den indsamlede empiri mener, at de væsentligste barrierer er at finde her. Hovedvægten er altså lagt på netværksperspektivet som forklaringsramme for mangel på innovation og det, der normalt betegnes innovationsteori, spiller derved en mindre rolle i analysen. Denne vægtning afspejles i gennemgangen, hvor vi nøjes med at beskrive få af de overordnede begreber fra innovationsteori, mens vi vil beskrive netværksteorien mere uddybende.

5.1.1 Innovations begreber

Vi vil i det nedenstående redegøre for nogle af de væsentlige begreber indenfor innovationsteori og forskning. Dette gøres med henblik på at skabe en teoretisk ramme for

den videre diskussion af mulige innovationer indenfor produktion af kommercielle iscremefrysere.

De første begreber vi vil præsentere er henholdsvis invention og innovation. Det er vigtigt at pointere, at disse ikke kan sidestilles, men at innovation i de fleste tilfælde er afhængig af invention. Invention kan groft oversættes til opfindelse. Der er imidlertid først tale om innovation i det øjeblik inventionen udnyttes kommercielt. Innovation kan dog også være udnyttelse af allerede kendt teknologi på nye måder eller i andre brancher og er i den sammenhæng altså ikke afhængig af en ny invention [Christensen, 2000, p. 12]. Innovationen kan videre henvises til enten produktet eller produktionsprocessen. Dette er dog ikke nogen entydig skelnen, da den hænger sammen med de berørte aktører, således kan en produktinnovation for en virksomhed samtidig være en procesinnovation for en anden, hvis der eksempelvis er tale om en virksomhed, der producerer produktionsudstyr. Endvidere kan der skelnes mellem innovation og rutinepræget produkt- eller procesudvikling, der karakteriseres ved ikke at være baseret på reelle forbedringer.

Innovationer kan endvidere karakteriseres ud fra graden af nyskabelse eller hvilke ændringer, de medfører hos berørte producenter eller brugere. Der er udviklet flere forskellige måder at skelne mellem typer af innovation. Vi har medtaget en af de mest almindelige nemlig en skelnen mellem såkaldte inkrementelle og radikale innovationer.

Inkrementelle innovationer er som oftest mindre ændringer eller videreudviklinger af eksisterende produkter og teknologier. Denne form for innovation forekommer i en eller anden udstrækning i alle brancher. Hyppigheden afhænger dog af efterspørgselspres og teknologiske muligheder. Ifølge Christensen vil de oftere være et resultat af inventioner og forbedringer foreslået af individer, som direkte er engageret i produktionsprocessen (eksempelvis ingeniører og lignende) eller brugere, end en målrettet F og U indsats [Christensen, 2000, pp. 52-53].

Radikale innovationer er større produkt- eller produktionsændringer eller helt nye teknologier og er oftest et resultat af en omfattende F og U aktivitet, som enten har fundet sted internt i virksomheden, eksternt på universiteter, forskningsinstitutioner m.m. eller i en kombination af begge. Disse vil ofte få betydning for hele branchen [Christensen, 2000, p. 53].

En mulig begrænsning i forhold til innovation ligger i det *teknologispor*, der følges i den undersøgte industri eller virksomhed. Ofte benytter virksomheder sig af bestemte teknologier, som kan raffineres til en hvis grænse via inkrementelle innovationer. Denne grænse kan dog overskrides gennem en radikal innovation. Det er imidlertid omkostningsfuldt at skifte teknologispor, da det i mange tilfælde kræver investeringer i dels produktionsudstyr og dels uddannelse. Desuden kan skift i teknologispor også være destruktive, da viden om tidligere teknologier vil gå tabt. Der kan således også være incitament til ikke at gennemføre radikale innovationer. Det at der følges bestemte teknologispor kan også i sig selv udgøre en barriere i forhold til at identificere nye muligheder (for radikal innovation), da disse muligheder ofte forudsætter kvalifikationer, der ikke nødvendigvis besiddes af brugere af den gamle teknologi.

5.1.2 Netværksteori

Industrielle netværk kan beskrives som to eller flere sammenhængende sæt af udvekslingsrelationer mellem *aktører* der kontrollerer *aktiviteter* og/eller *ressourcer* [Håkansson, 1986, p. 14]. Teori om industrielle netværk fokuserer på den gensidige afhængighed mellem aktører, aktiviteter og ressourcer [Håkansson, 1998].

Vi har valgt indledningsvis at beskrive de tre centrale elementer i industrielle netværk med udgangspunkt i hhv. Håkansson [1986] og Håkansson og Johansson [1998]. I forlængelse heraf vil vi beskrive hvordan disse tre elementer er forbundet i et samlet netværk. Afslutningsvis vil vi komme ind på virksomhedernes netværksrelationer i forhold til miljø og i den forbindelse inddrage Søndergård et al. [1997].

Aktører

Netværkets aktører kan både være individer, grupper af individer, afdelinger i virksomheder, en virksomhed eller grupper af virksomheder etc. Ifølge Håkansson et al. er netværket karakteriseret ved at aktørerne besidder en række grundlæggende egenskaber i forhold til netværket. For det første har de kontrol over bestemte ressourcer og/eller aktiviteter. For det andet er de målrettede i deres ageren ud fra et økonomisk rationale. For det tredje har de en begrænset viden om aktiviteter, ressourcer og andre af netværkets aktører, hvilket de er bevidste om, hvorfor de forsøger at tilegne sig yderligere viden. Aktørernes valg, af hvilke aktiviteter, ressourcer og andre aktører de ønsker at tilegne sig viden om, er styret af deres måde at anskue netværket på, hvilket af Håkansson et al. betegnes som deres kognitive model. Denne kognitive model og de deraf afledte valg kan ændres over tid pga. nye erfaringer. [Håkansson et al., 1998, p. 50]

Aktiviteter

Aktiviteter opstår når aktørerne kombinerer, udvikler, udveksler eller skaber ressourcer ved brug af andre ressourcer. Når to eller flere aktører indgår i en udveksling, skyldes det, at de opfatter hinandens aktiviteter som indbyrdes afhængige. Gennem udvekslingen får de et øget kendskab til hinandens evner og behov, hvilket medfører en positiv udnyttelse og styrkelse af den indbyrdes afhængighed mellem hinandens aktiviteter. Denne indbyrdes afhængighed vil blive forstærket over tid, hvis ikke en udefra kommende påvirkning gør sig gældende. [Håkansson, 1986, p. 52]

Der skelnes mellem to overordnede former for aktiviteter; transformations- og transaktionsaktiviteter. Transformationsaktiviteter karakteriseres ved at en ressource forbedres gennem brugen af andre ressourcer af en enkelt aktør. Transaktionsaktiviteter kobler transformationsaktiviteterne sammen i aktivitetskæder, hvilket skaber relationer til andre aktører. Begge typer aktiviteter kan effektiviseres hvis de gentages over tid. Netværket af forbundne aktiviteter er oftest karakteriseret ved overflødighed, forstået på den måde, at en

enkelt aktivitet kan udelades uden at netværket ødelægges. Netværket forbliver og fungerer, om ikke andet med et tab af effektivitet, da andre aktiviteter justeres for at overtage den fraværende aktivitets funktion. Yderligere er netværk sjældent fuldkomne, da forandringer i aktiviteter kan gøre det mere effektivt. [Håkansson., 1986, pp. 15-16]

Man kan identificere mange forskellige former for aktiviteter. Nogle er tekniske, andre sociale, helt tredje er finansielle og lovmæssige. Nogle aktiviteter er hovedsaglig mentale mens andre primært er fysiske. Yderligere knytter nogle sig til produktion mens andre knytter sig til udveksling. Aktiviteter er i sig selv ikke begrænset til hverken en enkeltstående aktivitet eller som et led i en afgrænset kæde, da de altid både vil kunne inddeles i mindre eller indgå i større aktiviteter. De i det konkrete netværk involverede aktører sætter dog nogle grænser for de enkelte aktiviteter. Det er således aktørerne, der konstruerer de enkelte aktiviteters omfang og hvorledes aktiviteterne er relateret til hinanden, hvilket udgør en aktivitetsstruktur. [Håkansson, 1998, p. 49].

Jo større en investering der er knyttet til en aktivitet desto stærkere er aktivitetsbåndene i relationen. Aktivitetskæder består af mange aktiviteter mellem aktører. el omvendt: aktører indgår i mange aktivitetskæder [Håkansson, 1998, p. 54].

Ressourcer

Ressourcer består af fysiske, finansielle og menneskelige aktiver. Ligesom for aktiviteter er der en opdeling af hhv. transformations- og transaktionsressourcer, som er indbyrdes afhængige. Brugen og værdien af en specifik transformationsressource er altid afhængig af hvorledes, den er forbundet med transaktionsressourcen og vice versa. Viden og erfaring om ressourcer er vigtig. Ved at kombinere ressourcer kan ny viden opstå, hvilket gør det muligt igen at kombinere ressourcerne på nye og bedre måder. Ny indsigt i håndteringen af ressourcer kan ændre eller bryde med gamle aktivitetskæder. Det skal dog nævnes, at det kan være omkostningsfuldt at bryde med aktivitetskæden og ændre ressourcestrukturen. [Håkansson, 1998, p. 49] Det er via ny indsigt, at der kan skabes forandring og udvikling i

netværket. Ressourcernes kombinationsmuligheder er uendelige, kun begrænset af den menneskelige kreativitet [Håkansson, 1986, pp. 16-17].

Netværk

De tre ovenstående elementer kan både ansues separat og som sammenhængende netværk. Det sammenhængende netværk indeholder fire mekanismer, der binder de enkelte elementers individuelle netværk sammen: 1) Funktionel gensidig afhængighed, som indebærer at aktører, ressourcer og aktiviteter tilsammen danner et system, hvori uensartet efterspørgsel kombineres med uensartet udbud. Disse er derfor funktionelt relateret til hinanden. 2) Magtstruktur betyder, at aktørerne bygger deres magt på deres kontrol over ressourcerne og/eller aktiviteterne. Der foregår derved en systematisk og bevidst håndtering af de forskellige komponenter i forhold til hinanden. 3) Vidensstruktur. Med vidensstruktur menes, at aktivitetsdesignet samt brugen af ressourcer er knyttet sammen af erfaringer og viden fra tidligere og senere aktører. 4) Tidsrelaterede strukturer. Netværket er et resultat af dets historie, hvad angår erfaring, investering i relationer, viden, rutiner m.m. Ændringer i netværket skal accepteres af resten af netværket, eller som minimum dele af netværket. På grund af dette vil hovedparten af ændringerne i netværket være af marginal karakter og oftest tæt knyttet til netværkets fortid [Håkansson, 1986, pp. 17-18]. De fire mekanismer hænger tæt sammen med stabilitet og udvikling. Udvikling indenfor visse dele af netværket forudsætter til tider stabilitet i andre, men samtidig kan udvikling i én dimension også virke stabiliserende i en anden. Der er en dualitet mellem stabilitet og udvikling [Håkansson, 1986, p. 18].

Kontrollen i netværket er fordelt mellem nogle af aktørerne og kontrolstrukturen i netværket har konsekvenser for aktørernes udbytte men også for fremtidig udvikling og struktur i netværket. Da aktører med kontrol kan påvirke andre aktører til at gennemføre særlige investeringer samt til at vælge bestemte tekniske løsninger. For at fremme aktørernes interesser vil de kæmpe om at få kontrol over aktiviteterne i netværket. Det at der ikke er gennemsigtighed gør, at de forskellige aktører har uklare og forskellige forestillinger omkring kontrolstrukturen i netværket. Deres succes i forbindelse med at påvirke udviklingen afhænger af aktørernes egne kognitive modeller. Jo større variation der er i blandt aktørers

kognitive modeller, jo større er chancen for at de forskellige aktører vil søge i forskellige retninger efter kombinationer af aktører og ressourcer. Stor variation i aktørers kognitive modeller gør, at et netværk bliver ustabil [Håkansson, 1998, pp. 54-55].

Håkansson et al. gør sig en række antagelser i beskrivelsen af måden netværk fungerer på og er opbygget. En antagelse er at udvekslingsrelationen mellem aktører er en nødvendighed for netværket. Udvekslingsrelationerne bygger på mere eller mindre implicite regler. Reglerne bygger på antagelsen om, at aktørerne har et gensidigt kendskab til hinanden. Disse regler er meget tæt forbundet til aktørernes kognitive model [Håkansson, 1998, p.51].

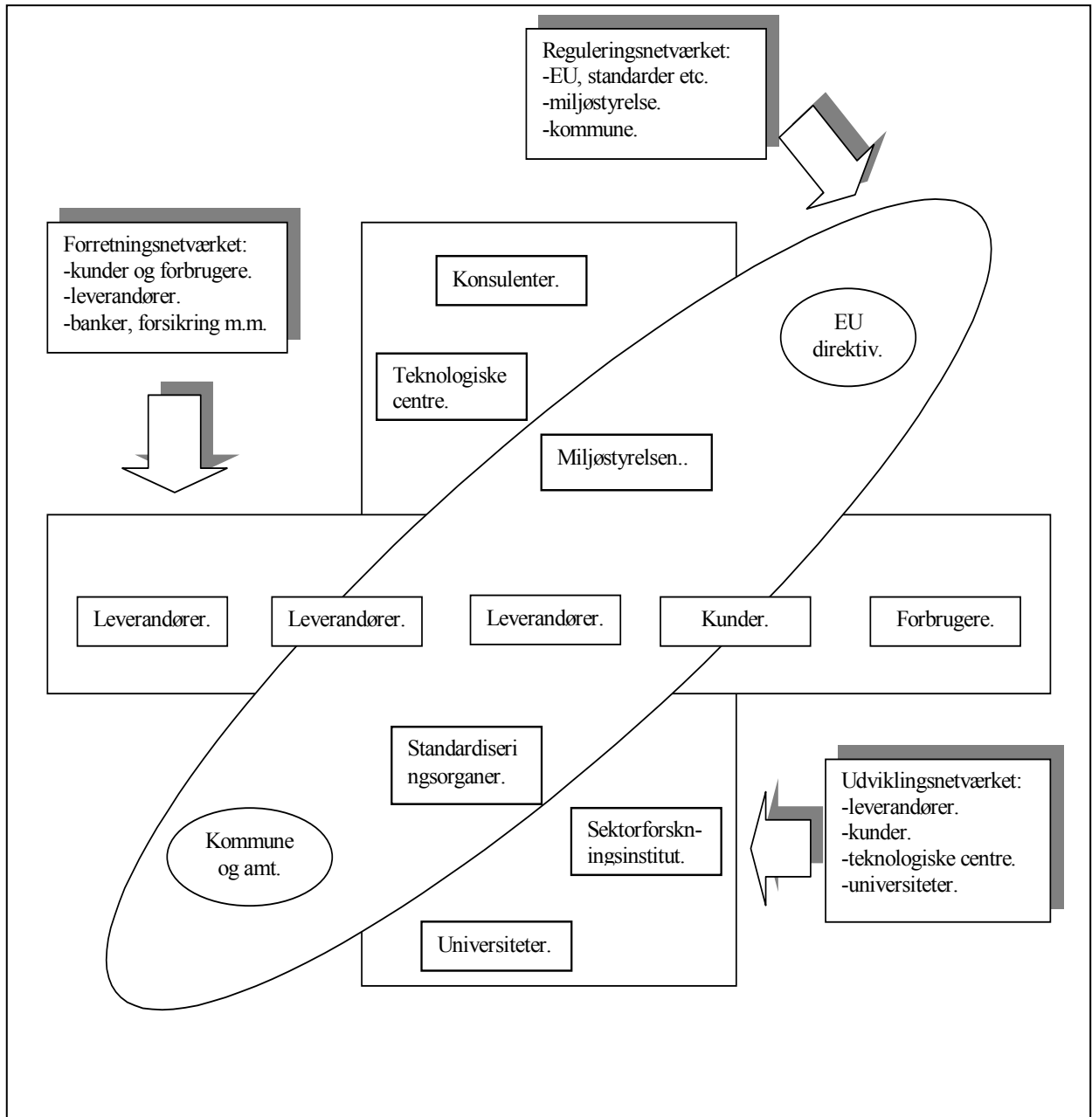
Ifølge Håkansson et al. er der tre former for udvekslingsrelationer. De betegnes som hhv. negative, positive eller som en blanding af begge disse. De negative udvekslinger forhindrer udveksling i andre relationer og vil oftest skyldes, at to aktørers aktiviteter er blevet yderligere tæt forbundet. I den positive relation sker der en udveksling, som er understøttet af en anden udvekslingsrelation. Almindeligvis forholder det sig således, at positive forbindelser foregår langs en aktivitetskæde mens et kundes forhold til konkurrerende udbydere kendetegnes som negative relationer [Håkansson, 1998, p. 53].

5.1.3 Miljøinnovationer i netværk

I forbindelse med initiering af innovationer kan det i mange tilfælde være fordelagtigt at anskue virksomheder fra et netværksperspektiv. Dette skyldes at teknologi og viden i de fleste tilfælde spredes via en virksomheds ydre relationer (netværket), både til andre virksomheder men også til forskningsinstitutioner, universiteter og myndigheder. Derfor er den enkelte virksomhed ikke nødt til selv at udvikle ny viden indenfor alle områder, såfremt den er i stand til at opsamle og integrere viden fra netværket [Søndergård et al., 1997, p. 299-300].

I Søndergård et al. [1997] diskuteres forholdet mellem virksomhedens netværk, miljøinteraktioner og miljøforestillinger. I den forbindelse foreslår de en analytisk opdeling af virksomhedens mange netværk til at gælde tre hovedtyper: et forretnings- (leverandør- og

kunderelationer), et udviklings- (relationer til fx forskningsinstitutioner og universiteter) og et reguleringsnetværk (fx. Miljøstyrelsen, EU-normer mv.). Fælles for netværkene er, at de har betydning for virksomhedens miljøhandlerum. Denne opdeling er dog ikke entydig og de samme aktører vil ofte gå igen i flere netværk.



Som det fremgår af figuren vil virksomhedens relationer i forretningsnetværket primært være præget af udvekslingsaktiviteter, men samtidig vil relationerne have afgørende betydning for virksomhedens udviklingspotentialer i og med at leverandører og kunder vil kunne indgå i

udviklingsnetværket. Ligeledes vil reguleringsnetværket også kunne besidde udviklingspotentialer for virksomheden.

Det er nødvendigt med en analyse, for at vurdere betydningen af netværkets elementer i forhold til innovation samt hvorledes dele af virksomhedens netværk kan aktiveres, hvis målsætningen er at gennemføre en miljøinnovation. I analysen kan det være væsentligt at skelne mellem virksomhedens miljøforestillinger og –interaktioner. Miljøforestillinger bygger på, at virksomheden som aktør tolker eksterne og interne betingelser og muligheder. Tolkningen danner grundlag for måden aktøren vil handle på. Miljøinteraktionerne er alle de interaktioner og informationsudvekslinger, som har med miljø at gøre. De skal ses som en struktur, som påvirker netværket og dermed også virksomhedens miljøhandlerum. Aktør- og strukturperspektivet bør bruges til at forstå, hvordan overordnede miljøforestillinger inden for teknologiske systemer er afgørende for udviklingssporet [Søndergård et al., 1997, p. 301-302].

5.2 Udvalgelse af tekniske løsninger

Formålet med dette afsnit er, at udvælge relevante tekniske løsninger til at nedbringe de i MEKA-skemaet identificerede miljøproblemer. Udvælgelsen vil foregå ved, at vi indledningsvis opstiller nogle kriterier, som vi derefter vil sammenholde med mulige tekniske løsninger. Kriterierne er opstillet med henblik på at frasortere irrelevante tekniske løsninger, som derfor ikke vil blive behandlet i dette projekt. Efterfølgende beskriver vi de løsninger vi har udvalgt og karakteriserer i den sammenhæng graden af løsningernes radikalitet.

5.2.1 Kriterier

Vi har opstillet 3 overordnede kriterier for udvælgelse af tekniske løsninger:

1. Skal mindske miljøproblemer betydeligt.
2. Caravell skal have kendskab til de tekniske løsninger.
3. Løsningen skal være teknisk gennemførlig.

Det første kriterium skal forstås som, at den tekniske løsning skal nedbringe de miljøproblemer påpeget i MEKA-skemaet. Ved betydeligt menes, at reduktionen foruden at

være dokumenterbar også skal have et omfang, der gør at aktørerne (især producenter og aftagere) må formodes at have incitament til at investere i en sådan. Grunden til dette kriterium er medtaget skyldes, at vi er interesseret i at beskæftige os med innovationer med væsentlige reduktioner af miljøbelastningerne.

Det andet kriterium er medtaget grundet vores interesse for barrierer i netværket til allerede kendte tekniske løsninger. Dette skal forstås som at vi, eksempelvis, ikke vil se på de barrierer der optræder i forbindelse med vidensoverførsel, samt de søge- og læreprocesser en virksomhed nødvendigvis må foretage for at indhente ny viden om fremtidige produktudviklinger.

Sidste kriterium skal forstås som, at løsningen umiddelbart uden større omstillinger kan implementeres i produktet og produktionen.

5.2.2 Valg af tekniske løsninger

De væsentligste miljøbelastninger identificeret i MEKA-skemaet er brugen af kølemidlet HFC-134a (pga. sin høje GWP-værdi), energiforbruget, samt kobberforbrug (som er det materiale med størst ressourceforbrug). Det er disse miljøbelastninger vi vil søge at finde tekniske løsningsmuligheder til, ud fra ovenstående kriterier.

Kriterier overfor kølemiddel

Første kriterium for valget af et nyt kølemiddel er, at det skal mindske miljøbelastningerne forbundet til det tidligere anvendte kølemiddel betydeligt. Som tidligere beskrevet er det altovervejende miljøproblem ved brugen af HFC som kølemiddel dets høje GWP-værdi (GWP på 1300). Kravet til substitut kølemidlet må derfor være en lav GWP-værdi, hvilket er tilfældet for isobutan, som har en GWP på 3 [Pedersen, 2001, p. 44]. Lave GWP værdier er generelt tilfældet for samtlige kulbrinte-baserede kølemidler, hvorfor eksempelvis propan også kunne anvendes. Propan anvendes imidlertid hovedsageligt til lidt større modeller end 335, mens isobutan netop anvendes til modeller på størrelse med 335, blandt andet derfor har vi valgt at fokusere på isobutan.

Caravell har i samarbejde med Teknologisk Institut, Danfoss og en følgegruppe bestående af repræsentanter fra Frisko (Unilever), DTU, Forbrugerstyrelsen mfl. gennemført et udviklingsprojekt. Dette projekt omhandler blandt andet brugen af isobutan som kølemiddel i en modificeret model 335 (vores undersøgte produkt). På denne baggrund kan vi konstatere at Caravell, som minimum har kendskab til en type af alternativ kølemiddel. Kendskabet indbefatter yderligere også viden om produktion af iscremefryser med isobutan, samt isobutans ydeevne som kølemiddel [Poulsen et. al, 2000, pp. 3-10]. I forbindelse med isobutan som substitut for HFC må andet kriterium derfor også siges at være opfyldt.

Den tekniske løsning Isobutan som alternativ til HFC opfylder også tredje kriterium. Dette skyldes igen førnævnte projekt hvor Caravell har produceret 50 prototyper til formålet. Derved kan vi konstatere at løsningen rent teknisk er gennemførbar og samtidig ikke forudsætter de store omlægninger hverken i produktionsapparatet eller i produktet.

Kriterier overfor energi

MEKA-skemaet viste at fryserens energiforbrug er et væsentligt miljøproblem. For at mindske dette problem må fryserens samlede energiforbrug reduceres. Det kan ske på flere måder, men det mest oplagte er ifølge både Per Henrik Pedersen [Interview, Pedersen, 2002] og Palle Lengsholm [Interview, Lengsholm, 2003] at forbedre lågets isoleringsevne samt at mindske kompressorens elforbrug. Grunden til at en øget isolering af låget er det mest hensigtsmæssige indsatsområde, sammenlignet med eksempelvis fryserens sider, skyldes at det er hertil det største energitab er forbundet. Låget er som bekendt af glas, grundet pligtegenskaben at kunden skal have udsyn til varerne. Pligtegenskaber (se afsnit i forbindelse Med MEKA-skema) kan man ikke umiddelbart ændre på, forstået på den måde at kunden *skal* have udsyn til varerne. Man kan dog ændre på materialet eller tykkelsen af materialet. Ingen af disse tiltag er imidlertid teknisk mulige på nuværende tidspunkt. For det første fordi en forøgelse af tykkelsen af den nuværende glaslåge har været forsøgt og kan medføre at kunderne vil kunne komme til skade ved brug (klemme fingrene). En ændring af materialet (fra eksempelvis glas til opskummet glas) er ej heller teknisk mulig, da dette vil sløre udsynet

til produkterne og derved ikke opfylde pligtegenskaberne [interview med Palle Lengsholm]. Der bliver forsket i nye teknologier men da disse løsningsmuligheder endnu ikke er praktisk mulige (opfylder ikke tredje kriterium) vil vi ikke forfølge dem yderligere.

Løsningsforslaget omhandlede reduktion af kompressorens elforbrug er derimod straks mere interessant. Danfoss har i samarbejde med TI udviklet en ny type kompressor med variabelt omdrejningstal. Den konkrete besparelse ved skift af kompressor til den nye type er på minimum 16% [Poulsen et al., 2000, p.48]. En 16% reduktion medfører, efter vores vurdering, en tilpas stor miljøforbedring, til at aktørerne (herunder producenter og aftagere) burde være villige til at investere i løsningen. Løsningsforslaget opfylder derved, efter vores opfattelse, første kriterium.

Andet kriterium, omhandlende Caravells kendskab til løsningen, er også opfyldt. Dette skyldes at den energibesparende kompressor er indeholdt i det samme projekt fra 2000, som beskrevet i afsnittet kriterier overfor kølemiddel. Projektet blev, som sagt udarbejdet i et samarbejde mellem Teknologisk Institut, Danfoss, Caravell mfl.

Den tekniske løsning (skift af kompressor) opfylder ligeledes tredje kriterium. Dette skyldes, som for kølemiddel, at Caravell, i forbindelse med projektet fra 2000, har formået at producere 50 prototyper med den energibesparende kompressor. Dermed har de bevist, at løsningen, uden større produkt- og produktionsmæssige omstillinger, er teknisk gennemførlig.

Kriterier overfor kobber

Mængden af kobber i iscremefryseren er fordelt på to poster, hhv. varmeveksleren/kapillærrøret og kompressoren. Der knytter sig forskellige problematikker til de enkelte poster i forbindelse med at udfase kobber. Vi vil derfor enkeltvis sammenholde kriterierne med hver af de tre poster.

Kapillærrøret som i den nuværende iscremefryser er lavet af kobber kan også fremstilles i aluminium hvilket ved substitution kan nedbringe iscremefryserens samlede ressourcetræk betydeligt. Dette skyldes for det første at kobber er en betydeligt mere sparsom ressource end aluminium. Derudover har aluminium også nogle egenskaber der gør det lettere at genanvende og er ikke som kobber et problem i forhold til stålfraktionen. Man kan på denne baggrund sige at første kriterium er opfyldt ved udskiftning af kapillærrøret. At Caravell skal have kendskab til den tekniske løsning (andet kriterium) kan også bekræftes, eftersom det er via samtale med Palle Lengsholm at vi er blevet gjort opmærksomme på denne løsningsmulighed. Det tredje kriterium er derimod straks vanskeligere at opfylde, eftersom det rent teknisk er forholdsvis kompliceret at gennemføre denne udskiftning i praksis. Dette skyldes at kapillærrøret skal forbindes til fordamperen, som også er lavet af aluminium. Før end at Caravell bliver i stand til at lodde aluminium og aluminium sammen forudsætter det en automatisering af lodningsprocessen. Dette vil for det første betyde at Caravell skal foretage en forholdsvis stor investering i omlægning af produktionsapparatet. For det andet er det ikke sikkert at lodningen rent praktisk vil kunne lade sig gøre på trods af de nye indkøb, pga. automatiseringen forudsætter en præcision i samlingen som på nuværende tidspunkt ikke er mulig at efterleve [Interview, Lengsholm, 2003].

Da det ikke er Caravell selv der producerer kompressorerne, men deres underleverandører, har de kun ringe indflydelse på kobberindholdet. På nuværende tidspunkt kan ingen af deres leverandører fremstille kompressorer med væsentligt reduceret kobberindhold, hvorfor der ikke foreligger en teknisk løsning [Interview, Danfoss, 2003].

Vi har valgt ikke at efterfølge kobberudfasning videre i projektet da vi ikke har kunnet finde løsningsmuligheder der stemte overens med de opstillede kriterier.

Konkret teknisk beskrivelse af kølemiddel

Det at skifte et kølemiddel fra HFC-134a til isobutan kræver, at der foretages nogle tekniske ændringer i selve fryseren, samt at der foretages nogle justeringer i produktionen. I produktionsfasen skal udstyret til påfyldning af kølemiddel (en ”påfyldningsstation”)

udskiftes. Derudover er der en række sikkerhedsforanstaltninger, der skal opfyldes i forbindelse med produktionsprocessen, hvilket skyldes at isobutan er brandfarligt. I den forbindelse har Teknologisk Institut udarbejdet retningslinier for brug af naturlige kølemidler [Poulsen et al., 2000, pp. 11-15]. Af retningslinierne fremgår det, at det kræver en efteruddannelse af personalet, der skal producere de nye produkter. Vi har fået oplyst, at Caravell har indkøbt en ny påfyldningsstation til isobutan og propan, hvilken har kostet 0,5 mio. kr., men at denne på nuværende tidspunkt ikke er taget i brug [Interview Caravell, 2002]. De ændringer som skal foretages i fryseren, indebærer at dimensioneringen af kølekredsen skal justeres (hvilket bl.a. afhænger af kølemidlets damptryk) samt at der skal bruges en kompressor, som er beregnet til at køre med isobutan. Sådanne kompressorer findes på markedet og produceres af fx Danfoss og Electrolux's spanske datterselskab Unidad [Interview, Lengsholm, 2003]. Yderligere skal det tilføjes, at en ændring af kølemiddel ikke påvirker fryserens energieffektivitet til det dårligere, men i visse tilfælde kan vise sig at øge effektiviteten [Poulsen et al., 2000, p. 3].

Overgangen til brugen af kulbrinter som kølemiddel betegner vi, såfremt den kommercielliseres, som en inkrementel innovation da den ikke bryder med teknologisporet. Den er i vores øjne ikke blot en rutinepræget produktudvikling, eftersom der er tale om en reel forbedring såfremt den gennemføres. Det er muligt at tale om et teknologispor i forhold til måden at bygge et frysekredsløb og også hvad vedrører kølemidlet. I omkring 60 år har kølebranchen (frem til starten af 90'erne) brugt CFC-12 (blandt andre) som kølemiddel. Derfra er der sket en overgang til at bruge HCFC og HFC og nu videre til naturlige kølemidler, som kulbrinter. Udviklingen for husholdningsprodukter med isobutan startede i 1992, da de første Greenfreeze-produkter kom på markedet. Greenfreeze er en fælles betegnelse for kulbrintebaserede kølemidler som Greenpeace var med til at udvikle i starten af halvfemserne. Udviklingen er nu, omkring 10 år senere, også ved at gøre sig gældende for de kommercielle iscremefrysere hovedsageligt med kølemidlerne isobutan og propan. Det fremgår af et andet og lignende udviklingsprojekt foretaget mellem bl.a. TI og Unilever, hvor der under OL-legene i Sydney 2000 blev opsat 50 frysere med propan som drivmiddel [Unilever, 2003 a]. Fryserne er udviklet af og en østrigsk iscremefryse producent, AHT, og ført til at der i dag er opstillet 100 af disse propanfrysere i Danmark.

Da der er produceret 50 prototyper af iscremefrysere med isobutan i projektet mellem TI og Caravell [beskrevet i Poulsen et al., 2000], samt 50 prototyper iscremefrysere med propan i projektet mellem TI, Unilever og AHT [Unilever, 2003 b] mener vi at have belæg for sige at det er teknisk muligt at gennemføre en substituering af det nuværende kølemiddel med isobutan, der er langt mindre problematisk end HFC-134a. Ydermere har producenter af husholdningskølemøbler benyttet Greenfreeze-teknologien, deriblandt isobutan, gennem en årrække.

Konkret teknisk beskrivelse energieffektivisering

I et projekt mellem blandt andet TI, Danfoss og Caravell, med formål at energioptimere en iscremefryser, nåede TI frem til en løsning med en samlet energibesparelse på ca. 50% alt efter forholdene, hvorunder fryseren opstilles. Denne besparelse blev målt i butikkerne (field-tests i Danmark), hvor de var opstillet, mens besparelsen i laboratorium blev målt til 34% [Poulsen et al., 2000, p. 50].

Hovedsageligt ændredes tre ting ved den oprindelige fryser (model 335) nemlig glastykkelsen, kompressoren og kølemidlet. Den nye type kompressor er omdrejningsreguleret, hvilket giver kompressoren et variabelt omdrejningstal, modsat den gamle kompressor, der har konstant omdrejningstal og tænd/sluk funktion. Dette betyder, at den nye kompressor kan køre med lavere omdrejninger i længere tid og gradvist øge og sænke omdrejningerne alt efter belastningen [Poulsen et al., 2002, pp. 28-29], hvilket altså giver en energibesparelse i forhold til den konventionelle kompressor. Med hensyn til glaslågen blev denne ændret fra enkeltglas til dobbeltglas. Man er dog på Caravell nået frem til, at de tykkere glaslåg ikke er anvendelige i praksis, da de bliver for tunge. Dette er dels et problem for den almene betjening og dels fordi man med de tungere låg kan klemme fingrene alvorligt, hvilket ikke er hensigtsmæssigt [Interview, Lengsholm, 2003]. TI vurderer, at over halvdelen af besparelsen i de modificerede frysere skyldtes de tykkere låg (ca. 19% i laboratorietest), hvorfor der stadig er en væsentlig besparelse at hente på den nye kompressor (ca. 16% i laboratorietest). Endvidere vurderer TI, at kompressoren vil være mere energieffektiv i praksis

end i laboratorietests, pga. en lavere omgivende temperatur (under standardbetingelser i laboratorium på 25 C°), som medfører et lavere energiforbrug. Det lavere forbrug betyder, at kompressoren kører med lavere omdrejninger [Poulsen et al., 2000, p. 48].

Implementeringen af den variable kompressor har efter vores opfattelse ikke karakter af at være en radikal innovation eller et brud med det gængse teknologispor. Andre steder i kølebranchen er der sket en omstilling fra konventionelle- til variable kompressorer, hvorfor der i dag produceres husholdningskølemøbler med variabel kompressor [Danfos, 2003]. Det skal nævnes, at på trods af de mange lighedspunkter mellem husholdnings kummefrysere og kommercielle iscremefrysere, kan man ikke sidestille hverken dem eller deres kompressorer, da de er meget forskellige hvad angår ydeevne, størrelse m.m.

Den ovenfor beskrevet tekniske løsning fra TI-projektet viser, at det således er teknisk muligt at opnå en betydelig reduktion af energiforbruget.

5.3 Indledning til netværksanalyse

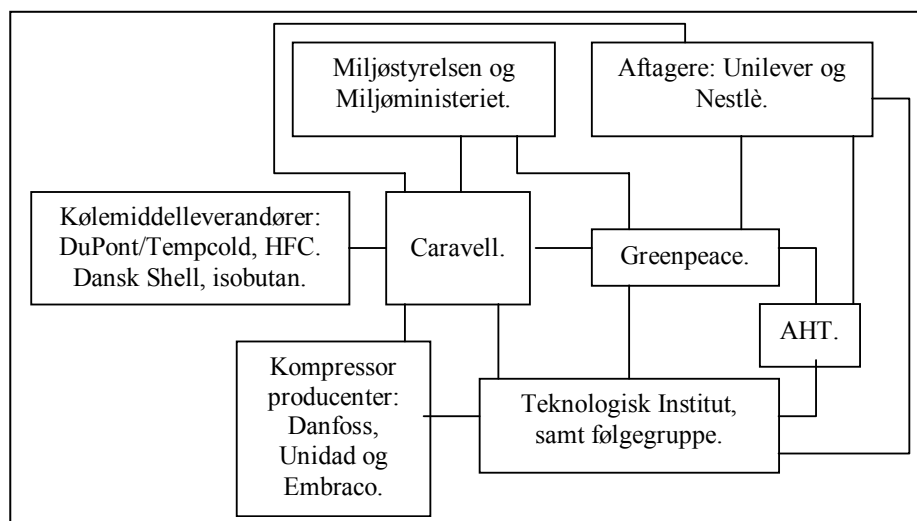
Hovedvægten i denne del af analysen er lagt på netværksperspektivet (Caravells eksterne relationer). Vi forstiller os, at netværksfokuseringen kan fungere som forklaringsramme, for hvilke barrierer og muligheder der er for at gennemføre miljøinnovationer hos Caravell. Analysen skal munde ud i en vurdering af barrierer og muligheder i netværket i forhold til at foretage miljøinnovationer. Vi har valgt kun at se på implementeringsmuligheder og barrierer i forhold til de valgte tekniske løsninger (substituering af HFC-134a med isobutan samt udskiftning af kompressorer), som er beskrevet ovenfor.

Vi har valgt at bygge denne analysedel op i to overordnede afsnit ved hhv. at se på Caravells netværk i forhold til HFC-134a substituering samt på netværket for energioptimering af kompressorer. Hvert afsnit vil således udgøre en selvstændig analyse med fokus på at belyse

barrierer og muligheder i de individuelle netværk. Vi starter med at tage udgangspunkt i Søndergård et al.'s tekst (jf. teori afsnit) til at klarlægge netværkene i forhold til virksomhedens miljømæssige handlerum. Dernæst vil vi inddrage Håkansson et al.'s teori til at analysere samspillet mellem elementerne (f.eks. ressourcer, aktiviteter m.m.) i netværkene. Afslutningsvis vil vi vurdere barrierer og muligheder i forhold til ovenstående.

5.3.1 Netværket i forhold til kølemiddel

Vi har valgt at bruge den analytiske opdeling af virksomhedens netværk, som foreslået af Søndergård (jf. teori afsnit). I den forbindelse har vi prøvet at opstille en simplificeret figur herover.



Figur: Caravells netværk i.f.m. substitution af kølemiddel.

Ovenstående figur er en simplificeret illustration af netværket i forbindelse med kølemiddel. De tre netværk er alle indeholdt i figuren. Vi har altså ikke foretaget en skarp skelnen i figuren mellem de tre netværk.

I figuren har vi taget udgangspunkt i Caravells netværksrelationer i forhold til det nuværende kølemiddel (HFC-134a), som produceres af den multinationale kemivirksomhed DuPont,

hvorefter det distribueres til det danske marked via Tempcold. Fokuseringen på netværksrelationer i forhold til det nuværende kølemiddel skyldes, at vi antager at en udskiftning af kølemiddel ikke vil ændre den overordnede struktur, men blot medføre en udskiftning af kølemiddelleverandør. En udskiftning vil i vores tilfælde ske til Dansk Shell (Caravells fremtidige isobutanleverandør), som i forvejen leverer cyclopentan til PUR-skum isolering i Caravells iscremefrysere [Interview Lengsholm, 2003; Tempcold, 2003].

I forretningsnetværket indgår leverandørerne af kølemiddel (Tempcold/DuPont og Dansk Shell) samt producenterne af kompressorer, som hhv. er Danfoss, Unidat (Electrolux) samt den brasilianske producent Embraco. Det skal dog nævnes, at Embracos kompressorer kun udgør et fåtal af Caravells samlede kompressorindkøb. Grunden til at kompressorproducenterne indgår i netværket for kølemiddel er, at et skift i kølemiddel samtidig forudsætter et skift af kompressoren, da kompressorer til HFC-134a ikke kan benyttes til isobutan. Kunderne/aftagerne i forretningsnetværket indeholder en lang række forskellige virksomheder. Af de, for os, mest relevante kan nævnes iscremeproducenterne Unilever (Frisko) og Nestlé (Premier Is).

I udviklingsnetværket indgår Teknologisk Institut (TI) som en væsentlig aktør. Det skyldes, at de blandt andet har udarbejdet retningslinier for hvilke produktionsomstillinger, der skal gennemføres for at producere kulbrinte (i vores tilfælde isobutan) drevne iscremefrysere hos eksempelvis Caravell. Derudover har TI samarbejdet med Danfoss om at udvikle en kompressor til brug af isobutan. En anden i denne forbindelse væsentlig aktør er Greenpeace, som oprindeligt har været initiativtager til at udvikle teknologien (Greenfreeze). Derudover har iscremeproducenten Unilever samarbejdet med hhv. Greenpeace, Teknologisk Institut og den Østrigske fryserproducent AHT om at udvikle en HFC-fri iscremefryser. Sidstnævnte samarbejde skal forstås således, at Greenpeace i forbindelse med Olympiaden i Sydney år 2000 opfordrede Unilever til at udfase brugen af HFC, som kølemiddel i deres iscremefrysere. Dette resulterede i at Unilever fik deres hovedleverandør, AHT, til at udvikle en HFC-fri fryser på baggrund af Greenfreeze-teknologien. Derefter har Greenpeace DK fået TI til at teste de af AHT producerede HFC-frie iscremefrysere.

Udviklingsnetværket, i forbindelse med kølemiddel, er altså en smule mere komplekst end først antaget og nogle af aktørerne, blandt andet AHT, berører kun Caravell perifert. AHT er dog interessante i en udviklingssammenhæng, eftersom de udover at have udviklet en HFC-fri iscremefryser også har formået at få startet en reel produktion af disse [Interview Haaland (Greenpeace), 2003; Pedersen (TI), 2003].

Reguleringsnetværket består af de aktører, der udformer og påvirker regulering med betydning for den undersøgte miljøinnovation. Selve reguleringen er altså ikke en del af reguleringsnetværket, men skal snarere opfattes som en strukturel ekstern faktor, som det samlede netværk (forretnings-, udviklings- og reguleringsnetværket) er underlagt. I reguleringsnetværket indgår blandt andet Miljøstyrelsen og Miljøministeriet. Dette skyldes, at disse to aktører er centrale i forhold til udformning af ny regulering. Ud over den konkrete regulering yder staten støtte til at initiere videnskabelige og teknologiske udviklingsprogrammer til fremme af udviklingen og anvendelse af alternative stoffer, teknologier, genvinding, etc. (jf. afsnit om regulering af ozonlagsnedbrydende stoffer). Desuden indgår Greenpeace, der forsøger at presse netværkets øvrige aktører til at implementere tidligere udfasningsfrister for HFC.

5.3.2 Forretningsnetværket for kølemiddel

Vi vil nu se på de muligheder/udviklingspotentialer og barrierer forretningsnetværket indeholder i forhold til kølemidler. Som nævnt indeholder forretningsnetværket en række aktører (se ovenfor), som hver især besidder forskellige ressourcer, aktiviteter og i den forbindelse også forskellige grader og typer af magt. De danske leverandører af hhv. isobutan og HFC besidder i forhold til Caravell en vigtig ressource. De har dog, efter vores vurdering, ikke mulighed for at udøve nogen reel magt over for Caravell, hvilket for Tempcolds (dansk distributør af blandt andet HFC) vedkommende skyldes, at de blot er én af mange distributører. Ydermere forhandler Tempcold også kulbrintebaserede kølemidler, hvilket kan tolkes som et tegn på en fleksibel markedsføringsstrategi. Dette må nødvendigvis betyde, at virksomheden ikke har interesse i at promovere et produkt frem for et andet men blot ønsker

at levere den efterspurgte vare. I forbindelse med udfasning af HFC vil den eventuelle magt i kraft af kontrol over en ressource, som Tempcold måtte have i forbindelse med Caravell, ikke optræde som en barriere, men nærmere som en mulighed, da de umiddelbart kan levere både isobutan og HFC [Tempcold, 2003]. Isobutan leverandøren, Dansk Shell, som i en eller anden forstand også er producent af isobutan, forstået på den måde at isobutan er et biprodukt ved fremstilling af fossile brændsler, har heller ikke nogen decideret magt over Caravell. Dette skyldes, at isobutan ikke er specielt kompliceret at fremstille, hvorfor de fleste større olieselskaber vil være leveringsdygtige ligesom forskellige distributører fx Tempcold. Omvendt kan Caravell heller ikke udøve noget pres af betydning overfor hverken Dansk Shell eller Tempcold, da deres brug af isobutan vil være af en begrænset størrelse.

Producenterne af HFC er multinationale kemikalieproducenter som eksempelvis DuPont, Great Lakes m.fl. Disse har i kølemiddelnværket en vis form for magt, som de blandt andet har opnået via deres kontrol over ressourcer (kølemiddel; nu HFC, men tidligere CFC og HCFC) samt deres aktiviteter. Aktiviteterne (her forstået i en lidt udvidet forstand) omfatter eksempelvis lobbyarbejde (se nedenfor) og udvikling af nye men kun lidt bedre typer af kølemidler, set fra et miljøperspektiv, som ikke har medført radikale omlægninger af deres produktionsapparat. Ifølge Politikens artikel fra den 29/4, 2003 [Tjornbjerg, 2003] har disse multinationale kemivirksomheder haft held med lobbyarbejde i forhold til den amerikanske regering, hvilket har bevirket, at det på nuværende tidspunkt ikke er tilladt at opstille isobutan- eller andre kulbrentedrevne iscremefrysere i USA, da de beskyldes for at være brandfarlige. Dette virker dog som en temmelig useriøs beskyldning, da man i EU ikke har haft problemer med at dokumentere det modsatte.

Leverandørerne af kompressorer har ligeledes en ikke helt uvæsentlig indflydelse på hvorvidt en udskiftning af kølemiddel kan finde sted eller ej. Dette skyldes nogle kompressortekniske komplikationer ved skift af kølemiddel. Komplikationerne er dog ikke umulige at overkomme (se blandt andet afsnittet om valg af tekniske løsninger). Det forudsætter blot, at kompressorproducenten kan se fordele i at påbegynde en produktion af kompressorer til isobutan, hvilket enten kan ske via efterspørgsel, udefra kommende pres eller regulering (vi

vil i dette afsnit kun behandle ændring i efterspørgsel som en mulighed). De af Caravell anvendte kompressorleverandører er som sagt Embraco, Danfoss og Unidad, der hhv. er verdens største-, næststørste- og tredjestørste producent. Tilsammen står disse tre virksomheder for ca. halvdelen af den samlede globale produktion og må alle forudsættes at være leveringsdygtige i isobutandrevne kompressorer tilpasset kommercielle iscremefrysere inden for en overskuelig fremtid [Interview, Lengsholm, 2003]. Danfoss' status som verdens næststørste kompressorproducent og geografiske placering i forhold til Caravell (begge danske virksomheder) har afstedkommet en langvarig samarbejdsrelation mellem de to virksomheder (siden Caravells begyndelse i 1960) [Caravell Group, 2000, p.13] Dette samarbejde må antages over tid at aflede en gensidig afhængighed, som kunne bidrage til den manglende udskiftning af kølemiddel hos Caravell. Imidlertid vurderer vi ikke, at Danfoss' markedsposition influerer på deres villighed til at innovere. Dette skyldes blandt andet at de, som også tidligere nævnt, har deltaget i et udviklingsprojekt om netop at udvikle en sådan kompressor. Desuden er Danfoss leveringsdygtige i kulbrintekompressorer til husholdningskølemøbler og har været det gennem længere tid. Derudover benytter Caravell, som nævnt, også andre leverandører. Dette gøres for netop ikke at blive for afhængig af en enkelt underleverandør. Det skal dog tilføjes, at denne form for helgarderingsstrategi gør sig gældende for hovedparten af Caravells leverandører af delkomponenter og er nok oprindelig en strategi motiveret af økonomiske hensyn, men den vil også være behjælpelig i en udfasningssituation. Den førømtalte gensidige afhængighed vurderer vi heller ikke som værende en udfasningsbarriere igen grundet det forholdsvis store udbud af leverandører samt Danfoss' villighed til at innovere.

Den tredje gruppe af aktører, som i denne sammenhæng er relevante at beskæftige sig med, er aftagerne. Af disse har vi valgt kun at inddrage Unilever og Nestlé. Aftagerne besidder en økonomisk ressource, forstået på den måde at det er aftagerne, der enten direkte eller indirekte via en mellemhandler køber Caravells produkter. Vi er ved samtaler med Palle Lengsholm (fabrikschef på Caravell) blevet informeret om at en udskiftning af kølemiddel med tilhørende kompressor ikke vil fordyre iscremefryseren. Dette skyldes for det første, at isobutan er billigere end HFC, hvilket skyldes lavere omkostninger forbundet med produktionen af isobutan samt den danske afgift, som lægges på brugen af HFC. Det skal dog bemærkes, at

afgiften på HFC kun gælder for iscremefrysere solgt til hjemmemarkedet, da bekendtgørelsen ikke omfatter brug af HFC til eksportvarer [Bekendtgørelse, 2002]. For det andet vurderede Palle Lengsholm, at den nye type af kompressorer ikke ville blive nævneværdigt dyrere end den konventionelle HFC-drevne. Såfremt en HFC-fri iscremefryser kan produceres og sælges til nogenlunde sammen pris som den gamle (model: standard 335, Caravell) vil det i denne sammenhæng udgøre en mulighed/udviklingspotentiale i netværket. Dette understøttes også af de udtalelser, som eksempelvis Unilever er kommet med i forbindelse med det grønne OL i Sydney 2000 og senest i DGI-Byen ved præsentationen af deres HFC-frie iscremefryser nummer 100 (produceret af AHT) [Unilever, 2003 b].

Opsummeringen på muligheder og barrierer i forretningsnetværket må være, at der som sådan ikke ligger noget til hindring for, at Caravell som minimum påbegynder en produktion af isobutandrevne iscremefrysere sideløbende med deres nuværende produktion. At det i første omgang ikke vil være hensigtsmæssigt, set fra et forretningsmæssigt perspektiv, at foretage en fuldstændig udfasning af HFC skyldes førnævnte barriere på det amerikanske marked, som er Caravells største nationale eksportmarked [Interview, Lengsholm, 2003]. Det virker som om, der er en begyndende efterspørgsel efter HFC-frie iscremefrysere, hvilket udgør en mulighed. Samtidig stilles der på nuværende tidspunkt endnu ikke specifikke krav om HFC-substitution fra hverken Unilever eller Nestlé, hvilket kan ses som en barriere.

5.3.3 Udviklingsnetværket for kølemiddel

Udviklingsnetværket indeholder en række aktører og ligesom i forretningsnetværket besidder eller kontrollerer disse aktører hver især forskellige ressourcer og aktiviteter. De mest centrale aktører i netværket, i en udviklingssammenhæng, er Greenpeace, Teknologisk Institut og aftagerne, især Unilever. Caravell er, objektivt set, ikke særligt interessant i en udviklingssammenhæng, hvilket skyldes, at der i forbindelse med vores problemstilling findes to udviklingsnetværk, hvor samtlige af de tre ovenfor nævnte centrale aktører indgår. Det første udviklingsnetværk fungerede udenom Caravell men med AHT som producent og er på nuværende tidspunkt tilendebragt, forstået på den måde at produktionen er i gang og produkterne taget i brug. På trods af at Caravell ikke er indeholdt i dette netværk, anser vi netværket som relevant, da det kan fungere som et eksempel på hvordan et udviklingsnetværk

kan fungere og understreger at det er teknisk muligt at substituere kølemidlet. Yderligere er der en række sammenfald blandt de aktiverede aktører i de to netværk. Det andet og i vores forbindelse måske mest relevante udviklingsnetværk er dét med fokus på udvikling og implementering af HFC-frie iscremefrysere hos Caravell. Aktørerne i dette netværk er kølemiddelproducenter (både af HFC og isobutan), kompressorproducenter (her Danfoss), Teknologisk Institut, aftagere (bl.a. Unilever og Nestlé) og delvist også Greenpeace. Kølemiddelproducenterne besidder en nødvendig ressource men i en udviklingssammenhæng giver denne ressource dem ikke nogen reel magt, grundet samme argumentation som beskrevet i forretningsnetværket. Danfoss' kontrol over den for Caravell vigtige ressource vurderer vi ligeledes til ikke at optræde som en barriere i en udviklingssammenhæng. Dette skyldes, at både Danfoss og Unidad på nuværende tidspunkt kan levere denne type af kompressor. Aftagerne, særlig Unilever, som har været en del af det gennemførte projekt, er interessante i udviklingsnetværket grundet deres centrale position i netværket. Herved menes at Unilevers samarbejdsvilje og villighed til at aftage de endelige produkter har været afgørende for udviklingsprojektets tilblivelse. Teknologisk Institut var hovedaktøren i dette netværk i og med at de i første omgang i samarbejde med Danfoss styrede udviklingen af kompressoren. I anden omgang udviklede de i samarbejde med Caravell 50 iscremefrysere, som de til slut fik Unilever til at opstille i en række forskellige butikker i Danmark. På trods af TI's dominerende position i dette konkrete udviklingsnetværk har de pga. deres rolle som delvis selvfinansieret forskningsinstitution ikke interesse i en hæmmende magtudøvelse over de andre involverede aktører. Dette skal forstås på den måde, at TI i denne forbindelse kun har interesse i at fremme den mest miljørigtige teknologi. Den magt TI besidder i en kølemiddelsubstitueringsammenhæng vil derfor ikke fungere som en barriere men må snarere ses som en mulighed. Greenpeace er i dette udviklingsnetværk kun interessante i kraft af, at de oprindeligt har udviklet Greenfreeze-teknologien, som ovennævnte 50 iscremefrysere blandt andet bygger på.

Lige som i forretningsnetværket findes der i udviklingsnetværket heller ikke nævneværdige barrierer, ud fra vores vurdering. Teknologien til at substituere HFC med isobutan er altså på nuværende tidspunkt tilgængelig for Caravell.

5.3.4 Reguleringsnetværket for kølemiddel

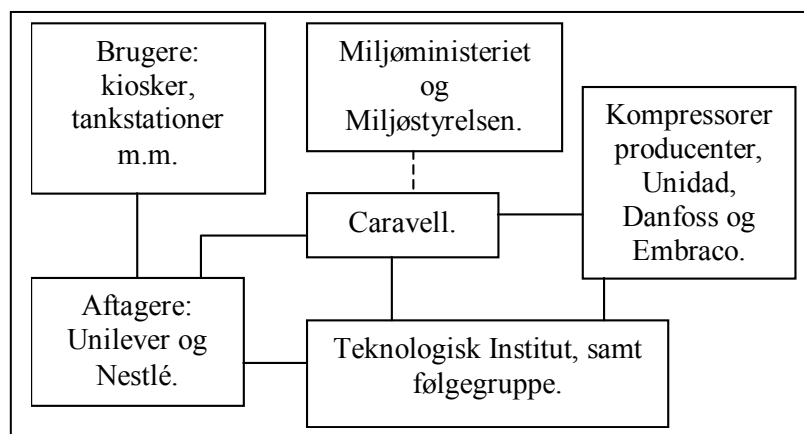
I reguleringsnetværket indgår først og fremmest de statslige institutioner der udformer og implementerer regulering først og fremmest i form af lovgivning. I forhold til substitution af HFC er der på nuværende tidspunkt pålagt en afgift samt fastsat en udfasningsfrist (2006) for stoffet [Bekendtgørelse, 2002]. Hverken afgiften eller udfasningsfristen gælder for eksport. Eftersom løsningen på nuværende tidspunkt er teknisk mulig, er der efter vores opfattelse en mulighed for at fremskynde den nuværende tidsfrist. I den forbindelse forsøger Greenpeace at påvirke de ovennævnte institutioner med henblik på at gennemføre en sådan regulering. Derfor indgår de (Greenpeace) også som en aktør i netværket, om end deres magt over de besluttende aktører må antages at være begrænset. En anden mulighed for en fremskyndelse og en mere omfattende udfasning af HFC er en udfasningsfrist på for eksempel EU niveau. Der er dog på nuværende tidspunkt ingen indikationer på at en sådan regulering kan forventes.

5.3.5 Delkonklusion

Delkonklusionen på denne analysedel vil overordnet være, at de største barrierer for at gennemføre en substitution allerede er nedbrudt. Processen vil dog kræve en øget efterspørgsel og vil kunne fremskyndes ved en aktivering af reguleringsnetværket. I forhold til det amerikanske marked er der stadig institutionelle barrierer for en substitution. Der foreligger muligheder i form af en begyndende efterspørgsel, samt at de nye produkter vil være konkurrencedygtige på pris.

5.3.6 Netværk i forhold til ny kompressor

Vi har på samme måde som for Caravells relationer i forhold til kølemidlet valgt at skitsere de netværksrelationer, der gør sig gældende i forhold til den mere energieffektive kompressor, som beskrevet i analyseniveau 1 (se figuren nedenfor). Vi beskæftiger os med de tre forskellige netværk (forretnings-, udviklings- og reguleringsnetværket) som beskrevet af Søndergård et al. [1997, p. 301]. Dette gøres for på mere overskuelig vis at kunne vurdere barrierer og muligheder i netværket knyttet til udskiftning af kompressorer. Figuren indeholder samtlige tre netværk, der skelnes altså ikke mellem hhv. forretnings-, udviklings- og reguleringsnetværket.



Figur: Caravells netværk i.f.m. ny kompressor.

Hovedaktørerne i forretningsnetværket er i denne sammenhæng foruden Caravell kompressorleverandørerne (Danfoss, Unidat og Embraco), aftagerne (især Unilever og Nestlé) og brugerne. Brugere skal her forstås som kiosker, tankstationer og lignende, altså de steder hvor fryserne er opstillet.

Som nævnt, tager vi udgangspunkt i et projekt om tekniske løsninger i forhold til energioptimering af fryseren (model 335). Dette projekt vil derfor også ligge til grund for beskrivelsen af udviklingsnetværket. Projektet er det samme som beskrevet i forrige udviklingsnetværk, men vi holder her fokus på den del af projektet omhandlende energioptimering og ikke kølemidlet. De i projektet involverede aktører var, som også tidligere nævnt, TI, Caravell, Danfoss samt en følgegruppe bestående af bl.a. aftagerne (Unilever), som skulle aftage og opstille de 50 energiforbedrede fryserne, samt Energistyrelsen, DTU m.fl.

Der findes ikke nogen specifik regulering for hvor energieffektive kommercielle plug-in fryse- eller kølemøbler som minimum skal være, hverken nationalt eller internationalt. Dog mener Caravell, at det blot er et spørgsmål om tid før en sådan kommer (derfor den stiplede linje mellem Miljøstyrelsen, Miljøministeriet og Caravell) [Interview, Lengsholm, 2003]. Iscremefryserne er dog omfattet af den CE-mærkning, der er gældende for alle elektriske apparater, som kan tilsluttes det almindelige el-net og sælges i EU.

5.3.7 Forretningsnetværket

Forretningsnetværket indeholder overordnet, som ovenfor beskrevet, tre (eksklusiv Caravell) aktørgrupper; kompressorproducenterne, aftagerne og brugerne. Disse besidder hver især en række ressourcer og aktiviteter, som er specielt interessante at forstå i forhold til at se på hvilke faktorer, der gør sig gældende med hensyn til at igangsætte eller forhindre en udvikling af mere el-besparende frydere.

Caravell indkøber på nuværende tidspunkt kompressorer af hhv. Danfoss, Unidat og Embraco. Kompressoren er en altafgørende forudsætning for at drive en produktion af iscremefrydere, hvilket naturligvis gør at Caravell er forholdsvis afhængig af denne ressource. Denne afhængighed gør sig selvfølgelig også gældende i forbindelse med at udskifte den konventionelle kompressor til en mere energieffektiv en af slagsen. Den variable- og mere energieffektive kompressor, anvendt i føromtalt projekt, er den dag i dag ikke i serieproduktion hverken hos Danfoss eller hos de resterende kompressorleverandører. At den energioptimerede kompressor ikke udbydes og derved ikke er tilgængelig for Caravell er selvfølgelig problematisk set fra et udviklingsperspektiv. Dette forhold vurderer vi til at være den første væsentlige barriere, med hensyn til at energioptimere iscremefryderen, i forretningsnetværket. Vi har på baggrund af TI-projektet fra 2000 og de dertil hørende 50 prototyper konstateret, at det rent praktisk er muligt for eksempelvis Danfoss at producere elbesparende kompressorer. Vi er imidlertid af Danfoss blevet gjort opmærksom på, at en serieproduktion af disse kompressorer forudsætter en efterspørgsel [Interview, Danfoss, 2003]. På denne baggrund vil vi nu undersøge, hvilke barrierer og muligheder der eksisterer i forretningsnetværket for at udbrede/øge efterspørgslen på elbesparende iscremefrydere.

Caravell sælger blandt andet sine produkter til isproducenter, herunder Nestlé og Unilever. Disse aftagere ”forærer” fryserne som led i en pakkelsning til brugerne (kiosker m.m.). Betingelserne for denne ”foræring” er, at det kun er den enkelte isproducents produkter, som befinder sig i fryseren. Derudover indbefatter pakkelsningen at der bliver opstillet reklamesøjler, flag, skraldespande, skilte m.m. med isproducentens logo. Isproducenten sørger yderligere for opfyldning samt vedligeholdelse af fryseren. Problemet ved denne ordning er, at det er den enkelte bruger, som skal betale fryserens elforbrug og ikke isproducenten. Dette forhold gør at isproducenterne ikke umiddelbart har noget incitament til efterspørge de elbesparende fryserne. Denne problematik bliver yderligere forstærket af, at forbrugerne (i denne sammenhæng ispisere) ikke, og i givet fald kun i ringe grad, er opmærksomme på iscremefrysernes høje elforbrug. Forbrugernes manglende orientering om denne problematik kan, efter vores opfattelse, blandt andet skyldes at der historisk set har været fokuseret på en lang række andre og på daværende tidspunkt måske mere relevante miljøproblemer. Disse er dog på nuværende tidspunkt mere eller mindre overkommet eller nedbragt (eksempelvis udfasning af CFC, HCFC m.m.). Forbrugernes manglende opmærksomhed på elforbruget betyder, at det er vanskeligt for isproducenterne at profilere sig på dette område, hvilket yderligere vil virke som en barriere for efterspørgslen efter de eloptimerede produkter. Aktørgruppen, som vi har valgt at kalde brugerne (kiosker, tankstationer m.m.), kunne hvad angår nedbringelse af fryserens elforbrug godt indeholde nogle udviklingspotentialer, eftersom det er dem der i givet fald ville opnå en besparelse i kraft af reducerede eludgifter. Denne gruppe er dog en meget uhomogen størrelse, forstået på den måde at den både indeholder store butikskæder (eksempelvis 7-Eleven, Statoil, FDB o.lign.) samt selvejende kiosker m.m. Dette gør det vanskeligt for dem at stille fælles krav til isproducenterne om at opstille de elbesparende fryserne grundet forskel i besparelser samt at de ikke har nogen form for indbyrdes organisering (eksempelvis brancheorganisationer, foreninger m.m.). Ser man derimod isoleret på de store butikskæder vil der her, i forhold til elreducerende tiltag, være en mulighed for at få indflydelse og derved stille krav hele vejen op igennem salgskæden fra Unilever over Caravell til Danfoss.

5.3.8 Udviklingsnetværket

I udviklingsnetværket i forhold til den forbedrede kompressor er Danfoss og TI de mest centrale aktører. Dette skyldes, at kompressoren blev udviklet gennem et samarbejde mellem de to aktører. Caravell har derefter i samarbejde med TI monteret den i deres model 335 i 50 prototyper. Der er ikke som sådan nogle barrierer i udviklingsnetværket, da der ikke burde være nogle væsentlige komplikationer forbundet med at montere og benytte den nye kompressortype. Netværket er dog stadig interessant, da TI i forbindelse med projektet har oparbejdet en del viden både om den nye kompressor og om model 335. En mulighed kunne derfor være at offentliggøre den dokumentation de ligger inde med eller dele deraf, med henblik på at skabe opmærksomhed omkring det faktum at iscremefrysere bruger uforholdsmæssigt meget energi, samt at man har mulighed for at nedbringe energiforbruget blot ved at udskifte kompressoren. I den forbindelse har der for nylig været medieomtale omkring automater til salg af kølige læskedrikke, der ligesom iscremefryseren bruger meget energi.

Yderligere er det i forbindelse med kompressorudvikling generelt værd at bemærke at Danfoss eksplicit benytter sig af en LCA tankegang i deres produktudvikling [Danfoss, 1999, p. 2]. Derfor kan man håbe på at fremtidige kompressorer vil være optimerede både i forhold til materialer og energi.

5.3.9 Reguleringsnetværket

Eftersom at der ikke er sket en udvikling af fryseren pga. af barrierer i netværket, som nævnt ovenfor, ser det ud til at der kan være muligheder for at igangsætte en hurtigere udvikling i at energieffektivisere iscremefrysere (og lignende kommercielle produkter) ved at aktivere reguleringsnetværket. Vi forestiller os at en evt. aktivering af reguleringsnetværket i givet fald mindst skal ske på EU-plan for at opnå en effektiv virkning. Grunden til at man i EU kan have interesse i at påvirke markedet for kommercielle frydere er for på sigt at opnå betydelige CO₂-reduktioner (alene i Danmark vil der være store reduktionspotentialer for at mindske CO₂ som fx. TI-projektet fremhæver).

En mulig måde at foretage en regulering kunne være at sætte et minimumskrav til frysernes energieffektivitet igennem CE-mærkningen og evt. lade dette minimumskrav stige over en årrække for kontinuerligt at påvirke udviklingen af mere energirigtige apparater. Denne metode benyttes på nuværende tidspunkt på husholdningskølemøber og da kommercielle iscremefrysere i forvejen er omfattet af CE-mærkning i forhold til sikkerhed er redskabet allerede kendt i branchen, hvad vi umiddelbart ser som en fordel.

En lignende mulighed var at indføre energimærkning i stil med den for husholdningsprodukter. Dermed kan det blive mere gennemsigtigt, hvor energikrævende forskellige fryseprodukter er, som måske kunne være et incitament til at efterspørgelsen i en vis grad ville rette sig mod de mere energieffektive produkter. Energimærkning kunne muligvis gøre det nemmere for isproducenterne at profilere sig ud ad til som værende energibevidste i deres indkøbsvalg. Ligeledes ville det muligvis være nemmere for forhandlerne at efterspørge mere energieffektive frysere, hvis de altså skal gøre sig nogen forhåbninger om at påvirke isproducenterne. En sådan regulering kan muligvis også være med til at differentiere markedet for iscremefrysere, ligesom det er sket for husholdningsprodukter. Noget kunne tyde på at der vil komme en fremtidig regulering, i hvert fald forventer Caravell, at det vil ske [Interview, Lengsholm, 2003].

5.3.10 Delkonklusion

På baggrund af analysen kan vi konkludere at den overvejende barriere for at gennemføre en energioptimering i form af at udskifte den nuværende kompressor må være, at isproducenterne ikke har tilstrækkeligt incitament til at efterspørge mere energieffektive iscremefrysere. Dette skyldes en *række* andre barrierer, hvoraf de vigtigste i vores øjne er, at der ikke er opmærksomhed omkring problemet hos forbrugerne af is og at det ikke er isproducenterne, der betaler for det høje energiforbrug. Endvidere er der i netværket flere muligheder i forhold til at nedbryde de forefundne barrierer. Dels er international regulering en mulighed, dels vil en øget opmærksomhed om problemet hos både forbrugere af is og brugere af iscremefrysere kunne øge incitamentet hos isproducenterne til at efterspørge mere energieffektive iscremefrysere.

6. Konklusion

Dette afsnit vil være en samlet besvarelse af problemformuleringen:

Hvilke væsentlige miljøbelastninger er forbundet til produktion, brug og bortskaffelse af produktet en iscremefryser og hvilke muligheder og barrierer er der for at minimere disse belastninger gennem ændringer i produktion og/eller produkt?

Vi kan på baggrund af MEKA-skemaet, vores miljøvurdering, konkludere at de væsentligste miljøbelastninger forbundet til den undersøgte iscremefrysers livsforløb er henholdsvis energiforbruget, kølemidlet HFC-134a og det relativt store forbrug af kobber. Denne konklusion vil som udgangspunkt være dækkende for iscremefrysere i almindelighed, såfremt HFC ikke er substitueret og der benyttes en varmeveksler af kobber. I forhold til energiforbruget kan vi konkludere, at isproducenterne ikke har incitament til at efterspørge energieffektive iscremefrysere, da de ikke selv skal betale udgifterne forbundet til det høje elforbrug og de vil have svært ved at positionere sig på energieffektivitet da opmærksomheden omkring problemet blandt forbrugerne af is er begrænset. På den baggrund ligger de største muligheder for at initiere en innovation i en øget international regulering. I forhold til HFC-134a kan vi konkludere, at det er muligt at substituere med isobutan, hvilket sandsynligvis vil ske i den nærmeste fremtid. Der er dog institutionelle barrierer på Caravells største nationale eksportmarked USA, hvorfor en fuldkommen udfasning først kan forventes på sigt. I forhold til kobberforbruget kan vi konkludere, at de største kobberfraktioner i iscremefryseren ikke med den nuværende teknologi kan udfases.

7. Litteraturliste

Bøger:

- [Caravell Group, 2000]: 2000: *For fulde sejl. Kølevirksomheden Caravell 1960-2000*, Caravell Group.
- [Christensen, 2000]: Christensen, Jens Frøslev, 2000: *Produktinnovation – proces og strategi*, Handelshøjskolens Forlag, 2. udgave, København.
- [Flyvbjerg, 1991]: Flyvbjerg, Bent, 1991, *Rationalitet og magt – det konkrètes videnskab*, Akademisk forlag, bind 1, Odense.
- [Greens, 2003]: 2003, *Opslagsværk om dansk erhvervsliv. Virksomheder A-K*. Greens Erhvervsinformation A/S, Frederiksberg.
- [Kirk-Othmer, 1991]: Kirk-Othmer, 1991, *Encyclopedia of Chemical Technology*, John Wiley & Sons, Inc., fourth edition, vol. 21, USA.
- [Rimfrost, 1977]: Rimfrost (forfatternavn for: Andersen, P., Busch. N. J., Juhler, S., Nielsen, M.M, 1977: *Da danskerne fik køleskab*, NOAH-DEBAT, nr. 1, KRIM TRYK, København.
- [Wenzel et al., 1996 a]: Wenzel, Henrik; Hauschild, Michael & Rasmussen, Elisabeth, 1996: *Miljøvurdering af produkter*, Institutet for Produktudvikling, DTU, Miljøstyrelsen.
- [Wenzel et al., 1996 b]: Wenzel et al., 1996: *Miljøvurdering i produktudviklingen 5 eksempler*, Institutet for Produktudvikling, DTU, Miljøstyrelsen.
- [Zumdahl, 1998]: Zumdahl, S.S., 1998: *Chemical Principles*, Houghton Mifflin Company, , 3rd edition, Boston.

Rapporter:

- [Agger et al., 2002]: Agger, P. et al.; *Dansk naturpolitik – Visioner og anbefalinger*; Vismandsrapport, Naturrådet, 2002.
- [Anon, 2000]: Anon et al.; *Livscyklusvurdering af dansk el og kraftvarme – sammenfatning*; Hentet på hjemmesiden: <http://www.eltra.dk/show.asp?id=12764>, marts, 2003.
- [Bull et al. 2002]: Bull, A-M. et al; *Beskyttelse af ozonlaget – Nordisk perspektiv, update 2002*. Nordisk Ministerråd, 2. udgave, 2002.
- [Jänicke et al., 1998]: Jänicke, M.; Mez, L.; Bechsgaard, P.; Klemmensen, B.; *Innovation*

and Diffusion through Environmental Regulation: The Case of Danish Refrigerators; Freie Universität Berlin, maj, 1998.

- [MST, 1996]: Miljøstyrelsen; *Kriterier for udvælgelse af uønskede stoffer*; Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 71, 1996.
- [MST, 2000 a]: Miljøstyrelsen; *Listen over uønskede stoffer. En signalliste over kemikalier, hvor brugen på længere sigt bør reduceres eller stoppes*; Orientering fra Miljøstyrelsen, nr. 9, 2000.
- [MST, 2000 b]: Miljøstyrelsen; *Effektlisten 2000*; Orientering fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 2000.
- [MST, 2000 c]: Miljøstyrelsen; *Forslag til Handlingsplan for kølemøbler – Udarbejdet af FEHA i samarbejde med danske producenter og Teknologisk Institut*, Miljøstyrelsen, 2000. Ikke udgivet.
- [Pedersen, 2001]: Pedersen, P. H.; *Vurdering af mulighederne for at erstatte kraftige drivhusgasser (HFC'ere, PFC'ere og SF₆)*; Miljøstyrelsen, 2001.
- [Pommer, et. al., 2001 a]: Pommer, K. et al.; *Håndbog i miljøvurdering af produkter*, Miljøprojekt nr. 578, Miljøstyrelsen, 2001.
- [Pommer et al., 2001 b]: Pommer, K.; *Baggrund til miljøvurdering af produkter – en enkelt metode*; Miljønyt nr. 58, Miljøstyrelsen, 2001.
- [Poulsen, 2000]: Poulsen, J.W.; *Elforbrug til madlavning i danske husholdninger*. Rapport 441, 1. udgave, DEFU, juni 2000.
- [Poulsen et al., 2000]: Poulsen, C.S. et al.; *Udvikling af energibesparende iscremefryser – Endelig rapport, Juni 2002*; Teknologisk Institut, Energi. 2000. Ikke udgivet.
- [Poulsen, 2001]: T.S. Poulsen. "Ozonlagsnedbrydende stoffer og drivhusgasser – 2000. Danmarks forbrug og emissioner". Miljøstyrelsen, miljøprojekt nr. 650, 2001.
- [Poulsen et al., 2002]: Poulsen, T.S.; Nielsen, J.M.; Lauridsen, J.; *Kortlægning af CFC- og HCFC-affald i Danmark*; Miljøstyrelsen, Arbejdsrapport, 2002.
- [Viborg, 2002]: *Forslag til miljøgodkendelse af virksomheden: Caravell A/S, Løgstrup*; Viborg Kommune, Teknisk Forvaltning, Afdelingen for miljø, 2002.
- [Årsregnskab Caravell, 2001]: *Caravell A/S. Årsregnskab for 2001*; Ullits & Winther, Statsautoriserede revisorer, Viborg, juni 2002.

Artikler:

- [Alle Høringssvar, 2000]: *Greenpeace's kommentarer til: Udkast til regulering af de*

kraftige drivhusgasser (HFC'ere, PFC'ere og SF₆). København, d. 30. maj 2000. Materiale tilsendt af Tarjei Haaland, talsmand Greenpeace Danmark, 20. maj, 2003.

- **[Bekendtgørelse, 2002]:** Bek. 2002-07-15: *Bekendtgørelse om regulering af visse industrielle drivhusgasser.*
- **[Danfoss, 1999, p. 2]:** Danfoss. *Uddrag af: Guidelines – Miljøhensyn ved udvikling af VLT® Produkter, 1998.* Fra: Green Network's: *Håndbog i livscyklusvurderinger*, Vejle Amt, 1999.
- **[Dk Køledage, 2002]:** *Greenpeace's oplæg ved Danske Køledage i Odense d. 7. marts 2002: "Hvilken holdning har Greenpeace til kølemidler?"*; Materiale tilsendt af Tarjei Haaland, talsmand Greenpeace Danmark, 20. maj, 2003.
- **[Eriksen, 1999]:** Eriksen, P.G. 1999: *Atlas – et barn af industrialiseringen.* Fra: *Byhornet.* Ballerup Historiske Forening, 28. årgang, nr.4. Fra hjemmesiden: (http://www.ballerupmuseum.dk/byhornet/pdf/byho1999_4.pdf), maj, 2003.
- **[McMullan, 2000]:** McMullan, J.T.; *Refrigeration and the environment – issues and strategies for the future*; International Journal of Refrigeration, nr. 25, p. 89-99, 2002.
- **[Ozonseminar, 2002]:** Ozonseminar med Dansk Selskab for Miljøkemi & 92'er gruppen. "Ozonseminar", København, 5. november, 2002.
- **[Meadows, 1992]:** Meadows, Do., Meadows, De., Randers, J.; *Back from Beyond the Limits*; Fra: *Beyond the Limits*; London, 1992.
- **[Rothenborg, 2002]:** *Politikken* 29. september, 2002: *Gram: Det sidste køleskab.* Rothenborg, M.
- **[Søndergård et al., 1997]:** Søndergård, B.; Hansen, O. E. & Kerndrup, S., 1997: *Renere produktion i et innovationsperspektiv.* Fra: Holm, J. et al., 1997: *Miljøregulering – tværfaglige studier*", pp. 293-317, Roskilde Universitetsforlag, Frederiksberg.
- **[Tjornbjerg, 2003]:** *Politikken*, tirsdag d. 29. april, 2003: *Spis is med grøn samvittighed.* Tjornbjerg, J.
- **[Unilever, 2003 a]:** Unilever: *Brief history of Unilever's involvement in Hydrocarbon refrigeration.* Materiale tilsendt af Tarjei Haaland, talsmand Greenpeace Danmark, 20. maj, 2003.
- **[Unilever, 2003 b]:** Unilever: *Press Release: New Freezers for Frisko Is Help Protect the Danish Environment – the Rest of the World Will Follow.* Materiale tilsendt af Tarjei Haaland, talsmand Greenpeace Danmark, 20. maj, 2003.

Interviews:

- **[Interview Caravell, 2002]:** Interview med fabrikschef Palle Lengsholm, Caravell A/S, Løgstrup, november 2002.
- **[Interview, Danfoss, 2003]:** Telefoninterview med Jens Schreiber, marts, 2003.
- **[Interview Frigor, 2002]:** Interview med værkfører Arne Jensen, Frigor A/S, Viborg, november 2002.
- **[Interview Haaland, 2003]:** Telefoninterview med talsmand for Greenpeace Danmark Tarjei Haaland, 20. maj, 2003.
- **[Interview, H.J. Hansen, 2003]:** Telefoninterview med produktansvarlig Klaus Jepsen, H.J. Hansen. Februar, 2003.
- **[Interview, Ingemann, 2003]:** Tilsendt materiale fra J. Ingemann (værkfører), Caravell, 2003.
- **[Interview, Lengsholm, 2003]:** Telefoninterview med fabrikschef Palle Lengsholm, Caravell, 2003.
- **[Interview, Pedersen, 2003]:** Telefoninterview med ingeniør Per Henrik Pedersen, Teknologisk Institut, Energi, 2003.
- **[Interview, Vibocold, 2003]:** Telefoninterview, 2003.
- **[Interview, Uniscrap, 2002]:** Telefoninterview med Tom Ellegaard, Miljøingeniør, Uniscrap. November, 2002.
- **[Interview, Wenzel, 2002]:** Telefoninterview med ingeniør H. Wenzel C., IPU. Juni, 2003.

Internetadresser:

- **[Danfoss, 2003]:** Information hentet fra Danfoss A/S's hjemmeside under: køleautomatik, produkter, produktkatalog, kompressorer til køleskabe og fryserne (Hermetiske kompressorer, Variabel Hastighed), <http://www.danfoss.dk>, juni, 2003.
- **[Elcold, 2003]:** Information hentet fra Elcold's hjemmeside, <http://www.elcold.dk>, maj, 2003.
- **[Elektronikpanelet, 2003]:** Informationer er hentet fra Elektronikpanelets hjemmeside, <http://www.elektronikpanelet.dk/elektronikpanelet/miljoebelastning.htm>, juni 2003.

- [Energi2, 2003]: Informationen er hentet fra Energi2's hjemmeside http://www.e2.dk/asp/tekst1billede.asp?level_lid=8, april 2003.
- [DMI, 2003]: Information er hentet fra Dansk Meteorologisk Instituts hjemmeside, <http://www.dmi.dk>, hvor sidst opdateret tal om temperaturer, herunder graddage, er offentliggjort i "Technical Report – Danish Climatological Normals 1971-2000", april 2003.
- [MST, 2003 d]: Information er hentet fra Miljøstyrelsens hjemmeside under: klima (klima og luft), national regulering samt under: internationalt samarbejde, <http://www.mst.dk>. April, 2003.
- [Premiere Is, 2003]: Information er hentet fra Premiere Is' hjemmeside, <http://www.nestlepremieris.dk/>, juni 2003.
- [Teknologisk Institut, 2003]: Information er hentet fra Teknologisk Instituts hjemmeside under: information om graddage, <http://www.teknologisk.dk>, april 2003.
- [Tempcold, 2003]: Information er hentet fra Tempcold's hjemmeside, <http://www.tempcold.dk>, maj, 2003.
- [Uniscrap, 2003]: Rekvireret fra Uniscraps hjemmeside, <http://www.uniscrap.dk>, under køle- og frysemøbler, januar, 2003.
- [Vestfrost, 2003]: Information hentet fra Vestfrost A/S's hjemmeside, <http://www.vestfrost.dk>, maj, 2003.