



Green & Clean

Mere mad for mindre

KORTLÆGNING AF POTENTIALER

Indholdsfortegnelse

1	Kortlægning af anvendelsen af køling	3
2	Anvendelse af kølemidler med høj GWP.....	6
2.1	Kommercielle køleanlæg	6
2.1.1	Dagligvarebutikker	6
2.2	Industrielle køleanlæg.....	6
2.2.1	Forbrug af kølemidler	7
3	Konvertering til kølemidler med lav GWP	7
4	Kombineret kølemiddelkonvertering og energieffektivisering	8
5	Koncept for energieffektivisering	10

1 Kortlægning af anvendelsen af køling

I tabellen nedenfor er det samlede forbrug af elektricitet i erhvervslivet til køling vist opdelt på hovedbrancher. Desuden er det angivet hvor stor en andel af det samlede elforbrug i erhvervslivet der anvendes til køling.

	Landbrug og fiskeri		Industri		Handel og service		Erhvervslivet, samlet	
	TJ	%	TJ	%	TJ	%	TJ	%
Rumkøling	0	0	235	0,9	1.998	8,4	2.233	3,9
Køl/frys (ekskl. rumkøling)	576	8,7	2.567	9,4	3.075	12,9	6.217	10,7
Samlet	576	8,7	2.802	10,3	5.073	21,3	8.450	14,6

Tabel 1: Elforbrug til køling fordelt på hovedbrancher slutanvendelser inklusiv andelen af det samlede elforbrug i branchen og i erhvervslivet samlet set /1/.

Det ses, at langt størstedelen af elforbruget til køling anvendes i industrien og i handels- og servicesektoren. Der er et mindre elforbrug i landbrug og fiskeri der primært anvendes til mælkekøling hos landmænd og fremstilling af is til fiskeriet. Da der er tale om et relativt lille forbrug (under 7%) af det samlede elforbrug til køling ses der i denne sammenhæng bort fra denne hovedbranche. Desuden ses det, at elforbruget til rumkøling (airkondition) udgør en begrænset del af det samlede elforbrug til køling i industrien, mens rumkøling udgør en betydelig del af forbruget indenfor handel og service.

I nedenstående tabel er der foretaget en opgørelse af elforbruget til køling indenfor delbrancherne i industrien.

Branche	NR117 branchekode	Energiforbrug til køling [TJ]	% af sektorens energiforbrug
Indvinding af grus og sten	080090	0,0	0,0
Slagterier	100010	729,7	26,0
Fiskeindustri	100020	181,9	6,5
Mejerier	100030	427,2	15,2
Bagerier, brødfabrikker mv.	100040	86,0	3,1
Fremstilling af færdige foderblandinger	100050	0,7	0,0
Fremstilling af sukker		0,0	0,0
Øvrige anden fødevarerindustri		306,6	10,9
Drikkevareindustri	110000	81,3	2,9
Tobaksindustri	120000	0,0	0,0
Tekstilindustri	130000	0,0	0,0
Beklædningsindustri samt læder- og fodtøjsindustri	140000 +150000	1,2	0,0
Træindustri	160000	23,4	0,8
Papirindustri	170000	3,0	0,1
Trykkerier mv.	180000	24,0	0,9

Fremstilling af industrigasser		40,7	1,5
Fremstilling af enzymer mv.	200010	137,9	4,9
Øvrig fremstilling af basiskemikalier		102,8	3,7
Fremstilling af maling og sæbe mv.	200020	91,0	3,2
Medicinalindustri	210000	259,6	9,3
Plast- og gummiindustri	220000	167,1	6,0
Glasindustri og keramisk industri	230010	0,0	0,0
Fremstilling af cement		0,0	0,0
Fremstilling af teglsten mv.		0,0	0,0
Fremstilling af asfalt og tagpap	230020	0,0	0,0
Fremstilling af stenuld mv.		0,0	0,0
Øvrige betonindustri og teglværker		0,0	0,0
Fremstilling af metal	240000	0,0	0,0
Metalvareindustri	250000	17,5	0,6
Fremstilling af computere og kommunikationsudstyr	260010	1,3	0,0
Fremstilling af andet elektronisk udstyr, elektriske motorer mv. samt ledninger og kabler	260020+270010+270020	5,3	0,2
Fremstilling af husholdningsapparater, lamper mv.	270030	0,0	0,0
Fremstilling af motorer, vindmøller og pumper	280010	62,3	2,2
Fremstilling af andre maskiner	280020	16,4	0,6
Fremstilling af motorkøretøjer og dele hertil	290000	9,1	0,3
Fremstilling af skibe og andre transportmidler	300000	0,0	0,0
Møbelindustri	310000	0,0	0,0
Fremstilling af medicinske instrumenter mv.	320010	1,0	0,0
Legetøj og anden fremstillingsvirksomhed	320020	18,7	0,7
Reparation og installation af maskiner og udstyr	330000	6,3	0,2
Samlet		2.802,0	100

Tabel 2: Oversigt over brancherne inden for industri og deres energiforbrug til køling i 2012 /1/.

I nedenstående tabel er der foretaget en opgørelse af elforbruget til køling indenfor delbrancherne i handel og service, der bl.a. inkluderer engroshandel (f.eks. køle-/frosthuse), detailhandel (f.eks. fødevarebutikker), og information og kommunikation (f.eks. datacentre).

Branche	NR117 branchekode	Energiforbrug til køling [TJ]	% af sektorens energiforbrug
Bilhandel og -værksteder mv.	450000	39,3	0,8
Engroshandel	460000	773,1	15,2
Detailhandel	470000	1.971,7	38,9
Hoteller mv.	550000	216,2	4,3
Restauranter	560000	536,1	10,6

Information og kommunikation	580000-630000	1.210,3	23,9
Finansiering og forsikring	640000-660000	41,6	0,8
Ejendomshandel og udlejning af erhvervsejendomme	680000	29,7	0,6
Videnservice	690000-750000	122,0	2,4
Rejsebureauer, rengøring og anden operationel service	770000-820000	44,2	0,9
Kultur og fritid	900000-930000	62,2	1,2
Andre serviceydelser	940000-960000	26,4	0,5
Samlet		5.072,8	100,0

Tabel 3: Oversigt over brancherne inden for handel og service og deres energiforbrug til køling i 2012.

Ud fra ovenstående tabeller kan der opstilles en tabel, der udelukkende omfatter køling i fødevarerindustri, -distribution, -handel samt hotel- og restaurationsbranchen.

Branche	NR117 branchekode	Energiforbrug til køling [TJ]	% af sektorens energiforbrug
Slagterier	100010	729,7	13,7
Fiskeindustri	100020	181,9	3,4
Mejerier	100030	427,2	8,0
Bagerier, brødfabrikker mv.	100040	86,0	1,6
Øvrige anden fødevarerindustri ¹	100050	307,3	5,8
Drikkevarerindustri	110000	81,3	1,5
Engroshandel	460000	773,1	14,6
Detailhandel	470000	1.971,7	37,1
Hoteller mv.	550000	216,2	4,1
Restauranter	560000	536,1	10,2
Samlet		5.310,5	100,0

Tabel 4: Oversigt over energiforbruget til køling for fødevarerområdet i 2012 /1/.

Det ses, at fødevarerområdet anvender ca. 63% af det samlede elforbrug til køling for hele erhvervslivet. Fødevarerområdet er derfor afgjort et indsatsområde i forhold til effektivisering og optimering af køleanlæg.

¹ Branchen omfatter forarbejdning og konservering af kartofler, fremstilling af olier og fedtstoffer, fremstilling af kakao, chokolade og sukkervarer, forarbejdning af te og kaffe, fremstilling af smagspræparater og krydderier, samt anden forarbejdning og konservering af frugt og grøntsager og fremstilling af andre fødevarer.

2 Anvendelse af kølemidler med høj GWP

2.1 Kommercielle køleanlæg

Kommercielle køleanlæg er køleanlæg der anvendes til køling i dagligvarebutikker, i hotel- og restaurationsbranchen og til dels i engroshandlen. Køleanlæggene anvendes både til køling af varer (køle-/frostmontre, køl-/frostrum) og i et vist omfang til luftkonditionering.

Desuden kan der være nogle mindre køleanlæg i industrien.

2.1.1 Dagligvarebutikker

Der er i Danmark knap 1.000 supermarkeder samt 2.000 købmænd og døgnkiosker, hvor den altovervejende del af kølingen foretages med remoteanlæg, dvs. at kølekompressor anlægget er placeret centralt og kølingen (kølemidlet) distribueres i rørsystemer. Foruden køling i faste installationer er der især i døgnkiosker køling i plug-in-møbler, dvs. flaskekølere, iscremekølere etc..

Langt de fleste køleanlæg er opbygget med direkte ekspansion, dvs. at kølemidlet distribueres i rør til kølestederne, hvorfra kølemiddalgassen returneres til køleanlægget. Det har i mange tilfælde betydet, at køleanlæggene har ret store fyldninger med deraf følgende risiko for store lækagetab.

Førhen blev der køleanlæggene udført med HFC-baserede kølemidler, som f.eks. R134a eller R404a. Men i de seneste år køleanlæg i dagligvarebranchen næsten udelukkende blevet udført med R744 (CO₂) som kølemiddel. CO₂ har en GWP værdi på 1, og har dermed en ubetydelig drivhuseffekt. Fra 2015 har det ikke længere været tilladt at installere nye køleanlæg med HFC som kølemiddel med mindre fyldningen er mellem 0,15-10 kg. Det betyder i praksis at der ikke længere kan anvendes HFC'er som kølemiddel i dagligvarebutikker (med remoteanlæg). Det er dog stadig tilladt at servicere køleanlæg med HFC'er. Det har ikke været muligt at finde nyere tal for forbruget af HFC, men i 2003 blev der importeret 528,3 tons. Allerede på daværende tidspunkt var forbruget kraftigt dalende. Så godt som alle plug-in-møbler anvender kulbrinter som kølemiddel.

Da de HFC-baserede kølemidler medvirker til global opvarmning og fordi prisen for disse kølemidler er steget meget betragteligt, er der ydet en stor indsats fra AKB (Autoriserede Køle- og varmepumpefirmaers Brancheforening) og Dansk Køleforening's side for at begrænse lækagetab. Det vurderes, at det årlige lækagetab er i størrelsesordenen 10% om året.

2.2 Industrielle køleanlæg

I tabel 4 er der vist en kortlægning af elforbruget til køling for fødevarerområdet. Når der ses på anvendelsen af kølemidler med høj GWP er der formålstjenligt at skelne mellem industrielle køleanlæg og kommercielle køleanlæg. De industrielle køleanlæg er ofte meget store køleanlæg, der anvendes til proceskøling indenfor brancherne i fødevarerindustrien, dvs. f.eks. mejerier, slagterier og bryggerier. Desuden ses af tabel 4 i kapitel 1 at der er anseeligt energiforbrug til køling indenfor engroshandel, hvor det anvendes til køle- og frysehuse. Stort set alle køleanlæg i de nævnte brancher anvender ammoniak som kølemiddel, hvilket har været tilfældet i de seneste 100 år. Da GWP værdien for ammoniak er nul er der ingen muligheder for at konvertere kølemiddel til et andet med lavere GWP værdi i disse brancher. Der er imidlertid muligheder for at reducere energiforbruget for ammoniakbaserede køleanlæg og dermed køleanlæggene generelle miljøpåvirkning, men dette er ikke en del af opdraget med dette projekt.

Der findes dog stadig nogle få, større industrielle køleanlæg, der benytter HFC som kølemiddel, og det kunne i det fleste tilfælde udmærket ligeså godt have været ammoniakbaserede køleanlæg. For mindre industrielle køleanlæg, -typisk med en kuldeeffekt på mindre end 150 kW, er situationen en anden. Her benyttes ofte en HFC som kølemiddel, og anlæggene og de tilhørende muligheder minder om de kommercielle køleanlæg og køleanlæg for luftkonditionering.

2.2.1 Forbrug af kølemidler

Nedenstående er der foretaget en opgørelse af forbruget af HFC'er (og PFC), der er importeret til anvendelse ved installation og service af kommercielle køleanlæg.

Kølemiddel [-]	Import 2014 [ton]	Aktuel emission [ton]	GWP værdi [CO ₂ ækva.]	GWP bidrag [CO ₂ ækva.]
HFC-134A	73,3	55,4	1.300	79.199
HFC-404A	75,9	75,1	3.260	294.706
HFC-401A	0,0	1,1	1.082	20
HFC-402A	0,0	0,0	2.326	1.786
HFC-407C	37,2	44,7	1.526	79.308
HFC-507	22,9	8,5	3.300	33.674
Andre HFC'er	47,8	19,2	2.087	40.066
PFC	0,1	0,7	8.590	6.013
I alt	257,2	204,7		534.772

Tabel 2.2.1 Import og forbrug af HFC i 2014 /2/.

Det ses, at bidraget til GWP i stor udstrækning stammer fra anvendelse af HFC-404a, dvs. kølemiddel der anvendes til frostanlæg.

3 Konvertering til kølemidler med lav GWP

Traditionelle HFC'ere kommer under pres i den kommende årrække. Det vil specielt gælde for R-404A og R-507, der har de højeste GWP værdier. Det forventes, at prisen for R-404A, R-507 etc. vil stige betydeligt, og at det derfor vil blive mere attraktivt at konvertere til billigere kølemidler med lavere GWP, som f.eks. HFO'er. I nedenstående tabel er der en oversigt over de væsentligste "nye" kølemidler til R-134A konvertering.

Kølemiddel [-]	GWP værdi [CO ₂ ækva.]
HFO-1234yf	4
HFO-1234ze	6

Tabel 2.2.1 GWP for HFO-1234yf og R-1234ze.

På kort sigt kan R-404A erstattes med R-407A og R-407F, der er kendte alternativer for køleanlæg. Begge nævnte kølemidler er blandinger af R-134A, R-125 og R-32. R-407A er kompatibel med de samme olier etc. der anvendes i anlæg med R-404A, hvilket gør det let at foretage en kølemiddelkonvertering. Dog skal temperaturglid og højere varmgastemperatur tages i betragtning. Hvis der konverteres til R-407F opnås en betydelig reduktion i GWP og forbedring af både energieffektivitet og kapacitet. Men som for R-407A giver en konvertering til R-407F øget varmgastemperatur, hvilket gør det nødvendigt at undersøge (hos fabrikanten) om

en given kompressor kan tåle drift med R-407A eller R-407F inden konvertering. Hvis der er tale om frostanlæg er R-442A det bedste alternativ til R-404A. R-442A er en blanding af R32a, R125, R134a, R227ea og R152a, og er kompatibel med de samme syntetiske olier der anvendes ved drift med R-404A. Ligesom ved R-407A og R-407F skal der tages hensyn til at R-442A har temperaturglid. Desuden har R-442A større kuldeydelse end R-404A, hvorfor ekspansionsventilen skal justeres til lavere væskeflow.

Det antages, at der primært er konverteret til R-407A, hvorved GWP bidraget fra køleanlæggene med er reduceret med ca. en tredjedel.

Kølemiddel [-]	GWP værdi [CO ₂ ækva.]
R-404A	3.260
R-407A	2.107
R-407F	1.824
R-442A	1.888

Tabel 2.2.2 GWP værdier for R-404A, R-407A, R-407F og R-442A.

Kølemidler med lav GWP værdi defineres ofte som medier med en GWP værdi, der er lavere end 150. Der findes p.t. ingen kølemidler eller blandinger heraf med en GWP under 150, som kan anvendes til konvertering i anlæg med R-404A, men der findes muligheder i intervallet 200-500. Der er bl.a. tale om ARM-30A, D2Y65 og DR-7. Til forskel fra R-404A er disse kølemidler brandbare og der stilles samme krav som for andre brandbare kølemidler. Derfor er de ikke relevante i forhold til remote'anlæg.

4 Kombineret kølemiddelkonvertering og energieffektivisering

Som det er nævnt i kapitel 2 er stort set alle køleanlæg, der anvendes indenfor fødevarerindustrien, dvs. i mejerier, slagterier etc., ammoniakbaserede, hvilket betyder at der ikke er behov for kombineret kølemiddelkonvertering og energioptimering. Der kan dog stadig være behov for energieffektivisering af disse anlæg til trods for, at de ofte er store og derfor allerede er i fokus i forhold til energioptimering.

Potentialet for kombineret energieffektivisering og kølemiddelkonvertering findes indenfor detailhandlen samt restauranter og hoteller, hvor detailhandlen udgør langt det største potentiale både i forhold til energiforbrug og antallet af køleanlæg.

Siden 2007-08 er alle nye køleanlæg til detailhandlen installeret med R-744 (CO₂) som kølemiddel. Det betyder, at omtrent halvdelen af køleanlæggene i detailhandlen allerede anvender et kølemiddel med meget lav GWP. De resterende anlæg i detailhandlen anvender stadig en HFC. Det vurderes, at omkring 80% af disse køleanlæg stadig anvender enten R-134A eller R-404A som kølemiddel, mens 20% af køleanlæggene (anlæg med R-404A) er konverteret R-407A eller R-407C. Det antages, at der primært er konverteret til R-407A, hvorved GWP bidraget fra køleanlæggene med er reduceret med ca. en tredjedel.

De fleste køleanlæg med store fyldninger, dvs. > 100 kg, var med R-404A og disse anlæg er efterhånden erstattet af CO₂ baserede køleanlæg, da det var for dyrt (og risikofyldt) at fortsætte med R-404A. Der findes dog stadig en del køleanlæg med mellemstore fyldninger, dvs. mellem 10-100 kg, hvor der fortsat anvendes R-404A som kølemiddel. Disse anlæg står i

dagligvarebutikker i middel størrelse som f.eks. Fakta og Netto, hvor de er installeret som remote'anlæg med multiple kølesteder. Det antages, at der stadig er omkring 200 anlæg tilbage i hver af de nævnte butikskæder med R-404A (og til dels R-134A). Disse anlæg udskiftes successivt til køleanlæg med CO₂ med en udskiftningsrate ca. 30 anlæg årligt, så så i løbet af omkring 8 år er disse køleanlæg væk.

Udover de ovennævnte køleanlæg med mellemstore fyldninger findes der er større antal køleanlæg med små fyldninger af R-404A og R-134A, der anvendes til køling af enkeltstående kølesteder, som f.eks. displaykølere, små køle-/frostrum, raskeskabe etc.. Anlæggene findes hos mindre dagligvarebutikker, døgnkiosker, tankstationer og lignende mindre virksomheder.

Miljøministeriets BEK nr. 552 af 02/07/2002 foreskriver, at der ikke må etableres køleanlæg med HFC fyldninger der overstiger 10 kg kølemiddel. Konvertering af kølemiddel betragtes som en så væsentlig indgriben på et eksisterende køleanlæg, at det betragtes som værende over reglerne for nye køleanlæg. Derfor er det reelt ikke muligt at konvertere kølemiddel på køleanlæg med fyldninger over 10 kg med mindre der indgives og modtages en dispensationsansøgning fra Miljøstyrelsen. Det vides ikke om denne fremgangsmåde er gangbar. På den ene side er det formålstjenligt at konvertere til et kølemiddel med lav GWP værdi, men på den anden side vil en konvertering udsætte tidspunktet for konvertering til CO₂, der nu er normal praksis for remoteanlæg.

På baggrund af ovenstående antages det, at potentialet for konvertering af kølemiddel stort set er begrænset til mindre dagligvarebutikker, døgnkiosker, tankstationer etc., da der er i disse virksomheder, hvor der er køleanlæg med fyldninger under 10 kg.

COP værdien og dermed energiforbruget for et givet køleanlæg ændres ved konvertering fra R-404A til R-407F i afhængighed af køleanlæggets driftskonditioner. Dette er vist i nedenstående tabel, idet referenceværdien for COP værdien er 1 (drift med R-404A).

Driftskonditioner T _o /T _k [°C/°C]	COP værdi for R-407A vs. R-404A [-]
-25/45	0,90
-20/45	0,94
-15/45	0,97
-10/45	0,99
-5/45	1,02
0/45	1,04

Tabel 2.2.3 Indekseret COP værdi ved konvertering fra R-404A til R-407A – reference 1 ved drift med R-404A. Værdierne er for 10 °C overhedning og 0 °C underkøling.

Det ses, at det specifikke energi forbrug (COP) er uændret eller bedre ved fordampningstemperaturer over -5°C. Hvis fordampningstemperaturen er under ca. -5°C er bør der i stedet konverteres til R-442A, der vil give køleanlægget bedre COP værdi end ved drift med R-404A samtidig med at R-442A har langt lavere GWP værdi. Ved lave fordampningstemperaturer opnås en meget betydelig forbedring af COP værdien ved anvendelse af R-442A fremfor R-404A. Ved eksempelvis T_o/T_k: -35/35°C er COP værdien for R-442A ca. 42% bedre end for R-404A. Tilsvarende er COP værdien for R-442A ca. 22% højere end for R-404A ved T_o/T_k: -14/33°C. Det betyder, at det er muligt både en reduktion i GWP og i

energiforbrug ved konvertering til R-442A. Da R-442A er kompatibel med de gængse syntetiske olier der anvendes ved drift med R-404A er konverteringen til R-442A ret uproblematisk og dermed økonomisk attraktiv.

5 Koncept for energieffektivisering

Der er udviklet et koncept for kombineret service og energieffektivisering af køleanlæg, der anvendes i fødevarerektoren, dvs. remoteanlæg. Servicekonceptet og de tilhørende skemaer indeholder følgende punkter:

- Køleanlæggets data
- Obligatorisk service, herunder vurdering af køleanlæggets tilstand samt kontrol og justering af setpunkter
- Målinger
- Energiscreening

Køleanlæggets data indeholder al nødvendig information om:

- Kølesteder
- Typen og anvendelsen af køleanlægget
- Servicekategori
- Kølemiddel og fyldning
- Tidspunkt for installation og større renoveringer
- Registrering af energimålere og/eller timetællere

De nævnte informationer, undtagen registrering af (eventuelle) energimålere og timetællere, foretages kun én gang og holdes herefter ajour.

Delen af servicekonceptet der omfatter den obligatoriske service indeholder en række kontrolskemaer, der giver relevant information om tilstanden af køleanlæggets vitale komponenter og sikkerhedsanordninger. Skemaerne omfatter kontroludstyr, funktionstest og sensorer, og er for hver komponent opdelt med:

- Kontrolleret
- Renset
- Repareret
- Justeret
- Testet
- Udskiftet

Ved hver service skal der foretages en række målinger, der sætter servicemontøren i stand til at vurdere køleanlæggets funktion samt drift ud fra et energimæssigt synspunkt. Målingerne omfatter:

- Tryk
- Temperaturer
- Effektoptag

Ud fra målingerne er servicemontøren i stand til at evaluere køleanlæggets driftskonditioner. Måleresultaterne skal sammenholdes med driftskonditionerne fra anlæggets idriftsættelse samt

med standarddriftskonditioner for køleanlæg af den givne type. Hvis der er større afvigelser mellem de aktuelle driftskonditioner, og driftskonditionerne fra anlæggets idriftsættelse eller standarddriftskonditionerne skal årsagen(-erne) til afvigelsen findes og om muligt reduceres eller helt elimineres. Årsagen(-erne) noteres i kommentarfeltet i serviceskemaerne. Hvis der konstateres at en given driftskondition afviger mere end 10% fra det forventede/fastsatte skal afvigelsen noteres i kommentarfeltet og årsagerne til afvigelsen undersøges. Kommentarerne skal indeholde oplysninger om den/de mulige årsager til afvigelsen samt mulige tiltag for at reducere eller eliminere afvigelsen, hvis dette har været muligt under servicen.

På baggrund af køleanlæggets data og de målinger der er udført foretages en energiscreening af mulige effektiviseringstiltag. Energiscreeningen, herunder beregning af energibesparelser og projektøkonomi, indgår som en integreret del af servicekonceptet, idet screeningen foretages med skemaer der er indgår som en del af serviceskemaerne.

Referencer

- 1 Kortlægning af energiforbrug i virksomheder, Energistyrelsen Januar 2015
- 2 Danish consumption and emission of F-gases, Miljøstyrelsen, 2016