

# Implementering af aircondition splitunit med kulbrinter på det danske marked

Svend V. Pedersen  
Teknologisk Institut

Bent Møller  
Multikøl A/S

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

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

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

# Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
RESULTAT AF PROJEKTET	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
RESULT OF PROJECT	9
1  INDLEDNING	11
2  BESKRIVELSE AF LOVGIVNING	13
2.1  ARBEJDSSTILSYNETS KRAV TIL OPSTILLING AF KØLEANLÆG MED BRANDBARE KØLEMIDLER	13
2.1.1 <i>Kølemiddeltypen</i>	13
2.1.2 <i>Rumkategorien</i>	14
2.1.3 <i>Placering af køleanlægget</i>	14
2.2  BETYDNINGEN AF KRAVENE I EN 378, SOM ER VEJLEDENDE	19
3  RISIKOVURDERING EFTER PREN 378	21
3.1  RISIKOVURDERINGENS ELEMENTER	21
3.1.1 <i>Vurdering af opstillingssted</i>	21
3.1.2 <i>Bestemmelse af fyldningsgrænse</i>	21
3.1.3 <i>Klassifikation af eksplosionsfarligt område</i>	22
3.1.4 <i>Krav til elmateriel</i>	22
3.1.5 <i>Ventilationskrav</i>	22
3.1.6 <i>Bygningskrav</i>	22
4  ZONEKLASSIFICERING	23
4.1  ZONEKLASSIFICERING IHT. BRANDTEKNISK VEJLEDNING	23
4.1.1 <i>Beskrivelse af opstillingsstedet</i>	23
4.1.2 <i>Bedømmelse af udslip</i>	23
4.1.3 <i>Vurdering og bedømmelse af udslipskilder</i>	24
4.1.4 <i>Zoneklassificering efter brandteknisk vejledning nr. 19</i>	25
4.1.5 <i>Særlige sikkerhedsforanstaltninger</i>	25
4.2  ZONEKLASSIFICERING EFTER EN 60079-10	25
4.2.1 <i>Bedømmelse af ventilation</i>	26
5  MYNDIGHEDSGODKENDELSE	29
5.1  ANSØGNINGSMATERIALE	29
5.2  GODKENDELSE FRA MYNDIGHEDERNE	30
6  OPSÆTNING AF SPLITANLÆGGET	31
7  MILJØVURDERING	33
7.1  GLOBAL MILJØVURDERING	33
7.2  LOKAL MILJØVURDERING	33
8  KOMMERCIEL VURDERING AF PRODUKTET	35
8.1  ØKONOMISKE KONSEKVENSER	35



# Forord

Denne rapport beskriver de barrierer, et køleinstallationsfirma skal forholde sig til ved opsætning af airconditionanlæg med kulbrinter som kølemiddel.

Projektets overordnede mål er at bidrage til brugen af renere produkter ved at udbrede brugen af naturlige kølemidler blandt installatørerne i kølebranchen samt blandt brugere af køleanlæg, hvor der hidtil har været anvendt HFC- og HCFC-kølemidler, som giver et stort bidrag til drivhuseffekten. Det er desuden vigtigt at vise kølebranchen, hvorledes naturlige kølemidler kan benyttes på sikker og forsvarlig vis.

Projektet er økonomisk støttet af Miljøstyrelsen, Kontoret for Renere Produkter.

Projektets organisation består af følgende:

Multikøl A/S  
Holmstrupgårdsvej 2  
8220 Brabrand

Teknologisk Institut  
Industri og Energi (projektleder)  
Center for Køle- og Varmepumpeteknik  
Kongsvang Allé 29  
8000 Århus C

Der skal fra projektlederens side rettes en tak til projektgruppen, samt til PER Intercoiffure, ved Per Knudsen, for deres hjælp og tålmodighed ved opsættelsen af airconditionanlægget.



# Sammenfatning og konklusioner

For at mindske miljøbelastningen fra kølemidler, der nedbryder ozonlaget, og som bidrager til den globale opvarmning, har Miljøministeriet udarbejdet en udfasningsplan for potentielle drivhusgasser herunder HFC'ere. Dette har bevirket, at man er begyndt at overveje opstilling af airconditionsplitunits med kulbrinter. På nuværende tidspunkt benyttes HFC-kølemidler primært til airconditionanlæg. I Sydeuropa findes mange producenter af denne type anlæg, og man har derfor fra europæisk side valgt at fokusere på tætheden af disse anlæg frem for konvertering af kølemiddel. Den tidligere kølebekendtgørelse (AT-bekendtgørelse nr. 539 af 1950) tillod ikke opsætning af anlæg med brændbare eller giftige kølemidler i offentlige rum, medmindre der blev søgt særlig tilladelse.

Trods de restriktive forskrifter findes der producenter af split-køleanlæg med kulbrinter, og målet for projektet er at vise kølebranchen, at disse produkter kan anvendes og installeres på sikker og lovlig vis.

Målet med projektet er at installere et splitunit airconditionanlæg i en frisørsalon, som kategoriseres "lokale med tilgængelighed for offentligheden".

Den primære udfordring og målsætning i projektet er at få opstillingen godkendt af myndighederne samt at vise kølebranchen, hvilken procedure, der skal følges, når denne type anlæg opstilles.

## Resultat af projektet

- Projektet har afdækket, hvilken lovgivning og hvilke europæiske standarder, der bør følges ved opsætning af køleanlæg med kulbrinter.
- Det er afdækket, hvilke myndigheder, der skal søges tilladelse hos, og hvad kravene er ved ansøgningen, og hvad indholdet skal være.
- Der er lavet en procedure og model til risikovurdering ved opsætning af anlæggene.
- Der er foretaget en risikovurdering efter en europæisk standard.
- Det er vist, at det kan lade sig gøre at opsætte anlæg med kulbrinter i offentlige rum med myndighedernes godkendelse.





# Summary and conclusions

In order to reduce the environmental impact from refrigerants that are ozone-depleting and contribute to global warming, the Danish Ministry of the Environment has prepared a phase-out plan for potential greenhouse gases, including HFCs. Therefore, the installation of air conditioning split units with hydrocarbons is being considered. Currently, HFC refrigerants are mainly used for air conditioners. In Southern Europe there are many manufacturers of such systems and Europe has therefore chosen to focus on the density of the systems rather than on the conversion of refrigerant. The previous AT regulation concerning refrigerants, No. 539 from 1950, (AT = Danish Working Environment Service) did not allow the installation of systems with flammable or toxic refrigerants in public space unless special permission had been applied for.

In spite of the restrictive regulations, there are manufacturers of split units who use hydrocarbons. The objective of this project is to demonstrate to the refrigeration trade that the products can be used and installed in a safe and legal manner.

The objective of the project is to install a split unit air conditioner at a hairdresser's - classified as "space with public access".

The main challenge and objective of the project has been to obtain approval of the set-up from the authorities and to prove to the refrigeration trade which procedure has to be followed when this type of system is installed.

## result of project

- The project has uncovered which legislation and which European standards should be followed when installing refrigeration systems with hydrocarbons.
- It has been uncovered through which authorities permission has to be applied for, what the requirements are when applying and what the contents have to be.
- A procedure and model concerning risk evaluation has been prepared during installation of the systems.
- A risk evaluation has been carried out according to an European standard.
- It has been demonstrated that it is possible to install hydrocarbon systems in public spaces with the approval of the authorities.



# 1 Indledning

Rapporten er opbygget, så den kan benyttes som en guideline og skabelon, hvis man som installatør vil installere et køleanlæg med brændbart kølemiddel og en fyldning på mere end 150 g.

Der er i rapporten taget udgangspunkt i en konkret case, hvor der er opsat to airconditionanlæg i en frisørsalon. I forbindelse med opsætningen er lovgivningen på området blevet undersøgt, og der er søgt godkendelse ved de relevante myndigheder for opsætning af anlæggene.



## 2 Beskrivelse af lovgivning

Ved opstilling af køleanlæg med brændbare kølemidler er det den danske lovgivning, som er gældende. Det betyder, at det er Arbejdstilsynet og den lokale brandmyndighed, som sætter kravene for opstillingen. Arbejdstilsynets krav er beskrevet i bekendtgørelse nummer 932 "Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om trykbeholdere og rørsystemer under tryk".

Brandmyndighederne tager i deres vurdering af opstillingen udgangspunkt i lovbekendtgørelse nr. 912 "Bekendtgørelse om F-gas (Flaskegas)". Ifølge denne bekendtgørelse er det tilladt at opbevare 3 flasker gas af 13 kg (heraf 1 flaske i brug og 1 flaske i reserve) i beboelser og andre ejendomme.

Inden opstillingen skal der laves en zoneklassificering af området, hvor anlæget opstilles. Til dette formål kan man benytte brandteknisk vejledning nr. 19, udgivet af Dansk Brandteknisk Institut.

### 2.1 Arbejdstilsynets krav til opstilling af køleanlæg med brændbare kølemidler

"Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om trykbeholdere og rørsystemer under tryk" nr. 932, nævner intet om fyldningsgrænser andet end, at ved fyldninger på over 25 kg skal anlægget opstilles i et maskinrum. Årsagen til, at Arbejdstilsynet ikke har beskrevet kravene i bekendtgørelsen, er, at de benytter kravene i den europæiske standard EN 378 som grundlag for vurdering af opsætning af køleanlæg.

Fyldningsgrænsen er efter standarden prEN 378-1:2003 bestemt på baggrund af kølemiddeltypen, rumkategorien og placeringen af køleanlægget.

#### 2.1.1 Kølemiddeltypen

Kølemidlet klassificeres i prEN 378-1 efter giftigheden "toksiciteten" i klasse A eller B.

Klasse A: er kølemidler med en lav giftighed

Klasse B: er kølemidler med en høj giftighed.

Kølemidlerne er desuden klassificeret efter, hvor brændbare og antændelige de er i klasse 1, 2 eller 3.

Klasse 1: er ikke brændbare kølemidler

Klasse 2: er kølemidler med en lav antændelighed

Klasse 3: er kølemidler med en høj antændelighed.

	Lav giftighed	Høj giftighed
<b>Ikke brændbare</b>	A1	B1
<b>Lav antændelighed</b>	A2	B2
<b>Høj antændelighed</b>	A3	B3

Tabel 2.1: Kølemiddelklassificering.

Kølemidlets klassificering kan findes i prEN 378-1.

Kølemiddel	LFL [kg/m <sup>3</sup> ]	Praktisk grænse [kg/m <sup>3</sup> ]
R600A	0,038	0,011
R290	0,038	0,008
R1270	0,047	0,008

Tabel 2.2: Nedre brandbarhedsgrænse for kulbrinter.

### 2.1.2 Rumkategorien

Opstillingsstedet er kategoriseret i 4 rumkategorier A, B, C og D.

Rumkategori A: **Opholdsrum med begrænset mulighed for bevægelse.** Er rum, som kan være åbne for offentligheden, men hvor der befinder sig mennesker, som er begrænset i deres adfærd. Dette kan f.eks. være hospitaler, plejehjem og fængsler.

Rumkategori B: **Generelle opholdsrum:** Er offentlige rum, hvor antallet af mennesker ikke er kontrolleret, samt rum, hvor mennesker sover. Personerne er ikke instrueret i sikkerhedsforhold. Rumkategori B kan være: beboelser, offentlige bygninger, teatre, supermarkeder, hoteller og restauranter.

Rumkategori C: **Opholdsrum med overvågning af instruerede personer:** Er rum og bygninger, hvor kun et begrænset antal mennesker har adgang, og enkelte af disse personer er instruerede i sikkerhedsforholdene for rummet. Disse rum kan være kontorbygninger, produktionsfaciliteter, laboratorier m.m.

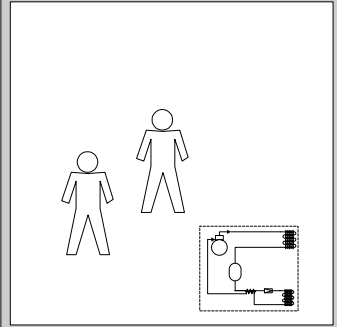
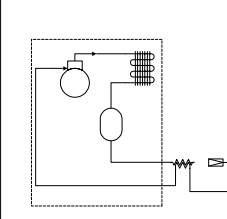
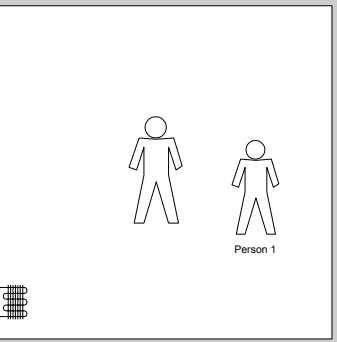
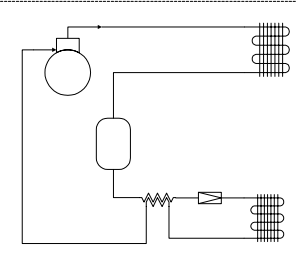
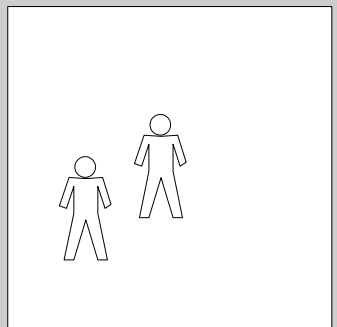
Rumkategori D: **Opholdsrum med adgang for instruerede personer:** Er rum, som ikke er åbne for offentligheden, og hvor kun særligt instruerede personer har adgang. Disse personer skal være instruerede i sikkerhedsforholdene for rummet. Disse rum kan være: kølelagre, raffinaderier, produktionsfaciliteter, f.eks. for fødevarer eller kemikalier.

### 2.1.3 Placering af køleanlægget

Placeringen af køleanlægget er opdelt i tre forskellige områder:

- 1: Ikke i et maskinrum.
- 2: Højtrykssiden er placeret i et maskinrum uden personophold eller i det fri.
- 3: Alle kølemiddelbærende dele er placeret i et maskinrum uden personophold eller i det fri.

Desuden skelnes der mellem, om køleanlægget er et direkte eller et indirekte system. Med et maskinrum menes der et lukket rum eller lukket område, som er ventileret med mekanisk ventilation, og som er aflukket fra offentlige arealer, og hvor der ikke er adgang for offentligheden. Rummet er lavet til opbevaring af kølekomponenter. Et maskinrum kan godt være et lukket kabinet, som sikrer, at der ikke kan komme kølemiddel fra det indre rum til det omgivende rum, og kabinettet skal være mekanisk ventileret. Kravene til kabinettet er de samme som for maskinrum.

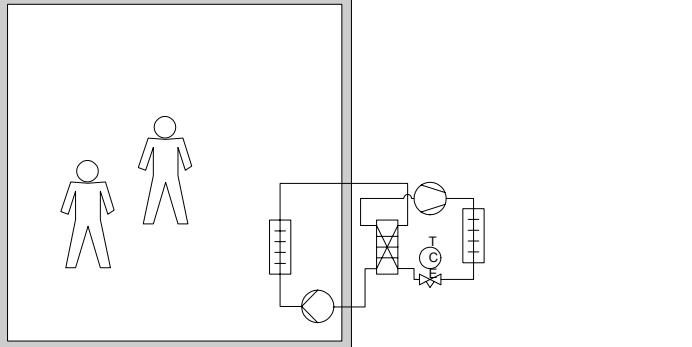
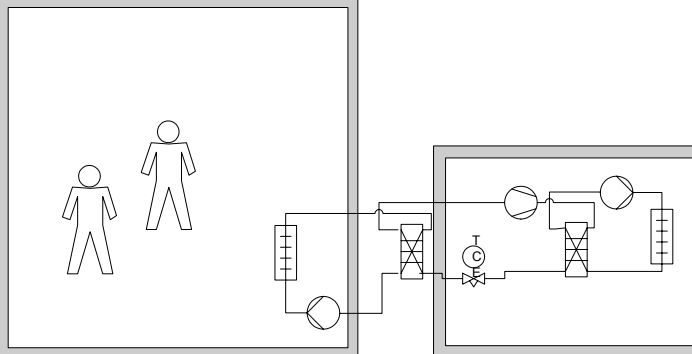
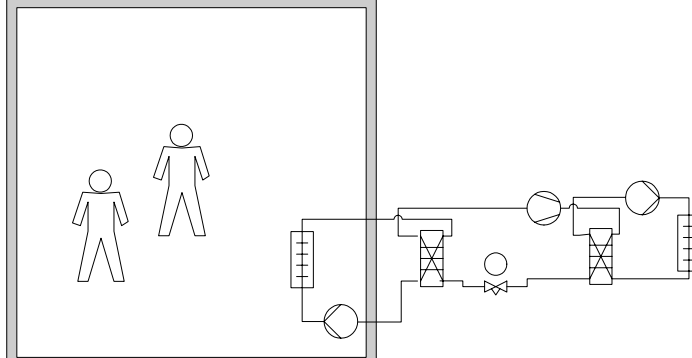
Placering	Direkte system	
Ikke i et maskinrum		
Højtrykssiden er Placeret i et Maskinrum uden Personophold eller i det fri		
Alle kølemiddelbærende dele er placeret i et maskinrum uden personophold eller i det fri.		

tabel 2.3: Placering af køleanlæg – direkte system.

Placering	Rum-kategori	Fyldningsgrænse
Ikke i et maskinrum	A	For A/C-systemer for personkomfort gælder punkt C.3 i EN 378. For alle andre systemer er det kun tilladt med hermetiske systemer med en max. fyldning på: praktisk grænse x rumvolumen, og ikke over 1,5 kg.
	B	For A/C-systemer for personkomfort gælder punkt C.3 i EN 378. For alle andre systemer er det kun tilladt med hermetiske systemer med en max. fyldning på: praktisk grænse x rumvolumen, og ikke over 1,5 kg.
	C	For A/C-systemer for personkomfort gælder punkt C.3 i EN 378. For alle andre systemer er det kun tilladt med hermetiske systemer med en max. fyldning på: praktisk grænse x rumvolumen (og ikke over 1,0 kg under jordniveau og 5 kg over jordniveau).
	D	For A/C-systemer for personkomfort gælder punkt C.3 i EN 378. Alle andre systemer er det tilladt med en fyldning på 1,0 kg under jordniveau og 10 kg over jordniveau.
Højtrykssiden er placeret i et maskinrum uden personophold eller i det fri	A	For A/C-systemer for personkomfort gælder punkt C.3 i EN 378. For alle andre systemer er det kun tilladt med hermetiske systemer med en max. fyldning på: praktisk grænse x rumvolumen, og ikke over 1,5 kg.
	B	For A/C-systemer for personkomfort gælder punkt C.3 i EN 378. For alle andre systemer er det kun tilladt med hermetiske systemer med en max. fyldning på: praktisk grænse x rumvolumen, og ikke over 1,5 kg.
	C	For A/C-systemer for personkomfort gælder punkt C.3 i EN 378. For alle andre systemer er det kun tilladt med hermetiske systemer med en max. fyldning på: praktisk grænse x rumvolumen, og ikke over 1,0 kg under jordniveau og 2,5 kg over jordniveau.
	D	For A/C-systemer for personkomfort gælder punkt C.3 i EN 378. Alle andre systemer er det tilladt med en fyldning på 1,0 kg under jordniveau og 25 kg over jordniveau.
Alle kølemiddelbærende dele er placeret i et maskinrum uden personophold eller i det fri.	A	For A/C-systemer for personkomfort gælder punkt C.3 i EN 378. For alle andre systemer er det kun tilladt med hermetiske systemer med en max. fyldning på 0,5 x praktisk grænse x rumvolumen, og ikke over 1,0 kg under jordniveau og 5 kg over jordniveau.
	B	For A/C-systemer for personkomfort gælder punkt C.3 i EN 378. For alle andre systemer er det kun tilladt med hermetiske systemer med en max. fyldning på: praktisk grænse x rumvolumen, og ikke over 1,0 kg under jordniveau og 5 kg over jordniveau.
	C	For A/C-systemer for personkomfort gælder punkt C.3 i EN 378. For alle andre systemer er det kun tilladt med hermetiske systemer med en max. fyldning på: praktisk grænse x rumvolumen, og ikke over 1,0 kg under jordniveau og 10 kg over jordniveau.
	D	For A/C-systemer for personkomfort gælder punkt C.3 i EN 378. For alle andre systemer er det kun tilladt med 1,0 kg under jordniveau og ingen restriktioner over jordniveau.

tabel 2.4: fyldningsgrænser for kølemiddel, type a3, ved direkte systemer.



Placering	Indirekte system
Ikke i et maskinrum.	
Højtrykssiden er placeret i et maskinrum uden personophold eller i det fri.	
Alle kølemiddelbærende dele er placeret i et maskinrum uden personophold eller i det fri.	

Tabel 2.5: placering af køleanlæg – indirekte system.

Placering	Rum-kategori	Fyldningsgrænse
Ikke i et maskinrum	A	Ikke relevant
	B	Ikke relevant
	C	Ikke relevant
	D	Ikke relevant
Højtrykssiden er placeret i et maskinrum uden personophold eller i det fri	A	Kun hermetiske systemer med en max. fyldning på: praktisk grænse x rumvolumen og ikke over 1,5 kg; der må ikke være nogle tændkilder i forbindelse med anlægget.
	B	Maksimal fyldning = praktisk grænse x rumvolumen og ikke over 1,5 kg.
	C	Maksimal fyldning = praktisk grænse x rumvolumen og ikke over 1,0 kg under jordniveau og 2,5 kg over jordniveau.
	D	Maksimal fyldning = 1 kg under jordniveau og 25 kg over jordniveau.
Alle kølemiddelbærende dele er placeret i et maskinrum uden personophold eller i det fri.	A	Kun tilladt med hermetiske systemer med en max. fyldning på: praktisk grænse x rumvolumen og ikke over 1,0 kg under jordniveau og 5 kg over jordniveau.
	B	Maksimal fyldning = praktisk grænse x rumvolumen, og ikke over 1,0 kg under jordniveau og 5 kg over jordniveau.
	C	Maksimal fyldning = 1,0 kg under jordniveau og 10 kg over jordniveau.
	D	Maksimal fyldning = 1,0 kg under jordniveau og ingen begrænsning over jordniveau.

tabel 2.6: fyldningsgrænser for kølemiddel, type a3, ved indirekte systemer.

### 2.1.3.1 Krav til A/C-systemer for personkomfort iht. punkt C.3 i EN 378-1

Fyldningsbegrænsninger i forhold til brandbarhed for A/C-systemer og varmepumper for personlig komfort.

Grænser for dele fyldt med kølemiddel i benyttede lokaler.

Såfremt fyldningen af kølemiddel er under  $4 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$ , er der ikke specielle forhold, som skal opfyldes. Er fyldningen på mere end  $4 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$ , skal den maksimale fyldning være i henhold til følgende:

$$m_{\max} = 2,5 \times (\text{LFL})^{(5/4)} \times h_0 \times (A)^{1/2}$$

$m_{\max}$	Maksimal tilladelig fyldning i rummet	[kg]
LFL	Nedre brandbarhedsgrænse	[kg/m <sup>3</sup> ]
A	Rumareal	[m <sup>2</sup> ]
$h_0$	Installationshøjden for enheden	[m]
	- 0,6 m for gulvplacering	
	- 1,8 m for vægmonteret	
	- 1,0 m for vinduesmontering	
	- 2,2 m for loftmontage.	

2.2 Betydningen af kravene i EN 378, som er vejledende

For A/C-split og varmepumper er betydningen følgende:

<b>Gulvareal [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Maks. fyldningsmængde efter C.3.1. [g] *</b>
10	291
20	412,6
30	505,4
40	583
50	652,4
60	714,7
100	922,7

\* Beregnet med en højde på 2,2 m.

tabel 2.7: maksimal fyldningsmængde med propan i forhold til gulvareal.



# 3 Risikovurdering efter prEN 378

Indhold af en risikovurdering i henhold til prEN378: 2003

## 3.1 Risikovurderingens elementer



### 3.1.1 Vurdering af opstillingssted

Airconditionanlægget skal opstilles i en frisørsalon med et gulvareal på 117 m<sup>2</sup>.

Rumkategorien: Er et generelt opholdsrum, som er offentligt tilgængeligt, og klassificeres derfor som **rumkategori B**.

Placering af køleanlæg: Køleanlægget er placeret med højtrykssiden i det fri.

Kølemiddeltype: Propan R290, som er klassificeret som A3.

### 3.1.2 Bestemmelse af fyldningsgrænse

Reference Beredskabsstyrelsen. Forskrifter for F-gas nævner, at den øvre grænse er 40 kg.

Efter prEN 378-1:2003 skal fyldningen holdes inden for grænserne af det, der er beskrevet i prEN 378-1 pkt. C.3. Den maksimale fyldningsmængde, der må placeres i rummet, beregnes ud fra prEN 378-1 C.3.1.

Følgende er indsat: LFL = 0,038 kg/m<sup>3</sup>, h<sub>0</sub>=2,5 m, A = 117 m<sup>2</sup>.

$$m_{\max} = 2,5 \times (LFL)^{(5/4)} \times h_0 \times (A)^{1/2}$$
$$m_{\max} = 2,5 \times (0,038)^{(5/4)} \times 2,5 \times (117)^{1/2}$$
$$m_{\max} = 1,134 \text{ [kg]}$$

Til frisørsalonen blev der valgt 2 anlæg af typen CF 30/CP 30.

### Fyldningsbestemmelse:

Unit 1:		
Standardfyldning:		0,42 kg
Væskeledning:	10 m. 3/8" kobberrør volumen 0,00048 m <sup>3</sup> 0,48 l x 0,482 kg/l	0,23 kg
Unit 2:		
Standardfyldning:		0,42 kg
Væskeledning:	4 m. 3/8" kobberrør volumen 0,000192 m <sup>3</sup> 0,192 l x 0,482 kg/l	0,092 kg
Fyldning total:		1,162 kg

#### 3.1.3 Klassifikation af eksplosionsfarligt område

Rummet er i henhold til zoneklassificeringen klassificeret som uklassificeret område. Køleanlægget er klassificeret som uklassificeret.

#### 3.1.4 Krav til elmateriel

El-materiellet i rummet er normal el-udrustning.

#### 3.1.5 Ventilationskrav

Da der ikke er tale om opstilling i et maskinrum, er der ikke særlige krav til ventilationen, da det naturlige luftskifte er tilstrækkeligt.

#### 3.1.6 Bygningskrav

Der er i prEN 378-1: 2003 ikke nævnt særlige bygnings- eller installationskrav.

# 4 Zoneklassificering

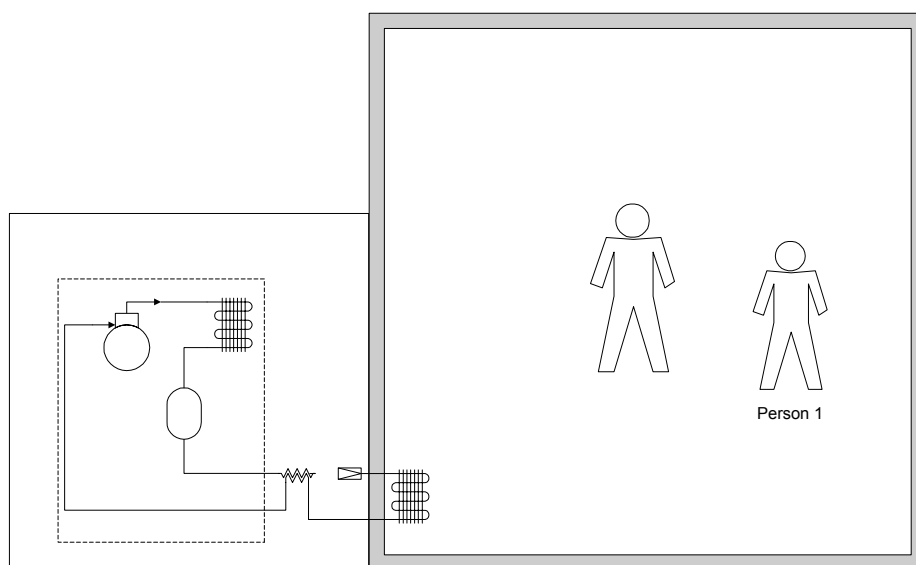
## Reference:

Zoneklassificeringen af enheden og af opstillingsstedet er foretaget efter Brandteknisk vejledning nr. 19 "Klassifikation af brand og eksplosionsfarlige områder" og efter standarden EN 60079-10 (Classification of Hazardous Areas).

### 4.1 Zoneklassificering iht. Brandteknisk vejledning

#### 4.1.1 Beskrivelse af opstillingsstedet

Der er tale om 2 splitunits med køleanlæg med 0,65 kg og 0,512 kg fyldning, opstillet i et offentligt tilgængeligt rum.



#### Beskrivelse af opstillingssted:

Opstillingssted:	Frisørsalon
Rumstørrelse:	117 m <sup>2</sup>
Rumvolumen:	292,5 m <sup>3</sup>
Anlægstype:	Airconditionanlæg - splitunit
Fyldning:	0,65+0,512 kg

#### 4.1.2 Bedømmelse af udslip

##### Produkt:

Brændbart stof:	Propangas
Tyngde af gas:	Tungere end luft
LFL:	0,04 kg/m <sup>3</sup> (2,1 %v/v)
Kilder for udslip:	Samlinger, servicetilslutninger
Udslipshastighed (dG/dt):	3% pr. år = 3,68*10 <sup>-8</sup> kg/s

#### 4.1.3 Vurdering og bedømmelse af udslipskilder

For at kunne lave en zoneklassificering er det nødvendigt, at udslipskilderne og stederne bestemmes. Bestemmelsen af zone foretages på baggrund af tætheden af komponenterne, og af hvor ofte, der vil forekomme et udslip. Komponenternes tæthed er bestemt med baggrund i DIN 7003.

Komponent	Tæthed DIN7003	Vurdering af tæthed EN 60079-10	Vurdering af udslip EN 60079-10	Vurdering af zone EN 60079-10
Kompressorer				
Hermetisk kompressor	Teknisk tæthed kan garanteres at være vedvarende	Der forventes ikke udslip ved normal drift. Uklassificeret	Uklassificeret	Uklassificeret
Komponenter				
Pressostater	Teknisk tæthed kan garanteres at være vedvarende	Der forventes ikke udslip under normal drift		Uklassificeret
Elektronisk termoventil	Teknisk tæthed kan garanteres, under vedvarende drift			Uklassificeret
Rørsystem				
Rør	Teknisk tæthed kan garanteres at være vedvarende	Uklassificeret	Uklassificeret	Uklassificeret
Lodde-/svejse-samlinger	Teknisk tæthed kan garanteres at være vedvarende	Uklassificeret	Uklassificeret	Uklassificeret
Fylde-tilslutninger	Teknisk tæthed er garanteret	Der forventes ikke udslip ved normal drift	Sekundært	Zone 2, monteres udvendigt



#### 4.1.4 Zoneklassificering efter brandteknisk vejledning nr. 19

I Danmark benytter man som udgangspunkt brandteknisk vejledning nr. 19, når zoneklassificeringen skal bestemmes. Som grundlag er benyttet beslutningsskema 2 for gasser. Målet er altid, at zoneklassen bliver lavest mulig. Kan man ikke opnå en lav zoneklasse, er man nødt til at sikre, at risikoen bliver minimal.

Gasart:	Kølemiddel propan R290
Er gasmængden ubetydelig:	Ja
Systemudformning:	Der er tale om et lukket system
Rutinemæssig udslip:	Der er ikke tale om rutinemæssig udslip
Er et udslip mindre betydende:	Ja
Særlige sikkerhedsforanstaltninger:	Ja, der er foretaget særlige sikkerhedsforanstaltninger
Zoneområde:	Normalt område

#### 4.1.5 Særlige sikkerhedsforanstaltninger

Områdefægrænsning:

Fyldningsmængden er begrænset og opfylder kraven i prEN 378-1: 2003, hvilket sikrer, at et eventuelt udslip vil være under LFL.

Tilstrækkelig ventilation:

Brandteknisk Vejledning nr. 19 foreskriver, at tilstrækkelig ventilation er opnået, når koncentrationen af dampe og gasser holdes under 25% af nedre eksplosionsgrænse.

Desuden er der foretaget følgende særlige sikkerhedsforanstaltninger:

- Anlægget er hermetisk tæt
- Fyldningen er begrænset.

**På denne baggrund klassificeres rummet som et normalt område.**

Dette betyder, at der ikke er særlige krav til ventilationen.

#### 4.2 Zoneklassificering efter EN 60079-10

Vil man lave en mere detaljeret zoneklassificering end den, som fremkommer ved benyttelse af brandteknisk vejledning nr. 19, skal man benytte EN 60079-10. I denne standard tager man ved zoneklassificeringen hensyn til udslipsmængden, hyppigheden, rummets størrelse og ventilationen af rummet. EN 60079-10 er desuden den standard, som er baggrund for Brandteknisk Vejledning nr. 19.

#### 4.2.1 Bedømmelse af ventilation

For at kunne bedømme zonen efter EN 60079-10 er der forskellige ventilationskarakteristika, der skal bestemmes. Luftsiftet i frisørsalonen blev vurderet til 2 gange pr. time. Ifølge Danvak er denne baseret på, at det normale luftsifte, som forekommer ved utætheder i etageejendomme, normalt er mellem  $0,5-2,0 \text{ h}^{-1}$ . Frisørsalonen virker ikke specielt tæt. Ruderne er af ældre dato og har et enkelt lag - desuden står de ofte åbne. I salonen er der endvidere monteret punktudsugning flere steder. Så det reelle luftsifte er mindst på 2 gange pr. time. Ventilationseffektiviteten  $f$  er en faktor, som kompenserer for ventilationseffektiviteten;  $f$  varierer fra 1 ved ideelle forhold til 5 for typisk ventilation. Sikkerhedsfaktoren for LFL varierer fra 0,25 for primære lækagekilder til 0,5 for sekundære lækagekilder.

Ventilationskarakteristika:

Indendørsopstilling

Antal luftsifte $C$ :	2 gange pr. time, 0,0005555 /s
Omgivelsestemperatur:	$20^\circ$
Ventilationseffektivitet $f$ :	5
Sikkerhedsfaktor knyttet til LFL $k$ :	0,5
Naturlig ventilation	

Minimumsventilationsmængde:

Minimumsventilationsmængden er den ventilationsmængde, som er nødvendig for at opblende et udslip, således at koncentrationen holdes under den nedre brandbarhedsgrænse. Lækageraten på 3% pr. år er den normale lækagerate for fabriksfremstillede hermetiske anlæg.

Ved 3% lækagerate pr. år:

$$(dV/dt)_{\min} = \frac{(dG/dt)_{\min}}{k \times LFL} \times \frac{T}{293} = \frac{3,68 \times 10^{-8}}{0,5 \times 0,038} \times \frac{293}{293} = 1,937 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s} = 0,00697 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Beregning af hypotetisk volumen:

Det hypotetiske er det volumen omkring en lækagekilde, hvor koncentrationen vil være 0,5 gange LFL. Det hypotetiske volumen benyttes til at bestemme zoneområdet, og skal helst være negligeabelt i forhold til det samlede volumen.

Ved 3% lækagerate pr. år:

$$V_z = \frac{f * (dV/dt)_{\min}}{C} = \frac{5 \times 1,937 \times 10^{-6}}{0,0005555} = 0,0174 \text{ m}^3$$

Det hypotetiske volumen er på 17,4 liter, og det samlede volumen i salonen er  $117 \text{ m}^2 \times 3 \text{ m} = 351000$  liter, så det hypotetiske volumen må vurderes til at være negligeabelt.

**Principielle faktorer med indflydelse på zoneklassificering og udbredelse:**

Opstillingssted og anlægstype:

Ventilation:

Type	Naturlig
Grad	Høj
Tilgængelighed	Tilstrækkelig

Type udslip:

Kilde	Ingen
Udslipsgrad	Intet

Produkt:

Gas	Propan
Tyngde af gas	Tungere end luft

Bedømmelse:

På baggrund af ovenstående forhold bedømmes området i rummet som normalt område.



## 5 Myndighedsgodkendelse

Da målet med projektet er at eftervise, at det kan lade sig gøre at opstille et køleanlæg med kulbrinter med de relevante myndigheders godkendelse, er alle de relevante myndigheder blevet spurgt.

Myndighedsgodkendelsen er sket ved, at der er søgt om byggetilladelse for opsætning af det pågældende anlæg ved det lokale bygningsinspektorat. Bygningsinspektoratet har derefter søgt de relevante godkendelser ved følgende myndigheder:

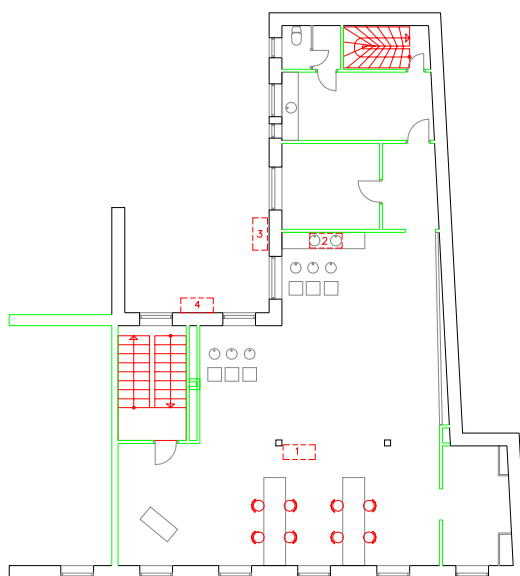
- Århus Brandvæsen
- Miljøcenter Østjylland - "Støjvurdering"
- Arbejdstilsynet.

Bygningsinspektoratet videresendte det relevante materiale til de nævnte myndigheder.

### 5.1 Ansøgningsmateriale

Til bygningsinspektoratet blev der indsendt følgende materiale:

- Ansøgning om byggetilladelse, ansøgningsformularen fås ved bygningsinspektoratet.
- En risikovurdering som i kapitel 3.
- En zoneklassificering som i kapitel 4.
- En beskrivelse af lovgivningen som i kapitel 2. "Ikke nødvendigt".
- En tegning af opstillingsrummet samt placeringen af airconditionenhederne. Se figur 5.
- En beskrivelse af airconditionenhederne fra fabrikanten.



Figur 5: Skitse af salonens indretning og placering af enheder.

## 5.2 Godkendelse fra myndighederne

Opsætningen af airconditionlægget blev godkendt af alle de relevante myndigheder. Bygningsinspektoratet gav deres endelige godkendelse til opsætning af anlægget.

## 6 Opsætning af splitanlægget

Splitanlæggene, som er opsat, er af mærket DeLonghi, og er opsat ved PER Intercoiffure i Århus. Inden opsætningen blev kølebehovet undersøgt ved en gennemgang af frisørsalonen. Ved gennemgangen blev det også fastlagt, hvordan kølebehovet - gennem en reduktion af varmebelastningen - kan reduceres (bl.a. ved at skifte til lavenergipærer).

Det var også vigtigt at fastlægge placeringen af anlægget, da indblæsningen til rummet ikke må give trækgener for kunder, der kan være særligt udsatte, da de typisk har fugtigt hår under klipningen.

I forbindelse med byggesagsbehandlingen blev frisørsalonen målt op og tegnet, da dette var et krav fra bygningsdirektoratet i forbindelse med byggesagsbehandlingen.



Figur 6: Indedel placeret på bagvæg.

Indedelene er placeret således, at fordelingen af den indblæste luft bliver god. Udedelene er placeret mod baggården; fyldetilslutningerne til påfyldning af kølemiddel er ligeledes placeret udendørs.

Efter opsætningen blev salonens personale instrueret i, hvordan indstilling og drift af airconditionanlægget kunne gøres bedst muligt.

Personalet udtrykte stor glæde ved anlægget, da det har forbedret deres arbejdsmiljø meget. Temperaturen i salonen er blevet lavere på de varme sommerdage, hvilket gør arbejdsklimaet mere behageligt. Desuden har den øgede luftcirkulation samt rensning af luften forbedret luftkvaliteten.



Figur 6.1: Udedele placeret på baggårdssiden af bygningen.



# 7 Miljøvurdering

## 7.1 Global miljøvurdering

For de aktuelle splitunits betyder det, at det globale opvarmningspotentiale, GWP, reduceres fra 1600 kg CO<sub>2</sub> pr./kg kølemiddel for R407C til 3 kg CO<sub>2</sub> pr./kg kølemiddel for R290. I den nedenstående tabel er det globale opvarmningspotentiale beregnet over anlæggets levetid. I beregningen er der taget hensyn til den årlige lækagerate, men også til at 90% af kølemidlet regenereres ved destruktion af anlægget.

En splitunit i denne størrelse har typisk en kølemiddelfyldning på 0,8 til 4 kg. Ved konvertering til R290 reduceres fyldningsmængden til 0,4-2 kg. Dette medfører, at det potentielle CO<sub>2</sub>-bidrag fra fyldningen reduceres.

<b>Forudsætning</b>	<b>AC-split med R407C</b>	<b>AC-split med R290</b>
Kølemiddel	R407C	R290
Lækagerate	3% pr. år	3% pr. år
Regenereringsgrad	90%	90%
GWP	1600 kg CO <sub>2</sub> /kg	3 kg CO <sub>2</sub> /kg
Levetid	12 år	12 år
Gennemsnitlig kølemiddelfyldning	2,4 kg	1,2 kg
GWP pr. anlæg over levetiden	1766,4 kg CO <sub>2</sub> /stk.	1,65 kg CO <sub>2</sub> /stk.
Anlægsmasse i Danmark stk.	125000	125000
GWP total over 12 år	220800 tons CO <sub>2</sub>	206,25 tons CO <sub>2</sub>
GWP pr. år	18400 tons CO <sub>2</sub> /år	17,18 tons CO <sub>2</sub> /år
Besparelse tons pr. år pr. anlæg		0,147 tons CO <sub>2</sub> /år
Besparelse tons pr. år		18383 tons CO <sub>2</sub> /år

I Europa estimeres det, at der er opstillet 20 mio. mini splitanlæg. Der sælges årligt 2825000 minisplitanlæg i Europa, så potentialet er 160 gange større i Europa end i Danmark.

## 7.2 Lokal miljøvurdering

Ved en lokal miljøvurdering skal der tages hensyn til nærmiljøet og de personer, som er i nærkontakt med køleanlægget.

Specielt i servicesituationer kommer mennesker i kontakt med køleanlægget. Både ved brug af CFC- og HFC-kølemidler samt esterolier har kølemontører klaget over allergi-, hud- og luftvejsproblemer. De fleste af disse problemer kan dog undgås ved korrekt brug af værnemidler og ved korrekt omgang med kølemidler og olier.

Ved konvertering til propan som kølemiddel er der ikke disse problemer, da olien er mineralsk, og propan giver ikke anledning til luftvejsproblemer.

Ved servicering af køleanlægget skal kølemontøren dog være opmærksom på brand og eksplosionsfare. Dette kan dog elimineres ved brug af gasdetektor og tilstrækkelig ventilation og evakuering samt gennemskylning med nitrogen ved loddearbejde på anlægget. Desuden bør fylde- og tømmeudrustning placeres i det fri, således at fyldning og tømning ikke foregår i det indendørs rum.

# 8 Kommerciel vurdering af produktet

## 8.1 Økonomiske konsekvenser

### Investeringsomkostninger:

Splitanlægget med propan er dyrere end traditionelle anlæg, men det vurderes, at anlægsprisen på længere sigt bliver den samme.

### Driftsomkostninger:

Driftsomkostningerne er de samme som for traditionelle anlæg eller lavere, da der typisk er en effektfaktorforbedring ved benyttelse af propan som kølemiddel på omkring 5-10% i forhold til traditionelle anlæg.