

Nyudviklet chiller med CO₂

Kim G Christensen og Torben M Hansen
Århus V
02.09.2007

ADVANSOR
ENERGISYSTEMER

Agenda

- **Præsentation af Advansor**
- **Baggrund for udvikling af CO₂ chillere**
- **Teknisk udvikling til færdigt produkt**
- **Karakteristika for CO₂ chillere's drift, særligt under danske forhold**
- **Praktiske forhold for opstilling, servicering og vedligehold**
- **Energiforbrug og frikøling**
- **CO₂ chillere: Produktprogram**
- **Konklusion**

Om ADVANSOR

- **ADVANSOR er en teknologi- og produktionsvirksomhed på energiområdet indenfor køleanlæg og varmepumper**
 - Vi bruger CO₂ teknologi til CO₂ reduktion
- **ADVANSOR udvikler, producerer og udfører projekter indenfor**
 - Bygninger
 - Procesindustri
 - Fødevarefremstilling
 - Energi-sektor (kraft-varme)
 - Supermarkeder
- **Vi samarbejder med leverandører, kunder, partnere, brancheorganisationer, GTS'er, universiteter, myndigheder for fremme af bæredygtige energisystemer**

ADVANSORS produkter



compHEAT: Varme- og Kraftvarme-produktion

Produkter skræddersyede til varme- og kraftvarmeanlæg. Direkte tilkobling til gasmotoren uden forstyrrende indgreb på vandsiden. Varmen leveres direkte til fjernvarmenettet mellem 80-90°C.



compBINE: Kombineret og kuldeproduktion

Integreret anlæg til samtidig produktion af varme og kulde. Producerer varmt ved 80-100°C og koldt vand til forbrug eller isbank. Anvendelse bl.a. til pasteurisering af fødevarerprodukter samt fremstilling af varmt vand til rengøring samtidig med kulde

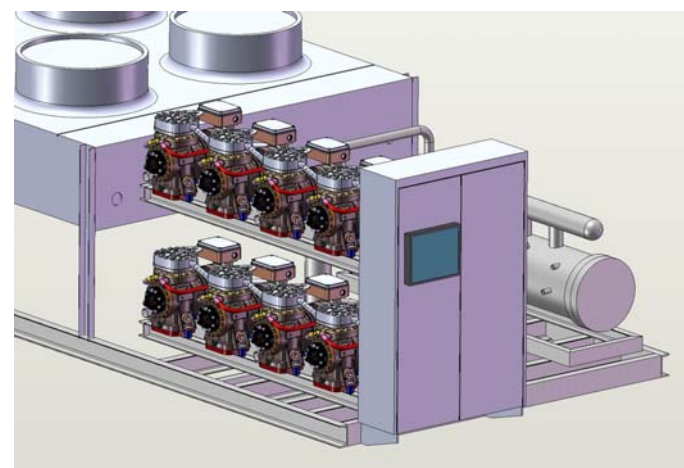
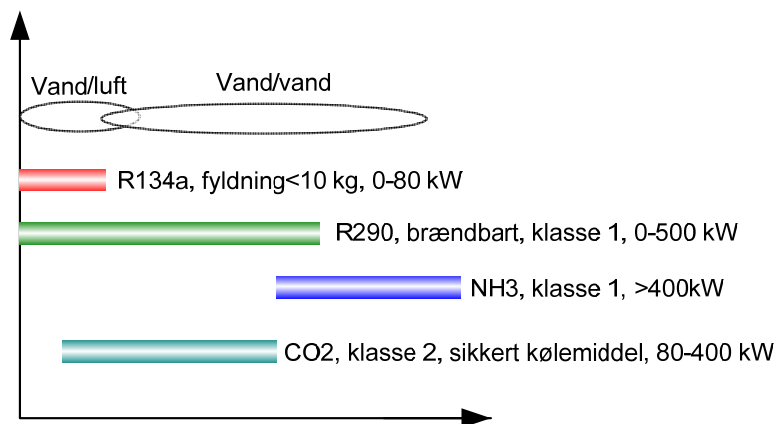


compFORT: Kuldeproduktion

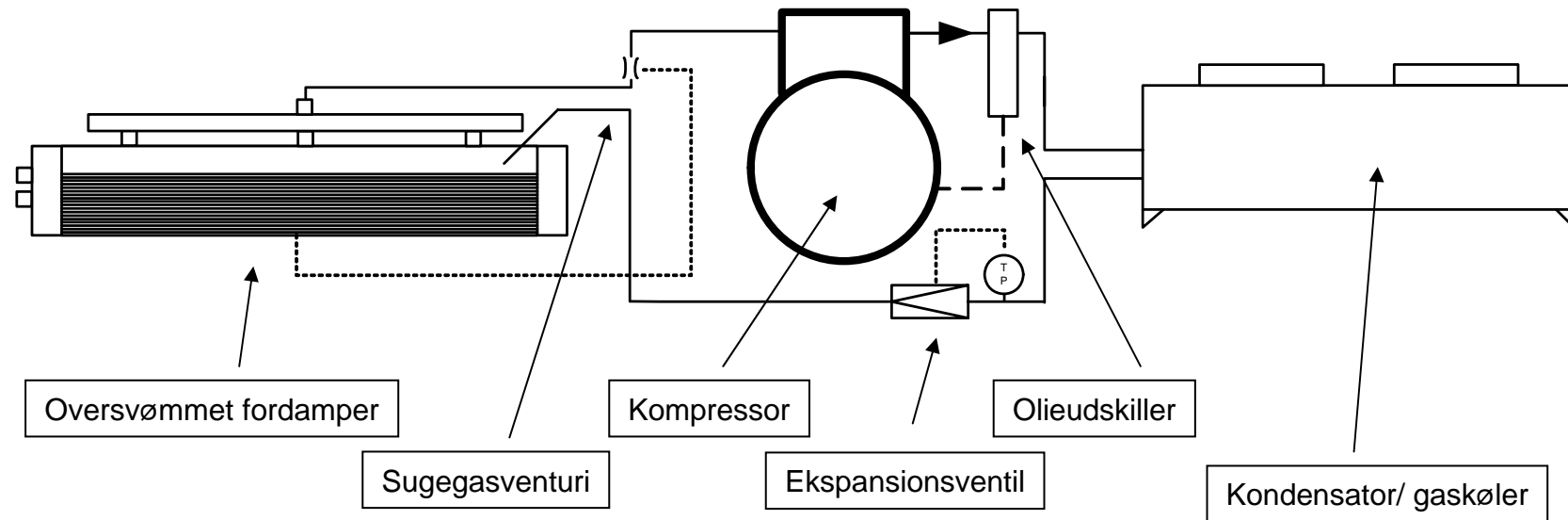
Koldt vands anlæg til luftkonditionering eller proceskøling

Baggrund for udvikling af luftkølede CO2 chillere

- **HFC - lovgivning:**
Max 10 kg HFC pr kreds – i praksis begrænsning på 60-80 kW for luftkølede aggregater
- **Andre naturlige kølemidler**
 - giftige eller brændbare
 - tørkøleropstillinger med forhøjet energiforbrug
- **CO₂ påtænkt at lukke hullet op til større ammoniak anlæg**
 - området mellem 80-400 kW



CO2-chillerens design

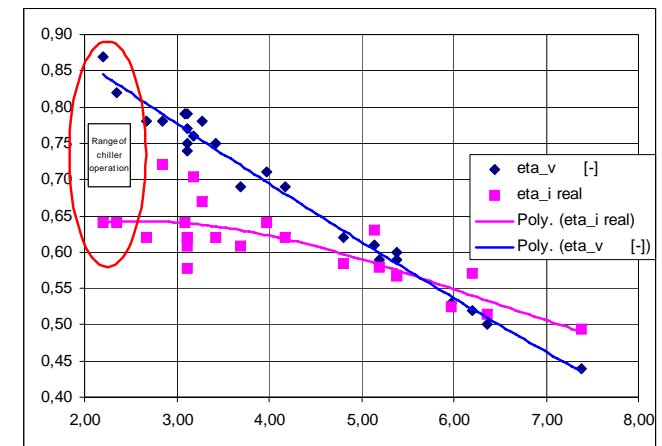


Chillerens design



Kompressor

- Semihermetisk kompressor (Dorin)
- Mere end 10 års erfaring
- Bredt arbejdsområde
- PAG Breox 65 (opløselig med CO2)
- Oliepumpe og olieniveau
- Ekstern oliekøling
- Meget pålidelig drift (ingen prob.)
- Høje virkningsgrader ved lave trykforhold

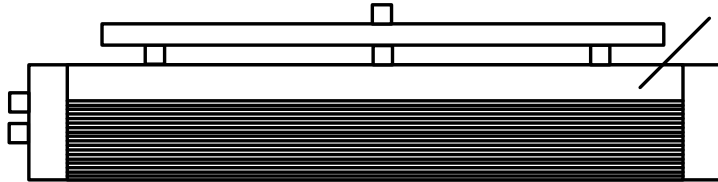


Oliehåndtering

- Svær pga. af høje olieafkast fra kompressorer og lille densitetsforskel mellem gas og væske (både PAG og POE)
- Olieseparatorer med filter (coalescer)
- Niveau-switcher i kompressorer og oliereservoir (elektronisk styret)
- Sugegas-venturi sikrer olieretur fra fordamper



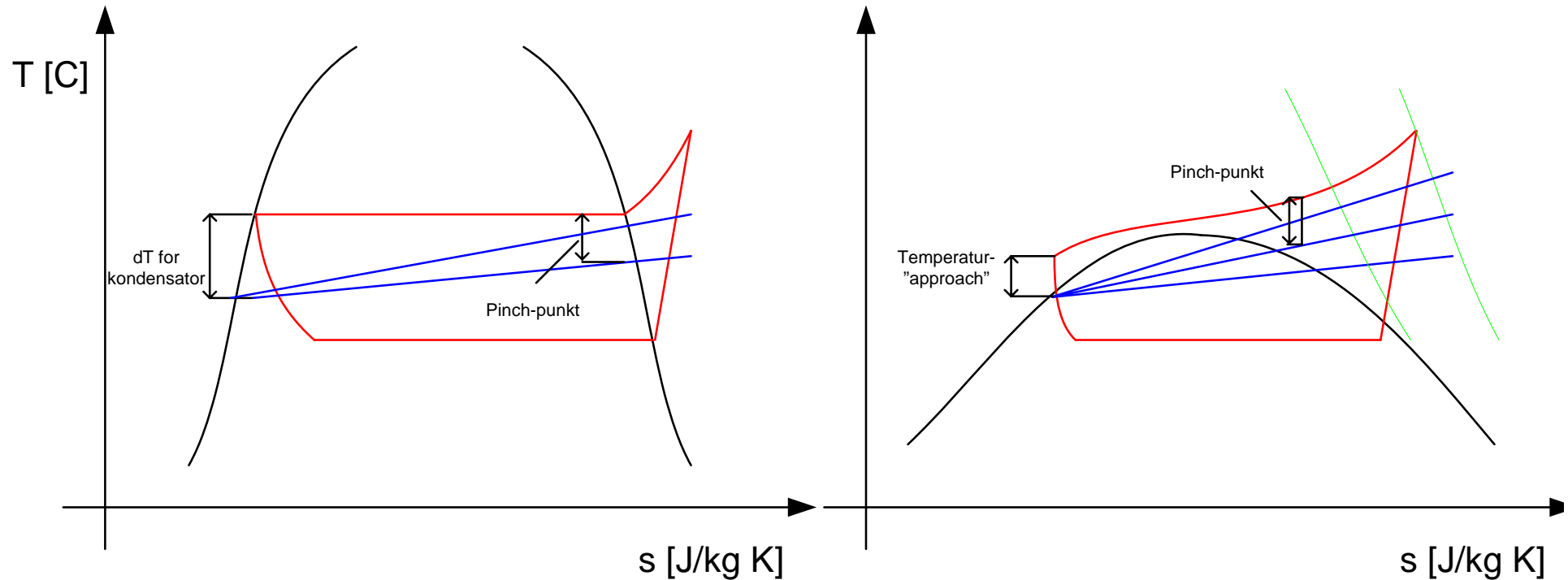
Fordamper



- Oversvømmet "shell and tube"
- Meget høje varmeovergangstal ved pool boiling (høje reducerede tryk)
- Fungerer samtidig som receiver
- God væskeudskilning – ingen væskeslag

- Rolig og stabil drift (DX er mere "følsom")
- 12/7°C med 4°C fordampning – kan optimeres yderligere – vandsiden er vigtig

Kondensator/ gaskøler

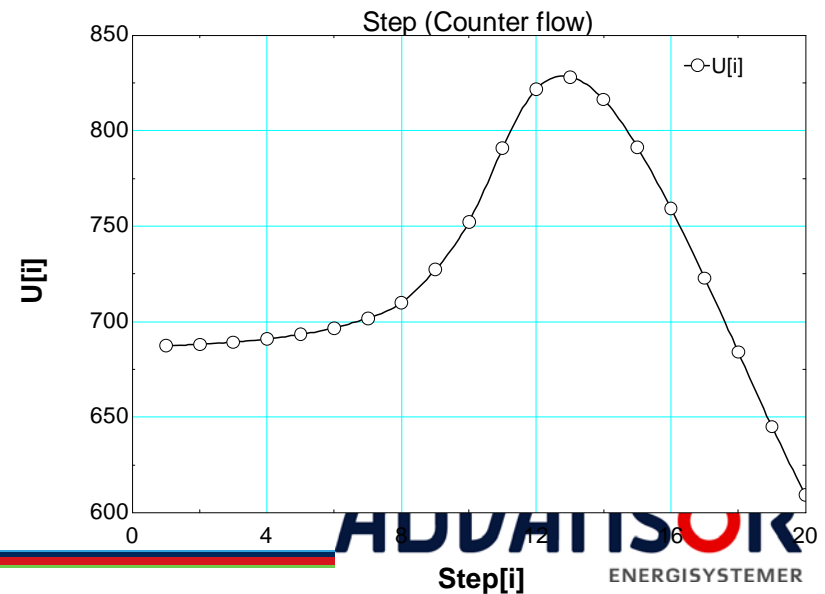
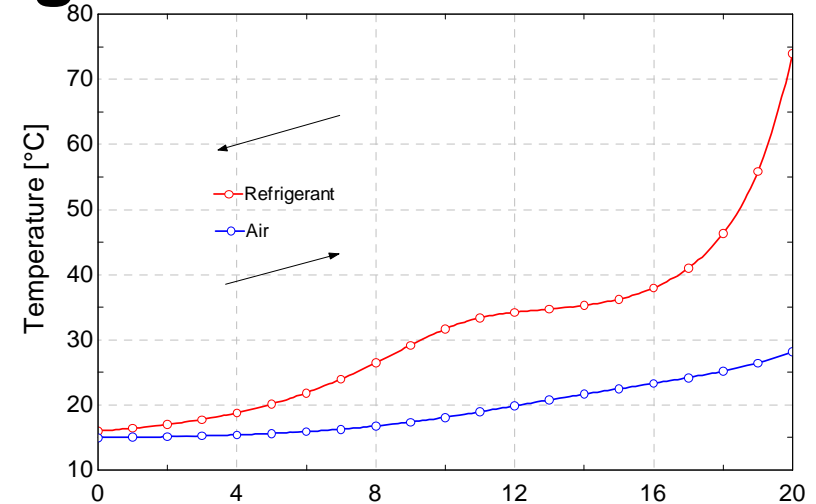


$dT = 10 \text{ K}$
 $dT_{\text{pinch}} = 1\text{-}2 \text{ K}$

$dT_{\text{approach}} = 2\text{-}3 \text{ K}$
 $dT_{\text{pinch}} = 4\text{-}8 \text{ K}$

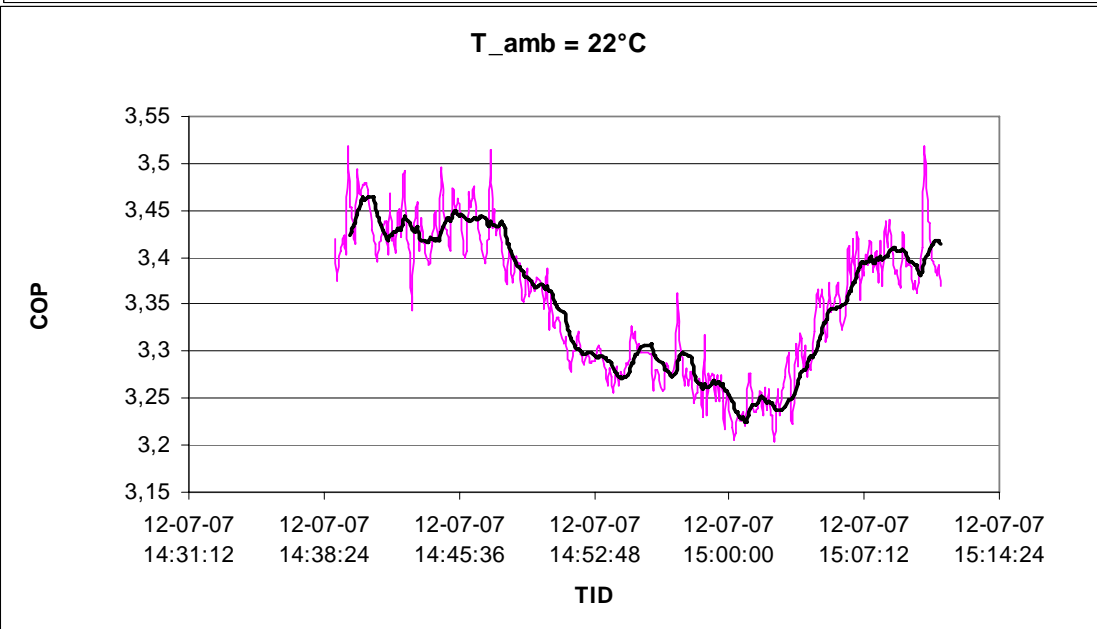
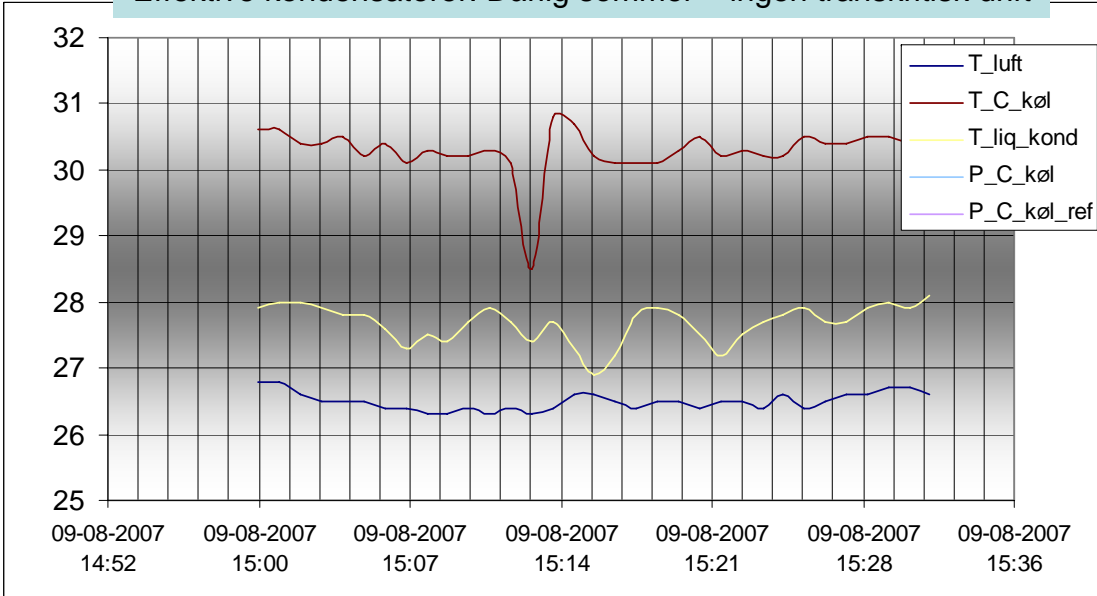
Gaskølerdesign – en væsentlig del af udformningen

- Matche kapacitets-strømme
- Generelt lavere luftmængder
- Lavere støj-niveau
- Høj varmeovergang ved høj dT
- Ingen behov for “cuttede” finner
- $dT_{gk_ud} = 2K$ kan nås uden prob.
- $dT_{kond} = 6K$



Adiabatisk befugtning

Effektive kondensatorer: Dårlig sommer – ingen transkritisk drift

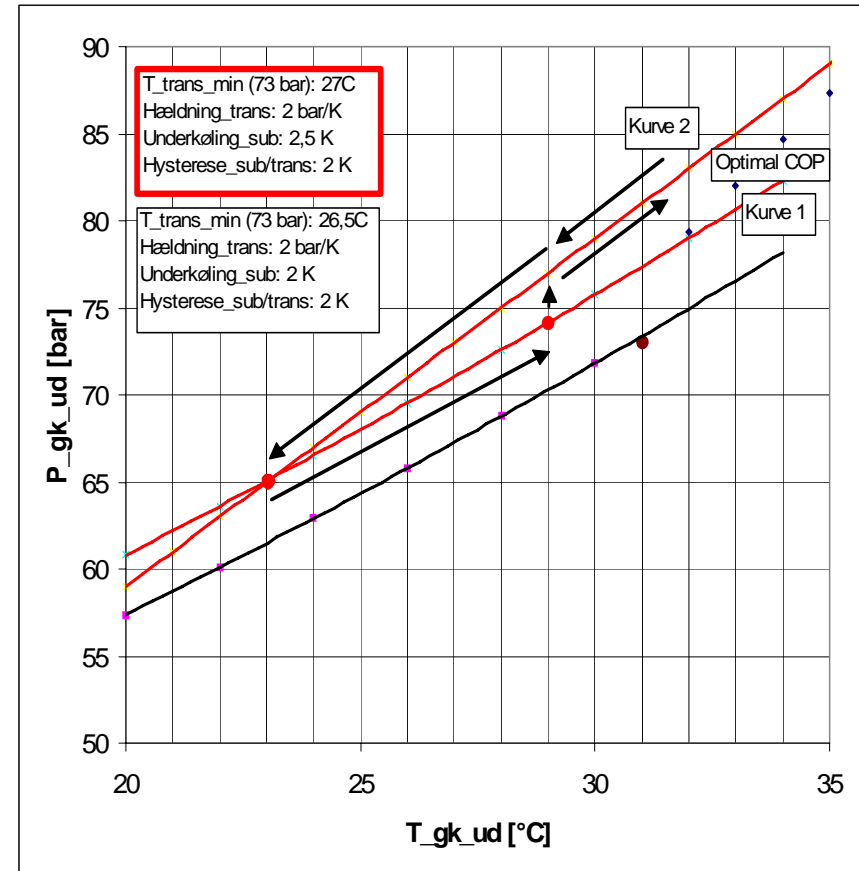


Øvrige komponenter

- **Vand i CO2-anlæg – anvendelse af tørrefilter**
 - Der skal ikke løbes nogen risiko vedr. syre-dannelser
 - Molecular sieve anvendes i alle Advansor's anlæg
- **Sugemanifold**
 - Integreret oliekoøling, væskeudskiller og olieretur
- **Valg af ventiler (høje tryk og også store differenstryk)**
 - Reguleringsventiler
 - Magnetventiler (servo og direkte)
 - Afspærring
- **Rørsystemer og fleksible slanger (tæthed, styrke)**
 - Rør i P235GH – TIG-svejst/ Olie: hydraulikrør
- **Service-venligt design**

Styring – det hele i én – med styr på alt

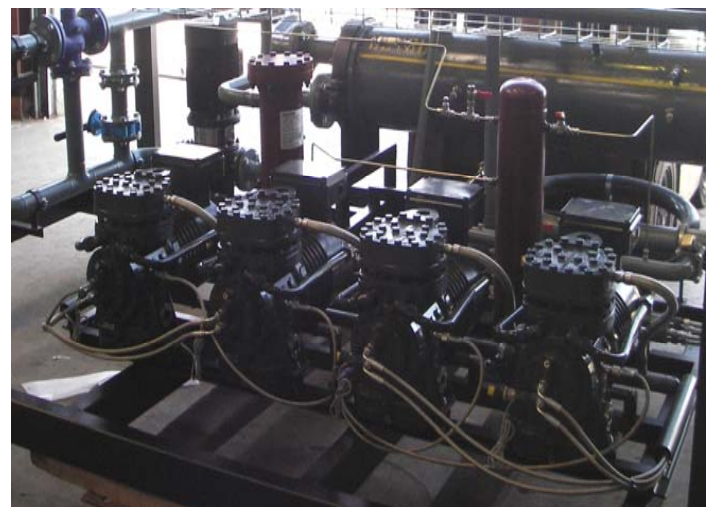
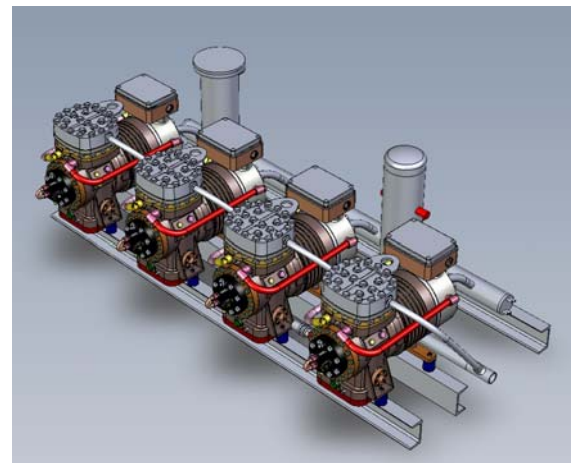
- Egenudviklet styring (Beckhoff)
- Kompressor-pack
 - P_0: PI-reg med indlagte "dødtider"
 - Køretidsudligning
 - Sikkerhed (HT/LT), vand-flow, olie, termistor
 - Oliehåndtering
- Kondensator/ gaskøler
 - Blæserstyring
 - Befugter-styring
 - HT-styring
- Øvrige
 - Kommunikation til bruger/ overvågn.
 - Service-mode
 - Flex. opbygning - I/O for andre komp.
 - Redondans – P_0/ T_vand



Metode for udvikling: "Modularisering"

Kompressor-modul

- Det samme hver gang
 - Samme suge- og trykmanifold
 - Samme oliekoøling
 - Samme oliehaandtering
 - Samme PLC-styring
 - Produktion til lager samt stor volumen
-
- Valg af komponenter er kan anvendes i ALLE produkter
 - Ventiler, beholdere, el-tavle, sugemanifold, pressostater, transmittere, sensorer, manometre, filtre, skueglas, fittings, rør osv.

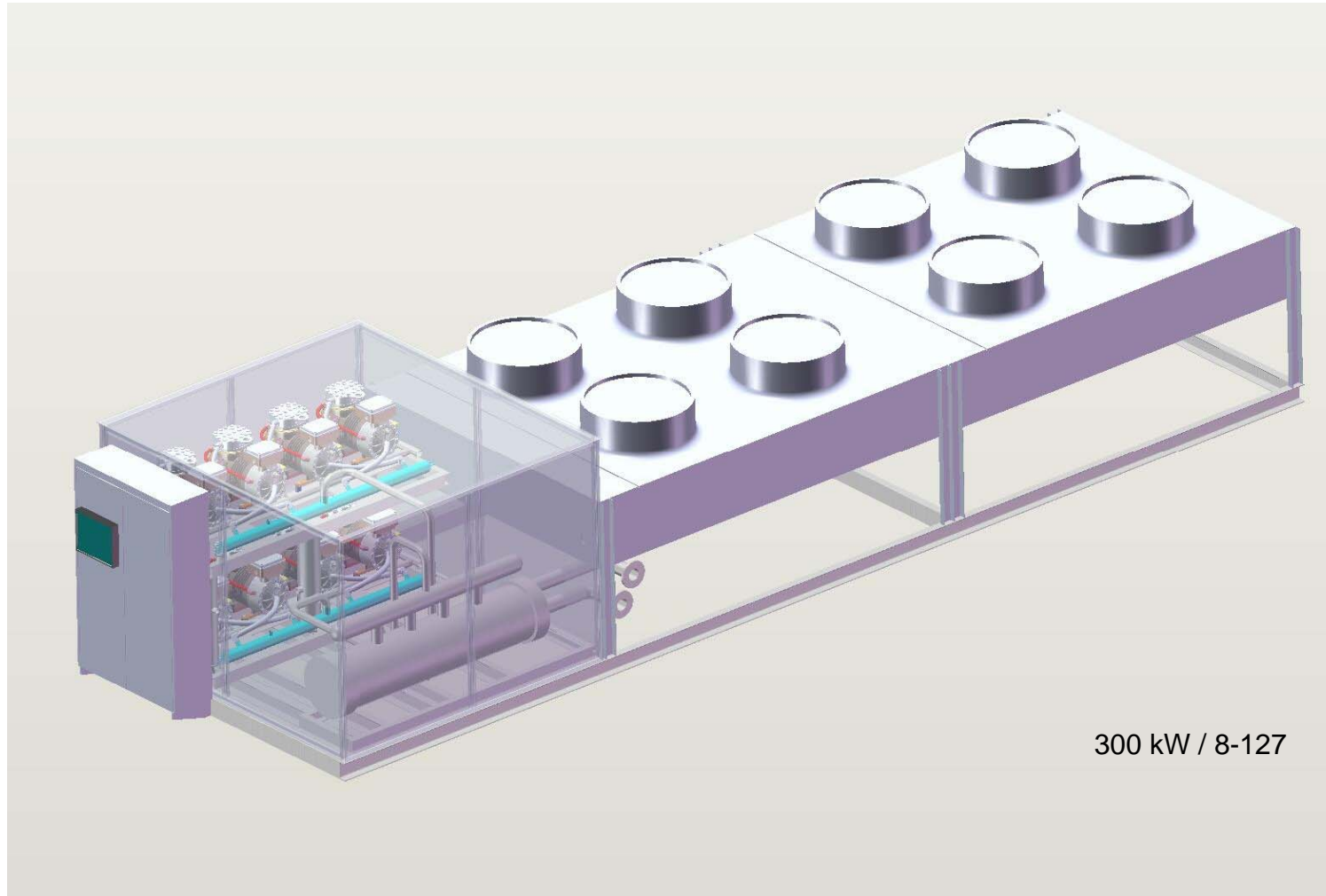


Udvikling af nye køleanlæg – hvorfor tager det så lang tid?

- **Valg af design/ princip**
- **Udvikling af anlægget – valg af komponenter**
- **Opbygning af prototype**
- **Prototype til test – en lang, men vigtig proces**
 - Oliehåndtering, kompressorer, varmevekslere, ventiler, styring
- **0-serie – produktions-optimering**

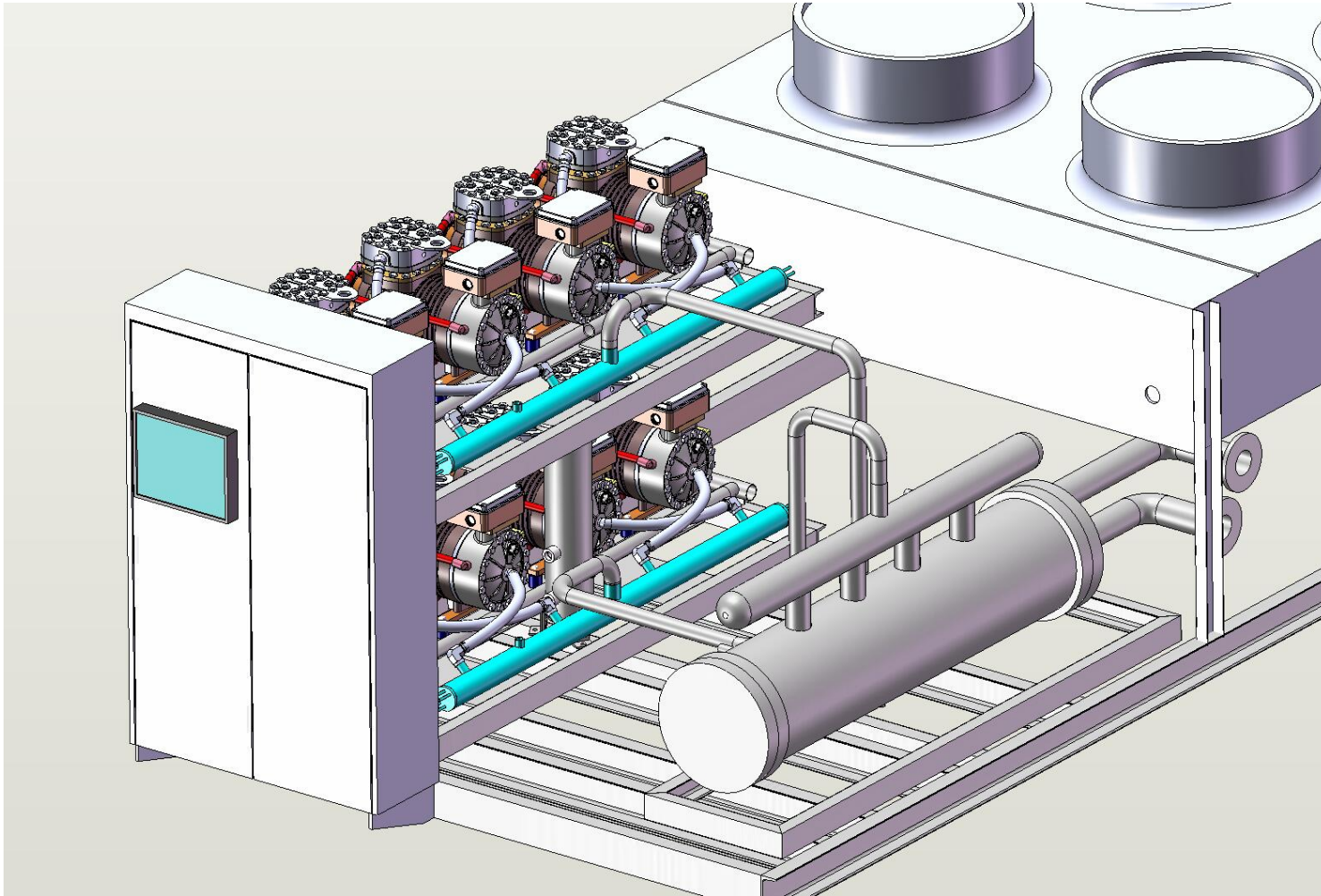
- **Dokumentation**
- **Fremstillingskontrol og CE-mærkning**
- **Markedsføring og salg**

Men nu er vi her ...



300 kW / 8-127

Men nu er vi her ...



Praktiske forhold ved CO₂ chillere

- **Nem opstilling**
 - færdigt udendørs aggregat
 - indendørs køleaggregat / udendørs kondensator aggregat
 - lempelige krav til opstilling indendørs
- **Sikkerhed**
 - høj personsikkerhed
 - høj installationssikkerhed
- **Service og vedligehold**
 - Semihermetiske kompressorer
 - Kølemiddel kan afblæses til det fri...!!
 - Lave omkostninger til service og vedligehold

Energiforbrug, sandhed og modifikationer (I)

Benchmarking af chillere

	Køle- middel	Udeluft	COP
-	-	[°C]	(Q_o/P_{komp})
A	R22	35	2.75
A	R407C	35	2.85
B	R407C	35	3.25
B	R134a	35	2.85
C	R407C	35	3.37
D	R410A	30 35	3.29 2.85
E	R407C	25 30 35	3.73 3.21 2.71
compFORT- ALK	CO ₂	25 30	4.30 4.00

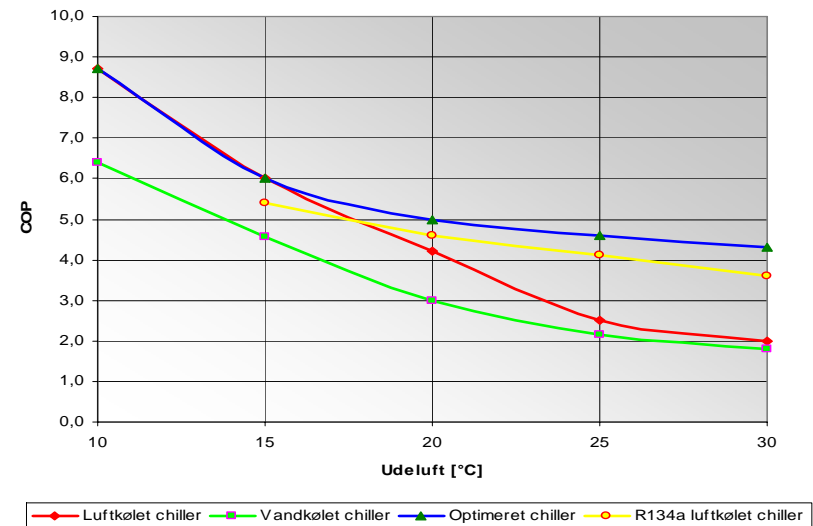
Årlige driftstimer (udeluft >15°C): 3.500 timer/år
 Køleydelse: 150 kW
 Vandtemperaturer: 7/12°C

Årligt energiforbrug—HFC: 117.00 kWh/år
 Årligt energiforbrug, ALK: 76.000 kWh/år
 Årlig besparelse: 41.000 kWh /år

Hertil skal indregnes:

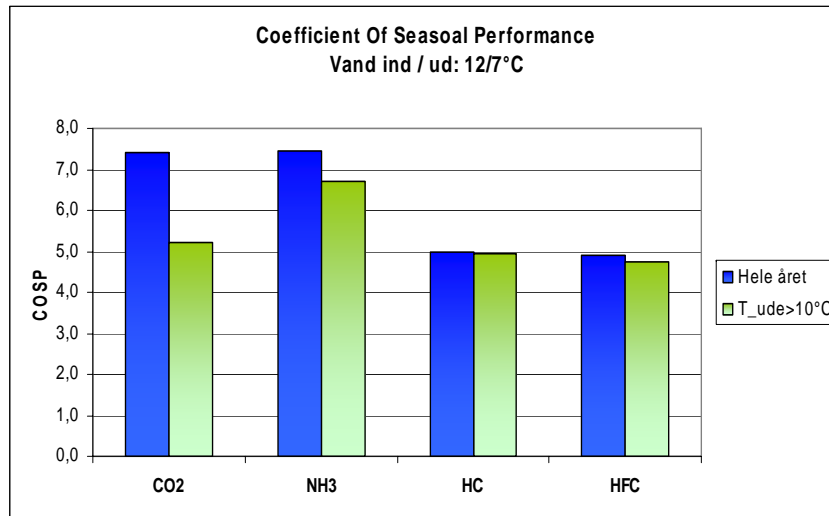
Afgiftsbesparelse på kølemiddel: 500 kr/kg x 30 kg = 15.000,- kr
 Lavere serviceomkostninger

Eventuel besparelse på bygningsinstallation i forbindelse med anlægsopstilling

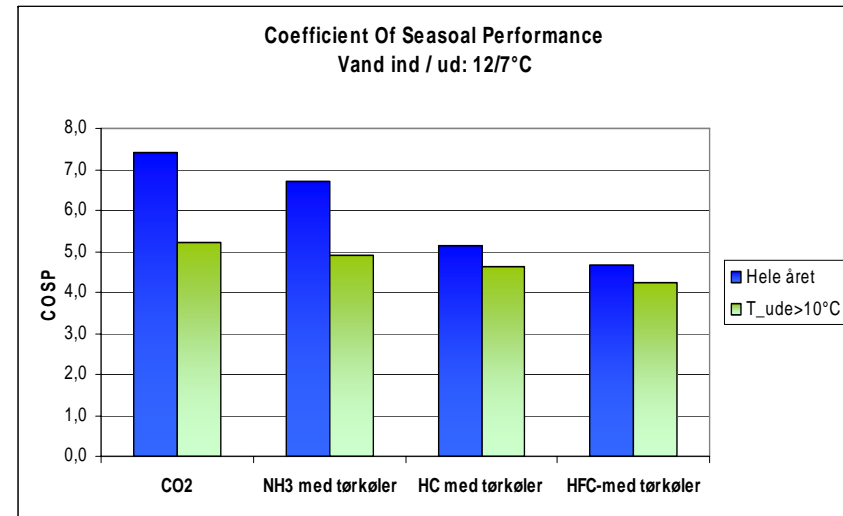


Energiforbrug, sandhed og modifikationer (II)

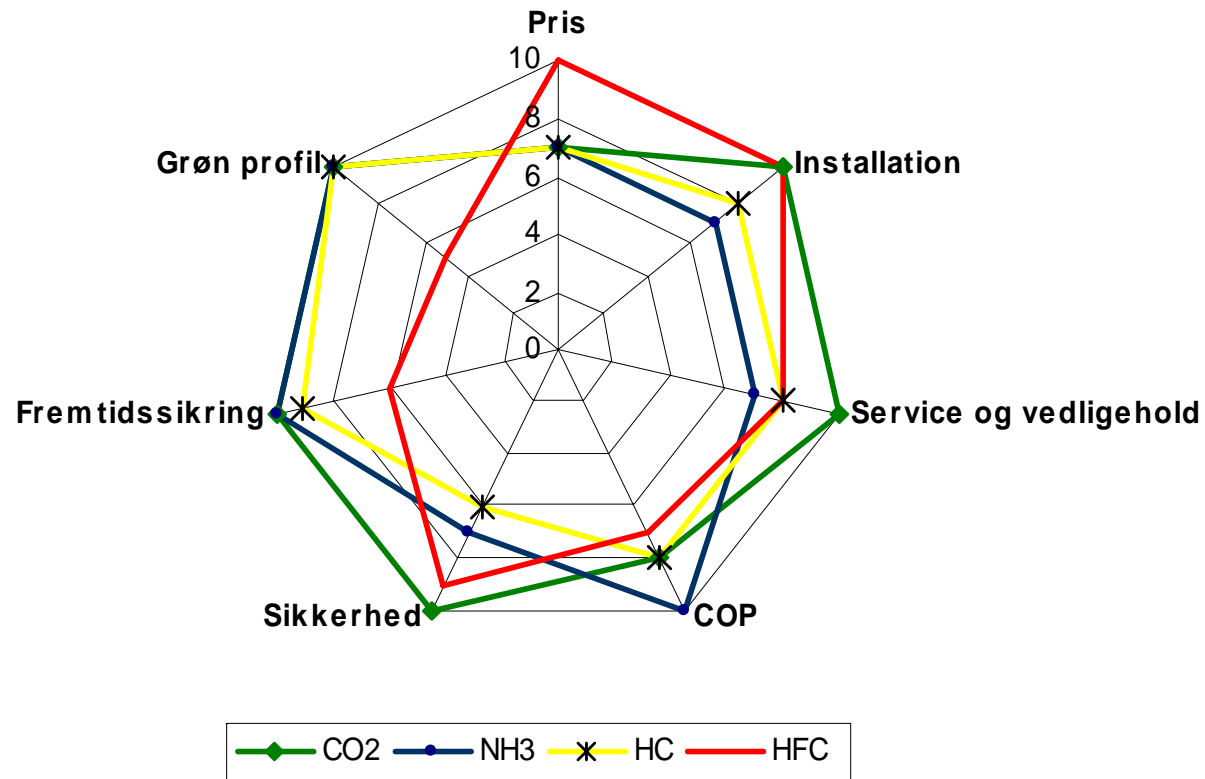
Anlæg med luftkølede kondensatorer



Anlæg med tørkøler og vandkølet kondensatorer



7 kriterier og karakteristika for valg af chillerløsninger



compFORT frikøling sparer 42% eller mere...

- **Termosifon:**
Partiel frikøling enten 0% eller 100% frikøling udnyttes
- **Integreret frikøling:**
Kontinuerlig udnytte af frikøling mellem 0% og 100% kuldeydelse

Udeluft: Tør termometer		
	°C	Timer/år
Årsmax	32,1°C	1
Temperatur	>30°C	3
Temperatur	>25°C	49
Temperatur	>20°C	351
Temperatur	>15°C	1490
Temperatur	>10°C	3553
Temperatur	<10°C	5207

Frikøling med termosifon

Fordele

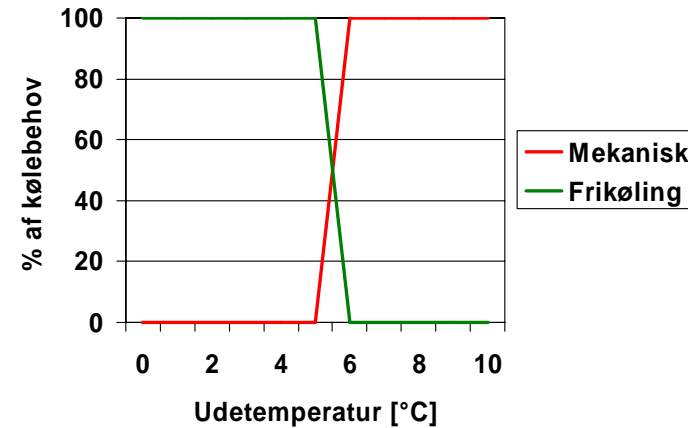
- Vandinstallation upåvirket
- Ikke krav om frostsikring
- Rørføring i små dimensioner
- Lave installationsomkostninger

Begrænsninger

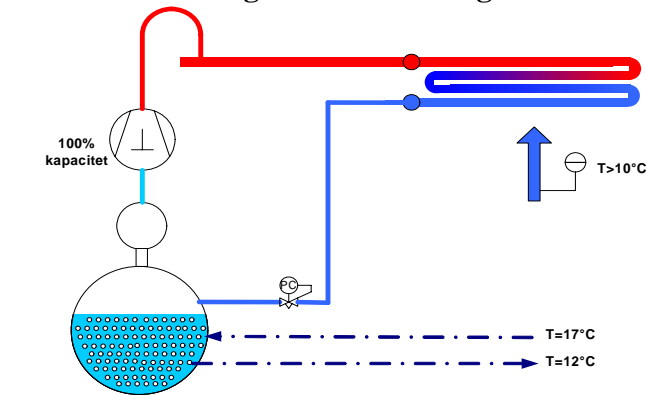
- Krav til geometrisk højdeforskel ved opstilling

Særlig relevans for CO₂

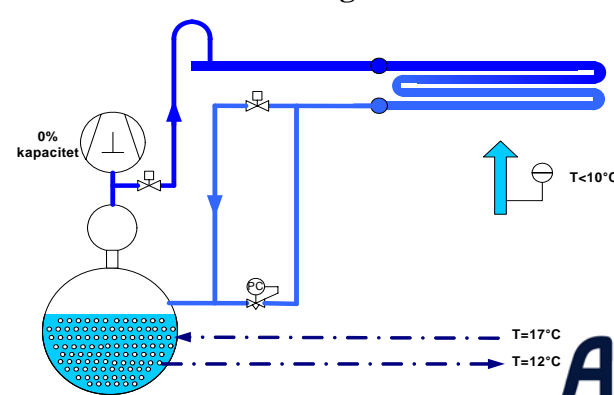
- Små rør
- Høj varmeovergang ved pool boiling
- Tung væske = god statisk højde



A: Almindelig mekanisk køling: 12/7°C vand



B: 100% Frikøling med termosifon: 12/7°C vand



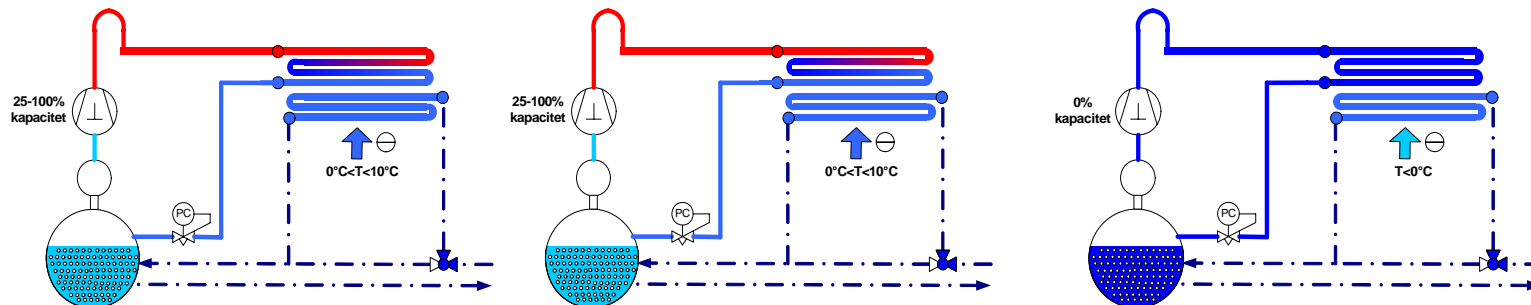
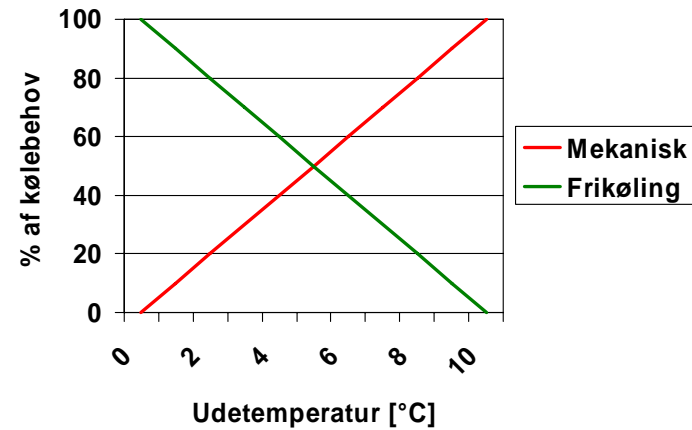
Frikøling med integreret køleflade

Fordele

- Uafhængig af installationsforhold
- God udnyttelse af frikølingspotentialet

Begrænsninger

- Krav om frostsikring
- Omkostninger til ekstra frikøleareal
- Øget lydtryk



Besparelseksempler med frikøling

Frikølingsprincip: Termosifon
Anlægstype compFORT ALK 4107

Køleeffekt ved 16/10°C vand 150 kW
Frikøling mulig ved udetemperaturen 5 °C

Antal timer pr år (opgjort iht DRY data)

Tør temperatur < 5°C 3.331 timer/år

Frikøleydelse leveret

Baseret på tør temperatur 499.650 kWh

COP for mekanisk køling 5 -

Energibesparelse ved CO2 termosifon

Baseret på tør temperatur 99.930 kWh/ el

Værdi af frikøling

Elpris inkl afgifter og transmission 0,8 kr/kWh
Besparelse 79.944 kr/år

Frikølingsprincip: Integreret
Anlægstype compFORT ALK 4107

Køleeffekt ved 16/10°C vand 150 kW
Frikøling mulig ved udetemperaturen 10 °C
100 % frikøling mulig ved 0 °C

Antal timer pr år (opgjort iht DRY data)

Tør temperatur < 10°C 5.120 timer/år

Frikøleydelse leveret

Baseret på tør temperatur 463.350 kWh

COP for mekanisk køling 5 -

Energibesparelse ved integreret frikøling

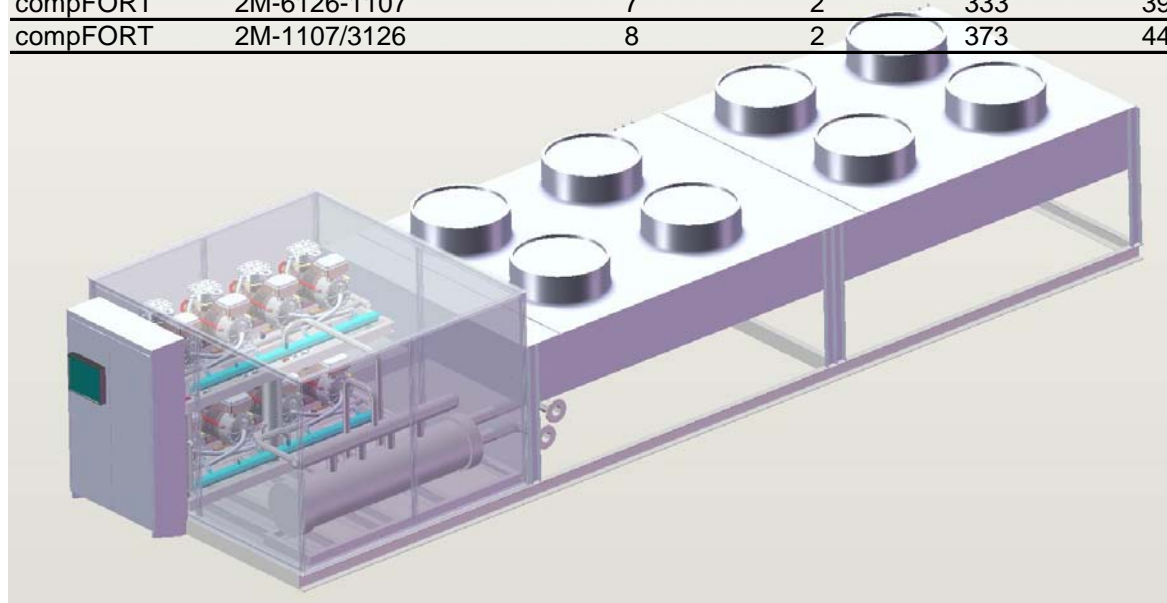
Baseret på tør temperatur 92.670 kWh/ el

Værdi af frikøling

Elpris inkl afgifter og transmission 0,8 kr/kWh
Besparelse 74.136 kr/år

Produktprogram: compFORT CO₂ chillere

Produkt	Model	Antal kompressorer	Antal moduler	Nominel køleydelse kW	Nominel køleydelse kW	Nominel køleydelse kW
compFORT	3-88	3	1	102	121	55
compFORT	3-107	3	1	124	148	66
compFORT	1M-1107/2126	3	1	131	156	70
compFORT	4-107	4	1	165	196	88
compFORT	1M-1107/3126	4	1	187	223	99
compFORT	6-107	6	2	247	295	132
compFORT	2M-5126-1107	6	2	270	337	155
compFORT	2M-1107/2126 - 4107	7	2	296	353	161
compFORT	2M-6126-1107	7	2	333	393	181
compFORT	2M-1107/3126	8	2	373	446	200



Gode grunde til at vælge compFORT med CO2

- Ugiftigt kølemiddel
- Ubrændbart kølemiddel
- Ingen drivhuseffekt, GWP=1
- Ingen krav til zoneklassificering ved opstilling
- Kompakt modulopbygning kan samles på stedet
- Lavt støjniveau
- Opstilling under terræn uden problemer
- Nemt at installere – kræver kun B certifikat
- Nemt at servicere = lave serviceomkostninger
- Fremtidens mest sikre løsning

Konklusion

- **Sikre naturlige alternativer til HFC chillere er klar**
- **Markedet går 2 veje**
 - multiple små enkelt kredse, højt energiforbrug, totalt samme HFC mængde installeret (var det intentionen?)
 - naturlige kølemidler – højere investering, lavere driftsomkostning
- **CO₂ er et sikkert og fremtidssikret kølemiddelvalg**
- **Energiforbruget er ikke højere end for andre luftkølede chillere**
- **CO₂ er velegnet til selvcirkulerende frikøling**