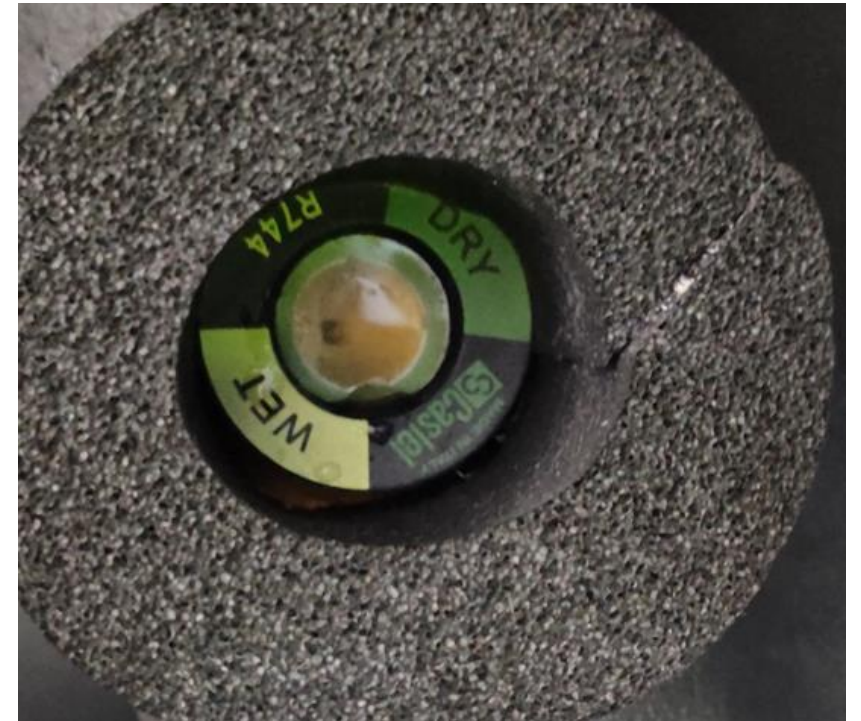


Eksploatacja instalacji chłodniczych. Część 9

Dwutlenek węgla R744. Wstęp, zespół sprężarkowy na R744.

mgr inż. Grzegorz Toczek






Refrigerant	ODP	GWP
R134a	0	1430
R404a	0	3922
R744 (CO ₂)	0	1
R717 (NH ₃)	0	0



DWUTLENEK WĘGLA - CO₂

Dwutlenek węgla, ditlenek węgla czy CO₂ jest nieorganicznym związkiem chemicznym węgla z tlenem. W przyrodzie powstaje podczas procesów spalania i utleniania. Występuje w powietrzu na poziomie 415 ppm (części na milion, dane z 2019 r.). Ten niewielki poziom dwutlenku węgla gwarantuje, że ziemia może utrzymać swoją zawartość ciepła jednak ustalenie akceptowalnego jego poziomu i określenie środków, które należy podjąć w celu ograniczenia stężenia dwutlenku węgla, to trwająca obecnie zażyła debata dotycząca zmian klimatycznych.

POZIOMY STĘŻEŃ DWUTLENKU WĘGLA W POWIETRZU

Poziomy stężenie CO2			
Poziom w [ppm]	Ikona	Jakość	Wpływ na samopoczucie
Poniżej 500		doskonała	Poziom komfortu dla 80% użytkowników
Od 500 do 600		dobra	Dopuszczalne stężenie dla pracy biurowej
Od 600 do 1000		akceptowalna	Maksymalne stężenie zalecane przez ASHRAE
Od 1000 do 5000		zła	Nasilające się uczucie zmęczenia , senność, dyskomfort
Powyżej 5000		Szkodliwa dla zdrowia	

OZNACZENIE JAKOŚCI – KLASA CZYSTOŚCI GAZÓW, W TYM CO₂

Jakość gazu wyznacza liczba dziesiątek w nazwie. Liczby występujące po nazwie gazu np: dwutlenek węgla 2.5 oznaczają jego jakość, gdzie pierwsza cyfra wskazuje liczbę dziesiątek a po kropce – ostatnią cyfrę w jakości czyli klasa 2.5 ma czystość 99,5% CO₂. Dwutlenek węgla w klasie 4.0 ma czystość 99,99%.

Oznaczenie Marketingowe	Przybliżona Czystość
Techniczny / Industrial (Klasa 3.5)	99,95%
Spożywczy / Food Grade (Klasa 4.5)	99,995%
Wysoka Czystość (Klasa 4.8)	99,998%
Laboratoryjny / Analytical (Klasa 5.0)	99,999%
Medyczny / Medical Grade	≥ 99,995%

ZANIECZYSZCZENIA W DWUTLENKU WĘGLA

Grupa Zanieczyszczeń	Przykłady	Skutki i Zagrożenia
Gazowe	Tlenek węgla (CO)	Toksyczność , zagrożenie dla życia i zdrowia.
	Siarkowodór (H ₂ S), SO ₂	Nieprzyjemny zapach i smak , psucie produktów.
	Węglowodory (benzen, metan)	Toksyczność (benzen) , zagrożenie wybuchowe , zły smak.
	Tlen (O ₂), Azot (N ₂)	Utlenianie produktów , obniżanie czystości.
Ciekłe/Stałe	Woda (H ₂ O)	Korozja , rozwój mikroorganizmów, zamrażanie dysz.
	Oleje i smary	Zatykanie instalacji , wady spoiny, niezgodność z normami żywności.
	Cząstki stałe (pył, rdza)	Abrazja i uszkodzenia armatury , zanieczyszczenie produktu.

Ceny netto R744	za kg	28.08.2025
klasa 2.8	6	
klasa 4.0	15	
klasa 4.5	80	

ZAWARTOŚĆ WODY W DWUTLENKU WĘGLA R744

	zawartość wilgoci	wilgoć	CO2	1kg R744
R744	ppm	%	%	zawiera H2O [g]
99,9	20	0,00200%	99,90	2
99,99	1	0,00010%	99,99	0,1

Zdolność odwodnienia czynnika jest podana dla następujących warunków:

R22 od 1050 ppm W do 60ppm W zgodnie z ARI 710-86

R134a Od 1050 ppm W do 75 ppmW zgodnie z ARI 710-86. Jeżeli wymagane jności o 15%

R404A, R407C i R507 Od 1020 ppm w do 30 ppm W

R410C Od 1050 ppm W do 60 ppm W

1g H2O = 20 water drops

DWUTLENEK WĘGLA W CHŁODNICTWIE

Oznaczenie czynnika chłodniczego R744. Dwutlenek węgla przechowywany pod ciśnieniem w butli zachowuje płynną postać jak i gazową.

Gdy dwutlenek węgla wydostaje się z butli w postaci cieczy, natychmiast zamienia się w śnieg CO₂ tzw. suchy lód. Zdolność tę można wykorzystać do zamrażania szokowego oraz chłodzenia artykułów spożywczych, kontrolowanego chłodzenia procesów chemicznych czy przy produkcji leków.

Suchy lód sublimując wraca do swojego naturalnego środowiska – powietrza, nie pozostawiając żadnych śladów.



13.11.2025r.



Eksploatacja instalacji chłodniczych. cz.9., mgr inż. G. Toczek



8

Instrukcja użytkowania

IDENTYFIKACJA SUBSTANCJI NIEBEZPIECZNEJ

Dwutlenek węgla (ciekły) • CO₂ • R744

ZAGROŻENIA DLA CZŁOWIEKA I ŚRODOWISKA



Kontakt z produktem może prowadzić do zimnych oparzeń lub odmrożeń.

- Gaz/opary są cięższe od powietrza.
- Symptomy niedoboru tlenu aż do uduszenia przy stężeniu powyżej 8% objętości.
- Wysokie stężenie może gromadzić się w zamkniętych pomieszczeniach, zagłębieniach roboczych, piwnicach itp. i może prowadzić do uduszenia. Symptomy: utrata zdolności ruchu i świadomości. Ofiara nie odczuwa uduszenia.
- Uniemożliwić gromadzenie się w kanalizacji, piwnicach oraz innych miejscach, gdzie stwarzałoby to zagrożenie.



DZIAŁANIA OCHRONNE I ZASADY POSTĘPOWANIA



- **Magazynowanie:** przechowywać w chłodnym, suchym miejscu, zapewniając dobrą wentylację. Max. temperatura przechowywania: 50 °C. Zabezpieczyć pojemniki przed działaniem mechanicznym i wywróceniem (przymocować łańcuchem!).
- **Postępowanie:** unikać kontaktu z oczami i skórą. Nie wdychać gazu. Uniemożliwić dostanie się wody do pojemników/zbiorników z gazem. Unikać strumienia wstecznego w pojemnikach z gazem. Stosować tylko sprzęt odpowiadający przewidywanemu ciśnieniu i temperaturze. Sprawdzić szczelność armatury, przyłączy i przewodów. Spożywanie napojów, posiłków oraz przechowywanie produktów spożywczych w pomieszczeniu roboczym jest zabronione.



- **Ochrona dróg oddechowych:** przy uwolnieniu gazu założyć maskę ochronną.
- **Ochrona oczu:** szczelne okulary ochronne.
- **Ochrona rąk:** rękawice ochronne (materiał: skóra).
- **Ochrona ciała:** odzież ochronna.

POSTĘPOWANIE W PRZYPADKU ZAGROŻENIA TELEFON ALARMOWY: 112

- **Uwolnienie gazu:** uniemożliwić dostęp osób bez odzieży ochronnej. Zapewnić dobrą wentylację. Stosować sprzęt ochronny i maskę izolacyjną. Odciąć zawory/ powstrzymać uwalnianie się gazu. Uniemożliwić dostawanie się do piwnic, zagłębień roboczych itp. (niebezpieczeństwo uduszenia!).
- **Pożar:** stosować sprzęt ochronny i maskę izolacyjną. Jeżeli możliwe i bezpieczne, powstrzymać uwalnianie się gazu. Pojemniki i butle schłodzić z bezpiecznego miejsca lekkim strumieniem wody i jeżeli możliwe, usunąć ze strefy pożaru, ponieważ istnieje ryzyko pęknięcia! Produkt sam jest niepalny.
- **Środki gaśnicze:** Zastosowanie znajdują wszystkie dostępne środki.

PIERWSZA POMOC

TELEFON ALARMOWY: 112



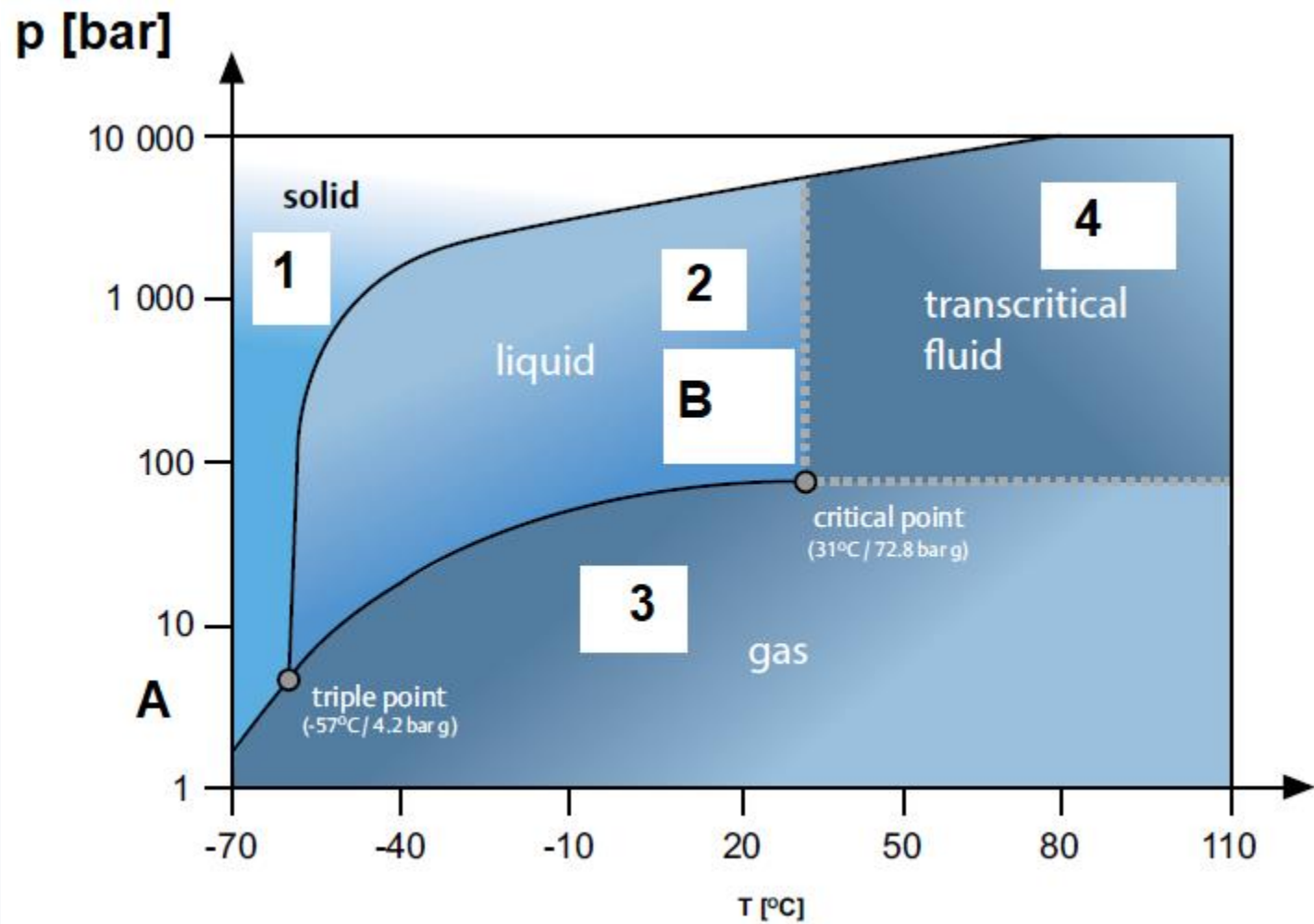
- **Kontakt ze skórą:** nie pocierać miejsc kontaktu. Przynajmniej 15 minut przemywać bieżącą wodą. Odmrożenia zabezpieczyć sterylną gazą. Wezwać lekarza.
- **Kontakt z oczami:** przemywać otwarte powieki przynajmniej 15 minut bieżącą wodą. Zabezpieczyć sterylnie. Natychmiast wezwać lekarza.
- **Wdychanie:** poluzować wszystkie obcisłe części odzieży. Osobę poszkodowaną wyprowadzić na świeże powietrze zakładając maskę izolacyjną. Zapewnić ciepło i spokój. Ewentualnie zastosować sztuczne oddychanie. Wezwać lekarza.

PRAWIDŁOWE POSTĘPOWANIE Z ODPADAMI

- Skonsultować się z dostawcą lub kompetentną firmą.
- Stosować się do lokalnych przepisów. Identyfikator odpadu zgodnie z AVV – 16 05 05 (gaz w pojemnikach pod ciśnieniem).
- Niezszkodliwy dla wody.

Właściwości fizyczne

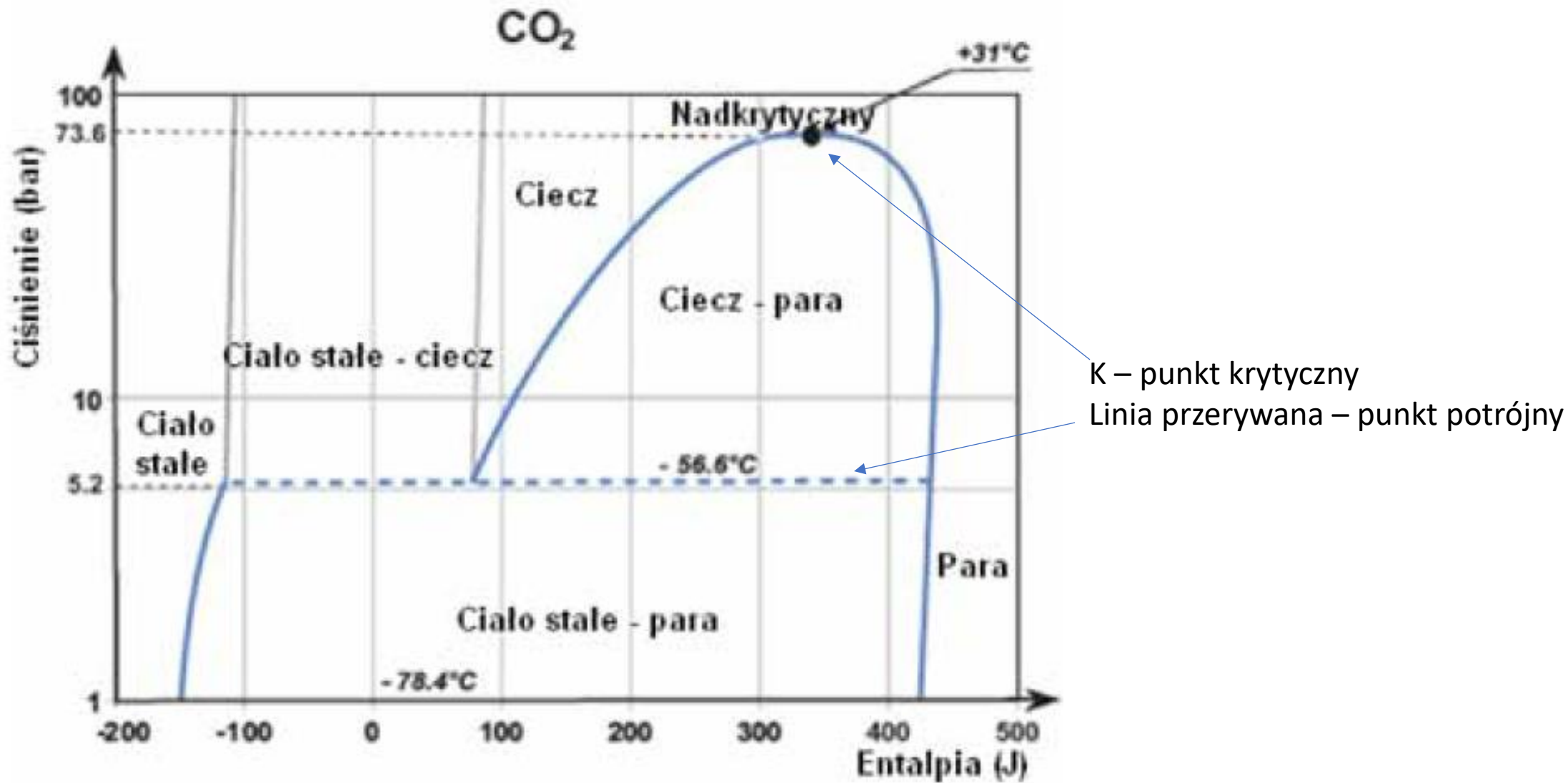
- Dwutlenek węgla jest pod ciśnieniem atmosferycznym poniżej $-78,5\text{ °C}$ jest ciałem stałym, zwanym suchym lodem. Ogrzewany, nie topi się, ale ulega sublimacji, przechodząc bezpośrednio w stan gazowy. W tych warunkach nie ma zatem topnienia ani temperatury wrzenia.
- Punkt potrójny dwutlenku węgla, w którym trzy fazy: stała, ciekła i gazowa są w równowadze termodynamicznej, jest w temperaturze $-56,6\text{ °C}$ ($216,58\text{ K}$) i ciśnieniu $5,19\text{ bar}$. Poniżej tego ciśnienia dwutlenek węgla nie występuje jako ciecz
- Temperatura krytyczna wynosi $31,0\text{ °C}$, ciśnienie krytyczne wynosi $73,8\text{ bar}$, a gęstość krytyczna wynosi $0,468\text{ g/cm}^3$. Poniżej temperatury krytycznej można skompresować dwutlenek węgla, zwiększając ciśnienie do bezbarwnej cieczy. W temperaturze pokojowej wymagane jest ciśnienie ok. 60 bar .

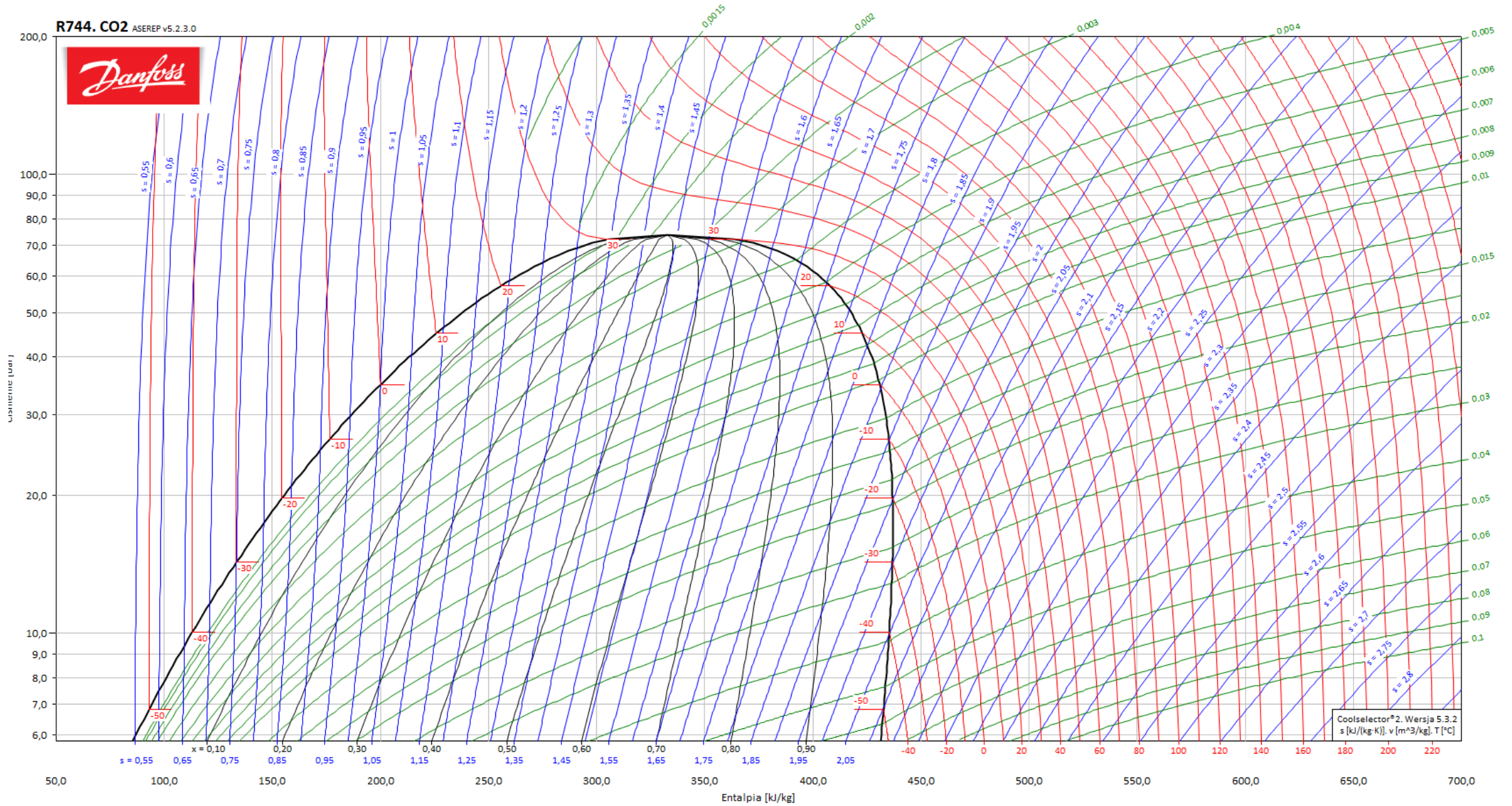


Wykres fazowy dwutlenku węgla. 1: ciało stałe 2: ciecz 3: gaz 4: płyn nadkrytyczny A: punkt potrójny B: punkt krytyczny

Table 2. Basic properties of R744 compared with other refrigerants

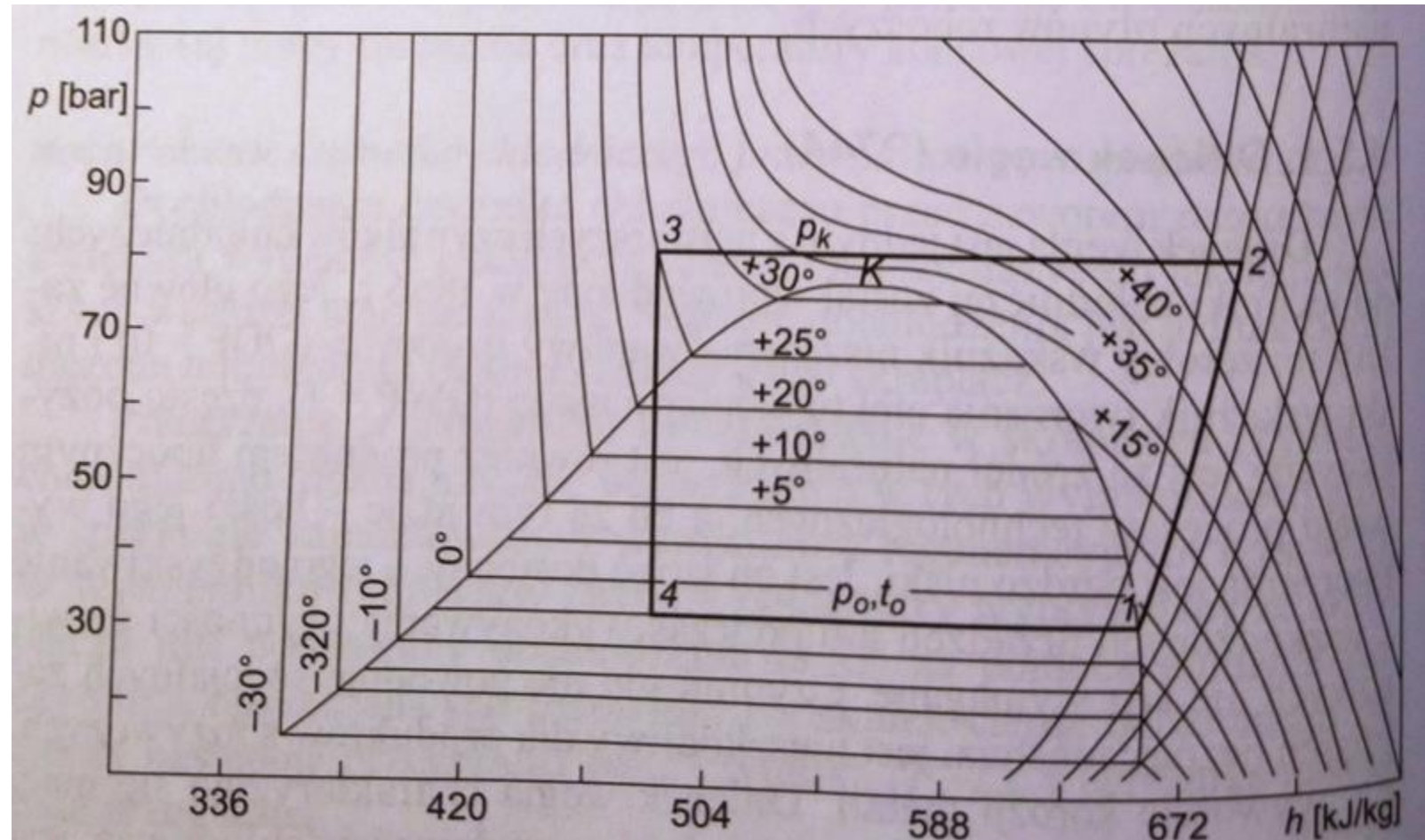
Refrigerant		HFC	HFC	HFC	HFC	HCFC	HFO
	R744	R404A	R134a	R407A	R407F	R22	R1234yf
Temperature at atmospheric pressure (see information above)	-78.5°C (Temp. of the dry ice)	-46°C (Saturation temp.)	-26°C (Saturation temp.)	-41°C (Mid point saturation temp.)	-43°C (Mid point saturation temp.)	-41°C Saturation (temp.)	-30°C Saturation (temp.)
Critical temperature	31°C	72°C	101°C	82°C	83°C	96°C	95°C
Critical pressure	73.8 bar g	35.7 bar g	41.7 bar g	45.2 bar g	47.5 bar g	49.8 bar g	33.8 bar g
Triple-point pressure	5.2 bar	0.03 bar	0.005 bar	0.013 bar	TBC	< 0.005 bar	tbc
Pressure at a saturated temperature of 20°C	57.2 bar g	10.9 bar g	5.7 bar g	10.2 bar g	10.6 bar g	9.1 bar g	5.9 bar g
Global warming potential	1 ¹	3922 ¹	1430 ¹	1990 ²	1824 ³	1700	4





Coolselector® 2. Wersja 5.3.2
s [kJ/(kg·K)], v [m³/kg], T [°C]

- Przebieg izoterm dwutlenku węgla w obszarze ciecży wskazuje, iż w miarę podnoszenia ciśnienia tłoczenia w obszarze nadkrytycznym krzywe ta ma przebieg stromy. Oznacza to, że wzrost jednostkowej wydajności chłodniczej w stosunku do pracy sprężania jest niewielki, co skutkuje niską efektywnością energetyczną.
- Obiegi nadkrytyczne charakteryzują się bardzo dużymi stratami dławienia ponieważ różnice ciśnień między wlotem a wylotem z zaworu rozprężnego są bardzo duże co powoduje, iż pod względem energetycznym obiegi te nie wypadają najlepiej.



RODZAJE SUCHEGO LODU (CO₂, R744)



Granulat 3mm

z wyglądu przypomina małe sople. Charakteryzuje się zmienną długością oraz średnicą 3mm. Twarde granulki cechują się zwiększoną gęstością, w związku z czym doskonale nadają się do czyszczenia suchym lodem



Granulat 16mm

z wyglądu przypomina duże sople. Charakteryzuje się zmienną długością oraz średnicą 16 mm. Granulat standardowy – dostarczany w izotermicznych kontenerach o ładowności: 120 kg, 200 kg, 400 kg oraz 520 kg



Bloki suchego lodu

bloki z racji swojej zbitej struktury są najbardziej trwałą formą suchego lodu. Dostarczane są w różnych rozmiarach (dł. x szer. x wys.) w zależności od życzenia klienta i pakowane luzem do kontenerów izotermicznych.



Plastry suchego lodu

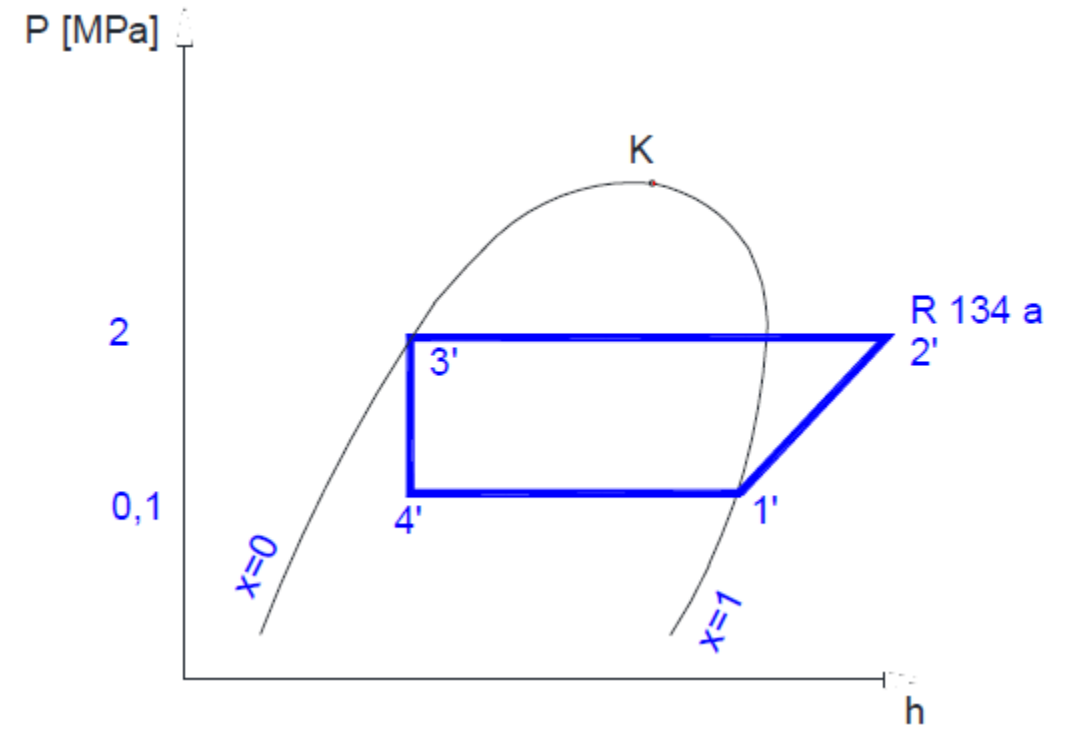
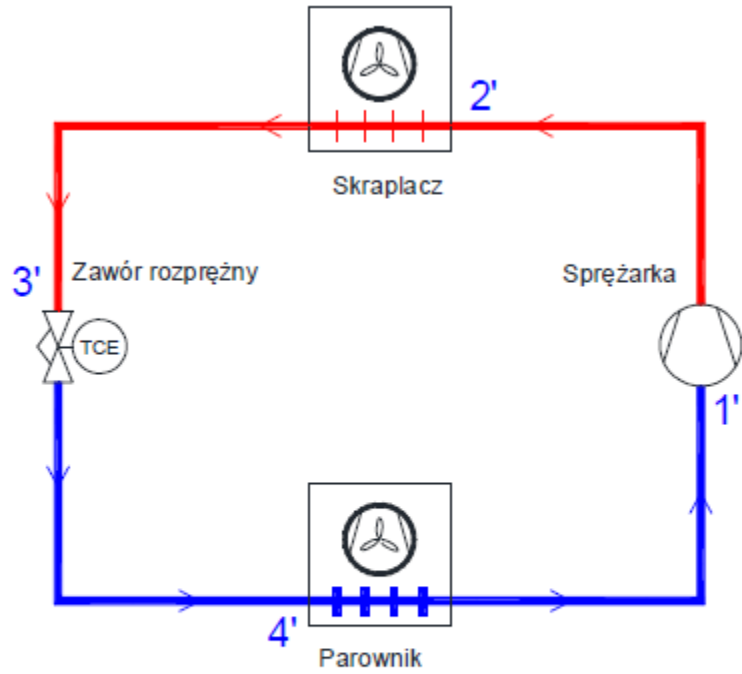
plastry suchego lodu są najczęściej wykorzystywane są w przemyśle spożywczym. Dzięki swojej zbitej strukturze oraz praktycznemu opakowaniu z folii PE są znacznie bezpieczniejsze dla użytkownika końcowego.

Przykład suchego lodu w instalacji chłodniczej

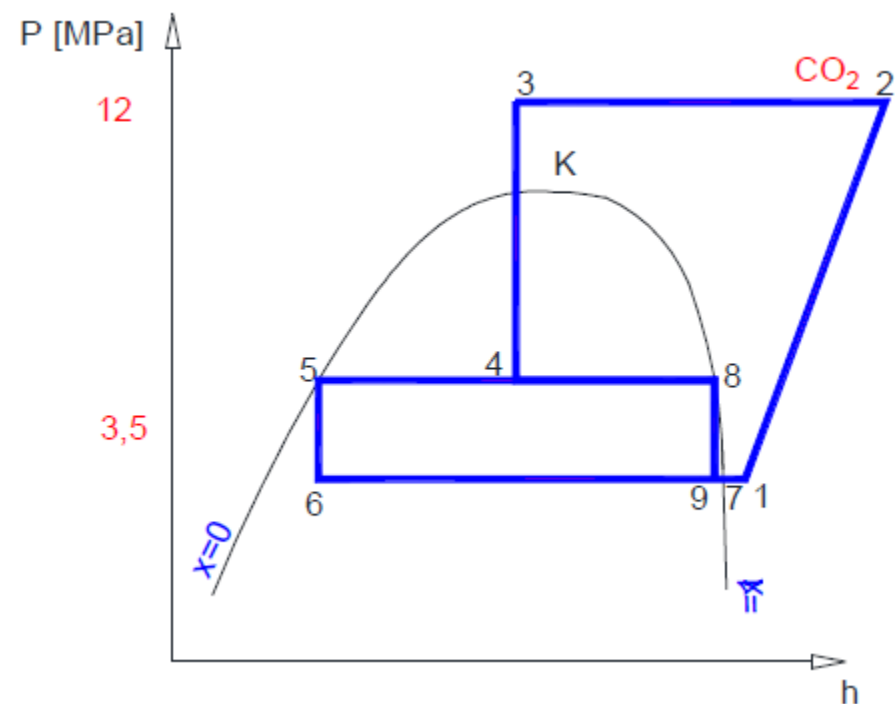
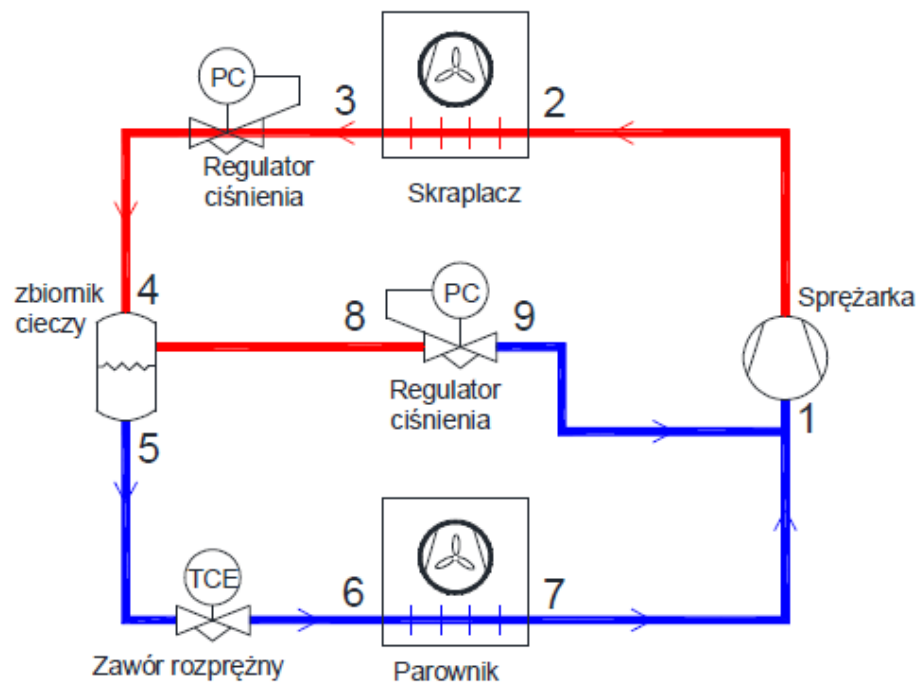


Figure 29. Example of dry ice formation in a drier

RODZAJE I PORÓWNANIE INSTALACJI NA R744

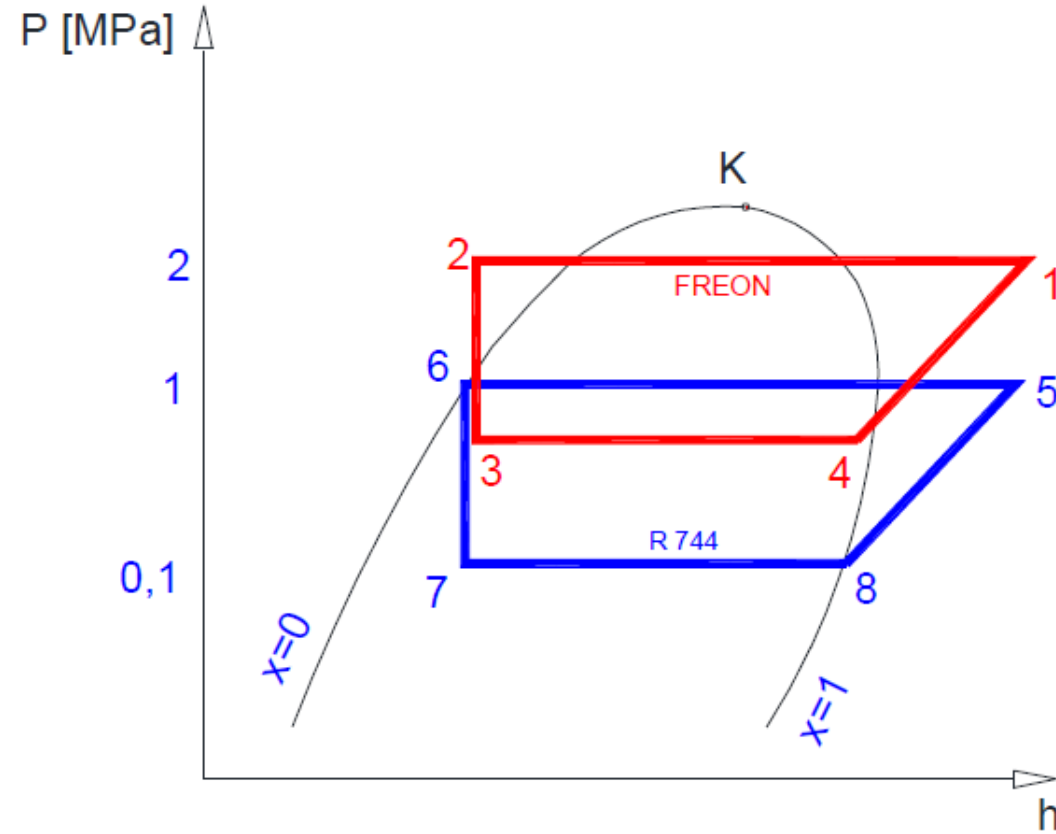
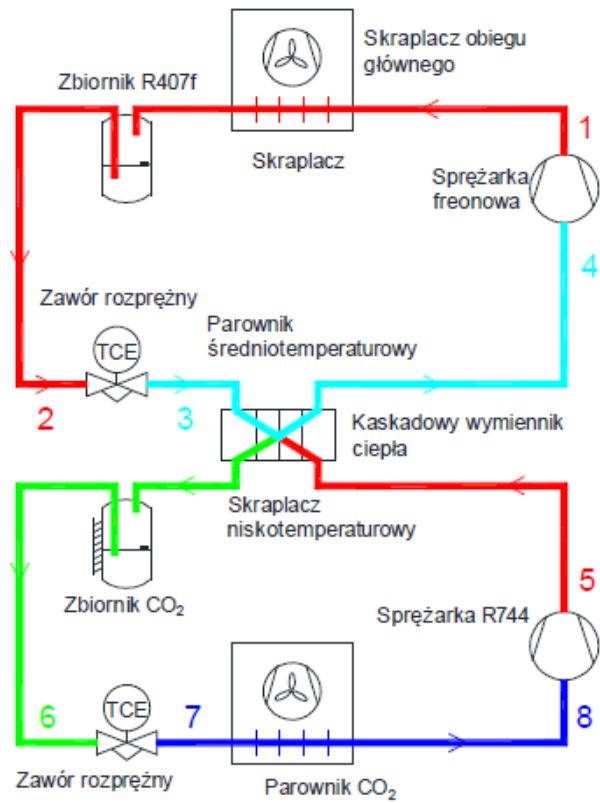


Układ chłodniczy freonowy jednostopniowy



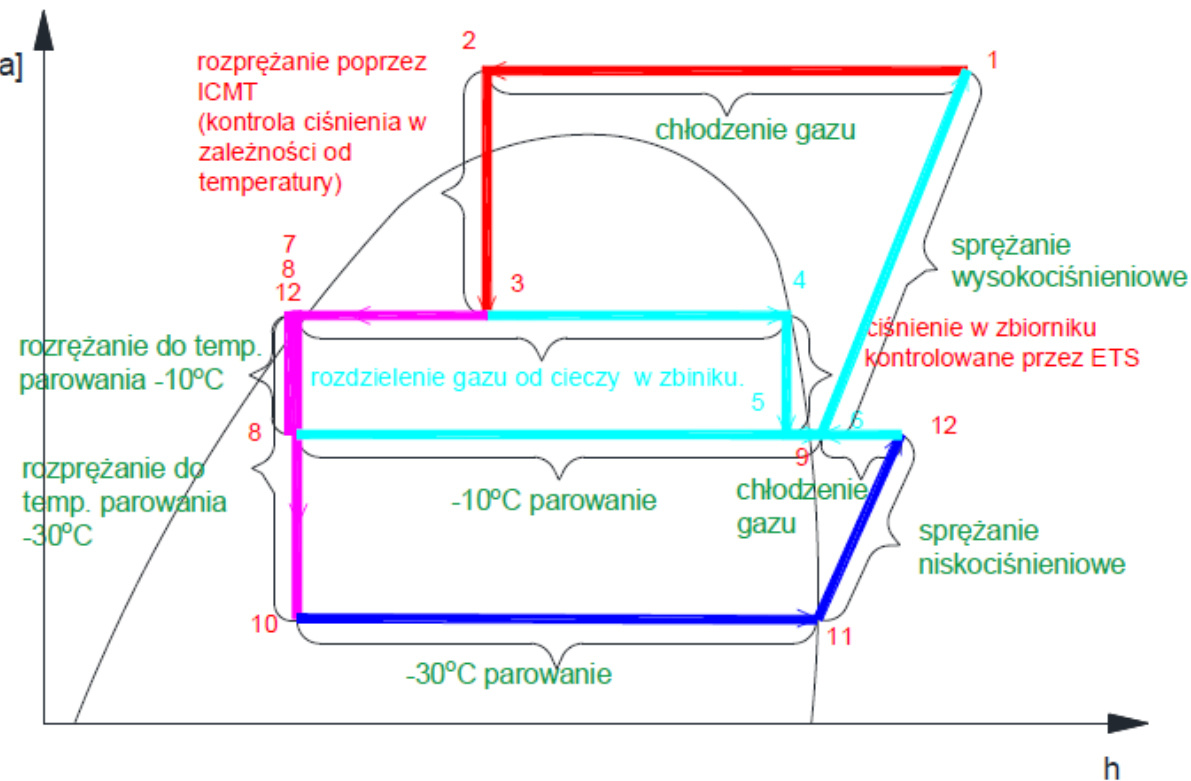
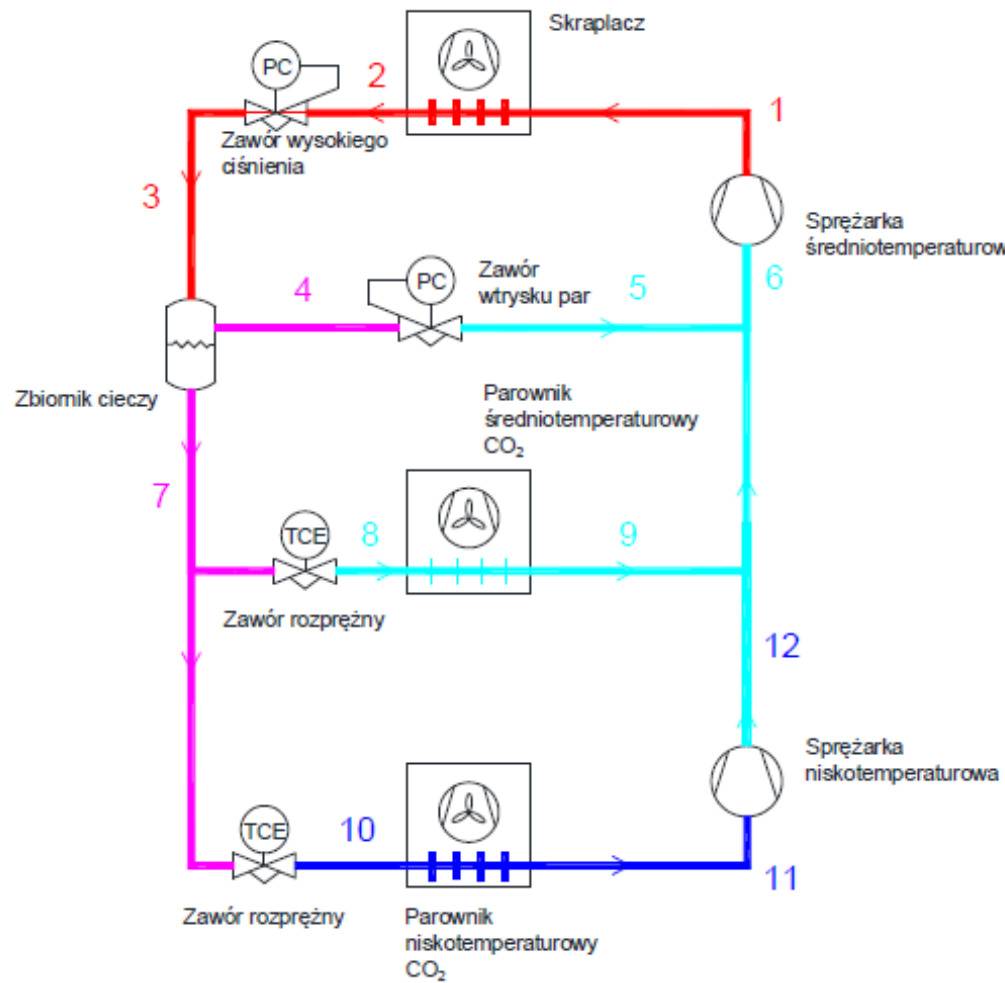
Układ chłodniczy transkrytyczny na R744

System	Zalety	Wady
Transkrytyczny	<ul style="list-style-type: none"> - Jeden czynnik chłodniczy - Lepsza wydajność niż tradycyjnych systemów freonowych - w klimacie umiarkowanym i zimnym. 	<ul style="list-style-type: none"> - Stosowanie systemów niskotemperaturowych wymaga zastosowania systemu BOOSTER - Wysokie ciśnienie pracy, - wysoki koszt inwestycyjny, - Mniejsza wydajność układu R744 w strefach ciepłego klimatu.



Układ chłodniczy kaskadowy

System	Zalety	Wady
Kaskadowy	<ul style="list-style-type: none"> - Zbudowany z dwóch prostych systemów - Standardowe podzespoły zarówno dla części nisko jak i średnotemperaturowej, - Lepsza wydajność w strefie umiarkowanego klimatu. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dwa czynniki chłodnicze, - Błędy – awarie w układzie średnotemperaturowym wpływają na działanie układu niskotemperaturowego.



Układ chłodniczy transkrytyczny na R744

Parametry obiegu	Podkrytyczny	Transkrytyczny
Strona wysokiego ciśnienia – wymiennik oddający ciepło	Skraplacz – para przegrzana sucha (gaz) skrapla się przy stałym ciśnieniu	Gas cooler – R744 jest schładzany w zmiennym zakresie temperatur
Ciśnienie tłoczenia	HFCs: od 10 – 40 bar	od 90 – 130 bar
Ciśnienie ssania	HFCs: od 2– 9 bar	od 25– 50 bar – zależnie od zastosowania
Temperatura tłoczenia czynnika	Zazwyczaj mniej niż 95°C – zależne od rodzaju czynnika chłodniczego	Do 140°C
Rola elementu rozprężnego	Kontrola przegrzania w parowniku	stosowane również do kontroli wysokiego ciśnienia R744 w gascoolerze i ciśnienia w ziorniku
Kontrola wysokiego ciśnienia	Ciśnienie nie kontrolowane, powiązane z temperaturą skraplania – maksymalnie 40 bar	Wymagana kontrola – do 130 bar
Stan czynnika przy postoju	Częściowo ciecz i częściowo para	Mieszania pary i cieczy przy temperaturze zewnętrznej < 31°C para powyżej 31°C ciało stałe P < 5.2 bara

Ciężnienie pośrednie	Zalety	Wady
40 bar	<ul style="list-style-type: none"> - Mniejsze niebezpieczeństwo wycieku czynnika, - W przypadku wycieku mniejsza czynnika ucieknie do atmosfery, - Podzespoły są tańsze i ogólnodostępne. 	<ul style="list-style-type: none"> - Większa możliwość rozprężania gazu w zaworach rozprężnych z powodu braku możliwości naturalnego dochłodzenia cieczy w rurach. - Ciężnienie postojowe szybko osiąga wartość powyżej nastaw zaworów bezpieczeństwa.
60 bar	<ul style="list-style-type: none"> - Ciężnienie postojowe jest poniżej nastawy zaworów bezpieczeństwa dla większości sklepów/obiektów. 	<ul style="list-style-type: none"> - W przypadku nieszczelności możliwość ucieczki większej ilości gazu - Większa możliwość nieszczelności, - Większy koszt instalacji i robocizny, - Materiały i komponenty trudniej dostępne.

Table 13. Typical R744 pressures in retail systems

	Typical operating pressure	PS	HP cut-out setting
Transcritical booster systems			
Low side, LT	13 bar g	30 bar g	27 bar g
Low side, MT / interstage pressure	25 bar g	45 bar g	40 bar g
Intermediate	35 bar g 60 bar g	45 bar g 70 bar g	40 bar g 63 bar g
High side	90 bar g when transcritical	120 bar g	108 bar g
Cascade systems			
Low side, standard PS	13 bar g (LT evaporator)	30 bar g	27 bar g
Low side, high PS	13 bar g (LT evaporator)	70 bar g	63 bar g
High side, standard PS	27 bar g	45 bar g	40 bar g
High side, high PS	27 bar g	70 bar g	63 bar g
Secondary systems			
LT	16 bar g	30 bar g	
MT	30 bar g	45 bar g	

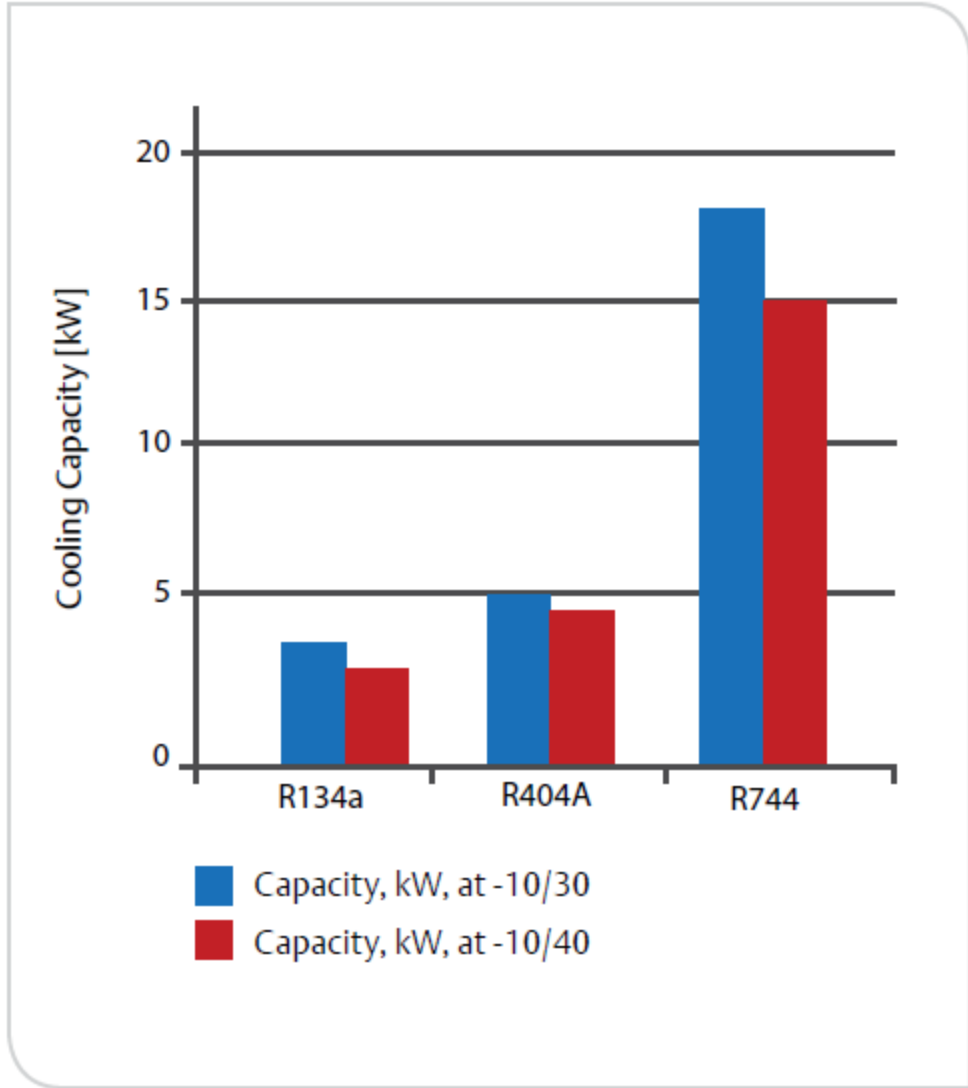


Figure 21, Comparison of HFC and R744 capacities in typical systems

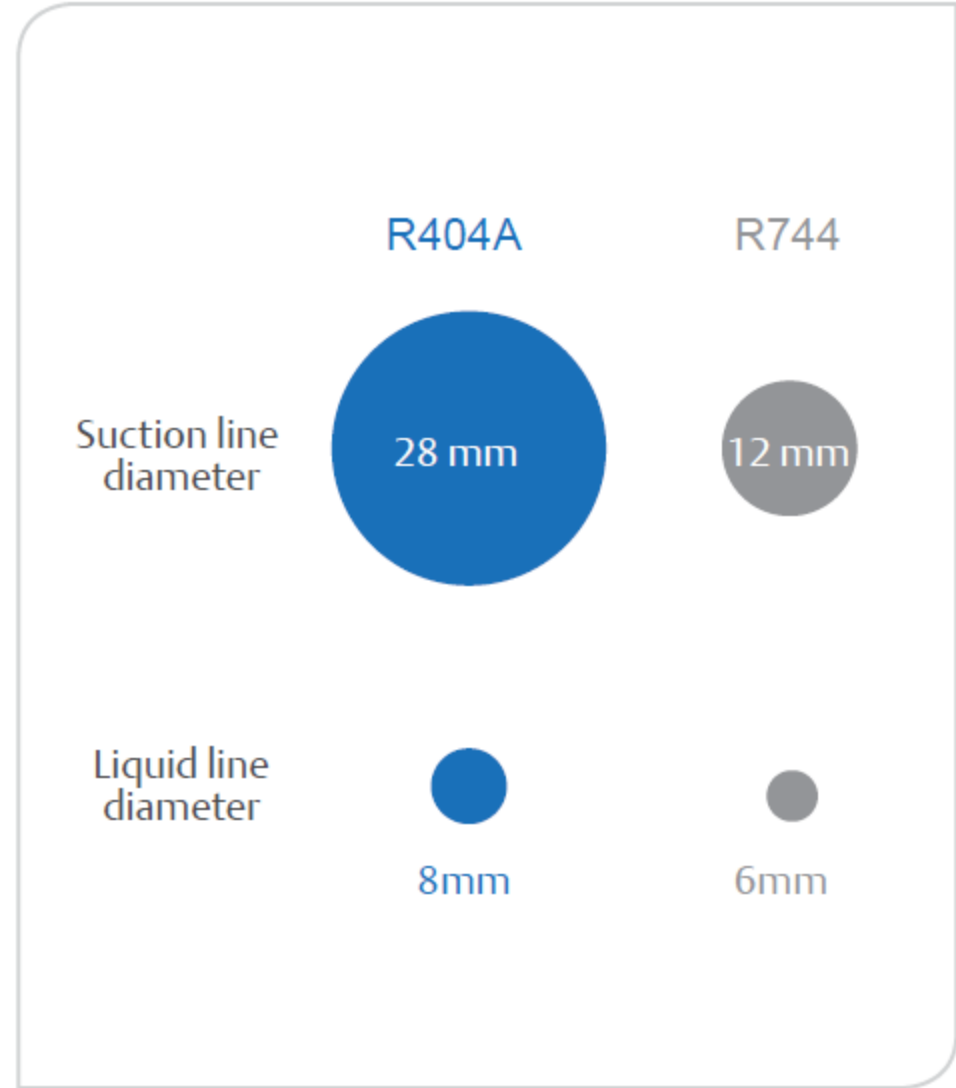


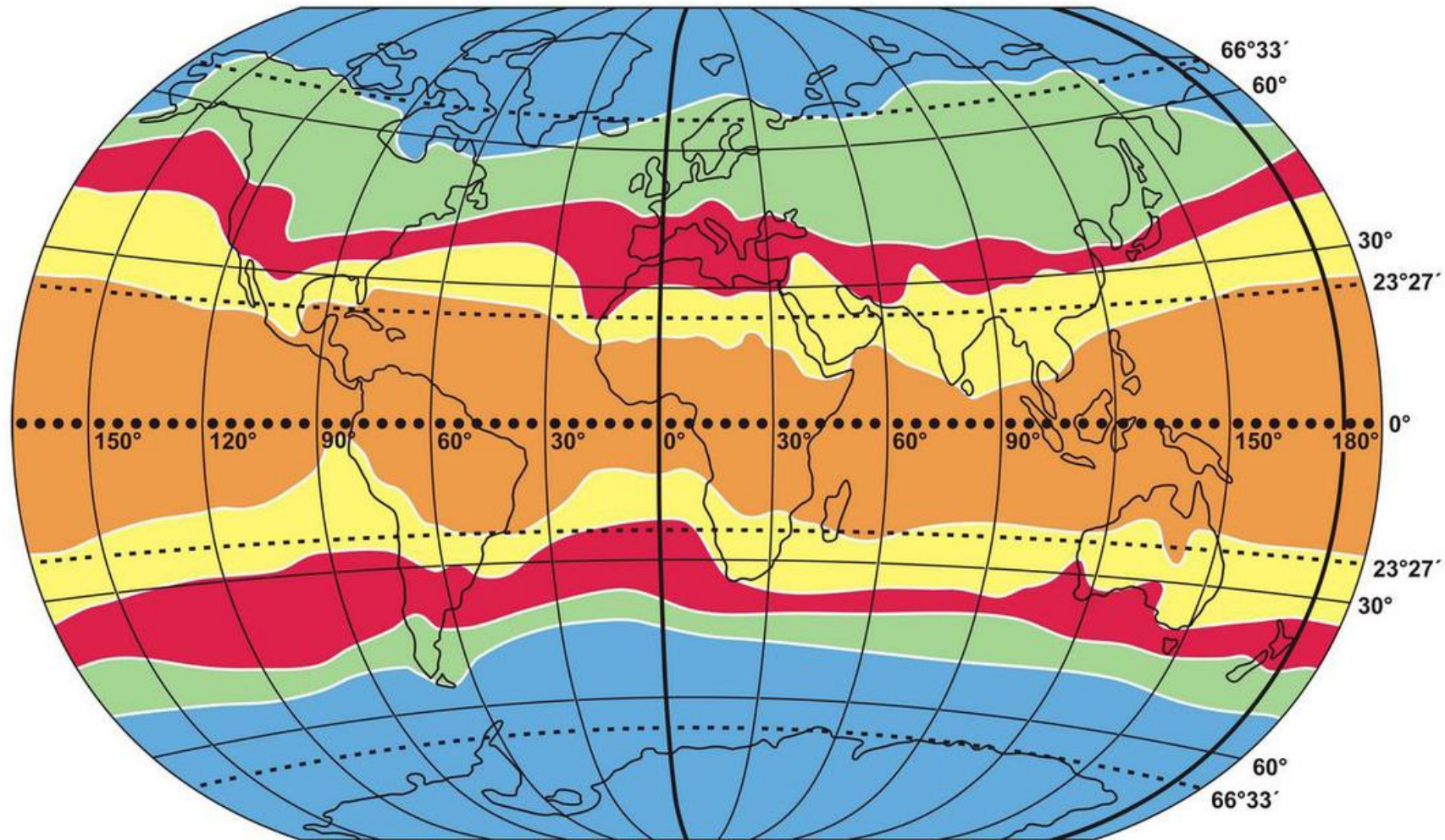
Figure 22, Comparison of pipe sizes for typical systems

STREFY KLIMATYCZNE
skala 1: 90 000 000

strefy klimatów:

- równikowych
- zwrotnikowych

- podzwrotnikowych
- umiarkowanych
- okołobiegunowych



ŚWIAT

strefy klimatyczne i typy klimatu

STREFA OKOŁOBIEGUNOWA

- klimat polarny
- klimat subpolarny

STREFA UMIARKOWANA CHŁODNA

- klimat kontynentalny
- klimat przejściowy
- klimat morski

CIEPŁA

- klimat kontynentalny
- klimat przejściowy
- klimat morski

STREFA PODZWIOTNIKOWA

- klimat suchy i skrajnie suchy
- klimat wilgotny

STREFA ZWIOTNIKOWA

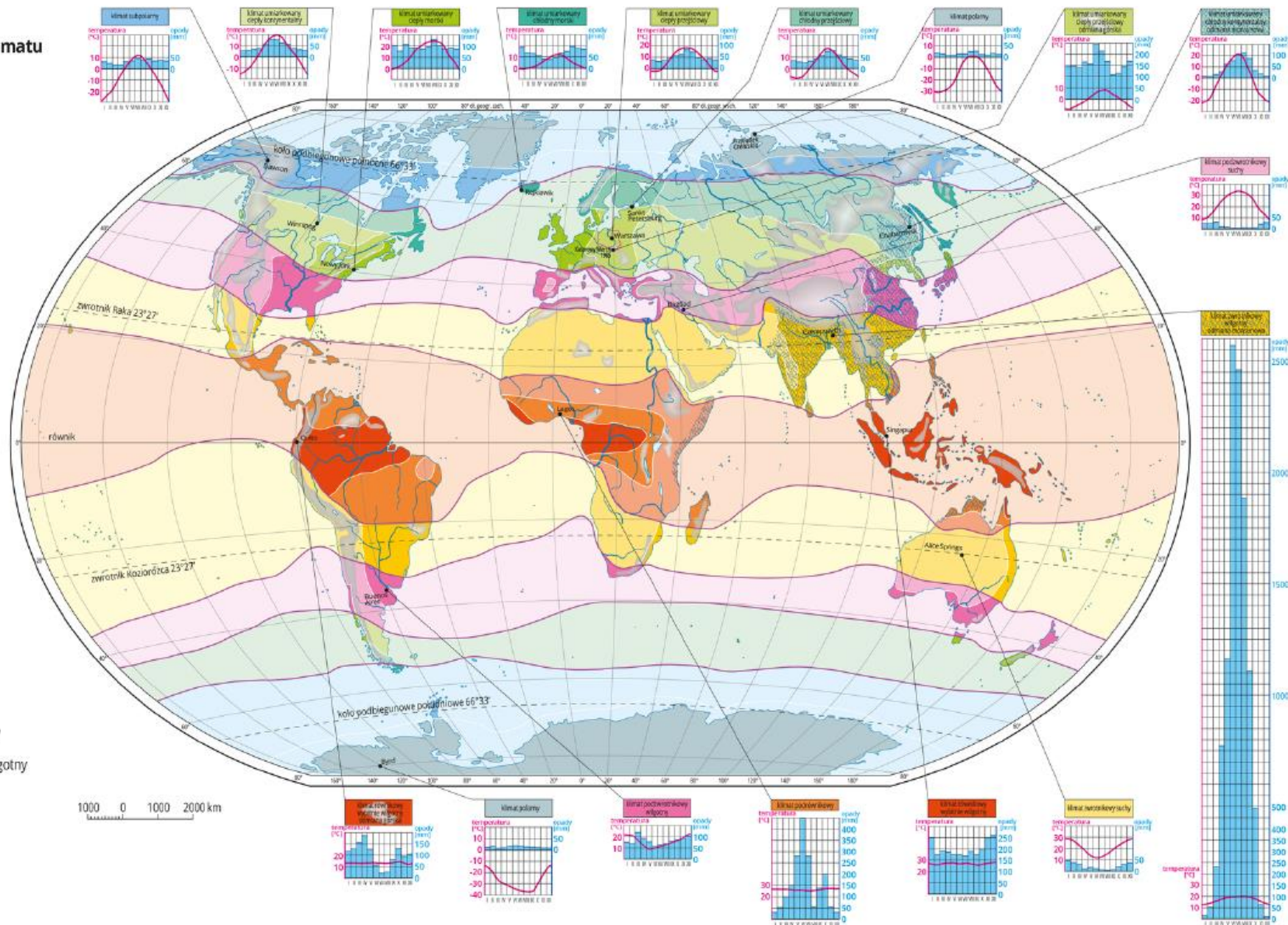
- klimat suchy i skrajnie suchy
- klimat wilgotny

STREFA RÓWNIKOWA

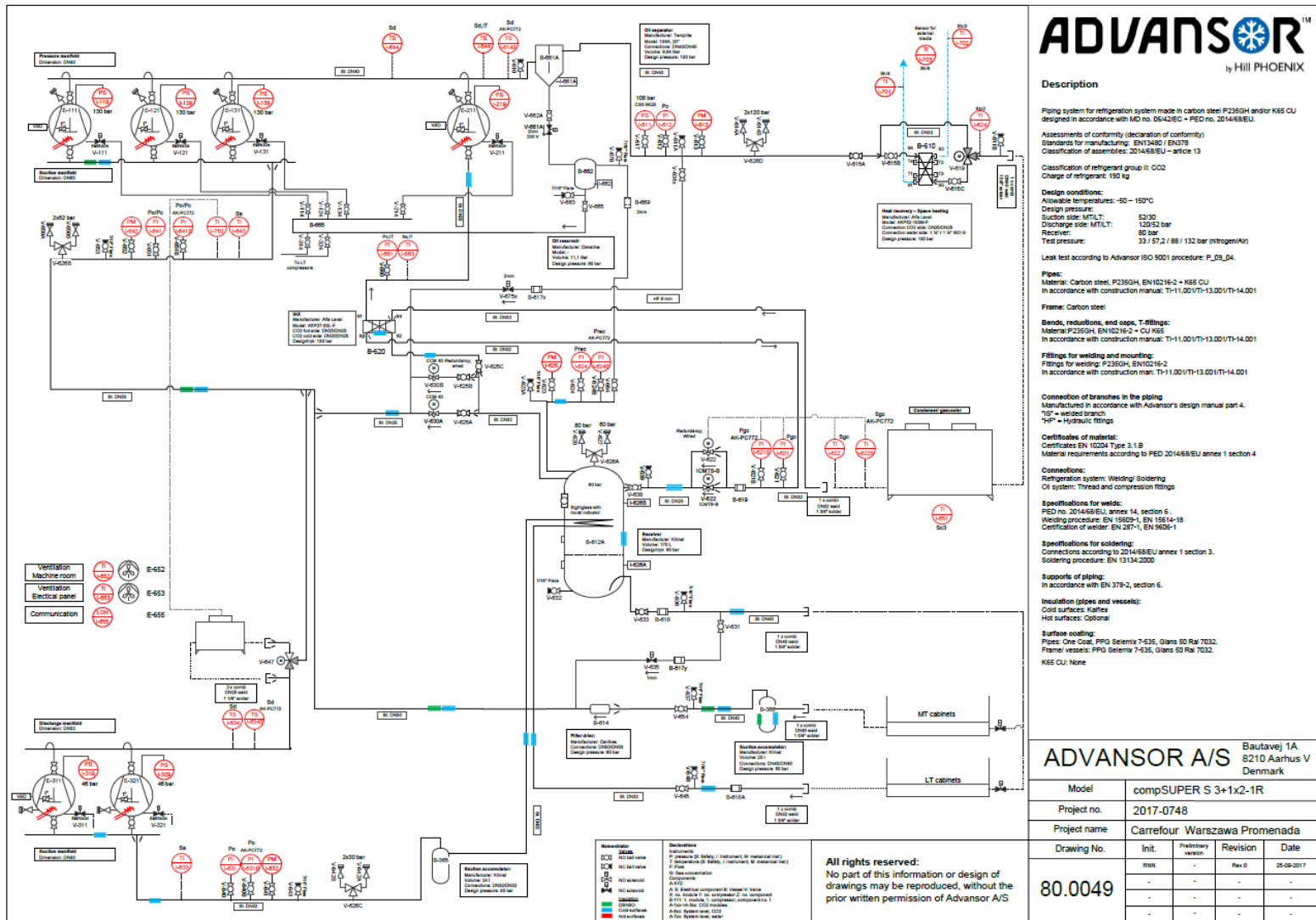
- klimat podrównikowy suchy
- klimat podrównikowy wilgotny
- klimat równikowy wybitnie wilgotny

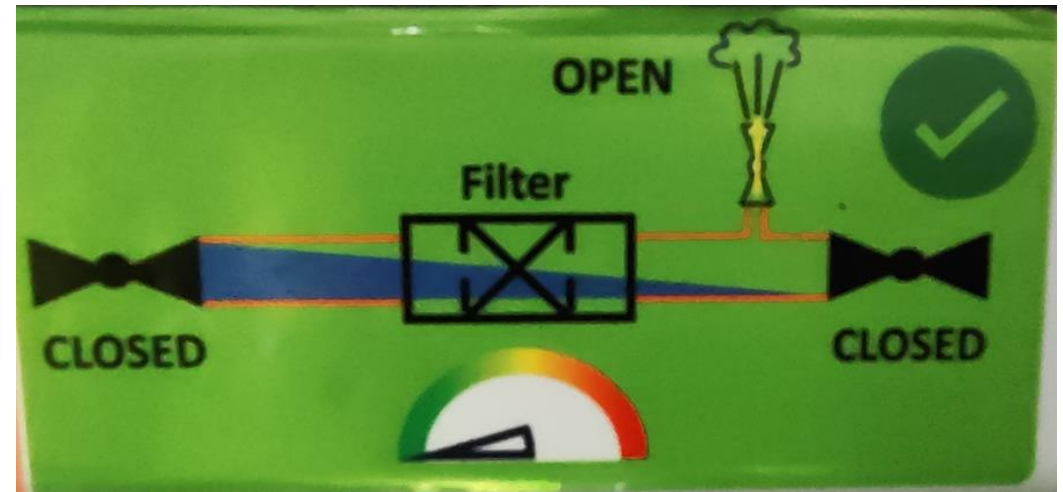
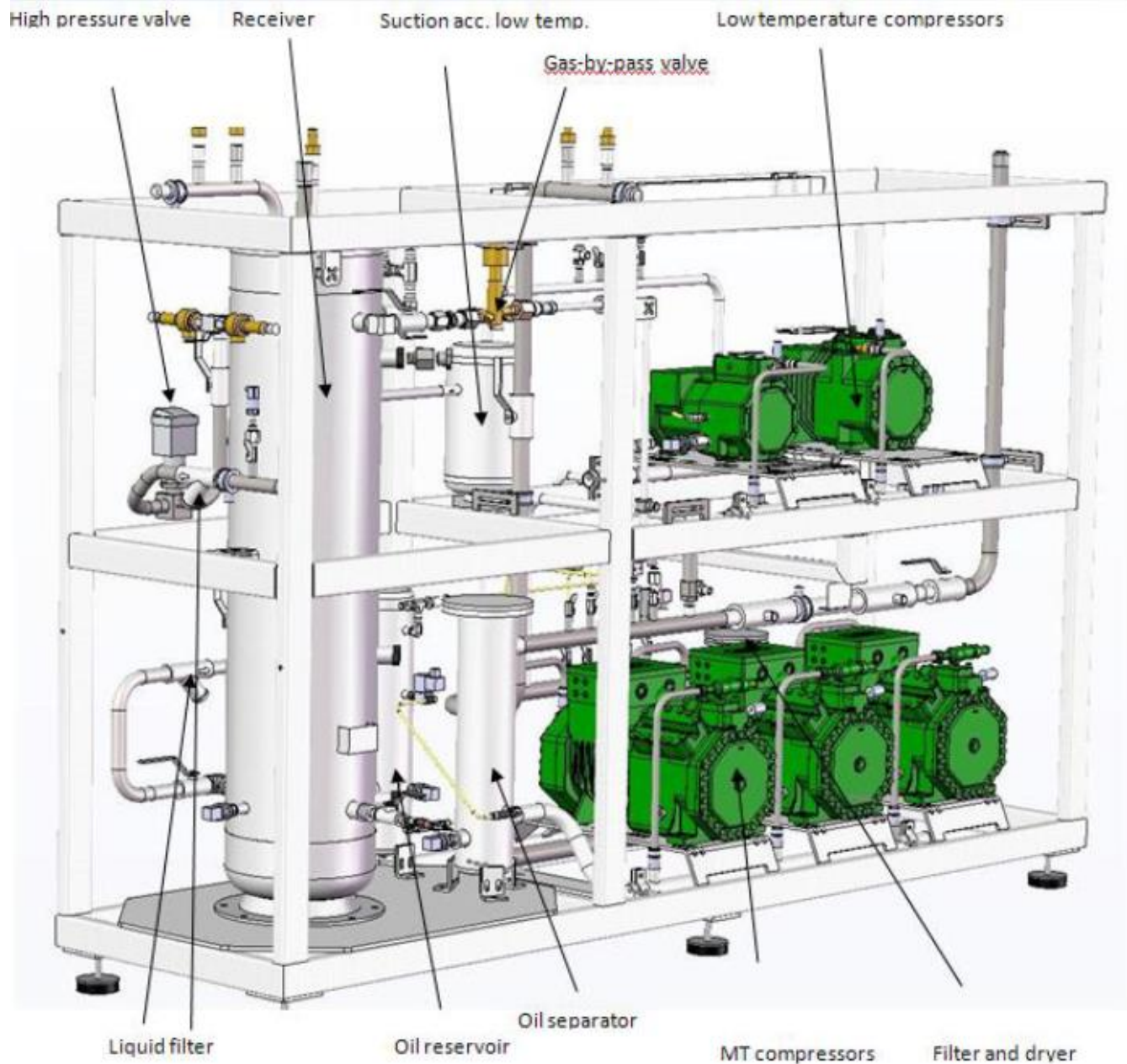
KLIMATY ASTREFOWE

- monsunowy
- górski



ZESPÓŁ SPRĘŻARKOWY NA DWUTLENEK WĘGLA





Description

Piping system for refrigeration system made in carbon steel P235GH and/or K65 CU designed in accordance with MD no. 06/42/EC + PED no. 2014/68/EU.

Assessments of conformity (declaration of conformity)

Standards for manufacturing: EN13480 / EN378

Classification of assemblies: 2014/68/EU – article 13

Classification of refrigerant group II: CO2

Charge of refrigerant: 190 kg

Design conditions:

Allowable temperatures: -50 – 150°C

Design pressure:

Suction side: MT/LT: 52/30

Discharge side: MT/LT: 120/52 bar

Receiver: 80 bar

Test pressure: 33 / 57,2 / 88 / 132 bar (nitrogen/Air)

Leak test according to Advansor ISO 9001 procedure: P_09_04.

Pipes:

Material: Carbon steel, P235GH, EN10216-2 + K65 CU

In accordance with construction manual: TI-11.001/TI-13.001/TI-14.001

Frame: Carbon steel

Bends, reductions, end caps, T-fittings:

Material: P235GH, EN10216-2 + CU K65

In accordance with construction manual: TI-11.001/TI-13.001/TI-14.001

Fittings for welding and mounting:

Fittings for welding: P235GH, EN10216-2

In accordance with construction man: TI-11.001/TI-13.001/TI-14.001

Connection of branches in the piping

Manufactured in accordance with Advansor's design manual part 4.

"IS" = welded branch

"HF" = Hydraulic fittings

Certificates of material:

Certificates EN 10204 Type 3.1.B

Material requirements according to PED 2014/68/EU annex 1 section 4

Connections:

Refrigeration system: Welding/ Soldering

Oil system: Thread and compression fittings

Specifications for welds:

PED no. 2014/68/EU, annex 14, section 6 .

Welding procedure: EN 15609-1, EN 15614-18

Certification of welder: EN 287-1, EN 9606-1

Specifications for soldering:

Connections according to 2014/68/EU annex 1 section 3.

Soldering procedure: EN 13134:2000

Supports of piping:

In accordance with EN 378-2, section 6.

Insulation (pipes and vessels):

Cold surfaces: Kaiflex

Hot surfaces: Optional

Surface coating:

Pipes: One Coat, PPG Selemix 7-535, Glans 50 Ral 7032.

Frame/ vessels: PPG Selemix 7-535, Glans 50 Ral 7032.

K65 CU: None

Nomenklatur

Valves



NO ball valve



NC ball valve



NO solenoid



NC solenoid

Insulation



DENSO



Cold surfaces



Hot surfaces

Declarations

Instruments:

P: pressure (S: Safety, I: Instrument, M: mekanical inst.)

T: temperature (S: Safety, I: Instrument, M: mekanical inst.)

F: Flow

G: Gas concentration

Components:

A-XYZ:

A: E: Elektrial component B: Vessel V: Valve

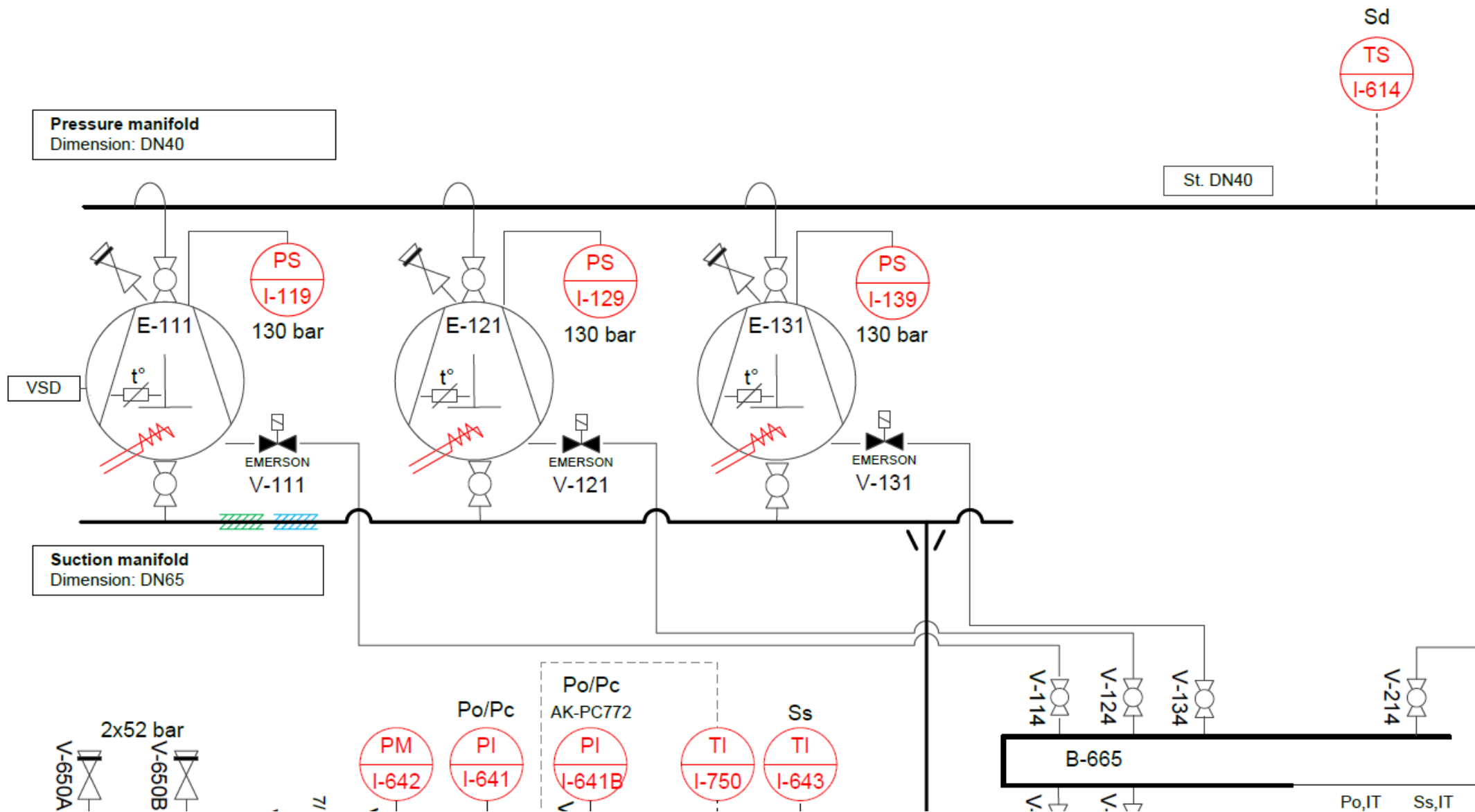
X: no. module Y: no. compressor Z: no. component

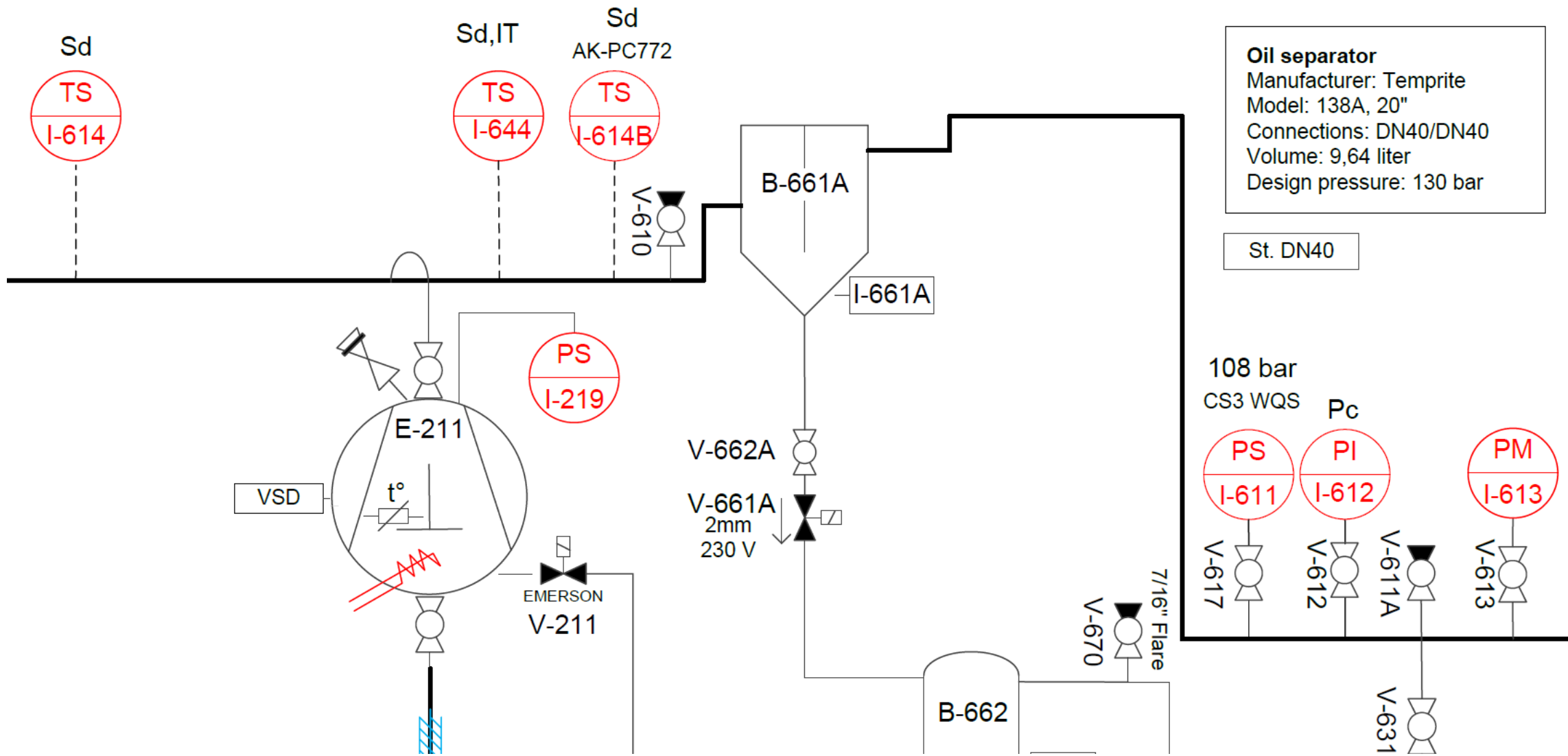
E-111: 1. module, 1. compressor, component no. 1

A-1xx->A-5xx: CO2 modules

A-6xx: System level, CO2

A-7xx: System level, water

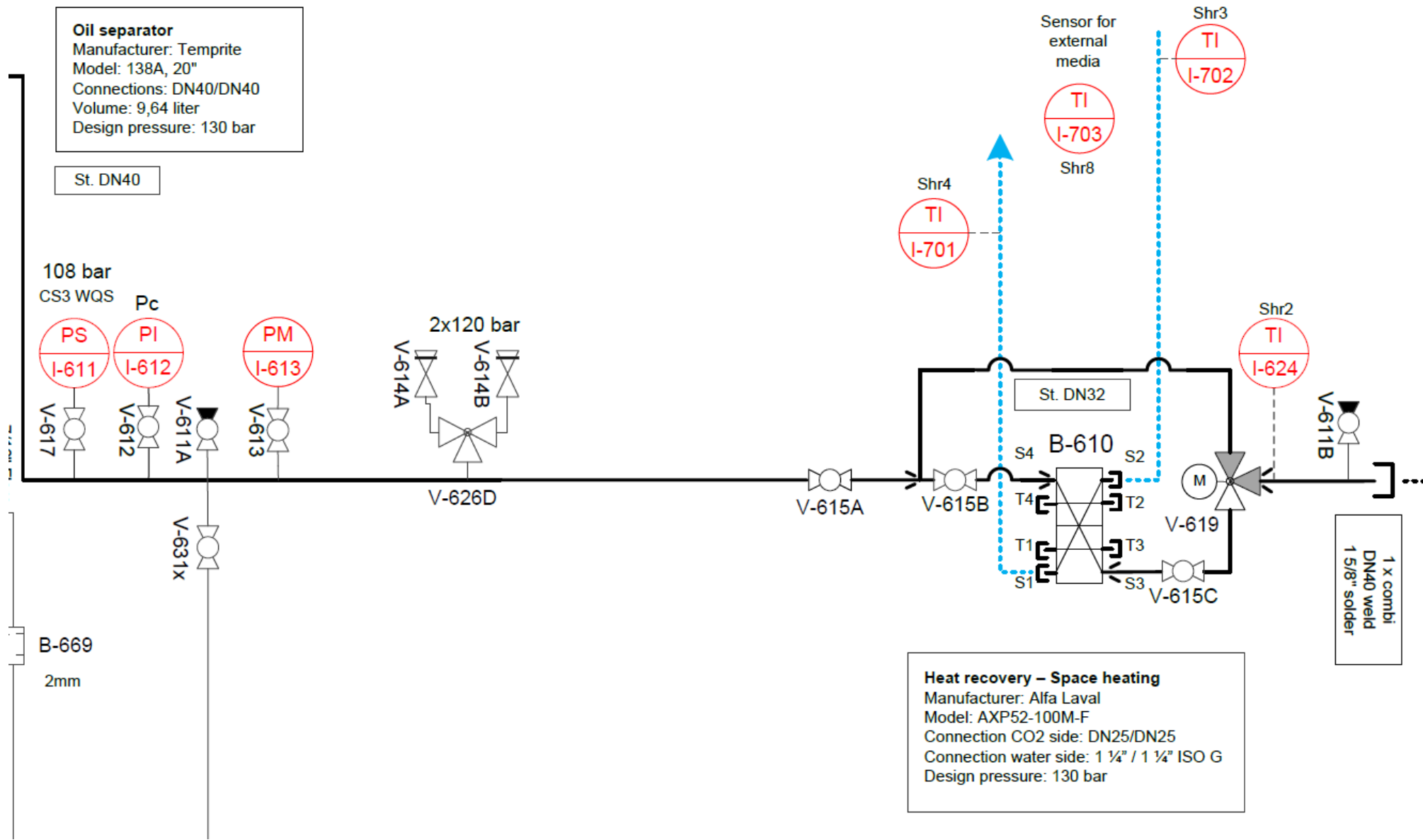


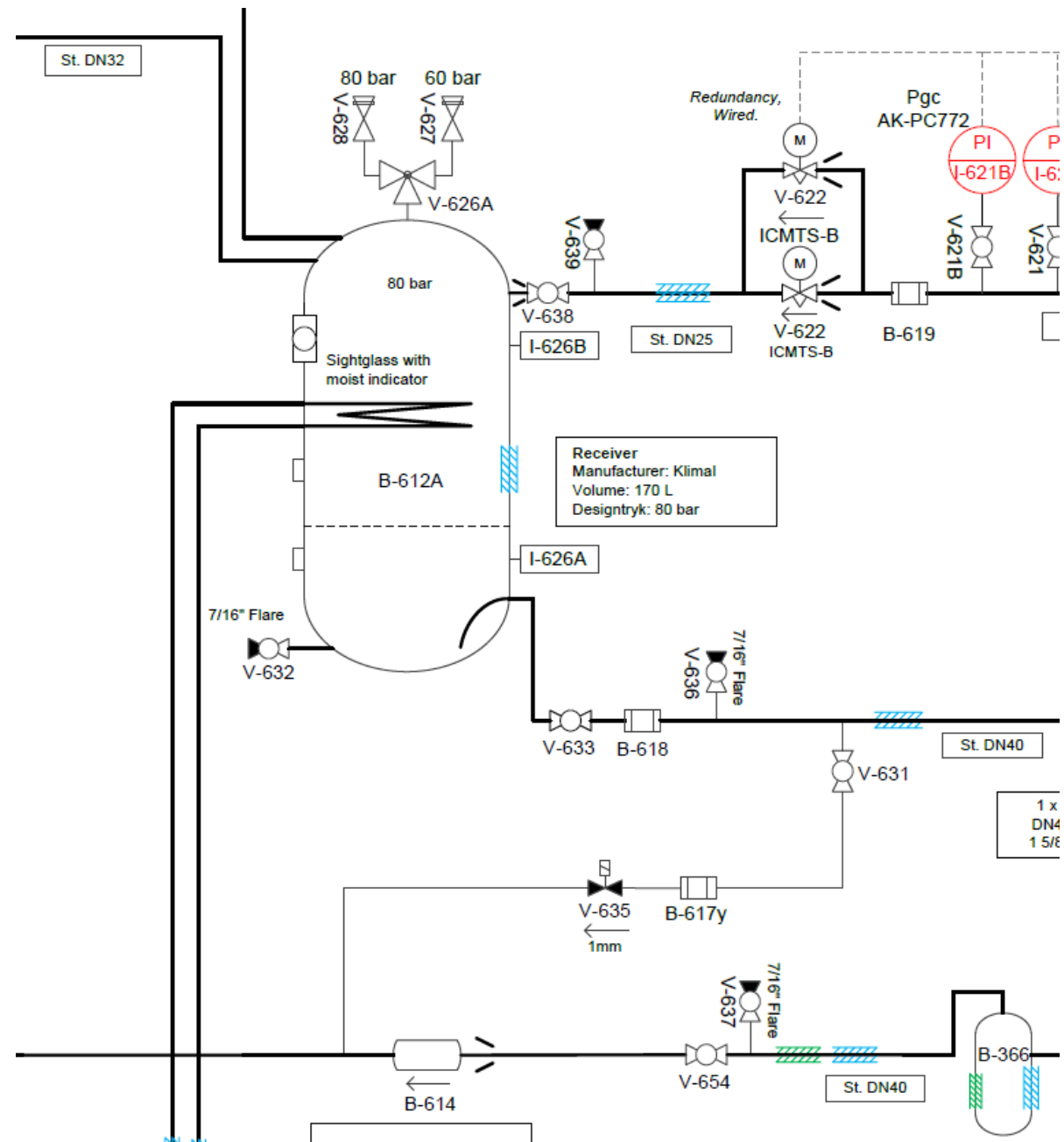


Oil separator
 Manufacturer: Temprite
 Model: 138A, 20"
 Connections: DN40/DN40
 Volume: 9,64 liter
 Design pressure: 130 bar

St. DN40

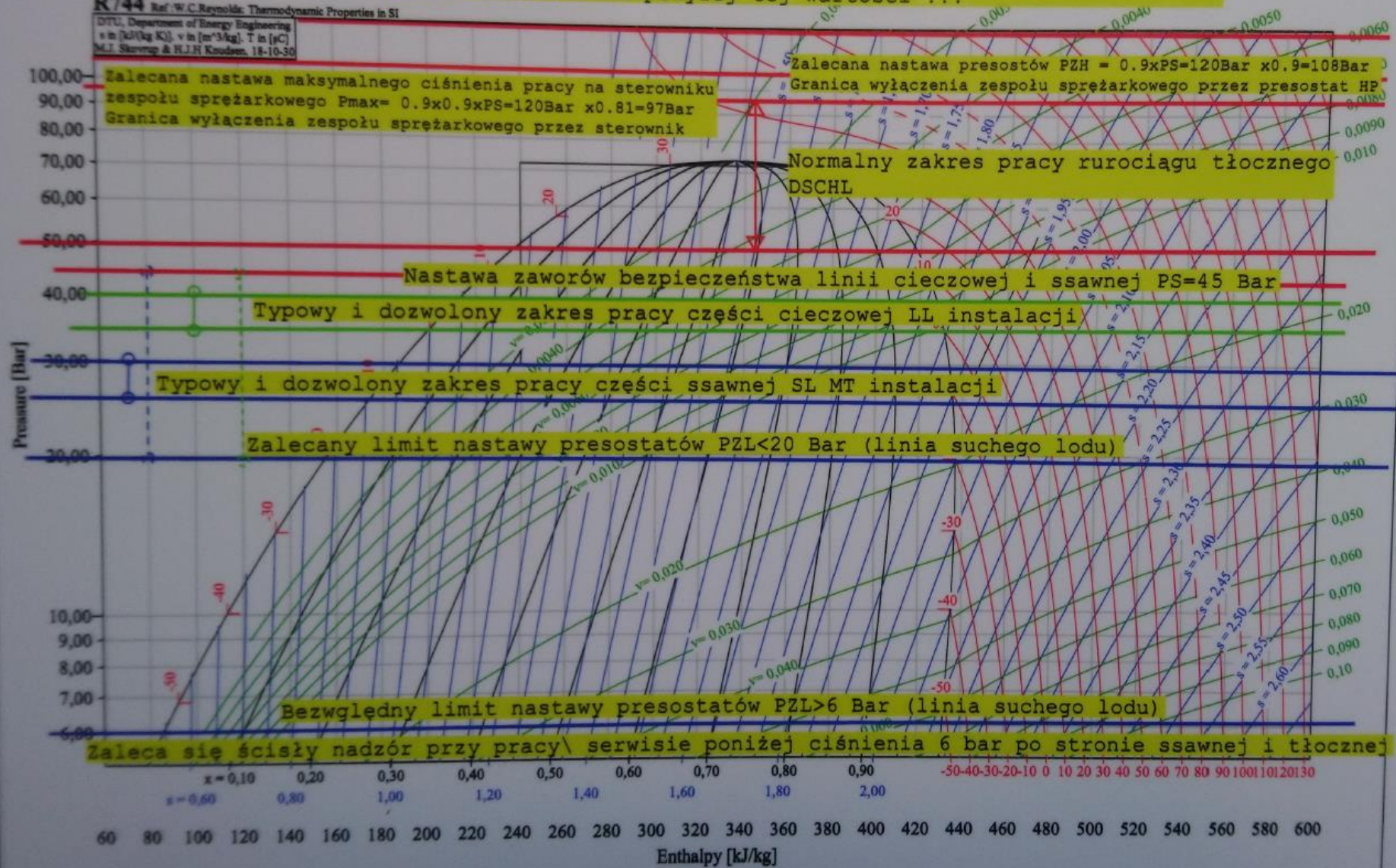
108 bar
 CS3 WQS
 Pc
 PS I-611
 PI I-612
 PM I-613
 V-617
 V-612
 V-611A
 V-613
 V-631





PS=120 Bar - bezwzględny limit pracy urządzenia ciśnieniowego;
Nastawa zaworów bezpieczeństwa
Praca niedozwolona powyżej tej wartości !!!

R744 Ref: W.C.Reynolds: Thermodynamic Properties in SI
DTU, Department of Energy Engineering
s in [kJ/kg K], v in [m³/kg], T in [°C]
M.L. Skarvåg & H.J.H. Knudsen, 18-10-30



Wady R744:

- bardzo duże ciśnienie (od 80 do 130bar) przy maksymalnie 20-25 barach dla innych czynników chłodniczych (R134a, R404a, R410a)
- trudności w uszczelnieniu instalacji
- przy zaniku napięcia niskie i średnia ciśnienia wzrastają ponad ciśnienia krytyczne i powodują otwieranie zaworów bezpieczeństwa. Gaz jest uwalniany do otoczenia.
- większe zużycie energii w porównaniu ze zużyciem energii na R290
- mała dostępność tłumików drgań na rury i tłumików pulsacji ciśnienia
- konieczność posiadania innych narzędzi (manometrów)
- duże dławienia w układzie termodynamicznym, czyli straty entropii, energii. Mała efektywność energetyczna w porównaniu z wycofanymi czynnikami chłodniczymi
- bardzo rozbudowany układ instalacji w porównaniu z innymi czynnikami chłodniczymi
- wdrażanie na siłę odzysku ciepła, aby układ chłodniczy działał poprawnie w określonych warunkach

Zalety R744:

- zyski producentów sprężarek, osprzętu, materiałów i narzędzi dla CO2 (Włochy, Niemcy, Francja, USA, Belgia, Dania, Holandia)
- naturalny
- łatwo jest go otrzymać, mimo to jest drogi i będzie drożał.

Alternatywne rozwiązania wobec R744:

- R290 w pętlach wodnych;
- R290 w agregatach wody lodowej;
- R717 (amoniak) przy bardzo dużych wydajnościach. Są dostępne rozwiązania oparte na amoniaku już od 50kW wydajności chłodniczych;
- R134a,
- izobutany R600 i R600a.

ZATRUCIE DWUTLENKIEM WĘGLA

- Dwutlenek węgla zawarty w powietrzu w stężeniu do około 500 ppm nie szkodliwy dla ludzi, w wyższym stężeniu wywołuje duszności, wywołane utrudnionym wydalaniem dwutlenku węgla powstającego w organizmie. Stężenie powyżej 1000 ppm skutkuje znacznym upośledzeniem zdolności intelektualnych, z kolei stężenie 2500 ppm niemal całkowicie pozbawia człowieka wyższych zdolności umysłowych, a także znaczenie zmniejsza zdolności fizyczne, również w prostych czynnościach.
- Dla zdrowego człowieka działanie toksyczne występuje przy stężeniach powyżej 5%, powodujące rozwój hiperkapnii i kwasicy oddechowej. Ciężka kwasica nasila działanie przywspółczulnej aktywności nerwowej, co powoduje osłabienie oddychania i krążenia. Stężenia ponad 10% dwutlenku węgla mogą powodować drgawki, śpiączkę i śmierć. CO₂ w stężeniu przekraczającym 30% działa szybko, prowadząc do utraty przytomności w ciągu kilku sekund. To by tłumaczyło, dlaczego ofiary przypadkowego zatrucia często nie podejmują działań w celu rozwiązania sytuacji (otwierają drzwi itp.).
- Badania wykazały dużą zmienność tolerancji na CO₂. Stężenia we krwi wahały się od co najmniej 0,055 do 0,085 atm (41,8–64,6 mmHg) wśród osób z objawami, bezpiecznego poziomu ekspozycji na CO₂ nie można scharakteryzować pojedynczą wartością. Stężenia w powietrzu śmiertelnych przypadków zatrucia CO₂ wahają się między 14,1 a 26% CO₂, tolerancja na CO₂ spada wraz z wiekiem.

Dlaczego R744 jest promowany?

1. Rynek urządzeń, automatyki na czynniki chłodnicze pozostałe jest nasycony, jest wielu producentów, są narzędzia, i są opanowane rozwiązania. Produkcja ww elementów na R744 to nowy rynek zbytu.
2. Bo jest ekologiczny, jednak **pewne stężenia są niebezpieczne dla ludzi**. Stąd detektory CO₂.

W latach 80-tych był przedstawiany jako trujący przy dużych stężeniach w obiektach użyteczności publicznej. Były rozwiązania, które wykrywały podwyższone stężenie w biurach i uruchamiany był alarm i dodatkowa wentylacja (Ameryka Północna, Europa zachodnia).

Elektrownie płacą kary za produkcję CO₂ ponad wykupione prawo do emisji. Prawo do emisji CO₂ należy kupić. W 2024 roku średnia cena uprawnień sprzedanych przez Polskę wyniosła 64,80 euro za tonę. Przewiduje się, że ceny będą nadal rosnąć, a do 2030 roku mogą osiągnąć nawet 179 euro za tonę.

W przypadku wycieku R744 z instalacji chłodniczych nie płacimy żadnych kar z tytułu opłat środowiskowych.

- Wykorzystano materiały: cooltechnik, Advansor, Emerson, Messer, ZPE, materiały własne