

CO₂ (R744) EVAPORATÖRLERİ VE GAZ SOĞUTUCULARI
CO₂ (R744) EVAPORATORS & GAS COOLERS
CO₂ (R744) LUFTKÜHLER & GASKÜHLER



CO₂ (R744) EVAPORATÖRLERİ VE GAZ SOĞUTUCULARI • CO₂ (R744) EVAPORATORS & GAS COOLERS • CO₂ (R744) LUFTKÜHLER & GASKÜHLER • AKIŞKAN ÖZELLİKLERİ
• REFRIGERANT SPECIFICATIONS • TECHNISCHE DATEN • CO₂ ÇEVREMLERİ • CO₂ CYCLES • CO₂ ZYKLUS • CO₂ (R744) EVAPORATÖRLERİ • CO₂ (R744) EVAPORATORS
• CO₂ (R744) LUFTKÜHLER • TEKNİK BİLGİLER • TECHNICAL SPECIFICATIONS • TECHNISCHE DATEN • FRITCOILS YAZILIMI • CO₂ (R744) MODÜLLERİ
• FRITCOILS SOFTWARE CO₂ (R744) MODULES • CO₂ (R744) DESIGN-MODULE • AR-GE TEST LABORATUVARI • R & D TESTING LABORATORY

AKIŞKAN ÖZELLİKLERİ • REFRIGERANT SPECIFICATIONS • TECHNISCHE DATEN

GENEL BİLGİLER

- Çevreci özelliklerinden dolayı soğutucu akışkan olarak CO₂ (R744)'e ilgi giderek artmaktadır. Düşük kritik nokta sıcaklığı (31,06 °C) ve ona karşılık gelen yüksek kritik basınç değerinden (73,8 bar) dolayı CO₂ sistemi, geleneksel soğutucu akışkanlara nazaran bir takım ek teknik gereksinimlere ihtiyaç duyar. CO₂'i uygulamada sınırlayıcı bir diğer etken ise -56,6 °C ve buna karşılık gelen 5,2 bar basınçtaki yüksek üçlü noktasıdır.
- CO₂ soğutma endüstrisinin gelişme dönemlerinde yaygın olarak kullanılmıştır. Ancak, kritik nokta civarında veya üzerinde meydana gelen soğutma tesir katsayısındaki düşüş ve yüksek çalışma basınçları nedeniyle yerini halokarbon soğutucu akışkanlara bırakmıştır. Halokarbon soğutucu akışkanların çevre üzerindeki olumsuz etkileri nedeni ile alternatif, doğal soğutucu akışkan olarak kullanılmaya başlanmıştır. Güncel eşanjör teknolojisi, sistem kontrol elemanları sayesinde CO₂'in verim yönünden transkritik çevrim özellikle kuzey ülkelerinde ve subkritik kaskad çevrim güney ülkelerde rekabetçi seviyelere ulaşmıştır.
- Son zamanlarda soğuk içecek otomatlarında, süpermarketlerde, soğuk odalarda, gıda üretim ve işleme tesislerinde, endüstriyel dondurma üretim makinelerinde, ısı pompalarında ve araç klimalarında CO₂'nin soğutucu akışkan olarak kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

ÇEVRESEL ÖZELLİKLER

- CO₂ Ozon tüketme potansiyeli sıfırdır (ODP=0) ve küresel ısınmaya doğrudan etkisi çok düşük seviyededir (GWP=1) (Tablo 1)
- Akışkanın kendisi (direkt etki) ile birlikte soğutma sistemine enerji temini esnasında oluşan CO₂ emisyonu (indirekt etki) küresel ısınmaya katkıda bulunur. İki etkinin birden toplamı Toplam Eşdeğer Isınma Etkisi (TEWI) şeklinde tanımlanır. Bu yüzden yüksek emisyonlu sistemlerde enerji verimliliği aynı seviyede tutulabildiği sürece, CO₂ alternatif bir akışkan olarak kullanılabilir.

GÜVENİLİRLİK

- **Zehirlilik:** Zehirliliği 400 ppm altındaki soğutucu akışkanlar için zehirlilik belirtisi olan A sınıfındadır.
- **Yanıcılık:** CO₂ yanıcı olmayan 1. sınıf soğutucu akışkandır. 1. sınıf 21 °C'de ve 101 kPa basınçta alevlenme testinde yanmayan soğutucuları gösterir (Tablo 2)
- **Solunabilirlik:** CO₂'nin zehirsiz olduğu belirtilmesine rağmen, havadaki konsantrasyonuna bağlı olarak insanlar üzerinde bir takım fiziksel etkileri vardır. Acil Yaşam ve Sağlık Tehlikesi (IDLH) konsantrasyonu olarak tanımlanan havadaki CO₂ oranı hacimce %5 olarak belirtilmiştir.

TERMOFİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

- CO₂ cazip termofiziksel özelliklere ve benzer halokarbon soğutucu akışkanlarına nazaran düşük viskozite, yüksek volumetrik kapasite, yüksek ısı iletkenlik ve yüksek buhar yoğunluğuna sahiptir. (Tablo 3)

CO₂ MALİYETİ

- CO₂ birim fiyatı diğer geleneksel soğutucu akışkanlara göre çok daha düşüktür.

GENERAL DESCRIPTION

- Because of its good environmental properties there is renewed and widespread interest in carbon dioxide (CO₂ or R-744) as a refrigerant. Because of its low critical-point temperature (31,06 °C) and high pressure (73,8 bar), CO₂ system presents some unusual technological requirements compared to conventional refrigerants. Another constraint in applying CO₂ is its relatively high triple point at -56,6 °C and coincident pressure of 5,2 bar.
- CO₂ was used in the early stages of the refrigeration industry, but it lost the competition with halocarbon refrigerants because of its high operating pressure and the loss of capacity and coefficient of performance near or above the critical point. Because the negative effect of halocarbon refrigerants on environment, that CO₂ started to used recently. New heat exchanger technology and system components allow CO₂ to reach competitive efficiency levels for transcritical cycle especially in northern countries and for sub-critic cascade cycle in southern countries.
- Recently, CO₂ has been intensely studied for application as the primary refrigerant in transcritical mobile air conditioners, vending machines, supermarkets, cold rooms, food production and process industry, industrial ice cream machineries and heat pumps.

ENVIRONMENTAL PROPERTIES

- It has no ozone depletion potential (ODP=0), and negligible direct global warming potential (GWP=1). (Table 1)
- Refrigerant (direct effect) and CO₂ emissions from energy supply to refrigerating systems (indirect effect) both contribute to greenhouse gas emissions expressed by using Total Equivalent Warming Impact (TEWI). Therefore, refrigeration systems with a high degree of emission are preferred application areas for CO₂ as alternative refrigerant, as long as the energy efficiency, defined as Coefficient of Performance (COP), can be kept at the same level].

SAFETY AND RELIABILITY

- **Toxicity:** CO₂ is in Class A which signifies refrigerants for which toxicity has not been identified at concentrations less than or equal to 400 ppm.
- **Flammability:** CO₂ is non-flammable class1 refrigerant. Class 1 indicates refrigerants that do not show flame propagation when tested in air at 21 °C and 101 kPa (Table 2)
- **Inhalation safety:** Although CO₂ is usually regarded as non-toxic there are physiological effects from breathing air with a CO₂-concentration above a few percent. The IDLH (Immediate Danger to Life and Health) concentration a maximum allowable concentration of about 5% by volume seems to be a reasonable limit.

THERMOPHYSICAL PROPERTIES

- CO₂ has a number of attractive thermophysical properties and other characteristics. Compared to counterpart halocarbon refrigerants, it has low viscosity, high volumetric capacity, high thermal conductivity, and high vapor density. (Table 3)

CO₂ COST

- Unit price of CO₂ is relatively cheaper than the conventional refrigerants.

ALLGEMEINE HINWEISE

- Aufgrund der Umwelteigenschaften genießt CO₂ (R744) zunehmendes Interesse als Kälteflüssigkeit. Aufgrund der niedrigen Kritikpunkt-Temperatur (31,06 °C) und des hohen Drucks (73,8 bar) benötigt CO₂ system Vergleich zu anderen Kälteflüssigkeiten einige technische Zusatzmaterialien. Ein anderer Faktor bei der Anwendung von CO₂ ist dessen relativ hoher Tripelpunkt bei 56,6 °C und der vergleichsweise hohe Druck von 5,2 bar.
- CO₂ wurde in den Entwicklungsphasen der Kälteindustrie weitgehend eingesetzt. Aufgrund des hohen Betriebsdrucks und des Kapazitätsverlustes, verursacht durch die Wärmeabsonderung um oder über den kritischen Punkt, wurde es durch Halocarbon-Kälteflüssigkeiten ersetzt. Bedingt durch den negativen Umwelteinfluss der Halocarbon-Kälteflüssigkeiten werden zunehmend alternative natürliche Kälteflüssigkeiten verwendet. Die neue Wärmetauschertechnologie und Systemkomponenten erlauben CO₂ aufgrund seiner Leistung eine Wettbewerbsfähigkeit im transkritischen Zyklus, insbesondere in nördlichen Ländern und im subkritischen Kaskadenzyklus in südlichen Ländern.
- In jüngerer Zeit ist die Verwendung des CO₂ als Kälteflüssigkeit in Getränkeautomaten, Supermärkten, Kälteräumen, Nahrungsmittelindustrie, industriellen Eismaschinen, Wärmepumpen und Autoklimaanlagen weit verbreitet.

UMWELTEIGENSCHAFTEN

- Das Ozonverbrauchspotenzial des CO₂ beträgt Null (ODP=0) und die direkte Beeinflussung der globalen Erwärmung ist auf sehr niedrigem Niveau (GWP=1). (Tabelle 1)
- Die Flüssigkeit (direkter Einfluss) und die CO₂-Emission (indirekter Einfluss) aus der Energieversorgung des Kältesystems leisten der globalen Erwärmung zusammen einen Beitrag. Die Summe dieser Einflüsse wird als Total Equivalent Warming Impact (TEWI) bezeichnet. Aus diesem Grund kann die CO₂ in Hochemissionssystemen als alternative Flüssigkeit verwendet werden, solange die Energieleistung gleich bleibt.

SICHERHEIT

- **Toxizität:** CO₂ befindet sich in Klasse A, das Flüssigkeiten mit einer Konzentration von unter 400 ppm kennzeichnet.
- **Entflammbarkeit:** CO₂ ist eine nicht-brennbare Kälteflüssigkeit 1. Klasse. Die 1. Klasse gibt Kältemittel wider, die im Brenntest bei 21 °C und 101 kPa Druck nicht entflammen. (Tabelle 2)
- **Inhalierbarkeit:** Obwohl CO₂ als ungiftig bezeichnet wird, hat sie bedingt durch die Konzentration in der Luft einige physische Auswirkungen auf den Menschen. Eine unmittelbare Gefahr für Leib und Leben (Immediate Danger of Life and Health, IDLH) besteht ab einer CO₂-Konzentration von 5% in der Luft.

THERMOPHYSISCHE EIGENSCHAFTEN

- CO₂ besitzt attraktive thermophysische Eigenschaften und im Vergleich zu ähnlichen Halocarbon-Kälteflüssigkeiten eine niedrige Viskosität, hohe volumetrische Kapazität, hohe Wärmeleitung und eine hohe Dampfdichte. (Tabelle 3)

KOSTEN DES CO₂

- Der Preis einer Einheit CO₂ liegt weit unter dem von herkömmlichen Kälteflüssigkeiten.

AKIŞKAN ÖZELLİKLERİ • REFRIGERANT SPECIFICATIONS • TECHNISCHE DATEN

Tablo 1 Yaygın Bilinen Soğutucu Akışkanların Çevresel Özellikler

Table 1 Environmental Properties of Various Widely Known Refrigerants
 Tabelle 1 Umwelteigenschaften von weitbekannten Kälteflüssigkeiten

Akışkan Refrigerant Flüssigkeit	ODP	GWP
R11	1	4600
R12	0.82	10600
R 22	0.034	1700
R 134A	0	1300
R 410A	0	1980
R 404A	0	3780
R 407A	0	1650
R 507A	0	3850
CO ₂ (R744)	0	1
NH ₃ (R717)	0	<1

ODP: Ozon Tüketme Potansiyeli
 Ozone Depletion Potential
 Potenzial des Ozonverbrauchs
 (R11=1 kabul edilmiştir / admitted / annahme)

GWP: Küresel Isınma Potansiyeli
 Global Warming Potential
 Potenzial der globalen Erwärmung
 (CO₂=1 kabul edilmiştir / admitted / annahme)

Kaynak / Reference / Referenz:
 Thermophysical Properties R744,
 International Institute of Refrigeration, 2003

Tablo 2 Yaygın Bilinen Soğutucu Akışkanların Sınıflandırılması

Table 2 Classification of Various Widely Known Refrigerants
 Tabelle 2 Klassifikation der weitbekannten Kälteflüssigkeiten

Akışkan Refrigerant Flüssigkeit	Soğutucu Akışkan Sınıfı Refrigerant Classification Kühlerflüssigkeitsklasse	Zehirlilik [a] Toxicity Toxizität	Yanıcılık [b] Flammability Brennbarkeit
R11	CFC	A	1
R12	CFC	A	1
R 22	HCFC	A	1
R 134A	HFC	A	1
R 410A	HFC	A	1
R 404A	HFC	A	1
R 407C	HFC	A	1
R 507A	HFC	A	1
CO ₂ (R744)	Doğal Akışkan / Natural Refrigerant / Natürliche Flüssigkeit	A	1
NH ₃ (R717)	Doğal Akışkan / Natural Refrigerant / Natürliche Flüssigkeit	B	2

[a]* A sınıfı, Derişiklik ≤ 400 ppm / Class A, Concentrations ≤ 400 ppm / Klasse A, Konzentration ≤ 400 ppm

* B sınıfı, Derişiklik > 400 ppm / Class B, Concentrations > 400 ppm / Klasse B, Konzentration > 400 ppm

[b]* Sınıf 1; 21°C'de ve 101 kPa basınçta alevlenme testinde yanmayan soğutucuları gösterir / Class 1 indicates refrigerants that do not show flame propagation when tested in air at 21°C and 101 kPa / Klasse 1; zeigt Kühler, die im Brenntest bei 21°C und 101 kPa nicht entzündet sind.

* Sınıf 2; 21°C'de, 101 kPa basınçta 0.10 kg/m³ yoğunlukta düşük yanıcılık gösteren ve 19 kJ/kg'den düşük yanma ısıyı üreten soğutucuları ifade eder / Class 2 indicates refrigerants having a lower flammability limit of more than 0.10 kg/m³ at 21°C and 101 kPa and a heat of combustion of less than 19 kJ/kg; / Klasse 2; beschreibt Kühler, die bei 21°C, 101 kPa (Druck) und einer Dichte von 0.10 kg/m³ niedrige Entflammbarkeit aufweisen und eine niedrigere Brenntemperatur als 19 kJ/kg hervorrufen

Kaynak / Reference / Referenz:
 Classification of Refrigerants, International Institute of Refrigeration, 2001

Tablo 3 Yaygın Bilinen Soğutucu Akışkanların Termofiziksel Özellikler

Table 3 Thermophysical Properties of Various Widely Used Refrigerants
 Tabelle 3 Thermophysische Eigenschaften der weitbekannten Kälteflüssigkeiten

	Tkritik Tcrit (°C)	Pkritik Pcrit (bar)	Sıvı Faz Yoğunluğu [c] Liquid Phase Density Liquide Phasendichte (kg/m ³)	Gas Faz Yoğunluğu [d] Gas Phase Density Gas Phasendichte (kg/m ³)	Isıl Kapasite [c] Specific Heat Capacity Wärmekapazität (kJ/kg)	Volumetrik Kapasite [c] Volumetric Capacity Volumetrische Kapazität (kJ/m ³)	Isı İletim Katsayısı [c] Thermal Conductivity Thermischer Koeffizient (W/m.K)	Dinamik Viskozite [c] Dynamic Viscosity Dynamische Viskosität (mPa.s)
R 22	96.2	49.9	1285.7	20.41	1.16	4205.28	0.09	0.22
R 134A	101.1	40.6	1298.9	13.9	1.3	2773.75	0.09	0.27
R 410A	72.13	49.3	1175	28.82	1.5	6566.35	0.1	0.16
R 404A	72	37.3	1154.8	29.91	1.3	4953.99	0.07	0.18
R 407C	86.74	46.2	1240.8	18.86	1.4	3973.24	0.01	0.21
R 507A	70.6	37.05	1161.1	30.98	1.37	5055.32	0.072	0.18
CO ₂ (R744)	31	73.7	934.26	94.148	2.5	22089.00	0.11	0.101
NH ₃ (R717)	132.3	113.3	640.28	3.31	4.41	4192.51	0.56	0.172

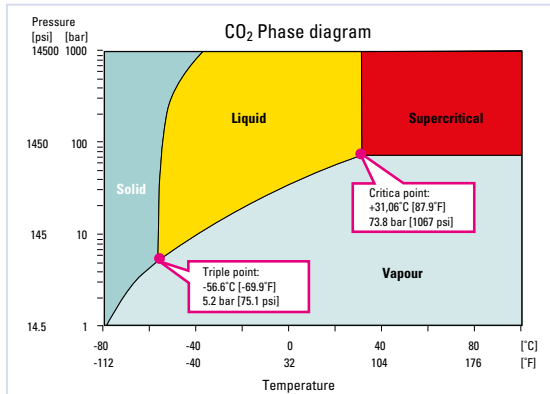
[c] -1,1°C'deki doymuş sıvı / For saturated liquid at -1,1°C / bei -1,1°C saturierte Liquidität
 Kaynak / Reference / Referenz: Lemmon et al. NIST, 2007.

[d] -1,1°C'deki doymuş buhar / For saturated vapor at -1,1°C / bei -1,1°C saturierter Dampf

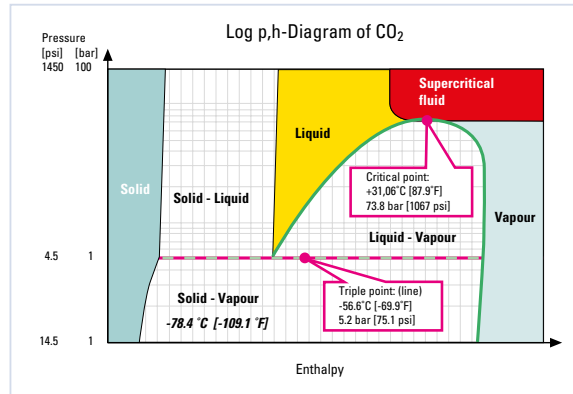
Şekil 1
CO₂ Faz
Diyagramı

Figure 1
 CO₂ Phase
 Diagram

Figur 1
 CO₂
 Phasendiagramm



Log p,h-Diagram of CO₂



Şekil 2
CO₂ log p-h
Diyagramı

Figure 2
 CO₂ log p-h
 Diagram

Figur 2
 CO₂ log p-h
 Diagramm

Kaynak / Reference / Referenz: Food Retail CO₂ Refrigeration Systems, Danfoss, 2009

CO₂ ÇEVİMLERİ • CO₂ CYCLES • CO₂ ZYKLUS

TRANSKRİTİK CO₂ ÇEVİRİMİ

- CO₂ soğutma endüstrisinde kullanılan diğer akışkanlara nazaran düşük kritik nokta (31,06°C, 73,8 bar) sahiptir. Klasik buhar sıkıştırma çevrimlerinde olduğu gibi akışkanın yoğunlaşarak atmosfere ısı atması mümkün değildir. CO₂'nin bu tarz çevrimlerde kullanılması, kondenzasyon sıcaklığının kritik noktanın altında olduğu durumlardır. Kritik sıcaklık üzeri bölgede çevreye ısı atımı gaz fazındaki CO₂'nin yoğunlaşsın, sıcaklığının düşmesiyle gerçekleşir. Bu şekilde gerçekleşen çevrimlere "transkritik çevrim" denir.

TRANSCRITICAL CO₂ CYCLE

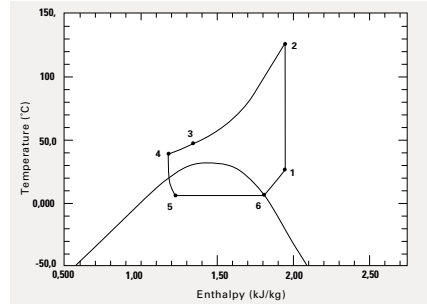
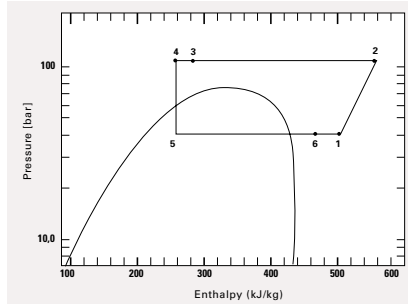
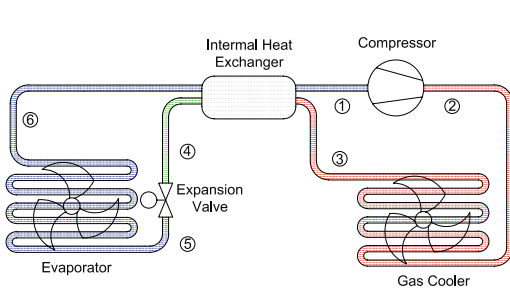
- Compared with other refrigerants commonly used in the refrigeration industry CO₂ has very low critical temperature: 31,06 °C (73,8 bar), so that heat discharge into the ambient atmosphere above this temperature is impossible through condensation as is the case in the usual vapor-compression cycle; CO₂ can only be used in this cycle when the heat discharge temperature is lower than the critical temperature. For heat rejection at supercritical pressure, the refrigerant can only be cooled in a gaseous state, without being condensed. This cycle is known as the "transcritical" cycle.

TRANSKRITISCHER CO₂-ZYKLUS

- CO₂ besitzt im Vergleich zu anderen Flüssigkeiten der Kälteindustrie einen niedrigen kritischen Punkt (31,06 °C, 73,8 bar). Eine Kondensation der Flüssigkeit und Wärmeabgabe in die Atmosphäre wie bei klassischen verdichteten Dampfzyklen ist nicht möglich. Eine Verwendung des CO₂ in solchen Zyklen kann in Fällen, wo die Kondensationswärme unter dem kritischen Punkt liegt, erfolgen. Im superkritischen Bereich wird die Wärmeabgabe an die Umwelt durch Temperatursturz -ohne eine Kondensation des CO₂ im Gaszustand realisiert. Dieser Zyklus wird "transkritischer Zyklus" genannt.

TEK KADEMELİ BASİT TRANSKRİTİK ÇEVİRİMİ

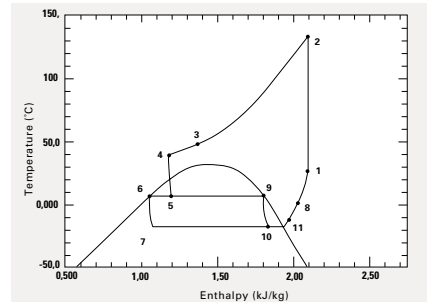
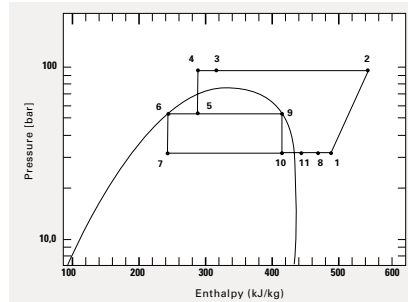
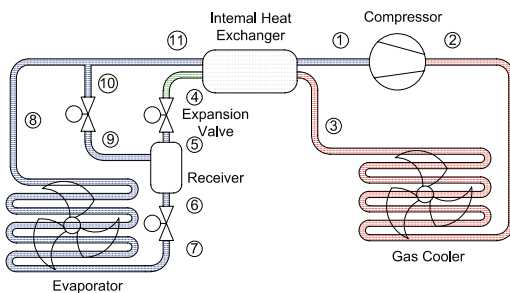
SIMPLE ONE STAGE TRANSCRITICAL CYCLE • EINES EINFACHEN, EINSTUFIGEN, TRANSKRITISCHEN ZYKLUS



- 1-2 Kompresörde izentropik sıkıştırma / Isentropic compression in Compressor / *Isentropische Verdichtung im Kompressor*
 2-3 Gaz Soğutucusunda sabit basınçta ısı atımı / Isobaric heat removal in Gas Cooler / *Wärmeabgabe bei stabilem Druck im Gaskühler*
 3-4 İç Isı Değiştiricisinde soğuma / Cooling in Internal Heat Exchanger / *Kühlung im internen Wärmetauscher*
 4-5 Genleşme Valfinde sabit entalpide genileşme / Isenthalpic expansion in Expansion Valve / *Expansion im Expansionsventil bei stabiler Enthalpie*
 5-6 Transkritik Evaporatörde sabit basınçta buharlaşma / Isobaric evaporation in Transcritical Evaporator / *erdampfung im transkritischen Evaporator bei stabilem Druck*
 6-1 İç Isı Değiştiricisinde aşırı kızdırma / Super heating in Internal Heat Exchanger / *Hoherhitzung im internen Wärmetauscher*

TEK KADEMELİ SIVI / GAZ AYIRICILI TRANSKRİTİK ÇEVİRİM

ONE STAGE WITH GAS BYPASS TRANSCRITICAL CYCLE • EINES EINSTUFIGEN GAS BYPASS TRANSCRITISCHEN ZYKLUS



- 1-2 Kompresörde izentropik sıkıştırma / Isentropic compression in Compressor / *Isentropische Verdichtung im Kompressor*
 2-3 Gaz Soğutucusunda çevreye izobarik ısı atımı / Isobaric heat removal in Gas Cooler / *Isobare Wärmeabgabe an die Umwelt im Gaskühler*
 3-4 İç Isı Değiştiricisinde soğuma / Cooling in Internal Heat Exchanger / *Kühlung im internen Wärmetauscher*
 4-5 Genleşme Valfinde sabit entalpide genileşme / Isenthalpic expansion in Expansion Valve / *Expansion im Expansionsventil bei stabiler Enthalpie*
 5- Sıvı Buhar Ayırıcısında sıvı ve gaz fazının ayrışması / Separation of phases in Reciever / *Separation der Phasen im Reagenz*
 6-7 Genleşme Valfinde sabit entalpide genileşmesi / Isenthalpic expansion of liquid in Expansion Valve / *Expansion der Flüssigkeit im Expansionsventil bei stabiler Enthalpie*
 7-8 Transkritik Evaporatörde sabit basınçta buharlaşma / Isobaric evaporation in Transcritical Evaporator / *Verdampfung im transkritischen Evaporator bei stabilem Druck*
 9-10 Genleşme Valfinde sabit entalpide genileşme / Isenthalpic expansion of flash gas in Expansion Valve / *Expansion im Expansionsventil bei stabiler Enthalpie*
 11-1 İç Isı Değiştiricisinde Aşırı Kızdırma / Super heating in Internal Heat Exchanger / *Hoherhitzung im internen Wärmetauscher*

Kaynaklar / References / Referenzen:

Thermophysical Properties R744, International Institute of Refrigeration, 2003,
 Air condition and refrigeration Journal, Oct-Dec 2002
 Food Retail CO₂ Refrigeration Systems, Danfoss, 2009,
 J. Sarkar et al. / International Journal of Refrigeration 27 (2004) 830–838

CO₂ ÇEVİRLERİ • CO₂ CYCLES • CO₂ ZYKLUS

SUBKRİTİK CO₂ ÇEVİRİMİ

- Subkritik çevrim hepimizin bildiği klasik soğutma çevrimidir. Bütün sıcaklıklar ve basınçlar kritik noktanın altında, üçlü noktanın üzerindedir.
- Tek kademeli CO₂ subkritik çevrim oldukça basit bir sistemdir. Fakat kısıtlı sıcaklık aralığı ve yüksek basınçtan dolayı bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bundan dolayı Kaskad sistemler tasarlanmıştır.
- Kaskad sistemlerde uygulamaya bağlı olarak farklı akışkanlar (NH₃, R404A, R134A vb.) kullanılabilir. Bir kaskad sistemde her akışkan için farklı bir çevrim söz konusudur.

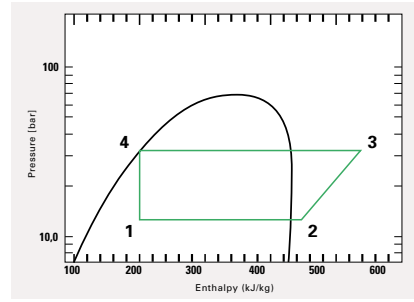
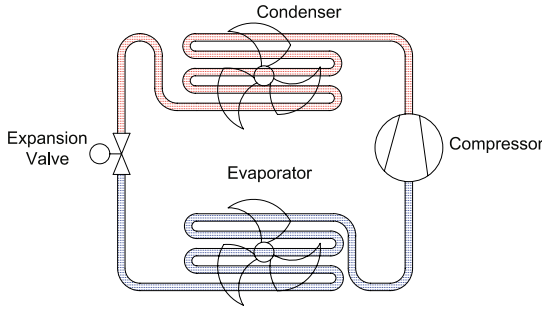
SUBCRITICAL CO₂ CYCLE

- The classic refrigeration cycle, we are all familiar with, is subcritical i.e. the entire range of temperatures and pressures are below the critical point and above the triple point.
- A single stage subcritical CO₂ system is simple but it also has some disadvantages because of its limited temperature range and high pressure. So a cascade system can be designed.
- In a cascade refrigeration system there can be more than one refrigerant depending on the application or requirement of the plant. In such a cascade system, each refrigerant circuit is separate.

SUBKRITISCHER CO₂-ZYKLUS

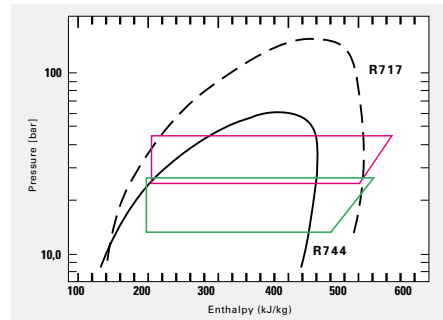
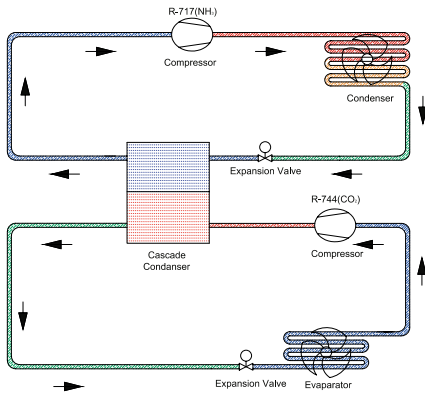
- Der subkritische Zyklus ist der uns allen bekannte klassische Kühlzyklus. Alle Temperatur- und Druckwerte befinden sich unterhalb des kritischen Punktes und über dem Tripelpunkt.
- Der einstufige subkritische CO₂-Zyklus ist ein äußerst einfaches System, hat jedoch einige Nachteile aufgrund der beschränkten Temperaturintervalle und des hohen Drucks. Deshalb wurden Kaskadensysteme entwickelt.
- Bei den Kaskadensystemen können je nach Anwendung ein oder mehrere Flüssigkeiten verwendet werden. In einem Kaskadensystem gibt es für jede Flüssigkeit einen separaten Zyklus.

CO₂ SUBKRİTİK ÇEVİRİM • CO₂ SUBCRİTIC CYCLE • EINES SUBKRITISCHEN CO₂-ZYKLUS



- 1-2 Evaporatörde sabit basınçta buharlaşma / Isobaric evaporation in Evaporator / Verdampfung im Evaporator bei stabilem Druck
 2-3 Kompresörde izentropik sıkıştırma / Isentropic compression in Compressor / Isentropische Verdichtung im Kompressor
 3-4 Kondenserde CO₂'nin sabit basınçta yoğuşması / Isobaric condensation of CO₂ in Condenser / Isobare Kondensation des CO₂ im Kondensor
 4-1 Genleşme Valfinde sabit entalpide genleşme / Isenthalpic expansion in Expansion Valve / Expansion im Expansionsventil bei stabiler Enthalpie

CO₂ SUBKRİTİK KASKAD ÇEVİRİMİ • CO₂ SUBCRİTIC KASKAD CYCLE • EINES SUBKRITISCHEN CO₂-KASKADENZYKLUS

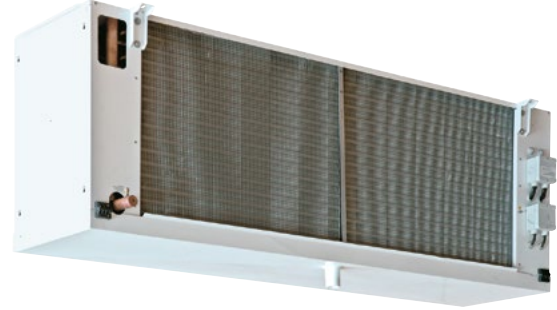


- 1-2 CO₂ Kompresöründe izentropik sıkıştırma / Isentropic compression in CO₂ Compressor / Isentropische Verdichtung im CO₂-Kompressor
 2-3 Kaskad Kondenserde CO₂'nin sabit basınçta yoğuşması / Isobaric condensation of CO₂ in Cascad Condenser / Isobare Kondensation des CO₂ im Kaskadenkondensor
 3-4 Genleşme Valfinde sıvı CO₂'nin genleşmesi / Isenthalpic expansion of liquid CO₂ in Expansion Valve / Expansion des flüssigen CO₂ im Expansionsventil
 4-1 Subkritik Evaporatörde sabit basınçta buharlaşma / Isobaric evaporation in Subcritical Evaporator / Verdampfung im subkritischen Evaporator bei stabilem Druck
 5-6 NH₃ Kompresöründe izentropik sıkıştırma / Isentropic compression in NH₃ Compressor / Isentropische Kompression im NH₃-Kompressor
 6-7 NH₃ Kondenserde sabit basınçta yoğuşma / Isobaric condensation in NH₃ Condenser / Isobare Kondensation im NH₃-Kondensor bei stabilem Druck
 7-8 NH₃ Genleşme Valfinde sabit entalpide genişleme / Isenthalpic expansion in NH₃ Expansion Valve / Expansion im NH₃-Expansionsventil bei stabiler Enthalpie
 8-5 Kaskad Kondenserde sabit basınçta NH₃'ün buharlaşması / Isobaric evaporation in of NH₃ in Cascad Condenser / Verdampfung des NH₃ im Kaskadenkondensor bei stabilem Druck

Kaynaklar / References / Referenzen:

Thermophysical Properties R744, International Institute of Refrigeration, 2003,
 Air condition and refrigeration Journal, Oct-Dec 2002
 Food Retail CO₂ Refrigeration Systems, Danfoss, 2009,
 J. Sarkar et al. / International Journal of Refrigeration 27 (2004) 830–838

CO₂ (R744) EVAPORATÖRLERİ • CO₂ (R744) EVAPORATORS • CO₂ (R744) LUFTKÜHLER



ÖZELLİKLER ve UYGULAMA

- CO₂ (R744) Evaporatörler subkritik ve transkritik çalışma aralığına haiz, ticari ve endüstriyel soğutma uygulamaları için tasarlanmış soğutucular olup, geniş bir kapasite aralığına hitap edecek biçimde imal edilmektedirler.
- Robust ve tamamı galvanizli sac üzeri elektrostatik toz boyalı (RAL 9016) kasetleme, düzgün, kalıcı, korozyona dayanıklı, dekoratif yapı oluşturur. Gıda uygulamalarına uygundur.
- Bakır veya özel alaşımlı bakır borular kullanılmaktadır.
- Maksimum çalışma basıncı 60 bardır.
- Standart olarak EBM, ZIEHL - ABEGG veya muadili yüksek verimli aksiyal tipte fanlar kullanılır.

FEATURES and APPLICATION

- CO₂ Evaporators are specially designed for cold room and frozen storage room applications which are working with subcritical and transcritical cycles.
- Robust and all-round powder coated (RAL 9016) galvanized steel casing parts, provide decorative, high corrosion resistance and smooth surface finish. Proper for food processing applications.
- Copper or special alloy of copper tubes
- Maximum working pressure 60 bar.
- On unit coolers highly efficient EBM, ZIEHL-ABEGG or equivalent brand fans are used.

EIGENSCHAFTEN UND ANWENDUNG

- CO₂- (R 744)-Evaporatoren werden als Raumkühler mit subkritischen und transkritischen Betriebsintervallen zur Anwendung von Handels- und Industriekühlanlagen Kapazität hergestellt.
- Ein robustes und aus gänzlich mit elektrostatisch pulverbeschichtetem (RAL 9016) Aluminiumblech bestehendes Gebäude stellt ein dekorativer, langlebiger Bau mit hohem Korrosionswiderstand dar. Geeignet für Anwendungen der Lebensmittelverarbeitung.
- Kupferrohre oder Rohre einer speziellen Kupferlegierung
- Maximale Betriebsdruck 60 bar.
- Bei Raumkühlern werden standardmäßige Lüfter der Marken EBM, ZIEHL - ABEGG oder gleichwertige Axiallüfter verwendet.

CO₂ (R744) GAZ SOĞUTUCULARI • CO₂ (R744) GAS COOLERS • CO₂ (R744) GASKÜHLER



ÖZELLİKLER ve UYGULAMA

- CO₂ (R744) kondenserler tüm ticari ve endüstriyel soğutma-klima uygulamalarında kullanılmak üzere, dış ortam koşullarında montaj ve çalışmaya uygun olacak şekilde,
- Fanlar tek sıralı 1'den 4'e kadar; çift sıralı 2'den 12'ye kadar olmak üzere yerleştirilmiştir.
- Kasetleme malzemesi olarak mükemmel bir UV ve korozyon koruması sağlayan epoksi polyester esaslı elektrostatik toz boya kaplı galvanizli çelik kullanılır. Standart renk RAL 7044 uygulanır.
- Özel alaşımlı bakır borular kullanılmaktadır.
- Maksimum çalışma basıncı 120 bardır.
- Standart olarak EBM, ZIEHL - ABEGG veya muadili yüksek verimli aksiyal tipte fanlar kullanılır.

FEATURES and APPLICATION

- CO₂ (R744) condensers, including 4 different noise levels of are designed for outdoor installation of all applications in refrigeration and air conditioning.
- The fans arranged in single rows from 1 to 4 and in double rows from 2 to 12.
- Polyester based electrostatically powder painted galvanized steel, which provides excellent UV and corrosion protection, is used for casing. (Standard RAL 7044)
- Special alloy of copper tubes
- Maximum working pressure 120 bar.
- On unit coolers highly efficient EBM, ZIEHL-ABEGG or equivalent brand fans are used.

EIGENSCHAFTEN UND ANWENDUNG

- Die Verflüssiger der CO₂ (R744) werden bei allen industriellen Kälte- und Klimaanwendungen eingesetzt. Sie sind geeignet für den Einsatz im Freien. Sie werden mit:
- Die Ventilatoren sind einreihig von 1 bis 4 und doppelreihig von 2 bis 12 angeordnet.
- Sie sind verkleidet mit verzinktem Stahlblech. Dieses ist mit einer Pulverbeschichtung auf Polyesterbasis (RAL 7044) versehen. UV- und korrosionsbeständig.
- Speziellen Kupferlegierung
- Maximale Betriebsdruck 120 bar.
- Bei Raumkühlern werden standardmäßige Lüfter der Marken EBM, ZIEHL - ABEGG oder gleichwertige Axiallüfter verwendet.

AR-GE TEST LABORATUARI

Friterm CO₂ (R744) Evaporatörleri ve Gaz Soğutucuları, uluslararası standartlar referans alınarak tasarlanan "Ortamlı Dengeli Tip Kalorimetrik Test Laboratuvarında" yapılan araştırma ve ürün geliştirme çalışmaları sonucunda geliştirilmiştir.



R&D TESTING LABORATORY

Friterm CO₂ (R744) evaporators and gas coolers are developed under reference of international standards, as a result of researches and product development works at an "average balanced type calorimetric test laboratory".



R&D TESTLABOR

Die Friterm CO₂ (R744) Evaporatoren und Gaskühler wurden mit der Referenz der internationalen Normen durch Forschungen und Produktentwicklungsarbeiten, die in einem "kalorimetrischen Testlabor vom durchschnittlich ausgeglichenen Typ" durchgeführt sind, entwickelt. BOR.



FRTCOILS YAZILIMI CO₂ (R744) MODÜLLERİ

FRTCOILS SOFTWARE CO₂ (R744) MODULS • CO₂ (R744) DESIGN-MODULE

FRTCOILS YAZILIMI

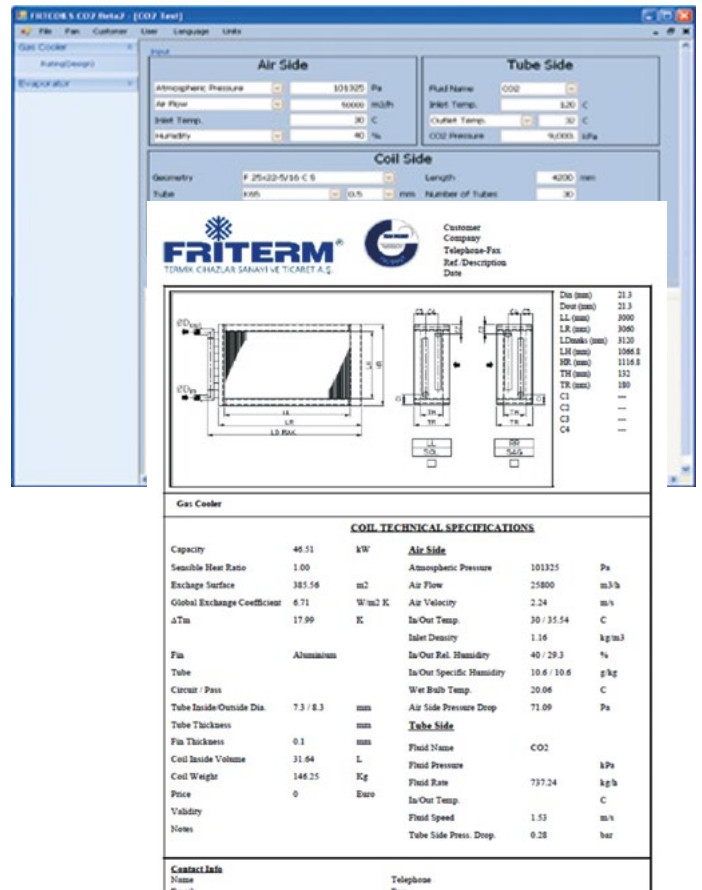
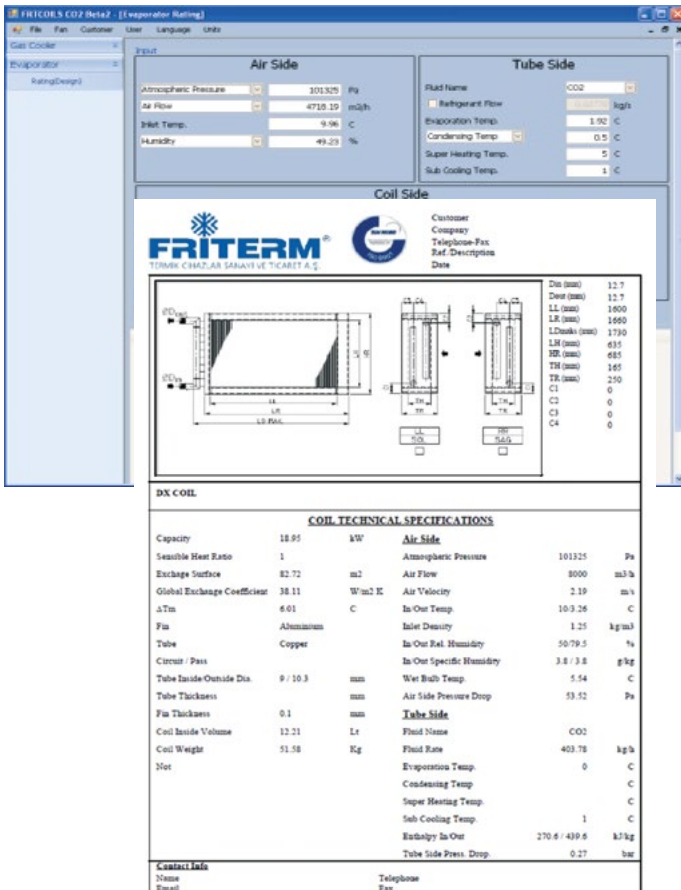
Tüm Friterm CO₂ (R744) evaporatör ve gaz soğutucuları özel tasarlanmış ve Ar-Ge laboratuvarı sonuçları ile doğrulanmış yazılım ile hesap edilir. Bu tasarım programı sayesinde farklı çalışma şartları için CO₂ (R744) evaporatör ve gaz soğutucu tasarımı yapılmakta ve performansları öngörülebilmektedir.

FRTCOILS SOFTWARE

All of the Friterm CO₂ (R744) evaporators and gas coolers are designed with specially developed software which is validated with R&D test laboratory. Thanks to Friterm's Computer Aided Engineering that by special coil software (FRTCOILS), CO₂ (R744) evaporators and gas coolers can be designed for different working conditions.

FRTCOILS SOFTWARE

Alle Friterm CO₂ (R744) Evaporatoren und Gaskühler sind mit einer speziell entwickelten Software gestaltet, die vom F+E Testlabor bestätigt ist. Dank Friterms rechner gestützter Entwicklung, können Gestaltungen von CO₂ (R744) Evaporatoren und Gaskühlern gemacht und deren Leistungen geschätzt werden.



FRİTERM A.Ş. 1979 yılında İstanbul'da kurulmuştur. Ticari soğutma, endüstriyel soğutma ve klima sektöründe projelendirme, imalat, taahhüt ve satış işleri yaparak tecrübe ve bilgi birikimi oluşturmıştır.

Süreç içinde geniş yelpazedeki faaliyet alanını daraltmış ve kanatlı borulu ısı eşanjörlerinde uzmanlaşarak Hava Soğutmalı Kondenserler, Soğuk Oda Evaporatörleri, Kuru Soğutucular, Sulu/Buharlı Hava Isıtıcı ve Soğutucular, Yağ Soğutucuları ile Isı Geri Kazanım Bataryalarının üretimine odaklanmıştır.

FRİTERM A.Ş. İstanbul Tuzla ve Dilovası Makine İhtisas OSB'de toplam 51.000 m² kapalı alana sahip iki üretim tesisi ve 350 den fazla yetkin personeli, modern makine ve donanımı ile sektörün hizmetindedir.



FRİTERM A.Ş. faaliyet alanındaki liderliğini ISO 9001:2015 Kalite Güvence Sistemini TÜV-NORD'dan sertifikalandırarak sürdürmenin gururunu tüm müşterileri ile paylaşmaktadır.

FRİTERM tarafından geliştirilen batarya tasarımı yazılımı FrtCoils 4.5, Sulu Hava Isıtma ve Soğutma Bataryaları için Eurovent Batarya (COIL) Programı kapsamında sertifikalıdır ve performans onaylıdır. Ek olarak Kuru soğutucu, Hava soğutmalı kondenser, Direkt genişlemeli (DX) HFC akışkanlı Hava Soğutucuları, CO₂ gaz soğutucuları ve CO₂ akışkanlı DX Hava Soğutucular ISI DEĞİŞTİRİCİ (HE)

programı kapsamında, Friterm yüksek verimli ısı geri kazanım bataryaları da HRS- COIL programı kapsamında Eurovent sertifikalıdır.

Tüm FRİTERM ürünleri ilgili Avrupa yeni yaklaşım direktifine uygun olarak üretilmektedir. Ürünlerin CE işaretlemesi güncel Avrupa Birliği Direktiflerine uygun olarak yapılmaktadır.

Ayrıca, Rusya Federasyonu ve BDT (Bağımsız Devletler Topluluğu) ülkelerine yapılan ihracatlarda zorunlu olan EAC belgelendirilmesi tüm FRİTERM ürünleri için tamamlanmıştır.

FRİTERM A.Ş. mutlak müşteri memnuniyetini esas almakta, Araştırma - Geliştirme ve özgün tasarıma önem vererek ürünlerinde fark yaratmaktadır.

FRİTERM A.Ş. kalite politikasını "Topluma ve çevreye duyarlı, müşteri memnuniyetini en üst düzeyde karşılayan, kaliteli, ekonomik ürün ve hizmeti zamanında sunan, yenilikçi, sürekli iyileştirmeler ile sistemini geliştiren Dünya lideri takımlardan biri olmaktır" olarak ortaya koymuştur.

Not: Katalogdaki değerlerin müşteriye haber vermeden değiştirilme hakkı tarafımızdan saklı tutulmaktadır.

FRİTERM A.Ş. was founded in 1979. In the first years, the company has worked as contractor for the applications of various industrial cooling, commercial cooling and air-conditioning projects. In the meantime, FRİTERM has specialized on finned tube type heat exchangers and focused on the production of Air Cooled Condensers, Air Coolers, Dry Coolers, Water/Steam Air Heaters and Coolers, Oil Coolers and Heat Recovery Coils.

FRİTERM works for the AC, refrigeration, power plant markets with its two production plants having 51.000 m² closed area in Tuzla-Istanbul and Dilovası with more than 350 qualified and experienced staff and modern machinery park.

As being one of the leading manufacturers of finned tube type exchangers, FRİTERM meets the quality requirements of international markets. Quality management system of FRİTERM has been certified by TÜVNORD with ISO 9001:2015 Certification.

FrtCoils 4.5, FRİTERM's in-house developed software for the design of finned tube type heat exchangers, is certified by Eurovent Certita Certification SAS under the Coils programme (COIL) for Forced Circulation Air Cooling and Heating Coils. In addition, Direct Expansion (DX) Air Coolers using HFC, DX Air Coolers using CO₂, Air Cooled Condensers, CO₂ Gas Coolers and Dry Coolers are certified under the Heat Exchanger programme (HE), as well as the high efficiency heat exchangers for heat recovery systems with intermediate heat transfer fluid (coil energy recovery loop systems) under the Twin coils heat exchangers programme (HRS-COIL).

The 'Certify-all' principle is currently applicable for the relevant certification programmes at least to the European market but each certification programme may implement larger applications as defined in the current version of the ECP Certification Manual.

All FRİTERM products are manufactured in accordance with the current relevant European standards and are CE-labelled in accordance with the applicable EU directives.

Furthermore, FRİTERM products have EAC Certification for export to Russian Federation and CIS (Commonwealth of Independent States).

FRİTERM sees absolute customer satisfaction as the basis of its mission. Thanks to a qualified and competent research and development team, FRİTERM distinguishes itself in its products through original designs and optimised solutions.

FRİTERM's quality policy is 'to be one of the world's leading innovative teams, to improve its processes through continuous development and to provide high quality, economical products and services with precise delivery times that fulfil full customer satisfaction while being environmentally friendly'.

Note: Friterm reserves the right to make modifications in the catalog at any time without prior notice.

FRİTERM A.Ş. wurde im Jahr 1979 gegründet. In den ersten Jahren war das Unternehmen als Auftragnehmer für verschiedene Projekte in den Bereichen industrielle Kühlung, gewerbliche Kühlung und Klimatisierung tätig. In der Zwischenzeit hat sich FRİTERM auf Lamellenwärmeübertrager spezialisiert und sich auf die Produktion von luftgekühlten Verflüssigern, Luftkühlern, Trockenkühlern, Wasser-/Dampf-Lufterhitzern und -kühlern, Ölkühlern und Wärmeübertragern zur Wärmerückgewinnung konzentriert.

FRİTERM produziert mit den zwei Produktionsstätten in Tuzla/Istanbul und Dilovası/Kocaeli mit einer gesamten Produktionsfläche von 51.000 m² und mehr als 350 qualifizierten und erfahrenen Mitarbeitern sowie einem modernen Maschinenpark Produkte für die Kälte- und Klimatechnik und den Kraftwerksbereich.

Als einer der führenden Hersteller von Lamellenwärmeübertragern erfüllt FRİTERM die Qualitätsanforderungen der internationalen Märkte. Das Qualitätssicherungssystem von FRİTERM wurde vom TÜV NORD gemäß ISO 9001:2015 zertifiziert.

FrtCoils 4.5, die von FRİTERM selbst entwickelte Software für die Auslegung von Lamellenwärmeübertragern, ist von Eurovent Certita Certification SAS im Rahmen des Coils-Programms (COIL) für Luftkühler und Lufterhitzer mit erzwungener Konvektion zertifiziert. Darüber hinaus sind Direktverdampfungs (DX)-Luftkühler mit HFKW, DX-Luftkühler mit CO₂, luftgekühlte Verflüssiger, CO₂-Gaskühler und Trockenkühler im Rahmen des Heat exchanger Programms (HE) sowie die hocheffizienten Wärmeübertrager für Wärmerückgewinnungssysteme mit zwischengeschaltetem Wärmeträgerfluid (KVS-WRG-Systeme) im Rahmen des Twin coils heat exchangers Programms (HRS-COIL) zertifiziert.

Das „Certify-all“-Prinzip gilt derzeit für die entsprechenden Zertifizierungsprogramme zumindest für den europäischen Markt, aber jedes Zertifizierungsprogramm kann größere Anwendungen umsetzen, wie in der aktuellen Version des ECP-Zertifizierungshandbuchs definiert.

Alle FRİTERM-Produkte werden nach den aktuell gültigen europäischen Normen hergestellt und sind gemäß den geltenden EU-Richtlinien mit dem CE-Zeichen versehen. Darüber hinaus verfügen die FRİTERM-Produkte über die EAC-Zertifizierung für den Export in die Russische Föderation und die GUS (Gemeinschaft Unabhängiger Staaten).

FRİTERM sieht die absolute Kundenzufriedenheit als Grundlage seiner Mission. Dank eines qualifizierten und kompetenten Forschungs- und Entwicklungsteams zeichnet sich FRİTERM bei seinen Produkten durch originelle Designs und optimierte Lösungen aus.

Die Qualitätspolitik von FRİTERM besteht darin, „eines der weltweit führenden Innovationsteams zu sein, seine Prozesse durch kontinuierliche Entwicklung zu verbessern und qualitativ hochwertige, wirtschaftliche Produkte und Dienstleistungen mit präzisen Lieferzeiten zu liefern, die die volle Kundenzufriedenheit erfüllen und gleichzeitig umweltfreundlich sind“.

Hinweis: FRİTERM behält sich das Recht vor, jederzeit ohne vorherige Ankündigung Änderungen am Katalog vorzunehmen.

