



tmmob
makina mühendisleri odası
izmir şubesi

Su Soğutmalı VRF Sistem Yaklaşımları

Yalım Atalay
Makina Y. Mühendisi

16 Kasım 2019 / İzmir

Özgeçmiş

Yalım Atalay

Makina Y. Mühendisi

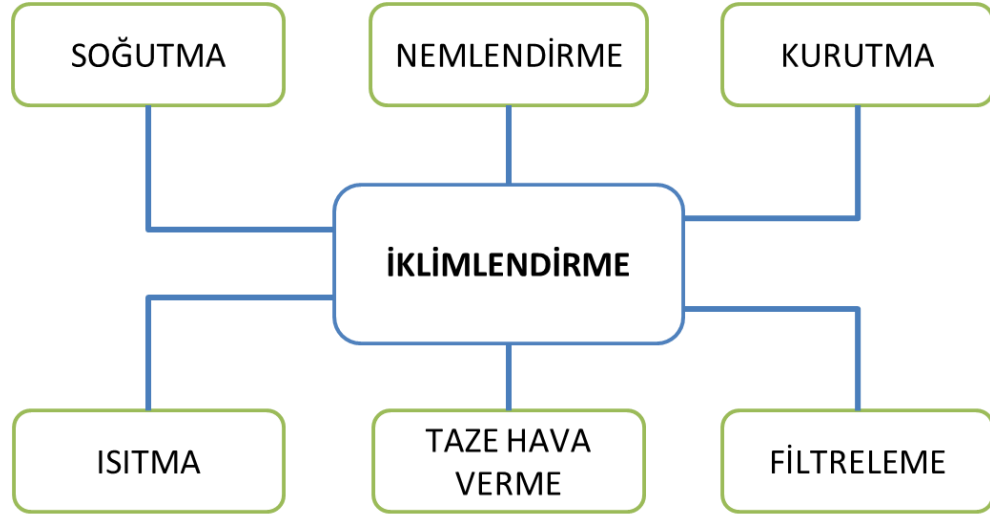
1990 yılında Gazi Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. 1996 yılına kadar aynı bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmış ve NATO Science for Stability programı kapsamında "Konvansiyonel Yakma Sistemlerinden Kaynaklanan Hava Kirleticilerin Azaltılması" konusunda yazdığı tezi ile yüksek lisansını tamamlamıştır.

1997-2010 yılları arasında Alarko Carrier San. Tic. A.Ş. 'de çeşitli kademelerde görev almıştır. 2010-2016 yılları arasında kurucu ortağı olduğu Margem Enerji Mühendislik Ltd. Şti. 'de HVAC ve enerji yönetim sistemleri konularında çalışmıştır. 2016 yılından itibaren kurucu ortağı olduğu Üntes VRF Klima Sistemleri A.Ş. 'de Genel Müdür olarak görev yapmaktadır.

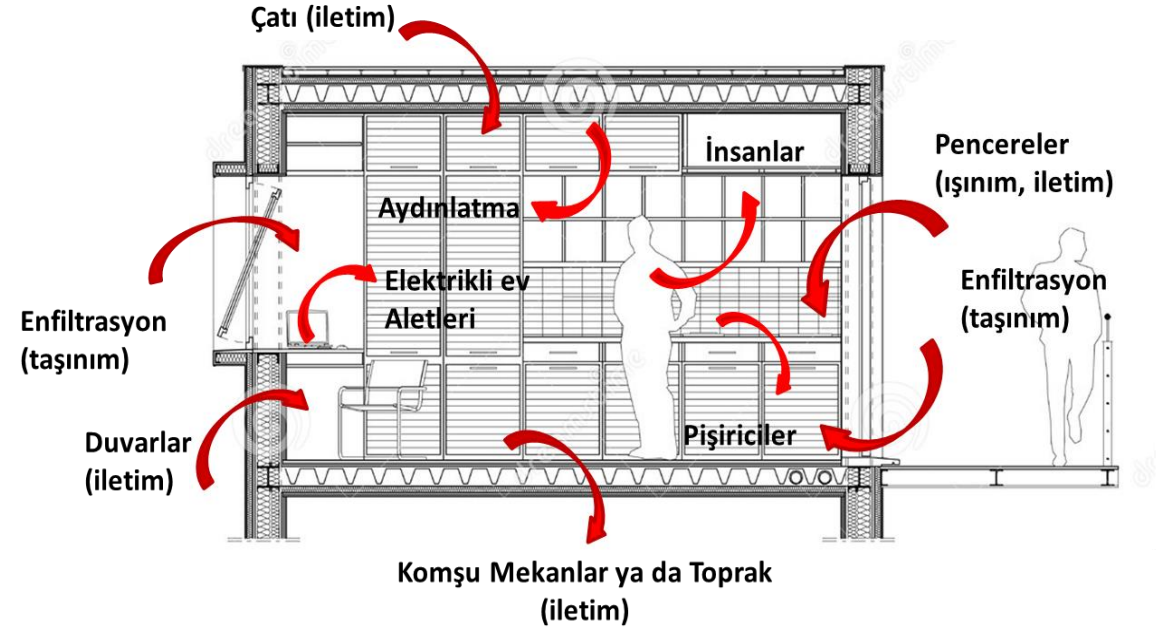
MMO Mekanik Tesisat Uzman Mühendis Sertifikasına ve EİEİ Enerji Yöneticisi Sertifikasına sahiptir. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından verilen BEP eğitim programında eğitmen olarak görev almaktadır. Makina Mühendisleri Odası ve Türk Tesisat Mühendisleri Derneği üyesidir.

giriş

İklimlendirme



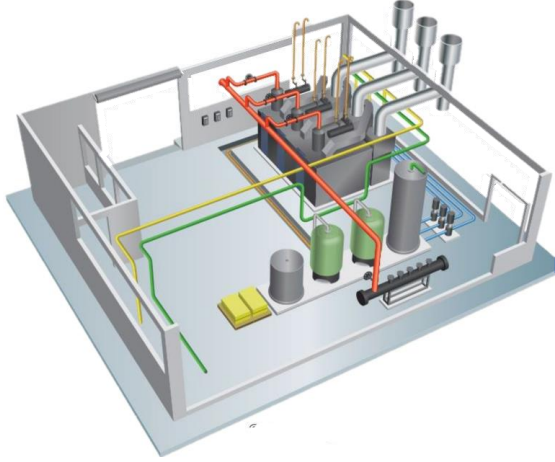
İklimlendirme, konfor ya da bir prosesin ihtiyaçları gereği kapalı bir ortam havasının; sıcaklık, nem ve hava kalitesinin değiştirilmesidir.



Soğutma, ilgili ortamın iç ve dış kaynaklardan kazandığı ısının ortamdaki uzaklaştırılmasıdır.

Isıtma, ilgili ortamın kaybettiği ısının başka bir kaynaktan sağlanması yani o ortama ısı enerjisinin aktarılmasıdır.

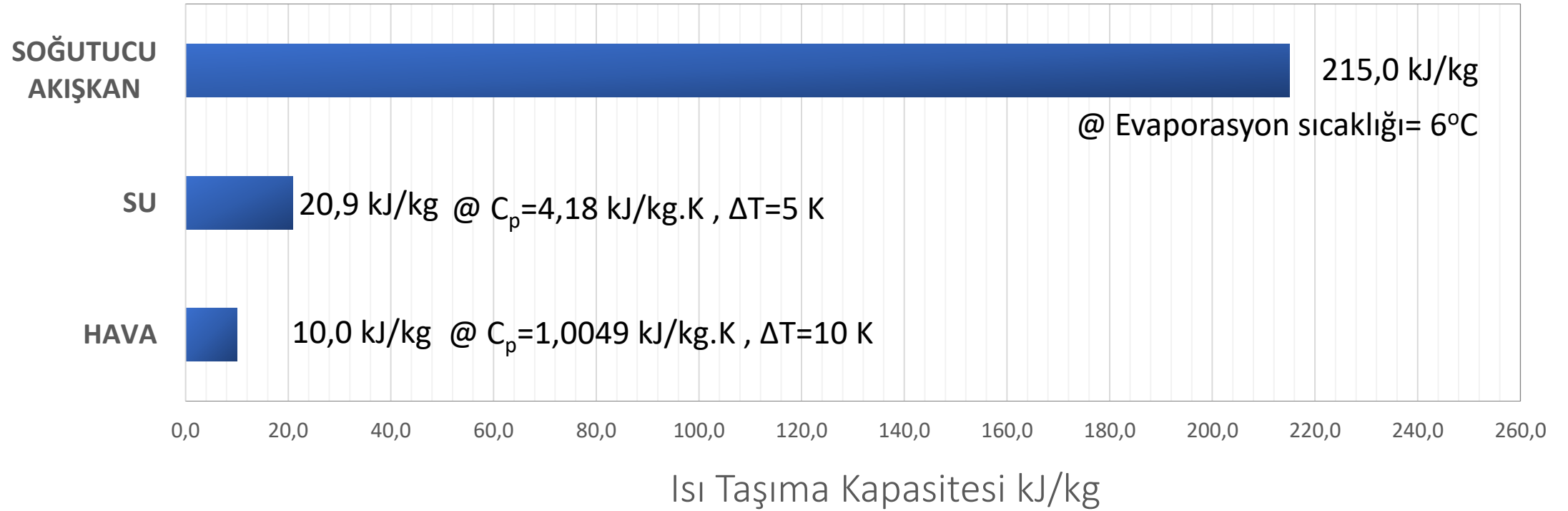
Isının iletimi



İklimlendirme sistemleri her zaman iklimlendirme ihtiyacı olan mekana konulamazlar, dolayısıyla prosesin yapıldığı merkezle ihtiyaç olan mekan arasında soğuk (ya da sıcak) bir medyanın transfer edilmesi gerekir.



Hangi taşıyıcı?



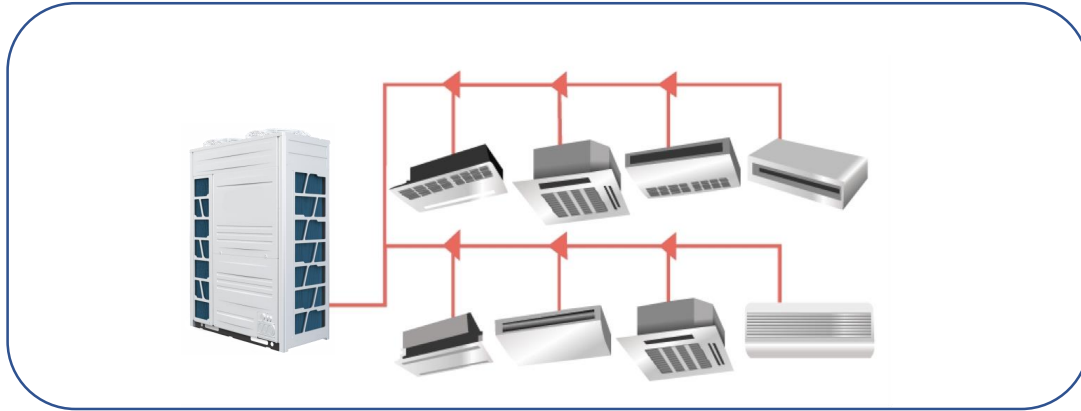
Sistem seçimi



Tam Havalı Sistemler



Tam Sulu Sistemler

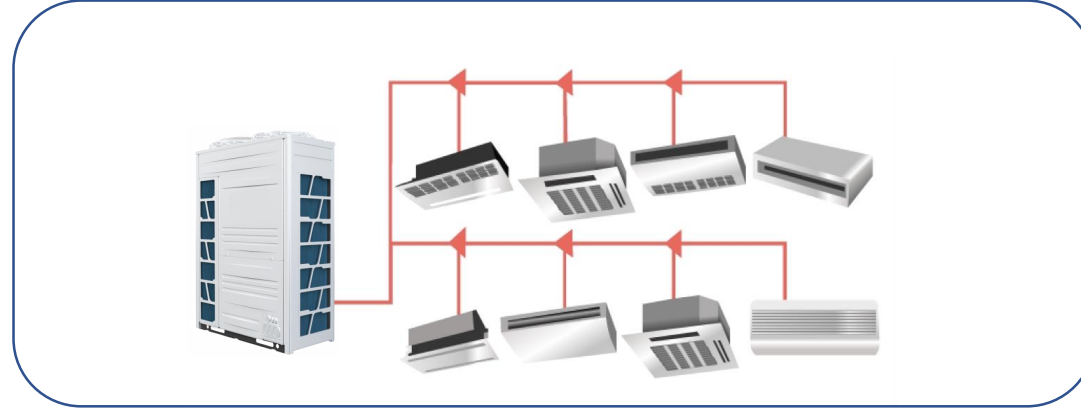


DX Sistemler



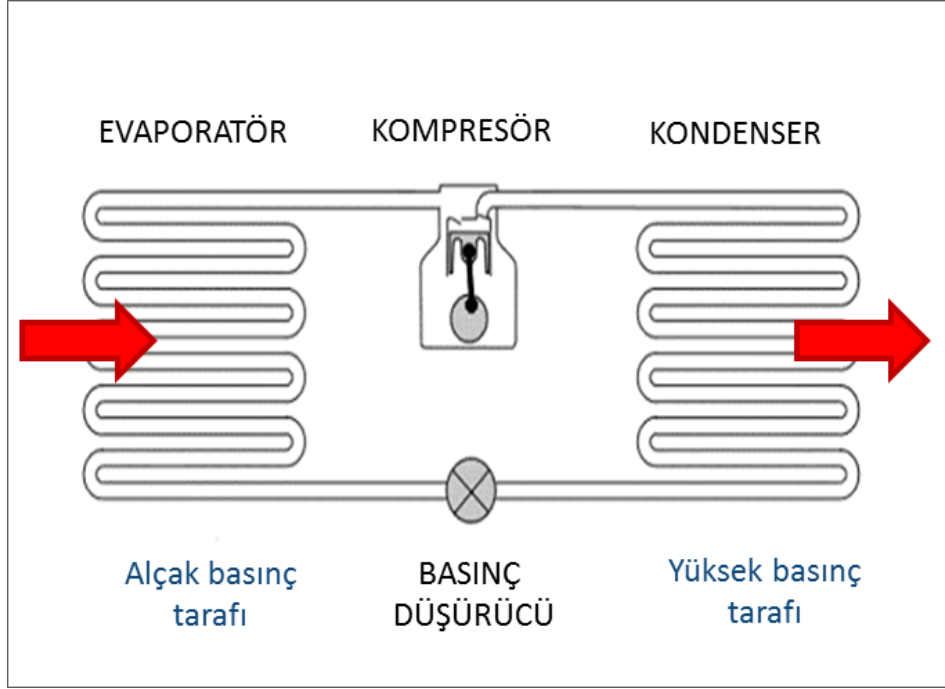
Hibrit Sistemler

VRF sistemleri

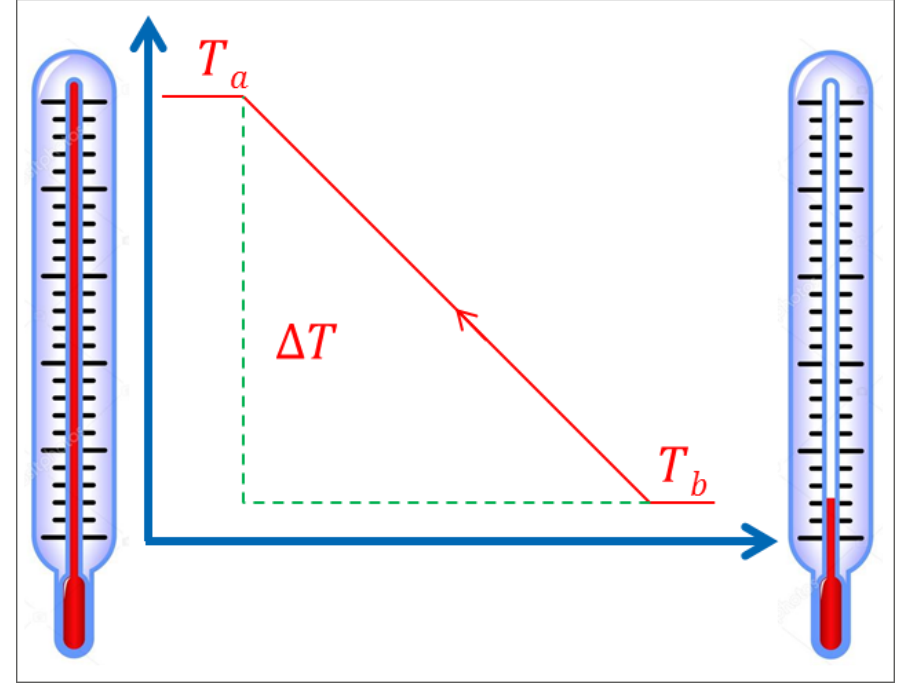


DX Sistemler

Mekanik ısıtma, soğutma

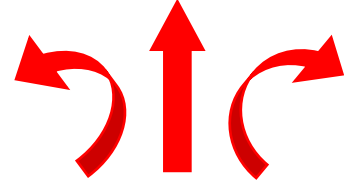


Soğutkanların (örneğin R410a) yüksek basınç altında yoğuşabilmek için taşıdığı ısıyı dışarı vermesi ve düşük basınç altında buharlaşabilmek için ortamdan ısı çekmesine dayanan soğutma, ısıtma metodudur.

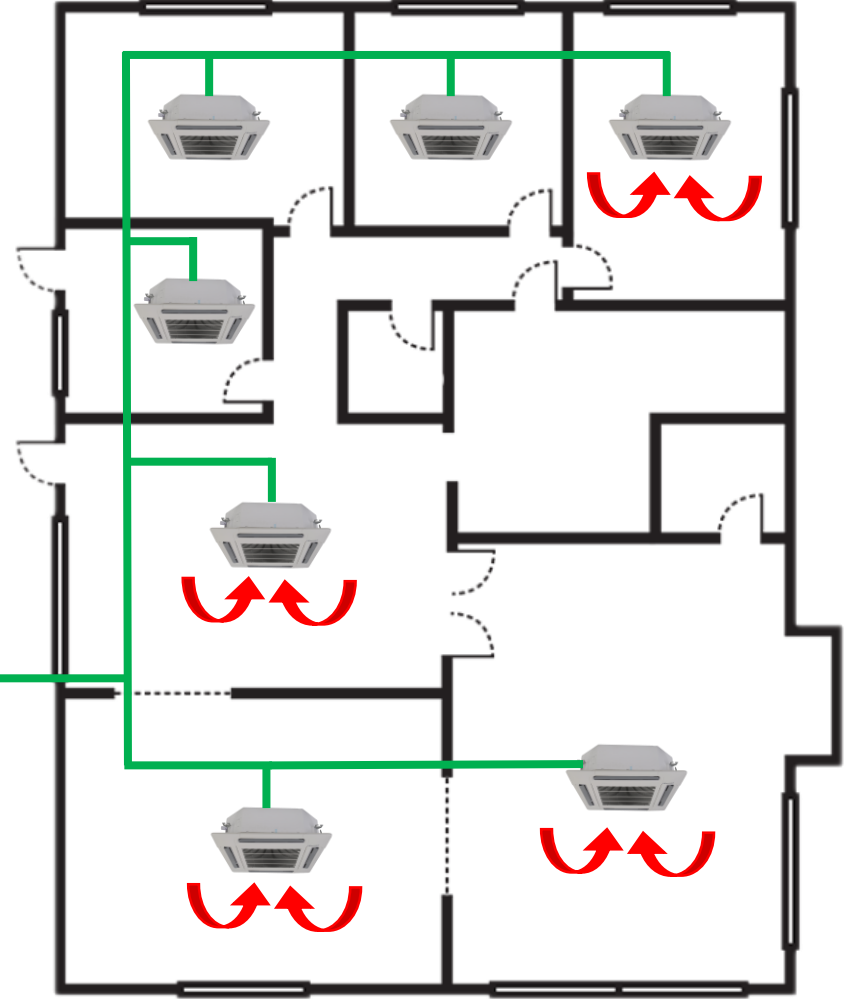


Diğer bir deyişle, ısının bir mecradan kendisinden daha sıcak olan bir mecraya zorlanmış olarak pompalandığı sistemlerdir ve ısı pompası olarak da anılırlar. Ortam sıcaklıkları arasındaki fark (ΔT) ne kadar fazlaysa ısının pompalanması için harcanan enerjisi o kadar fazla olacaktır.

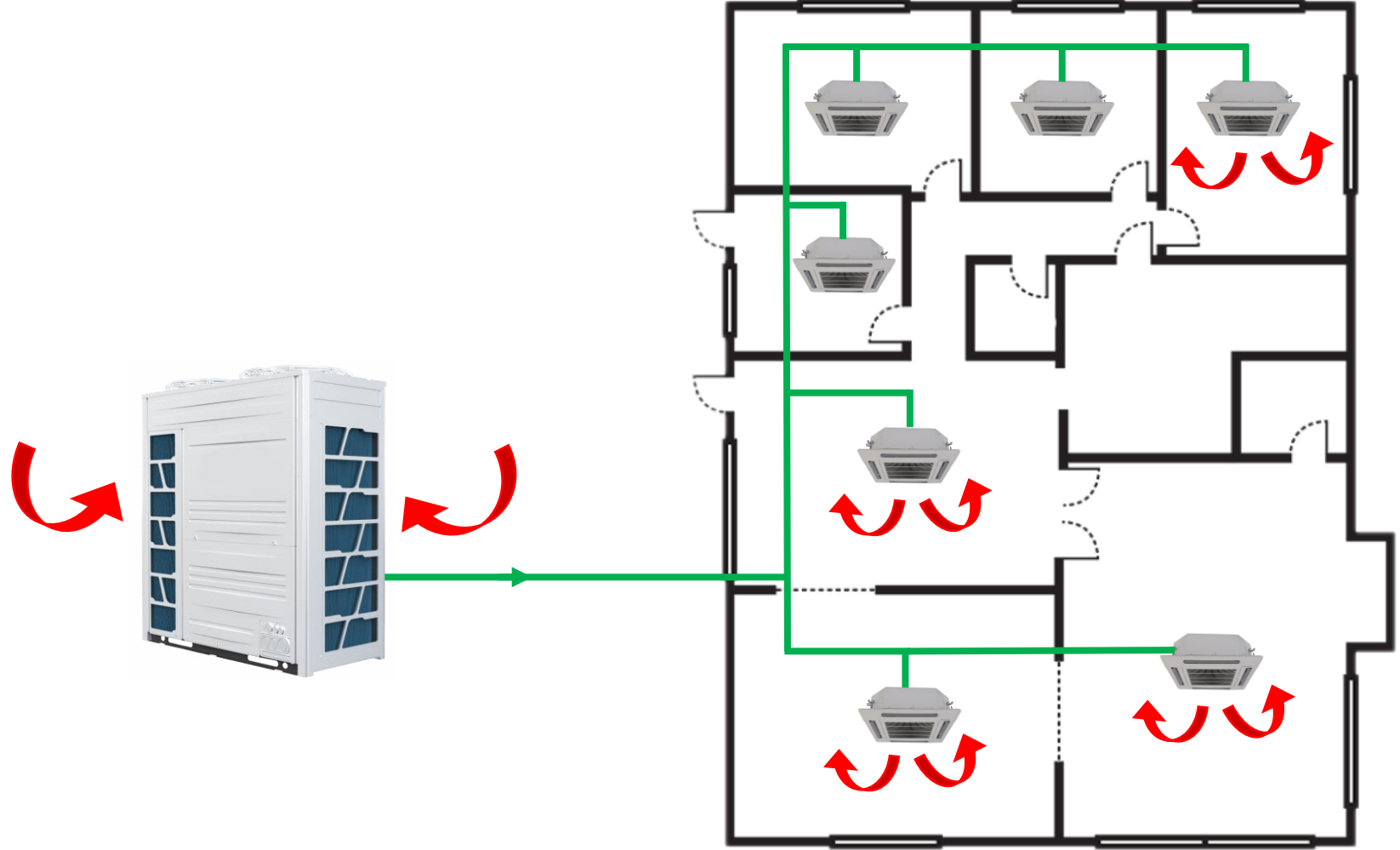
Hava soğutmalı VRF sistemleri



Hava soğutmalı VRF dış ünitelerde soğutucu akışkandan dış havaya ısı transferi boru kanatçık tipi ısı değıştirgeçleri vasıtasıyla yapılır.

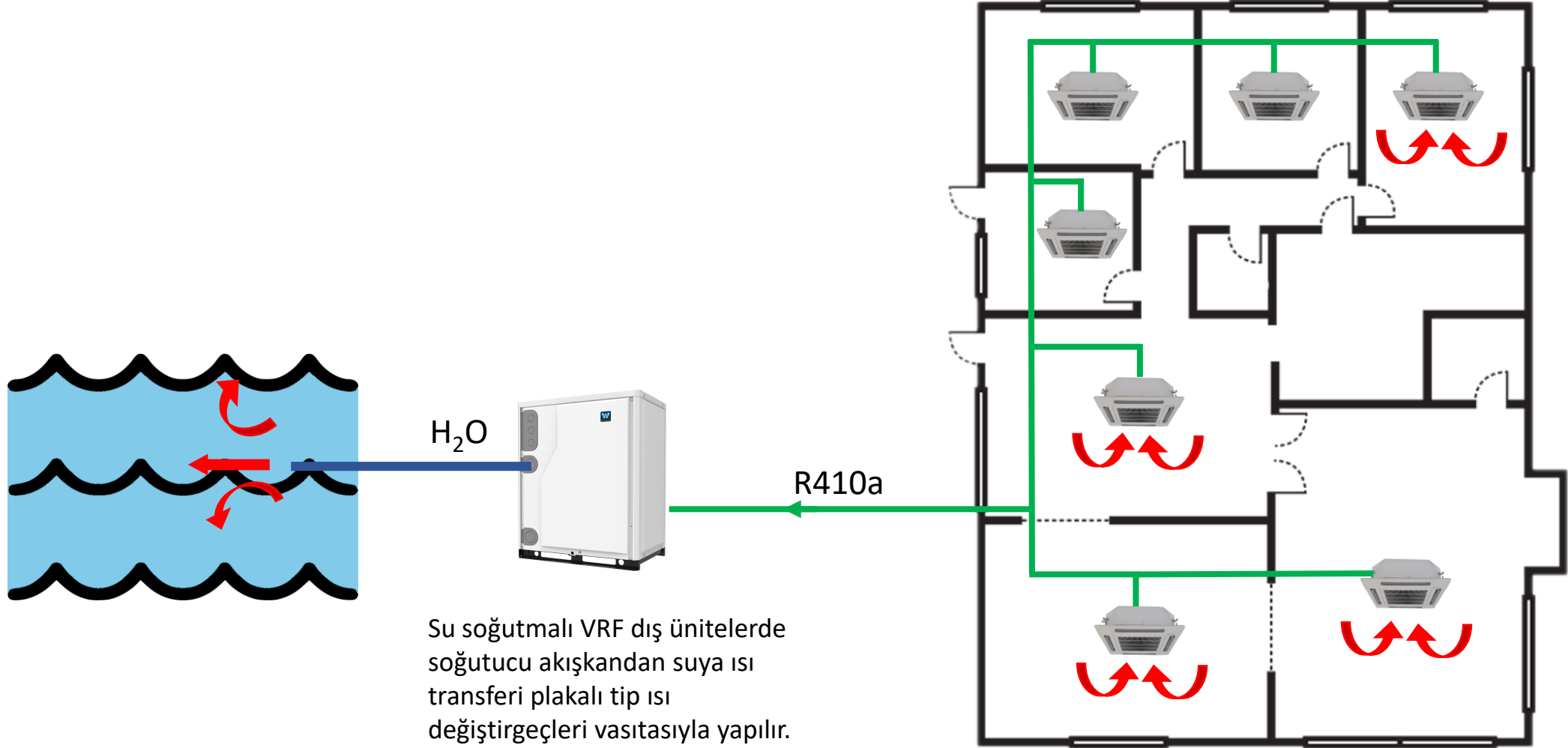


Hava soğutmalı VRF sistemleri

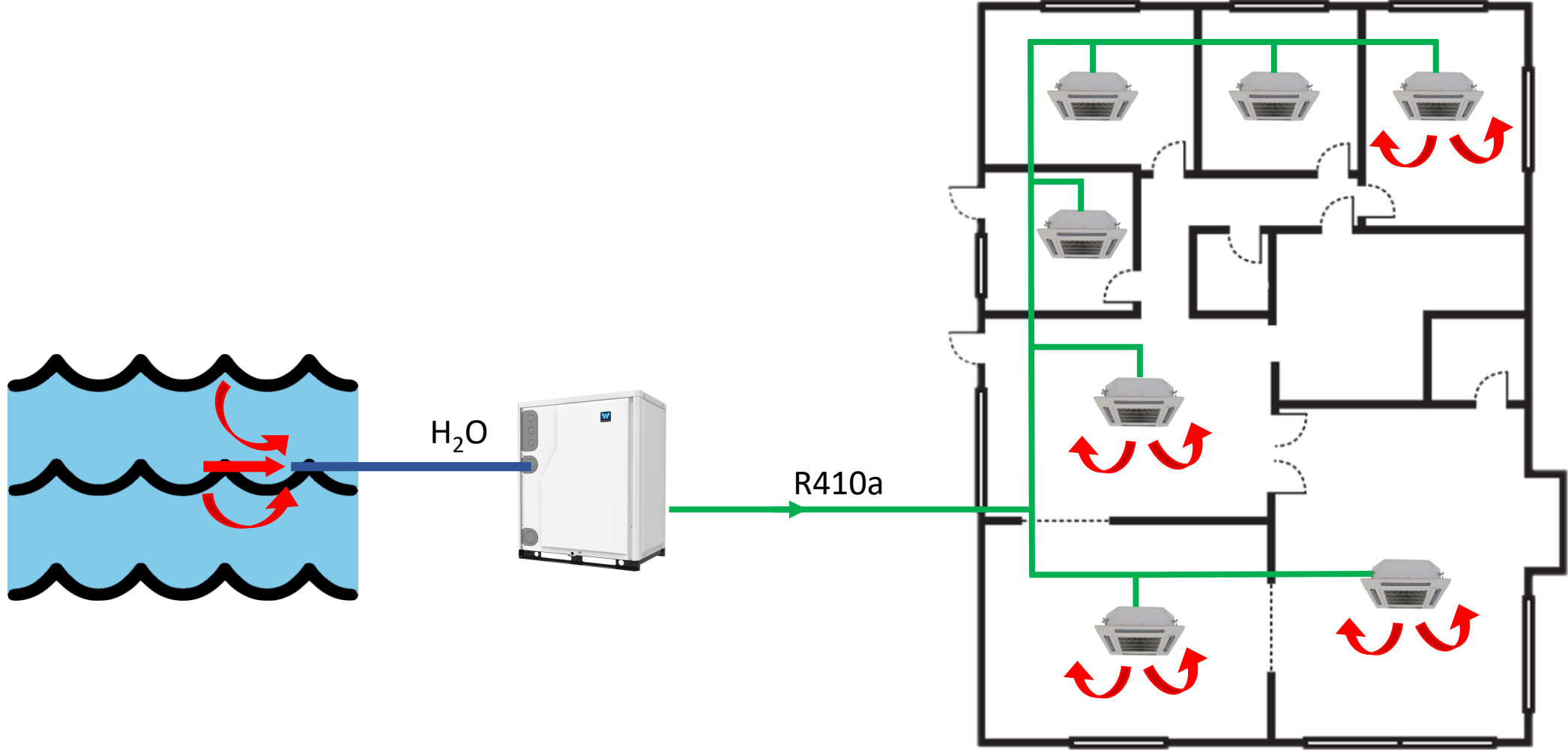




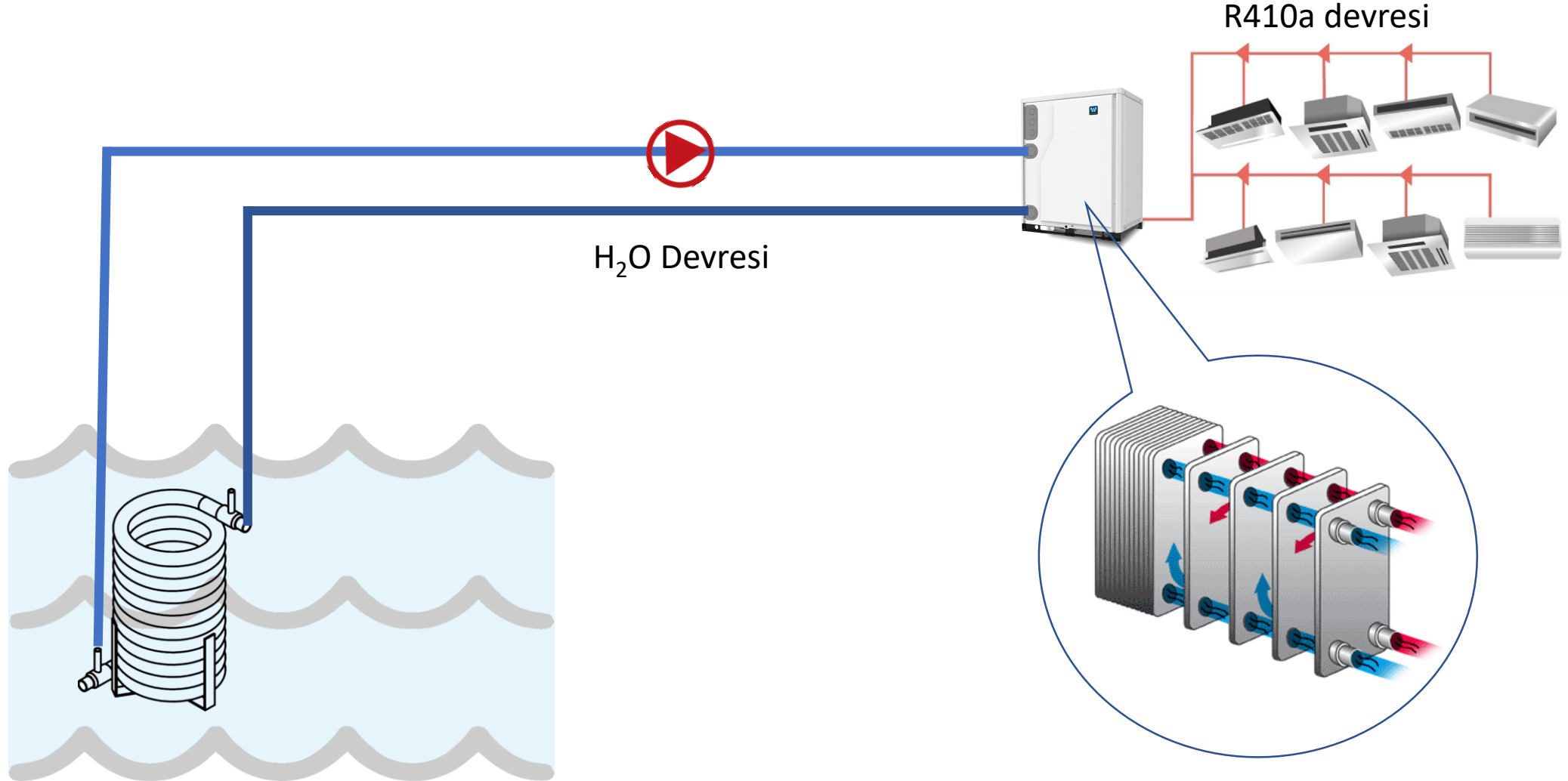
Su soğutmalı VRF sistemleri



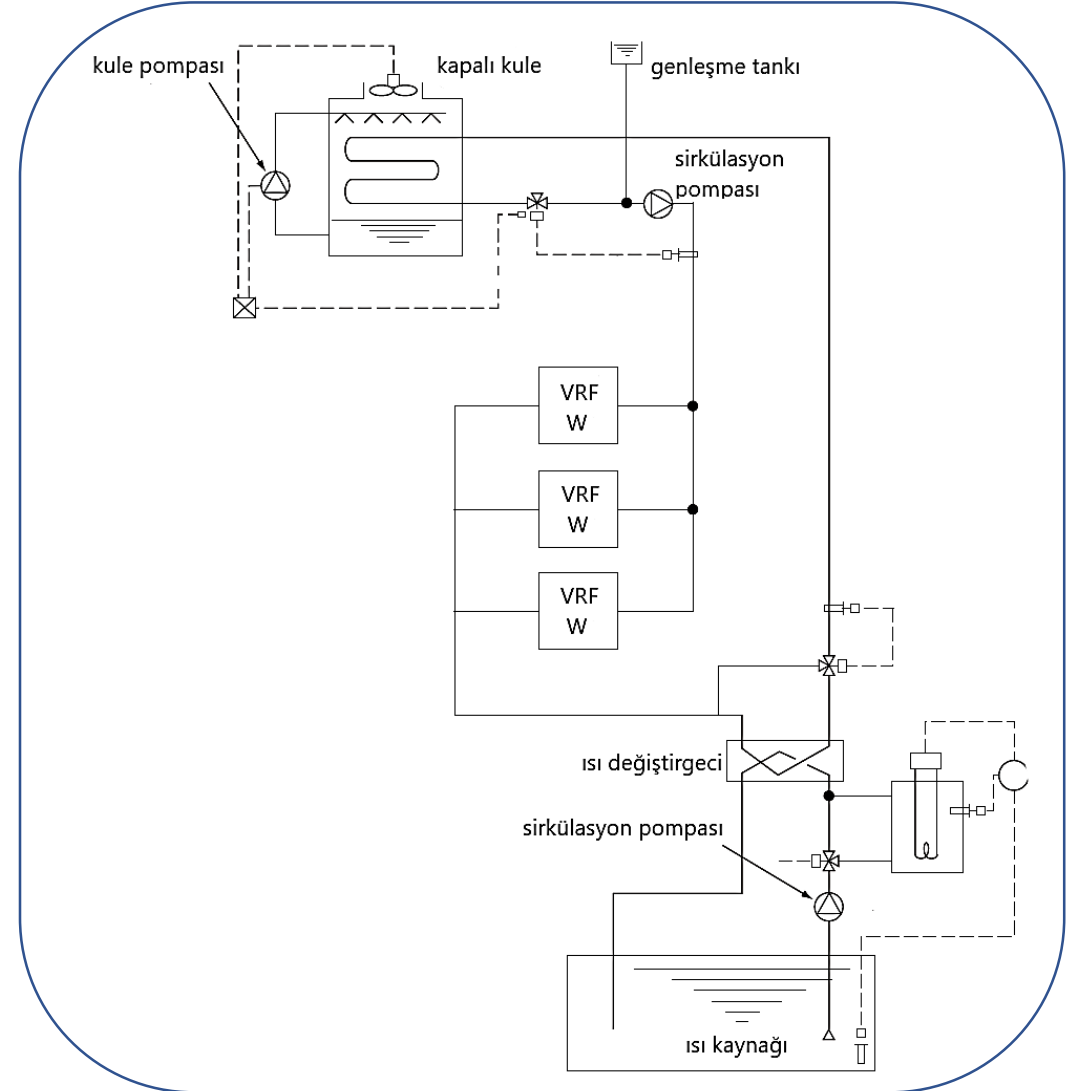
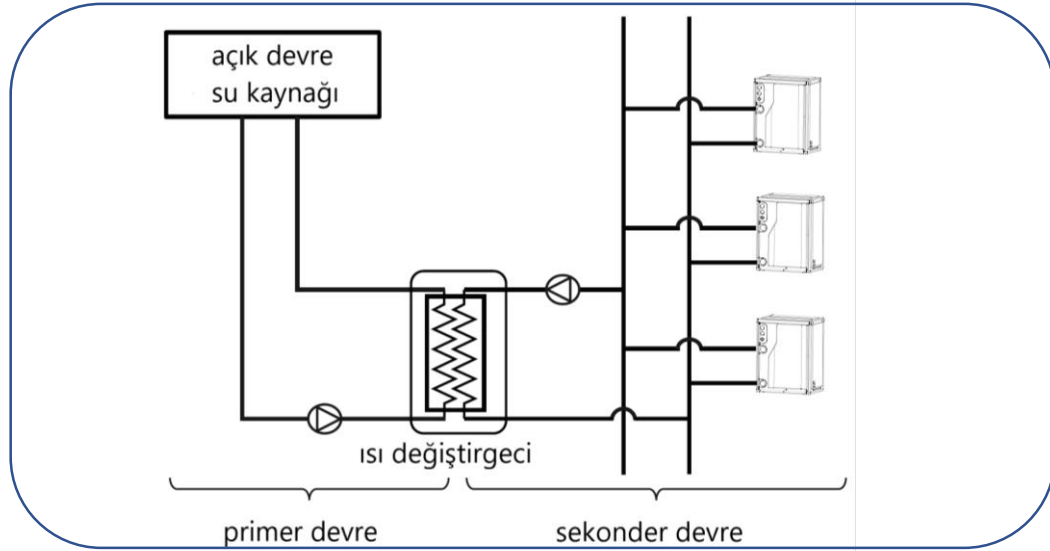
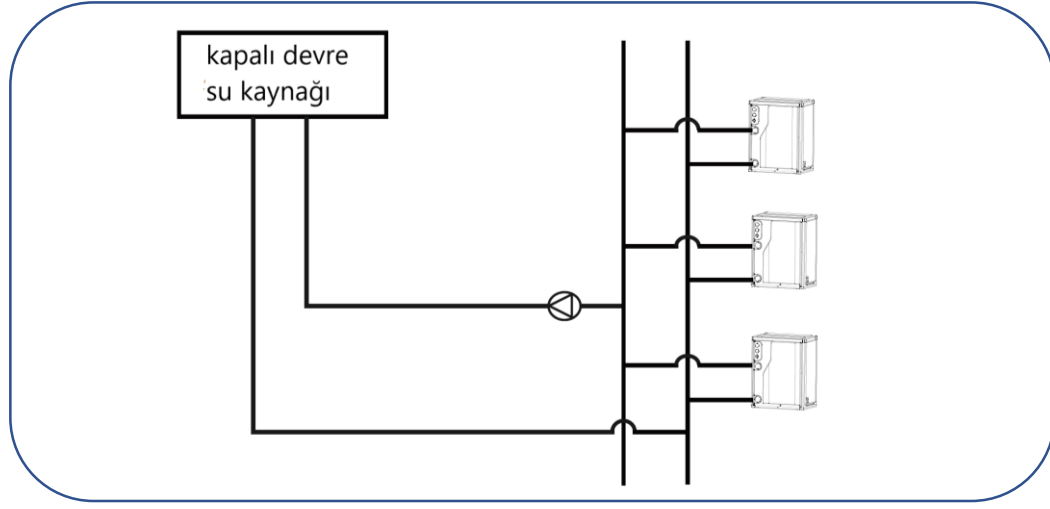
Su soğutmalı VRF sistemleri



Temel sistem şeması



Sistem şeması



The image features a solid teal background. In the center, there are two vertical white bars of equal height and width, positioned side-by-side to form a pause symbol. The background is decorated with several large, overlapping, semi-transparent teal shapes of varying shades, including circles and curved lines, creating a layered, abstract effect.

||

Isı transferi imkanları



Bina Su Çevrimi Sistemi



Kentsel Pis Su, Geri Dönüştürülmüş Su
Endüstriyel Atık



Deniz Suyu Kaynağının Kullanımı



Toprak Kaynağının Kullanımı



Yeraltı Sularının Kullanılması

Yer üstü suları



Yeraltı suları



Atık su rezervuarları



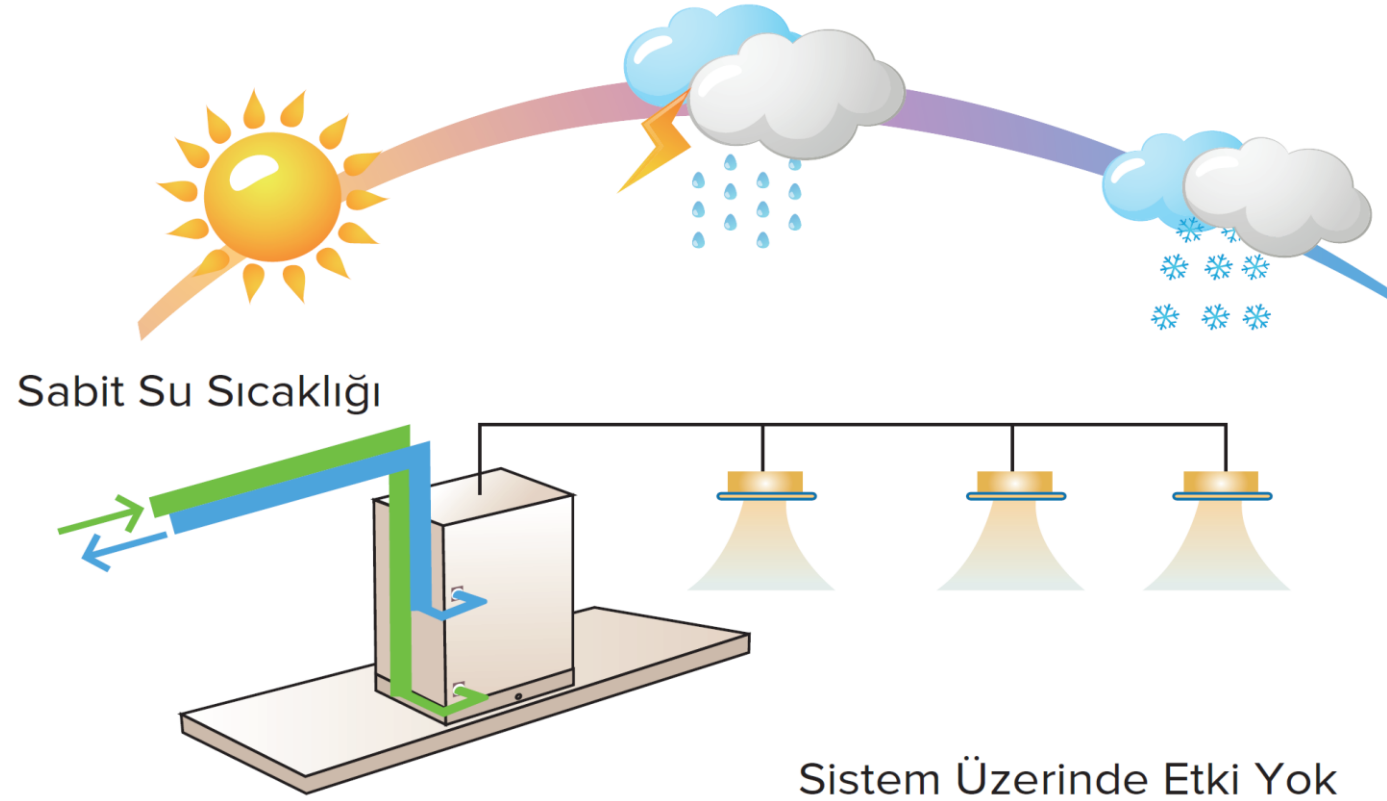
Su soğutma kuleleri



|||

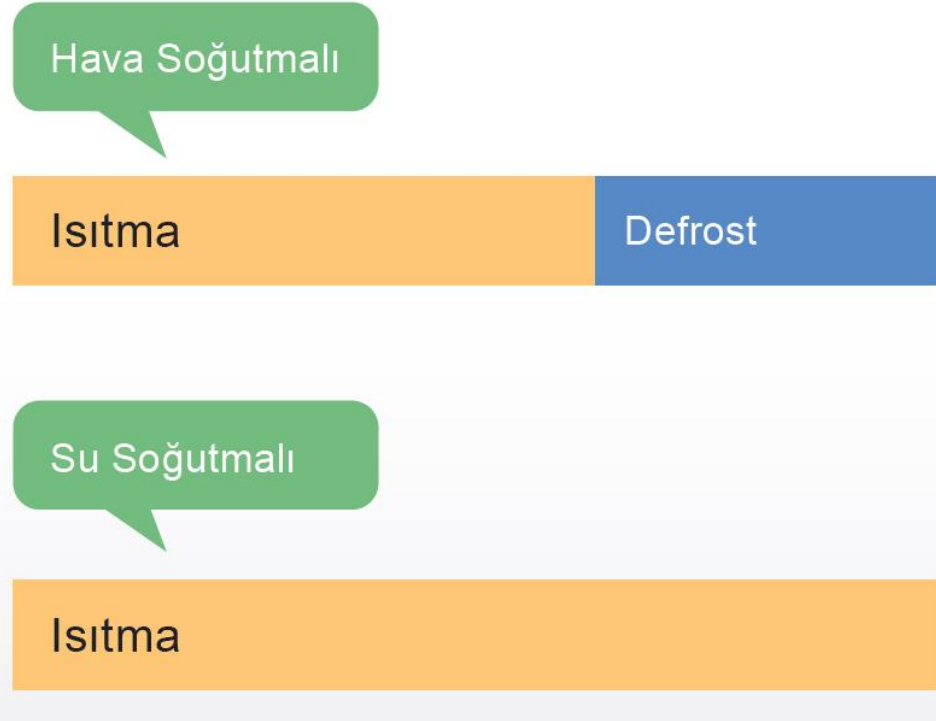
Dış hava sıcaklığından bağımsız çalışma

Hava soğutmalı VRF sistemleri gibi dış ortam hava sıcaklığından etkilenmezler.



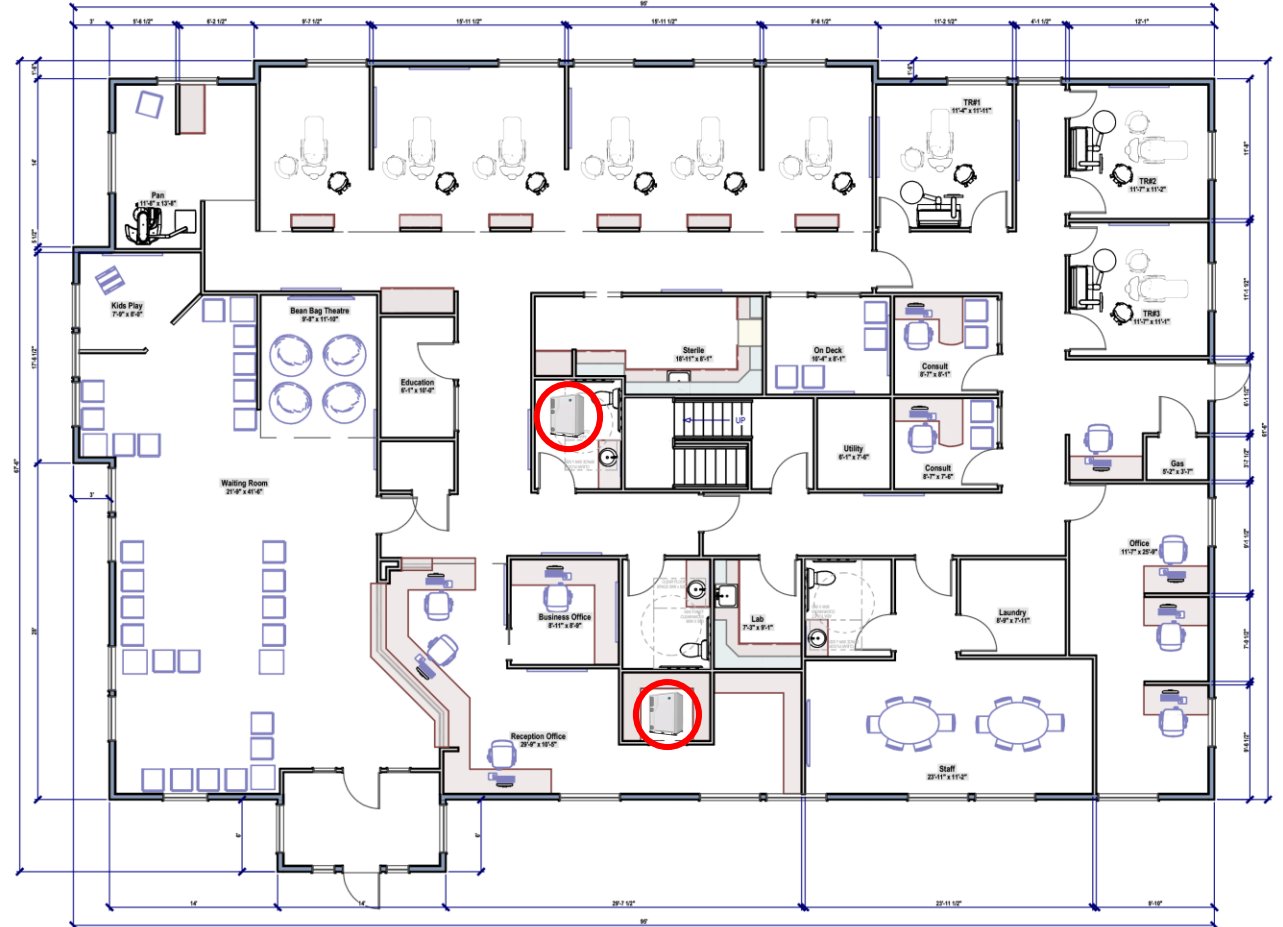
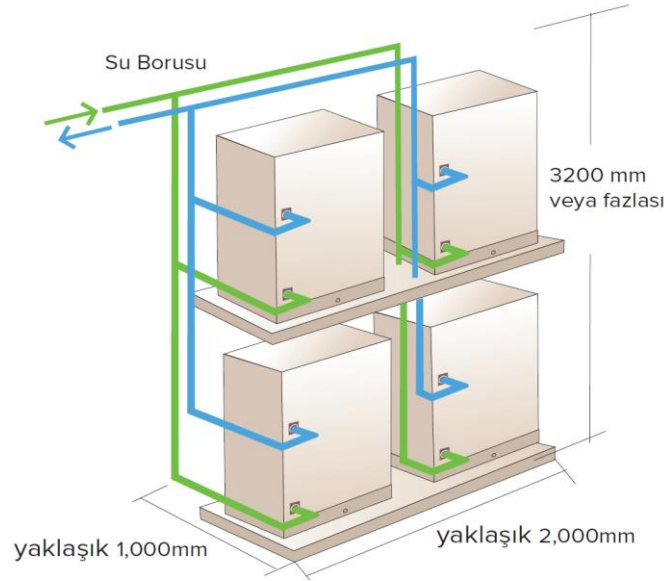
Dış hava sıcaklığından bağımsız çalışma

Düşük sıcaklıklarda performans kaybı ya da defrost gibi konfor düşürücü problemleri yoktur.



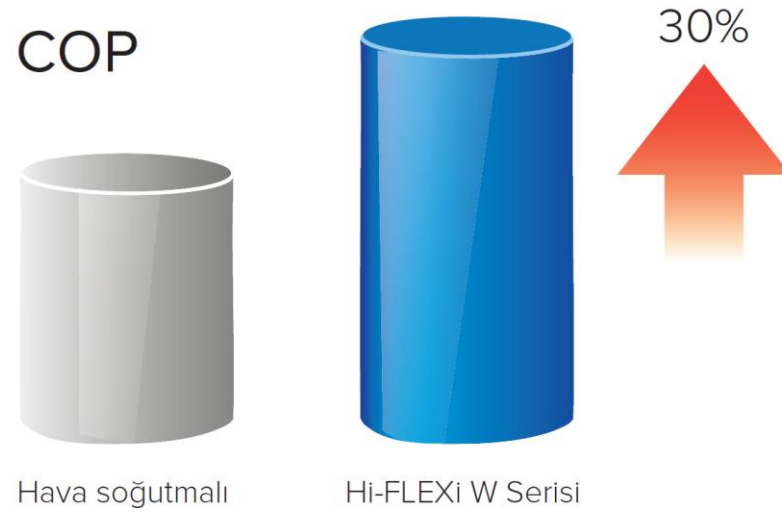
Modüler Yapı

Küçük boyutlarından dolayı bina içerisinde rahatlıkla saklanabilirler, elektronik devreleri soğutucu akışkanla soğutulduğundan buldukları odanın havalandırmasına ya da soğutulmasına ihtiyaç yoktur.



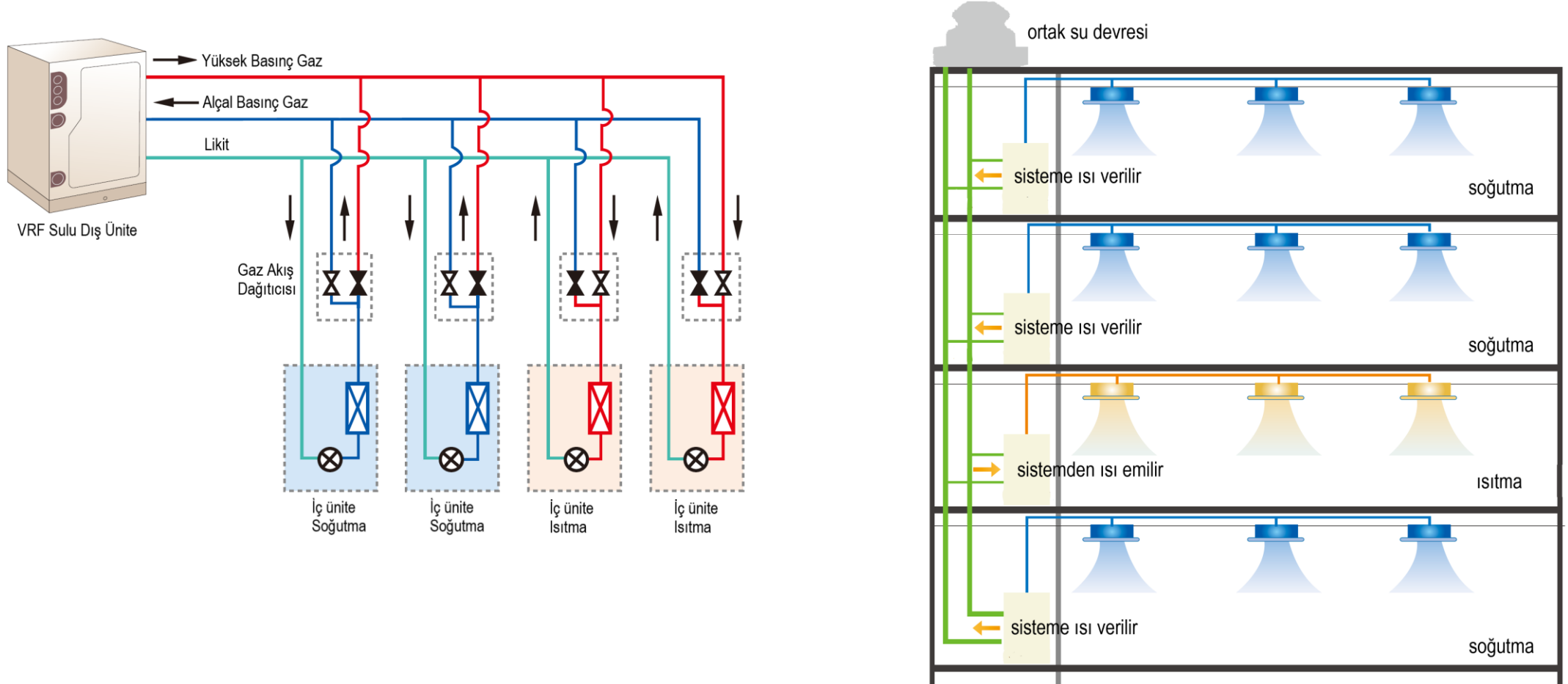
Yüksek verimlidirler

Hava soğutmalı VRF sistemlerine göre daha verimlidirler.



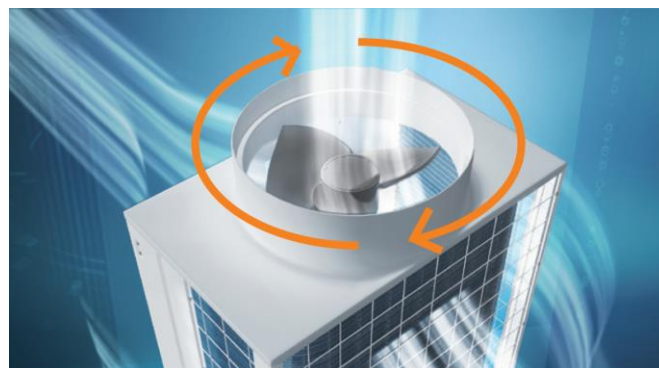
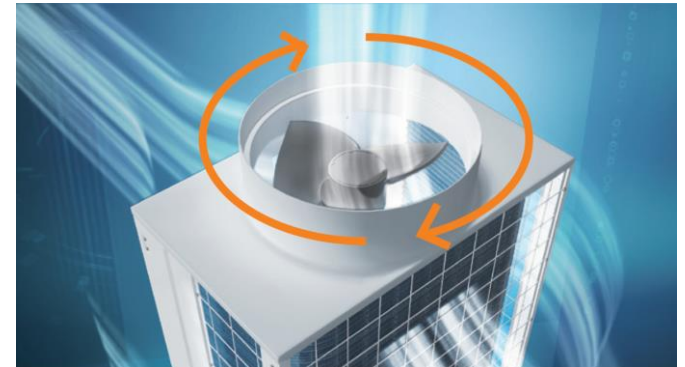
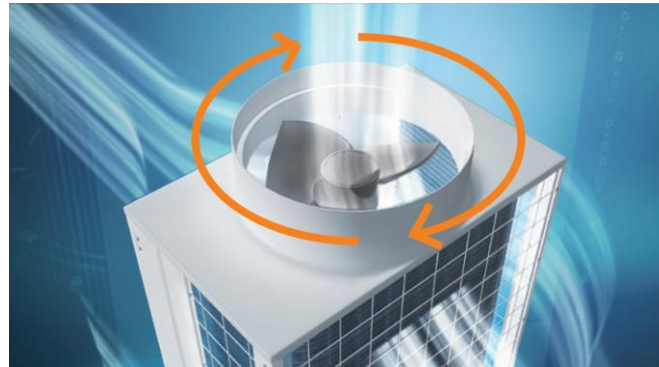
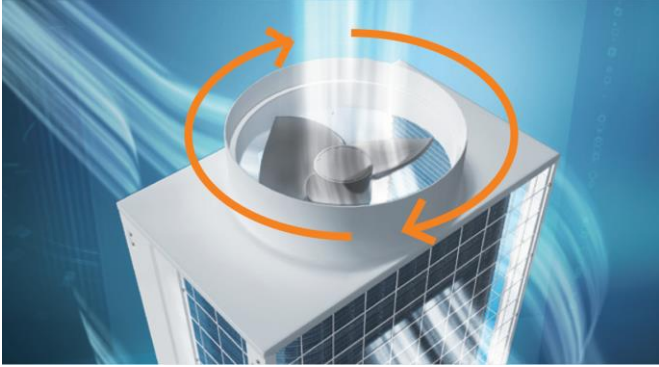
Çift kademeli ısı geri kazanımı vardır

Hem sistemin R410a tarafında hem su tarafında ısı geri kazanımı mümkündür.



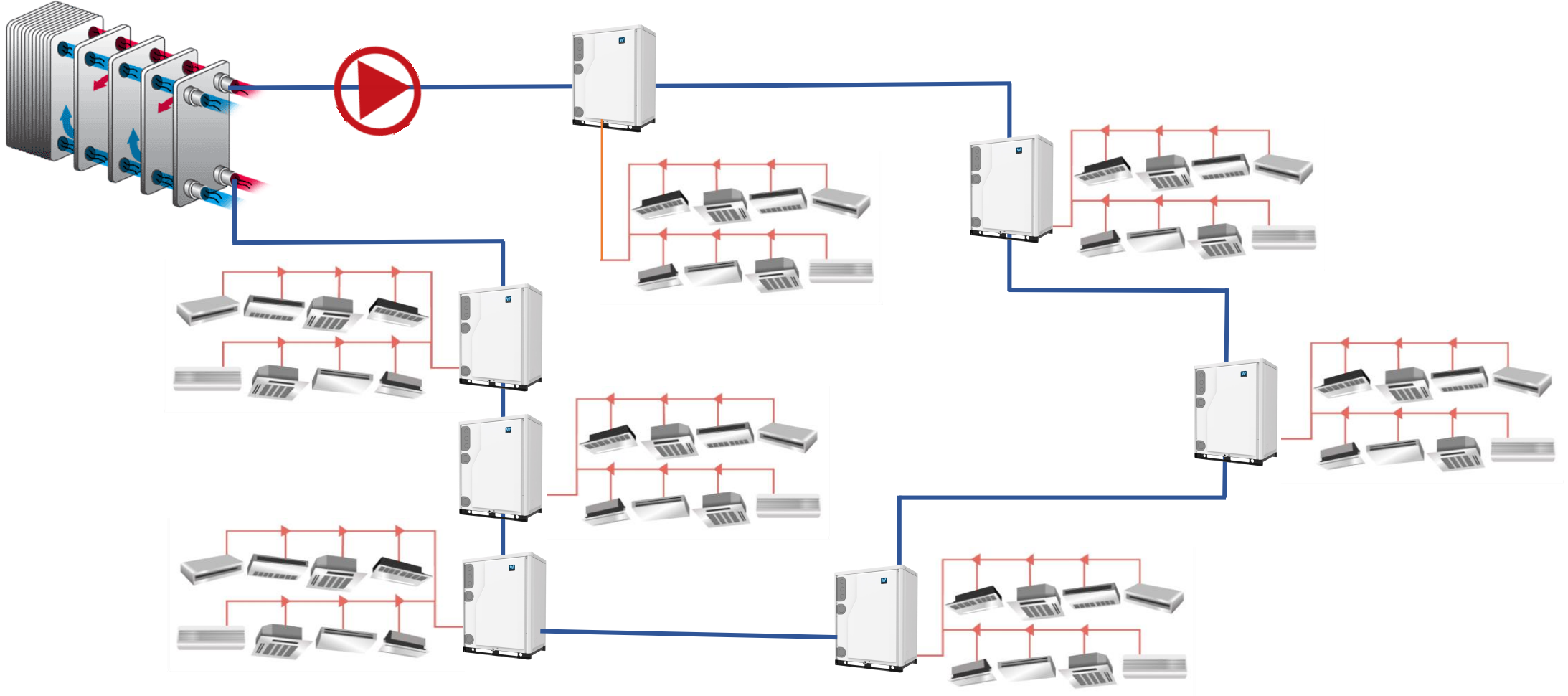
Dış ünitelerin hava sesi yoktur

Özellikle yer üstü ve yeraltı su kaynakları kullanıldığında dış ünitelerin hava akışından kaynaklanan ses problemi yoktur.

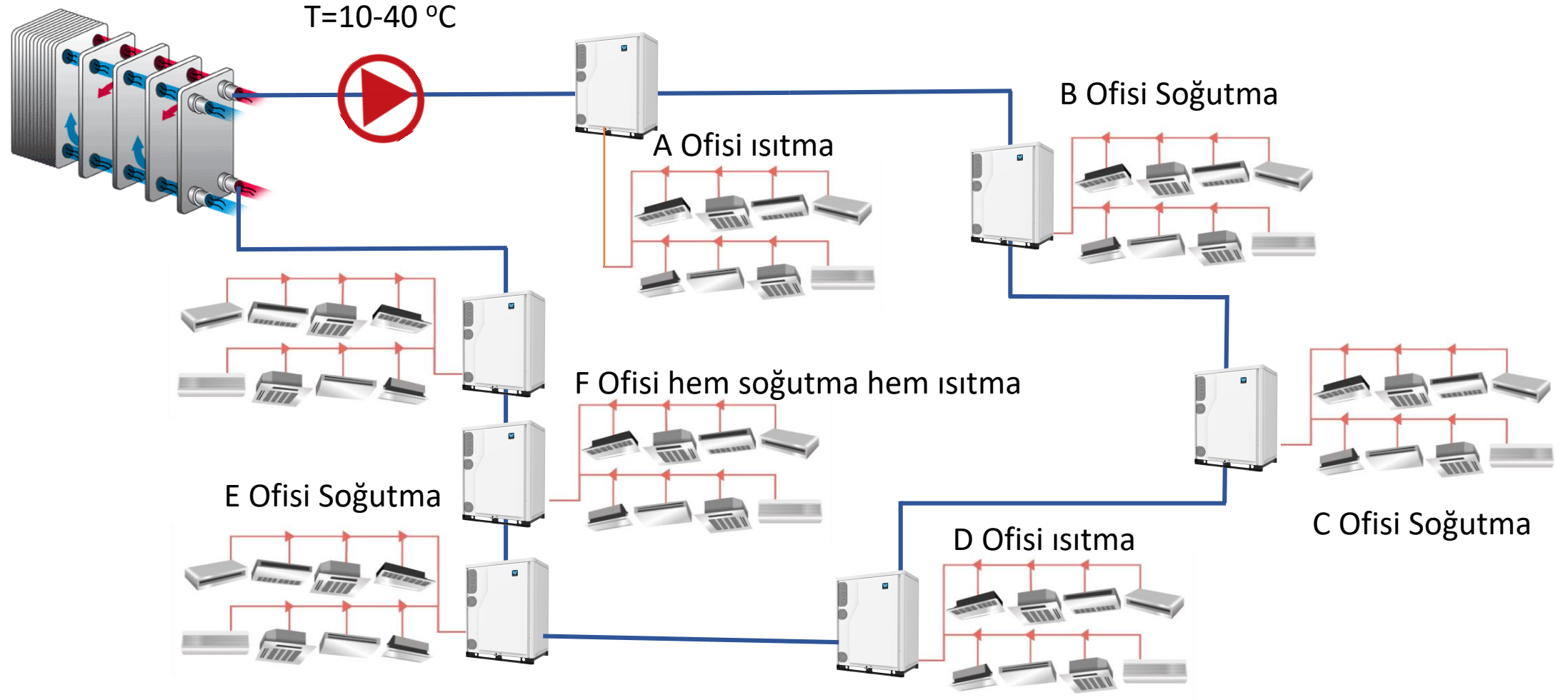


Esnek borulama

Sistem borulama sınırları sabit değil pompa gücüne bağlıdır.



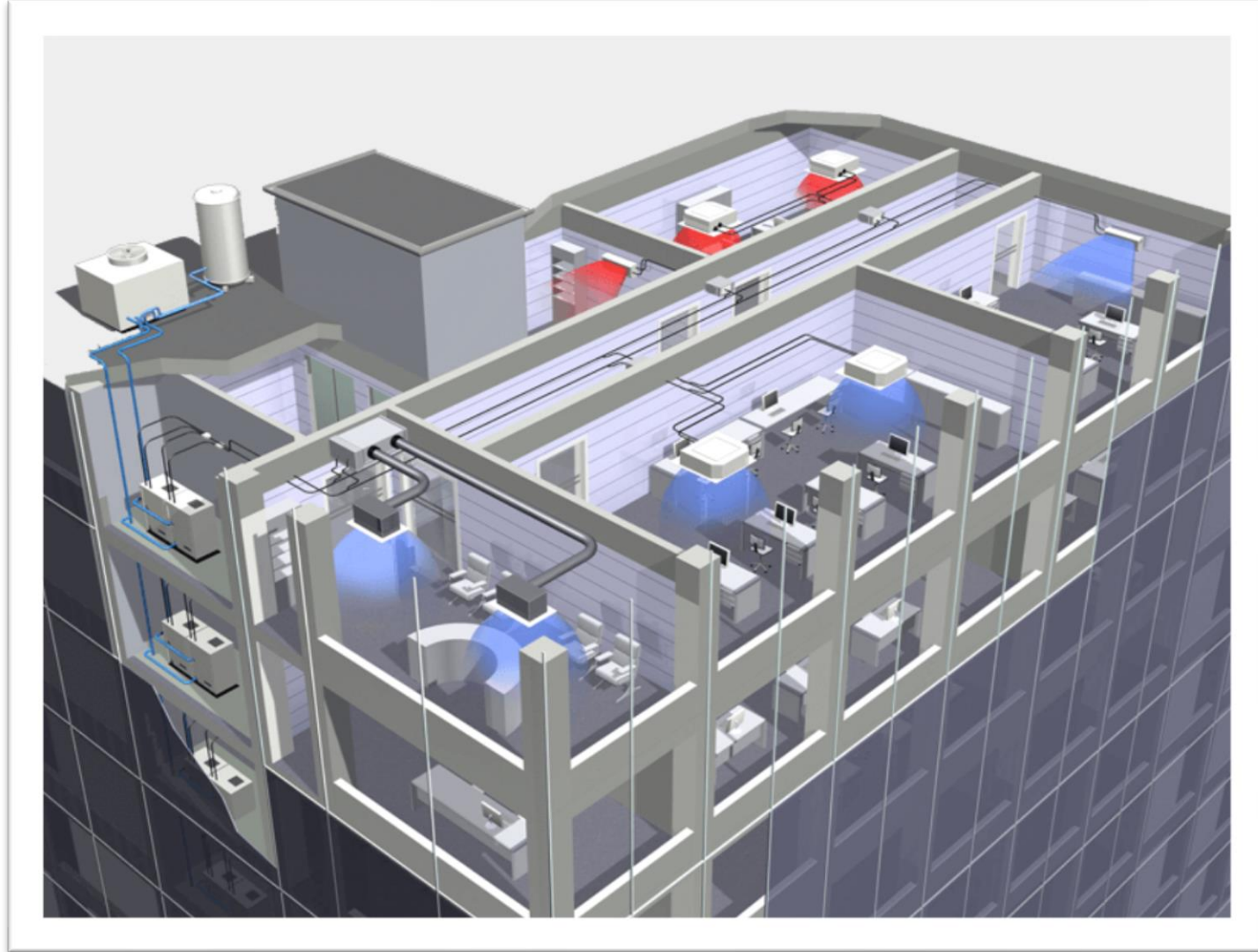
Bağımsız çalışma



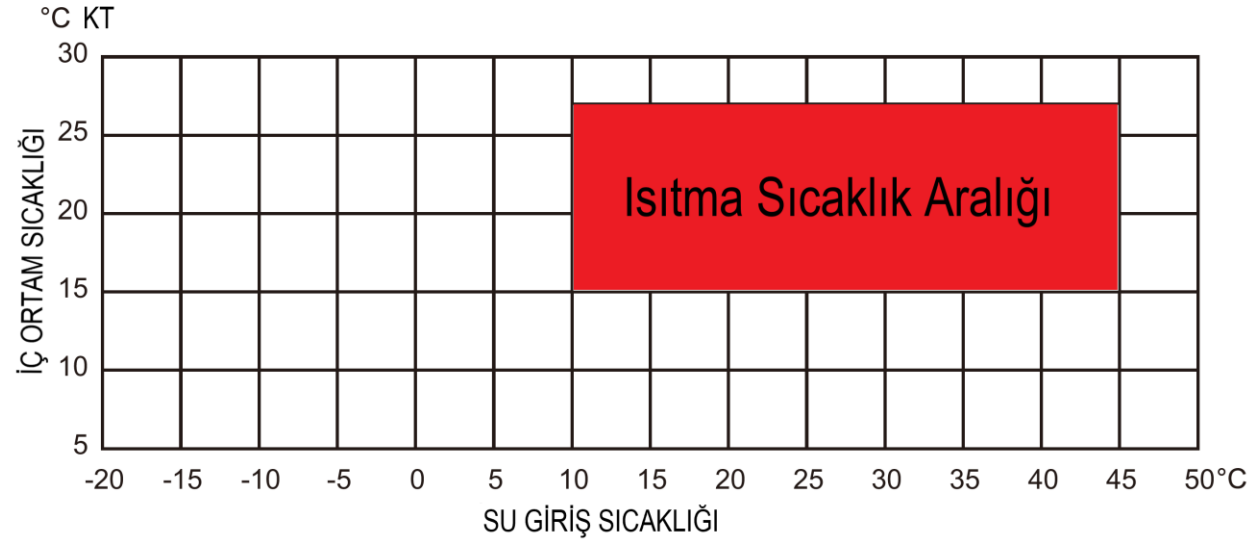
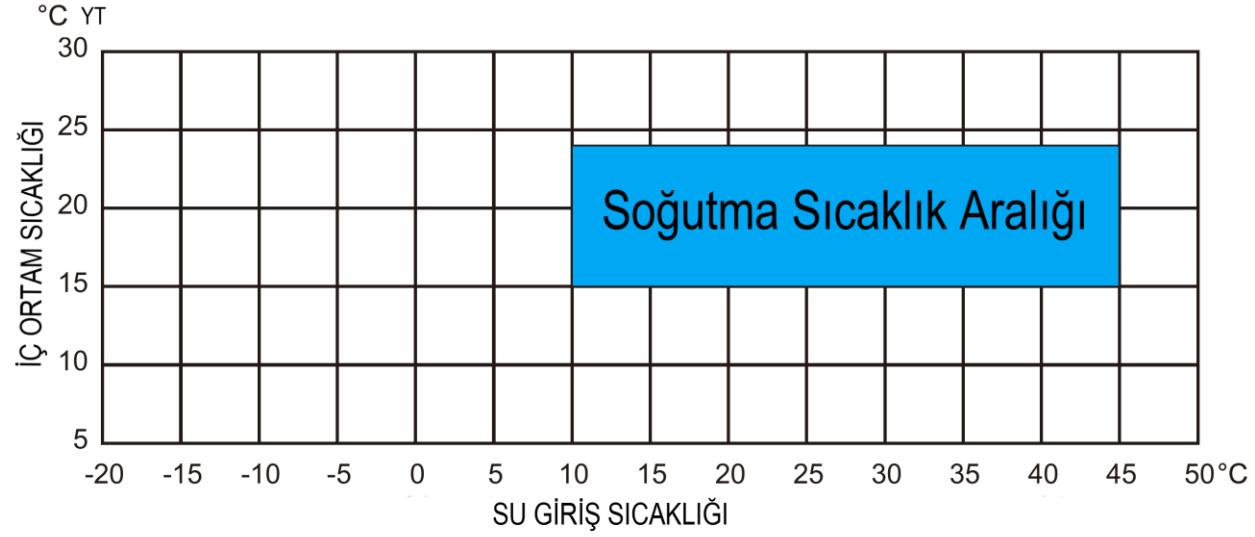
The background is a solid teal color with several large, overlapping, semi-transparent shapes in various shades of teal. These shapes are abstract and organic, resembling stylized waves or flowing forms. The central focus is the Roman numeral 'IV' in a white, sans-serif font.

IV

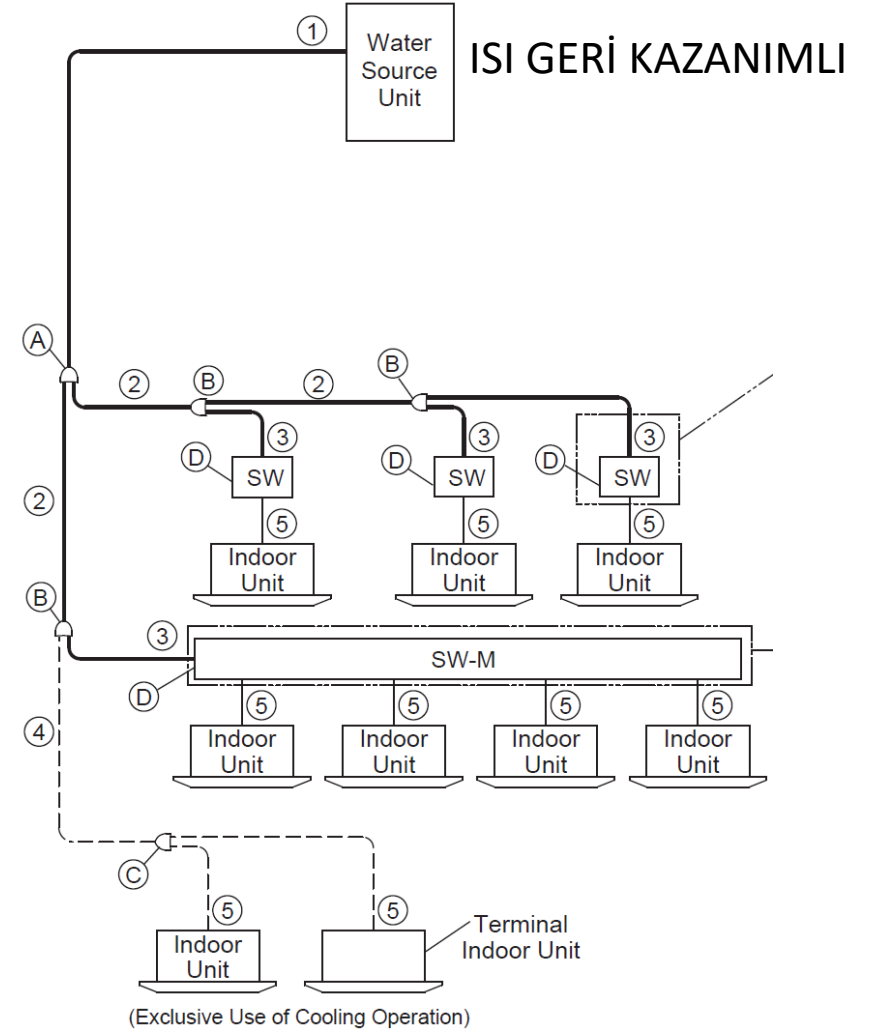
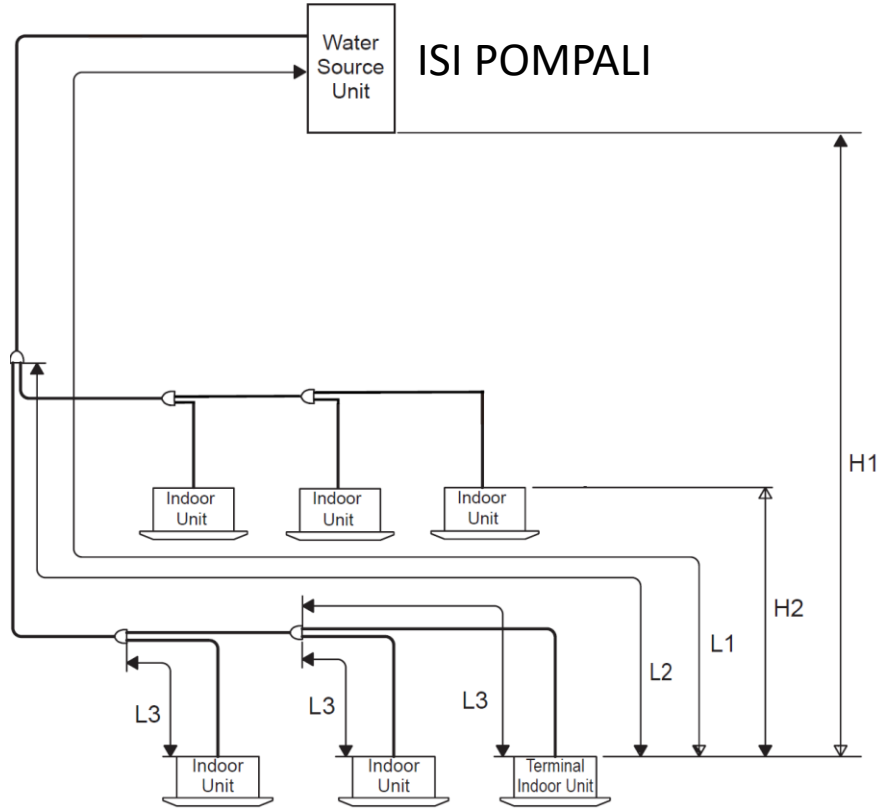
Tasarım kriterleri



Sistem sıcaklık sınırları



Sistem borulama sınırları (R410a tarafı)

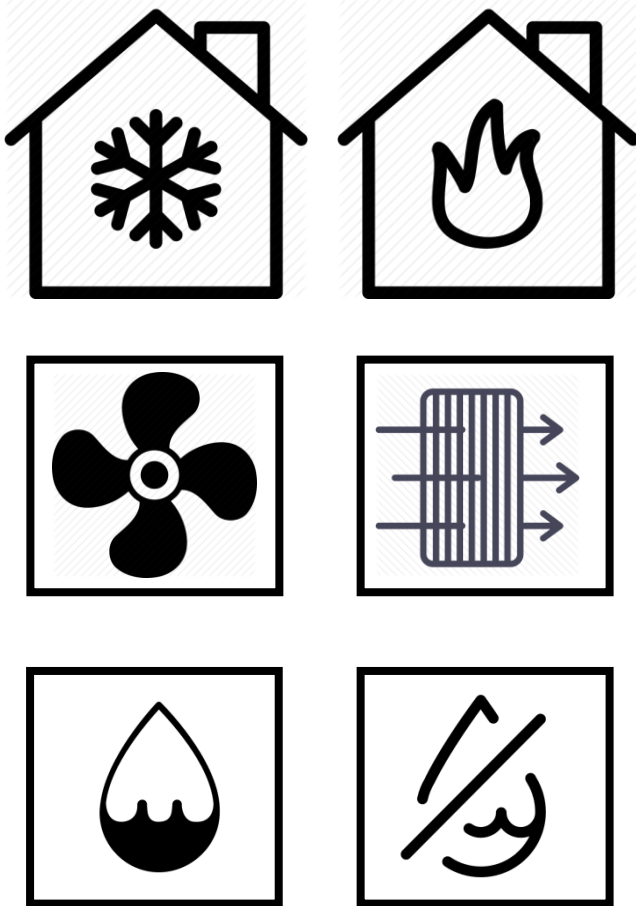


Örnek teknik özellikler



Heat Recovery		HP	8HP	10HP	12HP	14HP	16HP	18HP	20HP
Model Power supply	AC 3φ, 380~415V/ 50Hz(60Hz)								
Soğutma	Nominal Kapasite	kW	22.4	28.0	33.5	40.0	45.0	50.0	56.0
		kBtu/h	76.5	95.6	114.3	136.5	153.6	170.6	191.1
	Nominal Çekilen Güç	kW	3.85	5.04	6.32	7.84	8.11	9.43	10.98
	EER		5.82	5.55	5.30	5.10	5.55	5.30	5.10
Isıtma	Nominal Kapasite	kW	25.0	31.5	37.5	45.0	50.0	56.0	63.0
		kBtu/h	85.3	107.5	128.0	153.6	170.6	191.1	215.0
	Nominal Çekilen Güç	kW	4.08	5.25	6.45	8.03	8.33	9.62	10.86
	COP		6.12	6.00	5.81	5.60	6.00	5.82	5.80
Boyutlar	H×W×D	mm	1030×820×560	1030×820×560	1030×820×560	1030×820×560	1030×1040×560	1030×1040×560	1030×1040×560
Ağırlık		Kg	166	166	171	171	245	246	246
Ses Basınç Seviyesi*2	Soğutma / Isıtma	dB(A)	49/51	51/53	53/54	55/57	51/52	53/53	53/55
Su tarafı ısı değiştirgeci	Çalışma Su Sıcaklık Aralığı*3	°C	10~45	10~45	10~45	10~45	10~45	10~45	10~45
R410a Bağlantı Boruları	Likit Hattı	mm	Ø9.53	Ø9.53	Ø12.7	Ø12.7	Ø12.7	Ø15.88	Ø15.88
	Alçak B. Gaz Hattı	mm	Ø19.05	Ø22.2	Ø25.4	Ø25.4	Ø28.6	Ø28.6	Ø28.6
	Yüksek / Alç B. G. Hattı	mm	Ø15.88	Ø19.05	Ø22.2	Ø22.2	Ø22.2	Ø22.2	Ø22.2
Maks. Borulama	R410a Tarafı tek hat	m	300(500)	300(500)	300(500)	300(500)	300(500)	300(500)	300(500)

Sistem seçim kriterleri



✓ Temel Görevler

- Isıtma
- Soğutma
- Havalandırma
- Nemlendirme / nem alma
- Zararlı partikül uzaklaştırma
- Bunların kombinasyonları

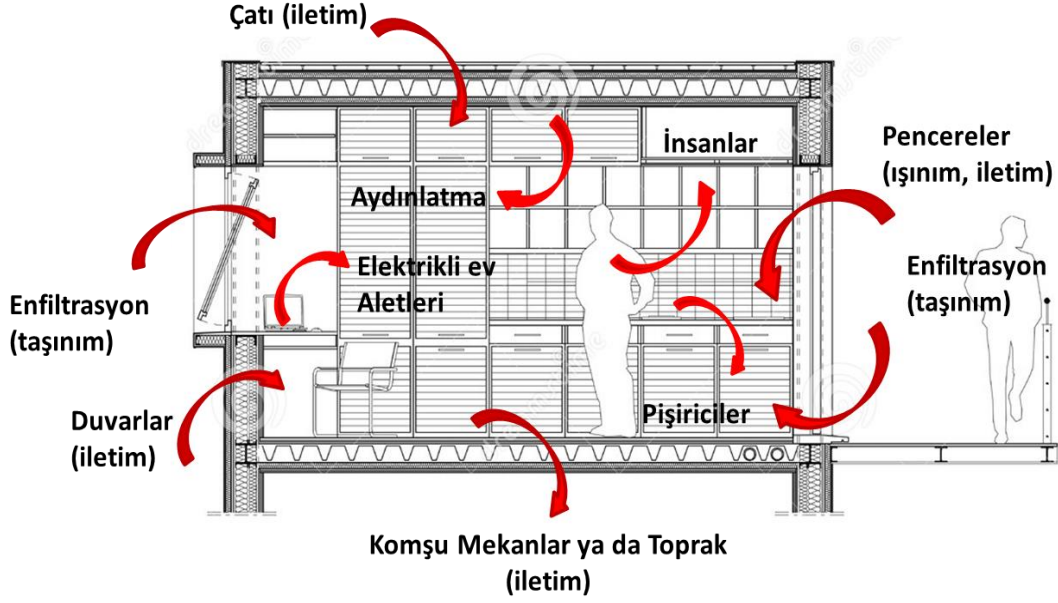
Sistem seçim kriterleri



✓ Seçim Kriterleri

- Yapının konumu ve şekli
- Yapının kullanım amacı
- İlk yatırım maliyeti
- İşletme maliyeti
- Toplam kapasite
- Konfor kriterleri
- Özel ihtiyaçlar
- Kesintisiz çalışma
- Bakım ve işletme kolaylığı
- Yer ihtiyacı
- Çevresel etki
- Yenilenebilir kaynak kullanımı

VRF tarafı sistem seçimi

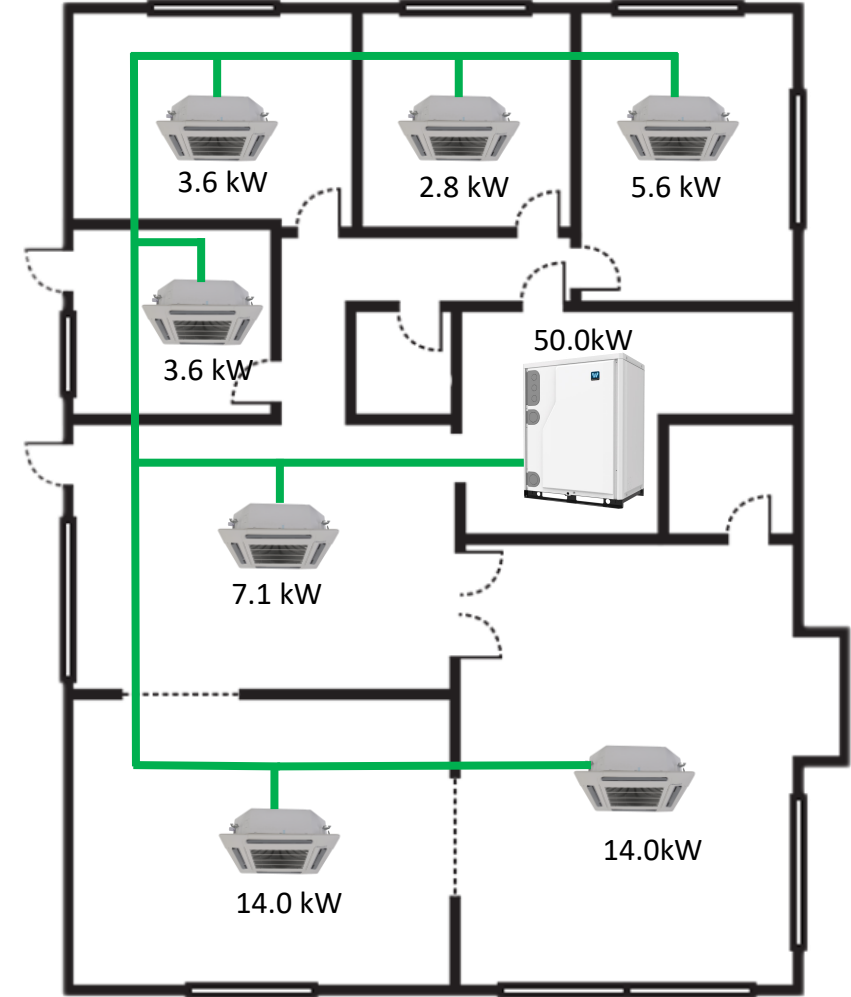


Her mekan için bağımsız ısıtma ve soğutma ihtiyacı hesaplanır.

Her mekan için ihtiyaca uygun VRF iç ünite seçimi yapılır.

Toplam ihtiyaç ve kullanım faktörüne göre dış ünite seçilir.

Projeye uygun bakır borulama güzergahı belirlenir ve buna göre dış ünite revizyonu gerekiyorsa yapılır.



Kapasite su debisi ilişkisi

İç Ünite Hava Giriş Sıcaklığı

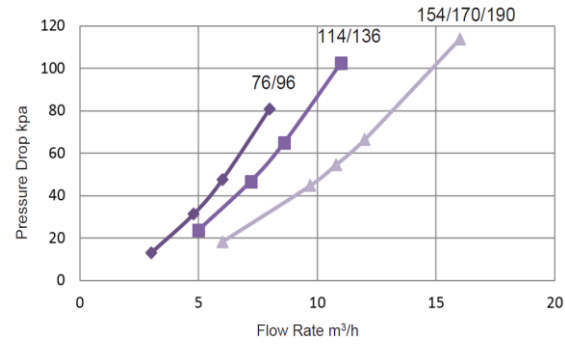
Su Giriş Sıcaklığı	Su Giriş Debisi	14°C YT		16°C YT		18°C YT		19°C YT		20°C YT		22°C YT		24°C YT	
		Q kW	P kW	Q kW	P kW	Q kW	P kW	Q kW	P kW	Q kW	P kW	Q kW	P kW	Q kW	P kW
15 °C	2.3 m3/h	15,9	4,21	19,0	4,12	22,2	4,02	21,9	3,91	23,8	3,80	24,2	3,69	26,6	3,58
	4.6 m3/h	15,7	4,11	18,8	4,02	22,1	3,92	21,8	3,81	23,5	3,70	24,1	3,59	25,4	3,48
	7.0 m3/h	15,6	4,06	18,8	3,97	22,1	3,87	21,8	3,76	23,4	3,65	24,1	3,54	25,4	3,43
20 °C	2.3 m3/h	15,6	3,45	18,8	3,36	22,0	3,26	21,7	3,15	23,5	3,04	24,0	2,93	23,5	2,82
	4.6 m3/h	15,4	3,40	18,7	3,31	22,0	3,21	21,7	3,10	23,3	2,99	24,0	2,88	25,3	2,77
	7.0 m3/h	15,3	3,35	18,7	3,26	21,9	3,16	21,6	3,05	23,2	2,94	23,9	2,83	25,3	2,72
25 °C	2.3 m3/h	15,7	3,75	19,1	3,66	22,3	3,56	22,0	3,45	23,6	3,34	24,3	3,23	25,6	3,12
	4.6 m3/h	15,9	3,95	19,3	3,86	22,5	3,76	22,2	3,65	23,8	3,54	24,5	3,43	25,8	3,32
	7.0 m3/h	16,1	4,15	19,5	4,06	22,7	3,96	22,4	3,85	24,0	3,74	24,7	3,63	26,0	3,52
30 °C	2.3 m3/h	15,9	3,95	19,3	3,86	22,5	3,76	22,2	3,65	23,8	3,54	24,5	3,43	26,0	3,32
	4.6 m3/h	16,1	4,15	19,5	4,06	22,7	3,96	22,4	3,85	24,0	3,74	24,7	3,63	23,6	3,52
	7.0 m3/h	16,3	4,35	19,7	4,26	22,9	4,16	22,6	4,05	24,2	3,94	24,9	3,83	23,8	3,72
35 °C	2.3 m3/h	14,7	4,60	18,7	4,51	20,8	4,41	20,8	4,30	22,0	4,19	22,6	4,08	23,2	3,97
	4.6 m3/h	14,8	4,80	19,5	4,71	20,9	4,61	20,9	4,50	22,1	4,39	22,7	4,28	23,3	4,17
	7.0 m3/h	14,9	5,00	19,6	4,91	21,0	4,81	21,0	4,70	22,3	4,59	22,9	4,48	23,5	4,37

Su soğutmalı VRF ünite kapasitesi su giriş sıcaklığı, su debisi ve iç ünite tarafı iç ortam sıcaklığına göre değişir. Bu tabloda yer almayan Dış ünitenin parsiyel yüklerdeki kapasite ve güç tüketim değerleri ayrıca verilmiştir.

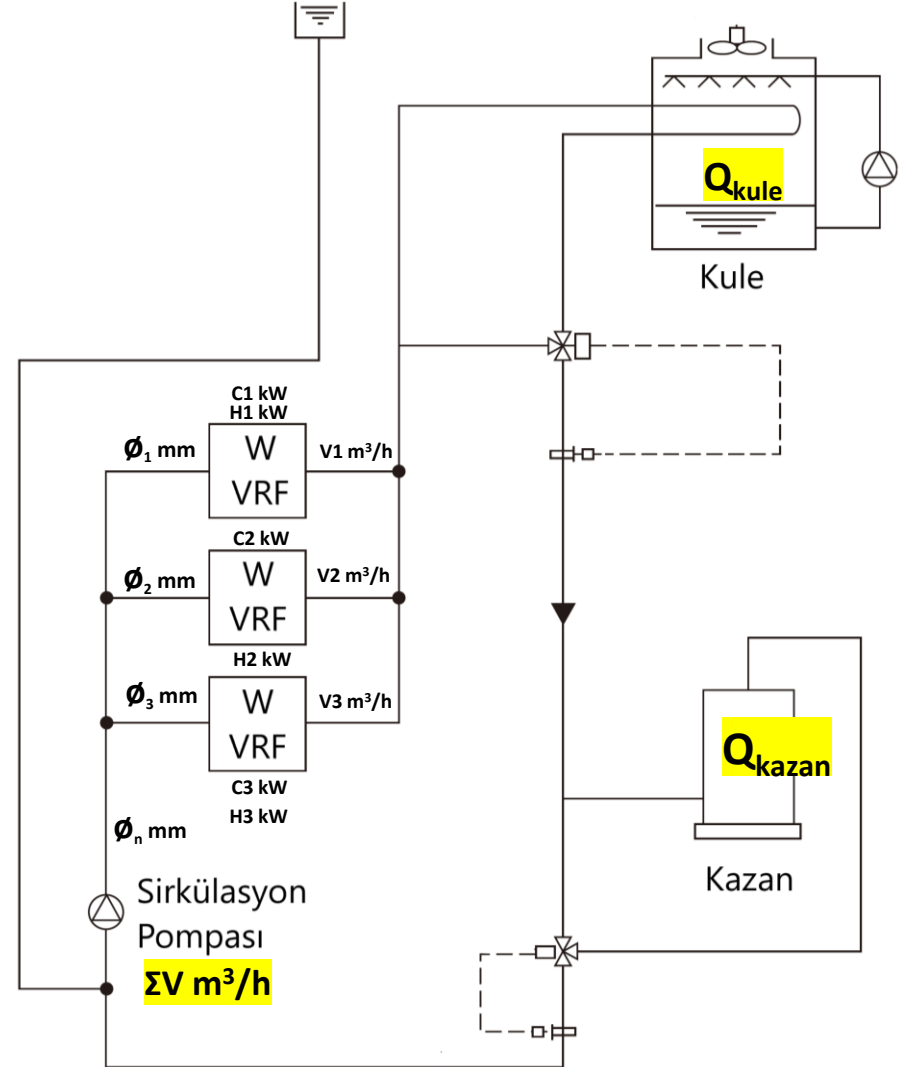
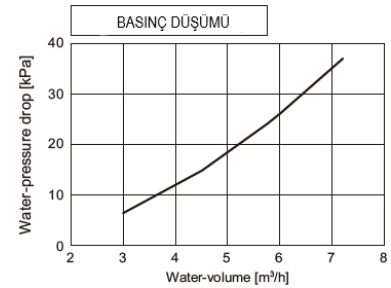
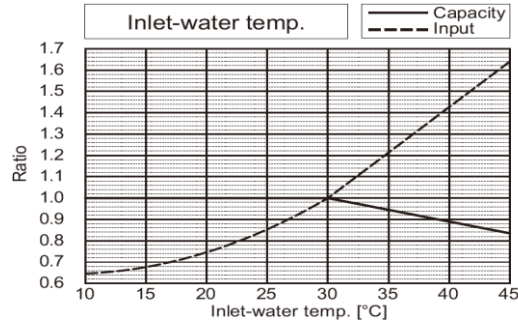
Su tarafı ekipman seçimi

Heat Recovery		HP	8HP	10HP	12HP	14HP	16HP	18HP	20HP
Model Power supply	AC 3p, 380~415V/ Softstarter								
Soğutma	Nominal Kapasite	kW	22.4	28.0	33.5	40.0	45.0	50.0	56.0
		kBtu/h	76.5	95.6	114.3	136.5	153.6	170.6	191.1
	Nominal Çekilen Güç	kW	3.85	5.04	6.32	7.84	8.11	9.43	10.98
Isıtma	EER		5.82	5.55	5.30	5.10	5.55	5.30	5.10
	Nominal Kapasite	kW	26.0	31.5	37.5	45.0	50.0	56.0	63.0
	Nominal Çekilen Güç	kW	4.08	5.25	6.45	8.03	8.33	9.62	10.86
Boyutlar	HP/WD	mm	1030*820*560	1030*820*560	1030*820*560	1030*820*560	1030*1040*560	1030*1040*560	1030*1040*560
Ağırlık	Kg		166	166	171	171	245	246	246
Ses Basınç Seviyesi ²	Soğutma / Isıtma	dB(A)	49/51	51/53	53/54	55/57	51/52	53/53	53/55
	Su tarafı ses değeri ³	dB(A)	10~45	10~45	10~45	10~45	10~45	10~45	10~45
R410a Bağlantı Boyunları	Likit Hattı	mm	Ø9.53	Ø9.53	Ø12.7	Ø12.7	Ø12.7	Ø15.88	Ø15.88
	Ağak B. Gaz Hattı	mm	Ø19.05	Ø22.2	Ø25.4	Ø25.4	Ø25.4	Ø28.6	Ø28.6
Maks. Borulama	Yüksek / Alç. B. G. Hattı	mm	Ø15.88	Ø19.05	Ø22.2	Ø22.2	Ø22.2	Ø22.2	Ø22.2
	R410a Tarafı tek hat	mm	300(500)	300(500)	300(500)	300(500)	300(500)	300(500)	300(500)

Model	76	96	114	136	154	170	190
Rated Water Flow Rate [m ³ /h]	4.60	5.76	6.90	8.30	9.20	10.00	11.60



Su Giriş Sıcaklığı	Su Debişi	14°C/57		16°C/61		18°C/64		20°C/68		22°C/72		24°C/75	
		Q	P	Q	P	Q	P	Q	P	Q	P	Q	P
15°C	1.1 m ³ /h	15.9	4.21	19.0	5.12	22.2	6.02	25.9	6.91	29.8	7.80	34.0	8.68
	1.2 m ³ /h	15.6	4.06	18.8	4.97	22.1	5.87	25.8	6.76	29.7	7.65	34.1	8.54
	1.3 m ³ /h	15.4	3.95	18.6	4.86	22.0	5.76	25.7	6.65	29.6	7.54	34.0	8.42
20°C	1.1 m ³ /h	15.4	3.85	18.7	4.81	22.0	5.71	25.7	6.60	29.5	7.49	33.9	8.37
	1.2 m ³ /h	15.3	3.75	18.7	4.70	21.9	5.60	25.6	6.50	29.4	7.39	33.8	8.27
	1.3 m ³ /h	15.2	3.65	18.6	4.60	21.8	5.50	25.5	6.40	29.3	7.29	33.7	8.17
25°C	1.1 m ³ /h	15.1	3.65	18.5	4.50	21.7	5.40	25.4	6.30	29.2	7.19	33.6	8.07
	1.2 m ³ /h	15.0	3.55	18.4	4.40	21.6	5.30	25.3	6.20	29.1	7.09	33.5	7.97
	1.3 m ³ /h	14.9	3.45	18.3	4.30	21.5	5.20	25.2	6.10	29.0	6.99	33.4	7.87
30°C	1.1 m ³ /h	14.8	3.45	18.2	4.20	21.4	5.10	25.1	6.00	28.9	6.89	33.3	7.77
	1.2 m ³ /h	14.7	3.35	18.1	4.10	21.3	5.00	25.0	5.90	28.8	6.79	33.2	7.67
	1.3 m ³ /h	14.6	3.25	18.0	4.00	21.2	4.90	24.9	5.80	28.7	6.69	33.1	7.57
35°C	1.1 m ³ /h	14.5	3.25	17.9	3.90	21.1	4.80	24.8	5.70	28.6	6.59	33.0	7.47
	1.2 m ³ /h	14.4	3.15	17.8	3.80	21.0	4.70	24.7	5.60	28.5	6.49	32.9	7.37
	1.3 m ³ /h	14.3	3.05	17.7	3.70	20.9	4.60	24.6	5.50	28.4	6.39	32.8	7.27



Kaynak hesabı

Soğuk kaynak (örneğin soğutma kulesi) kapasitesi hesaplanırken aşağıdaki ısı kazançlar toplanmalıdır.

$$Q_{\text{kule}} = \Sigma Q_c + \Sigma P_{\text{VRF}} + \Sigma P_{\text{pompa}}$$

- ΣQ_c VRF cihazların toplam soğutma ihtiyacı
- ΣP_{VRF} VRF cihazların kompresörlerinden gelen ısı (yaklaşık olarak elektrik tüketimleri alınabilir)
- ΣP_{pompa} Sirkülasyon pompa motorlarından gelen ısı (yaklaşık olarak elektrik tüketimleri alınabilir)

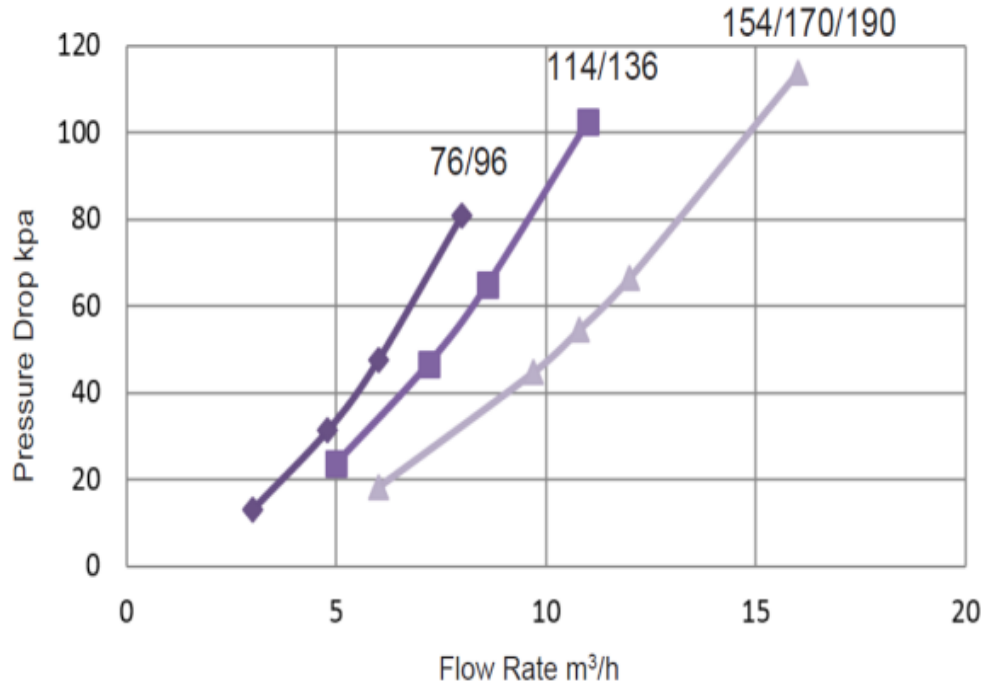
Sıcak kaynak (örneğin kazan) kapasitesi hesaplanırken,

$$Q_{\text{kazan}} = (1-1/\text{COP}) \times \Sigma Q_h - \Sigma P_{\text{pompa}} - \Sigma Q_{\text{SK}}$$

- ΣQ_H VRF cihazların toplam ısıtma ihtiyacı
- COP VRF dış ünite enerji verim oranı
- ΣP_{pompa} Sirkülasyon pompa motorlarından gelen ısı (yaklaşık olarak elektrik tüketimleri alınabilir)
- ΣQ_{SK} Sistemdeki su kütlesinin tuttuğu ısı

Su hattı borulama ve pompa hesabı

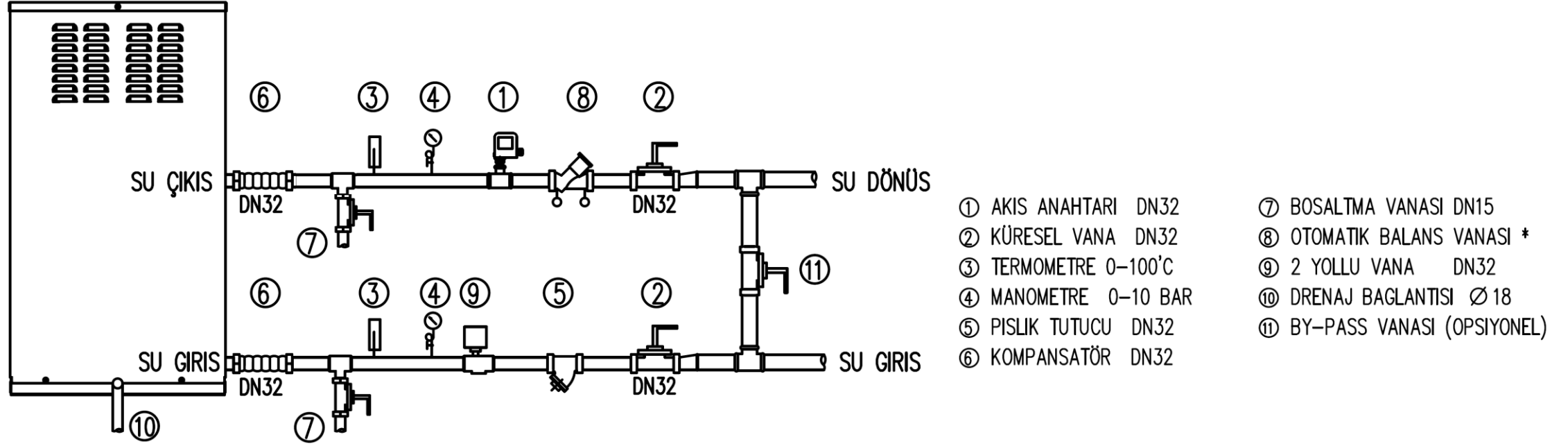
Pompa seçimi yapılırken, sistemde dolaşan su miktarı, her dış ünitenin ihtiyacının toplamıyla bulunur. Sistem sıcaklığı farkı $\Delta T = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir. Borulama tasarımında dikkat edilmesi gereken tüm dış ünitelere ihtiyaç kadar suyun gönderilebileceği dengede tasarımın yapılmasıdır. Dolayısıyla pompa basma basınçları hesaplanırken sistemdeki tüm ekipmanların basınç kayıpları göz önüne alınmalı ve hat boru çapları dikkatli hesaplanmalıdır.



Dış ünite sayısı ve her bir VRF dış ünitenin ne kadar su debisine ihtiyacı olduğu tasarımın başında bellidir, buna göre sistemde oluşturdukları basınç kayıpları ilgili marka teknik kılavuzlarından sağlanır.

Değişken olan iklimlendirme süresi boyunca hangi dış ünitelerin çalışır hangi dış ünitelerin ise atıl olduğudur. Bu nedenle sirkülasyon pompaları frekans kontrollü seçilmeli, VRF dış ünite su devrelerinde dinamik balans vanaları olmalıdır.

Sulu VRF dış ünite bağlantı şeması

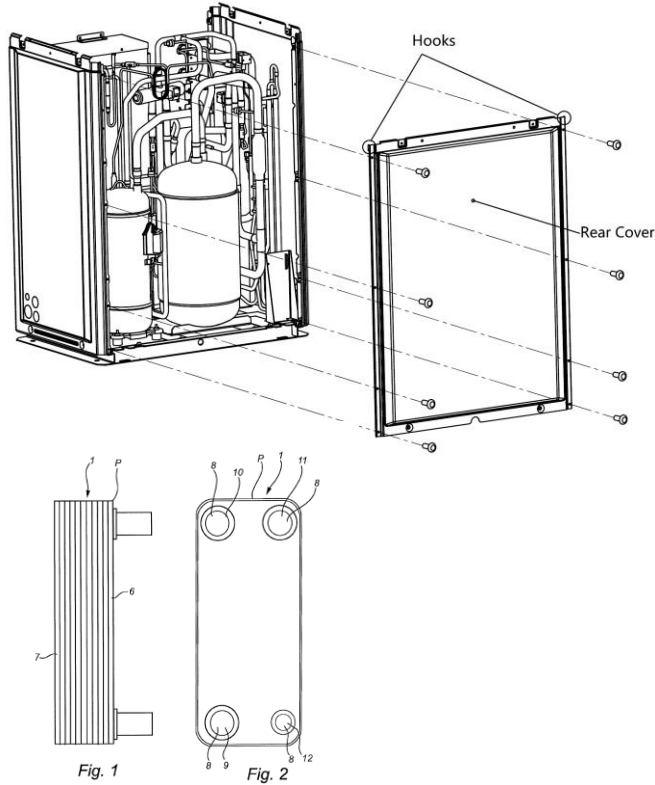


VRF Dış üniteler tek tek ya da modüler bağlı olarak bulunsalar bile her birinin su bağlantısı bağımsızdır. En az yukarıdaki ekipmanları içerirler.

Plakalı ısı değiştirgecinin belli periyotla rahat temizlenebilmesi için dış üniteye ana sistemden bağımsız giriş çıkış bağlantısı bırakmakta fayda vardır. Temizleme esnasında kullanılacak temizleme ve nötralizasyon kimyasalları dikkatli seçilmeli, ilgili marka yönergeleri dikkate alınmalıdır.

Kapalı devre su kalitesi

Kapalı devre içerisinde dolaşacak su kalitesi sistemin uzun yıllar problemsiz çalışması için önemlidir. Hava soğutmalı VRF sistemlerinde dış ünite ısı değiştirgeçlerinin toz ve kirle kaplanması ne ise, su soğutmalı VRF sistemlerinde dış ünite içerisinde yer alan ısı değiştirgecinin sistem suyunun tortu ve kireyle tıkanması ayıdır.



İklimlendirme Ekipmanlarında Su Kalitesi Yönergeleri (JRA GL02E-1994)		Dolaşım Suyu 20~60°C	Besleme Suyu	Etki		
				Korozyon	Tortu	
Standart Bileşenler	pH (25°C)		7.0~8.0	●	●	
	Elektriksel İletkenlik	(mS/m)	< 30	●	●	
	Klorür İyonu	[mg Cl/ℓ]	< 50	●		
	Sülfat İyonu	[mg SO ₄ ²⁻ /ℓ]	< 50	●		
	Asit Tüketimi (pH 4.8)	[mg CaCO ₃ /ℓ]	< 50		●	
	Toplam Sertlik	[mg CaCO ₃ /ℓ]	< 70		●	
	Kalsiyum Sertliği	[mg CaCO ₃ /ℓ]	< 50		●	
	İyonik Silika	[mg SiO ₂ /ℓ]	< 30		●	
Referans Bileşenler	Demir	[mg Fe/ℓ]	< 1.0	< 0.3	●	●
	Bakır	[mg Cu/ℓ]	< 1.0	< 0.1	●	
	Sülfür İyonu	[mg S ²⁻ /ℓ]	İçermemelidir		●	
	Amonyum İyonu	[mg NH ₄ ⁺ /ℓ]	< 0.3	< 0.1	●	
	Eser Klor	[mg Cl/ℓ]	< 0.25	< 0.3	●	
	Serbest Karbondioksit	[mg CO ₂ /ℓ]	< 0.4	< 4.0	●	
	Stabilite İndeksi		—		●	●

Teşekkür ederim