

İKİ BORULU VRF SİSTEMLERDE DIŞ ÜNİTE SEÇİMİNDE DİVERSİTE FAKTÖRÜNÜN DEĞERLENDİRİLMESİ

Evolution of Diversity Factor While Outdoor Unit Selection for Two Pipes VRF System

Ali POLAT

ÖZET

VRF (Değişken Soğutucu Akışkan Debili) sistemler iş, hizmet, hastane, konut gibi birçok tesiste kullanılmaktadır. Genel olarak VRF firmalarının tasarım programları bulunmakta olup bu programlarla iç ve dış ünite seçimi, bakır boru çaplarının belirlenmesinin yanı sıra sistem kontrolü ve malzeme metrajlarının çıkartılması da yapılmaktadır. Birçok firmaca diversite, iç ünitelerin kapasite toplamının dış ünite kapasitesine oranı olarak ifade edilmektedir. Genel olarak dış ünite seçimlerinde bu diversite etkili olmaktadır.

Bu çalışmada Afyonkarahisar ilindeki kurumsal bir hizmet binası ele alınmıştır. Binanın ısı kaybı ve kazancı hesapları, soğutmadaki pik yük ve buna bağlı olarak belirlenen sistem diversitesi üzerinden iki farklı markaya ait VRF dizayn programı kullanılarak iç ve dış ünite seçimleri yapılmıştır. Heat Pump (ısı pompalı) sistemli bir tasarımda dış ünite seçimlerinde farklı metotlar kullanılarak bunların sonuçlara etkisi karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: VRF, VRV, Değişken Soğutucu Akışkan Debili Sistem, Pik Yük, Diversite.

ABSTRACT

Variable refrigerant flow (VRF) systems have been using at work, service sector, hospital, residential building etc. In generally, VRF companies have their own selection and sizing softwares and they use these softwares for indoor and outdoor unit selection, copper pipe diameter definition, control, and pipe length calculation. It is known that diversity is ratio of indoor and outdoor unit capacity. Diversity is very important for the outdoor unit selection.

In this study, a case study for service building in Afyonkarahisar. The building heat loss and gain calculation, cooling peak load and system diversity factor have used for indoor and outdoor unit selection by using two different VRF design softwares. For a design consist of heat pump selection of outdoor unit has realized by using different methods and comparative analyses have realized.

Keywords: Variable refrigerant flow, Variable refrigerant volume, peak load, diversity

1. GİRİŞ

Ülkemizde 90'lı yılların ikinci yarısından itibaren kullanılmaya başlanan VRF (Değişken Soğutucu Akışkan Debili) sistemler her geçen gün iklimlendirme pazarındaki payını artırmaktadır. Nitekim iç piyasadaki satış rakamlarına baktığımızda 2010 yılında 12.041 adet [1] dış ünite satılmışken 2017 yılında bu rakam 36.751 adet [2] olmuştur. Bir başka deyişle satış miktarında % 206 oranında artış meydana gelmiştir. Aynı süre içerisinde soğutma grubu satış rakamlarında ise % 28 oranında artış meydana gelmiştir. Bu da bize klima sektöründe genel bir artış olmakla birlikte VRF sistemlerinin hızlı bir şekilde pazar payını artırdığını göstermektedir.

Bu sistemler, gelişen teknolojinin beraberinde getirdiği yüksek verimlilik nedeniyle klasik sulu sistemlerin yerini büyük oranda alarak başta yüksek yapılarda olmak üzere iş merkezleri, hizmet binaları, hastaneler, oteller, AVM ve konut gibi birçok tesiste kullanılmaktadır. Ayrıca bu sistemlerdeki

uygulama kolaylığı, sistem ekipmanları ve buna bağlı olarak gereksinim duyulan alan azlığı, otomasyon ve işletme kolaylığı bu durumun gerçekleşmesinde büyük önem arz etmektedir.

Üreticilerin kendilerine ait VRF dizayn programları bulunmaktadır. Bu programlar VRF sistemlerinin tasarımı, satışı ve uygulaması aşamasında etkin şekilde kullanılmaktadır. İç ve dış ünite seçimi ile bakır boru çaplarının belirlenmesinin yanı sıra sistem kontrolü ve malzeme metrajlarının çıkartılması programlar ile yapılmaktadır.

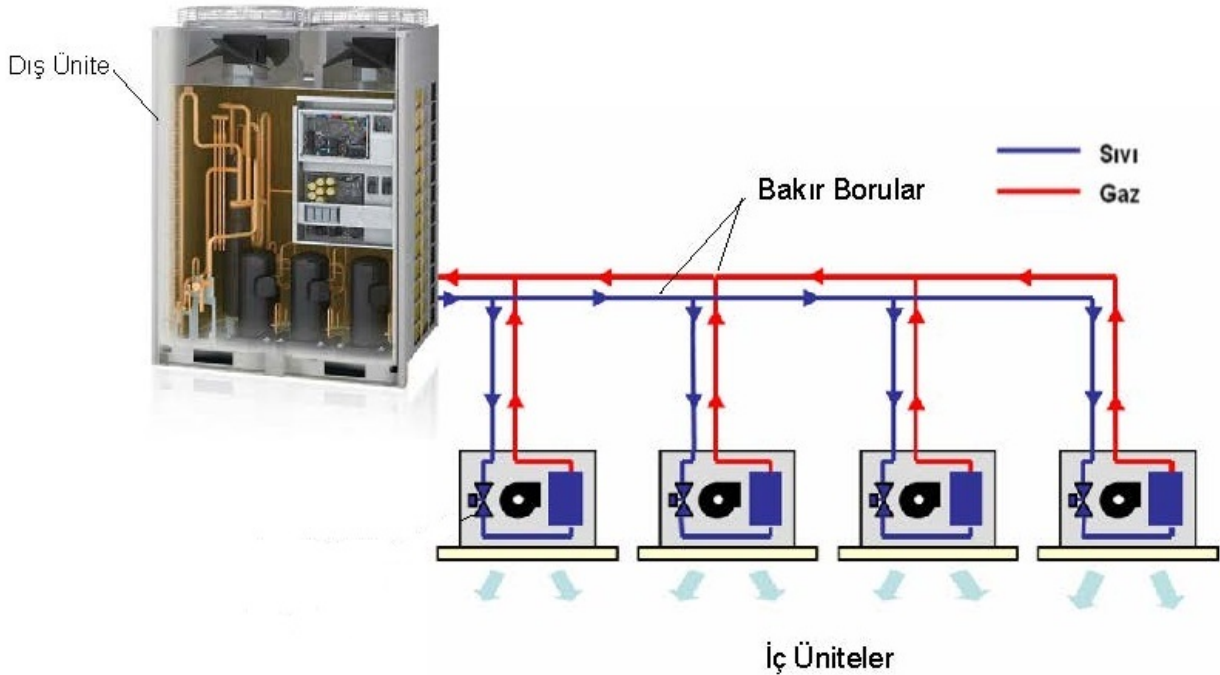
VRF dizayn programları ile yapılan tasarımlarda her markanın cihaz özelliklerine bağlı olarak iç ünitelerde farklı cihaz seçimleri sonuçlarına ulaşılmaktadır. Dış ünite seçimlerinde ise cihaz özelliklerinin dışında dizayn programlarının seçim yöntemleri farklı sonuçların oluşmasına neden olmaktadır. Ortaya çıkan kapasite farklılıkları iç ünite seçimlerinden çok dış ünite seçimlerinde sorun teşkil etmektedir.

Bu durumun temel kaynağı pik yük ve sistem diversitesi gibi kavramların içerikleri ile bunların hesaplanmaması veya cihaz seçimlerinde dikkate alınmamasıdır. Buna bağlı olarak üretici firmaların VRF dizayn programlarının seçim mantığı da bir başka önemli noktadır. Bu çalışmada soğutmada zon pik yük ve sistem diversite kavramları ile iç ünite toplam kapasitesi, mahallerin maksimum yük toplamı ve pik yüküne göre yapılan dış ünite seçimleri incelenmiştir.

2. VRF SİSTEMİ

Genel olarak İngilizce **Variable Refrigerant Flow** kelimesinin kısaltması olan VRF olarak adlandırılan sistemlerin dilimizdeki karşılığı **Değişken Soğutucu (Akışkan) Debili** sistemlerdir. Piyasada VRV, VRS vb. isimlerle adlandırılan sistemler VRF ile aynı olmakla birlikte firmalarca tescillenmiştir.

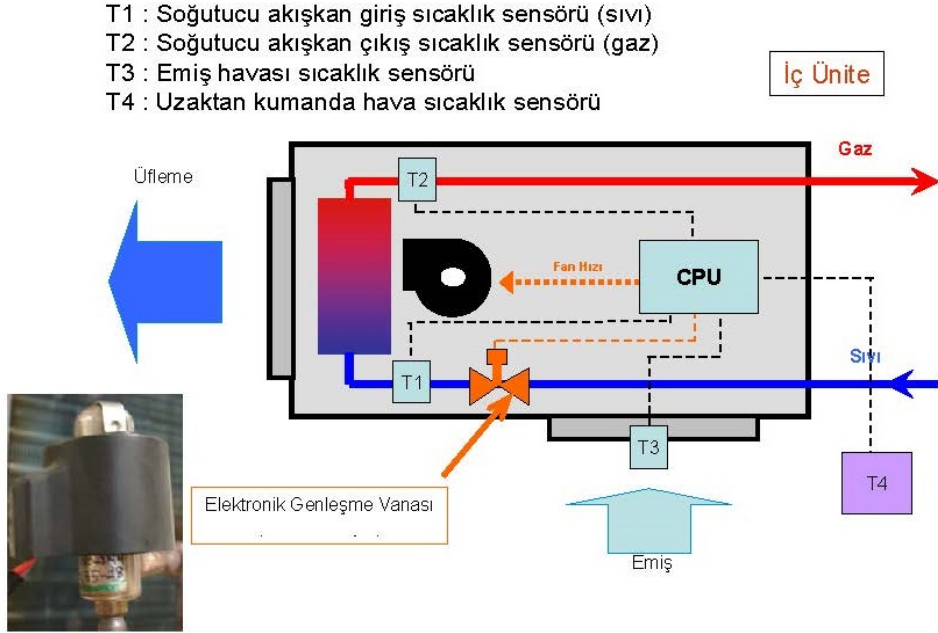
Adından da anlaşılacağı üzere sistem, içerisinde barındırdığı akışkan debisini değiştirerek ihtiyaç olan kapasiteyi, tam ve net olarak ayarlayabilmektedir. Sistem, birden fazla iç ünitenin tek bir bakır boru hattı ile aynı dış ünite ve dış ünite grubuna bağlı çalışmasına olanak sağlanmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1 VRF sistemi şeması

Sistemde, gerektiği kadar soğutucu akışkan doğru faz ve doğru zamanda ihtiyaç duyulan iç üniteye sevk edilerek ısıtma ve soğutmada kullanılması sağlanmaktadır. Her bir ünite ana boru hattına bağlanarak birbirinden bağımsız şekilde ayrı ayrı kontrol edilebilir.

İç ünitelerin birbirinden bağımsız kontrolünü sağlayan ise genişleme (akış düzenleme) vanasının iç ünitelerde bulunmasıdır (Şekil 2).



Şekil 2 VRF iç ünite

VRF sistemleri çalışma prensiplerine göre iki ayrı şekilde gruplandırılır.

A) Dış ünite kondenserinin soğutulma şekline göre;

1) Hava soğutmalı; havadan havaya ısı pompası prensibindedir.

- Dış ünite kondenserleri hava ile soğutulmaktadır.
- Dış ünite atmosfere açık bir alanda olmalıdır.
- Dış ortam sıcaklıkları cihazın verimini etkiler.

2) Su soğutmalı; havadan suya ısı pompası prensibindedir.

- Dış ünite kondenserleri su ile soğutulmaktadır.
- Kondenseri soğutmak için su kaynağı, toprak, su kulesi, kazan gibi ikincil bir sistem gereklidir.
- Dış ünite kapalı bir alanda olabilir.
- Dış ortam sıcaklıkları cihazın verimini etkilemez, dolayısıyla çok daha soğuk veya çok sıcak iklimlerde verimli bir şekilde kullanılır.

B) İşletme özelliklerine göre;

1) Heat Pump (Isı Pompalı):

- Aynı anda, ya ısıtma ya soğutma yapabilen sistemlerdir.
- 2 borulu fan coil sisteminin alternatifidirler.
- Aynı anda ısıtma ve soğutma ihtiyacının olmadığı binalarda rahatlıkla kullanılabilir.

2) Heat Recovery (Isı Geri Kazanımlı):

- Aynı anda, ısıtma ve soğutma yapabilen sistemlerdir.
- 4 borulu fan coil sisteminin alternatifidirler.
- Aynı anda ısıtma ve soğutma ihtiyacının olduğu binalarda konforu sağlamak için kullanılır.
- Aynı anda ısıtma yapılan mahal ile Soğutma yapılan mahal arasında enerjiyi taşıyabildiği için ısı geri kazanımı sağlar.
- Isı geri kazanımı yaptığı için işletmesi ekonomik sistemlerdir.

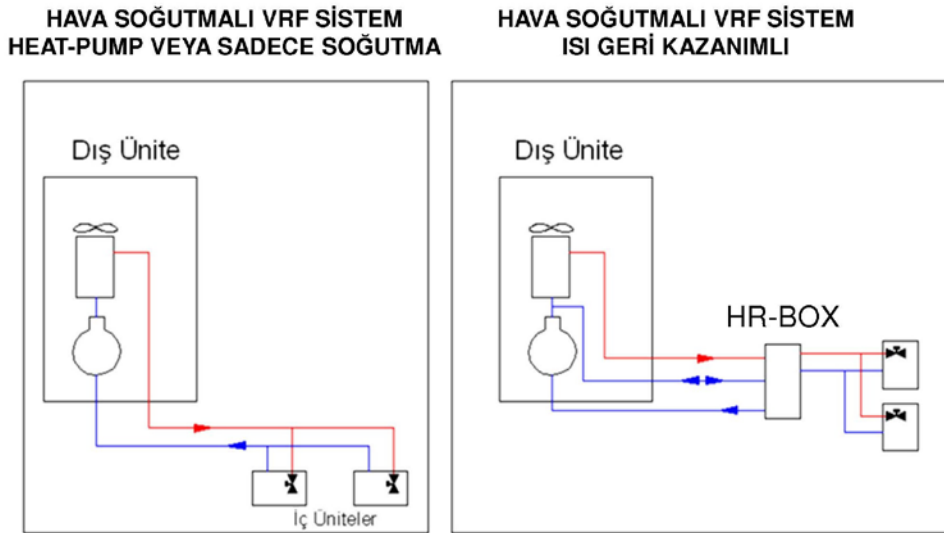
Markalara göre çeşitli isimlerle kodlanan (HR, BS, CH, PFD, MCU vb.) ısı geri kazanım üniteleri kullanılmaktadır (Şekil 3).



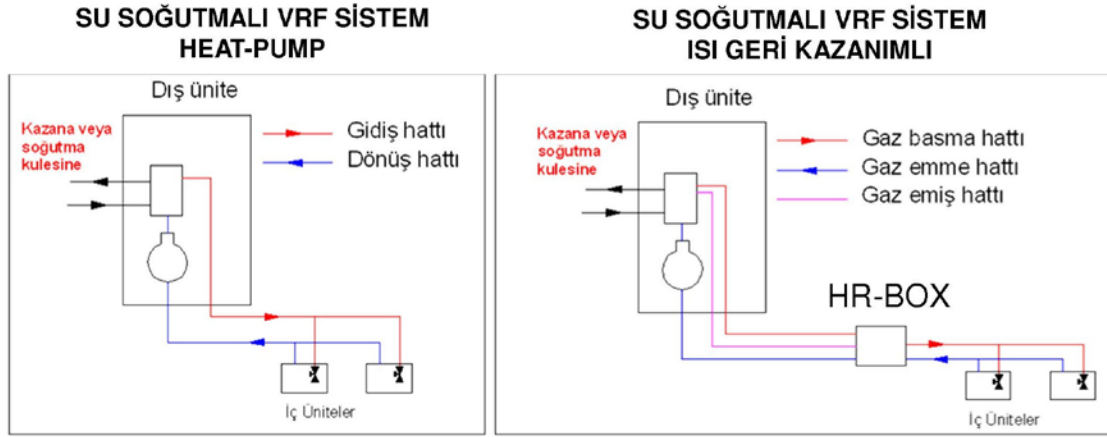
Şekil 3 – HR üniteleri

Sistem dış üniteden HR ünitesine üç borulu, HR ünitesinden iç üniteye iki borulu olarak yapılmaktadır. Dış ünite ile HR ünitesi arasındaki üçüncü boru düşük basınçlı (emme) gaz hattı olarak görev yapmaktadır.

Bu genel ayrımlara bağlı olarak VRF sistemleri;



Şekil 4 Hava soğutmalı VRF sistemleri



Şekil 5 Su soğutmalı VRF sistemleri

şeklinde oluşmaktadır.

VRF sistemlerde dikkat edilmesi gereken nokta, soğutucu gaz miktarına göre iç ünite monte edilecek en küçük hacimli mahallin belirlenmesidir. VRF sistemlerde kullanılan R410A gazı yanıcı ve zehirli değildir. Ancak ortamdaki oksijeni tüketmesi nedeniyle boğulma olayı riski vardır.

EN 378-1:2000 standardına göre R410A gazı, ortamda 440 gr/m³ değerinin altında olmalıdır. Bu nedenle sistemdeki toplam gaz miktarının belirlenmesi ve buna bağlı olarak iç ünite monte edilecek en küçük hacimli mahal boyutu belirlenmelidir.

$$\begin{aligned} \text{Sistemdeki R410A gaz miktarı: } G \text{ (kg)} \\ \text{En küçük mahal hacmi: } V \text{ (m}^3\text{)} \\ \Rightarrow V = (G \cdot 1000) / 440 \end{aligned}$$

VRF sistemlerinde kullanılan R410A gazının ısı taşıma kapasitesi; suya göre 10 kat, havaya göre 20 kat fazla olup bu da daha küçük çaplarda boru kullanılmasına neden olmaktadır.

Küçük boru çapları ve buna bağlı olarak tesisat için küçük hacim/alan gerekmesi, montaj kolaylığı, ısıtma ve soğutma işlemleri için ayrı ekipmanlara ihtiyaç duyulmaması gibi etkenler VRF sistemlerinin tercih edilmesinde öne çıkmaktadır.

3. PİK YÜK

Soğutma yükünün hesaplanmasında aynı yön için tarih ve saate bağlı olarak; eş değer sıcaklık farkı, gölgeleme faktörü, camlardan gelen güneş radyasyonu değişkendir. Dolayısı ile mahallin soğutma yükü, tarih ve saate bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle mahallerin yük toplamı, aynı tarih ve saate sistemin ihtiyaç duyduğu maksimum yükü bize vermemektedir.

Sistemin ihtiyaç duyduğu maksimum yük veya bir başka deyişle sistemin pik yükü, mahallerin eş zamanda ihtiyaç duyduğu soğutma yükü olmaktadır.

3.1. Pik yükün belirlenmesi

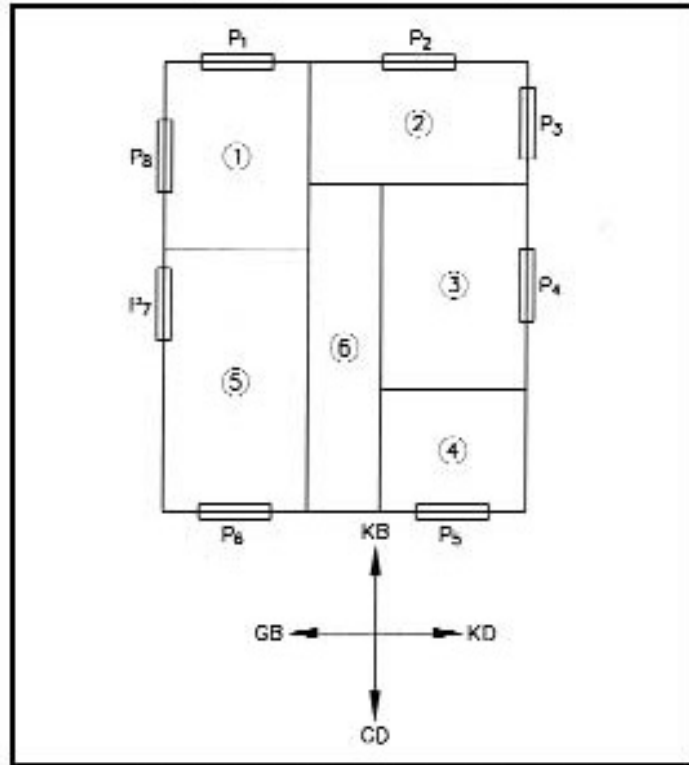
Örnek olarak Şekil 6'da yer alan yapının zon durumlarına göre pik yükünü belirleyelim. Hesabın basitleştirilmesi amacıyla güneş radyasyonu ile pencerelere gelen ısı akısı (Tablo 1) ve mahallerin pencere alanları (Tablo 2) verileri kullanılarak sadece camlardan gelen güneş radyasyonu yükleri üzerinden mahallerin ısı kazancı ihtiyaçları belirlenmiştir.

Tablo 1 Güneş radyasyonu ile pencerelere gelen ısı akısı (W/m²)

YÖN	SAAT 08.00	SAAT 12.00	SAAT 16.00
BATI	50	50	500
DOĞU	500	50	50
GÜNEY	50	200	50
KUZEY	50	50	50
KUZEY DOĞU	350	50	50
GÜNEY DOĞU	350	150	50
GÜNEY BATI	50	150	350
KUZEY BATI	50	50	350

Tablo 2 – Pencere alanları

Pencere no	Alan
P1, P2, P5, P6	3 m ²
P3, P8	4 m ²
P4	5 m ²
P7	6 m ²

**Şekil 6** Mimari plan

Tablo 3'de pencerelerin yön ve saate bağlı olarak hesaplanan güneş radyasyonu ısı kazancı sonuçları verilmiştir.

Tablo 3 - Pencere ısı kazançları

Pencere no	Alan	Yön	08.:00		12:00		16:00	
			Isı akısı W/m ²	Güneş rad. (W)	Isı akısı W/m ²	Güneş rad. (W)	Isı akısı W/m ²	Güneş rad. (W)
P1	3	KB	50	150	150	450	350	1050
P2	3	KB	50	150	150	450	350	1050
P3	4	KD	350	1400	50	200	50	200
P4	5	KD	350	1750	50	250	50	250
P5	3	GD	350	1050	150	450	50	150
P6	3	GD	350	1050	150	450	50	150
P7	6	GB	50	300	150	900	350	2100
P8	4	GB	50	200	150	600	350	1400

Pencerelerden kaynaklanan güneş radyasyonuna bağlı olarak mahallerin maksimum ve sistem pik yükü Tablo 4'deki şekilde bulunmuştur.

Tablo 4 – Mahallerin ve sistem pik yükü

Mahal no	Pencere	Yön	08.:00		12:00		16:00		Mahal yükü (W)
			Güneş rad. (W)	Yük (W)	Güneş rad. (W)	Yük (W)	Güneş rad. (W)	Yük (W)	
1	P1	KB	150	350	450	1050	1050	2450	2450
	P8	GB	200		600		1400		
2	P2	KB	150	1550	450	650	1050	1250	1550
	P3	KD	1400		200		200		
3	P4	KD	1750		250		250		1750
4	P5	GD	1050		450		150		1050
5	P6	GD	1050	1350	450	1350	150	2250	2250
	P7	GB	300		900		2100		
			6050		3750		6350		9050

Saatlere bağlı olarak bulunan mahallerin ısı kazancı incelendiğinde, mahal yüklerinin toplamı 9.050 W olmasına karşın, yapının saat 16:00 da maksimum düzeyde ısı kazancı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla yapının pik yükü 6.350 W olmaktadır.

3.2. Zon sayısına bağlı olarak pik yükün değişimi

Sistemin eş zamanda ihtiyaç duyduğu pik yük;

- Sistemin zonlanma türüne,
- Yapının konum durumuna,
- Yapının kullanım türüne,

göre değişkenlik göstermektedir. Zonlamanın kat veya yön bazlı yapılması pik yükü etkilemektedir. Yapının tek veya çok cepheli olması bu etkide değişkenliğe neden olmaktadır. Örneğin tek cepheli bir yapıda yön bazlı zonlamadan bahsedilemeyeceği gibi pik yükte değişmeyecektir. Yapının kullanım türü konut ise bu durumda aynı anda kullanılacak mahaller pik yükün belirlenmesinde esas olacaktır.

Yukarıdaki örnek yapıyı iki zon olarak oluşturduğumuzda ise Tablo 5 ve Tablo 6' da ki sonuçlar bulunmuştur.

Tablo 5 - Mahallerin ve sistem pik yükü (Zon 1)

Mahal no	08.:00	12:00	16:00	Mahal yükü
	Yük	Yük	Yük	
1	350	1050	2450	2450
2	1550	650	1250	1550
	1900	1700	3700	4000

Mahallerin maksimum yüklerinin toplamı 4.000 W, Pik yük 3.700 W

Tablo 6 - Mahallerin ve sistem pik yükü (Zon 2)

Mahal no	08.:00	12:00	16:00	Mahal yükü
	Yük	Yük	Yük	
3	1750	250	250	1750
4	1050	450	150	1050
5	1350	1350	2250	2250
	4150	2050	2650	5050

Mahallerin maksimum yüklerinin toplamı 5.050 W, Pik yük 4.150 W

Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6'yı birlikte incelediğimizde, yapının tek veya iki zonlu olması yapının mahal yük toplamında değişiklik yaratmamaktadır. Ancak buna karşın zon pik yükleri açısından değişim söz konusudur. Yapı tek zon olduğunda pik yük değeri 6.350 W iken iki zon olarak tasarlandığında, iki zonun pik yük toplamı 7.850 W (3.700 + 4.150) olmaktadır. Buna göre böyle bir yapıyı iki zon yerine tek zon olarak tasarlamak daha uygun olacaktır.

3.3. Sistem Diversitesi

VRF sistemleri ile ilgili bilgilerde diversite genel olarak iç ünite kapasite toplamının dış ünite kapasitesine oranı olarak ifade edilmektedir. Ancak diversite kelimesi Türkçeye "Eş Zamanlılık katsayısı" olarak çevrilebilir. Bu açıdan değerlendirildiğinde diversite iç ünite kapasitelerine değil sistemin pik yüküne bağlı olmaktadır.

Sistem Diversitesi (%) : $[1 - (\text{Pik yük} / \text{Mahal maksimum yük toplamı})] * 100$

Bu açıdan değerlendirdiğimizde yukarıdaki örnekte yer alan sistemlerin diversiteleri;

Tek zon Sistem Diversitesi = $[1 - (6.350 / 9.050)] * 100 = \% 29$

Zon 1 Sistem Diversitesi = $[1 - (3.700 / 4.000)] * 100 = \% 7$

Zon 2 Sistem Diversitesi = $[1 - (4.150 / 5.050)] * 100 = \% 17$

Şeklinde. Örnekteki gibi dört cepheli bir yapıda kat bazlı zonlama yapmanın daha avantajlı olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.



4. İÇ-DIŞ ÜNİTE SEÇİMİ

VRF sistemlerinde iç ve dış ünitelerin belirlenmesi ve cihaz seçimlerinde genel olarak VRF üretici firmalarının dizayn programları kullanılmaktadır. VRF dizayn programları ile yapılan tasarımlarda her markanın cihaz özelliklerine bağlı olarak iç ve dış ünitelerde farklı cihaz seçimleri oluşabilmektedir.

Cihaz seçimlerinde;

- İklim şartları
- İç ortam koşulları
- Bakır borulama mesafesi
- Dış ünite kondenserinin soğutulma şekli (hava veya su soğutmalı)
- İşletme şekli (heat pomp veya heat recovery)

Etkili olmaktadır.

5. ÖRNEK PROJE VERİLERİ

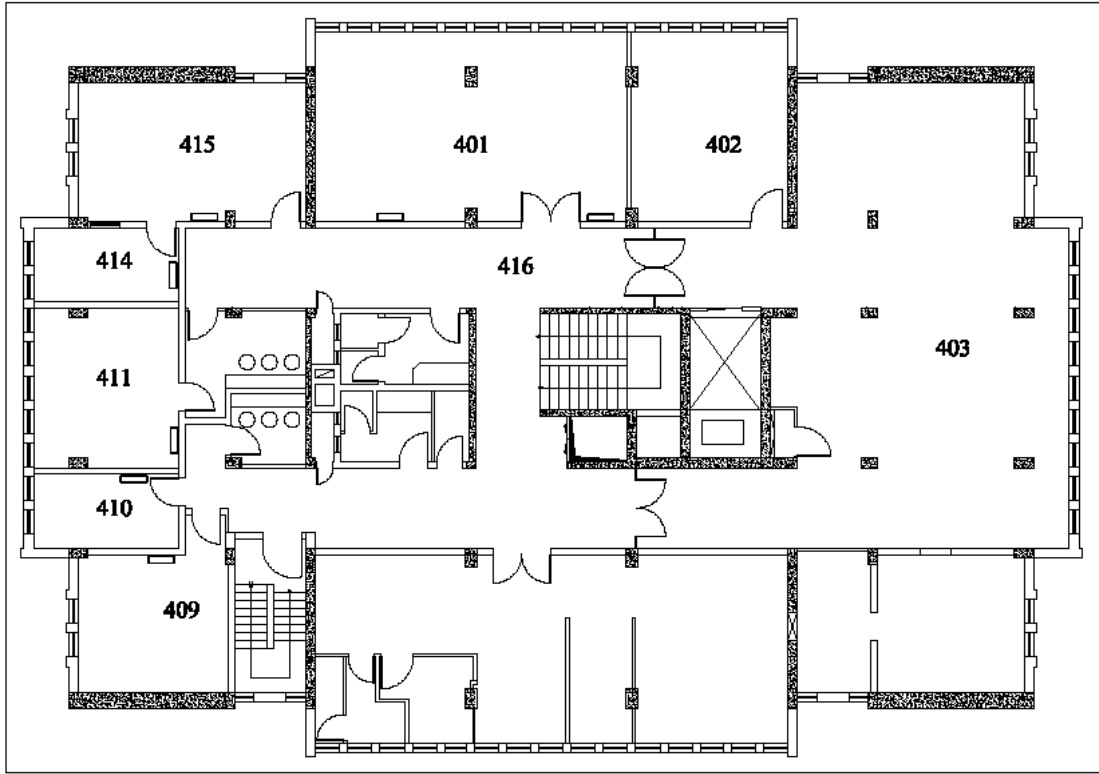
VRF sistemlerinde nominal kapasite değerlerinin dış 35 °C KT - 24 °C YT, iç 27 °C KT - 19 °C YT olması nedeniyle çalışma bu koşullara yakın olan Afyonkarahisar ilindeki kurumsal bir hizmet binasının proje çalışması kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. VRF pazarında önemli paya sahip iki firmanın dizayn programları kullanılarak iç ve dış üniteler belirlenmiştir.

5.1. İklim verileri ve tasarım şartları

Yer : Afyonkarahisar 38° 45' K 30° 32' D
Kış : - 12 °C rüzgarlı
Yaz KT : 34 °C
Yaz YT : 21 °C
 Δt : 17,1 °C
İç ortam soğutma dizayn şartı: 26 °C KT - % 50 RH

5.2. Yapı mimarisi

Kurumsal bir hizmet binası olan yapı, bodrum+zemin+4 normal olmak üzere toplam 6 kattan oluşmaktadır. Yapıda ısıtma doğalgazlı merkezi kazana bağlı panel tip radyatör ile yapılacaktır. Soğutma ise VRF sistemi ile zemin+4 normal katlarda bulunan ofisler, bekleme, koridor, yemekhane gibi mahallerde yapılacaktır. Binanın cephelerinin bütün yönlere bakması nedeniyle her kat ayrı zon olarak planlanmıştır. Bu çalışma Şekil 7'de kat planı verilen 4 üncü kat üzerinden yapılmıştır.



Şekil 7 - Kat planı

5.3. Isı kaybı ve kazancı hesapları

Yapının TSE 825'e göre ısı yalıtımı hesabı yapılmıştır. Isı kaybı ve kazancı hesapları MTH programı kullanılarak yapılmıştır. Isı kazancı hesaplamaları sonucu Tablo 7'de verilen mahallerin maksimum ve zon pik soğutma yükü bulunmuştur.

Tablo 7'de görüleceği üzere, mahallerin maksimum ısı kazancı toplamı 37,54 kW olmasına karşın, zon pik yükü 25,21 kW olmaktadır. Buna göre zonun sistem diversitesi;

Sistem Diversitesi : $1 - (25,21 / 37,54) = \% 32,8$ olarak bulunmuştur.

Tablo 7 - Mahallerin maksimum ve pik yükleri

	MAHAL MAKSİMUM				ZON PİK			
	Ayı	Saati	ODI (Watt)	OTI (Watt)	Ayı	Saati	ODI (Watt)	OTI (Watt)
401	Eylül	10:00	5.339	6.556	Ağustos	15:00	3.653	4.870
402	Eylül	12:00	2.113	2.675	Ağustos	15:00	497	497
403	Eylül	12:00	10.643	14.387	Ağustos	15:00	6.034	6.034
409	Ağustos	15:00	1.170	1.591	Ağustos	15:00	1.170	1.591
410	Ağustos	15:00	2.133	2.606	Ağustos	15:00	2.133	2.606
411	Haziran	08:00	1.475	1.803	Ağustos	15:00	1.278	1.699
414	Haziran	08:00	1.108	1.163	Ağustos	15:00	1.083	1.153
415	Ağustos	15:00	1.613	2.034	Ağustos	15:00	1.613	2.034
416	Temmuz	15:00	4.068	4.728	Ağustos	15:00	4.068	4.728
				37.543				25.212
				37,54 kW				25,21 kW

6. İÇ ÜNİTE SEÇİMLERİ

İç ünitelerin seçiminde soğutma hesabına bağlı alınarak iç ortam 26 °C KT - % 50 RH olarak alınmıştır. (X) ve (Y) markalarının VRF dizayn programları kullanılarak mahallin duyulur ve toplam ısı kazancını karşılayacak şekilde Tablo 8'deki iç üniteler belirlenmiştir.

Tablo 8 - Mahal iç ünite seçim listesi

Oda	Gerekli Kapasite (kW)			Seçilen iç ünite			
	Soğutma		Isıtma	Tip	Nominal kapasite	Miktar	Toplam
	TK	DK	TK				
401	6,6	5,34	4,26	Duvar Tipi	3,6	2	7,2
402	2,7	2,11	2,24	Dört Yöne Üflemlerli Kaset Tipi (600x600)	3,6	1	3,6
403	14	10,6	10,13	Dört Yöne Üflemlerli Kaset Tipi (600x600)	4,5	4	18
409	1,6	1,17	1,81	Duvar Tipi	2,2	1	2,2
410	2,6	2,13	0,83	Duvar Tipi	2,8	1	2,8
411	1,8	1,48	1,95	Duvar Tipi	2,2	1	2,2
414	1,2	1,11	0,76	Duvar Tipi	2,2	1	2,2
415	2	1,61	2,46	Duvar Tipi	2,8	1	2,8
416	4,7	4,07	3,54	Dört Yöne Üflemlerli Kaset Tipi (600x600)	2,8	2	5,6
TOPLAM							46,6

7. DIŞ ÜNİTE SEÇİMLERİ

Afyonkarahisar ilinin iklim verileri olan 34 °C KT - 21 °C YT şartlarına göre dış ünite seçimleri yapılmıştır. Dizayn programlarında ilk seçimler otomatik olarak programa yaptırılmıştır.

(X) firmasının dizayn programında;

- Soğutmada minimum seviyedeki temel seçim
- %100 iç ünite toplam kapasitesine en yakın seçim

olmak üzere iki farklı otomatik dış ünite seçim kriteri bulunmaktadır. Ayrıca 0 (sıfır) ile 35 arasında diversite faktörü uygulanmaktadır.

(Y) firmasının dizayn programında ise otomatik seçimde sadece 100-110-120-130 iç-dış ünite bağlantı kombinasyonu seçimi bulunmaktadır.

Seçimlerde 3 farklı yöntem kullanılmıştır.

1) İç ünite toplam kapasitesine bağlı seçim

- (X) markasında %100 iç ünite toplam kapasitesine en yakın
- (Y) markasında kombinasyon oranı 100 (%100)

2) Mahal maksimum soğutma ihtiyacı toplamına göre seçim

- (X) markasında soğutma kapasitesi minimum seviyede
- (Y) markasında manuel olarak (X) markasındaki dış ünite

**3) Zon pik soğutma ihtiyacına göre seçim**

- (X) markasında sistem diversite faktörü uygulaması ve soğutma kapasitesi minimum seviyede
- (Y) markasında manuel olarak (X) markasındaki dış ünite

7.1. İç ünite toplam kapasitesine bağlı seçim**Tablo 9** İç ünite kapasitesine bağlı dış ünite seçimi

İç ünite toplam kapasitesi	Dış ünite nominal kapasitesi	Dış ünite gerçek kapasitesi	Oran
(X) MARKASI			
46,6 kW	50,0 kW	47,90 kW	
Kombinasyon:		46,6 / 50,0 =	% 93
Kapasite kullanım oranı:		47,90 / 37,54 =	% 78
(Y) MARKASI			
46,6 kW	50,0 kW	48,70 kW	
Kombinasyon:		46,6 / 50,0 =	% 93
Kapasite kullanım oranı:		48,70 / 37,54 =	% 77
Zon maksimum yük =		37,54 kW	
Zon pik yük =		25,21 kW	

7.2. Mahallerin maksimum soğutma ihtiyacı toplamına göre seçim**Tablo 10** Mahal maksimum soğutma ihtiyacına bağlı dış ünite seçimi

İç ünite toplam kapasitesi	Dış ünite nominal kapasitesi	Dış ünite gerçek kapasitesi	Oran
(X) MARKASI			
46,6 kW	40,0 kW	40,36 kW	
Kombinasyon:		46,6 / 40,0 =	% 117
Kapasite kullanım oranı:		40,36 / 37,54 =	% 93
(Y) MARKASI			
46,6 kW	40,0 kW	37,90 kW	
Kombinasyon:		46,6 / 40,0 =	% 117
Kapasite kullanım oranı:		37,90 / 37,54 =	% 99
Zon maksimum yük =		37,54 kW	
Zon pik yük =		25,21 kW	



7.3. Zon pik soğutma ihtiyacına göre seçim

Tablo 11 Pik soğutma ihtiyacına bağlı dış ünite seçimi

İç ünite toplam kapasitesi	Dış ünite nominal kapasitesi	Dış ünite gerçek kapasitesi	Oran
(X) MARKASI			
46,6 kW	28,0 kW	31,02 kW	
Kombinasyon:		46,6 / 28,0 =	% 166
Kapasite kullanım oranı:		31,02 / 25,21 =	% 81
(Y) MARKASI			
46,6 kW	28,0 kW	27,02 kW	
Kombinasyon:		46,6 / 28,0 =	% 166
Kapasite kullanım oranı:		27,02 / 25,21 =	% 93
Zon maksimum yük =		37,54 kW	
Zon pik yük =		25,21 kW	

VRF firmalarınca genel olarak kombinasyonun %130'u aşmaması önerilmektedir. Kombinasyonun %166 olması nedeniyle bir üst kapasitede olan 33,5 KW'lık dış ünite seçilmiştir. (Tablo 12)

Tablo 12 Pik soğutma ihtiyacına bağlı dış ünite seçimi

İç ünite toplam kapasitesi	Dış ünite nominal kapasitesi	Dış ünite gerçek kapasitesi	Oran
(X) MARKASI			
46,6 kW	33,5 kW	34,30 kW	
Kombinasyon:		46,6 / 33,5 =	% 139
Kapasite kullanım oranı:		34,30 / 25,21 =	% 74
(Y) MARKASI			
46,6 kW	33,5 kW	32,50 kW	
Kombinasyon:		46,6 / 33,5 =	% 139
Kapasite kullanım oranı:		32,50 / 25,21 =	% 78
Zon maksimum yük =		37,54 kW	
Zon pik yük =		25,21 kW	

Kombinasyonun %139 olması ve bu değer VRF firmalarınca genel olarak belirlenen %130'u geçmesi nedeniyle bir üst kapasitede olan 40 KW'lık dış ünite seçilmiştir. (Tablo 13)

**Tablo 13** Pik soğutma ihtiyacına bağlı dış ünite seçimi

İç ünite toplam kapasitesi	Dış ünite nominal kapasitesi	Dış ünite gerçek kapasitesi	Oran
(X) MARKASI			
46,6 kW	40,0 kW	40,36 kW	
Kombinasyon:		46,6 / 40,0 =	% 117
Kapasite kullanım oranı:		40,36 / 25,21 =	% 62
(Y) MARKASI			
46,6 kW	40,0 kW	37,90 kW	
Kombinasyon:		46,6 / 40,0 =	% 117
Kapasite kullanım oranı:		37,90 / 25,21 =	% 67
Zon maksimum yük =		37,54 kW	
Zon pik yük =		25,21 kW	

7.4. Dış ünite seçim sonucu

Seçim programları sonucu;

- İç ünite toplam kapasiteleri üzerinden yapılan dış ünite seçiminde 50,0 kW (18 HP)
- Mahallerin maksimum soğutma yükü toplamına göre yapılan seçimde 40,0 kW (14 HP)
- Sistem diversitesi uygulanarak zon pik soğutma yüküne göre yapılan seçimde 28,0 kW (10 HP)

Dış ünite kapasiteleri bulunmuştur.

Ancak 28,0 kW (10 HP) kapasitede, iç ünitelerin kapasite toplamalarının dış ünite kapasitesine oranı olan kombinasyonun %166 olarak çıkması nedeniyle manuel olarak 33,5 kW (12 HP) ve 40 kW (14 HP) kapasiteli dış ünite seçimleri yapılarak durum değerlendirilmiştir.

VRF firmalarınca genel olarak kombinasyonun %130'u aşmaması önerilmektedir. Bu nedenle 40 kW (14 HP) kapasiteli dış ünitenin kullanılması uygun görülmüştür.

7.5. Dış ünitenin çalışma kapasitesi oranı açısından değerlendirilmesi

İç ünite toplam kapasitesine göre belirlenen 50 kW (18 HP) dış ünite ile zon pik soğutma ihtiyacına göre belirlenen ve kullanımı uygun görülen 40 kW (14 HP) kapasiteli dış ünite, kapasite kullanımı ve enerji tüketimi açısından incelenmiştir. Cihazların, kapasite kullanım ve enerji tüketim verileri, zon pik soğutma ihtiyacı olan 25,21 kW dikkate alınarak belirlenmiştir. Tablo 14'de söz konusu kapasitelerdeki dış ünitelerin (X) markasına ait veriler yer almaktadır.

Tablo 14 - Kapasite kullanımı

Dış ünite	Qs (kW)	Ps (kW)	Kapasitesi kullanımı
40 kW	25,6	5,66	% 64
50 kW	25,5	5,70	% 51

(Dış 35 °C KT - 24 °C YT, İç 27 °C KT - 19 °C YT)

Tablo 14’de görüleceği üzere, zon pik yükün karşılanması açısından değerlendirildiğinde; 40 kW’lık dış ünite %64 kapasitede, 50 kW’lık dış ünite ise %51 kapasitede çalışacaktır. Enerji tüketimleri açıdan baktığımızda da 40 kW’lık dış ünite, 50 kW’lık dış üniteye göre daha fazla enerji tüketmektedir. Ancak aradaki farkın göz ardı edilebilecek düzeyde olduğu görülmektedir.

SONUÇ

İki borulu VRF sistemlerinde iç ünitelerin kapasite toplamlarına göre dış ünite belirlenmesi yapının gerçek soğutma ihtiyacının göz ardı edilmesi anlamına gelmektedir. Yukarıda görüldüğü üzere iç ünite kapasitesi toplamına göre yapılan seçimler, mahallerin maksimum yük toplamından daha büyük kapasitede dış ünite seçilmesine neden olabilmektedir.

Sistemin eş zamanda ihtiyaç duyduğu soğutma yükünün pik olduğu göz önünde bulundurulduğunda, reel soğutma ihtiyacı zon pik yükü olmaktadır. Bu nedenle ısı kazancı hesaplamalarında sadece mahallerin maksimum yükleri değil zon pik yükünün de hesaplanması gerekmektedir.

Kombinasyonun izin verdiği durumlarda zon pik yüküne, bunun gerçekleşemediği durumlarda ise mahallerin maksimum yük toplamına göre dış ünite seçimlerinin yapılması uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] İSKİD İklimlendirme Soğutma Klima İmalatçıları Derneği, 2014 İstatistik Raporu.
- [2] İSKİD İklimlendirme Soğutma Klima İmalatçıları Derneği, 2017 İstatistik Raporu.
- [3] İSİSAN, “Klima-Havalandırma Tesisatı”, İsisan Çalışmaları No:158, 1997.
- [4] KARAKAYA, T., “VRF Sistemleri Çalışma Sistemi, Tasarım Ve Uygulama Esasları” (<http://mmoizmir.org/wp-content/uploads/2016/03/014-vrfsistemler.pdf>)
- [5] ATALAY, Y., “VRF Değişken Soğutucu Debili Klima Sistemleri”. (http://margem.com.tr/downloads/vrf_sistemleri-margem.pdf)
- [6] ERBOYUN, M., “Değişken Soğutkan Debili Klima Sistemlerinin (VRV*) Projelendirme Esasları ve Örnek Bir Uygulama”, III TESKON Bildiriler Kitabı Cilt II, MMO Yayın No: 203/2, 1997.
- [7] DOĞAN, V., “Su kaynaklı VRF ve Antalya’da bulunan bir alışveriş merkezinde su kaynaklı VRF uygulaması”, IX TESKON Bildiriler Kitabı, MMO Yayın No: E/2009/494-1, 2009.
- [8] <http://www.elbamekanik.com/index.php/site/sss?id=6>
- [9] <http://iklimlendirmeci.istanbul/diversite-nedir/>

ÖZGEÇMİŞ

Ali POLAT

1966 yılı Malatya doğumludur. 1988 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 1988-1992 yılları arasında çelik konstrüksiyon ve talaşlı imalat alanında imalat mühendisi ve üretim müdürü olarak çalışmıştır. 1992 - 1994 yılları arasında SSK İnşaat ve Emlak Daire Başkanlığında, 1994 - 2008 yılları arasında SSK İzmir İnşaat ve Emlak Müdürlüğünde çalışmıştır. 2008 yılından bu tarafa SGK İzmir İl Müdürlüğü İnşaat ve Emlak Biriminde çalışmaktadır. 1992 yılından beri mekanik tesisat alanında çok sayıda hastane, konaklama, eğitim, hizmet, ofis-iş merkezi, konut, AVM türü yapıların projesinde tasarımcısı olarak yer almıştır. Ayrıca hastane, hizmet, konaklama ve spor tesisi olarak yapılan kamu inşaatlarında kontrol mühendisi ve sorumlusu olarak görev yapmıştır. 2003 yılında Kamu İhale Kurumu’ndan kamu ihale ve sözleşmeleri konularında “Eğitimci” sertifikası almıştır. Kurum içi eğitimlerde, yapım işleri uygulama ve kontrollük işlemleri konularında eğitimler vermiştir.