

## Sulu-Havalı İklimlendirme Sistemleri ve Endüksiyon Cihazları

**M. Haluk SEVEL**  
mhsevel@gmail.com  
Makina Mühendisi

### ÖZET

Sulu-havalı karma iklimlendirme sistemleri salt sulu sistemlerin eksikliklerini gidermek üzere geliştirilmiştir. Bu sistem sayesinde mahallerin taze hava ihtiyaçları karşılanmakta, suyun sağladığı avantajlar sayesinde de hava kanalı kesit alanlarında önemli azalmalar sağlanmaktadır.

The air-and-water composite air conditioning systems are developed to overcome the deficiencies of the all-water systems. With the advantages of this system the fresh air requirements of the premises are fulfilled. Additionally air duct cross-sections are minimized thanks to the advantages of water.

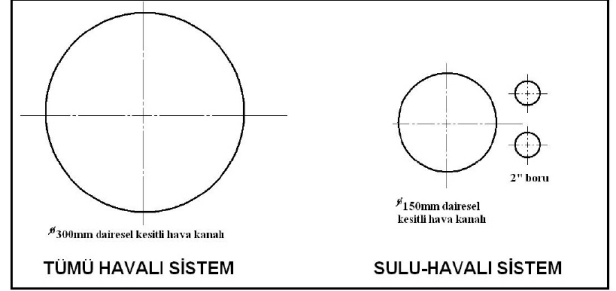
**Anahtar kelimeler:** Sulu-havalı sistemler, endüksiyon, primer hava, sekonder hava

**Keywords:** Air-and-water systems, induction, primary air, secondary air

### 1.GİRİŞ

Sulu-havalı iklimlendirme sistemleri, salt fan-coil terminal ünitelerinin kullanıldığı "tümü sulu iklimlendirme sistemleri"nin eksikliklerini gidermek için geliştirilmiş sistemlerdir. Tümü sulu sistemler ANSI/ASHRAE 55-2010 "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy" (Meskûn Mahallerin Termal Çevresel Koşulları) şartlarını tam olarak karşılamaz. Çünkü tümü sulu klima sistemlerinde nem kontrolü yoktur. Nem kontrolü istendiği takdirde mahallere ayrı birer nemlendirme cihazı konulması gerekir. Ayrıca tümü sulu klima sistemleri mahallerin taze hava ihtiyacını karşılayamaz. Ayrıca havanın filtrelenmesi de son derece sınırlı, hatta yetersizdir.

Sulu-havalı iklimlendirme sistemlerinde ise su ile havanın müştereken kullanılmasıyla taze hava ihtiyacı giderilmekte, suyun havaya oranla yüksek olan dansitesinden ve özgül ısısından da yararlanılmaktadır. Bu sayede tümü havalı sistemlerde klima tesisatı dağılım şebekesi için gereken hacimlerden ve kesit alanlarından önemli tasarruflar yapılmaktadır. Bu sayede kat yükseklikleri azaltılabilmekte, asma tavanlar yalnız bazı hacimlerde, örneğin koridorlarda uygulanabilmektedir. Bu durum Şekil.1'de görülmektedir.



**Şekil.1-Tümü havalı klima sistemleriyle sulu-havalı sistemlerin hacim gereksinimlerinin karşılaştırılması**

Genelde suyu bina dahilinde sirküle ettirmek için gerekli olan güç ventilasyon ve aspirasyon havalarının sirkülasyonu için gerekli olan ventilatör güçlerinden daha düşük olmakta, bu sayede işletme masraflarından da tasarruf sağlanmaktadır.

Bu uygulamada sirküle eden su klimatize havanın görevini tamamen devralmamakta, onu tamamlayıcı bir görev üstlenmekte, tümü sulu iklimlendirme sistemlerindeki görevlerine devam etmektedir. Bu sayede pozitif havalandırma, merkezi nem kontrolü, kış aylarında merkezi havalandırma sistemi vasıtasıyla nemlendirme ve klimatize mahallerde kuru termometre sıcaklıklarının müstakilen kontrolü gerçekleştirilebilmektedir.

### 2.TÜM HAVALI SİSTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

■Sulu-havalı klima sistemlerinin tümü havalı sistemlere olan en önemli üstünlüklerinden biri yatay ve düşey tesisat çok daha az kesit alanlarına ihtiyaç duymalarıdır. Bu sayede kat yükseklikleri azalmakta, sulu-havalı klima sistemleri çok katlı binalar için daha elverişli duruma gelmektedir.

■Diğer önemli bir husus ta her hacimde bir terminal ünitesi bulunmasıdır. Bu sayede hacimler müstakil zonlar olarak kullanılabilen, buraların kuru termometre sıcaklık kontrolleri diğerlerine bağlı olmadan yapılabilmektedir.

■Bu uygulamada hacimlerin yalnız primer hava dediğimiz taze hava ihtiyaçları merkezi klima santral(ları) ile karşılanmaktadır. Bu gereksinim de tümü havalı sistemlerdeki toplam hava debisinden düşüktür. Bu nedenle merkezi klima santralleri küçülmekte, daha küçük makine dairelerine ihtiyaç duyulmaktadır.

## Uygulama

▪Bu üstünlük onu aşağıda belirtilen yapı tarzları için ideal duruma getirmektedir:

- Ofis binaları (özellikle çok katlı olanlar)
- Hastaneler (Ameliyathane ve benzeri temiz oda kapsamındaki yerler hariç)
- Oteller (Özellikle yatak odaları)
- Okullar
- Lüks apartmanlar

▪Ancak insan sayısının fazla olduğu kalabalık mekanlarda tümü havalı sistemler tercih edilmelidir.

- İbadethaneler
- Alışveriş merkezleri
- Sinema, tiyatro ve konferans salonları
- Kapalı spor salonları, kapalı yüzme havuzları ve buz pistleri

▪İnşaat maliyetini bir bütün olarak ele aldığımızda sulu-havalı sistemler daha düşük bir ilk yatırım maliyetine sahiptir.

▪Sulu-havalı sistemlerin işletme maliyeti özellikle sabit debili (CAV) tümü havalı sistemlerden daha düşüktür.

### 3.SİSTEMİN İZAHI VE ENDÜKSİYON ÜNİTELERİ

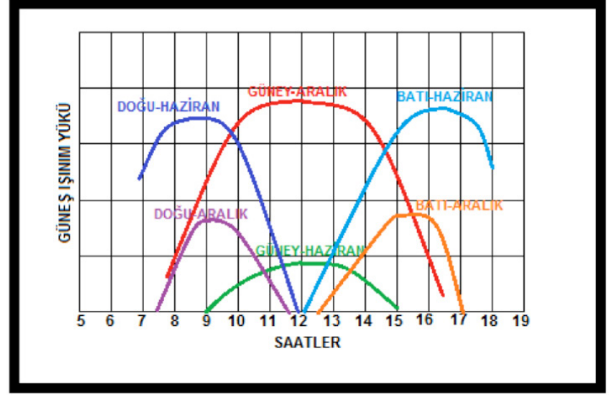
Sistemin tanımına geçmeden önce klima yüklerinin kısa bir tanımını yapmakta fayda vardır. Burada yükleri dahili ve harici yükler olarak iki ayrı başlık altında inceleyeceğiz.

▪Dahili yüklerin başında aydınlatma gelir. Meskenler dışında bu yükün gün boyunca sabit kaldığını düşünebiliriz.

▪Dahili ısı kazançlarının başında mahaldeki insanlardan kaynaklanan yükler gelir. Bu yük duyulur ve gizli ısı kazançlarından oluşur.

▪Ekipmanlardan oluşan dahili ısı kazançları özellikle ofis ve benzeri hacimlerde çok önemlidir. Bu yük genelde duyulur ısı yükü olarak oluşur.

▪Güneşten ısıtım (radyasyon) yoluyla kazanılan yükler yaz kliması yükünün büyük bir kısmını oluşturur. Çok değişken bir özelliğe sahip olan bu yük günün saatleri ve mevsimler itibarıyla büyük değişiklik gösterir. Bu yükün büyüklüğünde binanın konumu, pencerelerin büyüklüğü, pencere camlarının özellikleri, perde ve benzeri gölgemeler önemli yer tutar. ısıtım yükünün 40 Kuzey enlemi için değişimleri grafiksel yaklaşım olarak Şekil.2'de gösterilmektedir.

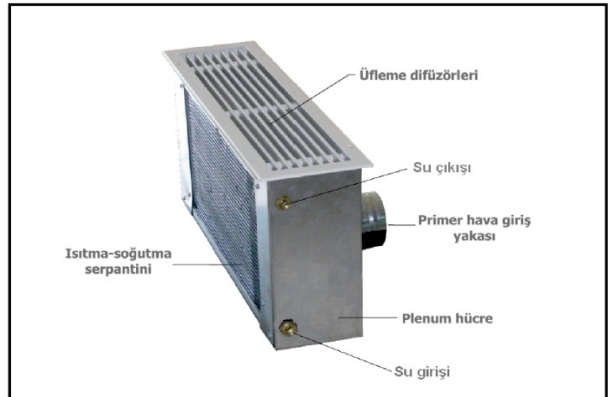


Şekil.2-Güneş ısıtımının mevsimler ve yönlere göre değişimi (40 Kuzey enlemi)

Odaların düşük seviyede basınçlandırılması ile yaz klimasında enfiltrasyonun önüne geçilebilir. Bunun sağlanabilmesi için aspirasyonun belirli bir oranda vantilasyon debisinden düşük tutulması gerekir.

Sulu-havalı klima sistemlerinin terminal üniteleri fan-coil cihazları, endüksiyon üniteleri ve aktif soğutmalı tavan/duvar ünitelerinden ibarettir. Fan-coil üniteleri başka bir makalemizde ele alınacaktır.

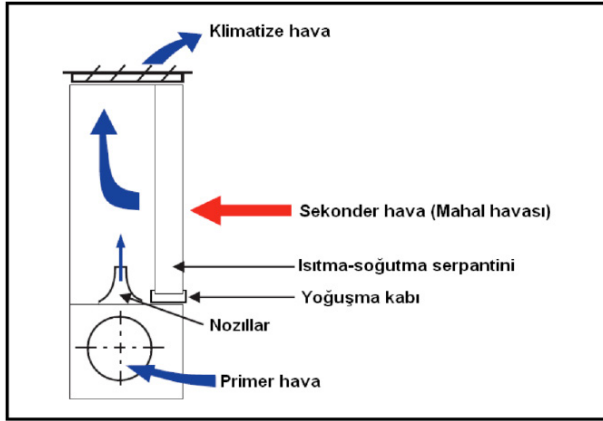
Endüksiyon üniteleri venturi prensibine göre çalışan terminal üniteleridir. Döşeme tipi bir endüksiyon ünitesi Şekil.3'de görülmektedir. Endüksiyon üniteleri fan-coil cihazlarını andırmakla beraber birçok farklılığı da bünyesinde barındırmaktadır. Örneğin; endüksiyon cihazlarının için vantilatör yoktur. Hava hareketi nozillardan üflenen primer havanın yarattığı venturi efekti ile sağlanır. Diğer önemli bir fark ta primer havanın girişi için terminal ünitesi üzerinde bir yaka (primer hava giriş yakası) bulunmaktadır.



Şekil.3-Döşeme tipi bir endüksiyon ünitesi

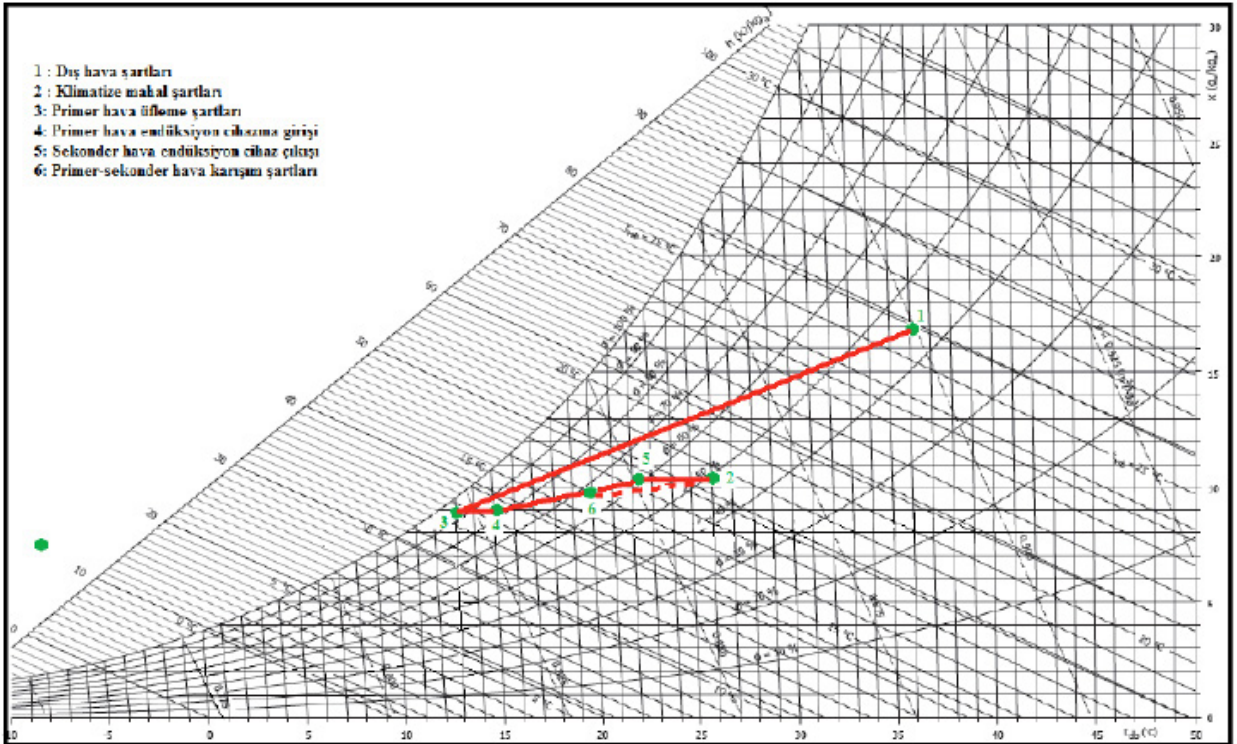
## Uygulama

Şekil.4'te de döşeme tipi bir endüksiyon ünitesinin kesiti görünmekte ve çalışma prensibi anlatılmaktadır.



Şekil.4-Döşeme tipi endüksiyon cihazı kesiti ve çalışma prensibi

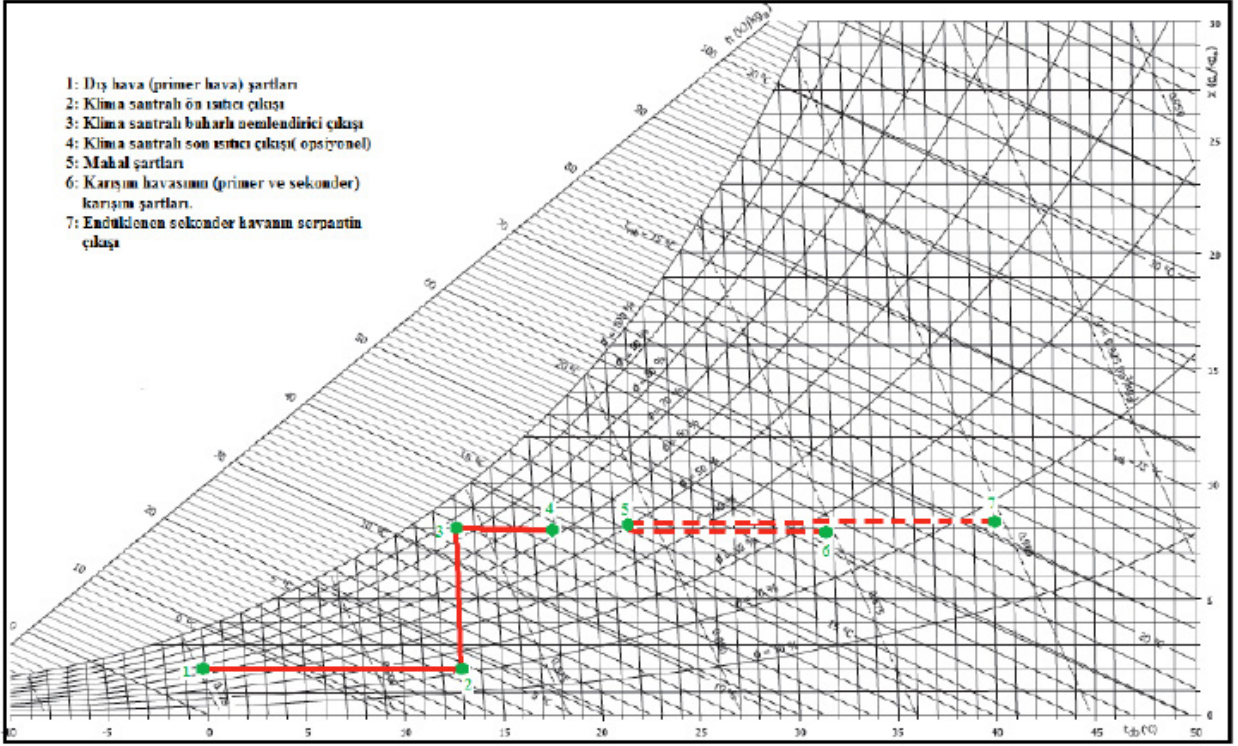
Merkezi klima santralında şartlandırılan primer hava genelde spiral kenetli dairesel kesitli hava kanalları vasıtasıyla yüksek hızda endüksiyon cihazlarına ulaştırılır. Cihazın plenum hücreğine giren primer hava plenum hücrenin üstündeki nozillar vasıtasıyla, yüksek hızda ısıtma-soğutma serpantinine paralel bir şekilde üflenir. Yüksek hızla üfleme sayesinde serpantin cihaz tarafında bir kısmi vakum meydana gelir. Bu vakumun yarattığı basınç farkı neticesi, sekonder hava tabiri ettiğimiz mahal havası serpantin üzerinden geçerek cihaz içine sürüklenir. Bu işlem esnasında sekonder hava mevsimsel ihtiyaçlara göre soğutulmuş veya ısıtılmış olur. Isıl işlem görmüş sekonder hava primer havayla karışıp klimatize hava olarak mahalle sevk olunur. Serpantin içinden geçen akışkanın sıcaklığı serpantin yüzey sıcaklığını belirler. Eğer yüzey sıcaklığı mahal çiy sıcaklığının altındaysa, duşurul soğutmaya ilaveten gizli soğutma da gerçekleştirilir. Bunun neticesi olarak sekonder havanın mutlak nemi azalır, bu da serpantin yüzeyde yağışına neden olur. Yoğuşan miktar serpantin altındaki yağış kabında toplanır ve drene edilir.



Şekil.5-Yaz klima prosesi

Bu proseste 1-3 merkezi klima santralında primer havanın soğutulmasıdır. 3-4 ise soğutulmuş primer havanın kanallarda ısı kazancı neticesi ısınmasıdır. 2 şartlarındaki sekonder hava (mahal havası) endüksiyon ünitesinde soğutulmaktadır. Bu işlem 2-5 hattı ile gösterilmiştir. 6 konumu da primer ve sekonder havaların karışımını göstermektedir. Klimatize hava 6 konumun-

da mahalle üflenmektedir. Kesik çizgilerle gösterilen 6-2 işlemi ise klimatize havanın mahalde ısınmasıdır. Bu proses mahallenin yaz ısı yükünü de karşılamaktadır. Kış prosesi de aşağıda, Şekil.06'da görülmektedir.



Şekil.6-Kış klima prosesi

Psikrometrik diyagramdaki 1-2-3-4 prosesleri merkezi klima santralinde primer havanın kış şartlandırılmasına aittir. Bu işlemlerden 1-2 ön ısıtma, 2-3 buharla nemlendirme ve 3-4 ise son ısıtma işlemlerine aittir. (3-4 işlemi merkezi klima santrali dışında, çok zonlu uygulamalarda zon ısıtıcısı olarak ta gerçekleştirilebilir). 5-7 prosesi, odadaki terminal ünitesinde sekonder havanın ısıtılmasıdır. 7 konumundaki sekonder hava 4 konumundaki primer havayla karışarak 6 şartlarında mahalle üflenir. 6-5 işlemi ise sevk olunan havanın mahal şartlarına kadar soğuması ve mahal ısı yükünü karşılamasıdır.

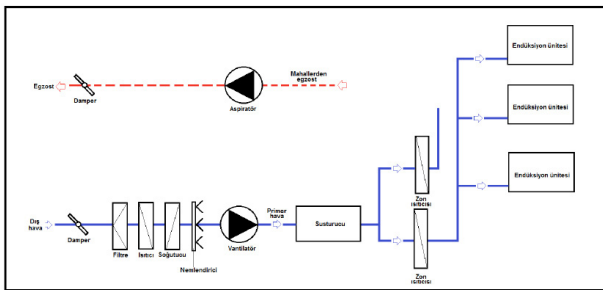
Kış klimasında nemlendirilen hava zonlara sevk olunur. Zonlarda, eğer ihtiyaç varsa zon ısıtıcılarında tekrar ısıtılır. Şekil.7'de merkezi klima santralının akış şeması görülmektedir. Bu santraldaki işlemler Şekil.5 ve Şekil.6'daki psikrometrik diyagramlarda gösterilmektedir. Klima santralindeki vantilatörün üç görevi vardır:

- Klima santrali içindeki basınç kayıplarını karşılamaktır.
- Kanallardaki basınç kayıplarını karşılamak. Bu uygulamada genelde yüksek hızlı hava kanalları tercih edilmektedir.
- Endüktiyon terminal ünitesinin girişinde gerekli olan "emre amade" basıncı sağlamak. Bu basınç sayesinde primer havanın ünite içindeki nozıllardan yüksek hızda püskürtülmesi sağlanmaktadır. Bu basınç değerleri proje müellifi tarafından imalatçı firma katalogları esas alınarak belirlenmeli ve proje üzerine işlenmelidir.

#### 4.0.KONTROL SİSTEMLERİ

Endüktiyon terminal ünitelerinde mahal sıcaklık kontrolü iki değişik tarzda yapılmaktadır. Bu tarzları şu şekilde özetleyebiliriz.

- Sekonder hava debisinin kontrolüyle,
- Su debisinin kontrolüyle.



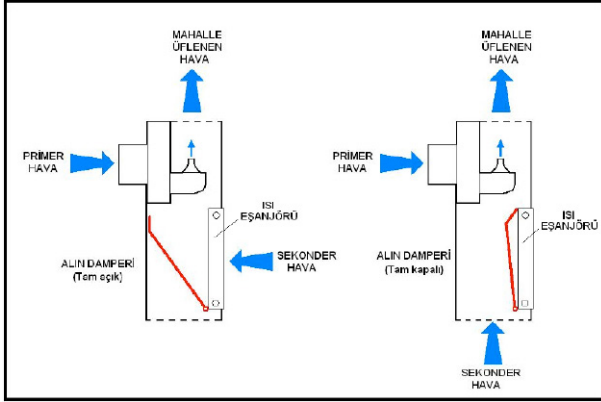
Şekil.7-Primer hava ve merkezi klima santrali

Merkezi klima santralinde şartlandırılan dış hava klimatize mahallerdeki insan sayısı göre belirlenen taze hava ihtiyacından daha az olmamalıdır. Hava filtresinden geçirilerek içindeki partiküllerden arındırılan hava mevsimsel ihtiyaçlara göre ısıtılır veya soğutulur.

# Uygulama

## 4.1. Sekonder Hava Debisinin Kontrolü

Bu sistem özellikle Amerikan literatürlerinde endüksiyon terminal üniteleri için önerilen uygulamadır. Temel prensip ünite üzerindeki ısı eşanjörü üzerinden geçen sekonder havanın (oda havasının) debisini kontroldür. Şekil.8'de bu uygulama şematik olarak gösterilmektedir.

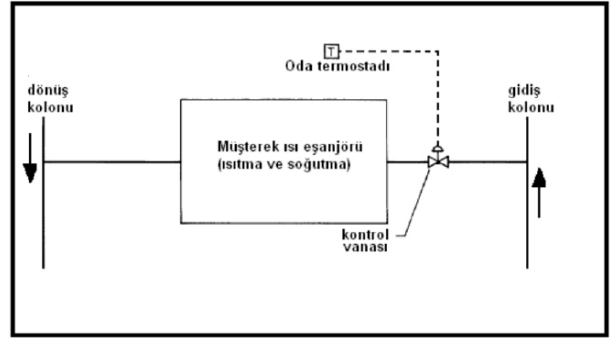


Şekil.8-Sekonder hava debisinin kontrolü

Bu uygulamaya uygun endüksiyon terminal ünitelerinin bünyelerinde, ısı eşanjörü üzerinde bir alın damperi bulunmaktadır. Bu damperin konumuyla sekonder hava ısı eşanjörü üzerinden geçirilmekte, mevsimsel ihtiyaçlara göre ısıtılmakta veya soğutulmakta, bilahare primer havayla karışıp mahalle sevk olunmaktadır. Dampere hareket veren iki konumlu bir servomotorudur ve aç-kapa sinyallerini bir oda termostatından almaktadır. Bu sayede kısmi yük kontrolü gerçekleştirilmektedir.

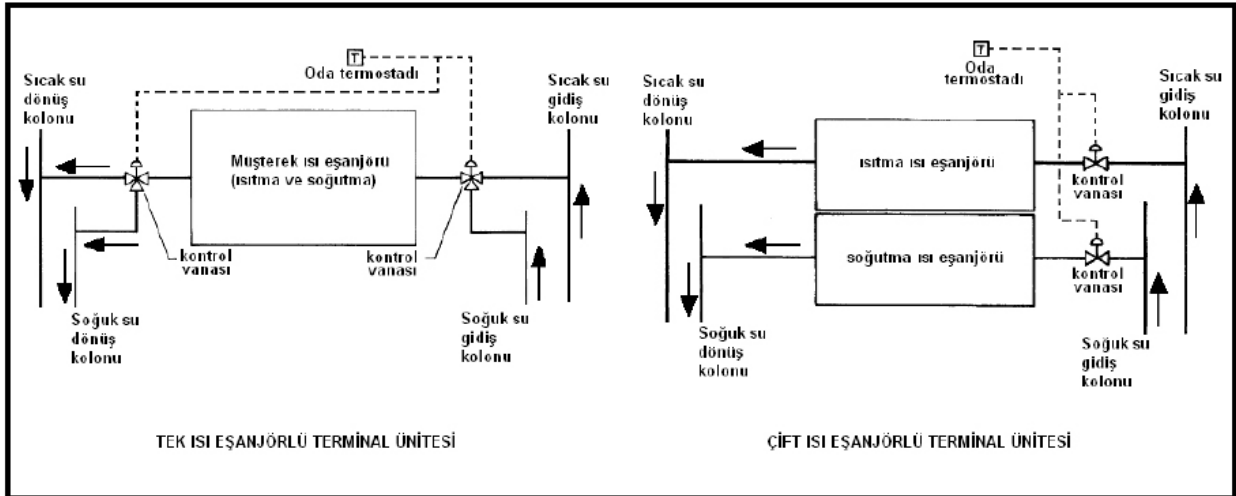
## 4.2. Su Debisinin Kontrolü

Bu uygulamada sekonder hava debisi kontrol edilmemekte ve devamlı olarak ısı eşanjörünün üzerinden geçmektedir. Mahal sıcaklık kontrolü endüksiyon terminal ünitesinin ısı eşanjörünün girişine konan iki veya üç yöllü bir motorlu vana ile gerçekleştirilmektedir. Motorlu vanaların servomotorları iki konumlu veya oransal olabilmektedir. Uygulamalarda genellikle iki konumlu motorlu vanalar tercih edilmektedir. Motorlu vanaların tip ve konumları endüksiyon terminal ünitelerindeki ısı eşanjörü sayısına ve borulama sistemine bağlı olarak belirlenmektedir. Şekil.9'da en yaygın uygulama olan tek ısı eşanjörlü ve iki borulu sistem terminal ünitesi kontrol sistemi görülmektedir.



Şekil.9-Tek ısı eşanjörlü, iki borulu sistemle çalışan bir terminal ünitesinin motorlu vana ile kontrolü

Diğer bir uygulama sistemi de sıcak su ve soğuk suyun birbirinden bağımsız şebekelerde sirküle ettiği uygulamalardır. Bunun şematik bir örneği Şekil.10'da görülmektedir.



Şekil.10-4 borulu terminal ünitesi kontrol sistemleri

# Uygulama

Dört borulu terminal üniteleri genelde çift ısı eşanjörlü olarak üretilirler. Bu eşanjörlerden biri ısıtma, diğeri ise soğutma amaçlıdır. Bu uygulamada mahal sıcaklık kontrolü için iki ayrı kontrol vanası kullanılır. İki konumlu veya oransal kontrollü olan bu servomotorlu vanalar bir müşterek oda termostatından kumanda alırlar. Termostat yaz-kış değişimini içeren, mahal yaz ve kış sıcaklıklarını ayrı olarak belirleyebilen elektronik ünitelerdir.

Dört borulu hidronik sistem uygulamalarında nadiren de olsa tek ısı eşanjörlü terminal ünitesi kullanımlarına da rastlanmaktadır. Bu uygulamada ısı eşanjörü girişine ve çıkışına birer adet üç yollu kontrol vanası yerleştirilmektedir. Girişteki vana karıştırma vanası, çıkıştaki ise saptırma vanası tipindedir ve ikisi de oransal kontrollüdür. Bu vanalardan girişteki üç yollu vana mahal ihtiyaçları paralelinde elektronik oda termostatından aldığı sinyal paralelinde sıcak ve soğuk suyu belirli oranlarda karıştırarak ısı eşanjörüne gönderir. Çıkıştaki üç yollu vana da aynı oranda sıcak ve soğuk suyu saptırarak şebekeye gönderir.

### 4.3. Termostatlar

Endüksiyon terminal üniteleri için kullanılan termostatların fan-coil termostatlarından temel farkı iki terminal ünitesinin arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Endüksiyon terminal ünitelerinin içinde vantilatör bulunmadığından oda termostatı üzerinde vantilatör hız seçici anahtarının bulunmasına gerek yoktur. Diğer özellikler itibarıyla aynıdır. Basit bir oda termostatında bulunması gereken fonksiyonlar şunlardır:

- Mahal sıcaklık ayarı
- Yaz-kış değişim anahtarı
- Motorlu vanaya (veya alın damperinin servomotoruna) aç-kapa komutu (iki konumlu uygulama)
- Açık-kapalı anahtarı

Bu termostatların kullanımında yaz ve kış mahal sıcaklık ayarları kullanıcılar tarafından yapılmalıdır.

Daha gelişmiş elektronik termostatlarda ise bulunan fonksiyon sayısı farklıdır. Bu fonksiyonları şu şekilde belirtebiliriz.

- Otomatik mevsimsel (yaz-kış) değişim sıcaklığı (göstergeli)
- Otomatik mevsimsel değişim sıcaklığına bağlı olarak mahal yaz ve mahal kış sıcaklıklarının belirlenmesi.
- Kontrol vanaları oransal bantlarının belirlenmesi.
- Mevsimsel değişime bağlı olarak kontrol vanalarına oransal kontrol sinyali çıkışı.

### 5. SONUÇ

Sulu-havalı iklimlendirme sistemlerinin sağladığı en büyük avantaj mevcut binalara uygulanabilme özellikleridir. Bölüm.2'de belirtilen hususlar saklı kalmak şartıyla birçok mevcut binaya, özellikle ofis binalarına, ameliyathane ve benzeri temiz oda kapsamındaki yerler hariç olmak üzere hastanelere, büyük salonlar, lokantalar dışındaki otel hacimlerine ve lüks apartmanlara kolaylıkla uygulanabilir.

Bu sistemin sağladığı diğer bir avantaj da yeni mimari projelere uygulanması durumunda inşaat maliyetinden önemli tasarruflar sağlanmasıdır. Büyük asma tavan açıklıklarına ihtiyaç duymaması nedeniyle kat yüksekliklerinden önemli tasarrufa gidilebilir.

Sulu-havalı iklimlendirme sistemlerinin bir diğer avantajı da terminal ünitelerinin bulunduğu her hacmin bağımsız bir zon olarak çalışabilme özelliğidir. ■

### 6. REFERANSLAR

- [1]ASHRAE HANDBOOK, 1999 HVAC Applications
- [2]ASHRAE HANDBOOK, 2000 HVAC Systems & Equipment
- [3]ASHRAE HANDBOOK & Product directory, 1973 Systems
- [4]SEVEL, M.H. Psikrometri-I, İMEKSAN Akademi, 2014
- [5]AST1/2/4, Aktif Soğutulmuş Tavan Üniteleri (Katalog)-İMEKSAN
- [6]DEU1 "Duvar Tipi Endüksiyon Cihazları (Katalog)-İMEKSAN