

# BİNA YÖNETİM SİSTEMLERİ VE HVAC SİSTEMLERİNDE ENERJİ TASARRUFUNA YÖNELİK KONTROL İLKELERİ

Çağlar Selçuk CANBAY  
Güliden GÖKÇEN  
Arif HEPBAŞLI

## ÖZET

Günümüz binalarında yer alan her türlü elektrikli ve elektro-mekanik donanım; konfor, ekonomi, kalite ve güvenlik açısından kontrol altına alınmaya başlamıştır. Binalarda ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemlerinden, yangın ve güvenlik sistemleri, aydınlatma, acil durum enerji dağıtımı, asansörler ve proses kontrol sistemlerine kadar bir çok değişik sistem söz konusu olup, bu sistemlerin merkezi denetim ve kontrolü, sonrasında bu bilgilerin depolanması gerek enerji yönetimi gerekse işletme ve bakım için önemli bir gereksinimdir.

Binalardaki HVAC sistemlerinin her koşulda konfor sağlama ve enerji etkin bir sistem olarak çalışması için iyi tasarlanmış bir kontrol senaryosu gereklidir. HVAC sisteminden beklenen en yüksek verimi almak ve sistem hassasiyetini en yüksek düzeyde tutmak için kontrol stratejileri ve parametrelerinin uygun seçilmesi gerekir.

Bu çalışmanın amacı; Bina Yönetim Sistemlerinin (BYS) kapsamını, işlevlerini, evrelerini, üstünlüklerini anlatmak, uygulamada sık kullanılan mekanik sistemler için enerji tasarrufuna yönelik kontrol ilkelerini sıralamak ve BYS'nin Türkiye'deki uygulamalarında karşılaşılan sorunları aktarmaktır. Söz konusu çalışmanın, başta yatırımcılar olmak üzere, tasarımcılar, işletmeciler ve mekanik yüklenici firmalara yararlı olacağı yazarlar tarafından umulmaktadır.

## 1 GİRİŞ

Binalarda her türlü iklim koşulunda ısı konforun sağlanması için ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemlerinin iyi kontrol edilmesi gerekir. Binalarda enerji tasarrufunun en iyi yollarından birisi, Bina Yönetim Sistemleri (BYS) ile etkin bir HVAC kontrolü sağlamaktır. Ancak HVAC sistemlerin kontrol stratejilerini belirlemek çoğu zaman oldukça zordur. Esas olan, ısı konforu ve iç hava kalitesini sağlarken, enerji giderlerini en aza indirerek, çevre kirleticileri en alt düzeyde tutmaktır.

BYS'lerinin gelişimi şöyle özetlenebilir: 19. yüzyılın sonlarında binalarda havalandırma kontrolü yalnızca açılabilen pencerelerden oluşmaktaydı. 1880'lerde termostatik kontrollere icat edildi. Ancak, bu sistemler de enerji kaynağına gereksinim duymaktaydı. Bu nedenle, istenen havalandırma debileri ve sıcaklık kontrolü 20. yüzyılın başlarında elektrik enerjisi yaygın olarak kullanılabilir hale gelinceye dek sağlanamamıştır. 1930'larda iklimlendirme teknolojisinin gelişmesi ile doğal havalandırma yöntemleri tarihe karışmıştır [1]. Günümüzde, ideal havalandırma debilerinin ne olması gerektiği, arzu edilen sıcaklık ve nem koşulları bilinmektedir. Bunun yanı sıra, bu koşullara uygun kontrol sistemleri ve teknolojileri hızla gelişmekte ve ucuzlamaktadır.

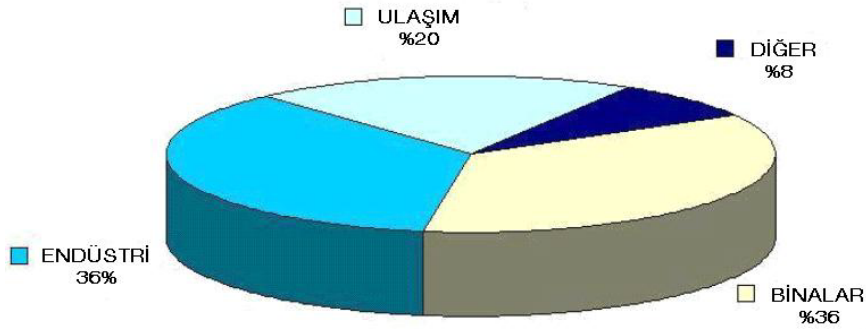
Binalarda başarılı bir enerji yönetiminin kurulması ve HVAC kontrolünün uygulanması için, mekanik ve kontrol sistemlerinin iyice kavranması gerekir. Bu bağlamda, bina içinde konfor şartlarını zorlayan, olumsuz etki yaratan iç ve dış yükleri ekonomik bir şekilde dengede tutarken, binanın tesisatını uygun şekilde tasarlamak ve ona uygun bir otomasyon sistemini kurmak gerekir.

BYS'den tüm işletme dönemi boyunca iyi sonuçlar alınması için sistem tasarımı aşamasında nesnel ve sistematik bir yaklaşım gereklidir. Bu yaklaşım, ancak, yatırımcı, işletmeci ve yüklenici arasındaki eşgüdüm ile sağlanabilir. Türkiye'de mevcut BYs'ndeki yetersizliklerin çoğu, BYs'nin tasarım aşamasındaki eşgüdüm eksikliğinden kaynaklanmaktadır.

Binalarda enerji tüketimindeki en büyük payı, binayı konfor değerlerinde tutmaya çalışan, HVAC ve aydınlatma sistemleri alır. Binalardaki toplam enerji tüketiminin bina kullanım amacına bağlı olarak %10 ile %60 arasındaki oranının HVAC cihazlarınca tüketildiği belirlenmiştir [2, 3].

Amerikan Enerji Verimliliği ve Ekonomisi Konseyi tarafından yapılan bir araştırma sonucunda, ticari binalardaki enerji tüketiminin 80'li yılların ortalarından sonra hızla artmaya başladığı saptanmıştır [4].

1980-2001 yılları arası ortalama değerleri olarak Türkiye'de sektörel bazda enerji tüketiminin dağılımı Şekil 1'de gösterilmiştir [5]. Konutlarda ve ticari binalarda tüketilen enerji, toplam tüketimin %36'sını oluşturmaktadır. Bu rakam, Türkiye'de konutlarda ve binalarda enerji giderlerini azaltmaya yönelik çalışmaların önemini vurgulamaktadır.



Şekil 1. Türkiye'de sektörel bazda enerji tüketimi dağılımı (1998-2001 yılları ortalaması) [5]

Amerika'da bir danışmanlık firması tarafından bina işletmecileri ve sahiplerine yönelik yapılan bir ankete göre, yeni yapılan binaların %81'inde HVAC sistemleri ve kontrolünde memnuniyetsizlik yaşanmıştır [6]. Buradan, bu sistemlerin gerek tasarımı gerekse de işletmesinde mühendislik açısından yürütülmesi gereken çalışmaların önemini göstermektedir.

## 2 BİNA YÖNETİM SİSTEMLERİ (BYSleri)

BYSleri; ısıtma, soğutma, havalandırma, iklimlendirme, aydınlatma, yangın algılama ve söndürme, güvenlik, enerji izleme ve dağıtım, asansör kontrolü, yedek enerji sistemleri, sıhhi tesisat, vs. gibi sistemleri tek merkezden izleme, kumanda ve yönetme işlemlerini binaya uygun senaryolara göre gerçekleştiren etkili bir sistemdir. Günümüz binalarında BYs, binanın yönetimi, işletmesi ve bakımındaki kolaylıkları ve yüksek enerji tasarrufu potansiyeli ile vazgeçilmez bir durumdur. BYs'nin amacı; en rahat koşullara en ucuz şekilde sahip olmaktır. Ancak, BYs'nin başarısı, iyi tasarlanarak devreye alınmış ve iyi eğitilmiş kullanıcılara bağlıdır. Özellikle binalardaki HVAC sistemlerinin dinamik performansının anlaşılması deneyim gerektirir.

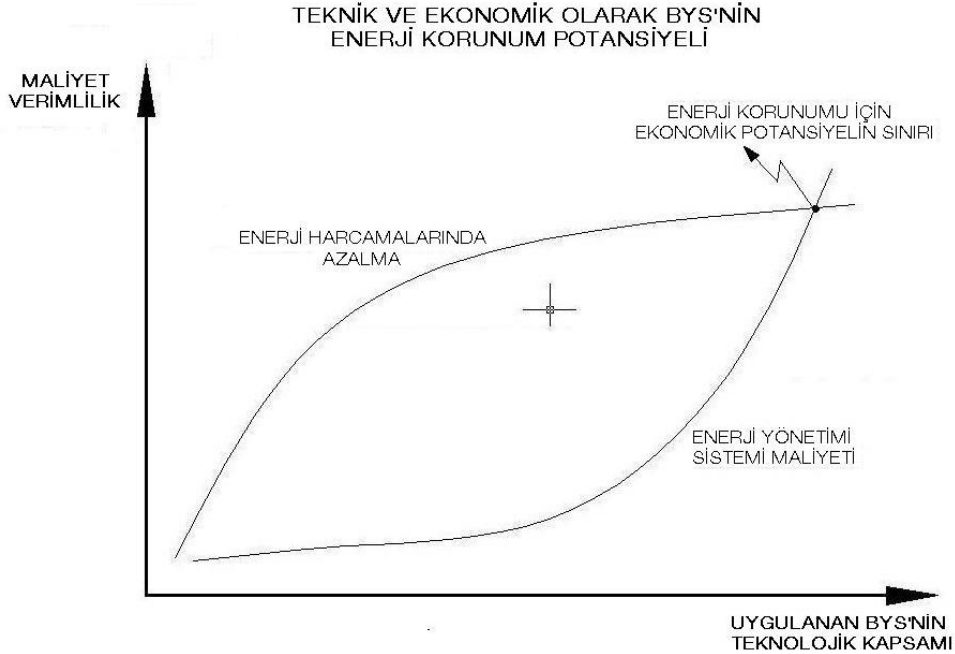
Günümüz binalarında –özellikle büyük ve kalabalık- BYŞ büyük önem kazanmaktadır. BYŞ'lerinin uygulama alanı çok geniş bir yelpazeye sahip olmakla birlikte, aşağıda en çok uygulandığı alanlar sıralanmıştır:

- Bürolar, Oteller, Üniversiteler, Okullar : Konfor, memnuniyet, yüksek çalışma verimi, ve enerji tasarrufu
- Hastaneler, Laboratuvarlar : Özel havalandırma ve nemlendirme sistemleri, enerji tasarrufu
- Müzeler, Kütüphaneler : Özel nem ve sıcaklık kontrolü, ve enerji tasarrufu
- Alışveriş Merkezleri, Havalimanları : Konfor ve enerji tasarrufu.
- Ticari ve Endüstriyel Binalar : Proses kontrolü ve enerji tasarrufu

Ciddi bütçe gerektiren BYŞ'nin verimliliği, sistemin yatırım geri dönüşü açısından çok önemlidir. BYŞ verimini etkileyen unsurlar, ana başlıklarla aşağıda belirtilmiştir.

- Mekanik sistemin tasarımı ve montajı,
- Otomatik kontrol sistemi tasarımı ve planlaması,
- İşletme Yönetimi,
- Hizmet ve Bakım,
- Bina alt sistemlerinin eşgüdümü.

BYŞ'nde teknolojik kapsamı artmaya başladıkça, sistemin maliyetindeki artış ve enerji harcamalarındaki azalmanın kesiştiği nokta, enerji tasarrufu için ekonomik potansiyelin sınırı olarak tanımlanabilir (Şekil 2). En uygun yatırımı yapmada, fikir edinmek üzere, bu eğrilerden yararlanılabilir. Ancak, teknolojik kapsamın artması ile maliyet ve verimlilik arasındaki ilişki, sistemlerin yapısına, malzeme fiyatlarına ve piyasa koşullarına göre değişkenlik gösterebilecektir.



**Şekil 2.** Teknik ve ekonomik olarak BYŞ'nin enerji korunum potansiyeli [7]

BYS'nin üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Binanın her tarafına dağılmış olan elektrikli ve mekanik sistemlerin merkezi gözetleme, kontrol ve denetimine olanak tanınması,
- Dağınık binalardan oluşmuş komplekslerde (üniversite kampüsleri, hastane, fabrikalar, vb.'leri) her binada bağımsız veri merkezleri kurulup, bu veri merkezleri ayrıca daha üst seviyede kontrol, denetim ve eşgüdüm için birbirlerine bağlanabilmesine olanak tanınması,
- Her büyüklükte bina ve komplekslere adapte edilebilen, mevcut sistemin sürekli olarak genişlemesine ve yenilenmesine olanak tanınması,
- Yangın algılama-söndürme,güvenlik,giriş-çıkış kontrol sistemleri vb diğer bina alt sistemleri ile bütünleşebilen mikroişlemci teknolojisi ile üretilmiş sistemler olması,
- Tüm sisteme ait bilgilerin depolanmasına ve bu bilgilerin daha sonra işlenmesine (bakım, yönetim ve alarm raporlaması) ve istenen verilerin süzülmesine izin vermesi,
- Binada arzu edilen çevre koşullarını sağlarken enerji tüketiminde maksimum ekonomiyi gerçekleştirmesi,
- Kontrol döngülerinin verimi ve hassasiyeti en yüksek seviyede olması,
- Arıza ve acil durumlarda yapılması gerekenler kişilerden bağımsız ve hızlıca kendiliğinden devreye girmesi,
- Kontrol yazılımlarının uygulanabilirliğinin kolay olması,
- Bilgisayar ve kullanıcı ara yüzü yardımıyla kullanılıp ekran üzerinden kullanıcının sistemi çabuk kavramasının sağlanması,
- İşletme gereksinimlerinin değişmesine göre esnek değiştirilebilecek yazılımlarla çabuk uyum sağlanması ve
- İşletme giderlerinin izlenmesinin kolaylığıdır.

BYS, Şekil 3'de gösterildiği gibi, esas itibariyle üç kademeli bir mimari yapıdan oluşur. Bunlar:

- a) Yönetim seviyesinde merkezi denetleme ve veri değerlendirme,
- b) Otomasyon seviyesinde yerel kontrol ve gözetleme (Doğrudan Sayısal Kontrol-Programlanabilir Mantık Kontrolörü (DDC-PLC) üniteler ) ve
- c) Sahada yerel uygulama elemanlarıdır.

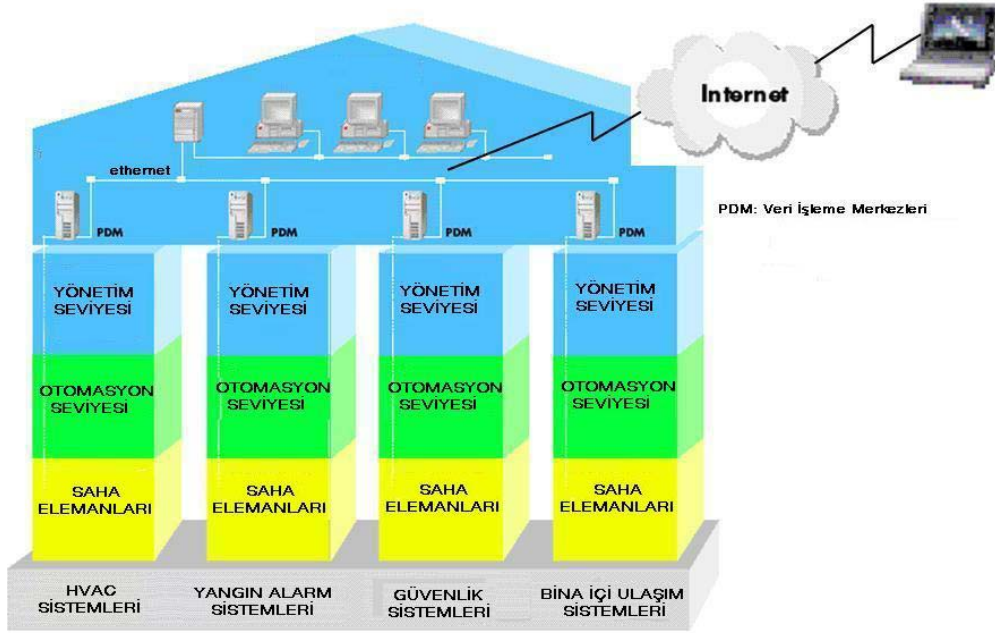


Şekil 3. BYS mimarisinin gösterimi

Bu üç kademedeki DDC üniteler hızlı gelişimiyle önem kazanmıştır. DDC'nin bina otomasyonundaki görevi; otomasyonun sevk ve idaresinin kendiliğinden ek bir kontrole gerek duymadan yerine getirmesidir. Özellikle yarı iletkenlerin küçültülmesi ve daha hızlı-ucuz yeni tekniklerin bulunması ile mikroşlemcilerin kullanımı yaygınlaşmıştır.

Binadaki sistemlerin yatay ve dikeyde birbirleriyle bütünleşmesi ve aynı dili konuşmasına yönelik sistem mimarisi Şekil 4'de gösterilmiştir. Tüm bu sistemlerin bütünleşmesi, DDC sistemlerdeki gelişmelere paralel olmuştur. DDC'nin diğer sistemlere göre üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Bina otomasyonunun sevk ve idaresinin tamamlanmasını, optimizasyonun ve kontrolün gerçekleştirilmesini, küçük arıza ve sorunların giderilmesini sağlar.
- DDC sistemi, geleneksel sisteme göre daha ekonomiktir.
- DDC sistemi tesisatta değişiklik yapılmasına veya genişleme yoluna gidilmesine uyum sağlar.
- Tüm bilgi sistemini kapsayan merkezin bakımını, normal ve uyumlu çalışmasını sağlar.



Şekil 4. Değişik bina alt sistemlerinin bütünleşmesi [8]

## 2.1 Bina Yönetim Sistemlerinin (BYS) Temel İşlevleri ve Uygulama Yazılımları

### 2.1.1 İşletmenin Kontrolü ve Yönetimi

BYS, tüm işletmenin bir veya birden çok merkezden kontrolünü ve yönetimini sağlar. Bu işlevleri yerine getirebilmek ve işletme yönetimine destek olabilmek için uygulanan yazılımlar aşağıda açıklanacaktır [9].

#### 2.1.1.1 Çalışma Zamanlarının Denetimi Yazılımı (Bakım Yazılımı)

- Kumandası yapılan veya açık / kapalı durumu gözlenen bütün motorların ve diğer cihazların çalışma süreleri toplanarak belirli zaman aralıklarında bakımlarının yapılması için kullanıcıya uyarılarda bulunur ve bakım için veritabanı oluşturur.
- Çalışma sürelerinin toplanmasına, cihazların sıralı çalışmasına ve yedeklerinin devreye alınmasına yardımcı olur.

Yazılım, süreli bakım işleri için gerekli idari personel sayısını azaltır. Süreli bakımda yapılan temizleme, yağlama, parça değiştirme, vs. ile işletmenin daha verimli ve güvenli çalışması sağlar.

#### 2.1.1.2 Arıza İstatistik Yazılımı

Yazılım, denetim ve kontrolü yapılan tüm işletmelerde daha önceden belirlenmiş süreler içinde meydana gelen arızaların istatistiğini tutarak zayıf noktaların belirlenmesine olanak verir.

### 2.1.1.3 Yetki-İşlem Güvenliği Yazılımı

Eğitilmiş ve yetkili işletmecinin, otomasyon sistemine doğru kimlik kodu veya şifre ile ulaşmasını sağlayan bu yazılım sayesinde; başka kişilerin sisteme girişi engellenmektedir. Yetki seviyeleri, hem adresler hem de adresler üzerinde uygulanacak sistem komutlarını güvenlik altına alma yeteneğine sahiptir. Örneğin; sıcaklık ayar değiştirme yetkisi veya cihazları açma/kapama yetkisi sadece belli kullanıcılara verilebilir.

### 2.1.2 İşletmenin Kontrolü

İşletmenin kontrolü için işletmenin mekanik yapısına uygun kontrol senaryoları ve bunları gerçekleştirecek yazılımlara gereksinim vardır. Bu yazılımlardan sık kullanılanlar, aşağıda verilmiştir.

#### 2.1.2.1 Zamana Göre Anahtarlama Yazılımı (Günlük, Haftalık, Tatil)

Yazılım, sistemdeki cihazların belli bir zaman programına göre (günlük, haftalık, tatil gibi) çalıştırılıp, durdurulmasını sağlar. Sistemler gerektiği zaman çalıştırılıp durdurabileceği için enerji tüketimi azalacaktır. Bu yazılımda sistemden, istenen zamanlarda, belirli tepkiler göstermesi istenir. Bu tepkiler aşağıdaki şekilde olabilir:

- Anahtarlama komutunun verilmesi,
- Sınır değerinin ayarlanması,
- Ayar değerlerin değiştirilmesi,
- Herhangi bir başka yazılımın başlatılması veya durdurulması,
- Rapor verilmesi,
- Kullanıcıya metin halinde bir bilgi aktarılması,
- Tepki istenen zaman, haftanın 7 günü için süreli olabileceği gibi, tatil günleri gibi yılın belirli günleri için ayrı yazılımlar oluşturulabilir.
- Çeşitli yazılımların getirdiği çelişkili tepkilerde, öncelikli yazılımın tepkisi kabul edilecektir. Örneğin; yangın durumunda, zamana göre çalışması gereken herhangi bir fan durdurulacaktır.

#### 2.1.2.2 Tepkiyle Çalışma Yazılımı

Zamana göre anahtarlama yazılımı gibi çalışır. Farklı olarak burada anahtarlama yada kontrol işlemindeki değişiklikte, neden zaman değil, sistemin çalışmasında oluşan bir değişikliklerdir. Örneğin; Klima Santrali (KS)'nin fanı durduğunda, tüm vanalar tam kapalı konuma gelecektir ve böylece taze hava damperi kapanacaktır. Bununla birlikte, donma bilgisi geldiğinde, ısıtma vanası tam açık taze hava damperi tam kapanacaktır.

#### 2.1.2.3 Sıralı Devreye Alma Yazılımı

Bu yazılım ile elektrik enerjisinin kesilmesi durumunda, jeneratör devreye girdikten sonra ve/veya enerjinin geri gelmesi durumunda, şebekeye ve jeneratöre fazla yük bindirmemek için, motorların ve cihazların, kademeli olarak devreye alınması mümkün olacaktır.

Bu yazılımın uygulanması için kullanılacak olan dijital çıkış (anahtarlama) modülünün özelliği ise, enerji kesilmesinde kontağını açan tip olmasıdır.

#### 2.1.2.4 Çalışma Saatlerine Göre Öncelik Değiştirme Yazılımı

Birden çok cihazın birlikte veya yedekli çalışması durumunda (Soğutma grupları, pompalar, vb.'leri), cihazlar her hafta çalışma saatlerine göre yeniden sıralanacaktır. En az çalışan 1 numaraya, daha az çalışan 2 numara vs. gelecektir. Böylece, elemanların süreli bakımlarında bir aksaklık olmayacak ve düzenli bakım sağlayacak bir yöntem sağlanacaktır. Benzeri uygulama cihazın her çalışmaya başladığında başka bir cihazı yedeklemesiyle gerçekleşir. Ancak, bu durumda çalışma saatleri ve sıklığındaki düzensizlik nedeniyle eş çalışma zamanı yakalanması zorlaşır.





Bu yazılım aynı zamanda cihazlardan bir tanesinin arızalanması durumunda, yedek cihazı kendiliğinden devreye sokar ve elle bir müdahaleyi gerektirmez.

Yazılım sayesinde süreli bakımlar, takvime göre değil gerçek çalışma saatlerine göre düzenlendiği için, daha sağlıklı olur.

#### 2.1.2.5 Süreli Çalıştırma Yazılımı

Bu yazılımla, HVAC ile ilgili tesisatlar, enerji tasarrufu sağlamak amacıyla süreli olarak çalıştırılır. Yazılım uygulanırken ortamın konfor şartları, ortamın gerçek sıcaklığı, dış sıcaklık ve en kısa durdurma süreleri parametre olarak kullanılır. Bu yazılımla ilgili ayrıntılı açıklama 3. bölümde yapılacaktır.

#### 2.1.2.6 Cihaz Koruma Yazılımı

Bu yazılımla, uzun süre kullanılmayan mekanik cihazların haftada bir kez belli sürelerde ve aralıklarda çalıştırılması ile cihazların ömürlerinin uzatılması sağlanır. Örneğin; ısıtma dönemi boyunca çalışmayan soğutma vanasının milinin korozyon nedeniyle kullanılamaz duruma gelmesi bu yolla önlenir. Donma termostatından donma bilgisi geldiğinde, ısıtıcı vana tam açılır ve böylece serpantin korunmuş olur.

#### 2.1.2.7 Klima Santrallerinin Çalışma Yazılımı

KS'lerinin çalışma yazılımı, sadece "DUR" ve "ÇALIŞ" olmamalı, enerji tasarrufu ve yönetim için gereken tüm yazılımları sağlayacak biçimde tasarlanmalıdır.

Bu yazılımlar, KS'nde kullanım amaçlarına göre konforu sağlamak veya istenen sıcaklık ile nem ayar değerlerini sağlamak görevini üstlenirler. Ortam (veya dönüş havası) sıcaklığının veya neminin kontrol edildiği, üfleme havasında sınırlama yapılan KS'nde, oransal sınırlama ve kaskad kontrolü yapılır. Bu kontrol için; üfleme havası ile ortam (veya dönüş) havasında birer duyar eleman bulunmalıdır. Kontrolün temeli, üfleme havası değerlerini (sıcaklık veya nem) ortam değerine bağlı kontrol ederek, istenen ortam ayar değerinin en hızlı biçimde yakalanmasına dayanmaktadır.

İşletmeci, istediği zaman KS'nde uygulanan gece havalandırması "Night Purge" ve hızlı ısıtma "Boost Heating" vs. gibi yazılımları devreye sokabilir. Bu yazılımlarla ilgili ayrıntılı açıklama 3. bölümde verilecektir.

#### 2.1.3 İşletmenin Denetimi

İşletmenin denetimi rapor yazılımları yardımı ile yapılır. Denetim, işletmenin yönetiminde ve bakımında kilit unsurdur. BYS'nin denetimi altında bulunan bütün sistemlerin çalışma süreleri sırasında olabilecek her türlü bilgi aynı anda veya belirli aralıklarla veya isteğe bağlı olarak okunabilir ve yazıcı ile yazdırılabilir. En sık kullanılan rapor yazılımları aşağıdaki gibidir:

##### 2.1.3.1 Nokta Durum Raporu

Sisteme bağlı bütün noktaların durumlarını belirten bilgilerin (çalışıyor – çalışmıyor bilgisi, otomatikte – elde bilgisi, (sıcaklık, nem, basınç gibi), vana ve damper (klape) motorlarının yüzde olarak konumları, sistemlerin enerji tüketim değerleri, depo seviyeleri vs.) alınmasını sağlar.

##### 2.1.3.2 Alarm Raporu

Sisteme alarm olarak tanıtılmış tüm noktaların bilgilerinin alınmasını sağlar. Alarm kontağının açılması veya ölçülmüş bir değerın sınır değerlerini aşması durumunda; yazılım bu hareketi alarm olarak algılar ve senaryosuna bağlı olarak çalışması gereken işlevleri harekete geçirir.

Oluşan alarm, alarmın kullanıcı tarafından görülüp görülmediği yazılımın veritabanında saklanır ve saat-tarih değerleri ile birlikte istenildiği zaman çıktı alınabilir. Alarm noktaları sınıflara ayrılabilir, böylece hataların hızlı ve diğer olaylardan arındırılmış olarak değerlendirilmesine olanak tanınır.

### 2.1.3.3 Geçmiş Veri Grafikleri ve Eğilim (Trend) Raporu

Eğilim (trend) işlevi, kontrolü kritik olan noktalardaki sıcaklık, nem, basınç gibi fiziksel büyüklüklerdeki sapmaların gözlenmesi ve tespiti için belirli bir zaman dilimi içinde meydana gelen değişiklikleri gösteren rapordur. Bu işlev sayesinde, gerçek zamandan başlayarak, belirlenmiş çok kısa zaman aralıklarında (saniye gibi) geçmişe doğru, ölçülen fiziksel büyüklüğe ait değerler görülebilir, yazılı çıkış alınabilir, sistemin nasıl çalıştığı ve performansı hakkında detaylı çözümleme yapılmasına olanak tanınır. Eğilim veri tabloları ile geçmiş veri tabloları farklı veri dosyaları üzerinden takip edilir ve genelde bu iki fonksiyon birbirinden anlam ve zamansal yapı olarak farklıdır.

### 2.1.3.4 Cihaz Genel Durum Raporu

Cihaz durum raporlarıyla, bir cihazın o an hangi durumda bulunduğu kolayca anlaşılabilir (açık, kapalı, donma, gece havalandırması, yangın vb). Cihaz durum raporları, nokta raporlarına göre en az 10 kat hızlı okuma ve anlama yeteneği vermektedir. Ayrıca, cihaz durum raporları, sadece arızalı veya sadece belirli arıza seviyesindeki gibi, özel süzölmüş raporlar şeklinde de verilebilir.

Cihaz durumları ayrıca istatistik amaçlı bilgiler de verebilir. Örneğin; belirli bir tarih aralığı içinde bir cihaz % 20 fan kayışı kopuk durumunda, % 65 çalışma ve % 15 durma pozisyonunda kalmıştır gibi raporlar alınabilecek şekilde EXCEL gibi yardımcı yazılımlara bilgi iletilebilir. Bu şekilde aynı türden cihazların çalışma biçimleri birbirleriyle karşılaştırılabilir ve normalden farklı davranışlar hızla tespit edilebilir. Bu yöntemle takvime dayalı yada çalışma saatine göre bakım zamanı gelmemiş, ancak arıza olasılığı olan cihazlar için erken bakım gerçekleştirilebilir.

### 2.1.3.5 Ayar Değerleri Raporu

Sistemdeki tüm noktaların ayar değerlerini gösteren rapordur. Bu raporda ayar değerleri ile ölçülen değerler arasındaki sapmalar gözlenerek sistemdeki problemler belirlenir.

### 2.1.3.6 Adres Raporları

Sisteme bağlı noktaların kullanıcı ve teknik adreslerini gösteren raporlardır. Sistemdeki teknik yerleşimlerin ortak sınıflara ayrılması, yerleşimlere ait noktalardan benzer olanlarının durumunun hızlı, güvenli ve detaylı olarak görülmesi açısından sınıflar oluşturma işlevi çok önemlidir.

### 2.1.3.7 Sistemin Kendisi İle İlgili Durum Raporu

Sistem genelinde kullanılan saha bilgisayarlarının, giriş/çıkış modüllerinin arızaları ve durumları, mikroşlemcilerin sürüm numaraları, haberleşme hızları hakkında da bilgi veren rapordur.

## 2.2 BYS Evreleri

Bir BYS projesi, temelde dört evreden oluşur. Bu evreler; BYS kapsamını belirleyen ve sistemi tanımlamaya yardımcı olan “kapsam ve tanımlama” evresi ile başlar, BYS'nin standartlarını, şartnamelerini ve projelerinin temel yapısının belirlenmesini sağlayan “tasarım ve proje” evresi ile devam eder. Projenin yüklenici firma tarafından uygulamaya konulması ve devreye alınmasını kapsayan “uygulama” evresi ve arkasından sistemin ince ayarlarının yapıldığı “sonlandırma” evresi ile son bulur.

### A. Kapsam ve Tanımlama

- Binanın kullanım amacı ve bina genel gereksinimleri (bireylerin gereksinimleri, mal sahibinin gereksinimleri, yerel otoriteler (belediye vs) ve çevre gereksinimleri) belirlenmeli, bina alt



sistemleri tasarımı yapılmalı ve sonrasında mekanik tasarım ve otomasyon projesi yapılmalıdır.

- BYS gereksinimlerini tanımlamak ve belirlemek için sistematik yaklaşım gereklidir.
- Bina sahibi ve bina işletmecisi eşgüdüm içerisinde çalışarak danışman firma yardımıyla BYS kapsamını açık ve detaylı şekilde belirlemelidir. Zaman, para ve kapsam üçgeninde bina işlevlerini gözeterek en uygun tasarıma ulaşmalıdır.

BYS kapsamını belirlerken aşağıdakilerin gözetilmesi gereklidir:

- Konfor
- Sağlık
- Yangın güvenliği
- Güvenlik
- Aydınlatma
- Bina içi ulaşım-asansör
- Enerji izleme
- Acil durum senaryoları (aydınlatma, enerji dağıtımı, insan tahliyesi, duman atma vs.)

## B. Tasarım ve Proje

BYS projelendirmesi, mekanik tasarımcının işidir. Çünkü, binanın HVAC kontrol senaryolarını ve cihazların çalışma koşullarını en iyi mekanik projeci belirleyebilir. Ancak, mekanik tasarımcının BYS'ne ve HVAC otomasyonuna çoğu zaman uzak olması, konunun uzmanı bir projeciyle çalışmasını zorunlu kılar. Böyle durumlarda mekanik tasarımcı ile BYS tasarımcısı mutlaka eşgüdüm içinde çalışmalıdır. BYS tasarımcısı, mekanik sistemde istenen parametreleri ve cihaz çalışma senaryolarını bilmeden projeyi kendi yaklaşımlarına göre çözerse, sonuç sağlıksız işleyen bir mekanik sistem olur. Bu bilincin gelişmesi yatırımların geri kazanım süresi ve sağlıklı bir işletme için çok önemlidir.

BYS'lerinin tasarımı ve projelendirilmesi için aşağıdaki prosedür uygulanabilir:

- Bina ile ilgili mimari ve mekanik projeler yardımı ile otomatik kontrol saha istasyonlarının yerleşiminin belirlenmesi,
- Nokta listesinin çıkarılması,
- Şartname, kontrol senaryoları ve kontrol diyagramlarının oluşturulması,
- Donanım, yazılım ve montajda istenen standartların belirlenmesi,
- Ayar değerleri için tasarım verilerinin netleştirilmesi,
- Merkezi denetleme ve veri izleme yazılımının (SCADA) kaç noktada olacağına kararının verilmesi,
- İnternet ile sahaya erişim gereksiniminin belirlenmesi,
- Otomasyon ve yönetim seviyesinde istenen haberleşme dillerinin belirlenmesi,
- Birbirleriyle konuşacak alt istemlerin belirlenmesi,

Yukarıdaki maddeleri belirleyebilmek ve en uygun tasarımı yapabilmek için, aşağıdaki veriye gereksinim duyulur:

### 1) Mekanik tasarım verisi:

- Otomatik kontrol vanaları seçimi için gerekli veri,
- Damper motoru seçimi için damper alanları,
- Fan hızlarının kaç kademeli olduğu bilgisi,
- Frekans dönüştürücü kullanılacak motorların listesi,
- Hız ölçümü yapılacak kanalların listesi,
- Sıcaklık, basınç gibi hissedicilerin ölçme aralıklarının bilgisi,
- Cihazların çalışacağı ortamın özelliklerinin bilgisi, vs.



## 2) Mimari tasarım verisi:

### Sabit bina özellikleri

- Ortamların büyüklükleri, yönleri, ısı kazançları ve ısı kayıplarının bilgisi,
- Duvar ve pencerelerin yalıtım değerleri, vs.

### Dinamik bina özellikleri

- Ortamların tasarlanan sıcaklık ayar değerleri bilgisi,
- Işık akısı ayarlanacak ortamların bilgisi,
- Yangın algılama sistemi kurulacak mekanlar bilgisi,
- Bina kullanım saatleri ve binadaki kişi sayısının zamana göre değişimi bilgisi,
- Binada mevsimlere göre değişen bina içi uygulamalar ya da özel günlerdeki uygulamalar bilgisi,
- HVAC sistemlerin enerji ve ekonomisi bilgisi,
- Tahmini yıllık enerji tüketimi bilgisi,
- Tahmini ilk yıl işletme giderleri bilgisi, vs.

## 3) Kaynak verisi:

- Ticari Kaynaklar : Bakım ekibinin nitelik ve nicelik bilgisi,
- Enerji Kaynakları : Yakıt, elektrik, gaz verilerinin bilgisi, yenilenebilir ve ucuz enerji kaynakları ve depolama olasılıklarının bilgisi,
- Depo : Yedek parça stok malzeme listesinin bilgisi vs.

## C. Uygulama

BYS yazılım ve donanımını sağlayan yüklenici firma, daha önce projelendirilmiş BYS üzerinde kendi sistemine göre düzenlemeler yaparak, projeyi uygulamaya koyar. Bu aşamada, BYS projesi son haline ulaşmış olur. BYS yüklenici firma, BYS projesini son haline getirirken, başta mekanik yüklenici olmak üzere, işletmeci ve bina sahibi ile sürekli eşgüdüm içinde çalışmalıdır.

Uygulamadaki prosedür aşağıdaki gibi olabilir:

- Otomatik kontrol istasyonları yerleşiminin netleştirilmesi,
- Nokta listesinin son halini alması,
- Saha şematiklerinin kontrol noktalarıyla birlikte çiziminin yapılması,
- Otomatik kontrol cihaz seçiminin yapılması,
- Sahadaki noktaların ilgili kontrol cihazlarının giriş/çıkışlarına bağdaştırılması ve projesinin çizilmesi,
- Kablo listesi hazırlanması,
- Otomatik kontrol saha istasyonlarının yerleştirildiği, röle, trafo, devre kesici, terminal, vs. den oluşan otomatik kontrol panosunun projelendirilmesi, imalatı ve sahada testinin yapılması,
- Otomatik kontrol cihazlarının montajının yapılması,
- Kablo çekimi ve testlerinin yapılması
- Önceden tanımlanan kontrol stratejilerinin yazılıma uygulanması, sahada testlerinin yapılması,
- SCADA yazılımı ile PC'deki ara yüz yardımıyla saha kontrolü ve denetiminin yapılmasıdır.

## D. Sonlandırma

Sonlandırma işlemi, mekanik yüklenici kontrolünde BYS yüklenicisi tarafından yapılır. Yapılan işlemler aşağıda sıralanmıştır:

- Tüm saha testlerini bitirdikten sonra sistemi el konumundan otomatik konuma geçirme ve otomasyonu devreye alma işleminin başlatılması,

- Nokta denetleme listesi ile tüm noktaların donanımsal ve yazılımsal olarak işlevini yerine getirmediğinden emin olunması,
- Sistemde ayar değerini yakalayamayan ortamların belirlenmesi ve mekanik tasarımcıyla birlikte çözüm üretimi,
- SCADA yazılımının işlevlerinin kontrolü
  - Alarm ve hata raporlaması
  - Geçmiş veri grafikleri ve verilerin yedeklenmesi,
  - Bakım için veritabanı oluşturulması,
  - Nokta durum raporunun alınması,
  - Ayar değerleri raporunun alınması,
  - Adres raporlarının alınması,
  - Cihaz genel durum raporlarının alınması.
- Kullanıcı eğitiminin verilmesi,
- Yazılım ve donanıma dair tüm belgelerin işletmeye teslim edilmesi.
- BYS bakımı anlaşması yapılması.

### 3 HVAC SİSTEMLERİNDE ENERJİ TASARRUFUNA YÖNELİK KONTROL İLKELERİ

Bir binanın genel gereksinimleri belirlenip bina ve bina alt sistemlerinin tasarımı tamamlandıktan sonra, bina mekanik tasarımı ve kontrol yaklaşımları belirlenebilir.

Binalarda enerji giderlerini azaltmaya dönük çalışma yapabilmek için, binayı ve işlevlerini, işletme saatlerini, ve binadaki alt sistemleri iyi tanımak gerekir. Enerji etkin bina tasarımı gereksinimleri için ASHRAE Standart 90.1'e bakılabilir.

DDC sistemler yardımıyla sistemi oluşturan yerleşimlere ait enerji dağılımını en uygun seviyeye getirebilir ve kullanılan enerji en düşük seviyede tutulur. Böylece yatırım geri dönüşü hızlanır.

Binaların HVAC sistemlerinde enerji giderlerini azaltma çalışmaları yaparken özen gösterilmelidir. Isıtma döneminde enerji giderlerini azaltan bir strateji, kış mevsiminde enerji giderlerinin daha da artmasına neden olabilir. Uygulanan senaryolar ve stratejiler, her mevsim için kontrol edilmelidir.

HVAC sistemlerinde en sık kullanılan kontrol ilkeleri aşağıda sıralanmıştır:

#### 3.1 Isıtma ve Soğutmanın En Verimli Kaynaktan Seçilmesi

Güneş, jeotermal gibi bedava veya düşük maliyetli enerji kaynakları öncelikli tercih edilmelidir. Eğer elektrik fiyatlandırması zaman tarifesine bağlı ise, en büyük güçlü cihazlar mümkün olan en ucuz saatlerde çalıştırılmalıdır. Eğer olanak varsa, ucuz saatlerde ısı depolama yoluna gidilebilir.

#### 3.2 Cihazların Sadece Gerektiğinde Çalıştırılması

Binalardaki kısımların kullanım sürelerine uygun olarak HVAC cihazları devreye girip çıkmalıdır. HVAC cihazları, ilgili ortamın ısı ataleti de gözetilerek enerji tasarrufu için sabahları ortam sıcaklığı, dış hava sıcaklığı ve ilgili donanım kapasitesi gözetilerek olabildiğince geç devreye sokulmalı ve kullanım saatleri, iç ve dış sıcaklık gözetilerek olabildiğince erken durdurulmalıdır.

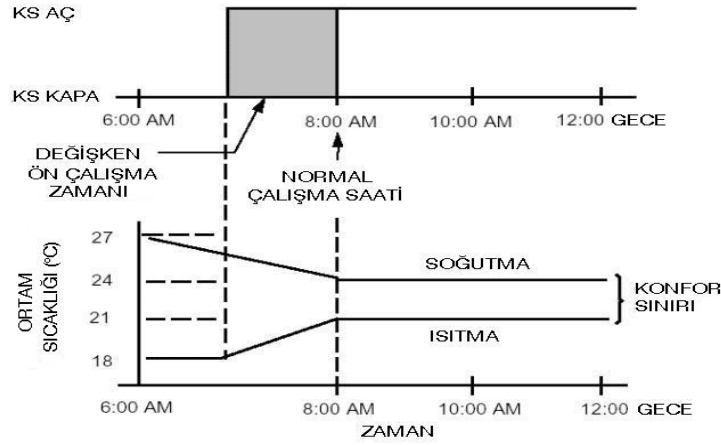
Hızlı ısıtma, kış döneminde veya "en uygun başlatma / durdurma" yazılımı çalışmadan önce, sistemin en ekonomik biçimde istenilen sıcaklığa getirilmesini sağlayan yazılımdır. Normal ısıtma kontrolü, üfleme havasının belirli limitler arasında kalması şartı ile yapılabilir. Hızlı ısıtmada ise bu limitler göz

ardı edilir. KS ayar değerine ulaşıncaya kadar (karışım havalı KS'inde dış hava damperi kapatılarak) ısıtma vanaları %100 açılarak ısıtma yapılır.

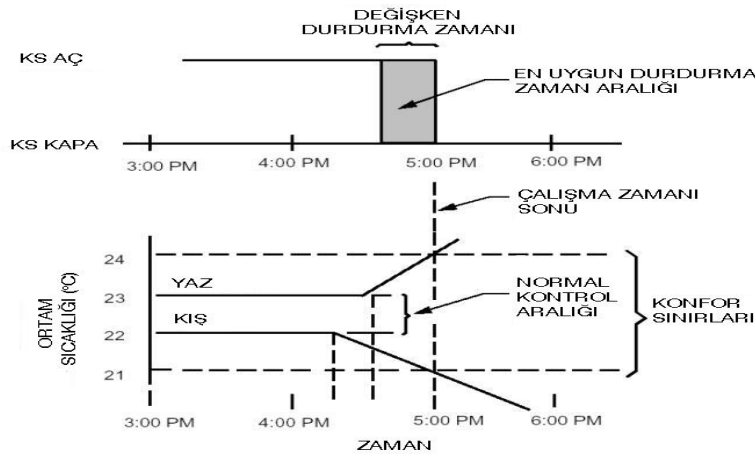
### 3.2.1 En Uygun Başlatma – Durdurma (Optimum Start-Stop OSPT)

En uygun başlatma ve durdurma yazılımı, ısıtma ve soğutma sistemlerinin gerçek kullanım zamanları öncesi ve sonrasında hazırlanmasıdır. Isıtma ve soğutma sistemleri çok erken çalıştırılırsa, enerji gereksiz yere tüketilir ve çok geç çalıştırılırsa, konfor şartlarında bozulmalar oluşur. En uygun başlatma-durdurma yazılımları ya dış hava sıcaklığı, mahal akış sıcaklığı ve kullanım zaman tabloları gibi veriyle yada sistemlerin açılma-kapanma zamanlarındaki bina ısıtma/soğutma karakteristiğinin belirlenmesi yöntemi ile oluşturulur. Sabit debili bir KS'nde en uygun başlatma zamanı değişken debili bir KS'ne göre daha geçtir. Çünkü, değişken debili KS çalışma saatine dek düşük debide çalışır. Çalışma saatleri öncesi iç hava kalitesi koşulları önemsenmediği sürece gerçekleşen senaryo için taze hava yerine tamamen ortamdaki hava yeniden döndürülür. Hafta başlarında yazılım kendiliğinden en uygun başlatma zamanını geriye çeker. Çünkü ortam uzun süredir şartlandırılmamaktadır.

En uygun başlatma yazılımı (Şekil 5), sistemlerin en geç çalıştırılma zamanlarını hesaplayarak enerji kullanımını en az düzeyde tutar. En uygun durdurma yazılımı (Şekil 6) ise; kullanım süresinin bitiminden -durma sürecindeki sıcaklık değişiminin zamansal ve değersel hesaplanması sonucu- belli bir süre önce sistemleri, konfor şartları alt limit değerlerinde olacak şekilde durdurur.



Şekil 5. En uygun başlatma [10]



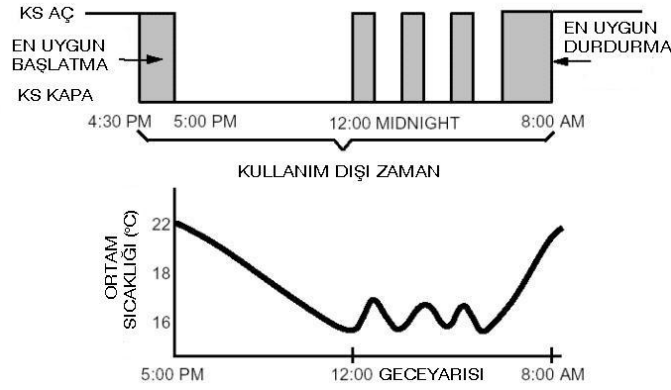
Şekil 6. En uygun durdurma [10]

Kullanıcı istediği zaman en uygun başlatma ve durdurma kontrolünü devre dışı bırakabilmelidir. İyi uygulanmış bir uygun başlatma ve durdurma yazılımı ile % 5-15 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bu strateji kendi kendine mevsim değişikliklerine ve binadaki değişikliklere uyum sağlayacak şekilde düzeltme yapacak yetenektedir.

### 3.2.2 Gece Çevrimi (Night Cycle)

Bu senaryonun amacı, bina kullanım zamanları dışında ısıtma döneminde düşük sıcaklık sınırı (normal çalışma sıcaklığının 4-6 °C altında) belirleyerek ve dış hava kullanmadan bu sınırları korumaktır (Şekil 7). Kısa süreli sistem durma periyotlarında, sistemin tam kapalı tutulması yerine, sistem daha düşük sıcaklık değerlerinde tutulursa enerji tüketimi azaltılır. Değişken debili sistemlerde bu senaryo uygulanırken fanlar enerji tasarrufu için düşük debide çalıştırılırlar.

Gece çevrimi, aynı zamanda mahal konfor şartlarının kısa süreli durma zamanlarında bozulmasını (kışın donma korunması, aşırı nemlenme ve soğuma vb) önler. Yazılım, kullanıcının tanımlayacağı sınır değerlerine bağlı olarak ısıtma, soğutma ve varsa nemlendirme sistemlerini durma zamanlarında gerektiğinde çalıştırarak mahal konfor şartlarının korur.



Şekil 7. Gece çevrimi [10]

### 3.2.3 Döngüsel Kumanda Yazılımı ( Duty Cycling Program)

Döngüsel kumanda yazılımı; ısıtma, soğutma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinde kullanılan elektrikli ısı geçişi yardımcı cihazlarının ( fan, pompa vb ) sistem normal çalışma periyodunda mahal konfor şartları korunmak kaydı ile belli sürelerle ve aralıklarda durdurulması yöntemiyle elektrik enerjisi tasarrufu sağlamasıdır. Daha fazla enerji tasarrufu ve konfor sağlayan değişken debili sistemler sayesinde güncelliğini yitirmiş bir yazılımdır.

## 3.3 Isıtma ve Soğutmanın Sıralı Devreye Girmesi

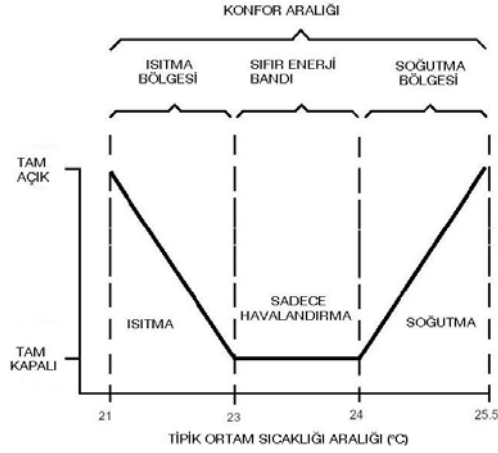
Isıtma ve soğutma eşzamanlı devreye girmemelidir. Merkezi havalandırma sistemleri soğuk dış havayı ısıtma ve soğutmanın arasında kullanabilir. Bölgelere ayırma yada sistem seçimi eşzamanlı ısıtma ve soğutmayı önlemek için kullanılabilir. Benzer şekilde nem alma ve nemlendirme sistemleri de eşzamanlı yapılmamalıdır.

### 3.3.1 Sıfır Enerji Bandı (Zero Energy Band)

Sıfır enerji bandı (SEB) kontrolü, ısıtma ve soğutma işlevlerinin iki ayrı bağımsız ayar değerinde çalıştırıldığı her türlü uygulamada kullanılabilen bir en iyileştirme (optimizasyon) fonksiyonudur.

Sistemde üç işletme bölgesi ( ısıtma – SEB (ölü bölge) - soğutma ) mevcut olup ortam SEB'nin altına düştüğünde ısıtma kontrolü yapılmakta, SEB'nin üstüne çıktığında soğutma kontrolü yapılmakta, bu iki

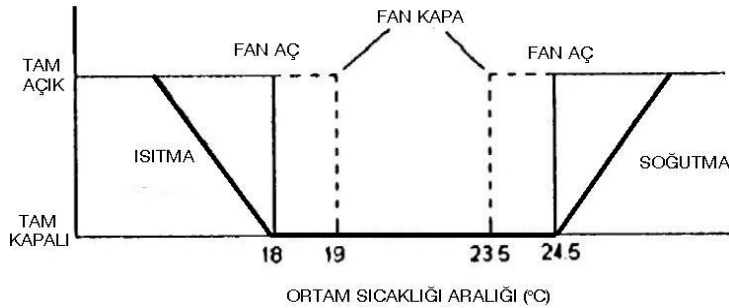
değer arasında ise ne ısıtma ne de soğutma kontrolü yapılmamakta ve ortam sıcaklığının bu iki değer arasında gezinmesine izin verilmektedir (Şekil 8). Sıfır enerji bandında sadece damper kontrolü yapılır.



Şekil 8. Sıfır enerji bandı [10]

### 3.3.2 Sıfır Enerji Bandında Fan Kontrolü

Bu strateji, SEB'nda fanların çalışmasının zorunlu olmadığı varsayımı üzerine kurulmuştur. Bu stratejinin verimli olabilmesi için SEB'nın 2°C den az olmaması gerekmektedir. Bu kontrol stratejisi sadece kullanım saatleri dışında uygulanabilir. Kontrol stratejisi ısıtma ve soğutma tarafında ayrı ayrı tanımlanabilir (Şekil 9). Örnekte 6,5 °C lik SEB bulunan bir sistemde soğutma bölgesinden 1°C geride ve ısıtma bölgesinden 1°C ileride fanların kapatılması ile enerji tasarrufu hedeflenmiştir. Eğer fanlar hız ayarlı ise bu bölgede fan hızı oransal olarak azaltılabilir.



Şekil 9. Sıfır enerji bandında fan kontrolü [11]

### 3.4 Dış Havadan Yararlanılması

Enerji tasarrufu için dış havadan yararlanmanın temelinde iki yolu vardır: (a) Dış havayı kullanarak "bedava soğutma" veya "gece temizlemesi" yapmak ve (b) Dış hava sıcaklığına bağlı olarak sıcaklık ayar değerlerini değiştirmektir. Ancak dış havayı doğrudan ortama verirken iç hava kalitesi ve sağlık için en düşük havalandırma oranlarını (ASHRAE, Standart 62) gözetmek gerekir.

Dış havanın kullanılması özellikle geçiş mevsimlerinde önemlidir. İlkbahar ve sonbaharda ısıtma veya soğutma yerine bedava dış hava kullanılarak önemli tasarruflar sağlanabilir. Ancak dış havanın seçiminde ortam ve dış hava sıcaklıklarını karşılaştırmak yerine entalpilerini karşılaştırıp seçmek enerji verimliliği açısından daha etkilidir.

Kazan dairelerinde ve merkezi ısıtma yapılan ortamlarda dış hava sıcaklığına göre ayar değeri kaydırmaları ciddi enerji tasarrufları sağlamaktadır. KS'nde ise ortam sıcaklık ayar değerleri konfor



sınır ayar değerlerini aşmayacak şekilde dış hava sıcaklığına göre kaydırılabilir. Örneğin; bir KS'nin yaz tasarım ayar değeri 26°C ve kış tasarım ayar değeri 20°C ise, yazılım dış hava sıcaklığına bakarak bu aralıkta bir değere otomatik olarak gelebilir. Isıtma döneminde mümkün olan en düşük ayar değeri, soğutma döneminde ise mümkün olan en yüksek ayar değeri büyük enerji tasarrufu sağlamaktadır. Dış hava sıcaklığına göre ayar değerini kaydırma işlemine literatürde değişik tanımlamalarla karşılaşılmaktadır. Bunlar: “dış hava kompenzasyonu”, “dış hava reset kontrolü” ve “dış hava kaskad kontrolü”dür [10]. Bu ayar değerinin ayarlanması, tasarımcının isteğine göre iki yaklaşımla belirlenebilir: (a) Ortam sıcaklık ayar değerini tasarımcının belirleyeceği bir doğru parçası üzerinde dış hava sıcaklığına göre kaydırmak: Bu yöntemin sakıncası doğru parçasının genellikle geçmiş yıllarda yapılan ölçümlere dayanması ve sonuç olarak o yıl oluşacak bir mevsim değişikliğine uygun davranmamasıdır. Ayrıca, koşullandırılan ortam içindeki yük değişimlerini ve değişim hızını dikkate almamaktadır. Bunun yanı sıra, doğrusal varsayılan ısıl karakteristikler doğrusal olmaktan çok uzaktır. (b) Dış hava sıcaklığı ile ayar sıcaklığı arasında ikinci dereceden bir bağlantı kurmaktır. Bu yaklaşım Bölüm 3.4.5'te ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

Uygulamalarda 1 °C'lik ayar değeri hatası yaklaşık % 10'luk yakıt kaybına neden olabilmektedir. Otomatik ayar değeri kaydırılması, işletmeci tarafından gerekli görüldüğünde yazılımdan iptal edilip, serbestçe ayarlanabilir.

### 3.4.1 Kuru Termometre Sıcaklığı ile Dış Hava Seçimi

Soğutma mevsimlerinde dış hava kuru termometre sıcaklığı (DHKT) sıcaklık ayar değerinden düşükse, dış hava seçilmelidir. Kuru termometre sıcaklığı ile dış hava seçimi daha çok nem hissedicisinin pahalı geleceği ufak sistemler için uygundur.

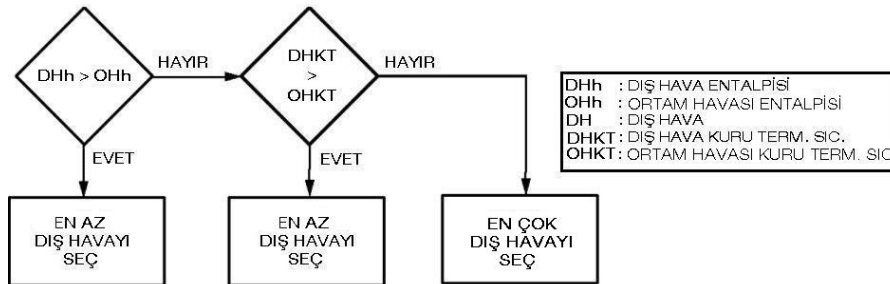
Eğer dış hava nemi çok yükselip alçalmıyorsa ve dış hava sıcaklığı 16 - 25° C arasında ise, sadece kuru termometre sıcaklığına bakarak dış hava seçimi yapmak daha uygun olur.

### 3.4.2 Entalpi İle Dış Hava Seçimi

İç ve dış havanın toplam ısısını (entalpisini) karşılaştırılarak en az entalpisi olan kaynak seçilir. Seçilen kaynak en az dönüş havası veya dış ve dönüş karışım havasıdır. Eğer dış hava entalpisi ölçülemiyorsa, dış havanın entalpisi sabit bir değer kabul edilebilir (63.96 kJ/kg kuru hava). Ancak, bu durumda dış hava seçimi sağlıklı olabilir. Çünkü, genelde dönüş havası (ortam) entalpisi daha karardır.

Bu stratejinin sağlıklı işleyebilmesi için, yüksek kaliteli, en fazla % 3 sapmalı nem hissedicisi kullanılmalıdır. Dış hava seçim kararı için ise, tipik dönüş havası entalpisi atamak gerekir.

Entalpi ile dış hava seçimi (Şekil 10), yaz dış hava koşullarının kuru termometre sıcaklığının yüksek, fakat bağıl nem değerlerinin düşük olduğu iklim bölgelerinde kuru tip soğutucu batarya kontrolünde ve nemlendirici havuz suyunun soğutulduğu sistemlerde dış hava ve soğutucu akışkan kullanma koşullarının belirlenmesinde ana kriter olarak kullanılır [12].



Şekil 10. Entalpi seçim diyagramı [10]

### 3.4.3 Bedelsiz Dış Hava Soğutması (Free Outside Cooling)

Geçiş dönemlerinde yaşanan sabah ısıtma, öğle saatleri soğutma ve akşam tekrar ısıtma ihtiyacının olduğu günlerde otomatik olarak taze havayı % 0-100 arasında oransal olarak ayarlamak suretiyle sistemin soğutma ihtiyacı dış hava ile sağlanabilir. Böylece soğutma gruplarını devreye sokmadan %100 taze hava konforu sağlanabilir.

Nemli bölgelerde (örneğin; Akdeniz kıyı bölgesi) kuru termometre sıcaklıkları karşılaştırması yerine, entalpi karşılaştırması yapılarak bedelsiz dış hava soğutması yapılması daha verimli olacaktır.

### 3.4.4 Gece Havalandırması (Night Purge)

Çoğu iklim kuşaklarında yaz ve geçiş mevsimi boyunca sabah saatlerinde dış hava sıcaklığı mahal ortam sıcaklığından daha düşük olabilmektedir. Gece havalandırması ile binanın mekanik soğutması başlamadan geceleyin serin olan dış hava ile ön-soğutma yapılabilir. Böylece, tüm çalışma günü boyunca binada biriken kirli hava ve bina zarfında depolanan ısı yükü dışarı atılır. Eğer sistem değişken hava debili ise, gece havalandırması enerji tasarrufu için düşük debide yapılır. Bu strateji için dış hava sıcaklığı ve bağıl nemi yada çiy noktası sıcaklığı ve dış hava sıcaklığı incelenir.

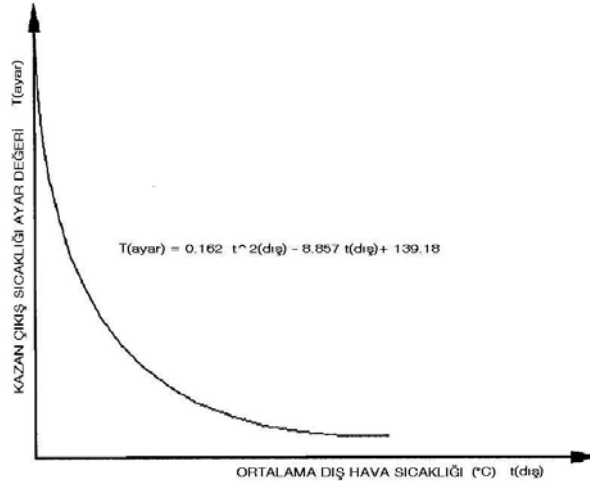
%100 dış havanın kullanıldığı durumlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Dış hava sıcaklığı ısıtma/soğutma çevrim sıcaklığının üzerindeyse (Örneğin;10°C),
- Dış hava sıcaklığı ortam sıcaklığından daha düşükse (nem oranı da gözetilir),
- Dış hava çiy noktası sıcaklığı 10 °C nin altında ise,
- Ortam sıcaklığı gece havalandırması için en düşük kabul edilecek değer olan 24 °C'nin altında ise.

Bu senaryo, yapısı gereği, 24 saat çalışan binalarda (hastaneler v.b.) kullanılmaz. Ortam sıcaklığı dönüş kanalından ölçülüyor ise, sistemin çalışırılığı için senaryo devreye girmeden 100 saniye önce fanlar çalışmalıdır.

### 3.4.5 Dış Hava Sıcaklığı İle Kazan Çıkış Sıcaklığının Kaydırılması

Genelde, kazan dairelerinde merkezi ısıtma hattına giden su sıcaklığı yıl boyunca 75-90 °C tutulur. Bu ise, ısıtma gereksiniminin azaldığı veya hiç olmadığı dönemler için ciddi enerji kayıpları demektir. Bu nedenle, dış hava sıcaklığı ile kazan çıkış ayar sıcaklığı arasında ikinci dereceden bir bağıntı kurulması uygun olur. Bu bağıntıda kullanılacak dış hava sıcaklığı için 24 saat boyunca ölçülmüş dış hava sıcaklığının ortalama değeri alınır. Bunun için her yarım saatte bir dış hava sıcaklığı ölçümü yapmak yeterlidir. Her yarım saatte bir önceki 48 ölçümün ortalaması alınarak istenen değer bulunur. Kazan çıkış sıcaklığı ayar değeri için Şekil 11'deki gibi örnek bir formülden yararlanılabilir. Bu formül, Mathews ve Diğ. [11]'lerinin Güney Afrika'da bir konferans merkezindeki kazan için saptadığı formüldür. Kazan tipine ve çalışma koşullarına göre eğride değişimler yapılmalıdır.



**Şekil 11.** Dış hava sıcaklığına göre kazan çıkış suyu sıcaklık ayar değeri kaydırması [11]

Buna ek olarak, kazan dairesindeki dolaşım pompaları yalnızca ısıtma gereksinimi olduğunda kullanılmalıdır. Isıtma gereksinimi için ısıtıcı batarya ısıtma vanalarının anlık konumlarını gözetmelidir. Eğer vana açıklığı % 5'in altında ise, ısıtma ihtiyacı yok sayılabilir ve kazan sıcak su dolaşım pompaları çalıştırılmaz.

Pompalar sık devreye girip çıkmasını önlemek amacıyla pompa çalışmaya başladıktan sonra 5 dakika zorunlu çalışma süresi gibi yazılımlar eklenebilir.

### 3.5 Sıcaklık Ayar Değerinin Kaydırılması

Bu seçenek ile ortam sıcaklık ayar değeri ortamda insan olup olmasına göre kaydırılır. Bu strateji, öğle tatili gibi zaman dilimlerinde veya kışın hareket hissedicileri yardımıyla gerçekleştirilir. Eğer ısıtma yapılıyorsa, sıcaklık ayar değeri daha düşük, soğutma yapılıyorsa sıcaklık ayar değeri daha yüksek bir değere kaydırılır. Böylece, ısıtma ve soğutma için gereksiz yere enerji harcanmamış olur.

Sıcaklık ayar değeri ile kaydırma ile ilgili diğer bir uygulama da binanın kullanım yoğunluğuna göre gün içinde değişik zamanlarda değişik sabit ayar değerlerinin verilmesi ile gerçekleştirilir. Örneğin; kullanım yoğunluğu gün içinde çok değişen alışveriş merkezlerinde böyle bir uygulama uygundur.

Gün içinde 3 ayrı sıcaklık ayar değeri tanımlanabilir.

- 22:00 -09:00 Kullanım olmadığı varsayılarak verilen ayar değeri (Sistem uykuda)
- 09:00-10:00 Kullanım ön hazırlığı için verilen ayar değeri (Hızlı tepki)
- 10:00-22:00 Kullanım olduğu düşünülerek verilen ayar değeri (enerji tasarrufu)

Diğer optimizasyon yazılımları olarak ise, HVAC sistemlerinde enerji tasarrufuna yönelik daha pek çok senaryo uygulanabilir. Bu bağlamda, yük dağıtımı (load shedding), sıcaklık kompanzasyonlu yük kontrolü, fan-pompa hız kontrolü, ısıtma/soğutma kilitlemesi, soğutma gurupları veya kazanların sıralı kontrolü-optimizasyonu ve ayırmacı kontrol (discriminator control) vs. sayılabilir.

## 4 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bildiriye, BYS'leri kısaca tanıtmaya çalışılarak, HVAC sistemlerinde enerji tasarrufu sağlamada izlenecek kontrol ilkeleri verilmeye çalışıldı. Bir bakıma, HVAC tasarımcılarına ve uygulamacılarına bir bakış açısı vermeye çalışıldı.

Mevcut çalışmadan elde edilen sonuç ve öneriler aşağıda belirtilmiştir:

- a) Binalardaki HVAC sistemlerinin her koşulda konfor sağlaması ve enerji etkin bir sistem olarak çalışması için iyi tasarlanmış bir kontrol senaryosu gereklidir.
- b) BYŞ binanın kullanım amacı ve tüm gereksinimleri belirlendikten sonra mekanik tesisat ile birlikte uzman HVAC mekanik tasarımcıları tarafından tasarlanmalıdır.
- c) BYŞ yüklenici firma mekanik tesisatın kontrolünü tasarımcının ilettiği senaryolara uygun olarak uygulamaya koymalı, deneyimleri ile BYŞ tasarımını geliştirmelidir.
- d) BYŞ'nin başarısı iyi tasarlanıp devreye alınmış ve iyi eğitilmiş kullanıcılara bağlıdır.
- e) BYŞ'nin başarılı olabilmesi için yatırımcı, işletmecisi ve yüklenicinin eşgüdüm içinde çalışması gereklidir. Bu çalışmanın amaçlarından bir tanesi bu konuya dikkat çekmektir. Günümüzde çoğu uygulamada BYŞ'leri verimli ve yüksek kapasiteli çalışması için gereken senaryolardan yoksundur. Yapılan bunca yatırımın geri dönüşünü oldukça hızlandıran enerji yönetimi ve enerji tasarrufuna yönelik kontrol yazılımları için zaman ve para harcanmalıdır.
- f) Otomatik kontrol yazılımlarını uygularken yazılımı tüm mevsimlerde denemek gereklidir. Isıtma mevsiminde enerji tasarrufu sağlayan bir senaryo, soğutma mevsiminden bundan daha çok enerji harcanmasına neden olabilir.
- g) Yonga teknolojisindeki ilerlemeler DDC sistemlerin önünü açmıştır. DDC sistemlerin işlevleri her geçen gün artarken fiyatları düşmektedir.
- h) Kontrol parametreleri için her binanın kendi ısıl özelliklerine uygun değerler seçilmelidir. Bu da, gerek ısıl sistemler gerekse kontrol sistemlerinde deneyim gerektirir.
- i) Mühendislik, ekip çalışması ve uzmanlık gerektiren bina yönetimi ve tasarımının önemine dikkat çekilmelidir.
- j) Ülkemizde özellikle son yıllarda hızla gelişen inşaat sektörüne paralel olarak BYŞ önem kazanmış hatta kaçınılmaz olmuştur. Mevcut kurulu BYŞ iyileştirilmesi ile bile kısa vadede ciddi enerji tasarrufu sağlanabilir. Bu konudaki bilincin artması ve uzmanların yetişmesi sektör için önemlidir.
- k) Ülkemizde, "enerji tasarrufu" ile "enerji verimliliği" sözcüklerinin halen karıştırıldığı bir süreçte, çıkarılan bazı yönetmelikler (örneğin; TS 825), yapılarda enerji verimliliğini gündeme getirmiş ve böylece belirli sınırlamalar söz konusu olmuştur. Bunun yanı sıra, yapı sektöründe de % 30 kadar bir enerji tasarruf potansiyelinin olması, bu sektördeki enerji verimliliği çalışmalarının daha etkin yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Örneğin, bazı üniversite yapılarında, yılda 8000 Ton Eşdeğer Petrol (TEP)' den daha fazla enerji tüketilmesi, yıllık enerji tüketimi 2000 TEP' i aşan işletmelerin "Enerji Yöneticisi" bulundurması gerekliliği, ama bunun karşın yapılarda bu konuda herhangi bir yönetmeliğin olmaması, konunun önemini açıkça göstermektedir. Bu bağlamda, ülkemizde "Yapı Enerji Yöneticisi" kavramının gündeme gelmesi ve bu konuda çalışmaların yürütülmesi büyük önem taşıyacaktır [13-15].

## 5 KAYNAKLAR

- [1] JANSSEN, J.E., Havalandırma ve Sıcaklık Kontrolü Tarihi, ASHRAE Journal'dan Çeviri, TTMD Dergisi, 40, Mart-Nisan 2003.
- [2] AERBOE, M.B., Energy Management Strategies for Facility Managers, SA Refrigeration and Air Conditioning, Cilt No: 11, Sayfa: 43-51, 1995.
- [3] ELLIS, M.W., "Practical Evaluation and Integrated Simulation of Building HVAC System Performance", Yüksek Lisans Tezi, Mechanical Engineering, University of Pretoria, 1996.
- [4] GELLER, H.S., "Commercial Building Equipment Efficiency: A State-of-The-Art Review", Washington, DC, American Council for an Energy-Efficient Economy, 1998.
- [5] ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı), www.enerji.gov.tr, 2003.
- [6] HAGLER BAILLY CONSULTING INC., Çeşitli Firma Dökümanları, Wisconsin /USA, 2001.
- [7] MARO, O., Bina Otomasyonu, II. Ulusal Tesisat Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, Sayfa: 854, 1995.
- [8] SAUTER, Extracts from Sauter Facts, Open Systems, No: 7, Sayfa. 2, İsviçre, 2003.
- [9] SIEMENS-LANDIS STAEFA, BYŞ Şartnameleri, 2001.
- [10] GILLIGAN, K., "Honeywell Engineering Manual of Automatic Control For Commercial Buildings", Honeywell Inc., 1997.

- [11] MATHEWS, E.H., ARNDT, D.C. ve GEYSER, M.F., Reducing the Energy Consumption of a Conference Centre—A Case Study using Software, Building and Environment, Cilt No: 37, Sayfa: 442, 2002.
- [12] DEĞİRMENCİ, M., Bina Yönetim Sistemleri, TTMD İzmir Semineri Notları, 1999.
- [13] HEPBAŞLI, A., Yapılarda Enerji Yönetimi Sistemi Kurulması Zorunlu mu ?, Enerji 2000 Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi, ETKB Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu Başkanlığı ve EIE Genel Müdürlüğü UETM, Bildiriler Kitabı, Ankara, Sayfa:108-132, 2000.
- [14] HEPBAŞLI, A., Enerji ve Çevre Yönetimine Sistemik Yaklaşım, III. Temiz Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Cilt: II, Sayfa: 647-654, 2000.
- [15] ÜLGEN, K. ve HEPBAŞLI, A., Yapılarda Enerji Kullanımının Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Çalışma, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Cilt I, Sayfa: 301-308, 2002.

## ÖZGEÇMİŞLER

### Çağlar Selçuk CANBAY

1977 yılı İskenderun doğumludur. 2000 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünü bitirmiştir. 2003 yılında İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Enerji Mühendisliği bölümünde yüksek lisans öğrenimini tamamlamıştır. 1999 yılından beri Arasta Limited Şirketi'nde "Bina Yönetim Sistemleri ve Yangın Korunum Sistemleri" üzerine çalışmaktadır.

### Gülden GÖKÇEN

1968 yılı İzmir doğumludur. 1990 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nden 1992 yılında Yüksek Mühendis ve 2000 yılında Doktor ünvanını almıştır. 1996 yılında Auckland Üniversitesi Jeotermal Enstitüsü'nde bir yıllık "Jeotermal Enerji Teknolojisi Diploma Kursu"na katılmıştır. 1997 yılında NATO A2 bursu ile ABD'de "Jeotermal Elektrik Santralleri'nde Reboiler Teknolojisi" üzerine dört aylık bir çalışma yapmıştır. 1991-2000 yılları arasında Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmıştır. 2000 yılından bu yana, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İYTE) Makina Mühendisliği Bölümü'nde Yard. Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır. Jeotermal elektrik santrallerinde verim artırma yöntemleri, ısı eşanjörleri, jeotermal enerji kullanım yöntemleri ve jeotermal enerjinin çevresel etkileri konularında çalışmaktadır.

### Arif HEPBAŞLI

1958 yılı İzmir doğumlu olup, halen Ege Üniversitesi (E.Ü) Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Yaşam felsefesi; üniversitede eğitim, araştırma ve sanayiye hizmet (olmazsa olmaz) üçgeninden oluşan işlerin dengeli olarak yürütülmesinden oluşmaktadır. 23 yıllık iş yaşamı olup, bunun yaklaşık ilk 6 yılı Üniversitede asistan, daha sonraki 10 yılı İzmir sanayisinde (DESA A.Ş., AKZO-KEMİPOL A.Ş ve SİMPLOT ve BEŞİKÇİOĞLU A.Ş) Proje Başmühendisliğinden Müdürlüğe kadar çeşitli pozisyonlarda, 1 yılı MMO İzmir Şubesi'nde Teknik Müşavir ve geri kalan 6 yılı ise, E.Ü'nde öğretim üyesi olarak çalışarak geçti/geçmektedir. 1999 yılında, Termodinamik Anabilim Dalı'nda Doçent oldu. 165'in üzerinde (45'i SCI kapsamında makale olmak üzere, 77 adedi uluslararası yayın) ulusal ve uluslararası bilimsel çalışmanın yazarı ve/veya ortak yazarıdır. "Sertifikalı Enerji Yöneticisi" olan Hepbaşlı'nın ilgi alanları; enerji verimliliği ve yönetimi, ısı sistemlerinin enerji ve ekserji analizleri, alternatif enerji kaynaklarının potansiyeli ve istatistiksel değerlendirilmesi, jeotermal enerji (özellikle jeotermal ısı pompaları'nın kullanımı, boru mühendisliği ve ısı tekniği uygulamalarıdır. Taylor & Francis, USA, tarafından yayınlanan "Energy Sources (SCI-TÜBİTAK B-Tipi)" ile ilki Ocak 2004'de çıkacak olan ve Marcel Dekker Inc., New York City, tarafından yayınlanacak, *International Journal of Green Energy*" dergilerin uluslararası yayın danışma kurulu üyesidir. Ayrıca, 2004 Mart'ında, Academic Press/Elsevier Inc. tarafından yayınlanacak olan "The Encyclopedia of Energy" nin "Geothermal (Ground-Source) Heat Pumps" konulu bölüm yazarıdır. Evli ve bir kız babası olup, Almanca, İngilizce ve Japonca (Basic II düzeyinde) bilmektedir.