

Yapılarda Kullanılan HVAC Sistemlerinde Kontrol ve Enerji Verimliliği

Harun Kemal ÖZTÜRK*

Öner ATALAY**

Ahmet YILANCI***

Özet

HVAC (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme), taze hava, ısıtma, soğutma ihtiyacı ve nem kontrolünün hepsini ve ya birini sağlamak için yapılarda kullanılan ekipmanları, dağıtım ağlarını ve terminalleri ifade eder. Bir mekan, HVAC sistemine soğutma ve ısıtma sağlayan kaynakların herhangi bir kombinasyonuna sahip olabilir. Bir mekanı ısıtmak için, bir gaz veya petrol yakıtlı kazan, ısı pompası, çatı üniteleri veya elektrik gibi ısı kaynakları kullanılabilir. Yaygın soğutma üniteleri ise santrifüj soğutucular (çillerler), çatı üniteleri, ısı pompaları, klimalar veya pik soğutma sistemlerini içerir. HVAC sistemleri önemli enerji tüketicilerdir ve bu yüzden önemli enerji tasarruf imkanlarına sahiptir. Enerji verimliliği, ekipman seçimi ve HVAC sistem tasarımında önemli bir faktör olmaktadır. Sonuç olarak, iyi bir HVAC tasarımı enerji tüketimi, iç hava kalitesi, performans ve çevresel yararların karşılıklı etkileşimini gözlemledir.

Anahtar Kelimeler: HVAC, Enerji Verimliliği, Kontrol Yöntemleri..

1. GİRİŞ

Enerji verimliliği kavramı; enerjinin üretim, iletim ve tüketim alanlarında, kullanılan teknolojiler ve önlemlerle, enerjinin en düşük kayıp ve en yüksek yarar sağlayacak şekilde kullanımını tanımlamaktadır. Enerji tasarrufu, enerji tüketiminin bilinçsizce azaltılmasını değil, enerji tasarrufunun önlenmesini hedeflemektedir.

HVAC (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme) sistemleri, taze hava, ısıtma, soğutma ihtiyacı ve nem kontrolünün hepsini veya birini sağlamak için yapılarda kullanılan ekipmanları, dağıtım ağlarını ve terminalleri ifade etmektedir. HVAC sistemlerinin başlıca amacı istenilen iç

hava koşullarını korumak ve sağlamaktır. HVAC sistemleri önemli enerji tüketicilerdir ve bu yüzden önemli enerji tasarruf imkanlarına sahiptir. Enerji verimliliği yüksek bir HVAC sisteminin, istenilen amaçları gerçekleştirmek için gerekli olan miktar kadar enerji tüketmesi gerekmektedir. Verimli bir HVAC sistemi sadece mühendislik işi değil, aynı zamanda disiplinlerarası çalışmayı (mimarlık, ekonomi, çevre vb. bilimler) gerektiren bir tasarım problemidir. En uygun çözümleri bulabilmek için, bazı yapı ve çevre bilgilerine sahip olmak gerekir. Örneğin yapı karakteristiği, iklim ve bölge verileri bilinmelidir. Enerji verimliliği çalışmalarının HVAC sistemleri açısından bir başka avantajı da HVAC bo-

* Yrd.Doç.Dr., Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü.

** Araş.Gör., Pamukkale Üniversitesi Makine Mühendisliği Enerji Ana Bilim Dalı.

*** Araş.Gör., Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün Enerji Bilim Dalı.

yatırım ve işletme maliyetlerde azalma meydana getirmesidir [1].

HVAC sistemleri, kullanım amacı ve yerine göre farklı özellikler gösterdiğinden, performans iyileştirmeleri ve enerji tasarruf çalışmaları spesifik özelliktedir ve sistemden sisteme değişir. Fakat bir HVAC sisteminin enerji tüketimini belirleyen üç önemli faktörden bahsedilebilir [2,3]:

- İstenilen iç hava kalitesi ve termal kalite,
- Aydınlanma ve diğer ekipmanlar sayesinde içeride üretilen ısı,
- Yapının karakteristiği ve yeri.

Enerji tasarrufu sağlamak amacıyla tasarım sırasında disiplinlerarası işbirliğine ihtiyaç duyulmaktadır. Tasarım aşamasında yapılacak çalışmaların dışında son kullanıcıyı ilgilendiren ve yapıda yaşayanların veya çalışanların uyguladığı taktirde enerji verimliliğini arttıran bazı tedbirler de mevcuttur. Bu konuyla ilgili literatürde çeşitli çalışmalar [2,3,4] bulunmaktadır.

1. HVAC SİSTEMLERİ

Konfor iklimlendirmesi ile ilgili ilk uygulamalar yaygın olarak 1920'lerin başlarında ABD'de büyük sinema ve tiyatro salonlarında başlamıştır. Bu yıllarda seri imalat gelişmediğinden sistemler sipariş üzerine tasarlanarak, üretilen parçaların birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. 1920'li yılların sonlarında fabrikalarda seri olarak imal edilen iklimlendirme üniteleri, ilk "paket" ürünler olarak kullanıma sunulmuştur. 19. yüzyılın ilk çeyreğinde kurulmuş olan soğutma sistemlerinde soğutucu akışkan olarak karbondioksit (CO₂) amonyak ve sülfüroksit (SO₂) kullanılmıştır. 1920'lerin sonlarına doğru soğutma sistemlerinde soğutucu akışkan olarak R-12 (Soğutucu akışkan-12) kullanılmaya başlanmıştır. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra, 1950'lerde, hava-soğutma endüstrisi büyük bir gelişme göstermiştir. Orta

nılırken, büyük binalarda soğutulmuş su kullanılmaya başlanmıştır. Büyük binalar için soğutma sistemleri tipik olarak santrifüj soğutucular (çillerler) olmuştur. Sıcaklık kontrolünü daha iyi sağlamak için, fan-coil üniteleri ve hava tutma üniteleri (air-handling units) tercih edilmiştir. 1960'ların başlarında R-113, R-114 ve R-115 gibi kloroflorokarbon (CFC) soğutucular denenmiş fakat geniş bir kabul görmemiştir. 1950'lerin sonunda, kullanımdaki mevcut sistemlerden başka dört yeni sistem tasarlanmıştır. Bunlar, indüksiyon, ikili-kanal (double-duct), yeniden ısıtma terminalleri ve değişken hava debili (Variable Air Volume, VAV) sistemlerdir. İkili-kanal ve yeniden ısıtma terminallerinin geniş kabul görmesine rağmen ilk kullanılan VAV sistemleri zayıf kısıcı damperleri ve fan modülasyonundaki zorluklar nedeniyle fazla bir kullanım alanına sahip olmamıştır. 1973 yılındaki enerji krizi, daha az enerji harcayan yüksek verimli iklimlendirme sistemlerinin kurulması gerekliliğini ortaya koymuştur. Enerji maliyetlerinin artmasıyla, enerji verimliliğini sağlamak için bir çok yeni sistem geliştirilmiş ve yeni tip VAV sistemlerinin kullanımı yaygın hale gelmiştir [5,6].

HVAC teknolojisinde, VAV sistemlerinin yanısıra sabit hava debili (Constant Air Volume, CAV) tipler de bulunmaktadır. CAV sistemler, sabit tasarım kapasitesinde sürekli olarak çalışırken, değişken hava debili sistemler sözkonusu bölge çerçevesinde konfor şartlarını sağlayacak hava debisinde kısmi yüklerde de çalışabilirler. Çok bölgeli binalarda CAV sistemleri kullanarak besleme havası sıcaklığı bölgeler arasında en yüksek talep temel alınarak seçilir ve geriye kalan bölgeler için aşırı soğutmayı engellemek için son ısıtma yapmak gerekebilir. VAV sistemlerin hava debisi talebine göre fan güçleri ayarlanabildiği için daha verimli olduğu söylenebilir [7].

3. HVAC SİSTEMLERİNDE KONTROL

YÖNTEMLERİ VE ALGORİTMALARI

HVAC sistemleri, içinde bulunan ortamın konfor şartlarını sağlamak, çalışanların verimliliğini arttırmak, imalat kalitesini arttırmak olarak sayabileceğimiz amaçlar için kurulur. HVAC sistemlerinde kontrol. özellikle bina içerisindeki

manlı yapmamak, mümkün olan yerlerde minimum yada hiç şartlandırma uygulamamak, ısıtmadan soğutmaya geçilirken, oda sıcaklığının bir limit değerden diğerine kadarmesine izin vermektir. Büyük binalarda kullanılan optimal baslangıç algoritmaları vardımıyla

Sistemlerde kontrol, özellikle bina iç ortamının ortamın konfor şartlarını muhafaza etmek, iç hava kalitesini kabul edilebilir değerde tutmak, mümkün oldukça yüksek verimli çalışmasını sağlamak amacı ile yapılmaktadır. HVAC sistemlerinde kullanılan kontrol yöntemleri ile, mekanın konfor şartlarından ödün vermeden enerji tasarrufu yapmak mümkün olmaktadır. Mekanın, değişen ısı yükü ve dış ortam şartlarında sürekli olarak istenilen koşullarda tutulması kontrolün temel amacıdır. HVAC sistemlerinde kontrol, genellikle sıcaklık, nem, basınç ve debi kontrolleri biçiminde olmaktadır. Gelişen bilgisayar teknolojisi sayesinde HVAC sistemlerinde kontrol daha etkin yapılmaktadır. Kontrol sistemleri, çalışma şartlarındaki değişikliklere hemen uyum sağlayarak sistemin verimli çalışmasını sağlanmaktadır. Bu, enerji tasarrufu ve verimliliğini beraberinde getirmektedir [5].

Etkin HVAC kontrol stratejileri, genellikle enerji verimliliğini arttıran en önemli maliyet seçeneğidir. Fakat HVAC prosesleri non-lineerdir, mevsimsel nedenlerle değişen karakteristikleri yüzünden bir kontrol stratejisi belirlemek zordur [6]. Bu yüzden sistemde kullanılan kontrollere ait algoritmalar kullanır ve böylece istenilen şartlar ile bu şartların oluşması için gereken süreler arasında gerekli bağlantılar elde edilir. Optimal kontrolün amacı, hedeflenen kontrol şartlarından taviz vermeden sistemi çevre şartlarından faydalanarak istenilen verimde çalıştırmaktır. Bu işlemi gerçekleştirmek için; ortamdaki canlılar, hassas cihazlar, yada üretim prosesi için gerekli şartları sağlayabilecek, soğutma sezonu boyunca en yüksek sıcaklığı ve ısıtma sezonu en düşük sıcaklığı seçmek, işletme giderlerini azalmak için, soğutma ve ısıtma işlemlerini mümkün olduğu kadar eşza-

ran ekipmanla sağlanıyor. Algoritmaların yardımıyla, belirlenen zamanda ekipmanlar çalıştırılarak, zonların kullanılmaya başlandığı anda istenilen şartlara ulaşma imkanı sağlanır. Bu algoritmaların amacı, ön koşullandırma zamanını minimize etmektir. Koşullandırmanın yapıldığı süre içinde, mahal şartları zaten tipik olarak oda set değerine ayarlanmıştır. Dinamik bina kontrolü metotları, binanın termal yükünü izleyerek konfor sınırlarını kabul edilebilir sınırlarda tutmaya çalışırken aynı zamanda; elektrik ihtiyacını sınırlamaya ve olası dış hava etkilerine ya da ekstra yük ihtiyaçlarına karşılık günlük işletme giderlerini azaltmaya çalışırlar [8].

Günümüzde, HVAC sistemlerinde tüketilen enerjinin yapının toplam enerji tüketimindeki payı, kullanım amacına bağlı olarak % 15 ila %60'ını bulmaktadır. Bu bağlamda, enerjinin ve hatta boşa giden enerjinin etkin ve verimli kullanımı, özellikle büyük önem taşımaktadır [9,10,11]. Son yıllarda, sıcaklık, hacim ve kontrol stratejileri konusunda HVAC sistem parametreleri üzerinde yapılan çalışmalar, enerji sarfiyatı azaltılarak daha yüksek verimlerin elde edildiği sistemlerin gerekli konfor şartları sağlanırken de mümkün olduğunu göstermiştir [7]. HVAC kontrol sistemlerinde kullanılan bazı kontrol algoritmaları ve yöntemleri aşağıdaki gibidir:

1. PID (Orantı-İntegral-Türev) Kontrol: HVAC sistemlerinde sıcaklık, nem oranı, havalandırma sistemlerinde kullanılan fan hızının kontrolü, soğutma sistemlerinde kompresör ve buharlaştırıcı fan hızının kontrolü, ısıtma sistemlerinde valf kontrolü gibi bir çok konuda PID kontrolü uygulamaları gerçekleştirilmiştir [5]. Son yıllarda yapılan çalışmalarla [12] değişen çalışma koşullarına göre

değerlerini kendi kendine ayarlayan (auto-tuning, self-tuning) kontrol sistemleri geliştirilmiştir.

2. Uyarlamalı (Adaptive) Kontrol: Uyarlamalı kontrol, diğer sistemlerde olduğu gibi HVAC sistemlerine de uygulanmaktadır. HVAC sistemlerde kullanılan denetleyicilerin parametrelerinin belirlenmesi ve değişen durumlara göre yeni kontrol organı parametre değerlerinin bulunması üzerine çeşitli ça-

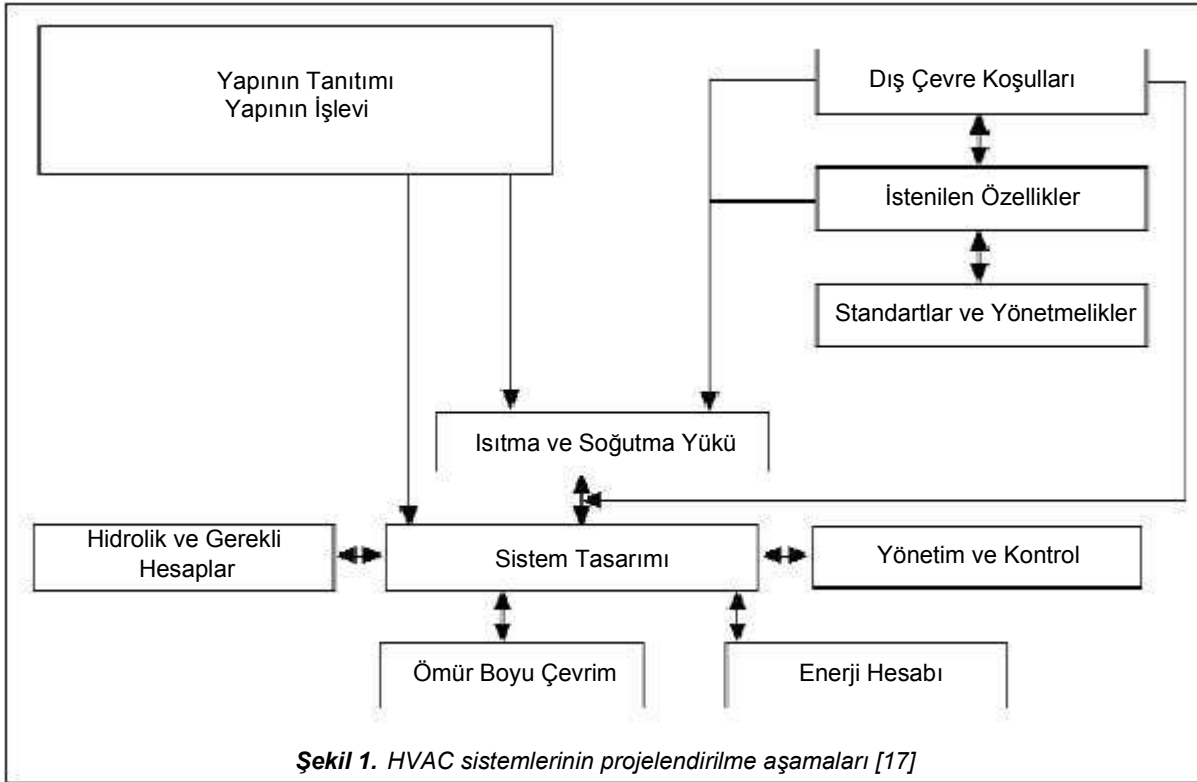
matiksel tanımlama yerine bilgiye dayalı kontrol algoritmaları ortaya çıkmıştır. Bunun belli başlılarını bulanık mantık, yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar oluşturmaktadırlar. Bu algoritmaların birkaçı bir arada kullanılabilir. Özellikle matematiksel modellerinin kurulması çok güç olan HVAC sistemleri gibi nonlinear sistemlere uygulanmaktadır [5].

İşmler yapılmıştır. Değişen şartlara göre geliştirilen ayar metodu ile kontrol organı ayar değerleri yeniden bulunmaktadır. HVAC sistemlerinde ısıtıcı elemanların ortamda arzu edilen sıcaklık ve nem oranını sağlama için gereken kontrol organı değerleri, en uygun kontrol yöntemi kullanılarak bulunabilmektedir. VAV sistemlerinde kullanılan kanalların basınçlarının kontrolü, en uygun kontrol yöntemi ile denetlenmesi üzerine çalışmalar gerçekleştirilmektedir [5].

3. Gelişmiş Kontrol Algoritmaları: Bilgisayarların kontrol sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlaması ile birlikte, kesin mate-

a) Bulanık Mantık (Fuzzy Logic): HVAC sistemlerinde klasik PID kontrol ve bulanık mantık kontrol üzerine ayrı ayrı çalışmalar [13] ile birlikte, PID ve bulanık mantık kontrolünün beraber kullanıldığı kontrol sistemleri [14] üzerine de çalışmalar yapılmaktadır.

b) Yapay Sinir Ağları, YSA (Artificial Neural Networks): Genel olarak, yapay sinir ağları insan beyninin bilgisayarlaştırılmış modelidir. YSA paralel bilgi işleme sistemidir. HVAC sistemlerinde, büyük binalar ve hava tutma üniteleri (air handling unit) gibi uygulamalarında yapay sinir ağları ile



Şekil 1. HVAC sistemlerinin projelendirilme aşamaları [17]

sistem davranış parametrelerinin belirlenmesi ve kontrol organı parametrelerinin tayininde ve ayar değerlerinin değişen çalışma koşullarına göre uyarlanması üzerine çalışmalar yapılmaktadır [5].

c) Genetik Algoritmalar, GA (Genetic Algorithm): GA'lar doğal ayıklanma ve doğal genetik mekanizmasına dayanan algoritmalarıdır. GA'ların ilgili problem hakkında herhangi bir özel bir bilgi gerektirmeksizin karmaşık problemleri çözme yeterlilikleri vardır. Kontrol sistemleri uygulamalarında, sistemin matematiksel modeline gerek duymadan çözüm üretebilmektedirler.

ru tespit edilmeli ve gereksiz kapasiteli cihaz seçimi önlenmelidir [16]. Şekil 1'de HVAC sistemlerinin uygun şekilde projelendirilmesi için gerekli aşamalar gösterilmektedir.

Şekil 1, her bir aşamayı başlıklar altında özetlemektedir. Her bir aşamada, tasarımcı sağlık, güvenlik, konfor ve enerji isteklerini dikkate almak zorundadır. Ancak bu sayede etkin sistem performansı, konfor ve enerji verimliliği sağlanabilmektedir.

4.2. Uygun Isıtma ve Soğutmanın Kaynaklarının Tespiti

HVAC sistemlerinde, denetleyici parametrelerinin (PID parametreleri) en uygun değerlerinin bulunmasında GA kullanımı üzerine çalışmalar yapılmaktadır [5]. Ayrıca, GA ve bulanık mantık algoritmaları kullanılarak HVAC sistemlerinin kontrolü konusunda çeşitli çalışmalar [15] da yapılmaktadır.

4. HVAC SİSTEMLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ ARTTIRACAK ÖNLEMLER

HVAC sistemlerinde enerji giderlerini azaltma çalışmaları yaparken dikkat edilmelidir. 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 [11]. HVAC sistemlerinde en sık kullanılan enerji verimliliğini arttırıcı yöntemler aşağıda belirtilmiştir.

4.1. Sistemin Uygun Şekilde Projelendirilmesi

HVAC sistemlerinde yer alan elemanların uygun seçimi ve gerekli kapasite seçimi enerji verimliliğini etkileyen önemli bir tasarım kriteridir. Bu yüzden, HVAC sistemlerinin projelendirmesi aşamasında gerçek iklim verileri kullanılmalıdır. Ayrıca ısı kazancı, iç ısı üretimi ve ısı kaybı yükleri doğru tayin edilmeli, bu kazançların soğutma ve ısıtma yüklerine dönüşümleri doğ-

Güneş, jeotermal, rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir veya düşük maliyetli enerji kaynakları öncelikli tercih edilmelidir. Eğer elektrik fiyatlandırılması zaman tarifesine bağlı ise, en büyük güçlü cihazlar mümkün olan en ucuz saatlerde çalıştırılmalıdır. Eğer olanak varsa, ucuz saatlerde ısı depolama yoluna gidilebilir [11]. Şehir kenarında bulunan otel, alışveriş merkezleri veya binaların soğutma yükünün önemli bir kısmı, eğer fazla derin (pahalı) olmayan su kaynakları açma imkanı varsa, yer altı suyu kullanılarak karşılanabilir. Ayrıca absorpsiyonlu soğutma sistemleri kullanılarak soğutma için sarf edilen elektrik enerjisi çok düşük seviyeye çekilebilir. Kış klimasında da ısı pompalarının bu tür sistemlerde kullanılmaları değerlendirilmelidir [16].

4.3. Cihazların Gerektiğinde Çalıştırılması

Mekanların 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 gözeticilerle olabildiğince erken durdurulmalıdır. Hızlı ısıtma, kış döneminde veya "en uygun başlatma / durdurma" yazılımı, çalışmadan önce sistemin en ekonomik biçimde istenilen sıcaklığa

getirilmesini sağlayan yazılımdır. 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 Normal dış havanın kullanılması özellikle geçiş mevsimlerinde önemlidir. İlkbahar ve sonbaharda ısıtma veya soğutma yerine bedava dış hava kullanılarak önemli enerji tasarrufları sağlanabilir. Ancak dış havanın seçiminde ortam ve dış hava sıcaklıklarını karşılaştırmak yerine entalpi farkına göre ayar değeri kaydırmaları ciddi enerji tasarrufları sağlamaktadır. Isıtma döneminde mümkün olan en düşük ayar değeri, soğutma döneminde ise mümkün olan en yük-

havayı doğrudan ortama verirken iç hava kalitesi ve sağlık için en düşük havalandırma oranlarını (ASHRAE, Standart 62) gözetmek gerekir [11].

Aynı zamanda "Gece Çevrimi (Night Cycle)" senaryosu ile bina kullanım zamanları dışındaki dönemlerini karşılaştırıp seçmek enerji verimliliği ısıtma döneminde, düşük sıcaklık sınırı (normalde dış havanın sıcaklığından daha etkilidir. Kazan dairelerinde ve çalışma sıcaklığının 4-6°C altında) belirlemek ve dış hava kullanmadan bu sınırları korumak amaçlanmalıdır. Kısa süreli sistem durma periyotlarında, sistemin tam kapalı tutulması yerine, sistem daha düşük sıcaklık değerlerinde çalıştırılması enerji tasarrufu sağlar. Dış Hava Kontrolü

Dış havanın kullanılması özellikle geçiş mevsimlerinde önemlidir. İlkbahar ve sonbaharda ısıtma veya soğutma yerine bedava dış hava kullanılarak önemli enerji tasarrufları sağlanabilir. Ancak dış havanın seçiminde ortam ve dış hava sıcaklıklarını karşılaştırmak yerine entalpi farkına göre ayar değeri kaydırmaları ciddi enerji tasarrufları sağlamaktadır. Isıtma döneminde mümkün olan en düşük ayar değeri, soğutma döneminde ise mümkün olan en yük-

tutulursa enerji tüketimi azaltılır. Değişken debili sistemlerde bu senaryo uygulanırken fanlar enerji tasarrufu için düşük debide çalıştırılırlar. Yazılım, kullanıcının tanımlayacağı sınır değerlerine bağlı olarak ısıtma, soğutma ve varsa nemlendirme sistemlerini durma zamanlarında gerektiğinde çalıştırarak mahal konfor şartlarının korur [11].

4.4. Isıtma ve Soğutmanın Sıralı Devreye Girmesi

Isıtma ve soğutma eşzamanlı devreye girmelidir. 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 yapılmalıdır [11].

4.5. Dış Havadan Yararlanılması

Enerji tasarrufu için dış havadan yararlanmanın temelde iki yolu vardır:

- Dış havayı kullanarak "bedava soğutma" veya "gece temizlemesi" yapmak,
- Dış hava sıcaklığına bağlı olarak sıcaklık ayar değerlerini değiştirmektir. Ancak dış

sek ayar değeri büyük enerji tasarrufu sağlamaktadır [11].

4.6. Sıcaklık Ayar Değerinin Kaydırılması

Bu seçenek ile ortam sıcaklık ayar değeri mekanda insan olup olmamasına göre kaydırılır. Bu strateji, öğle tatili gibi zaman dilimlerinde veya kızılotesi 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.

HVAC sistemlerinde enerji tasarrufuna yönelik değişik senaryolar uygulanabilir. Bu bağlamda, yük dağıtımı (load shedding), sıcaklık kompanzasyonlu yük kontrolü, fan-pompa hız kontrolü, ısıtma/soğutma kilitlemesi, soğutma grupları veya kazanların sıralı kontrolü-optimizasyonu ve ayırıcı kontrol (discriminator control) vs. sayılabilir [11].

4.7. Egsoz Havasından Yararlanılması ve Enerji Geri Kazanımı

İklimlendirme tesislerinde kurulacak, egzoz havası ile çalışacak ön ısıtma ve ön soğutma yapabilen enerji geri kazanım cihazlarının kullanımı çok büyük boyutlarda enerji tasarrufu sağlayabilmektedir. Ayrıca tesisin işletilmesinde değişik yükler için sistemi ayarlayarak, maksimum kapasitesinde çalıştırılmasını önleyecek otomatik kontrol sistemleriyle donatılması sonucu da önemli miktarlarda enerji tasarrufu sağlanabilmektedir [16].

4.8. Sistem Bakımı ve Yalıtımın Önemi

Sistemlerde, zamanla ortaya çıkan enerji kayıpları iyi bir bakım ve temizlik programı ile ortadan kaldırılabılır. Bu amaçla, hava filtreleri sık sık kontrol edilerek, gerekli değiştirmeler ve temizlikler öngörüldüğü şekilde yapılmalıdır. Bunun yanı sıra tesisin elemanlarının (kazan, hava kanalları vb.) yalıtımı ve yapının yalıtımı enerjii tasarrufu ve işletme malivetleri açısından

uygun ve ucuz seçilmesi, enerji kazanım yöntemlerinin uygulanması olarak belirlenebilir.

Tüm enerji tasarruf çalışmalarında olduğu gibi HVAC sistemlerinde uygulanan bu yöntemlerde konfor ve kaliteden ödün verilmemelidir.

Enerji verimliliğinde kontrol ve kontrol stratejileri, bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle beraber önemli bir rol oynamaktadır. Etkin bir enerji yönetimi uygulaması bu sistemlerin enerji tüketiminde, kullanım amacına bağlı olarak %10 ila %30 arasında azalma meydana getirebilmektedir. Aynı zamanda bu sistemlerin ekserji analizi yapılarak enerji tasarruf miktarlarının ve performanslarının belirlenmesine yönelik çalışmalar [10,18] son yıllarda artmıştır. Bu durumda ekserji analizi konusu da önemli olmaktadır.

KAYNAKLAR

- Hui, S. C. M., 1999. Web-Based Information System for Energy Efficient Technologies in HVAC and the Built Environment, In Proc. Of The 1999 Asia-Pacific Conference on Built Environment. 29 November – 2 December

enerji tasarrufu ve işletme maliyetleri açısından büyük önem taşımaktadır.

4.9. Son Kullanıcının Uygulaması Gereken Tedbirler

Daha önce giriş bölümünde de bahsedildiği gibi mühendislik çözümleri gerektirmeyen son kullanıcıların alışkanlıklarını değiştirmesi ve ya enerji tasarrufuna gereken dikkati vermesi gibi basit tedbirlerle enerji verimliliği sağlanabilir. Örneğin aydınlatma elemanları ve ısı üreten diğer cihazların kullanılmasındaki dikkat hem yapının enerji tasarrufunu hem de HVAC sisteminin enerji tasarrufunu sağlar.

5. SONUÇ

HVAC sistemlerinin enerji verimliliği, performans, enerji tüketimi ve çevresel nedenlerden dolayı önemli olmaktadır. Enerji tasarrufunu etkileyen en önemli parametreler iyi bir projelendirme yapılması, kontrol stratejilerinin doğru belirlenmesi, soğutma ve ısıtma kaynaklarının

Enhancement, 20 November - 2 December, 1999, Taipei, Taiwan.

2. Canadian Industry Program for Energy Conservation, Energy Efficiency Planning and Management Guide, The Office of Energy Efficiency's Publications, ISBN 0-662-31457-3, 2002.
3. Whole Building Design Guide, High Performance HVAC, Office Building, <http://www.wbdg.org>
4. Detlef Westphalen, Scott Koszalinski Energy Consumption Characteristics of Commercial Building HVAC Systems Volume II: Thermal Distribution, Auxiliary Equipment, and Ventilation, Office of Building Equipment, Office of Building Technology State and Community Programs, U.S. Department of Energy, Contract No.: DE-AC01-96CE23798, October 1999.
5. Mesut Şengirgin, Isıtma, Havalandırma ve Klima Sistemlerinde Denetimin Dünü ve Bugünü, Türk Tesisat Mühendisleri Dergisi, Sayı

- 23, sayfa 21-28, Ocak-Şubat-2003.
6. VisSim Tutorial Series, Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC) Controls: Variable Air Volume (VAV) Systems, Visual Solutions, Inc., 1997
7. Nurdil Eskin, İklimlendirme Sistemlerinin ve İklim Şartlarının Ofis Binaları Enerji İhtiyacı Üzerindeki Etkisi, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi (Teskon 2001), İzmir, 2001.
8. A. Kemal Yakut, Murat Kuru, Arzu Şencan, HVAC Sistemlerinde Kontrol Yöntemleri ve Enerji Tasarrufu, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi (Teskon 2001), İzmir, 2001.
9. Çağlar Selçuk Canbay, Gülden Gökçen, Arif Hepbaşlı, Bina Yönetim Sistemleri ve HVAC Sistemlerinde Enerji Tasarrufuna Yönelik Kontrol İlkeleri, VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi (Teskon 2003), İzmir, 2003.
10. Leyla Özgener, Arif Hepbaşlı, HVAC Sistemlerinde Enerji Analizinin Gerekliliği ve Uygulamaları, VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi (Teskon 2003), İzmir, 2003.
11. Çağlar Selçuk Canbay, Arif Hepbaşlı, Gul
14. A. Rahmati., F. Rashidi, M. Rashidi, A Hybrid Fuzzy Logic and PID Controller for Control of Nonlinear HVAC systems, Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Cilt: 3, Sayfa: 2249-2254, Washington, DC, USA, 2003.
15. R. Alcalá, J.M. Benitez, J. Casillas., O. Cerdon, R. Perez, Fuzzy Control of HVAC Systems Optimized by Genetic Algorithms, Applied Intelligence, Cilt: 18, Sayfa: 155-177, 2003.
16. İlhan Tekin Öztürk, Hasan Karabay, İklimlendirme Tesislerinde Enerji Tasarrufu, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu ve Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi, 22. Enerji Tasarrufu Haftası Etkinlikleri, 23 - 24 Ocak 2003.
17. Dominique Marchio, Eric Auzenet, Preliminary European Guide on HVAC design, ECEEE (European Council for an Energy Efficient Economy) Summer Study Proceedings 1997.
18. Ren Chengqin, Li Nianping and Tang Guangfa, Principles of Exergy Analysis in HVAC and Evaluation of Evaporative Cooling

den Gokcen, Evaluating Performance Indices of A Shopping Centre and Implementing HVAC Control Principles to Minimize Energy Usage, Energy and Buildings, Cilt: 36, Sayfa: 587–598, 2004.

12. Qiang Bi, Wen-Jian Cai, Qing-Guo Wang, Chang-Chieh Hang, Eng-Lock Lee, Yong Sun, Ke-Dian Liu, Yong Zhang, Biao Zou, Advanced Controller Auto-Tuning and its Application in HVAC Systems, Control Engineering Practice, Cilt: 8, Sayfa: 633-644, 2000.
13. M. Arima., E.H. Hara, J.D. Katzberg, A fuzzy Logic and Rough Sets Controller for HVAC Systems, Proceedings of the IEEE WESCA NEX'95-1, Sayfa: 133–138, New York, 1995.

Schemes, Building and Environment, Cilt: 37-11, Pages 1045-1055, November 2002.