

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**AKILLI BİNALARDAKİ TEKNİK-TEKNOLOJİK SİSTEMLER
VE ENERJİ İZLEME SİSTEMİNİN ENTEGRASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elek. Elektr. Müh. Mehmet SÖNMEZ**

Programı : Enerji Bilimi ve Teknolojileri

HAZİRAN 2006

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**AKILLI BİNALARDAKİ TEKNİK-TEKNOLOJİK SİSTEMLER
ve ENERJİ İZLEME SİSTEMİNİN ENTEGRASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Elek. Elektr. Müh. Mehmet SÖNMEZ
(301031016)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Temmuz 2006

Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Haziran 2006

**Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Önder GÜLER
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Sermin ONAYGİL (İ.T.Ü)
Prof.Dr. Celal KOCATEPE (Y.T.Ü)**

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam esnasında bana her açıdan yol gösteren, yardımcı olan ve anlayış gösteren değerli hocam, Yrd. Doç. Dr. Önder GÜLER'e ve üzerimdeki hakkını ödeyemeyeceğim İdetek Ltd. Şti. Genel Müdürü Sayın Ergin KAYA' ya teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca her zaman yanımda olan ve beni her zaman destekleyen anneme, babama, ablama ve amcama çok teşekkür ederim.

Haziran 2006

Mehmet SÖNMEZ

İÇİNDEKİLER	
KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
2. AKILLI BİNALAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER	3
2.1. Akıllı Bina Nedir?	3
2.2. Akıllı Binalarla İlgili Bölgesel Tanımlamalar	5
2.3. Akıllı Binaların Genel Özellikleri	7
2.4. Akıllı Binalarda Konforu Etkileyen Parametreler	9
3. BİNALARDAKİ TEKNİK ve TEKNOLOJİK SİSTEMLER	12
3.1. Isıtma Sistemleri	14
3.1.1. Kazanlar	14
3.1.2. Sıcak su tankları	15
3.1.3. Isı değıştiriciler	16
3.1.4. Isıtma sistemlerine örnek şemalar	16
3.2. Soğutma Sistemleri	18
3.2.1. Soğutma grupları	18
3.2.2. Soğutma kuleleri	20
3.2.3. Örnek bir soğutma sistemi	20
3.3. Havalandırma Sistemleri	21
3.3.1. Fanlar	21
3.3.2. Havalandırma kanalları	22
3.3.3. Damperler	23
3.3.4. Havalandırma sistemi tipleri	24
3.3.4.1. Sabit debili sistemler	24
3.3.4.2. Değişken debili sistemler	25
3.3.5. Klima santrali örnekleri	26
3.3.5.1. %100 iç havalı klima santrali	26
3.3.5.2. %100 taze havalı klima santrali	27
3.3.5.3. Karışım havalı klima santrali	27
3.3.5.4. Egzost fanları	28
3.4. Aydınlatma Sistemleri	29
3.4.1. Aydınlatma ile ilgili genel terimler	29
3.4.2. Lamba tipleri	30
3.4.2.1. Akkor lambalar	30
3.4.2.2. Halojen lambalar	31
3.4.2.3. Floresan lambalar	32
3.4.2.4. Kompakt floresan lambalar	33

3.4.3. Balastlar	34
3.4.3.1. Manyetik balastlar	34
3.4.3.2. Elektronik balastlar	34
3.4.4. Armatürler	36
3.4.5. Aydınlatmanın bina performansına olan etkisi	37
3.4.5.1. Artık ısıнын azaltılması	37
3.4.5.2. Güç kalitesinin artışı	37
3.4.5.3. Aydınlatmanın konfora olan etkisi	37
3.4.5.4. Üretkenlik	38
3.4.5.5. Güvenlik	38
3.4.6. Aydınlatmanın sistemlerinin kontrolü	39
3.4.6.1. El ile kısma	39
3.4.6.2. Fotosensörler	39
3.4.6.3. Hareket sensörleri	40
3.4.6.4. Zamanlayıcılar	40
3.4.6.5. Merkezi kontrol	41
3.4.7. Örnek bir aydınlatma kontrol sistemi	41
3.5. Diğer Sistemler	44
3.5.1. Yangın koruma sistemi	44
3.5.1.1. Yangın koruma sistemlerinde kullanılan cihazlar ve donanımlar	45
3.5.1.1.1. Manüel alarm ikaz sistemi	45
3.5.1.1.2. Termal dedektörler	46
3.5.1.1.3. Duman dedektörleri	46
3.5.1.1.4. Alev dedektörleri	47
3.5.1.1.5. Sinyal cihazları	47
3.5.2. Güvenlik sistemleri	48
3.5.2.1. Giriş-çıkış kontrol sistemleri	48
3.5.2.2. Kapalı devre görüntüleme ve kayıt sistemleri (CCTV)	49
4. BİNA OTOMASYONU SİSTEMİ (BOS)	51
4.1. Giriş	51
4.2. Bina Otomasyon Sisteminin Yapısı	53
4.3. Bina Otomasyon Sisteminin Faydaları	54
4.4. Bir ISOHA Otomasyonunun Gerçekleşme Süreci	56
4.4.1. İlk aşama	56
4.4.2. İkinci aşama	58
4.4.3. Üçüncü aşama	59
4.5. Doğru BOS Seçim Kriterleri	60
5. BİNA OTOMASYONU SİSTEMLERİNDEKİ GELİŞMELER	61
5.1. Klasik Bina Otomasyon Sistemi Mimarisi ve Yapısı	61
5.2. Entegre Bina Otomasyon Sistemi Mimarisi	64
5.3. Açık Sistemler ve Protokoller	66
5.3.1. Açık protokollerle ilgili tanımlamalar	68
5.3.1.1. Protokol	68

5.3.1.2. Taşıma ortamı	68
5.3.1.3. Standartlaşma	69
5.3.2. Açık sistem ve protokollerin getirdiği avantajlar	69
5.3.2.1. Firma bağımsızlığı	69
5.3.2.2. Entegrasyon ve daha düşük ilk yatırım	70
5.3.2.3. Daha düşük maliyet	70
5.3.2.4. Daha işlevsel senaryolar ve verimli bir çalışma şekli	71
5.3.2.5. Standart kullanım	71
5.3.2.6. Geniş çaplı bilgi erişimi	72
5.3.2.7. İnternet teknolojileri	72
5.3.3. Açık sistemlerle ilgili mevcut durum	73
5.3.4. Açık protokoller	74
5.3.4.1. Bacnet	75
5.3.4.2. Lonworks	76
5.3.4.3. Modbus	77
5.3.4.4. EIB	77
6. AKILLI BİNALARDA ENERJİ VE ENERJİ İZLEME SİSTEMİNİN ÖNEMİ	79
6.1. Giriş	79
6.2. Akıllı Binalardaki Enerji Analiz Teknikleri	80
6.2.1. Binaların enerji performanslarının faturalar ile incelenmesi	81
6.2.2. Enerji tüketimi ve kalite parametrelerinin enerji izleme sistemiyle belirlenmesi	86
6.3. Enerji İzleme Sisteminin Reaktif Güç Kontrolü Açısından Önemi	88
6.4. Akıllı Binalardaki Harmonik Yaratan Yükler	93
6.4.1. Anahtarlama tek faz güç kaynakları	95
6.4.2. Floresan aydınlatma	97
6.4.3. Motor hız kontrol sürücüleri	99
6.5. Enerji İzleme Ölçümleri	102
6.5.1. Örnek spor kompleksi binasındaki elektriksel yüklerin ve enerji izleme sisteminin incelenmesi	102
6.5.2. Örnek bir ofis binasındaki enerji kalitesi ölçümleri	113
7. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRMELER	116
KAYNAKLAR	119
EKLER	122
ÖZGEÇMİŞ	123

KISALTMALAR

AC	: Alternative Current
AI	: Analog Input
ANSI	: American National Standard Institute
AO	: Analog Output
ASHREA	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BACnet	: Building Automation and Control Networking
BOMA	: Building Operators and Managers Association
BOS	: Bina Otomasyon Sistemi
CAV	: Constant Air Volume
CCTV	: Closed Circuit Television
CPU	: Central Processing Unit
DC	: Direct Current
DDC	: Direct Digital Control
DI	: Digital Input
DO	: Digital Output
EIB	: European Installation Bus
EIBA	: European Installation Bus Association
EYS	: Enerji Yönetim Sistemi
FCU	: Fan Coil Unit
GF	: Güç Faktörü
IBI	: Intelligent Building Institute
IEC	: International Electrotechnical Commission
ISOHA	: Isıtma Soğutma Havalandırma
MCC	: Motor Control Center
PLC	: Programmable Logic Controller
THD(I)	: Total Harmonic Distortion – current
THD(U)	: Total Harmonic Distortion - voltage
TTMD	: Türk Tesisat Mühendisleri Derneği
UPS	: Uninterruptible Power Supply
VAV	: Variable Air Volume

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Ticari binalarda önerilen yatay aydınlık düzeyleri	10
Tablo 3.1 Değişik çaplardaki floresan lambaların karşılaştırılması	33
Tablo 6.1 Binalardaki ısıtma ve sıcak su için harcanan yakıt miktarı oranları	84
Tablo 6.2 Sabit aktif güçteki güç faktörü değişiminin, görünür güce olan etkisi	89
Tablo A.1 Farklı tipteki binaların enerji tüketimleri	122

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 Türkiye’ de toplam enerji tüketimi oranları (2002)	1
Şekil 2.1 Dünyadaki ilk akıllı bina (Hartford/City Place)	4
Şekil 2.2 Akıllı binaların sahip olması gereken yapı	5
Şekil 3.1 Örnek bir ofis binası	12
Şekil 3.2 Ticari binalarda kullanılan örnek ısıtma kazanları	14
Şekil 3.3 Kazan içerisinde kullanılan elemanlar	15
Şekil 3.4 Örnek bir sıcak su tankı	16
Şekil 3.5 Örnek bir ısı değiştiricisi (eşanjör)	16
Şekil 3.6 Örnek bir ısıtma sistemi şeması	17
Şekil 3.7 Örnek bir sıcak kullanım suyu akış şeması	18
Şekil 3.8 Farklı tipteki soğutma grupları	19
Şekil 3.9 Örnek bir soğutma ünitesi (su soğutmalı)	19
Şekil 3.10 Su soğutma kulesi tipleri	20
Şekil 3.11 Örnek bir soğutma sistemi şeması	21
Şekil 3.12 Merkezkaç tipi fan	22
Şekil 3.13 Ekselen tip fan	22
Şekil 3.14 Yuvarlak ve dikdörtgen tip havalandırma kanalı	23
Şekil 3.15 Örnek bir damper şekli	23
Şekil 3.16 Yeniden ısıtmalı sistemlerle ilgili örnek bir şema	25
Şekil 3.17 VAV sistemi ile ilgili örnek bir şema	26
Şekil 3.18 %100 İç Havalı klima santrali	26
Şekil 3.19 %100 Taze havalı klima santrali	27
Şekil 3.20 Örnek bir karışım havalı klima santrali	28
Şekil 3.21 Egzost fanı	28
Şekil 3.22 Aydınlatmanın ofis binası elektrik enerjisi tüketimindeki payı	29
Şekil 3.23 Akkor lamba çeşitleri	31
Şekil 3.24 Halojen lamba çeşitleri	32
Şekil 3.25 Tipik floresan lambalar	32
Şekil 3.26 Kompakt floresan lambalar	33
Şekil 3.27 Manyetik balastlar	34
Şekil 3.28 Elektronik balastlar	35
Şekil 3.29 Örnek armatür çeşitleri	36
Şekil 3.30 Tipik bir ofis binası için yıllık harcamalardaki aydınlatmanın payı	38
Şekil 3.31 Örnek bir merkezi aydınlatma otomasyonu sistemi	41
Şekil 3.32 Kat bazında aydınlatma kontrolü	42
Şekil 3.33 Zaman programı konfigürasyonu	43
Şekil 3.34 Çevre aydınlatma kontrolü	43
Şekil 3.35 Manüel anahtarlamalı yangın ikaz düğmesi	46
Şekil 3.36 Fotoelektrik ve iyonlaşma tipi duman detektörleri	47

Şekil 3.37	Değişik tiplerdeki alev detektörleri	47
Şekil 3.38	Yangın sinyal cihazları	48
Şekil 3.39	Bina giriş-çıkış kontrol sistemi	49
Şekil 3.40	Örnek bir CCTV sistemi	50
Şekil 4.1	Genel BOS yapısı	53
Şekil 4.2	Örnek nokta listesi	57
Şekil 4.3	Örnek bir prensip şeması	57
Şekil 4.4	ISOHA sistemlerinde kablolama	58
Şekil 5.1	Klasik bina otomasyon sisteminin yapısı	62
Şekil 5.2	Klasik bina yönetim sistemi	63
Şekil 5.3	Klasik bina otomasyon sistemi konfigürasyonu	63
Şekil 5.4	Entegre bina otomasyon sistemi konfigürasyonu	65
Şekil 5.5	Açık sistem mimarisi	67
Şekil 5.6	Açık Sistemlerle ilgili örnek bir konfigürasyon	67
Şekil 5.7	Standart kullanımı gösteren bir konfigürasyon	72
Şekil 5.8	Farklı otomasyon sistemlerinde kullanılan haberleşme protokolleri	75
Şekil 5.9	LONWORKS sistemi mimarisi	76
Şekil 6.1	Aylar bazında 2005 yılı elektrik enerjisi tüketim değerleri	82
Şekil 6.2	Aylar bazında 2005 yılı doğalgaz tüketim değerleri	82
Şekil 6.3	kWh ve maliyet cinsinden toplam enerji tüketim oranları	83
Şekil 6.4	Akıllı binalardaki enerji izleme sisteminin kullanım oranı	88
Şekil 6.5	Aktif, reaktif ve görünür gücün matematiksel olarak değişimleri	89
Şekil 6.6	Güç faktörü değişiminin görünür güce olan etkisi	90
Şekil 6.7	Reaktif güç çekilen örnek bir sistem	91
Şekil 6.8	Reaktif güç sisteminde çekilen akım ve şebeke gerilimi değişimi	91
Şekil 6.9	Kompazasyonlu reaktif güç sistemi	92
Şekil 6.10	Kompazasyonlu sistemin düzelttiği gerilim ve akım dalga şekilleri	92
Şekil 6.11	1, 3 ve 5. harmoniği içeren dalga şekli	93
Şekil 6.12	Lineer olmayan bir yükün sebep olduğu harmonik bozulma devresi	94
Şekil 6.13	3. harmoniğin yarattığı dalga şeklindeki bozulma	94
Şekil 6.14	Tek faz güç kaynağı akım dalga şekli ve harmonik spektrumu	96
Şekil 6.15	Manyetik balastlı bir floresan lambanın akım dalga şekli ve harmonik spektrumu	98
Şekil 6.16	Elektronik balastlı bir floresan lambanın akım dalga şekli ve harmonik spektrumu	99
Şekil 6.17	6 darbeli hız kontrol sürücü devresi	100
Şekil 6.18	6 darbeli bir hız kontrol sürücüsünün akım dalga şekli ve harmonik spektrumu	100
Şekil 6.19	Binadaki otomasyon sisteminin genel yapısı	103
Şekil 6.20	Enerji izleme sisteminin haberleşme yapısı	103
Şekil 6.21	Kurulu güçlerin oransal olarak dağılımı	104
Şekil 6.22	Yaz aylarındaki tahmini tüketim değerlerinin oranı	105
Şekil 6.23	Kurulu güçlerin tek hat şeması şeklinde gösterimi	106
Şekil 6.24	2006 yılı Ocak ayı elektrik tüketim değerlerinin yüzdesel dağılımı	107
Şekil 6.25	Tesisin günlük yük karakteristiği	107

Şekil 6.26 Aktif güç ile güç faktörüdeğerinin zamana bağlı değişimi	108
Şekil 6.27 Reaktif ve aktif tüketim değerleri	109
Şekil 6.28 Akım-Gerilim değerinin değişim grafiği	110
Şekil 6.29 Toplam aktif güç ile güç faktörünün değişimi	111
Şekil 6.30 THD (U) ile toplam aktif güç değişimi	111
Şekil 6.31 THD (I) ile toplam aktif güç değişimi	112
Şekil 6.32 Tekil harmoniklerin değişimi	112
Şekil 6.33 Aktif güç ile aktif tüketim değerinin değişim grafiği	113
Şekil 6.34 Aktif güç ile güç faktörü değerinin değişim grafiği	114
Şekil 6.35 THD (U) ile güç faktörü değerinin değişim grafiği	114
Şekil 6.36 THD(I) ile aktif güç değerinin değişim grafiği	115
Şekil 6.37 Akımın tekil harmonik değerlerinin değişimi	115

SEMBOL LİSTESİ

M_h	: Efektif değeri M olan h. harmonik bileşeni
P	: Aktif güç değeri
Q	: Reaktif güç değeri
S	: Görünür güç değeri

AKILLI BİNALARDAKİ TEKNİK-TEKNOLOJİK SİSTEMLER VE ENERJİ İZLEME SİSTEMİNİN ENTEGRASYONU

ÖZET

Akıllı binalar kapsamında düşünebileceğimiz ticari binalar, orta ölçekli bir endüstri kuruluşunun toplam enerji tüketimine eşdeğer düzeyde bir tüketime sahiptirler. Özellikle enerji krizlerinden sonra tüm sektörlerde olduğu gibi binalarda da enerji tüketiminin etkili bir şekilde kontrol edilmesinin önemi ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, kullanılan teknik ve teknolojik sistemlerin verimliliğin artırılması, kontrolü ve merkezi bir enerji izleme sistemi kurulmasının önemi artmıştır.

Bu çalışmada, akıllı binalardaki teknik ve teknolojik sistemlerinin yapısı, genel enerji tüketimindeki payları verilmektedir. Bunun yanında merkezi bir enerji izleme sisteminin enerji tüketimlerinin ve enerji kalitesinin belirlenmesindeki önemi de açıklanmaktadır. Bu amaçla akıllı binalarda enerji tüketen teknik sistemler detaylı olarak anlatılmış ve teknik sistemlerin kontrolü için gerekli olan bina otomasyon sisteminin yapısı ve günümüzde kullanılan en son teknolojilere de yer verilmiştir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde akıllı binalarla ilgili farklı ülkelerin ve toplumların tanımlarına yer verilmiştir. Akıllı binaların genel özellikleri anlatılarak, kullanıcıların binalarda en çok bulunmasını istedikleri teknik ve teknolojik sistemlerin neler olduğu belirtilmiştir.

Üçüncü bölümde akıllı binalarda enerji tüketiminde büyük oranı teşkil eden ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemleri ayrıntılı bir biçimde açıklanmış ve enerji verimli sistemlerin önemi vurgulanmıştır. Merkezi aydınlatma kontrol sisteminin yapısının ve özelliklerinin belirtilmesi amacıyla örnek bir alışveriş merkezinin aydınlatma sistemi incelenmiştir.

Dördüncü ve beşinci bölümde ise bina otomasyon sistemleri ile açık haberleşme protokolleri geniş bir şekilde incelenmiştir. BOS' nin geçmişten günümüze kadarki gelişim süreci irdelenmiş ve açık sistemler ile protokollerin getirdiği avantajlara yer verilmiştir.

Altıncı bölümde akıllı binaların elektrik ve yakıt tüketim değerleri incelenerek, merkezi bir enerji izleme sisteminin tüketim değerlerinin ve elektrik enerjisi kalitesi parametrelerinin belirlenmesindeki önemi vurgulanmıştır. Örnek bir otel binasının aylık elektrik ve doğalgaz faturalarından elde edilen bir yıllık verilere göre enerji performansı incelenmiştir. Merkezi bir enerji izleme sistemine sahip bir spor kompleksi ise enerji yükleri açısından geniş çapta araştırılarak, enerji izleme sisteminden elde edilen tüketim verileri ve enerji kalite parametreleri incelenmiştir. Ayrıca en son teknik-teknolojik sistemlere sahip bir ofis binasının enerji izleme sisteminden alınan veriler raporlanarak, enerji kalitesi parametreleri değerlendirilmiştir.

TECHNICAL-TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF INTELLIGENT BUILDINGS AND INTEGRATION OF ENERGY MONITORING SYSTEM

SUMMARY

Commercial buildings that we can think as intelligent buildings have an equivalence energy consumption with the total energy consumption of a middle degree industrial establishment. Especially after energy crisis, the importance of effectual control of energy consumption is understood in buildings as in all sectors. For this reason; to control and increase the efficiency of the technical and technological systems and to install energy monitoring system become more important.

The structure and ratios of technical and technological systems in general energy consumption are given in this study. Moreover, the importance of determining energy consumptions and energy quality of a central energy monitoring system is revealed. For this purpose, technical systems that consume energy in intelligent buildings are explained in details and the structure of building automation system which is necessary for the control of technical systems and the recent technologies are also revealed.

The definitions of different countries and societies concerning intelligent buildings are given in the second part of the study. General characteristics of intelligent buildings and the most wanted technical and technological systems by the users are defined.

In the third part; HVAC and lighting systems that play an important role in energy consumption in intelligent buildings are explained in details and the importance of energy efficiency systems is emphasized. Lighting system of a sample shopping center is examined to define the specialties and structure of central lighting control system.

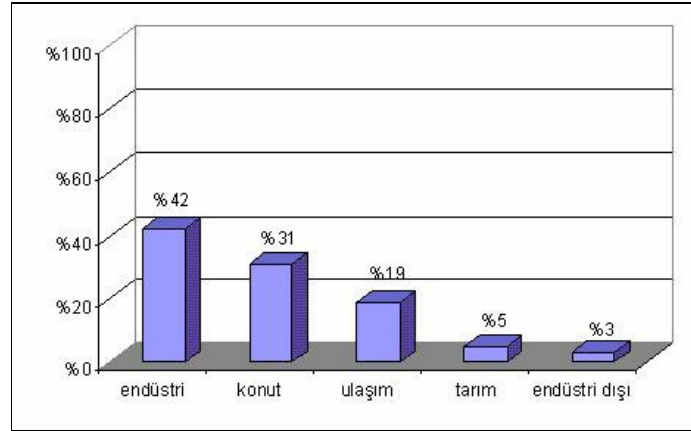
In the fourth and fifth part, building automation system and open communication protocols are examined detailed. The development of BAS till now is inspected and the advantages of open systems and protocols are defined.

The electricity and fuel consumptions of intelligent buildings are examined and the importance of defining the consumptions and electrical energy quality parameters of a central energy monitoring system are emphasized in the sixth part. Energy performance is examined according to one year data that is arranged from monthly electricity and natural gas bill of a sample hotel. Energy loads of a sport complex that has a central energy monitoring system and consumption data that are obtained from energy monitoring system and the energy quality parameters are examined. Moreover, the data that are obtained from the energy monitoring system of an office building that has the recent technical and technological systems are reported and quality parameters are appraised.

1. GİRİŞ

Akıllı binalar, bünyesinde insan hayatını kolaylaştıracak teknik ve teknolojik birçok sistem bulunduran binalardır. Genel anlamda içinde yaşayanların konforunu artıran, güvenliğini sağlayan ve enerji maliyetlerini önemli ölçüde düşüren binalar, "akıllı bina" olarak kabul edilmektedir [1].

1973 petrol krizinden sonra enerjinin etkin kullanımı tüm sektörlerde olduğu gibi akıllı binalar kapsamında düşündüğümüz ticari binalar için de önem kazanmıştır. ABD’ de ticari sektör (ofisler, bankalar vs.) enerjinin %15 lik kısmını tüketmektedir. Bunun da her yıl maliyeti 70 milyar doların üzerindedir [2]. Türkiye’de ticari binaların enerji tüketimleri konutlarla birlikte değerlendirilmektedir ve direk olarak ticari binaların genel enerji tüketimindeki payı ile ilgili bir çalışma yapılmamıştır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Türkiye’ de toplam enerji tüketimi oranları (2002) [3].

Akıllı binalarda enerji türleri bakımından elektrik, yakıt (doğalgaz, lpg, mazot, v.b.) ve su tüketilmektedir. Tüketilen enerji miktarı binanın türüne, m² büyüklüğüne, bulunduğu bölgeye ve sahip olduğu teknik-teknolojik sistemlere göre değişiklik göstermektedir.

Binalardaki enerji tüketimine hakim olunabilmesi için kullanılan teknik-teknolojik sistemlerin verimli olması ile merkezi bir kontrol sisteminin bulunmasının önemi büyüktür.

Özellikle ısıtma-soğutma-havalandırma (ISOHA) ve aydınlatma gibi enerji tüketiminde yüksek orana sahip sistemler etkili bir merkezi bina otomasyon sistemi (BOS) ile izlenip kontrol edilmelidir.

Son yıllarda BOS' leri konusunda da önemli gelişmeler yaşanmakta ve ISOHA, aydınlatma, enerji izleme gibi farklı sistemler entegre biçimde tek bir yazılımla kontrol edilebilmektedir. Bununla birlikte açık sistemler ve protokoller terimi de BOS' deki yerini almakta ve farklı üreticilerin cihazları ve sistemleri aynı sistemde haberleşip, kontrol edilebilmektedir. Bu tür otomasyon sistemleri ile ilgili uygulamalar tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de artan bir ivme ile yerini almakta ve başarılı bir şekilde uygulanmaktadır.

BOS' leri ile birlikte kontrol edilen teknik sistemlere olan hakimiyet artmakta ve enerjinin etkin kullanımı açısından bir disiplin sağlanmış olmaktadır. BOS' nin yanında merkezi bir enerji izleme sisteminin de bulunması bina içi tüketimlerin saptanması ve elektrik enerjisi kalitesinin belirlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Binaların enerji performansı açısından aynı tip binalara göre karşılaştırılmasında aylık enerji faturalarından elde edilen tüketim bilgileri yeterli olabilmektedir. Ancak bina içerisindeki farklı sistemlerin (ISOHA, aydınlatma, asansör, v.b.) veya bölümlerin tükettiği enerji miktarlarının belirlenmesi açısından enerji izleme sisteminin kurulu olması gerekmektedir.

Son yıllarda, akıllı binalarda frekans invertörü, elektronik balast, UPS, bilgisayar, faks, fotokopi v.b. gibi güç elektroniği devresine sahip cihazların kullanımı artmıştır. Bununla birlikte özellikle harmoniklerle ilgili enerji kalitesi problemlerinde artış yaşanmaktadır. Merkezi bir enerji izleme sistemi ile THD (toplam harmonik distorsiyon) değerleri ve tekil harmonik değerleri hem gerilim hem de akım için belirlenebilmektedir. Bunun yanında güç faktörü, gerilim dalgalanmaları gibi enerji kalitesi problemleri de izlenmekte, kayıt edilebilmekte ve gerekli önlemler alınabilmektedir.

2. AKILLI BİNALAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER

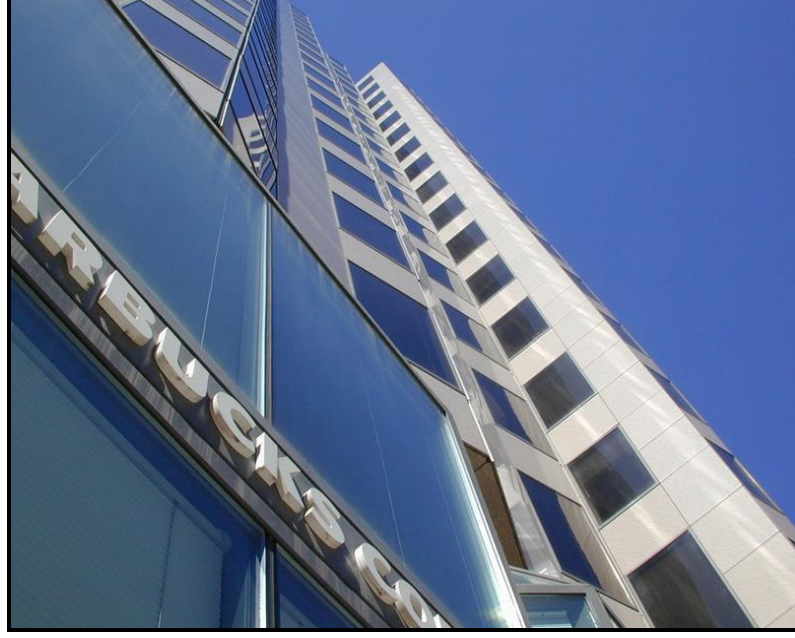
2.1. Akıllı Bina Nedir?

Akıllı bina kavramı ilk olarak 1980' li yılların başlarında ortaya çıkmıştır. Akıllı binaların tanımı ise, gelişen teknolojiye ve kullanıcı ihtiyaçlarına göre farklılık göstermektedir. Bu gelişimi aşağıdaki gibi özetleyebiliriz:

- 1985 yılına kadar akıllı binalar fonksiyonların otomatik olarak kontrol edildiği yapılar olarak tanımlanmış,
- 1986-1991 yılları arasında ise değişen ihtiyaçlara cevap verebilen yapılar olarak belirtilmiş,
- 1992' den günümüze kadar ise akıllı binalar, değişen ihtiyaçları ve istekleri etkili bir şekilde karşılayabilecek özelliklere sahip entegre sistemler olarak tanımlanmaktadır [4].

Akıllı binalar kavramı ilk defa 1981'de USA'da UTPS Corporation (United Technology Building Systems Corporation) tarafından ortaya atılmış ve Temmuz 1983'de Connecticut'ta, Hartford'daki Belediye Binası (City Place Building) ile hayata geçirilmiştir. Hartford Binası dünyanın ilk akıllı binası olarak tanıtılmaktadır (Şekil 2.1) [5].

Akıllı binanın tanımının tartışıldığı veya yorumlandığı birçok akademik ve teknik çalışmalar bulunmaktadır. Değişik araştırmalar gösteriyor ki yaklaşık 30'un üzerinde akıllı bina tanımı bulunmaktadır. İlk zamanlardaki akıllı binalarla ilgili tanımlamalarda daha çok teknolojik beklentiler ön plandaydı. Daha sonraları ise kullanıcı ihtiyaçları da göz önüne alınarak tanımlamalar genişletilmiştir. Akıllı binalar “tüm bina kontrol sistemlerinin otomatikleştirildiği” bir yapı olarak tanımlanabilmektedir [6].



Şekil 2.1: Dünyadaki ilk akıllı bina (Hartford/City Place)

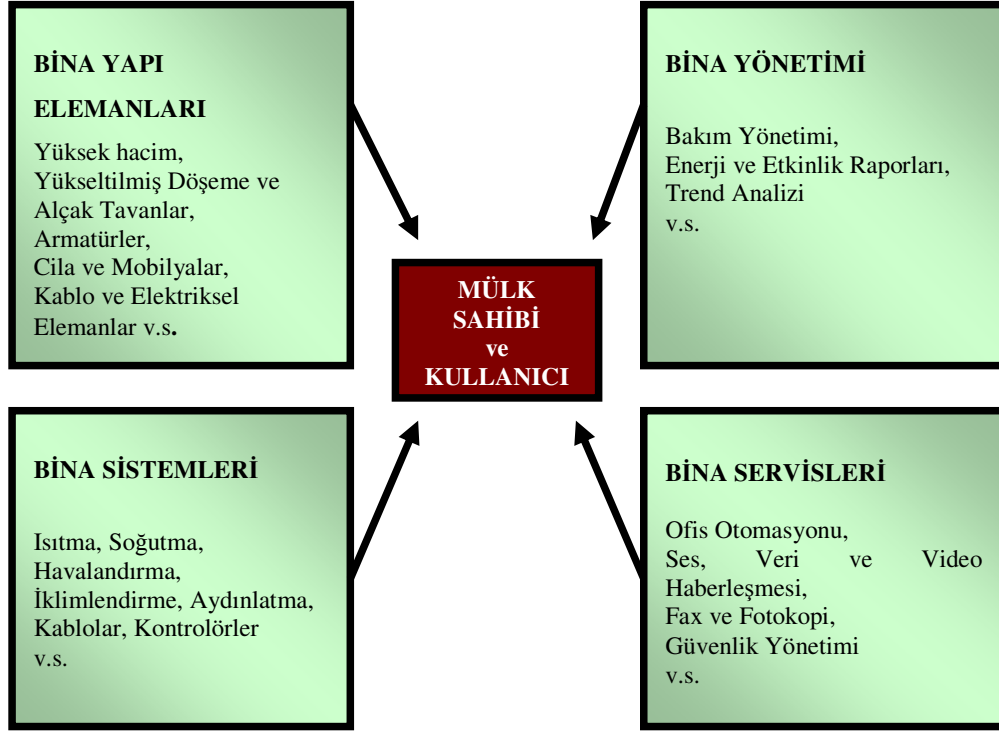
Gerçekte, dünyada var olan birçok akıllı binada kullanıcıların çalışma ve yaşam koşullarını güvenli, konforlu, etkin ve verimli yapan binanın yaratılmasına çalışılmaktadır. Asya’ da, özellikle nüfusu 1.2 milyarı aşan Çin’de akıllı bina tanımı kendi kültür ve yaşam koşullarına göre uyarlanmıştır. Doğru bir tanım yapılmaksızın, yeni binaların gelecek yüzyılın ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde optimum olarak tasarlanmaları mümkün olmayacaktır [5].

Yakın zamanda, araştırmacılar akıllı binaların tanımını genişleterek, “öğrenme kabiliyeti” ve “ çevre-meşguliyet durumuna göre performans ayarlaması” tanımlarını da eklediler. Böylece akıllı binaların sadece bireysel, örgütsel ve çevresel gereksinimlere göre değil, bunlarla birlikte öğrenme kapasitesine sahip olmasını ve çevresel veya meşguliyet durumlarına göre ayarlanabilir olmasını tanımlamalarında öngörmüşlerdir [6].

Akıllı binalarla ilgili farklı ülkelerin ve de toplumların kendi yaşam tarzına ve ihtiyaçlarına göre yorumladıkları akıllı bina tanımları bulunmaktadır. Aşağıda farklı ülkelerdeki akıllı bina tanımları verilmiştir.

2.2. Akıllı Binalarla İlgili Bölgesel Tanımlamalar

ABD’ deki Akıllı Bina Enstitüsü (Intelligent Building Institute (IBI))’ ne göre akıllı bina yapı, sistem, servis ve yönetim elemanlarının kendisi ve aralarındaki ilişkilerde optimizasyon sağlanarak verimli ve maliyet-etkin bir çevre yaratmak anlamına gelmektedir. Şekil 2.2’ de ise bu tanıma ilişkin yapı verilmiştir.



Şekil 2.2: Akıllı binaların sahip olması gereken yapı

Washington Akıllı Bina Enstitüsü (The Intelligent Building Institution in Washington), akıllı binaları teknik performans, yatırım ve çalışma maliyeti tasarrufu ve esneklik gibi konuları maksimum seviyede tutmak amacı ile birçok sistemin etkili bir şekilde entegre edildiği ve yönetildiği bir sistem olarak tanımlamıştır.

Avrupa’ da, Avrupa Akıllı Bina Grubu’nun (European Intelligent Building Group) tanımını esas alan İngiltere akıllı bina’yı, “minimum geri –dönüşüm zamanlı ve verimli bir şekilde bina yönetimine olanak tanıyan sistemlerle birlikte, bina kullanıcılarının verimlerini maksimum ölçüde artıran çevreler yaratmak” olarak tanımlamaktadır.

Asya’da da Akıllı Binalarla ilgili olarak kendi yaşam tarzlarına ve koşullarına göre geliştirilen tanımlar bulunmaktadır.

Singapur’da bulunan resmi kurum Akıllı Bina’ yı aşağıdaki 3 koşulu yerine getirecek şekilde tanımlamaktadır.

- i) Bina, değişik sistemlerin (kullanıcılar için rahat bir çalışma ortamı sağlayan havalandırma, ısıtma, aydınlatma, güvenlik, yangın-alarm v.s.) izlenmesi için gelişmiş otomatik kontrol sistemleri içermelidir.
- ii) Binada katlar arasında veri akışına olanak tanıyan iyi bir ağ alt yapısı olmalıdır.
- iii) Bina uygun haberleşme olanaklarına sahip olmalıdır.

Çin’ de, Shanghai’deki tasarımcılar akıllı binaları “3A” veya “5A” olarak etiketlendirmektedir. “3A” bina, haberleşme otomasyonu, ofis otomasyonu ve bina yönetim otomasyonu fonksiyonlarını içeriyor anlamına gelmektedir. Bazı akıllı binalar yangın alarm sistemini bina yönetim sisteminden ayırmakta, yangın alarm sistemi bağımsız bir sistem olarak tesis edilmektedir. Bazı akıllı binalar ise, binadaki değişik otomasyon sistemlerinin entegrasyonu için kapsamlı bir bakım otomasyon sistemine sahiptir. Yangın otomasyonu ve bakım otomasyonunun oluşturduğu 2A sistemi ve daha önceki 3A sisteminin birleşimi 5A’yı oluşturmaktadır. Gelişmiş teknolojiler kullanılarak kontrol ve haberleşme sisteminin oluşturulması, gerek Singapur gerekse Çin’de çok önemle üzerinde durulan konulardır.

Japonya’da akıllı binalar, ABD’dekinden farklı bir sosyal ve ofis çevresinde geliştirilmiştir. Japonya ile ABD arasında ofis otomasyonu ve arsa fiyatları arasında da büyük farklılıklar vardır. Japonya’daki akıllı binalar Japon kültürel yapısına uygun olarak tasarlanmıştır. Japon akıllı bina tanımı dört görüşü benimsemektedir:

- i) Alıcı-verici bilgisi ve etkin yönetim desteği için servis,
- ii) Çalışanlar için yeterli ve konforlu koşullar,
- iii) Düşük maliyetle daha dikkatli bir yönetim yaratmak için binanın uygun yönetimi,

iv) Sosyal, çevresel, farklı ve karmaşık ofis çalışması ve iş stratejilerinin değişimine cevap verebilecek hızlı, esnek ve ekonomik çözümler [5,6].

2.3. Akıllı Binaların Genel Özellikleri

Akıllı binalar, bünyesinde insan hayatını kolaylaştıracak teknik ve teknolojik birçok sistem bulunan binalardır. Akıllı binalar kapsamında değerlendirilecek olan binalar aşağıda isimleri verilen ticari binalar ve son zamanlarda büyük gelişim gösteren kompleks konutlardır.

- İş Merkezleri
- Hastaneler
- Okullar
- Holding Binaları
- Alışveriş Merkezleri
- Spor-Yaşam Merkezleri
- Oteller
- Banka Merkezleri
- Devlet Daireleri
- v.b. tesislerdir.

Bina İşletim ve Yönetim Birliği'nin (Building Operators and Managers Association-BOMA) yaptığı en son araştırmaya göre akıllı binaların aşağıdaki temel özellikleri kullanıcılarına sağlaması gerektiği sonucu ortaya çıkmıştır.

- Fiber Optik kapasitesi,
- Tüm binada internete ulaşım imkanı,
- Yüksek hızda bilgisayar ağı,
- LAN ve WAN haberleşmesi,

- Uydu erişimi,
- Yedek Güç Kaynağı,
- Yüksek teknolojili ve enerji verimli ısıtma-soğutma-havalandırma (ISOHA) sistemleri,
- Sensör takviyeli merkezi kontrollü aydınlatma sistemi,
- Akıllı Asansörler,
- Musluk ve tuvaletlerde otomatik sensör uygulaması,
- Bilgisayar destekli bina yönetimi,

Bu belirtilen sistemlerin binalarda bulunup bulunmadığına dair yapılan araştırmalarda, yukarıdaki özelliklerin ortalama %56' sının binalarda bulunduğu belirlenmiştir. Yüksek teknolojili ve enerji verimli ISOHA sistemlerinin ise binaların sadece %23' ünde mevcut olduğu görülmüştür.

Yine aynı çalışma kapsamında kişilerin en çok tercih ettikleri maddelerin belirlenmesi amaçlanmış ve

- Yüksek teknolojiye sahip ve verimli ISOHA sistemleri,
- Tüm binada internet erişim imkanı,
- Yüksek hızdaki bilgisayar ağı,
- LAN/WAN haberleşmesi ve fiber optik kapasitesi,

bina kullanıcılarının en çok istediği imkanlar olarak belirlenmiştir [7].

Bir binanın akıllı olup olmadığının cevabını verebilmek için öncelikle bu binalarda çalışanlara, yaşayanlara, binaları yönetenlere bazı soruları sormak gerekir.

Örneğin,

- Pencerelerin açılmasının pek de mümkün olmadığı bu binalarda aşırı sıcaktan, havasızlıktan ya da aşırı serinlikten şikâyet edilip edilmediği,

- Klima sistemleri gereksiz saatlerde çalışıp gereksiz enerji tüketimine yol açarken, gerekli olduğu saatlerde çalışıp çalışmadığı,
- Bu binaları yönetenlerin her gün nedenini bilmedikleri şikâyetleri cevaplamakla, arızaları ve aksaklıkları ortaya çıkartmakla uğraşıp uğraşmadıkları,
- Yangın ve güvenlik sistemlerinin tehlike durumlarında ne gibi önlemler alabildikleri, sorularına verilen yanıtlar, bir binanın "akıllı" olup olmadığını belirlemektedir [1].

2.4. Akıllı Binalarda Konforu Etkileyen Parametreler

Akıllı binalarda bulunmak genelde bir bedel karşılığı olduğundan, bina kullanıcıların konforunun sağlanmasının önemi büyüktür. Konfor en genel anlamda bir mekanda bulunan kişilerin bu ortamda olmaktan hoşnut olması şeklinde açıklanabilmektedir. Sıcaklık, nem, hava hızı, aydınlık şiddeti ve gürültü seviyesi binalardaki konforu etkileyen en önemli parametrelerdir.

Oturan ve bedensel bir faaliyette bulunmayan bir insan için Orta Avrupa ikliminde oda hava sıcaklığının yaz mevsimi için 22–24 °C ; kış mevsimi için ise genel olarak 22 °C olması uygun görülmektedir. Bina ısıtmalarında duvar sıcaklığının istenilen değerlerde korunması oldukça önemlidir. En düşük dış sıcaklıkta bile 16 °C 'lık bir duvar sıcaklığının altına inilmemesi gerekmektedir. Isı izolasyonunun kötü olması durumunda oda içinde insanın duruş yeri ve radyatörün konumu, duvar sıcaklığının etkisi bakımından çok önemlidir [8].

Mahal havasının bulunduğu sıcaklık değerinde taşıdığı su buharı ile taşıyabileceği maksimum su buharı oranına bağıl nem denilmektedir. İnsan vücudu tarafından üretilen ısı, kısmen buharlaşma yolu ile deriden yayıldığı için, bağıl nemin konfor hissi üzerine önemli etkisi vardır. Bağıl nem değerinin %60 seviyelerinde olması istenmekte ve %25-30 değerinin altı ise konfor problemlerine neden olmaktadır [9].

Mahale verilen/emilen havanın veya mahal içinde dolaşan havanın hızı, binalarda konforu etkileyen parametrelerden bir diğeridir. Hareket eden hava oda sıcaklığından daha düşük bir sıcaklığa sahip ve özellikle belirli bir yönden insan vücudunun bir tarafına isabet ederse konfor oldukça bozulmaktadır. Bu durumda hava cereyanı söz

konusu olmaktadır ve binalarda şikayet edilen en önemli konfor sorunlarından biridir. Yaklaşık olarak 0.05 ile 0.25 m/sn’lik bir hava hızına izin verilebilmektedir [8,9]

Aydınlık şiddeti, bina kullanıcılarının görsel konforuna etki eden ve yüzeye düşen ışık akısının, o yüzeyin alanına bölümüne eşit olan bir parametredir. Uluslararası öneri ve standartlara göre ticari yapılarda sağlanması gereken lux cinsinden aydınlık düzeylerine bazı örnekler Tablo 2.1’de verilmektedir.

Tablo 2.1: Ticari binalarda önerilen yatay aydınlık düzeyleri [8].

Kullanım Alanı	Yatay Aydınlık Düzeyi (lux)
Ofisler	
Genel	500
Açık Ofisler	750
Okullar	
Sınıf	500
Mağazalar	300-750
Hastaneler	
Genel	100
Muayene	1000

Gürültü seviyesi bina kullanıcılarının konforunu etkileyen bir diğer parametredir ve dB birimi ile ifade edilmektedir. Gürültünün yüksek seviyede olması uyku, nefes alma ve zihinsel faaliyetleri olumsuz yönde etkilemektedir. Bina teknolojisine ilişkin tesislerin ses basınç seviyelerinin, bitişikteki oturma odalarında geceleri 30 db, gündüzleri de 35 db’ den; makine ile çalışan işletmelerde ise 40 db’ den fazla olmasına izin verilmemelidir. Derslikler için ise sınır değer 35 db’ dir [8].

Tüm bu konfor parametrelerinin binalarda en uygun şekilde sağlanabilmesi için, özellikle ISOHA, aydınlatma gibi teknik sistemlerin etkili bir şekilde kontrol edilmesi gerekmektedir. Bunun yanında bina yalıtımı ve dizaynı da konforu direk olarak etkileyen parametrelerdendir.

3. BİNALARDAKİ TEKNİK ve TEKNOLOJİK SİSTEMLER

Akıllı binalardaki çalışma şartları ve yaşam standartlarının yükseltilmesi için daha üretken ve uygun çevrelerin yaratılmasına çalışılmaktadır. Aydınlatma, ortam sıcaklığı, nem ve hava kalitesi gibi özelliklerin üst düzeyde tutulması gerekmektedir. Bu amaçla akıllı binalarda kullanılan teknik-teknolojik sistemlerin konfor ve enerji bakımından etkili olması hem bina kullanıcıları hem de bina sahipleri-yöneticileri tarafından istenmektedir [9,10].

Akıllı binalardaki teknik ve teknolojik sistemler, iklimsel şartlara, yaşam standardına, bina kullanıcılarının ihtiyaçlarına ve bina kalitesine göre değişiklik göstermektedir. Örneğin modern bir hastanede ısıtma soğutma sisteminin çok etkili bir şekilde çalışması, elektrik enerjisinin kesintisiz olarak verilmesi ve haberleşme sisteminin üst düzeyde olması gerekmektedir. Küçük bir ofis binası için ise ısıtma ve soğutma işlemi pencere tipi split klimalarla karşılanabilmesine karşın; Şekil 3.1'deki büyük bir ofis binası için merkezi bir bilgisayar kontrolüne sahip bir ısıtma-soğutma-havalandırma sisteminin yanında etkili bir aydınlatma sisteminin de bulunması gerekmektedir.



Şekil 3.1 Örnek bir ofis binası

Akıllı binalarda bulunmak genelde bir bedel karşılığı olduğu için bu tesislerden beklentiler de aynı oranda yüksek olmaktadır. Bu beklentiler aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir:

- İnsan hayatını kolaylaştırması,
- Termal konfor,
- Görsel konfor,
- Güvenli bir ortam,
- İç hava kalitesi,
- Daha az insan gücü,
- Daha az enerji tüketimi,
- Teknolojiye yakınlık, v.b. [10]

Akıllı binalardaki teknik sistemler aşağıdaki ana başlıklar altında toplanabilmektedir:

- Isıtma Sistemleri
- Soğutma Sistemleri
- Havalandırma Sistemleri
- Aydınlatma Sistemleri
- Yangın Koruma Tesisatları
- Aktarma/Taşıma Sistemleri
- Güvenlik Sistemleri

Akıllı binalardaki teknolojik sistemler ise aşağıdaki ana başlıklar altında toplanabilir;

- Mekanik (ISOHA) Sistemler Otomasyonu
- Enerji İzleme/Kontrol Otomasyonu
- Aydınlatma Otomasyonu

- Giriş / Çıkış Otomasyonu
- Yangın Algılama/Koruma Otomasyonu
- Asansör Otomasyonu, v.b.

Binalardaki teknolojik sistemler daha çok mevcut teknik sistemlerin kontrolüne yönelik otomasyon sistemleridir. Teknolojik sistemlerin detayları, bina otomasyon sistemleri bölümünde açıklanmaktadır.

3.1. ISITMA SİSTEMLERİ

Binalarda kullanma ve ısıtma amaçlı sıcak suyu hazırlayıp kullanıcılarına (klima, radyatör, FCU, lavabo-banyo vs.) gönderen sistemlere ısıtma sistemleri denilmektedir. Isıtma sistemleri kullanılan enerji kaynağına (kömür, elektrik, gaz, v.b.) ve enerji iletimini sağlayan elemanlara göre sınıflandırılmaktadır.

Isıtma sistemlerinin temelini merkezi kazan sistemi oluşturmaktadır. Kazanın yanında sıcak su tankları, ısı değiştiriciler de kullanılmaktadır.

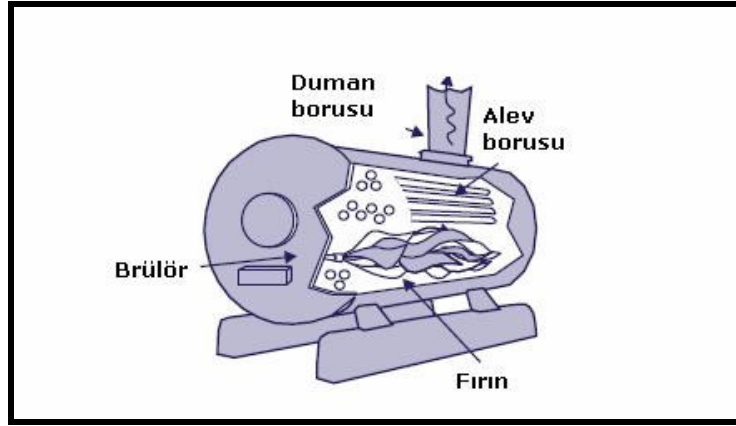
3.1.1. Kazanlar

Kazanlar, ısınma ve kullanım için gerekli olan sıcak su veya buharı üreten cihazlardır (Şekil 3.2). Ticari binaların yaklaşık %40'ında ısıtma amaçlı olarak kazanlar kullanılmaktadır. Genel anlamda fosil yakıtlar (doğalgaz, mazot, fuel oil, kömür, v.b.) kullanılmakta ve sudaki ısı enerjisi transfer edilerek sistem için gerekli olan buhar üretilmektedir.



Şekil 3.2 Ticari binalarda kullanılan örnek ısıtma kazanları

Kazan içerisinde genel anlamda brülör, duman borusu, alev borusu ve fırın bulunmaktadır (Şekil 3.3). Kazanın verimli çalışması ısıtma sistemlerindeki enerji tasarrufu açısından çok önemlidir. Ayrıca ısı transfer proseslerinin verimliliği bir anlamda kazanın da verimli çalışması anlamına gelmektedir. Bu sebeple kazanın ısı kayıplarını minimize edip, ısı transferini (suya verilen) maksimuma çıkarmak gerekmektedir.



Şekil 3.3 Kazan içerisinde kullanılan elemanlar

Kazanların verimli çalışmasında yanma verimi önemli bir parametredir. Eski tip kazanların yanma verimi %65-75 civarında iken yeni tip enerji verimli kazanların yanma verimi %85-95 seviyelerine çıkmaktadır. Gerektiğinden daha büyük kapasitede ve uygun olmayan kazan seçimi de önemli oranda enerji kaybına neden olmaktadır. Tasarım değerinden %50 büyük seçilen bir kazan %15 daha fazla enerji tüketmektedir [11].

Eski tip kazanın uygun kapasitede, enerji verimli, yeni tip bir kazanla değiştirilmesi ile %10–30 arasında bir enerji tasarrufu sağlanabilmektedir [12].

3.1.2. Sıcak Su Tankları

Kullanım amaçlı sıcak suyunun depolanmasına yarayan tanklardır (Şekil 3.4). Sıcak su tankları bir anlamda kazanın verimliliğini de arttırmaktadır. Sıcak su tankları kullanılarak, yoğun su tüketim saatlerindeki sıcak su ihtiyacı daha düşük kapasiteli kazanlarla sağlanabilmektedir. Güneş enerjisi kullanılan sistemlerde, güneş enerjisi mevcut değilken de sıcak su kullanılabilmesine olanak sağlayan elemanlardır.



Şekil 3.4 Örnek bir sıcak su tankı

3.1.3. Isı Değiştiriciler

Kazanda üretilen sıcak suyun derecesini daha düşük sıcaklıklara transfer etmeye yarayan ve birincil ve ikincil devrelerden oluşan ısı transfer araçlarıdır (Şekil 3.5). İşlevsel olarak, elektrik sistemlerindeki transformatörlere benzemektedirler. Örneğin kazandan gelen sıcak su, ısı eşanjörünün birincil devresinde dolaşarak tekrardan kazana döner. İkincil kısımda ise ısıtılmak istenen su, birincil devreden kaynaklanan ısı enerjisi ile ısı seviyesini yükseltmektedir. Burada birincil ile ikincil devre arasında herhangi bir geçiş söz konusu değildir. Sadece ısı transferi ile ikincil taraftaki su ısınmaktadır.



Şekil 3.5 Örnek bir ısı değiştiricisi (eşanjör)

3.1.4. Isıtma Sistemlerine Örnek Şemalar

Şekil 3.6’te otomasyon ekranından alınmış örnek bir ısıtma sisteminin akış şeması görülmektedir. Burada sol tarafta yeşil ve beyaz renkte görülen iki kazan tarafından sistem için gerekli sıcak su üretilmektedir. Üretilen sıcak su altta kırmızı renkte

ÜRETİM BİNASI ISITMA SİSTEMİ

Sistem Komutu **AÇIK**

Sistem Durumu **AÇIK**

Reset

15.1 °C

Kurgu ve servis
Sıcak Su Set
43 °C

K-4 43.0 °C

K-2 42.1 °C

42.3 °C

AHU-9 97 %

AHU-10 100 %

AHU-11 100 %

0 %

134 mBA 650 mBAf

38.1 °C

AHU-6 100 %

AHU-7 0 %

AHU-8 0 %

0 %

41 mBAR 650 mBAf

32.2 °C

AHU-4 0 %

AHU-5 28 %

0 %

183 mB 1000 mBf

38.6 °C

AHU-1 0 %

AHU-2 0 %

AHU-3 0 %

0 %

24 mBAf 650 mBA

31.6 °C

HV4 HPU5-6-7

0 %

33 mBA 1000 mBf

43.4 °C

HV1

HV3 HPU 8-9

0 %

68 mBAR 650 mBAf

43.9 °C

HV2 HPU10-11-12

0 %

27 mBAf 650 mBA

43.7 °C

PHE

VON & SOS

HPU 1-2-3-4

0 %

286 mBA 1000 mBAf

42.7 °C

41.9 °C

45

42.7 °C

25 °C

43.0 °C

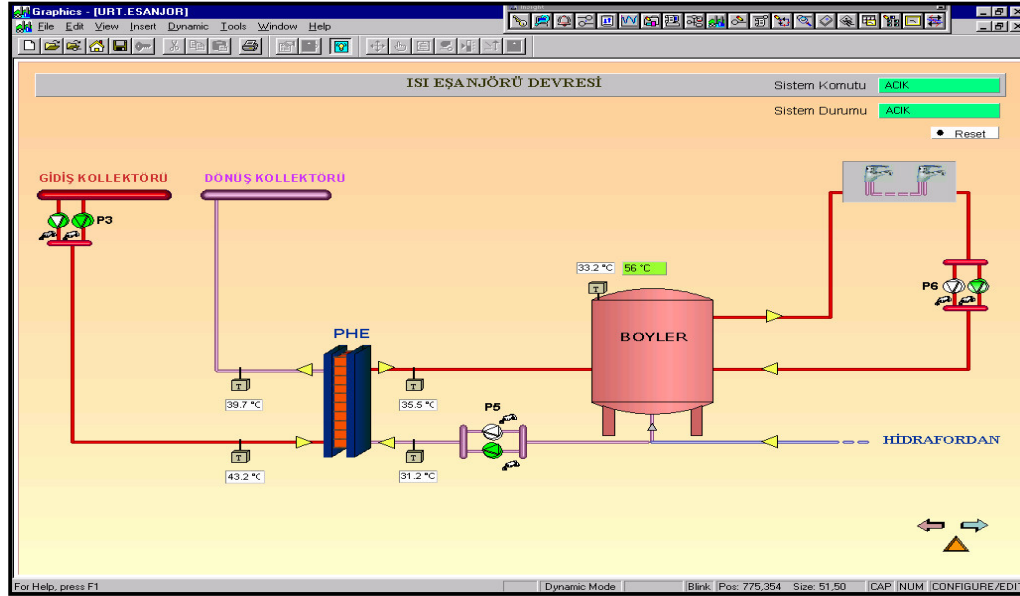
For Help, press F1

Dynamic Mode

Blank

CAP NUM (CONFIGURE/EDIT)

Şekil 3.7’de ise sıcak kullanım suyu akışına ait basit bir örnek görülmektedir. Kazandan gidiş kolektörüne gelen sıcak su, eşanjörün birincil tarafından dolaşım dönüş kolektörü üzerinden tekrar kazana aktarılmaktadır. Isı eşanjörünün ikincil tarafına ise hidrofordan soğuk su gelmekte ve ısınan su ise boyler kazanına gönderilmektedir. Bu örnekte boyler bir anlamda yedek bir su deposu olarak kullanılmaktadır. Otel gibi konforun üst seviye de sağlanması gereken binalarda, banyo veya lavaboda devamlı sıcak suyun dolaştırılması gerekmektedir. Burada boyler kullanılarak sirkülasyon pompaları üzerinden sisteme sıcak su verilmektedir. Örneğin bir otelde akşam saatlerinde sıcak su kullanım oranının bir anda artması sebebiyle, burada kullanılan boyler bu kapasiteyi karşılayacak şekilde tasarlanmaktadır.



Şekil 3.7 Örnek bir sıcak kullanım suyu akış şeması

3.2. SOĞUTMA SİSTEMLERİ

Binalarda kullanılacak soğutma suyunu hazırlayıp kullanıcılarına (klima, FCU, vs.) gönderen sistemlere soğutma sistemleri denilmektedir. Soğutma sistemleri en genel anlamda mahaldeki ısınan havayı dışarı atarak ortamın soğutulmasını sağlayan sistemlerdir. Soğutma sistemleri ısıtma sistemlerine göre daha kapasiteli bir mahal koşullandırma özelliğine sahiptir. Çünkü bina için gerekli olan ısı miktarının büyük kısmı insanlardan, aydınlatmadan ve ofis ekipmanlarından karşılanabilmektedir.

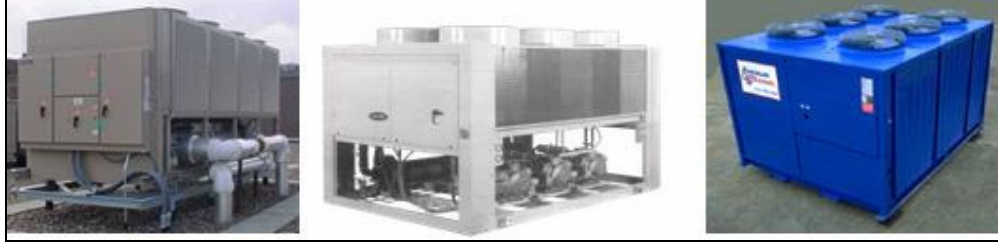
Isıtma sistemlerinin kalbini oluşturan kazanlar gibi, soğutma gruplarının da en önemli cihazları soğutma gruplarıdır.

3.2.1. Soğutma Grupları

Sistem için gerekli olan soğuk suyu sağlayan cihazlardır. Soğutma gruplarında üretilen soğuk su, klima santralleri, fan coil üniteleri gibi uç elemanlarda havayı soğutmak amacıyla kullanılmaktadır.

Soğutma grubunun içinde özel bir gaz kullanılmaktadır. Bu gaz sıkıştırılarak ısınması sağlanmakta ve ısınma esnasında etrafında bulunan ortamın enerjisini alarak soğutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu ortam sistemden dönen kullanılmış dönüş suyu olduğundan bu suyun tekrar soğuyarak sisteme yeniden dönmesi sağlanmaktadır.

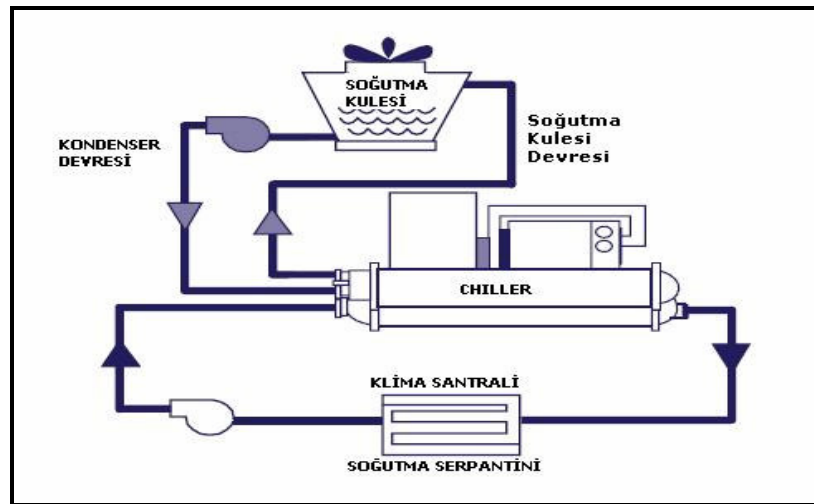
Soğutma gruplarında üretilen suyun, kullanılacağı yere gönderen devreye evaporasyon devresi, soğutma grubu ile kule arasındaki devreye de kondenser devresi denilmektedir. Su soğutmalı ve hava soğutmalı olmak üzere iki tip soğutma grubu mevcuttur (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Farklı tipteki soğutma grupları

Hava soğutmalı sistemler de kondenser tarafında ısınan gaz, fanlar ile üzerine hava üfleyerek soğutulmaktadır. Bu tür soğutma grubunda soğutma işlemi soğutma grubunun üzerine yerleştirilmiş olan fan motorları vasıtası ile gerçekleştirilmektedir.

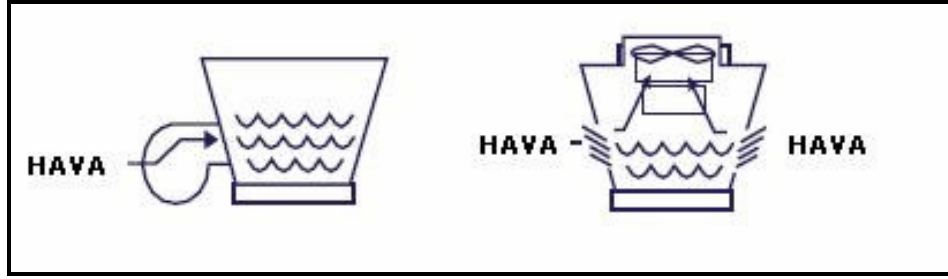
Su soğutmalı istemlerde ise, kondenser tarafında ısınan gazın ısınıp ikinci bir su devresine vererek yeni bir kondenser devresi oluşturulup kulede soğutulmaktadır. Bu tip soğutma grubunda, ısınan gazın soğutulması işlemi için, soğutma kulesinden gelen su kullanılmaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Örnek bir soğutma ünitesi (su soğutmalı)

3.2.2. Soğutma Kuleleri

Soğutma kuleleri su soğutmalı soğutma sistemlerinde kullanılmaktadır. Mahalde ısınmış olan soğutma suyu kuleye gelmekte ve dış havanın etkisiyle tekrardan soğuyarak soğutma grubu üzerinden mahale verilmektedir. Yani bir anlamda dış hava ısıtılmış, soğutma suyu da dış havanın etkisiyle soğutulmuş olmaktadır. Yandan ve üstten üfleli olarak adlandırılan iki tip soğutma kulesi mevcuttur (Şekil 3.10).

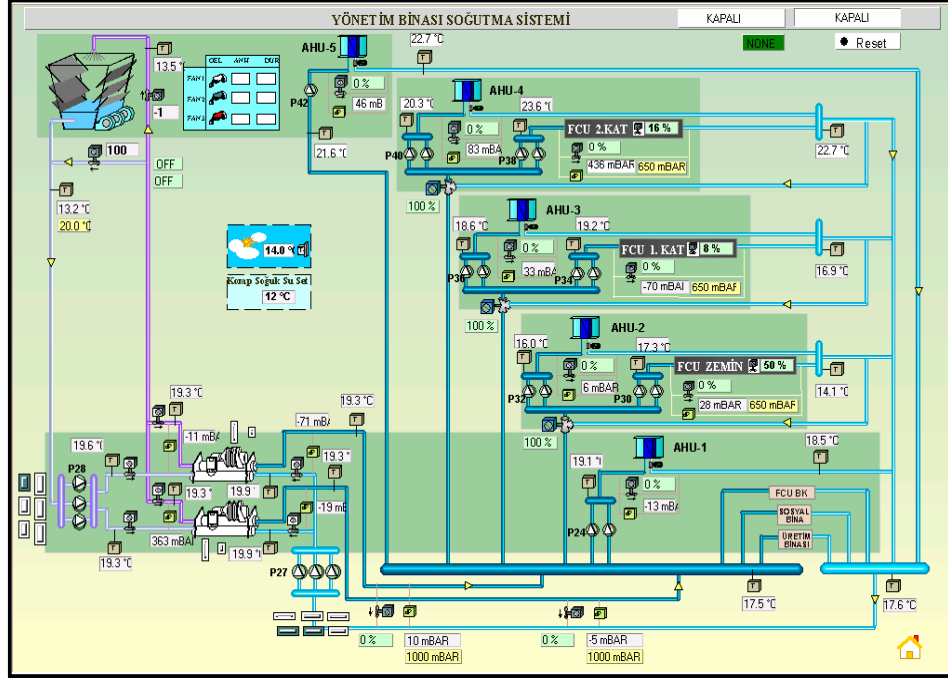


Şekil 3.10: Su soğutma kulesi tipleri

Yandan üfleli tip soğutma kulesinde alt tarafa yerleştirilmiş olan fanlar vasıtası ile dış hava üflenerek suyun soğutulması sağlanmaktadır. Üstten üfleli tipte ise kulenin üzerine yerleştirilmiş pervaneli bir fan ile üstten dış hava üflenerek suyun soğutulması sağlanmaktadır. Bu fan tipi yandan üfleli tipe göre daha verimlidir. Yandan üfleli tip ise üstten üfleliye göre daha sessiz çalışmakta ve daha küçük yer kaplamaktadır [11].

3.2.3. Örnek Bir Soğutma Sistemi

Şekil 3.11’de otomasyon ekranından alınmış örnek bir su soğutmalı soğutma sisteminin akış şeması görülmektedir. İki soğutma ünitesi ve bir adet soğutma kulesi mevcuttur. Soğutma grubunda ısınan havayı soğutmak için, soğutma kulesinden gelen soğuk su kullanılmaktadır. Soğutma gruplarında üretilen soğuk su gidiş kolektörleri üzerinden sisteme verilmektedir. Buradan fan coil ünitesi (FCU) ve klima santrallerinde dolaşmakta ve binanın soğutulmasını sağlamaktadır. Isınan kullanılmış su ise dönüş kolektörü üzerinden tekrar soğutma ünitelerine dönmektedir. Aynen ısıtma sistemlerinde olduğu gibi elektriksel devreye benzer bir biçimde kapalı bir çevrim şeklinde soğutma işlemi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3.11 Örnek bir soğutma sistemi şeması

3.3. HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ

Havalandırma sistemleri binadaki ısıtma ve soğuma ihtiyacını, bina kullanıcılarının ihtiyacını göz önünde bulundurarak sağlayan sistemlerdir. Bir anlamda ısıtma, soğutma ve nemlendirme açısından binanın konforunu belirleyen elemanlardır.

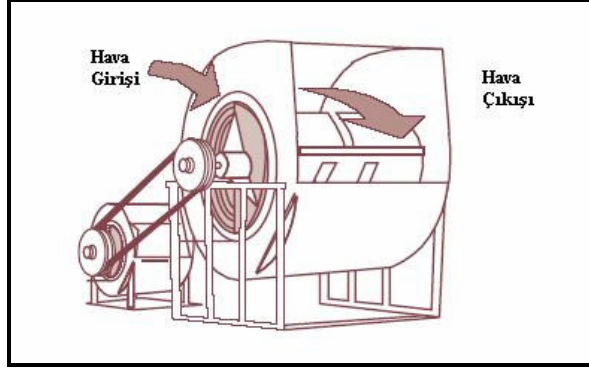
Havalandırma sistemlerinde fanlar, havalandırma kanalları, serpantinler (ısıtma, soğutma) ve damperler kullanılmaktadır. Bu elemanların hepsinin entegre bir şekilde çalışması bina kullanıcılarının konforu açısından büyük önem taşımaktadır.

3.3.1. Fanlar

Fanlar en genel anlamda ısıtma veya soğutma için gerekli olan havayı ısıtma ve soğutma serpantinleri üzerinden sirküle eden elemandır. Bir anlamda havalandırma sisteminin kalbi olarak ta düşünülebilmektedir. Binanın ihtiyacı olan hava miktarı fanlar tarafından sağlanmaktadır.

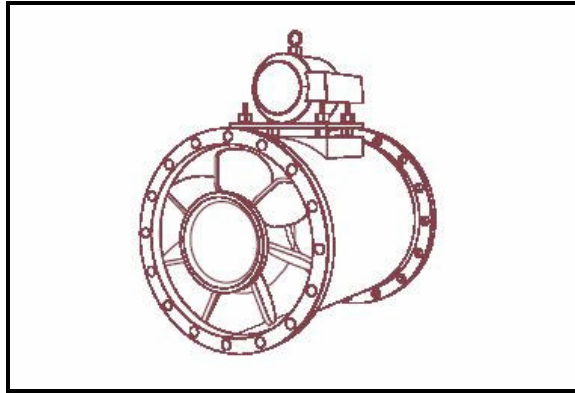
Genellikle merkezkaç ve eksenel olmak üzere iki tip fan mevcuttur [11].

Binalarda en yaygın olarak kullanılan fan tipi merkezkaç tiptir. Eksenel tipe göre daha ucuz ve basit bir yapıya sahiptir. Ancak verimlilik değerleri eksenel tipe göre daha küçüktür. Orta eksendeki çark bir elektrik motoruna bağlıdır ve bu şekilde kayışın dönmesi sağlanmaktadır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12: Merkezkaç tipi fan

Eksenel tip fanlar, silindir şeklindeki bir kasa içerisine eksenel olarak yerleştirilen bir çarktan oluşmaktadır. Şekil 3.13’de de görüldüğü gibi uçak motorlarını anımsatan bir yapısı vardır. Bu tip fanlar merkezkaç tip fanlara göre daha verimlidir.



Şekil 3.13: Ekselen tip fan

3.3.2. Havalandırma Kanalları

Kanallar havalandırma sistemlerinde binalara verilecek olan havanın taşındığı kısımlardır. Genelde yaprak şeklinde metalden yapılırlar ve iyi bir yalıtıma sahiptirler. Kanallar dikdörtgen veya yuvarlak şekilde olabilmektedir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14: Yuvarlak ve dikdörtgen tip havalandırma kanalı

Dikdörtgen tipleri daha ucuz ve kolay monte edilebilir olduklarından daha çok kullanılmaktadırlar. Diğer taraftan yuvarlak tip kanallar ise daha az malzeme kullanarak yapılmakta ve daha katı malzemeden üretilmektedir. Yuvarlak tip kanallar hava akışı için daha az bir direnç oluştururlar ve böylece fan gücü gereksinimini azaltmaktadırlar.

3.3.3. Damperler

Damperler havalandırma kanallardan geçen havanın binanın ihtiyacına göre, hava akışını düşürüp arttırarak servis edilmesini sağlayan cihazlardır (Şekil 3.15). Damperler aynı zamanda dışardan alınan taze hava miktarını da kontrol edebilmektedirler. Damperlerin bakımı zordur ve direk olarak ortamın konforuna etki edecek bir çalışma yapısına sahiptir.



Şekil 3.15: Örnek bir damper şekli

3.3.4. Havalandırma Sistemi Tipleri

Binanın yaşına, yapısına ve sahip olduğu karakteristiklere göre aşağıdaki gibi havalandırma sistemleri seçilebilmekte ve binalarda mevcut olabilmektedir.

- Sabit Debili Sistemler (Constant Air Volume – CAV)
 - Yeniden ısıtmalı/soğutmalı sistemler
 - Çift Kanallı Sistemler
 - Çoklu Bölgeli Sistemler
- Değişken Hava Debili Sistemler (Variable Air Volume - VAV)

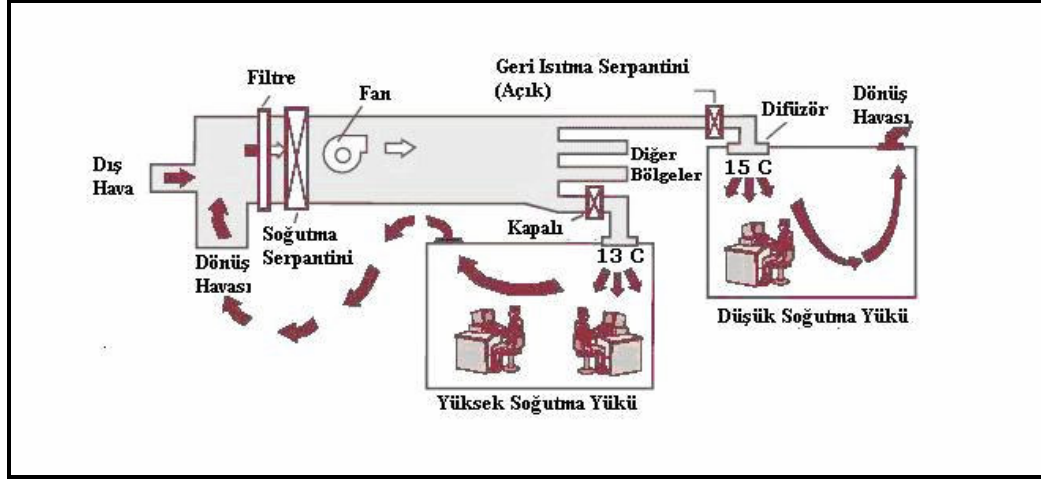
Geçmişe göre kıyasladığımızda günümüzdeki havalandırma sistemleri giderek daha verimli bir hale gelmektedir. VAV' ler ile binanın değişken soğutma veya ısıtma yüküne göre, enerji verimli bir şekilde bina kullanıcılarının istediği hava sirkülasyonu gerçekleştirilmektedir.

3.3.4.1. Sabit Debili Sistemler

Sabit debili havalandırma sistemleri günümüzde birçok binada kullanılan havalandırma sistemi tipleridir. Bu tip sistemler basit bir şekilde sabit debili havayı dolaştırmaktadırlar. Aşağıda sabit debili sistemlerle ilgili yeniden ısıtmalı ve çift kanallı iki farklı tip klima santralin yapısı açıklanmaktadır.

Yeniden Isıtmalı/Soğutmalı havalandırma sistemlerinde sabit bir hava miktarı soğutulur ve sistemde sirküle edilir. Bu sabit soğutma değeri, binadaki en yüksek seviyede ihtiyaç duyulacak olan pik soğutma yüküne göre belirlenir. Bu değerden daha yüksek ısı gereksinimi durumunda, hava dağıtılmadan önce ısıtılarak sisteme verilir (Şekil 3.16).

Bu sistemler oldukça verimsizdirler. Çünkü önce yüksek değerde soğutulan hava tekrardan ısıtılacağından her iki durum için enerji harcanmasına neden olacaktır.



Şekil 3.16 Yeniden ısıtmalı sistemlerle ilgili örnek bir şema

Çift kanallı sistemler genellikle 1960-1970' lerde yapılmış olan binalarda mevcuttur. Bu sistem konforu koruma açısından kısmen yeterli olmasına karşın, günümüzde havalandırma açısından etkili bir sistem değildir. Isıtma ve soğutma şeklinde, iki tane birbirinden bağımsız sistemden oluşmaktadır. Havalandırılacak bölgeye veya odaya gelen soğuk ve sıcak hava karıştırılarak istenilen sıcaklık seviyesine getirilmektedir.

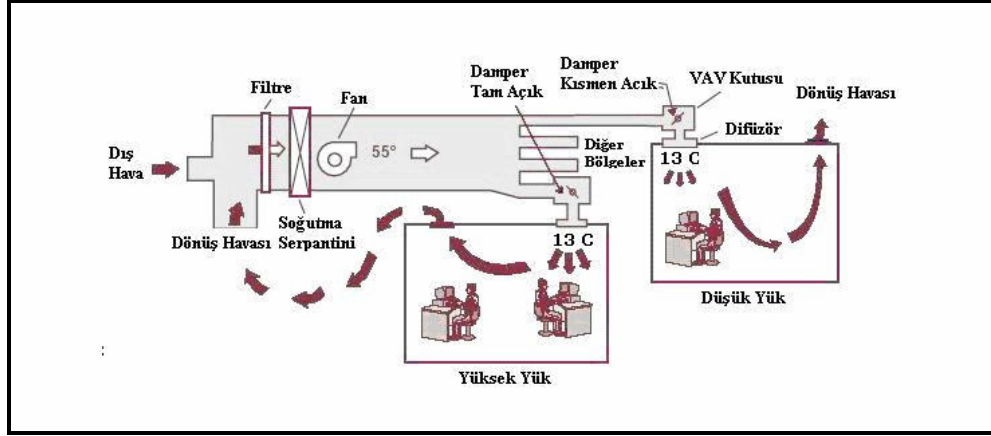
3.3.4.2. Değişken Debili Sistemler (VAV)

Bu sistemlerde gerekli olan ısıtma veya soğutma yük miktarı belirlenerek, gerekli olan hava miktarı sisteme verilmektedir. Böylece fan gücü azalmakta ve büyük oranda enerjiden tasarruf edilmiş olunmaktadır.

Şekil 3.17'da görüldüğü gibi VAV sistemleri ile farklı bölgelerde bulunan damperler açılıp, kapanarak gerekli hava miktarı binaya verilmektedir.

Örneğin yüksek oranda soğutma gerekiyorsa damper tam olarak açılır. Tersine daha az bir soğutma yükü gerekiyorsa damper o oranda kendini kapayarak sisteme gerekli hava miktarını vermektedir. Damper kontrolünün yanında fan hızı da değişken yüklü hız sürücüsü ile desteklenirse enerji bakımından daha da verimli bir sistem oluşmaktadır.

VAV sistemi enerji tüketimi bakımından, sabit debili sistemlere göre çok daha etkilidir. Çünkü mahale ihtiyaç oranında ısıtma ve soğutma havası gönderilmektedir.



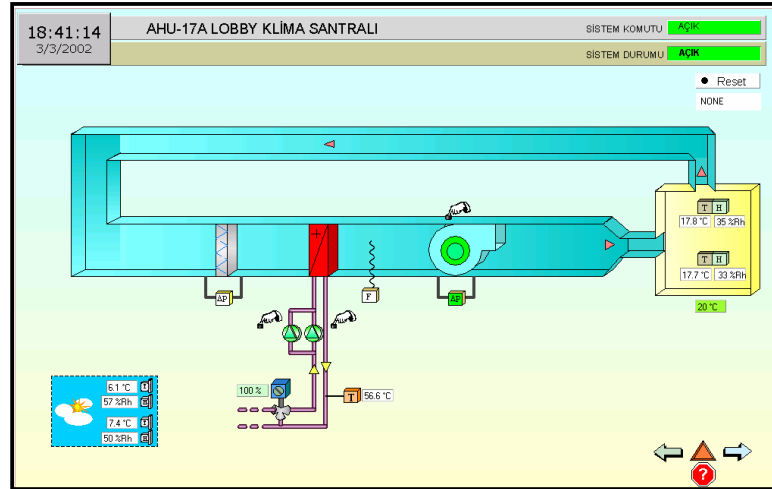
Şekil 3.17: VAV sistemi ile ilgili örnek bir şema

3.3.5. Klima Santrali Örnekleri

Aşağıda farklı uygulamalar için kullanılan klima santralleri ile ilgili örnekler verilmiştir.

3.3.5.1. %100 İç Hava'lı Klima Santrali

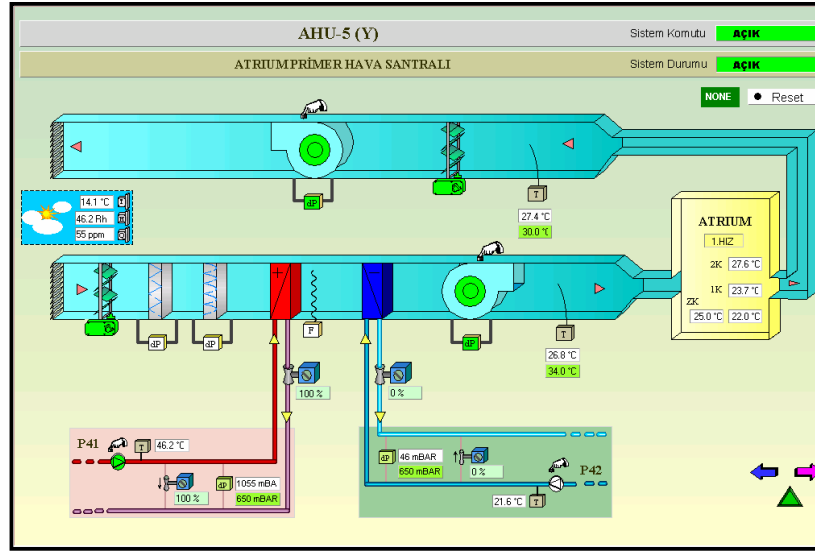
Dış hava almadan direk olarak mahaldeki havayı dolaştıran sistemlerdir (Şekil 3.18). Taze hava ihtiyacı klima santrali dışından başka yollarla sağlanmaktadır.



Şekil 3.18: %100 İç Hava'lı klima santrali

3.3.5.2. %100 Taze Havalı Klima Santrali

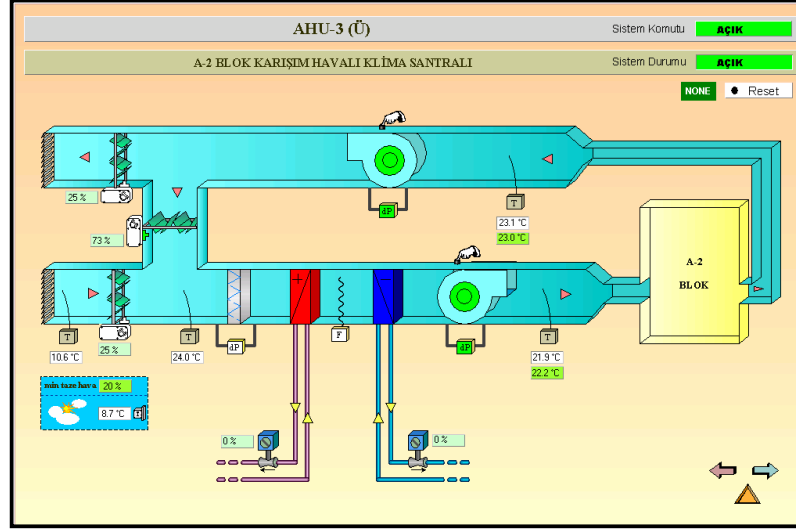
Hava koşullanmada kullandığı havanın tamamını dışarıdan alan klima santralleridir (Şekil 3.19). Birincil hava klima santrali olduklarından, amaçları iç havanın koşullandırılması değildir. İç havayı koşullandırma mahallerde bulunan fan coil veya radyatör v.b. cihazlar tarafından yapılmaktadır. Bu klimaların görevi dışarıdan aldığı havayı ön koşullandırarak, bu cihazların ortamı ısıtmalarına veya soğutmalarına yardımcı olmak ve gerekli taze havayı sağlamaktır.



Şekil 3.19: %100 Taze havalı klima santrali

3.3.5.3. Karışım Havalı Klima Santrali

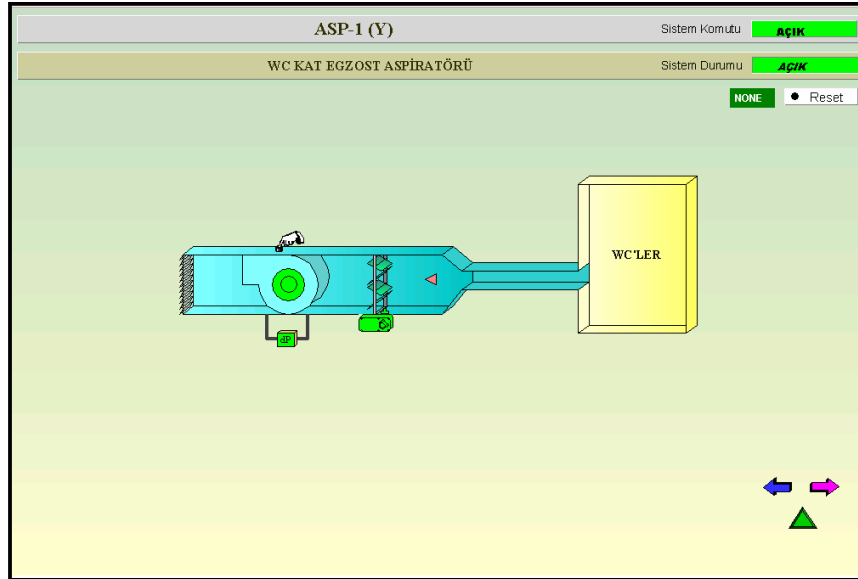
Belli miktarda dış hava alırken belli miktarda da iç havayı karıştıran sistemlerdir (Şekil 3.20). İç hava kalitesi için gerekli olan minimum taze hava miktarını karşılayacak düzeyde tasarlanmaktadır. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi dışardan aldığı hava ile mahalden dönen havayı belirli oranlarda karıştıran sistemlerdir. Bu karışım işleminin miktarı ortada görülen karışım hücresi olarak adlandırılabilen damper tarafından gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3.20: Örnek bir karışım havalı klima santrali

3.3.5.4. Egzost Fanları

Mahalde kirlenen havayı dışarıya atmak için kullanılan klima santrali tipidir (Şekil 3.21). Binalarda WC veya mutfakta oluşan kötü kokuların dışarı atılmasını sağlamaktadırlar.

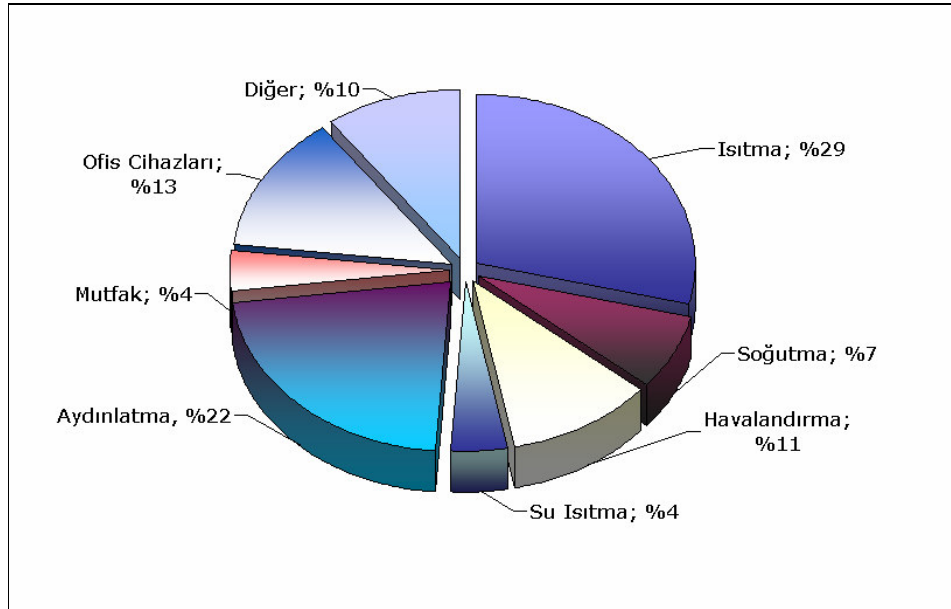


Şekil 3.21: Egzost fanı

3.4. AYDINLATMA SİSTEMLERİ

Akıllı binalardaki elektrik enerjisinin ortalama %25–30'luk kısmını aydınlatma sistemleri tüketmektedir. Isı kazanımı ve artık ısı bakımından da binalardaki birincil kaynaklardır. Yazları aydınlatmadan dolayı ısı artışı olmakta ve soğutma sisteminin daha fazla yük çekmesine neden olmaktadır. Kış mevsimin de ise ısıtma sistemine yardımcı bir ısı kazanımı sağlamaktadır. Verimli bir aydınlatma sisteminin kullanılması ile aydınlatma kalitesinin yanında, bina kullanıcılarının konforu ve üretkenliği de artmaktadır [11].

Aydınlatma giderleri bir binanın operasyonel bütçesinde önemli bir yer tutmaktadır. Bina tipine göre değişmekle birlikte, özellikle ofis tipi binaların elektrik faturasındaki en büyük oran aydınlatmadan kaynaklanmaktadır. Ayrıca toplam enerji tüketiminde de yine önemli bir yüzdeyi oluşturmaktadır. Şekil 3.22'de bir ofis binasındaki aydınlatmanın elektrik enerjisi tüketimindeki yüzdesi görülmektedir [13].



Şekil 3.22: Aydınlatmanın ofis binası elektrik enerjisi tüketimindeki payı

3.4.1. Aydınlatma İle İlgili Genel Terimler

Aydınlatma sistemlerine etkili bir şekilde hâkim olunabilmesi için ışık akısı, etkinlik faktörü, aydınlık düzeyi, parlılık gibi bazı terimlerin bilinmesi gerekmektedir.

Işık akısı, bir ışık kaynağının birim zamanda yaydığı toplam ışık miktarı ile ilgili bir kavramdır. Daha detaylı olarak açıklamak gerekirse, ışık kaynağından çıkan ve normal gözün gündüz görmesine ait spektral duyarlık eğrisine göre değerlendirilen enerji akısı olarak tanımlanmaktadır. Birimi ise lümen (lm).

Işık kaynaklarının vermiş oldukları ışık akısının, şebekeden çektikleri güç ile oranına etkinlik faktörü denilmekte ve lm/W ile ifade edilmektedir. Etkinlik faktörü ne kadar yüksekse o ışık kaynağı o kadar verimlidir denilebilir.

Aydınlatma ile ilgili diğer bir kavram da aydınlık düzeyidir ve birim alana birim zamanda düşen ışık akısı miktarı olarak tanımlanmaktadır. Tanım olarak, yüzeyin ışık akısının o yüzeyin alanına bölümüne eşittir. Birimi lux'tur (lümen/m²).

Yüzeyin birim alanından belirli doğrultuda yayılan ışık şiddeti ile ilgili kavrama ise parıltı denilmektedir. Işık yayan yüzey kendisi ışık üreten bir lamba veya ışık geçiren bir armatür yüzeyi gibi birincil ışık kaynağı olabileceği gibi başka kaynaktan ulaşan ışığı yansıtan ikincil bir ışık kaynağı da olabilir. Aynı aydınlık düzeyi ile aydınlatılmış olsalar bile, eğer yüzeyler farklı yansıtma özelliklerine sahipse, parıltıları da farklı olacaktır. Parıltı birimi candela/m²'dir (cd/m²).

3.4.2. Lamba Tipleri

Aydınlatmanın temel başlangıç noktası ışık kaynaklarının seçimidir. Aydınlatma sistemlerinde farklı uygulamalar ve ihtiyaçlar için çok çeşitli lamba tipleri kullanılmaktadır. Genel anlamda akkor, akkor halojen, flüoresan ve kompakt tip flüoresan lambaların akıllı binalarda kullanımı yaygındır.

3.4.2.1. Akkor Telli Lambalar

Işık elde etme biçimi ısı ışıma olan akkor telli lambada, tungsten telden geçen elektrik akımı teli ısıtarak akkor duruma getirir ve teli ısınmaya başlamasıyla elektrik enerjisi ışıma enerjisine dönüşür. Bu lambaların yayımladıkları ışımların çok büyük bir bölümü ısı, küçük bir bölümü görünür ışımlardır. Bu nedenle verimleri çok düşüktür [14].

Akkor lambaların çok geniş kullanım alanları vardır. Daha verimli ve uzun ömürlü ışık kaynakları üretilmesine rağmen çok düşük satın alma maliyeti, renksel

özellikleri, boyutları ve dekoratif kullanım koşulları ile özellikle konutlarda hala en çok kullanılan ışık kaynağıdır. Ancak enerji etkinliği açısından incelenecek olursa, oldukça verimsiz ışık kaynaklarıdır. Tükettikleri elektrik enerjisinin yaklaşık %7 gibi bir kısmı görünür ışığa dönüşür. Etkinlik faktörleri ise 8 ila 22 lm/W arasında değişmektedir (Şekil 3.23).



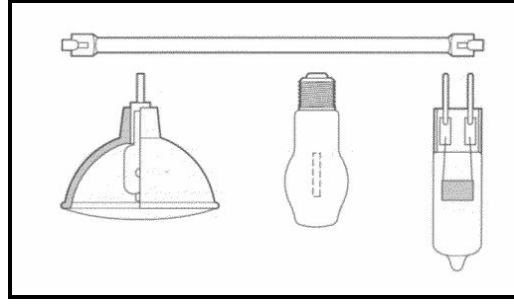
Şekil 3.23: Akkor lamba çeşitleri

Akkor lambalar görünüşte renk bakımından iyi, ucuz, kolayca kısılabılır, küçük ve kontrol edilebilir olarak düşünülmektedir. Ancak kullanım ömürleri kısa, düşük verimli lambalardır.

3.4.2.2. Halojen Lambalar

Enkandesen lambaların içinde asal gaz olarak çoğunlukla argon gazı bulunmaktadır. Bu lambaların içine asal gazla beraber halojen gazı olan iyot ya da bromin gazı da eklenirse tungsten halojen lamba elde edilmiş olur. Böylece tungsten telin ömrü uzatılmış ve lambanın ışık akısındaki zamana bağlı düşüş azaltılmış olur (Şekil 3.24).

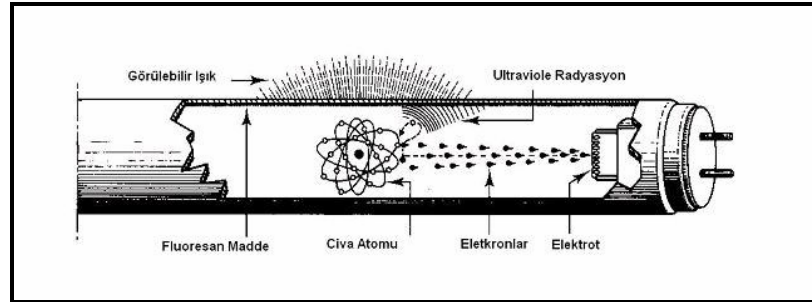
220V gerilim ile çalışanları olduğu gibi, büyük kısmı da bir transformatör aracılığıyla 12V ile çalışmaktadır. Güçleri ise 5 W ile 2000 W arasında değişmektedir. Ancak normal enkandesen lambalara göre daha çok ısındıkları için ısıya hassas yerlerde kullanılmaları sakıncalıdır. Daha çok vurgulayıcı, dikkat çekici spot aydınlatmalar için uygun olan bu lambaların genel aydınlatma amaçlı kullanılması önerilmemektedir [15].



Şekil 3.24: Halojen lamba çeşitleri

3.4.2.3. Floresan Lambalar

Işınım elde etme biçimi ısı ışıma olan floresan lambalarda, ışık üretimi iki aşamada ortaya çıkar. Birinci aşama, alçak basınçlı cıva buharı ortamından lambanın iç yüzeyine floresan madde sürülerek elektrik akımı geçirilmesi ile gerçekleştirilen 'elektrik deşarj' olayı ile ışınım oluşturulmasıdır. Floresan lambaların verimi temelde lamba gücü arttıkça artmaktadır. Ancak, aynı güçteki lambalar ele alındığında, verim değişimi doğrudan doğruya floresan maddenin yapısına bağlı olmaktadır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25: Tipik floresan lambalar [15].

Işık kaynaklarının enerji tasarruflu üretilmesi doğrultusunda yapılan çalışmalar sonucunda tüp şeklindeki floresan lambalarda da büyük gelişmeler gerçekleştirilmiştir. 38 mm çaplı 20 W, 40 W, 65 W' lık lambalar yerine, 26 mm çaplı sırasıyla 18 W, 36 W, 58 W ve 16 mm çaplı 14W, 28W, 35W flüoresan lambalar kullanıma sunulmuştur. Lambaların çapları küçültülüp ışık akıları artırılmış, çok değişik renk sıcaklıklı ve renk ayırım özellikli lambalar üretilmeye başlanmıştır. Tablo 3.1'de değişik çaplardaki floresan lambaların güç, ışık akısı ve etkinlik faktörü yönünden karşılaştırılması görülmektedir [14,16].

Tablo 3.1: Değişik çaplardaki fluoressan lambaların karşılaştırılması

Çap (mm)	Güç (W)	Işık Akısı (lm)	Etkinlik Faktörü (lm/W)
38	20	1150	57.5
	40	2800	70
	65	4400	68
26	18	1350	75
	36	3350	93
	58	5200	90
16	14	1350	96
	28	2900	104
	35	3650	104

3.4.2.4. Kompakt Fluoressan Lambalar

Kompakt fluoressan lambalar konutlar ve ofisler için uygun olup, akkor lambaları kompakt fluoressan aydınlatmaya dönüştürmek kolaydır. Akkor lamba kullanılan hemen hemen her yerde kompakt fluoressan lambalar kullanılabilir (Şekil 3.26). Örneğin 75 Watt'lık akkor flamanlı lamba yerine, 15 Watt'lık bir kompakt fluoressan lamba kullanarak, aynı aydınlatma %80 daha az enerji tüketerek elde edilir. Verimli lamba fiyatlarında oldukça fiyat farkı görülmektedir. Fakat toplam maliyetleri göz önüne aldığımızda kompakt fluoressan lambaların kullanım ömrü süresince maliyetinin daha az olduğunu görülmektedir. İki faktör bunu doğrulamaktadır. Bunlardan birincisi kullanım ömrünün akkor lambaya göre 8 kat uzun olması, ikincisi ise, akkor lambanın % 20'si kadar enerji kullanmalarıdır [2,14].



Şekil 3.26: Kompakt fluoressan lambalar

3.4.3. Balastlar

Balastlar floresan lambaların şebeke geriliminde çalışmaları için kullanılırlar. Floresan lambaların çalışması için balast ile birlikte starter adı verilen ve ilk ateşlemeyi sağlayan yardımcı elemana gereksinim vardır. Balast, starter ve lambanın elektrotları seri bağlıdır. Starter yaklaşık olarak 200 V'ta çalışmaya başlayan bir ısıldar lambadan ibarettir. Devre kapatıldığı zaman, bütün şebeke gerilimi startere uygulanır ve zaten yakın bulunan starter elektrotları arasında ısıltın boşalma başlar. Bu sırada boşalma direnci oldukça büyüktür; dolayısıyla elektrotlar ısınır ve birbirine değerkler. Starterin kısa devre olmasıyla devreden floresan lambanın elektrotlarını kızgın duruma getiren kuvvetli bir akım akar. Bu sırada starterin elektrotları soğur; elektrotlar eski durumuna gelir ve akım devresi açılmış olur. Starter devresinin açılmasıyla balast lambada boşalmayı başlatmaya yetecek kadar bir gerilim endükler. Bu suretle lamba tutuşur. Genel anlamda manyetik ve elektronik olmak üzere iki tip balast bulunmaktadır [17].

3.4.3.1. Manyetik balastlar

Manyetik veya elektromanyetik olarak adlandırılan balastlarda bir demir çekirdek etrafında alüminyum veya bakır iletkenler vardır (Şekil 3.27). Bakır tel balastlar, alüminyum olanlara göre % 10 daha verimlidir. Manyetik balastlar, AC standart frekansta, 50 Hz de çalışırlar. Elektrik tüketicilerinin ekstra düşük kayıplı balastları kullanmaları tavsiye edilmektedir.



Şekil 3.27: Manyetik balastlar

3.4.3.2. Elektronik balastlar

Elektronik balastlar, lambanın titreme ve gürültüsünü azaltan manyetik balastlara göre daha yüksek frekansta çalışırlar (Şekil 3.28). Elektronik balastlar, manyetik balastlardan % 25 daha az elektrik kullanırlar. Birçok elektronik balastın lambayı loşlaştırma olanağı sağlaması ile daha fazla enerji tasarrufu mümkündür. Daha verimli aydınlatma sistemleri daha az ısı üretirler. Elektronik balastların satın alma

aşamasında IEC 928 ve 929 uluslararası standartlar ile uyumlu ve yüksek güç faktörüne sahip olmalarına dikkat edilmelidir.



Şekil 3.28: Elektronik balastlar

Elektronik balastların manyetik balastlara göre ekonomi, güvenlik, çevre, konfor, esneklik, basitlik gibi konularda sağlamış olduğu üstünlükleri bulunmaktadır. Normal bir manyetik balast ile kullanılan 36W'lık flüoresan lamba şebekeden 46W güç çekerken, aynı lambanın elektronik balast ile birlikte kullanıldığında şebekeden çektiği güç yine 36W olarak kalmaktadır. Manyetik balastlara göre pahalı olan yüksek frekanslı elektronik balastların sisteme getirdikleri üstünlükler aşağıdaki gibi sıralanabilir [16];

- Lambanın ve tüm aydınlatma sisteminin etkinlik faktörünü artırır.
- Işık titreşimlerini ve strobokobik olayları önler.
- Startere gerek kalmadan lambanın ani ateşlenmesini sağlar.
- Lambaların ömrünü uzatır.
- Kompanzasyona gerek kalmayacak şekilde sistemin güç faktörünü düzeltir.
- Işık akısının istenilen oranda azaltılıp, çoğaltılmasına imkan tanır.
- Sıcaklık yükselmesi az olduğundan ısı kayıpları da azalır.
- Uğultu ve vızıltı gibi gürültülerin oluşması önlenir.
- Hafiftirler. Bu durum armatür ve tavan tasarımında kolaylık sağlar.
- Bir balast ile iki lamba çalıştırılabilmesine olanak verir.

- Balast kayıpları genelde lamba gücünün %10'u kadardır (Normal balastlarda %20). Böylece aynı güçte %10 fazla ışık akısı veya aynı ışığın %10 daha az güç ile elde edilebilmesi mümkündür.

3.4.4. Armatürler

Işık kaynakları kendi başlarına iyi ve de verimli bir aydınlatmanın gereklerini yerine getiremezler. Bu sebeple ışık kaynaklarının uygun aydınlatma armatürleri ile birlikte kullanılmaları zorunludur (Şekil 3.29). Armatür özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir:

- Çıplak lambanın ışık dağılım eğrisini yönlendirerek istenilen şekli vermek,
- İçindeki lambaların elektriksel bağlantılarını sağlamak,
- İçindeki ortam sıcaklığını, lambanın kararlı çalışma düzeyinde tutmak,
- Kamaşmayı önlemek,
- Olası her türlü ortam koşulunda lamba ve aksamını korumak,
- Kolay tesis edilebilir ve bakım yapılabilir olmak,
- Estetik hislere ve konfor gereksinmesine yanıt vermek,
- Ekonomik olmaktır.



Şekil 3.29: Örnek armatür çeşitleri

Bir armatürün en önemli kısmı yansıtıcısıdır. Çünkü armatürün esas görevi olan, ışık kaynağının ışık dağılımı eğrisine etki edip ona istenilen şekli verme işlemi, genel

olarak yansıtıcılarla sağlanabilmektedir. Farklı tip yansıtıcılarla, çok dar açılıdan çok geniş açılıya kadar çok değişik ışık dağılımları elde edilebilmektedir.

3.4.5. Aydınlatmanın Bina Performansına Olan Etkisi

3.4.5.1. Artık Isının Azaltılması

Tüm aydınlatma sistemleri, yaydığı ışık enerjisinin yanında ısı enerjisi de açığa çıkarmaktadır. Aydınlatma sistemi binalardaki en büyük artık ısı kaynağıdır. Aydınlatma sisteminin verimliliğinin artırılması ile birlikte artık ısı miktarı azalmakta ve bu durum binalara iki yönden etki etmektedir.

Bina ısıl yüke ihtiyaç duyduğunda artık ısı faydalı bir şekilde binanın ısıtılmasına etki eder. Fakat binanın soğutulması esnasında tam tersine soğutma yükünü artırır. Burada binanın bulunduğu konum ve yer önem teşkil etmektedir. Eğer bina soğutma yükünün fazla olduğu bir bölgede bulunuyorsa, aydınlatma sisteminin verimli hale getirilmesi ile artık ısı miktarın azaltılmış olacaktır. Böylece binanın soğutma yükünü azaltacak ve aynı zamanda ilk bina kurulum aşamasında soğutma yükü kapasitesi düşük seçilerek, ilk maliyetler de düşürülmüş olacaktır [18].

3.4.5.2. Güç Kalitesinin Artışı

Aydınlatma sistemi binalardaki elektrik sistemlerinin enerji kalitesine de etki etmektedir. Düşük enerji kalitesi elektrik sistemlerinin kapasitesini azaltmasına, enerjinin boşa harcanmasına, sistemdeki cihazların arızalanmasına ve kullanım ömürlerinin azalmasına etki etmektedir.

Aydınlatma sisteminin kalitesinin yükseltilmesi, yüksek güç faktörlü ve düşük harmonik bozulmaya sahip cihazların (sistemlerin) kullanılması ile birlikte, bina elektrik sisteminin enerji kalitesi de önemli oranda artmış olacaktır. Böylece verimli sistemlerin kullanılması ile binanın elektrik kapasitesi de rahatlamış olacaktır.

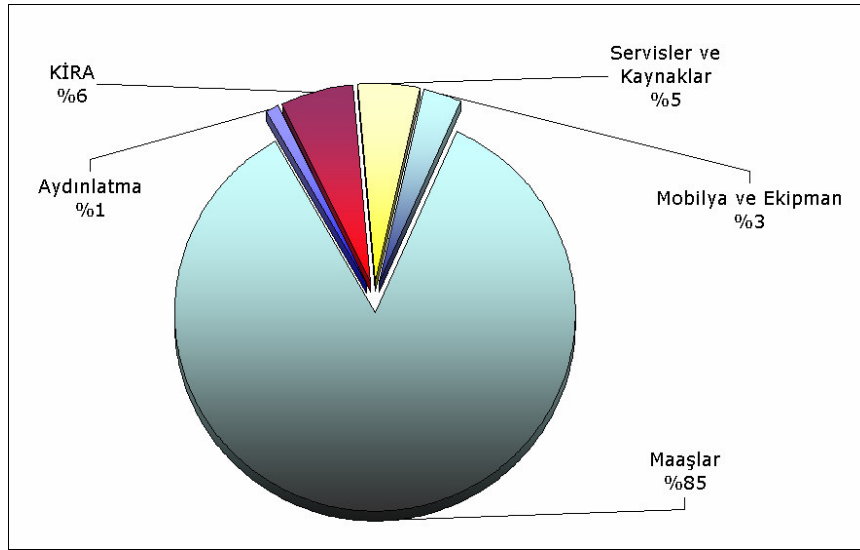
3.4.5.3. Aydınlatmanın Konfora Olan Etkisi

Aydınlatma sisteminin veriminin artırılması enerji tüketiminin azalmasının yanında bina kullanıcılarının performansını da önemli derecede olumlu şekilde etkilemektedir. Standartlarda önerilen aydınlık düzeyi, düzgünlük ve kamaşma

değerleri göz önünde bulundurularak yapılan aydınlatma sistemleri bina kullanıcılarının konforunu, ruhsal durumunu, üretkenliğini, sağlığını ve güvenliğini arttırmaktadır. Bunun yanında binanın görünüşüne ve estetiğine de önemli ölçüde etki etmektedir.

3.4.5.4. Üretkenlik

Aydınlatmanın sağladığı görsellik ile kullanıcıların iş performansı etkisinin çok iyi anlaşılması gerekmektedir. Etkin bir aydınlatma sistemi ile görsel konfor sağlanmakta, göz yorgunluğu azalmakta ve görsel işlevlerin (görevlerin) performansı artmaktadır. İyi dizayn edilmiş bir aydınlatma sistemi ile çalışanların performansı ve üretkenliği artmaktadır. Şekil 3.30'da örnek bir bina için yıllık çalışanların ücreti ve diğer giderler içindeki aydınlatmanın payı görülmektedir [19].



Şekil 3.30: Tipik bir ofis binası için yıllık harcamalardaki aydınlatmanın payı

3.4.5.5. Güvenlik

Aydınlatma sistemi aynı zamanda bina kullanıcılarının ve binanın güvenliğini de sağlamaktadır. Acil aydınlatmalar herhangi bir enerji kesilmesi durumunda devreye girmektedir. Bunlara ek olarak acil bir durumda, çıkış işaretlerinin bulunması gerekmektedir. Çevre aydınlatma ve iç aydınlatmanın olması hırsızlara karşı da bir tedbir olarak düşünülebilir.

Tabii ki yukarıda saydığımız konfor, güvenlik, üretkenlik, ruh hali, sağlık gibi parametrelerin olumlu bir şekilde bina kullanıcıları için sağlanabilmesi için aydınlatma sisteminin tam olarak verimli bir hale getirilmesi gerekmektedir.

3.4.6. Aydınlatma Sistemlerinin Kontrolü

Aydınlatma sisteminin etkili bir şekilde kontrolü ile hem enerji tasarrufu, hem de esnek bir yapı oluşturulur. En genel anlamda yapılan aydınlatma kontrolü aç-kapa şeklindedir. Diğer tip aydınlatma kontrolleri aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir:

- El ile kısma
- Fotosensörler
- Hareket Sensörleri
- Zaman anahtarlama ve zamanlayıcılar
- Merkezi Kontrol

3.4.6.1. El İle Kısma

Aydınlatma seviyesinin el ile ayarlandığı sistemdir. Bu şekilde lambaların çektiği akım seviyesi düşürülerek enerji tasarrufu yapılmakta ve talep gücü de düşürülmektedir. Böylece esnek bir yapıda geliştirilmiş olunmaktadır.

Bu kontrolde kısma anahtarı ile orantılı olarak ışık seviyesi kontrol edilmektedir. Bu el ile kontrolün en basit şeklidir. Bir başka çözüm ise değişik ışık seviyelerinin daha önceden belirlenerek, birer butona atanması şeklindedir. Böylece sabah, öğle ve akşam için farklı ayarlar yapılabilir. Aynı zamanda uzaktan kontrol de mümkündür.

Bu kontrol şeklinde, flüoresan aydınlatmada özel loşlaştırılabilir balastlar ile birlikte uygun kontrol cihazlarının kullanılması gerekmektedir.

3.4.6.2. Fotosensörler

Fotosensörler, aydınlık seviyesine göre otomatik olarak aydınlatma sisteminin ışık akısını ayarlayan bir sistemdir. Bu kontrol şekli fotosellerle yapılmaktadır. Fotosel,

aydınlık seviyesini, elektriksel akıma dönüştüren bir tür silikon çiptir. Bazı fotosensörler sadece açma-kapama yaparken, bazıları ise kısma da yapabilmektedir.

Hemen hemen tüm fotosensörler enerji tasarrufu amacı ile kullanılmaktadırlar. Elektriksel talep gücünü azaltmanın yanında lambaların loşlaştırılması ile azalan ısı nedeniyle binanın soğutma yükü de hafiflemektedir.

3.4.6.3. Hareket Sensörleri

Hareket sensörleri, belirli bir alan içerisindeki hareketi göz önüne alarak lambaların açılıp kapanmasını sağlayan cihazlardır.

Bazı uygulamalarda hareket sensörleri, hareket olmadığı anda lambaları kısma şeklinde de uygulanabilmektedir. Bu kontrol şekli, laboratuvar ve açık ofisler gibi geniş alanlarda, dağınık bölgeleri kontrol amaçlı kullanılabilir. Sensörler aynı zamanda, merkezi aydınlatma kontrolü ile birlikte de kullanılabilir. Böylece hareket olmadığı durumlarda merkezi olarak kontrol edilen lambalar kapatılabilir.

Hareket sensörlerinin temelde üç tipi bulunmaktadır:

- Pasif Infrared
- Ultrasonik
- Dual Teknoloji

3.4.6.4. Zamanlayıcılar

Zamanlayıcılar daha önceden belirlenen zaman aralıklarında periyodik olarak kontrol sağlayan sistemlerdir. Bu cihazlar kendi iç yapısında bulunan mekanik veya dijital saat ve takvim ile önceden programlanan zaman aralıklarına göre lambaların aç-kapa kontrolünü yapmaktadırlar. Kullanıcı hangi zamanlarda ışıkların açılıp-kapanması gerektiğine karar vererek cihazı buna göre programlamaktadır. Zamanlayıcılar, fotosensörlerle entegre bir şekilde de kullanılabilir.

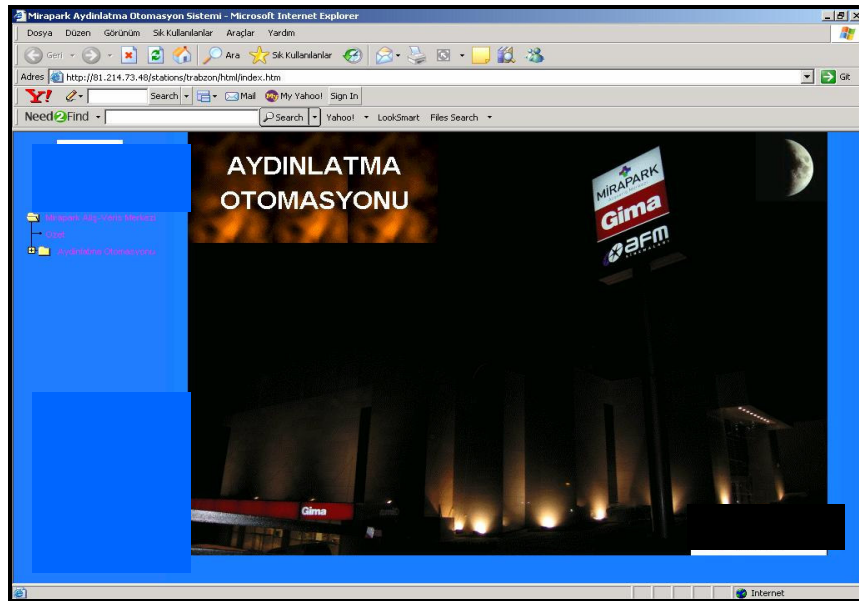
3.4.6.5. Merkezi Kontrol

Merkezi kontrol sistemi veya diğer bir deyimle bina otomasyon sistemi otomatik olarak bir binadaki aydınlatmanın açılmasını, kapatılmasını veya loşlaştırılmasını sağlama amaçlı kullanılabilir. Sabah, çalışanlar gelmeden ışıkların açılması sağlanabilmekte ve gün içerisinde gün ışığına bağlı kontrol yapıp, yüksek güç talebi olduğu anlarda ışıklar kısılarak talep gücündeki artış indirilebilmektedir. Ve gün sonunda ışıklar otomatik olarak kapatılmaktadır. Merkezi aydınlatma kontrolü ile ışıklar gerekmediği zamanlarda söndürülüp, kısılarak ciddi bir enerji tasarrufu elde edilmiş olmaktadır. Aynı zamanda kontrol edilen tüm noktalara hâkimiyeti arttırmakta ve insan gücünden de büyük oranda tasarruf sağlanmış olmaktadır.

3.4.7. Örnek Bir Aydınlatma Kontrol Sistemi

Günümüzde merkezi aydınlatma kontrolü her binanın kurulum aşamasında, ISOHA sistemlerinden sonra kontrol edilmek istenen sistemlerdir. Bina otomasyon sistemlerindeki gelişmeler direk olarak aydınlatma kontrolüne de yansımaktadır.

Buradaki örnekte büyük çaplı bir alışveriş merkezinin koridor ışıklarının kontrol edildiği merkezi bir otomasyon sistemi incelenecektir. Şekil 3.31’de sistemin otomasyon ekranından alınmış giriş sayfası görülmektedir.

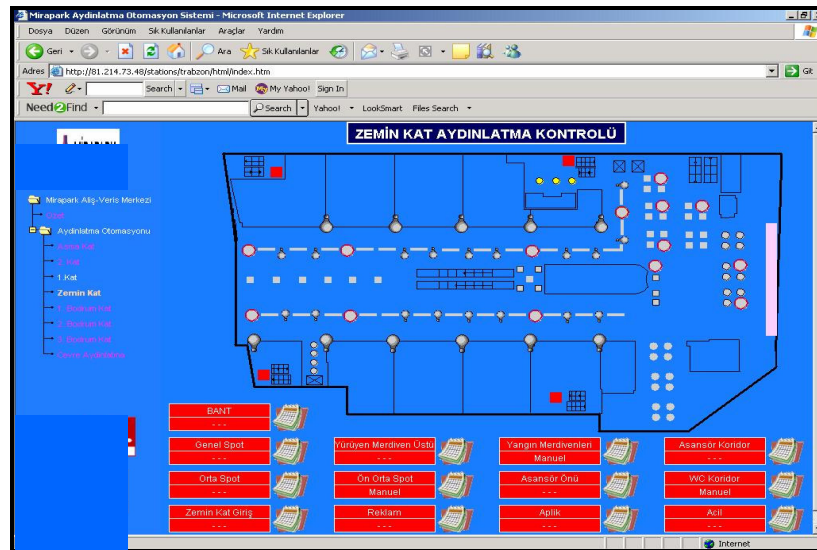


Şekil 3.31: Örnek bir merkezi aydınlatma otomasyonu sistemi

Sistemin programsal olarak en önemli özelliği internet üzerinden direk olarak kontrol ve izleme yapılabilmesidir. Şekil 3.31’de de görüldüğü gibi dünyanın her yerinden hemen hemen tüm bilgisayarlarda standart olarak yüklü bulunan internet Explorer üzerinden sabit bir IP adresi girilerek sisteme ulaşılabilmektedir. Sisteme ad ve parola bilgisi ile birlikte girilmektedir. Farklı kullanıcılar için değişik kontrol seviyeleri atanabilmektedir. Böylece bazı kullanıcılara sadece izleme yetkisi, bazılarına aç-kapa, bazılarına ise zaman programı yapabilme yetkisi verilebilmektedir.

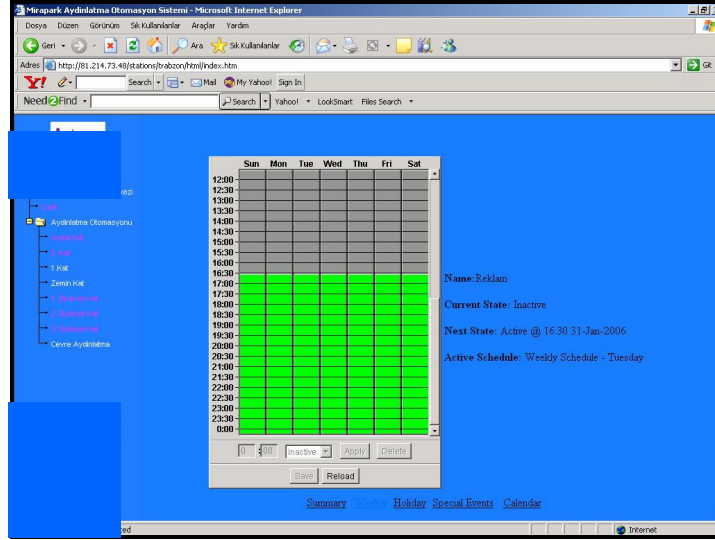
Bu projede kat bazında aydınlatma kontrolünün yanında, acil aydınlatma ve çevre aydınlatma sistemleri de kontrol edilmektedir. Kontrol sisteminde bazı noktalar hareket sensörleri ile desteklenmekte ve otomasyondan aç komutu gelmesine karşın sensör herhangi bir hareketi algılamıyor ise lambalar yanmamaktadır.

Her katta kontrol edilen linyeler hem görsel olarak yerleşim planı üzerinde görülmekte, hem de yazı şeklinde belirtilmektedir. Lambalar açık olduğu sırada linie bazında animasyon olarak görülebilmekte ve böylece sisteme olan hâkimiyet arttırılmış olmaktadır. Farklı tipteki lambalar (acil aydınlatma, flüoresan, v.b.) farklı şekillerde gösterilmekte ve kullanım kolaylığını arttırmaktadır. Burada her kontrol edilecek olan nokta için aç, kapa ve zaman programı komutu verilebilmektedir. Lambaların açık, kapalı ve zaman programında olduğu hem görsel olarak görülmekte, hem de yazı ile belirtilmektedir (Şekil 3.32).



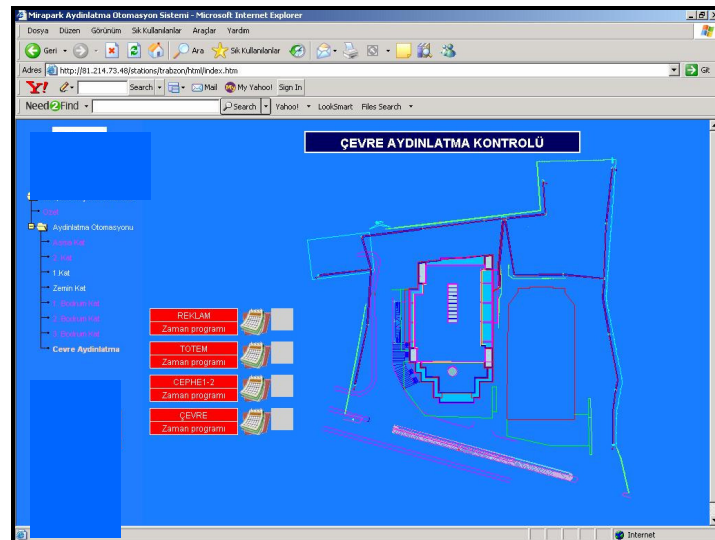
Şekil 3.32: Kat bazında aydınlatma kontrolü

Tüm kontrol edilen noktalar için zaman programı atanabilmektedir. Bu program haftalık saat-dakika bazında olabileceği gibi, yıl içerisindeki özel günler ve tatil günleri için önceden programlama yapılabilmektedir. Şekil 3.33'te haftalık zaman programının uygulanışı görülmektedir.



Şekil 3.33: Zaman programı konfigürasyonu

Çevre aydınlatması da hem görsellik, hem de enerji tasarrufu açısından binalardaki büyük önem teşkil etmektedir. Bu örnekte çevre aydınlatmaları, reklâm panoları ve cephe aydınlatma sistemleri zaman programına bağlı olarak kontrol edilmektedir (Şekil 3.34).



Şekil 3.34: Çevre aydınlatma kontrolü

Bu örnekte aydınlatma otomasyonuna entegre bir biçimde ve ayrık olarak hareket sensörleri de kullanılmaktadır. WC ve bazı mahallerin aydınlatma kontrolü merkezi sistemden bağımsız olarak direk hareket sensörleri ile sağlanmaktadır. Merdiven aydınlatmaları ise aydınlatma otomasyonu ile entegre biçimde çalışmaktadır. Örneğin otomasyondan aç komutu verildiği halde eğer o kontrol edilen noktada hareket yok ise hareket sensörü lambaya aç komutu vermemektedir. Böylece gereksiz yere lambaların açılmasının önüne geçilerek enerji tasarrufu elde edilmektedir.

Ayrıca yangın bilgisine göre binanın tavanındaki geniş pencere damperlerine kumanda edilmesi sağlanmaktadır. Örneğin yangın esnasında bu damperler otomatik olarak kapanmakta ve dışardan hava girişi önlenmektedir.

3.5. DİĞER SİSTEMLER

Isıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemleri dışında binalarda daha çok güvenlik ve koruma amaçlı kullanılan teknik ve teknolojik sistemler bulunmaktadır. Bu sistemler binanın enerji yüküne direk olarak etki etmemektedir. Bu sebeple farklı bir kategori altında düşünülebilen bu sistemleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Yangın Koruma Sistemleri
- Güvenlik Sistemleri
- Giriş-Çıkış Kontrol
- Kapalı Devre Görüntüleme ve Kayıt Sistemleri (CCTV)

Aşağıda bu sistemlerin genel yapısı ve çalışma şekilleri ile ilgili bilgiler bulunmaktadır.

3.5.1. Yangın Koruma Sistemleri

Yangın sistemleri genel anlamda, binadaki dumanı, yangını algılamak ve gerekli önlemlerin otomatik olarak alınması amacıyla kurulan sistemler olarak tanımlanabilmektedir. Yangın koruma sistemlerinin birincil görevi insan yaşamını ve malı korumaktır. İkincil olarak ise yangın esnasında servisler arasındaki kesintinin önlenmesini sağlamaktır.

Yangın koruma sisteminin büyüklüğü ve maliyeti aşağıdaki parametrelere bağlı olarak değişmektedir;

- Bina yapısının yangına karşı direnci,
- Binanın kat sayısı,
- Binanın yüksekliği ve genişliği,
- Acil çıkış kapı sayısı ve kapasitesi,
- İstenen korumanın derecesidir [9].

3.5.1.1 Yangın Koruma Sistemlerinde Kullanılan Cihazlar ve Donanımlar

Bir binada kullanıcılar tarafından veya otomatik olarak cihazlar tarafından bir yangın algılandığında, bina yönetiminin yangının büyüklüğüne karar verip hızlı bir şekilde önlem alması gerekmektedir. Bu önlemler,

- Bina alarm sisteminin devreye girmesi,
- Binanın topluca veya bir kısmının boşaltılması yönünde anons yaptırılması,
- Yangın söndürme sisteminin devreye girmesi,
- İtfaiyeye haber verilmesi,

şeklinde özetlenebilmektedir [9].

Yangın koruma sistemleri, yangın tehlikesini, sahada bulunan detektörler vasıtasıyla algılayan elektronik ihbar ve alarm sistemleridir. Konvansiyonel, analog adresli, dijital adreslenebilir yangın alarm panelleri kullanılmaktadır. Bu sistemde en genel anlamda sahada yangını algılayıcı adreslenebilir ve adreslenmeyen türden detektörler bulunur. Bu detektörler vasıtası ile yangının nerde ve ne boyutta olduğu belirlenir [20].

3.5.1.1.1 Manüel Alarm İkaz Sistemi

Manüel alarm sistemi, yangın algılamaya göre özel olarak tasarlanan, sesli veya görsel olarak uyarı veren anahtarlamalı sistemlerdir. Bu sistemde genelde acil olarak

yangının algılanabilmesi için bir insanın cam bir paneli kırıp anahtara basması gerekmektedir (Şekil 3.35).



Şekil 3.35: Manüel anahtarlamalı yangın ikaz düğmesi

3.5.1.1.2 Termal Detektörler

Termal detektörler, ortam sıcaklığının belirli değerin üzerine çıktığında uyarı veren cihazlardır. Genel olarak sabit sıcaklıklı, yükselme oranlı ve bu iki tipin kombinesi şeklinde çalışan termal detektörler mevcuttur [9].

Sabit sıcaklıklı detektörler, ortam sıcaklığı belli bir değeri aştığında (örneğin, 57 C, 190F, v.b.) kontak çıkışı veren cihazlardır.

Yükselme oranlı detektörler, ortam ısısındaki belirli bir ani artış durumunda çıkış veren tiptedirler. Sabit sıcaklıklı detektörlere göre yangını daha önce algılayabilme kapasitesine sahiptirler.

Kombine tip ise hem sabit sıcaklıklı, hem de yükselme oranlı detektörlerin bir kombinasyonu şeklinde üretilmiş cihazlar olarak düşünülebilmektedir. Bu tipteki cihazlar da yaygın olarak kullanılmaktadır.

3.5.1.1.3 Duman Detektörleri

Duman detektörleri günümüzde yangın koruma sistemlerinde sıkça kullanılan cihazlardır. Termal detektörlere göre daha hassas ve yangını daha önceden algılama kapasitesine sahiptir. Duman detektörlerinin iki tipi mevcuttur. Yapı ve de

Çalışma şekli bakımından farklılık gösteren bu tipler fotoelektrik ve iyonlaşmalı duman detektörleridir (Şekil 3.36).



Şekil 3.36: Fotoelektrik ve iyonlaşma tipi duman detektörleri

3.5.1.1.4 Alev Detektörleri

Alev detektörleri direk olarak yangın esnasında ortamdaki alevi algılamak amacıyla üretilmişlerdir. Kızılötesi, morötesi (ultraviyole), fotoelektrik ve titreşimli tip olmak üzere dört tipi mevcuttur. Alev detektörleri binalardan ziyade daha çok, maden ocağı tipi endüstriyel uygulamalarda daha sıklıkla kullanılmaktadır (Şekil 3.37).



Şekil 3.37: Değişik tiplerdeki alev detektörleri

3.5.1.1.5 Sinyal Cihazları

Yangın detektörlerinden aldıkları bilgilere göre görsel ve sesli olarak sinyal çıkışı veren cihazlardır. Besleme uçlarına, bir elektriksel güç uygulandığında çıkış veren basit yapıları cihazlardır. Sinyalleri sesli, titreşimli, görsel, aydınlatmalı olarak verebilen tipleri mevcuttur (Şekil 3.38).



Şekil 3.38: Yangın sinyal cihazları

3.5.2 Güvenlik Sistemleri

Güvenlik sistemleri binanın ve bina kullanıcılarının emniyeti göz önünde bulundurularak birden çok cihazın entegre bir şekilde çalıştığı sistemlerdir. Giriş-çıkış kontrol ve kapalı devre görüntüleme ile kayıt sistemleri de güvenlik sistemlerinin içerisinde ele alınmaktadır. Güvenlik sistemleri yangın alarm, bina otomasyon sistemi gibi bina yönetim sistemleri ile birlikte haberleşebilmekte ve entegre bir şekilde çalışabilmektedir. Modern güvenlik sistemlerinde programlanabilen kontrolörler üzerinden merkezi bir bilgisayardan izleme yapılabilmekte ve geçmişe dönük bilgilere ulaşılabilmektedir. Güvenlik sistemlerinin temel bileşenleri aşağıdaki gibidir:

3.5.2.1 Giriş-Çıkış Kontrol Sistemleri

Giriş-çıkış kontrol sistemleri güvenlik sistemleri içerisindeki kontrolü sağlayan en önemli sistemlerdir (Şekil 3.39). Bu sistemler aşağıda maddeler halinde belirtilen ihtiyaçları karşılamak amacıyla kurulmuşlardır:

- Binalara girişlerin kontrol altına alınabilmesi,
- Bu alanlara giriş-çıkışların yetkilendirilmesi,
- Zaman bazında kayıtlarının tutulabilmesi,
- Geçmişe dönük raporlar alınabilmesi,
- Binada bulunan kişilerin tespit edilebilmesi, binada dolaşan kişilerin o andaki yerinin tespit edilebilmesi,

- Ziyaretçi giriş ve çıkışlarının düzenlenmesi, raporlanabilmesi,
- Ziyaretçilerin alanlar içinde dolaşımında güvenliğin sağlanmasıdır [21].



Şekil 3.39: Bina giriş-çıkış kontrol sistemi

Giriş-çıkış kontrol sistemleri kartlı ve biometrik giriş-çıkış kontrol, personel devam ve kontrol, turnikeler gibi cihazları içermektedir.

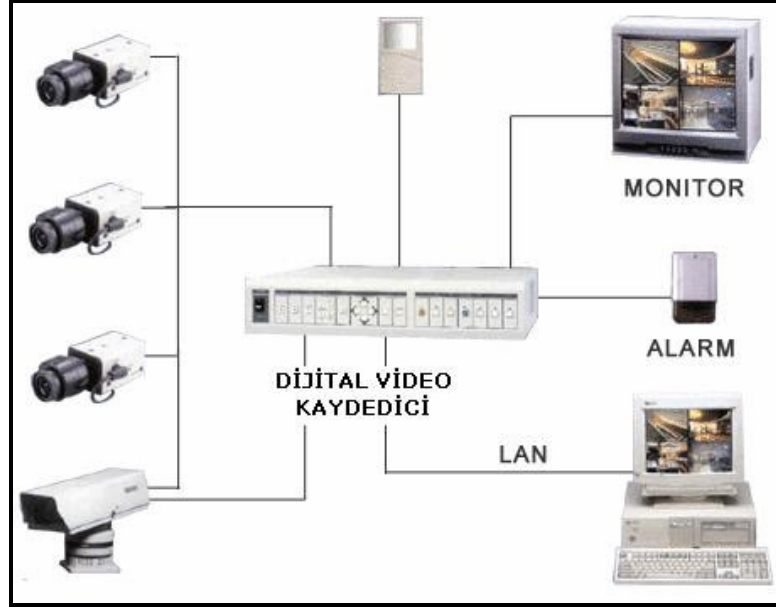
Kartlı giriş-çıkış kontrol sistemlerinde yetkili kişilere verilen pasif yaklaşım, manyetik şerit, barkodlu, yarı aktif, aktif gibi farklı tipteki kartlar ile kontrol yapılmaktadır.

Biometrik giriş-çıkış kontrol sistemleri ise üst seviyede güvenlik gerektiren, arındırılmış alanlara girişlerin kontrol altına alınabilmesi, kayıtların yapılabilmesi, kişilerin tanımlanabilir fiziksel özellikleri (biometrik) kullanılarak giriş-çıkış yetkilendirilmelerinin yapılabilmesi amacıyla kullanılan sistemlerdir. Yüz tanıma, parmak izi tanıma, el geometrisi tanıma, imza tanıma, göz iris tanıma, ses tanıma gibi farklı tipleri mevcuttur.

Turnikeler, onaylanmış bir giriş veya çıkış işleminde, sadece bir şahsın geçişine izin veren sistemlerdir. Tam boy turnikeler, yarım boy turnikeler ve hızlı geçiş üniteleri gibi farklı tipleri mevcuttur.

3.5.2.2 Kapalı Devre Görüntüleme ve Kayıt Sistemleri (CCTV)

Binalarda alanların iç ve dış görsel güvenliğini sağlayan ve denetleyen bir veya daha fazla merkezden izlenebilme ve kontrolü mümkün olabilen video izleme ve kayıt sistemleridir (Şekil 3.40).



Şekil 3.40: Örnek bir CCTV sistemi

En genel anlamda izlenen noktalarda bulunan elektronik kameralarda işlenen görüntü fiberoptik veya koaksiyel kablo üzerinden monitörlerde gösterilir. İşlenen görüntü kayıt cihazlarında tutularak geçmişe dönük kayıtlara ulaşılabilme imkânı sağlanır. Bir kapalı devre görüntüleme ve kayıt sistemleri yapı bakımından değişiklik göstermekle birlikte kamera, monitör ve kayıt cihazlarının farklı özellikleri ve tipleri bulunmaktadır [22].

CCTV yapı bakımından siyah-beyaz veya renkli olabilmektedir. Ayrıca, bağlanacak olan kamera sayısını desteklemesi özelliğine göre de farklılık gösterebilmektedir.

Kullanılacak kamera türleri, sabit pozisyonlu, hareketli, zoom özelliğine sahip türlerden olabilmektedir.

Monitörlerde ise her bir ekran tek bir kamerayı gösterebildiği gibi, tek bir ekran üzerinden birden fazla nokta görüntülenebilmektedir.

Kayıt cihazları analog veya dijital türde olabilmektedir. Zaman etiketli kayıt ve haberleşebilen türde olması gibi farklı tipte olanları da mevcuttur.

4. BİNA OTOMASYONU SİSTEMİ (BOS)

4.1. GİRİŞ

Bina otomasyon sistemleri (BOS), akıllı binalarda bulunan teknik sistemlerin (ağırlıklı olarak ISOHA+Aydınlatma) bilgisayar teknolojisi kullanılarak izleme-kumanda-kontrol yapılabilmesine olanak veren sistemler olarak tanımlanmaktadır. Bina otomasyon sistemi ile birlikte bir anlamda, insan-makine ilişkisine maksimum düzeyde olanak sağlar ve işletmecinin çalışması kolaylaştırılır.

Günümüzde, “akıllı bina” terimi gün geç geçtikçe daha popüler hale gelmekte ve kapsamlı bir bina otomasyon sistemi (BOS) gerçekte her “akıllı bina”nın kalbini oluşturmaktadır. Bina Otomasyon Sistemi (BOS), tüm bina sisteminin daha etkin ve verimli kontrolünün sağlanması için bina işletme personelinin elindeki bir araç olarak düşünülebilmektedir.

Bina otomasyon sistemleri, ilk olarak seksenli yılların başlarında kullanılmaya başlanmıştır. Türkiye’deki bina otomasyonu konusunda bilinen ilk uygulama 1984’de Yeşilköy Havalimanı’ndaki otomasyon sistemidir. Yeşilköy Havalimanındaki bu sistem yalnızca izlemeye yönelik bir sistem olup aktif kontrol fonksiyonları bulunmamaktadır. [23]

70’li yıllardaki petrol krizi nedeniyle mini bilgisayar veya merkezi işlem birimleri (central processing unit_ CPUs) ve programlanabilir lojik kontrolllerinin (PLCs) bina otomasyon sistemlerinde kullanımı önemli oranda artmıştır. Enerji maliyetleri binalar için yüksek oranlara çıktığından, enerji yönetim sistemi (EYS) terimi ortaya çıkmış ve kontrol üniteleri üreticilerinin satış broşürlerinde standart olarak yer almıştır. Doluluk/boşluk oranı, talep gücü kontrolü, optimum çalışma/durdurma, optimum sıcaklık, gündüz/gece kontrolü ve entalpi kontrol gibi yeni uygulama yazılım paketleri ortaya çıkmıştır. Bunlara ek olarak yangın ve güvenlik sistemleri de bina otomasyon sistemlerine girmeye başlamıştır. Bina sahibi, enerji kullanımı ve maliyeti izleyerek sistemle direkt temas halinde olabilmektedir. Bu yeni yöntem, bina

yöneticilerine daha doğru tahmin yapabilme ve ürünlerin maliyetlerinin karşılaştırılması konusunda yardımcı olmuştur.

1970'lerin ortalarında, donanım maliyetleri düşmeye başlamıştır. Sistemler kullanıcı dostu haline gelmiş ve aynı sistemde yeni veri tabanları yaratmak ve programlamak mümkün olmuştur.

1980'lerde, kişisel bilgisayarların ortaya çıkması, kontrol endüstrisinde devrim yaratmıştır. Düşük maliyetli bilgisayarlar bina otomasyon ve enerji yönetiminde yeni teknoloji gelişmelerinin en önemli nedeni olmuştur. Direkt dijital (sayısal) kontrol (DDC) yayma prensibine dayanan kişisel mikroişlemcilerin üretimi kullanıcılar tarafından kabul edilmiş ve alışlagelmiş pnömatik kontrol sistemlerinin yerini almaya başlamıştır. [5]

Sonuç olarak, geçen 20-25 sene içinde BOS teknolojisi açısından büyük gelişmeler ortaya çıkmış, bina kullanıcıları ve yöneticileri açısından konfor, yönetim ve maliyet açısından daha etkin bir yapı oluşmuştur. BOS' in tarihsel gelişimine baktığımızda ana yapısı bakımından özde fazla bir değişikliğe uğramadığını görmekteyiz. Son yıllarda ise mikroişlemci tabanlı cihazların artması ve elektronikteki gelişmeler daha hızlı, daha yüksek kapasiteli kontrol cihazlarının kullanılmasına imkân vermektedir. PC çağının başlaması ile merkezi bilgisayarların kullanımı artmakta ve Windows ile grafik ortamda işletim standart hale gelmektedir. Sistemlerin temel işlevleri ve genel anlamda mimari yapısına baktığımızda ilk bina otomasyon sistemleri ile bugünküler arasında gerçek anlamda büyük farklar görmemekteyiz.

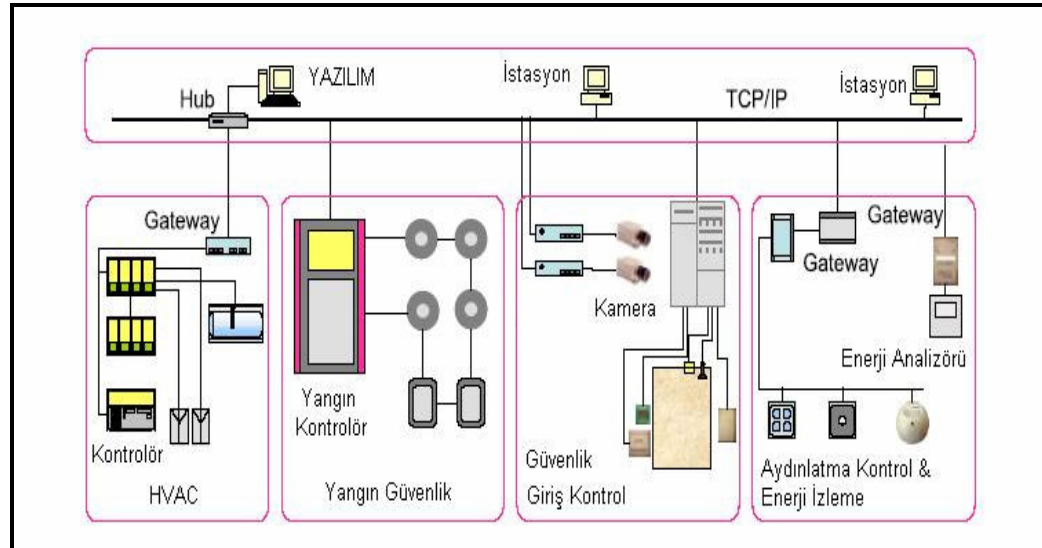
Ancak son birkaç yıldır BOS konusunda önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Farklı üreticilerin cihazlarının ve sistemlerinin tek bir çatı altında toplanabilmesi ve internet üzerinden erişim gibi konularda önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Böylece bina sahipleri ve yöneticileri hem kullanım hem de maliyet açısından daha etkin bir BOS' ne sahip olabilmektedirler [23].

4.2. BİNA OTOMASYON SİSTEMİNİN YAPISI

Bina otomasyon sistemleri birçok farklı sistemin bütünleşmiş biçimde veya ayrıık olarak izlenip kontrol edildiği sistemlerdir.

Bina otomasyon sistemleri dendiğinde akla ilk gelen ve genelde binalarda ilk aşamada kontrol edilmesi ve izlenmesi istenen ISOHA sistemleridir. Çünkü binadaki enerjinin tüketiminin büyük kısmını bu sistemler harcamaktadır. ISOHA dışında otomasyon sistemine dâhil edilebilen sistemler aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir (Şekil 4.1).

- Aydınlatma ve Acil Aydınlatma
- Enerji İzleme
- Yangın, Güvenlik ve Koruma
- Taşıma Sistemleri



Şekil 4.1: Genel BOS yapısı

Birçok ISOHA sisteminde ekipmanların açık-kapalı ve oransal kontrolü diğer sistemlerle entegre bir şekilde, otomasyon sisteminden kontrol edilebilmektedir. Örneğin otellerde, harekete duyarlı elemanlar (hareket sensörleri) kullanılarak, odalardaki klimalar otomatik olarak aç-kapa yapılabilmektedir. Diğer yandan, tüm binanın ısıtma-soğutma ihtiyacını sağlayan merkezi klima santralleri, merkezi bir

otomasyon sistemi ile kontrol edilip, ISOHA sistemindeki birçok ekipman (ısıtma serpantini, soğutma serpantini, vantilatör, sıcaklık sensörü, fark basınç sensörü, v.b.) kontrol edilip, izlenebilmektedir. Doğru ve uygun programlama ile de yüksek oranda enerji tasarrufu elde edilebilmektedir. [9]

Aydınlatmanın kontrolünde, genel anlamda binalardaki lambaların açma/kapama zamanlarına dayanan bir programlama mantığı kullanılmaktadır. Bir diğer kontrol şekli ise aydınlatma düzeyinin kontrolüdür [5].

Bir binada enerji açısından elektrik ile birlikte, ciddi tüketimler teşkil eden doğalgaz ve su gibi tüketimlerinin de izlenmesi gerekmektedir. Tüm bu büyüklüklerin izlendiği ve gerektiğinde kontrol edildiği sisteme enerji izleme sistemi denilmektedir. Enerji izleme dediğimizde ilk akla gelen elektrik enerjisidir. Çünkü elektrik enerjisini izlediğimizde sadece tüketim değil, son gelişmiş enerji analizörleri ile paket şeklinde tek bir noktadan 50–100 elektriksel büyüklüğü izleyip değerlendirme yapabilmekteyiz.

Yangın koruması için, şu anki kavram birçok ülkedeki yasal düzenlemeler nedeniyle var olan yangın alarm sistemi olduğunda kısmi bir entegrasyondur. Diğer yandan, eğilim tek bir hizmet bilgisayarının hem yangın-alarm hem de diğer bina sistemlerine servis verecek şekilde düzenlendiği toplam entegrasyon fikrinin daha yaygın olacağı yönündedir. Örneğin bir binada yangın çıktığında, yangın sisteminden gelen bilgi ile ISOHA sistemi dışardan taze hava almayacak ve bina içerisindeki havayı tahliye edecek şekilde programlanabilmektedir [5].

4.3. BİNA OTOMASYON SİSTEMİNİN FAYDALARI

Bina otomasyonu, tüm kontrol edilen sistemlere olan hâkimiyeti artırmaktadır. Arızalardan anında haberdar olunmasını ve raporlama özelliği ile geçmişe dönük olarak verilere ulaşarak bina yönetimine yol göstermektedir. Sistemler, çalışma senaryoları ve zaman programlarına göre çalıştırılarak etkin bir işletim sistemi sağlanmaktadır.

Bina otomasyon sistemlerinin faydalarını aşağıdaki gibi maddeler halinde sıralayabiliriz:

- Daha düşük işletim maliyeti,

- Bina performansının teknik ve işletim bakımından artması,
- Bina içerisindeki değişimlere otomatik olarak cevap verebilme, alarm,
- İzleme, yönetme ve kontrol bilgilerini depolama,
- Bir işletmedeki verilerin paylaşımının sağlanması,
- Çok daha hassas kontrol,
- Kesin, zaman etiketli ve daha detaylı bilgi,
- Daha hızlı sorun çözme,
- Sistem entegrasyonu,
- Enerji tasarrufu,
- Tesisin daha iyi kontrolü,
- Daha hızlı karar verme,
- Değişen koşullara daha kolay uyumdur.

BOS bir binanın yönetim ve işletme personeline yardımcı olan bir araçtır. Bakım, yönetim, bilgisayar programları, cihazların korunması, giderlerin kontrolü, çalışma yüklerinin programlanması, tarihsel eğilimlerin incelenmesi ve bütçenin planlanması gibi konularda bina yönetim personeline kolaylık sağlayan sistemlerdir. Bakım programları, malzeme dökümü, finans analizi ve yönetim bilgilerini vs. kapsamaktadır. İşletmelerin harcadıkları enerji raporlanmakta ve dinamik olarak ekranda kullanıcıya gösterilmektedir. Isıtma/soğutma santrali verimlilik programı, bu geniş merkezi sistemin işletme verimliliğindeki ufak bir düşüşün enerji tüketiminde önemli bir artışı ve bunun yanında maliyete neden olabilmesi nedeniyle, sürekli olarak merkezi ISOHA santrallerinin verimliliğini gösterebilmektedirler [5].

4.4. BİR ISOHA OTOMASYONUN GERÇEKLEŞME SÜRECİ

Bina otomasyon sistemleri dendiğinde ilk aklımıza gelen ve projelendirme bakımından en detaylı olan kısım, Isıtma, Soğutma ve Havalandırma istemlerinin otomasyonunun gerçekleşme sürecidir. Diğer otomasyon sistemlerinin yapım aşaması hemen hemen bu sisteme benzerdir ve detay bakımından daha basittir. Aşağıda ISOHA sistemlerinin bina otomasyon sistemine alınmasının aşamalarını maddeler halinde belirtilmektedir.

4.4.1. İlk Aşama

— Mekanik Sistem Projelerinin Belirlenmesi: Otomasyon Sisteminin yapımına karar verdikten sonra, mekanik projenin detaylı bir şekilde irdelenmesi gerekmektedir. Otomasyona uygun olmayan kısımların düzeltilerek, mekanik projelerin revize edilmesi gerekmektedir.

— Otomasyon Sisteminin Özelliklerinin ve Çalışma Senaryolarının Belirlenmesi: Bu aşamada otomasyon sisteminin hangi özellikte olacağı belirlenmektedir. Otomasyonda hangi kontrolörlerin kullanılacağına ve hangi alt noktaların kontrol edilip izleneceğine ve hangi çalışma senaryosunun uygulanacağına karar verilmektedir.

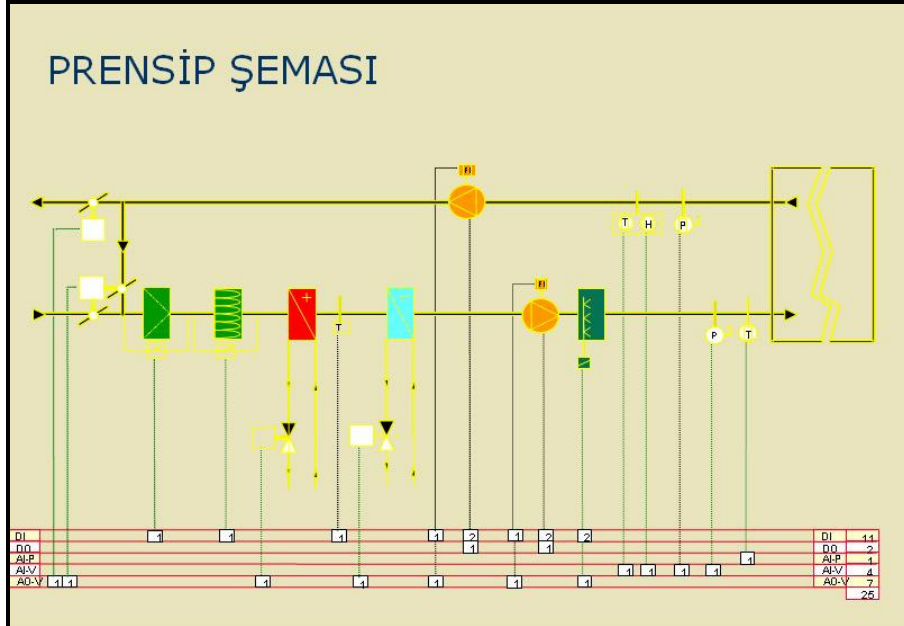
— Otomasyon Sistemine Ait Nokta Listesinin ve Prensip Şemasının Oluşturulması: Otomasyon sisteminde izlenecek veya kontrol edilecek noktaların belirlendiği aşamadır. Nokta bina yönetim sisteminin en uç elemanıdır. Nokta kavramı gerçek veya hayali olarak ikiye ayrılmaktadır.

Binada fiziki olarak bulunan noktalara gerçek noktalar diyoruz. Örnek olarak, üfleme havası sıcaklığı, mahal havası nemi, vantilatör anahtarlama, pompa termik durumu, vana konumlandırma, damper anahtarlama, v.b. gerçek noktalara örnek olarak verilebilmektedir. Fiziki olarak binada bulunmayan ancak programda yani bilgisayarda kullanılan noktalara “hayali nokta” diyoruz. Dönüş havası sıcaklık seti, mahal havası nem seti, minimum taze hava oranı seti, klima santrali mevcut durumu hayali noktalara örnek olarak verilebilir. Şekil 4.2’de örnek bir nokta listesi görülmektedir.

BİNA YÖNETİM SİSTEMİ NOKTA DAĞILIM TABLOSU									
BYS S-NO	SİSTEM	SAHA MALZEMELERİ		GİRİŞ/ÇIKIŞ NOKTALARI					
	AÇIKLAMALARI	ADET	TİP	DI	DO	AI	AI/V	AO	
	SAHA İSTASYONU - (S-1)								
	TESİSAT MERKEZİ								
1	DIŞ HAVA SICAKLIĞI	1	QAC21			1			
	DEĞİŞKEN HAVA DEBİLİ KLİMA SANTRALLARI								
	KS 10, KS 11, KS 12...3 ADET								
1	ÜFLEME HAVASI SICAKLIĞI	3	QAM21			3			
1	DÖNÜŞ HAVASI SICAKLIĞI (KS-10,KS-11 için)	2	QAM21			2			
1	DÖNÜŞ HAVASI NEM VE SICAKLIĞI (KS-12 için)	1	QFM65				2		
1	FİLTRE-1 KİRLİLİK ALARMI	3	DBL-205B	3					
1	FİLTRE-2 KİRLİLİK ALARMI (TORBALI)	3	DBL-205B	3					
1	ÜFLEME HAVASI FARK BASINÇ ÖLÇÜMÜ	3	QBM62.203				3		

Şekil 4.2: Örnek nokta listesi

Nokta listesinin yanında kurulacak sistemde kullanılan yapı ile ilgili bir prensip şeması hazırlanmaktadır. Bu şema ile birlikte sistemde kullanılacak noktalar görsel ve kolay anlaşılır şekilde hazırlanmış olmaktadır. Şekil 4.3'te örnek bir prensip şeması görülmektedir. Burada bir klima santralinin sahip olduğu elemanlardan otomasyonda izlenecek veya kontrol edilecek DI (digital input), DO (digital output), AI (analog input), AO (analog output) noktaların sayıları görsel ve anlaşılır bir şekilde görülmektedir.



Şekil 4.3: Örnek bir prensip şeması

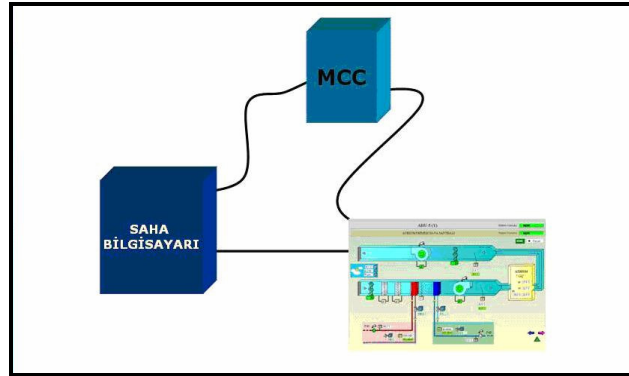
— Şartnamenin Hazırlanması: Şartnamede, genel anlamda otomasyon sisteminde gerçekleştirilecek işler maddeler halinde tanımlanmaktadır. İşveren ve otomasyon işini yapan firmaya ait olan sorumluluklar belirlenip, bir anlamda yapılacak çalışmalarla ilgili genel bir iş programı da yapılmış olmaktadır.

4.4.2. İkinci Aşama

— Elektrik Pano (Motor Control Center_MCC) Projelerinin Otomasyona Uygun Halde Yaptırılması-Projelerin Kontrolü: Mekanik sistemlerin elektrik enerjisinin sağlandığı kısım MCC panolarıdır. Bu kısımda otomasyon sistemi için MCC panolarında, uygun bazı revizelerin yapılması gerekmektedir. Örneğin aç-kapa olarak konulan pakoların yerine, üç konumlu aç-kapa-otomasyon şeklinde pakoların kullanılması gerekebilmektedir.

— Kablo Listelerinin Oluşturulması- Çekilmesi –Markalanması: MCC panolarının çizimleri onaylandıktan sonra saha alt istasyonlarında bulunan panolarına ve ağda bulunan saha bilgisayarlarına verilecek numaralar belirlenmektedir. Bina otomasyon sistemine bağlı tüm cihaz ve sistemler için 3 harfli ve birbirinden farklı kısaltmalar belirlenir. Bilgiler derlenerek her bir nokta için çekilecek kablonun belirtildiği kablo listesi oluşturulur. Data kablosunu ve genel alt istasyon dağılımını gösteren çizimin hazırlanmasıyla bu aşama da tamamlanmış olmaktadır.

Kablolama, MCC, saha bilgisayarı ve sahadaki cihazlar arasında yapılmaktadır. Otomasyon panosunda (DDC) en genel anlamda sahada kullanılan kontrolörler ve giriş-çıkış modülleri bulunmaktadır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: ISOHA sistemlerinde kablolama

— Saha Süpervizörü Verilmesi - Saha Cihazlarının ve Sensörlerin Montajı: Otomasyon, DDC ve MCC projeleri belirlendikten sonra, saha cihazlarının projeye uygun olarak montajının yapılması gerekmektedir. Bu amaçla uzman bir süpervizör eşliğinde saha cihazlarının ve sensörlerinin montajı gerçekleştirilerek otomasyona uygun hale getirilmektedir.

— Kablo Uç Bağlantıları Projelerinin Oluşturulması: Saha cihazları, MCC ve DDC cihazları arasında çekilecek olan kablo uç bağlantılarının oluşturulacağı aşamadır.

— Mekanik Cihazlarına Enerji Verilerek Manüel Olarak Çalıştırılması, Sistemlere Su Verilmesi: Sistemde kullanılacak olan mekanik cihazlara sistem devreye alınmadan önce el ile enerji verilip, çalıştırılmaları gerekmektedir. Mekanik sistemdeki tesisata ise (boru hattı, ısıtma serpantini, kazan, chiller, v.b.) su verilerek sistemde kaçak olup olmadığı test edilmektedir.

4.4.3. Üçüncü Aşama

— Otomasyondan Nokta Testinin Yapılması: Bu aşamada bilgisayardan sistemdeki tüm noktalar tek tek test edilir. Bu işlem sırasında otomasyon işini yapan firmadan bir kişi bilgisayar başında, en az bir kişi ise sahada bulunmaktadır.

— Devreye Alma ve Test Çalışmaları: Nokta testinin tam anlamıyla yapılmasından sonra devreye alma çalışmalarına başlanmakta ve başta belirlenen program yapısına uygun olarak izlenecek ve kontrol edilecek noktalar sisteme dâhil edilmektedir.

— Çalışma Senaryolarını Hayata Geçiren Programlamanın Tamamlanması: Sistem devreye alındıktan sonra programlama kısmına geçilmektedir. Burada kullanılan sisteme ve kullanıcı ihtiyaçlarına göre programlama işlemi gerçekleştirilir. Göz önüne alınacak diğer bir unsurda yapılacak olan programlamanın enerji yönünden de etkili olmasıdır.

— Eğitim Verilmesi ve Sistemin Teslim Edilmesi: Bina otomasyon sisteminin gerçekleşme sürecinde en son olarak sistemle ilgili eğitim verilmekte ve sistemin tam olarak çalışır durumda devredildiğine dair işverenle, işi yapan otomasyon firması arasında belgeler imzalanmaktadır. Eğitim esnasında binada otomasyon veya teknik işlerden sorumlu tekniker, operatör, teknik müdür hazır bulunmalıdır [10].

4.5. DOĞRU BOS SEÇİM KRİTERLERİ

BOS seçiminde göz önüne alınması gereken birçok parametre bulunmaktadır. Maliyet açısından yüksek ücretler ödenen bu sistemlerin seçiminde aşağıdaki kriterlerin öncelikli olarak göz önüne alınması gerekmektedir.

- Açık-sistem ve bağlantı kavramı birincil önemde göz önüne alınmalıdır. Bu kavram, açık protokollerin yararı, haberleşme ağ seçenekleri, dış bilgi ve diğer BOS' leriyle bağlantıları kapsamaktadır.
- Yatırımın korunması da dikkate alınmalıdır. Yazılımlar genişletildiğinde, artırıldığında, donanım yetersiz kalmamalıdır. Doğru seçilmiş bir açık sistem, ilave yatırım gerektirmeden sürümünü güncelleyebilmektedir.
- Sistem esnekliği dikkate alınmalıdır. Global olarak kabul edilen standartları kullanan haberleşme ağları ve kontrolörlerin çoklu seviyeleri, yapılandırma opsiyonları ve sistem genişlemesi eğilim olarak kabul edilmelidir. Yazılım uygulamaları için, BOS daha önceki bölümde tanımlanan özelliklerin mümkün olduğunca fazlasını içermelidir.
- Sistem güvenilirliği, sistem kalitesi ve sistem kapasitesi diğer önemli unsurlardır [5].

5. BİNA OTOMASYON SİSTEMLERİNDEKİ GELİŞMELER

Mikroişlemci tabanlı cihazların gelişimi ve müşterilerin kontrol sistemlerini daha etkili bir şekilde kullanmak istemelerinden dolayı, bina otomasyon sistemlerinde son yıllarda büyük gelişmeler yaşanmaktadır. Artık ISOHA, aydınlatma gibi farklı bina otomasyon sistemleri tek bir yazılım ve kontrolör üzerinden kontrol edilebilmektedir. Ayrıca farklı üreticilerin cihaz veya sistemleri aynı sisteme entegre edilebilmektedir. İnternet üzerinden kontrol ve izleme yapılabilmekte ve farklı bölgelerdeki otomasyon sistemleri tek bir çatı altına toplanabilmektedir. Aşağıda sırasıyla klasik ve günümüzde açık sistem ve protokollerle desteklenen entegre BOS' lerinin ayrıntılı açıklamaları bulunmaktadır.

5.1. Klasik Bina Otomasyon Sistemi Mimarisi ve Yapısı

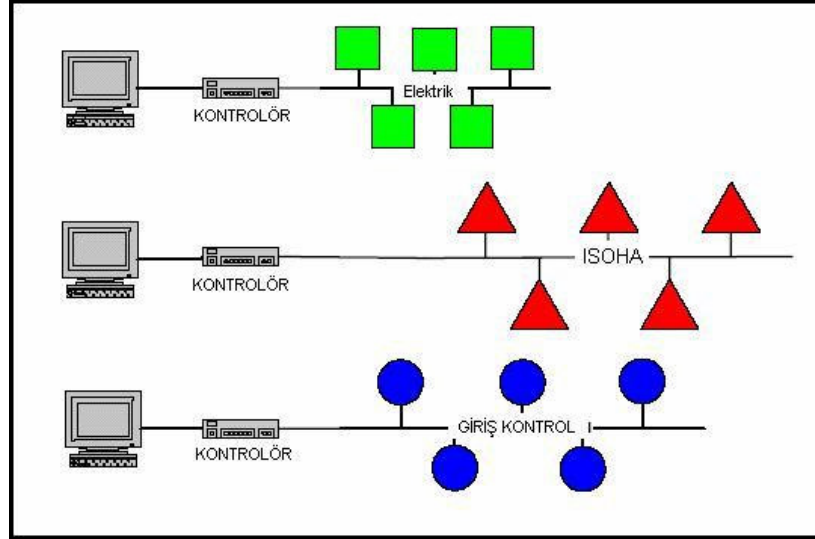
Klasik bina otomasyon sistemi “yönetim”, “otomasyon” ve “saha” olarak üç kısımda incelenmektedir.

Yönetim kısmı, merkezi otomasyon bilgisayarının bulunduğu yani programın çalıştığı birimdir. Teknik olarak sahadan gelen data kablosu bir çevirici (örneğin RS232/485 çevirici) vasıtası ile genelde RS232 haberleşme tipine dönüştürülmekte ve böylece gelen-gönderilen bilgiler bilgisayarın anlayacağı dile çevrilmiş olmaktadır.

Saha kontrolörlerinin bulunduğu kısım ise otomasyon kısmıdır. Kontrolörlerin her biri birer küçük işlemci olarak düşünebilmektedir. Sahadan gelen analoog veya dijital bilgiler bu kontrolörlerde değerlendirilmekte ve en genel anlamda bu kontrolörler programlanarak yerinde kontrol yapılmaktadır. Yani bilgisayar ile bağlantı kesildiğinde bu kontrolörler kendi başlarına sistemin çalışmasını sağlamaktadırlar. Genelde kontrolörler, bir kontrol birimi ve ek bir giriş-çıkış modülünden oluşmaktadır.

Saha kısmı ise, izlenecek veya kontrol edilecek noktalara ait cihazların bulunduğu kısımdır. Sıcaklık, elektrik tüketimi, hareket sensörü, damper motoru konumlandırma bilgisi saha kısmından alınan bilgilere örnek olarak verilebilir. Klasik sistemde, otomasyona alınacak olan tüm noktalar için kontrolöre alınacak olan dijital giriş, dijital çıkış, analog giriş, analog çıkış bilgisine göre bir kablo çekilmesi gerekmektedir.

Klasik yapıda, tüm sistemleri birbirine entegre etmek çok zordur. Farklı üreticiler tarafından üretilen cihazları birbirleri ile haberleştirmek çok zor ve kullanıcı açısından bu entegre edilmiş bilgilere ulaşmak imkansız gibidir. Her bir sistem için Şekil 5.1’te görüldüğü gibi farklı bir bilgisayar, farklı bir haberleşme yapısı ve farklı bir program kullanılmaktadır.

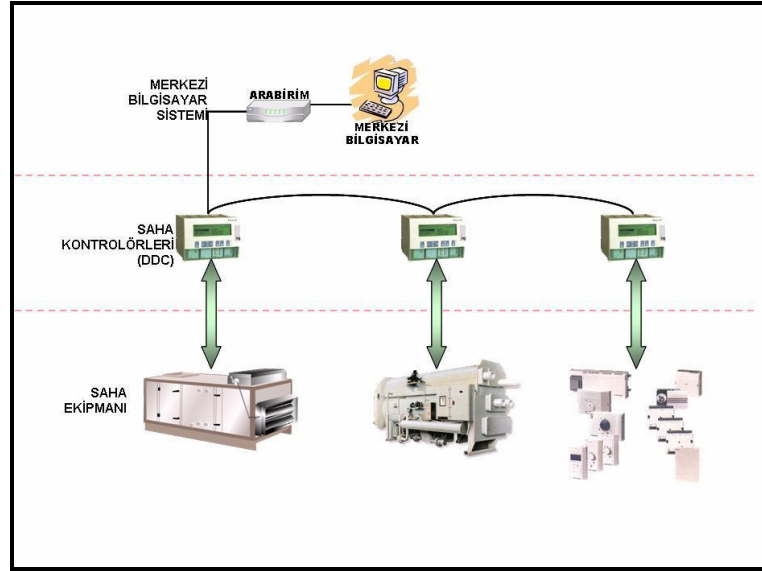


Şekil 5.1: Klasik bina otomasyon sisteminin yapısı

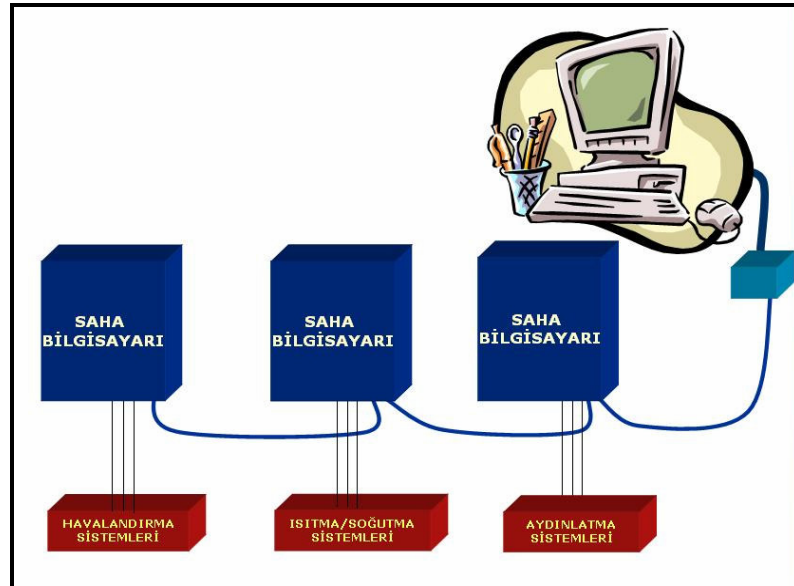
Günümüzdeki bina otomasyon sistemindeki eğilim Şekil 5.2’deki örnekte görülen entegrasyon sorununun çözülmesidir. Bunun çözülmesi için aslında tek bir haberleşme protokolün kullanılması gerekmektedir. Böylece kullanıcılar istedikleri ürünü aynı bilgisayar sektöründe olduğu gibi maliyet ve kendi çözümlerine uygun biçimde seçebileceklerdir. [23]

Klasik bina otomasyon sistemlerini merkezi bir bilgisayar, saha kontrolörleri ve saha ekipmanlarının oluşturduğu farklı katmanlardan oluşan sistemler olarak düşünebiliriz. Otomasyona alınacak her nokta için modüllere bir kablo çekildiğinden

dolayı, kablo kullanımı bakımından yoğun olan sistemlerdir. Tek veya sınırlı sayıda bilgisayardan ulaşım mümkündür. Her bir sistem (ISOHA, Aydınlatma, Enerji İzleme, v.b.) için ayrı bir bilgisayar kullanılmakta, yani farklı sistemlerin birbirleri ile iletişimi tam anlamıyla mümkün olmamaktadır. Nokta bazında bilgi alışverişi bulunmakta ve firmaya özel haberleşme protokolü kullanılmaktadır. Şekil 5.2 ve Şekil 5.3 de klasik bina yönetim sisteminin yapısını gösteren örnek konfigürasyonlar görülmektedir.



Şekil 5.2 : Klasik bina yönetim sistemi



Şekil 5.3: Klasik bina otomasyon sistemi konfigürasyonu

5.2. Entegre Bina Otomasyon Sistemi Mimarisi

Son yıllarda bina otomasyon teknolojilerinde çok ciddi gelişmeler yaşanmaktadır. Burada ağırlıklı olarak iki ana gelişme üzerinde durulabilir:

Farklı markaların ve farklı bina disiplinlerinin aynı çatı altında uyumlu çalışmasına imkân sağlayan açık protokollerin gelişmesi ve yaygınlık kazanması bu gelişmelerden ilkidir.

İkinci gelişme ise internet teknolojileri ile bina teknolojilerinin bir araya gelmesinden kaynaklanan yeni imkânların kullanıcılara sunulmaya başlanmasıdır.

Son zamanların en çok kullanılan ve tartışılan terimi “akıllı binalar” dır. İlk bölümde de anlatıldığı gibi akıllı binalarla ilgili farklı ülkelerin veya toplumların geliştirdikleri tanımlamalar bulunmaktadır. Bu tanımlamalarda, kullandığımız otomasyon ve teknolojik sistemlerin binanın akıllı olmasına direk etki ettiği görülmektedir.

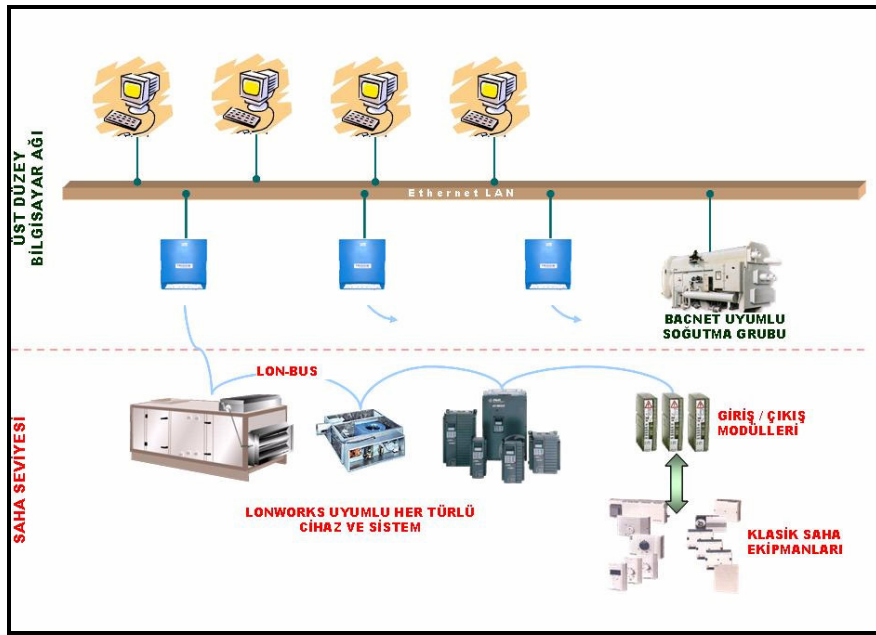
Günümüzde herhangi bir binada kullanılan ürün ve sistemlerin hemen hemen tamamı “akıllı” tanımına uyacak özelliklere sahiptir. Örneğin bir kazan ya da soğutma grubu kontrol panelinin üzerindeki işlemci gücü ve program özellikleri, bir zamanların gelişmiş bilgisayarlarının çok üzerinde bir yapıya sahiptir olabilmektedir. Bunların yanında asansörler, kesintisiz güç kaynakları, jeneratörler, devre kesiciler, yangın ihbar, güvenlik sistemleri, kartlı geçiş, enerji analizörleri, gibi binadaki teknolojik sistemleri oluşturan elemanların hepsi kendi başlarına birer kontrolör özelliğindedir. Böylece bu cihazlarla donanmış olan binalar, teknolojik açıdan akıllı bir yapıya sahip olmaktadır.

Kendi alanında her biri ileri teknolojiye sahip olan bu cihazların tam olarak etkili bir şekilde bina otomasyon sistemine entegre edilmesi için, bu cihazlar arasındaki iletişimin de maksimum düzeyde olması gerekmektedir. BOS’ de kullanılan cihazların veya sistemlerin birbirleri ile tam olarak haberleşip bilgi alışverişinde bulunmaları gerekmektedir. Klasik sistemde yukarıda belirtilen bina sistem ve cihazları aralarında hiçbir iletişim olmaksızın birbirinden habersiz, kendi içine kapanık bağımsız adacıklar şeklinde çalışmaktadırlar [23].

Satın alınan bina otomasyonu ve kontrol sistemleri birbirileri ile haberleşmediğinde, ya da karşılıklı çalışmadığında bina sahipleri ve işletmecileri açısından problem

teşkil etmektedir. Ancak entegre bina otomasyon sistemi ile birlikte mevcut olan sisteme ilerde eklenecek olan cihaz ve sistemler maliyet etkin bir şekilde eklenebilmektedir.

Şekil 5.4’de örnek bir entegre bina otomasyon sistemi görülmektedir. Burada saha düzeyinde kullanılan akıllı cihazlar (soğutma grubu, frekans invertörü, giriş-çıkış modülleri, v.b.) tek bir data kablosu ile kontrolöre bağlanmaktadır. Böylece bu cihazlardaki bilgiler paket şeklinde alınıp otomasyon ekranında gösterilebilmektedir. Ayrıca şekilde görülen kazan grubu gibi bazı cihazlar kontrolöre gerek duymadan direkt olarak ethernet haberleşme tipine sahip olabilmektedir.



Şekil 5.4: Entegre bina otomasyon sistemi konfigürasyonu

Günümüzde BOS’ de birçok farklı üreticinin geliştirdiği farklı haberleşme protokolleri bulunmaktadır. Bu yüzden birçok haberleşme standardı bulunmakta ve tek bir haberleşme yapısı kullanılamamaktadır. Her cihaz sahip olduğu haberleşme protokolüne göre haberleşmekte ve farklı protokole sahip cihazların bir arada haberleşmesi zorlaşmaktadır.

Bina otomasyon sistemini tam olarak entegre biçime (açık hale) getirip tek bir haberleşme yapısı ve yazılım kullanmak için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekmektedir:

- Bağımsız bir yazılım yapısı olması gerekmektedir. Böylece benzer veya farklı özellikteki sistemler aynı yazılım üzerinden kontrol edilip, yazılım kısmında da cihazların birbirleri ile entegrasi sağlanmalıdır.
- Bina otomasyon sistemi, Bacnet, Lonworks, Modbus, EIB gibi çoğu BOS cihaz üreticilerinin desteklediği haberleşme protokollerini desteklemelidir. Aynı zamanda klasik sistemlerin bu yapıya entegre edilmesine imkan sağlamalıdır.
- İnternet standartlarını desteklemelidir [24].

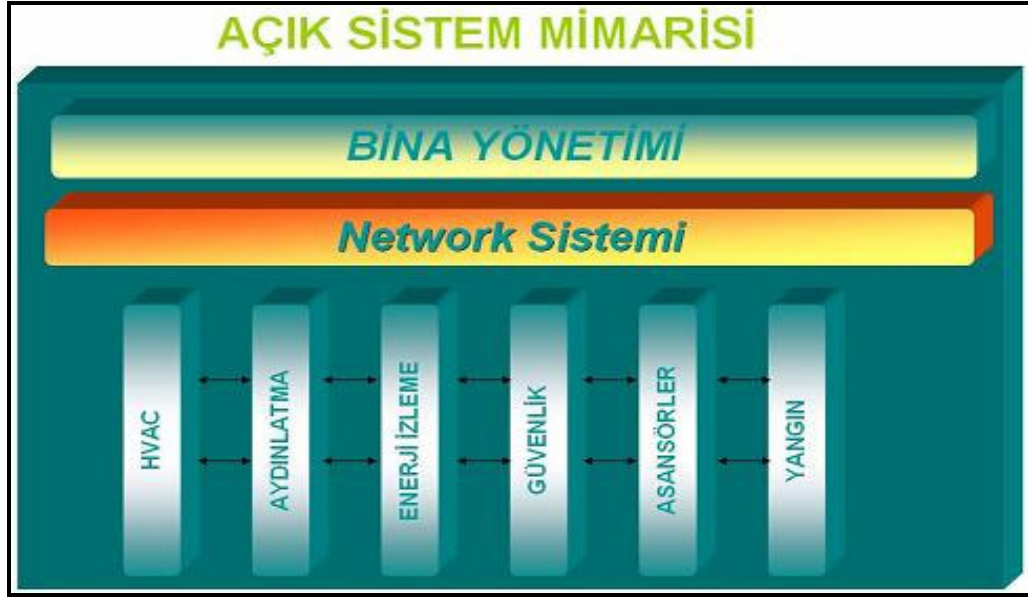
5.3. Açık Sistemler ve Protokoller

Son yıllarda bina otomasyon sistemlerinde haberleşme konusunda çok büyük gelişmeler yaşanmaktadır. ISOHA, aydınlatma, enerji, yangın, v.b. bina otomasyon sistemleri tek bir çatı altında toplanıp birbirleri ile entegre biçimde haberleşebilmektedirler. Bu oluşumla birlikte açık sistemler ve protokoller terimleri de, gün geçtikçe bina otomasyon sistemlerindeki yerini almaktadır.

Açık sistemler BOS' deki tüm cihazların veya sistemlerin akıllı olduğu ve birbirleri ile gerektiğinde haberleşebildikleri bir çevre olarak tanımlanabilmektedir.

Açık protokoller ise otomasyon sistemlerindeki cihazların haberleşebilmeleri için kullandıkları haberleşme standartlarıdır.

Şekil 5.5'te örnek bir açık sistem mimarisi görülmektedir. ISOHA, aydınlatma, enerji izleme, güvenlik, asansör ve yangın otomasyonu BOS' nin kalbini oluşturmaktadır. Açık sistemler ile, tüm bu sistemlerin birbirlerine entegre bir biçimde haberleşebildikleri bir yapı kurulmaktadır.



Şekil 5.5: Açık sistem mimarisi

Açık sistemler, tüm cihazların akıllı olduğu bir dünya olarak tanımlanabilmektedir. Şekil 5.6'da da gördüğümüz gibi, sensör, güvenlik kamerası, elektronik balast, ISOHA valfı, enerji analizörü gibi farklı tipteki ve farklı üreticilerin cihazları açık haberleşme protokolleri ile aynı kanal üzerinden haberleşme imkânı bulabilmektedirler. Aynı zamanda uzaktaki bir bilgisayar ile bu sistemi izleyip ve kontrol etme imkânı bulunmaktadır.



Şekil 5.6 : Açık Sistemlerle ilgili örnek bir konfigürasyon

5.3.1. Açık Protokollerle İlgili Tanımlamalar

Açık protokollerin ve sistemlerin daha iyi anlaşılabilmesi için bazı teknik kavramların bilinmesi gerekmektedir. Bu terimlerle ilgili tanımlamalar aşağıda açıklanmıştır.

5.3.1.1. Protokol

İki cihazın birbirlerine bilgi aktarmakta kullandıkları lisanı “protokol” ismi verilmektedir. Örneğin, iki insanın anlaşabilmek için aynı lisanı konuşmaları gerekmektedir. Aynı şekilde cihaz ve sistemlerin de birbirleriyle anlaşmaları gerektiğinde ortak bir lisanı konuşmaları yani ortak bir iletişim protokolünü kullanmaları gerekmektedir. Örneğin, anlaşmazlıkların az, uyumluluğun yüksek olduğu bir alan bilgisayar ağlarıdır. Bilgisayar, yazıcı, tarayıcı vs. gibi cihazlar birbirlerine direk olarak bağlanıp kullanabilmektedir. Bunun nedeni, bilgisayarların birbirleriyle haberleşmesinde kullanılan protokol, yani lisanların standardize edilmiş olması ve tüm üreticilerin bu standartlara uygun üretim yapıyor olmalarıdır. Aynı şekilde BOS’ nde de kullanılan cihazların ve sistemlerin bu şekilde birbirine bağlanıp haberleşmeleri istenmektedir [23].

Yukarıdaki bilgisayar örneğinde olduğu gibi bir yapının oluşturulması için tek bir standart haberleşme protokolünün kullanılması gerekmektedir. Ancak günümüzde, BOS’ inde birçok farklı haberleşme protokolleri kullanılmaktadır. Lon, Bacnet, Modbus, EIB (European Installation Bus) en yaygın olarak kullanılan haberleşme protokollerdir. Açık protokoller kısmında bu standartlarla ilgili daha detaylı açıklamalar bulunmaktadır.

5.3.1.2. Taşıma ortamı

Bina teknolojilerinde geçmişte en yaygın kullanılan taşıma ortamı RS485 kısaltmasıyla bilinen ve iki damarlı kablo üzerinden bir dizi cihazın çift-yönlü haberleşmesini sağlayan standart idi. Ancak RS485 bir iletişim protokolü değil, yalnızca bir taşıma ortamıdır. Yani A ve B üreticilerinin cihazlarında RS485 çıkışlar olması, bu iki cihazın haberleşebileceği anlamına gelmemektedir. Yani iki cihazın da aynı taşıma ortamına (örneğin RS485, RS 422, v.b.) sahip olmasının yanında, aynı haberleşme protokolünü de kullanıyor olmaları gerekmektedir [23].

5.3.1.3. Standartlaşma

Protokol ve taşıma ortamı uyumu, BOS’ nde haberleşmenin sağlanabilmesi için gerekli olan en önemli iki unsurdur. Tüm üreticiler tek bir standart protokol ile bu protokolün taşınacağı ortak bir ortam üzerinde anlaşmış olsa haberleşme konusunda hemen hemen hiçbir sorun yaşanmayacaktır. Böylece kurulu olan bina otomasyon sistemine, farklı üreticilerin cihazları veya sistemleri kolaylıkla entegre edilebilecektir.

Bina otomasyon sistemlerinde standartlaşma yolunda çok ciddi ve kapsamlı adımlar atılmaktadır. Bu amaçla farklı üreticilerin cihazları aynı haberleşme protokolünü kullanabilmekte veya farklı haberleşme protokollerini destekleyen kontrolörlerin kullanılması ile BOS’ nde kısmen de olsa standartlaşmaya gidilmeye başlanmaktadır [23].

Açık sistemlerin kullanılmaya başlanması bina sahipleri, yöneticileri, sistem entegratörleri bakımından birçok avantajı da beraberinde getirmiştir.

5.3.2. Açık Sistem ve Protokollerin Getirdiği Avantajlar

5.3.2.1. Firma bağımsızlığı

BOS’ lerinde cihazlar veya sistemler için tek bir markanın veya üreticinin mahkûmiyeti altına girmek istenmemektedir. Yakın zamana kadar A firmasının kurduğu bir bina otomasyon sistemine daha sonra ilave, revizyon, yenileme yapmak gerektiğinde diğer bir firmanın ürünlerini kullanmak ya da diğer bir firmadan hizmet almak mümkün olmamaktaydı. Günümüzde dahi birçok bina otomasyon üreticisinin sistemleri bu şekildedir [23].

“Açık Sistemlerin” ana fikirlerinden biri firma ve ürün bağımlılığını ortadan kaldırmak, sistemleri tam anlamıyla haberleşme açısından, açık hale getirmektir. Sistem açık yapıda olduğundan dolayı haberleşme protokolüne uyumlu herhangi bir üreticiden kontrol ve izlenmek istenen cihaz satın alınabilmektedir. Böylece rekabetçi bir pazar oluşmakta ve bu da son kullanıcıya olumlu bir şekilde yansımaktadır [24].

5.3.2.2. Entegrasyon ve daha düşük ilk yatırım

BOS' lerinin ilk kurulum maliyetleri, kontrol edilmek istenen nokta sayısına ve kontrol şekline bağlı olarak değişmekte ve büyük rakamlara ulaşmaktadır. Günümüzde açık sistemlerle ilgili tanıtım ya da dokümanlarda en çok firma bağımsızlığı tanımı üzerinde durulmaktadır. Bunun yanında ilk yatırım maliyetinin de ciddi bir şekilde göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Farklı sistemlerin ve cihazların birbirleri ile haberleşebilmeleri ve entegrasyonu yatırım maliyeti açısından çok büyük bir avantaj teşkil etmektedir. Özellikle mekanik tesisattaki kazan, soğutma grubu, paket tip klima, VAV kutusu, buharlı nemlendirici, frekans invertörlü pompa gibi birçok cihaz, üzerlerinde son derece gelişmiş ve akıllı kontrol cihazları ile birlikte üretilmektedirler. Üretici firmalar kullanıcıların da baskısı ile diğer cihaz veya sistemlerle iletişimi sağlayan haberleşme ünitelerini bu cihazlara eklemektedirler. Böylece bir iki damarlı kablo bağlantısı ile her cihazdan onlarca bilgiyi otomasyon sistemine taşımak mümkün olmaktadır.

Açık sistemlerle birlikte otomasyon sistemine alınan bilgi miktarı çok daha fazla olmaktadır. Bir örnek vermek gerekirse klasik sistemlerde bir soğutma grubundan otomasyon sistemine alınacak toplam bilgi 4-5 nokta ile sınırlı idi (durum, arıza, giriş-çıkış sıcaklıkları, v.b.). Oysa açık bir protokol üzerinden dijital iletişim imkânı kullanıldığında her bir soğutma grubundan onlarca bilgi temin edilebilmektedir. Bunların arasında hangi kompresörün kaçınca kademedeki ne kadar çalıştığı, gaz basınçları, çekilen akım gibi bilgiler de bulunmaktadır. Bu ekstra alınan bilgiler işletmeye, verim değerlendirmesi, optimizasyon, ön bakım gibi konularda büyük yarar sağlamaktadır.

5.3.2.3. Daha düşük maliyet

Açık sistemlerle birlikte alınan bilgi miktarının büyük oranda artmasına karşın, çoğu durumda net sistem maliyeti daha düşük olmaktadır. Çoğu üründe haberleşme çıkışları standart ya da çok makul maliyetli opsiyonlar şeklinde bulunmaktadır. Buna karşın klasik tip projelendirilmiş bina otomasyon sistemine oranla, malzeme ve dolayısıyla maliyet düşüşüne yol açmaktadır. Çünkü eskiden ayrı ayrı analog/dijital girişler üzerinden sisteme taşınan bilgiler artık bu iletişim protokolleri üzerinden alınabilmektedir. Bu sayede otomasyon tarafında modül sayıları azalmaktadır.

Bununla birlikte, en önemlisi, kablo miktarı ciddi şekilde azalmaktadır. Çünkü eskiden her bir nokta için ayrı ayrı kablo çekilirken, artık tek bir kablo üzerinden çok daha fazla bilgi taşınabilmektedir [23].

5.3.2.4. Daha işlevsel senaryolar ve verimli bir çalışma şekli

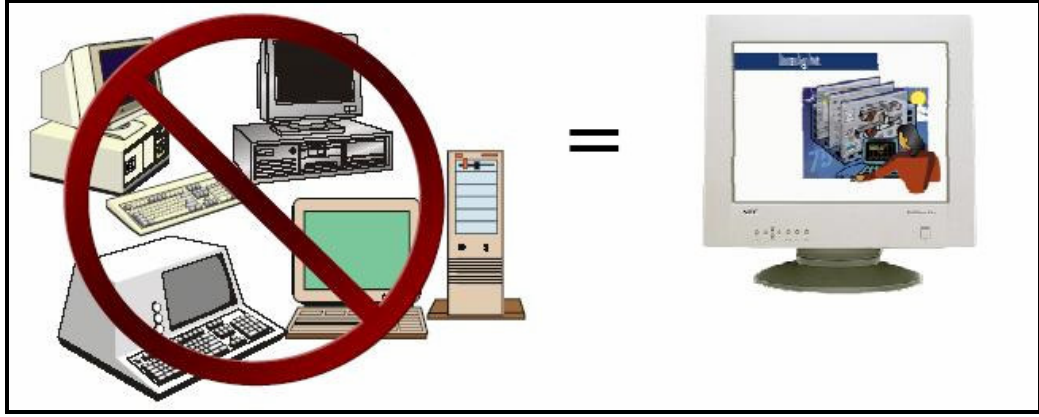
Açık sistemlerle birlikte, sistemin çalışması ve bakımı için gerekli olan insan gücünden tasarruf edilmektedir. Kontrol stratejilerinin koordinasyonundan ötürü, enerji tüketimi de azalmaktadır. Yani tüm sistemler (ISOHA, Enerji, Aydınlatma, v.b.) birbirine entegre olduğundan dolayı enerji ve yönetim bakımından daha etkin bir kontrol yapılabilmektedir [24].

Ana sistem bünyesine daha fazla bilgi alınabilmesi sayesinde daha işlevsel, istenirse daha karışık senaryoları sisteme programlamak mümkün olmaktadır.

5.3.2.5. Standart kullanım

Bina otomasyon sistemi, ISOHA, aydınlatma, enerji izleme ve faturalama, yangın, gibi birçok farklı sistemi içermektedir. Binalarda genelde tüm bu sistemler için farklı yazılımlar kullanılmakta ve bu yazılımlar farklı bilgisayarlarda çalışmaktadır. Böylece herhangi bir binanın otomasyon bölümüne (odasına) girildiğinde tüm bu sistemlerin ayrı bilgisayarlarda çalıştığını görmekteyiz [24].

Tüm bu farklı sistemleri binalarda çalışan teknik müdür, teknisyenler ve diğer yetkili kişilerin her birinin öğrenmeleri gerekmektedir. Herhangi bir görev değişimi veya işten ayrılma durumu olduğunda yerine yeni gelen çalışanların da tüm bu sistemleri öğrenmeleri gerekmektedir. Yani çağdaş bir binanın teknik işletmesinin üzerinde ciddi bir yük teşkil etmektedir. Açık sistemler ile birlikte tüm bu sistemler tek bir yazılım ile kontrol edilebilmektedir. Normalde bu sistemlerin her biri için farklı bir yazılım, PC kullanılması gerekirken, artık hepsi tek bir çatı altında toplanabilmektedir (Şekil 5.7). Aynı zamanda bina içerisindeki tüm ağdan otomasyon sistemine ulaşılmaktadır. Yani tek bir yazılım ile tüm binadaki, şifre yetkisi olan kişiler sisteme ulaşabilmektedir [6,24].



Şekil 5.7: Standart kullanımı gösteren bir konfigürasyon

5.3.2.6. Geniş çaplı bilgi erişimi

Birbirine benzer olmayan sistemler açık sistemler ile birlikte tek bir çatıda toplanmış gibi düşünülebilmekte ve böylece daha geniş çapta bilgiye ulaşılabilmektedir. Örneğin giriş-çıkış otomasyonu ile enerji otomasyonu tek bir yapıda toplanmaktadır. Böylece doluluk oranına göre enerji tüketimindeki değişim detaylı bir şekilde incelenebilmektedir.

Açık protokolle iletişime sahip kontrolörler veya sahada kullanılan cihazlar üzerindeki mikroişlemci tabanlı işlemciler geçmişteki birçok bilgisayardan daha üstün özelliklere sahiptirler. Bu kontrolörler direk olarak geçmişe dönük verileri üzerlerinde tutmakta ve bilgisayar ile bağlantıda bir sorun olduğu takdirde, kontrolör üzerinden bilgilere ulaşılabilmektedir. Saha da kullanılan cihazlar da, örneğin en son enerji analizörlerinin üzerinde dâhili bellekleri bulunmaktadır. Böylece bu cihazlar üzerinden direk olarak önceden belli zaman aralıkları için konfigüre edilmiş olan bilgilere ulaşılabilmektedir. Böylece geçmişe dönük verilerin kaybolması şeklinde bir sorun yaşanmamaktadır [24].

5.3.2.7. İnternet teknolojileri

Açık sistemler ile birlikte, tüm bilgilerin tek bir çatı altında toplanmasıyla işletmecinin binasını tek bir yazılımla idare etme olanağı sağlamaktadır. Bu avantajın en verimli şekilde uygulanması için, internet teknolojilerindeki gelişmelerle, bina otomasyon sistemlerinin birleşmesi gerekmektedir. Bu teknoloji ile birlikte

kullanıcılar sistemlerini internet üzerinden izleme ve kontrol etme imkanı bulabilmektedirler.

Gittikçe daha çok sistem, standart veya opsiyonel olarak, “web sunucusu” özelliğine sahip olabilmektedir. Yeni gelişen teknolojiler ile birlikte PC’ lerde standart olarak bulunan İnternet Explorer sayfası üzerinden direk olarak istediğiniz yerden BOS’ ne ulaşmak mümkün olmaktadır. İnternet erişim programlarının otomasyon için kullanımına izin veren bu “web sunucu” özelliğinin getirdiği avantajlar aşağıdaki gibidir:

- Her bilgisayarda mevcut (İnternet Explorer) ve yükleme problemi olmaması,
- En alt düzeyden en üst düzeye bilgisayar bilgisine sahip herkesin kullanmayı bilmesi,
- Çok sayıda bilgisayardan aynı anda sisteme erişilebilmesi,
- Intranet ve internet üzerinden kullanım imkanı,
- E-posta ve IP teknolojileri entegrasyonu imkanı,
- Windows, Linux, Macintosh gibi işletim sistemleri ile de kullanılabilir [23].

5.3.3. Açık Sistemlerle İlgili Mevcut Durum

Yukarıda bahsedilen avantajları bugünün binalarında kullanıma hazır hale getiren gelişmeler, birden çok grubun yıllar önce başlattıkları ve artık olgunlaşma aşamasına gelen çalışmalarıdır. Günümüzde BOS sektöründe kullanılan birçok haberleşme protokolü (Bacnet, Lon, Modbus, v.b.) bulunmaktadır. Birden fazla protokolün kullanılması entegrasyon açısından zorluklar teşkil etmektedir. Çünkü açık sistemin tam anlamıyla geçerli olabilmesi için standartlaşma ve tek bir haberleşme protokolünün kullanılması gerekmektedir. Bina teknolojilerinde ön plana çıkmış ve yakın gelecekte mutlaka kullanımda olacak belli başlı protokol ve standartlar aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir:

▪ **Amerikan Protokolleri:**

Bacnet, LON

▪ **Avrupa Protokolleri:**

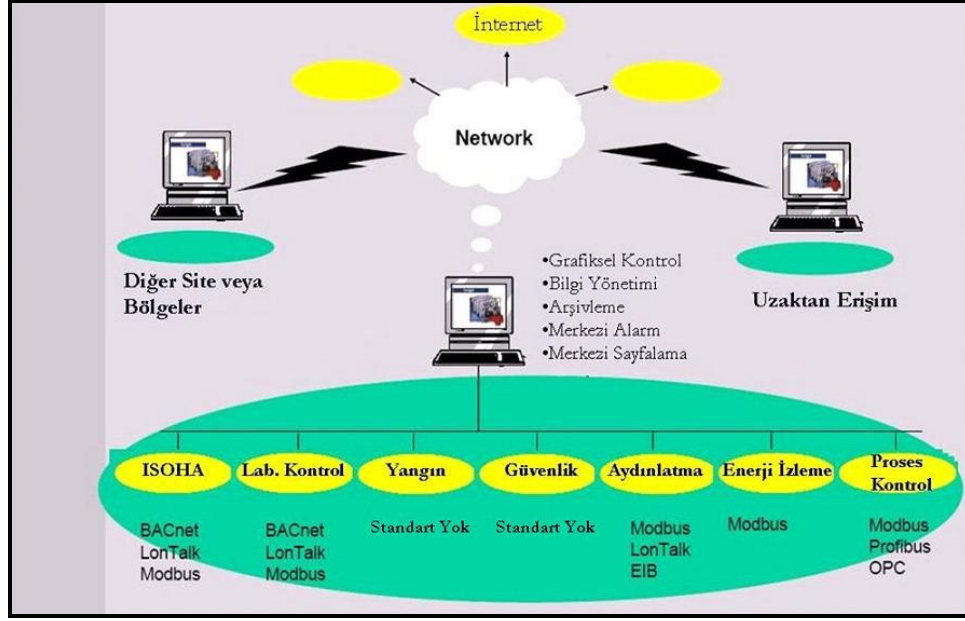
Profibus, Modbus, EIB,

5.3.4. Açık Protokoller

Daha önce de belirtildiği gibi iki cihazın birbirlerine bilgi aktarmakta kullandıklarına lisana protokol ismi verilmektedir. Açık sistemlerle ilgili protokoller en genel anlamda kullanılan sisteme (ISOHA, aydınlatma, v.b.) ve üretici firmalara göre değişim göstermektedirler. Açık sistemlerde kullanılan protokoller teknik özellikleri açısından birbirleri ile farklı özelliklere sahip olmaktadır. Bu özelliklerden bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir.

- Hız
- Erişim Metodu (tokan passing, master/slave/ çoklu erişim)
- Adresleme
- Mesaj seçenekleri
- Güvenlik
- Yönlendirme (Routing)
- Media (İletişim şekli koaksiyel, twisted pair, rf gibi)

Yukarıda belirtilen protokollerden Bacnet ve Lon protokolleri direk olarak BOS'lerine özgü olarak geliştirilmiş standartlardır. Modbus, OPC, EIB, Profibus gibi diğer haberleşme protokolleri binaların yanında, endüstride de kullanılmaktadırlar. Şekil 5.8' te farklı sistemler için kullanılan haberleşme protokolleri özet şekilde verilmiştir.



Şekil 5.8 : Farklı otomasyon sistemlerinde kullanılan haberleşme protokolleri

5.3.4.1. BACnet (Building Automation and Control Networking) Protokolü

Amerikan Tesisat Mühendisleri Derneği (ASHRAE) tarafından geliştirilen bir standarttır. İlk olarak 1987 yılında bina otomasyonu ve kontrol sistemlerinde kullanılmak üzere bu protokolle ilgili çalışmalara başlanmıştır. Bu amaçla kurulan Standart Oluşturma Komitesi (Standard Project Committee-SPC 135P), ilk olarak 1991 yılında BACnet standardı ile ilgili çalışmasını taslak olarak yayınlamıştır. Bu ilk taslak çalışmaya, altı farklı ülkeden 507 ayrı yorum gelmesi, bu tip bir standardın geliştirilmesi konusunda bina endüstrisinin ne kadar yoğun ilgisi olduğunu bir yansıması olarak kabul edilmiştir. Artan ilgi ve görüşler de değerlendirilerek ilk çalışmanın revize edilmiş hali 1994'de yayınlanmıştır. 1995'te ise Bacnet standardının üçüncü ve son revizyonu oluşturulmuştur. Standart bu haliyle ilk çalışmalarına başlandığı tarihten sekiz buçuk yıl sonra onaylanmış ve bir ASHRAE standardı olarak kabul edilmiştir. Aynı yıl BACnet standardı Amerikan Ulusal Standartları Enstitüsü tarafından ulusal bir standart olarak kabul edilmiştir[25]. Bacnet daha çok ISOHA sistemlerinde kullanılmakta ve Avrupa'da EN ön-standartı statüsünde bulunmaktadır. Kasım 2000 itibarıyla en azından 82 ülkede BacNet sistemleri kurulmuş ve çalışır durumdadır.

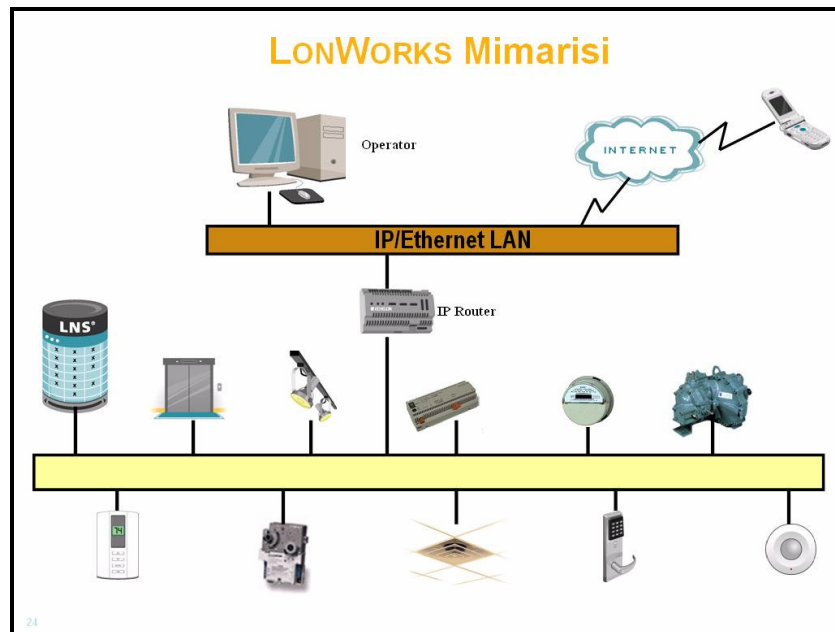
Bacnet birçok farklı tipteki iletişim alanında çalışabilmektedir. Bu taşıma ortamları aşağıdaki gibidir:

RS485 (at up to 1Mbits/s), RS232, ARCNET (at 2.5 Mbits/s), Ethernet (at 10 Mbits/s) ve LonTalk. Yakın zamanda internet protokolü olan TCP/IP üzerinden de iletişime geçmiştir.

Genel olarak Bacnet protokolü, otomasyon sisteminin yönetim kısmında, tüm alt sistemlerde, genel amaçlı kontrolörlerde, akıllı sensör uygulamalarında kullanılmaktadır. ISOHA sistemlerinin kontrolünde ile görüntülenmesinde ve diğer bina sistemlerinde kullanılmaktadır. Güvenlik ve alarm sistemlerinin entegrasyonunu ise direk olarak desteklemektedir.

5.3.4.2. Lonworks Protokolü

1988 yılında kurulmuş olan, Echelon firması tarafından geliştirilen bir protokoldür. Lonworks haberleşme protokolü, bina otomasyon sektöründe bugün en yaygın kullanılan iletişim standardıdır (Şekil 5.9). Bina otomasyon sistemlerinin (ISOHA, giriş-çıkış kontrol, aydınlatma, hareket sensörleri, v.b.) yanı sıra Lonworks, taşımacılık, tıbbi cihazlar, sanayi otomasyonu, ev otomasyonu ve kamu hizmetleri alanlarında da yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır [25].



Şekil 5.9: LONWORKS sistemi mimarisi

LON protokolü ile ilgili birkaç tane standartlaşmış kavram bulunmaktadır. Bu kavramlar aşağıda özet şekilde açıklanmaktadır.

LonTalk, LonWorks cihazlarının aralarında haberleşme için kullandıkları standart protokole verilen isimdir.

LonMark, bir LonWorks cihazının testlerden geçip uyumluluğunun tescil edildiğini gösteren damgadır.

NeuronChip ise Echelon firmasının geliştirdiği ve LonWorks uyumlu cihazlarda iletişim görevini üstlenen devredir. Marka bağımsız olmakla birlikte, LonWorks cihazında kullanılan Neuron Chip'leri Toshiba ve Cypress üretmektedir. Bu sayede farklı marka cihazlar arası iletişimin uyumluluğu garanti altına alınmaktadır.

5.3.4.3. Modbus Protokolü

Modbus haberleşme protokolü, Bacnet ve Lonworks protokollerine göre daha eski bir protokoldür. Sektörel olarak kıyaslandığında ise endüstriyel alandaki iletişim ihtiyacını karşılayan en eski seri iletişim protokollerinden biridir. PLC (Programmable Logic Controller) sektörünün ilk ve en güçlü imalatçılarından olan Modicon firması tarafından kendi ürünleri arasındaki iletişimi sağlamak üzere 1978 yılında geliştirilmiştir. Zamanla PLC sistemler arasında veri transferi ve bilgi alışverişini sağlayan standart bir iletişim protokolü olarak kullanılmıştır.

Modbus, Lonworks ve Bacnet gibi yeni protokollere göre daha basit bir yapıya sahip olmasına rağmen alt yapısı oldukça güçlü bir protokoldür. Geniş kapsamlı bir imalatçı firma tarafından desteklenmektedir. Modbus bina otomasyon sistemi yanında, endüstride de geniş bir şekilde kullanılmaktadır.

5.3.4.4. EIB (European Installation Bus) Protokolü

EIB, EIBA (European Installation Bus Association) tarafından geliştirilen, Avrupa kökenli bir haberleşme protokolüdür. EIBA, elektronik sektöründen on beş Avrupalı üretici firmanın, sistemlerinin/cihazlarının birbirleriyle haberleşmesinde kullanacakları ortak bir iletişim dili oluşturmak üzere bir araya gelmesiyle 1990 yılında kurulmuş bir dernektir.

Nisan 1999'da, elektromekanik ve bina otomasyon alanlarında aralarında Bosch, Schneider, Siemens, Electrolux, Merten gibi isimlerin bulunduğu dokuz büyük Avrupa firması, bu yeni grup ile işbirliği içerisinde Konnex Association adı altında bir dernek oluşturmuşlardır. Derneğin amacı, mevcut üç Avrupa iletişim standardının sahip olduğu teknik altyapı ve kaynakları birleştirerek bina ve konut otomasyonunda standart olarak kullanılacak tek bir açık iletişim protokolü yaratmaktır. Günümüzde Konnex Association sektörde Bina ve Konut Elektronik Sistemleri Standardizasyonunda on yıllık bir geçmişe sahip üç oluşumun mirasını taşıyan, 100'ü aşkın elektrik sistemleri/cihazları üreticisini bünyesinde bulunduran önemli ve etkili bir kuruluştur [25].

6. AKILLI BİNALARDA ENERJİ ve ENERJİ İZLEME SİSTEMİNİN ÖNEMİ

6.1. GİRİŞ

Akıllı binalar kapsamında düşünebileceğimiz ticari binalar, orta ölçekli bir endüstri kuruluşunun toplam enerji tüketimine eşdeğer düzeyde bir tüketime sahiptirler. Özellikle enerji krizlerinden sonra tüm sektörlerde olduğu gibi binalarda da enerji tüketiminin etkili bir şekilde kontrol edilmesinin önemi ortaya çıkmıştır. Bu amaçla kullanılan teknik ve teknolojik sistemlerin verimliliğin artırılması ve kontrolü önem kazanmıştır.

1970' li yıllardaki enerji krizlerinden önce, binalardaki enerji tüketimi 1990'lı yıllardakinden yaklaşık iki kat daha fazlaydı. Örnek olarak, USA Midwest' deki bir ofis binasının yıllık toplam enerji tüketimi 512.000.000–683.000.000 kWh/m²'den 205.000.000–256.000.000 kWh/m²'ye düşmüştür. Binalardaki sürekli gelişen teknoloji ve proseslerden dolayı enerji tüketimi giderek azalmaktadır. Tablo A1'de farklı bina tiplerindeki enerji tüketim verileri görülmektedir. Binaların hacmi, iklim durumu, yapım metotları, mimari yapısı ve çalışma programları tüketimlerde etkin olan en önemli parametrelerdendir [26].

Toplam kapalı alanlar 5.000 – 150.000 m² arasında değişen akıllı binalarda kullanılan enerji türleri genelde elektrik, yakıt ve sudur. Binalardaki enerji tüketiminin büyük kısmı elektrik enerjisinden karşılanmaktadır. Elektrik enerjisi yanında doğalgaz, kömür LPG, motorin gibi yakıt türleri de kullanılmaktadır.

Binalarda aydınlatma sistemleri, soğutma sistemleri, havalandırma sistemleri, aktarma-taşıma sistemleri, bilgisayar ve ofis ekipmanları gibi çoğu sistem ve cihaz elektrik enerjisi ile çalışmaktadır. Binaların enerji tüketiminde elektrik enerjisi tüketimi diğer yakıt türlerine göre baskındır. Soğutma sistemleri ve aydınlatma sistemlerinin elektrik enerjisi tüketimindeki payı diğer sistemler göre daha yüksektir. Özellikle yaz aylarında sıcaklık değerlerinin yüksek olduğu bölgelerde, soğutma sistemlerinin elektrik enerjisi tüketimi içerisindeki oranı daha fazladır.

Ofis tipi binalarda ise aydınlatma sisteminden kaynaklanan elektrik enerjisi tüketimi yüksek oranlardadır. Bu nedenle soğutma ve aydınlatma sistemlerinin verimli hale getirilmesi ve kontrol fonksiyonlarının artırılması binalardaki elektrik enerjisinin etkin kullanımı açısından önemlidir.

Elektrik enerjisinden sonra binalarda en fazla tüketime sahip olan enerji kaynağı yakıttır. Tüketilen yakıtın büyük kısmı, mahal ısıtması ve sıcak su kullanımı için harcanmaktadır. Elektrik tüketiminin aksine binalardaki yakıt tüketimi doğal olarak kış aylarında artmaktadır. Bu değişim özellikle farklı bina türleri için değişim göstermektedir. Alış-veriş merkezleri gibi doluluk oranının yüksek veya aydınlatma sisteminin yoğun olduğu binalarda ısıtma sistemi için harcanan enerji miktarı diğer bina türlerine göre düşük değerdedir. Çünkü insanlardan ve aydınlatmadan kaynaklanan ek ısılar ısıtma yükünü düşürmektedir. Bunun yanında soğutma sistemine de ek yük getirmektedir. Otel ve hastane tipi binalarda ise ısıtma sisteminin yanında sıcak su kullanımı için de yakıt kullanıldığından dolayı, yakıt tüketimi diğer bina türlerine göre yüksek değerdedir.

6.2. Akıllı Binalardaki Enerji Analiz Teknikleri

Elektrik enerjisi bir binadaki toplam enerji maliyetleri içerisinde büyük bir oranı teşkil etmektedir. Birim tüketim bazında irdelendiğinde binalardaki doğalgaz tüketimi daha yüksek olmasına karşın, birim maliyeti düşüktür. Elektrik enerjisi maliyetinin bir binanın toplam enerji maliyetindeki oranı %70–80 civarındadır. Bu nedenle elektrik enerjisinin tüketim değerlerinin ve enerji kalitesi parametrelerinin izlenmesi binalar için önem teşkil etmektedir. Enerji izleme sistemi veya aylık elektrik faturalarından elde edilen tüketim değerleri ile birlikte binalar için değişik enerji analiz teknikleri uygulanabilmektedir.

Yıllık enerji tüketimi ile ilgili analiz yapılırken bir yıl boyunca aylık elektrik, yakıt ve su tüketim değerlerine göre basit olarak değerlendirmeler yapılır. Böylece hızlı bir şekilde binanın yıllık enerji performansı elde edilmiş olur.

Enerji izleme sisteminden elde edilen verilere göre değerlendirme yapılırken ise her bir sistemin veya bölümün ne kadar enerji tükettiği belirlenip binanın detaylı bir şekilde enerji analizi yapılabilir. Tüketim değerlerinin yanında elektriksel

olarak enerji kalitesi parametreleri de izlenip geniş çaplı bir değerlendirme yapılabilmektedir.

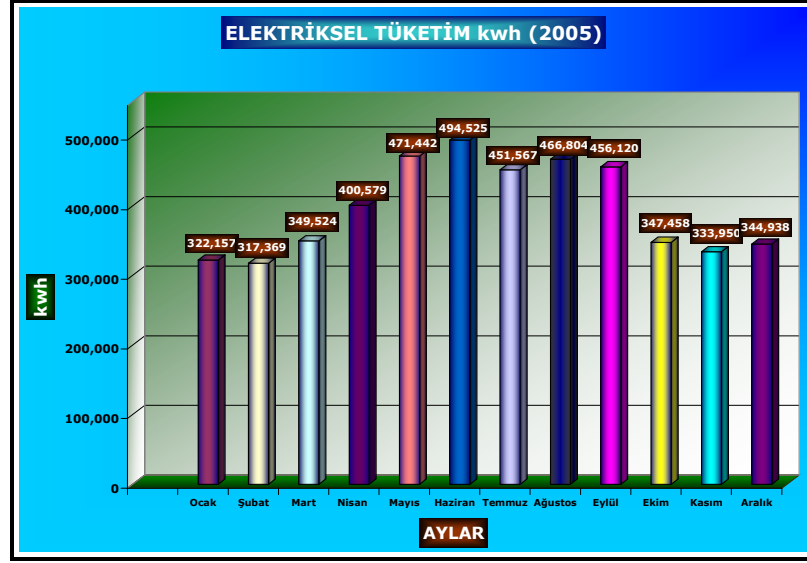
6.2.1. Binaların enerji performanslarının faturalar ile belirlenmesi

Yıllık enerji tüketimi ile ilgili analiz yapılırken bir yıl boyunca aylık elektrik, yakıt ve su tüketim değerlerine göre basit olarak değerlendirmeler yapılır. Böylece hızlı bir şekilde binanın yıllık enerji performansı elde edilmiş olur.

Bu çalışmada kapsamında İç Anadolu Bölgesinde bulunan, toplam 56.189 m² kapalı alana sahip otel binası incelenmiştir. Bina teknik ve teknolojik sistemler bakımından tam anlamıyla akıllı bir yapıya sahip olup, ISOHA otomasyonu, aydınlatma otomasyonu, enerji izleme ve kontrol sistemi, giriş-çıkış kontrol ve güvenlik sistemleri kullanılmaktadır. Yapılan incelemeler sonucunda mevcut enerji izleme sisteminin etkili bir şekilde çalışmadığı ve sisteme gelen değerlerin sağlıklı olmadığı görülmüştür. Bina genelinde yaklaşık 250 oda, biri kapalı olmak üzere iki yüzme havuzu, konferans salonu, tenis kortu, fitness salonu gibi aktiviteler de bulunmaktadır.

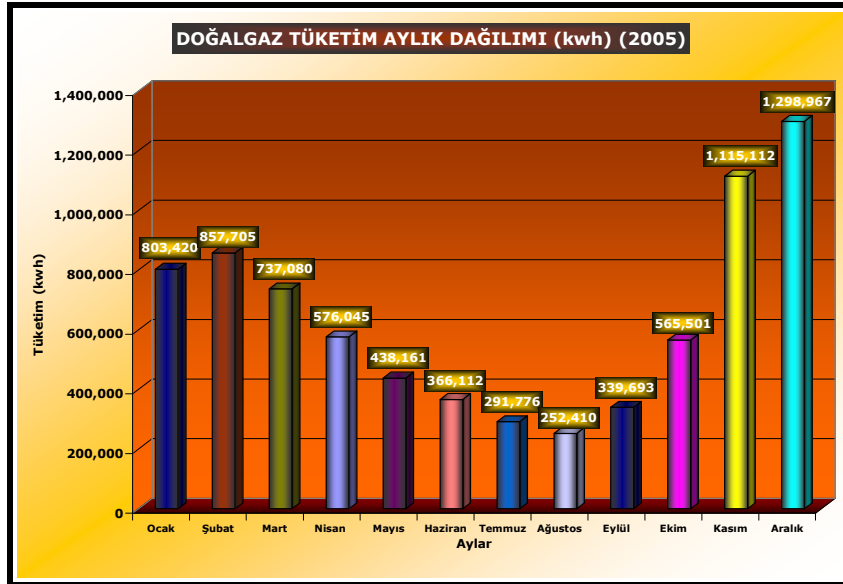
Binaların yıllık enerji kullanımı açısından faturalardan incelenmesi esnasında bazı maddelere uygun olarak analiz yapılması gerekmektedir. Aşağıda maddeler halinde örnek otel binasının enerji performansı incelenmiştir.

Enerji analizinde, ilk olarak tüm enerji tüketim değerleri standart bir birime çevrilmelidir (genellikle kWh). İncelenen binada elektrik enerjisinin yanında yakıt olarak doğalgaz kullanılmaktadır. Elektrik veya yakıt tüketimi aylar bazında grafiksel olarak çıkarıldığında, analiz açısından daha kolay değerlendirme yapılabilmektedir. Aylar bazında kWh cinsinden 2005 yılı elektrik enerjisi kullanım değerleri Şekil 6.1' deki gibidir. Buradan da görüldüğü yaz aylarında soğutma yükünden dolayı elektrik tüketiminde aylık 100.000–150.000 kWh'lik bir artış görülmektedir. 2005 yılı baz alındığında toplam 4.756.432 kWh'lik bir elektrik tüketimi mevcuttur.



Şekil 6.1: Aylar bazında 2005 yılı elektrik enerjisi tüketim değerleri

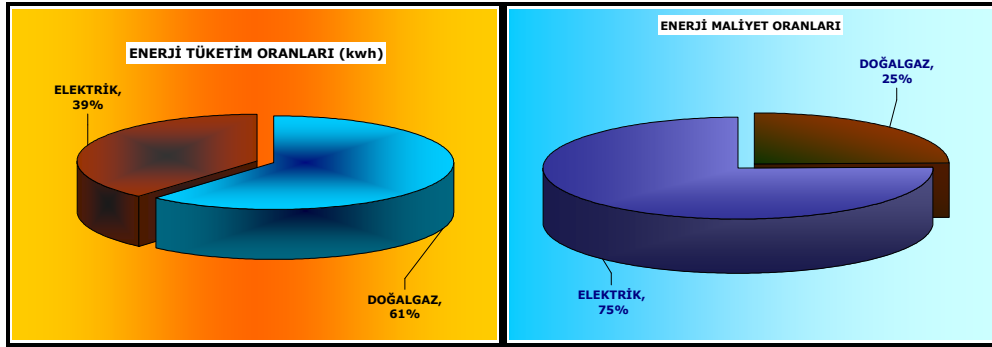
Şekil 6.2’de ise binanın aylar bazında 2005 yılı doğalgaz tüketimi kWh cinsinden görülmektedir. Otel İç Anadolu bölgesinde bulunduğu için iklim açısından kışları Türkiye koşullarının üzerinde daha düşük sıcaklık değerlerinde geçmektedir. Grafikten de görüldüğü gibi kış aylarında ısıtmadan dolayı tüketilen doğalgaz enerjisi büyük bir artış göstermektedir. Normalde Ağustos ayında sıcak su kullanımından ötürü, 250.000 kWh’lık bir yakıt tüketimi var iken Aralık ayında bu değer 1.300.000 kWh seviyelerine çıkmaktadır.



Şekil 6.2: Aylar bazında 2005 yılı doğalgaz tüketim değerleri

Binanın enerji performansını belirlerken enerji tüketimi ve maliyetleri ile ilgili pasta biçimli grafikler çıkarılmalıdır. Bunun yanında geçmişe dönük veriler de hazırda bulundurulup, daha önceki yıllara göre binanın enerji performansı değerlendirilmelidir. Buradaki değerlendirmeler tamamen basit şekilde enerji tüketim oranları ve maliyetlerine dayanan basit bir yaklaşımdır. Dış hava sıcaklığı ve nem gibi parametreler göz önüne alınmamaktadır. Bu şekildeki inceleme ham bir analiz tekniği ve bir binanın diğeriyle karşılaştırılması için yapılan bir değerlendirmedir.

İncelenen binada, 2005 yılı toplam doğalgaz tüketimi ile elektrik enerjisi tüketimi tek birime (kWh) dönüştürülüp Şekil 6.3'teki gibi verilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi oransal olarak karşılaştırma yapıldığında doğalgaz tüketiminin %61, elektrik tüketiminin %39'luk bir oranda olduğu görülmektedir. Elektrik enerjisi maliyeti kWh olarak, doğalgazdan yüksek olduğu için maliyet açısından elektrik %75, doğalgaz ise %25'lik bir oranda olmaktadır.



Şekil 6.3: kWh ve maliyet cinsinden toplam enerji tüketim oranları

Tablo 6.1'de farklı bina tipleri için elde edilmiş ısıtma ve sıcak su için harcanan yakıt miktarının binanın toplam enerji tüketimine oranına ilişkin bir çalışma görülmektedir. Burada maliyet açısından değil tüketim değerlerine göre birimsel olarak değerler alınmıştır. Otel için harcanan yakıt miktarı %60 olarak görülmektedir. Örneğimizde incelediğimiz Otel binası için de 2005 yılı verilerine göre doğalgaz tüketim değeri toplam enerji tüketiminde (kWh) %61'lik bir oranı teşkil etmektedir. Böylece incelediğimiz binanın enerji tüketim oranı bakımından referansları ile aynı oranda tüketim değerlerine sahip olduğu söylenebilir.

Tablo 6.1: Binalardaki ısıtma ve sıcak su için harcanan yakıt miktarı oranları [26].

Bina Tipi	Binalardaki Isıtma ve Sıcak Su İhtiyacı İçin Harcanan Yakıt Miktarı Oranı
Okul	75
Hastane	50
İleri/Yüksek Okul	75
Ofis	75
Spor Merkezi, Havuzsuz	75
Spor Merkezi, Havuzlu	65
Yüzme Havuzu	55
Kütüphane, Müze, Galeri	70
Kilise	90
Hotel	60
Banka, Ajente	75
Eğlence	75
Hapishane	60
Mahkeme, Depo	
Servis Binası	75
Fabrika	80

Bir binanın enerji performansı çıkarılırken uygulanacak olan en etkin yöntem, binanın benzer özellikteki binaların ortalama tüketim değerlerine göre karşılaştırılmasıdır. Bu analizde göz önünde bulundurulması gereken bazı parametreler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Karşılaştırılan binalar m^2 bazında farklı büyüklükte olabilir.
- İki bina farklı iklim koşullarında bulunabilir. Bu faktör iki binanın tüketim değerlerini büyük oranda etkilemektedir.
- İki binanın güneş ışığı alma açıları ve konumları, binanın ısı kaybını etkilemesi açısından önemlidir.
- İki bina farklı çalışma saatlerine sahip olabilmektedir [26].

Binanın enerji performansını sağlıklı bir şekilde çıkarabilmemiz için yukarıdaki faktörlerin enerji tüketim değerleri ile birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bina tiplerine göre ortalama m^2 başına tüketim ve çalışma saatleri ile ilgili yapılmış olan istatistiksel değerlendirmeler bulunmaktadır. Bu değerlendirmelerden birisi Tablo A1' de görülmektedir. Birçok ülkede değişik bina tipleri için enerji tüketim oranları çıkarılmıştır. Bu istatistiklerde daha çok m^2 başına tüketim değeri alınmakla birlikte, hacim ölçütleri göz önüne alınan kWh/m^2 oranına göre de değerlendirme yapılabilmektedir. Bu tür istatistikler kullanışlı bir karşılaştırma olanağı sunmaktadır. Ancak tam anlamıyla bir enerji performans değerlendirmesi için geniş çaplı bir analiz yapılması gerekmektedir. Bu istatistikler ise sadece benzer tipteki binalar için bir karşılaştırma olanağı sağlamaktadır. Değişik ülkelerde yapılmış olan farklı bina tipleri enerji tüketim istatistiklerinde çoğu zaman büyük farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılığın sebebi ise ülkelerin sahip olduğu farklı iklim şartlarından ve ülkeye özgü mimari yapılarından kaynaklanıyor olmasıdır. Genel anlamda binalar enerji tüketim performanslarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır:

- İyi: enerji yönetiminin ve kontrolün iyi olduğu binalardır ve böyle olmasına rağmen enerji tasarruf imkanı bulunmaktadır.
- Vasat: orta derecede kontrol ve enerji yönetimine sahip binalardır. Bu binalarda önemli derecede enerji tasarrufu imkanı bulunmaktadır.
- Zayıf: Enerji tüketim değerlerinin ciddi derecede yüksek olduğu ve acil çözümlerin üretilmesi gereken binalardır. Bu binalarda etkili bir enerji ölçümüyle yüksek oranda enerji tasarrufu yapılabilir [26].

İncelediğimiz otel binasının toplam kapalı alanı $56.189 m^2$ ' dir. 2005 yılı verilerine göre elektrik enerjisi tüketimi $4.756.432 kWh$, doğalgaz tüketimi $7.641.981 kWh$ ve toplamda $12.398.413 kWh$ 'lik bir enerji harcamıştır. Böylece 2005 yılı verilerine göre yaklaşık $220 kWh/m^2$ lik bir tüketime sahiptir. Tablo A1'de İngiltere'deki binalar için yapılmış olan araştırmaya baktığımızda büyük bir otel binasının enerji tüketiminin ortalama $290-420 kWh/m^2$ arasında değiştiği görülmektedir. Buna göre incelediğimiz binanın enerji performansı açısından iyi durumda olduğu söylenebilir. Binada kullanılan teknik-teknolojik sistemlerin üst düzeyde oluşu ve HVAC, aydınlatma otomasyonu ile geniş çaplı bir kontrol yapılmasının tüketim değerlerinin

düşük olmasındaki payı büyüktür. Bunun yanında tabii ki binanın izolasyonu, yeni bir bina oluşu ve teknik personelin sistemlere olan hakimiyetinin de bu düşük tüketim değerlerindeki payları büyüktür. Referans alınan değerler İngiltere'deki binaları kapsayan türden bir çalışma olduğundan incelediğimiz binanın enerji performansı açısından kesin bir sonuç çıkarılamaz. Ancak genel anlamda binanın enerji tüketim oranı ile ilgili bir fikir vermesi açısından önemlidir.

Bu kısımda yapılmış olan değerlendirmeler tamamen aylık elektrik faturalarından elde edilen bilgilere göre yapılmıştır. Yani binanın toplam elektrik ve yakıt tüketim değerleri göz önüne alınmıştır. ISOHA, aydınlatma gibi farklı sistemlerin enerji tüketimleri ve enerji kalitesi takibi açısından herhangi bir bilgi vermemektedir. Tüm bu bilgilerin toplanıp geniş çaplı bir değerlendirme yapılabilmesi için merkezi bir enerji izleme sisteminin binalarda mevcut olması gerekmektedir.

6.2.2. Enerji tüketimi ve kalite parametrelerinin enerji izleme sistemiyle belirlenmesi

Akıllı binalardaki enerji maliyetleri bina giderleri içerisinde büyük bir oranı teşkil etmektedir. Binalardaki enerji tüketiminin kontrolü ve enerji yönetimi programının uygulanabilmesi için, geçmişe dönük ve gerçek zamanlı (online) verilerin olması gerekmektedir. Fakat özellikle elektrik enerjisi bakımından bina içerisindeki enerjinin hangi kısımlarda tüketildiği, elektrik enerji kalitesinin belirlenmesi, reaktif güç kontrolü v.b. gibi konulara tam olarak hakim olunabilmesi için bina içerisinde detaylı bir enerji izleme sisteminin kurulması gerekmektedir. Enerji izleme sisteminin sağlayacağı yararlar aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir:

- Tüm binanın tüketim değerleri belirlenebileceği gibi, bölüm veya nokta bazındaki tüketimlerin belirlenmesi,
- Elektriksel büyüklüklerin (akım, gerilim, güç,...) izlenmesi ve raporlanması,
- Reaktif güç kontrolü,
- Enerji kalitesinin (gerilim düşmesi/yükselmesi, harmonikler, kesintiler, v.b.) belirlenmesi,
- Anlık ve geçmişe yönelik veri analizi,

- Enerji alımındaki uygun tarifenin belirlenmesi,
- Yakıt tüketim ve parametrelerinin (basınç, sıcaklık, ..) belirlenmesi,
- İnsan gücünden tasarruf edilmesidir.

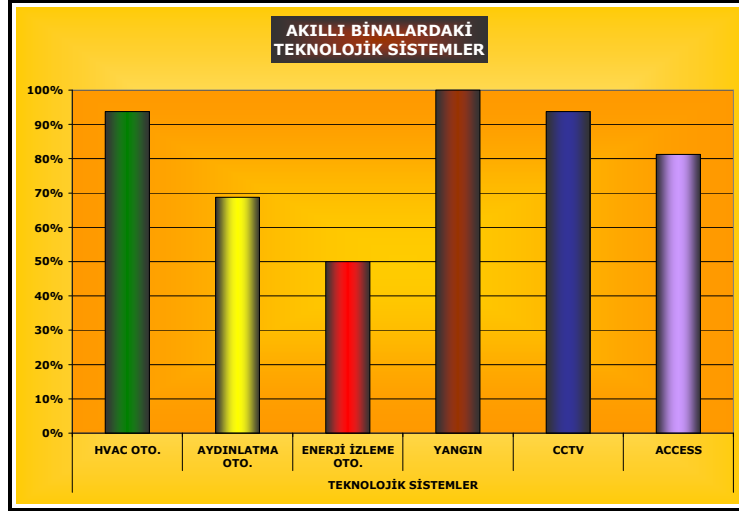
Enerji izleme sisteminden elde edilen veriler izleme, raporlama ve analiz olmak üzere üç aşamada ele alınır [27].

Enerji izleme sistemi ile elektriksel olarak gerilim, akım, güçler (aktif, reaktif, görünür), harmonik, güç faktörü, aktif ve reaktif tüketimler gibi hemen hemen tüm elektriksel büyüklüklerin değişimi izlenebilmektedir. Böylece gerçek zamanlı olarak bu değişimler takip edilebilmektedir. Bunun yanında doğalgaz tüketimi ile basınç, sıcaklık ve debi gibi parametreler de izlenebilmektedir.

Raporlamada saatlik, günlük, haftalık veya aylık bazda enerji tüketimleri, aktif güç değişimi, enerji kalitesi değerleri kaydedebilmekte ve bu verilere göre değerlendirmeler yapılabilmektedir. Bu değerlendirmelerle birlikte bir anlamda binadaki enerji parametreleri raporlanarak kolay anlaşılabilir olması açısından grafiksel ve tablo şeklinde çıkarılabilmektedir.

Analiz kısmı ise elde etmiş olduğumuz büyüklüklerin işleneceği ve çözüm önerilerin getirileceği aşamadır. Burada tüketim eğrilerimizi veya değerlendirmek istediğimiz elektriksel büyüklükleri çıkarıp binanın enerji performansı hakkında detaylı bir çalışma yapılabilmektedir.

İTÜ Enerji Enstitüsü, TTMD ve İdetek Ltd. Şti. tarafından sürdürülen Akıllı Binaların Envanterlenmesi çalışması kapsamında binalardaki enerji tüketimlerinin yanında, sahip oldukları teknik ve teknolojik sistemler de sorgulanmaktadır. Bu çalışma kapsamında incelenen aralarında ofis, banka müdürlüğü, hastane, otel, alışveriş merkezi türü 16 binanın sahip olduğu teknik/teknolojik sistemler araştırılmıştır. Binaların tümü İstanbul'da bulunmakta ve teknik-teknolojik sistemler açısından ileri düzeyde ve enerji tüketimleri yüksek olan binalardır. Yapılan incelemede binalardaki teknik/teknolojik sistemlerin kullanım oranı Şekil 6.4'te görülmektedir.



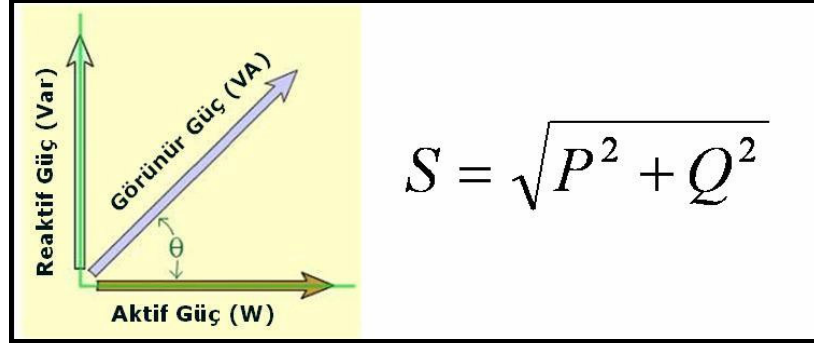
Şekil 6.4: Akıllı binalardaki enerji izleme sisteminin kullanım oranı

Bu inceleme ile birlikte enerji izleme sisteminin yanında diğer teknolojik sistemlerin de sorgulanması da gerçekleşmiş ve enerji izleme sisteminin binaların yarısında kullanıldığı görülmüştür. Binalarda ISOHA sistemleri otomasyonunun %94, aydınlatma otomasyonunun %69, yangın sisteminin %100, CCTV sisteminin %94 ve giriş-çıkış kontrol sisteminin ise %81 oranında mevcut olduğu görülmüştür.

Araştırma sonucunda konfor ve güvenlik açısından önem taşıyan teknolojik sistemlerin binalarda kullanım oranları yüksek seviyelerdedir. Bunun yanında enerji izleme sistemi kullanımı diğer sistemler kadar yüksek oranlarda kullanılmamaktadır.

6.3. Enerji İzleme Sisteminin Reaktif Güç Kontrolü Açısından Önemi

Elektrik şebekesine bağlanan cihazların büyük bir bölümü şebekeden aktif gücün yanında reaktif güçte çekmektedirler. Aktif güç genelde P ile gösterilmekte olup birimi W 'tır. Reaktif güç, endüksiyon aletlerin çalışması için gerekli olan akıyı üreten güçtür (VAr). Q sembolü ile ifade edilir. Görünür güç ise matematiksel olarak aktif ve reaktif gücün vektörel olarak toplamı şeklinde tanımlanabilmektedir. Sembölü S , birimi ise VA 'dir (Şekil 6.5).



Şekil 6.5: Aktif, reaktif ve görünür gücün matematiksel olarak değişimleri

Aktif gücün matematiksel olarak görünür güce oranına güç faktörü denilmektedir. Üretilen enerjiye göre ne kadar iş yapıldığının bir göstergesidir. Reaktif gücün artımı güç faktöründe düşüşe yol açmaktadır. Tablo 6.2’ de sabit aktif güç değerinde farklı güç faktörü değeri için görünür gücün değişimi görülmektedir. Buradan da görüldüğü gibi güç faktörü değeri ne kadar düşerse sistem için gerekli görünür güç değeri o oranda artmaktadır [28].

Tablo 6.2: Sabit aktif güçteki güç faktörü değişiminin, görünür güce olan etkisi

Aktif Güç (W)	1						
/Güç Faktörü	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70
Görünür güç (VA)	1	1,053	1,11	1,18	1,25	1,33	1,43

Güç faktörü teriminin daha iyi anlaşılabilmesi için Şekil 6.6’ da bir örnek görülmektedir. Burada 50 kW’lık bir yükün farklı iki güç faktörü değeri için gerekli olan trafo gücü ve kablo kesiti değerleri karşılaştırılmıştır. İlk durumda güç faktörü değeri 1’ye yakın ve 1 olarak kabul edilmiştir. Buradan görünür güç değeri,

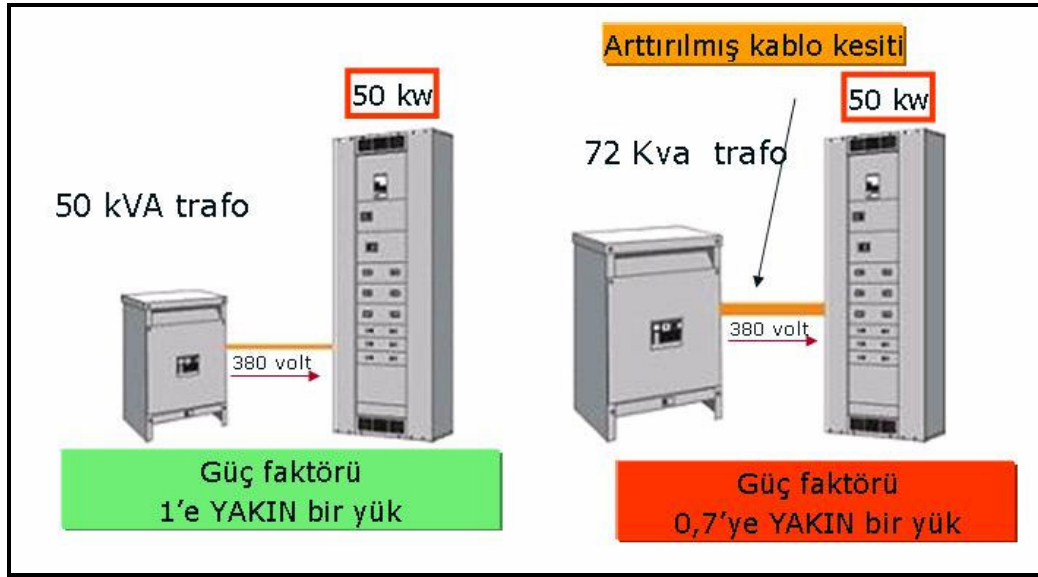
$$G.F. = \frac{P}{S} \rightarrow 1 = \frac{50kW}{S} \rightarrow S = 50kVA \quad \text{bulunmaktadır.}$$

Yani 50 kVA’lık bir trafonun kullanımı bu yükün beslenmesi açısından yeterli olacaktır.

İkinci durumda ise güç faktörü değeri 0.7’ ye eşit ve gerekli olan görünür güç değeri,

$$G.F. = \frac{P}{S} \rightarrow 0.7 = \frac{50kW}{S} \rightarrow S = 72kVA \text{ olarak bulunmaktadır.}$$

Görüldüğü gibi güç faktörü değeri düşük olduğu için ilk kurulum aşamasında trafo gücünün daha büyük seçilmesi gerekmektedir. Ayrıca trafodan yüke kadar olan kablo kesitinin de çekilecek olan reaktif akımdan dolayı daha büyük oranda seçilmesi veya artırılması gerekmektedir [28].



Şekil 6.6: Güç faktörü değişiminin görünür güce olan etkisi

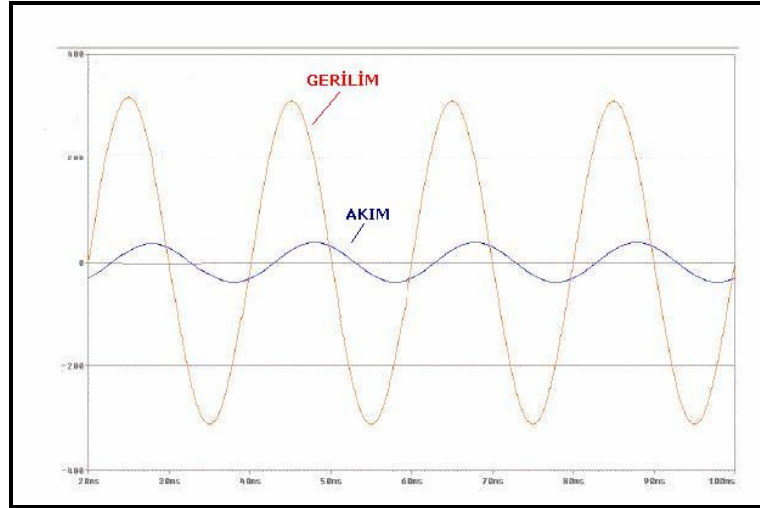
Her işletme şebekeden çektiği reaktif gücü kontrol etmeli, bir başka deyişle güç faktörünü belli sınırlar içerisinde tutmalıdır. Bunu sağlamak için tesis girişlerinde kompanzasyon panoları kullanılmaktadır. Kompanzasyon panolarında bulunan “reaktif güç kontrol rölesi” işletmenin güç faktörü değerini devamlı ölçmekte ve gerektiğinde panoda bulunan kondansatör gruplarını devreye alıp çıkartarak tesisin güç faktörü değerini istenen büyüklükte tutmaktadır. Tesisin çektiği reaktif gücün belli sınırları aşması durumunda ek cezalar nedeniyle elektrik faturası bedelleri katlanarak artmaktadır.

Şekil 6.7’de üç fazlı endüktif bir yük sistemi görülmektedir. Bu sistemde şebeke gerilimi yüke uygulandığında yük üzerinden akan akım “geride” kalmaktadır.



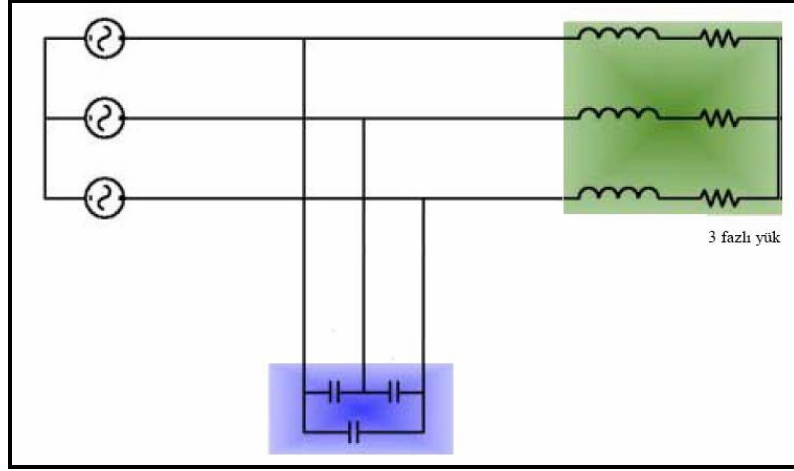
Şekil 6.7: Reaktif güç çekilen örnek bir sistem

Bu gecikme etkisi nedeniyle, güç faktöründe düşüş yaşanmakta ve şebekeden aktif gücün yanında reaktif güç de çekilmektedir. Bu gecikme Şekil 6.8’ deki gerilim-zaman ve akım-zaman grafiklerinde de açık olarak görülmektedir [29].



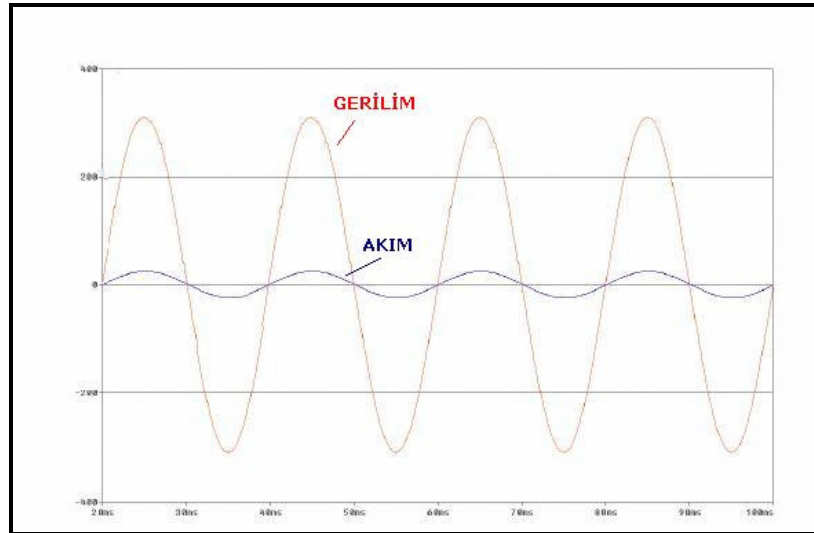
Şekil 6.8: Reaktif güç sisteminde çekilen akım ve şebeke gerilimi değişimi

Akım ve gerilim arasındaki bu faz kaymasını ortadan kaldırmak ve sistemin güç faktörünü düzeltmek için sisteme paralel olarak kondansatör grupları bağlanır (Şekil 6.9).



Şekil 6.9: Kompazasyonlu reaktif güç sistemi

Bu sayede çekilen akımdaki gecikme kapasite grubunun etkisi ile düşürülür, başka bir deyişle kompanze edilir. Bu şekilde sistemin çektiği akım şebeke gerilimi ile eş zamanlı hale getirilir (Şekil 6.10).



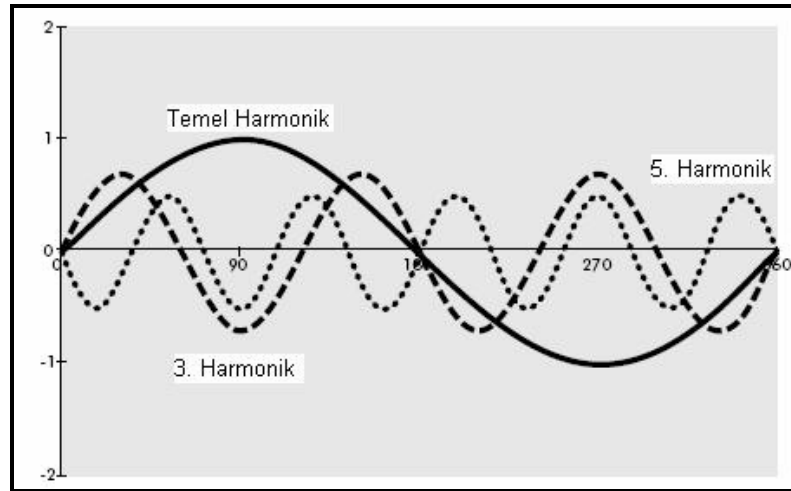
Şekil 6.10: Kompazasyonlu sistemin düzelttiği gerilim ve akım dalga şekilleri

Ülkemizde uygulanmakta olan reaktif enerji kullanımına ilişkin yürürlüğe göre, tesisin çektiği aktif enerjinin %33 (dahil) katına kadar reaktif enerji çekmesi halinde reaktif enerji (endüktif) bedeli alınmamaktadır. Kapasitif tüketim için ise bu sınır %20 (dahil)'dir. Bu sınır aşılsa çekilen tüm reaktif güç üzerinden ödeme yapılmak zorundadır[?].

Enerji izleme sistemi ile binalarda ve endüstride tüm elektriksel parametreler ile birlikte, reaktif güç ve güç faktörü değerleri izlenebilmekte ve kayıt altında tutulabilmektedir. Böylece tek bir merkezden reaktif tüketim oranları izlenip, kontrol edilebilmektedir.

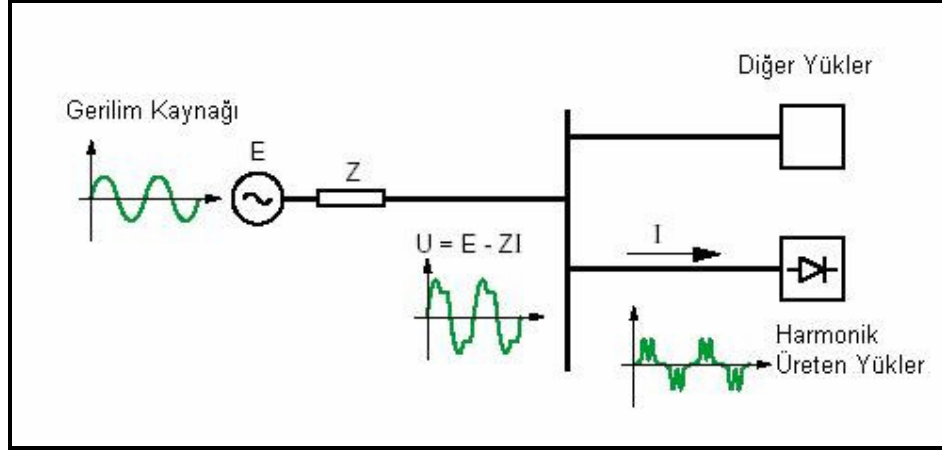
6.4. Akıllı Binalardaki Harmonik Yaratan Yükler

Elektrik sistemlerinde, lineer olmayan veya mikroişlemci tabanlı yükler saf sinüs eğrisini (gerilim veya akım) bozmaktadır. En genel anlamda gerilim ve akım dalga biçiminin sinüsten uzaklaşmasına harmonik denilmektedir. Şekil 6.11’ de temel harmoniğin dışında 3. ve 5. harmoniği de içeren örnek bir dalga şekli görülmektedir [30].



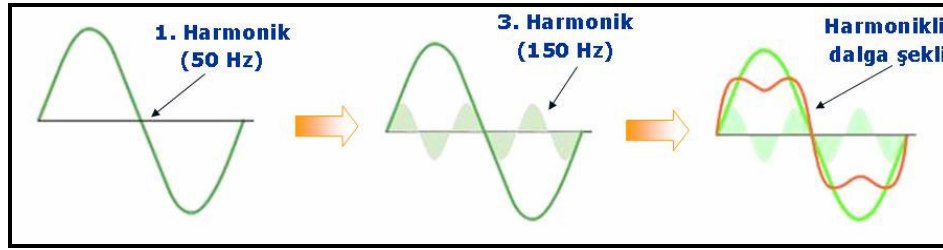
Şekil 6.11: 1, 3 ve 5. harmoniği içeren dalga şekli

Harmonik terimini biraz daha açarsak, yarı iletken elemanların yapısı gereği, sanayide ve ticari binalarda kullanılan bazı lineer olmayan yüklerin (hız kontrol üniteleri, transformatör,ark fırınları, v.b.) etkisiyle; akım ve gerilim dalga biçimleri, periyodik olmakla birlikte sinüsoidal dalga ile frekans ve genliği farklı diğer sinüsoidal dalgaların toplamından meydana gelmektedir. Temel dalga dışındaki sinüsoidal dalgalara “harmonik” denilmektedir. Şekil 6.12’ de lineer olmayan bir yük tarafından meydana gelen örnek bir harmonik bozulma devresi görülmektedir [31].



Şekil 6.12: Lineer olmayan bir yükün sebep olduğu harmonik bozulma devresi

Şekil 6.13'te ise saf bir sinüs eğrisi (50 Hz) üzerine 3. harmonikli 150 Hz frekanstaki bir dalga şeklinin binmesiyle meydana gelen dalga şeklindeki bozulma görülmektedir [28].



Şekil 6.13: 3. harmoniğin yarattığı dalga şeklindeki bozulma

Şebekede en fazla etkisi görülen harmonikler 150 Hz frekanslı üçüncü harmonik, 250 Hz frekanslı beşinci harmonik ve 350 Hz frekanslı yedinci harmoniktir. Genellikle bir fazlı yükler üçüncü harmoniği ve üç fazlı yüklerde diğer harmonikleri üretmektedirler.

Bir dalga şeklinin harmonik içeriğini tek bir birimle açıklayabilmek için genelde Toplam Harmonik Bozulması (THD) kullanılır. THD hem akım hem de gerilim için aşağıdaki şekilde hesaplanabilir [31].

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} M_h^2}}{M_1} \quad (6.1)$$

Burada Mh , efektif değeri M olan h . harmonik bileşenini göstermektedir. M_1 ise temel bileşenin efektif değeridir.

Efektif değer THD' e bağlı olarak aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$Efektif - Deger = \sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} Mh^2} = M_1 \cdot \sqrt{1 + THD^2} \quad (6.2)$$

THD birçok uygulama için kullanılmaya uygun bir tanımdır. Ohmik bir yükün üzerinde uygulanan bozulmuş bir gerilim dalgasının, yükte ne kadar ısınma yaratacağını hesaplarken THD, olumlu bir sonuç verebilir. Aynı şekilde ek kayıpların hesaplanmasında THD, hesaplara yardımcı olabilir.

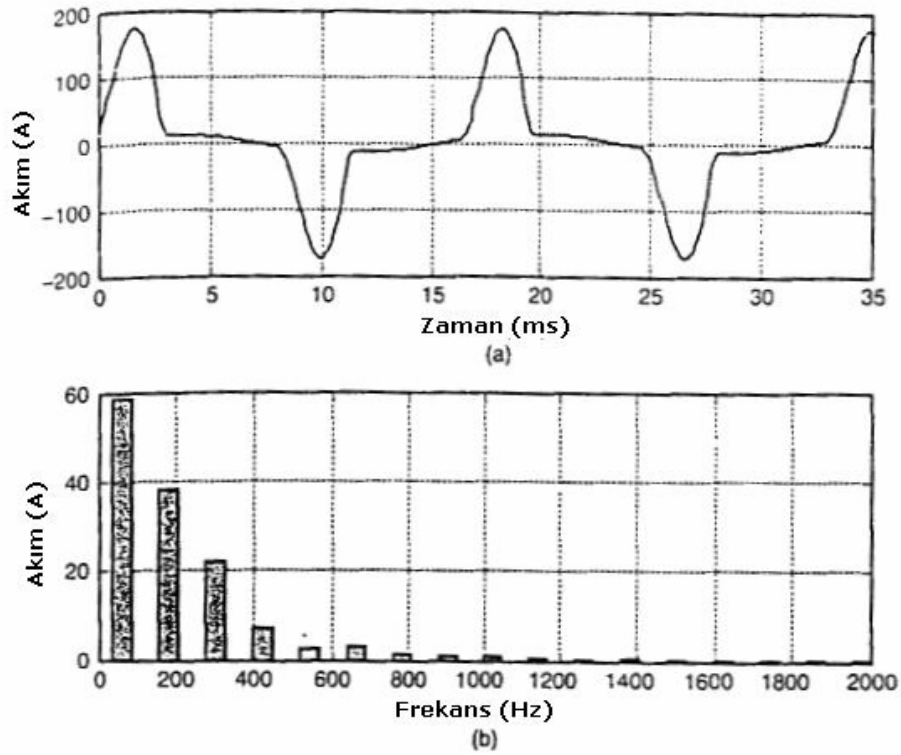
Mikroişlemci tabanlı cihazların kullanımının artması ve enerji tasarrufu açısından daha verimli cihazların akıllı binalarda kullanımının başlaması ile birlikte, harmonik sorunu akıllı binalar kapsamında düşünülebilen ticari binalar için önemli bir elektriksel problem haline gelmiştir. Özellikle hastane, banka gibi kritik işletmelerde enerji kalitesinin üst düzeyde olması gerekmektedir.

Akıllı binalardaki aydınlatma sistemlerinde, elektronik balastlı yüksek verimli floresan lambaların, ISOHA sistemlerinde, ayarlanabilir hız kontrol cihazlarının; asansör sistemlerinde kullanılan sürücülerin ve kesintiye uğramaması gereken bilgisayar veya bilgi işlem servislerindeki haberleşme kartlarını besleyen UPS sistemlerinin kullanımı giderek artmaktadır. Ticari binalarda kullanılan yüklerin çoğu harmonik üreten cihazlardır. Farklı tipteki harmonik üreten akımların sistemde çoğalmasıyla birlikte harmonik problemi binalar için önemli bir problem haline gelmektedir. Aşağıda genel anlamda ticari binalarda kullanılan harmonik üreten cihazlar hakkında bilgiler verilmiştir.

6.4.1. Anahtarlamalı tek faz güç kaynakları

Anahtarlamalı tek faz güç kaynakları, ürettikleri harmonik akımlardan dolayı güç sistemlerindeki lineer olmayan yüklerdendir [30]. Güç kaynaklarında alternatif akımdan, doğru akım elde edilmesinde iki metot kullanılmaktadır. Bunlardan ilki bir trafo kullanılarak AC gerilimin basit bir şekilde istenen DC gerilim seviyesine dönüştürülmesidir. Bu yöntem bir anlamda analog bir şekilde AC gerilimden DC gerilim elde edilmesi şeklinde özetlenebilir. Diğer yöntem ise elektronik bir devre

kullanılarak AC gerilimin istenilen genlikteki DC gerilime dönüştürülmesidir. Trafo kullanılmayarak direk olarak diyot köprüsü AC gerilime bağlanır ve tam olarak düzgün bir biçimde DC gerilim elde edilmeye çalışılır. Bu uygulamanın avantajı trafolu dönüştürücüye göre daha hafif bir devreye sahip olması, sıkıştırılmış bir yapıya sahip olması ve daha etkili bir çalışma şekline sahip olmasıdır. Dezavantajı ise harmonik üretiminin fazla olmasıdır. Günümüzde bilgisayar, yazıcı, faks, fotokopi gibi tek faz elektronik cihazlarda, anahtarlama güç kaynakları kullanılmaktadır. Şekil 6.14'te anahtarlama güç kaynağının yarattığı akım dalga şeklindeki bozulma görülmektedir [32].



Şekil 6.14: Tek faz güç kaynağı akım dalga şekli ve harmonik spektrumu

Anahtarlama güç kaynaklarının sadece bir tanesinin tüm sistem üzerinde harmonik açısından yarattığı etki az iken, özellikle banka, finans, sigorta gibi ofis binalarında çok sayıda bilgisayar, fax, yazıcı v.b. cihazlar kullanıldığından yüksek düzeyde harmonik bozulmalar olabilmektedir.

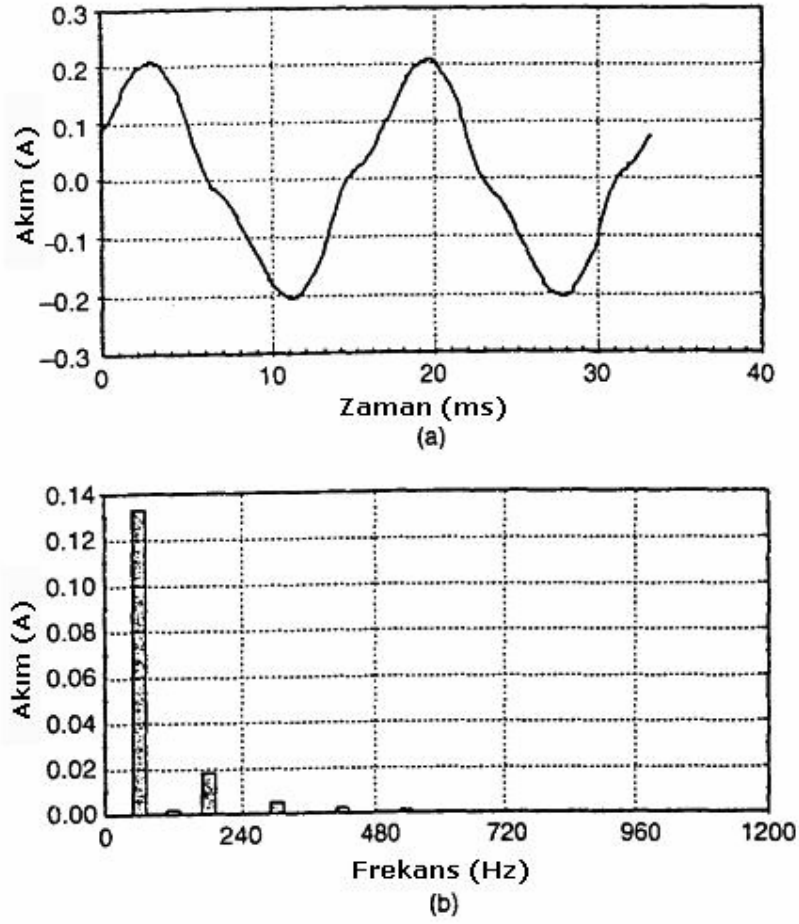
Anahtarlamalı güç kaynakları çoğunlukla 3. harmoniğin oluşumuna neden olurlar. Üç faz sekonder tarafı yıldız bağlı sistemlerde 3. harmonik akımı nötrde toplanmaktadır. Böylece anahtarlamalı güç kaynaklarının kullanımının artmasından dolayı, nötr iletkenlerinin aşırı ısınmasına neden olmaktadır. Bu aynı zamanda üçgen bağlı trafoların da ısınmasına yol açmaktadır.

6.4.2. Floresan aydınlatma sistemi

Aydınlatma bir ticari binada ISOHA sistemiyle birlikte elektrik yükünün büyük oranını teşkil etmektedir. 1995 yılında ABD Enerji Bilgi Merkezi (U.S. Energy Information Administration) tarafından yapılan araştırmaya göre ticari binalardaki aydınlatmanın %77' sinin floresan lambalar ile, geri kalan kısmının ise akkor telli lambalar tarafından sağlandığı tespit edilmiştir. Floresan lambalar aydınlatmadaki enerji tasarrufu açısından en popüler çözümdür [32].

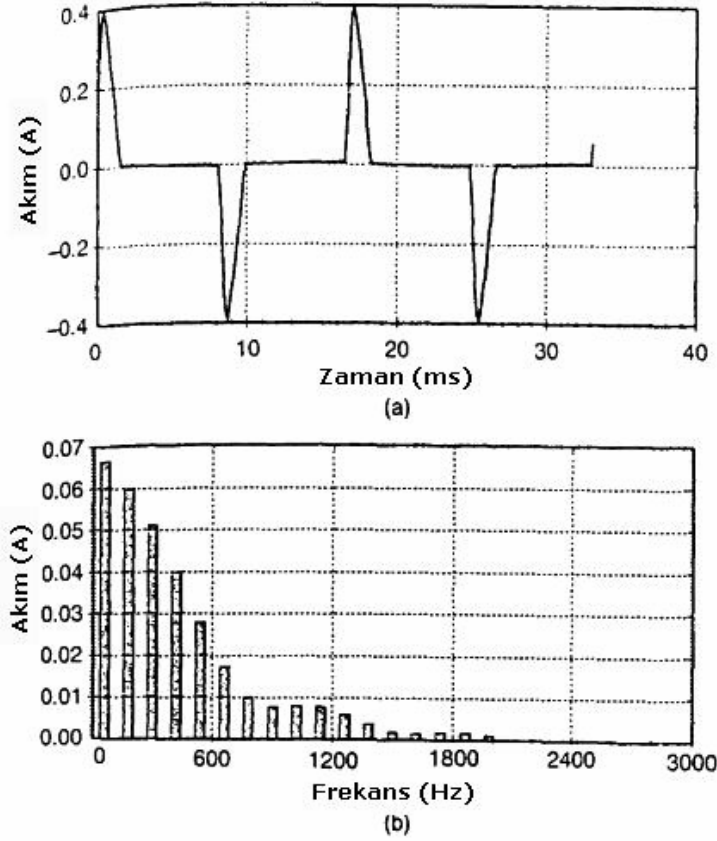
Floresan lambalar deşarj lambalardır ve çalışmaları için balast adı verilen yardımcı elemanlara gereksinim duyarlar. İki tip balast bulunmaktadır. Bunlar manyetik ve elektronik balastlardır.

Manyetik balastlar ortalama %15 THD(I) değerine sahiptir. Bu da manyetik balastın lineer olmayan yapısından kaynaklanmaktadır. Manyetik balastlı bir floresan lambanın akım dalga şekli ve harmonik spektrumu Şekil 6.15'te görülmektedir [32].



Şekil 6.15: Manyetik balastlı bir floresan lambanın akım dalga şekli ve harmonik spektrumu

Elektronik balastlar, manyetik balastlara göre iki veya üç kat daha fazla harmonik akımına neden olmaktadır. Şekil 6.16'da %144 THD(I) değerine sahip bir elektronik balastlı floresan lambanın akım dalga şekli ve harmonik spektrumu görülmektedir [32].

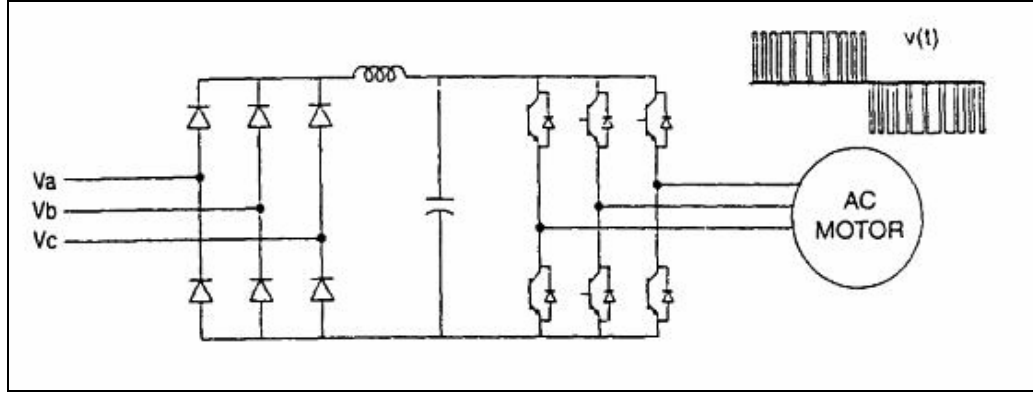


Şekil 6.16: Elektronik balastlı bir floresan lambanın akım dalga şekli ve harmonik spektrumu

Günümüzde elektronik balastlar daha verimli bir şekilde üretilmekte ve harmonik değerleri manyetik balastların altında bile olabilmektedir. Elektronik balastlar %10-32 arasında THD(I) üretmektedir. ANSI C82.11-1993 standardına göre, yüksek frekanslı flüoresan lamba balastları için THD(I) değerinin %32'den az olması gerekmektedir. Birçok elektronik balast pasif filtresi ile birlikte üretilmekte ve THD(I) değeri % 20'nin altında olmaktadır [32].

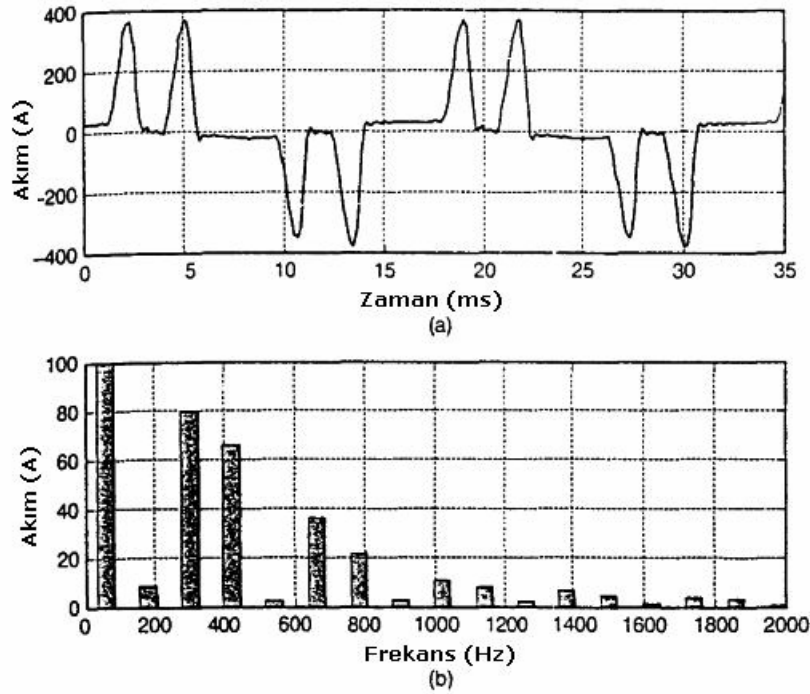
6.4.3. Motor hız kontrol sürücüleri

Hız kontrol sürücüleri ticari binalarda asansörler ile ISOHA sistemlerinde pompaların ve fanların kontrolünde kullanılmaktadır. Hız kontrol ünitelerinde üç faz AC gerilim DC'ye dönüştürülür. Elde edilen DC gerilim istenilen genlikteki AC dalga şeklini elde etmek için bir güç elektroniği devresi üzerinden geçirilerek yüksek frekansta darbeler oluşturulur (Şekil 6.17).



Şekil 6.17: 6 darbeli hız kontrol sürücü devresi

Motor hız kontrol cihazları, anahtarlama tek faz güç kaynaklarından farklı olarak harmoniklerin en büyük bileşeni olan 3. harmoniği üretmemektedirler. Baskın olarak genelde 5,7 ve 11. harmonik üretirler. Şekil 6.18’ de hız kontrol üniteleri için elde edilmiş örnek bir harmonikli akım dalga şekli görülmektedir.



Şekil 6.18: 6 darbeli bir hız kontrol sürücüsünün akım dalga şekli ve harmonik spektrumu [32].

Hız kontrol sürücüleri ve UPS gibi cihazların çalışma şekli ve yapısı birbirine benzerdir. Bu tip cihazlarda yarıiletken teknolojiye sahip güç elektroniği devreleri kullanılmaktadır. Yarı iletken teknolojiye sahip olan bir cihazın üreteceği harmonik akımların hangileri ve hangi mertebelerde olduğu bu cihazın pulse sayısına yani içerdiği tristör veya diyot gibi elemanların adetlerine bağlıdır. Günümüz 3 fazlı elektrik teknolojisinde diyot ve tristörler bir cihaz içerisinde 6 adet veya 12 adet kullanılarak 6 pulslı veya 12 pulslı sistemler olarak adlandırılmaktadırlar. 6 pulslı bir sistem için ;

$$h = nq+1 \text{ ve } hq-1$$

formülünde n ; puls sayısı

q ; sıra ile ilerleyen tam sayı olmak üzere

$$h = 6.1-1 = 5 \text{ ve } 6.1+1 = 7$$

$$h = 6.2-1 = 11 \text{ ve } 6.2+1 = 13$$

$$h = 6.3-1 = 17 \text{ ve } 6.3+1 = 19$$

$$h = 6.4-1 = 23 \text{ ve } 6.4+1 = 25 \text{ gibi harmonik akımlar üretilcektir.}$$

Üretilcek bu harmoniklerin temel şebeke frekansındaki akıma olan yüzdesel değerleri aşağıdaki gibidir.

$\% = 100 / h$ formülü ile hesaplanabilmektedir. Örneğin tekil harmoniklerin akım dalga şeklinde yaratacağı bozulma değerlerinin yüzdesel değerleri aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir.

$$5. \text{ Harmonik yüzdesel değeri } \% = 100 / 5 = 20$$

$$7. \text{ Harmonik yüzdesel değeri } \% = 100 / 7 = 15$$

$$11. \text{ Harmonik yüzdesel değeri } \% = 100 / 11 = 9$$

$$13. \text{ Harmonik yüzdesel değeri } \% = 100 / 13 = 8$$

$$17. \text{ Harmonik yüzdesel değeri } \% = 100 / 17 = 6$$

19. Harmonik yüzdesel değeri $\% = 100 / 19 = 5$

23. Harmonik yüzdesel değeri $\% = 100 / 23 = 4$

25. Harmonik yüzdesel değeri $\% = 100 / 25 = 4$

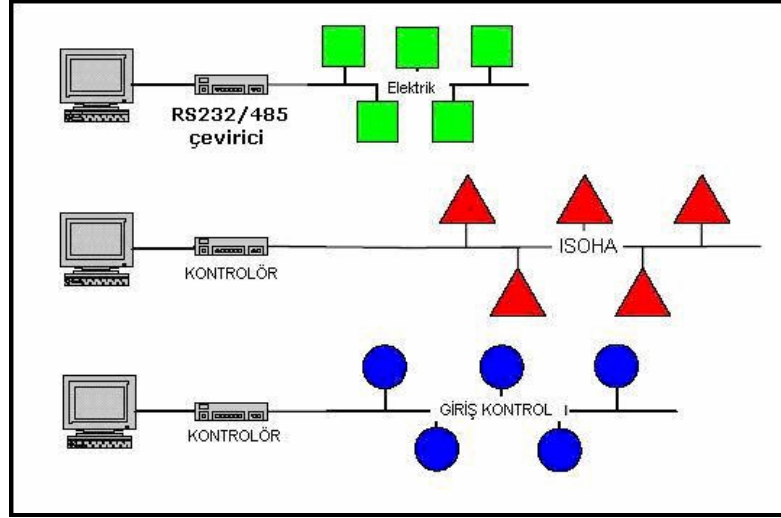
6.5. Enerji İzleme Ölçümleri

Bu kısımda enerji izleme sistemi kurulu olan bir spor kompleksi ve büyük bir ofis binasındaki enerji kalitesi parametreleri incelenmiştir. Ölçüm yapılan binalar spor kompleksi ve büyük bir ofis binasına aittir. Her iki binadaki yük profilleri benzer nitelikte olup, ofis binası daha yeni teknik-teknolojik sistemlerin kurulu olduğu bir binadır. Spor kompleksinde enerji izleme sisteminin yapısı ve kurulu güçler detaylı olarak incelenerek bina içi tüketim değerleri ile enerji kalitesi parametreleri irdelenmiştir. Ofis binasında ise detaylı bir enerji kalitesi ölçümü yapılmıştır.

6.5.1. Örnek bir spor kompleksi binasındaki elektriksel yüklerin ve enerji izleme sisteminin incelenmesi

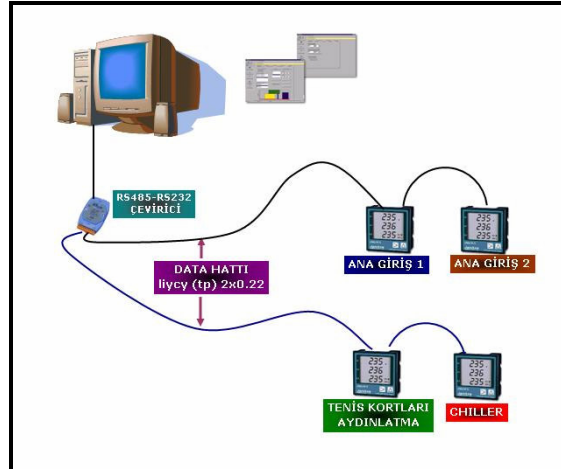
Enerji izleme sisteminin yapısını, kurulum şeklini, haberleşme yapısını ve elde edilecek verileri irdelemek amacıyla büyük çaptaki bir spor kompleksinin enerji izleme sistemi incelenmiştir. Bina içerisinde fitness tesisi, sinema, tenis kortları, halı saha, yüzme havuzu, sauna gibi bölümleri içermektedir. Binanın yıllık ortalama elektrik enerji tüketimi 2.000.000 kWh' tir.

Tesiste enerji izleme sisteminin yanında, ISOHA otomasyonu, yangın sistemi, giriş-çıkış kontrol sistemleri kullanılmaktadır. Bina otomasyon sistemi açısından klasik türde bir otomasyon sistemi mevcuttur. Tüm sistemler (ISOHA otomasyonu, enerji izleme, giriş-çıkış kontrol, v.b.) birbirinden bağımsız olarak çalışmaktadır. Yani açık bir haberleşme yapısına sahip değildir. ISOHA sistemi ayrı bir haberleşme ağı ve programı üzerinden ayrı bir bilgisayar üzerinden izlenip kontrol edilmektedir. Diğer sistemler de bu şekilde izlenmekte ve kontrol edilmektedir (Şekil 6.19).



Şekil 6.19: Binadaki otomasyon sisteminin genel yapısı

Binada elektrik enerjisi izlenmekte diğer yakıt ve su tüketimleri ana sayaçlardan takip edilmektedir. Enerji izleme sistemi olarak 4 adet enerji analizörü kullanılmaktadır. Tesis iki adet giriş üzerinden enerjiyi almakta ve alt noktalara dağıtmaktadır. 2 adet enerji analizörü iki ana girişte, 1 adedi soğutma sisteminde, 1 adeti ise tenis kortlarının enerji panolarında kullanılmaktadır. Enerji analizörleri modbus haberleşme protokolü ile haberleşmektedir. RS232/485 çevirici üzerinden iki adet data hattı çıkmakta ve basit bir şekilde analizörlerden atlamalı olarak gidip son analizör üzerinde sonlanan bir haberleşme yapına sahiptir (Şekil 6.20).



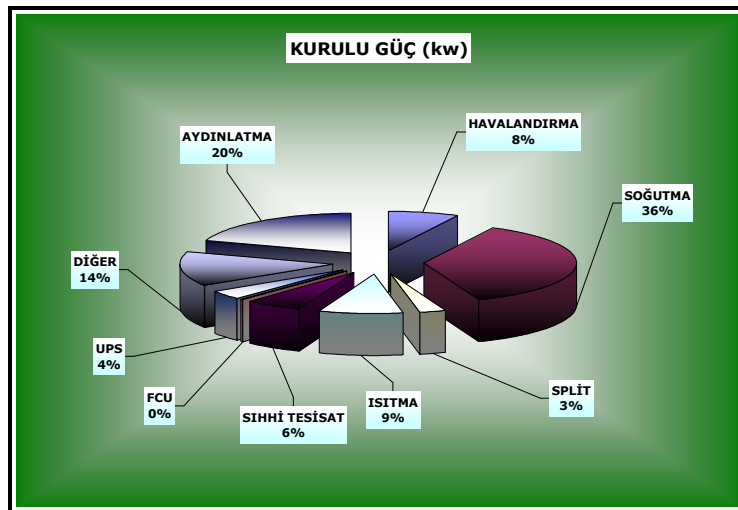
Şekil 6.20: Enerji izleme sisteminin haberleşme yapısı

Kullanılan enerji analizörü üzerinden tüm elektriksel büyüklükler alınıp raporlanabilmektedir. Ayrıca kullanılan enerji analizörlerinin kendi dairesel

bellekleri bulunmakta ve haberleşmede bir problem olması durumunda cihazların bellekleri program üzerinden okutularak değerlendirme yapılabilmektedir. Enerji analizörleri alçak gerilim (AG) tarafında bulunmakta, her üç fazdaki gerilim uçları direkt olarak analizöre girilmekte ve akım uçları ise ölçüm trafoları üzerinden alınmaktadır.

Binalarda, enerji tüketimine tam olarak hakim olunabilmesi için tüm elektriksel ve mekanik yüklerin tek hat şemalarının çıkarılıp, kurulu güçlerin belirlenmesi gerekmektedir. Çıkarılan kurulu güçlerle birlikte enerji izleme sisteminden alınan veriler bir araya getirildiğinde enerji tüketimi açısından sistemlere olan hakimiyet üst düzeye çıkmakta ve sistemlerin verimli bir şekilde çalışması için değerlendirmeler yapılabilmektedir.

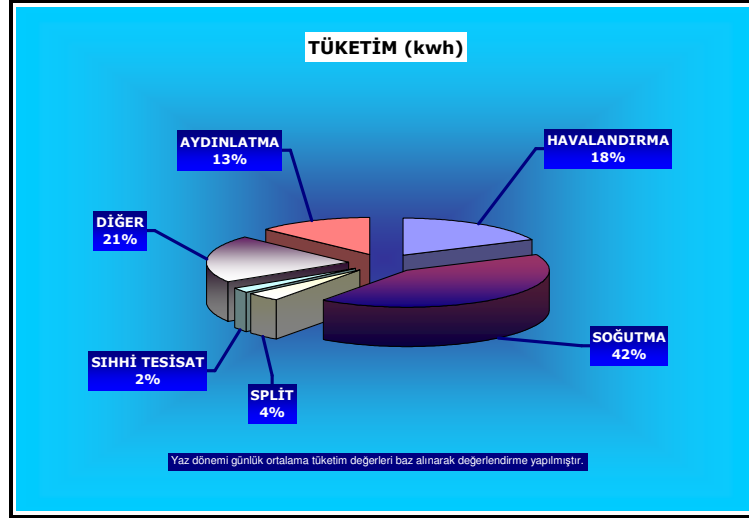
İncelenen spor tesisinde elektrik açısından kurulu güçler incelendiğinde ISOHA sistemlerinin %56 oranında baskın durumda olduğu görülmektedir. Özellikle de soğutma sistemleri %36'lık bir orana sahiptir. Havalandırma sistemi ile ısıtma sistemi hemen hemen eşit güçlere sahip ve yaklaşık %8-9 seviyelerindedir. Aydınlatma sistemi kurulu güçler bakımından %20 oranıyla ISOHA sistemlerinden sonra gelmektedir. Bu yüklerin yanında tesiste UPS, bilgisayar ve fitness aletleri gibi cihazlarda diğer kurulu güçleri kapsamaktadır (Şekil 6.21).



Şekil 6.21: Kurulu güçlerin oransal olarak dağılımı

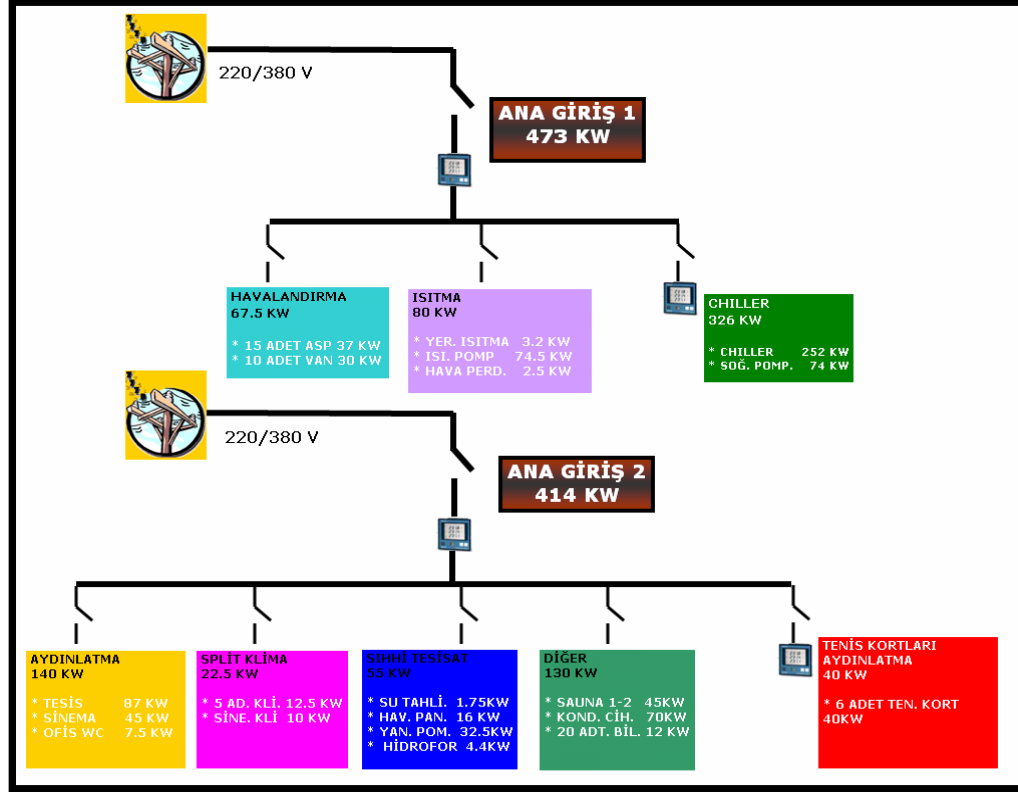
Tesiste yaz aylarında kurulu güç değerlerine göre her bir sistemin ne kadar elektrik tüketimine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada cihazların hangi saatlerde

çalıştığı belirlenerek yaklaşık olarak bir tüketim değeri çıkarılmıştır. Çalışma sonucunda yaz ayları olmasından ve spor tesislerinde insanlardan kaynaklanan artık ısıdan ötürü soğutma sisteminin tüketim değerleri %42’lik bir oranı teşkil etmektedir. Bunun yanında havalandırma sistemi ve aydınlatma sistemleri tüketim açısından baskın durumda görülmektedir (Şekil 6.22).



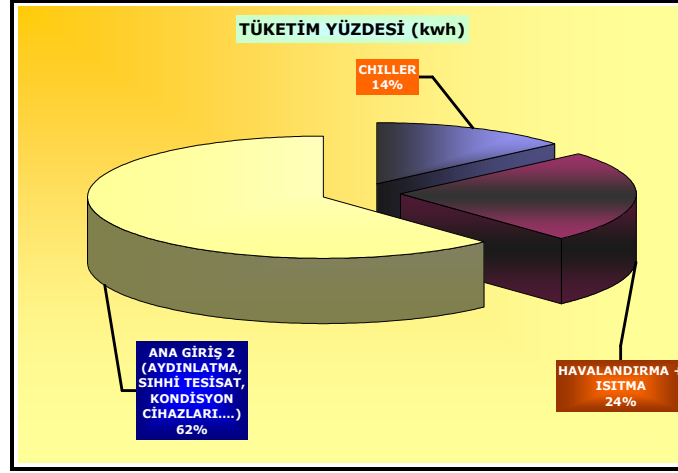
Şekil 6.22: Yaz aylarındaki tahmini tüketim değerlerinin oranı

Ana giriş-1’de kurulu güç olarak toplam 473 kW, ana giriş-2’de ise 414 kW’lık bir kurulu güç bulunmaktadır. Ana giriş-1 üzerinden ISOHA sistemleri, ana giriş-2 üzerinden ise ağırlıklı olarak aydınlatma sistemleri beslenmektedir. Şekil 6.23’te tesisin kurulu güçler baz alınarak hesaplanmış olan kurulu güç değerleri ve analizörlerin bağlı olduğu kısımlar görülmektedir. Bu şekilde tek hat şema şeklinde kurulu güçleri gösterimi analiz ve değerlendirme açısından kolaylık sağlamaktadır.



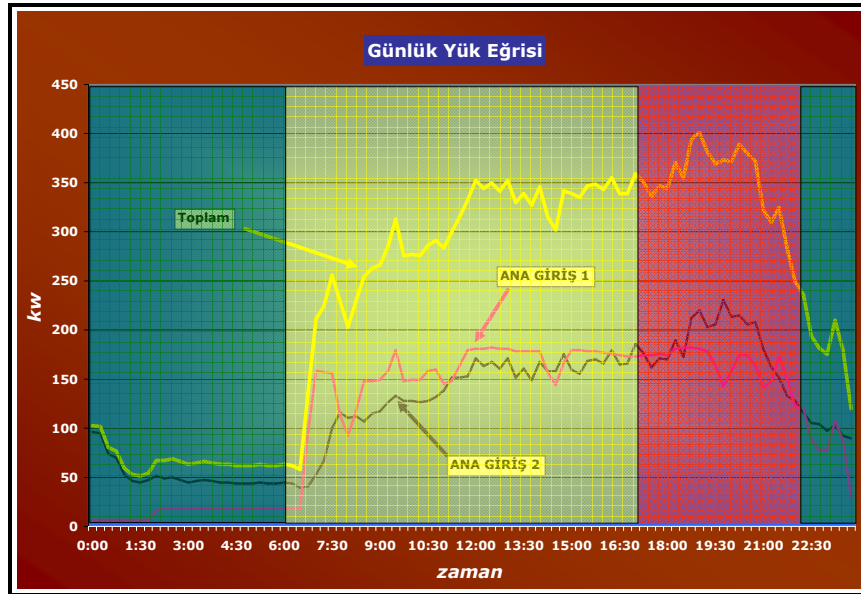
Şekil 6.23: Kurulu güçlerin tek hat şeması şeklinde gösterimi

Enerji izleme sisteminde alınan 2006 yılı Ocak ayı değerlerine göre elde edilen oransal olarak tüketim değerlerinin değişimi Şekil 6.24'te görülmektedir. Soğutma sisteminin tüketim değeri kış ayı olmasına rağmen %14'lük bir değere sahiptir. Tesisin bir spor kompleksi olmasından ötürü insanlardan kaynaklanan ısı miktarı çok yüksek düzeydedir. Bu sebeple sıcaklık değerinin düşürülmesi ve tesisteki konforun sağlanması açısından kış aylarında da soğutma sistemi çalıştırılmaktadır. Havalandırma ve ısıtma sistemlerinin toplam tüketim değeri ise %24 mertebesindedir. Ana giriş – 2'nin toplam tüketim değeri %62 seviyesindedir. Burada alt noktalarda farklı sistemler için enerji analizörü kullanılmadığından sadece toplam tüketim değeri izlenebilmektedir.



Şekil 6.24: 2006 yılı Ocak ayı elektrik tüketim değerlerinin yüzdesel dağılımı

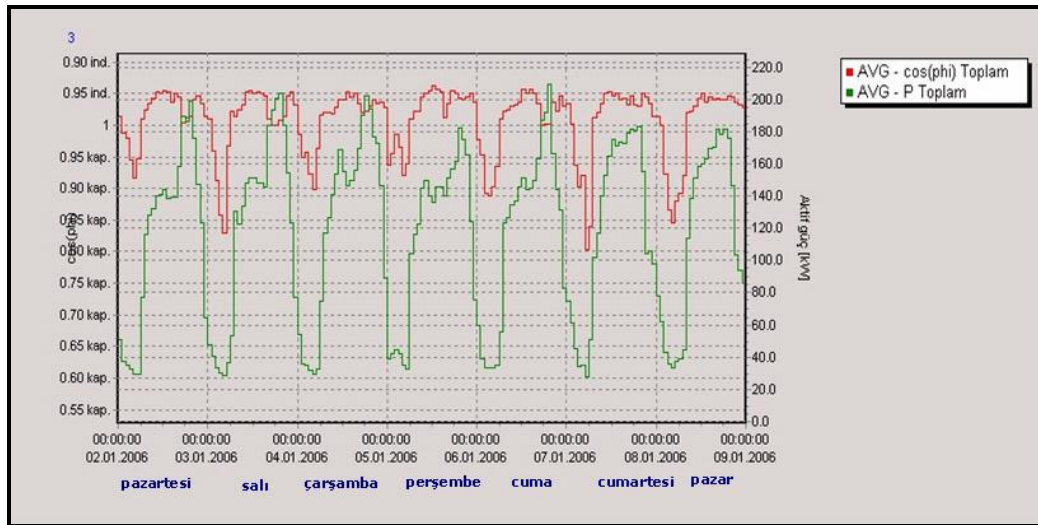
Enerji izleme sisteminden alınan verilere göre binanın günlük yük karakteristiği çıkarılabilmektedir. Şekil 6.25'te görüldüğü gibi gün içerisinde ortalama 300–350 kW'lık bir aktif güç çekilmektedir. Yani kurulu olan elektriksel sistemin yaklaşık yarısı kadar bir aktif güç değişimi görülmektedir. 2 adet ana giriş bulunduğundan tesisin günlük yük karakteristiği iki girişteki aktif güç değerlerinin eş zamanlı olarak toplamına eşit olmaktadır. Günlük yük eğrisi çıkarılarak tesisin farklı tarifelerden elektrik enerjisi alımı ile ilgili de değerlendirmeler yapılabilmektedir. Tesisteki elektriksel tüketim 6:30 ile 23:30 arasında değişim göstermekte ve en fazla 17:00 ile 21:30 saatleri arasında olduğu görülmektedir.



Şekil 6.25: Tesisin günlük yük karakteristiği

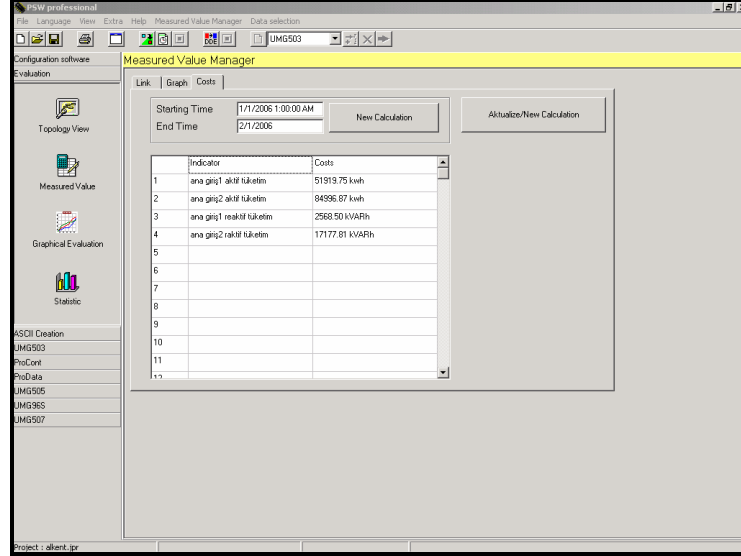
İncelenen binada enerji izleme sistemi açısından alt noktalara olan hakimiyet yeterli düzeyde değildir. Burada sadece soğutma sistemi için harcanan tüketim direkt olarak hesaplanabilmektedir. Ana giriş-1 tüketiminden soğutmayı çıkardığımızda ise ısıtma ve havalandırma sistemi için harcanan toplam elektriksel tüketim değerlerini hesaplanabilir. Ana giriş-2 de ise alt noktalardan sadece tenis kortları aydınlatmasının tüketim değeri izlenmektedir. Ana giriş – 2’de aydınlatma sistemi ağırlıklı olmasına karşın split klima, sıhhi tesisat, kondisyon cihazları, sauna, ve bilgisayar gibi diğer yükleri de kapsamaktadır. Buradan daha detaylı tüketim ve elektriksel parametrelerin alınabilmesi için alt analizörlerin artırılması gerekmektedir.

Enerji izleme sistemi ile birlikte reaktif tüketim ve güç faktörü değerleri de izlenerek değerlendirmeler yapılabilmektedir. Şekil 6.26’ da ana giriş 2’ de bulunan enerji analizörü üzerinden elde edilmiş haftalık güç faktörü ile aktif gücün değişimi görülmektedir. Tesis yaklaşık olarak 07.00 ile 23.30 saatleri arasında hizmet vermektedir. Çalışma saatleri içerisinde güç faktörü değeri yaklaşık 0.96 değerinde ve istenilen düzeydedir. Çalışma saatinin bitiminde güç faktörü değerinin kapasitif değeri geçtiği görülmektedir. Bunun sebebi ise sistemde sabit olarak bulunan kapasitör grubundan kaynaklanmaktadır. Ancak bu saatlerde sistemde yaklaşık 40kW lık bir güç çekimi bulunduğundan dolayı, sistemin kapasitif değeri geçmesi reaktif tüketim açısından bir sorun teşkil etmemektedir.



Şekil 6.26: Aktif güç ile güç faktörü değerinin zamana bağlı değişimi

Şekil 6.27’ de görüldüğü gibi direk olarak program üzerinden hesaplamalar yapıлып belli zaman aralıkları için aktif ve reaktif tüketimler izlenebilmektedir. Enerji izleme sistemini incelediğimiz spor tesisinin başta da belirtildiği gibi iki ana giriş üzerinden elektrik enerjisini almakta ve iki elektrik faturası gelmektedir.



Şekil 6.27: Reaktif ve aktif tüketim değerleri

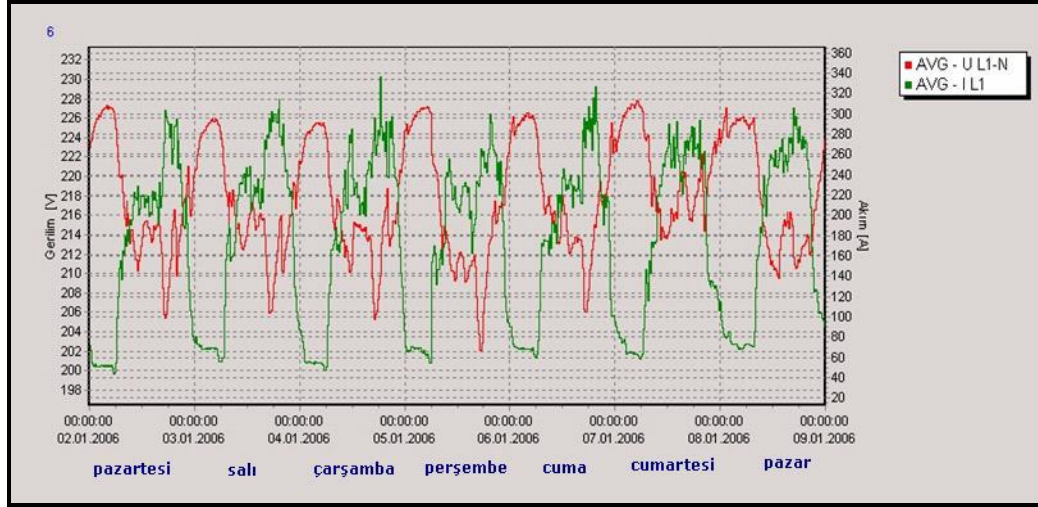
Tesisin 01.01.2006 ile 01.02.2006 tarihleri arasında Ana giriş 1 üzerindeki aktif tüketim değeri, 51.920 kWh, reaktif tüketim değeri ise 2.570 kVARh’tir. Yani reaktif tüketimin aktif tüketime oranı yaklaşık %5 seviyesindedir. Aynı zaman aralıkları için ana giriş 2’ de aktif tüketim değeri 84.996 kWh ve reaktif tüketim değeri ise 17.177 kVARh’tir. Buradaki oran ise yaklaşık olarak %20 seviyesindedir. Böylece tesiste reaktif enerji tüketimi açısından bir sorun bulunmadığı görülmektedir.

Tesiste enerji izleme sistemi olmadan önce aktif ve reaktif tüketim değerleri orta gerilimde bulunan sayaçlar üzerinden günlük olarak manuel olarak okunmakta ve kayıt edilmekteydi. Enerji izleme sistemi ile birlikte reaktif tüketim değerleri tek bir merkezden kontrol edilmektedir. Böylece hem insan gücünden tasarruf edilmekte hem de insan hatasından kaynaklanabilecek yanlış okumaların önüne geçilmiş olmaktadır.

Bu binanın Ana Giriş 1 bölümünde bulunan enerji analizöründen alınan verilere göre enerji kalitesi bakımından inceleme yapılmıştır. Bu giriş üzerinde ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerine ait yükler bulunmakta ve toplam 473 kW’lık bir kurulu

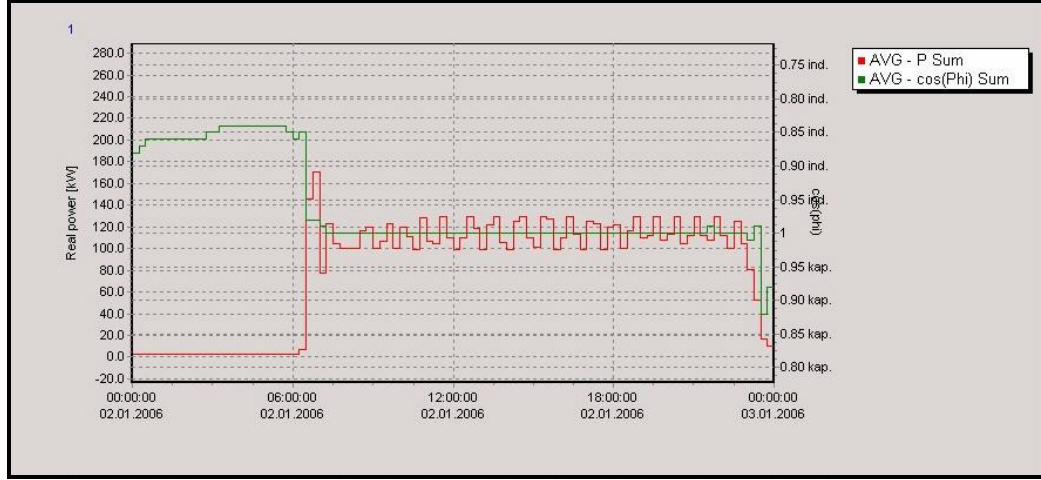
güce sahiptir. Enerji kalitesini bozucu ve harmonik yaratıcı yükler bakımından ise havalandırma sistemlerinde frekans invertörleri kullanılmaktadır.

Spor kompleksinin enerji izleme sisteminden alınan verilere göre 1 haftalık akım ve gerilim değerinin değişimi Şekil 6.28'deki gibidir. Maksimum çekilen akım değeri yaklaşık olarak 300A ve çekilen akımdaki artış ile birlikte gerilim değerinde 8-16V'luk bir düşüş görülmektedir.



Şekil 6.28: Akım-Gerilim değerinin değişim grafiği

Güç faktörü değişimini görebilmek için normal bir çalışma günü içerisindeki aktif güç değeri (kW) ile güç faktörü değişimi Şekil 6.29'daki gibi görülmektedir. Binanın normal çalışma saatleri içerisinde güç faktörü değeri 1'e yakın ve istenilen değerler arasında değişmektedir. Aktif güç değişiminde ise gün içerisinde 20 kW'lık bir yük 20 dakikalık periyotlarda devreye girip çıktığı görülmektedir.



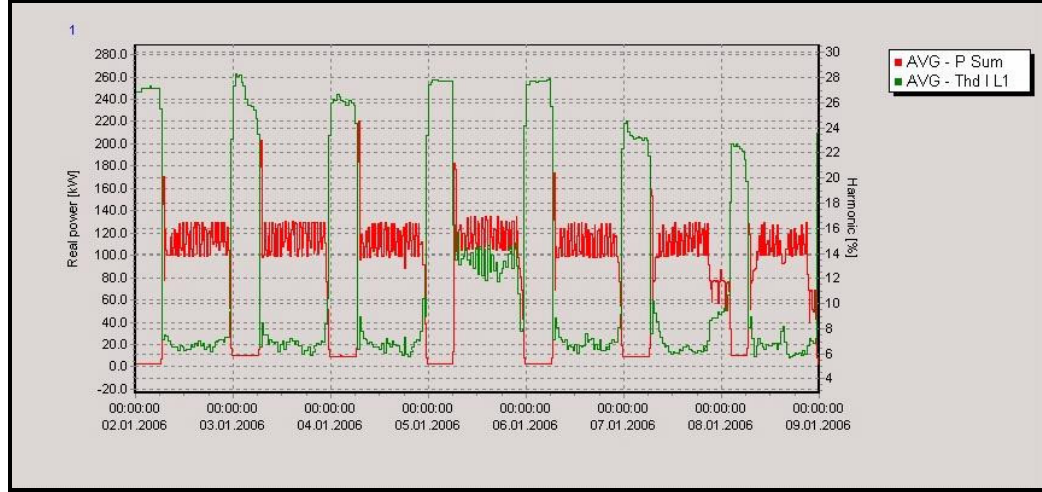
Şekil 6.29: Toplam aktif güç ile güç faktörünün değişimi

Şekil 6.30 daki THD (U) değerinin günlük olarak değişimine bakıldığında, çalışma saatleri içerisinde harmonik yaratan yüklerden dolayı maksimum % 3.5 değerine ulaştığı görülmektedir. Standartlara göre THD (U) değerini %3'ü aşmaması istenmektedir. Çalışma saatleri dışında THD (U) değeri %2 seviyelerinde değişmektedir.



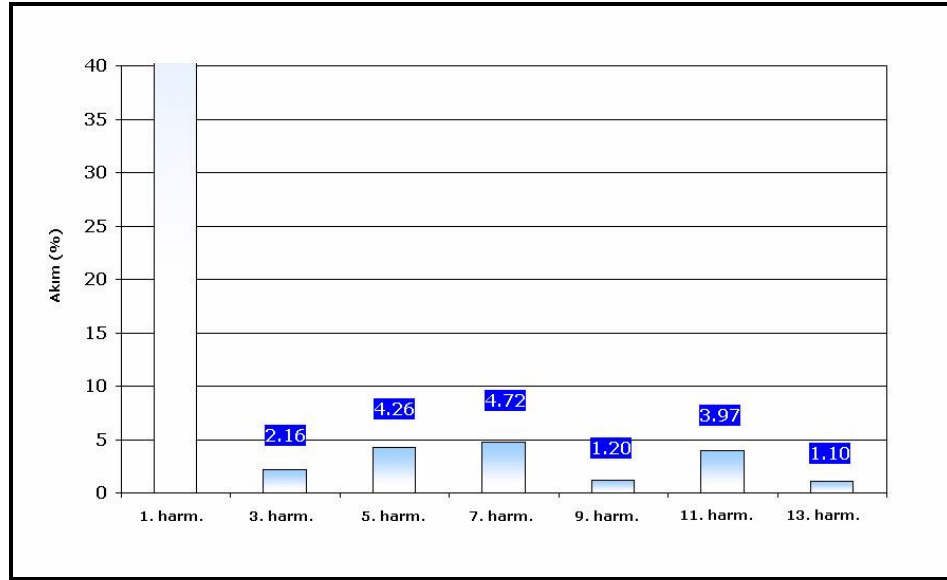
Şekil 6.30: THD (U) ile toplam aktif güç değişimi

THD (I) değeri ile ilgili birçok farklı standart bulunmaktadır. Genel anlamda %5'in üzerine çıkması istenmemektedir. THD (I) değerinin çekilen aktif güç (kW) değeri ile birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Şekil 6.31'de haftalık olarak THD (I) değerinin %6 ile %28 arasında ve çalışma saatleri içerisinde ise bu değerin %6 ile %8 arasında değiştiği görülmektedir.



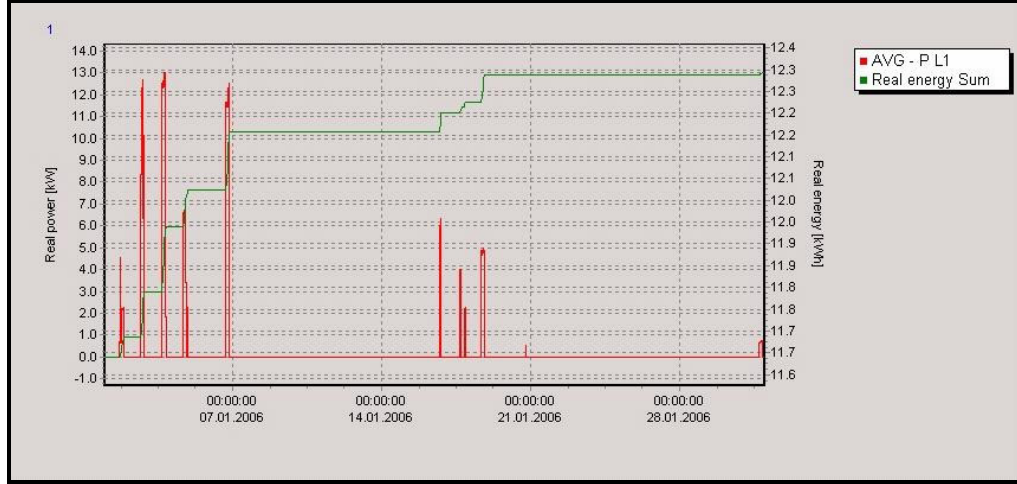
Şekil 6.31: THD (I) ile toplam aktif güç değişimi

Hangi yüklerden dolayı harmonik oluştuğunun belirlenebilmesi için 13. harmoniğe kadarki akımın tekil harmoniklerinin değişimi incelenmiştir (Şekil 6.32). Görüldüğü gibi 5, 7 ve 11. harmonikler diğerlerine göre baskındır. Bunun sebebi ise binada havalandırma sisteminde kullanılmakta olan frekans invertörleridir.



Şekil 6.32: Tekil harmoniklerin değişimi

Ayrıca tesiste tenis kortlarındaki tüketim ve enerji parametrelerinin ölçümü için de 1 adet enerji analizörü kullanılmaktadır. Bir aylık olarak tenis kortlarının aktif güç değişimi Şekil 6.33'deki gibi görülmektedir. Buradan da kortların hangi saatte açılıp kapandığı tespit edilip tüketim değerlendirilmesi yapılabilmektedir.

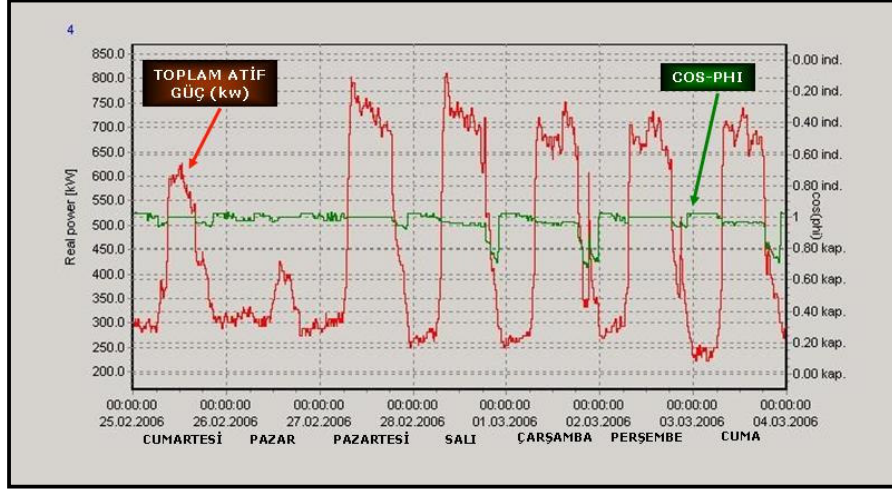


Şekil 6.33: Aktif güç ile aktif tüketim değerinin değişim grafiği

6.5.2. Örnek bir ofis binasındaki enerji kalitesi ölçümleri

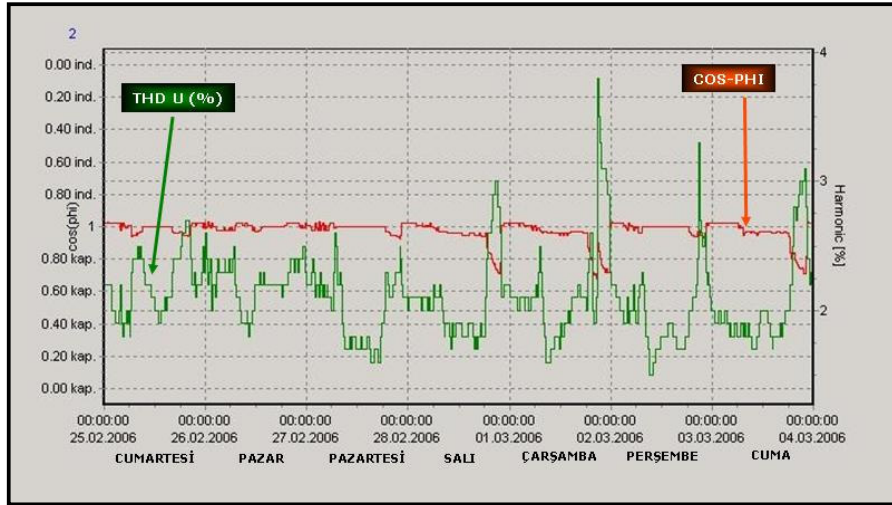
İncelenen ofis binası son teknik-teknolojik sistemlere sahip, İstanbul'da bulunan bir genel müdürlük binasıdır. Binada ISOHA, enerji izleme, giriş-çıkış kontrol, güvenlik sistemleri mevcuttur. Ofis binasının ana trafo çıkışında bulunan enerji analizörü üzerinden alınan verilere göre enerji izleme ölçümleri yapılmıştır. Binada enerji kalitesi bozucu yükler bakımından ISOHA sistemlerinde 72 adet 3.5 kW'lık frekans invertörleri kullanılmaktadır. Bilgisayarlar ve güvenlik sistemleri gibi enerji kesintisinin istenmediği yükleri beslemek amacıyla 2 adet 200 kVA'lık UPS kullanılmaktadır. Bina genelinde 32 adet büyük tip yazıcı, 350 adet masaüstü bilgisayar, 350 adet dizüstü bilgisayar ve 19 adet projeksiyon cihazı kullanılmaktadır. Aydınlatma sisteminde ise elektronik balastlı floresan lambalar kullanılmaktadır.

Şekil 6.34'te binanın bir hafta süresindeki yük karakteristiği görülmektedir. Mesai saatleri içerisinde ortalama 700–800 kW'lık bir güç çekilmekte ve hafta sonları bu değer ortalama 300 kW değerine düşmektedir. Güç faktörü değeri 1'e yakın ve istenilen büyüklüklerdedir. Mesai saati bitiminde ani güç düşümünden ötürü güç faktörü kapasitif göstermekte ve reaktif güç kontrol ünitesinin devreye girip kapasitör grubunu devreden çıkarması ile birlikte güç faktörü normal 1'e yakın endüktif değere ulaşmaktadır.



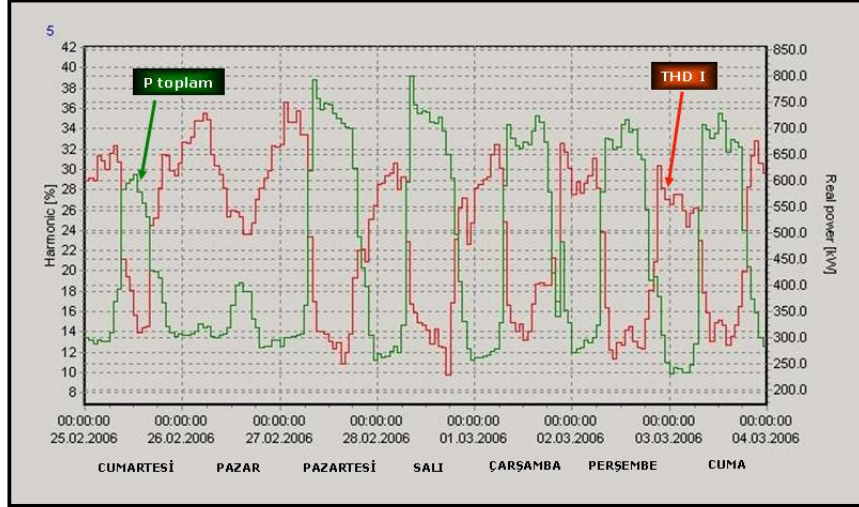
Şekil 6.34: Aktif güç ile güç faktörü değerinin değişim grafiği

Şekil 6.35'deki haftalık THD (U) değeri değişimine bakıldığında %3'ün altında olduğu ve mesai saati bitiminde ise ani olarak yükseldiği görülmektedir. Güç faktörü ile THD (U) değeri aynı grafik üzerinde incelendiğinde mesai saati bitimindeki devreden olan kapasitör gruplarından ötürü THD (U) değeri ani olarak yükselmekte ve kapasitörlerin devreden çıktıktan sonra THD (U) değerinin düzeldiği görülmektedir.



Şekil 6.35: THD (U) ile güç faktörü değerinin değişim grafiği

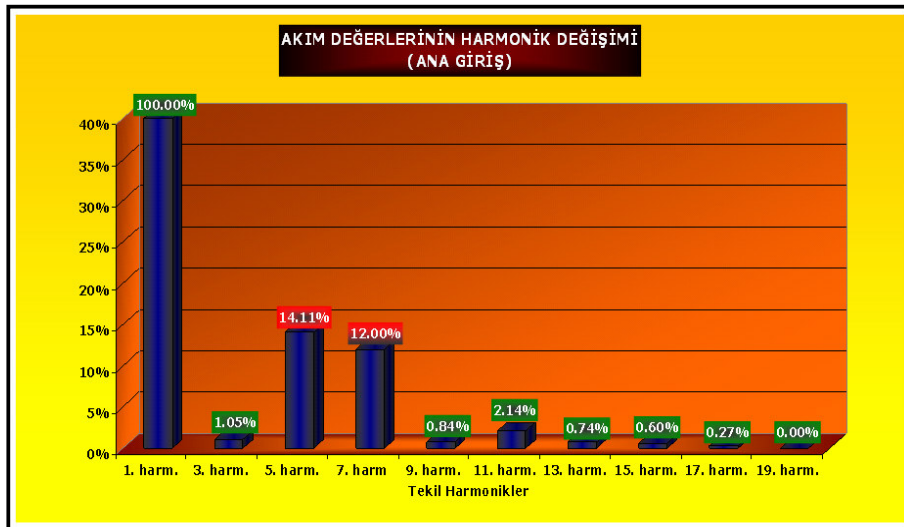
IEEE 519–1992 uluslararası standartta göre %5'in altında olması istenen THDI değerinin Şekil 6.36'da görüldüğü gibi mesai saatleri içerisinde %12–14 arasında değiştiği görülmektedir.



Şekil 6.36: THD(I) ile aktif güç değerinin değişim grafiği

Yüksek değerdeki THD (I) değerinin hangi yüklerden kaynaklandığının anlaşılabilmesi için tekil harmonik değerlerinin incelenmesi gerekmektedir. Şekil 6.37'de görüldüğü gibi ISOHA sisteminde yoğun olarak frekans invertörleri ve iki adet 200kVA gücünde UPS kullanımından ötürü 5, 7, 11. akımın harmonik değerlerinin baskın olduğu görülmektedir.

3. harmonik değeri ise binada kullanılan elektronik balastlı floresan lambalardan ve tek fazlı yüklerden kaynaklanmaktadır. Ancak toplam çekilen güç bakımından ISOHA sistemlerindeki frekans invertörleri ve UPS daha baskın olduğundan 3. harmonik değeri baskın görülmemektedir.



Şekil 6.37: Akımın tekil harmonik değerlerinin değişimi

7. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRMELER

Son yıllarda ülkemizde alışveriş merkezi, otel, hastane, banka, spor kompleksi gibi ticari binaların sayısında büyük oranda artış yaşanmaktadır. Bu tür binaların hemen hepsi kullanıcılarına tasarruf, konfor ve güvenlik konularında etkin bir çevre yaratmakta ve akıllı bina tanımına uyacak şekilde tasarlanmaktadır. Ortalama 20.000–150.000 m² kapalı alana sahip olabilen bu binalar ciddi düzeyde enerji tüketmektedirler. Binalarda ISOHA ve aydınlatma sistemleri kurulu güç ve enerji tüketimi bakımından baskın olan sistemlerdir. Bir binanın toplam işletme maliyeti içerisinde %10 ile %50 arasında yer alan enerji maliyetlerinin kontrolü için ise, bu sistemlerin verimli hale getirilmesinin ve merkezi bir BOS ile kontrolünün önemi büyüktür. BOS' leri konusunda da son yıllarda büyük gelişmeler yaşanmakta ve ISOHA, aydınlatma, v.b. gibi farklı sistemler tek bir merkezden entegre bir şekilde haberleşip kontrol edilebilmektedir. Binalardaki enerji tüketiminin ve enerji kalitesi parametrelerinin izlenmesi ve kontrolü için ise merkezi bir enerji izleme sisteminin kurulu olması gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında binalardaki teknik-teknolojik sistemlerin, BOS' lerinin, enerji izleme sistemlerinin yapılarının ve özelliklerinin vurgulanması amacıyla üç farklı bina incelenmiştir.

İlk olarak İç Anadolu bölgesinde bulunan büyük bir otel binası, genel anlamda enerji tüketim performansı açısından incelenmiştir. Binada ISOHA otomasyonu, aydınlatma otomasyonu, enerji izleme/kontrol sistemi bulunmakta ve merkezi bir şekilde tüm sistemler ayrı ayrı kontrol edilmektedir. BOS konusunda açık bir sistem bulunmayıp her sistem ayrı bir bilgisayar ve yazılım üzerinden kontrol edilmektedir. 2005 yılı elektrik ve doğalgaz tüketim değerlerine göre binanın, 220 kWh/m² 'lık bir enerji tüketimine sahip olduğu ve referans binalara göre enerji tüketiminin iyi düzeyde olduğu belirlenmiştir. Aşağıda belirtilen iyileştirmelerin yapılarak binanın enerji performansının daha iyi değerlere ulaşacağı tespit edilmiştir:

- Binada enerji izleme sistemi etkin bir şekilde kullanılamamakta ve enerji tüketim değerleri fatura bilgilerine göre takip edilmektedir. Enerji izleme sisteminde izlenecek nokta sayıları artırılarak; ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemi gibi enerji tüketiminde baskın noktaların en azından genel elektrik enerjisi tüketimindeki payı takip edilmelidir. Böylece bu alt sistemlere olan hakimiyet artacak ve bu noktalardaki tüketim değerleri ile ilgili de referans binalara göre değerlendirmeler yapılabilecektir. Bunun sonucunda, tüketim oranı yüksek sistemler belirlenip; kontrol sistemlerinin artırılması veya verimli sistemlerin uygulanması gibi çözümler üretilebilerek, bina genelinde etkili bir enerji yönetimi uygulanabilecektir.

İkinci olarak, binalardaki enerji izleme sisteminin yapısının, haberleşme şeklinin açıklanması için İstanbul'daki büyük bir spor kompleksi; enerji izleme sistemi ve kurulu güçler bakımından geniş çaplı olarak incelenmiştir. Kurulu güçler bakımından binada ISOHA sistemlerinin %56'lık oranla baskın olduğu görülmekle birlikte soğutma sistemlerinin bu oranın %36'lık kısmını oluşturduğu ve aydınlatma sisteminin ise %20'lik bir kurulu güç değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Alt noktalardaki tüketim değerleri bakımından sadece soğutma sisteminin direk olarak tüketimi elde edilebilmiş ve 2006 yılı Ocak ayı verilerine göre soğutma sisteminin %14, havalandırma ve ısıtma sistemleri toplamda %24 oranda enerji tükettiği belirlenmiştir. Aydınlatma için harcanan enerji miktarı, ayrı bir enerji analizöründen ölçülmediği için toplam tüketimdeki payı çıkarılamamıştır.

- Bu sebeple incelenmekte olan bina için alt noktalardaki enerji analizörü sayısının artırılması gerekmektedir. Böylece soğutma sistemlerinin yanında ısıtma, havalandırma, aydınlatma, kondisyon aletleri gibi sistemlerin direk tüketimleri belirlenecek ve enerji tüketimlerinin kontrol altına alınabilmesi için gerekli önlemler alınabilecektir.
- BOS bakımından, binada ilk olarak ISOHA otomasyonu kurulmuş ve sonrasında enerji izleme sistemi farklı bir yazılım ve bilgisayar üzerinden entegre edilmiştir. Yani bina da açık bir sistem olmayıp, her sistem farklı bilgisayar ve yazılım üzerinden kontrol edilmektedir. Bu şekildeki bir kontrol sisteminin ise firma bağımsızlığı, sistemlerin entegre bir şekilde daha verimli

alışması ve standart kullanım gibi konularda binaya dezavantajlar sağladığı ve sağlayacağı belirlenmiştir.

İncelenen üçüncü bina ise, son teknik-teknolojik sistemlere sahip İstanbul’da bulunan bir genel müdürlük binasıdır. ISOHA, enerji izleme ve aydınlatma otomasyonu entegre bir şekilde tek bir yazılımla kontrol edilmektedir. Lonworks, modbus, EIB, Bacnet gibi farklı protokolleri destekleyen, açık haberleşme yapısına sahip bir kontrolör kullanılmaktadır. Binanın enerji izleme sisteminden alınan verilere göre elektrik enerjisi kalitesi bakımından incelemeler yapılarak, aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

- ISOHA sisteminde kullanılan frekans invertörleri, UPS gibi üç fazlı cihazlardan dolayı 5, 7, 11 ve 13. harmonik değerlerinin baskın olduğu, elektronik balastlı floresan lambalardan ve tek fazlı yüklerden (bilgisayar, fotokopi cihazı, v.b.) dolayı 3. harmoniğin oluştuğu tespit edilmiştir. Ancak toplam çekilen güç bakımından frekans invertörleri ve UPS’ ler daha yüksek değerde olduğundan 3. harmonik değerin baskın olmadığı belirlenmiştir.

Ülkemizde son yıllarda akıllı bina tanımına uyacak türden binaların sayısında önemli derecede artış yaşanmaktadır. Bu binaların özellikle elektrik enerjisi tüketimleri orta ölçekli bir endüstri kuruluşunun tüketimine eşdeğer seviyelere ulaşmıştır. Bu nedenle bina içi tüketim ve enerji kalitesi değerlerinin belirlenerek enerji maliyetlerinin kontrolü açısından merkezi bir enerji izleme sisteminin kurulmasının önemi artmıştır. Bunun yanında hem bina konforu hem de enerji maliyetlerinin kontrolü açısından önem taşıyan bina otomasyon sistemi yeni yapılan tüm binalarda uygulanmaktadır. ISOHA ve aydınlatma gibi enerji tüketiminde önemli rol oynayan sistemler, açık bir haberleşme yapısı ile birlikte, enerji izleme sistemiyle entegre bir biçimde BOS’ ne dahil edilerek kontrol açısından etkili bir çevre yaratılabilmektedir. Böylece tek bir merkezden binanın elektrik enerjisi tüketiminde önemli orana sahip olan ISOHA, aydınlatma sistemleri etkili bir şekilde kontrol edilerek binanın enerji maliyetleri kontrol edilebilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] www.honeywell.com.tr/html/abno.asp. Akıllı Bina Nasıl Olunur?
- [2] **Capehart Barney L., Turner Wayne C., Kennedy William J.**, 2002. Guide to Energy Management, 4th Edition, Fairmont Press, New York
- [3] **Devlet İstatistik Enstitüsü**, 2004. Maden ve Enerji, *Türkiye İstatistik Yıllığı*, s.185-197, DİE Yayınları, Ankara
- [4] **Intelligent Buildings Assessment Methodology**, A Handbook For Intelligent Buildings, www.ibuilding.gr/handbook/index.html
- [5] **So A. T., Chan W. L.**, 1999. Intelligent Building Systems, Boston: Kluwer Academic
- [6] **Wonga J.K.W., Lia H., Wangb S.W.**, 2005. Intelligent building research
- [7] www.boma.org, 1999. What Office Tenants Want
- [8] **Kaya E., Onaygil S.**, 2004. Ticari Binalarda Enerji Tasarrufu ve Konfor Sorunlarının Çözümü Semineri, 11 Aralık, İstanbul.
- [9] **Tao W., Janis R.**, 2001. Mechanical And Electrical Systems in Buildings, 2nd Edition, Prentice Hall, New Jersey
- [10] **İdetek Ltd. Şti. Seminer Notları**, 2005.
- [11] www.energystar.com, 2004. Building Upgrade Manual
- [12] www.esource.com, 1994. Space Cooling Technology Atlas
- [13] **U.S. Department of Energy, Energy Information Administration**, 1994. Energy End Use Intensities in Commercial Buildings
- [14] www.eie.gov.tr. Binalarda Aydınlatmada Yapılan Enerji Tasarrufu
- [15] **Erkin E.**, 2004. Konutlarda Enerji Yönetimi: kompakt floresan lamba kullanımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

- [16] **Onaygil S., Guler Ö.**, Yüksek Frekanslı Elektronik Balastlar, 1. Ulusal Aydınlatma Kongresi, s. 200,2007, 28-29 Kasım 1996, İstanbul
- [17] **Özkaya M.**, 1998. Aydınlatma Tekniği, 7. baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul
- [18] www.epri.com, 1994. Lighting Bulletin
- [19] **DiLouie C.**, 1994. Lighting Management Handbook, 1st edition, Fairmont Pr
- [20] www.tepesavunma.com.tr/eguenlik.htm#yangin, Yangın İhbar Alarm ve Söndürme Sistemleri
- [21] www.tepesavunma.com.tr/eguenlik.htm#access, Giriş/Çıkış Kontrol Sistem.
- [22] www.tepesavunma.com.tr/eguenlik.htm#cctv, Kapalı Devre Görüntüleme Ve Kayıt Sistemleri (CCTV)
- [23] **Eğrikavuk M.**, 2004. Bina Otomasyon Sistemlerinde Yenilikler, TTMD, Ankara
- [24] **Allen E., Bishop J.**, 1998. Control System Interoperability with Seamless Intranet/Internet Enterprise Connectivity, The Niagara Framework White Paper
- [25] www.ontrol.com.tr/tk/kitaplik/acikprotokoltarihce.html, 2004. Açık protokollerin tarihçesi
- [26] **Beggs C.**, 2002. Energy: Management, Supply and Conservation, Butterworth Heinemann
- [27] www.oeenrcan.gc.ca/publications/industrial/EMIS/EMIS_eng.pdf, 2003. Achieving Improved Energy Efficiency, Energy Management Information Systems
- [28] www.sea.siemens.com/step/default.html. Basic of Power Monitoring, Power Distribution Courses.
- [29] www.elektra.com.tr. Kompanzasyon Sistemlerinde Harmonikler ve Filtreli Kompanzasyon
- [30] www.epdk.org.tr, 2004. EPDK Kurul Kararı; Perakende Satış Tarifesi Usul ve Esasları, Karar No:284/2, 8 Ocak

- [31] **Chapman D.**, 2001. Power Quality Application Guide
- [32] **Tanrıöven M., İnce R.** Elektrik Güç Sisteminin Kalitesini Bozan Faktörlerin İncelenmesi
- [33] **Dugan R., McGranaghan M., Santoso S., Beaty H.**, 2002. Electrical Power Systems Quality, 2nd edition, McGraw-Hill

EK A

Tablo A1: Farklı tipteki binaların enerji tüketimleri [26].

Bina Tipi	Yıllık Standart Kullanım Saatleri	Vasat Performans Oranı (kwh/m2)
Çocuk Yuvası	2290	370-430
İlkokul, Havuzsuz	1400	180-240
İlkokul, Havuzlu	1480	230-310
Orta okul, Havuzsuz	1660	190-240
Orta okul, Havuzlu	2000	250-310
Orta okul, Spor Merkezli	3690	250-280
Özel Okul, yurtsuz	1570	250-340
Özel Okul, yurtlu	8760	380-500
Restoranlar	-	410-430
Bar, Pub	-	340-470
Fast Food Restaurant	-	1450-1750
Otoyol Servis Alanı	-	880-1200
Departman/Mağazalar Zinciri (mekanik olarak havalandırılmış)	-	520-620
Superstore/Hipermarket (mekanik olarak havalandırılmış)	-	720-830
Supermarket, fırınsız (mekanik olarak havalandırılmış) *	-	1070-1270
Supermarket, fırınlı (mekanik olarak havalandırılmış) *	-	1130-1350
Üniversite	4250	325-355
Ofisler, havalandırılmalı (2000 m2 üzeri)	2600	250-410
Ofisler, havalandırılmalı (2000 m2 altı)	2400	220-310
Yüzme Havuzu	4000	1050-1390
Spor Merkezleri, Havuzlu	5130	570-840
Spor Merkezleri, Havuzsuz	4910	200-340
Kütüphane	2540	200-280
Küçük Otel	-	240-330
Orta Boylu Otel	-	310-420
Büyük Otel	-	290-420
Bankalar	2200	180-240
Müzeler	2540	220-310
Sinema	3080	650-780
Tiyatro	1150	600-900
* satış alanları baz alınmıştır.		

ÖZGEÇMİŞ

Hatay 1981 doğumlu olan Mehmet SÖNMEZ, 1999 yılında Antakya Süper Lisesinde tamamladığı lise eğitiminden sonra Sakarya Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'ndeki Lisans eğitimini 2003 yılında Elektrik Elektronik Mühendisi olarak tamamladı. Halen, Eylül 2003'te başlamış olduğu Yüksek Lisans Eğitimini İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü'nde devam ettirmektedir.