



**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KLİMA SANTRALLERİNDE ENERJİ EKONOMİSİ

06522101 Ezgi BABA

FBE MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ISI PROSES ANABİLİM DALINDA HAZIRLANAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd.Doç.Dr. Handan ÇUBUK

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
İNDİSLER.....	v
KISALTIMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ.....	ix
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ÖNEMİ.....	2
3. İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE ENERJİ EKONOMİSİ.....	4
4. İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE ENERJİ GERİ KAZANIM SİSTEMLERİ ...	5
4.1 Döner Tip Isı Değiştiriciler.....	6
4.2 Plakalı Isı Değiştiriciler	8
5. KLİMA SANTRALLERİNDE YAZ VE KIŞ KONUMLANDIRILMASI	11
6. HESAPLAMALAR VE ANALİZ	14
6.1 Isıtma ve Soğutma Sezonu İçin Isıl Kapasite Hesaplamaları.....	14
6.2 Enerji Tasarrufu.....	23
6.2.1 Isıtma sezonu	23
6.2.2 Soğutma sezonu.....	26
7. YÜKSEK VERİMLİ MOTORLAR.....	29
7.1 Motorlarda Enerji Verimlilik Sınıfları.....	29
7.2 Yüksek Verimli Motorlarda Enerji Tasarrufu	30
8. İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE OTOMASYON	33
8.1 Bina Yönetim Sistemleri ile Karışım Havalı Klima Santralinin Kontrolü.....	33
8.1.1 Yaz Çalışması Modu: ($T_{dış} > 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$).....	33
8.1.2 Geçiş Mevsimleri Çalışması Modu: ($16 \text{ }^{\circ}\text{C} < T_{dış} < 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$)	34
8.1.3 Kış Çalışması Modu: ($T_{dış} < 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$).....	34

8.2	Bina Yönetim Sistemi İle Enerji Yönetimi	35
8.2.1	Gece Kullanım Optimizasyon Modu:.....	35
8.2.2	Gece Besleme Optimizasyon Modu :.....	35
8.2.3	%100 Dış Hava İle Soğutma	36
9.	EKONOMİK ANALİZ	37
10.	SONUÇ.....	41
	KAYNAKLAR.....	49
	EKLER	50
	ÖZGEÇMİŞ.....	54

SİMGE LİSTESİ

B_{YT}	Yakıt miktarı [$m^3/$ ay]
e	Döner/Plakalı tip ısı değiştirici etkinliği [%]
$ESEER$	Mevsimlik enerji verimliliği oranı
E_t	Elektrik tasarruf miktarı [kW]
h	Entalpi [kJ/m^3]
N	Güç [kW]
Q	Isıl kapasite [kJ/kg.K]
q	Taze hava debisi [m^3/h]
ρ	Ortalama hava yoğunluğu [kg/m^3]
η	Verim [%]

İNDİSLER

0	Soğutucu batarya
1	Isı geri kazanımsız sistem
2	Isı geri kazanımlı sistem
iç	İç ortam
dış	Dış ortam
d	Döner tip ısı değiştirici
et	Yakıt
fan	Elektrik motoru fanı
k	Kazan
m	Motor
p	Plakalı ısı değiştirici
s	Matris

KISALTMA LİSTESİ

EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EFF	Verimlilik Sınıfı
CEMEP	Avrupa Elektrik Makineleri ve Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesi
BYS	Bina Yönetim Sistemi
NBD	Net Bugünkü Değer Metodu

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 4.1 Döner tip ısı değiştirici sistem şeması.....	6
Şekil 4.2 Plakalı tip ısı değiştirici sistem şeması.....	9
Şekil 5.1 Kış kliması çalışma prensibi	11
Şekil 5.2 Kış kliması psikrometrik diyagramda gösterimi	12
Şekil 5.3 Yaz kliması çalışma prensibi.....	12
Şekil 5.4 Yaz kliması psikrometrik diyagramda gösterimi	13

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 6.1	İstanbul ili için aylara göre gerekli enerji dağılımı.....	16
Çizelge 6.2	İstanbul ili için ısıtma ve soğutma sezonu klima santralleri kapasite karşılaştırma çizelgesi.....	17
Çizelge 6.3	İstanbul ilinde ısıtma sezonu saatlere göre gerekli enerji miktarı.....	18
Çizelge 6.4	İstanbul ilinde soğutma sezonu saatlere göre gerekli enerji miktarı.....	18
Çizelge 6.5	İstanbul ili ısı geri kazanımsız klima santrali	20
Çizelge 6.6	İstanbul ili için plakalı ısı değiştiricili klima santrali.....	21
Çizelge 6.7	İstanbul ili döner tip ısı değiştiricili klima santrali	22
Çizelge 6.8	Isıtma sezonu yakıt tasarrufu	25
Çizelge 6.9	Soğutma sezonu elektrik tasarrufu.....	27
Çizelge 7.1	Avrupa Elektrik Makineleri ve Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesine (CEMEP) göre motor verim sınıfları	30
Çizelge.9.1	İllere göre yatırım ve tasarruf maliyetleri	38
Çizelge 9.2	İllere göre plakalı ısı değiştiricili sistem NBD metodu ile analizi.....	39
Çizelge 9.3	İllere göre döner tip ısı değiştiricili sistem NBD metodu ile analizi	40
Çizelge 10.1.	İllere göre ısıtma sezonu gerekli enerji karşılaştırılması	42
Çizelge 10.2	İllere göre soğutma sezonu gerekli enerji karşılaştırılması.....	43
Çizelge 10.3	Plakalı ısı değiştiricili klima santrali için NBD karşılaştırılması (€).....	44
Çizelge 10.4	Döner tip ısı değiştiricili klima santrali için NBD karşılaştırılması (€)	45
Çizelge 10.5	Plakalı ısı değiştiricili sistemlerde iç karlılık oranlarının karşılaştırılması	46
Çizelge 10.6	Döner tip ısı değiştiricili sistemlerde iç karlılık oranlarının karşılaştırılması ...	47
Çizelge 10.7	Plakalı ve rotorlu ısı değiştirici geri ödeme süreleri.....	47

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın yapılması süresince beni desteleyen, yönlendiren ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Sn. Yrd. Doç. Dr. Handan Çubuk'a teşekkürü bir borç bilirim. Tezin hazırlanması süresince her türlü bilgi, birikim ve deneyimlerini paylaşan HSK firması çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca beni her zaman destekleyen ve arkamda olan değerli aileme sevgi ve saygılarımı sunarım.

ÖZET

Ekonomik ve sosyal kalkınmanın önemli girdilerden biri enerjidir. Bu bakımdan enerji, bir toplumun yaşam kalitesinin yükseltilmesinde önemli bir role sahiptir. Sürdürülebilir kalkınmanın devamlılığı da yine enerjiyle sağlanır. Ancak, enerji kaynaklarının en önemlisini oluşturan petrol, doğalgaz, kömür gibi fosil yakıtların hızla tükenmekte oluşu ve bu kaynakların yol açtığı çevresel sorunlar; enerji verimliliğini, dolayısıyla da enerji yönetimi kavramını gündeme getirmiştir. Bu sebeple, enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak için çok çeşitli programlar uygulanmaktadır. Bu çalışmada, klima sistemlerinde enerji yönetimi ve optimizasyonu ele alınarak incelenmeye çalışılmıştır. Buna göre ;

- a. Örnek olarak ülkemizin dört farklı iklim bölgesinden seçilen İstanbul, Ankara, Antalya ve Erzurum illerinde bulunan bir alışveriş merkezinin klima santrallerindeki saatlik sıcaklık ve nem değerleri ile ısıtma yükleri hesaplanmış,
- b. Tasarlanan sistemlerde, plakalı ve döner tip ısı değiştirici kullanılarak tekrar saatlik sıcaklık ve nem değerleri ile ısıtma yükleri hesaplanmış,
- c. Geri kazanımlı ve kazanımsız durumlar; ilk yatırım maliyetleri, klima sistem ekipmanları, doğalgaz ve elektrik masrafları açısından karşılaştırılmış,
- d. Bu sistemlerde kullanılan elektrik motorları yerine yüksek verimli motorların kullanılması durumunda oluşacak yeni tüketim değerleri ve ilk yatırım maliyetleri belirlenmiş,
- e. İklimlendirme sistemine uygulanacak olan otomasyon sistemi seçimi yapıp ilk yatırım masrafları ve sağlayacağı faydalar tespit edilmiş,
- f. Alışveriş merkezinin bulunduğu şehrin dış hava sıcaklık değerleri incelenerek; geçiş ayları ve soğutma sezonu boyunca saatlik serbest soğutma potansiyeli belirlenmiş ve toplam enerji tüketimi hesaplanmıştır.
- g. Yapılan yeni sistem tasarımları bir bütün olarak incelenmek suretiyle ekonomik analizler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Klima Santrali, Enerji Geri Kazanımlı Sistemler, Ekonomik Analiz

ABSTRACT

Economic and social development is a significant input of energy. In this respect the energy, the life of a society has an important role in increasing the quality. Continuity of sustainable development is provided with energy again. However, the most important energy sources make up the oil, natural gas, fossil fuels such as coal are rapidly formed and these resources caused by environmental issues, energy efficiency, so the concept of energy management has been brought up. Therefore, to ensure efficient use of energy is applied to a wide range of programs. Accordingly;

- a. Selected from different climatic regions of our country in Istanbul, Ankara, Antalya and Erzurum provinces located in a shopping center in central air conditioning and heating capacity with hourly temperature and humidity values were calculated;
- b. Plate and rotary heat exchangers are used in designed systems and calculated the heating capacity with type-hour temperature and humidity values;
- c. The initial investment costs, air conditioning system equipment, natural gas and electricity costs for heat recovery and without heat recovery systems have been compared in terms;
- d. The consumption values and initial investment cost have been determined that is used in high-efficiency motor instead of the use of EFF2 type electric motors;
- e. The initial investment cost of air conditioning systems have been determined, which apply the automation system of choice;
- f. According to outside air temperature, the free cooling potential of the transition months and cooling season and total energy consumption were calculated;
- g. The new systems as a whole for review by the design of economy have been analyzed.

Keywords: Heating Ventilating and Air Conditioning, Energy Recovery Systems, Economic Analysis

1. GİRİŞ

Kalkınmakta olan ve nüfusu artan bir ülke olması nedeniyle Türkiye'nin enerji tüketimi hızla artmaktadır. Bu da doğal kaynakların bilinçsizce ve büyük bir hızla tüketilmeye başlamasına neden olmuştur. Bu bilinçsizce tüketim, enerji kaynaklarının verimli kullanımını gündeme getirdiği gibi, tüketim sonucunda oluşan her türlü katı, sıvı ve gaz atıkların da arıtılmadan doğaya atılmasının meydana getirdiği çevre kirliliğinin önlenmesi arayışını da beraberinde getirmiştir.

Üretilen enerjinin yaklaşık üçte biri sanayide tüketilmektedir. Bu enerjinin önemli bir miktarı, ileri teknoloji ürünlerinin kullanıldığı enerji tasarruf önlemleriyle geri kazanılabilir. Enerji ekonomisi sayesinde hem ülkemiz enerji darboğazından kurtulacak, hem de sanayici aynı ürünü daha düşük bir maliyetle elde ederek rekabet gücünü arttırmış olacaktır.

Enerji ekonomisi, enerji arzının azaltılması veya kısıtlanması şeklinde düşünülmemelidir. Enerji ekonomisi, kullanılan enerji miktarının değil, ürün başına tüketilen enerjinin azaltılmasıdır. Enerji maliyetlerini düşüren üretici, aynı miktardaki mal veya hizmetleri daha az enerji veya aynı miktar enerji ile daha çok mal ve hizmet üreterek, ulusal ve uluslararası alanda rekabet gücünü arttıracaktır.

2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ÖNEMİ

Enerji sanayinin, üretimin, gelişmenin ve kalkınmanın en temel girdisidir; bu sebeple organizasyonların günlük işletme süreçlerinde ana bir etkidir. Ana süreçler için bir gereklilik olduğu kadar, destekleyici faaliyetler olarak, enerji harcamaları, bütçenin önemli bir kısmını teşkil eder. Bunun en önemli sebebi, gerek dünyada gerekse ülkemizde nüfus artışına, sanayileşmeye ve teknolojik gelişmelere paralel olarak enerji tüketiminin hızla artmasıdır. Buna karşılık geleneksel enerji kaynakları olan fosil yakıtların rezervleri ise gittikçe azalmaktadır. Günümüzde dünya enerji gereksiniminin % 80'i fosil yakıtlarla karşılanmaktadır. Dünyada bilinen petrol rezervlerinin ömrü 40 yıl, doğal gazın 61 yıl, kömürün ise 227 yıl olarak tahmin edilmektedir.

Enerji yönetimi, organizasyonlara, enerji tüketimlerini yapısal ve sistematik şekilde azaltmaları konusunda yardımcı olmaktadır. Bu şekilde organizasyonlar, eş zamanlı olarak hem maliyet hem de çevresel sorumluluklarını en aza indireceklerdir. Ek olarak, enerji yönetiminin aynı zamanda genel verimlilik üzerine olumlu bir etkisi olacaktır.

Enerji verimliliği, enerji üretimi ve tüketimi alanında gerçekleştirilen çalışmaların tümünü kapsar. Bu çerçevede, bir yandan en az kaynak kullanımıyla en çok enerji üretiminin gerçekleşmesi, diğer yandan aynı miktar enerji kaynağı kullanılarak daha çok üretimin sağlanmasına yönelik çalışmalar önem kazanmıştır.

Son yılların önemli kavramlarından biri olması dolayısıyla enerji verimliliğinin birçok kurum ve kuruluş tarafından tanımı yapılmaktadır. Bu tanımlardan bazıları şöyledir:

Enerji verimliliği; enerji girdisinin üretim içindeki payının azaltılması, aynı üretimin daha az enerji tüketerek gerçekleştirilmesidir (US Department of Energy, 2006).

Bir başka tanımda ise enerji verimliliği, tüketilen enerji miktarının, üretimdeki miktar ve kaliteyi düşürmeden iktisadi kalkınmayı ve sosyal refahı engellemeden en aza indirilmesi biçiminde ifade edilmiştir (EİE, 2004: 4).

Özetle enerji verimliliği; hava, buhar, gaz ve elektrik ile oluşan enerji kayıplarını önlemek, çeşitli atıkların geri kazanımı ve değerlendirilmesi veya ileri teknoloji ile üretimi düşürmeden enerji talebini azaltması, daha verimli enerji kaynakları, gelişmiş endüstriyel süreçler, kojenerasyon ve enerji geri kazanımları gibi etkinliği artırıcı önlemlerin bütünüdür.

Enerji verimliliğinde en önemli faktör enerji tasarrufudur. Genel olarak az enerji tüketmek olarak anlaşılan enerji tasarrufu; enerji atıklarının değerlendirilmesi, enerji kayıplarının önlenmesi yoluyla enerji tüketimini en aza indirmektir (Çalıköglü, 2004: 59). Enerji tasarrufu iki biçimde gerçekleştirilmektedir. Birincisi, doğrudan enerji tasarruf eden ev, araba ve diğer son teknolojileri kullanmak; alışkanlıkları ve günlük davranışları enerjiyi daha verimli kullanacak biçimde düzenlemek gibi somut önlemlerden oluşmaktadır. İkincisi ise, dolaylı enerji tasarrufu olup mevcut malların daha uzun süre kullanılmasını sağlayarak yeni malların üretimini azaltmak; enerji tüketimini minimize edecek biçimde yerleşim yerlerini düzenlemek, ekonomide doğrudan materyal tüketiminin olmadığı etkinliklere geçiş yapmak gibi önlemlerdir (Norgard, 2001: 271).

Enerji verimliliğini artırmaya yönelik olarak binalarda, santrallerde, ulaştırma, sanayi ve elektrik sektörlerinde çalışmalar yapılmaktadır.

3. İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE ENERJİ EKONOMİSİ

Klima sistemlerinde, ülkemizde birim enerji maliyeti (kWh/TL) en yüksek olan elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Elektrik enerjisinin kullanıldığı bu sistemlerde konfor şartlarından ödün vermeden gerçekleştirilebilecek ekonomi, işletme maliyetlerinde önemli kazançlar sağlayacaktır. Bu çerçevede uygulanabilecek birçok önlem bulunmaktadır. Bu bölümde, klima sistemlerinde enerji ekonomisi ve sistemin en uygun şekilde kullanılması incelenecektir.

İklimlendirme sistemlerinde, ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarının gerçekleşmesi için enerji taşıyıcı akışkan olarak hava kullanılmaktadır. İç ortamın ihtiyacı olan taze havanın, iç ortama sürekli ilave edilmesinden dolayı, ortamdan konfor şartlarındaki havanın bir kısmı ile birlikte dış ortama sürekli enerji atılmaktadır. Dışarı atılan bu enerji yüzünden, klasik ısıtma ve soğutma sistemlerine göre klima sistemlerinde daha fazla işletme ve yatırım maliyetleriyle karşılaşmaktadır. Yaz iklimlendirmesi yapılan tesislerde soğutmayı temin etmek için elektrik enerjisi kullanılmakta, kış iklimlendirme tesislerinde ise alışılmış yakıtlar kullanılmaktadır. Bu tür sistemlerde alınabilecek enerji tasarrufu tedbirleri sayesinde, önemli miktarlarda enerji ekonomisi sağlanabilir.

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

4. İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE ENERJİ GERİ KAZANIM SİSTEMLERİ

İklimlendirme sisteminde dışarı atılan egzoz havası ile yaz veya kış iklimlendirilmesinde sisteme ilave edilecek enerji geri kazanım ünitesi ile dış havanın ön soğutulması veya ön ısıtılması yapılabilir. Bu sayede ısıtıcı ünite soğutucu ünite ile birlikte diğer ısıtma ve soğutma grubunun kapasiteleri azaltılarak, hem bu cihazların yatırım maliyetleri hem de işletme maliyetleri azaltılabilmektedir.

Enerji kaynaklarının sınırlı olması, giderek tükenmekte olması ve üretiminde karşılaşılan zorluklar enerji ekonomisini gerektiren başlıca sebeplerdir. Son yıllarda yapılan enerji ekonomisinin ve çevre koruma bilincinin artması, enerji geri kazanım sistemlerinde kullanılan tekniklerin gelişiminin bir göstergesidir. Özellikle meydana gelen ekonomik krizler ve buna bağlı olarak petrol fiyatlarının artması, sektörde enerji elde etme konusunda alternatif yöntem arama girişimlerini arttırmıştır. Öncelikle sanayide enerji kayıpları giderilmeye, atılan enerjiler geri kazanılmaya ve uygun ortamlarda kullanılmaya çalışılmıştır. Mahallerdeki transmisyon ve ışıma ile ısı kayıpları, yapı malzemelerinde kullanılan izolasyon maddeleri ile giderilmeye çalışılmıştır. Ancak mahallerin ısıtılması ya da soğutulması esnasında ihtiyaç duyulan taze havanın ısıtılması veya soğutulması için değişik ısı değiştiricilerine ihtiyaç duyulmuştur. Asıl amaç dışarı atılan ve kullanılmayan ısının, bu ısı değiştiriciler ile alınıp tekrar kullanılabilir bir ortama aktarılmasıdır.

Havadan havaya ısı geri kazanımı için depolamalı veya direk aktarımlı değişik ısı geri kazanım uygulamaları kullanılabilir. Bu uygulamalar;

- 1) Döner tip ısı değiştiriciler ile depolamalı,
- 2) Plakalı ve çapraz yada zıt akımlı ısı değiştiriciler ile direk aktarımlı,
- 3) Isı borulu ısı değiştiriciler ile direk aktarımlı,
- 4) İkiz ısı değiştiriciler ile depolamalı ısı geri kazanımı olarak sınıflandırılır.

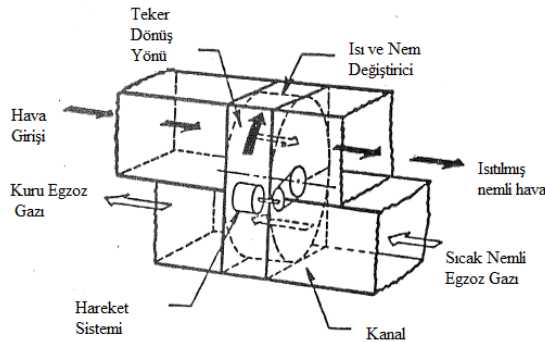
Isı değiştiriciler incelendiğinde çok değişik ısı değiştirici tipleri olduğu görülür. Bunların içinde döner tip ve plakalı ısı değiştirici ele alınacaktır.

4.1 Döner Tip Isı Değiştiriciler

Döner tip ısı değiştiriciler, alüminyum ya da çeliğin ondüleli kıvrılması ve çok küçük kanalcıkların oluşturulması ile imal edilirler. Sıcak ve soğuk akışkanlar cihazın içinde bulunan küçük kanallardan geçerler. Kanalların içinde hareket eden akışkan ısı değiştirici içinden aksiyal yönde geçiş yapar. Bu sırada rotor yavaş bir şekilde dönmeye devam eder. (şekil 4.1)

Döner tip ısı değiştiriciler, yüksek etkinlik değeri ile ekonomik ve kendini kısa sürede amorti eden ısı değiştiricilerdir. Yüksek kapasiteli uygulamalarda, ilk yatırım maliyetleri daha ekonomik olabilmektedir.

Döner rejeneratörler ilk olarak gaz trbnlerinde enerji geri kazanımı için uygulanmış, daha sonra termik santrallerde de hava n ısıtıcısı olarak kullanılmıştır. Döner tip rejeneratörler genelde disk ve tambur şeklinde imal edilir. Disk şeklinde olanlarda akış genelde aksiyal, tambur şeklinde olanlarda ise genelde radyal biçimdedir. Eşanjörlerin içinde matris adı verilen katı malzemeler ısı depolama görevi yaparlar ve çok çeşitli şekillerde olabilmektedirler.



şekil 4.1 Döner tip ısı değiştirici sistem şeması

Döner tip ısı değiştiricilerde duyulur ısı transferi, sıcak akışkan matris içinden geçerken matris yüzeyine ısı transferi olmakta ve rotorun dönmesi ile ısıyı depolamış yüzeyin soğuk akışkan tarafına geçerek, ısıyı soğuk akışkana transfer etmesiyle gerçekleşmektedir.

Döner tip ısı değiştiricilerde gizli ısı transferi ise, nemin absorbe edilerek, daha düşük nem potansiyeli taşıyan diğer akışkana transfer edilmesi ile gerçekleşir. Bu sayede bağıl nemi yüksek bir yerde soğutma yapılması durumunda, taze hava içinde bulunan su partikülleri döner tip ısı değiştirici yardımıyla egzoz havasına taşınarak, içeri daha az bağıl neme sahip havanın girmesine olanak sağlar. Tersisi durumunda, yani bağıl nemi düşük bir ortamda yine egzoz havasından alınan nem, taze havaya karıştırıldığından nemlendirici kapasitesi azalacaktır. Nem transferi ancak sıcak havanın çiğ noktası sıcaklığının altındaki bir hava ile soğutulması ile mümkündür. Soğuk akışkan sıcaklığı diğer tarafta bulunan havanın çiğ noktası sıcaklığından düşük olması durumunda, matris malzemesi sıcaklığı çiğ noktası sıcaklığının altına düşecektir. Sıcak akışkan içinde bulunan su partikülleri, çiğ noktası sıcaklığının altında bir yüzeyle karışlaştığında burada yoğuşacak ve bu su partikülleri soğuk akışkan tarafına taşınacaktır. Böyle bir durumun oluşması ve yüzeyde oluşun yoğuşmanın korozyona neden olacağı ihtimali ihmal edilmemelidir.

Döner tip ısı değiştiricilerin direkt tip ısı değiştiricilere göre ısı transfer yüzey alanları fazladır. Bu ısı değiştiriciler diğer ısı değiştirici ünitelere göre daha kısa sürede kendini amorti edebilmektedir. Akışın karşı akışlı olması yüzünden, filtre kullanılmasa bile dışarı atılan hava ile kanallar süpürüldüğünden yüzeyler temiz kalır. Havanın içinde yağlı, yapışkan, toksin vb. maddeler bulunmadıkça filtreye gerek yoktur. Nemlendirme prosesine sahip sistemlerde, dönüş havası nemini geri kazanarak enerji tasarrufu sağlar. Döner tip ısı değiştiriciler soğutma için kullanıldığı zaman, sistem için gerekli olan soğutucu ekipmanların (kompresör, soğutma kulesi vb.), soğutma serpantinlerinin, pompaların ve tesisatın boyutlarını küçülterek önemli bir tasarruf sağlar. Bunun yanı sıra döner tip ısı değiştiricilerde kaçak ve taşınma ile soğuk-sıcak akışkanlar karışabilmektedir. Bunu önlemek için fanların yerleri iyi ayarlanır ve bir temizleme bölümü kullanılır. Temizleme bölümü kullanılmadığı durumlarda, eğer pis havanın içinde temiz havaya karışması istenmeyen maddeler bulunduğunda (toksin, toz, boya, sigara dumanı vb.), taze hava bu maddeler içeren hava ile karışır. Eğer akışkanlar arası basınç farkı artarsa, kaçak ile karışan akışkan miktarı artmakta ve önemli bir problem oluşturmaktadır. Döner tip ısı değiştiriciler diğer ısı değiştiricilere nazaran daha sıkı bir yapıda olduklarından, basınç kayıpları da diğer

ısı değiştiricilere göre fazla olmaktadır. Döner tip ısı değiştiricilerde meydana gelecek basınç düşümü üzerindeki kısıtlamalar, matris yüzeyi değişmeksizin geniş bir akış alanı gerektirir. Bu durumda hantal bir kanal sistemi oluşumuna sebep olur.

Bu tip ısı değiştiriciler döner tip metalik bir ısı transfer yüzeyine sahiptir. Bu matrisin sırasıyla sıcak ve soğuk hava akımlarıyla dönerek temas etmesi sırasında, ısı sıcak hava tarafından alınıp matris yüzeyinde depolanır ve soğuk hava akımına girdiği zaman depolanmış olan ısı bu hava akımına bırakılır. Bu tip ısı değiştiricilerde teorik olarak verim %90'lara kadar ulaşmakla beraber, uygun değer verimlilikleri %65 ila % 85 arasındadır. Higroskopik rotor yüzeyleri sayesinde, toplam ısı geri kazanımı yapabildiklerinden (duyulur+ gizli) nem kontrolü proseslerinde avantajlıdır.

4.2 Plakalı Isı Değiştiriciler

Plakalı ısı değiştiricileri, akış kanatlarını oluşturan ince plakalardan oluşur. Bunlar sıvı, gaz veya iki fazlı akımların birleşimi için ısı transferi amacıyla kullanılır. Spiral plakalı, contalı plakalı ve lamelli tiplerden oluşmaktadır.

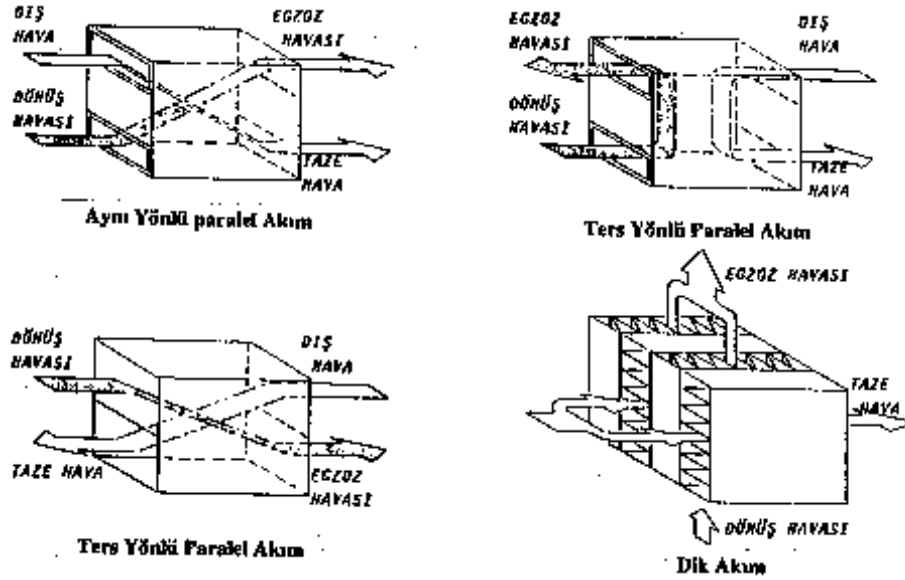
Plakalı ısı değiştiricileri, değişik malzemelerden üretilen plakaların arka arkaya ve birbirine 90° aı ile gelecek şekilde, uçlarından birleştirilip bir taşıyıcı ereve içinde toplanmaları ile elde edilirler. Isı değiştiricilerde kullanılan kanat malzemelerine, cinsine bağlı olarak, nem alma ve gizli ısı transferi yapabilme özelliği de kazandırılabilir.

Isı değiştiricileri, ısı transfer yüzeyini artırmak amacıyla esas ısı transfer yüzeyi üzerinde kanatçıklar bulunan ısı değiştiricilerdir.

Plakalı ısı değiştiricileri, genelde çapraz akışlı ısı eşanjörleri olarak imal edilmektedirler. (şekil 4.2). Bu eşanjörlerde levhalar arası uzaklık birkaç mm civarında imal edilmektedir. En büyük problemleri ise döner rejeneratrlerle karşılaştırıldıklarında daha yüksek olan basınç kayıplarıdır. Ayrıca iki akışkanın karışma ve kısa devre imkanı bunlarda da döner eşanjörlerde olduğu gibi yüksektir. Plakalı ısı değiştiriciler, büyük sistemlerde olduğu gibi

küçük sistemlerde ve havalandırmada ısı geri kazanımında da başarı ile kullanılmaktadır.

Plakalı ısı değiştiricilerinde sistemden atılan ve sisteme alınan akışkan birbirine değmeyen bitişik yüzeylerden geçmekte ve bu esnada ısı transferi gerçekleşmektedir. Bu tip ısı değiştiricilerinde, ısı direkt olarak soğuk hava akımı ile sıcak hava akımı arasında transfer edilmektedir. Herhangi bir işlem sonucu üretilen sıcak atık akışkan ısı değiştirgecinin bir yöndeki kanallarından geçerken ısısını kanal duvarlarına aktarmakta ve aktarılan ısı diğer yöndeki (çapraz) kanallardan geçen soğuk akışkana transfer edilerek atık havanın ısıl yükünden yararlanmış olunmaktadır. Aynı prensiple soğuk atık havanın ısı değiştiricinin kanallarından geçerken, soğutulmak istenen sıcak ve temiz havadan kanalları birbirinden ayıran yüzey yardımıyla ısı transfer edilmekte ve sıcaklığı yükselerek ısı değiştirgecini terk etmektedir.



Şekil 4.2 Plakalı tip ısı değiştirici sistem şeması

Plakalı ısı değiştiricileri; Restoran, toplantı salonları, tiyatro, sinema, alışveriş merkezleri, okul, spor salonları, kapalı yüzme havuzları ve benzeri insan yoğunluklu mekanların havalandırılması ve iklimlendirilmesi uygulamalarında kullanılması tavsiye edilir. Bu durumda, konfor şartları için gerekli olan taze hava yükü % 25 ile % 45 oranında azalacaktır. Örneğin plakalı ısı değiştirici kullanım durumunda, % 50 dış hava ile çalışan bir iklimlendirme sisteminde, gerekli yükler ve cihaz kapasiteleri ortalama %15 ile % 30 arasında küçülecektir.

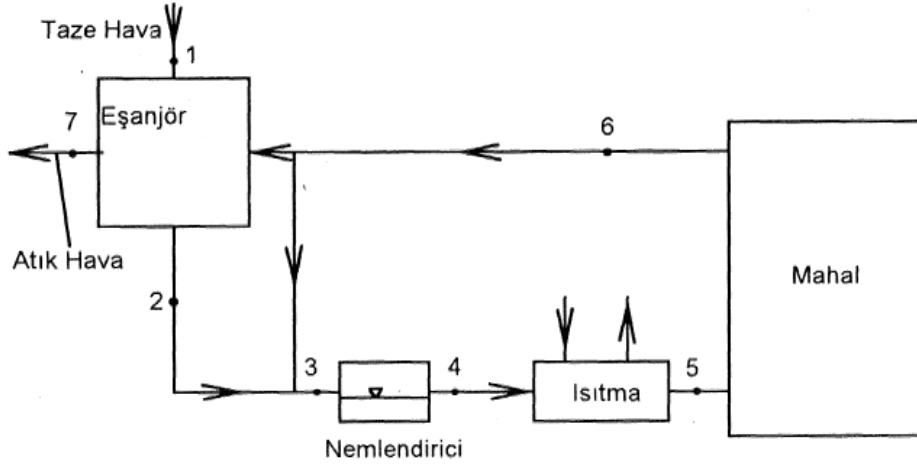
Günümüzde, konfor şartlarının yalnızca sıcaklık ve nem ile tanımlanmadığı, solunan havanın içindeki oksijen oranının da son derece önem kazandığı bilinmektedir. Kapalı hacimlerde kullanılan havanın oksijeni, kullanım oranı ve süresine bağlı olarak azalmakta, buna karşılık karbonmonoksit ve dioksit oranları artmaktadır. Bu yönünden dolayı da maliyetlerinin yüksek olması doğaldır.

Isıtma sistemlerinde, plakalı ısı değiştiriciler konfor, güvenilirlik ve güvenlik aranan her türlü ısıtma uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Isıyı bir devreden diğerine aktarmanın yanında ısı değiştiricisi primer ve sekonder bölümler arasında normalde mevcut olan basınç farklarına da etkin şekilde dayanır. Soğutma sistemlerinde, kullanım kolaylığı ve konfor sağlarken, daha fazla kapasite, daha az bakım gereksinimi ve yerden tasarruf sağlar. Bunun yanı sıra, daha düşük yatırım maliyeti ve kullanım esnekliği gibi ekonomik yararlar da sağlar. Dolaylı bölgesel soğutma dağıtımında, plakalı ısı değiştiricilerin kullanılması, örneğin farklı devreler arasında basınca müdahale gibi, bir çok avantajlar getirir.

5. KLİMA SANTRALLERİNDE YAZ VE KIŞ KONUMLANDIRILMASI

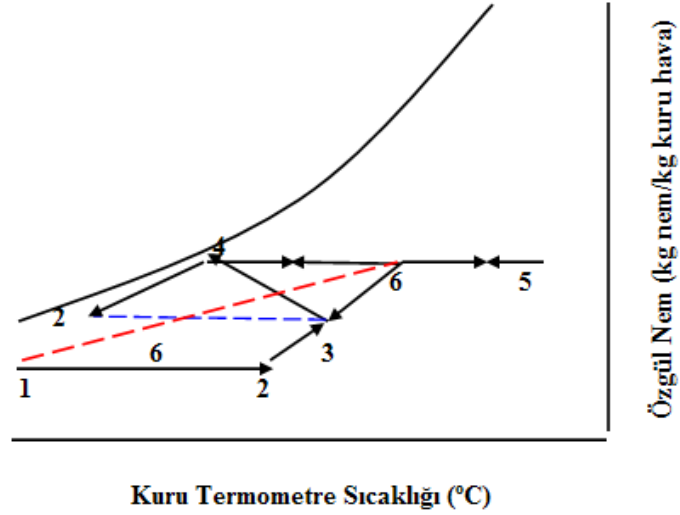
Yaz ve kış iklimlendirme sistemleri çalışma şekilleri açısından birbirlerinden farklılık gösterirler.

Klima santrali %100 dış hava ile çalıştırılarak kısmi olarak doğal soğutmadan faydalanılır, dış hava sıcaklığı set değerinin altına düştüğü halde iç yükler nedeniyle hala soğutma ihtiyacı duyuluyorsa o bölgenin tüm soğutma ihtiyacı herhangi mekanik soğutmalı bir sisteme gerek duyulmadan doğrudan dış havadan sağlanabilir. Geçiş dönemleri haricinde dış kabuk zonlarında kışın ısıtma yazın soğutma ihtiyacı ortaya çıkarken, iç kabuk zonunda herhangi bir ısı kaybı olmadığından yaz ve kış periyodlarında sadece soğutma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.



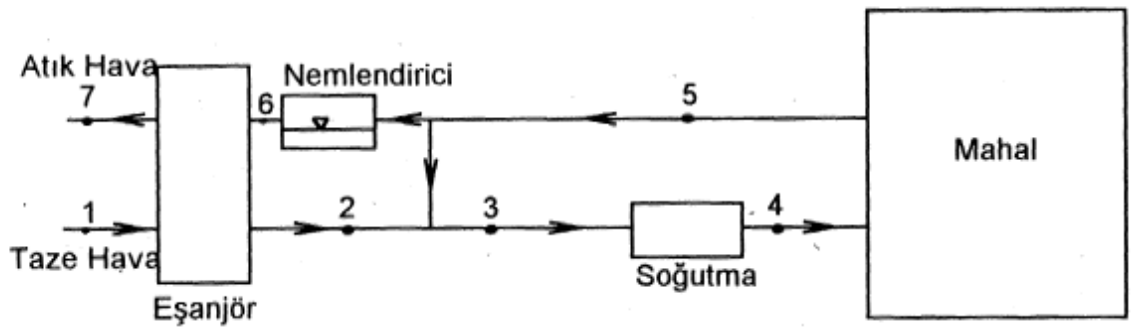
Şekil 5.1 Kış kliması çalışma prensibi

Şekil 5.1'de ısıtma sezonu için örnek bir ısı geri kazanımlı sistem şeması gösterilmiştir. Sisteme alınan taze hava (1) önce ısı geri kazanım eşanjöründe ön ısıtmaya tabi tutulur. Ön ısıtılan hava, mahal havasının dışarı atılmayan kısmı ile karıştırılır ve karışım havası elde edilir (3). Karışım havası nemlendiricide istenen şartlarda nemlendirilir (4) ve burada üfleme sıcaklığına kadar ısıtılarak (5) mahale verilir. Burada üfleme havası mahal ısı kaybını karşılayarak istenen şartlar elde edilir (6).



Şekil 5.2 Kış kliması psikrometrik diyagramda gösterimi

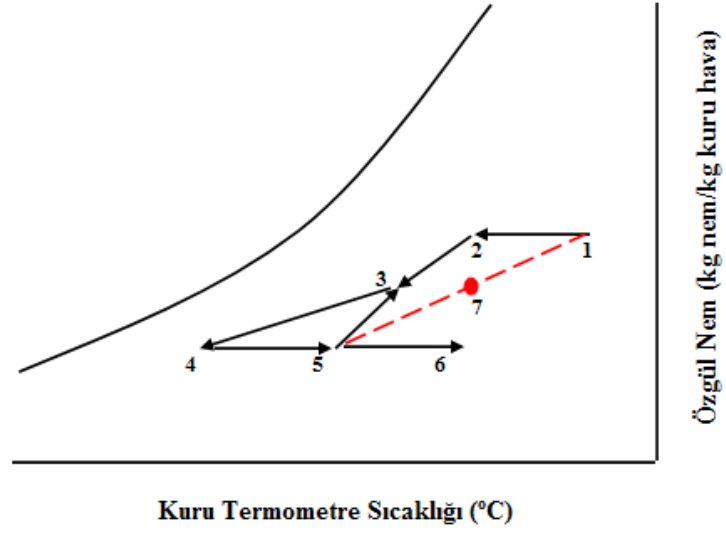
İç zonda doğal soğutmadan faydalanabilmek için iç zon ve dış zon klima santralleri birbirinden ayrılır. Özellikle kış çalışmasında dış zon klima santrali minimumda ve %100 dış hava ile çalışırken yani dış kabuktaki insanların temiz hava ihtiyacını temin ederken (ısı kaybı radyatörler ile karşılanıyor) iç zondaki klima santrali ise iç ısı yüklerine bağlı olarak maksimuma yakın bir debide ve soğutma amaçlı çalışacaktır. Şekil 5.2’de kış klimasının psikrometrik diyagramda gösterimi yer almaktadır.



Şekil 5.3 Yaz kliması çalışma prensibi

Şekil 5.3’te soğutma sezonu için örnek bir ısı geri kazanımlı sistem şeması gösterilmiştir. Temiz sıcak hava (1) eşanjörde ön soğutmaya tabi tutulur (2). Elde edilen bu hava, çevrim

havasıyla karıştırılır (3). Karışım havası soğutma grubuna sevk edilir (4) ve üfleme şartları elde edilir (5). Atık mahal havası eşanjöre girmeden önce nemlendirilerek (6) biraz daha düşük sıcaklık elde edilir. Sistemde nemlendirici kullanılması şart değildir fakat kullanıldığında daha etkin bir sistem elde edilir. Şekil 5.4'te ısı geri kazanımlı yaz kliması çalışma prensibinin psikrometrik diyagramda gösterimi yer almaktadır.



Şekil 5.4 Yaz kliması psikrometrik diyagramda gösterimi

6. HESAPLAMALAR VE ANALİZ

Isıl konforunun sağlanması için ortamın duyulur ve gizli ısısının uzaklaştırılması gerekir. Bu sebeple doğal soğutma sistemlerinde, ortama doğrudan dış hava gönderilir. Yalnız ortama gönderilen dış havanın entalpisinin veya sıcaklığının, iç ortam havasının entalpisi veya sıcaklığından düşük olması gerekir. Bunun tespiti için, iç ortam ile dış ortam havasının entalpileri veya sıcaklıkları kontrol edilir.

Bir alışveriş merkezinin İstanbul, Antalya, Ankara ve Erzurum ilinde bulunma durumlarına göre ısı geri kazanımsız ve ısı geri kazanımlı (örnek olarak plakalı ısı değiştirici ve döner tip ısı değiştirici kullanılmıştır) hava soğutmalı klima santralleri için enerji hesapları yapılmıştır. Örnek hesaplar İstanbul ili için verilmiştir. İllere göre karşılaştırma çizelgeleri sonuç bölümünde tekrar irdelenecektir.

Hesaplamalarda hava debisi $20.000\text{m}^3/\text{h}$; ortam entalpisi ısıtma sezonu için 38.5 kJ/kg , soğutma sezonu için 46 kJ/kg ; ortalama dış havanın yoğunluğu $1,2\text{ kg/m}^3$, iç hava yoğunluğu ise kış şartları için $1,189\text{ kg/m}^3$, yaz şartları için $1,17\text{ kg/m}^3$ olarak kabul edilmiştir. Ayrıca dış ortam koşulları için 2008 yılı için Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan 4 ilimize ait saatlik sıcaklık ve bağıl nem değerleri kullanılmıştır.

6.1 Isıtma ve Soğutma Sezonu İçin Isıl Kapasite Hesaplamaları

Enerji geri kazanımsız sistem için ısıl kapasite:

$$Q_1 = q \cdot \rho \cdot (h_{iç} - h_{dış}) \cdot (1/3600) \quad (6.1)$$

Q_1 : Enerji geri kazanımsız sistem için ısıl kapasite (kW)

q : Taze hava debisi (m^3/h)

ρ : Ortalama hava yoğunluğu (kg/m^3)

$h_{iç}$: İç ortam entalpisi (kJ/kg)

$h_{dış}$: Dış ortam entalpisi (kJ/kg)

Enerji geri kazanımlı sistem için ısı kapasite:

$$Q_2 = q \cdot \rho_s \cdot (h_{oda} - h_s) \cdot (1/3600) \quad (6.2)$$

Q_2 : Enerji geri kazanımlı sistem için ısı kapasite (kW)

q : Taze hava debisi (m^3/h)

ρ_s : Matris çıkışındaki hava yoğunluğu (kg/m^3)

$h_{iç}$: İç ortam entalpisi (kJ/kg)

h_s : Matris çıkış entalpisi (kJ/kg)

$$h_s = h_{dış} + (h_{iç} - h_{dış}) \cdot e$$

$$q_s = q_{dış} + (q_{iç} - q_{dış}) \cdot e$$

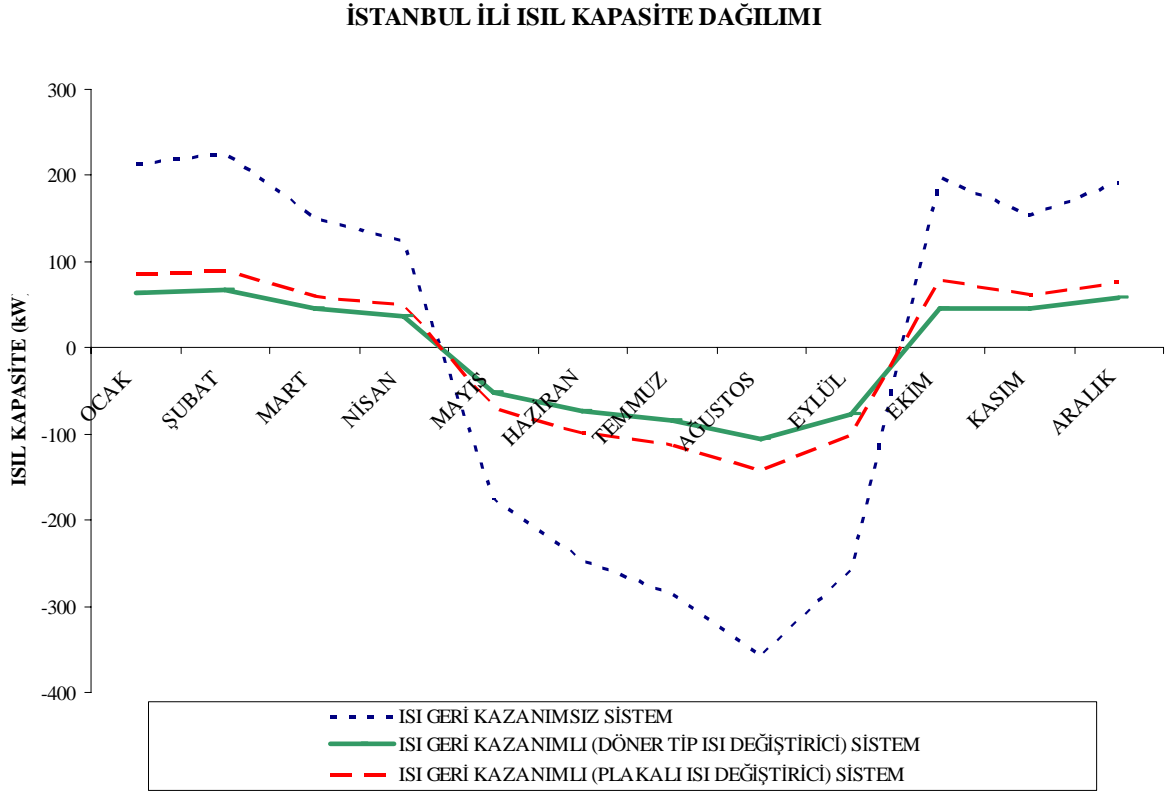
e : Döner tip/plakalı tip ısı değiştirgeci etkinliği (%)

Plakalı eşanjör verimi %55, döner tip ısı değiştirici verimi ise %70 olarak belirlenmiştir.

Saatlik bazda yapılan hesaplar, aylık hesaplara indirgenmek suretiyle detaylı olarak Ek-1'de yer almaktadır. Hesaplamalar sonucunda her ay için gerekli enerji miktarları tayin edilmiştir. Örnek olarak İstanbul İli ısı geri kazanımlı ve kazanımsız sistemler için ısıtma sezonu (Çizelge 6.1) ve soğutma sezonu (Çizelge 6.2) aylara göre gerekli enerji dağılım karşılaştırma çizelgeleri gösterilmiştir.

İstanbul ilinde, ısıtma sezonu boyunca aylık ortalama gerekli ısı kapasiteleri kıyasladığımızda en fazla enerji tüketiminin şubat ayında olduğu açıkça görülmektedir. Isı değiştirici kullanıldığı zaman enerji kayıpları büyük ölçüde azalmıştır. Örneğin ekim ayında ısı geri kazanımsız sistem için enerji miktarı 180 kW iken, plakalı tip ısı değiştirici kullanıldığı takdirde 80 kW, döner tip ısı değiştirici kullanıldığında ise 45 kW civarında olmaktadır. Isıtma sezonu için klima santrali seçimi, enerji kaybının maksimum olduğu şubat ayı şartlarına göre yapılmıştır.

Çizelge 6.1 İstanbul ili için aylara göre gerekli enerji dağılımı



Isı geri kazanım cihazları kullanılmadığı durumda klima santrali %100 dış-taze hava ile çalıştığı için dış hava koşullarına göre enerji kaybı oranı çok fazla dalgalanma sergilemektedir.

Isı geri kazanımlı klima santrallerinde ise %100 dış-taze havayı kullanmayıp, dışarı atılan atık gaz ile karışım halinde sisteme verildiği için bu enerji dalgalanmalarının minimuma indiği gözlenmektedir.

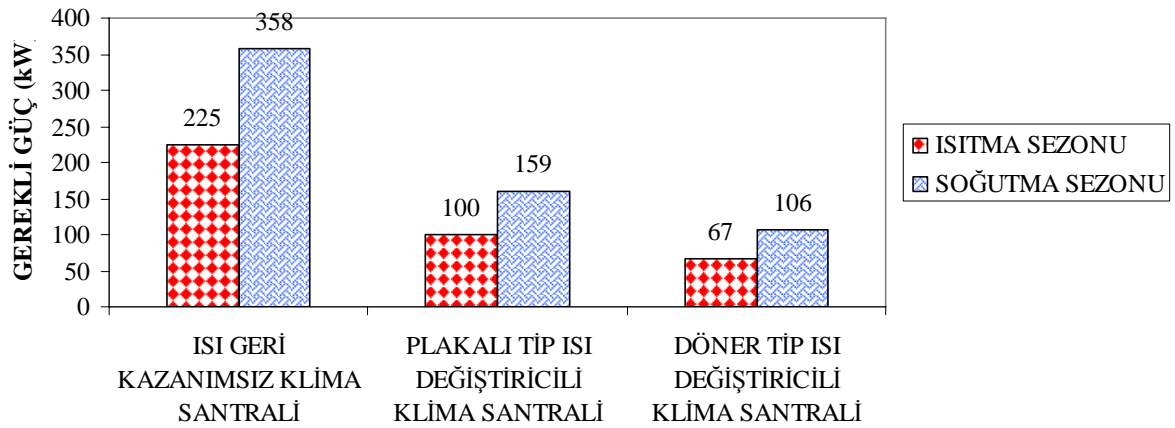
Çizelge 6.1'de görüldüğü gibi İstanbul ilinde, soğutma sezonunda ısı değiştirici kullanılan sistemlerde enerji kaybı büyük oranda azalmaktadır. Soğutma sezonu için maksimum enerji kaybı ağustos ayında meydana gelmiştir. Klima santrali tasarlanırken hesaplar bu ay için yapılmıştır.

Mayıs ve ekim ayları, geçiş aylarıdır ve bu ayın belirli günlerinde %100 dış hava ile ısıtma ya da soğutma yapılmaktadır.

Çizelge 6.2’de İstanbul ili için tasarımı yapacağımız klima santrallerinin kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Isı geri kazanımsız klima santralının batarya gücü, ısı geri kazanımlı sistemlere göre yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Isıtma ve soğutma sezonları ayrı ayrı aralarında karşılaştırıldığında soğutma sezonu için batarya gücünün daha fazla olduğu görülmektedir. Bunu sebebi de İstanbul ilinde yaz aylarında dış hava sıcaklığı yüksek olduğu için doyma basıncının artması ve özellikle de bağıl nem oranının yüksek olmasından dolayı dış ortam entalpisinin yüksek olmasıdır.

Çizelge 6.2 İstanbul ili için ısıtma ve soğutma sezonu klima santralleri kapasite karşılaştırma çizelgesi

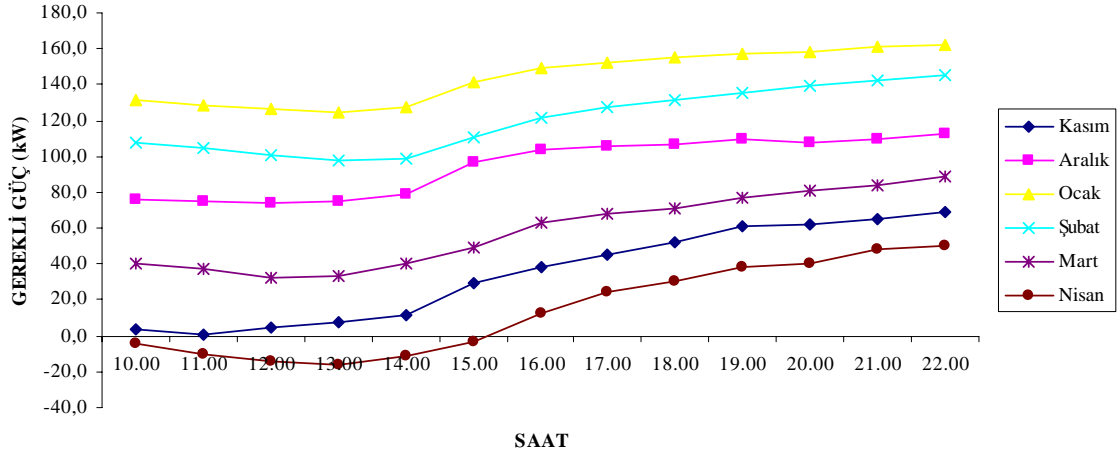
İSTANBUL İLİ KLİMA SANTRALLERİ KAPASİTE KARŞILAŞTIRMA TABLOSU



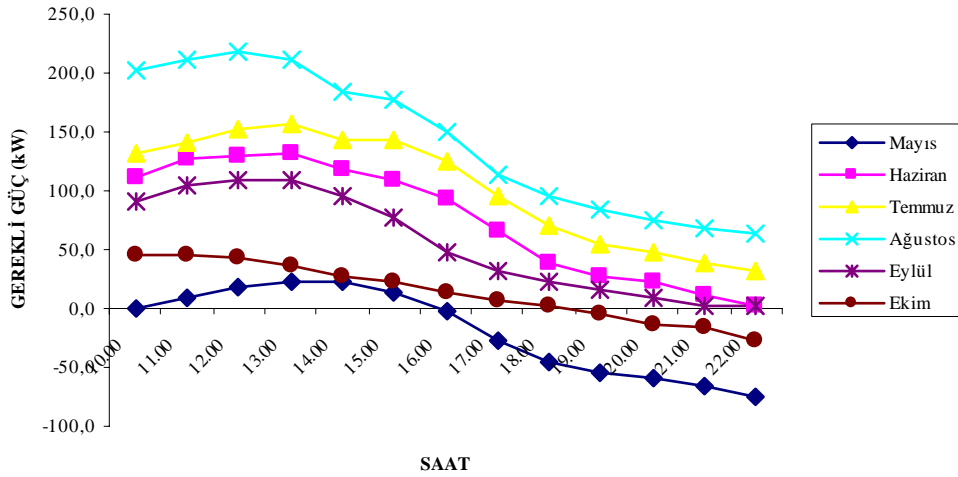
Döner tip ısı değiştiricili klima santralinde, ısı değiştiricinin çalışma şekline dolayı dış ortam nem miktarını iç ortama verirken absorbe edebiliyor olması, bu santralin batarya gücünün plakalı ısı değiştiricili santrale göre daha da küçük çıkmasına sebep olmuştur. Ülkemizin değişik bölgelerinden seçilen diğer örnek illerde dış hava şartları farklı olacağı için batarya güçlerinin aynı çıkmayacağı sonraki bölümlerde gösterilecektir. Bu sonuçlara göre enerji tasarruf değerleri bir sonraki bölümde irdelenecektir.

Hesaplamalar alışveriş merkezinin açık olduğu 10.00-22.00 saatleri arasında yapılmıştır. Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4'te İstanbul ili için ısıtma ve soğutma sezonları için saatlere göre enerji dağılımları görülmektedir.

Çizelge 6.3 İstanbul ilinde ısıtma sezonunda saatlere göre gerekli enerji miktarı



Çizelge 6.4 İstanbul ilinde soğutma sezonunda saatlere göre gerekli enerji miktarı



Isıtma sezonunda, nisan ayı; soğutma sezonunda ise mayıs ve ekim ayı; geçiş ayları olduğu için belirli saatlerde (-) değere geçmiştir. Yani ısıtma sezonunda nisan ayında sabah 10.00-12.00 saatleri arasında ısıtma yapılmasına gerek yoktur. Klima santrali, bu saatlerde dış

havayı çevirerek iç ortamda istenen sıcaklık ve nem şartlarını sağlayabilmektedir. Aynı durum soğutma sezonunda mayıs ve ekim ayları için de geçerlidir. Bu aylarda 17.00-22.00 saatleri arasında enerji harcamaya gerek olmadan, dış ortam şartları kullanılarak iç ortam hava kalitesi istenen seviyeye gelebilecektir.

Isıtma sezonunda özellikle 19.00-22.00 saatleri arasında ısıtma gücü maksimum olmuştur. Soğutma sezonunda ise maksimum kapasiteye 12.00-14.00 saatleri arasında ulaşılmıştır. Bu saatler, en çok elektrik ve yakıt tüketiminin yapıldığı sürelerdir ve cihaz kapasiteleri bu saatlerde yapılan tüketim oranlarına göre tayin edilmiştir.

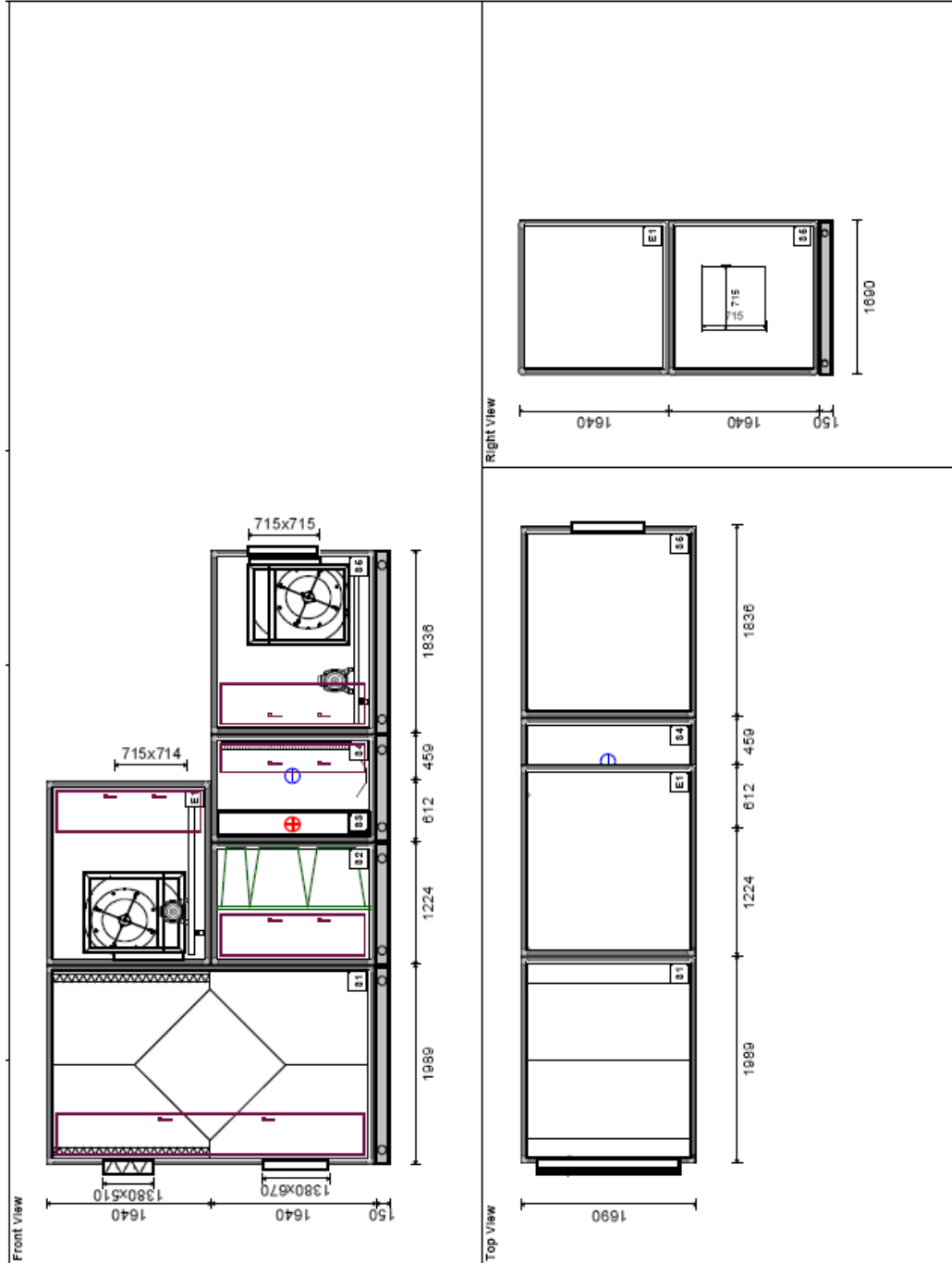
Yapılan hesaplamalar sonucunda ortaya çıkan batarya güçlerine göre klima santrali tasarımları yapılmıştır. İstanbul ili, ısı geri kazanımsız (Şekil 6.5), plakalı tip ısı değiştiricili (Şekil 6.6) ve döner tip ısı değiştiricili (Şekil 6.7) klima santrali örnekleri yer almaktadır.

Çizelge 6.5 İstanbul ili ısı geri kazanımsız klima santrali



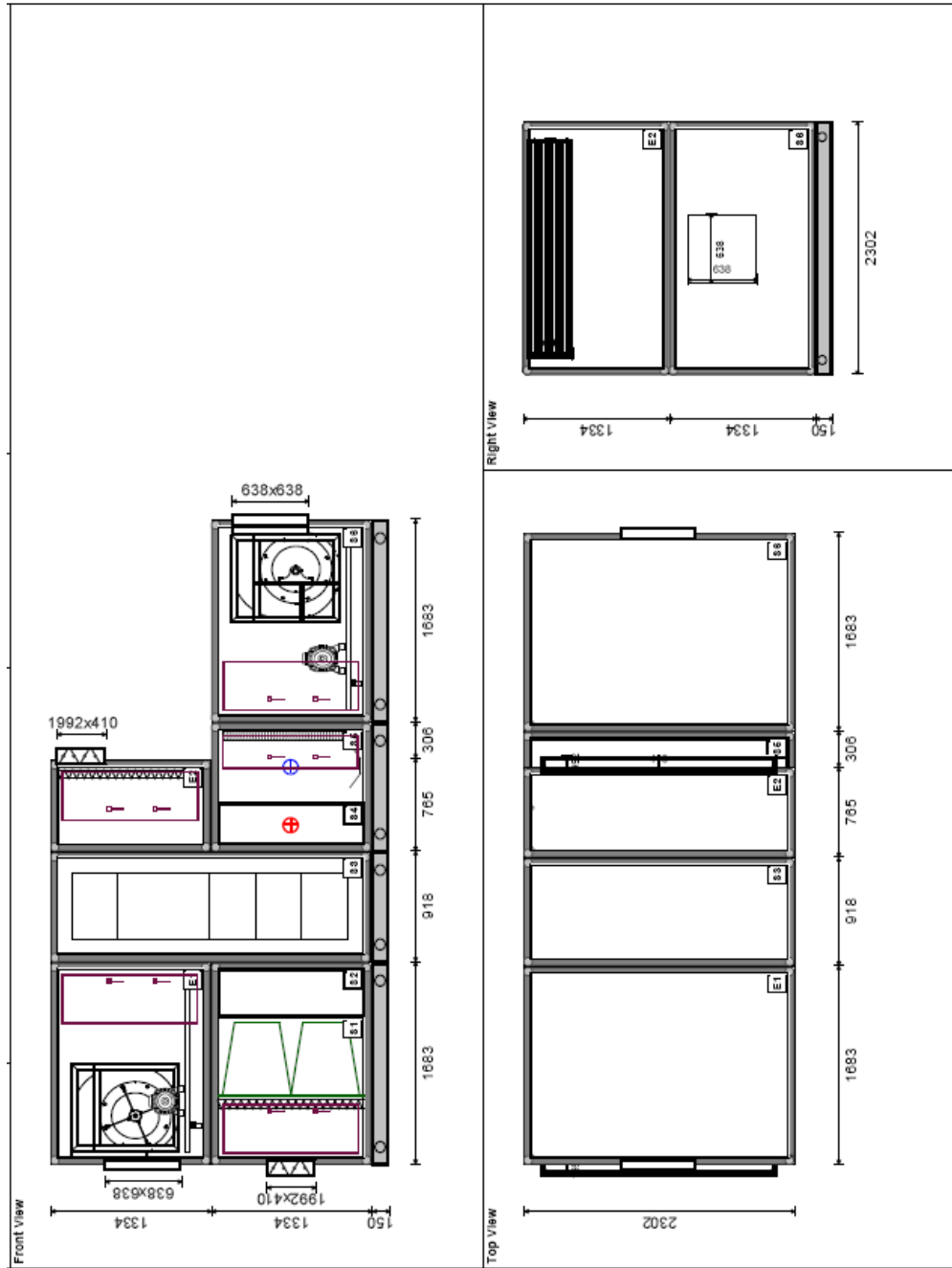
İstanbul ili ısı geri kazanımsız klima santrallerinde ısıtma sezonunda duyulur ısıtma işlemi gerçekleşir. Dış hava sıcaklığındaki hava ısıtma işlemine tabi tutularak ortama gönderilir. Soğutma sezonunda ise soğutma ve nem alma prosesleri gerçekleşir.

Çizelge 6.6 İstanbul ili için plakalı ısı değıştiricili klima santrali



İstanbul ili için tasarlanan klima santralinde, plakalı ısı değıştirici kullanıldığında, ısıtma sezonunda alınan dış havanın ortam şartlarına kadar ısıtılması gerekmemektedir; dış havayı santral dönüş havasıyla karşılaştırmak suretiyle, iç ortamda istenen konfor elde edilir. Soğutma sezonunda ise dış hava, dönüş havasıyla karşılaştığı için soğutma ve nem alma dereceleri ısı geri kazanımsız sistemden daha düşük olmaktadır.

Çizelge 6.7 İstanbul ili döner tip ısı değiştiricili klima santrali



İstanbul ili için tasarlanan döner tip ısı değiştiricili klima santrali ısıtma sezonunda, dış hava ısıtılıp nemlendirilmekte; ortam havası ise ısı değiştiriciye girerken soğutma ve nem alma işlemi gerçekleşmektedir. Soğutma sezonunda ise döner tip ısı değiştirici nemi de absorbe edebildiği için nem alma prosesi uygulanmasına gerek kalmadan sadece soğutma işlemi gerçekleşmektedir.

6.2 Enerji Tasarrufu

6.2.1 Isıtma sezonu

Isıtma sezonu için örnek hesaplama İstanbul ili için yapılmıştır.

Plakalı tip ısı değiştirici kullanıldığında enerji tasarrufu;

$$\begin{aligned} Q_{et} &= Q_1 - Q_2 \\ &= 225 - 100 \\ &= 125 \text{ kW} \end{aligned}$$

Döner tip ısı değiştirici kullanıldığında enerji tasarrufu;

$$\begin{aligned} Q_{et} &= Q_1 - Q_1 \\ &= 225 - 67 \\ &= 158 \text{ kW} \end{aligned}$$

Isı geri kazanımsız klima santrali için gerekli yakıt miktarı;

$$B_{YT} = (Q_{et} \cdot t \cdot 120) / (H_u \cdot \eta_k)$$

t : Çalışma süresi (10.00-22.00 saatleri arası)

H_u : Doğalgazın alt ısıl değeri (34458 kJ/m³)

η_k : Kazan verimi (%93 alınmıştır)

$$\begin{aligned} B_{YT} &= (225 \cdot 360 \cdot 120) / (34458 \cdot 0,93) \\ &= 303,071 \text{ m}^3/\text{gün} \end{aligned}$$

Plakalı tip ısı değiştiricili klima santrali için gerekli yakıt miktarı;

$$B_{YT} = (100 \cdot 360 \cdot 120) / (34458 \cdot 0,93)$$

$$= 134,70 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Döner tip ısı değiştiricili klima santrali için gerekli yakıt miktarı;

$$B_{YT} = (67 \cdot 360 \cdot 120) / (34458 \cdot 0,93)$$

$$= 90,25 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Plakalı tip ısı değiştiricili klima santrali için yakıt tasarrufu;

* 2009 yılı için temmuz ayı doğalgaz birim fiyatı $0,62 \text{ TL/m}^3$ olarak alınmıştır.

$$B_{YTp} = 303,071 - 134,70 = 168,71 \text{ m}^3/\text{gün}$$

İstanbul iklim şartlarında ısıtma sezonu 205 gün olduğuna göre;

$$B_{YTp} = 205 \cdot 168,71 = 34.347,68 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

$$\text{Yakıt tasarrufu} = 34.347,68 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 0,62 \text{ TL/m}^3 = 21.295,56 \text{ TL/yıl}$$

Döner tip ısı değiştiricili klima santrali için yakıt tasarrufu;

$$B_{YTd} = 303,071 - 90,25 = 212,821 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$B_{YTd} = 205 \cdot 212,821 = 43.628,305 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

$$\text{Yakıt tasarrufu} = 43.628,305 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 0,62 \text{ TL/m}^3 = 27.049,55 \text{ TL/yıl}$$

Çizelge 6.8 Isıtma sezonu yakıt tasarrufu

	SEMBOL	BİRİM	ISITMA SEZONU			
			İSTANBUL	ANKARA	ANTALYA	ERZURUM
Plakalı ısı değiştirici enerji tasarrufu	Q_{et}	kW	125	176	112	253
Döner tip ısı değiştirici enerji tasarrufu	Q_{et}	kW	158	224	143	322
Isı geri kazanımsız sistem gerekli yakıt miktarı	B_{YT}	$m^3/gün$	303,07	428,6	274,8	616,6
Plakalı ısı değiştiricili sistem gerekli yakıt miktarı	B_{YT}	$m^3/gün$	134,7	191,9	123,5	276,1
Döner tip ısı değiştiricili sistem gerekli yakıt miktarı	B_{YT}	$m^3/gün$	90,2	126,6	82,2	183,2
Plakalı ısı değiştiricili sistem yakıt tasarrufu		TL/yıl	21295,5	30082,4	13789,1	56163,6
Döner tip ısı değiştiricili sistem yakıt tasarrufu		TL/yıl	21049,6	38377,3	17555,6	71485,2

Çizelge 6.8’de illere göre ısıtma sezonu yakıt tasarruf miktarları gösterilmiştir. Bu çizelgeye göre Erzurum ilinde, yakıt tasarrufunun diğer illere göre yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, Erzurum ilinde dış ortam sıcaklığının ve bağıl nem oranının diğer illere göre düşük olmasından dolayı gerekli ısıtma kapasitesinin yüksek çıkmasıdır. Bu durumda sistemde plakalı ya da döner tip ısı değiştirici kullanılması ile oluşan fark büyük çıkmaktadır. Antalya ilinde ise tam tersi durum söz konusudur. Yani dış ortam sıcaklıkları ve özellikle de nem oranı yüksek olduğu için ısıtma kapasitesi diğer illere göre küçük çıkmaktadır.

İllerin buldukları bölgelere göre ısıtma ayları değişiklik göstermektedir. Buna göre ısıtma sezonu, dış ortam sıcaklıklarının günlük değerleri incelenerek İstanbul ve Ankara için 205 gün, Antalya için 143 gün, Erzurum için ise 266 gün olarak belirlenmiştir.

Isıtma yapılırken nem oranının düşmesinden dolayı, dış hava nem oranı yüksek olan illerde dış havalı ısı değiştiricilerinden özellikle döner tip ısı değiştirici kullanılması durumunda yakıt tasarruf oranı artmaktadır. Çünkü bu tip ısı değiştiriciler dış havanın nem oranını iç havanın nem oranı ile karıştırmak suretiyle sisteme vermektedir. Bunun yanı sıra nem oranının çok yüksek olması durumunda, iç ortamda istenen kalitede şartlandırma yapılması zorlaşmaktadır.

6.2.2 Soğutma sezonu

Plakalı tip ısı değiştirici kullanıldığında enerji tasarrufu;

$$Q_{et} = 358-159$$

$$= 199 \text{ kW}$$

Döner tip ısı değiştirici kullanıldığında enerji tasarrufu;

$$Q_{et} = 358-106$$

$$= 252 \text{ kW}$$

Isı geri kazanımsız klima santrali elektrik enerjisi miktarı;

$$E_t = Q_0 \cdot t / \text{ESEER} \text{ (kWh / gün)}$$

Q_0 : Soğutucu batarya gücü

t : Çalışma süresi (10.00-22.00 saatleri arası)

ESEER : Mevsimlik Enerji Verimliliği Oranı

(ESEER değeri, kullanılan klima santralleri için üretici firmadan alınmıştır)

$$E_t = 358 \cdot 12 / 4,8 = 895 \text{ kWh/gün}$$

İstanbul iklim şartlarında soğutma sezonu 147 gün olduğuna göre;

$$E_t = 147 \cdot 895 = 131.565 \text{ kWh/yıl}$$

Plakalı tip ısı değiştiricili klima santrali elektrik enerjisi miktarı;

$$E_t = 159 \cdot 12 / 4,68 = 407,69 \text{ kWh/gün}$$

$$E_t = 147 \cdot 407,69 = 59.930,43 \text{ kWh/yıl}$$

Döner tip ısı değiştiricili klima santrali elektrik enerjisi miktarı;

$$E_t = Q_0 \cdot t / ESEER \text{ (kWh / gün)}$$

$$E_t = 106 \cdot 12 / 4,75 = 267,79 \text{ kWh/gün}$$

$$E_t = 147 \cdot 267,79 = 39.365,13 \text{ kWh/yıl}$$

* 2009 yılı için temmuz ayı elektrik birim fiyatı 0,20 TL/kWh olarak alınmıştır.

Plakalı tip ısı değiştiricili klima santrali için elektrik tasarrufu;

$$131.565 - 59.930,43 = 71.634,57 \text{ kWh/yıl}$$

$$\text{Parasal tasarruf ; } 73.096,15 \text{ kWh/yıl} \times 0,20 \text{ TL/kWh} = 14.619,2 \text{ TL/yıl}$$

Döner tip ısı değiştiricili klima santrali için elektrik tasarrufu;

$$131.565 - 39.365,13 = 92.199,87 \text{ kWh/yıl}$$

$$\text{Parasal tasarruf ; } 92.199,87 \text{ kWh/yıl} \times 0,20 \text{ TL/kWh} = 18.439,94 \text{ TL/yıl}$$

Çizelge 6.9 Soğutma sezonu elektrik tasarrufu

	SEMBOL	BİRİM	SOĞUTMA SEZONU			
			İSTANBUL	ANKARA	ANTALYA	ERZURUM
Plakalı ısı değiştirici enerji tasarrufu	Q_{et}	kW	199	102	213	179
Döner tip ısı değiştirici enerji tasarrufu	Q_{et}	kW	252	129	271	200
Isı geri kazanımsız sistem gerekli elektrik enerjisi	E_t	kWh/gün	895,0	507,6	999,1	808,6
Plakalı ısı değiştiricili sistem gerekli elektrik enerjisi	E_t	kWh/gün	407,7	229,6	441,6	293,0
Döner tip ısı değiştiricili sistem gerekli elektrik enerjisi	E_t	kWh/gün	267,8	141,3	294,1	232,7
Plakalı ısı değiştiricili sistem elektrik tasarrufu		TL/yıl	14326,8	8173,2	22860,5	8971,7
Döner tip ısı değiştiricili sistem elektrik tasarrufu		TL/yıl	18440,0	10769,1	28906,6	10020,0

Çizelge 6.9'da yukarıda İstanbul ili için yapılan hesapların diğer iller ile birlikte hazırlanmış özet elektrik tasarruf çizelgesi bulunmaktadır. Soğutma sezonu; dış ortam sıcaklıklarının günlük değerleri incelenerek İstanbul ve Ankara için 147 gün, Antalya için 205 gün, Erzurum için ise 87 gün olarak belirlenmiştir.

Soğutma sezonu için en yüksek elektrik tasarrufu Antalya ilinde yapılmıştır. Fakat aynı zamanda en yüksek elektrik tüketimi de bu ilde görülmektedir. Erzurum ilinde en kısa soğutma sezonu yaşanmasına rağmen dış hava sıcaklık değerleri bağıl nem oranının düşük olması, karışım hava sıcaklığını iç ortam sıcaklığına yakın bir değere getirmiş; karışım entalpisi ve dolayısıyla enerji kapasitesi ısı geri kazanımsız klima santraline oranla düşük çıkmıştır.

7. YÜKSEK VERİMLİ MOTORLAR

Üretilen toplam elektriğin yaklaşık yarısı, sanayi sektöründe kullanılan elektriğin ise yaklaşık üçte ikisi motorlar tarafından tüketilmektedir. Bu da sanayide yüksek verimli motor kullanımının enerji maliyetinin düşürülmesinde ne kadar önemli olduğunu gösterir. Yüksek verimli motorların kullanımını aynı zamanda sera gazları salınımında ciddi azalmalara sebep olmakta ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasına katkı yapmaktadır.

Tipik bir motorun satın alma maliyeti, o motorun toplam maliyetinin %2'sinden bile azdır. Enerji maliyeti ise toplam maliyetin %98'i olabilmektedir. Yani tipik bir motor ortalama 20 yıl olan çalışma ömrü boyunca satın alma maliyetinin 50 katından fazlasını tükettiği enerjinin maliyeti olarak ödetir. Başka bir deyişle, bir motorun bir kaç ayda tükettiği enerjinin maliyeti, o motorun satın alma maliyetine eşdeğerdir.

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de sanayide motorların bakımı, tamiri ve yenilerinin satın alımından sorumlu kişilerin motor verimliliği ve motorların tükettiği enerjinin maliyetinin boyutu ile ilgili bilinç düzeyleri yeterli olmaktan uzaktır. İlgili personelin motor verimliliği ile ilgili bilinç düzeyi acilen yükseltilmeli, ve verimliliğin karar mekanizmasında önemli bir kriter konumuna getirilmesi sağlanmalıdır.

7.1 Motorlarda Enerji Verimlilik Sınıfları

Verimlilik konusunda ön plana çıkmayan standart motorlar EFF3 sınıfında, verimlilikleri arttırılmış olanlar EFF2 sınıfında ve verimlilik açısından birinci sınıf olan en yüksek verimli motorlar ise EFF1 sınıfında yer almaktadırlar. Bazı çok uluslu firmaların karar vericileri bu gerçeği tüm netliğiyle anlamışlar ve arızalanan standart motorları en yüksek verimli olanları ile (EFF1 sınıfı) değiştirme kararı alıp bu kararı uygulamaya koymuşlardır. Sanayideki enerji fiyatlarının nispeten düşüklüğüne rağmen, yüksek verimli motorlar maliyet farklarını genellikle 12 ay içinde amorti etmektedirler. Enerji bilinci yüksek olan işletmeler, yeni

kurulan sistemlerde yüksek verimli motorların kullanılmış olmasına dikkat etmektedirler.

Çizelge 7.1’de motorların verimlilik sınıflarına göre verdikleri verim oranlarının motor güçlerine göre karşılaştırması yer almaktadır. Motorlar, markalarına bakmaksızın verimlilik sınıflarına göre minimum verim oranlarına göre tasarlanmıştır.

Çizelge 7.1 Avrupa Elektrik Makineleri ve Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesine (CEMEP) göre motor verim sınıfları

Çıkış Gücü (kW)	2 Kutuplu Motorlar (%)			4 Kutuplu Motorlar (%)		
	EFF1	EFF2	EFF3	EFF1	EFF2	EFF3
1,1	≥ 82,8	≥ 76,2	< 76,2	≥ 83,8	≥ 76,2	< 76,2
1,5	≥ 84,1	≥ 78,5	< 78,5	≥ 85,0	≥ 78,5	< 78,5
2,2	≥ 85,6	≥ 81,0	< 81,0	≥ 86,4	≥ 81,0	< 81,0
3	≥ 86,7	≥ 82,6	< 82,6	≥ 87,4	≥ 82,6	< 82,6
4	≥ 87,6	≥ 84,2	< 84,2	≥ 88,3	≥ 84,2	< 84,2
5,5	≥ 88,6	≥ 85,7	< 85,7	≥ 89,2	≥ 85,7	< 85,7
7,5	≥ 89,5	≥ 87,0	< 87,0	≥ 90,1	≥ 87,0	< 87,0
11	≥ 90,5	≥ 88,4	< 88,4	≥ 91,0	≥ 88,4	< 88,4
15	≥ 91,3	≥ 89,4	< 89,4	≥ 91,8	≥ 89,4	< 89,4
18,5	≥ 91,8	≥ 90,0	< 90,0	≥ 92,2	≥ 90,0	< 90,0
22	≥ 92,2	≥ 90,5	< 90,5	≥ 92,6	≥ 90,5	< 90,5
30	≥ 92,9	≥ 91,4	< 91,4	≥ 93,2	≥ 91,4	< 91,4
37	≥ 93,3	≥ 92,0	< 92,0	≥ 93,6	≥ 92,0	< 92,0
45	≥ 93,7	≥ 92,5	< 92,5	≥ 93,9	≥ 92,5	< 92,5
55	≥ 94,0	≥ 93,0	< 93,0	≥ 94,2	≥ 93,0	< 93,0
75	≥ 94,6	≥ 93,6	< 93,6	≥ 94,7	≥ 93,6	< 93,6
90	≥ 95,0	≥ 93,9	< 93,9	≥ 95,0	≥ 93,9	< 93,9

7.2 Yüksek Verimli Motorlarda Enerji Tasarrufu

Bu bölümde ısı geri kazanımlı ve kazanımsız sistemlerde kullanılan elektrik motorlarının yüksek verimli (EFF1) kullanıldığı durumda elde edilebilecek enerji kazançları ve yıllık enerji tasarruf miktarları hesaplanacaktır.

Elektrik motorunun çektiği güç;

$$N_m = N_{fan} / \eta$$

N_{fan} : Fanın kullandığı güç (kW)

η : Motor verimi

Buna göre İstanbul, Ankara, Antalya ve Erzurum için tasarlanan klima santrallerinde gidiş ve dönüş hatlarında yüksek verimli motor kullanımı durumunda elde edilen yıllık elektrik kazancı ve enerji tasarrufu Çizelge 7.2’de gösterilmiştir. Yıllık enerji kazancı hesabı yapılırken santrallerin günlük çalışma süresi 12 saat olarak hesaplanmıştır.

Isı geri kazanımsız klima santrali tasarımında yüksek verimli motor uygulaması yapılmamıştır.

Çizelge 7.2 İllere göre kullanılan elektrik motorları elektrik tasarrufları

	N_{fan} (kW)	Devir (d/d)	Verim (η)	N_m (kW)	Enerji (kWh)	Elektrik Birim Fiyatı (TL/Yıl)	Tutar (TL/Yıl)	Motor Fiyatı (TL)	Elektrik Tasarruf (TL/Yıl)	
İSTANBUL	Isı Geri Kazanımsız Klima Santrali									
	Giriş Motor Gücü (EFF2)	11	1460	88	12,50	54750,00	0,20	10950,00	588,00	-
	Giriş Motor Gücü (EFF1)	11	1460	-	-	-	-	-	-	
	Çıkış Motor Gücü (EFF2)	7,5	1460	87	8,62	37758,62	0,20	7551,72	373,00	
	Çıkış Motor Gücü (EFF1)	7,5	1460	-	-	-	-	-	-	
	Plakalı Isı Değiştiricili Klima Santrali									
	Giriş Motor Gücü (EFF2)	15	1460	88,5	16,95	74237,29	0,20	14847,46	619,00	917,94 YTL
	Giriş Motor Gücü (EFF1)	15	1460	91,8	16,34	71568,63	0,20	14313,73	848,00	
	Çıkış Motor Gücü (EFF2)	11	1460	88	12,50	54750,00	0,20	10950,00	588,00	
	Çıkış Motor Gücü (EFF1)	11	1460	91,2	12,06	52828,95	0,20	10565,79	680,00	
	Rotorlu Isı Değiştiricili Klima Santrali									
	Giriş Motor Gücü (EFF2)	15	1460	88,5	16,95	74237,29	0,20	14847,46	619,00	917,94 YTL
	Giriş Motor Gücü (EFF1)	15	1460	91,8	16,34	71568,63	0,20	14313,73	848,00	
	Çıkış Motor Gücü (EFF2)	11	1460	88	12,50	54750,00	0,20	10950,00	588,00	
Çıkış Motor Gücü (EFF1)	11	1460	91,2	12,06	52828,95	0,20	10565,79	680,00		
ANKARA	Isı Geri Kazanımsız Klima Santrali									
	Giriş Motor Gücü (EFF2)	15	1460	88,5	16,95	74237,29	0,20	14847,46	588,00	-
	Giriş Motor Gücü (EFF1)	15	1460	-	-	-	-	-	-	
	Çıkış Motor Gücü (EFF2)	11	1460	88	12,50	54750,00	0,20	10950,00	373,00	
	Çıkış Motor Gücü (EFF1)	11	1460	-	-	-	-	-	-	
	Plakalı Isı Değiştiricili Klima Santrali									
	Giriş Motor Gücü (EFF2)	11	1460	88	12,50	54750,00	0,20	10950,00	619,00	768,42 YTL
	Giriş Motor Gücü (EFF1)	11	1460	91,2	12,06	52828,95	0,20	10565,79	848,00	
	Çıkış Motor Gücü (EFF2)	11	1460	88	12,50	54750,00	0,20	10950,00	588,00	
	Çıkış Motor Gücü (EFF1)	11	1460	91,2	12,06	52828,95	0,20	10565,79	680,00	
	Rotorlu Isı Değiştiricili Klima Santrali									
	Giriş Motor Gücü (EFF2)	11	1460	88	12,50	54750,00	0,20	10950,00	619,00	435,93 YTL
	Giriş Motor Gücü (EFF1)	11	1460	91,2	12,06	52828,95	0,20	10565,79	848,00	
	Çıkış Motor Gücü (EFF2)	7,5	1460	87	8,62	37758,62	0,20	7551,72	588,00	
Çıkış Motor Gücü (EFF1)	7,5	1460	87,6	8,56	37500,00	0,20	7500,00	680,00		
ANTALYA	Isı Geri Kazanımsız Klima Santrali									
	Giriş Motor Gücü (EFF2)	11	1460	88	12,50	54750,00	0,20	10950,00	588,00	-
	Giriş Motor Gücü (EFF1)	11	1460	-	-	-	-	-	-	
	Çıkış Motor Gücü (EFF2)	7,5	1460	87	8,62	37758,62	0,20	7551,72	373,00	
	Çıkış Motor Gücü (EFF1)	7,5	1460	-	-	-	-	-	-	
	Plakalı Isı Değiştiricili Klima Santrali									
	Giriş Motor Gücü (EFF2)	15	1460	88,5	16,95	74237,29	0,20	14847,46	619,00	917,94 YTL
	Giriş Motor Gücü (EFF1)	15	1460	91,8	16,34	71568,63	0,20	14313,73	848,00	
	Çıkış Motor Gücü (EFF2)	11	1460	88	12,50	54750,00	0,20	10950,00	588,00	
	Çıkış Motor Gücü (EFF1)	11	1460	91,2	12,06	52828,95	0,20	10565,79	680,00	
	Rotorlu Isı Değiştiricili Klima Santrali									
	Giriş Motor Gücü (EFF2)	11	1460	88	12,50	54750,00	0,20	10950,00	619,00	768,42 YTL
	Giriş Motor Gücü (EFF1)	11	1460	91,2	12,06	52828,95	0,20	10565,79	848,00	
	Çıkış Motor Gücü (EFF2)	11	1460	88	12,50	54750,00	0,20	10950,00	588,00	
Çıkış Motor Gücü (EFF1)	11	1460	91,2	12,06	52828,95	0,20	10565,79	680,00		
ERZURUM	Isı Geri Kazanımsız Klima Santrali									
	Giriş Motor Gücü (EFF2)	15	1460	88,5	16,95	74237,29	0,20	14847,46	588,00	-
	Giriş Motor Gücü (EFF1)	15	1460	-	-	-	-	-	-	
	Çıkış Motor Gücü (EFF2)	7,5	1460	87	8,62	37758,62	0,20	7551,72	373,00	
	Çıkış Motor Gücü (EFF1)	7,5	1460	-	-	-	-	-	-	
	Plakalı Isı Değiştiricili Klima Santrali									
	Giriş Motor Gücü (EFF2)	11	1460	88	12,50	54750,00	0,20	10950,00	619,00	768,42 YTL
	Giriş Motor Gücü (EFF1)	11	1460	91,2	12,06	52828,95	0,20	10565,79	848,00	
	Çıkış Motor Gücü (EFF2)	11	1460	88	12,50	54750,00	0,20	10950,00	588,00	
	Çıkış Motor Gücü (EFF1)	11	1460	91,2	12,06	52828,95	0,20	10565,79	680,00	
	Rotorlu Isı Değiştiricili Klima Santrali									
	Giriş Motor Gücü (EFF2)	15	1460	88,5	16,95	74237,29	0,20	14847,46	619,00	917,94 YTL
	Giriş Motor Gücü (EFF1)	15	1460	91,8	16,34	71568,63	0,20	14313,73	848,00	
	Çıkış Motor Gücü (EFF2)	11	1460	88	12,50	54750,00	0,20	10950,00	588,00	
Çıkış Motor Gücü (EFF1)	11	1460	91,2	12,06	52828,95	0,20	10565,79	680,00		

8. İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE OTOMASYON

Elektronik sektöründeki gelişmeler ve maliyetlerin düşmesi, Bina Yönetim Sistemlerini (BYS) günümüz orta ve büyük ölçekli binalarının ayrılmaz bir parçası haline getirmiştir. BYS'nin temel amacı, binadaki elektrik ve mekanik sistemlerin izlenmesi, yönetiminin kolaylaştırılması ve merkezileştirilmesidir. Ayrıca, bina sahipleri ve yöneticilerinin en önemli hedefi olan enerji tasarrufu ve işletme maliyetlerini düşürülmesinde BYS'nin büyük rolü olduğu günümüzde tartışılmaz bir gerçek olmuştur.

Her zaman için BYS'nin en önemli kısmını oluşturan iklimlendirme sistemlerinin, hava kalitesini düşürmeden enerjiyi daha verimli bir şekilde kullanması talep edilmektedir. Binalarda her türlü iklim koşulunda ısı konforunun sağlanması için iklimlendirme sistemlerinin iyi kontrol edilmesi büyük önem taşımaktadır ve etkin bir iklimlendirme kontrolü binada enerji tasarrufunu büyük ölçüde artıracaktır.

8.1 Bina Yönetim Sistemleri ile Karışım Havalı Klima Santralinin Kontrolü

Sistemi oluşturan ekipmanlar; taze hava, egzoz ve karışım havası oranlarını ayarlamak üzere oransal damper servomotorları, filtre kirlendi alarmı için fark basınç anahtarı, ısıtıcı serpantin üç yollu vana ve oransal servomotoru, soğutucu serpantin üç yollu vana ve oransal servomotoru, donma termostatı (manuel resetli), besleme fanı, egzost fanı, fan kayış koptu bilgileri için fark basınç anahtarı, üfleme ve emiş havası sıcaklık hissedicileridir.

8.1.1 Yaz Çalışması Modu: ($T_{dış} > 24^{\circ}C$)

Operatör Merkezi Veri Sistemi üzerinden ya da zaman programına bağlı olarak sistem start komutu verir; aspiratör ve vantilatör çalışmaya başlar. Çalıştı bilgisi vantilatör ve aspiratör üzerindeki fark basınç anahtarları vasıtasıyla Merkezi Veri Sistemi üzerinden gözlenir. Sistem tarafından izlenen dönüş havası sıcaklığı ve dış hava sıcaklığına bağlı olarak damper

motorlarına kumanda edilir. Taze Hava Damperi; Merkezi Veri Sistemi üzerinden girilebilen taze hava damperi minimum konumu ile limitlenir. Vantilatör fanı çalıştığı andan itibaren sıcaklık kontrolü aktif hale gelir. Soğutma yapılan yaz çalışması boyunca üfleme kanalı sıcaklık sensörü vasıtasıyla ölçülen sıcaklık bilgisi sıcaklık yaz ayar değeri ile karşılaştırılarak; taze, karışım, egzoz damper motorları ve soğutucu serpantin vana motoru için kontrol sinyali üretilmesi suretiyle mahal sıcaklıkları ayar değerinde sabitlenir.

8.1.2 Geçiş Mevsimleri Çalışması Modu: ($16\text{ }^{\circ}\text{C} < T_{\text{dış}} < 24\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Sistem tarafından izlenen dönüş havası sıcaklığı ve dış hava sıcaklığına bağlı olarak damper motorları kumanda edilir. Taze hava sıcaklığı dönüş havası sıcaklığından büyük olduğunda ısıtma ihtiyacını karşılamak için dış hava kullanımı yoluna gidilerek taze hava ve egzoz damperleri açma, karışım damperi kapama yönünde hareket eder. Aksi durumda; (Taze hava sıcaklığı dönüş havası sıcaklığından küçük olduğunda) soğutma ihtiyacını karşılamak için de sistem benzer bir davranış biçimi sergiler. Sıcaklık bilgilerine ve ayar değerine bağlı olarak gerektiğinde ısıtıcı serpantin vana motorunun veya soğutucu serpantin vana motorunun açma yönünde hareketlenmesi sağlanır.

8.1.3 Kış Çalışması Modu: ($T_{\text{dış}} < 15\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Isıtma yapılan kış mevsimi boyunca taze ve egzoz havası damperleri minimum konumuna kadar kısma yönünde karışım havası damperi ise açma yönünde hareket eder. Üfleme sıcaklığına santrallerine göre daha düşüktür. Kış ayar değerinin yakalanması için ısıtıcı serpantin motorlu vanası açılarak üfleme sıcaklığı kontrol sistemi yukarıda anlatılan yaz çalışma kış ayar değerinde sabit tutulur.

Kış sezonu boyunca serpantinden geçen karışım havası sıcaklığı $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düşerse, ısıtma serpantininin donmadan korunması için, ısıtıcı serpantin yüzey sıcaklığını hisseden donma termostatu, taze hava ve egzoz havası damperlerini kapalı, iç hava damperini açık konuma getirir. Besleme ve egzoz fanları kapanır ve ısıtıcı serpantin iki yönlü otomatik kontrol vanası açık konuma geçer. Böylece serpantin içinde sıcak su sirkülasyonu sağlanır.

Sonuçta sistem donma riskinden korunmuş olur.

Sistemin ihtiyacına göre soğutma ve ısıtma enerjisi kullanımının optimum koşullarda gerçekleşmesini sağlayarak büyük ölçüde enerji tasarrufu temin edilir. Kontrol sistemi yukarıda anlatılan yaz çalışması, geçiş dışında gerçek çalışma zamanı öncesi ve sonrasındaki periyotlarda da enerji optimizasyonuna yönelik çalışma modları aktif hale getirilir.

8.2 Bina Yönetim Sistemi İle Enerji Yönetimi

8.2.1 Gece Kullanım Optimizasyon Modu:

Isıtma sezonu boyunca gerçek çalışma saatleri dışında gece sıcaklık düşümü programı ile mahal sıcaklıklarının ortalaması normal çalışma sıcaklığının 4-6 °C altına olacak şekilde ısıtma kontrolü yapılarak kısa periyotlar halinde klima santrali çalıştırılır. Sistemin daha düşük sıcaklıklarda tutulması enerji tüketimini azaltır. Isıtma yapılan kış sezonunda sistem, normal çalışmaya başlamadan önce ortamı kısa sürede ısıtmak ve set değerine ulaşmak için hızlı ısıtma moduna geçer. Taze hava ve egzoz damperleri kapalı, iç hava damperi açık konuma geçer, ısıtma vanası açar. Üfleme fanı çalıştırılarak dönüş havası sıcaklık hissedicisinden sıcaklık ayar noktası izlenir. Bu sıcaklık değeri yakalanıncaya kadar bu mod devam eder.

8.2.2 Gece Besleme Optimizasyon Modu :

Soğutma yapılan yaz aylarında gece dış hava sıcaklığının düşük olmasından faydalanılarak tüm çalışma günü boyunca binada biriken kirli hava ve bina zarfında depolanan ısı yükü dışarı atılır. Serin ve temiz dış hava ile bina içi süpürülür. Dış hava sıcaklığı dönüş havası sıcaklık değerinden düşük ise iş başlama saatinden iki saat önce klima santrali devreye girer; hacmi temizler ve serinletir. Bu yolla iç hava kalitesi iyileştirilmiş ve gündüz çalışmasında

bina için gerekecek soğutma yükü azaltılmış olur. Bu durumda dış (taze hava) ve egzoz damperleri açık, dönüş hava damperi ise kapalıdır. Bu mod, yapısı gereği 24 saat çalışan binalarda (hastaneler v.b.) kullanılmaz. Ortam sıcaklığı dönüş kanalından ölçülüyor ise sistemin çalışırılığı için senaryo devreye girmeden 100 sn önce fanlar çalıştırılacaktır.

8.2.3 %100 Dış Hava İle Soğutma

Geçiş dönemlerinde yaşanan sabah ısıtma, öğle saatleri soğutma ve akşam tekrar ısıtma ihtiyacının olduğu günlerde otomatik olarak taze havayı oransal olarak ayarlamak suretiyle sistemin soğutma ihtiyacı dış hava ile sağlanabilir. Böylece soğutma gruplarını devreye sokmadan %100 taze hava konforu sağlanabilir. Nemli bölgelerde kuru termometre sıcaklıkları karşılaştırması yerine entalpi karşılaştırması yapılarak doğal soğutma yapılması daha verimli olacaktır. Sıcaklık bilgilerine ve ayar değerine bağlı olarak gerektiğinde ısıtıcı serpantin vana motorunun veya soğutucu serpantin vana motorunun açma yönünde hareketlenmesi sağlanır. Sistem dönüş havası nem değerine ve ayar değerine bağlı olarak nemlendirici ünite oransal olarak devreye sokulur.

9. EKONOMİK ANALİZ

Ekonomik analiz, yatırıma bağlanan kaynakların karlılık düzeylerini belirlemeyi; bu duruma bağlı olarak projenin uygulanabilirliğini ya da yatırım önerilerinin karşılaştırılmasını amaçlar.

Bu çalışmada örnek bir alışveriş merkezinin İstanbul, Ankara, Antalya ve Erzurum gibi ülkemizin farklı iklim bölgelerinde bulunan, dış ortam sıcaklık ve nem değerleri birbirlerinden farklı olan illerde; ısı geri kazanımsız ve kazanımlı sistem tasarımı durumunda gerekli olan yatırım maliyetleri ve oluşan tasarruf oranları incelenmiştir. Sistemde kullanılan ısı değiştiriciler; karşılaştırma açısından reküperatif ve rejeneratif ısı değiştirici kullanımıyla örneklenmiştir. Sistemde ısı değiştirici kullanımının yanı sıra, enerji ekonomisi açısından yüksek verimli motor ve otomasyon kullanımı durumunda elde edilecek yatırım maliyetleri ve enerji tasarrufu göz önünde bulundurularak net bugünkü değer metodu ile projenin sağlayacağı faydaların bugünkü değerlerinin toplamı ile yatırım harcamalarının bugünkü değerlerinin toplamı arasındaki fark bulunmaktadır. İllere göre enerji geri kazanımlı ve kazanımsız tüm sistemlerin hesaplanan yatırım maliyetleri ve tasarruf miktarları Çizelge 9.1’de gösterilmiştir.

Yatırım maliyetleri ve tasarruf miktarlarından yola çıkarak net bugünkü değer metodu ile plakalı ısı değiştirici ve döner tip ısı değiştiricinin 10 senelik kullanım periyodunda, iskonto oranı (i) %10 kabul edilerek elde edilecek olan karlılık miktarı hesaplanmıştır. Hesaplarda bütün tasarımlarda uygulanacak olan otomasyon fiyatı 11.724 € alınmıştır. Bunun yanı sıra sistemler yüksek verimli motorlar ile tasarlanmıştır. Net bugünkü değer metodu ile yapılan hesaplamalar plakalı ısı değiştirici kullanım durumu için Çizelge 9.2; döner tip ısı değiştirici kullanım durumu için Çizelge 9.3’te gösterilmiştir.

Çizelge.9.1 İllere göre yatırım ve tasarruf maliyetleri

	İLK YATIRIM MALİYETİ	Klima Santrali (€)	Otomasyon (€)	Yüksek Verimli Motorlar (€)	TOPLAM YATIRIM MALİYETİ (€)	Yıllık Yakıt Tasarrufu (€/yıl)	Yıllık Elektrik Tasarrufu (€/yıl)	TOPLAM TASARRUF (€)	Bakım Masrafları (Yatırım x %5) (€)
İstanbul	ISI GERİ KAZANIMSIZ	15.125 €	-	-	15.125 €	-	-	0 €	756 €
	PLAKALI ISI DEĞİŞTİRİCİLİ	18.740 €	11.724 €	153 €	30.617 €	9.965 €	6.645 €	16.610 €	1.531 €
	ROTORLU ISI DEĞİŞTİRİCİLİ	18.473 €	11.724 €	153 €	30.350 €	12.596 €	8.553 €	21.148 €	1.517 €
Ankara	ISI GERİ KAZANIMSIZ	17.477 €	-	-	17.477 €	-	-	0 €	874 €
	PLAKALI ISI DEĞİŞTİRİCİLİ	18.427 €	11.724 €	153 €	30.304 €	14.007 €	3.791 €	17.798 €	1.515 €
	ROTORLU ISI DEĞİŞTİRİCİLİ	16.757 €	11.724 €	153 €	28.634 €	17.870 €	4.995 €	22.865 €	1.432 €
Antalya	ISI GERİ KAZANIMSIZ	15.367 €	-	-	15.367 €	-	-	0 €	768 €
	PLAKALI ISI DEĞİŞTİRİCİLİ	16.807 €	11.724 €	153 €	28.684 €	8.954 €	7.603 €	16.557 €	1.434 €
	ROTORLU ISI DEĞİŞTİRİCİLİ	19.297 €	11.724 €	153 €	31.174 €	11.400 €	9.614 €	21.014 €	1.559 €
İzmir	ISI GERİ KAZANIMSIZ	16.765 €	-	-	16.765 €	-	-	0 €	838 €
	PLAKALI ISI DEĞİŞTİRİCİLİ	17.593 €	11.724 €	153 €	29.470 €	20.154 €	7.031 €	27.186 €	1.473 €
	ROTORLU ISI DEĞİŞTİRİCİLİ	19.633 €	11.724 €	153 €	31.510 €	25.653 €	7.853 €	33.505 €	1.575 €

Çizelge 9.3 İllere göre döner tip ısı değiştiricili sistem NBD metodu ile analizi

İSTANBUL	Yıllar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Yatırım (€)	-15225										
	Yıllık Tasarruf(€)		21148	21148	21148	21148	21148	21148	21148	21148	21148	21148
	Bakım (€)		-761	-761	-761	-761	-761	-761	-761	-761	-761	-761
	Hurdacı											400
	Net Nakit Akışı	-15225	20387	20387	20387	20387	20387	20387	20387	20387	20387	20787
	BDF ($1/(1+i)^n$)	1	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621	0,564	0,513	0,467	0,424	0,386
	NNA x BDF	-15225	18533,8	16848,9	15317,2	13924,7	12658,8	11508	10461,8	9510,75	8646,14	8014,34
	NBD (€)	110200										
	ANKARA	Yıllar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatırım (€)		-11157										
Yıllık Tasarruf(€)			22865	22865	22865	22865	22865	22865	22865	22865	22865	22865
Bakım (€)			-558	-558	-558	-558	-558	-558	-558	-558	-558	-558
Hurdacı												400
Net Nakit Akışı		-11157	22307	22307	22307	22307	22307	22307	22307	22307	22307	22707
BDF ($1/(1+i)^n$)		1	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621	0,564	0,513	0,467	0,424	0,386
NNA x BDF		-11157	20278,9	18435,3	16759,4	15235,8	13850,8	12591,6	11446,9	10406,3	9460,25	8754,44
NBD (€)		126063										
ANTALYA		Yıllar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Yatırım (€)	-15807										
	Yıllık Tasarruf(€)		21014	21014	21014	21014	21014	21014	21014	21014	21014	21014
	Bakım (€)		-790	-790	-790	-790	-790	-790	-790	-790	-790	-790
	Hurdacı											400
	Net Nakit Akışı	-15807	20224	20224	20224	20224	20224	20224	20224	20224	20224	20624
	BDF ($1/(1+i)^n$)	1	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621	0,564	0,513	0,467	0,424	0,386
	NNA x BDF	-15807	18385,1	16713,7	15194,3	13813	12557,2	11415,7	10377,9	9434,44	8576,76	7951,27
	NBD (€)	108612										
	ERZURUM	Yıllar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatırım (€)		-14745										
Yıllık Tasarruf(€)			33505	33505	33505	33505	33505	33505	33505	33505	33505	33505
Bakım (€)			-737	-737	-737	-737	-737	-737	-737	-737	-737	-737
Hurdacı												400
Net Nakit Akışı		-14745	32768	32768	32768	32768	32768	32768	32768	32768	32768	33168
BDF ($1/(1+i)^n$)		1	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621	0,564	0,513	0,467	0,424	0,386
NNA x BDF		-14745	29789,1	27081	24619,1	22381	20346,4	18496,7	16815,2	15286,5	13896,8	12787,7
NBD (€)		186755										

10. SONUÇ

Enerji, ülkelerin iktisadi ve sosyal kalkınması için önemli girdilerin başında gelir. Enerjiye yönelik talep artmadan sabit kalsa bile, bu yakıt rezervlerinin sınırlı olması nedeniyle, çok da uzak olmayan bir gelecekte tükeneceği tahmin edilmektedir. Enerji ihtiyacının sürekli arttığı, ancak rezervlerin giderek azaldığı bir ortamda enerji kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılması önem kazanmaktadır.

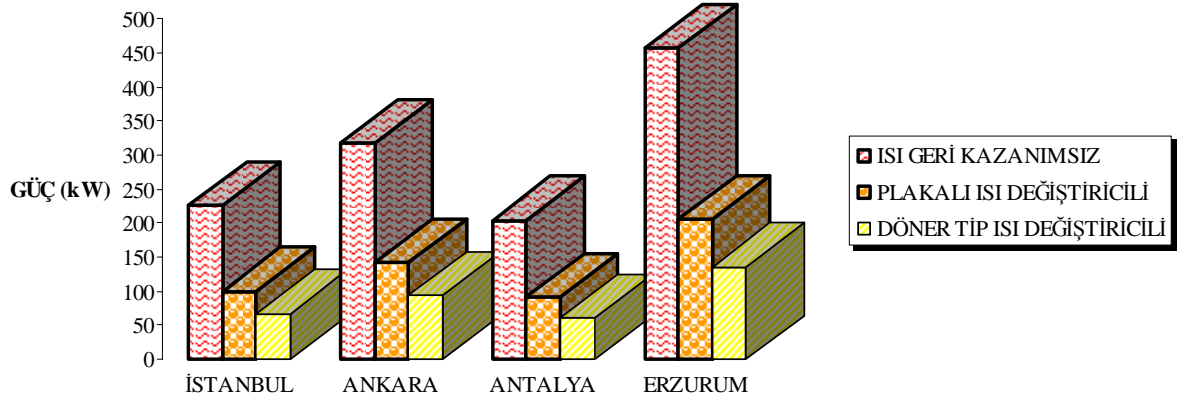
Enerji verimliliği konusu, enerji üretimi ve tüketimi alanında genel etkinlik çalışmalarının tümünü kapsar. Bu çerçevede, bir yandan en az kaynak kullanımıyla en çok enerji üretiminin gerçekleşmesi, diğer yandan aynı miktar enerji kaynağı kullanılarak daha çok üretimin sağlanmasına yönelik çalışmalar önem kazanmıştır.

Bu çalışmada, ülkemizin dört farklı iklim bölgesinde yer alan İstanbul, Ankara, Antalya ve Erzurum illerinde, aynı alışveriş merkezinin kurulumu durumunda gerekli olan enerji kapasiteleri; ısı geri kazanımlı sistemlerle, yüksek verimli motorların kullanımıyla ve sistemin otomasyon ile yönetilmesi durumundaki enerji tasarrufları incelenmiştir.

2008 yılı, meteorolojik saatlik dış hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri kullanılarak aynı iç ortam şartlarına ulaşabilmek için her sistemde kullanılması gereken cihaz kapasiteleri ısıtma sezonu için Çizelge 10.1’de, soğutma sezonu için ise Çizelge 10.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 10.1’de illere göre ısıtma sezonu gerekli enerji kapasitelerinin ısı geri kazanımlı ve ısı geri kazanımsız sistemler ile karşılaştırılması gösterilmiştir. Buna göre ısıtma sezonunda Erzurum ilinde diğer illere göre aynı şartlarda bir alışveriş merkezi tasarlanırken, dış ortam sıcaklığı ve bağıl nemi İstanbul, Ankara ve Antalya illerine göre daha düşük olduğu için gerekli enerji miktarı yüksek çıkmaktadır. Bu durumun tam tersine Antalya ilinde ise dış ortam sıcaklığı yüksek olduğundan dolayı gerekli enerji miktarı en azdır. Fakat nem oranı yüksek olduğu için bu oran diğer illere göre çok küçük değildir. Antalya ili ile İstanbul ilinin gerekli enerji miktarları bu sebeple birbirine yakın miktarlarda çıkmıştır.

Çizelge 10.1. İllere göre ısıtma sezonu gerekli enerji karşılaştırılması

İLLERE GÖRE ISITMA SEZONU GEREKLİ ENERJİ KARŞILAŞTIRILMASI

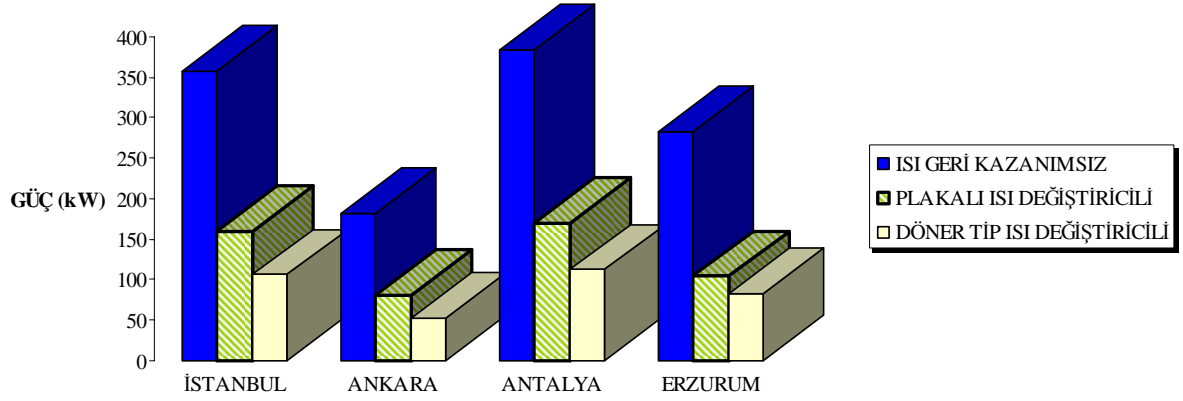
Erzurum ilinde ısı değiştirici kullanılmasının cihaz kapasitelerini büyük oranda düşürdüğü görülmektedir. Bu ilde ısıtma sezonunda dış hava sıcaklığı çok düşük olmasına rağmen, nem oranı yüksek olmadığından dolayı iç ortam şartlarındaki hava kalitesini elde etmek için dış ortam entalpisi yüksek çıkmamakta ve cihaz güçlerini düşürmektedir.

Döner tip ısı değiştiricilerin verimleri daha yüksek olduğu için cihaz güçleri, plakalı ısı değiştiricili sistemlerden daha da düşük çıkmaktadır. Fakat döner tip ısı değiştirici kullanımında, dış hava şartları ile iç ortam havası karşılaştığı için, özellikle dış ortam bağıl nem oranı yüksek olan illerde iç hava kalitesi bozulabilmektedir.

Cihaz kapasiteleri, sadece kullanılacak sahanın büyüklüğüne ya da iç ortam hava kalitesine bağlı değerler değildir; kapasite tayinindeki en önemli kriterler sıcaklık ve bağıl nemdir.

Çizelge 10.2’de illere göre soğutma sezonu gerekli enerji kapasitelerinin ısı geri kazanımlı ve ısı geri kazanımsız sistemler ile karşılaştırılması gösterilmiştir. Buna göre soğutma sezonu için gerekli enerji miktarı Antalya ilinde en büyük çıkmıştır. Erzurum ili dış ortam sıcaklığı diğer illere göre daha düşük olmasına rağmen Ankara ilinde nem oranı, yaz şartlarında daha düşük olduğu için soğutma kapasitesi daha düşük çıkmaktadır.

Çizelge 10.2 İllere göre soğutma sezonu gerekli enerji karşılaştırılması

İLLERE GÖRE SOĞUTMA SEZONU GEREKLİ ENERJİ KARŞILAŞTIRILMASI

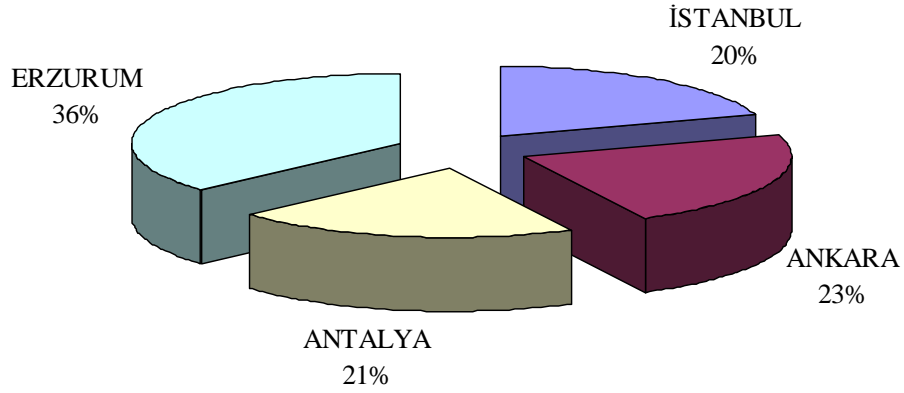
Soğutma sezonunda iç ortam sıcaklığı düşürülürken iç ortam nem oranı da düşer. Bu sebeple soğutma sezonunda dış ortam nem değeri yüksek olan Antalya ve İstanbul gibi illerimizde döner tip ısı değiştirici kullanılması durumunda dış ortam şartlarındaki hava ile iç ortam havası karşılaştığı için cihaz kapasitesi küçük çıkmaktadır.

Soğutma sezonunda dış ortam sıcaklık ve nem oranı düşük olan Erzurum gibi illerimizde, plakalı ısı değiştirici ya da döner tip ısı değiştirici kullanılması arasında çok büyük bir fark oluşmamaktadır. Bunun yanı sıra dış ortam sıcaklığı soğutma sezonunda zaten düşük olduğu için, ısı değiştirici kullanılması ile kullanılmaması arasında oldukça büyük bir kapasite farkı oluşmaktadır.

Isı geri kazanımlı ve ısı geri kazanımsız sistemlerin ilk yatırım maliyetleri ve enerji tasarrufları Çizelge 9.1’de gösterilmiştir. Buna göre ısı geri kazanımlı sistemlerde santral fiyat farkının yanı sıra, yüksek verimli motorların ve otomasyon sistemlerinin kullanılması durumu incelenmiştir. Bu sonuçlara göre bugünkü değer metodu (NBD) ile ekonomik analizi incelenmiştir. Söz konusu yatırımın ekonomik ömrü 10 yıl olarak belirlenmiştir.

Net bugünkü değer metodu ile yapılan hesaplamalar, plakalı ısı değiştirici ve döner tip ısı değiştiricili sistemlerde ayrı olarak Çizelge 9.2 ve Çizelge 9.3’te gösterilmiştir.

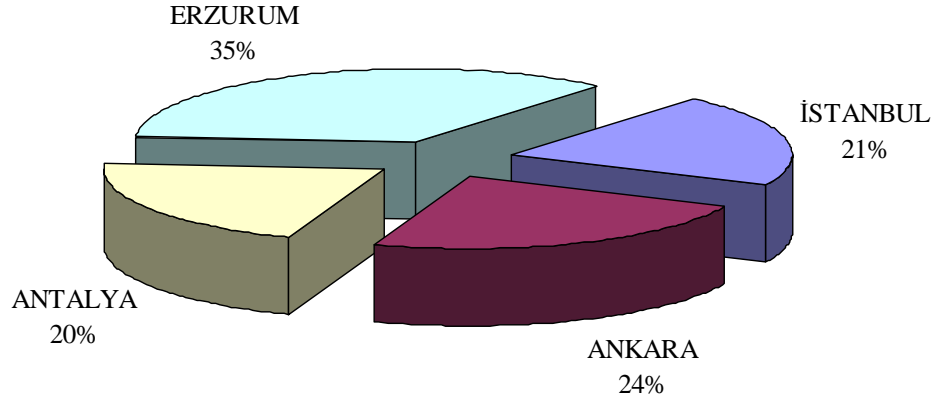
Çizelge 10.3 Plakalı ısı değiştiricili klima santrali için NBD karşılaştırılması (€)



Klima santrallerinde ısı geri kazanımsız sistemlere karşın, plakalı ısı değiştirici kullanılması durumunda; 10 yıllık çalışma süresi sonucundaki karlılık oranlarının karşılaştırılması Çizelge 10.3'te gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre en büyük karlılığa Erzurum ilinde ulaşıldığı görölmektedir. Erzurum ilinde ısıtma sezonunda en fazla enerji tüketimi oluşmasına rağmen, soğutma sezonunda dış hava sıcaklığının düşük olmasından dolayı doyma basıncı düşmüş; bağıl nem değerlerinin de yüksek olmaması sebebiyle dış ortam entalpisi ve dolayısıyla da enerji kapasitesi küçük çıkmıştır. Bu durum, ilk yatırım maliyetlerini düşürmüş, ayrıca özellikle de soğutma sezonunda elektrik tasarrufunun yüksek çıkmasına yol açmıştır. Ankara ilinde de dış ortam sıcaklığı düşüktür, fakat bağıl nem oranı Erzurum ili kadar düşük olmaması, karışım hava sıcaklığının yüksek çıkmasına sebep olmuş; hem ilk yatırım maliyetleri yükselmiş, hem de enerji tasarrufunun düşmesine sebep olmuştur.

Antalya ilinde ise ısıtma sezonu kısa olmasına ve bu sezonda gerek cihaz kapasitelerinin gerekse enerji tasarrufunun diğer illere göre fazla çıkmasına karşın; soğutma sezonunun uzun olması, ayrıca bu ildeki sıcaklık ve bağıl nem oranlarının çok yüksek olmasından dolayı karışım hava sıcaklığı da yükselmiş; soğutma sezonu cihaz kapasiteleri büyük çıkmıştır.

Çizelge 10.4 Döner tip ısı değiştiricili klima santrali için NBD karşılaştırılması (€)



Klima santrallerinde ısı geri kazanımsız sistemlere karşı, döner tip tip ısı değiştirici kullanılması durumunda; 10 yıllık çalışma süresi sonucundaki karlılık oranlarının karşılaştırılması Çizelge 10.4'te gösterilmiştir.

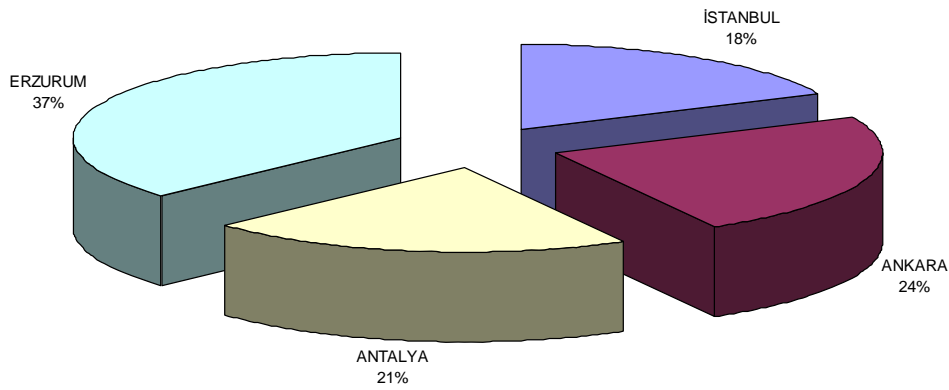
Plakalı ısı değiştirici sistemde olduğu gibi Erzurum ilinde enerji kazancı maksimum olmaktadır.

Döner tip tip ısı değiştirici kullanılması durumunda, plakalı ısı değiştiricili sisteme göre farklılık İstanbul ve Antalya illerinde oluşmuştur. İstanbul ilinde ısıtma sezonunda döner tip ısı değiştirici sistemde Antalya iline göre yakıt tasarruf oranı yüksek olmasına karşı soğutma sezonundaki elektrik tasarruf oranı düşük çıkmıştır (Çizelge 9.1). Antalya ilinde elektrik tasarruf oranı yüksek çıkmasına rağmen, ilk yatırım maliyeti İstanbul iline oranla yüksek çıktığı için döner tip ısı değiştiricili sistemlerde karlılık miktarı düşük çıkmıştır.

Net bugünkü değer metodunun yanı sıra iç karlılık oranı metodu ile bir yatırım projesinin ne oranda gelir getireceğinin veya fayda sağlayacağı hesaplanabilir. İç karlılık oranı yöntemiyle sistemi incelediğimizde ortaya çıkan sonuç, net bugünkü değer metodu ile benzer oranlar çıkmaktadır. Net bugünkü değer metodunda i değeri %10 alınmıştır. İç karlılık oranları metoduna göre net bugünkü değerin 0 olduğu değer; plakalı ısı değiştiricili sistem için

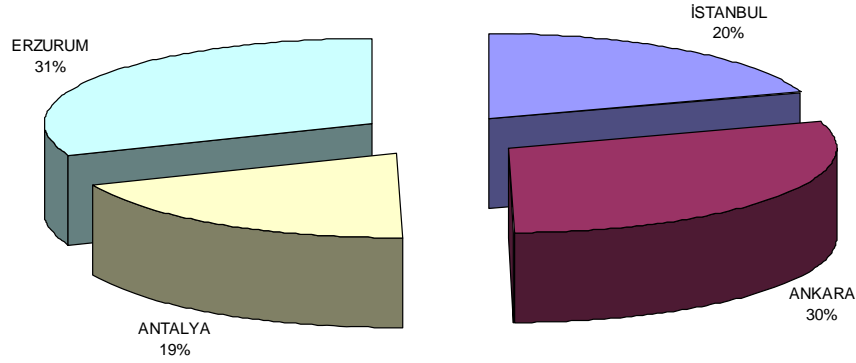
İstanbul ilinde %102, Ankara ilinde %134, Antalya ilinde %119, Erzurum ilinde %209; döner tip ısı değiştiricili sistem için İstanbul ilinde %134, Ankara ilinde %200, Antalya ilinde %128, Erzurum ilinde % 208 olmaktadır. Bu durumda en büyük karlılığa, her iki metotta da Erzurum ilinde ulaşılmıştır.

Çizelge 10.5 Plakalı Isı Değiştiricili Sistemlerde İç Karlılık Oranı Karşılaştırması



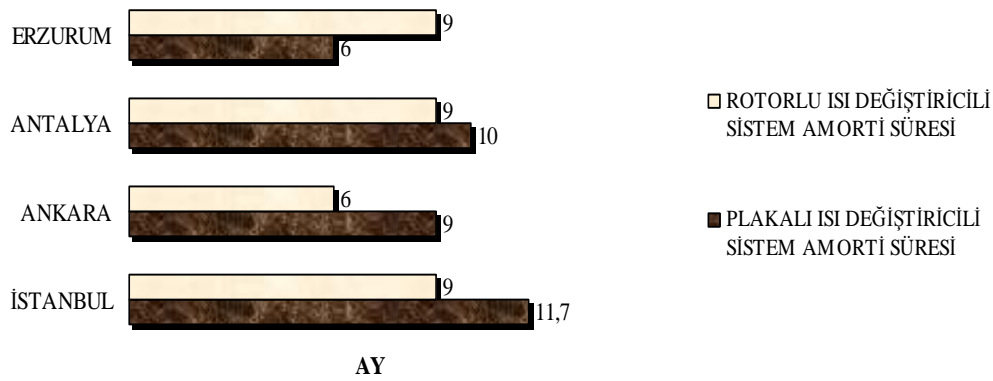
Çizelge 10.5 te plakalı ısı değiştiricili sistemlerde illere göre iç karlılık oranı karşılaştırılması gösterilmiştir. İstanbul ilinde net bugünkü değer metodunda da olduğu gibi en düşük karlılık, İstanbul ilinde olmaktadır. Plakalı ısı değiştirici kullanımı bu ilde yüksek bir karlılık meydana getirmediği gibi Çizelge 10.7’de de gösterildiği gibi geri ödeme süresi de uzun çıkmıştır.

Çizelge 10.6 Döner Tip Isı Değiştiricili Sistemlerde İç Karlılık Oranı Karşılaştırması



Çizelge 10.6’da döner tip ısı değiştiricili sistemlerde illere göre iç karlılık oranı karşılaştırılması gösterilmiştir. İç karlılık oranı Erzurum ve Ankara illerinde yüksek çıkmıştır. Çizelge 10.7’de Erzurum ilinde rotorlu tip ısı değiştirici geri ödeme süresi plakalı ısı değiştiricili sisteme göre daha uzun çıktığı için Erzurum ilinde plakalı tip ısı değiştiricili sistem kullanımı daha uygundur. Ankara ilinde döner tip ısı değiştiricili sistemlerde iç karlılık oranı plakalı ısı değiştiricili sisteme göre yüksek çıkmıştır, aynı zamanda geri ödeme süresi de daha kısa olduğu için Ankara ilinde döner tip ısı değiştirici kullanılması tercih edilmelidir.

Çizelge 10.7 Plakalı ve Döner Isı Değiştirici Geri Ödeme Süreleri



Çizelge 10.7’de plakalı ve döner tip ısı değiştirici kullanılması durumunda, sistemlerin kendini ne kadar sürede amorti ettiği gösterilmektedir. Bu çizelgeye göre ilk yatırım maliyetleri en yüksek olan Erzurum ilinde plakalı tip ısı değiştirici kullanılması durumunda sistem kendini 6 ay içerisinde amorti etmektedir. Erzurum ilinde ısıtma sezonu diğer illere göre uzun sürmektedir, fakat soğutma sezonunda elektrik enerjisi kullanıldığı ve elektrik enerjisi, kışın kullanılan doğalgaz yakıtına göre daha pahalı bir enerji türü olduğu için tüm yıl incelendiğinde enerji kayıp oranı daha düşüktür.

Ankara ilinde döner ısı değiştirici kullanılması durumunda, sistem kendini daha kısa sürede amorti edeceği için bu sistemden elde edilecek olan enerji tasarrufu da artar. Antalya ilinde plakalı ya da rotorlu sistem kullanılması amorti süreleri arasında çok büyük bir fark olmamaktadır. En uzun amorti süresinin 11,7 ay ile İstanbul ilinde olduğu görülmektedir. İstanbul ili dış sıcaklık ve nem değerleri yüksek olduğu ve ortalama eşit sürelerde ısıtma ve soğutma sezonları geçirildiği için yakıt ve elektrik enerji kaybını en yüksek olduğu ilimizdir.

KAYNAKLAR

- Acül H. (2008), "Soğuk Sulu İklimlendirme ve Proses Soğutma Uygulamalarında Enerji Tasarruflu Serbest (Doğal) Soğutma
- Akdağ Ü., "Isı Değiştiricileri Ders Notları" Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
- Bilge M., (2007) "Endüstride ve Ticari Yapılarda Doğal Soğutma (Free Cooling) Sistemlerinin Uygulanması", VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi , İzmir, s.675-682.
- Cansevdi B., Akdemir Ö., Güngör A., (2005) "Yıl Boyunca Soğutma Suyu Kullanan Tesisler İçin Enerji Ekonomisi", VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi , İzmir, s.577-586.
- Doba F., oğlata T., (1997) "Endüstriyel Hava Şartlandırmasında Isı Geri Kazanımının Uygulanması", III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Enerji Ekonomisi, (2007), Isısan Yayınları, İstanbul.
- Güngör A., (1993) "Enerji Geri Kazanım Sistemleri", 93-Teskon Bildiriler Kitabı, İzmir, Cilt I, s.415-450.
- Hepbaşlı A., Gökçen G., Canbay Ç.S. (2004) "Bina Yönetim Sistemleri ve HVAC Sistemlerinde Enerji Tasarrufuna Yönelik Kontrol İlkeleri", Tesisat Dergisi, Sayı 84, s.5-19.
- Hepbaşlı A. (2000) "Enerji ve Çevre Yönetimine Sistematik Yaklaşım", III. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İstanbul, Cilt II, s.647-654.
- Küçüka S., (2006) " Isı Geri Kazanım Cihazlarının Bazı Şehirlerdeki Yıllık Toplam Isıtma ve Soğutma Kazançları", Tesisat Mühendisliği Dergisi, İstanbul , Sayı 93 s.13-19.
- Şahan M., (1999) "HVAC Uygulamalarında Isı Geri Kazanımı", IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, s.151-162.
- Şahan M., (2003) "Isı Geri Kazanım Eşanjörlerinin Kullanım Opsiyonları", Tesisat Mühendisliği Dergisi, İstanbul, s.34-45.
- Yılmaz T., (1995) "Yapılarda Isıtma Soğutma Uygulamalarında Enerji Geri Kazanım Sistemleri ve Enerji Ekonomisi", II. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, s.109-133.
- Yılmaz T., (1997) "Isı Geri Kazanım Sistemleri", III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, , İzmir, s.607-882.

EKLER

- Ek 1 Aylık ortalama ısı geri kazanımsız klima santrali enerji hesap tablosu
- Ek 2 Aylık ortalama plakalı eşanjörlü klima santrali enerji hesap tablosu
- Ek 3 Aylık ortalama döner tip ısı değiştiricili klima santrali enerji hesap tablosu

AYLIK ORTALAMA ISI GERİ KAZANIMSIZ KLİMA SANTRALİ ENERJİ HESAP TABLOSU

	Ay	Sıcaklık (°C)	DOYMA BASINCI (Pd) (Pa)	Bağıl Nem (φ)	Özgül Isı (kj/kg°C)	Dış Ortam Entalpisi (kj/kg)	Hava Debisi (m³/h)	Yoğunluk (ρ) (kg/m³)	İç Ortam Enalpisi (kj/kg)	Gerekli Enerji (KW)
İSTANBUL	Ocak	5,60	0,91	0,72	1,82	15,996	20000	1,2	38,5	150,024
	Şubat	7,47	1,04	0,74	1,82	19,554	20000	1,2	38,5	126,306
	Mart	12,75	1,49	0,69	1,82	29,178	20000	1,2	38,5	62,145
	Nisan	16,33	1,89	0,65	1,82	36,106	20000	1,2	38,5	15,957
	Mayıs	19,47	2,31	0,62	1,82	42,518	20000	1,2	46	23,212
	Haziran	24,80	3,23	0,62	1,82	57,096	20000	1,2	46	-73,970
	Temmuz	26,10	3,49	0,62	1,82	61,195	20000	1,2	46	-101,302
	Ağustos	27,29	3,75	0,64	1,82	66,772	20000	1,2	46	-138,477
	Eylül	22,68	2,83	0,68	1,82	53,647	20000	1,2	46	-50,978
	Ekim	17,54	2,04	0,69	1,82	40,284	20000	1,2	38,5	-11,895
	Kasım	13,79	1,60	0,74	1,82	32,583	20000	1,2	38,5	39,449
	Aralık	9,55	1,20	0,72	1,82	23,290	20000	1,2	38,5	101,401
ANKARA	Ocak	-2,61	0,51	0,76	1,82	3,397	20000	1,2	38,5	234,022
	Şubat	1,92	0,70	0,69	1,82	9,482	20000	1,2	38,5	193,452
	Mart	11,92	1,41	0,58	1,82	24,791	20000	1,2	38,5	91,394
	Nisan	15,53	1,79	0,55	1,82	31,156	20000	1,2	38,5	48,960
	Mayıs	17,37	2,02	0,51	1,82	33,796	20000	1,2	46	81,363
	Haziran	24,09	3,09	0,41	1,82	44,517	20000	1,2	46	9,886
	Temmuz	27,37	3,77	0,36	1,82	49,121	20000	1,2	46	-20,807
	Ağustos	29,21	4,21	0,35	1,82	52,777	20000	1,2	46	-45,181
	Eylül	21,84	2,69	0,50	1,82	43,552	20000	1,2	46	16,322
	Ekim	15,07	1,74	0,64	1,82	32,724	20000	1,2	38,5	38,504
	Kasım	10,19	1,25	0,72	1,82	24,469	20000	1,2	38,5	93,541
	Aralık	2,92	0,75	0,78	1,82	12,211	20000	1,2	38,5	175,257
ANTALYA	Ocak	11,91	1,41	0,46	1,82	22,173	20000	1,2	38,5	108,849
	Şubat	12,82	1,50	0,53	1,82	25,464	20000	1,2	38,5	86,904
	Mart	16,50	1,91	0,64	1,82	36,081	20000	1,2	38,5	16,123
	Nisan	18,16	2,12	0,70	1,82	42,068	20000	1,2	38,5	-23,788
	Mayıs	21,63	2,65	0,65	1,82	49,270	20000	1,2	46	-21,800
	Haziran	27,35	3,77	0,57	1,82	62,428	20000	1,2	46	-109,521
	Temmuz	29,79	4,36	0,56	1,82	69,946	20000	1,2	46	-159,640
	Ağustos	30,44	4,53	0,61	1,82	75,486	20000	1,2	46	-196,574
	Eylül	26,66	3,61	0,64	1,82	64,437	20000	1,2	46	-122,916
	Ekim	22,84	2,86	0,52	1,82	46,658	20000	1,2	38,5	-54,384
	Kasım	19,13	2,26	0,59	1,82	40,635	20000	1,2	38,5	-14,235
	Aralık	14,00	1,62	0,55	1,82	28,110	20000	1,2	38,5	69,268
ERZURUM	Ocak	-14,35	0,21	0,77	1,82	-11,952	20000	1,2	38,5	336,346
	Şubat	-11,56	0,26	0,79	1,82	-8,427	20000	1,2	38,5	312,849
	Mart	4,46	0,84	0,74	1,82	14,252	20000	1,2	38,5	161,656
	Nisan	10,62	1,29	0,69	1,82	24,645	20000	1,2	38,5	92,364
	Mayıs	11,16	1,34	0,69	1,82	25,834	20000	1,2	46	134,437
	Haziran	17,55	2,04	0,63	1,82	38,281	20000	1,2	46	51,458
	Temmuz	23,80	3,03	0,58	1,82	52,292	20000	1,2	46	-41,944
	Ağustos	23,93	3,06	0,61	1,82	54,353	20000	1,2	46	-55,687
	Eylül	18,98	2,24	0,61	1,82	41,062	20000	1,2	46	32,918
	Ekim	11,63	1,38	0,71	1,82	27,305	20000	1,2	38,5	74,634
	Kasım	4,48	0,84	0,75	1,82	14,373	20000	1,2	38,5	160,845
	Aralık	-8,06	0,34	0,79	1,82	-3,981	20000	1,2	38,5	283,205

AYLIK ORTALAMA PLAKALI EŞANJÖRLÜ KLİMA SANTRALİ ENERJİ HESAP TABLOSU

	Ay	İç sıcaklık (°C)	ε	Ts	hoda (kJ/kg)	Hava debisi (m ³ /h)	hs (kJ/kg)	ρ (kg / m ³)	Qkazanmıh (kJ / s)
İSTANBUL	Ocak	20	0,55	13,518	38,5	20000	28,373	1,194	67,173
	Şubat	20	0,55	14,361	38,5	20000	29,974	1,194	56,554
	Mart	20	0,55	16,737	38,5	20000	34,305	1,194	27,825
	Nisan	20	0,55	18,350	38,5	20000	37,423	1,194	7,145
	Mayıs	20	0,55	19,760	46	20000	44,433	1,194	10,393
	Haziran	20	0,55	22,158	46	20000	50,993	1,194	-33,120
	Temmuz	20	0,55	22,746	46	20000	52,838	1,194	-45,358
	Ağustos	20	0,55	23,280	46	20000	55,347	1,194	-62,003
	Eylül	20	0,55	21,205	46	20000	49,441	1,194	-22,825
	Ekim	20	0,55	18,891	38,5	20000	39,303	1,194	-5,326
	Kasım	20	0,55	17,207	38,5	20000	35,837	1,194	17,663
	Aralık	20	0,55	15,296	38,5	20000	31,655	1,194	45,402
ANKARA	Ocak	20	0,55	9,826	38,5	20000	22,704	1,194	104,783
	Şubat	20	0,55	11,865	38,5	20000	25,442	1,194	86,618
	Mart	20	0,55	16,363	38,5	20000	32,331	1,194	40,922
	Nisan	20	0,55	17,988	38,5	20000	35,195	1,194	21,922
	Mayıs	20	0,55	18,815	46	20000	40,508	1,194	36,430
	Haziran	20	0,55	21,842	46	20000	45,333	1,194	4,426
	Temmuz	20	0,55	23,316	46	20000	47,404	1,194	-9,317
	Ağustos	20	0,55	24,145	46	20000	49,050	1,194	-20,230
	Eylül	20	0,55	20,829	46	20000	44,898	1,194	7,308
	Ekim	20	0,55	17,781	38,5	20000	35,901	1,194	17,240
	Kasım	20	0,55	15,584	38,5	20000	32,186	1,194	41,883
	Aralık	20	0,55	12,315	38,5	20000	26,670	1,194	78,471
ANTALYA	Ocak	20	0,55	16,359	38,5	20000	31,153	1,194	48,737
	Şubat	20	0,55	16,768	38,5	20000	32,634	1,194	38,911
	Mart	20	0,55	18,427	38,5	20000	37,412	1,194	7,219
	Nisan	20	0,55	19,172	38,5	20000	40,106	1,194	-10,651
	Mayıs	20	0,55	20,735	46	20000	47,471	1,194	-9,761
	Haziran	20	0,55	23,308	46	20000	53,393	1,194	-49,038
	Temmuz	20	0,55	24,407	46	20000	56,776	1,194	-71,479
	Ağustos	20	0,55	24,700	46	20000	59,269	1,194	-88,016
	Eylül	20	0,55	22,996	46	20000	54,297	1,194	-55,036
	Ekim	20	0,55	21,280	38,5	20000	42,171	1,194	-24,350
	Kasım	20	0,55	19,607	38,5	20000	39,461	1,194	-6,374
	Aralık	20	0,55	17,300	38,5	20000	33,824	1,194	31,015
ERZURUM	Ocak	20	0,55	4,542	38,5	20000	15,797	1,194	150,599
	Şubat	20	0,55	5,797	38,5	20000	17,383	1,194	140,078
	Mart	20	0,55	13,008	38,5	20000	27,588	1,194	72,381
	Nisan	20	0,55	15,780	38,5	20000	32,265	1,194	41,356
	Mayıs	20	0,55	16,023	46	20000	36,925	1,194	60,194
	Haziran	20	0,55	18,897	46	20000	42,527	1,194	23,040
	Temmuz	20	0,55	21,711	46	20000	48,831	1,194	-18,780
	Ağustos	20	0,55	21,766	46	20000	49,759	1,194	-24,934
	Eylül	20	0,55	19,539	46	20000	43,778	1,194	14,739
	Ekim	20	0,55	16,233	38,5	20000	33,462	1,194	33,418
	Kasım	20	0,55	13,015	38,5	20000	27,643	1,194	72,018
	Aralık	20	0,55	7,372	38,5	20000	19,384	1,194	126,805

AYLIK ORTALAMA DÖNER TİP ISI DEĞİŞTİRİCİLİ KLİMA SANTRALİ ENERJİ HESAP TABLOSU

	Ay	İç sıcaklık (°C)	ε	Ts	hoda (kJ/kg)	Hava debisi (m³/h)	hs (kJ/kg)	ρ (kg / m³)	Qkazanmıh (kJ / s)
İSTANBUL	Ocak	20	0,7	15,679	38,5	20000	31,749	1,194	44,782
	Şubat	20	0,7	16,241	38,5	20000	32,816	1,194	37,702
	Mart	20	0,7	17,825	38,5	20000	35,703	1,194	18,550
	Nisan	20	0,7	18,900	38,5	20000	37,782	1,194	4,763
	Mayıs	20	0,7	19,840	46	20000	44,955	1,194	6,929
	Haziran	20	0,7	21,439	46	20000	49,329	1,194	-22,080
	Temmuz	20	0,7	21,831	46	20000	50,559	1,194	-30,239
	Ağustos	20	0,7	22,187	46	20000	52,231	1,194	-41,335
	Eylül	20	0,7	20,804	46	20000	48,294	1,194	-15,217
	Ekim	20	0,7	19,261	38,5	20000	39,035	1,194	-3,551
	Kasım	20	0,7	18,138	38,5	20000	36,725	1,194	11,775
	Aralık	20	0,7	16,864	38,5	20000	33,937	1,194	30,268
ANKARA	Ocak	20	0,7	13,217	38,5	20000	27,969	1,194	69,856
	Şubat	20	0,7	14,577	38,5	20000	29,795	1,194	57,745
	Mart	20	0,7	17,576	38,5	20000	34,387	1,194	27,281
	Nisan	20	0,7	18,659	38,5	20000	36,297	1,194	14,615
	Mayıs	20	0,7	19,210	46	20000	42,339	1,194	24,287
	Haziran	20	0,7	21,228	46	20000	45,555	1,194	2,951
	Temmuz	20	0,7	22,211	46	20000	46,936	1,194	-6,211
	Ağustos	20	0,7	22,763	46	20000	48,033	1,194	-13,487
	Eylül	20	0,7	20,553	46	20000	45,266	1,194	4,872
	Ekim	20	0,7	18,521	38,5	20000	36,767	1,194	11,493
	Kasım	20	0,7	17,056	38,5	20000	34,291	1,194	27,922
	Aralık	20	0,7	14,877	38,5	20000	30,613	1,194	52,314
ANTALYA	Ocak	20	0,7	17,573	38,5	20000	33,602	1,194	32,491
	Şubat	20	0,7	17,845	38,5	20000	34,589	1,194	25,941
	Mart	20	0,7	18,951	38,5	20000	37,774	1,194	4,813
	Nisan	20	0,7	19,448	38,5	20000	39,570	1,194	-7,101
	Mayıs	20	0,7	20,490	46	20000	46,981	1,194	-6,507
	Haziran	20	0,7	22,205	46	20000	50,928	1,194	-32,692
	Temmuz	20	0,7	22,938	46	20000	53,184	1,194	-47,653
	Ağustos	20	0,7	23,133	46	20000	54,846	1,194	-58,677
	Eylül	20	0,7	21,997	46	20000	51,531	1,194	-36,690
	Ekim	20	0,7	20,853	38,5	20000	40,947	1,194	-16,234
	Kasım	20	0,7	19,738	38,5	20000	39,141	1,194	-4,249
	Aralık	20	0,7	18,200	38,5	20000	35,383	1,194	20,676
ERZURUM	Ocak	20	0,7	9,695	38,5	20000	23,364	1,194	100,399
	Şubat	20	0,7	10,531	38,5	20000	24,422	1,194	93,385
	Mart	20	0,7	15,339	38,5	20000	31,225	1,194	48,254
	Nisan	20	0,7	17,186	38,5	20000	34,344	1,194	27,571
	Mayıs	20	0,7	17,349	46	20000	39,950	1,194	40,129
	Haziran	20	0,7	19,265	46	20000	43,684	1,194	15,360
	Temmuz	20	0,7	21,141	46	20000	47,887	1,194	-12,520
	Ağustos	20	0,7	21,178	46	20000	48,506	1,194	-16,623
	Eylül	20	0,7	19,693	46	20000	44,519	1,194	9,826
	Ekim	20	0,7	17,488	38,5	20000	35,141	1,194	22,278
	Kasım	20	0,7	15,344	38,5	20000	31,262	1,194	48,012
	Aralık	20	0,7	11,581	38,5	20000	25,756	1,194	84,537

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	20.11.1982	
Doğum yeri	Soma	
Lise	1996 - 1999	Soma Rıfat Dağdelen Anadolu Lisesi
Lisans	2000 - 2005	Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı Kurum(lar):

Mas Grup – Proje Grubu Satış Mühendisi