

**BİR HASTANEDE AMALİYATHANE KLİMA
SANTRALİ ISITMA HATTININ EKSERJİ
ANALİZİ**

**2015
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**

Ahmet ALTUNDAĞ

**BİR HASTANEDE AMALİYATHANE KLİMA SANTRALİ ISITMA
HATTININ EKSERJİ ANALİZİ**

Ahmet ALTUNDAĞ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Haziran 2015**

Ahmet ALTUNDAĞ tarafından hazırlanan “BİR HASTANEDE AMALİYATHANE KLİMA SANTRALİ ISITMA HATTININ EKSERJİ ANALİZİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Engin GEDİK

Yüksek Lisans Tez Danışmanı, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 15/ 06/ 2015

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Engin ÖZBAŞ (OMÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Engin GEDİK (KBÜ)



...../...../2015

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

.....

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Ahmet ALTUNDAĞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİR HASTANEDE AMALİYATHANE KLİMA SANTRALİSITMA HATTININ EKSERJİ ANALİZİ

Ahmet ALTUNDAĞ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Engin GEDİK

Haziran 2015, 55sayfa

Bu çalışmada İstanbul Başkent Hastanesi'ne ait bir ameliyathane odası için kullanılan klima santrali ısıtma hattının ekserji analizi yapılmıştır. Klima Santrali (hijyenik klima) 3500 m³/h debide olup ameliyathane için özel olarak tasarlanmıştır. Hastane binasını ısıtmak için doğalgaz yakıtlı kazan kullanılmaktadır. Isıtma sisteminde üretilen sıcak su, boylerler yardımıyla kullanım suyu, fan-coiller yardımıyla mahal ısıtma, klima santralleri yardımıyla da hijyenik alan ve mahal ısıtmasında kullanılmaktadır. Kazan 70/90 °C olarak çalışması planlanmıştır. Değişik zaman dilimleri için ölçümü yapılan kazan suyu giriş çıkış, klima santrali giriş çıkış su ve hava sıcaklıklarına bağlı olarak elde edilen termodinamik parametrelere göre seçilen tek bir ameliyathane odası için ekserji analizi hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan hesaplamalara göre kazan ve klima santrali için ekserji kayıpları (yıkımları) ve ekserji verimleri sırasıyla 554.28 ve 3.11 kW, %21.92 ve %20.22 olarak

hesaplanmıştır. Elde edilen verilere göre yapılması gereken iyileştirmeler için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Szckler : Enerji, ekserji, iklimlendirme, ameliyathane.

Bilim Kodu :914.3.016

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

EXERGY ANALYSIS OF HEATING LINE OF SURGERY AIR HANDLING UNIT IN A HOSPITAL

Ahmet ALTUNDAĞ

KarabükUniversity

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Energy Systems Engineering

Thesis Advisor:

Assist. Prof.Dr. Engin GEDİK

June 2015, 55pages

In this study, an exergy analysis of heating line of air handling unit for a surgery room in İstanbul Başkent Hospital was investigated. Air handling unit which has 3500 m³/h flow rate was designed distinctively. Natural gas fired boiler was used on the purpose of heating hospital building. Heated water by the system was used as usage water, local heating and heating hygienic rooms by means of boilers, fan coils and air handling units respectively. Boilers working conditions were 70/90 °C. Exergy analysis calculations were performed for selected single surgery room in consideration of thermodynamics parameters that depend on the measured values of inlet and outlet water temperatures of boilers, and air handling units for different time step. As a result of calculations, exergy destruction and exergy efficiencies for boilers and air handling units were computed as 554.28 and 3.11 kW, 21.92% and 20.22% respectively. Based on the obtained results some enhancements were suggested for further studies.

Keywords : Energy, exergy, air conditioning, surgery room.

Science Code : 914.3.016

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Engin GEDİK'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca enerji ve ekserji analizleri konularındaki teori ve uygulamaları hakkındaki değerli bilgi ve görüşlerini benden esirgemeyen sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Alper ERGÜN'e teşekkür ederim.

Son olarak bana tüm eğitim hayatım boyunca destek olan aileme, ve her zaman moral ve motivasyonumu en üst seviyede tutmama yardımcı olan sevgili eşim Özlem'e ve biricik oğlum Yavuz Selim'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM2	3
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
BÖLÜM 3.....	8
3.1. TERMODİNAMİĞİN TEMEL KAVRAMLARI.....	8
3.1.1. Termodinamiğin 1. Yasası.....	8
3.1.2. Termodinamiğin 2. Yasası.....	12
3.1.3. Entropi	14
3.1.4. Kullanılabilirlik	15
3.1.5. Ekserji Analizi.....	18
3.2. BİNA MEKANİK TESİSATLARI	18
3.2.1. Sıhhi Tesisat Sistemleri	19
3.2.2. Isıtma ve Soğutma Tesisatı	20
3.2.3. Havalandırma Tesisatı	20
3.3. HASTANELERDE HAVALANDIRMA, İKLİMLENDİRME TESİSATI..	21
3.3.1. Hastane İçinde Özel Havalandırma Gerektiren Bölümler	23

	<u>Sayfa</u>
3.3.1.1.Ameliyathaneler	23
3.3.1.2.Yoğun Bakımlar	24
3.3.1.3.Pozitif Basınçlı İzolasyon Odaları	24
3.3.1.4.Negatif Basınçlı İzolasyon Odaları	24
3.3.2.Hijyenik Klima Santralleri	25
BÖLÜM 4	27
MATARYEL VE METOT	27
4.1.UYGULAMA YAPILAN BİNADA ISITMA TESİSATI	27
4.2. UYGULAMA YAPILAN BİNADA SOĞUTMA TESİSATI	30
4.3. UYGULAMA YAPILAN BİNADA HAVALANDIRMA	31
4.4. ISITMA SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE EKSERJİ (İKİNCİ KANUN) ANALİZİ	32
4.4.1. Isıtma Sistemlerinde Ekserji Analizi	35
4.4.1.1.Kazan Exergy Analizi	35
4.4.1.2.Klima Santrali Hattında Meydana Gelen Ekserjik Kayıplar	39
BÖLÜM 5	41
SONUÇLAR VE TARTIŞMA	41
BÖLÜM 6	49
SONUÇ VE ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR	51
EK AÇIKLAMALAR A. KLİMA SANTRALİ ISITMA HATTINA AİT BAZI BİLGİLER	53
ÖZGEÇMİŞ	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Bir çevrim için toplam enerji değişimi sıfırdır	11
Şekil 3.2. Kapalı ve açık sistem	11
Şekil 3.3. Clausius ifadesinin şematik görünümü	13
Şekil 3.4. Kelvin-Planck ifadesini şematik görünümü	14
Şekil 3.5. Kullanılabilirlik kavramının şematik gösterimi	16
Şekil 3.6. Tersinir iş ve kullanılabilirlik arasındaki ilişki	17
Şekil 3.7. Hijyenik klima santrali.....	25
Şekil 4.1 Hastane binasında bulunan kazanın detaylı resmi	27
Şekil 4.2.Hastanede kullanılan kazanlar.	28
Şekil 4.3.Hastane ana ısıtma kollektörü.....	28
Şekil 4.4. Hastane ana ısıtma dönüş kollektörü	29
Şekil 4.5. Hastane boylerleri	29
Şekil 4.6. Hastane soğutma grubu (chiller).....	30
Şekil 4.7.Hastane soğutma grubu ana kolektörü.....	31
Şekil 4.8. Toplam enerji dengesi.....	33
Şekil 4.9. Kazan için ekserji faktörleri.....	35
Şekil 4.10.Klima santrali parametreleri	39
Şekil5.1. Zamana bağlı kazan giriş çıkış su sıcaklık değişimleri.....	41
Şekil5.2.Zamana bağlı kazan giriş çıkış exergy değerleri.....	43
Şekil 5.3. Zamana bağlı olarak kazan toplam ekserji kaybının değişimi	44
Şekil 5.4. Zamana bağlı olarak dış hava ve klima santrali çıkış sıcaklık değişimi. ...	45
Şekil 5.5. Zamana bağlı olarak dış hava ve klima santrali su giriş ve çıkış sıcaklık ekserji değişimleri.	46
Şekil 5.6. Zamana bağlı olarak klima santrali toplam ekserji kaybının değişimi.	47
Şekil 5.7. Zamana bağlı olarak kazan ve klima santrali ekserji verimleri.	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1. Baca gazı kütleleri.....	38
Çizelge 5.1. Zamana göre kazan giriş ve çıkış sıcaklıklarına bağlı değişen entalpi ve entropi değerleri.....	42
Çizelge 5.2. Zamana bağlı olarak klima santrali çıkış havası ekserji değerleri.	45
Çizelge EK A.1. Kış sezonu klima santrali günlük sıcaklık takip değerleri.....	53
Çizelge EK A.2. Kazan bakımı öncesi ve sonrası bilgi fişi	54

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

E	: Toplam iç enerji, enerji tüketimi (Wh)
Q	: Toplam enerji, kW
Ex	:Toplam ekserji, kW
H_a	:Yakıtın alt ısıl değeri, kJ/kg
h	: entalpi, kJ/kg
s	:Entropi, kJ/kg.K
\dot{m}	: Kütleli Debi, kg/s
\dot{M}	: Molar Kütleli debi, kg/s
$^{\circ}C$: Sanrigrad Derece
kW	: Kilowatt
kg	: Kilogram
T	: Sıcaklık $^{\circ}C$, K
W	: İş, W, kW
η	: Verim
η_I, η_Q	: Enerji Verimi
η_{II}, η_{Ex}	: Ekserji Verimi

KISALTMALAR

AHU :Air Handling Unit

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusu ve ülkelerin sanayileşmesi ile birlikte artan enerji ihtiyacı, enerji maliyetleri ve çevre problemleri gibi sorunları da yanında getirmektedir. Bu yüzden temiz enerji kaynaklarının kullanımı ve enerji sistemlerinde tasarrufa yönelik çalışmalar günümüzde önem kazanmaktadır. Enerjinin verimli kullanımı ile gerçekleştirilecek enerji tasarrufu, aynı ürünü elde etmek için gereken enerjinin azaltılması ya da aynı miktarda enerji ile daha fazla ürün elde edilmesini sağlayacaktır. Böylece gün geçtikçe azalan fosil yakıtların tüketimi düşürülecektir.

Toplam enerji tüketiminin %20'sinin konut sektöründe gerçekleştiği ülkemizde, bu enerjinin %85'i ısıtma ve sıcak su ihtiyacı için kullanılmaktadır. Konutlarda kullanılan bu enerjinin toplam tüketim içerisinde büyük bir paya sahip olması dolayısıyla verimli kullanılması büyük önem taşımaktadır (Tetik 2011).

Gün geçtikçe artan enerji fiyatları ve ısıtma sistemlerinin yükselen maliyetleri, hastane gibi tüm insanlığa hizmet eden yerlerde konforlu ve hijyenik bir şekilde sistemin çalışmasını, aynı zamanda enerji giderlerini minimum seviyelere indirmeleri için tasarlanmış klima santrallerini ön plana çıkarmaktadır. Dünyada, artan hijyenik ısıtma ve soğutma ihtiyacını aynı anda karşılayan ve klima santrali olarak isimlendirilen cihazlar tercih edilmektedir.

Enerji kaynaklarını kullanan sistemlerin enerji analizini ve sistemdeki mevcut enerjiyi en verimli şekilde kullanmanın bir ölçüsü olan ekserji analizini doğru bir şekilde yapmak büyük önem taşımaktadır.

İyileştirme ve verim artırımı konusunda, kütlenin korunumu, termodinamiğin I. ve II. kanunu ilkelerine dayanan ve enerji sistemlerinin tasarımı ve analizlerinde kullanılan bir yöntem olan ekserji analizi devreye girmektedir. Enerjinin kalitesini belirleyen ekserji analizi ile mevcut olan bir sistemde iyileştirmelere nereden başlanacağını ve hangi noktada en çok enerji kaybı olduğu bulunabilmektedir.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Enerji ve ekserji termodinamiğin birinci ve ikinci kanunları ile ilgili birer kavram olmakla birlikte gerek ısıtma gerekse soğutma uygulamalarının görülebildiği çoğu mühendislik uygulamalarında sistem performansını belirlemenin en etkili yollarından biridir. Ameliyathane (hijyenik) klima sistemleri de incelenmesi mühim bir konu olup bu konuyla ilgili bir çok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Bunlardan bazıları aşağıda sunulmuştur.

Sakulpipatsin vd. (2010)yaptıkları çalışmada binalardaki HVAC sistemlerinin ekserji analizi metotlarını sunarak enerji elde edilebilecek kısımları incelemişlerdir. Çalışmada, binalarda enerji ve ekserji gerekliliği belirtilerek sunulan metot Hollanda'daki ofis binalarında düşük ve yüksek sıcaklık ısıtma-soğutma sistem ekipmanlarını içermektedir. Binaların ve HVAC sistemlerinin standart enerji yasalarını karşılamak zorunluluğu çalışmada açıklanmış olup toplam ekserji verimleri her iki durum için %17.5 ve % 6.81 olarak bulunduğu belirtilmiştir.

Canbay vd. (2004)yaptıkları çalışmada bina yönetim sistemlerinin kapsamını, işlevlerini, evrelerini, üstünlüklerini anlatmışlar ve enerji tasarrufuna yönelik ilkeleri belirlemişlerdir. Ayrıca Türkiye'deki uygulamalarında karşılaşılan sorunları araştırmışlardır. Binalarda ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemlerinden, yangın ve güvenlik sistemleri, aydınlatma, acil durum enerji dağıtımı, asansörler ve proses kontrol sistemlerine kadar bir çok değişik sistem söz konusu olup, bu sistemlerin merkezi denetim ve kontrolü, sonrasında bu bilgilerin depolanması gerek enerji yönetimi gerekse işletme ve bakım için önemli bir gereksinim olduğunu belirtmişlerdir. Her binanın her türlü iklim koşulunda ısı olarak konfor sağlaması gerektiği, bunu sağlarken de enerjiyi etkin kullanması gerektiğini belirtmişlerdir.

Özek vd. (2013) yaptıkları çalışmada laboratuvar şartlarında kurulu tekrar dolaşımli soğutma amaçlı iklimlendirme sisteminin hava debisi, özgül nem, dış hava, dönüş havası oranlarının sabit olması durumunda, farklı dış hava sıcaklıklarının, serpantin soğutma kapasitesine ve yok olan ekserjisine etkisini deneysel olarak incelenmiştir. Ayrıca, dış havanın değiştirilmesi sonucu serpantin çıkış sıcaklık ve dönüş havası sıcaklık değerleri değişimini incelemiştirler. Dış hava sıcaklığı artıkça soğutucu serpantin çıkış sıcaklığının ve yok olan ekserjinin arttığı ve soğutucu serpantin kapasitesinin artış göstermesi ile beraber ekserji veriminin azaldığı görülmüştür.

Gonçalves vd. (2013)yaptıkları çalışmada farklı iklim koşullarında ki binalarda ısıtma seçeneklerinin tüm ekserji ve enerji performansını karşılaştırmalı olarak değerlendirmişlerdir. Enerji ve ekserji performansını değerlendirirken takip edilen değerler; ilk enerji oranı ve ilk ekserji oranı olarak belirlemişlerdir. İlk enerji değerleri aynı iken ilk ekserji oranı belli bir şekilde dış koşullara bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında ilk enerji değeri 2,2 olduğunu belirtmişlerdir. Ekserji değerleri ise Lizbon ve Berlin şehirleri için sırasıyla %7-%16 ya kadar değişim gösterdiğini belirtmişlerdir

Canbay vd. (2004)yaptıkları çalışmada binalardaki HVAC sistemlerinin her koşulda konfor sağlaması ve enerji etkin bir sistem olarak çalışması için iyi tasarlanmış bir kontrol senaryosunun gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Bina Yönetim Sistemlerinin (BYS) kapsamını, işlevlerini, evrelerini, üstünlüklerini anlatmak, uygulamada sık kullanılan mekanik sistemler için enerji tasarrufuna yönelik kontrol ilkelerini sıralamak ve BYS'nin Türkiye'deki uygulamalarında karşılaşılan sorunları belirterek HVAC sistemlerinde enerji tasarrufuna yönelik tedbirleri sıralamışlardır.

Özgener vd. (2005)yaptıkları çalışmada HVAC (ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme) sistemlerinde tüketilen enerjinin toplam enerji tüketimindeki payının, yaklaşık olarak % 20 olduğunu belirtmişlerdir. Bununla beraber enerjinin ve hatta boşa giden enerjinin etkin ve verimli kullanımı, özellikle büyük önem taşıdığını söylemişlerdir. Ekserji analizini yapmanın önemini sıralamışlardır. Ekerji analizinin gerek tasarım gerekse de işletme aşamasında ele alınması gerektiğini vurgulamışlardır.

Kılıkş (2013)yaptığı çalışmada günümüzün artan toplumsal ve çevresel sorunları enerji kaynaklarının daha akılcı kullanılmasının gerektiğini belirtmiştir. Net-sıfır hedefi, enerji kaynaklarını daha etkin kullanan ve yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üreten binalar ve kentlere yön vermekte olduğunu, yıl boyunca tükettikleri kadar enerji üreten, “öz yeterliliğe” sahip, öncü örneklerin ortaya çıkmasını sağlayacak bir hedef olduğunu belirtmiştir. Net-sıfır hedefine ulaşma yolunda enerji kaynaklarının içerdiği yararlı iş potansiyelinin (ekserjisinin) üst düzeyde değerlendirilmesine bağlı olarak, enerji tüketiminin ve CO₂ salınımlarının azaltılması için stratejik bir yaklaşım sunan Akılcı Ekserji Yönetim Modeli (REMM) nin rolünü analiz etmiştir. Birden çok verimlilik ölçütünü sentezleyen bu modelin rolü, yüksek performanslı bir bina örneği olarak Türkiye'nin ilk LEED Platin binası ve örnek bir kent olarak İsveç'in Stockholm ve Uppsala şehirlerindeki yerleşim yerleri üzerinden ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, net-sıfır enerji ve net-sıfır ekserji hedefinin gerçekleştirilmesi için modelin anahtar nitelikte olduğu görülmüştür. Sürdürülebilir kalkınmanın odağını oluşturan enerji, çevre, toplum ve ekonomi dörtlüsünün daha uyumlu olmasına katkı sağlayan yüksek performanslı binalar ve kentlere ışık tutması beklendiğini söylemiştir.

Can (2005)yaptığı çalışmada soğutma elemanından geçen su kütleli debisinin artışıyla basınç kaybının artmakta olduğunu ve dolayısıyla tersinmezliklerin de arttığını belirtmiştir. Soğutma elemanına yüksek sıcaklıklı çevreden ısı geçişi olduğu için ısı kazancı ekserjisi ve giren ile çıkan ekserji farkı negatif olduğunu söylemiştir. Soğutma elemanların da dolaştırılan su kütleli debisinin artışıyla doğrudan olarak arttığını belirtmiştir. Soğutma elemanının sabit ısı transfer yüzeyi olduğunda su kütleli debisinin artması, çevre ve soğutma elemanı yüzeyi arasındaki sıcaklık farkını düşürdüğünü belirtmiştir. Bu farkın düşmesiyle beraber, sonlu sıcaklık farkına bağlı olarak oluşan tersinmezliklerin azaldığını belirtmiştir.

Marletta, (2010)yaptığı çalışmada soğutma tekniklerinin düşük ekserji verimlerine işaret ettikten sonra, iklimlendirme sistemlerinin çözümlenmesi için temel bağıntılar olan ekserji bilançosu ve nemli havanın ekserji ifadesini vermiş, daha sonra üç farklı iklimlendirme sistemi için ekserji çözümlenmesi yapmıştır. Bu sistemler hava şartlandırma ünitesi tarafından beslenen tek hava kanallı, iki hava kanallı ve ‘fan coil’ li

sistemlerdir. Hava şartlandırma ünitelerinin ekserji verimleri bu üç sistem için sırasıyla yüzde 28.4, yüzde 26.7 ve yüzde 19.5 olarak bulunmuştur. Çözümleme ayrıca en fazla ekserji kaybının soğutma ve nem alma işlemlerinde olduğunu göstermiştir.

Kanoğlu vd. (2007)yaptıkları çalışmada, kütle, enerji, entropi ve ekserji bilançoları veren denklemleri yazdıktan sonra, bu denklemleri temel psikrometrik işlemler olan duyulur ısıtma, soğutma-nem alma, nemlendirme ve buharlaşmalı soğutma için sadeleştirilmişler, ele alınan temel işlemlerin her biri için ekserji verimini tanımlamışlardır. Çalışmada uygulama örnekleri de yer alarak ekserji çözümlemesinin önemi vurgulanmış ve bu çözümlemeden iklimlendirme sistemlerinin tasarımında nasıl yararlanılacağı açıklanmamıştır.

Wei ve Zmeureanu (2009)yaptıkları çalışmada, bir ofis binası için değişken hava debili (VAV) iklimlendirme sisteminin iki farklı çalışma koşulu için ekserji çözümlemesini yapmıştır. Sistemin tümü elektrik enerjisi ile çalışmaktadır. Çalışmada önce iklimlendirme sisteminin enerji ve ekserjiye dayalı matematiksel modelleri oluşturulmuş, yıllık bazda sistemin etkinlik katsayıları (COP) ve ekserji verimleri hesaplanmıştır. Sonuçlar iklimlendirme sistemi için ekserji veriminin %2 ile %3 arasında değiştiğini, sistemin sabit çıkış sıcaklığı yerine, en yüksek soğutma yükünün bulunduğu birime göre belirlenen bir çıkış sıcaklığı ile çalıştırılması durumunda ekserji veriminin %26 oranında arttığını göstermiştir. Elektrik yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması durumunda ekserji veriminin artacağı vurgulanmıştır. Bu çalışmanın enerji çözümlemesi ile elde edilemeyecek sonucu, iklimlendirme sistemlerinde doğal kaynakların kullanımı bakımından iyileştirmelere büyük bir yer olduğudur.

Tüfekçi (2009)hastanelerde kullanılan klima sistemlerinin enerji ve ekserji analizi adlı yaptığı çalışmada; Bursa Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi klima ve havalandırma projesinin ameliyathane ve yoğun bakım odaları, VDI 2167 standardında verilen standartlara göre yapılsaydı sistemin enerji harcamalarının ne derece değişeceğini incelemiştir. Yapılan araştırma sonucu incelenen sistem soğutma durumunda çalışırken en yüksek ekserji kaybı aydınlatmada, ısıtma durumunda çalışırken ise en yüksek ekserji kaybının nemli havada görüldüğü ortaya konulmuştur.

Bu alışmada; İstanbul Başkent Üniversitesi Hastanesinin klima santrali ele alınarak santral hat üzerinde bulunan kazan ve bir ameliyathane odası için ısıtma durumuna göre ekserji analizi yapılmış ve ortamdaki ekserji kayıpları incelenmiştir. Ayrıca sistemde ısıtma durumu temel alınarak kazan ve klima santrali için ekserji verimleri hesaplanarak grafikler halinde sunulmuş ve detaylı bir şekilde tartışılmıştır.

BÖLÜM 3

GENEL BİLGİLER

Bu bölümde genel Termodinamik kavramlar ve kanunlar açıklanarak ekserji kavramı ve ekserji analizinin önemi üzerinde durularak temel bilgiler verilmiştir.

3.1. TERMODİNAMİĞİN TEMEL KAVRAMLARI

Enerji bilimi olarak tanımlanan termodinamik sözcüğü, Latince therme (ısı) ve dynamis (dinamik) sözcüklerinden türemiş olup ısıyı işe çevirebilme çabası olarak da tanımlanmaktadır.

3.1.1. Termodinamiğin 1. Yasası

Termodinamiğin birinci yasası veya diğer adıyla enerjinin korunumu ilkesi enerjinin değişik biçimleri arasındaki ilişkileri ve genel olarak enerji etkileşimlerini incelemek bakımından sağlam bir temel oluşturur. Termodinamiğin birinci yasası deneysel gözlem ve verilere dayanarak enerjinin var veya yok edilemeyeceğini ancak şekil değiştirebileceğini ifade eder. Ancak birinci yasayı matematiksel olarak ispatlamak olanak dâhilinde olmamakla birlikte doğadaki hal değişimlerinin tamamı birinci yasaya uymaktadır.

Değişik adyabatik hal değişimleriyle belirli 1 halinden belirli 2 haline geçen bir sistem için hal değişimleri sırasında ısı geçişi olmadığı halde bu hal değişimleri sırasında sistemle çevre arasında değişik iş etkileşimleri olabilir. Deneysel çalışmalara göre, “kapalı bir sistemin belirli iki hali arasında gerçekleşebilecek tüm adyabatik hal değişimleri sırasında yapılan net iş, sisteme veya hal değişimlerine bağlı olmaksızın aynıdır.

Birinci yasanın en önemli sonuçlarından biri, “toplam enerji, E”adı verilen özeliğin varlığının ortaya konması ve tanımının yapılmasıdır. Birinci yasa sistemin verilen bir haldeki toplam enerjisinin değeriyle ilgili değildir. Birinci yasa, sadece adyabatik bir hal değişimi sırasında sistemin toplam enerji değişiminin “net işe” eşit olduğunu belirtir.

Termodinamik denklemlerinde çevreden sisteme yapılan ısı transferi ve sistemin çevreye yaptığı iş pozitif; sistemden çevreye yapılan ısı transferi ve sistemin üzerine yapılan iş negatif işaretli olarak kabul edilir (Çengel ve Boles 1996).

Deneysel veriler ve günlük yaşamdan örnekler ele alındığında (bir patatesin fırında pişirilmesi, bir çaydanlıkta suyun kaynatılması, vs.) “Bir sistemle çevresi arasında iş etkileşimlerinin olmadığı durumlarda, kapalı sistemin bir değişimi sırasındaki toplam enerji değişimi, sistemle çevresi arasındaki net ısı geçişine eşit olmaktadır”. Benzer şekilde, “kapalı bir sistemde adyabatik hal değişimi sırasında yapılan iş, sistemin toplam enerji değişimine eşittir”.

Kapalı sistem olarak tanımlanan, belirli sınırlar içinde bulunan sabit bir kütle için termodinamiğin birinci yasası veya enerjinin korunumu ilkesi aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\left(\begin{array}{l} \text{Sisteme veya sistemden ısı veya} \\ \text{iş olarak net enerji geçişi} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{Sistemin toplam enerjisindeki} \\ \text{net değişim} \end{array} \right) \quad (3.1)$$

veya matematiksel olarak;

$$Q - W = \Delta E \quad (k_j) \quad (3.2)$$

Burada;

Q, Sistem sınırlarından olan net ısı geçişi; W, değişik biçimleri kapsayan net iş; E, sistemdeki toplam enerji miktarını göstermektedir.

Sistem toplam enerjisi E , iç enerji U , kinetik enerji KE ve potansiyel enerjilerin toplamıdır.

Bunedenle bir haldeğişim sırasında sistem toplam enerjisinin değişimi, iç enerji, kinetik enerji ve potansiyel enerjilerindeki değişimlerin bir toplamı olarak ifade edilebilir ve aşağıdaki eşitlikler ile ifade edilir.

$$\Delta E = \Delta U + \Delta KE + \Delta PE \quad (3.3)$$

$$Q - W = \Delta U + \Delta KE + \Delta PE \quad (3.4)$$

$$\Delta U = m(u_2 - u_1); \quad (3.5)$$

$$\Delta KE = \frac{m}{2} (v_2^2 - v_1^2); \quad (3.6)$$

$$\Delta PE = mg(z_2 - z_1) \quad (3.7)$$

Uygulamada hareketsiz kapalı sistemlerin kinetik ve potansiyel enerjileri ihmal edilebilir. Bazı durumlarda iş terimi $W_{diğer}$ ve W_s olarak iki kısımda ele almak kolaylık sağlar. Burada $W_{diğer}$, sınır işi dışında yapılan tüm işlerin toplamıdır. W_s ise hal değişimleri sonucu gerçekleşen sınır işini ifade etmektedir. Bu durumda KE ve PE değişimlerinin de ihmal edilmesi durumunda birinci yasa aşağıdaki gibi yazılır;

$$Q - W_{diğer} - W_s = \Delta E \quad (kJ) \quad (3.8)$$

Bununla birlikte kapalı sistemler için birinci yasa değişik şekillerde yazılabilir.

Birim kütle için;

$$q - w = \Delta e \quad (kJ/kg) \quad (3.9)$$

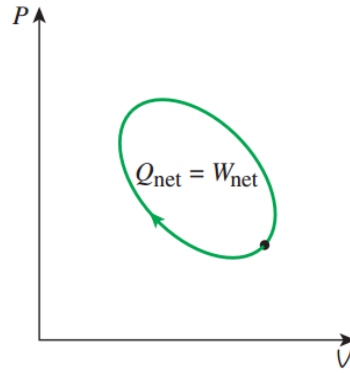
Birim zamandaki değişim için ;

$$Q - W = dE/dt \quad (kW) \quad (3.10)$$

Çevrim oluşturan bir hal değişimi için ilk ve son haller aynı olduğundan;

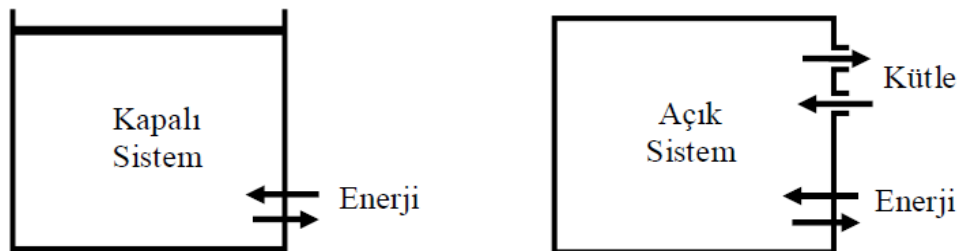
$$\Delta E = E_2 - E_1 = 0 \text{ olur.}$$

Buna göre çevrim için birinci yasa $Q - W = 0$ ya da $Q = W$ olur ve Şekil 3.1’de gösterildiği gibi ısı geçişi yapılan net işe eşit olur.



Şekil 3.1. Bir çevrim için toplam enerji değişimi sıfırdır.

Termodinamik olarak incelenmek üzere ele alınan bir bölgeye sistem adı verilir ve çevresinden sistem sınırı adı verilen hayali bir yüzey ile kesin olarak ayrılır. Termodinamik analizde sistemler, belirli bir kütlenin veya belirli bir bölgenin analize esas alınmasına göre kapalı veya açık olarak nitelendirilir. Şekil 3.2 de kapalı ve açık sistem gösterimleri verilmiştir.



Şekil 3.2. Kapalı ve açık sistem.

Kapalı sistem diğer adıyla kontrol kütlesi sınırlarından kütle geçişi olmayan sistemlerdir. Kapalı sistemlere kütle girişi veya çıkışı olmaz ancak enerji, ısı ve/veya iş şeklinde sistem sınırlarından aktarılabilir. Açık sistem veya kontrol hacmi ise

sınırlarından kütle geçişi ve, ısı ve/veya iş şeklinde enerji alışverişi olan sistemlerdir. Sürekli akışlı açık sistemlerde sürekli bir akış söz konusudur, birikme olmaz ve kontrol hacminin herhangi bir noktasındaki akışın özellikleri zamana göre değişmez (Kabul vd (2013)).

Kontrol hacmi içinde, yeğin ve yaygın özellikler hiçbir zaman değişmez. Böylece kontrol hacmini kütlesi (m), hacmi (v) ve toplam enerjisi (E), sürekli akışlı açık sistemde sabittir. Ayrıca, kontrol hacmine giren toplam kütle ve enerji, kontrol hacminden çıkan toplam kütle ve enerjiye eşit olmak zorundadır. Çünkü m_{kh} ve E_{kh} sabittir.

Kontrol hacminin sınırlarındaki hiçbir özellik zamanla değişmez. Bu nedenle giren ve çıkan akışkanın özellikleri zamanla değişmez. Giriş ve çıkıştaki kütle debisi sabittir. Sistemin çevresiyle birim zamanda yaptığı ısı alışverişi ve birim zamanda yaptığı iş alışverişi sabittir (Çengel ve Boles 1996).

3.1.2. Termodinamiğin 2. Yasası

Termodinamiğin birinci kanunu veya enerjinin korunumu ilkesi bir hal değişiminin saptanabilmesi için zorunludur. Ancak birinci yasanın sağlanması hal değişiminin gerçekleşmesi için yeterli değildir. Çünkü birinci yasa hal değişimlerinin yönü konusunda herhangi bir kısıtlama koymaz ve birinci yasanın gerçekleşmesi hal değişimlerinin olacağı anlamına gelmez. Bir hal değişiminin gerçekleşmesi ile alakalı açık termodinamiğin ikinci yasasıyla kapatılır. Dolayısıyla bir hal değişimi termodinamiğin birinci ve ikinci kanununu sağlamıyorsa, gerçekleşemez.

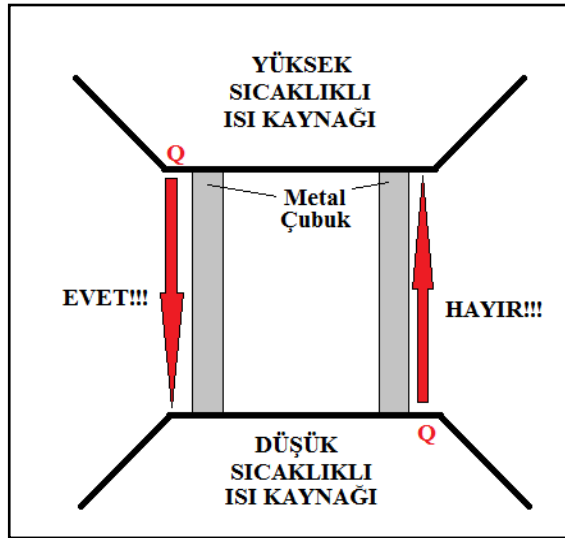
Termodinamiğin ikinci yasasının kullanımı sadece hal değişiminin yönünü belirlemekle sınırlı değildir. İkinci yasa enerjinin niceliği yanında niteliğini de ön plana çıkarır. Birinci yasa enerjinin niceliği üzerinde durur ve enerjinin bir biçimden diğer biçime dönüşümü sırasındaki değişimleri sayısal değerlerle ifade eder. Sayısal değer olarak eşit, fakat biçim ve kaynak bakımından farklı enerji arasında ayırım gözetmez. Termodinamiğin ikinci yasası ise enerjinin niteliğini ve bir hal değişimi sırasında bu niteliğin nasıl azaldığını hesaplamak için somut yöntemler ortaya koyar.

Termodinamiğin ikinci kanunuyla ilgili olarak bir ısı makinesinin ısı verimi aşağıdaki şekilde ifadeedilebilir (Çengel ve Boles 1996).

$$\eta_{th} = W_{net,çıkan}/Q_H = 1 - Q_L / Q_H \quad (3.11)$$

Burada $W_{net,çıkan}$ ısı makinesinden elde edilen işi Q_H ısı makinesine verilen toplam ısı miktarını ve Q_L ısı makinesinden atılan ısı miktarını belirtmektedir.

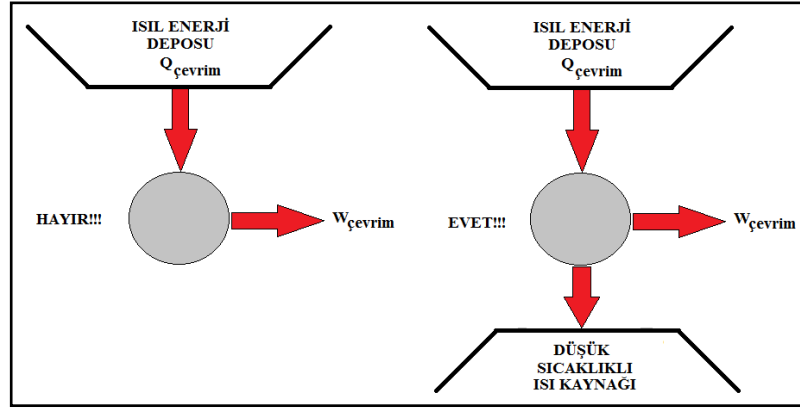
Termodinamiğin ikinci yasası Clausius tarafından şu şekilde ifade edilmiştir. Termodinamik bir çevrim gerçekleştirerek çalışan bir makinenin başka hiçbir enerji etkileşiminde bulunmadan, düşük sıcaklıktaki bir cisimden ısı alıp yüksek sıcaklıktaki bir cisme vermesi imkansızdır. Buradan zorlanma olmaksızın ısının yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru akacağı sonucu çıkarılabilir (Çengel ve Boles2013).



Şekil 3.3.Clausius ifadesinin şematik görünümü.

Bir ısı makinesinin çevriminin tamamlanabilmesi için düşük sıcaklıktaki ısı deposuna ısı geçişi olması zorunluluğu vardır. Isı makinelerinin verimliliğine sınırlama getiren bu olgu termodinamiğin ikinci yasasının Kelvin-Planck tarafından yapılan açıklamasının arkasında yatan düşüncedir. Termodinamiğin ikinci yasasının Kelvin-Planck tarafından ifade edilmiş biçimi şöyledir: “Termodinamik bir çevrim

gerçekleştirerek çalışan bir makinenin sadece bir kaynaktan ısı alıp net iş üretmesi olanaksızdır.” Buradan hiçbir ısı makinesinin ısı veriminin yüzde 100 olamayacağı ve bir güç santralinin çalışması sırasında kazandan ısı enerjisi almasının yanı sıra çevre ortama da ısı enerjisi aktarmasının gerektiği anlaşılmaktadır (Çengel ve Boles 1996).



Şekil 3.4. Kelvin-Planck ifadesini şematik görünümü.

3.1.3. Entropi

Termodinamiğin ikinci kanununa göre bir prosesin tersinir olması demek, o proses oluşurken sistem ve çevresinin başlangıç şartlarının değişmemesi yani sistemin çevresiyle hiçbir etkileşime girmemesi demektir. Normalde tersinir bir prosesin oluşması mümkün değildir. Gerçekte tüm prosesler tersinmezdir. Tersinmez proseslerin oluşmasına neden olan bütün etkilere (sürtünme, sonlu sıcaklık farkında ısı geçişi, sonlu basınç farkında genleşme, yanma işlemleri, kimyasal reaksiyonlar vs.) “tersinmezlik” adı verilir (Mert 1996).

Carnot çevrimi, ikisi sabit sıcaklıkta ikisi adyabatik dört tersinir hal değişiminden oluşan tersinir bir çevrimdir. Carnot ilkeleri, aynı ısı enerjisi depoları arasında çalışan tersinir ısı makinelerinin verimlerinin eşit olduğunu ve aynı ısı enerjisi depoları arasında çalışan ısı makinelerinden en yüksek verime tersinir makinenin sahip olduğunu belirtir. Tersinir bir makinenin aldığı ve verdiği ısıyla ısı enerjisi depolarının sıcaklıkları arasında şu ilişki vardır;

$$(Q_H/Q_L)_{tr} = T_H/T_L \quad (3.12)$$

Bu nedenle tersinir bir makine için Q_H/Q_L oranı, T_H/T_L oranıyla yer değiştirebilir. T_H ile T_L ısı enerjisi depolarının mutlak sıcaklıklarıdır. O halde Carnot ısı makinesinin ısı verimi şu şekilde formülize edilebilir;

$$\eta_{th} = 1 - T_L / T_H \quad (3.13)$$

Kontrol hacmi içindeki entropinin birim zamandaki değişimi; kontrol hacmi yüzeylerinden ısı geçişi sonucu birim zamanda geçen entropi, kütleyle birim zamanda kontrol hacmine giren toplam entropi, kütleyle birim zamanda kontrol hacminden çıkan toplam entropi ve kontrol hacmi içinde tersinmezliklerden dolayı birim zamanda üretilen entropinin toplamına eşittir.

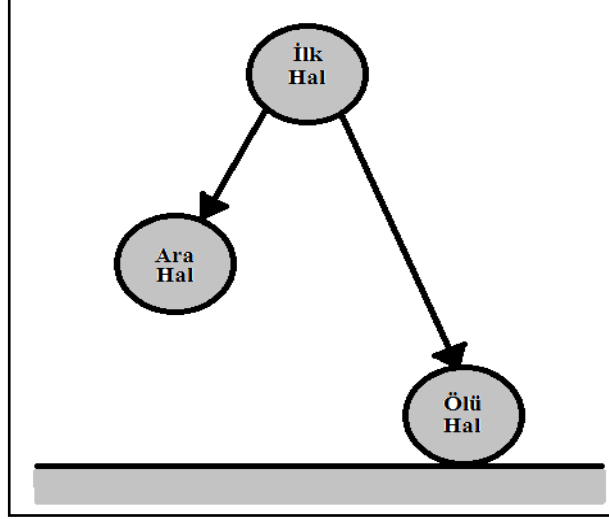
Entropi kavramının anlaşılması için tersinir bir makine ile tersinmez bir makineyi aynı ortamlar arasında çalıştığı bir örnekle incelersek; tersinmez ve tersinir makineler aynı Q_H ısı verildiğinde, tersinmez makinenin tersinir makineye göre yaptığı iş daha az ve dışarı verdiği Q_L ısı daha fazla olacaktır. O halde $Q_L, \text{tersinmez} > Q_L, \text{tersinir}$ olacaktır.

Hal değişimi sırasında entropi üretimi hiçbir zaman sıfırdan küçük olamaz. Isı geçişi olmadığı zaman, entropi değişimi sadece tersinmezliklerden kaynaklanır. Tersinmezliklerden kaynaklanan bu etki ise her zaman entropiyi artırma yönündedir. Bir hal değişiminin entropi değişimi negatif olacak şekilde görülürse bu hal değişimi gerçekleşmez diyebiliriz (Çengel ve Boles 1996).

3.1.4. Kullanılabilirlik

Bir sistemden elde edilebilecek en çok iş, sistem belirli bir başlangıç halinden, tersinir bir hal değişimi ile çevrenin bulunduğu hale (ölü hale) getirilirse elde edilir. Bu değer, sistemin verilen başlangıç halinde, yararlı iş potansiyelini veya iş yapma olanağını göstermektedir ve kullanılabilirlik olarak adlandırılır.

Verilen bir halde sistemin kullanılabilirliği, sistemin özelliklerinin yanı sıra, çevre koşullarına, başka bir deyişle ölü hale bağlıdır. Bu bakımdan kullanılabilirlik sadece sistemin değil sistem çevre ikilisinin bir özelliğidir.

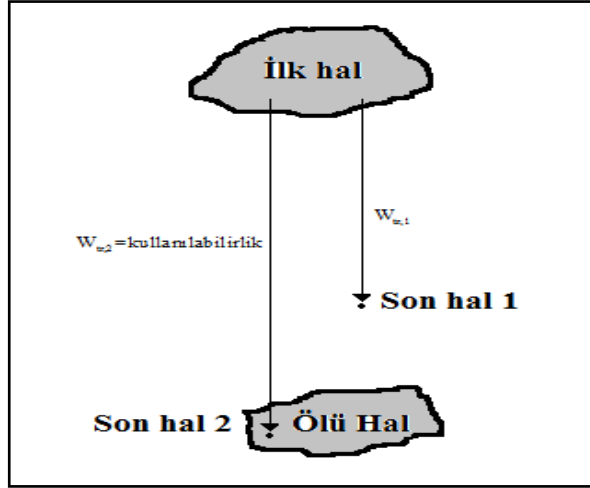


Şekil 3.5 Kullanılabilirlik kavramının şematik gösterimi.

Gerçek iş W ile çevre işi $W_{\text{çevre}}$ arasındaki fark, gerçek yararlı iş veya sadece yararlı iş diye tanımlanır ve W_y ile gösterilir.

$$W_y = W - W_{\text{çevre}} \quad (3.14)$$

Tersinir iş, belirli iki hal arasında hal değişimi sırasında bir sistemden elde edilebilecek en çok yararlı iş diye tanımlanır ve W_{tr} ile gösterilir. Bu iş, ilk ve son haller arasındaki hal değişimi gerçekleştiği zaman elde edilir. Son hal ölü hal olduğu zaman tersinir iş kullanılabilirliğe eşit olur.



Şekil 3.6 Tersinir iş ve kullanılabilirlik arasındaki ilişki.

Tersinir iş W_{tr} ile yararlı iş W_y arasındaki fark, hal değişimi sırasındaki tersinmezliklerden kaynaklanır. Bu fark I ile gösterilir ve şöyle ifade edilir:

$$I = W_{tr} - W_y \quad (\text{kJ}) \quad (3.15)$$

veya ,

$$i = w_{tr} - w_y \quad (\text{kJ/kg}) \quad (3.16)$$

Bir hal değişimi sırasında birim zamanda oluşan tersinmezlik, \dot{I} ile gösterilir:

$$\dot{I} = \dot{W}_{tr} - \dot{W}_y \quad (\text{kW}) \quad (3.17)$$

Tümden tersinir bir hal değişimi için gerçek ve tersinir iş terimleri aynıdır, böylece tersinmezlik sıfırdır. Çünkü tümden tersinir bir hal değişimi sırasında tersinmezliklerin bir ölçüsü olan entropi üretimi de olmaz. Tüm gerçek hal değişimleri sırasında tersinmezlik sıfırdan büyük bir değerdir ve $W_{tr} > W_y$ olur, iş gerektiren makineler için ise iş terimi eksidir $|W_{tr}| > |W_y|$ olur.

Tersinmezlik iş yapma olanağında eksilme gibi düşünülebilir. İşe dönüştürülebilecek olan fakat dönüştürülemeyen enerjiyi gösterir.

3.1.5. Ekserji Analizi

Ekserji tersinir bir süreç sonucunda çevre ile denge sağlandığı takdirde, teorik olarak elde edilen maksimum iş miktarıdır. Yani ekserji en basit anlamda, enerjinin kullanılabilen kısmıdır. Ekserji is veya is üretebilme yeteneğidir. Enerji çoğunlukla belirsiz bir durumdur. Bu tanıma uygun olarak ekserjinin hesaplanabilmesi için çevre şartlarının bilinmesi gerekir. Tersinir süreçler yoluyla, bir madde doğal çevrenin temel elemanları ile termodinamik denge durumuna getirildiğinde elde edilebilecek is miktarı o maddenin ekserjisine eşittir (Kabul vd, 2010).

Bir diğer tanımlama ise sadece çevre ile sistem arasında ısı değişimi koşulu ile bir maddenin çevredeki yaygın maddelerden tersinir süreçlerle belirli bir durumda üretilebilmesi için gerekli mekanik veya elektrik enerji o maddenin ekserjisini verir şeklindedir (Szargutvd, 1988).

Termodinamiğin 1. yasası, enerjinin niceliği ile ilgilidir ve enerjinin yoktan var veya vardan yok edilemeyeceğini öne sürmektedir. Bu yasa, hal değişimi sırasında enerjinin hesabını tutmak için gerekli bir araç görevi görmektedir ve uygulamada mühendis için zorluk yaratmamaktadır. İkinci yasa, enerjinin niteliği ile ilgilidir. Yani, bir hal değişimi sırasında enerjinin niteliğinin azalması, entropi üretimi ve iş yapma yeteneğinin değerlendirilememesi ile ilgilidir ve sistemleri geliştirmek için çeşitli fırsatlar sunar (Tüfekçi 2009).

3.2. BİNA MEKANİK TESİSATLARI

İnşaat sektörü dünya nüfusunun artmasıyla birlikte köklü bir değişime uğramış, geçmişte müstakil olarak kullanılan işyeri, ev vb. mekânlar günümüzde yerini çok katlı büyük yapılara bırakmıştır. İnşaat sektöründe ki bu hareketlilikle beraber teknolojinin de hızlı gelişimi sonucu, geçmişte lüks olarak görünen bazı şeyler günümüzde bir ihtiyaç haline almıştır. Buna en güzel örnek olarak da bina mekanik tesisat sistemleri gösterilebilir. İnsanı rahat ettirme yani konfor ilkesini temel alan tesisatçılık mesleği, geçmiş yıllardan bugüne kadar insan hayatını kolaylaştırma adına gelişmiş ve çoğu kişinin farkına bile varmadan vazgeçilemezlerimizin arasında yer almıştır. Gelişimi

konfor ve ekonomi yönünde devam eden bina mekanik tesisat sistemleri, günümüzde genellikle dört temel sistem üzerinde kullanılmaktadır. Bunlar;

- Sıhhi Tesisat Sistemleri
- Isıtma – Soğutma Tesisatı Sistemleri
- Havalandırma Tesisatı Sistemleri
- Yangın Tesisatı Sistemleri

Yapılan bu çalışmada inceleme yapılan bina İstanbul İlinde bir hastane binasıdır. Hastane gibi umuma açık ve insanların hem ayakta hem de yatarak tedavi gördüğü ve hijyen açısından çok önemli olan böyle bir yerde, istenilen konfor şartlarının sağlanması ve bu konfor şartları sağlanırken de enerjiyi doğru kullanılması çok önem arz etmektedir.

3.2.1. Sıhhi Tesisat Sistemleri

Mekanik tesisat denilince ilk akla gelen kısım sıhhi tesisat yani suyun iletimi ve dağıtımı ve atık suyun bertaraf edilme işidir. Temel olarak sıhhi tesisat şebeke suyunun ulaşmasına müteakip suyun bina içindeki yerlere götürülmesi ve kullanılmış olan atık suyun da kanalizasyon hattına gönderilmesi olarak düşünülmektedir.

Enerji ve ekserji analizlerinin yapıldığı hastane binasının da bina içerisindeki kullanım alanları diye belirttiğimiz, tuvaletler, lavaboların, hasta odaları vb. mahallerin sıcak ve soğuk suyu, şebeke suyundan karşılanmaktadır. Binanın girişinde bulunan su sayacından geçen şebeke suyu depolara girmektedir. Daha sonra bir pompa yardımıyla basılan su, kum filtre, karbon filtre ve su yumuşatma tankından geçerek başka bir depoya bağlanmıştır. Her hangi bir su kesintisi olması durumunda depolarda su devreye girip hastane binasında ki olası bir su sıkıntısını çözmektedir. Son depodaki su hidrofor sistemi yardımıyla mahallere ve ısıtılmak üzere boiler hattına basılmaktadır.

3.2.2. Isıtma ve Soğutma Tesisatı

Bir yapının ısıtma veya soğutma yükünü karşılamak için gerekli enerjinin oluşturulduğu ve bu enerjinin mahallere akışkanlar aracılığı ile taşındığı tesisatlardır. İnsanlık için ısınmak çok önemli bir unsurdur ve bunun bilicinde olan insanlar yıllar boyunca daha iyi ısınmak için elinden geleni yapmış, gelişen teknolojilerle ısıtma sistemlerini de ileri boyutlara taşımışlardır. Eski zamanlarda evlerde sadece şömine, soba gibi tekbir ısıtma ünitesi varken, şu anda ısıtma ünitesi merkezi ya da bireysel olmasına rağmen her bir odada ısı aktaracak üniteler vardır.

Basit bir ısıtma sistemini ele alınacak olursa; öncelikle ısıtıcı kısım da (kazan, kombi vb.) ısıtılan akışkan, taşıyıcı ekipmanlarla (boru, fittings, pompa vb.) ısıtılacak mekâna gönderilir. Gönderilen sıcak akışkan enerjisi mahalde bulunan ısı aktarıcı yardımıyla (radyatör, fan-coil vb.) mekâna aktarılır. Mekâna ısınısını aktaran akışkan dönüş hatlarındaki taşıyıcı ekipmanlarla tekrar ısıtıcı üniteye döner ve bu döngü gerekli ısı şartlar sağlanan kadar devam eder. Soğutma sistemindeki yapıda yaklaşık aynıdır. Sadece ısıtmada kullanılan ısıtıcılar soğutma tesisatın da kendini soğutma gruplarına (chiller vb.) bırakırlar.

3.2.3. Havalandırma Tesisatı

İnsanların ikamet ettiği, dolaştığı, zaman geçirdiği yerler için havalandırma sistemi ile beraber iklimlendirme sistemi gerçekten yıllar geçtikçe önem kazanmaktadır. Bu bina hele ki bir hastane binasıysa bir havalandırma ve iklimlendirme sisteminin olması ve konfor şartlarında ve hijyen şartlarını yerine getirerek efektif çalışması daha da önem arz etmektedir. Bu sistemler genel olarak klima santralleri ve aspiratör cihazları ile sağlanmaktadır. Bu klima santrallerine ısıtma ya da soğutma sisteminden gelen sıcak yada soğuk su akışkan klima santrallerinde bulunan bataryalar sayesinde havaya sıcaklığı aktarmakta bu ısınan yada soğuyan hava da fan-motor yardımıyla mahale gönderilmektedir. Mahale gönderilen temiz hava zamanla kirleneceğinden bu havayı dışarı atmak içinde bir aspiratör cihazı sayesinde mahalde oluşan kirli hava dışarı atılmaktadır.

3.3. HASTANELERDE HAVLANDIRMA, İKLİMLENDİRME TESİSATI

Havalandırma tesisatının en basit tanımı atmosferden alınan taze havanın ortama verilmesi ve bu işlem sırasında da ortam içerisindeki kirli havanın ortam dışına gönderilmesidir. Bu işlem çok basitmiş gibi görünse de günümüzde havalandırma tesisatı modern HVAC sistemlerinin en temel unsurudur. Özellikle hastane gibi özel binalarda havalandırma sistemleri daha da önem kazanmaktadır. Bu tür özel binalarda havalandırma tesisatına belli özellikler yükleyerek çalıştırmak gerekmektedir. Bu özellikleri yükleyerek çalıştırmanın başlıca nedenleri arasında insanların rahatça hizmet alabilecekleri bir ortamı yakalamak ve insanların tedavi süresi boyunca hem konfor şartlarında olmasını sağlamak hem de hastanede oluşabilecek enfeksiyon risklerini minimize etmek olarak sıralayabiliriz. Tabi ki hastane çalışanlarının da hem rahat bir ortamda çalışmaları hem de enfeksiyon risklerini azaltmaları bakımından havalandırma tesisatını iklimlendirme tesisatına çevirmek önem arz etmektedir (Güven, O.1999).

Hastanelerde tedavinin yanında hijyenik şartların sağlanması da önemlidir. Hastanelerde hijyenik ortamın yaratılabilmesi için hastane personelinin iyi eğitimi, organizasyonu ve yönetimi ile beraber hastanede standartlara uygun şartların sağlanması da gereklidir. Hastanelerde hijyenikliği sağlamak için gerekli olan klima tesisatının projelendirilmesi, cihaz seçimlerinin ve montajlarının yapılması ve işletmesinin sağlanması konusunda gerekli özenin gösterilmesi gereklidir.

Hastanelerde hijyenikliğin sağlanması için gerekli olan klima tesisatı odalarda konfor şartlarının sağlanmasının yanı sıra hastane içerisinde mikroorganizmaların, tozların, narkoz gazlarının ve pis kokuların da en alt seviyelerde olmasını temin etmek için kullanılırlar. Hastanelerdeki standart odaların dışında daha steril bir ortam gerektiren ameliyathane odaların da ise enfeksiyon risklerini en alt seviyelerde tutabilmek ve mikroorganizma konsantrasyonunu standartlar ile belirtilen değerlerde tutabilmek için klima sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, bu sistemler, odalar arasında hava akışını sağlayarak odalardaki hijyenik ortamların bozulmasına da engel olurlar.

Hastanelerde havalandırma sistemleri, optimum sıcaklığı, nemi ve personelin ve hastaların sağlığını koruyacak özellikte bir hava akımını sağlamalıdır. Herhangi bir binanın havalandırma sistemi düzenlenirken havalandırma kanallarının ve fanların büyüklüklerinin ve kanallardaki hava akım hızlarının doğru hesaplanması büyük önem taşır. Isıtma-soğutma düzenekleri, gürültüyü azaltıcı düzenekler ve partikül tutucu filtreler havalandırma sistemlerinin diğer önemli bileşenleridir. Hastane içindeki hava sirkülasyonu boyunca, hava içindeki gaz kontaminasyonu giderek artar. Havanın temizlenebilmesi için sadece filtrasyon yeterli değildir. Bu nedenle, hastane içindekilerin sağlığını korumak ve konforunu sağlamak amacıyla, sirküle olan havanın bir bölümünün mutlaka dışarıdan gelen taze hava ile değiştirilmesi gerekir.

Nozokomiyal enfeksiyonların önlenmesi için gerekli ek özellikler nedeniyle, hastane ventilasyon sistemlerinde filtrasyon önem kazanır. Uygun filtrasyon teknolojisi kullanılarak, enfeksiyon kontrolü açısından gerekli görülen yerlere partikülden arındırılmış hava vermek mümkündür. Hastanelerdeki tüm havalandırma sistemlerinde iki ayrı filtre sisteminin bulunması; bunlardan birincisinin etkinliğinin %30 veya üzerinde, ikincisinin etkinliğinin ise %90 veya üzerinde olması gereklidir. Bazı filtre sistemleri $\geq 0.3\mu\text{m}$ partiküllerin %99.97'sini tutabilir. Bu filtrelere “High EfficiencyParticulateAir” (HEPA) filtresi adı verilir. Bu sistemin pahalı olması nedeniyle hastanenin özel bölümlerinde (ortopedi ameliyathaneleri, immünsüpre hastaların yattığı üniteler) tercih edilmesi uygundur.

Tüm havalandırma sistemlerinin bakımı ve idamesi, enfeksiyon kontrolü açısından büyük önem taşır. Uygun monitorizasyonu ve bakımı yapılmayan havalandırma sisteminde aksaklıklar meydana gelir. Gerekli periyodik bakım yapılmadığı takdirde havalandırma sistemleri patojen mikroorganizmalar için bir rezervuar haline gelebilir. Hastane içinde oluşturulan her tür özel havalandırma sisteminin bakımı teknik ekip tarafından düzenli olarak yapılmalı, filtreler değiştirilmeli, sıcaklık, nem ve akım kontrolü yapılmalıdır.

3.3.1. Hastane İçinde Özel Havalandırma Gereken Bölümler

Hastanelerde konfor şartlarının sağlanması ve mikroorganizmalar, toz, narkoz gazları ve pis kokuların mümkün olan en düşük seviyelerde tutulmasını sağlamak için hastanenin bazı birimlerinde hijyenik olacak şekilde klima tesisatının yapılması zorunludur. Bu birimlerden bazıları ameliyathaneler, ameliyathane bölümünde yer alan tedarik holü, steril malzeme deposu, yıkanma odaları, giriş ve çıkış holleri, gerektiğinde cihaz odaları, ameliyathane bölümünde yer alan ayılma odaları, diğer odalar ve koridorlar , yoğun bakımlar, endoskopi müdahale odaları, yoğun bakım bölümlerinin enfeksiyon kapma ve taşıma riski olan hastaların bulunduğu yoğun terapi odaları , yoğun bakım bölümlerinin yoğun gözetim odaları ve acil durum odaları , özel bakım bölümlerinin yataklı odaları ve acil durum odaları , prematüre bebek bakım bölümlerinin yataklı odaları gibi yerlerde özel havalandırma gereklidir.

3.3.1.1. Ameliyathaneler

Ameliyathanelerde sıcaklık 20-23 °C, rölatif nem %30-60 olmalıdır. Ameliyat odalarında koridorlara ve diğer komşu alanlara göre pozitif basınç sağlanmalıdır. Pozitif basınç, daha az temiz alanlardan temiz alanlara hava akımı olmasını önler. Ameliyathanelerdeki havalandırma sistemlerinde %90 veya üzerinde hava filtrasyonu sağlanmalıdır. Konvansiyonel ameliyathane havalandırma sistemleri, saatte en az 15 filtre edilmiş hava değişimi yapmalı ve bunlardan en az 3'ü (%20) temiz hava ile olmalıdır. Hava tavandan verilmeli ve yere yakın bir noktadan terk etmelidir. Bazı ameliyatlarda cerrahi alan enfeksiyon riskini azaltmak için ek önlem olarak, laminer hava akımının ışınlarının kullanılması önerilmiştir. Laminer hava akımı, parçacıklardan arındırılmış havanın aseptik ameliyat ortamı üzerinden sabit bir hızda (0,3-0,5 µm/saniye) akımını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu hava akımı yatay ya da dikey olarak yönlendirilebilir ve yeniden odaya verilen hava, genellikle yüksek etkinliğe sahip HEPA filtreden geçirilir (“ultra-cleanair”). Bu havalandırma sistemi (“ultra-cleanair”) ortopedi ve protez ameliyatlarının yapıldığı ameliyathanelerde önerilir.

3.3.1.2. Yoğun Bakımlar

Yoğun bakım ünitelerinde ortam sıcaklığı 21-24 °C ve rölatif nem %40 olmalıdır. Havalandırma sistemleri, saatte en az 6-12 filtre edilmiş hava değişimi yapmalı ve bu hava değişiminin en az 3'ü temiz hava ile olmalıdır. İmmünsüprese hastaların ağırlıklı olarak yattığı yoğun bakım ünitelerinde pozitif basınç sağlanmalıdır. Genel yoğun bakım ünitelerinde özel basınç sistemine gerek yoktur. Yoğun bakım üniteleri havalandırma sistemlerinde %90 veya üzerinde hava filtrasyonu sağlanmalıdır.

3.3.1.3. Pozitif Basınçlı İzolasyon Odaları

Pozitif basınçlı izolasyon odaları tranplantasyon yapılan hastalarda rejeksiyonu önlemek amacıyla uygulanan yoğun immünsüpressif tedavi, transplant hastalarında fırsatçı enfeksiyonların görülme riskinde ciddi bir artışa neden olmaktadır. Enfeksiyon gelişme riski yüksek olan hastaların bulunduğu ortamlar için pozitif basınçlı ventilasyon ve HEPA filtresi ($\geq 0.3\mu\text{m}$ partikülleri %99.97'sini tutabilen filtreler) önerilir. Hasta odası ile oda dışındaki alanlar arasında >2.5 Pa'lık bir basınç farkı bulunmalı ve saatte >12 hava değişimi sağlanmalıdır. Filtre edilen havanın akım yönü hastadan koridora doğru olmalıdır. Ortam sıcaklığı 20-24 °C ve rölatif nem %30-60 olmalıdır.

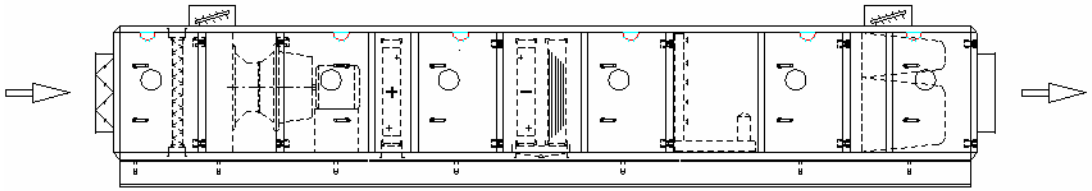
3.3.1.4. Negatif Basınçlı İzolasyon Odaları

Hava yolu ile bulaşan bir enfeksiyon hastalığı olan hastaların (pulmoner veya larengeal, tüberküloz, suçiçeği, kızamık, SARS, hemorajik ateş) hastaneye yatması durumunda sağlık personelinin de aynı mikroorganizmalara maruz kalma riski ortaya çıkar. Bu hastaların hastaneye yatması durumunda negatif basınçlı izolasyon odalarında takibi uygundur. Bu odalarda hastanın bulunduğu bölüm kirli olarak kabul edilir. Hasta odasının oda dışındaki alanlara oranla negatif basınçta tutulması gerekir. Oda havasının hastane içinde resirküle olması engellenmeli ve hava hastane dışına verilmelidir. Böylelikle, hem oda içindeki mikroorganizma yükü azaltılmış hem de kirli havanın hastanenin diğer bölümlerine yayılması önlemiş olur. Eğer odadan çıkan hava resirküle edilecekse mutlaka HEPA filtreden geçirilmelidir. Saatte 12-15

hava değişimi sağlanmalıdır. Negatif basınç sistemlerinin idamesi oldukça güçtür, hava kaçaklarını önlemek amacıyla odanın izolasyonunun çok iyi yapılmış olması gerekir. Ortam sıcaklığı 20-24 °C ve rölatif nem %30-60 olmalıdır (Teksöz, 2002).

3.3.2. Hijyenik Klima Santralleri

Klima santralleri, klima ve havalandırma sistemlerinin ana elemanıdır. Klima santralleri mahallere taze hava verilmesini, bu mahallerin sıcaklık ve nem oranlarının ayarlanmasını ve havanın, içindeki toz ve parçacıklardan arındırılmasını sağlamaktadır. Klima santrallerinde bu görevleri yerine getirmek için çeşitli elemanlar kullanılmaktadır. şekil 3.7’de tipik bir hijyenik klima santrali şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.7.Hijyenik klima santrali.

Hijyenik ortamların iklimlendirme ve havalandırılmasında hijyenik klima santralleri kullanılmalıdır. Hijyenik sistemlerde kullanılan klima santrali konfor klima santrallerine göre ilave özelliklere sahip olmalıdır (Mobedi, 2002).

Bunlar;

- Hijyenik klima santralleri, parçacık ve mikro-organizmaları klima kasetinden içeriye sokmamalı ve sızdırmaz bir yapıya sahip olmalıdır.
- Hijyenik klima santralleri, içinde parçacıkların birikmesine izin vermemelidir. Bu nedenle santralin iç yüzeyleri düz olmalı, elemanlar gözenekli bir yapıya sahip olmamalıdır.

- Hijyenik klima santralleri mikro-organizmanın oluşumuna izin vermemelidir. Bu nedenle klima santrali yüzeylerinde suyun birikmesine veya nem oranının yüksek olmasına izin verilmemelidir. Kullanılan bütün malzemeler mikro-organizma üretmeyecek yapıda olmalıdır.
- Hijyenik klima santralleri rahatlıkla temizlenebilir olmalıdır. Temizlenebilirliğin sağlanabilmesi için klima santrali içinde bulunan elemanlara rahatça ulaşılmalıdır.

Bir hijyenik klima santrali dış havadaki toz ve partikülleri tutması amacıyla değişik özelliklere ait filtrelerden, ısıtma ve soğutma yükünü hava akışına aktarması amacıyla serpantinlerden, hava nem miktarına göre gerekli ise nemlendirici ünitesinden, hava akışını dışarıdan alıp ortama basmak amacıyla kullanılan fan ve motor aksamından, ses ve gürültüyü önlemesi amacıyla susturucu ünitesinden, her hangi bir toz ve partikülü tutmaması amacıyla paslanmaz yapıda ve keskin dönüşleri olmayan bir iskelet sisteminden, kapatıldığında herhangi istenmeyen toz ve partiküllerin santrale girmesini ve hava akımını önlemesi için damper ve motorundan oluşmaktadır.

BÖLÜM 4

MATERYAL VE METOD

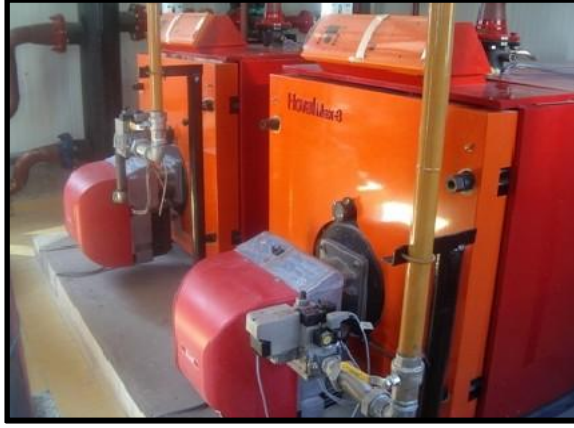
4.1. UYGULAMA YAPILAN HASTANEDE ISITMA TESİSATI

Hastane binası ısıtma tesisatı incelendiğinde, sistemde iki adet üç geçişli kazan kullanılmaktadır. Aşağıdaki Şekil 4.1 ve 4.2’de 3 ve 2 geçişli kazanların çalışma şekli görülmektedir.



Şekil4.1. Hastane de kullanılan kazanın detaylı resmi.

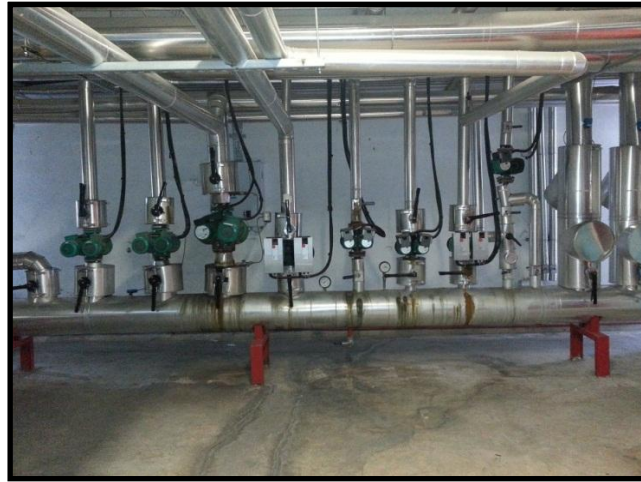
Kazana giren su 70/90 °C çevrimine göre çalışmaktadır. Kazandan çıkan sıcak su, ana ısıtma kollektörüne gitmektedir. Ana ısıtma kollektörünün üstünde pompa ve bağlantı ekipmanları (balans vanası, çek valf vb.) mevcuttur. Hastane binası ısıtma sisteminde 3 adet ana hat bulunmaktadır.



Şekil4.2. Hastane de kullanılan kazanlar.

- Klima Santrali Hattı
- Fan Coil Hattı
- Boyler Hattı

Şekil4.3'te ana ısıtma kolektörünün resmi verilmiştir. Bu kolektördeki pompalar yardımıyla ısıtılan su klima santrallerine, fan-coil hattına ve boylerlere basılmaktadır. Mahallerde dolaşan sıcak su dönüş kolektörüne gelmekte ve oradan yine kazana giriş yaparak çevrimini devam ettirmektedir.



Şekil 4.3. Hastane ana ısıtma kolektörü.



Şekil4.4. Hastane ana ısıtma dönüş kolektörü.



Şekil 4.5. Hastane boylerleri.

4.2.UYGULAMA YAPILAN HASTANEDE SOĞUTMA TESİSATI

Uygulama yapılan hastane binasında soğutma tesisatı incelendiğinde, sistemde 1 adet hava soğutmalı vidalı chiller soğutma grubu kullanılmaktadır. Chiller soğutma grubuna pompa yardımıyla gönderilen su chiller sonrası ana soğutma kolektörüne gelmektedir. Hastane soğutma sisteminde 2 adet ana hat bulunmaktadır.

- Klima Santrali Hattı
- Fan Coil Hattı

Şekil 4.5'te hastane binasında kullanılan soğutma grubunun (chiller) resmi bulunmaktadır. Chiller de soğuyan su ilk olarak ana soğutma kolektörüne bu kolektördeki pompalar yardımıyla soğuyan su klima santrallerine ve fan-coil hattına basılmaktadır. Mahallerde dolaşan su soğuk su dönüş kolektörüne gelmekte ve oradan yine chillere basılarak çevrimini devam ettirmektedir.



Şekil 4.6. Hastane soğutma grubu (Chiller).



Şekil 4.7. Hastane soğutma grubu ana kollektörü.

4.3. UYGULAMA YAPILAN HASTANEDE HAVALANDIRMA TESİSATI

Uygulama yapılan hastane binasında 14 adet klima santrali bulunmaktadır. Bu klima santralinin 9 adeti hijyenik klima santralidir. Bu binada 36 adet aspiratör bulunmaktadır. Klima santrallerinde sulu batarya sistemi bulunmaktadır. Klima santralleri içinde 4 kaba filtre, F7 torba filtre ve F9 kompakt filtre bulunmaktadır. Temiz alan olarak düşünülen ameliyathane ve yoğun bakım gibi yerlerde F14 hepa filtre kullanılmaktadır. Bu hepa filtreler 10 mikron seviyesindeki partikülleri % 99,95 oranında geçirmezlik ağlamasından dolayı hastane enfeksiyonu açısından çok önem arz etmektedir.

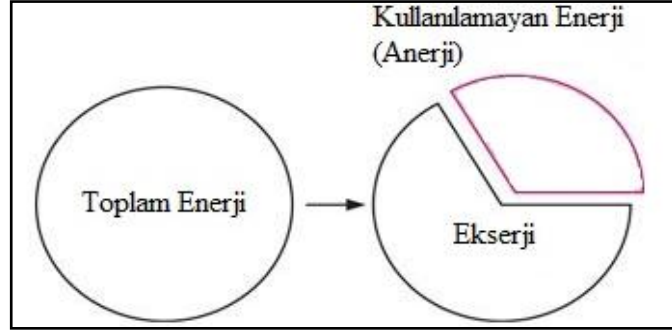
Analizini yaptığımız klima santrali $3500 \text{ m}^3/\text{saat}$ debi kapasitesine sahip ve bir ameliyathane odasına hitap etmektedir. Bu nedenle hijyenik klima santrali olarak dizayn edilmiştir. Klima santralinde bulunan bataryalarından Isıtma kapasitesi 45000 kcal/h , soğutma kapasitesi ise 30000 kcal/h 'dir. Klima santrali $7/9 \text{ }^\circ\text{C}$ soğutma suyu çevrimine, $70/90 \text{ }^\circ\text{C}$ ısıtma suyu çevrimine göre çalışmaktadır.

4.4. ISITMA SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE EKSERJİ (İKİNCİ KANUN) ANALİZİ

Termodinamiğin 1. yasasında enerjinin korunumu ve sistemlerdeki enerji dengesi ile; 2. yasaise enerjinin yönü ilgilidir (Demircioğlu, 2010).

Termodinamiğin ikinci yasası, enerjinin kalitesi olduğunu ve gerçek hal değişimlerinin enerji kalitesinin azalması yönünde olacağını ifade eder. Enerjinin kalitesini veya iş yapma potansiyelini sayısal olarak ifade etme çabaları ekserji adı verilen bir özelliğin tanımlanmasını sağlamıştır. Ekserji, enerjinin işe çevrilebilme potansiyeli olarak tanımlanır ve bir kaynaktan elde edilebilecek maksimum işi ifade eder. Bir hal değişimi sırasında kaybedilen iş potansiyeli tersinmezlik veya ekserji kaybı olarak tanımlanır. Bir hal değişimi sırasında ekserji kayıpları ne kadar az ise üretilen iş o kadar fazladır veya tüketilen iş o kadar azdır. Bir sistemin performansı ekserji kayıplarının en aza indirgenmesi yoluyla maksimize edilebilir. Ekserji analizi, ikinci yasaya dayanan bir termodinamik analiz olup, enerji sistemlerini ve hal değişimlerini gerçekçi ve anlamlı biçimde değerlendirmeyi ve karşılaştırmayı mümkün kılar. Ekserji analizi ile bulunan ekserji veya ikinci yasa verimleri gerçek sistem performansını maksimum performansla karşılaştırırken, ekserji analizi yardımıyla termodinamik kayıpların yerleri, miktarları ve nedenleri bulunabilir. Ekserji analizi sonuçları sistem performansının iyileştirilmesinde ve daha iyi tasarımların yapılmasında kullanılır (Demircioğlu, 2010).

Kısacası ekserji bir sistemin verilen bir durumda sahip olduğu kullanılabilir iş potansiyelini herhangi bir termodinamik yasaya aykırı olmaksızın sağlayabileceği maksimum işi ifade eder. Şekil 4.8.de toplam enerji dengesi gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Toplam enerji dengesi.

Ekserji analizinin teorisi, büyük ölçüde kullanılabilir enerji analizi gibidir. Ekserji, kullanılabilir enerji ve kullanılabilirlik önemli ölçüde benzerdir. Ekserji yok oluşu, ekserji tüketimi, tersinmezlik ve kayıp iş de önemli ölçüde benzerdir. Bu konudaki terminolojinin tam olarak standartlaşmadığı görülmektedir.

Enerji genellikle iş ya da iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Oysa bunun yerine, enerji; hareket ya da hareket üretebilme kabiliyeti olarak tanımlanmalıdır. Bunu yanı sıra, ekserji; iş ya da iş yapabilme kabiliyeti olmaktadır. Enerji, bir süreçte daima korunabilirken, ekserji ise daima tersinir süreçlerde korunabilmekte, gerçek süreçlerde ise tersinmezlik nedeniyle tüketilmektedir.

Ekserji analizi, bir sistemin enerji analizinden farklıdır. Ekserji analizin sonuçları, genellikle, bir sistemdeki süreçlerin daha fazla anlamlı ve duyarlı gösterilmesini sağlamak için göz önüne alınmaktadır. Bu yüzden ekserji analizi, yapılan çalışmada ele alınan havalandırma, ısıtma ve soğutma sistemlerinin analizinde önemli bir araçtır. Çünkü bu analiz, mevcut sistemlerdeki verimsizlikleri azaltarak, daha verimli enerji sistemleri tasarlanmasının mümkün olup olmayacağını açığa kavuşturacaktır (Özgener vd. 2010).

Kullanılabilir enerji veya ekserji fonksiyonu, aynı koşullardaki bir sistemin karşılaştırılmasına olanak sağlar. Ayrıca ekserji analizi, bir sistemin enerji niteliğinin yol açtığı verim kayıplarının belirlenmesine yardım eder. Açıkça böyle bir analiz, bir sistemin nasıl daha iyiye doğru geliştirilebileceğini sağlamayabilir ve işlemin neresinin iyileştirilebileceğini gösterir (Demircioğlu, 2010).

Rant, ekserjiyi ilk olarak, teknik iş kapasitesi olarak tanımlamıştır. Ekserjinin tam olarak açıklaması ise Baehr tarafından verilmiştir (Demircioğlu, 2010; Wall, 1977). Baehr'in ifadesi "Ekserji, enerjinin diğer enerji türlerine dönüştürülebilen kısmıdır (Wall, 1977)

Ekserjini hesaplanabilmesi için, çevrenin sıcaklık, basınç ve kimyasal durumlarının kesinlikle belirtilmesi ve tersinir bir sürecin var olduğunun kabul edilmesi gereklidir (Kızıllan, 2004).

Tüm termodinamik analizler gibi, ekserji analizi için de tersinir sürecin nasıl olduğunun bilinmesi gerekli değildir. Ancak sürecin başlangıç-giriş noktaları ile bitiş-çıkış noktaları için geçerli olan şartların bilinmesi yeterlidir (Demircioğlu, 2010; Kızıllan 2004)

Kotas'a göre ekserji; referans noktası olarak çevresel parametrelerin kullanıldığı, enerjinin verilen bir formundan yararlanılacak azami iştir (Kotas, 1985)

Szargut vd.'ye göre ekserji; elde edilebilecek iş miktarıdır (Çomaklı vd. 2006).

Ekserji iş veya iş üretebilme yeteneğidir. Bu tanımlara uygun olarak ekserjini hesaplanabilmesi için çevre şartlarının bilinmesi gerekir. Tersinir süreçler yoluyla, bir madde doğal çevrenin temel elemanları ile termodinamik denge durumuna getirildiğinde elde edilebilecek iş miktarı o maddenin ekserjisine eşittir (Kabul, 2010).

Bir maddenin sıcaklığı (T) ve basıncındaki (P) özgül entalpisi (h) ve özgül entropisi (s) olduğunda özgül ekserjisi veya kullanılabilirliği;

$$Ex = (h - h_o) - T_o(s - s_o) \quad (4.1)$$

eşitliği ile ifade edilir (Kabul, 2010).

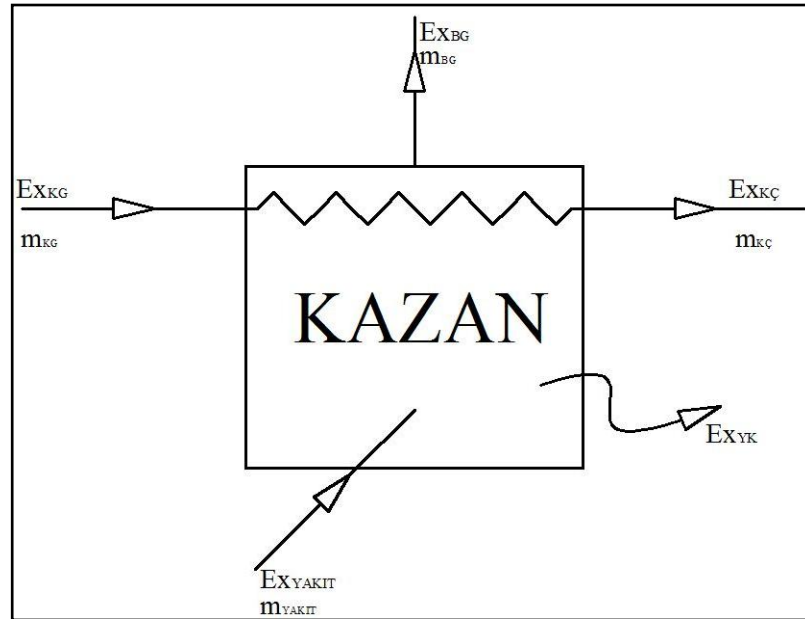
4.4.1. Isıtma Sisteminin Ekserji Analizi

Bu bölümde ameliyathane ısıtma sistemi hattı üzerinde bulunan kazan ve klima santralinin ekserji (ikinci kanun) analizi adımları yer almaktadır.

4.4.1.1. Kazanın Exergy Analizi

Bilindiği gibi kazanlar, içerisinde yakılan yakıtın yanma enerjisini, sistemde iş gören akışkana aktarmak için kullanılan elemanlardır. Yanma sonucunda oluşan ısının tamamı akışkana aktarılamamaktadır. Isının bir kısmı kazanın yüzeyinden, bir kısmı ise baca gazı ile atmosfere atılmaktadır. Kullanılmayan ısının büyüklüğü kazanın verimi için çok önemli bir parametredir (Çomaklı ve Yüksek 2006).

Kazan için oluşturulan şemada (Şekil 4.9.) kazanın giriş ve çıkış ekserji faktörleri gösterilmektedir.



Şekil 4.9. Kazan için ekserji faktörleri.

Kazan için Şekil 4.9'da oluşturulan ekserji faktörleri belirlendikten sonra aşağıdaki eşitliklerle kayıplar tespit edilir.

$$\sum Ex_{giren} = \sum Ex_{çıkan} + \sum Ex_{kayıp} \quad (4.2)$$

$$Ex_{Yakıt} + Ex_{KG} = Ex_{KÇ} + Ex_{ÇK} + Ex_{BG} + Ex_{kayıp} \quad (4.3)$$

$$Ex_{kayıp} = Ex_{Yakıt} + Ex_{KG} - (Ex_{KÇ} + Ex_{YK} + Ex_{BG}) \quad (4.4)$$

Yakıtın Yanmasıyla Oluşan Ekserji

Doğalgazın yanma denklemi oluşturulurken bütün yakıtın metandan (CH₄) oluştuğu kabul edilmiştir.

Yakıtın ekserji değeri birim kütle için aşağıdaki eşitlikle bulunur (Çalışkan vd. 2009)

$$\varepsilon_{Yakıt} = H_a \times \varphi \quad (4.5)$$

Burada φ kimyasal ekserji faktörü 1,04 alınmıştır (Kotas, 1985; Çomaklı ve Yüksel, 2006)

Yakıtın toplam ekserji değerini bulmak için ise birim kütle için bulunan ekserji değeri toplam kütle ile çarpılır (Çalışkan vd. 2009).

$$\sum Ex_{Yakıt} = \dot{m}_{Yakıt} \times \varepsilon_{Yakıt} \quad (4.6)$$

Kazan Giriş Ve Çıkış Suyu Ekserjisi

$$Ex_{kg} = \dot{m} \times [(h_{kg} - h_0) - T_0 \times (s_{kg} - s_0)] \quad (4.7)$$

$$Ex_{kç} = \dot{m} \times [(h_{kç} - h_0) - T_0 \times (s_{kç} - s_0)] \quad (4.8)$$

Kazan Yüzeylerinden Isı Transferi İle Oluşan Kayıplar

Kazan yüzeyinden, kazanın bulunduğu ortama bir ısı geçişi olur, bu geçiş kazan yüzeyinden gerçekleşen kayıp olarak adlandırılır ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

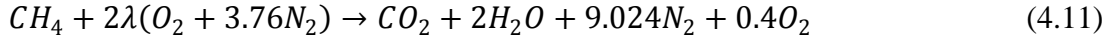
$$Ex_{yk} = Q_y \times \left(1 - \frac{T_0}{T_Y}\right) \quad (4.9)$$

Burada;

$$Q_y = A_y \times \alpha_y \times (T_y - T_0) \quad (4.10)$$

Baca Gazlarının Ekserji Analizi

Yakıtın tamamen metan (CH₄) gazından meydana geldiği kabulünden hareketle yakıtın gerçek yanma denklemi CH₄ ün yanma denklemine eşittir.



Hava fazlalık katsayısı lamda 1.2 alınmış olup bakım kağıtları EK-B'de verilmiştir.

Gerçek yanma denklemi bulunduktan sonra yanma ürünlerinin toplam kütlesi hesaplanır. Yanma denkleminde de görüldüğü üzere yanma ürünleri CO₂, H₂O, N₂ ve O₂dir. Yanma ürünlerinin toplam kütlesi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\dot{M}_{top.} = (1 \times M_{CO_2}) + (2 \times M_{H_2O}) + (9.024 \times M_{N_2}) + (0.4 \times M_{O_2}) \quad (4.12)$$

Yanma ürünlerinin toplam kütlesi bulunduktan sonra her bir yanma ürününün toplam kütle içerisindeki yüzde değerleri aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$y_i = \frac{\dot{M}_i}{\dot{M}_{top}} \quad (4.13)$$

Böylece baca gazının kütleli debisi bulunmuş olur. Baca gazının kütleli debisi bulunduğundan sonra yanma ürünlerinin bu kütle içerisindeki değerleri yüzdesel değerlerin yardımı ile hesaplanır.

$$\dot{M}_i = \dot{M}_{Bg} \times y_i \quad (4.15)$$

Baca gazları için yapılan işlemler ve bulunan sonuçlar Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Baca gazı kütleleri.

Baca gazı	M _i (g)	M _{top} (g)	y _i = M _i / M _{top} (%)	\dot{M}_{Bg} (kg/s)
N ₂	252.672	345.472	73.13	0.636
CO ₂	44	345.472	12.73	0.636
H ₂ O	36	345.472	10.42	0.636
O ₂	15.2	345.472	4.39	0.636

Yanma Ürünlerinin Toplam Ekserjileri

Yanma ürünlerinin ekserjilerini hesaplayabilmek için gerekli değerler bulunduğundan sonra her bir baca gazı için, termomekanik ve kimyasal ekserji değerleri bulunarak, baca gazındaki toplam ekserji kaybı hesaplanır. Baca gazı değeri kazan firmasının verileri baz alınarak tam yükte 180 °C olarak alınmıştır (Viessman, 2009).

$$Ex_{bg} = \dot{m}_{bg} \left\{ \left[c_p (T_{bg} - T_0) - T_0 \ln \frac{T_{bg}}{T_0} \right] + Ex_{chemical} \right\} \quad (4.16)$$

$$Ex_{chemical} = R \times T_0 \left[Y_{N_2} \times \ln \frac{Y_{N_2}}{0.7567} + Y_{CO_2} \times \ln \frac{Y_{CO_2}}{0.000345} + Y_{O_2} \times \ln \frac{Y_{O_2}}{0.2035} \right] \quad (4.17)$$

Tam yanma olduğu için CO dikkate alınmamıştır.

Kazan İçin Toplam Exergy Kaybı (Yıkımı)

$$Ex_{kayb\ i\ kazan} = Ex_{yakıt} + Ex_{kgiriş} - [Ex_{yk} + Ex_{kçıkış} + Ex_{bg}] \quad (4.18)$$

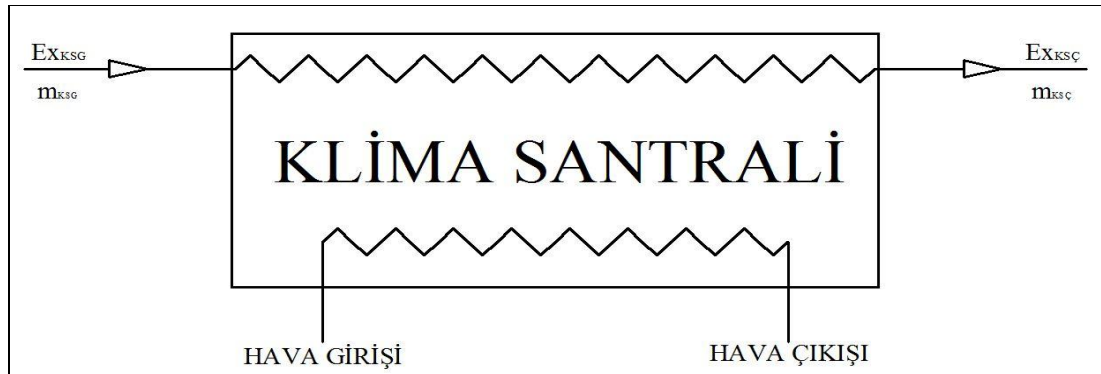
Kazanın Ekserji Verimi

$$\eta = \frac{Ex_{su}}{Ex_{yakıt}}$$

Bu eşitlikte Ex_{su} $Ex_{kçıkış}$ ile $Ex_{kgiriş}$ arasındaki fark ile hesaplanmıştır.

4.4.1.2. Klima Santrali Hattında Meydana Gelen Ekserjik Kayıplar

Klima santrali için oluşturulan şemada kazanın giriş ve çıkış ekserjileri gösterilmektedir.



Şekil 4.10. Klima santrali parametreleri

Klima Santrali Girişi Ekserji Değeri

Sistemde sıcak suyun klima santraline girişindeki ekserjisi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{ahug} = \dot{m}_{ahu} \times [(h_{ahu} - h_0) - T_0 \times (s_{ahu} - s_0)] \quad (4.19)$$

Klima Santrali Çıkışı Ekserji Değeri

Klima santralinin çıkışındaki suyun sıcaklığına göre ekserjisi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{ahu\check{c}} = \dot{m}_{ahu} \times [(h_{ahu} - h_0) - T_0 \times (s_{ahu} - s_0)] \quad (4.20)$$

Klima santrali için giriş havası ekserjisi atmosferden alındığı için 0 olarak kabul edilmiştir.

Çıkış havası ekserji ise aşağıdaki eşitle hesaplanmıştır.

$$Ex_{ahu\ hava\ \check{c}ıkış} = \dot{m}_{ahu\ hava} \times [(h_{ahu\ hava\ \check{c}ıkış} - h_0) - T_0 \times (s_{ahu\ \check{c}ıkış} - s_0)]$$

Klima santralinin fan gücü katalog değerlerinden 3 kW olarak alınmış ve denkleme eklenmiştir.

Klima Santrali Hattı İçin Toplam Ekserji Kaybı (Yıkımı)

Klima santrali için ekserji kaybı (yıkımı) aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir.

$$Ex_{yıkım\ ahu} = Ex_{hava\ giriş} + Ex_{su\ giriş} + Ex_{FG} - (Ex_{hava\ çıkış} + Ex_{su\ çıkış})$$

Klima Santralinin Ekserji Verimi

Klima santrali için ekserji verimi çıkış ve giriş havası ekserji değerlerinin fan gücüne oranı şeklinde aşağıdaki gibi ifade edilir.

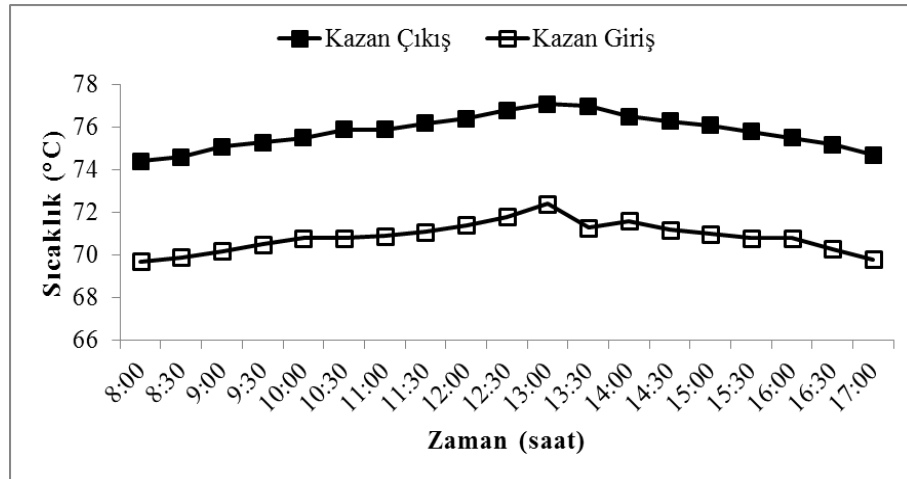
$$\eta = \frac{Ex_{hava\ çıkış} - Ex_{hava\ giriş}}{Ex_{FG}}$$

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışmada Başkent Üniversitesi İstanbul Hastanesinde bir ameliyathane klima santrali ısıtma hattının ekserji analizi incelenmiştir. Kazan yüzey alanından, yakıtın yanmasından, baca gazından ve suyun giriş çıkışından kaynaklı ekserji kayıpları ile klima santralinin hava giriş çıkışından ve suyun giriş çıkışından kaynaklı ekserji kayıpları hesaplanarak elde edilen sonuçlar grafikler halinde sunulmuştur.

Şekil 5.1’de zamana bağlı olarak kazan giriş ve çıkış su sıcaklıklarının değişimi görülmektedir. Kazanın ekserji hesaplamalarına temel teşkil eden giriş ve çıkış sıcaklıkları önemlidir. Şekilden de açıkça görülebileceği gibi 69.7 ile 72.4 °C aralığında değişen kazan giriş suyu sıcaklığı kazan çıkışında 74.4 ve 77.1 °C aralığında değişerek çıkmıştır.



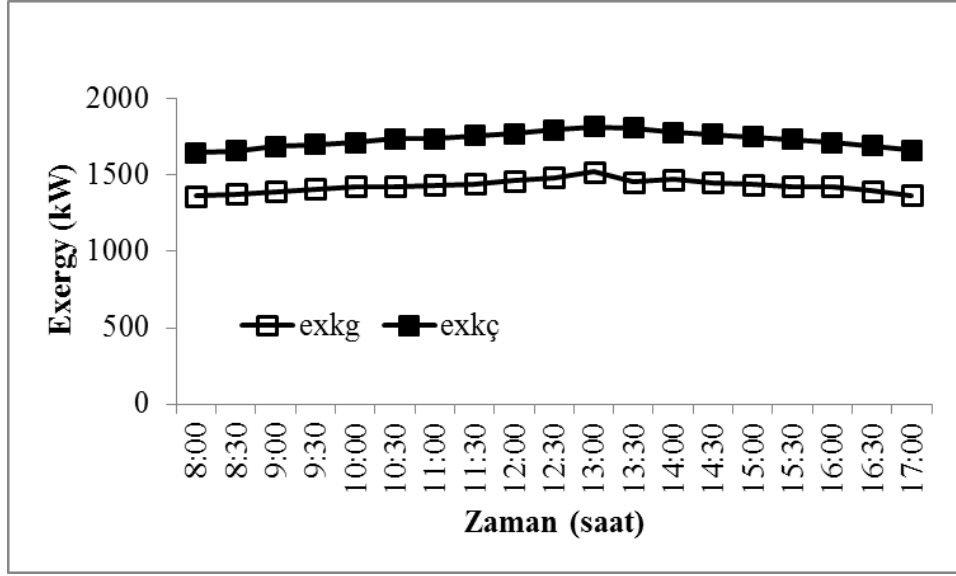
Şekil. 5.1. Zamana bağlı kazan giriş çıkış su sıcaklık değişimleri.

Yarım saatlik yapılan ölçümler neticesinde kazan giriş ve çıkış sıcaklıklarına bağlı olarak elde edilen entalpi ve entropi değişimleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Zamana göre kazan giriş ve çıkış sıcaklıklarına bağlı olarak değişen entalpi ve entropi değerleri.

Zaman (saat)	T_{dis} (°C)	T_{kg} (°C)	h_g (kJ/kg)	s_g (kJ/kgK)	T_{kc} (°C)	h_c (kJ/kg)	s_c (kJ/kgK)	\dot{m}_{su} (kg/s)
8:00	8.0	69.7	292.09	0.95126	74.4	311.79	1.0083	105
8:30	8.2	69.9	292.93	0.9537	74.6	312.63	1.0107	105
9:00	8.5	70.2	294.19	0.95737	75.1	314.72	1.0168	105
9:30	9.1	70.5	295.45	0.96102	75.3	315.56	1.0192	105
10:00	10.0	70.8	296.70	0.96468	75.5	316.40	1.0216	105
10:30	11.2	70.8	296.70	0.96468	75.9	318.08	1.0264	105
11:00	12.5	70.9	297.12	0.9659	75.9	318.08	1.0264	105
11:30	14.0	71.1	297.96	0.96833	76.2	319.34	1.0300	105
12:00	14.5	71.4	299.22	0.97198	76.4	320.18	1.0324	105
12:30	14.6	71.8	300.89	0.97685	76.8	321.85	1.0372	105
13:00	14.5	72.4	303.41	0.98413	77.1	323.11	1.0408	105
13:30	14.5	71.3	298.80	0.97077	77.0	322.69	1.0396	105
14:00	14.4	71.6	300.05	0.97442	76.5	320.60	1.0336	105
14:30	14.4	71.2	298.38	0.96955	76.3	319.76	1.0312	105
15:00	14.2	71.0	297.54	0.96712	76.1	318.92	1.0288	105
15:30	12.0	70.8	296.70	0.96468	75.8	317.66	1.0252	105
16:00	11.7	70.8	296.70	0.96468	75.5	316.40	1.0216	105
16:30	10.8	70.3	294.61	0.95859	75.2	315.14	1.0180	105
17:00	10.0	69.8	292.51	0.95248	74.7	313.05	1.0119	105

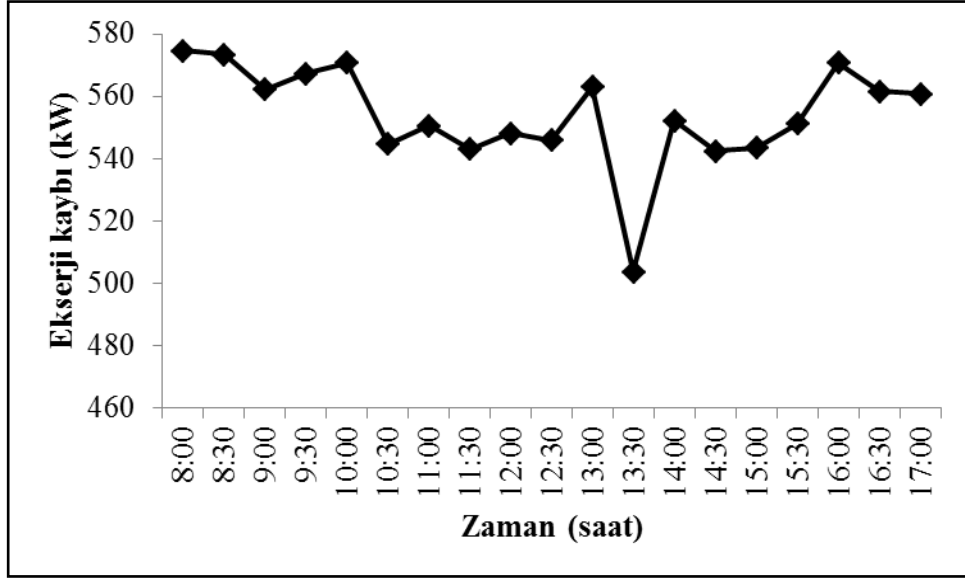
Çizelge 5.1’de gösterildiği gibi kazan giriş ve çıkış sıcaklıklarına göre elde edilen entalpi ve entropi değerleri ile Bölüm 4’de verilen eşitlikler yardımıyla kazan giriş ve çıkış ekserji değerleri hesaplanarak Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2. Zamana bağlı kazan giriş ve çıkış exergy değerleri.

Şekilden görülebileceği gibi zamana bağlı olarak kazan giriş ekserji değerleri 1362 ve 1521 kW aralığında değişmiş ve en yüksek ekserji değeri 1521.7 kW olarak dış hava sıcaklığının ve kazan giriş sıcaklığının sırasıyla 14.6 ve 72.4 °C ile saat 13:30 ‘daki en yüksek değerlerinde hesaplanmıştır. Benzer şekilde kazan çıkış ekserji değerleri 1644 ile 1816 kW arasında değişmiş en yüksek kazan çıkış ekserji değeri beklendiği gibi kazan çıkış sıcaklığının en yüksek değeri olan 77.1 °C de gerçekleşmiştir.

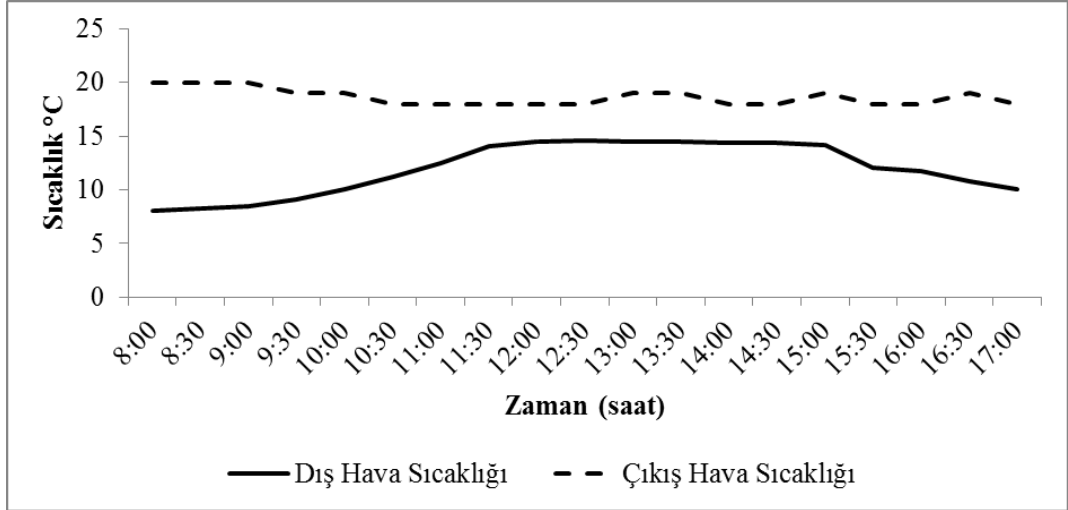
Kazan toplam ekserji yıkımı veya toplam ekserji kaybı kazan giriş ekserjisi ve yakıtın ekserji toplamları ile kazan çıkış ekserjisi, kazan yüzey kayıplarının ekserjisi ve baca gazı ekserjilerinin toplamı arasındaki farka eşittir. Yapılan hesaplamalar sonucu zamana bağlı olarak kazanın toplam ekserji kaybı Şekil 5.3 ile gösterilmektedir. Şekilde 503.7 ve 574.6 kW aralığında değişen ekserji kaybı en düşük saat 13:30 da alınan ölçüm sonuçlarına göre olurken kazanın ortalama ekserji kaybı 554.28 kW olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.3. Zamana bağlı olarak kazan toplam ekserji kaybının değişimi.

Şekil 5.3’de kazanın toplam ekserji kaybı, kazan giriş çıkış ekserjileri ile birlikte yakıtın ekserji değeri, kazan yüzey kayıplarından oluşan ekserji ve yanma sonucu oluşan baca gazı ekserji değerleri yardımıyla oluşturulmuştur. Bölüm 4 de ayrıntılı bir şekilde verilen eşitlikler yardımıyla yakıtın ekserji değeri 1383 kW, kazan yüzey kayıplarından oluşan ekserji kaybı 1.1475 kW ve son olarak yanma sonucu oluşan baca gazı ekserjisi de 524.39 kW olarak hesaplanmıştır.

Şekil 5.4’de zamana bağlı olarak değişen dış hava ve klima santrali sıcaklıkları görülmektedir. Şekilden de görülebileceği gibi dış hava sıcaklığı 8 ila 14.6 °C arasında değişirken klima santrali çıkış hava sıcaklığı 18-20° C arasında değişmiştir. Klima santrali çıkış sıcaklığı dar bir sıcaklık aralığında tutulmuş olup konfor şartları sağlanmaya çalışılmıştır.



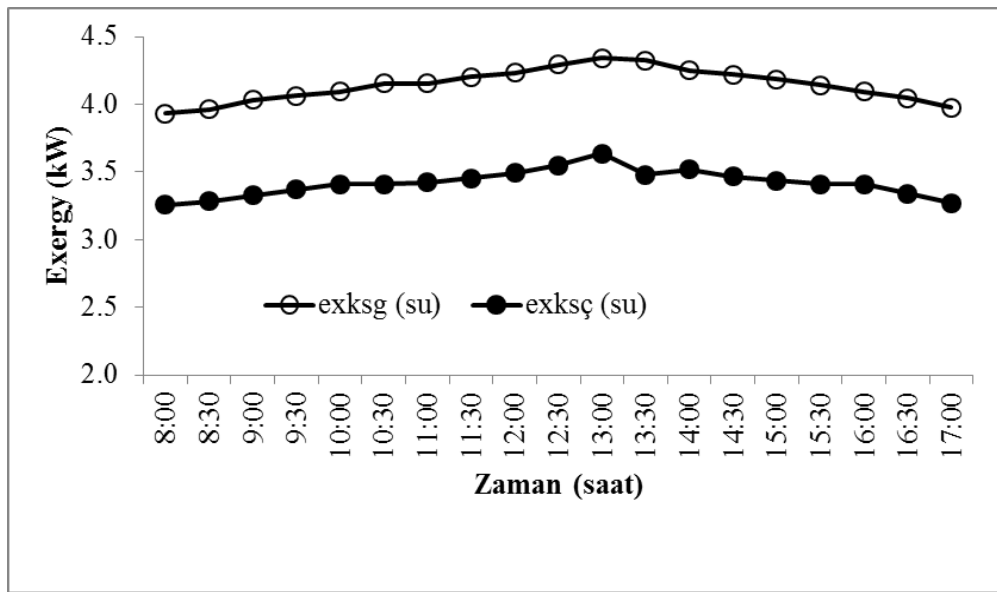
Şekil 5.4. Zamana bağlı olarak dış hava ve klima santrali çıkış sıcaklıklarının değişimi.

Çizelge 5.2. Zamana bağlı olarak klima santrali çıkış havası ekserji değerleri.

Zaman (saat)	$T_{dış}$ (°C)	$T_{ksçh}$ (°C)	$h_{ksç}$ (kJ/kg)	$s_{ksç}$ (kJ/kgK)	Fan Gücü (kW)	\dot{m}_{su-ahu} (kg/s)	$\dot{m}_{hava-ahu}$ (kg/s)	$Ex_{ksçh}$ (kW)
8:00	8.0	20	293.32	1.676	3.0	0.251	1.166	0.9384551
8:30	8.2	20	293.32	1.676	3.0	0.251	1.166	0.9384551
9:00	8.5	20	293.32	1.676	3.0	0.251	1.166	0.9384551
9:30	9.1	19	292.21	1.673	3.0	0.251	1.166	0.6871238
10:00	10.0	19	292.21	1.673	3.0	0.251	1.166	0.6871238
10:30	11.2	18	291.12	1.670	3.0	0.251	1.166	0.4591125
11:00	12.5	18	291.12	1.670	3.0	0.251	1.166	0.4591125
11:30	14.0	18	291.12	1.670	3.0	0.251	1.166	0.4591125
12:00	14.5	18	291.12	1.670	3.0	0.251	1.166	0.4591125
12:30	14.6	18	291.12	1.670	3.0	0.251	1.166	0.4591125
13:00	14.5	19	292.21	1.673	3.0	0.251	1.166	0.6871238
13:30	14.5	19	292.21	1.673	3.0	0.251	1.166	0.6871238
14:00	14.4	18	291.12	1.670	3.0	0.251	1.166	0.4591125
14:30	14.4	18	291.12	1.670	3.0	0.251	1.166	0.4591125
15:00	14.2	19	292.21	1.673	3.0	0.251	1.166	0.6871238
15:30	12.0	18	291.12	1.670	3.0	0.251	1.166	0.4591125
16:00	11.7	18	291.12	1.670	3.0	0.251	1.166	0.4591125
16:30	10.8	19	292.21	1.673	3.0	0.251	1.166	0.6871238
17:00	10.0	18	291.12	1.670	3.0	0.251	1.166	0.4591125

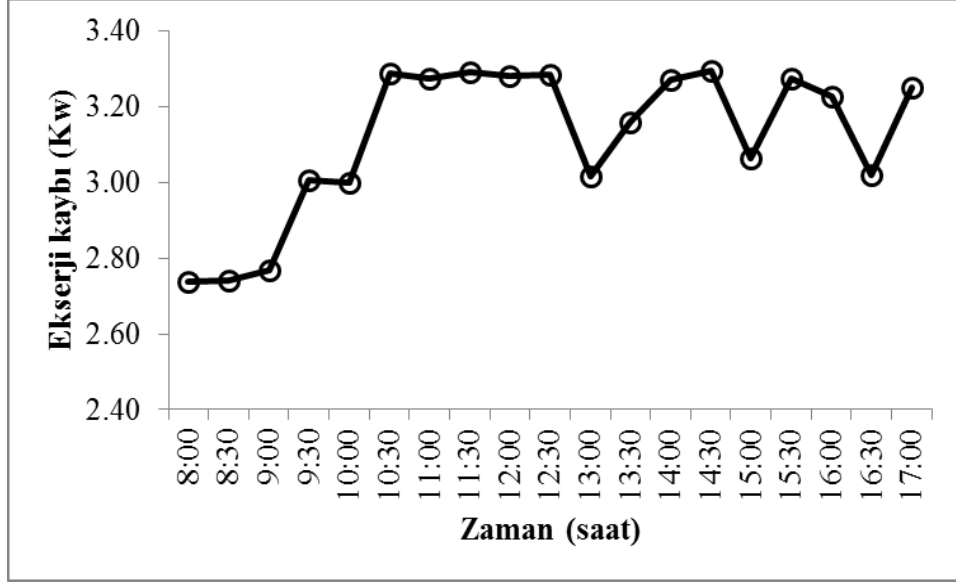
Yapılan yarım saatlik yapılan ölçümler neticesinde klima santrali çıkış hava sıcaklıklarına bağlı olarak elde edilen entalpi ve entropi değişimleri Çizelge 5.2’de verilmiştir. Çizelgede verilmeyen klima santrali su giriş ve çıkış sıcaklıkları için sırasıyla Çizelge 5.1’den kazan çıkış ve de kazan giriş sıcaklıkları olarak okunabilir.

Çizelge 5.2’de gösterildiği gibi klima santrali çıkış sıcaklıklarına göre elde edilen entalpi ve entropi değerleri ile Bölüm 4’de verilen eşitlikler yardımıyla klima santrali giriş ve çıkış ekserji değerleri hesaplanarak Şekil 5.5’de verilmiştir.



Şekil 5.5. Zamana bağlı olarak klima santrali su giriş ve çıkış ekserji değişimleri.

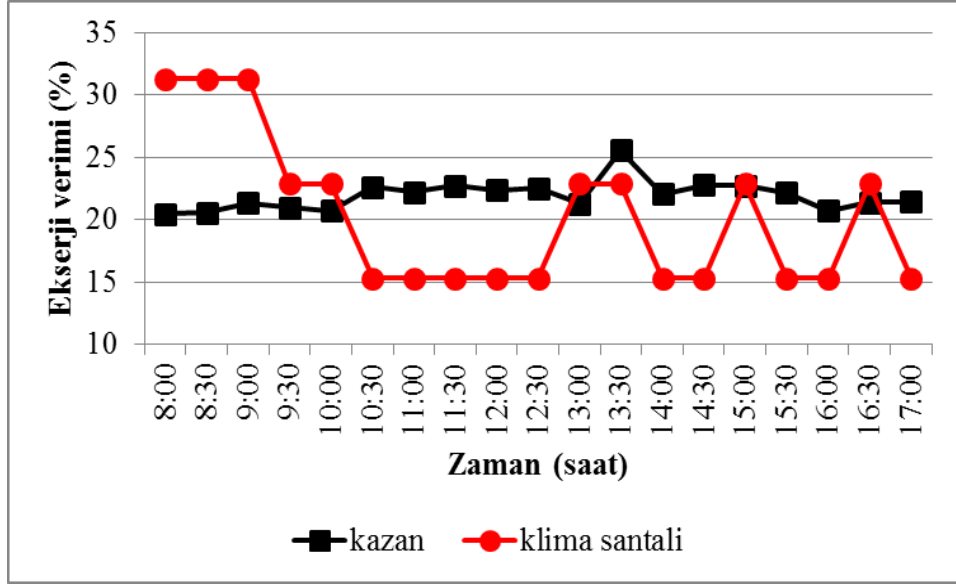
Şekil 5.5’den görülebileceği gibi zamana bağlı olarak klima santrali su giriş ekserji değerleri 3.93 ve 4.25 kW aralığında değişirken klima santrali su çıkış ekserji değerleri 3.27 ve 3.63 kW aralıklarında değişmiştir.



Şekil 5.6. Zamana bağlı olarak klima santrali toplam ekserji kaybının değişimi.

Şekil 5.6'da zamana bağlı olarak klima santrali toplam ekserji kayıplarının değişimi görülmektedir. Şekilde klima santralinin toplam ekserji kaybı, klima santrali su ve hava giriş ekserji değerleri ve fan gücünün toplamı ile klima santrali su ve hava çıkış ekserji değerlerinin toplamı arasındaki farka eşittir. Hesaplamalarda klima santrali giriş havasının ekserji değeri sıfır alınmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu toplam ekserji kaybı 2.73 ve 3.29 kW aralıklarında değişmiştir. Ortalama klima santrali toplam ekserji kaybı 3.11 kW olarak hesaplanmıştır.

Son olarak ele alınan Ameliyathane odasının kış sezonu ısıtma durumundaki kazan ve klima santrali için hesaplanan ekserji verimlerinin zamana göre değişimi Şekil 5.7'de verilmiştir. Yapılan hesaplamalar neticesinde %20.4 ile %25.7 arasında değişen kazan ekserji veriminin ortalama değeri %21.92 olmuştur. Benzer şekilde grafikten de görülebileceği gibi %15.3 ile %31.28 arasında değişen klima santrali ekserji veriminin ortalama değeri %20.22 olmuştur.



Şekil 5.7.Zamana bağlı olarak kazan ve klima santrali ekserji verimleri.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; İstanbul Başkent Üniversitesi Hastane binasında bulunan klima santrali ısıtma hattının ekserji analizi yapılmıştır. Isıtma sisteminde bulunan kazan ve klima santraline ait ekserji kayıpları ve ekserji verimleri farklı zaman dilimlerinde yapılan ölçüm sonuçlarına göre hesaplanmıştır. Doğalgaz yakıtlı kazan açık sistem olarak ele alınarak gerekli hesaplamalar yapılmış ve yapılan bu hesaplamalar neticesinde kazan için ekserji kaybı (yıkımı) ortalama 554.28 kW olurken klima santrali için 3.11 kW olmuştur. Benzer bir biçimde kazan ekserji veriminin ortalama değeri %21.92 olurken klima santrali ekserji veriminin ortalama değeri %20.22 olmuştur. Elde edilen bu verilere dayanarak aşağıdaki yargılara varılabilir

- Kazan ekserji kaybının yüksek çıkması yanma olayındaki kimyasal enerji, ısı enerjisi ve iç enerji gibi düzensizliklerin fazla olmasına bağlanabilir. Boyler sıcaklığı
- Dış hava sıcaklığının ve kazan çıkış sıcaklığının artışı kazan ekserji verimini arttırarak literatürdeki %20 ve%40 arasında değişen kazan ekserji verimleri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Benzer şekilde klima santrali çıkış hava sıcaklığının artışı klima santrali ekserji verimini arttırmıştır.
- Sistem üzerinde ekserji kayıplarını düşürmek için; Kazan besleme suyunun kalitesinin arttırılması, sistem üzerinde kullanılmayan hatların vanaları kapatılması zaruridir.
- Kollektördeki su miktarını kontrol edecek bir otomasyon sisteminin olması uygun olacaktır.
- Kazanın ve klima santralinin genel bakımları yapılmalı ve düzenli olarak baca temizliği yapılmalıdır.
- Klima santrali üzerinde bulunan fitlelerin temizlenmesi düzenli olarak yapılmalı ve batarya yüzeyleri her bakım sırasında kesinlikle yıkanmalıdır.

- İki batarya arasında kalan yüzeyler ihmal edilmemelidir. Bununla birlikte batarya giriş ve çıkış sıcaklıklarının kontrolü yapılan bir otomasyon sistemi ile sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Can, A., “Soğutma elemanlarının ekserjializinin deneysel verilere göre yapılması” *VI Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 163-175 (2003).
- Canbay, Ç.S., Gökçen, G., and Hepbaşlı, A. “Bina yönetim sistemleri ve HVAC sistemlerinde enerji tasarrufuna yönelik kontrol ilkeleri” *VI Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 653-671 (2003).
- Çalışkan, H., Tat, E.M., Hepbaşlı, A., “Performance assessment of internal combustion engine at varying dead (reference) state temperatures”, *Applied Thermal Engineering*, 29 (16): 3431-3436 (2009).
- Çengel, Y.A., Boles, M.A., “Termodinamik mühendislik yaklaşımıyla, 7.cilt”, Çeviri editörü: Ali Pınarbaşı, *Palme Yayıncılık*” Ankara, 2-450 (2013).
- Çomaklı, K., Şimşek, F., Özyurt, Ö., Bakırcı, K., “Soğutma/Isıtma sistemlerinde kullanılan soğutucu akışkanlar ve alternatifleri”, *MMO Mühendis ve Makine Dergisi*, 47(562): 36-39 (2006).
- Çomaklı, K., Yüksek, B., “Kazanlarda ekserji analizi”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 72,33-37 (2002).
- Demircioğlu, A., “R22 ve alternatifleri R407C ile R410A soğutucu akışkanlarının ısı pompasındaki performanslarının teorik olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 40-41 (2010).
- Goncalves, P., Gaspar, A., and Silva, M., “Comparative energy and exergy performance of heating options in buildings under different climatic conditions”, *Energy and Buildings*, 61 288-297 (2013).
- Kabul, A., Kızıllan, Ö. and Yakut, A.K., “Energy and exergy analysis of a refrigeration system with shell and tube heat exchanger using R404A”, *Journal of Thermal Science and Technology*, 30 (2): 85-93 (2010).
- Kanoğlu, M., Dinçer, İ., Rosen, M., “Exergy analysis of psychrometric processes for HVAC&R applications”, *ASHRAE Transactions*, 113 (2): 172-180, (2007).
- Kılıkış, Ş., “Net-sıfır binalar ve kentler için akılcı ekserji yönetim modeli” *XI. Ulusal Tesisat Mühendisleri Kongresi*, İzmir, 1603-1610 (2013).
- Kızıllan, Ö., “Kompresörlü soğutma sistemlerinde farklı soğutucu akışkanlar için aşırı kızdırma ve aşırı soğutma etkisinin termodinamik yönden incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 13-14 (2004).

Kotas, T.J., "The exergy method of thermal plant analysis" **Butter-Worths**, London, (1985).

Marletta, L., "Airconditioningsystemsfrom a 2nd lawperspective", **Entropy**, 12 (4): 859-877 (2010).

Mert, M.S., "Bir güç santralinin ekserjik ve termoeconomikanalizi" Doktora Tezi **Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 35-36 (2010).

Özek, E. ve Kılıçarslan, A., "İklimlendirme sistemlerinde dış hava sıcaklığının soğutucu serpantin kapasitesine ve ekserji kaybına etkisinin deneysel olarak incelenmesi", **Tesisat Mühendisliği Dergisi**, 136, 81-87(2013).

Özgener, L., Hepbaşlı, A., Dinçer, İ., "Performance investigation of two geothermal district heatind systems for building applications: Energy Analysis", **Energy and Buildings**, 38 (4):286-292 (2006).

Özgener, L., ve Hepbaşlı, A., "HVAC sistemlerinde ekserjializinin gerekliliği ve uygulamaları" **VI Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi**, İzmir, 1-14(2003).

Riekert, L., "The efficiency of energyutizilation in chemicalprocess", **Chemical Engineering Science**, 29 (7): 1613-1620 (1974).

Sakulpipatsin, P., Itard, L., Van Der Kooi, H., Boelman, E., and Lescuere, P., "An exergy application for analysis of buildings and HVAC systems", **Energy and Buildings**, 42 (1): 90-99 (2010).

Szargut J, Morris DR, Steward FR., "Exergy analysis of thermal, chemical and metallurgical process", **Hemisphere Publishing Corporation**, New York (1988).

Tetik, T., "Doğalgaz yakıtlı bireysel ısıtma sisteminin enerji ve ekserjializini", Yüksek Lisans Tezi, **Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Çorum, 20-22 (2011).

Yelmen, B., Öztekin, S ve Çakır, M.T., "İklimlendirmede enerji tasarrufu tedbirleri", **Tesisat Mühendisliği Dergisi** (2014)

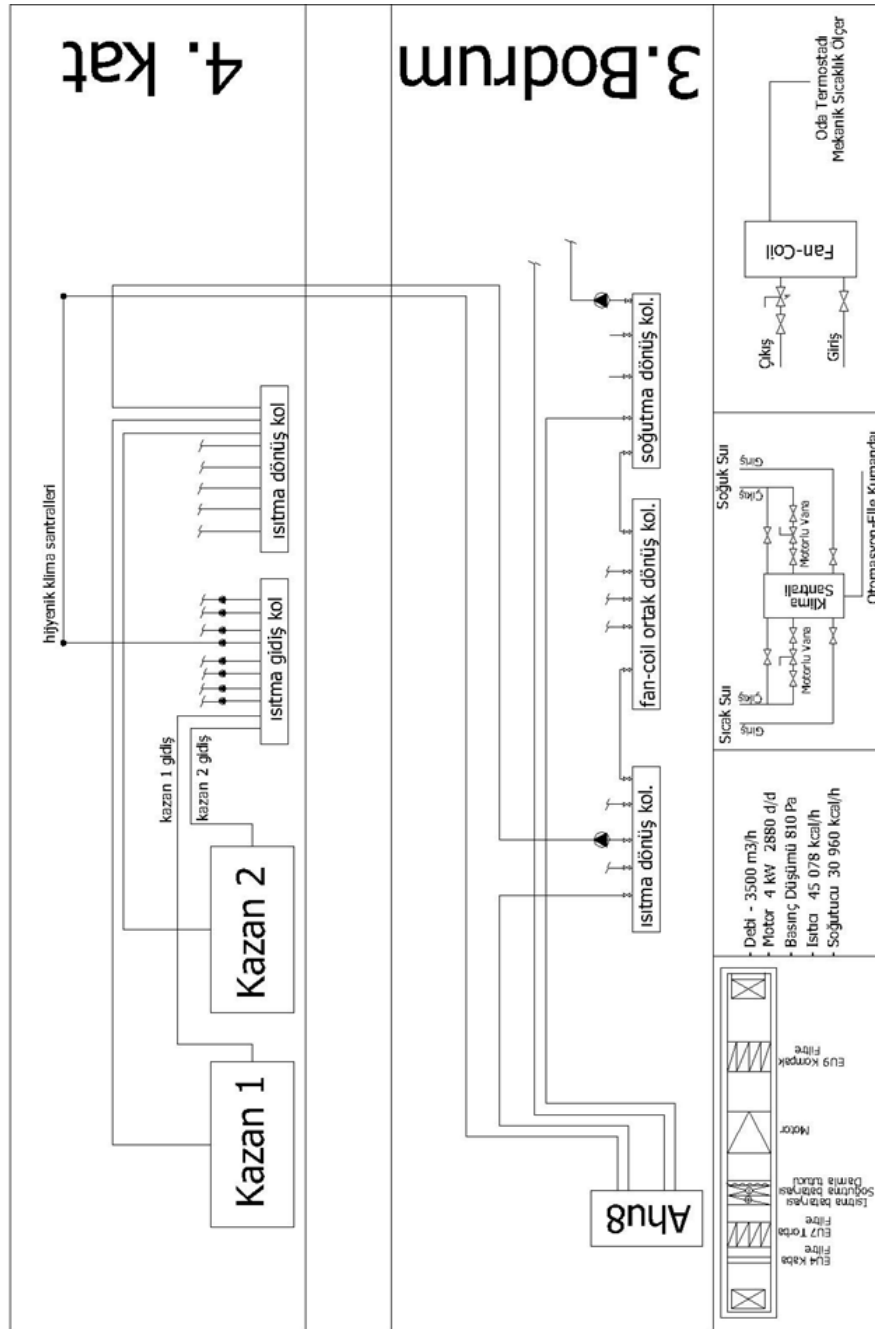
Wall, G., "Exergy-auseful concept within resource accounting", **Institute of Theoretical Physics**, Göteborg, 77-42 (1977).

Wei, Z., Zmeureanu, R., "Exergy analysis of variable air volume systems for an office building", **Energy Conversion and Management**, 50 (2): 387-392 (2009).

EK AÇIKLAMALAR A.

KLIMA SANTRALİ ISITMA HATTINA AİT BİLGİLER

Çizelge EK A.1. Kış sezonu klima santrali günlük sıcaklık takibi.



Çizelge EK A.2. Kazan bakımı öncesi ve sonrası bilgi fişi.

<p>1. Kazan Minimum</p> <p>***** * E C O M - E N 2 * *****</p> <p>Tarih Zaman 09.06.14 11:53:25</p> <p>BimSchV den sonra analiz</p> <p>Yakıt Doğal Gaz</p> <table border="1"> <tr><td>S. Luft</td><td>27</td><td>°C</td></tr> <tr><td>S. Gaz</td><td>153</td><td>°C</td></tr> <tr><td>O2</td><td>4.7</td><td>%</td></tr> <tr><td>CO</td><td>2</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>CO2</td><td>9.2</td><td>%</td></tr> <tr><td>Eta</td><td>93.8</td><td>%</td></tr> <tr><td>Kayıplar</td><td>6.2</td><td>%</td></tr> <tr><td>Lambda</td><td>1.29</td><td></td></tr> <tr><td>Erimenok</td><td>54</td><td>°C</td></tr> <tr><td>cekim</td><td>-0.20</td><td>mbar</td></tr> </table> <p>İSER TEKNİK LTD. STİ YUNUS EMRE CAD. BAYRAK SOK. NO:9 ÜMRANIYE TEL:0216 523 33 13 mail:info@isertechnik.com</p>	S. Luft	27	°C	S. Gaz	153	°C	O2	4.7	%	CO	2	ppm	CO2	9.2	%	Eta	93.8	%	Kayıplar	6.2	%	Lambda	1.29		Erimenok	54	°C	cekim	-0.20	mbar	<p>1. Kazan Maksimum</p> <p>***** * E C O M - E N 2 * *****</p> <p>Tarih Zaman 09.06.14 11:41:38</p> <p>BimSchV den sonra analiz</p> <p>Yakıt Doğal Gaz</p> <table border="1"> <tr><td>S. Luft</td><td>27</td><td>°C</td></tr> <tr><td>S. Gaz</td><td>189</td><td>°C</td></tr> <tr><td>O2</td><td>3.4</td><td>%</td></tr> <tr><td>CO</td><td>10</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>CO2</td><td>9.9</td><td>%</td></tr> <tr><td>Eta</td><td>92.5</td><td>%</td></tr> <tr><td>Kayıplar</td><td>7.5</td><td>%</td></tr> <tr><td>Lambda</td><td>1.19</td><td></td></tr> <tr><td>Erimenok</td><td>55</td><td>°C</td></tr> <tr><td>cekim</td><td>-0.09</td><td>mbar</td></tr> </table> <p>İSER TEKNİK LTD. STİ YUNUS EMRE CAD. BAYRAK SOK. NO:9 ÜMRANIYE TEL:0216 523 33 13 mail:info@isertechnik.com</p>	S. Luft	27	°C	S. Gaz	189	°C	O2	3.4	%	CO	10	ppm	CO2	9.9	%	Eta	92.5	%	Kayıplar	7.5	%	Lambda	1.19		Erimenok	55	°C	cekim	-0.09	mbar
S. Luft	27	°C																																																											
S. Gaz	153	°C																																																											
O2	4.7	%																																																											
CO	2	ppm																																																											
CO2	9.2	%																																																											
Eta	93.8	%																																																											
Kayıplar	6.2	%																																																											
Lambda	1.29																																																												
Erimenok	54	°C																																																											
cekim	-0.20	mbar																																																											
S. Luft	27	°C																																																											
S. Gaz	189	°C																																																											
O2	3.4	%																																																											
CO	10	ppm																																																											
CO2	9.9	%																																																											
Eta	92.5	%																																																											
Kayıplar	7.5	%																																																											
Lambda	1.19																																																												
Erimenok	55	°C																																																											
cekim	-0.09	mbar																																																											
<p>2. Kazan Minimum</p> <p>***** * E C O M - E N 2 * *****</p> <p>Tarih Zaman 09.06.14 14:12:50</p> <p>BimSchV den sonra analiz</p> <p>Yakıt Doğal Gaz</p> <table border="1"> <tr><td>S. Luft</td><td>27</td><td>°C</td></tr> <tr><td>S. Gaz</td><td>122</td><td>°C</td></tr> <tr><td>O2</td><td>3.5</td><td>%</td></tr> <tr><td>CO</td><td>0</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>CO2</td><td>9.8</td><td>%</td></tr> <tr><td>Eta</td><td>95.6</td><td>%</td></tr> <tr><td>Kayıplar</td><td>4.4</td><td>%</td></tr> <tr><td>Lambda</td><td>1.20</td><td></td></tr> <tr><td>Erimenok</td><td>55</td><td>°C</td></tr> <tr><td>cekim</td><td>-0.11</td><td>mbar</td></tr> </table> <p>İSER TEKNİK LTD. STİ YUNUS EMRE CAD. BAYRAK SOK. NO:9 ÜMRANIYE TEL:0216 523 33 13 mail:info@isertechnik.com</p>	S. Luft	27	°C	S. Gaz	122	°C	O2	3.5	%	CO	0	ppm	CO2	9.8	%	Eta	95.6	%	Kayıplar	4.4	%	Lambda	1.20		Erimenok	55	°C	cekim	-0.11	mbar	<p>2. Kazan Maksimum</p> <p>***** * E C O M - E N 2 * *****</p> <p>Tarih Zaman 09.06.14 13:22:12</p> <p>BimSchV den sonra analiz</p> <p>Yakıt Doğal Gaz</p> <table border="1"> <tr><td>S. Luft</td><td>27</td><td>°C</td></tr> <tr><td>S. Gaz</td><td>188</td><td>°C</td></tr> <tr><td>O2</td><td>4.0</td><td>%</td></tr> <tr><td>CO</td><td>0</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>CO2</td><td>9.6</td><td>%</td></tr> <tr><td>Eta</td><td>92.4</td><td>%</td></tr> <tr><td>Kayıplar</td><td>7.6</td><td>%</td></tr> <tr><td>Lambda</td><td>1.24</td><td></td></tr> <tr><td>Erimenok</td><td>55</td><td>°C</td></tr> <tr><td>cekim</td><td>-0.06</td><td>mbar</td></tr> </table> <p>İSER TEKNİK LTD. STİ YUNUS EMRE CAD. BAYRAK SOK. NO:9 ÜMRANIYE TEL:0216 523 33 13 mail:info@isertechnik.com</p>	S. Luft	27	°C	S. Gaz	188	°C	O2	4.0	%	CO	0	ppm	CO2	9.6	%	Eta	92.4	%	Kayıplar	7.6	%	Lambda	1.24		Erimenok	55	°C	cekim	-0.06	mbar
S. Luft	27	°C																																																											
S. Gaz	122	°C																																																											
O2	3.5	%																																																											
CO	0	ppm																																																											
CO2	9.8	%																																																											
Eta	95.6	%																																																											
Kayıplar	4.4	%																																																											
Lambda	1.20																																																												
Erimenok	55	°C																																																											
cekim	-0.11	mbar																																																											
S. Luft	27	°C																																																											
S. Gaz	188	°C																																																											
O2	4.0	%																																																											
CO	0	ppm																																																											
CO2	9.6	%																																																											
Eta	92.4	%																																																											
Kayıplar	7.6	%																																																											
Lambda	1.24																																																												
Erimenok	55	°C																																																											
cekim	-0.06	mbar																																																											

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet ALTUNDAĞ 1981 yılında Amasya’da doğdu; ilk ve orta öğrenimini Ankara’da tamamladı. 2000 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Öğretmenliği Bölümü’nde öğrenime başlayıp 2004 yılında mezun oldu. 2015 yılında Enerji Sistemleri Mühendisliği bölümünü bitirdi. Özel sektörde değişik kademelerde çalıştı. 2012 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda öğrenimine başladı. Ayrıca Halen Başkent Üniversitesi İstanbul Uygulama ve Araştırma Hastanesinde Teknik Otomasyon Sorumlusu olarak çalışmaktadır. Ahmet ALTUNDAĞ evli ve bir çocuk babasıdır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Cemil Meriç Mah. Çayırönü Cad. Ekşioğlu Akkaya Sitesi Papatya Apt. D:25 Ümraniye İstanbul

Tel : 0533 925 70 54

E-posta : ahmet1altundag@hotmail.com

